جمهوری اسلامی ایران

ریاست جمهوری

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

دستورالعمل تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبرفت و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری (چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی، پیزومترها و مشاهده‌ای)

نشریه شماره ۵۷۷

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۲

بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۹۲/۲۴۱۱۳
	تاریخ: ۱۳۹۲/۰۳/۲۵

موضوع : دستورالعمل تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبرفت و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری (چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی، پیزومترها و مشاهده‌ای)

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۷۷ امور نظام فنی، با عنوان «**دستورالعمل تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبرفت و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری(چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی، پیزومترها و مشاهده‌ای**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذینفع نظام فنی و اجرایی در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر از تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۰۱ اجباری است.

بهروز مرادی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

*از این‌رو، **از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

Email:info@nezamfanni.ir **web: nezamfanni.ir**

بسمه تعالی

پیشگفتار

وجود تعداد بیش از ۶۰۰ هزار حلقه چاه آب در آبخوان‌های آبرفتی و سازند سخت و حجم قابل توجه برداشت از این منابع از طریق چاه‌ها به‌ویژه در بخش کشاورزی حاکی از اهمیت منابع آب زیرزمینی در توسعه زیرساخت‌های کشور ما می‌باشد. هرچند که بخشی از منابع آب زیرزمینی به‌صورت طبیعی و یا حفر قنوات در سطح زمین ظاهر می‌شود ولی در حال حاضر عمده آب زیرزمینی مورد استفاده در کشور با استفاده از تکنیک‌های حفاری صورت می‌پذیرد. لذا وجود یک دستورالعمل مدون جهت تعیین محل و نظارت بر نحوه حفر چاه و تهیه گزارش‌های مربوطه ضروری به‌نظر می‌رسد.

با توجه به مطالب فوق، امور آب وزارت نیرو در قالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «دستورالعمل تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبرفت و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری (چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی، پیزومترها و مشاهده‌ای)» را با هماهنگی امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستور کار قرار داد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذینفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ ه مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

هدف از تهیه این راهنما، یکسان‌سازی ساختار دستورالعمل‌های تهیه شده توسط پیمانکاران، بهره‌برداران و ... برای نحوه بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری تجهیزات هیدرومکانیک، برق و کنترل در سدها و سازه‌های مرتبط می‌باشد.

بدین وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امور نظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم‌نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزد منان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امید است متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

بهار ۱۳۹۲

تهیه و کنترل نشریه دستورالعمل تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبرفت و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری (چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی، پیزومترها و مشاهده‌ای) [نشریه شماره ۵۷۷]

مجری: شرکت مهندسین مشاور کاوآب

مولف اصلی: عیسی هنرمند ابراهیمی	شرکت مهندسین مشاور کاوآب	فوق‌لیسانس آب‌های زیرزمینی
اعضای گروه تهیه‌کننده:		
احمد ترحمی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس آب‌های زیرزمینی
مهرداد چهلگردی سامانی	شرکت مهندسین مشاور کاوآب	لیسانس عمران
فریبرز حرفه‌دوست	شرکت مهندسین مشاور کاوآب	لیسانس زمین‌شناسی
محمدرضا محبوبی تبار	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس زمین‌شناسی
اعضای گروه نظارت:		
فضلعلی جعفریان	شرکت مدیریت منابع آب ایران	لیسانس زمین‌شناسی
مریم رحیمی فراهانی	دفتر طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	فوق‌لیسانس عمران آب
هاشم کاظمی	شرکت مدیریت منابع آب ایران	فوق‌لیسانس آب زیرزمینی

اعضای گروه تایید کننده (کمیته تخصصی مدیریت منابع آب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

احمد ابریشم‌چی	دانشگاه صنعتی شریف	دکترای منابع آب
عبدالوحید آغاسی	دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی	دکترای منابع آب
بهرام ثقفیان	مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری	دکترای منابع آب
فضلعلی جعفریان	شرکت مدیریت منابع آب ایران	لیسانس زمین‌شناسی
عباسقلی جهانی	شرکت بهان‌سد	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولوژی
پیمان دانش‌کارآراسته	دانشگاه بین‌المللی امام‌خمینی	دکترای علوم و مهندسی آبیاری
مریم رحیمی فراهانی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- وزارت نیرو	فوق‌لیسانس عمران آب
داوود رضاعرب	موسسه پژوهشی مهندسی راهبرددانش پویا	دکتری عمران

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

خشایار اسفندیاری	رییس گروه امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول – کلیات	۳
۱-۱- کلیات	۵
۱-۲- فرو چاله	۵
۱-۳- دولین	۵
۱-۴- پولژه	۵
۱-۵- پانور	۵
۱-۶- استاول	۶
۱-۷- تراوشگاه کارستی	۶
۱-۸- کارن	۶
۱-۹- دره‌ی کور	۶
۱-۱۰- چاه آب	۶
۱-۱۱- چاه بهره‌برداری	۶
۱-۱۲- چاه اکتشافی	۷
۱-۱۳- چاه مشاهده‌ای	۷
فصل دوم – ضوابط و شرایط تعیین محل چاه در آبخوان‌های آبرفتی	۹
۲-۱- کلیات	۱۱
۲-۲- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان‌های آبرفتی	۱۱
۲-۲-۱- گردآوری آمار و اطلاعات با توجه به اهداف حفر چاه‌های بهره‌برداری	۱۱
۲-۲-۲- نحوه استفاده از بررسی‌های هیدروکلیماتولوژی انجام شده	۱۱
۲-۲-۳- نحوه استفاده از نتایج و بررسی‌های زمین‌شناسی انجام شده در آبرفت	۱۲
۲-۲-۴- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های اکتشافی انجام شده	۱۳
۲-۲-۵- نحوه استفاده از نتایج عملیات چاه‌پیمایی و ویدئومتری انجام شده	۱۴
۲-۲-۶- نحوه استفاده از نتایج حفاری‌های انجام شده:	۱۵
۲-۲-۷- نحوه استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ	۱۶
۲-۲-۸- نحوه استفاده از مطالعات ایزوتوپی و ردیابی انجام شده در آبرفت	۱۸
۲-۲-۹- نحوه استفاده از مطالعات هیدروژئولوژی	۲۰
۲-۲-۱۰- نحوه استفاده از بیلان عمومی آب زیرزمینی	۲۴
۲-۲-۱۱- نحوه استفاده از مطالعات هیدروشیمی آبخوان	۲۴
۲-۲-۱۲- استفاده از رابطه دارسی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری	۲۴
۲-۲-۱۳- رعایت حریم منابع آب مجاور در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری آبرفتی	۲۵
۲-۳- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های اکتشافی در آبخوان‌های آبرفتی	۳۰
۲-۳-۱- اهمیت حفر چاه‌های اکتشافی در اکتشاف آبخوان‌های جدید	۳۱
۲-۳-۲- بررسی تراکم و پراکنش چاه‌های اکتشافی در صورت وجود	۳۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۳-۳- رعایت حریم چاه انتخابی تا چاه‌های اکتشافی دیگر	۳۱
۲-۳-۴- رعایت حریم چاه اکتشافی تا چاه‌های بهره‌برداری و منابع آب دیگر شامل چشمه و قنوات	۳۱
۲-۳-۵- فاصله محل پیشنهادی چاه‌های اکتشافی نسبت به چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری	۳۲
۲-۳-۶- نیازهای منطقه از نظر توسعه بهره‌برداری	۳۲
۲-۳-۷- موقعیت محل پیشنهادی چاه از نظر توپوگرافی (سیل‌گیربودن، باتلاقی و...)	۳۳
۲-۳-۸- ضرورت محاسبه ضرایب هیدرودینامیک آبخوان در مقاطع ورودی و خروجی آب‌زیرزمینی	۳۳
۲-۳-۹- بررسی وضعیت مالکیت محل پیشنهادی چاه	۳۴
۲-۳-۱۰- بررسی امکان دسترسی به محل پیشنهادی چاه	۳۴
۲-۳-۱۱- عوارض محدوده کننده طبیعی و مصنوعی	۳۴
۲-۳-۱۲- نحوه توزیع چاه‌های اکتشافی در سطح ابخوان و تعیین اولویت‌ها	۳۵
۲-۳-۱۳- تعداد و عمق و آرایش پیزومترهای مجاور چاه‌های اکتشافی	۳۵
۲-۴- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی	۳۷
۲-۴-۱- شناخت مشخصات آبخوان با استفاده از اطلاعات موجود	۳۷
۲-۴-۲- شکل هندسی و حدود آبخوان یا آبخوان‌ها	۳۸
۲-۴-۳- مرزهای هیدروژئولوژیکی (تراوا، ناتراوا و نیمه تراوا)	۳۸
۲-۴-۴- مقاطع ورودی و خروجی آب زیرزمینی	۳۸
۲-۴-۵- مشخصات فیزیکی آبخوان	۳۹
۲-۴-۶- شرایط مرزی به‌ویژه موقعیت رودخانه‌های زهکش و سایر زهکش‌ها	۳۹
۲-۴-۷- شیب هیدرولیکی جریان	۳۹
۲-۴-۸- شناخت تعداد آبخوان‌ها و طراحی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری به تعداد آبخوان‌ها	۴۰
۲-۴-۹- شناخت مناطق پرتنش آبخوان به لحاظ بهره‌برداری و ایجاد تغییرات موضعی در روند جریان طبیعی آبخوان	۴۰
۲-۴-۱۰- سهولت دسترسی و اندازه‌گیری در شرایط مختلف آب و هوایی	۴۱
۲-۴-۱۱- عوارض طبیعی و مصنوعی	۴۱
۲-۴-۱۲- استانداردهای بین المللی در رعایت فواصل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۴۱
۲-۴-۱۳- فواصل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها نسبت به منابع آب مجاور	۴۲
۲-۴-۱۴- استفاده از چاه‌های متروکه به عنوان چاه مشاهده‌ای	۴۲
۲-۴-۱۵- تراکم چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها	۴۲
فصل سوم – ضوابط و شرایط تعیین محل چاه در سازندهای سخت	۴۵
۳-۱- کلیات	۴۷
۳-۲- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت	۴۸
۳-۲-۱- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های هیدروکلیماتولوژی انجام شده	۴۸
۳-۲-۲- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های ژئومرفولوژی (زمین ریخت‌شناسی)	۵۱
۳-۲-۳- استفاده از نتایج مطالعات چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی	۵۲
۳-۲-۴- استفاده از اطلاعات و داده‌های زمین‌شناسی ساختمانی (تکتونیک)	۵۵
۳-۲-۵- استفاده از نتایج مطالعات هیدروژئولوژی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری	۶۲
۳-۲-۶- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های اکتشافی	۶۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۲-۷- نحوه استفاده از نتایج مطالعات هیدروشیمی آبخوان ۷۰
۳-۲-۸- نحوه ارتباط هیدرولیکی بین آبرفت و سازند سخت ۷۳
۳-۳- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های اکتشافی در سازندهای سخت ۷۵
۳-۳-۱- نیازهای منطقه از نظر توسعه بهره‌برداری ۷۶
۳-۳-۲- ضرورت محاسبه ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان ۷۶
۳-۴- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری در سازندهای سخت ۷۶
فصل چهارم – ضوابط و شرایط نظارت بر حفاری چاه در آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری ۷۷
۴-۱- کلیات ۷۹
۴-۲- ارائه مختصات U.T.M نقطه‌ای محل پیشنهادی حفر چاه به مهندس ناظر ۷۹
۴-۳- انتخاب روش حفاری مناسب ۷۹
۴-۳-۱- انتخاب روش حفاری در نهشته‌های آبرفتی ۸۰
۴-۳-۲- انتخاب روش حفاری در نهشته‌های بادی یا تشکیلات ماسه‌ای ۸۱
۴-۳-۳- انتخاب روش حفاری در سازندهای سخت ۸۲
۴-۴- انتخاب سرمته مناسب و تعیین قطر حفاری ۸۳
۴-۴-۱- انواع سرمته‌های دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای و کاربرد آنها ۸۳
۴-۴-۲- انواع سرمته‌های دستگاه‌های حفاری دورانی و ضربه‌ای–دورانی و کاربرد آنها ۸۳
۴-۵- نظارت بر استقرار دستگاه حفاری ۸۸
۴-۵-۱- نظارت بر استقرار دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای ۸۹
۴-۵-۲- نظارت بر استقرار دستگاه‌های حفاری دورانی ۸۹
۴-۵-۴- کنترل کلیه ابزارآلات، سوزن‌ها، مته‌ها، حوضچه گل حفاری و غلظت آن، مخزن آب و کف، کمپرسور و ... ۹۰
۴-۶- دستور شروع عملیات حفاری ۹۵
۴-۷- مواردی که در حین حفاری باید رعایت شود ۹۷
۴-۷-۱- نحوه برداشت نمونه از خاک یا سنگ حفاری شده ۹۷
۴-۷-۲- نحوه‌ی برداشت نمونه آب ۹۹
۴-۷-۳- نحوه‌ی نگهداری نمونه‌های خاک یا سنگ و آب ۱۰۰
۴-۷-۴- بررسی نمونه‌های خاک یا سنگ و در صورت نیاز ارسال به آزمایشگاه و ارسال نمونه‌های آب به آزمایشگاه جهت تجزیه ۱۰۰
۴-۷-۵- تعیین عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی ۱۰۰
۴-۷-۶- برخورد به لایه‌ها و طبقات ریزشی و نحوه جلوگیری از ریزش (در روش‌های مختلف حفاری) ۱۰۱
۴-۷-۷- نحوه‌ی بستن لایه‌های آبدار با کیفیت نامطلوب (در چاه‌های بهره‌برداری) ۱۰۱
۴-۷-۸- تفکیک آبخوان آزاد و تحت فشار (با توجه به اهداف حفاری) ۱۱۰
۴-۷-۹- آزمایش اولیه آبخوان ۱۱۰
۴-۷-۱۰- برقوزنی چاه‌های بهره‌برداری و اکتشافی ۱۱۲
۴-۷-۱۱- آزمایش قائم بودن چاه ۱۱۳
۴-۷-۱۲- نظارت بر نحوه تکمیل فرم گزارش روزانه حفاری و فرم نمودار پیشرفت عملیات حفاری ۱۱۷
۴-۷-۱۳- راه‌های کنترل و جلوگیری از انحراف چاه در حین حفاری ۱۱۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۷-۱۴- نحوه‌ی کنترل تغییرات سطح آب زیرزمینی با تغییرات لیتولوژی	۱۱۹
۴-۷-۱۵- تهیه فرم‌های مناسب ثبت اطلاعات لیتولوژی، پیشرفت حفاری و نمونه‌برداری	۱۱۹
۴-۸- بررسی نتایج حفاری	۱۲۱
۴-۸-۱- بررسی نمونه‌های خاک و سنگ	۱۲۱
۴-۸-۲- توصیف دانه‌بندی‌ها (به‌صورت کمی و کیفی)	۱۲۳
۴-۸-۳- تعیین لایه‌های دارای تغییرات کیفی کاملا محسوس (افق‌های شور و لب شور)	۱۲۶
۴-۹- مراحل لوله‌گذاری	۱۲۷
۴-۹-۱- طراحی ساختمان چاه‌های بهره‌برداری	۱۲۷
۴-۹-۲- ارائه متراژ لوله کور و مشبک به حفار	۱۲۷
۴-۹-۳- ارائه عمق نصب لوله کور و مشبک	۱۳۲
۴-۹-۴- نظارت بر نحوه مشبک کردن لوله‌ها	۱۳۵
۴-۹-۵- نظارت بر نحوه اسکرین‌گذاری و لوله‌گذاری	۱۳۶
۴-۹-۶- ارائه مشخصات لوله جدار و توصیه‌های لازم به لحاظ ضخامت، کیفیت مواد، کارخانه سازنده و ...	۱۳۷
۴-۹-۷- توصیه نصب و تهیه مشخصات لوله‌های هادی در مصارف شرب	۱۴۰
۴-۱۰- گراول ریزی (فیلتر شنی)	۱۴۰
۴-۱۰-۱- انتخاب گراول مناسب	۱۴۲
۴-۱۰-۲- نحوه گراول‌ریزی	۱۴۳
۴-۱۰-۳- تله ماسه	۱۴۸
۴-۱۱- مهار چاه	۱۴۸
۴-۱۱-۱- ابعاد فونداسیون در چاه‌های اکتشافی و بهره‌برداری	۱۴۸
۴-۱۲- توسعه چاه	۱۴۹
۴-۱۲-۱- روش‌های توسعه چاه‌های آب	۱۴۹
۴-۱۳- نظارت بر نحوه انجام آزمایش پمپاژ و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش	۱۵۲
۴-۱۴- زدودن ساختمان چاه از آلاینده‌ها	۱۵۲
۴-۱۵- نگهداری چاه‌های آب	۱۵۲
۴-۱۶- مواردی که در کنترل و نظارت بر حفر چاه‌های آب بایستی توسط مهندسین ناظر مد نظر قرار گیرد.	۱۵۶
۴-۱۶-۱- عناوین موارد نظارت بر حفر چاه‌های آب در روش حفاری ضربه‌ای	۱۵۶
۴-۱۶-۲- عناوین موارد نظارت بر حفر چاه‌های آب در روش حفاری دورانی	۱۵۸
۴-۱۶-۳- عناوین موارد نظارت بر حفر چاه‌های آب در روش حفاری دورانی- ضربه‌ای (چکشی)	۱۶۰
۴-۱۷- برگ مشخصات فنی و نیمرخ زمین‌شناسی	۱۶۲
فصل پنجم - ارائه یک نمونه مطالعه موردی	۱۶۵
۵-۱- کلیات	۱۶۷
پیوست ۱- شناسنامه حفاری چاه‌های عمیق و نیمه عمیق	۱۶۹
پیوست ۲- شیوه‌نامه نظارت بر عملیات حفاری و پمپاژ چاه‌های آب با استفاده از بخش خصوصی	۱۸۷
منابع و مراجع	۲۰۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- مناسب‌ترین محل حفر چاه‌های بهره‌برداری آبرفتی در یک حوضه آبریز ۱۲
شکل ۲-۲- نقشه‌ی RT یک دشت و مناطق مناسب جهت حفر چاه بهره‌برداری ۱۴
شکل ۲-۳- منحنی‌های هم قابلیت انتقال آبخوان و مناطق مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری ۲۱
شکل ۲-۴- نقشه تراز آب زیرزمینی و محل‌های مناسب جهت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری ۲۲
شکل ۲-۵- منحنی‌های تراز آب زیرزمینی آبخوان و نقش دو رودخانه در تغذیه و زهکشی آبخوان ۲۳
شکل ۲-۶- نقشه تراز آب زیرزمینی و مناطق پرتنش از دیدگاه بهره‌برداری و تغذیه از سنگ کف ۲۳
شکل ۲-۷- مخروط افت در اطراف یک چاه در حال پمپاژ در لایه آبدار آزاد در قسمت پایین شکل خطوط هم پتانسیل و خطوط جریان در اطراف چاه نشان داده شده است. ۲۶
شکل ۲-۸- بررسی وضعیت ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار با استفاده از نقشه تراز آب زیرزمینی ۳۳
شکل ۲-۹- نحوه‌ی آرایش چاه‌های مشاهده‌ای نسبت به چاه اکتشافی در تعیین عمق چاه‌های مشاهده‌ای اطراف ۳۶
شکل ۲-۱۰- نحوه‌ی آرایش چاه‌های مشاهده‌ای نسبت به چاه اکتشافی در تعیین عمق چاه‌های مشاهده‌ای اطراف ۳۶
شکل ۲-۱۱- نحوه‌ی آرایش چاه‌های مشاهده‌ای نسبت به چاه اکتشافی در تعیین عمق چاه‌های مشاهده‌ای اطراف ۳۶
شکل ۲-۱۲- چاه مشاهده‌ای و پیزومترهای حفر شده در مجاور هم (سطح آب در هر یک از چاه‌ها بیانگر سطح آب زیرزمینی هر یک از آبخوان‌های مجزا می‌باشد) ۴۰
شکل ۳-۱- پدیده‌های کارستی شاخص در یک سازند کربناته و محل‌های مناسب جهت حفر چاه ۵۱
شکل ۳-۲- نمونه‌ای از توالی چینه‌شناسی و مناسب‌ترین محل‌ها جهت حفر چاه ۵۴
شکل ۳-۳- طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته براساس نظریه پتی جان ۵۵
شکل ۳-۴- الف- نقشه‌ی یک چین تک پلانج (مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه مشخص شده است) ۵۷
شکل ۳-۴-ب-نقشه‌ی یک تاقدیس دوبل پلانچ (بهترین محل‌ها جهت حفر چاه مشخص شده است) ۵۸
شکل ۳-۴-ج- تعیین محل چاه در جهت شیب لایه‌ها ۵۸
شکل ۳-۴-د- نمایی از مقطع زمین‌شناسی گردنه امامزاده هاشم (ضخامت و شیب لایه‌ها واقعی نیست) ۵۹
شکل ۳-۵- الف- عملکرد دو گسل معکوس و ایجاد هورست و تاثیر آنها بر روی سازند کربناته آبدار ۶۰
شکل ۳-۵- ب- عملکرد دو گسله نرمال و ایجاد گرابن و تاثیر آن بر روی سازند کربناته آبدار ۶۱
شکل ۳-۶- پدیده انحلال سنگ آهک در آب زیرزمینی ۶۳
شکل ۳-۷- رابطه بین تخلخل و عمق در آبخوان‌های کارستی ۶۴
شکل ۳-۸- نمودار نمونه ژئوالکتریک در یک آبخوان کارستی ۶۵
شکل ۳-۹- الف- نقشه‌ی تراز آب زیرزمینی در حد فاصل آبرفت و سازند سخت غیرکارستی ۷۳

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۹- ب- نقشه تراز آب زیرزمینی در حد فاصل آبرفت و سازند سخت کارستی	۷۴
شکل ۳-۱۰- ارتباط هیدرولیکی غیرمستقیم آبرفت و سازند سخت و مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه بهره‌برداری	۷۵
شکل ۴-۱- انواع مختلف سرمته‌ها	۸۵
شکل ۴-۲- انواع دندانه در مته‌های دندانه‌ای در حفر سازندهای مختلف زمین‌شناسی	۸۶
شکل ۴-۳- دیاگرام شماتیک روش حفاری دورانی مستقیم	۹۲
شکل ۴-۴- الف- روش دوغاب‌ریزی با قراردادن لوله جدار در چاه	۱۰۵
شکل ۴-۴-ب- تزریق دوغاب با نصب لوله هادی در پشت لوله جدار	۱۰۶
شکل ۴-۴-ج- نصب لوله هادی سیمان توسط کفشک سیمان‌کاری در داخل لوله جدار	۱۰۷
شکل ۴-۴- د- سیمان‌کاری با لوله هادی بدون کفشک سیمان‌کاری	۱۰۸
شکل ۴-۴-هـ- دوغاب‌کاری توسط لوله جدار واستفاده از یک توپی	۱۰۹
شکل ۴-۵- وسیله اندازه‌گیری قائم بودن چاه	۱۱۴
شکل ۴-۶- صفحه پلاستیکی جهت اندازه‌گیری انحراف چاه	۱۱۵
شکل ۴-۷- نمودار خط شاغول و میزان انحراف در یک چاه	۱۱۶
شکل ۴-۸- طرز قرار گرفتن یک سری از الک‌ها و مواد آن	۱۲۵
شکل ۴-۹- ماسه ریز مخلوط و ۱۰ تا ۲۰ درصد مواد درشت	۱۲۶
شکل ۴-۱۰- ماسه‌های ریز هم‌شکل با آبدهی کم	۱۲۶
شکل ۴-۱۱- مخلوط ماسه و گراول با آبدهی خوب	۱۲۶
شکل ۴-۱۲- ماسه‌های درشت و متوسط با آبدهی خوب	۱۲۶
شکل ۴-۱۳- ساختمان یک چاه بهره‌برداری	۱۲۸
شکل ۴-۱۴- اثرات نصب اسکرین در دو حالت مختلف بر روی جریان آب ورودی به چاه	۱۳۳
شکل ۴-۱۵- اسکرین‌گذاری در بخشی از آبخوان که بیش‌ترین نفوذپذیری را دارد.	۱۳۳
شکل ۴-۱۶- اسکرین‌گذاری در یک آبخوان آزاد همسان	۱۳۵
شکل ۴-۱۷- رابطه بین اندازه دانه‌های آبخوان و گراول‌پک	۱۴۱
شکل ۴-۱۸- اسکرین و لوله همراه با گیره، توام با گراول‌پک در یک چاه محفوره با روش دورانی	۱۴۴
شکل ۴-۱۹- گراول‌پک نمودن چاه توسط لوله هادی	۱۴۵
شکل ۴-۲۰- روش گراول‌پک چاه‌های عمیق با جریان معکوس آب	۱۴۶
شکل ۴-۲۱- جزییات پمپ و دیگر وسایل گراول‌ریزی دو حلقه چاه با پمپاژ آب	۱۴۷
شکل ۴-۲۲- دیاگرام شماتیک روش جت با سرعت زیاد همراه با سیستم پمپاژ ایرلیفت	۱۵۱

فهرست جدول‌ها و فرم‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- رابطه بین قابلیت هدایت هیدرولیکی عمودی با اندازه، جنس و شکل ذرات در سه ناحیه یک حوضه آبریز ۱۲
جدول ۲-۲- ارتباط مولفه‌های R، T و RT با مناطق مختلف یک دشت ۱۳
جدول ۲-۳- رابطه مولفه‌های حاصل از حفاری‌ها با انتخاب محل چاه‌های بهره‌برداری آبرفتی ۱۶
جدول ۲-۴- هدایت هیدرولیکی رسوبات مختلف نقل از سازمان زمین‌شناسی آمریکا ۱۷
جدول ۲-۵- استفاده از رابطه دارسی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری به شرط ثابت ماندن میزان جریان آب زیرزمینی ۲۴
جدول ۳-۱- مقایسه ویژگی‌های آبخوان‌های آبرفتی، درز و شکافدار و کارستی ۴۷
جدول ۳-۲- نقش عوامل هیدروکلیماتولوژی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت خلاصه شده است. ۵۰
جدول ۳-۳- گستره مقاومت ویژه الکتریکی نمونه‌هایی از سنگ و آب ۶۶
جدول ۳-۴- رابطه بین درجه کارستیفیکاسیون و آبدهی در سازندهای کارستی ۶۸
جدول ۳- ۵- رابطه بین نسبت مولی (معرف) و جنس سنگ مخزن ۷۱
جدول ۳-۶- رابطه بین تخلخل و نوع جریان با ضریب تغییرات هدایت الکتریکی در سنگ‌های کربناته ۷۱
جدول ۳-۷- رابطه بین ضریب تغییرات سختی دایم با نوع جریان در سنگ‌های کربناته ۷۲
جدول ۴-۱- مقایسه روش‌های حفاری چاه‌های آب، محاسن و معایب هر یک از آنها با توجه به شرایط چاه و نوع سازند ۸۳
فرم ۴-۱- گزارش روزانه حفاری ۱۱۸
فرم ۴-۲- نیمرخ زمین‌شناسی در مرحله گمانه (PRETIMIARY BOREHOLE LOG) ۱۲۰
جدول ۴-۲- الف- رده‌بندی دانه‌ها توسط دانشگاه MIT و موسسه خاک‌شناسی آمریکا ۱۲۱
جدول ۴-۲- ب- رده‌بندی دانه‌ها توسط کمیته رسوب‌شناسی آمریکا ۱۲۱
جدول ۴-۳- رابطه بین قطر داخلی لوله جدار و ماکزیمم آبدهی پمپ ۱۲۹
جدول ۴-۴- رابطه هدایت هیدرولیکی آبخوان با سرعت عبور آب از اسکرین ۱۳۰
جدول ۴-۵- حداقل طول اسکرین مورد نیاز برحسب انواع اسکرین و میزان دبی پمپاژی ۱۳۲
جدول ۴-۶- تعداد شبکه‌ها در لوله‌های جدار برحسب قطر لوله ۱۳۶
فرم ۴-۳- برگ مشخصات فنی حفاری چاه آب به روش ضربه‌ای ۱۵۳
فرم ۴-۴- لوگ زمین‌شناسی، حفاری، لوله‌گذاری و چاه پیمایی حفاری دورانی ۱۵۴
فرم ۴-۵- لوگ زمین‌شناسی، حفاری و لوله‌گذاری چاه‌های آب به روش ضربه‌ای ۱۵۵

مقدمه

وجود بیش از ۶۰۰.۰۰۰ حلقه چاه آب در آبخوان‌های آبرفتی و سازند سخت حاکی از اهمیت منابع آب زیرزمینی در کشور ما در مصارف مختلف (کشاورزی، شرب و بهداشت و صنعت) است. حجم قابل توجه برداشت از این منابع از طریق چاه‌ها به‌ویژه در بخش کشاورزی که بیش از ۹۰ ٪ این مصارف را بخود اختصاص می‌دهد، بیانگر نقش مهم و انکارناپذیر آب زیرزمینی در توسعه زیرساخت‌های کشور می‌باشد. هر چند که بخشی از منابع آب زیرزمینی به‌صورت طبیعی از طریق چشمه‌ها و زهکش‌ها و یا از طریق حفر قنوات در سطح زمین ظاهر می‌شود و مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در حال حاضر عمده آب زیرزمینی مصرفی در کشور با استفاده از تکنیک‌های حفاری مختلف از طریق حفر چاه‌های نیمه‌عمیق و عمیق تامین می‌شود. بنابراین نقش چاه‌های آب در تامین نیازهای آبی همواره در توسعه کشورها پر رنگ ظاهر شده و به‌همین لحاظ در اکثر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه چاه آب به‌عنوان یک سازه هیدرولیکی مهم مطرح بوده و در طراحی و نظارت بر حفر و تجهیز آن مبالغ قابل توجهی هزینه می‌شود.

هرچند که ایرانیان اولین قومی بودند که با وسایل ابتدایی و ساده از طریق حفر چاه در سیستم قنات توانستند به آب زیرزمینی دست یابند اما حفر چاه‌های آب با استفاده از فن‌آوری‌های جدید در کشور ما به حدود نیم قرن پیش می‌رسد. طی این مدت نسبتا طولانی شیوه‌نامه‌ها، راهنماها و دستورالعمل‌هایی به‌صورت پراکنده توسط متخصصین و کارشناسان صنعت آب در زمینه تعیین محل چاه‌ها و نحوه نظارت برآنها تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفته که لازم است با توجه به هزینه‌های هنگفتی که سالانه در امر حفر این چاه‌ها بر دوش دولت و همچنین بخش خصوصی به‌ویژه کشاورزان سنگینی می‌کند، مجموعه‌ای جامع و یکپارچه در قالب یک دستورالعمل استاندارد فراهم گردد تا ضمن این‌که از هدر رفت هزینه‌ها جلوگیری به‌عمل آید در افزایش عمر مفید چاه‌های آب نقش به‌سزایی داشته باشد. در حال حاضر نقش اصلی در تعیین محل چاه‌های آب طبق ماده ۸ قانون توزیع عادلانه آب و ماده ۱۷ آیین‌نامه اجرایی قانون مذکور به‌عهده کارشناسان وزارت نیرو می‌باشد لیکن طی چند سال اخیر با طرح‌های اجرایی تعریف شده، خوشبختانه مبحث مربوط به نظارت بر حفر این چاه‌ها در راستای اجرایی نمودن اصل ۴۴ قانون اساسی به بخش خصوصی واگذار شده و در همین راستا شرکت‌ها و موسسات مرتبط با امر نظارت بر حفر چاه‌های آب متشکل از متخصصین و کارشناسان مجرب، ایجاد گردیده است.

در این دستورالعمل ضمن اشاره به سرفصل‌های اصلی تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب، در مواردی که لازم بوده به دستورالعمل‌های تهیه شده و منابع داخلی و خارجی ارجاع داده شده است.

– هدف

تهیه دستورالعمل استاندارد و جامع با استفاده از نشریات، کتب، راهنماها و شیوه‌نامه‌های داخلی وخارجی و تجارب کارشناسی در زمینه تعیین محل انواع چاه‌های آب در آبخوان‌های آبرفتی و سازند سخت و نحوه نظارت بر حفر آنها به‌منظور استفاده کارشناسان، متخصصین و علاقمندان که در این زمینه فعالیت می‌نمایند.

– دامنه کاربرد

گستره کاربرد این دستورالعمل حوزه فعالیت‌های مرتبط با آب زیرزمینی اعم از بخش دولتی (کلیه شرکت‌های آب منطقه‌ای و سازمان آب و برق خوزستان، شرکت‌های آب و فاضلاب و دیگر ارگان‌های ذیربط) و بخش خصوصی (اشخاص حقیقی و حقوقی) را شامل می‌شود.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- کلیات

در این بخش واژه‌های اصلی و کلیدی این دستورالعمل تعریف شده است. در تعریف این واژه‌ها سعی شده از فرهنگ‌های هیدروژئولوژی و حفاری و دستورالعمل‌های تهیه شده توسط طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور استفاده شود. برای واژه‌هایی که دراین فرهنگ‌ها موجود نبوده از سایر منابع که در انتهای دستورالعمل از آنها نام برده شده، استفاده شده است.

۱-۲- فرو چاله[1]

محلی که در آن سطح زمین بدون ارتباط با بود یا نبود جریان سطحی به صورت فروافتاده درآمده است. این واژه به مفهوم جایی که جریان سطحی به زیرزمین فرو می‌رود، اطلاق نمی‌شود.

۱-۳- دولین[2]

فرو افتادگی بسته، گرد و یا بیضوی با کف مسطح یا قیفی شکل که در سطح زمین‌های کربناته تشکیل شده و ممکن است چندین صدمتر پهنا و چند صدمتر ژرفا داشته باشد. این فروافتادگی با شکاف‌ها، گودال‌ها، میله چاه‌ها و تنوره‌ها مرتبط می‌شود. وقتی که آب سطحی از طریق دولین به درون زمین راه می‌یابد به حفره‌های بلعنده و پانورها نیز مرتبط می‌شود.

۱-۴- پولژه[3]

پولژه یا پولژه کارست عبارت از زمین با کف هموار در یک حوضه بسته است که ممکن است مناطق وسیعی را شامل شود که حتی تا ۱۰۰۰ کیلومترمربع می‌رسد. کف هموار پولژه سازند غیرقابل انحلال و با خاک می‌باشد. پولژه ممکن است به‌وسیله دامنه‌های با شیب تند و به‌طور موضعی به‌وسیله صخره‌هایی احاطه شده باشد. در پولژه مجموعه‌ای از ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی نظیر چشمه‌های سرریزی، حفرات بلعنده، استاول‌ها و رودخانه‌های گمشده را می‌توان دید.

۱-۵- پانور[4]

حفره یا بازشدگی در کف یا حاشیه یک فرورفتگی که از طریق آن تمام یا بخشی از آب رودخانه یا دریاچه به زیرزمین به داخل سیستم آب‌های زیرزمینی کارستی جریان می‌یابد. پانور اصطلاحا حفره بلعنده نیز نامیده می‌شود.

1- Sinkhole
2- Doline
3- Polje
4- Ponor

۱-۶- استاول[1]

بازشدگی در پهنه کارستی که در دوره بالا بودن سطح آب زیرزمینی به‌صورت چشمه و هنگام پایین بودن سطح آب، مانند پانور عمل می‌کند.

۱-۷- تراوشگاه کارستی[2]

جایی که آب زیرزمینی کارستی در سطح زمین ظاهر می‌شود که گاهی اوقات توسعه آن تشکیل باتلاق کارستی را می‌دهد.

۱-۸- کارن[3]

شیارها یا آبراهه‌هایی در سطوح سنگ‌های آهکی که به‌وسیله لبه‌های تیز یا گرد شده کوتاه که معمولا ناپیوسته نیز می‌باشند، از هم جدا می‌شوند. کارن‌ها از طریق خورندگی در طول درزه‌ها یا شبکه یا جریان دایمی آب روی سطح صاف اولیه به‌وجود می‌آیند.

۱-۹- دره‌ی کور[4]

دره‌ی کارستی بدون تداوم مشخص در پایین دست که آب در آن زهکشی شده و در زیرزمین با پیوستن به یک یا چند پانور ناپدید می‌شود.

۱-۱۰- چاه آب[5]

حفره‌ای است قائم که در زمین به‌منظور دست‌یابی به آب زیرزمینی با روش‌های مختلف حفاری، حفر می‌شود.

۱-۱۱- چاه بهره‌برداری

چاهی است که به‌منظور بهره‌برداری از آن جهت مصارف مختلف کشاورزی، صنعتی و شرب و بهداشت در آبخوان حفر و تجهیز می‌گردد.

1- Estavelle
2- Karst Seep
3- Karren
4- Blind Valley
5- Water Well

۱-۱۲- چاه اکتشافی[1]

چاهی است که به‌منظور تعیین برخی از مشخصات و مولفه‌های آبخوان مثل تعیین سنگ کف، ستون زمین‌شناسی آبخوان، قابلیت هدایت هیدرولیکی[2]، ضریب ذخیره[3]، قابلیت انتقال[4] و اکتشاف آبخوان‌های جدید حفر می‌شود.

۱-۱۳- چاه مشاهده‌ای

چاهی است که به‌منظور پایش تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی شامل اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آزاد و تغییرات فشار پیزومتری در آبخوان‌های تحت فشار و همچنین بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در طول زمان، حفر می‌شود.

1- Exploration Well
2 - Hydrulic Conductivity
3- Storage Coefficient
4- Observation Well

فصل ۲

ضوابط و شرایط تعیین محل چاه در آبخوان‌های آبرفتی

۲-۱- کلیات

اصولا چاه‌های آب با توجه به اهدافی که به‌منظور آن حفر می‌شوند به‌صورت زیر قابل تقسیم‌بندی هستند:

- چاه بهره‌برداری
- چاه اکتشافی
- چاه مشاهده‌ای

ضوابط و شرایط تعیین محل این چاه‌ها با توجه به هدف از حفر آنها متفاوت بوده و بر همین اساس ضوابط و شرایط حاکم بر آنها به‌صورت جداگانه تعریف می‌شود، هر چند که در برخی موارد این ضوابط مشترک می‌باشد.

۲-۲- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان‌های آبرفتی

با توجه به این‌که هدف از حفر چاه بهره‌برداری، استفاده از آب زیرزمینی جهت مصارف مختلف بوده و نظر به این‌که هزینه‌های حفر این قبیل چاه‌ها قابل توجه می‌باشد، لازم است ابتدا مطالعات شناسایی و نیمه تفصیلی آب‌های زیرزمینی براساس مفاد نشریه‌های شماره ۲۱۲ و ۲۱۳ (فهرست خدمات مطالعات مرحله شناسایی و نیمه تفضیلی) استاندارد تهیه شده توسط طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور در محدوده مورد نظر انجام شود تا برپایه نتایج حاصل از این مطالعات نسبت به تعیین محل این قبیل چاه‌ها اقدام شود.

۲-۲-۱- گردآوری آمار و اطلاعات با توجه به اهداف حفر چاه‌های بهره‌برداری

چنانچه مطالعات شناسایی و یا نیمه تفصیلی در آبخوان‌های آبرفتی انجام شده باشد، گردآوری گزارش‌ها و آمار و اطلاعات مربوط به این مطالعات و نقشه‌های تهیه شده می‌تواند در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری نقش مهمی ایفا نماید. در واقع این آمار و اطلاعات هستند که می‌توانند پایه اساسی در تعیین محل این چاه‌ها باشند. لازم به ذکر است که استفاده از اطلاعات مربوط به چاه‌های بهره‌برداری موجود شامل ستون زمین‌شناسی، نتایج تجزیه شیمیایی نمونه آب، آنالیز نمونه‌های خاک در صورت وجود، عمق سطح آب زیرزمینی، عمق چاه، لایه‌های آبدار و ناتراوا، آبدهی چاه و ... می‌تواند نقش مهمی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری داشته باشد.

۲-۲-۲- نحوه استفاده از بررسی‌های هیدروکلیماتولوژی انجام شده

بررسی‌های هیدروکلیماتولوژی را مولفه‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی تشکیل می‌دهند از مهم‌ترین این مولفه‌ها در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری می‌توان به میزان بارش، نوع بارش و شدت آن، میزان تبخیر، حجم رواناب‌ها و جریان‌های سطحی اشاره نمود که از طریق آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری قابل دسترسی است. بارش بیش‌تر و تبخیر کم می‌تواند در شرایط مناسب زمینه تشکیل آبخوان‌های با پتانسیل قوی را فراهم آورد. شدت بارندگی رابطه عکس با میزان نفوذ آب به درون آبخوان و با حجم رواناب‌ها و جریان‌های سطحی رابطه مستقیم دارد. میزان نفوذ به آبخوان به نوع بارش نیز بستگی دارد. بارش از نوع برف نسبت به بارش از نوع باران سهم بیش‌تری در نفوذ به آبخوان خواهد داشت و به‌همین دلیل در دشت‌های آبرفتی مناطق سردسیر که رژیم برفی برآنها حاکم است، آبخوان‌های با پتانسیل خوب تشکیل می‌شود.

بنابراین در نظر گرفتن هر یک از مولفه‌های مذکور در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری نقش مهمی دارد.

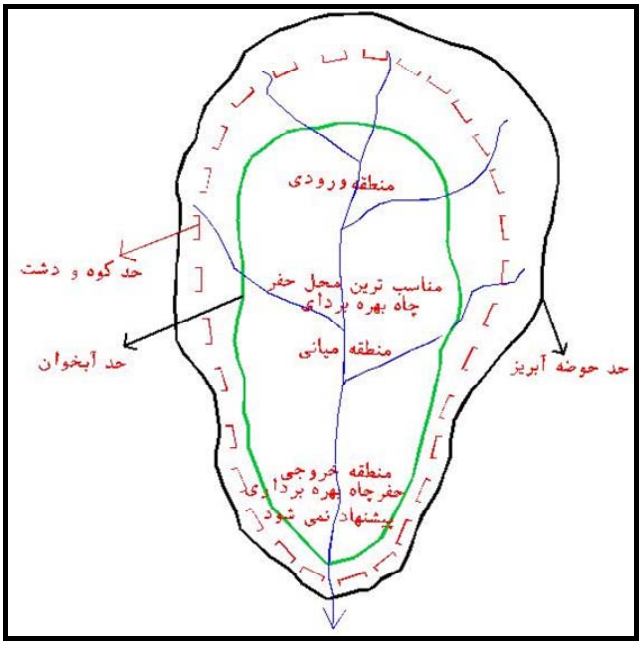
۲-۲-۳- نحوه استفاده از نتایج و بررسی‌های زمین‌شناسی انجام شده در آبرفت

نوع، اندازه و شکل ذرات تشکیل دهنده آبخوان آبرفتی نقش اساسی در میزان نفوذپذیری آبخوان یا به‌عبارتی قابلیت هدایت هیدرولیکی عمودی[1] آن دارد. هر چه اندازه ذرات بزرگ‌تر و شکل آنها کروی‌تر باشد، شرایط جهت نفوذ بهتر شده و تشکیل آبخوان‌های غنی را به‌همراه دارد. به‌عنوان مثال آبخوان‌های شن و ماسه‌ای و مخروط‌افکنه‌ها در شرایط بارش مناسب نسبت به آبخوان‌های ریزدانه و رسی از پتانسیل آبی بالاتری برخوردارند. درصد رسوبات دانه درشت در ورودی یا محل‌های تغذیه حوضه‌های آبریز نسبت به درصد این مواد در خروجی این حوضه‌ها بیش‌تر است. به عبارت دیگر در ابتدای حوضه آبریز رسوبات عمدتا دانه درشت، در میانه‌های حوضه دانه متوسط و در انتهای حوضه عمدتا دانه‌ریز می‌شوند. میزان قابلیت هدایت هیدرولیکی رابطه مستقیم با این موضوع دارد و به تبعیت از آن تغییر می‌کند و به همین لحاظ میزان این مولفه در ابتدا و میانه‌های دشت نسبت به انتهای دشت بیش‌تر بوده و بنابراین مناسب‌ترین نقاط برای حفر چاه‌های بهره‌برداری در صورت وجود شرایط مناسب بارش و ضخامت کافی از این رسوبات، در نواحی تغذیه و میانه‌های دشت‌ها می‌باشد. در جدول (۲-۱) رابطه بین قابلیت هدایت هیدرولیکی عمودی با اندازه، نوع و شکل رسوبات در سه ناحیه یک حوضه آبریز ارائه شده است.

جدول ۲-۱- رابطه بین قابلیت هدایت هیدرولیکی عمودی با اندازه، جنس و شکل ذرات در سه ناحیه یک حوضه آبریز

مولفه / ناحیه	اندازه ذرات	قابلیت هدایت هیدرولیکی عمودی (K_V)	شکل (گردشدگی)	نوع رسوبات	ملاحظات
ورودی (تغذیه)	بزرگ	زیاد	کم	عمدتا شن و قلوه سنگ، درصد کمی ماسه و به میزان ناچیز مواد دانه‌ریز (رس و سیلت)	مناسب جهت حفر چاه بهره‌برداری
میانی	متوسط	متوسط	متوسط	عمدتا ماسه یا درصدی از شن و به مقدار کم مواد دانه‌ریز	مناسب جهت حفر چاه بهره‌برداری
خروجی (تخلیه)	ریز	کم	زیاد	عمدتا دانه‌ریز (رس و سیلت)	حفر چاه بهره‌برداری پیشنهاد نمی‌شود

در شکل (۲-۱) به‌طور شماتیک محل‌های مناسب حفر چاه‌های بهره‌برداری در یک حوضه آبریز نشان داده شده است.



شکل ۲-۱- مناسب‌ترین محل حفر چاه‌های بهره‌برداری آبرفتی در یک حوضه آبریز

1- Vertical Hydrulic Conductivity (K_V)

لازم به ذکر است که در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در این نوع نواحی فراهم بودن دیگر شرایط از جمله شرایط مناسب هیدروکلیماتولوژی، بارش کافی، تبخیر کم، کیفیت مناسب و عدم رخنمون سازندهای تبخیری و شور کننده می‌باشد.

بنابراین مولفه‌های نوع، اندازه و شکل ذرات تشکیل دهنده آبخوان آبرفتی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری باید مدنظر قرار گیرد.

۲-۲-۴- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های اکتشافی انجام شده

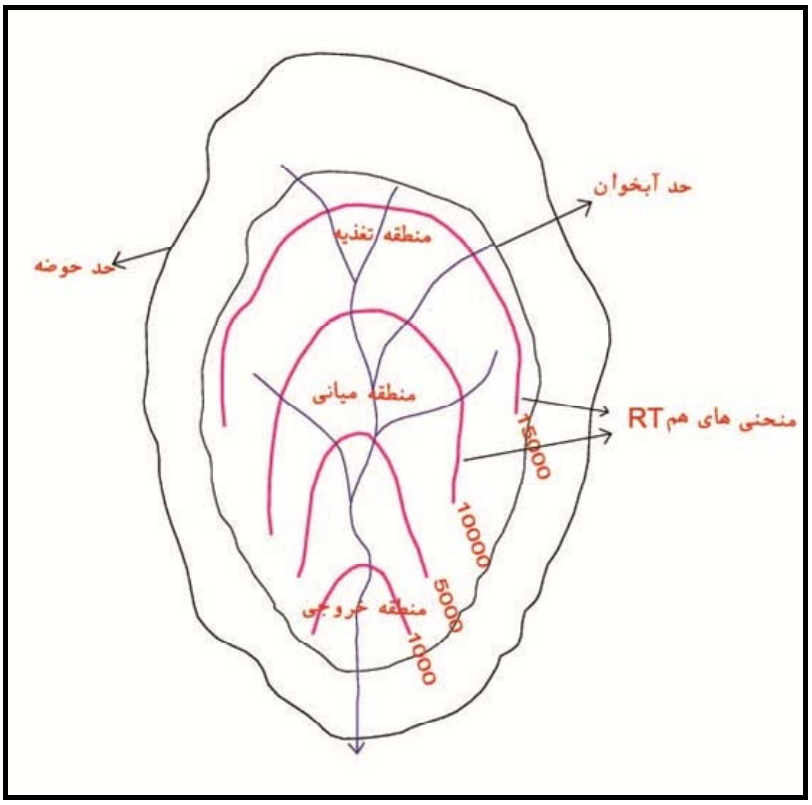
در بررسی منابع آب زیرزمینی از روش‌های مختلف ژئوفیزیک مانند ژئوالکتریک، لرزه‌نگاری، مغناطیس‌سنجی و VLF استفاده می‌شود. اما کاربرد روش ژئوالکتریک در بین روش‌های فوق در بررسی این منابع به علت ارزان بودن بیش‌تر مرسوم است. در این روش مقاومت الکتریکی[1] لایه‌های مختلف زمین اندازه‌گیری می‌شود. رسوبات دانه درشت از قبیل قلوه سنگ، شن و ماسه نسبت به رسوبات دانه‌ریز مثل رس و سیلت از مقاومت الکتریکی بیش‌تری برخوردار هستند. پس از انجام عملیات ژئوالکتریک ودست‌یابی به مقاومت الکتریکی میانگین لایه‌ها در نقاط مختلف، مقطع مقاومت الکتریکی و نقشه‌های هم مقاومت الکتریکی[2] که شامل یک سری منحنی‌های هم مقاومت می‌باشد، تهیه می‌شود. از طرفی چنانچه ضخامت لایه اشباع آبخوان (e) و مقاومت ویژه الکتریکی حقیقی (P_r) لایه‌ها مشخص باشد از ضرب نمودن دو مولفه مذکور، می‌توان نقشه‌های RT را که شامل منحنی هم RT می‌باشد، تهیه نمود و سپس با در نظر گرفتن کیفیت شیمیایی، RT را اصلاح نمود و در نهایت نقشه RT تصحیح شده تهیه می‌شود. در این صورت RT به‌دست آمده رابطه مستقیم با T (قابلیت انتقال) دارد. بنابراین نقاطی که دارای RT بالایی باشند از میزان قابلیت انتقال بالایی برخوردارند و چنانچه آبخوان از ضخامت کافی برخوردار باشد، بهترین نقاط جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری می‌باشند. مناطق ورودی (محل‌های تغذیه) و مناطق میانی دشت‌ها از RT بیش‌تری نسبت به مناطق خروجی (تخلیه) برخوردارند و در نهایت مناطق مذکور در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری به‌ویژه جهت تامین آب شرب توصیه می‌شوند.جدول (۲-۲) ارتباط مولفه‌های مذکور با مناطق مختلف یک دشت را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲- ارتباط مولفه‌های R، T و RT با مناطق مختلف یک دشت

مولفه / ناحیه	مقاومت الکتریکی (R)	قابلیت انتقال (T=K.b)	RT	ملاحظات
ورودی (تغذیه)	زیاد	زیاد	زیاد	مناسب جهت حفر چاه بهره‌برداری
میانی	متوسط	متوسط	متوسط	مناسب جهت حفر چاه بهره‌برداری
خروجی (تخلیه)	کم	کم	کم	حفر چاه بهره‌برداری توصیه نمی‌شود

در شکل (۲-۲) نمونه‌ای از یک نقشه RT همراه با مناطق مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری نشان داده شده است.

1- Electrical Resistivity
2- Iso Electrical Resistivity Maps



شکل ۲-۲- نقشه‌ی RT یک دشت و مناطق مناسب جهت حفر چاه بهره‌برداری

۲-۲-۵- نحوه استفاده از نتایج عملیات چاه‌پیمایی و ویدئومتری انجام شده

عملیات چاه‌پیمایی[1]، اطلاعاتی شامل نوع ذرات تشکیل دهنده آبخوان، سطح آب زیرزمینی، ضخامت ناحیه اشباع و منطقه‌های نفوذ آب زیرزمینی به چاه را در اختیار می‌گذارد که از این طریق می‌توان به پتانسیل آبی آبخوان پی‌برد. در عملیات ویدئومتری[2] نیز چنانچه چاه فاقد لوله جدار باشد می‌توان به مولفه‌های مذکور پی برد. بنابراین در مناطقی که اطلاعات چاه‌پیمایی و عملیات ویدئومتری از آبخوان‌های آبرفتی موجود باشد، می‌توان با استفاده از این اطلاعات در تعیین محل مناسب چاه‌های آب بهره برد.

بدین صورت که اطلاعات مربوط به چاه‌هایی که در آنها عملیات چاه‌پیمایی انجام شده جمع‌آوری می‌شود و براساس نتایج حاصل ازاین عملیات در مناطقی که:

۱- ذرات تشکیل دهنده آنها دانه درشت از جنس قلوه سنگ، شن و ماسه

۲- ضخامت آبخوان به اندازه کافی

۳- تعداد منطقه‌های نفوذ آب زیرزمینی در مقطع عمودی چاه‌ها قابل توجه باشد را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین نقاط جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری با رعایت فواصل حریمی دیگر منابع آبی، پیشنهاد نمود. در مناطق مجاور شهرک‌های صنعتی، مناطق مسکونی و یا منابع آلاینده دیگر چنانچه محل‌هایی جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری آب شرب تعیین شود و آب

1- Well Logging
2- Videometery

زیرزمینی در این مناطق نزدیک به سطح زمین باشد، مسدود نمودن بخش‌های بالایی آبخوان به منظور جلوگیری از ورود مواد آلاینده به آبخوان ضروری است.

۲-۲-۶- نحوه استفاده از نتایج حفاری‌های انجام شده:

از حفر چاه‌های آب به‌ویژه چاه‌های اکتشافی و مشاهده‌ای اطلاعاتی از قبیل موارد زیر به‌دست می‌آید:

در زمان حفر چاه‌های آب معمولا از هر سه متر حفاری یک نمونه از مواد حفر شده برداشت می‌شود و در جعبه‌های مخصوصی با تعیین عمق برداشت نمونه، نگهداری می‌شود. جنس نمونه‌ها توسط مهندس ناظر تعیین و سپس نمودار ستون زمین‌شناسی چاه[1] براساس عمق و جنس رسوبات تهیه می‌شود. این نمودار بیانگر جنس رسوبات تشکیل دهنده آبخوان در اعماق مختلف می‌باشد. هر چه درصد رسوبات دانه درشت (شن و ماسه) در این نمودار بیش‌تر باشد حاکی از آبدهی خوب آبخوان نسبت به مناطقی است که رسوبات دانه‌ریز عمده تشکیل دهنده رسوبات آنها می‌باشد. بنابراین در مناطقی که نمودار ستون زمین‌شناسی چاه‌های آن حاکی از درصد بیش‌تر رسوبات دانه درشت نسبت به رسوبات دانه‌ریز باشد تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری توصیه می‌شود. البته روش صحیح تهیه نمودار ستون زمین‌شناسی چاه، حفر گمانه‌ها یا چاه‌های با قطر کم به روش حفاری مغزه‌گیری[2] می‌باشد که مغزه‌های تهیه شده در این روش در جعبه‌های مخصوصی به آزمایشگاه رسوب‌شناسی حمل و آنالیز می‌گردند و سپس اقدام به تهیه نمودار ستون زمین‌شناسی می‌شود.

با استفاده از ستون زمین‌شناسی و جنس ذرات تشکیل دهنده، اعماق محل‌های تغذیه چاه توسط آب زیرزمینی را می‌توان معین نمود. این محل‌ها دقیقا در اعماقی قرار دارد که درصد رسوبات دانه درشت (شن و ماسه) نسبت به رسوبات دانه‌ریز غالب می‌باشد. بنابراین در مناطقی که ستون زمین‌شناسی چاه‌های موجود در آن ضخامت قابل توجهی از رسوبات دانه درشت را نشان می‌دهد، می‌توان با رعایت حریم منابع آب مجاور نسبت به تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری با در نظر گرفتن ضخامت ناحیه اشباع اقدام نمود. در این شرایط هر چه عمق سنگ کف پایین‌تر باشد و از طرفی جنس سنگ کف از سازندهای تراوا مثلا سنگ‌های کربناته تشکیل شده باشد، شرایط مناسب هیدروژئولوژیکی بیش‌تر حاکم می‌شود و نهایتا نقاط مناسب جهت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری فراهم می‌شود.

معمولا میزان املاح موجود در آب زیرزمینی با افزایش عمق آبخوان‌های آزاد اضافه می‌شود به‌عبارتی با افزایش عمق، کیفیت آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد. البته حالات استثنایی نیز وجود دارد که امکان وجود نواحی تغذیه کننده آب‌های با کیفیت خوب در اعماق پایین از طریق گسله‌ها و یاسنگ کف از جنس سازندهای تراوا مثل سنگ‌های کربناته را فراهم نموده که در این حالت کیفیت آب با افزایش عمق از روند معمولی تبعیت نمی‌کند. بنابراین در تعیین محل این چاه‌ها باید روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی را نسبت به عمق که در زمان حفاری چاه توسط برداشت نمونه آب انجام می‌شود، در نظر داشت.

در جدول (۲-۳) رابطه مولفه‌های مذکور با چگونگی محل حفر چاه با استفاده از نتایج حفاری‌های انجام شده در منطقه ارائه شده که می‌تواند کمک بزرگی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری باشد با استفاده از نمودار زمین‌شناسی و لاگ حفاری[3] این چاه‌ها می‌توان به جنس لایه‌های آبرفتی، محل‌های تغذیه، ضخامت ناحیه اشباع، عمق و جنس سنگ کف، عمق سطح آب زیرزمینی و تغییرات کیفیت آب در اعماق مختلف پی برد و براساس مولفه‌های مذکور بهترین محل جهت حفر چاه را در آبخوان مربوطه انتخاب نمود.

1- Well Geological Log
2- Core Drilling Method
3- Drilling Log

جدول ۲-۳- رابطه مولفه‌های حاصل از حفاری‌ها با انتخاب محل چاه‌های بهره‌برداری آبرفتی

حفر چاه	کیفیت آب زیرزمینی			ضخامت ناحیه اشباع			جنس لایه‌ها		
	بد	متوسط	خوب	کم	متوسط	زیاد	عمدتا رس و سیلت	عمدتا شن و ماسه	عمدتا گراول وشن
توصیه می‌شود	–	×	×	–	×	×	–	×	×
توصیه نمی‌شود	×	–	–	×	–	–	×	–	–

۲-۲-۷- نحوه استفاده از نتایج آزمایش پمپاژ

آزمایش‌های پمپاژ اعم از آزمایش‌های افت و برگشت (پله‌ای) و آزمایش‌های با دور ثابت اطلاعات با ارزشی از پتانسیل آبی آبخوان و چاه حفر شده در اختیار می‌گذارد. از جمله مهم‌ترین این اطلاعات می‌توان به ضرایب هیدرودینامیک آبخوان شامل هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال و ضریب ذخیره مشروط به وجود چاه مشاهده‌ای در کنار چاه اکتشافی اشاره نمود. از طرفی با استفاده از آزمایش‌های پمپاژ می‌توان به آبدهی ویژه (ظرفیت ویژه)[1]، افت ویژه[2]، افت کلی[3] در چاه (افت شبکه + افت آبخوان)، آبدهی بحرانی و مجاز و بازده یا راندمان چاه و نهایتا تعیین شعاع تاثیر یا حریم چاه دست یافت. در صورت وجود چنین اطلاعاتی در محدوده یک آبخوان می‌توان در خصوص تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری تصمیم‌گیری نمود.

به‌طور کلی هر چه میزان ضرایب هیدرودینامیکی یک آبخوان مثل هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال و ضریب ذخیره بیش‌تر باشد، پتانسیل آبی آن بیش‌تر و نهایتا تعیین محل چاه بهره‌برداری در آن به سهولت انجام خواهد شد.

در جدول (۲-۴) قابلیت هدایت هیدرولیکی یا نفوذپذیری رسوبات آبرفتی به نقل از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آورده شده است.

با توجه به این‌که رابطه بین هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال آبخوان مستقیم می‌باشد ($T = k.b$)

T: قابلیت انتقال

K: هدایت هیدرولیکی

b: ضخامت آبخوان

بنابراین چنانچه مقادیر K و b یک آبخوان زیاد باشد، میزان قابلیت انتقال آن نیز بیش‌تر بوده و شرایط مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری مهیا می‌باشد.

با استفاده از اطلاعات جدول مذکور چنانچه ضخامت آبخوان ۱۰۰ متر فرض شود، میزان قابلیت انتقال انواع رسوبات ذکر شده در جدول بین ۰/۱ تا ۱۰ برای گروه دانه‌بندی K_1 (رس) و ۱۳۰۰۰ مترمربع در روز برای گروه دانه‌بندی K_{19} (قلوه سنگ همگن) در تغییر خواهد بود. البته وجود چنین شرایطی در طول مقطع زمین‌شناسی یک آبخوان بسیار نادر است و معمولا آبخوان در طول مقطع زمین‌شناسی مخلوطی از انواع رسوبات می‌باشد. بنابراین جهت دست‌یابی به میانگین قابلیت انتقال یک آبخوان باید با استفاده از آنالیز نمونه‌های برداشت شده از مراحل حفاری چاه و ضخامت هر یک از لایه‌های تشکیل دهنده، گروه دانه‌بندی‌های مختلف در آنها مشخص و سپس با ضرب نمودن مقدار هدایت هیدرولیکی هر لایه در ضخامت آن لایه و جمع جبری آنها و تقسیم بر تعداد لایه‌ها، عمل نمود.

1- Specific Yeild
2- Specific Drawdown
3- Total Drawdown

این عمل را می‌توان برای کلیه چاه‌هایی که در منطقه دارای مقاطع زمین‌شناسی حفاری بوده و آنالیز نمونه برای آنها انجام شده به کاربرد و سپس با نتایج میزان قابلیت انتقال ناشی از آزمایش‌های پمپاژ در چاه‌های منطقه مقایسه نموده و قابلیت انتقال نزدیک به واقعیت را برای آبخوان برآورد نمود و براساس آن تصمیم به تعیین محل چاه در نقاط مناسب آبخوان با حفظ حریم منابع آب مجاور نمود.

به‌طور کلی تعیین محل چاه بهره‌برداری در مناطق با قابلیت انتقال کم‌تر از ۱۵۰ مترمربع در روز در آبخوان‌های آزاد توصیه نمی‌شود. البته این موضوع بستگی به میزان آب مورد نیاز دارد. چنانچه نیاز آبی ناچیز باشد (مثلا راه‌اندازی یک طرح خدماتی و صنعتی و یا تامین آب شرب یک روستای کوچک) در صورت الزام در مناطق با قابلیت انتقال کم‌تر از ۱۵۰ مترمربع در روز نیز اقدام به تعیین محل چاه بهره‌برداری می‌نمایند.

جدول ۲-۴- هدایت هیدرولیکی رسوبات مختلف نقل از سازمان زمین‌شناسی آمریکا

نوع رسوبات	هدایت هیدرولیکی (متر در روز)	گروه دانه‌بندی
رس	۰/۰۰۱ – ۰/۱	K_1
سیلت – ماسه ریز و سیلت و رس	۱ – ۲	K_2
مخلوط ماسه ریز و درشت و رس	۵	K_3
ماسه ریز رسی – ماسه خیلی ریز همگن – رس، ماسه و شن	۷	K_4
ماسه رسی- مخلوط ماسه و رس و شن – رس ماسه‌ای و ماسه	۱۰	K_5
مخلوط ماسه ریز و متوسط و کمی رس – مخلوط ماسه رسی و کمی شن – مخلوط ماسه خیلی ریز و کمی شن	۱۲	K_6
ماسه ریز همگن - مخلوط ماسه و رس ماسه‌ای و شن – ماسه خیلی ریز و رس ماسه‌ای و کمی شن و قلوه سنگ	۱۵	K_7
مخلوط ماسه ریز و متوسط و درشت – مخلوط شن ریز و ماسه و رس ماسه‌ای	۲۰	K_8
مخلوط ماسه ریز و متوسط -مخلوط شن ریز و ماسه و قلوه سنگ و رس	۲۵	K_9
ماسه متوسط همگن – مخلوط قلوه سنگ و شن ریز و متوسط و رس و ماسه ریز	۳۰	K_{10}
مخلوط ماسه ریز و ماسه درشت با کمی شن	۳۵	K_{11}
مخلوط ماسه متوسط و ماسه درشت و کمی شن – مخلوط قلوه سنگ و ماسه و رس ماسه‌ای و کمی شن	۴۰	K_{12}
ماسه درشت همگن – مخلوط قلوه سنگ و شن و ماسه رسی	۵۰	K_{13}
مخلوط ماسه و شن – مخلوط ماسه متوسط و درشت و شن و قلوه سنگ	۶۰	K_{14}
مخلوط قلوه سنگ و شن ریز و متوسط و ماسه	۷۰	K_{15}
شن ریز همگن - مخلوط قلوه سنگ و شن متوسط و ریز	۹۰	K_{16}
شن متوسط همگن (از نظر ابعاد)	۱۱۰	K_{17}
شن درشت همگن (از نظر ابعاد)	۱۲۰	K_{18}
قلوه سنگ همگن	۱۳۰	K_{19}

T: میانگین قابلیت انتقال آبخوان

K_1: هدایت هیدرولیکی لایه اول

B_1: ضخامت لایه اول

n: تعداد لایه‌های آبخوان

میزان آبدهی ویژه (ظرفیت ویژه) چاه‌های آب در هر منطقه حکایت از پتانسیل آبی آبخوان منطقه دارد. این مولفه که با علامت اختصاری « Q_s » نمایش داده می‌شود از تقسیم میزان آبدهی (Q) چاه از آزمایش پمپاژ به میزان افت آب زیرزمینی به‌دست می‌آید و بعد آن ($[L^3/t/L]$- توان سوم واحد طول بر واحد زمان بر واحد طول) می‌باشد یا به‌عبارتی این مولفه میزان آبدهی چاه را به ازا واحد افت آب زیرزمینی در چاه نشان می‌دهد. هر قدر این پارامتر بیش‌تر باشد حکایت از بالا بودن ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان و

نهایتا پتانسیل مناسب آبی آبخوان دارد. بنابراین در مناطقی که آبدهی ویژه چاه‌ها از طریق آزمایش پمپاژ محاسبه شده است، می‌توان در خصوص نحوه تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری تصمیم‌گیری نمود و مناطق مناسب را با در نظر گرفتن نواحی که دارای چاه‌های با آبدهی ویژه بالا می‌باشند و با رعایت حریم منابع آب مجاور جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری پیشنهاد نمود.

ضریب ذخیره[1] عبارتست از حجم آبی که منشور قائمی از آبخوان به سطح مقطع واحد به ازای واحد افت سطح ایستابی (در آبخوان‌های آزاد) یا واحد افت سطح پیزومتریک (در آبخوان‌های تحت فشار) می‌تواند آزاد کند. این مولفه با علامت اختصاری «S» نشان داده می‌شود که بدون بعد می‌باشد. در آبخوان‌های آزاد ضریب ذخیره همان آبدهی ویژه است. مقدار این ضریب در آبخوان‌های آزاد معمولا بین ۰/۰۲ تا ۰/۳ و در آبخوان‌های تحت فشار بین $۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{-۵}$ متغیر است. ضریب ذخیره در آزمایش‌های پمپاژ به شرطی قابل محاسبه می‌باشد که یک یا چند چاه مشاهده‌ای و یا پیزومتر در مجاورت چاه اکتشافی در حال پمپاژ حفر شده باشد تا بتوان میزان افت آب زیرزمینی در آنها را اندازه‌گیری کرد و محاسبه ضریب ذخیره امکان‌پذیر شود. بنابراین با داشتن ضریب ذخیره در مناطق مختلف یک آبخوان و در نظر گرفتن حدود تغییرات این مولفه در آبخوان‌های آزاد و تحت فشار می‌توان نقاط مناسب را جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری با رعایت حریم منابع آب مجاور پیشنهاد نمود. بدیهی است هر چه میزان این مولفه بیش‌تر باشد، شرایط جهت حفر چاه بهره‌برداری مناسب‌تر است.

لازم به توضیح است که از تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری که به منظور تامین آب شرب حفر می‌شوند در مجاورت مناطق مسکونی و صنعتی و همچنین نزدیک آبراهه‌ها و مسیل‌های دایمی و فصلی ولو این‌که تمام شرایط فوق‌الذکر مهیا باشد، باید جدا پرهیز نمود چون احتمال آلوده بودن یا آلوده شدن آب زیرزمینی در آبخوان آزاد منطقه وجود دارد. لازم به ذکر است که تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در آبخوان‌های تحت فشار به شرط جداسازی (ایزوله نمودن) آبخوان آزاد از تحت فشار با روش‌های مختلف انسداد، در مجاورت محل‌های یاد شده مشکلی ایجاد نخواهد کرد.

۲-۲-۸- نحوه استفاده از مطالعات ایزوتوپی و ردیابی انجام شده در آبرفت

استفاده از نتایج مطالعات ایزوتوپی و ردیابی انجام شده در آبخوان‌های آبرفتی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری اهمیت به سزایی دارد. بنابراین قبل از پرداختن به نحوه‌ی استفاده از این مطالعات به‌طور خلاصه به اهداف کیفی و کمی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی اشاره می‌شود (رجوع به دستورالعمل کاربرد روش‌های ردیابی در مطالعات آبخوان‌های آبرفتی-۲۵۶-الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور- تیرماه ۱۳۸۲).

- اهداف کیفی

- تعیین منشا آب‌های زیرزمینی
- بررسی تبادلات هیدرولیکی بین آبخوان‌های آبرفتی با یکدیگر و یا سازندهای سخت حاشیه دشت
- تعیین گستره حوضه آبگیر چشمه‌ها
- تعیین مناطق تغذیه و تخلیه آبخوان‌های آبرفتی
- تعیین نوع جریان سطحی از نقطه نظر ارتباط هیدرولیکی با منابع آب زیرزمینی (Effluent , influent)
- تعیین نوع منبع تغذیه کننده آبخوان

1- Specific Coefficient

- تفکیک آبخوان‌ها از یکدیگر
- تعیین جهت و مسیر آب زیرزمینی
- بررسی سرحد آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی
- تعیین منشا آلاینده‌های آبخوان
- تعیین نحوه‌ی پراکندگی آلاینده‌ها
- بررسی ارتباط شیرابه‌های زباله‌های شهری در محل دفن آنها با آب‌های زیرزمینی

– اهداف کمی

- تعیین سن آب‌های زیرزمینی
- میزان اختلاط آب آبخوان
- ارتفاع منطقه تغذیه
- سرعت جریان آب زیرزمینی (جانبی و قائم)
- ضریب پخشیدگی آلاینده‌ها
- متوسط زمان تاخیر
- تخلخل مفید
- قابلیت انتقال و هدایت هیدورلیکی
- تعیین حریم حفاظتی چاه‌های آب آشامیدنی

چنانچه مطالعات ردیابی و ایزوتوپی به اهداف فوق رسیده باشد در این صورت کمک بزرگی به تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری خواهد شد. لازم به توضیح است که چاه‌های بهره‌برداری با اهداف خاصی از جمله جهت تامین آب شرب و بهداشت، مصارف صنعتی و یا کشاورزی حفر می‌شوند و بنابراین با توجه به هر یک از اهداف مذکور باید از نتایج مطالعات ایزوتوپی و ردیابی در تعیین محل این چاه‌ها استفاده نمود.

۲-۲-۸-۱- استفاده از مطالعات ردیابی و ایزوتوپی در تعیین محل چاه‌های آب شرب و بهداشت

با استفاده از اهداف کمی و کیفی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی که در بند ۲-۲-۸ به آن اشاره شد باید در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری که به منظور تامین آب شرب شهرها و روستاها حفر می‌شوند، موارد زیر را مد نظر قرارداد.

- ترجیحا در مجاور مناطق اصلی تغذیه آبخوان تعیین محل شوند.
- از تعیین محل این چاه‌ها در نزدیکی مناطقی که دارای هدایت الکتریکی بالایی است پرهیز شود و در مناطقی که آب زیرزمینی آنها در دیاگرام شولر در حد قابل قبول جهت شرب باشد، حفر شوند.
- در مناطق با ضریب ذخیره، قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی بالا و با ضخامت کافی آبخوان تعیین محل شوند.
- از تعیین محل این چاه‌ها در مجاور منابع آلاینده از قبیل محل دفن زباله‌های شهری و کارخانه‌های صنعتی با توجه به میزان حریم حفاظتی این چاه‌ها که از طریق این مطالعات به‌دست آمده باید به شدت پرهیز نمود.

- در تعیین محل این چاه‌ها باید فاصله مناسب از رخنمونه‌ای تبخیری با توجه به میزان قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی آبخوان در این نواحی، گرفته شود.
- چنانچه مجبور به تعیین محل این چاه‌ها در مناطق مسکونی باشیم، باید با توجه به عمق سطح آب زیرزمینی در این مناطق ارتباط هیدرولیکی آب زیرزمینی و چاه در بخش قابل توجهی از ستون آبخوان قطع شود که نحوه مسدود نمودن و میزان انسداد آن در در بخش بعد آورده شده است. لازم به ذکر است که چنانچه در این مناطق در زیر آبخوان آزاد آبخوان یا آبخوان‌های تحت فشار وجود داشته باشد، بهتر است از منابع آب موجود در این آبخوان‌ها استفاده شود و در این صورت آبخوان آزاد تا برخورد به لایه غیرقابل زیرین مسدود شده و بنابراین امکان ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان آزاد و تحت فشار وجود نخواهد داشت و بهره‌بردار با اطمینان خاطر از چاه حفر شده در آبخوان تحت فشار بهره‌برداری خواهد نمود.

۲-۲-۸-۲- استفاده از اطلاعات ردیابی و ایزوتوپی در تعیین محل چاه‌های صنعتی و کشاورزی

چنانچه به اهداف کمی و کیفی ذکر شده در مطالعات ایزوتوپی و ردیابی (بند ۲-۲-۸) رسیده باشیم می‌توان با استفاده از نتایج این مطالعات محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های با مصارف کشاورزی و صنعتی را تعیین نمود.

حساسیت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری جهت مصارف صنعت و کشاورزی نسبت به چاه‌های آب شرب و بهداشت کم‌تر است که به‌طور خلاصه در تعیین محل این چاه‌ها با استفاده از مطالعات مذکور موارد زیر را باید رعایت نمود.

- در مناطق با ضریب ذخیره، قابلیت انتقال و هدایت هیدرولیکی بالا با توجه به میزان آب مورد نیاز تعیین محل شوند لازم به ذکر است که با توجه به این‌که آب مورد نیاز اکثر طرح‌های صنعتی و کشاورزی کوچک کم می‌باشد لذا در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری با نیاز آبی کم می‌توان از مناطق با خصوصیات هیدرودینامیکی کم نیز استفاده نمود.
- تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری با مصرف کشاورزی در مجاور مناطق آلوده کننده حساسیت کم‌تری دارد و چنانچه نوع مواد آلاینده جهت رشد محصولات کشاورزی زیان آور نباشد تعیین محل این نوع چاه‌ها در مجاور مراکز آلاینده و یا مناطق مسکونی حساسیت چندانی نخواهد داشت.

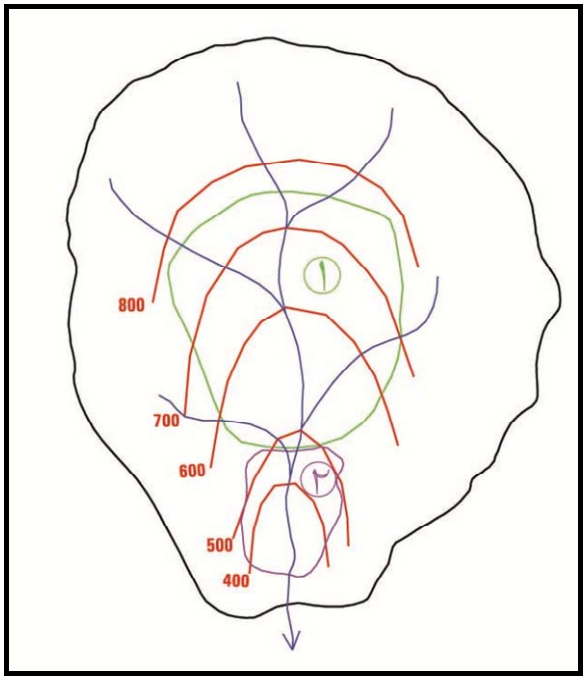
۲-۲-۹- نحوه استفاده از مطالعات هیدروژئولوژی

نتایج مطالعات و بررسی‌های هیدروژئولوژی یکی از مهم‌ترین ابزارها در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری می‌باشد. نتایج این مطالعات که به تعیین مولفه‌های هیدرودینامیکی شامل ضریب ذخیره، هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال آبخوان، نواحی تغذیه و تخلیه آبخوان، مناطق پرتنش آبخوان از دیدگاه بهره‌برداری و تخلیه، ضخامت لایه اشباع و عمق سنگ کف، نوع و تعداد آبخوان‌ها، شرایط مرزی و حدود آبخوان و درنهایت تهیه نقشه‌های مختلف هیدروژئولوژی شامل نقشه‌های تراز، هم عمق، هم ضخامت و غیره .منجر می‌شود، راهنمای خوبی در دست‌یابی به بهترین محل‌های حفر چاه‌های بهره‌برداری می‌باشد. میزان مولفه‌های هیدرودینامیکی آبخوان به جز در موارد استثنایی همیشه از نواحی تغذیه (ورودی) به سمت نواحی تخلیه (خروجی) کاهش می‌یابد. بنابراین با داشتن مولفه‌هایی مثل ضریب ذخیره، قابلیت انتقال و هدایت الکتریکی می‌توان به راحتی بهترین مناطق جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری را مشخص نمودکه عمدتا نواحی میانی و ورودی دشت را شامل می‌شوند. این نواحی از یک آبخوان آبرفتی بهترین مناطق جهت تعیین محل حفر چاه‌های آب شرب به شرط عدم وجود منابع آلاینده می‌باشد. درصورتی‌که

طرح‌های صنعتی بزرگ پرآب طلب و یا مجتمع‌های کشت و صنعت بزرگ که نیاز به آب قابل توجهی داشته باشند، بهترین محل جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری به منظور تامین مقاصد فوق نیز همین نواحی ورودی و میانی آبخوان می‌باشد.

جهت مصارف کشاورزی و یا صنعتی کم آب طلب گذشته از مناطق فوق نواحی خروجی دشت را هم می‌توان به آن اضافه نمود به شرطی که کیفیت آب زیرزمینی در نواحی خروجی پایین‌تر از حد استانداردهای مورد نیاز جهت مصارف فوق نباشد. شکل (۲–۳) نقشه قابلیت انتقال یک آبخوان آبرفتی است که بهترین مناطق جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری با مصارف و نیازهای آبی مختلف در آن نشان داده شده است. این نقشه با توجه به رابطه مستقیم بین قابلیت انتقال با ضریب ذخیره و هدایت هیدرولیکی آبخوان برای دو مولفه اخیر نیز صادق است.

نقشه‌های تراز آب زیرزمینی نیز از جمله ابزارهای مهم در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری می‌باشد. این نقشه‌ها ضمن نشان دادن مناطق تغذیه و تخلیه (مقاطع ورودی و خروجی) نواحی هم پتانسیل آب زیرزمینی، حدود آبخوان و تغییرات شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی را نیز نشان می‌دهند. فاصله منحنی‌های تراز آب زیرزمینی عموما در نواحی تغذیه و تخلیه آبخوان به علت شیب هیدرولیکی زیاد، کم و در نواحی میانی به علت تغییرات کم شیب هیدرولیکی، زیاد می‌باشد. زیاد بودن شیب هیدرولیکی در نواحی ورودی آبخوان به علت شیب زیاد توپوگرافی و در نواحی خروجی آبخوان به علت کاهش مولفه‌هایی مثل سطح مقطع جریان و یا قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان می‌باشد در نواحی پرتنش آبخوان از دیدگاه بهره‌برداری و یا تغذیه از سنگ کف نیز با چنین حالتی یعنی کاهش فواصل منحنی‌های تراز آب زیرزمینی یا به عبارتی با افزایش گرادیان هیدرولیکی روبرو هستیم، بنابراین با استفاده از این نقشه‌ها بهترین مناطق جهت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری به صورت زیر معرفی می‌شود.



شکل ۲–۳- منحنی‌های هم قابلیت انتقال آبخوان و مناطق مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری

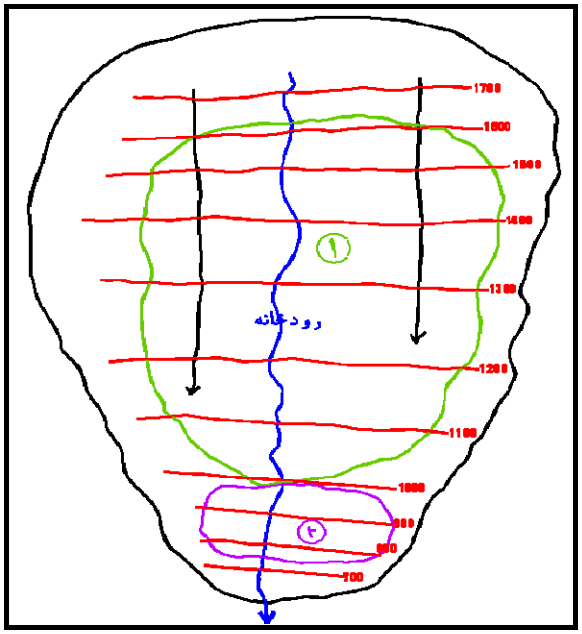
۱– نواحی ورودی و میانی حوضه بهترین محل حفر چاه‌های بهره‌برداری با اولویت چاه‌های آب شرب

۲– نواحی خروجی حوضه جهت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری به منظور اجرای طرح‌های صنعتی و کشاورزی کم آب طلب (حفر چاه‌های آب شرب در این ناحیه توصیه نمی‌شود)

۳– ۸۰۰. منحنی‌های قابلیت انتقال آبخوان

- در نواحی تغذیه (از ارتفاعات و یا سنگ کف) و نواحی میانی دشت که شیب هیدرولیک ملایم یا کم می‌باشد بهترین نقاط جهت تعیین محل حفر چاه بهره‌برداری برای طرح‌های پرآب طلب و یا تامین آب شرب می‌باشد. تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری با مقاصد فوق در خروجی دشت‌ها توصیه نمی‌شود.
- برای طرح‌های کم آب طلب صنعتی و یا کشاورزی مناطق خروجی دشت به شرط مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی پیشنهاد می‌شود.
- در مناطق پرتنش از دیدگاه بهره‌برداری (مناطق با تراکم زیاد چاه‌های بهره‌برداری) یعنی‌جایی که گرادیان هیدرولیک زیاد می‌شود از تعیین محل چاه بهره‌برداری باید پرهیز نمود.
- در مناطق خروجی دشت که با کاهش شدید سطح مقطع جریان و میزان هدایت هیدرولیکی آبخوان همراه است، تعیین محل چاه بهره‌برداری توصیه نمی‌شود.
- تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در مجاور زهکش‌ها و یا رودخانه‌هایی که زهکش آب زیرزمینی می‌باشند و یا باعث تغذیه آب زیرزمینی می‌شوند با رعایت حریم این منابع و حفر چاه‌های بهره‌برداری به شرط فراهم بودن دیگر شرایط توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که در تعیین محل حفر چاه بهره‌برداری جهت مصارف شرب و بهداشت شهری و روستایی در مناطق مذکور باید جوانب احتیاط را به‌ویژه در حوالی رودخانه‌های تغذیه کننده آب زیرزمینی به علت امکان آلودگی آب رودخانه، رعایت نمود.

نقشه‌های (۲-۴) تا (۲-۶) منحنی‌های تراز آب زیرزمینی یک آبخوان با محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری را نشان می‌دهد.

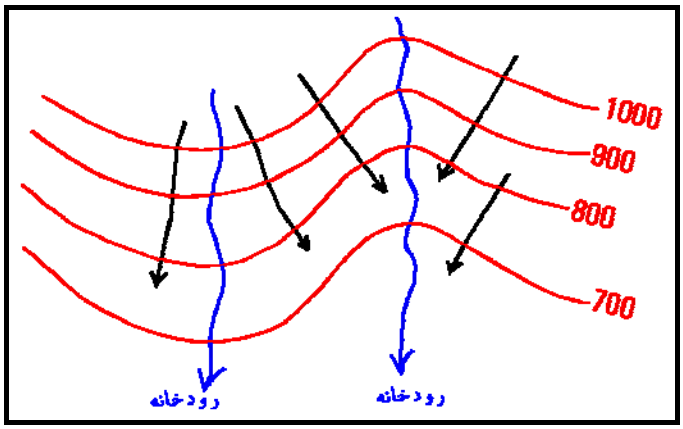


شکل ۲-۴- نقشه تراز آب زیرزمینی و محل‌های مناسب جهت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری (رودخانه با آبخوان در حالت تعادل هیدرولیکی است).

۱- مناطق ورودی و میانی دشت مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری با اولویت چاه‌های آب شرب

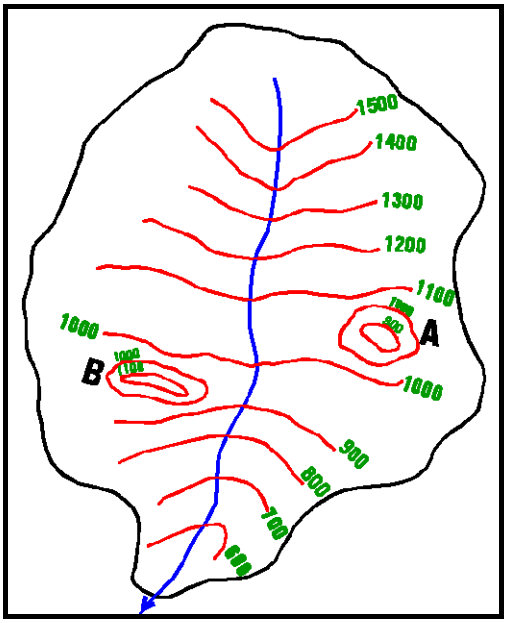
۲- مناطق خروجی دشت(حفر چاه بهره‌برداری برای طرح‌های پرآب طلب و تامین آب شرب توصیه نمی‌شود.)

۳-۱۶۰۰____: خطوط تراز آب زیرزمینی ۴- ←: جهت جریان آب زیرزمینی



شکل ۲-۵- منحنی‌های تراز آب زیرزمینی آبخوان و نقش دو رودخانه در تغذیه و زهکشی آبخوان

در نواحی که رودخانه زهکش آبخوان می‌باشد (رودخانه سمت راست در نقشه) حفر چاه بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود. در نواحی سمت چپ نقشه که رودخانه تغذیه کننده آبخوان است، حفر چاه بهره‌برداری جهت تامین آب شرب و بهداشت ترجیحا پیشنهاد نمی‌شود. (به علت امکان آلوده بودن آب رودخانه)



شکل ۲-۶- نقشه تراز آب زیرزمینی و مناطق پرتنش از دیدگاه بهره‌برداری و تغذیه از سنگ کف

منطقه **A**: بهره‌برداری شدید از آبخوان – تعیین محل چاه بهره‌برداری توصیه نمی‌شود.

منطقه **B**: تغذیه محلی آبخوان به عنوان مثال از سنگ کف – حفر چاه بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

لازم به ذکر است که کلیه نقشه‌های مذکور مربوط به آبخوان‌های آزاد بوده و چنانچه در هر یک از مناطق فوق آبخوان یا آبخوان‌های تحت فشار در زیر آبخوان‌های آزاد وجود داشته باشد (که عمدتا این نوع آبخوان‌ها در نواحی میانی و خروجی دشت‌ها وجود دارند) تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری حتی برای تامین آب شرب به شرط مناسب بودن کیفیت آب این آبخوان‌ها و مجزا بودن از آبخوان آزاد بالایی، پیشنهاد می‌شود.

۲-۲-۱۰- نحوه استفاده از بیلان عمومی آب زیرزمینی

چنانچه مطالعات هیدروژئولوژی منجربه تهیه بیلان آب زیرزمینی شده باشد و بیلان آبخوان مورد نظر متعادل باشد در این صورت با توجه به میزان پتانسیل آب اضافی در آبخوان می‌توان در محل‌هایی که از طریق مطالعات هیدروژئولوژی بند ۲-۲-۹ مناسب حفر چاه می‌باشد، اقدام به تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری نمود. درصورتی‌که بیلان آبخوان مورد نظر منفی باشد، در این حالت باید طبق مفاد ماده ۴ فصل دوم قانون توزیع عادلانه و آیین نامه اجرایی آن نسبت به ممنوعه نمودن آبخوان مورد نظر از دیدگاه توسعه بهره‌برداری اقدام نمود، در این صورت حفر چاه بهره‌برداری در این گونه مناطق به‌ویژه جهت مصارف کشاورزی اکیدا ممنوع است و تا زمانی که مجددا آبخوان به حالت تعادل نرسد و پتانسیل آبی آن مثبت نشود، هرگونه توسعه بهره‌برداری ممنوع می‌باشد.

۲-۲-۱۱- نحوه استفاده از مطالعات هیدروشیمی آبخوان

نتایج مطالعات هیدروشیمی آبخوان و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه آب‌های آن منجربه تهیه دیاگرام‌های شولر، ویلکوکس و تعیین مناطق با کیفیت مناسب و یا کیفیت بد آب زیرزمینی جهت مصارف مختلف و همچنین نقشه‌های مختلف هیدروشیمی آب می‌شود. در تمام موارد به جز حالات استثنایی آب زیرزمینی از مناطق تغذیه به سمت مناطق تخلیه با کاهش کیفیت همراه می‌باشد که میزان این کاهش بستگی به اندازه ذرات تشکیل دهنده آبرفت منطقه و جنس رسوبات حاشیه دشت دارد.

به هر حال چنانچه حفر چاه بهره‌برداری به منظور تامین آب شرب و بهداشت باشد، لازم است فقط در مناطق ورودی و میانی دشت که کیفیت آب مناسب است تعیین محل شوند. در مناطق خروجی دشت به شرط قرار داشتن کیفیت آب در استانداردهای مربوطه و همچنین رعایت کلاس‌های رده‌بندی آب در دیاگرام ویلکوکس، حفر چاه بهره‌برداری جهت مصارف کشاورزی کم آب طلب پیشنهاد می‌شود.

۲-۲-۱۲- استفاده از رابطه دارسی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری

طبق رابطه دارسی ($Q = K.A.I$) میزان جریان آب زیرزمینی (Q) در هر مقطع از آبخوان رابطه مستقیم با سه مولفه هدایت هیدرولیکی (K)، سطح مقطع جریان (A) و شیب هیدرولیکی (I) دارد.

با ثابت نگه‌داشتن میزان جریان آب زیرزمینی (Q)، تغییرات ایجاد شده در مولفه‌های طرف راست معادله دارسی و با استفاده از نقشه‌های تراز آب زیرزمینی و شکل هندسی آبخوان می‌توان محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری را تعیین نمود. در جدول زیر خلاصه‌ای از نحوه‌ی استفاده از رابطه دارسی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری آورده شده است.

جدول ۲-۵- استفاده از رابطه دارسی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری به شرط ثابت ماندن میزان جریان آب زیرزمینی

Q	K	A	I	تعیین محل چاه بهره‌برداری
ثابت	افزایش	ثابت	کاهش	توصیه می‌شود به‌ویژه جهت تامین آب شرب
ثابت	کاهش	ثابت	افزایش	حفر چاه جهت طرح‌های کم آب طلب توصیه می‌شود.
ثابت	کاهش	کاهش	افزایش	توصیه نمی‌شود

Q: میزان جریان آب زیرزمینی

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان

A: سطح مقطع جریان

I: شیب هیدرولیکی جریان

۲-۲-۱۳- رعایت حریم منابع آب مجاور در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری آبرفتی

هرچند که تعیین حریم منابع آب نیاز به تهیه دستورالعمل جداگانه‌ای دارد، اما با توجه به این‌که در تعیین محل چاه‌های آب باید حریم منابع آب مجاور رعایت گردد و این موضوع از اهیمت بسیار زیادی برخوردار است. بنابراین در این دستورالعمل سعی شده است حتی‌الامکان با ارائه روش‌های مختلف تجربی و معادلات جریان آب استفاده‌کنندگان از این دستورالعمل بتوانند در زمان تعیین محل چاه‌های آب حریم منابع آب مجاور را مدنظر قرار دهند.

۲-۲-۱۳-۱- مفهوم حریم چاه

هنگامی‌که از چاهی بهره‌برداری می‌شود آب از لایه آبدار به داخل چاه جریان پیدا می‌کند و سطح آب زیرزمینی در داخل چاه و همچنین سطح ایستابی در آبخوان آزاد و یا سطح پیزومتریک در آبخوان تحت فشار در اطراف چاه پایین می‌رود. مقدار پایین افتادن سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک در هر نقطه را نسبت به سطح اولیه آب قبل از شروع پمپاژ افت می‌گویند. افت سطح آب در داخل و اطراف چاه اغلب در مراحل اولیه پمپاژ با سرعت بیش‌تری صورت می‌گیرد، ولی پس از مدتی از شروع پمپاژ که به خصوصیات هیدرودینامیکی لایه آبدار و مقدار آب استخراجی از چاه بستگی دارد، سطح آب داخل چاه به صورت تقریبا ثابت باقی می‌ماند و به بیان دیگر افت به حالت تعادل می‌رسد. در این حالت سطح آب داخل چاه را سطح دینامیک می‌گویند. آنچه که سبب ثابت ماندن تقریبی سطح آب در درون چاه در حین پمپاژ می‌شود، آبی است که از درون فضاهای خالی محیط متخلخل در اثر نیروی ثقل آزاد و وارد چاه می‌شود. چون حجم آب آزاد شده در لایه آبدار به اندازه حجم آبی است که از چاه خارج می‌شود و در نتیجه بین آب وارد شده به چاه و آب خارج شده از آن، تعادل برقرار شده و سبب ثابت ماندن سطح آب در داخل و اطراف چاه می‌شود. عاملی که موجب می‌شود تا آب تحت تاثیر نیروی ثقل از لایه آبدار وارد چاه شود، اختلاف سطحی است که بین سطح آب در داخل چاه و سطح اولیه آب در لایه آبدار (سطح استاتیک) به‌وجود می‌آید.

مقدار افت سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک با دور شدن از چاه در حال پمپاژ کاهش می‌یابد درصورتی‌که شکلی مخروطی ایجاد می‌کند که راس آن در چاه و قاعده آن در سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک اولیه واقع می‌شود. به این فرورفتگی سطح آب در هنگام پمپاژ چاه «مخروط افت»[1] می‌گویند.

براثر افت سطح آب در اطراف چاه، جریان طبیعی آب‌های زیرزمینی تغییر می‌کند و آب نقاط دورتر و اطراف چاه به سمت آن جریان می‌یابد. با نزدیک‌تر شدن به چاه، شیب هیدرولیکی و در نتیجه سرعت جریان آب بیش‌تر می‌شود.

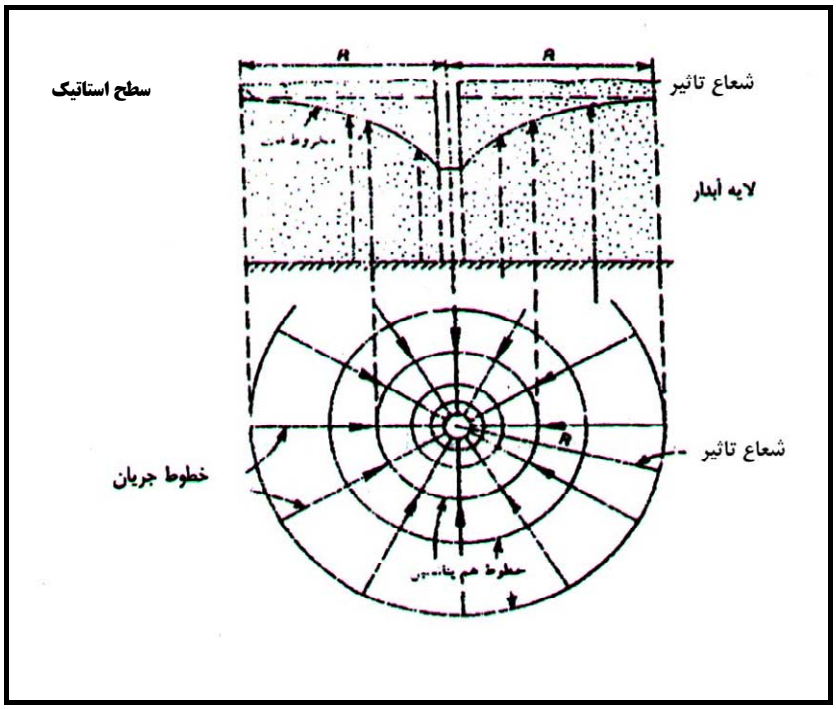
هر چه مدت ومقدار پمپاژ افزایش پیدا کند، مخروط افت گسترش و عمق بیش‌تری می‌یابد. با گذشت زمان سرعت گسترش و عمیق شدن مخروط افت کاهش می‌یابد. با گذشت زمان، گسترش و عمیق شدن مخروط افت در فواصل زمانی کوتاه قابل توجه نخواهد بود و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مخروط افت به حالت تعادل رسیده است. ولی رشد و گسترش مخروط افت تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مقدار آب خروجی (دبی پمپاژ) از چاه معادل تخلیه طبیعی لایه آبدار باشد.

بنابراین با توجه به میزان آب پمپاژی و مشخصات هیدرودینامیکی لایه آبدار در هر لحظه منطقه‌ای در اطراف چاه تحت تاثیر پمپاژ قرار می‌گیرد و خارج از آن سطح ایستابی یا پیزومتریک نسبت به حالت قبل از پمپاژ تغییر نمی‌کند. حد این منطقه را که سطح

1- Depression Cone

مخروط افت با سطح ایستابی یا پیزومتریک اولیه مماس می‌شود «منطقه تاثیر» و شعاع آن را «شعاع تاثیر» می‌گویند به عبارت دیگر حد نهایی رشد لبه مخروط افت را نسبت به محور چاه شعاع تاثیر یا «حریم چاه» می‌گویند. (شکل ۲-۷)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حریم چاه‌ها به شعاع تاثیر مخروط افت ارتباط پیدا می‌کند. حریم چاه‌ها و شکل گسترش مخروط افت را می‌توان با اندازه‌گیری سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری اطراف یک چاه بهره‌برداری و رسم خطوط هم پتانسیل نشان داد.



شکل ۲-۷- مخروط افت در اطراف یک چاه در حال پمپاژ در لایه آبدار آزاد

در قسمت پایین شکل خطوط هم پتانسیل و خطوط جریان در اطراف چاه نشان داده شده است.

۲-۲-۱۳-۲- معادلات و فرمول‌های تجربی جهت محاسبه شعاع تاثیر

متخصصین هیدرولیک محیط‌های متخلخل روابط مختلفی برای محاسبه شعاع تاثیر ارائه داده‌اند که در این دستورالعمل به تعدادی از آنها که کاربرد بیش‌تری در تعیین حریم منابع آب زیرزمینی دارند اشاره می‌شود. لازم به یادآوری است که در کاربرد آنها بایستی با احتیاط عمل نمود چرا که برخی از آنها تجربی بوده و از نظر معادله ابعادی صحیح نمی‌باشند:

– فرمول دوپویی

$$LnR = \frac{Q}{k\pi(H^2 - h^2)} - Lnr \qquad (۱-۲)$$

در این فرمول:

Q: مقدار دبی پمپاژ

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان

H: ضخامت آبخوان

h: ارتفاع سطح آب در چاه پمپاژ

r: شعاع چاه پمپاژی

R: حریم چاه

زیشارد[1] به‌طور تجربی رابطه زیر را پیشنهاد می‌نماید:

$$R = 3000(H - h)\sqrt{K} \qquad (۲-۲)$$

که در آن h ,H,R برحسب متر و K بر حسب متر برثانیه می‌باشد.

– فرمول کمفور[2]

$$R = 550\sqrt[4]{H.K.i} \qquad (۳-۲)$$

– فرمول شولتز[3]

$$R = \sqrt{\frac{6H.K.t}{me}} \qquad (۴-۲)$$

که در این معادله‌ها:

me: تخلخل موثر یا تخلخل مفید لایه آبدار

t: زمان پمپاژ برحسب ثانیه

H: ارتفاع بخش اشباع لایه آبدار برحسب متر (ضخامت آبخوان)

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی برحسب متربرثانیه

R: شعاع تاثیر ظاهری برحسب متر

r: شعاع چاه برحسب متر

h: ارتفاع بخش اشباع لایه آبدار پس از گذشت زمان t (ارتفاع سطح آب در داخل چاه پمپاژی)

i: گرادیان هیدرولیکی

کوساکین[4] رابطه‌ای مشابه رابطه شولتز پیشنهاد نموده است.

$$R = 47\sqrt{\frac{6H.K.t}{me}} \qquad (۵-۲)$$

که در آن t برحسب ساعت می‌باشد.

– رابطه شنیبلی[5]

$$R = 1.5\sqrt{\alpha t} \qquad (۶-۲)$$

که در آن t برحسب ثانیه و $\alpha = \frac{KH}{me}$ و H ارتفاع بخش اشباع آبخوان برحسب متر می‌باشد.

1- W.Sichard
2- H.Cambefort
3- I.Choults
4- I.P.Koussakine
5- G.Schneebeli

- **رابطه کوزنی[1]:** که معمولا بیش از سایر روابط مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$$R = \sqrt{\frac{12t}{me}\sqrt{\frac{Q.k}{\pi}}} \qquad (۷-۲)$$

که در این معادله:

t: زمان پمپاژ برحسب ساعت

Q: آبدهی چاه در زمان پمپاژ برحسب مترمکعب در ساعت (m^3/h)

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی برحسب متر در ساعت (m/h)

me: تخلخل موثر یا تخلخل مفید لایه آبدار

- **معادله محاسبه شعاع تاثیر در آبخوان آزاد در رژیم جریان دایم**

$$R = r_w.e^{\frac{k\pi(H^2-h^2)}{Q}} \qquad (۸-۲)$$

که در آن:

R: شعاع تاثیر چاه

r_w: شعاع چاه

h: ارتفاع آب در داخل چاه در حین پمپاژ

H: ارتفاع آب در لایه آبدار

(H-h): افت سطح آب زیرزمینی در داخل چاه

Q: آبدهی چاه در حین پمپاژ

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی

- **معادله محاسبه شعاع تاثیر در آبخوان تحت فشار در رژیم جریان دایم**

$$R = r_w.e^{\frac{2k\pi b(H-h)}{Q}} \qquad (۹-۲)$$

- **معادله محاسبه شعاع تاثیر چاه در رژیم غیر دایم**

- **روش تایس[2]**

$$R = \sqrt{\frac{4Ttu}{S_c}} \qquad (۱۰-۲)$$

R: شعاع تاثیر یا حریم چاه

T: قابلیت انتقال

t: زمان از شروع پمپاژ

1- Kozoni
2- Thies

u: تابع چاه

S_c: ضریب ذخیره

- **روش ژاکوب[1]**

$$R = 1.5\sqrt{\frac{Tt}{S_c}} \qquad (۱۱-۲)$$

R: شعاع تاثیر یا حریم چاه

T: قابلیت انتقال

t: زمان از شروع پمپاژ

S_c: ضریب ذخیره

۲-۲-۱۳-۳- مفهوم حریم قنات

در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری گذشته از این‌که باید حریم چاه‌های مجاور را رعایت نمود، حریم قنوات نیز باید رعایت شود. در مورد قنات نیز مثل چاه، حریم فنی یا شعاع تاثیر مادر چاه و بخش آبگون (ترکار) باید تعیین و رعایت شود.

طبق تعریف حریم هر قنات برابر با شعاع تاثیر مادر چاه و میله چاه‌های آبگون قنات می‌باشد. شعاع تاثیر عبارت است از فاصله محور کوره قنات تا نقطه‌ای که اثر بهره‌برداری از قنات بر سطح آب زیرزمینی در آن نقطه ناچیز می‌باشد. در نزدیکی مادر چاه، حریم قنات به حداکثر و در نزدیکی میله چاه‌های آبگون به حداقل می‌رسد.

حریم حقوقی قنات مبتنی بر سنت و قانون متداول در هر منطقه است و عدد مشخصی که بتوان برای تمام نقاط عمومیت داد وجود ندارد، چرا که این حریم بستگی به ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار دارد. به عنوان مثال در دشت‌های آبرفتی فاصله ترکار دو رشته قنات حداقل ۵۰۰ متر، در مناطق خشک به طور سنتی ۱۵۰۰ متر و در مناطق کوهستانی و میان دره‌ای ۲۵۰ متر گزارش شده است. هیچکدام از اعداد مذکور قابل تعمیم نمی‌باشد و برای هر منطقه باید با توجه به بافت زمین و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، حریم قنات تعیین شود.

در تعیین حریم قنات روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان به‌صورت نمونه به چند مورد اشاره کرد:

- استفاده از رابطه زیشارد

$$R = 3000 \times S \times \sqrt{k} \qquad (۱۲-۲)$$

R: شعاع تاثیر یا حریم قنات به متر

S: اختلاف ارتفاع بین ضخامت آبخوان و سطح آب درون قنات بر حسب متر

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی برحسب متر بر ثانیه

1- Jacob

- استفاده از رابطه کانال‌های زهکشی

$$R = \frac{K.L(h_0^2 - h^2)}{2Q} \qquad (۱۳-۲)$$

در این رابطه

R: شعاع تاثیر یا حریم قنات به متر

K: قابلیت هدایت هیدرولیکی برحسب متر بر ثانیه

L: طول بخش آبگون قنات به متر

h_0: ضخامت سفره به متر

h: اختلاف ارتفاع بین ضخامت و سطح آب درون قنات به متر

Q: آبدهی قنات

۲-۳- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های اکتشافی در آبخوان‌های آبرفتی

به‌طور کلی چاه‌های اکتشافی به منظور دست‌یابی به اهداف زیر تعیین محل و حفر می‌شوند:

- تشخیص جنس لایه‌های مختلف زمین، تعیین وضعیت دانه‌بندی و درصد عناصر مختلف طبقات زمین به کمک آزمایش دانه‌سنجی
- تشخیص عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی و تعیین ضخامت لایه آبدار
- تعیین عمق سنگ کف و لایه‌های آبدار
- تعیین فشار پیزومتریک در آبخوان‌های تحت فشار و سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آزاد
- تعیین شکل هندسی آبخوان
- نمونه‌برداری از آب زیرزمینی به منظور انجام آزمایش‌های فیزیکو-شیمیایی و میکروبی
- تشخیص لایه‌های آبدار شور و شیرین و یافتن راه‌حل‌هایی برای تفکیک این لایه‌ها و انسداد لایه‌های شور
- انجام عملیات آزمایش پمپاژ و ارائه روش‌های توسعه چاه و جلوگیری از ماسه دهی و ریزش دیواره و تعیین الگوی حفر مناسب چاه‌های آب در منطقه
- انجام آزمایش پمپاژ به منظور تعیین قدرت آبدهی چاه، آبدهی ویژه (Q/S)، افت ویژه (S/Q)، آبدهی بحرانی، آبدهی مجاز و تعیین موتورپمپ مناسب جهت بهره‌برداری
- تعیین ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار شامل قابلیت انتقال (T)، هدایت هیدرولیکی (K) و ضریب ذخیره (S_c)
- تعیین تغییرات کمی و کیفی لایه آبدار در اثر بهره‌برداری طولانی
- بررسی خواص خورندگی و جرم گذاری آب لایه‌های آبدار و پیش‌بینی مصالح قابل استفاده و متناسب با کیفیت آب
- استفاده از چاه اکتشافی در ردیابی منابع آب زیرزمینی

۲-۳-۱- اهمیت حفر چاه‌های اکتشافی در اکتشاف آبخوان‌های جدید

محل چاه اکتشافی باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که در شرایط مناسب بتواند در دست‌یابی به منابع جدید آب زیرزمینی کمک نماید. هر چند برخی اوقات تعیین محل این چاه‌ها با نتیجه مثبت همراه نبوده و چه بسا پس از حفر به آبخوان آبرفتی برخورد نشده، ولی همین نتیجه منفی نیز به نوعی خود دست‌یابی به یک سری اطلاعات است که نشان می‌دهد نقطه تعیین شده در محدوده آبخوان قرار ندارد. اما چنانچه در تعیین محل چاه اکتشافی کلیه عوامل موثر در نظر گرفته شود، می‌تواند راهنمای خوبی به منظور دست‌یابی به منابع جدید آب باشد. در صورت وجود اطلاعات مختلف اقلیمی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی در منطقه، استفاده از این اطلاعات در تعیین محل چاه‌های اکتشافی نقش مهمی خواهد داشت.

۲-۳-۲- بررسی تراکم و پراکنش چاه‌های اکتشافی در صورت وجود

هر چاه اکتشافی می‌تواند به تنهایی نماینده بخشی از ویژگی‌های یک آبخوان باشد که وسعت این بخش تابع میزان همگنی[1] و همسانی[2] آبخوان است. به این معنا که هر چه همگنی و همسانی آبخوان بیش‌تر باشد، به‌همان نسبت یک چاه اکتشافی می‌تواند نماینده بخش بزرگ‌تری از آبخوان باشد. همگنی و همسانی آبخوان‌های آبرفتی (ناپیوسته) نسبت به آبخوان‌های موجود در سازندهای سخت و کارستیک بیش‌تر است و به‌همین لحاظ یک چاه اکتشافی درآبخوان آبرفتی می‌تواند، نماینده بخش قابل توجهی از یک آبخوان باشد. بنابراین تراکم چاه‌های اکتشافی در آبخوان‌های آبرفتی نسبت به آبخوان‌های کارستی کم‌تر و میزان پراکنش آنها بیش‌تر خواهد بود. استانداردهای موجود نشان می‌دهد که به ازا هر ۱۰۰ کیلومترمربع آبخوان آبرفتی، حفر یک حلقه چاه اکتشافی به منظور دست‌یابی به اطلاعات مورد نیاز قابل قبول می‌باشد.

۲-۳-۳- رعایت حریم چاه انتخابی تا چاه‌های اکتشافی دیگر

چاه‌های انتخابی به یک سری چاه‌های بهره‌برداری موجود در سطح آبخوان اتلاق می‌شود که به عنوان معرف و نماینده بخشی از آبخوان جهت محاسبات میزان بهره‌برداری سالانه و یا تعیین تغییرات مولفه‌های هیدروشیمی آبخوان انتخاب می‌شود، لذا در تعیین محل چاه‌های اکتشافی باید از محل و موقعیت چاه‌های انتخابی اطلاع داشت تا در حین انتخاب محل چاه اکتشافی رعایت فواصل حریمی با چاه انتخابی به عمل آید به نحوی که چاه اکتشافی تعیین محل شده نه تنها در زمان انجام آزمایش‌های پمپاژ تاثیر سویی بر میزان بهره‌برداری چاه انتخابی نداشته باشد، بلکه اطلاعات به‌دست آمده از آزمایش پمپاژ چاه اکتشافی بتواند به عنوان نماینده بخشی از آبخوان باشد. بنابراین در انتخاب محل چاه‌های اکتشافی باید به گونه‌ای عمل شود که پس از محاسبات تعیین حریم، فواصل بین این چاه‌ها و چاه‌های انتخابی رعایت شود.

۲-۳-۴- رعایت حریم چاه اکتشافی تا چاه‌های بهره‌برداری و منابع آب دیگر شامل چشمه و قنوات

اکثر چاه‌های اکتشافی پس از این‌که مورد آزمایش پمپاژ قرار گرفتند و اطلاعات مورد نیاز آبخوان محاسبه شود، عملا غیرقابل استفاده می‌شوند و به‌همین لحاظ می‌توان از آنها به‌عنوان چاه‌های بهره‌برداری استفاده نمود، بنابراین در زمانی‌که این قبیل چاه‌ها

1- Homogenity
2- Isotropy

تعیین محل می‌شوند باید موقعیت منابع آب مجاور اعم از چاه‌های بهره‌برداری، چشمه‌ها و قنوات و فاصله این منابع تا محل چاه اکتشافی مد نظر قرار گیرد و فواصل آنها با منابع آب مجاور رعایت شود تا چنانچه در آینده مورد بهره‌برداری قرار گرفتند، در حریم منابع آب مجاور نباشند و با بهره‌برداری از آنها، آبدهی منابع آب مجاور تحت تاثیر برداشت آب زیرزمینی از این چاه‌ها قرار نگیرد و یا به عبارتی بهره‌برداری از آنها تاثیر منفی بر این منابع نداشته باشد.

۲-۳-۵- فاصله محل پیشنهادی چاه‌های اکتشافی نسبت به چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری

با توجه به اهداف حفر چاه‌های اکتشافی که دست‌یابی به ضریب هیدرودینامیکی آبخوان می‌باشد، لازمه رسیدن به این ضرایب استفاده از افت سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای در هنگام انجام آزمایش پمپاژ بر روی چاه‌های اکتشافی می‌باشد. به‌عبارت دیگر در تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان به‌علت عدم امکان اندازه‌گیری دقیق سطح آب زیرزمینی در زمان آزمایش پمپاژ در چاه‌های اکتشافی، باید از افت سطح آب زیرزمینی در چاه یا چاه‌های مشاهده‌ای مجاور چاه اکتشافی استفاده نمود. بنابراین لازم است در زمانی که چاه اکتشافی تعیین محل می‌شود، در فاصله‌ای مناسب از چاه اکتشافی بسته به میزان حساسیت و دقت عملیات و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان یک یا چند حلقه چاه مشاهده‌ای نیز تعیین محل شود که فاصله این چاه‌ها تا چاه اصلی (اکتشافی) برای آبخوان‌های آزاد با ضخامت کم، بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر و برای آبخوان‌های تحت فشار و با ضخامت زیاد بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ متر متغیر است. هر چند که قانون کلی برای این موضوع وجود ندارد. این فواصل در آبخوان‌های با بافت درشت دانه بیش‌تر و در آبخوان‌های با بافت ریزدانه کم‌تر خواهد بود. بنابراین حفر حداقل یک حلقه چاه مشاهده‌ای در مجاورت چاه اکتشافی به منظور محاسبه ضریب ذخیره آبخوان ضروری است. درحالی‌که برای تکمیل شبکه سنجش تراز آب زیرزمینی در یک دشت که با استفاده از تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری مورد استفاده قرار می‌گیرند، لزومی به وجود چاه اکتشافی در مجاورت هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومتری نمی‌باشد.

۲-۳-۶- نیازهای منطقه از نظر توسعه بهره‌برداری

در تعیین محل چاه‌های اکتشافی گذشته از موارد مذکور باید نیازهای آبی مراکز جمعیتی اعم از شهرها و روستاها و یا مجتمع‌های صنعتی منطقه را نیز مدنظر قرارداد. یک چاه اکتشافی پس از حفر و مورد آزمایش پمپاژ قرار گرفتن و نهایتا پس از دست‌یابی به اهداف حفر چاه اکتشافی مثل تعیین ضخامت آبخوان و ضرایب هیدرودینامیکی آن، معمولا بلااستفاده می‌ماند و درصورتی‌که واحدهای مطالعاتی عدم نیاز به چاه اکتشافی را اعلام نمایند، مشروط به این‌که در زمان حفر چاه اکتشافی حریم منابع آب مجاور در نظر گرفته شده باشد، متقاضیان مصارف مختلف با ارائه درخواست به امور آب می‌توانند نسبت به بهره‌برداری از چاه اکتشافی اقدام نمایند. در صورت موافقت با بهره‌برداری از چاه اکتشافی با شروع بهره‌برداری از چاه در منطقه بهره‌برداری در سطح آب زیرزمینی افت حاصل می‌شود که ممکن است به منابع آب مجاور آسیب برساند. بنابراین کارشناسان متخصص آب در زمان تعیین محل چاه‌های اکتشافی باید احتمال تغییر وضعیت چاه اکتشافی به چاه بهره‌برداری را در نظر گرفته و نسبت به رعایت حریم این چاه تا منابع آب مجاور تمهیدات لازم را بنمایند.

به طور خلاصه مواردی که در این بند بایستی توسط کارشناس رعایت شود، عبارتند از:

- شناخت مراکز جمعیتی پیرامون محل چاه اکتشافی (مراکز جمعیتی شهری و روستایی)

- شناخت مراکز صنعتی (موجود و یا مراکزی که در آینده تاسیس خواهد شد).
- برآورد نیاز آبی مراکز مذکور
- تعیین حریم چاه اکتشافی با منابع آب مجاور با استفاده از معادلات و فرمول‌های رایج تعیین حریم
- رعایت حریم کیفی چاه با منابع آلاینده

۲-۳-۷- موقعیت محل پیشنهادی چاه از نظر توپوگرافی (سیل‌گیربودن، باتلاقی و...)

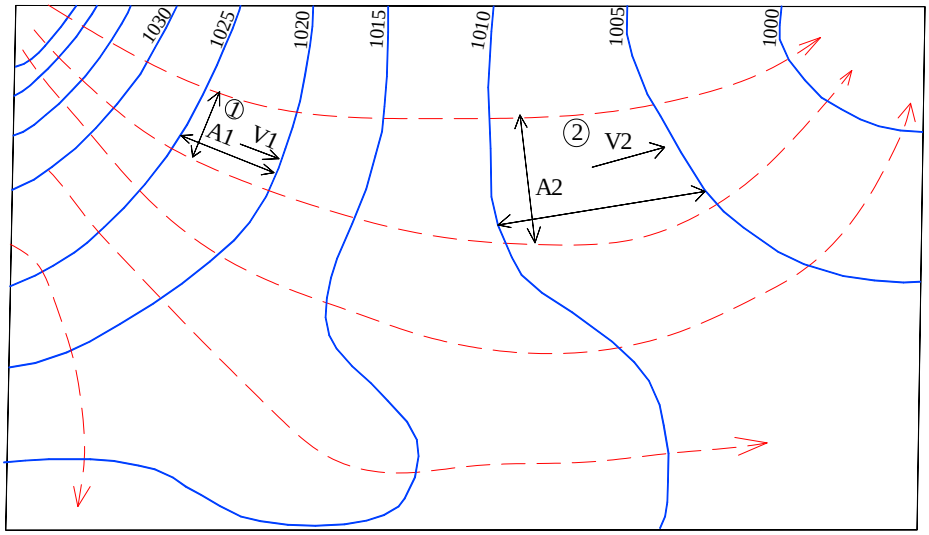
توضیحات این بند به‌طور کامل در بند مربوط به عوارض محدود کننده طبیعی و مصنوعی ارائه شده است.

۲-۳-۸- ضرورت محاسبه ضرایب هیدرودینامیک آبخوان در مقاطع ورودی و خروجی آب‌زیرزمینی

بررسی تغییرات ضرایب هیدرودینامیک لایه آبدار از قبیل هدایت هیدرولیکی (k) و قابلیت انتقال (T) به‌وسیله نقشه‌های تراز آب زیرزمینی که از طریق اندازه‌گیری عمق سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای تهیه می‌شود، با استفاده از رابطه دارسی امکان‌پذیر می‌باشد.

به‌طور کلی در حالت طبیعی و متعادل چون تغییرات شیب هیدرولیک در آبخوان‌ها کم می‌باشد، تغییرات سرعت آب نیز ناچیز بوده و در نتیجه قانون دارسی $Q = K.A.\frac{dh}{dl}$ به احتمال نزدیک به یقین صادق بوده و می‌توان اجزای آن را مورد مطالعه قرارداد.

چنانچه بر روی یک نقشه تراز آب زیرزمینی دو مقطع بین دو خط جریان آب زیرزمینی به‌صورت شکل زیر در نظر گرفته شود.



شکل ۲-۸- بررسی وضعیت ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار با استفاده از نقشه تراز آب زیرزمینی

در مقاطع ۱ و ۲ میزان دبی عبوری از آبخوان مساوی و براساس روابط کلی برابراست با

$$Q = A_1.V_1 = A_2.V_2 \qquad (۱۴-۲)$$

A_1، A_2: سطح مقطع منطقه اشباع عمود بر جریان در مقاطع ۱ و ۲

V_1، V_2: سرعت جریان در مقاطع ۱ و ۲

با توجه به رابطه $V = K.i$ در این‌صورت

$$Q = A_1.K_1.i_1 = A_2.K_2.i_2 \quad (۱۵-۲)$$

این رابطه را به‌صورت خلاصه می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{A_2 i_2}{A_1 i_1} \quad (۱۶-۲)$$

در این رابطه K قابلیت هدایت هیدرولیکی و i شیب هیدرولیکی در مقاطع ۱ و ۲ می‌باشد.

با توجه به رابطه بالا می‌توان دریافت که مقادیر هدایت هیدرولیکی آبخوان نسبت عکس با شیب هیدرولیکی جریان دارد و بنابراین در نقاطی که شیب هیدرولیکی کم باشد مقدار قابلیت هدایت هیدرولیکی زیاد خواهد بود. با توجه به این موضوع می‌توان گفت که مقطع شماره ۲ به علت بیش‌تر بودن قابلیت هدایت هیدرولیکی برای حفر چاه اکتشافی از مقطع شماره ۱ که شیب هیدرولیکی در آن بیش‌تر است مناسب‌تر می‌باشد.

با فرض ثابت بودن ضخامت ناحیه اشباع (b) در این صورت نامعادله زیر در مقاطع ۱ و ۲نیز برقرار می‌باشد و بنابراین قابلیت انتقال (T) در مقطع ۲ بیش‌تر از مقطع ۱ خواهد $(T_1 = K_1.b) < (K_2.b = T_2)$ بود، پس حفر چاه اکتشافی در مقطع ۲ مناسب‌تر از مقطع ۱ می‌باشد.

۲-۳-۹- بررسی وضعیت مالکیت محل پیشنهادی چاه

محلی که جهت حفر چاه اکتشافی تعیین می‌شود باید از نظر مالکیت مشکلی نداشته باشد. به منظور آگاهی از وضعیت مالکیت محل چاه اکتشافی باید از اداره منابع طبیعی یا ارگان‌های ذیربط نسبت به تعیین وضعیت مالکیت آن اقدام نمود. چنانچه مالکیت محل پیشنهادی چاه خصوصی باشد، باید نسبت به خرید زمین مورد نظر و یا جلب رضایت مالک آن اقدام لازم به عمل آید.

۲-۳-۱۰- بررسی امکان دسترسی به محل پیشنهادی چاه

محل حفر چاه اکتشافی باید در محدوده آبخوان و نقاطی تعیین شود که راه‌های دسترسی به آن آسان باشد و نگهداری از آن با اشکال مواجه نشود. محل چاه باید طوری انتخاب شود که امکان تجهیز کارگاه و نصب چادر برای اسکان حفار و کارگران و استقرار دستگاه حفاری وجود داشته باشد.

۲-۳-۱۱- عوارض محدوده کننده طبیعی و مصنوعی

- محل چاه اکتشافی باید به گونه‌ای انتخاب شود که سیل‌گیر نباشد به عبارت دیگر در بستر رودخانه‌ها، مسیل‌ها و آبراهه‌ها انتخاب نشود.
- در مجاورت بزرگراه‌ها و خطوط راه‌آهن انتخاب نشود، چه ممکن است که حرکت وسایط نقلیه به‌ویژه قطارها بر روی سطح آب آبخوان‌های تحت فشار اثرات نوسانی داشته باشد و اندازه‌گیری‌ها را با مشکل مواجه نماید.
- محل انتخابی باید طوری انتخاب شود که آب پمپاژ شده را در زمان آزمایش پمپاژ به سهولت بتوان از منطقه خارج نمود تا مجددا به آبخوان برگشت نکند و بر روی مخروط افت اثر منفی نگذارد. این فاصله بسته به میزان هدایت هیدرولیکی عمودی رسوبات بایستی کم‌تر از ۲۰۰ متر نباشد.

- از نظر توپوگرافی به قدری هموار باشد که بر روی شیب هیدرولیکی تاثیر منفی نداشته باشد و یا به عبارت دیگر شیب هیدرولیکی آبخوان در آن محل قابل صرف نظر کردن باشد.
- از انتخاب محل چاه اکتشافی در باتلاق‌ها و یا کنار برکه‌ها و آب بندان‌ها باید خودداری نمود.

۲-۳-۱۲- نحوه توزیع چاه‌های اکتشافی در سطح ابخوان و تعیین اولویت‌ها

هزینه زیاد حفر چاه‌های اکتشافی به‌ویژه در آبخوان‌های باضخامت زیاد و از طرفی ناهمگن و ناهمسان بودن آبرفت‌ها محدودیت‌هایی را در نحوه‌ی توزیع چاه‌های اکتشافی در سطح آبخوان‌ها ایجاد می‌کند. وجود این محدودیت‌ها باعث می‌شود که نکات زیر در زمان تعیین محل چاه‌های اکتشافی مدنظر قرار گیرد.

- محل انتخابی باید نماینده ناحیه یا بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه باشد به‌طوری‌که شرایط هیدروژئولوژیکی و زمین‌شناسی محل چاه در فاصله کمی عوض نشود.
- انتخاب محل چاه اکتشافی در مناطق مرکزی آبخوان در اولویت می‌باشد.
- از انتخاب محل چاه اکتشافی در مجاور مرزهای ناتراوای طبیعی مثل رسوبات رسی و مارنی و یا سازندهای سخت ناتراوا باید دوری جست
- از انتخاب محل چاه اکتشافی در مجاورت دیواره‌های غیرقابل نفوذ مصنوعی مثل پی‌سدها، پل‌ها یا ساختمان‌های بلند مرتبه باید خودداری نمود.
- تراکم چاه‌های اکتشافی در آبخوان‌های آبرفتی که از همگنی و همسانی بیش‌تری برخوردار هستند، کم‌تر می‌باشد درحالی‌که هرچه همگنی و همسانی کم‌تر باشد باید فاصله چاه‌های اکتشافی تعیین محل شده به هم نزدیک‌تر باشد.
- در آبخوان‌های درز و شکافدار غیر کارستی که رژیم هیدروژئولوژیکی آنها فقط تحت تاثیر درز و شکاف‌های ناشی از فعالیت‌های کوهزایی و حرکات تکتونیکی می‌باشد، تراکم چاه‌های اکتشافی شبیه به آبخوان‌های آبرفتی در نظر گرفته می‌شود.

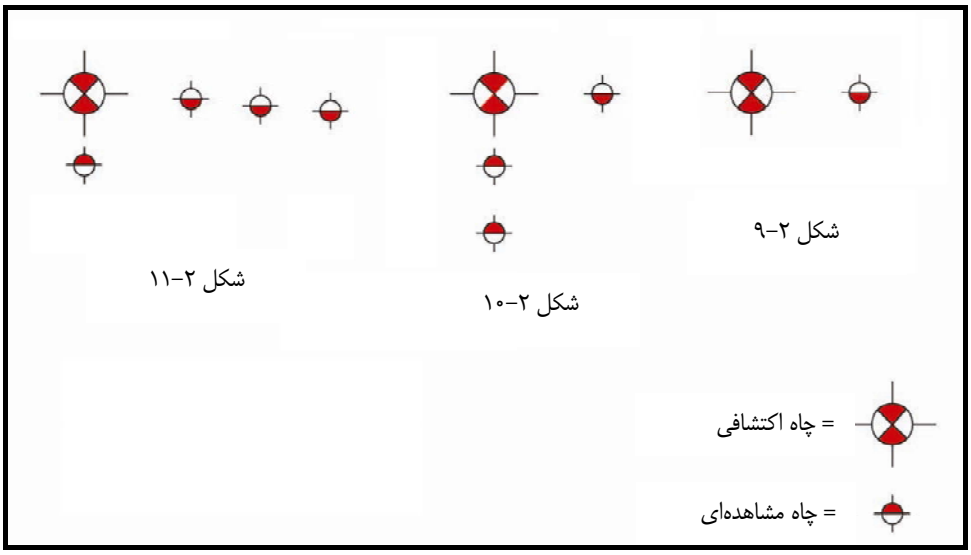
در آبخوان‌های کارستی به علت این‌که خصوصیات آبخوان در جهات مختلف به شدت تغییر می‌کند و یا به عبارتی آبخوان به شدت ناهمگن و ناهمسان می‌باشد، باید تراکم چاه‌های اکتشافی زیادتر باشد. از طرفی با توجه به این‌که هزینه حفر چاه در این‌گونه سازندها قابل توجه می‌باشد، باید انتخاب محل چاه‌های اکتشافی در سازندهای کارستی و تراکم آنها از دیدگاه اقتصادی و همچنین میزان همگنی و همسانی این سازندها مدنظر قرار گیرد.

۲-۳-۱۳- تعداد و عمق و آرایش پیزومترهای مجاور چاه‌های اکتشافی

همان‌طور که ذکر شد حفر چاه‌های مشاهده‌ای و یا پیزومتری در مجاورت چاه‌های اکتشافی به منظور اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های آزاد و یا اندازه‌گیری فشار پیزومتری در آبخوان‌های تحت فشار در زمان انجام آزمایش پمپاژ می‌باشد. به طور کلی هر چه تعداد چاه‌های مشاهده‌ای و پا پیزومتری مجاور چاه اکتشافی بیش‌تر باشد، دقت اندازه‌گیری در زمان آزمایش پمپاژ بیش‌تر شده که نهایتا منجر به افزایش دقت تعیین خصوصیات هیدرودینامیکی آبخوان‌ها مثل قابلیت انتقال، قابلیت هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره می‌شود.

در مطالعات منابع آب که در ایران انجام می‌شود، در آبخوان‌های آبرفتی معمولا یک حلقه چاه مشاهده‌ای و یا پیزومتری در مجاورت چاه اکتشافی حفر می‌شود، اما تعداد آنها بسته به نوع و دقت مطالعات و مسایل اقتصادی به بیش از یک حلقه و حداکثر به ۳ تا ۴ حلقه می‌رسد.

آرایش چاه‌های مشاهده‌ای و یا پیزومتری در مجاورت چاه اکتشافی بایستی به نحوی باشد که بتوان مولفه هدایت هیدرولیکی در جهت افقی و قائم را اندازه‌گیری نمود به همین لحاظ چاه‌های مشاهده‌ای و یا پیزومتری در اطراف چاه‌های اکتشافی به نحوی تعیین محل می‌شوند که نسبت به چاه اکتشافی با زاویه ۹۰ درجه قرار بگیرند. شکل‌های (۲-۹)، (۲-۱۰) و (۲-۱۱) را مشاهده نمایید.



نحوه آرایش چاه‌های مشاهده‌ای نسبت به چاه اکتشافی در تعیین عمق چاه‌های مشاهده‌ای که در مجاورت چاه‌های اکتشافی حفر می‌شوند، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- **فاصله چاه مشاهده‌ای از چاه اکتشافی:** هر چه میزان فاصله از چاه اکتشافی بیش‌تر باشد، عمق چاه مشاهده‌ای کم‌تر در نظر گرفته می‌شود که علت آن‌را می‌توان به کاهش میزان افت سطح آب زیرزمینی با افزایش فاصله از چاه اکتشافی مرتبط دانست.
- **میزان قابلیت انتقال آبخوان:** وسعت دامنه مخروط افت با میزان قابلیت انتقال آبخوان نسبت مستقیم دارد به عبارتی هر چه میزان قابلیت انتقال آبخوان بیش‌تر باشد، وسعت دامنه مخروط افت ایجاد شده در آبخوان، بیش‌تر و ارتفاع مخروط افت کم‌تر می‌باشد. بنابراین چنانچه اطلاعات مربوط به قابلیت انتقال آبخوان در منطقه وجود داشته باشد می‌توان با توجه به میزان این مولفه عمق چاه‌های مشاهده‌ای مجاور چاه اکتشافی را تعیین نمود. به همین لحاظ در مناطقی که میزان قابلیت انتقال آبخوان قابل توجه باشد، عمق چاه‌های مشاهده‌ای اطراف چاه اکتشافی را کم‌تر در نظر می‌گیرند و بالعکس.
- **میزان آبدهی ویژه آبخوان ($\frac{Q}{S}$):** میزان این مولفه توان آبی آبخوان را به خوبی نمایش می‌دهد که هر چه بزرگ‌تر باشد، حاکی از توان آبی بیش‌تر آبخوان است. این مولفه که از تقسیم میزان آب برداشتی از آبخوان به میزان افت ناشی از

آبدهی معینی از آن، به‌دست می‌آید، یکی از مهم‌ترین مولفه‌های تشخیص توان آبی آبخوان می‌باشد. هر چه این مولفه بزرگ‌تر باشد، عمق چاه‌های مشاهده‌ای مجاور چاه اکتشافی کم‌تر در نظر گرفته می‌شود و بالعکس.

- **میزان آبدهی مجاز چاه‌های بهره‌برداری موجود:** چنانچه اطلاعات مربوط به آبدهی مجاز چاه‌های بهره‌برداری موجود در آبخوان منطقه وجود داشته باشد می‌توان نسبت به تعیین عمق چاه‌های مشاهده‌ای اطراف چاه (اکتشافی تصمیم مناسبی اتخاذ نمود. هر چه میزان آبدهی مجاز بیش‌تر، توان آبی آبخوان بیش‌تر و نهایتا عمق چاه مشاهده‌ای کم‌تر در نظر گرفته می‌شود.
- **جهت جریان آب زیرزمینی:** نظر به اینکه معمولا در آبخوان‌های آبرفتی شیب آب زیرزمینی ناچیز می‌باشد، لذا این مولفه در تعیین محل و عمق چاه‌های مشاهده‌ای بالا و پایین دست چاه اکتشافی نمی‌تواند، تاثیر مهمی داشته باشد.

۲-۴- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در آبخوان‌های آبرفتی

همان‌طور که ذکر شد چاه‌های مشاهده‌ای به‌منظور اندازه‌گیری مستمر و مداوم تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان‌های آزاد و یا فشار پیزومتری آبخوان‌های تحت فشار حفر می‌شوند و بدین لحاظ در تعیین محل این قبیل چاه‌ها موارد زیر باید رعایت شود.

۲-۴-۱- شناخت مشخصات آبخوان با استفاده از اطلاعات موجود

تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های آبرفتی باید به گونه‌ای انجام شود که ضوابط طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی بر آن حاکم باشد و این موضوع زمانی کارآمد و مناسب است که بتواند علاوه بر نشان دادن سطح آب واقعی فعلی آبخوان تاثیر تغییرات آتی عوامل اقلیمی و طبیعی و حتی تنش‌های مصنوعی را در هر بخش آبخوان به صورت نوسانات سطح آب نشان دهد. بدین لحاظ در تعیین محل‌های مناسب حفر چاه‌های مشاهده‌ای باید تا حد امکان از مشخصات آبخوان یا آبخوان‌های موجود اطلاع داشت البته برخی از مشخصات آبخوان‌ها را می‌توان از اطلاعات منابع آب موجود در آنها به‌ویژه چاه‌های بهره‌برداری در صورت وجود اخذ نمود و برخی دیگر از اطلاعات از طریق حفر چاه‌های اکتشافی (شامل ضرایب هیدرودینامیکی، ضخامت سفره، عمق سنگ کف، عمق سطح آب زیرزمینی، تعداد آبخوان‌ها و...) و یا بررسی‌های ژئوفیزیکی به‌دست خواهد آمد و بالاخره تعداد دیگری از مشخصات آبخوان از طریق نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، و تجارب کارشناسی دست یافتنی است. مجموعه این اطلاعات ما را به سمتی هدایت خواهد کرد که از تعیین محل این چاه‌ها در دامنه‌های مرتفع، دره‌ها، حدفاصل تپه‌ها، در مسیر جریان‌های زیرزمینی و نواحی که مجزا از آبخوان می‌باشند، پرهیز نماییم. چاه‌های مشاهده‌ای باید به گونه‌ای تعیین محل شوند که تراکم قابل قبول را در سطح آبخوان داشته باشند.[۱] در کشور ما تراکم قابل قبول یعنی ۴ حلقه چاه مشاهده‌ای در هر ۱۰۰ کیلومترمربع آبخوان بوده که فاصله تقریبی چاه‌ها از یکدیگر ۵ کیلومتر می‌باشد، البته برخی بررسی‌ها و کنترل‌های خاص ایجاب می‌نماید که شبکه چاه‌های مشاهده‌ای متراکم‌تر باشد (به عنوان مثال تامین آب شرب یک شهر از بخشی از آبخوان) بنابراین در این گونه مواقع بایستی در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای به گونه‌ای عمل شود که تعداد آنها زیادتر و یا به نوعی تراکم آنها بیش‌تر شود تا تعداد بیش‌تری داده جهت تجزیه و تحلیل تغییرات سطح آب زیرزمینی در دسترس باشد. تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای در پایین دست طرح‌های تغذیه مصنوعی (حوضچه‌های تغذیه) باید به‌گونه‌ای باشد که جهت بررسی تاثیر تغذیه مصنوعی بر سطح آب زیرزمینی در آبخوان که

۱- دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی – نشریه- ۲۵۲- الف – طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور

معمولا بر بخش کوچکی از آبخوان تاثیر شدید دارد، جوابگو بوده و از تراکم فشرده و قابل قبولی برخوردار باشد تا بتوان اثر اجرای طرح تغذیه مصنوعی را بررسی نمود.

۲-۴-۲- شکل هندسی و حدود آبخوان یا آبخوان‌ها

از مجموعه اطلاعات مربوط به گسترش و حدود آبخوان در سطح و جوانب همراه با ضخامت آن شکل هندسی آبخوان آبرفتی حاصل می‌شود بنابراین چنانچه شواهد کافی زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی مبنی بر حدود تقریبی آبخوان در محدوده مورد مطالعه وجود داشته باشد، تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای در این قبیل مناطق تسهیل می‌شود. لذا باید سعی شود حتی‌الامکان محل چاه مشاهده‌ای طوری انتخاب شود که منطبق برگستره و حدود آبخوان باشد. معمولا گسترش آبخوان اصلی با وسعت دشت یکسان نیست. در دشت‌هایی که سازندهای سخت با شیب ملایمی در زیر آبرفت قرار گرفته‌اند، بخش کوچکی از آبرفت حاشیه ارتفاعات مشابه ناحیه تهویه آبخوان فاقد آب بوده و تنها معبر جریان‌های زیرزمینی از سمت ارتفاعات به سوی سطح ایستابی آبخوان می‌باشد به این معنی که سطح آب زیرزمینی با فاصله کوتاهی از حد کوه و دشت شروع می‌شود. این موضوع باید در تعیین محل چاه مشاهده‌ای مدنظر قرار گیرد و در تعیین محل این چاه‌ها باید ضمن فاصله گرفتن مناسب از ارتفاعات با توجه به شیب توپوگرافی، به نحوی عمل شود که محل چاه مشاهده‌ای در آبخوان اصلی قرار گیرد و از تعیین محل آن در حاشیه آبخوان پرهیز شود، چرا که با کوچک‌ترین تغییر در شرایط اقلیمی امکان خشک شدن و از شبکه اندازه‌گیری خارج شدن آن وجود خواهد داشت.

۲-۴-۳- مرزهای هیدروژئولوژیکی (تراوا، ناتراوا و نیمه تراوا)

جنس سازندهای زمین‌شناسی موجود در منطقه مورد مطالعه می‌تواند کمک بزرگی در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای باشد و بنابراین در مناطقی که شواهد کافی هیدروژئولوژی موجود نمی‌باشد، با استفاده از برونزد سازندهای زمین‌شناسی و همچنین تهیه مقاطع زمین‌شناسی می‌توان تا حدودی به شرایط هیدروژئولوژیکی حاکم بر دشت یا محدوده مطالعاتی پی برد و با استفاده از ترکیب و بافت رسوبات آبرفتی، حدود آبخوان، مرزهای هیدروژئولوژیکی آن‌را تعیین و سپس اقدام به تعیین محل چاه مشاهده‌ای نمود. یقینا در دشت‌هایی که رسوبات ناتراوا به‌ویژه مارن و رس زیادی داشته و میزان این مواد بر دیگر رسوبات آبرفتی غالب باشد، حفر چاه‌های مشاهده‌ای به‌علت عدم شکل‌گیری آبخوان مناسب، مقرون به صرفه نبوده و توصیه نمی‌شود. در دشت‌هایی که مرزهای آن توسط رسوبات ناتراوا احاطه شده و با شیب ملایمی در زیر آبرفت‌ها قرار می‌گیرد به نوعی در شکل‌گیری آبخوان محدودیت ایجاد شده و در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای در این مناطق باید سعی نمود به اندازه کافی از رخنمونه‌ای این قبیل سازندها فاصله گرفت در حالتی که دشت توسط سازندهای تراوا مثل سنگ‌های کربناته احاطه شده باشد، امکان گسترش آبخوان آبرفتی به دلیل تغذیه از سازندهای کربناته به شرط عدم وجود سازندهای ناتراوا بین آبرفت و سازندهای سخت تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای با فاصله کم‌تری از رخنمون این سازندها میسر می‌باشد.

۲-۴-۴- مقاطع ورودی و خروجی آب زیرزمینی

در نظر گرفتن محل‌های ورودی و خروجی آب زیرزمینی در آبخوان‌ها درصورتی‌که نقشه‌های مربوطه موجود باشد، می‌تواند در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای مفید باشد و در غیراین‌صورت با استفاده از جنس رسوبات و سازندهای زمین‌شناسی اطراف دشت می‌توان به محل‌های تغذیه و تخلیه آبخوان پی برد به‌عنوان مثال وجود سازندهای کارستی در اطراف دشت‌ها در اکثر اوقات حکایت

از تغذیه آبخوان دشت از این سازندها دارد. بنابراین با در نظر گرفتن فاصله این ارتفاعات تا مناطقی که شرایط تشکیل آبخوان فراهم می‌شود (مناطق با شیب ملایم و کم) می‌توان در تعیین محل مناسب چاه‌های مشاهده‌ای و یا پیزومتری اقدام نمود. به نحوی که باید در زمان تعیین محل چاه مشاهده‌ای از مقاطع ورودی فاصله گرفت و این فاصله تا جایی ادامه می‌یابد که شیب توپوگرافی و نهایتا شیب آب زیرزمینی کم شود و شرایط تشکیل آبخوان آبرفتی فراهم شده باشد.

۲-۴-۵- مشخصات فیزیکی آبخوان

مشخصات فیزیکی آبخوان از قبیل ضخامت ناحیه اشباع و غیراشباع، ضخامت آبرفت، عمق سنگ کف، وسعت و گستره آبخوان در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای نقش مهمی دارد. به‌عنوان مثال باید سعی شود عمق چاه‌های مشاهده‌ای متناسب با ضخامت ناحیه اشباع و میزان نوسانات سطح آب زیرزمینی انتخاب شود و یا از طرفی در انتهای دشت‌ها سنگ کف آنقدر بالا می‌آید که گاهی در سطح زمین ظاهر می‌شود بنابراین در این گونه مناطق بایستی از تعیین محل چاه مشاهده‌ای یا پیزومتری خودداری نمود.

۲-۴-۶- شرایط مرزی به‌ویژه موقعیت رودخانه‌های زهکش و سایر زهکش‌ها

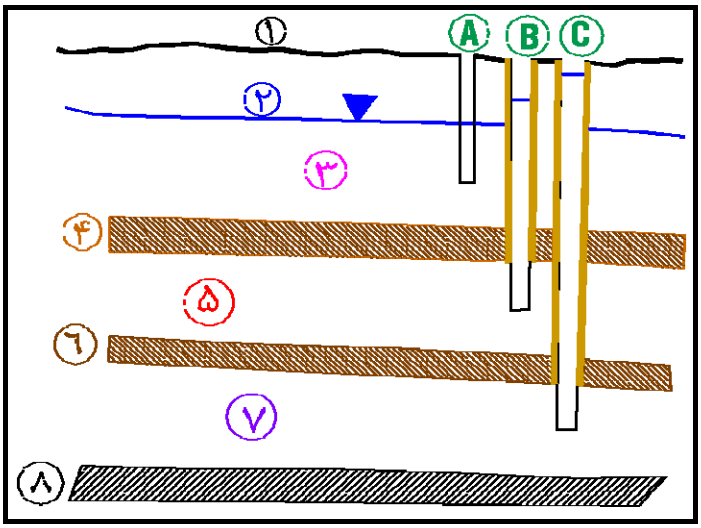
در مناطقی که وضعیت آبخوان به دلیل عبور رودخانه یا وجود برکه یا دریاچه ممکن است، تغییر حالت دهد، باید در دو طرف رودخانه حتی در فواصل نزدیک نسبت به تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای اقدام شود. وجود زهکش در برخی مناطق آبخوان حاکی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی می‌باشد و بنابراین در محل‌هایی که زهکش وجود دارد. باید عمق چاه‌های مشاهده‌ای متناسب با میزان تغییرات سطح آب زیرزمینی این مناطق در نظر گرفته شود.

۲-۴-۷- شیب هیدرولیکی جریان

در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای میزان شیب هیدرولیکی جریان آب زیرزمینی می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد، بهترین محل جهت حفر چاه مشاهده‌ای مناطقی است که شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در آن کم باشد. البته در مناطقی که به علت بهره‌برداری زیاد از منابع آب زیرزمینی شیب هیدرولیک افزایش یافته به منظور آگاهی از تغییرات شدید سطح آب زیرزمینی در این مناطق باید به نحوی عمل نمود که فاصله چاه‌های مشاهده‌ای کم و در نتیجه تراکم آنها بیش‌تر شود تا بتوان تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان را بهتر مورد بررسی قرار دارد. در مناطق ورودی (تغذیه) و خروجی (تخلیه) دشت لازم است، شبکه چاه‌های مشاهده‌ای به گونه‌ای طراحی شودکه در زمان رسم منحنی‌های تراز آب زیرزمینی بتوان به راحتی مناطق تغذیه و تخلیه آبخوان را مشخص نمود تا امکان محاسبه میزان تغذیه و تخلیه آبخوان از طریق مقاطع ورودی و خروجی فراهم شود. براساس رابطه دارسی ($Q = K.A.I$) میزان جریان آب زیرزمینی (Q) ارتباط مستقیم با مقادیر هدایت هیدرولیکی (K)، سطح مقطع جریان (A) و شیب هیدرولیکی (I) دارد. حال چنانچه میزان جریان آب زیرزمینی ثابت در نظر گرفته شود افزایش شیب هیدرولیکی می‌تواند ناشی از کاهش سطح مقطع و یا کاهش هدایت هیدرولیکی و یا کاهش هر دو مولفه باشد و برعکس. بنابراین در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای در مناطقی که به هر دلیل با تغییرات زیاد شیب هیدرولیکی همراه است، باید به گونه‌ای عمل شود که تراکم چاه‌های مشاهده‌ای پوشش لازم جهت طراحی و تکمیل شبکه اندازه‌گیری را داشته باشد تا در فواصل کوتاه تغییرات سطح مقطع جریان و یا تغییرات هدایت هیدرولیکی لایه‌های آبخوان قابل بررسی باشد.

۲-۴-۸- شناخت تعداد آبخوان‌ها و طراحی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری به تعداد آبخوان‌ها

شناخت گستره آبخوان‌ها و تعداد آنها در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای کمک می‌کند. در صورت وجود نقشه‌ی گستره‌ی آبخوان آزاد و آبخوان یا آبخوان‌های تحت فشار و همچنین با پیاده نمودن عوارض طبیعی بر روی نقشه مذکور می‌توان محل چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان آزاد و یا محل چاه‌های پیزومتری در آبخوان یا آبخوان‌های تحت فشار را تعیین نمود. در این گونه موارد ممکن است به تعداد آبخوان‌ها تعدادی چاه مشاهده‌ای و پیزومتری در فواصل نزدیک به یکدیگر حفر نمود به‌طوری‌که سطح آب در هر یک از این چاه‌ها فقط نشان‌دهنده سطح آب زیرزمینی و یا سطح پیزومتری مربوط به آبخوانی باشد که در آن چاه مشاهده‌ای و یا پیزومتری حفر گردیده است. این موضوع در شکل (۲-۱۲) به طور شماتیک نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود پیزومترهای C,B تا آبخوان مورد نظر مسدود شده‌اند و فقط با آبخوان مربوطه ارتباط هیدرولیکی دارند. لازم به ذکر است که متاسفانه در کشور ما به علت بهره‌برداری غیراصولی از چاه‌های آب و عدم نظارت کافی بر آنها در زمان حفر بین آبخوان یا آبخوان‌های تحت فشار موجود در یک دشت با آبخوان آزاد ارتباط هیدرولیکی برقرار شده و عمده‌ی آنها به یک آبخوان تبدیل شده‌اند.



شکل ۲-۱۲- چاه مشاهده‌ای و پیزومترهای حفر شده در مجاور هم (سطح آب در هر یک از چاه‌ها بیانگر سطح آب زیرزمینی هر یک از آبخوان‌های مجزا می‌باشد)

۱- سطح زمین
۲- سطح اب زیرزمینی در آبخوان آزاد
۳- آبخوان آزاد
۴- لایه غیرقابل نفوذ اول
۵- آبخوان تحت فشار اول
۶- لایه غیر قابل نفوذ دوم
۷- آبخوان تحت فشار دوم
۸- سنگ کف
A- چاه مشاهده‌ای در آبخوان آزاد
B- پیزومتر حفر شده در آبخوان تحت فشار اول
C- پیزومتر حفر شده در آبخوان تحت فشار دوم

۲-۴-۹- شناخت مناطق پرتنش آبخوان به لحاظ بهره‌برداری و ایجاد تغییرات موضعی در روند جریان طبیعی آبخوان

عوامل مصنوعی که بر تخلیه بخشی از آبخوان تاثیر زیادی دارند موجب تغییرات شدید در سطح آب زیرزمینی می‌شوند (به عنوان مثال تراکم زیاد و پمپاژ شدید چاه‌های بهره‌برداری در بخشی از یک آبخوان) برای بررسی این تغییرات شدید لازم است، تراکم

چاه‌های مشاهده‌ای و یا پیزومتری نسبت به حالت عادی افزایش یابد. بنابراین در این گونه موارد باید سعی شود چاه‌های مشاهده‌ای به نحوی تعیین محل گردد که پس از حفر و با اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی در آنها بتوان این مناطق با بهره‌برداری زیاد را پس از رسم منحنی‌های تراز آب زیرزمینی تشخیص داد پس باید فاصله محل‌های تعیین شده جهت حفر چاه نسبت به حالت عادی کم‌تر شود.

۲-۴-۱۰- سهولت دسترسی و اندازه‌گیری در شرایط مختلف آب و هوایی

محل حفر چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری بایستی در محدوده آبخوان، نقاطی تعیین شودکه راه‌های دسترسی به آن در مواقع برفی و بارانی آسان باشد و نگهداری از آن با اشکال مواجه نشود. محل حفر این چاه‌ها باید طوری انتخاب شود که امکان تجهیز کارگاه حفاری و نصب چادر برای اسکان حفار و کارگران وجود داشته باشد.

۲-۴-۱۱- عوارض طبیعی و مصنوعی

در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری که به منظور طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب آبخوان حفر می‌شوند، باید به گونه‌ای عمل شود که از اتصال محل این چاه‌ها به یکدیگر تا حد امکان مثلث‌های متساوی‌الاضلاع حاصل شود تا بتوان نقشه شبکه تیسن مناسبی برای محاسبات و رسم آبنمود (هیدروگراف) معرف تغییرات سطح آبخوان تهیه نمود. در رسیدن به این هدف برخی عوارض طبیعی و مصنوعی مانع یا موانعی ایجاد می‌کنند که ممکن است به طراحی شبکه ایده‌آل و دلخواه نیانجامد. به عنوان مثال توپوگرافی شدید و یا وجود تپه یا تپه ماهورهای موجود در دشت‌ها به عنوان عارضه طبیعی ایجاد محدودیت در تعیین محل چاه مشاهده‌ای می‌کندکه باید در زمان تعیین محل چاه مشاهده‌ای از این گونه عوارض فاصله کافی گرفت تا چاه مشاهده‌ای حفر شده در گستره‌ی آبخوان آزاد قرار گیرد. البته در تعیین محل چاه پیزومتری که به منظور اندازه‌گیری تغییرات فشار پیزومتری آبخوان تحت فشار حفر می‌شود، عوامل مذکور نمی‌تواند مانعی ایجاد نماید چرا که در زمان حفر ارتباط هیدرولیکی لایه‌های بالایی با آبخوان تحت فشار از طریق انسداد و سیمانتاسیون قطع می‌شود البته به شرطی که شناخت کافی از گستره آبخوان یا آبخوان‌های تحت فشار که در مجاورت و یا زیر این عوارض طبیعی تشکیل شده‌اند وجود داشته باشد.

وجود رودخانه‌های دایمی، مسیل‌ها و زهکش‌های طبیعی نیز از دیگر عوارض طبیعی بوده که در زمان تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای باید مدنظر قرار گیرد و از تعیین محل این چاه‌ها مستقیما در روی این عوارض و یا در نزدیکی آنها خودداری نمود، چرا که احتمال ورود آب به داخل آنها و یا آب گرفتگی و یا تخریب آنها توسط آب‌های جاری و یا سیل وجود دارد.

از تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر در مجاورت عوارض مصنوعی مثل ابنیه و ساختمان‌ها، بزرگراه‌ها، راه آهن، منازل مسکونی و شهرک‌های صنعتی و یا اراضی که تملک آنها مشکل می‌باشد، باید خودداری شود.

۲-۴-۱۲- استانداردهای بین المللی در رعایت فواصل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

بررسی استانداردهای موجود از جمله استاندارد ASTM نشان می‌دهد که فواصل چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های آزاد و پیزومترها در آبخوان‌های تحت فشار از یک طرف تابع عوامل طبیعی و ذاتی آبخوان‌ها از قبیل هدایت هیدرولیکی عمودی و افقی، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره و تخلخل مفید و از طرف دیگر تابعی از نوع مطالعه و اهداف آن می‌باشد. به عنوان مثال هر چه

خصوصیات هیدرودینامیکی مذکور بیش‌تر باشد، فواصل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها در زمان حفر بیش‌تر در نظر گرفته می‌شود و عکس این موضوع نیز صادق است و یا چنانچه هدف از مطالعات بررسی پتانسیل آبخوان‌ها برای موارد خاص مثل تامین آب شرب شهرها و روستاها و یا تامین آب مورد نیاز طرح‌های صنعتی بزرگ باشد، باید فواصل این گونه چاه‌ها کم در نظر گرفته شود تا دقت مطالعات به منظور دستیابی به اهداف طرح افزایش یابد اما چنانچه مطالعات با اهداف کلی انجام شود. تراکم چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها طوری برنامه‌ریزی می‌شود که هر ۲۵ کیلومترمربع یک چاه مشاهده‌ای یا پیزومتری حفر شود. بنابراین نمی‌توان برای تعیین تراکم این قبیل چاه‌ها یک عدد خاص و معین را ارائه نمود.

۲-۴-۱۳- فواصل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها نسبت به منابع آب مجاور

تعیین فاصله چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری نسبت به منابع آب مجاور بستگی به میزان مولفه‌های هیدرودینامیکی آبخوان از قبیل میزان قابلیت انتقال و قابلیت هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره آن دارد. چنانچه مقادیر مذکور در آبخوان تعیین شده باشد می‌توان با تعیین حریم این چاه‌ها نسبت به منابع آب مجاور اقدام نمود. همان‌طور که گفته شد سطح آب زیرزمینی در یک آبخوان آزاد و یا فشار پیزومتری در یک آبخوان تحت فشار باید نماینده بخشی از کل آبخوان باشد و تحت تاثیر مستقیم منابع آب مجاور نباشد، بنابراین در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و یا پیزومتری در نزدیکی چاه‌های بهره‌برداری و رودخانه‌ها، مسیل‌ها، نهرها و جوی‌های آب، کانال‌های آبیاری درجه ۳ و ۴ (کانال‌های سنتی)، قنوات و چشمه‌ها باید خودداری نمود و با رعایت حریم این منابع نسبت به تعیین محل این چاه‌ها اقدام نمود (رجوع به روش‌ها و فرمول‌های تعیین حریم منابع آب). لازم به ذکر است در برخی موارد از جمله زمانی که لازم باشد تاثیر طرح‌های تغذیه مصنوعی (حوضچه‌های تغذیه) بر روی سطح آب زیرزمینی منطقه تعیین شود حتما باید چاه‌های مشاهده‌ای مستقیما در حریم این طرح‌ها و در نزدیکی آنها تعیین محل گردد تا بررسی اهداف طرح تغذیه مصنوعی میسر شود.

۲-۴-۱۴- استفاده از چاه‌های متروکه به عنوان چاه مشاهده‌ای

از چاه‌هایی که بنا به دلایلی از جمله نقص فنی چاه و یا تغییر شدید کیفیت آب آنها به حالت متروکه درآمده‌اند در اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی به عنوان چاه مشاهده‌ای می‌توان استفاده نمود البته به‌شرطی‌که این قبیل چاه‌ها در حریم منابع آب مجاور و یا تحت تاثیر مستقیم این منابع قرار نداشته باشد. این موضوع در کاهش هزینه‌های طراحی شبکه اندازه‌گیری سطح آب آبخوان کمک خواهد نمود.

۲-۴-۱۵- تراکم چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومترها

تراکم یا تعداد چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتر در یک واحد سطح آبخوان بر حسب اهداف از پیش تعیین شده مطالعات می‌تواند متفاوت باشد. به طور کلی تراکم یا تعداد این چاه‌ها در دو شکل تراکم زیاد و تراکم قابل قبول می‌تواند مطرح باشد.

- تراکم زیاد

در این نوع تراکم برای هر ۱۰ کیلومترمربع یک حلقه چاه مشاهده‌ای و یا پیزومتر (هر ۱۰۰ کیلومترمربع ۱۰حلقه) در نظر گرفته می‌شود. از این نوع تراکم در مواردی از قبیل بررسی مناطق تغذیه و یا مناطق با بهره‌برداری شدید و یا تخلیه زیاد آبخوان، بررسی اثرات طرح‌های تغذیه مصنوعی بر آبخوان، مطالعات تامین آب شرب شهرهای بزرگ، مطالعات و بررسی عوامل تاثیر گذار و از جمله

رودخانه‌های دایمی، زهکش‌های طبیعی و مصنوعی، دریاچه‌ها و دریاها و کانال‌های آبرسانی سنتی و همچنین نحوه‌ی عملکرد پرده تزریق سدها بر سطح آب آبخوان استفاده می‌شود.

- تراکم قابل قبول

در این تراکم که حاصل مطالعات آب‌های زیرزمینی در ایران می‌باشد برای هر ۲۵ کیلومترمربع وسعت آبخوان یک حلقه چاه مشاهده‌ای و یا پیزومتر (۴ حلقه در ۱۰۰ کیلومترمربع) تعیین محل می‌شود به عبارتی فاصله هر یک از این چاه‌ها با یکدیگر به‌طور میانگین ۵ کیلومتر در نظر گرفته می‌شود. از این نوع تراکم در حالت عادی آبخوان که جریان آب زیرزمینی متاثر از عوامل تغذیه و تخلیه طبیعی بوده استفاده می‌شود.

فصل ۳

ضوابط و شرایط تعیین محل چاه در سازندهای سخت

۳-۱- کلیات

تعیین محل چاه در سازندهای سخت به‌ویژه سازندهای کارستی به علت شرایط هیدروژئولوژیکی ویژه حاکم برآنها نسبت به آبخوان‌های آبرفتی بسیار پیچیده‌تر می‌باشد. در سازندهای کارستی به علت وجود ناهمگنی و ناهمسانی شدید امکان تغییر شرایط هیدروژئولوژیکی در فواصل بسیار کوتاه زیاد است و همین موضوع سبب شده که گاها در فواصل حتی ۵۰ متری شرایط هیدروژئولوژیکی فاحشی به‌وجود آید درحالی‌که در آبخوان‌های آبرفتی این تفاوت فاحش دیده نمی‌شود و عمده‌ی این آبخوان‌ها تقریبا همگن و ناهمسان می‌باشند.

سنگ‌های درز و شکافدار غیرکارستی از نظر خصوصیات و رفتارهای هیدرولیکی تقریبا حد واسط سازندهای کارستی و آبخوان‌های آبرفتی واقع می‌شوند و به همین لحاظ امکان کاربرد قانون دارسی در آنها وجود دارد.

در جدول (۳-۱) خصوصیات ویژه هیدروژئولوژیکی و هیدرولیکی و برخی مولفه‌های فیزیکی محیط‌های یاد شده (آبخوان‌های کارستی – درز و شکافدار و آبرفتی) با یکدیگر مقایسه شده است.

با توجه به خصوصیات ارائه شده در جدول مذکور در تعیین محل چاه‌های آب در سازندهای کارستی باید نهایت احتیاط و دقت به عمل آید و در این زمینه اطلاعات کافی مورد نیاز می‌باشد.

جدول ۳-۱- مقایسه ویژگی‌های آبخوان‌های آبرفتی، درز و شکافدار و کارستی

ویژگی‌های آبخوان	آبخوان‌های آبرفتی	آبخوان‌های درز و شکافدار	آبخوان‌های کارستی
تخلخل موثر	عمدتا تخلخل اولیه از نوع بین‌دانه‌ای	عمدتا ثانویه (فضای بین درزه‌ها و شکستگی‌ها و سطوح لایه بندی)	عمدتا تخلخل نوع سوم (ناشی از انحلال) به‌صورت غالب و تخلخل ثانوی (فضای بین درزه‌ها و شکستگی‌ها)
همسانی (ایزوتروپی)	بیش‌تر همسان	کمی همسان	فوق‌العاده ناهمسان (آنیزوتروپ)
همگنی (هموژنی)	بیش‌ترهمگن (هموژن)	کمی همگن	فوق‌العاده ناهمگن (غیرهموژن)
نوع جریان آب زیرزمینی	آرام و لایه‌ای	بیش‌تر آرام و کمی آشفته	آشفته
قانون دارسی	عمدتا صادق است	در حالت درزه‌های نوع پخشان صادق است	به ندرت صدق می‌کند.
محل ذخیره آب زیرزمینی	در منطقه اشباع	در منطقه اشباع	در منطقه اشباع و منطه اپی کارست (تهویه)
نحوه‌ی تغذیه	به‌صورت پراکنده	به‌صورت پراکنده همراه با تغذیه نقطه ای	از کاملا پراکنده تا به‌صورت نقطه‌ای
تغییرات بار هیدرولیکی نسبت به زمان	حداقل تغییرات	تغییرات در حد متوسط	تغییرات در حد متوسط تا زیاد
تغییرات کیفیت یا شیمی آب	حداقل تغییرات	تغییرات در حد کم تا متوسط	تغییرات در حد متوسط تا زیاد

سازندهای سخت را می‌توان از دیدگاه هیدروژئولوژیکی به دو گروه سازندهای کارستی و غیرکارستی تقسیم نمود.

سازندهای کارستی به سازندهایی اطلاق می‌شود که در اثر نفوذ آب‌های جوی به درون آنها تحت تاثیر پدیده انحلال[1] حفراتی درآنها ایجاد می‌شود که اصطلاحا کارست[2] نامیده می‌شوند. از گروه سازندهای کارستی می‌توان به سنگ‌های آهکی، دولومیتی، سنگ

1- Solution Phenomena
2- Karst

گچ و سنگ نمک اشاره نمود. بقیه سازندهای سخت که خاصیت انحلال‌پذیری نداشته باشند را سازندهای غیر کارستی می‌گویند که به‌عنوان مثال می‌توان به کلیه سنگ‌های آذرین، ماسه سنگ، کنگلومرا، شیل، سنگ مارن و ... اشاره نمود.

از بین سازندهای کارستی، سنگ گچ و نمک به‌علت تاثیر زیاد بر کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی موجود در آنها، از دیدگاه هیدروژئولوژی فاقد اهمیت می‌باشند. بنابراین در بین سازندهای کارستی سنگ‌های آهکی و دولومیتی و سنگ‌های حد واسط این دو سنگ به‌علت خاصیت انحلال‌پذیری و امکان تشکیل مخازن غنی از آب‌های زیرزمینی در آنها، از دیدگاه هیدروژئولوژی حایز اهمیت می‌باشند.

سازندهای غیرکارستی به‌ویژه آندزیت، گرانیت، به‌ندرت بازالت‌ها، ماسه سنگ و کنگلومرا چنانچه تحت تاثیر حرکات و فعالیت‌های تکتونیکی و کوهزایی قرار گرفته و شکستگی و درز و شکاف در آنها ایجاد شده باشد، می‌توانند در صورت فراهم بودن شرایط بارش کافی پذیرای بخشی از ریزش‌های جوی به درون خود باشند که گاهی مخازن آب زیرزمینی نسبتا خوبی در آنها شکل می‌گیرد. چاه‌های حفر شده در این گونه سنگ‌ها در برخی نقاط کشور در تامین بخشی از نیازهای آب شرب روستاها حاکی از این واقعیت است.

لازم به ذکر است که سیستم هیدروژئولویکی حاکم بر مخازن آب زیرزمینی موجود در این سنگ‌ها از نوع پخشان[1] بوده که تقریبا از معادلات حاکم بر آبخوان‌های آبرفتی تبعیت می‌کنند. معمولا رژیم جریان در این سنگ‌ها از نوع آرام[2] می‌باشد. اما خاصیت انحلال‌پذیری سازندهای کارستی در برابر ریزش‌های جوی شرایط هیدروژئولوژیکی ویژه‌ای را به این سازندها تحمیل می‌کندکه حاصل آن ایجاد اشکال متنوعی از پدیده‌های کارستی که سبب ایجاد شرایط ناهمگنی[3] و ناهمسانی[4] در آنها می‌شود و سیستم هیدروژئولوژیکی حاکم بر آنها عمدتا از نوع کانالی[5] بوده و رژیم جریان آب زیرزمینی در آنها غالبا آشفته[6] می‌باشد و به‌همین سبب خواص هیدروژئولوژیکی آنها ممکن است در فواصل بسیار کوتاه به‌قدری متفاوت باشد که گاهی به‌عنوان مثال در فاصله ۵۰ متری و حتی کم‌تر شاهد تغییرات و تفاوت‌های فاحش در خصوصیات هیدروژئولوژیکی حاکم بر آنها باشیم. بنابراین تعیین محل چاه در این سازندها نسبت به آبرفت بسیار پیچیده‌تر می‌باشد.

۳-۲- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت

نظر به این‌که هزینه‌های حفر چاه در سازندهای سخت بسیار گران بوده و گاهی چندین برابر هزینه حفر چاه در آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد، بنابراین در تعیین محل این گونه چاه‌ها باید دقت زیادی به کار رود تا از هدر رفت سرمایه‌ها جلوگیری شود. در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت باید موارد زیر را مد نظر قرارداد.

۳-۲-۱- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های هیدروکلیماتولوژی انجام شده

عوامل هیدروکلیماتولوژی را می‌توان به دو دسته عوامل هیدرولوژیکی و عوامل اقلیمی تقسیم نمودکه بررسی هر یک از این عوامل می‌توانند در انتخاب محل حفر چاه‌های بهره‌برداری موثر و مفید باشند.

1- Diffuse
2- Laminer
3- Non Hemogeny
4- Anisotropy
5- Conduit
6- Turbulent

۳-۲-۱-۱- عوامل هیدرولوژیکی

مناطق کارستی که تحت تاثیر عوامل تکتونیکی خرد شده و درز و شکاف متعددی در آنها ایجاد شده شرایط مساعدی را جهت نفوذ ریزش‌های به اعماق ایجاد کرده که در اثر نفوذ آب و در اثر تماس سنگ‌های کارستی، توسعه پدیده‌های انحلالی را سبب شده و بنابراین در این مناطق حجم قابل توجهی از ریزش‌های جوی به درون این سازندها نفوذ می‌نماید. این عمل از گسترس و پراکندگی آبراهه‌ها در این گونه سازندها جلوگیری می‌کند، لذا در سازندهای کارستی تراکم آبراهه‌ها و رودخانه‌ها کم می‌باشد و بخش اعظم بارش به درون این سازندها نفوذ می‌نماید. پس می‌توان نتیجه گرفت که در مناطقی که برونزد سازندهای کارستی قابل توجه است و شبکه آبراهه‌ها و رودخانه‌های آن کم تراکم باشد به علت نفوذ قابل توجه بارش امکان تشکیل مخازن آب زیرزمینی در آنها فراهم شده و می‌توانند به‌عنوان محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری انتخاب شوند. در این گونه مناطق سیلاب نیز کم اتفاق می‌افتد که حاکی از نفوذ حجم قابل توجهی از ریزش‌های جوی به درون این قبیل سازندهاست.

۳-۲-۱-۲- عوامل اقلیمی

دو عامل عمده بارش و تبخیر مهم‌ترین عوامل اقلیمی هستند که می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب محل حفر چاه‌های بهره‌برداری داشته باشند.

- **میزان بارش:** بارش برروی سطوح کارستی و دیگر سازندهای سخت رابطه مستقیم با سهولت تعیین محل چاه در این نوع سازندها دارد. طبیعی است که هر چه میزان بارش بیش‌تر باشد، امکان فراهم شدن زمینه آب نفوذی بیش‌تری به درون این سنگ‌ها وجود خواهد داشت. بنابراین در مناطقی که برونزد سازندهای کارستی قابل توجه و حجم ریزش‌های جوی بیش‌تر باشد، شرایط نفوذ این ریزش‌ها به درون سازندهای سخت بیش‌تر فراهم شده و امکان تشکیل مخازن غنی از آب زیرزمینی در آنها ایجاد می‌شود. به‌عنوان مثال برونزد قابل توجهی از سازندهای کارستی در منطقه‌های زمین‌شناسی زاگرس، کپه‌داغ و البرز و همچنین شرایط مساعد بارش در این منطقه‌ها سبب شده که در اکثر سازندهای کارستی این مناطق به‌ویژه در منطقه زمین‌شناسی زاگرس، مخازن غنی و متعددی از آب‌های زیرزمینی که سرریز آنها به‌صورت چشمه‌های پرآبی ظاهر می‌شود، تشکیل شود. بررسی رفتار آبخوان نسبت به بارش و ترسیم منحنی‌های فروکش آبدهی چشمه‌هایی که نشان دهنده نحوه تخلیه مخازن آب زیرزمینی توسط چشمه‌ها می‌باشد و همچنین تعیین حجم ذخایر دینامیکی و زمان مرگ چشمه‌ها می‌تواند در شناخت آبخوان و نهایتا تعیین محل چاه موثر باشد.
- **نوع بارش:** بارش از نوع برف به‌طور حتم در شرایط مساوی نسبت به بارش از نوع باران می‌تواند در میزان آب نفوذی به داخل سازندهای سخت تاثیر بیش‌تری داشته باشد. چه بسا در مناطق مرتفع و سردسیر که برف به‌صورت پوشش ضخیمی در فصول تر سطوح سازندهای کارستی را می‌پوشاند، شرایط لازم جهت ایجاد پدیده‌های کارستی فراهم شده که باعث افزایش حجم نفوذ آب بیش‌تری به درون این سازندها می‌شود که پی‌آمد آن تشکیل مخازن غنی از آب زیرزمینی است. بنابراین در مناطق سردسیر که زمستان‌های آن حجم قابل توجهی از برف در سطوح سازندهای کارستی می‌بارد تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری نسبت به مناطقی که بارش آنها از نوع باران است، آسان‌ترمی‌باشد. ذوب تدریجی برف نیز زمان لازم جهت نفوذ را در این مناطق بیش‌تر فراهم می‌نماید. زردکوه بختیاری از نمونه‌های بارز این نوع مناطق است که پدیده‌های شاخص کارستی در مناطق برفگیر آن در زیر پوشش برفی تشکیل شده‌اند.

- **شدت بارش:** این عامل با میزان نفوذ آب به درون زمین رابطه عکس دارد. بنابراین در مناطقی که باران از شدت بیش‌تری برخوردار می‌باشد، زمان لازم جهت نفوذ آب فراهم نیست و اکثر این ریزش‌ها به‌صورت سیلاب به‌ویژه در مناطق کوهستانی و پر شیب قبل از این‌که مهلت نفوذ پیدا کند از دسترس دور شده و به نقاط پست، کویرها، دریاچه‌ها و دریاها می‌ریزد. وجود بارش‌های با شدت زیاد در مناطق جنوبی ایران با وجود پوشش قابل توجه از سازندهای کارستی، سبب شده که این سازندها از دیدگاه منابع آب زیرزمینی نسبتا فقیر باشند.
- **میزان تبخیر:** در مناطق گرم و خشک به‌علت بالا بودن درجه حرارت، حجم قابل توجهی از ریزش‌های جوی بخار شده و قبل از این‌که فرصت نفوذ به درون سازندهای سخت برای آنها فراهم شود، تبخیر می‌شوند و مجددا به اتمسفر برمی‌گردند. این موضوع عمدتا در نقاط مرکزی ایران و حاشیه کویر به خوبی مشاهده می‌شود و توان و پتانسیل آبی ضعیف سازندهای سخت و حتی آبرفت‌های این مناطق حکایت از این واقعیت دارد.
- **میزان رطوبت:** در مناطقی که رطوبت هوا بالاست، از میزان تبخیر کاسته می‌شود و بنابراین سهم آب‌های نفوذی به درون سازندهای سخت بیش‌تر می‌شود. در نواحی جنوبی ایران به‌علت مجاورت با خلیج فارس رطوبت به حدی است که در مواقع شب به علت کاهش درجه حرارت بخشی از بخار آب موجود در هوا بر روی سطوح سازندهای کارستی به‌صورت شبنم می‌نشیند و شرایط انحلال این سازندها را فراهم می‌نماید و از طرفی دیگر این رطوبت بالا همراه با کاهش میزان تبخیر بوده که در صورت وجود بارش مناسب می‌تواند در نفوذ بخشی از بارش‌ها به درون سازندهای کارستی موثر باشد.
- **پوشش گیاهی:** وجود پوشش گیاهی بر روی سازندهای کارستی زمان لازم را جهت نفوذ هر چه بیش‌تر ریزش‌های جوی به درون آنها فراهم می‌کند. هر چند که در این مناطق بخشی از ریزش‌های جوی جذب این پوشش گیاهی می‌شود اما نقش پوشش گیاهی بر روی سازندهای کارستی در ایجاد و پیشرفت پدیده‌های کارستی در این سازندها انکارناپذیر است.
- **خاک پوشاننده:** نوع خاک پوشاننده سازندهای کارستی نیز در میزان آب‌های نفوذی به درون این سازندها موثر است چنانچه خاک‌های دانه‌ریز مثل رس و لس که از تراوایی ناچیزی برخوردارند به‌عنوان پوششی بر روی سازندهای کارستی و دیگر سازندهای سخت قرار گرفته باشند از نفوذ آب به درون این سازندها جلوگیری به‌عمل آورده و در واقع مانعی در جهت تشکیل مخازن آب زیرزمینی در این سازندها می‌باشند. نمونه بارز پوشش لسی بر روی سازندهای کربناته در شرق استان مازندران و گلستان می‌باشد که ضخامت قابل توجه پوشش لسی مانع جدی در نفوذ ریزش‌های جوی این منطقه به درون سازندهای کارستی و سخت آن می‌باشد. بنابراین تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت و کارستی این مناطق علیرغم بالا بودن ریزش‌های جوی همیشه با مشکلاتی توام است که گاهی تعدادی از چاه‌های تعیین محل شده در این مناطق به آب برخورد ننموده است.

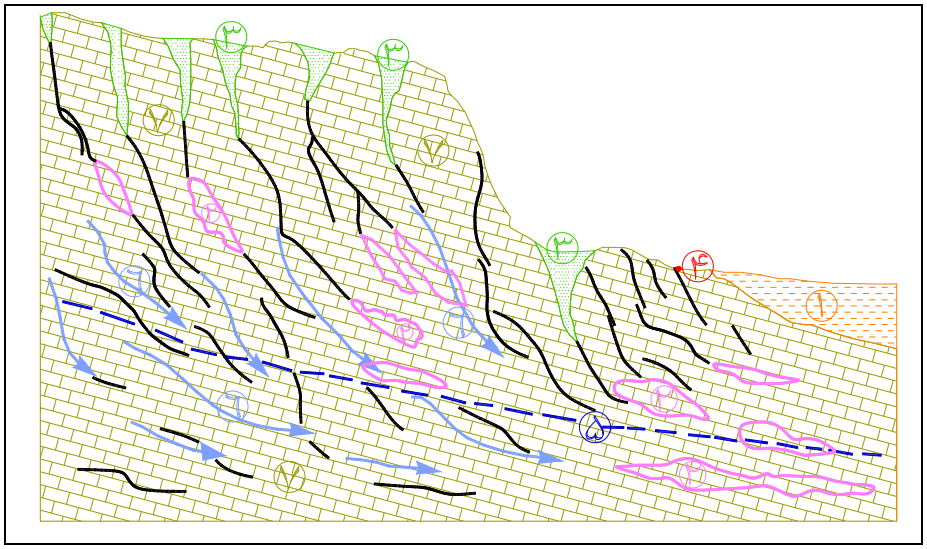
جدول ۳-۲- نقش عوامل هیدروکلیماتولوژی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت خلاصه شده است.

میزان بارش	نوع بارش	شدت بارش	تبخیر	تراکم آبراهه‌ها و رودخانه‌ها	برونزد سازند سخت و کارستی	تعیین محل چاه توصیه می‌شود
زیاد	ترجیحا برف	کم	کم	کم	کافی	

۳-۲-۲- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های ژئومرفولوژی (زمین ریخت‌شناسی)

تعدد پدیده‌های ژئومرفولوژی در سازندهای کارستی حکایت از میزان انحلال‌پذیری آنها در برابر آب‌های نفوذی دارد. هرچه تعداد این پدیده‌ها دراین‌گونه سازندها بیش‌تر باشد، شاهد نفوذ آب بیش‌تری در آنها خواهیم بود که شرایط لازم را جهت تشکیل مخازن غنی آب زیرزمینی در آنها فراهم می‌کند. از شاخص‌ترین و مهم‌ترین پدیده‌های انحلالی (کارستی) می‌توان به سینک هول[1] یا فروچاله، دولین[2] غار[3]، کارن[4]، پولژه[5]، پانور[6]، دره کور[7] و ... اشاره کرد. بنابراین تعدد چنین پدیده‌هایی در سازندهای کارستی می‌تواند، راهنمای خوبی در انتخاب محل چاه بهره‌برداری باشد.

هر چند که وجود چنین پدیده‌های کارستی در سازندهای کربناته حاکی از انحلال‌پذیری زیاد و بالا بودن میزان نفوذ ریزش‌های جوی به درون آنهاست، اما باید توجه داشت که تعیین محل چاه در مجاورت برخی از این پدیده‌ها ممکن است نتیجه‌ی مثبت نداشته باشد. به عنوان مثال در نزدیکی فروچاله‌ها، دولین‌ها، پانورها و دره‌های کور که همگی در نفوذ آب به اعماق زیاد و یا نقاط دوردست نقش مهمی دارند. تعیین محل چاه یا بایستی انجام نشود و یا با احتیاط و با در نظر گرفتن ضخامت و شیب لایه‌ها و عمق سازند ناتراوای زیرین صورت پذیرد چرا که امکان فرار آب نفوذ یافته به اعماق زیاد یانقاط دوردست توسط کانال‌های کارستی تشکیل شده در زیر این پدیده‌ها وجود دارد و در نتیجه امکان برخورد به آب زیرزمینی در این چاه‌ها کم می‌شود. بنابراین برای تعیین محل چاه در سازندهای سختی که این گونه پدیده‌های کارستی در آنها شکل گرفته باید نقاط ذخیره و یا خروج آب‌های نفوذ یافته را به درستی تعیین نمود و سپس اقدام به تعیین محل نمود. در شکل (۳-۱) محل‌های مناسب در سازندهای سخت کربناته حاوی پدیده‌های کارستی فوق به صورت شماتیک نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در سازندهای سخت غیر کارستیک از وجود پدیده‌های کارستی (انحلالی) فوق اثری نیست.



شکل ۳-۱- پدیده‌های کارستی شاخص در یک سازند کربناته و محل‌های مناسب جهت حفر چاه

1- Sink Hole
2- Dolin
3- Cave
4- Karren
5- Polje
6- Ponor
7- Blind Valley

اجزای شکل (۳-۱) به شرح زیر می‌باشد:

- سازند ناتراوا
- حفره‌های انحلالی
- پدیده‌های کارستی شاخص مثل فروچاله،پانور و دره کور
- محل مناسب جهت حفر چاه
- سطح آب زیرزمینی
- جهت جریان آب زیرزمینی
- سازند کربناته کارستی

براساس شکل (۳-۱) مناسب‌ترین نقاط برای تعیین محل چاه نقطه ۴ و اطراف آن می‌باشد و در نقاط ۳ و اطراف آن حفر چاه پیشنهاد نمی‌شود. تعیین محل چاه در مجاور تراوشگاه‌های کارستی و استاول‌ها با رعایت حریم این منابع مناسب می‌باشد. البته در برخی از کشورها در زمانی‌که سطح آب زیرزمینی در استاول‌ها پایین‌تر از سطح زمین قرار می‌گیرد، جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در نزدیکی محل استاول‌ها اقدام به حفر چاه می‌نمایند و بهره‌برداری از آن تا زمانی‌که آب از دهانه استاول در سطح زمین جریان پیدا کند، ادامه می‌یابد. به طور کلی وجود پدیده‌های کارستی مذکور در سنگ‌های کربناته نشانه‌ای از نفوذ قابل توجه ریزش‌های جوی به درون آنهاست و آب‌های نفوذ یافته پس از پیوستن به جریان آب‌های زیرزمینی می‌تواند در مناطقی از این سنگ‌ها تشکیل مخازن غنی آب زیرزمینی را به همراه داشته باشد و راهنمای خوبی برای تعیین محل چاه‌های آب در این سنگ‌ها باشد. بدیهی است تغییرات آبدهی چاه‌هایی که در سازندهای حاوی پدیده‌های کارستی یاد شده حفر می‌شود به علت تغییرات قابل توجه در تغذیه مخازن آب زیرزمینی می‌تواند شدید باشد (همانند تغییرات آبدهی چشمه‌های کارستی که سنگ مخزن کربناته آنها تحت تاثیر پدیده‌های کارستی مذکور قرار گرفته است).

۳-۲-۳- استفاده از نتایج مطالعات چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی

توالی طبقات رسوبی وترکیب سنگ‌شناسی سازندهای سخت یکی از مهم‌ترین عواملی است که باید در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری به آن توجه ویژه‌ای شود. (رسم مقاطع زمین‌شناسی محل‌های مورد نظر می‌تواند در شناخت توالی طبقات رسوبی موثر واقع شود) شناخت سازندهای زیرین و بالایی یک سازند کارستی که باید چاه در آن تعیین محل شود و همچنین ترکیب سنگ‌شناسی آنها در تعیین محل چاه‌ها نقش مهمی دارد. وجود دو سازند ناتراوا در زیر و روی یک سازند تراوا شرایط مساعدی را جهت ذخیره آب‌های نفوذ یافته به درون سازند تراوا فراهم می‌کند و باعث شکل‌گیری مخازن غنی آب زیرزمینی در شرایط مساعد آب و هوایی (بارش کافی و تبخیر کم) می‌شود.

در سازندهای کارستی، هر چه درجه خلوص سنگ تشکیل دهنده بالاتر باشد، انحلال‌پذیری آن در مقابل آب‌های نفوذ یافته بیش‌تر شده و نتیجتا با افزایش تخلخل سنگ، فضاهای کافی جهت ذخیره شدن آب‌های زیرزمینی در آن ایجاد خواهد شد.

عدم به‌هم ریختگی سازندها در توالی رسوبی (چینه‌شناسی) یا به‌عبارت دیگر حفظ موقعیت این سازندها از نظر زمانی (سازندهای قدیمی در زیر و جدیدتر در بالا) از سردرگمی متخصصین و کارشناسان در تعیین محل چاه در این سازندها، جلوگیری به‌عمل آورده و راهنمای خوبی در تعیین محل چاه‌ها برای آنها خواهد بود.

۳-۲-۳-۱- مولفه‌های چینه‌شناسی

مولفه‌های مهم چینه‌شناسی عبارتند از:

- ضخامت کل سازند
- ضخامت لایه‌های تشکیل دهنده سازند
- توالی چینه‌شناسی
- ضخامت سازند باید به حدی باشد که گنجایش پذیرش حجم قابل توجهی از ریزش‌های جوی را داشته باشد بنابراین با افزایش ضخامت سازند امکان تشکیل مخازن آب زیرزمینی در آن افزایش می‌یابد به عنوان مثال سازندهای کربناته آسماری – جهرم، سروک، تاربور، شهبازان و داریان در منطقه زمین‌شناسی زاگرس و سازندهای مزدوران و تیرگان درمنطقه زمین‌شناسی کپه داغ و سازندهای لار و الیکا در منطقه زمین‌شناسی البرز و سنگ‌های آهکی کرتاسه در منطقه زمین‌شناسی ایران مرکزی به علت ضخامت قابل توجه (بیش از ۲۰۰ متر) مخازن غنی از آب‌های زیرزمینی کارستی را در خود جای داده‌اند که سرریز این مخازن به صورت چشمه‌های کارستی در منطقه‌های زمین‌شناسی یادشده و با آبدهی قابل توجه ظاهر می‌شود، چاه‌های تعیین محل شده در این سازندها به علت ضخامت کافی آنها از آبدهی بالایی برخوردار بوده‌اند درحالی‌که سازندهایی مثل تله زنگ، بخش آهک گوری، شتری، جمال، چهل کمان و ... به علت ضخامت کم (غالبا کم‌تر از ۱۰۰ متر) از دیدگاه هیدروژئولوژیکی بسیار کم اهمیت تر از سازندهای مذکور بوده و تعیین محل چاه در این سازندها به علت حجم کم مخازن آب زیرزمینی تشکیل شده در آنها باید با احتیاط بیش‌تری صورت پذیرد و یا از تعیین محل چاه در آنها حتی‌الامکان خودداری شود.

- ضخامت لایه‌های تشکیل دهنده سازند

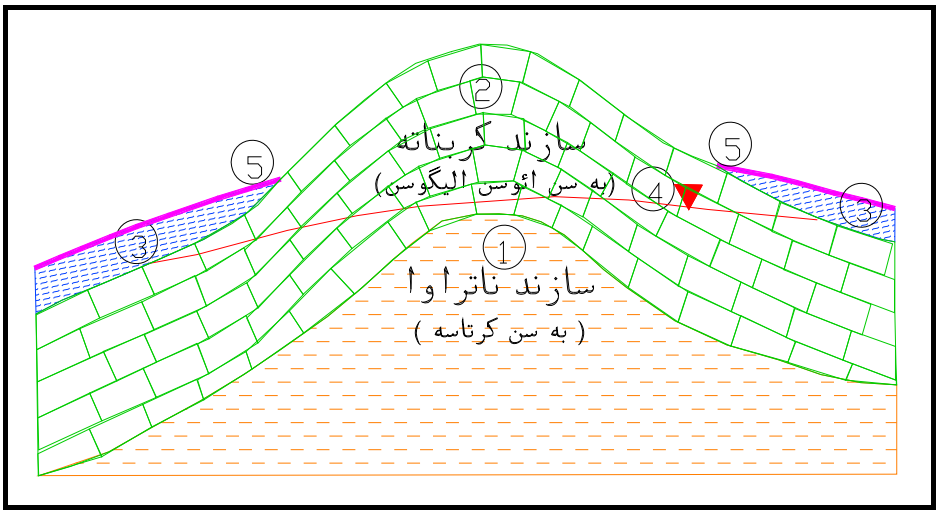
ضخامت لایه‌ها در میزان آب نفوذ به درون سازند، درجه کارستی شدن و ذخیره آب در سازندهای کربناته نقش مهمی ایفا می‌کند. به‌طور کلی سازندهای توده‌ای[1] کربناته در شرایط مساوی قابلیت انحلال بیش‌تری نسبت به سازندهای با لایه‌بندی نازک دارند. به عنوان مثال سازندهای سروک و تاربور که توده‌ای می‌باشد نسبت به سازند آسماری که لایه‌بندی نازکی دارد، از دیدگاه هیدروژئولوژی کارست از اهمیت بیش‌تری برخوردار هستند و قابلیت انحلال‌پذیری بیش‌تری دارند و به همین لحاظ چاه‌های حفر شده در سازندهای سروک و تاربور از دیدگاه کمی و کیفی نسبت به چاه‌های حفر شده در سازند آسماری آبدهی ویژه بیش‌تری دارند.

- توالی چینه‌شناسی[2]

شناخت توالی چینه‌شناسی در تعیین محل چاه‌های آب در سازندهای سخت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در تعیین محل چاه‌های آب در این سازندها باید به سن سازندها و زمان و شرایط رسوب‌گذاری آنها آگاه بود و سازندهای بالایی و پایینی سازند مورد نظر از دیدگاه چینه‌شناسی کاملا شناخته شده باشد. به هم ریختگی ناشی از فعالیت‌های زمین ساختی در اکثر نقاط فعال منطقه‌های زمین‌شناسی به چشم می‌خورد و این موضوع عمدتا باعث شده که دراین نواحی توالی چینه‌شناسی سازندها از بین برود و شاهد قرار گرفتن چندین سازند با

1- Massive
2- Stratigraphy Frequency

سن‌های مختلف در کنار و مجاورت یکدیگر باشیم که تعیین محل چاه را در این شرایط در سازند مورد نظر مشکل می‌کند. منطقه زمین‌شناسی البرز به علت شرایط خاص زمین ساختی حاکم بر آن از نمونه‌های بارز منطقه‌های فعال زمین ساختی بوده که توالی چینه‌شناسی در آن عمدتا به هم ریخته و به همین لحاظ تعیین محل چاه در سازندهای سخت این منطقه دشوار می‌باشد. درحالی‌که در منطقه‌های زمین‌شناسی زاگرس چین‌خورده و کپه داغ به علت شرایط خاص زمین ساختی حاکم برآنها، سازندهای سخت توالی چینه‌شناسی خود را حفظ نموده و در بیش از ۹۰ درصد حالات توالی چینه‌شناسی سازندها براساس سن رسوب‌گذاری آنها دیده می‌شود و لذا در منطقه‌های زمین‌شناسی مذکور تعیین محل چاه نسبت به منطقه‌های تحت تاثیر زمین ساخت فعال آسان‌تر می‌باشد.



شکل ۳-۲- نمونه‌ای از توالی چینه‌شناسی و مناسب‌ترین محل‌ها جهت حفر چاه

اجزای شکل عبارتند از:

۱- سازند ناتراوا به سن کرتاسه (به عنوان مثال سازند پابده)

۲- سازند کربناته به سن ائوسن – الیگوسن (به عنوان مثال سازند جهرم – آسماری)

۳- سازند ناتراوا به سن میوسن (به عنوان مثال سازند رازک)

۴- سطح آب زیرزمینی در سازند کربناته

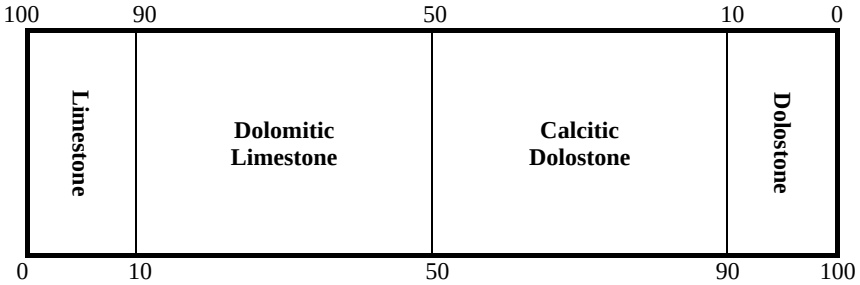
۵- مناسب‌ترین محل‌ها جهت حفر چاه

۳-۲-۳-۲- مولفه‌های سنگ‌شناسی

جنس سازندی که باید چاه در آن تعیین محل شود و همچنین جنس سازندهای بالایی و پایینی آن در تعیین محل چاه‌های آب در سازندهای سخت نقش مهم دارد. اصولا یکی از شرایط شکل‌گیری مخازن آب زیرزمینی در سازندهای سخت ترکیب سنگ‌شناسی خود سازند و سازندهای زیرین و بالایی آن می‌باشد. به عبارت دیگر چنانچه تعیین محل یک چاه در یک سازند کربناته مدنظر باشد، در شرایط ایده‌آل بایستی سازندهای زیر و بالایی آن از دیدگاه هیدرژئولوژی فاقد اهمیت بوده و ناتراوا باشند تا شرایط شکل‌گیری مخزن آب زیرزمینی در سازند کربناته فراهم شود. در واقع سازندهای ناتراوای بالا و پایین همانند مانعی باعث جلوگیری از فرار آب‌های نفوذ یافته به درون سازند کربناته می‌شوند و نهایتا باعث ذخیره شدن و شکل‌گیری مخزن آب زیرزمینی در آن می‌شوند.

جنس یا ترکیب سنگ‌شناسی سازند کربناته نیز در شکل‌گیری پدیده‌های کارستی و افزایش نفوذپذیری آن نقش اساسی بازی می‌کند. براساس طبقه‌بندی پتی جان سنگ‌های کربناته به چهار دسته عمده تقسیم می‌شوند:

- سنگ آهک خالص (صفر تا ۱۰ درصد دولومیت و ۹۰ تا ۱۰۰ درصد کلسیت)
- سنگ آهک دولومیتی (۱۰ تا ۵۰ درصد دولومیت و ۵۰ تا ۹۰ درصد کلسیت)
- دولستون کلسیتی (۵۰ تا ۹۰ درصد دولومیت و ۱۰ تا ۵۰ درصد کلسیت)
- دولستون (۹۰ تا ۱۰۰ درصد دولومیت و صفر تا ۱۰ درصد کلسیت)



شکل ۳-۳- طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته براساس نظریه پتی جان

با افزایش میزان کلسیت در سنگ‌های کربناته درجه خلوص آن افزایش می‌یابد. براساس بررسی‌های به عمل آمده با افزایش درجه خلوص سنگ کربناته، میزان انحلال‌پذیری آن در مقابل آب‌های نفوذی بیش‌تر می‌شود که نهایتا افزایش میزان نفوذپذیری و شکل‌گیری پدیده‌های کارستیک را در آن در پی دارد. بنابراین تعیین محل چاه‌های آب در سازندهای کربناته با درجه خلوص بالاتر نسبت به دیگر سازندهای کربناته ارجحیت دارد. به عنوان مثال سازند سروک از درجه خلوص بیش‌تری نسبت به سازند آسماری برخوردار است و همین موضوع سبب شده که پیشرفت پدیده‌های کارستی در این سازند و ظرفیت ویژه آبدهی چاه‌های حفر شده در آن نسبت به سازند آسماری بیش‌تر باشد. این موضوع در دو سازند لار و دلیچای درمنطقه زمین‌شناسی البرز و یا در دو سازند مزدوران و چمن بید در منطقه زمین‌شناسی کپه داغ کاملا مشهود است. چاه‌های حفر شده در سازندهای لار و مزدوران نسبت به چاه‌های حفر شده در سازندهای دلیچای و چمن بید از توان آبی بالایی برخوردار بوده‌اند.

نکته: به منظور تعیین درجه خلوص سنگ‌های کربناته بایستی نمونه‌هایی از آن در آزمایشگاه تجزیه شود و براساس درصد میزان Mgo,Cao موجود در آنها و عناصر دیگر و با استفاده از طبقه‌بندی پتی‌جان درجه خلوص آنها تعیین شود.

۳-۲-۴- استفاده از اطلاعات و داده‌های زمین‌شناسی ساختمانی (تکتونیک)

فعالیت‌های کوهزایی و حرکات زمین‌ساختی عامل ایجاد چین‌خوردگی، شکستگی و درز و شکاف در سازندهای سخت می‌شود و همین امر در افزایش میزان نفوذپذیری و تخلخل این سازندها بسیار موثر است. هر چه شدت این فعالیت‌ها و حرکات بیش‌تر باشد به همان میزان درصد شکستگی و خردشدگی سازندهای سخت بیش‌تر می‌شود و زمینه مساعدی جهت نفوذ هر چه بیش‌تر آب‌های جوی به درون آنها فراهم می‌شود که در نهایت تشکیل مخازن آب زیرزمینی را در این سازندها به همراه دارد.

ناگفته نماندکه حرکات کوهزایی و یا خشک‌زایی سبب ناپیوستگی‌هایی در روند ادامه رسوبگذاری شده و در نتیجه جنس رسوبات قبل و بعد از رویداد کوهزایی و یا خشک زایی متفاوت بوده و همین موضوع باعث می‌شود تا در زمان تعیین محل چاه در سازندهای

سخت در این نواحی حتما با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک و رسم مقاطع زمین‌شناسی و درنظر گرفتن مولفه‌های دیگر در تعیین محل چاه‌های آب دقت بیش‌تری به‌عمل آید.

مهم‌ترین اثر حرکات زمین ساختی و فعالیت‌های کوهزایی بر سازندهای سخت عبارتست از:

- چین خوردگی و شدت آن
- گسلش و گسستگی
- شکستگی و ایجاد درزه و شکاف

لازم به ذکر است که با افزایش ارتفاع در مناطق کارستی با توجه به اینکه آب‌های نفوذیافته به درون این مناطق به‌دلیل جاذبه زمین به سمت نقاط پایین و پست حرکت می‌کنند، امکان برخورد به سطح آب زیرزمینی کمتر شده و یا اینکه چاه در اعماق بیش‌تری به آب زیرزمینی برخورد می‌کند. بنابراین حتی‌المقدور باید سعی شود در این مناطق نزدیک‌ترین محل از نقطه نظر ارتفاعی به سطح هموار زمین یا دشت تعیین گردد. در تعیین محل چاه‌ها باید دقت نمود، محل انتخابی بر روی ساختارهای نابرجا و ثقلی مثل زمین لغزش‌ها که عمدتا در دامنه‌های با شیب ناپایدار رخ می‌دهد، واقع نشود.

۳-۲-۴-۱- مولفه چین‌خوردگی

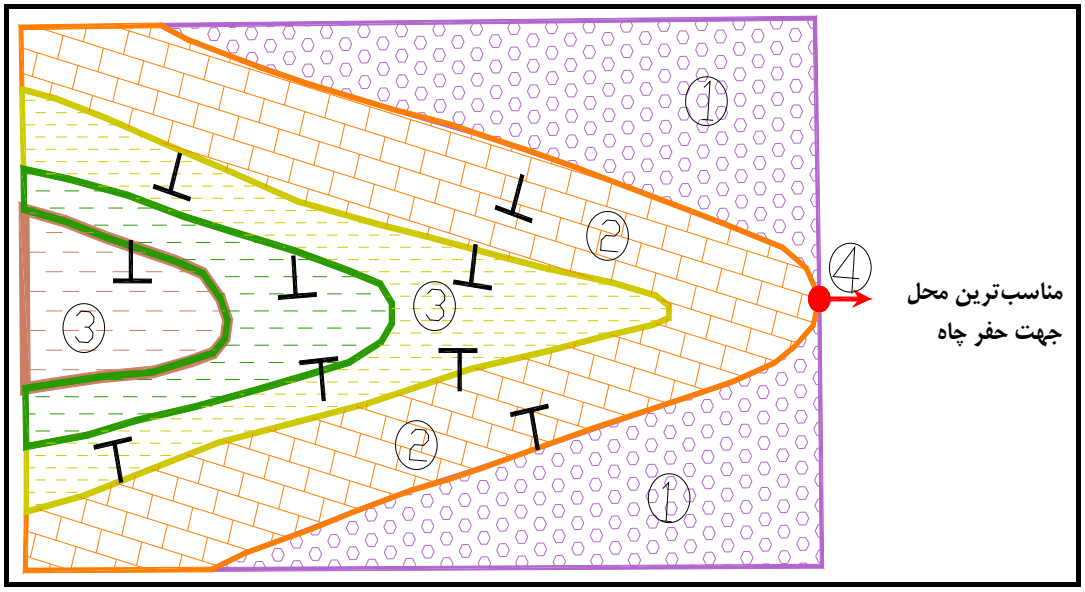
به طور کلی چین‌ها دسته‌ای از تغییر شکل سنگ‌ها می‌باشند، بدون آنکه گسستگی و یا شکستگی عمده‌ای در آنها به‌وجود آورند. زاویه میل یا خواب محوری چین یا پلانج چین یکی از مولفه‌های مهم در تعیین محل چاه‌های آهکی می‌باشد به استثنای چین‌های گنبدی، محور چین‌ها یا زاویه میل یک جهته دارند و یا دو جهته. شکل کامل چین را می‌توان به صورت تاقدیس[1] و ناودیس[2] مشاهده نمود. ناقدیس‌ها عمدتا در نقاط مرتفع در سطح زمین ظاهر می‌شوند و ناودیس‌ها غالبا در نقاط پست قرار گرفته‌اند که طی دوران‌های مختلف زمین‌شناسی رسوبات بعدی و عهد حاضر بر روی آنها نهشته شده و محور آنها مشخص نمی‌باشد. البته حالت‌های استثنایی از ناودیس‌هایی که در نقاط مرتفع ایجاد شده‌اند وجود دارد که اصطلاحا به ناودیس‌های معلق معروف هستند که نمونه‌ی بارز آن در جاده‌ی تهران – آمل (جاده هزار) بعد از گردنه امامزاده هاشم و نرسیده به پلور قرار دارد که هسته‌ی آن‌را رسوبات کرتاسه و سازند لار تشکیل می‌دهد. نمونه‌ی دیگری از ناودیس معلق را در ارتفاعات شمالی شهر تهران که عمدتا از سازندهای ائوسن تشکیل شده می‌توان دید که قلهٔ توچال در هسته آن واقع شده است.

آب‌های نفوذ یافته به درون سازندهای چین‌خورده به سمت یال‌های چین و عمدتا به سمت خواب محوری چیت‌ها (پلانچ چین‌ها) حرکت می‌کند. بنابراین بهترین نقاط جهت تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری، پلانچ چین‌ها می‌باشد که آب‌های نفوذ یافته به درون منطقه چین‌خورده از دو یال چین به این نقاط انتقال می‌یابد (اشکال ۳-۳، ۳-۴- الف و ب)

در چین‌خوردگی‌های ملایم شرایط و زمینه تعیین محل چاه‌های آب نسبت به چین‌خوردگی‌های شدید به علت شیب کم توپوگرافی و زمان بیش‌تر جهت نفوذ ریزش‌های جوی، بیش‌تر فراهم است به عنوان مثال در منطقه زمین‌شناسی زاگرس چین‌خورده تعیین محل چاه نسبت به منطقه زمین‌شناسی زاگرس مرتفع از سهولت بیش‌تری برخوردار است.

1- Anticline
2- Syncline

حرکت آب‌های زیرزمینی در سازندهای سخت رسوبی معمولا در جهت شیب لایه‌ها صورت می‌گیرد، بنابراین محل چاه در سازندهای سخت باید طوری انتخاب شود که در جهت شیب لایه‌ها قرار گرفته باشد (شکل ۳-۴-ج) به جز در موارد نادر که سازندهای ناتراوا یالی از چینی را که شیب لایه‌های تشکیل دهنده چین به آن سمت می‌باشد را طوری پوشانده‌اند که آب‌های نفوذی درون سازندهای کارستی چین پس از برخورد به سازند ناتراوای پوشاننده به علت عدم وجود معابر تخلیه، در سازندهای کارستی ذخیره می‌شود و در نهایت با افزایش حجم مخازن آب زیرزمینی در جهت خلاف شیب لایه‌ها از یال دیگر چین تخلیه می‌شود. نمونه بارز این موضوع را می‌توان در گردنه امامزاده هاشم (جاده هزار) جایی‌که شیب لایه‌های سنگ آهک مبارک و سنگ آهک و دولومیت‌های سازند الیکا به سمت شمال می‌باشد اما به لحاظ وجود رخنمون ناتراوا و ضخیمی از شیل و ماسه سنگ‌های سازند شمشک بر روی سازندهای مذکور امکان فرار آب‌های نفوذ یافته به درون سازندهای مذکور وجود نداشته و نهایتا با ذخیره شدن آب‌های نفوذی به درون این سازندها و افزایش حجم مخازن آب زیرزمینی در آنها از یال جنوبی گردنه مذکور و برخلاف جهت شیب لایه‌های سازندهای الیکا و سنگ آهک مبارک، آب‌های موجود در سازندهای مذکور به صورت چشمه‌هایی به سمت دشت مشا تخلیه می‌گردد (شکل ۳-۴- د).



شکل ۳-۴- الف- نقشه‌ی یک چین تک پلانج (مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه مشخص شده است)

اجزای شکل:

۱- سازند ناتراوا یا نیمه تراوای بالایی (طبقات جوانتر)

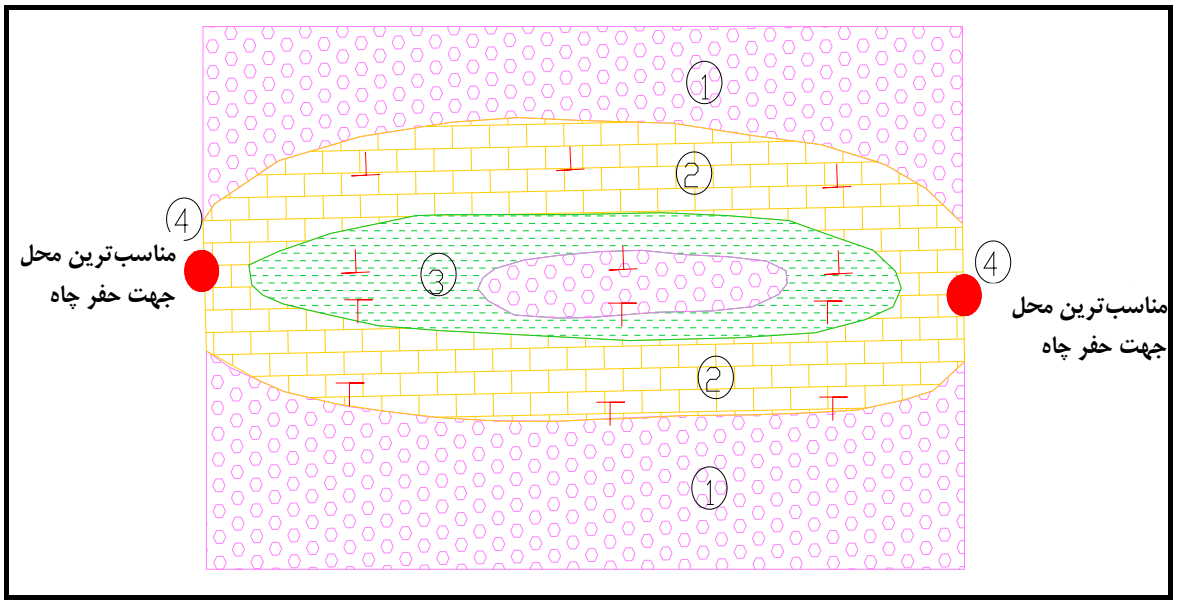
۲- سازند کربناته

۳- سازندهای ناتراوای زیرین (طبقات قدیمی‌تر)

۴- مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه

⊥ - جهت شیب لایه‌ها

شدت چین خوردگی گذشته از این‌که در افزایش شیب لایه‌ها تاثیر دارد، می‌تواند باعث به هم خوردگی و ایجاد شکستگی شدید در لایه‌ها نیز بشود. بنابراین از تعیین محل چاه در نقاطی که به علت افزایش فشارهای وارده تکتونیکی به هم ریخته‌اند و یا شیب چین‌خوردگی لایه‌های آنها بیش از ۷۰ درجه می‌باشد، باید خودداری نمود.



شکل ۳-۴-ب-نقشه‌ی یک تاقدیس دوبل پلانج (بهترین محل‌ها جهت حفر چاه مشخص شده است)

اجزای شکل:

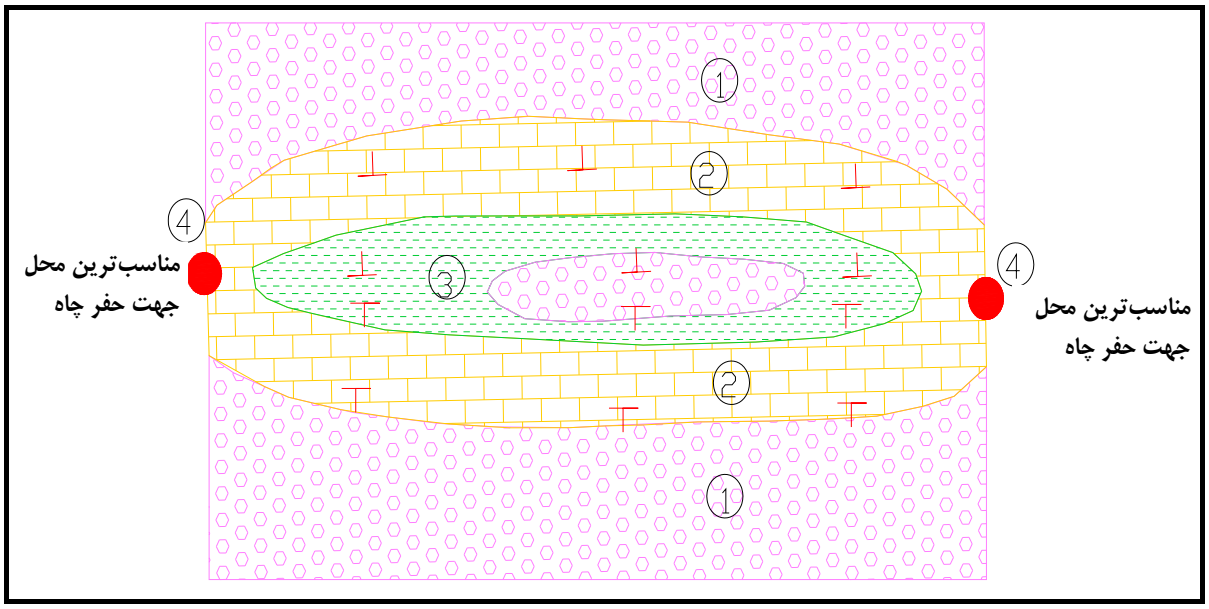
۱- سازند ناتراوا یا نیمه تراوای بالایی (طبقات جوانتر)

۲- سازند کربناته

۳- سازندهای ناتراوای زیرین (طبقات قدیمی‌تر)

۴- مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه

⊥ - جهت شیب لایه‌ها



شکل ۳-۴-ج- تعیین محل چاه در جهت شیب لایه‌ها

اجزای شکل:

۱– سازند ناتراوا یا نیمه تراوای بالایی

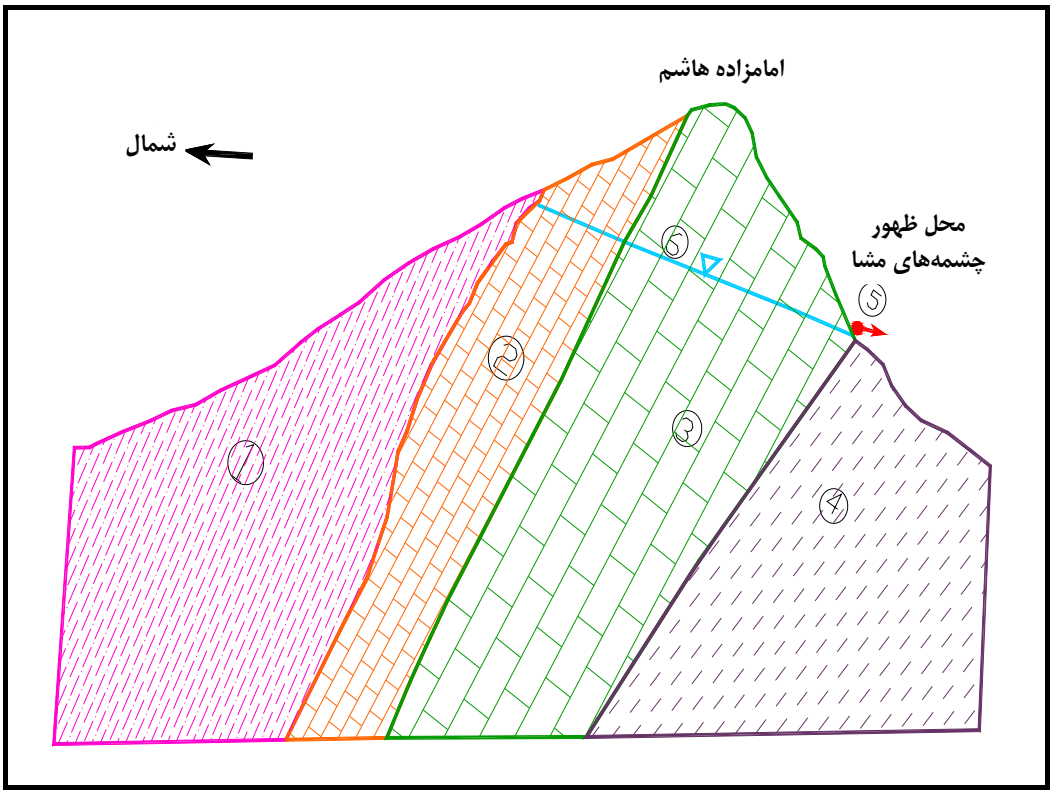
۲– سازند کربناته

۳– سازندهای ناتراوای زیرین

۴– سطح آب زیرزمینی

۵– مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه

۶– حفر چاه توصیه نمی‌شود.



شکل ۳-۴-د- نمایی از مقطع زمین‌شناسی گردنه امامزاده هاشم (ضخامت و شیب لایه‌ها واقعی نیست)

اجزای شکل:

۱– ماسه سنگ و شیل‌های سازند ناتراوای شمشک

۲– سنگ آهک و دولومیت سازند الیکا

۳– سنگ آهک مبارک از سازند جیرود

۴– بخش‌های ناتراوای سازند جیرود

۵– محل ظهور چشمه‌های مشا

۶– ∇ سطح آب زیرزمینی

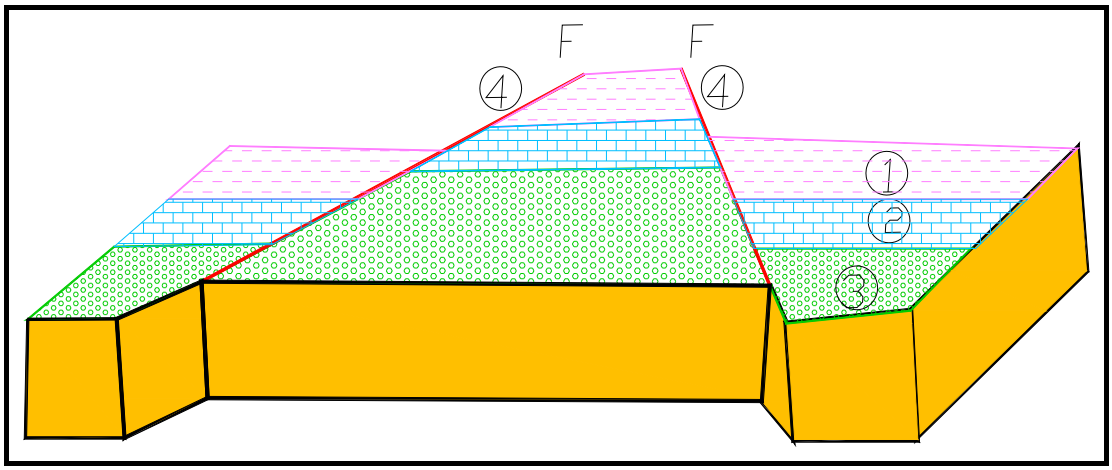
همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، چشمه‌ها برخلاف جهت شیب لایه‌های سازند الیکا و سنگ آهک مبارک تخلیه می‌شوند.

نکته: به علت شیب زیاد سطح آب زیرزمینی در این ناحیه، چشمه‌ها حالت خروشان دارند.

۳-۲-۴-۲- مولفه گسلش و گسستگی

گسله‌ها شکستگی‌هایی هستند که در آنها طبقات طرفین به موازات صفحه شکستگی حرکات کرده باشند و همین خصوصیت باعث تمایز آنها از درزه‌ها می‌شود. ساز و کارگسله‌ها و نوع آنها می‌تواند در شکل‌گیری و یا عدم تشکیل مخازن آب زیرزمینی در سازندهای سخت موثر باشد. ساز و کار یک گسله می‌تواند، همانند سدی باعث ذخیره شدن آب در سازندهای سخت شود و یا بالعکس می‌تواند فرار آب را از آن ناحیه تسهیل نماید. میزان خردشدگی ناشی از ساز و کار گسله‌ها در سازندهای سخت و شعاع تاثیر آنها با افزایش میزان نفوذ ریزش‌های جوی به درون این سازندها رابطه مستقیم دارد و بنابراین هر قدر شدت عملکرد گسل و شعاع تاثیر آن بیش‌تر باشد شرایط ایجاد مخازن آب زیرزمینی در سازندهای سخت بیش‌تر فراهم می‌شود. نوع گسله‌ها در ذخیره شدن و یا فرار آب نیز می‌تواند نقش داشته باشد. به عنوان مثال عملکرد توام دو گسله نرمال پیدایش یک گرابن و عملکرد توام دو گسله معکوس ایجاد هورست را در پی دارد. در هر دو حالت ممکن است ذخیره شدن و یا فرار آب در سازند سخت را به همراه داشته باشد. میزان جابه‌جایی بلوک‌های دو طرف صفحه یک گسل نیز می‌تواند در فرار آب از یک سازند به نقاط دوردست و یا در ذخیره شدن آب‌های زیرزمینی در یک سازند نقش داشته باشد.

(اشکال ۳-۵- الف و ب نمونه‌هایی از عملکرد گسل‌های معکوس و نرمال را بر روی یک سازند کربناته آبدار نشان می‌دهد). به هر حال در تعیین محل چاه‌های آب در محدوده‌ی عملکرد گسله‌ها باید ساز و کار گسله مورد نظر و شعاع عملکرد و میزان خردشدگی سازندی که تحت تاثیر عملکرد گسل واقع شده است، مشخص شود تا بتوان مکانی مطمئن جهت حفر چاه را تعیین نمود. لازم به ذکر است که تعدادی از محل‌های تعیین شده جهت حفر چاه در محدوده عملکرد گسله‌ها در مرحله حفاری به علت خردشدگی شدید سازندهای موجود، به نتیجه نرسیده و عملا مشکلاتی مثل گیر کردن چکش و سوزن‌های حفاری در چاه برای حفاران ایجاد کرده‌اند، این موضوع می‌رساند که در تعیین محل چاه‌های آب در محدوده و شعاع عملکرد گسله‌ها باید جوانب احتیاط را رعایت نمود و از تعیین محل چاه مستقیما در محدوده اصلی عملکرد گسل حتی‌الامکان خودداری نمود.



شکل ۳-۵- الف- عملکرد دو گسل معکوس و ایجاد هورست و تاثیر آنها بر روی سازند کربناته آبدار

اجزای شکل عبارتند از:

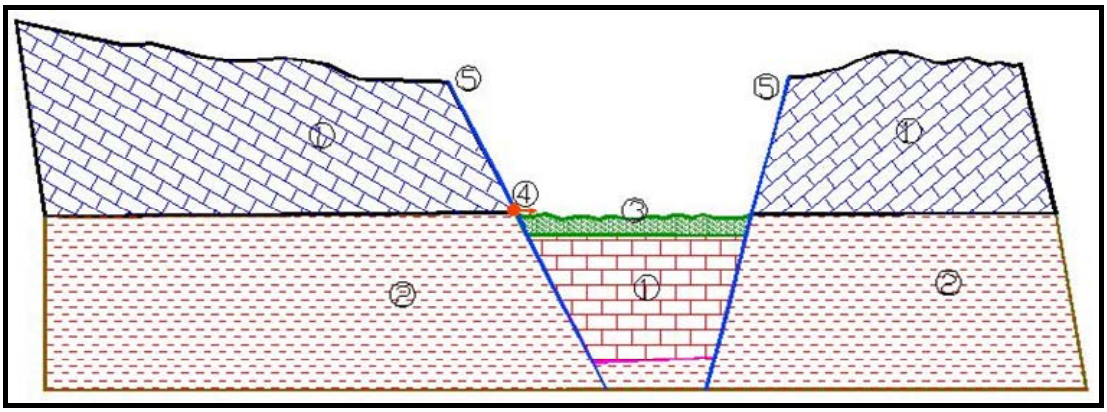
۱- لایه غیرقابل نفوذ (شیل)

۲- لایه کربناته آبدار (سنگ آهک)

۳- لایه غیرقابل نفوذ (ماسه سنگ)

۴- گسله معکوس (F)

عملکرد دو گسله معکوس موجود در شکل سبب شده است که گذشته از ایجاد هورست، یک سازند غیرقابل نفوذ (مثل ماسه سنگ) در مقابل لایه کربناته آبدار (شماره ۲) قرار گیرد و از فرار آب‌های موجود در این سازند به نقاط دوردست جلوگیری نماید و زمینه ظهور آب زیرزمینی به صورت چشمه و یا ایجاد شرایط مناسب جهت حفر چاه در سازند کربناته فراهم شود.



شکل ۳-۵- ب- عملکرد دو گسله نرمال و ایجاد گرابن و تاثیر آن بر روی سازند کربناته آبدار

اجزای شکل:

۱- سازند کربناته آبدار

۲- سازند ناتراوا

۳- رسوبات آبرفتی

۴- چشمه

۵- گسل نرمال (F)

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود عملکرد دو گسله نرمال باعث ایجاد گرابن و ظهور آب‌های موجود در سازند کربناته به صورت چشمه شده است. نمونه بارز این موضوع در دشت ارژن فارس رخ داده که عملکرد دو گسله نرمال گرابن یا پولژه کارستی ارژن و ظهور چشمه سلمان را به همراه داشته است. البته در امتداد گسله خاوری پولژه (گسل سمت راست شکل) مذکور در سطح زمین تعدادی پانور ایجاد شده که در این ناحیه آب‌های تخلیه شده از چشمه سلمان پس از رسیدن به محل عملکرد گسل خاوری در پانورها فرو می‌رود و به نقاط دور دست انتقال می‌یابد. در چنین مناطقی به‌ویژه در کنار گسله‌ها پانورهای شکل گرفته به علت فرار آب به نقاط دوردست حفر چاه توصیه نمی‌شود و در صورت ضرورت باید قبلا ساز و کار گسل و نحوه‌ی تخلیه آب توسط پانورها مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته باشد.

چنانچه پدیده‌های کارستی مثل پانور و امثال آن در امتداد گسله سمت راست تشکیل نشده باشد و یا فرار آب از این نقاط صورت نپذیرد امکان تشکیل دریاچه و یا باتلاق فراهم می‌شود.

۳-۲-۵- استفاده از نتایج مطالعات هیدروژئولوژی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری

نتایج مطالعات هیدروژئولوژی در سازندهای سخت می‌تواند مهم‌ترین عامل در کمک به تعیین محل چاه‌ها در این‌گونه سازندها باشد. مهم‌ترین مواردی را که در مطالعات هیدروژئولوژی قابل دسترسی می‌باشند به شرح زیر می‌توان خلاصه نمود:

۳-۲-۵-۱- منابع آب (چاه، چشمه و قنات)

وجود انواع منابع آب و میزان آبدهی آنها در سازندهای سخت به‌ویژه در سازندهای کارستی می‌تواند حاکی از شکل‌گیری مخازن آب زیرزمینی در این سازندها باشد. البته در شرایطی به‌ویژه در حالاتی که این سازندها در مجاورت آبرفت و یا سازندهای دیگر قرار گرفته و هیچ‌گونه مانعی به‌ویژه سازندهای ناتراوا در ایجاد ارتباط هیدرولیکی بین آنها وجود نداشته باشد، آب‌های زیرزمینی موجود در این سازندها به‌صورت جانبی وارد سازندها و رسوبات مجاور شده بدون این‌که به‌صورت منبع آب در خود سازند ظاهر شود. بنابراین در سازندهایی که منابع آب در آنها وجود ندارد، نمی‌توان به‌طور قطع و مسلم اظهار نمود که این سازندها فاقد آب زیرزمینی می‌باشند در چنین حالت‌هایی باید به دنبال شواهد دیگری رفت. بهرحال وجود منابع آب در یک ناحیه حکایت از مخازن آب زیرزمینی شکل گرفته در سازندهای آن ناحیه دارد و این منابع ما را در تعیین مناسب‌ترین محل‌ها جهت حفر چاه راهنمایی می‌کند البته با در نظر گرفتن و رعایت حریم آنها.

۳-۲-۵-۲- جهت جریان آب زیرزمینی

چنانچه مطالعات هیدروژئولوژی بر روی سازندهای سخت یک منطقه انجام و نقشه‌های تراز آب زیرزمینی برای آن ترسیم شده باشد، می‌توان به راحتی و با توجه به جهت جریان آب زیرزمینی با استفاده از منحنی‌های تراز، بهترین نقاط را جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری با رعایت حریم منابع آب تعیین نمود. در این حالت بهترین نقاط در نواحی قرار می‌گیرند که به نواحی خروجی نزدیک‌تر باشند. و این موضوع درست برعکس تعیین محل چاه در آبخوان‌های آبرفتی می‌باشد. زیرا مناطق تغذیه آبخوان‌های کارستی در نقاط مرتفع قرار دارد که حفر چاه به علت توپوگرافی شدید و همچنین فرار آب از نقاط مرتفع به نقاط پست در مناطق تغذیه فاقد توجیه فنی می‌باشد.

در مناطق کارستی که سرریز مخازن آب زیرزمینی ایجاد شده در آن به‌صورت چشمه در سطح ظاهر می‌شود، به شرط رعایت حریم کمی چشمه‌ها، تعیین محل و حفر چاه و دست‌یابی به آب زیرزمینی در این‌گونه مناطق با موفقیت بیش‌تری همراه خواهد بود. البته در این گونه موارد حتما باید قبل از تعیین محل چاه به بررسی وضعیت ظهور چشمه از نظر ساختار و پدیده‌های زمین‌شناسی حاکم بر آن پرداخت چه بسا که برخی از این گونه چشمه‌ها حالت کنتاکتی داشته و فاقد لایه‌های اشباع در اعماق پایین‌تر از مظهر چشمه باشند و یا ساختار گسل‌های داشته و آب زیرزمینی از طریق کانال‌های باریک ایجاد شده از مناطق دور دست به محل ظهور چشمه هدایت شوند در این صورت امکان شکل‌گیری مخازن آب زیرزمینی در نواحی خارج از منطقه نفوذپذیر و باریک ناحیه تغذیه‌کننده چشمه احتمالا وجود نداشته و تعیین محل و حفر چاه در این مناطق با نتیجه منفی روبرو خواهد شد.

۳-۲-۵-۳- انواع پدیده‌های کارستی

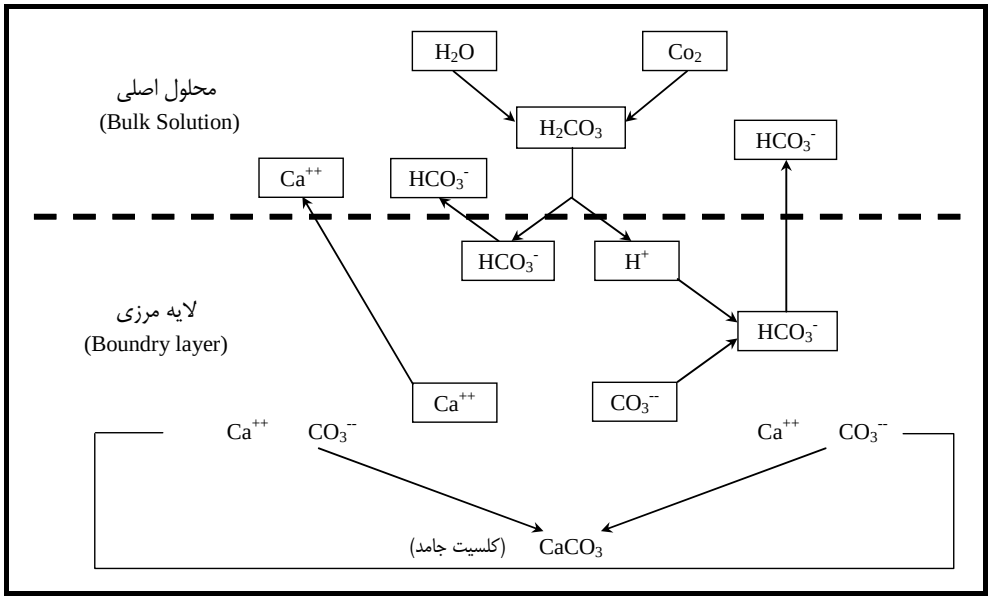
تراکم پدیده‌های کارست سطحی و عمقی در سازندهای کربناته نشان‌دهنده شدت خاصیت انحلال‌پذیری این سنگ‌ها در مقابل آب‌های نفوذی می‌باشد. بنابراین هر چه میزان تراکم این پدیده‌ها در واحد سطح این سازندها بیش‌تر باشد حاکی از شرایط مساعد این سازندها جهت نفوذ و ذخیره ریزش‌های جوی و شکل‌گیری مخازن غنی آب زیرزمینی در آنها می‌باشد. به‌طور کلی در سازندهای

کربناته سه نوع تخلخل وجود دارد. تخلخل اولیه که مربوط به زمان شکل‌گیری توده سنگ در مراحل رسوب‌گذاری تا مرحله دیاژنز (سنگ‌زایی) است. این نوع تخلخل به‌علت عدم ارتباط فضاهای خالی تقریبا در ذخیره‌سازی آب‌های نفوذ یافته در سازندهای سخت فاقد تاثیر می‌باشد. تخلخل نوع دوم یا ثانوی در زمان حرکات کوهزایی و فعالیت‌های زمین‌ساختی که باعث واردشدن نیروهای کششی و فشارشی به توده سنگ شده و چین‌خوردگی‌ها را در پی داشته، ایجاد می‌شود که در واقع تخلخل ناشی از ایجاد درزه، شکاف و شکستگی در سازندهای سخت است. تخلخل نوع سوم که مختص سازندهای کارستی است و در امتداد درزه‌ها، شکاف‌ها وشکستگی‌ها در اثر جاری شدن آب‌های نفوذی به درون این سازندها، ایجاد می‌شود که به مرور زمان باعث انحلال توده سنگ می‌شود. چنانچه این نوع انحلال ادامه یابد اشکال یا پدیده‌های مختلف کارستی در سازند ایجاد شده و همراه با افزایش میزان تخلخل سازندهای کارستی است که در شرایط مساعد آب و هوایی محل‌های مناسبی برای حفر چاه‌های بهره‌برداری است.

۳-۲-۵-۴- میزان انحلال‌پذیری[1] و نفوذپذیری سنگ‌های کربناته

هر چه میزان پیشرفت پدیده انحلال در سنگ‌های کربناته بیش‌تر باشد نفوذپذیری آنها بیش‌تر که نهایتا افزایش نفوذ ریزش‌های جوی را به درون این سنگ‌ها به همراه دارد. وایت[2] براساس تجارب آزمایشگاهی، نقش جنبشی محلول در توسعه پدیده انحلال در آبخوان‌های کارستی را به شرح شکل زیر پیشنهاد نموده است. در این شکل بخشی از سنگ آهک[3] که آب زیرزمینی در بین درز و شکاف‌های آن در جریان است و به‌طور جزیی از آن اشباع می‌باشد، نشان داده شده است. مطابق این مدل پدیده انحلال براساس مراحل زیر صورت می‌گیرد. (شکل ۳-۶)

۱- هیدراتاسیون CO_2 موجود در آب به شکل اسید کربنیک $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$



شکل ۳-۶- پدیده انحلال سنگ آهک در آب زیرزمینی

۲- انتقال اسید کربنیک به لایه مرزی و یونیزاسیون آن به شکل یون‌های بی کربنات و هیدروژن

1- Solubility
2- W.B.white(1997)
3- $CaCO_3$

۳- انتقال یون هیدروژن (H^+) به سطح سنگ و جذب آن

۴- واکنش یون هیدروژن با یون کربنات در سطح بلورهای کربنات کلسیم[1] برای تشکیل یون بی کربنات و رهایی آن به داخل لایه مرزی

۵- انتشار یون بی کربنات از لایه مرزی به داخل محلول اصلی حاوی دی‌اکسید کربن[2]

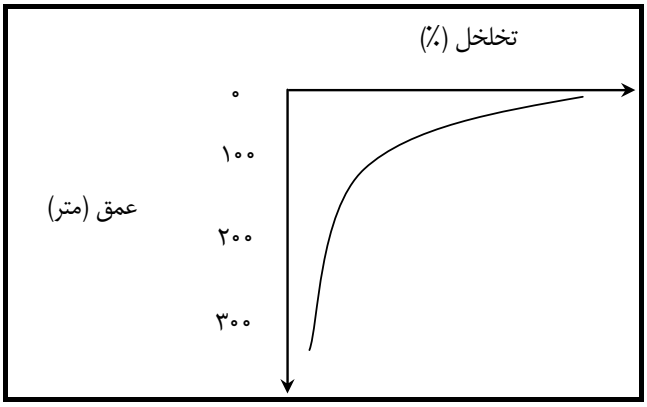
۶- رهایی یون کلسیم در سطح سنگ

۷- انتشار یون کلسیم از بین لایه مرزی و عبور آن به داخل محلول اصلی

در این مدل ۴ نوع انتقال انتشاری از میان لایه مرزی صورت می‌گیرد. اسید کربنیک و یون هیدروژن به طرف سنگ و یون‌های بی‌کربنات و کلسیم خلاف جهت فوق انتشار می‌یابد که نتیجه آن انحلال کربنات کلسیم و تشکیل بی‌کربنات کلسیم است. بنابراین در نقاطی که میزان این فرآیند بیش‌تر باشد پدیده‌های کارستی بیش‌تری ایجاد خواهد شد که زمینه مناسب تشکیل مخازن آب زیرزمینی غنی را فراهم می‌نماید که با مشاهده‌این پدیده‌ها در سطح این سنگ‌ها می‌توان محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری را انتخاب نمود.

نفوذپذیری سنگ‌های کربناته براساس درجه انحلال‌پذیری آنها تعریف می‌شود به این معنا که با افزایش درجه انحلال‌پذیری، نفوذپذیری بیش‌تر می‌شود. البته میزان نفوذپذیری با افزایش عمق کاهش می‌یابد که علت آن افزایش گرادیان گرمایی زمین به میزان ۳ درجه به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش عمق می‌باشد. تجارب به‌دست آمده از بررسی‌ها و مطالعات سازندهای کارستی در سراسر دنیا این موضوع را نیز تایید می‌کند. مطالعات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که از عمق ۳۰۰ متری به بعد به علت پدیده زمین گرمایی با کاهش شدید نفوذپذیری و تخلخل در آبخوان‌های کارستی روبرو هستیم به حدی که در اعماق بیش از ۳۰۰ متر به طور معمول به علت رسوب مواد محلول در آب در امتداد درزه‌ها و شکاف‌های موجود در سنگ‌ها و بسته شدن این منافذ تخلخل موثر کاهش می‌یابد به‌طوری‌که از آبدهی ستون چاه‌های حفر شده در اعماق بیش از ۳۰۰ متر به شدت کاسته می‌شود.

شکل زیر رابطه بین میزان تخلخل و نفوذپذیری را نسبت به عمق در سنگ‌های کربناته و یا به‌طور کلی آبخوان‌های کارستی نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷- رابطه بین تخلخل و عمق در آبخوان‌های کارستی

1- $CaCO_3$
2- CO_2

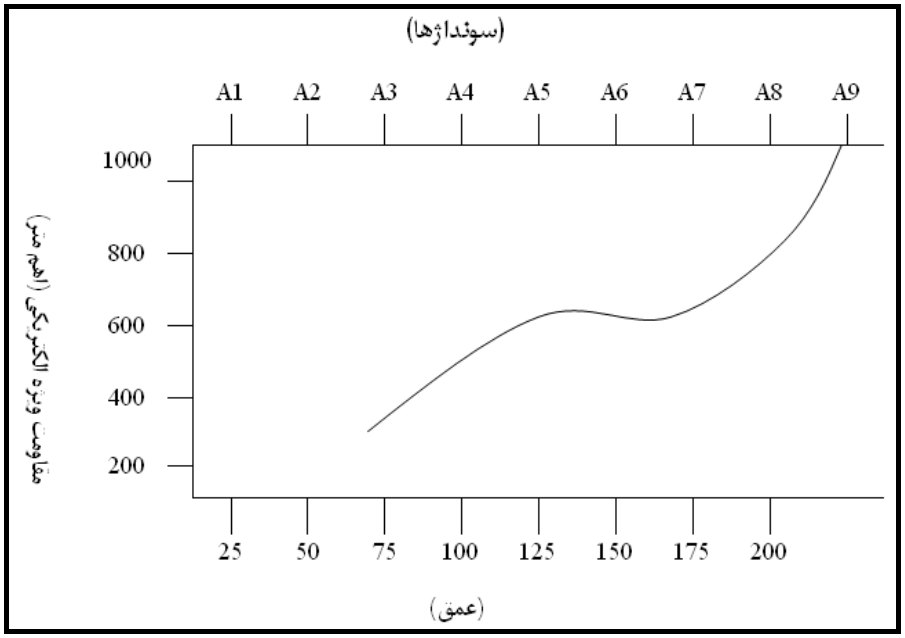
۳-۲-۶- نحوه استفاده از نتایج بررسی‌های اکتشافی

استفاده از نتایج عملیات اکتشافی انجام شده در سازندهای کارستی می‌تواند ابزار مفیدی در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در این سازندها باشد. این بررسی‌ها شامل عملیات ژئوفیزیکی به روش‌های مختلف، عملیات چاه‌پیمایی و ویدئومتری، حفاری‌های انجام شده، نتایج آزمایش پمپاژ و مطالعات ایزوتوپی و ردیابی باشد.

۳-۲-۶-۱- نحوه‌ی استفاده از بررسی‌های ژئوفیزیکی

روش‌های متداول ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع آب زیرزمینی عبارتند از روش ژئوالکتریک، لرزه نگاری انکساری، V.L.F[1] و مغناطیس‌سنجی.

روش ژئوالکتریک به علت ارزانی و کم هزینه بودن نسبت به روش‌های مذکور، در اکتشاف منابع آب زیرزمینی کاربرد بیش‌تری دارد. در این روش مقاومت الکتریکی لایه‌ها و آب موجود در آنها (درصورت وجود) با استفاده از عبور دادن جریان الکتریسیته، اندازه‌گیری می‌شود. براساس مقاومتی که لایه‌های تشکیل دهنده زمین از خود نشان می‌دهند، نمودارهای مقاومت الکتریکی تهیه و تعبیر و تفسیر می‌شود و با توجه به حدود تغییرات مقاومت الکتریکی سنگ‌های مختلف (جدول ۳-۳) جنس سنگ و چنانچه حاوی آب باشد، تشخیص داده می‌شود. نتایج عملیات ژئوالکتریک در سازندهای سخت چنانچه با بررسی‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی تلفیق نشود نمی‌تواند به تنهایی ملاک عمق قرار گیرد. نمودار نمونه مقاومت الکتریکی در سنگ آهک کارستی حاوی آب زیرزمینی در شکل (۳-۸) نشان داده شده است.



شکل ۳-۸- نمودار نمونه ژئوالکتریک در یک آبخوان کارستی

در این نمودار مقاومت الکتریکی از سطح زمین تا عمق ۱۲۵ متری رو به افزایش است. از عمق ۱۲۵ تا ۱۷۵ متری مقاومت تقریبا ثابت و حتی کاهش می‌یابد، مجددا از عمق ۱۷۵ متری سیر صعودی نشان می‌دهد. کاهش مقاومت بین اعماق ۱۲۵ تا ۱۷۵ متری در

1- Very Low Frequency

سنگ آهک مذکور وجود لایه آبداری را در این اعماق درمحل این سونداژ نشان می‌دهد بنابراین حفر چاه تا عمق ۱۷۵متر در این محل پیشنهاد می‌گردد. در واقع وجود آب زیرزمینی در این اعماق در بین فضاهای خالی ناشی از عملکرد تکتونیک و پدیده انحلال کاهش مقاومت در توده سنگ را باعث شده است. بنابراین با فرض این‌که بررسی‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی منطقه در این ناحیه نیز به خوبی انجام شده باشد، انتخاب نقاط بین سونداژهای A5 تا A7 جهت حفر چاه بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود.

چنانچه کاهش شدید در میزان مقاومت الکتریکی در اعماق یاد شده مشاهده شد، یکی از سه حالت زیر ممکن است در عمق مورد نظر حاکم باشد:

الف- وجود آب شور در فضاهای خالی سنگ آهک که به علت قابلیت هدایت الکتریکی زیاد آب شور، کاهش شدید مقاومت را در پی داشته است.

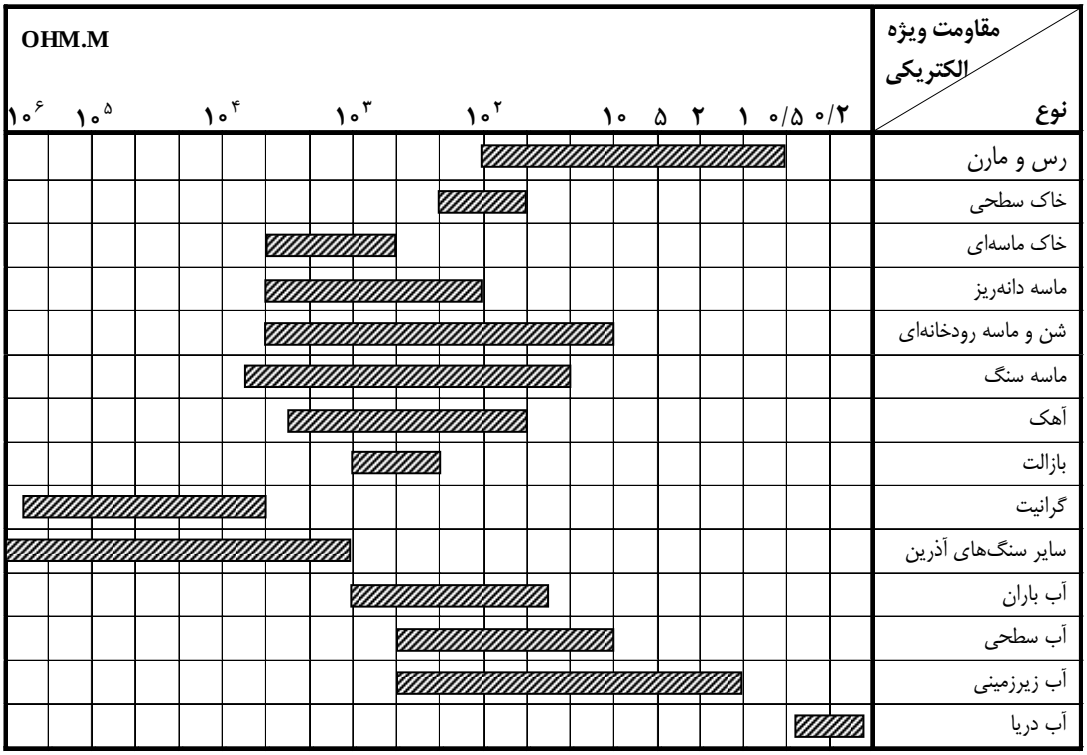
ب- وجود میان لایه‌های مارنی و تبخیری در سنگ آهک که به دلیل مذکور باعث افت مقاومت در توده اصلی سنگ شده است.

ج- پرشدن فضاهای خالی توده سنگ از مواد ریزدانه مثل رس و مارن و ...

برعکس این موضوع ممکن است، اتفاق بیافتد به این صورت که افزایش شدید مقاومت در برخی اعماق می‌تواند حاکی از عدم وجود آب در فضاهای خالی ناشی از عملکرد تکتونیک و پدیده انحلال باشد. در این صورت این فضاهای خالی افزایش شدید مقاومت را نشان می‌دهند.

لذا در تعبیر و تفسیر نمودارهای ژئوالکتریک در انتخاب محل مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت باید دقت کافی به عمل آورد، زیرا هزینه حفر چاه در این گونه سازندها گران می‌باشد و عدم دقت در تعیین محل این قبیل چاه‌ها به دلیل ناهمگنی و ناهمسانی شدید در سنگ‌های کارستی، توام با خسارات جبران ناپذیر می‌باشد.

جدول ۳-۳- گستره مقاومت ویژه الکتریکی نمونه‌هایی از سنگ و آب



۳-۲-۶-۲- نحوه استفاده از نتایج عملیات چاه‌پیمایی و ویدئومتری

با استفاده از لاگ گاما- گاما (لاگ چگالی)[1] در چاه‌های آب حفر شده در سازندهای کارستی می‌توان به میزان تخلخل این سنگ‌ها پی برد. در این روش منحنی ثبت شده از لاگ گاما-گاما متناسب با چگالی متوسط لایه‌های درون چاه می‌باشد که با استفاده از رابطه

$$100 \times P = (D_g - D) : (D_g - D_f) \qquad (۱-۳)$$

می‌توان میزان تخلخل را محاسبه نمود.

اجزای رابطه بالا چنین است:

P: تخلخل بر حسب درصد

D: چگالی طبقه یا سنگ در عمق مورد نظر بر حسب g/cm^3

D_g: چگالی توده اصلی سنگ

D_f: چگالی مایع ⇐ این مقدار برای آب یک گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد.

مقادیر تخلخل به‌دست آمده از این روش تا اندازه‌ای مورد قبول است که در سازند مورد نظر رس یا مارن وجود نداشته باشد زیرا وجود رس یا مارن باعث کاهش چگالی سنگ می‌شود که افزایش کاذب تخلخل را به همراه دارد. برای جلوگیری از این موضوع باید هنگام کار با لاگ گاما-گاما، از لاگ‌های دیگری مثل نوترون، گاما، مقاومت و لاگ قطرسنجی نیز استفاده شود.

نتایج به‌دست آمده از عملیات چاه‌پیمایی با استفاده از لاگ گاما-گاما در تعدادی از چاه‌های حفر شده در سازند کربناته آسماری – جهرم در منطقه زمین زاگرس مقادیر تخلخل بین ۸ تا ۱۴ درصد و به‌طور میانگین ۱۲/۴ درصد را نشان می‌دهد.

نتایج عملیات ویدئومتری در چاه‌های آهکی بدون لوله جدار نیز می‌تواند در بررسی میزان انحلال‌پذیری سنگ‌های آهکی و یا به‌طور کلی سازندهای کارستی کمک موثری باشد. به‌طوری‌که تلفیق نتایج حاصل از لاگ گاما-گاما و فیلمهای ویدئومتری کارشناس را در جهت تعیین محل مناسب چاه بهره‌برداری در سازندهای کربناته کارستی راهنمایی می‌کند. در عملیات ویدئومتری میزان انحلال‌پذیری در سنگ‌های کربناته کارستی و یا میزان فضاهای خالی ناشی از عملکرد تکتونیک در سازندهای غیرکارستی نسبت به عمق مشخص می‌شود. در این نوع علمیات فضاهای خالی اعم از کارستی و غیرکارستی توسط راندن دوربین یا دوربین‌هایی به اعماق مختلف چاه، ثبت و ضبط می‌شود. بنابراین از نتایج به‌دست آمده از عملیات ویدئومتری در چاه‌های موجود در یک منطقه کارستی می‌توان در جهت تعیین محل مناسب چاه‌های بهره‌برداری در آن منطقه استفاده نمود.

۳-۲-۶-۳- نحوه استفاده از نتایج حفاری‌های انجام شده

حفاری‌های انجام شده در سازندهای کارستی به‌ویژه چنانچه از نوع مغزه‌گیری باشد، می‌تواند کمک موثری در انتخاب محل مناسب چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای کارستی باشد. با استفاده از مغزه‌های حاصل از این حفاری‌ها می‌توان به میزان کیفیت توده سنگ (R.Q.D)، ضریب بازیافت مغزه[2] و همچنین درجه کارستیفیکاسیون سنگ به شرح معادله زیر پی برد.

1- Gama-Gama Log (Density Log)

۲-ضریب بازیافت مغزه= ۱۰۰ × $\frac{\text{طول مغزه بازیافت شده}}{\text{طول کل حفاری}}$

$$K = \frac{Lg}{Lt} \times 100 \qquad (۲-۳)$$

در این فرمول:

Lg: طول مغزه بازیافت نشده

Lt: طول کل حفاری

K: درجه کارستیفیکاسیون

ضریب بازیافت مغزه با درجه کارستیفیکاسیون نسبت عکس دارد. به این معنی که هرچه ضریب بازیافت مغزه کم‌تر باشد، درجه کارستیفیکاسیون بیش‌تر بوده و نهایتا میزان تخلخل بیش‌تر است. این فرمول در مواردی صادق است که میزان درصد رس و مارن در سازند ناچیز باشد و یا وجود نداشته باشد. اشکالی که در این روش وجود دارد این است که ممکن است مغزه به‌طور کامل اخذ شود ولی انحلال در داخل مغزه و یا نواحی کناری مغزه انجام شده باشد که در این صورت طول مغزه بازیافت نشده به صفر می‌رسد درحالی‌که انحلال‌پذیری (کارستیفیکاسیون) در داخل سنگ صورت گرفته است به همین لحاظ می‌توان گفت عدد به‌دست آمده در فرمول بالا، حداقل درجه کارستیفیکاسیون را نشان می‌دهد. استفاده از نتایج آزمایش‌های لوژان و لوفران که میزان آبگذری در توده سنگ را نشان می‌دهد نیز می‌تواند در تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در مناطق کارستی مفید باشد. هر چه میزان آبگذری بیش‌تر باشد حاکی از قابلیت نفوذپذیری بیش‌تر می‌باشد که می‌تواند به عنوان راهنما در تعیین محل مناسب چاه‌های بهره‌برداری مفید واقع شود.

بررسی‌های انجام شده در مناطق کارستی در سطح ملی و بین‌المللی نشان می‌دهد که سازندهایی که حداقل درجه کارستیفیکاسیون با روش مغزه‌گیری در آنها بیش از ۳۰٪ محاسبه شده است، از آبدهی بسیار خوبی برخوردار بوده‌اند. در نقاطی که این میزان بین ۲۰ تا ۳۰ درصد، آبدهی خوب، ۱۰ تا ۲۰ درصد آبدهی متوسط و کم‌تر از ۱۰ درصد،آبدهی آنها ضعیف می‌باشد (جدول ۵-۱-۶-۳)

جدول ۳-۴- رابطه بین درجه کارستیفیکاسیون و آبدهی در سازندهای کارستی

درجه کارستیفیکاسیون	آبدهی			
	بسیار خوب	خوب	متوسط	ضعیف
بیش از ۳۰٪	×			
بین ۲۰٪ تا ۳۰٪		×		
بین ۱۰ تا ۲۰٪			×	
کم‌تر از ۱۰٪				×

۳-۲-۶-۴- نحوه استفاده از نتایج آزمایش‌های پمپاژ

چنانچه آبدهی مجاز حاصل از انجام آزمایش‌های پمپاژ بر روی چاه‌های اکتشافی به طور دقیق تعیین شده باشد، می‌توان به پتانسیل آبی سازندهای سخت پی برد و براین اساس محل‌های مناسب جهت بهره‌برداری را مشخص نمود. به‌طور کلی آزمایش‌های پمپاژ بر روی چاه‌های آب چنانچه نیاز به تعیین آبدهی مجاز، آبدهی ویژه ($\frac{\text{آبدهی}}{\text{افت}}$) و آبدهی بحرانی باشد با آزمایش‌های افت پله‌ای و برگشت پله‌ای به‌دست می‌آید. از آنجا که در این مرحله تعیین مشخصات هیدرولیکی مذکور مورد نظر است، اندازه‌گیری‌ها فقط در چاه مورد پمپاژ صورت می‌گیرد و اندازه‌گیری سطح آب در چاه‌های مجاور ضرورت ندارد.

چنانچه آزمایش پمپاژ با هدف تعیین مشخصات هیدرولیکی آبخوان یا لایه آبدار باشد می‌توان از آزمایش افت با دبی ثابت و آزمایش برگشت (جبران) استفاده نمود. در این حالت می‌توان به قابلیت انتقال و ضریب ذخیره آبخوان دسترسی پیدا نمود به شرطی که در مجاور چاه مورد آزمایش یک یا چند حلقه چاه مشاهده‌ای و یا منابع آب دیگر که تحت تاثیر آبکشی چاه قرار می‌گیرند وجود داشته باشد.

به طور کلی میزان آبدهی مجاز، آبدهی ویژه و بحرانی چاه‌های مورد آزمایش قرار گرفته و همچنین قابلیت انتقال و ضریب ذخیره لایه‌های آبدار (آبخوان‌ها) کارشناسان منابع آب را به سمت نقاط مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت هدایت می‌کند. بررسی‌های انجام شده بر روی سازندهای کارستی در سطح بین‌المللی نشان داده است که مناطقی که میزان قابلیت انتقال سازندهای کارستی آن بیش از ۳۰۰۰ مترمربع در روز می‌باشد، آبدهی چاه‌های حفر شده در آنها قابل توجه بوده و اکثرا بیش از ۳۰ لیتر در ثانیه آبدهی داشته‌اند، مناطقی که قابلیت انتقال سازندهای آن بین ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ مترمربع در روز بوده، از آبدهی نسبتا خوبی برخوردارند و بالاخره در مناطقی که قابلیت انتقال کم‌تر از ۵۰۰ مترمربع در روز گزارش شده، آبدهی چاه‌های حفر شده در آنها کم می‌باشد.

۳-۲-۶-۵- نحوه استفاده از مطالعات ایزوتوپی و ردیابی انجام شده

با استفاده از ردیاب‌های طبیعی (مصنوعی) مثل ایزوتوپ‌های محیطی پایدار و ناپایدار و ردیاب‌های مصنوعی مثل ردیاب‌های رنگی در مطالعات منابع آب زیرزمینی در محیط‌های کارستی و سازند سخت می‌توان به اهداف کیفی و کمی زیر دست یافت.

الف- اهداف عمده‌ی کیفی

- تعیین منشا آب زیرزمینی
- نحوه ارتباط هیدرولیکی آبخوان‌های کارستی و سازندهای سخت با یکدیگر
- نحوه ارتباط هیدرولیکی حوضه‌های آبریز
- تعیین گستره حوضه آبگیر چشمه‌ها
- تعیین مناطق تغذیه و تخلیه آبخوان
- تعیین جهت و مسیر آب زیرزمینی
- تعیین نوع جریان (افشان، مجرایی)
- تعیین عوامل تکتونیکی در هدایت جریان
- بررسی حد آب‌های شور و شیرین
- تعیین منشا آلاینده‌های آبخوان
- تعیین نحوه پراکندگی آلاینده‌ها
- تشخیص درجه کارستی شدن
- تعیین محل تراوش و نشت آب
- تشخیص وجود غار و فضاهای باز در مسیر جریان آب زیرزمینی
- تعیین سطوح اساس فرسایش محلی و منطقه‌ای

ب- اهداف کمی

- تعیین سن آب‌های زیرزمینی
- مقدار تغذیه و تخلیه و میزان اختلاف آبخوان
- تعیین ارتفاع منطقه تغذیه
- تعیین سرعت جریان آب زیرزمینی
- تعیین حجم دینامیک آبخوان
- تعیین ضریب پخشیدگی آلاینده‌ها
- تعیین متوسط زمان تاخیر

بنابراین چنانچه در منطقه مورد نظر مطالعات ردیابی و ایزوتوپی بر روی سازندهای کارستی و دیگر سازندهای سخت انجام و اهداف کمی و کیفی مذکور حاصل شده باشد می‌توان محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری را به سهولت تعیین نمود. جهت انجام مطالعات ردیابی و ایزوتوژی مطابق نشریه شماره ۱۳۸۲-۲۵۷- الف (دستورالعمل کاربرد روش‌های ردیابی در مطالعات کارست و سازندهای سخت) استاندارد مهندسی آب کشور عمل می‌شود.

مناطقی که با استفاده از مطالعات ایزوتوپی سن آب آنها بیش از ۵۰ سال محاسبه شده مناسب‌ترین نقاط جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری می‌باشند. این بدان معناست که آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه از زمان ماندگاری بیش‌تر برخوردار هستند و وجود فضاهای انحلال کافی شکل‌گیری مخازن آب زیرزمینی غنی را به همراه داشته است. چنانچه آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه جوان باشند نشان‌دهنده این موضوع است که یا منطقه مورد نظر دارای حوضه آبگیر کوچکی است و یا فاصله بین نقاط تغذیه و تخلیه به هم نزدیک است که در این صورت جهت انتخاب محل چاه باید با احتیاط عمل نمود و یا این‌که آب‌های نفوذ یافته به اعماق به سرعت از آبخوان تخلیه شده و دارای زمان ماندگاری کمی می‌باشند.

در هر دو حالت در این مناطق حفر چاه بهره‌برداری پیشنهاد نمی‌شود و در شرایط اضطراری باید با احتیاط عمل نمود (بسته به میزان آب مورد نیاز)

از انتخاب محل حفر چاه در مجاورت و نزدیکی مناطق تغذیه آبخوان‌های کارستی در صورت قرار گرفتن مناطق تغذیه در نقاط مرتفع بایستی پرهیز نمود و باید مناطق مجاور و یا نزدیک به محل‌های تخلیه را مشروط به مناسب بودن کیفیت آب جهت حفر چاه بهره‌برداری انتخاب نمود.

۳-۲-۷- نحوه استفاده از نتایج مطالعات هیدروشیمی آبخوان

ارزیابی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی و ارتباط آن با سازندهای سخت و یا سایر عوامل از طریق انجام مطالعات هیدروشیمیایی امکان‌پذیر است. با انجام این مطالعات علاوه بر تعیین کیفیت شیمیایی آب برای مصارف مختلف، برخی از ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی آبخوان نیز مشخص می‌شود. چنانچه نتایج آنالیز شیمیایی کامل آب زیرزمینی موجود در سازندهای کربناته (سنگ دولومیت و سنگ آهک) منطقه وجود داشته باشد، برای تعیین درجه خلوص سنگ‌های مذکور از نسبت معرف (نسبت مولی) $\left(\frac{mCa^{++}}{mMg^{++}}\right)$ استفاده می‌شود، براساس این لیست اگر:

$$۰/۱ \le \left(\frac{mCa^{++}}{mMg^{++}}\right) \le ۱ \Leftarrow$$ جنس مخزن، سنگ دولومیت است

$$۱ \le \left(\frac{mCa^{++}}{mMg^{++}}\right) \le ۱۰ \Leftarrow$$ جنس مخزن، سنگ آهک است

اگر نسبت مولی کلسیم به منیزیم حدود یک (۱) باشد، نشان دهندهٔ این است که سنگ مخزن، دولومیت است. نسبت‌های بین ۵ تا ۸ معرف سنگ مخزن از نوع سنگ آهک و نسبت‌های بزرگ‌تر از ۸ نشانه سنگ آهک خالص و یا وجود ناخالصی در سنگ مخزن بوده که اغلب این ناخالصی از سنگ گچ است. نسبت‌های مولی پایین‌تر از واحد، نشانه اشباع آب از بی کربنات کلسیم و ایجاد رسوب کربنات کلسیم (تراورتن) در سنگ مخزن دولومیتی است. رابطه بین نسبت معرف و جنس سنگ مخزن سنگ‌های کربناته در جدول (۳–۵) آورده شده است.

جدول ۳- ۵- رابطه بین نسبت مولی (معرف) و جنس سنگ مخزن

$\left(\frac{mCa^{++}}{mMg^{++}}\right)$	جنس سنگ مخزن	ملاحظات
کوچک‌تر از یک	سنگ دولومیت (دولستون)	به علت فوق اشباع بودن آب از بی‌کربنات کلسیم مقداری کربنات کلسیم رسوب کرده است
حدود یک	سنگ دولومیت (دولستون)	
۱ تا ۲/۵	سنگ دولومیت آهکی	
۲/۵ تا ۵	سنگ آهک دولومیتی	بر حسب میزان کلسیت
۵ تا ۸	سنگ آهک	
بیش از ۸	سنگ آهک خالص یا سنگ آهک گچ‌دار	

بنابراین با توجه به میزان نسبت معرف، درجه خلوص سنگ مخزن اعم از سنگ دولومیت و سنگ آهک مشخص شده و می‌توان محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های آب را تعیین نمود. به عنوان نمونه چنانچه نسبت مولی آب زیرزمینی موجود در سازندهای کربناته یک منطقه بیش از ۵ باشد می‌توان نتیجه گرفته که به علت درجه خلوص بالا، امکان پیشرفت و گسترش پدیده‌های کارستی در سنگ آهک زیاد بوده و بنابراین شکل‌گیری مخازن غنی آب زیرزمینی در این سنگ‌ها زیاد شده و محلی مناسب جهت حفر چاه می‌باشند.

و یا چنانچه نسبت مذکور حدود یک و یا کوچک‌تر از یک باشد سنگ مخزن از نوع دولستون (سنگ دولومیت) است و با توجه به این‌که دولستون نفوذپذیری بالایی دارد بنابراین محلی مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری می‌باشد.

با استفاده از ضریب تغییرات هدایت الکتریکی (CV_{EC}) و سختی دایم می‌توان به نوع تخلخل ثانویه (درز و شکافی) و تخلخل نوع سوم (حفره‌ای) و نوع جریان در سنگ‌های کربناته پی برد و براین اساس محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری را انتخاب نمود. در جداول (۳–۶) و (۳–۷) این روابط نشان داده شده است.

جدول ۳-۶- رابطه بین تخلخل و نوع جریان با ضریب تغییرات هدایت الکتریکی در سنگ‌های کربناته

CV_{EC}	نوع تخلخل	نوع جریان
کم‌تر از ۱۰	درز و شکافی	افشان
۱۰ تا ۲۰	درز و شکافی – حفره ای	افشان – مجرایی
۲۰ تا ۲۰۰	حفره‌ای – درز و شکافی	مجرایی- افشان
بیش از ۲۰۰	حفره ای	مجرایی

بنابراین بهترین نقاط جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری محل‌هایی است که ضریب تغییرات هدایت الکتریکی (CV_{EC}) آنها بیش از ۲۰۰ باشد. در این‌گونه سازندها پدیده‌های انحلالی (کارستی) به شدت گسترش یافته و امکان تشکیل مخازن غنی از آب زیرزمینی در شرایط مساعد بارش، فراهم گردیده است.

لازم به یادآوری که ضریب تغییرات از تقسیم انحراف معیار (S) به میانگین داده‌ها (M) در عدد ۱۰۰ به‌دست می‌آید $(CV = \frac{S}{M} \times 100)$.

جدول ۳-۷- رابطه بین ضریب تغییرات سختی دایم با نوع جریان در سنگ‌های کربناته

ضریب تغییرات سختی دایم	نوع جریان
کم‌تر از ۵	افشان
۵ تا ۱۰	افشان – مجرایی
۱۰ تا ۲۴	مجرایی- افشان
بیش از ۲۴	مجرایی

جدول فوق نشان می‌دهد که چنانچه ضریب تغییرات سختی دایم بیش از ۲۴ باشد پدیده‌های انحلالی در سنگ به شدت توسعه یافته و نوع جریان در سنگ مجرایی بوده و بنابراین نقاطی که آب زیرزمینی موجود در سازندهای کربناته آن دارای ضریب تغییرات سختی دایم بیش از ۲۴ باشد، می‌تواند محل‌های مناسب جهت حفر چاه‌های بهره‌برداری باشد.

از نسبت‌های معرف $\frac{rMg^{++}}{rCa^{++}}, \frac{rSO_4^{--}}{rHCO_3^{-}}, \frac{rMg^{++}}{rCl^{-}}$ برای تعیین فاصله نسبی نقاط نمونه‌برداری از محل تغذیه و انحلال سنگ‌های کارستی در مسیر جریان می‌توان استفاده نمود.

هر گاه در مسیر جریان سنگ گچ در آب حل شده باشد نسبت $\left(\frac{rSO_4^{--}}{rHCO_3^{-}}\right)$ افزایش یافته و همزمان با آن نسبت $\left(\frac{rMg^{++}}{rCa^{++}}\right)$ کاهش پیدا می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که آب‌های زیرزمینی دارای چنین مشخصاتی جهت شرب قابل استفاده نبوده و تعیین محل در مجاور این گونه نقاط جهت حفر چاه بهره‌برداری مناسب نمی‌باشد.

- در سنگ آهک نسبت $\left(\frac{rMg^{++}}{rCa^{++}}\right)$ تا فاصله‌ای از محل تغذیه ثابت بوده و سپس به تدریج افزایش می‌یابد در حالی که نسبت $\left(\frac{rSO_4^{--}}{rHCO_3^{-}}\right)$ از ابتدا روند افزایشی دارد. بنابراین هر چه نسبت $\left(\frac{rMg^{++}}{rCa^{++}}\right)$ کم‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که کیفیت آب بهتر بوده و نقطه مورد نظر به محل تغذیه نزدیک‌تر و مناسب‌تر جهت حفر چاه بهره‌برداری می‌باشد.
- در کلیه سنگ‌ها نسبت $\left(\frac{rMg^{++}}{rCl^{-}}\right)$ تا فاصله‌ای از محل تغذیه ثابت است و سپس روند کاهشی خواهد داشت. بنابراین چنانچه نسبت فوق کم باشد نشان‌دهنده دوری از محل تغذیه و کیفیت نامناسب آب جهت شرب می‌باشد و باید از تعیین محل چاه بهره‌برداری در مجاورت این گونه مناطق خودداری شود.

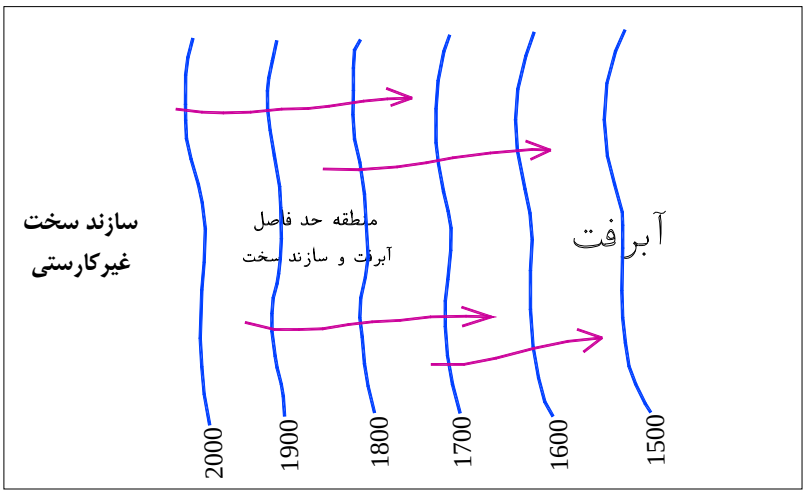
۳-۲-۸- نحوه ارتباط هیدرولیکی بین آبرفت و سازند سخت

ارتباط هیدرولیکی بین آبرفت و سازند سخت ممکن است به دو حالت مستقیم و یا غیرمستقیم باشد که کارشناس باید با توجه به نحوه ارتباط، محل یا محل‌های مناسب جهت حفر چاه را تعیین نماید.

۳-۲-۸-۱- ارتباط هیدرولیکی مستقیم

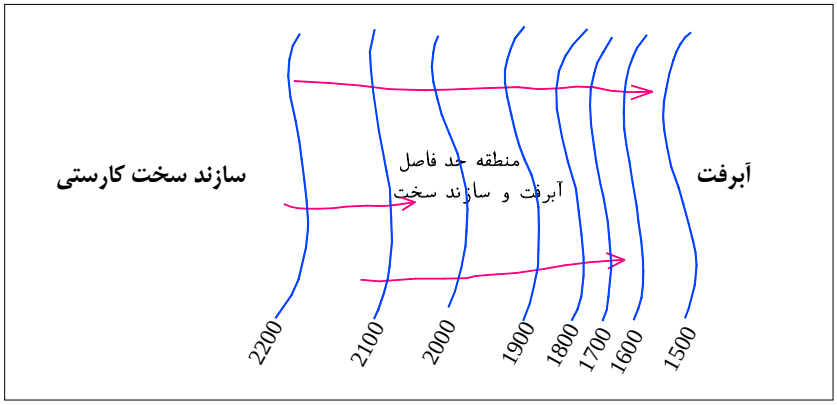
زمانی ارتباط هیدرولیکی مستقیم بین آبرفت و سازند سخت برقرار می‌شود که هیچ‌گونه مانع یا سازند غیرقابل نفوذ بین آبرفت و سازند سخت وجود نداشته باشد به عبارت دیگر در این حالت آب‌های نفوذ یافته به درون آبرفت و سازند سخت از بار هیدرولیکی بیش‌تر به سمت بار هیدرولیکی کم‌تر جریان می‌یابد. در این گونه موارد چنانچه اطلاعات کافی از آبخوان‌های آبرفتی و سازند سخت وجود داشته باشد و بتوان منحنی‌ها یا نقشه‌های تراز آب زیرزمینی را رسم نمود، می‌توان متوجه شد که در مناطق حد فاصل بین آبرفت و سازند سخت تغییر ناگهانی و فاحش در گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی مشاهده نمی‌شود به عبارت دیگر فاصله منحنی‌های تراز در این نواحی با تغییر زیاد همراه نمی‌باشد. این موضوع در شرایطی صادق است که میزان هدایت هیدرولیکی آبرفت و سازند سخت تفاوت چندانی نداشته باشد. به عبارت دیگر چنانچه سازند سخت مورد نظر دارای خصوصیت انحلال‌پذیری و یا به عبارت دیگر کارستی نباشد، سیستم جریان در آن از نوع افشان خواهد بود که در این حالت تفاوت فاحشی با جریان آب زیرزمینی در آبرفت نداشته و بنابراین به علت عدم اختلاف شدید بین هدایت هیدرولیکی آبرفت و سازند سخت، فاصله منحنی‌های تراز در این مناطق تغییر چندانی نمی‌کند. (شکل ۳-۹- الف).

اما چنانچه سازند سخت از نوع انحلال‌پذیر و کارستی باشد به علت وجود جریان کانالی در آن میزان هدایت هیدرولیکی آن بیش از میزان هدایت هیدرولیکی آبرفت بوده و بنابراین شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در حد فاصل آبرفت و سازند سخت به علت تغییر در میزان هدایت هیدرولیکی، زیاد شده و نهایتا منجر به کاهش فاصله منحنی‌های تراز آب زیرزمینی از سازند سخت به سمت آبرفت می‌شود. (شکل ۳-۹- ب)



شکل ۳-۹- الف- نقشه‌ی تراز آب زیرزمینی در حد فاصل آبرفت و سازند سخت غیرکارستی (ارتباط هیدرولیکی مستقیم)

در حالت ارتباط هیدرولیکی مستقیم همچنان‌که در شکل مشاهده می‌شود تغییر فاحشی در فاصله بین منحنی‌ها دیده نمی‌شود و یا به عبارت دیگر در این ناحیه شیب هیدرولیکی تغییر چندانی نمی‌کند.



شکل ۳-۹- ب- نقشه تراز آب زیرزمینی در حد فاصل آبرفت و سازند سخت کارستی (ارتباط هیدرولیکی مستقیم)

در حالت ارتباط هیدرولیکی مستقیم اختلاف قابلیت هدایت هیدرولیکی در آبرفت و سازند کارستی سبب کاهش فاصله منحنی‌ها در ابتدای ورود آب زیرزمینی به آبرفت شده که باعث افزایش گرادیان هیدرولیکی شده است.

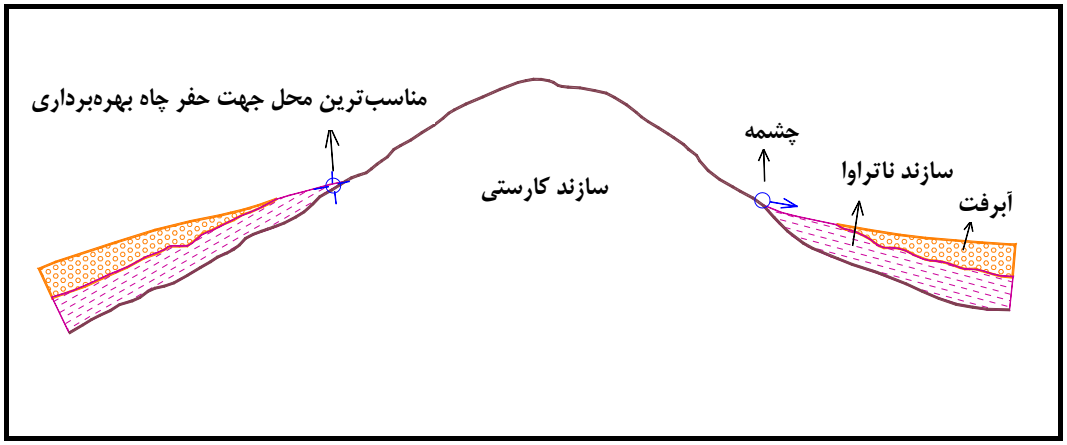
در دو حالت فوق تعیین محل چاه بهره‌برداری بایستی با احتیاط صورت گیرد چرا که ورود آب زیرزمینی از سازند سخت به آبرفت به‌صورت جریان‌های موازی صورت می‌پذیرد و امکان شکل‌گیری مخازن غنی آب زیرزمینی در سازند سخت کم‌تر می‌شود (به علت عدم وجود مانع در حد فاصل بین آبرفت و سازند سخت). لازم به ذکر است که امکان موفقیت در تعیین محل چاه بهره‌برداری در سازند سخت در حالت شکل (۳-۹- ب) به علت تغییر قابلیت هدایت هیدرولیکی آبرفت و سازند سخت نسبت به شکل (۳-۹- الف)، بیش‌تر است.

۳-۲-۸-۲- ارتباط هیدرولیکی غیرمستقیم

در مناطقی که یک سازند ناتراوا بین سازند سخت و آبرفت قرار گرفته باشد، وجود سازند ناتراوا باعث می‌شود که آب‌های نفوذی به سازند سخت (اعم از کارستی و غیرکارستی) پس از برخورد به سازند مانع (ناتراوا) در سازند سخت ذخیره شده و در شرایط مساعد بارش شکل‌گیری مخازن آب زیرزمینی را در پی داشته باشد. در چنین شرایطی پس از اشباع شدن سازند سخت تا حد تماس یا کنتاکت سازند ناتراوا، سرریز مخزن آب زیرزمینی به‌صورت چشمه در حد تماس دو سازند ظاهر شده و پس از جریان یافتن در سطح زمین، به مرور آبرفت‌های پایین دست را تغذیه می‌نماید. به عبارتی در حالت ارتباط هیدرولیکی مستقیم آب زیرزمینی به‌صورت جانبی و از زیرزمین آبرفت‌های مجاور را تغذیه می‌نماید درحالی‌که در ارتباط هیدرولیکی غیرمستقیم، آب زیرزمینی موجود پس از برخورد به سازند ناتراوا و به اشباع رساندن لایه‌های سازند سخت، به‌صورت جریان سطحی (چشمه) ظاهر می‌شود و پس از طی مسافتی آبرفت‌های مجاور را تغذیه می‌کند.

تعیین محل چاه بهره‌برداری در حالت ارتباط هیدرولیکی غیرمستقیم ضمن این‌که آسان‌تر است امکان برخورد به مخازن آب زیرزمینی بیش‌تر فراهم می‌باشد. و بنابراین در این شرایط بهترین نقاط جهت تعیین محل چاه بهره‌برداری را می توان به شرط رعایت

حریم منابع آب مجاور در حد تماس سازند سخت با سازند ناتراوا انتخاب نمود. (شکل ۳-۱۰). مناسب بودن محل انتخاب شده جهت حفر چاه مشروط به این است که سطح آب زیرزمینی در اعماق خیلی پایین نباشد.



شکل ۳-۱۰- ارتباط هیدرولیکی غیرمستقیم آبرفت و سازند سخت و مناسب‌ترین محل جهت حفر چاه بهره‌برداری

لازم به توضیح است که در سازندهای سخت کارستی به علت انحلال‌پذیری شرایط جهت حفر چاه بهره‌برداری نسبت به سازندهای سخت غیرکارستی، بیش‌تر فراهم می‌باشد.

البته موارد استثنایی در شرایط فوق نیز ممکن است اتفاق بیافتد به این صورت که امکان فرار آب از داخل سازند آبدار واقع در زیر سازند ناتراوا به نقاط پایین وجود دارد که می‌تواند محل فرار آب باشد، در این صورت شکل‌گیری مخزن آب زیرزمینی در سازند سخت کم‌تر اتفاق می‌افتد و چنانچه چاهی در روی سازند سخت در این‌گونه مناطق حفر شود، یا فاقد آبدهی است و یا از آبدهی ناچیزی برخوردار می‌باشد. این حالت در برخی از ناقدیس‌های منطقه زمین‌شناسی زاگرس به‌ویژه در غرب کشور مشاهده شده است. در این نواحی منحنی‌های تراز آب زیرزمینی رسم شده در آبرفت وقتی که به نزدیکی سازند سخت می‌رسند تغییر جهت داده و برآن عمود می‌شوند که حاکی از عدم تغذیه آبرفت توسط سازند سخت در آن ناحیه است. بنابراین از تعیین محل چاه در این گونه موارد باید خودداری نمود. عدم وجود چشمه در حد تماس سازند سخت و سازند ناتراوای بالایی در این قبیل مناطق می‌تواند راهنمای خوبی برای کارشناسان آب باشد که در تعیین محل چاه در مناطق دارای چنین شرایطی با احتیاط عمل نمایند، چرا که در این گونه مناطق جریان‌های آب زیرزمینی به دلیل عدم وجود مانع به سرعت از نقاط فرار آب در پایین دست خارج شده و عملا فرصت لازم جهت تشکیل مخزن آب زیرزمینی مطمئن ایجاد نشده است.

۳-۳- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های اکتشافی در سازندهای سخت

علاوه بر رعایت موارد مندرج در بند ۳-۲ (ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت) و زیر بندهای آن موارد زیر نیز باید در تعیین محل چاه‌های اکتشافی مدنظر قرار گیرد.

۳-۳-۱- نیازهای منطقه از نظر توسعه بهره‌برداری

به دلیل هزینه زیاد حفر چاه در سازندهای سخت و جلوگیری از هدر رفتن سرمایه ملی لازم است در تعیین محل چاه اکتشافی در سازندهای سخت نهایت دقت را نمود چه بسا این گونه چاه‌ها بعد از دست‌یابی به اهداف حفر آنها (تعیین مشخصات و ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان) به جهت تامین آب شرب شهرها و روستاها مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین قبل از تعیین محل این چاه‌ها بایستی نیازهای آبی مراکز جمعیتی مجاور این مناطق در آینده شناسایی شود و سپس با استفاده از اطلاعات موجود نسبت به تعیین محل این چاه‌ها اقدام نمود در تعیین محل چاه‌های اکتشافی در سازندهای سخت بایستی کلیه ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های بهره‌برداری در سازندهای سخت (بند ۳-۲) را به طور کامل رعایت نمود.

۳-۳-۲- ضرورت محاسبه ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان

چنانچه قبل از تعیین محل چاه اکتشافی در سازند سخت، اطلاعات آزمایش پمپاژ چاه یا چاه‌های اکتشافی در منطقه وجود داشته باشد با استفاده ازاین اطلاعات ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار شامل قابلیت انتقال و ضریب ذخیره (در صورت وجود چاه مشاهده‌ای) از طریق روش‌های مختلف تجزیه و تحلیل آزمایش‌های پمپاژ قابل محاسبه خواهد بود. جهت تجزیه و تحلیل آزمایش‌های پمپاژ به دستورالعمل‌های شماره ۱۷۹- الف و ۲۰۱- الف (به ترتیب دستورالعمل آزمایش‌های پمپاژ و انجام عملیات پمپاژ و برداشت مجاز از مخزنهای آب در سازندهای سخت) طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور مراجعه شود.

۳-۴- ضوابط و شرایط تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری در سازندهای سخت

با توجه به شرایط خاص حاکم بر سازندهای سخت امکان تشکیل ایجاد شبکه چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری به نحوی که در آبخوان‌های آبرفتی معمول است در این‌گونه سازندها وجود ندارد و با توجه به ناهمگنی و ناهمسانی موجود در این سازندها، نمی‌توان به سادگی سطوح آب زیرزمینی موجود در چاه‌های مشاهده‌ای حفر شده در این سازندها را به یکدیگر مرتبط دانست. البته در سازندهای سخت غیر انحلالی که سیستم درزه و شکاف موجود در آنها از نوع افشان می‌باشد در صورت عملکرد یکسان تکتونیک در نواحی مختلف سازند، می‌توان تا حدودی شرایط موجود در آبخوان‌های آبرفتی را به آنها تعمیم داد. بنابراین می‌توان از موارد مندرج در بند ۳-۲ و زیربندهای آن در تعیین محل چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری در سازندهای سخت استفاده نمود.

فصل ۴

ضوابط و شرایط نظارت بر حفاری چاه در آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری

۴-۱- کلیات

به منظور افزایش عمر مفید چاه‌های آب و از طرفی مبالغ هنگفتی که در زمینه حفر و تجهیز این چاه‌ها توسط بخش خصوصی و دولتی هزینه می‌گردد، لازم است در زمان حفر و تجهیز چاه‌های آب، نظارت کافی به منظور رعایت نکات فنی، در نظر گرفته شود. هر چند که نظارت کلی بر حفر و تجهیز چاه‌های آب توسط شرکت‌های آب منطقه‌ای انجام می‌شود اما با در نظر گرفتن سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی به منظور کاهش حجم دولت و از طرفی اعمال نظارت کافی برحفر و تجهیز چاه‌های آب، ضروری است این موضوع به بخش خصوصی واگذار گردد تا ضمن جلوگیری از هدر رفت هزینه‌ها در بخش دولتی و خصوصی، شاهد افزایش عمر مفید چاه‌های آب باشیم.

در ادامه به مراحل مختلف نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبخوان‌های آبرفتی و سازند سخت اشاره می‌شود.

۴-۲- ارائه مختصات U.T.M نقطه‌ای محل پیشنهادی حفر چاه به مهندس ناظر

پس از تعیین محل چاه توسط کارشناس یا گروه کارشناسی وزارت نیرو که به صورت مختصات U.T.M نقطه‌ای شامل (X: Y:) ارائه می‌شود، همراه با گزارش کارشناس و کروکی محل حفر در کمیسیون رسیدگی به صدور پروانه‌های شرکت آب منطقه‌ای مطرح و در صورت تایید کمیسیون مذکور پروانه حفر صادر می‌شود و به صاحب چاه جهت عقد قرارداد با مهندس ناظر و شرکت حفاری واجد صلاحیت تحویل می‌شود. حفار و مهندس ناظر موظف به رعایت دقیق محل حفر چاه در نقطه‌ای که توسط شرکت آب منطقه‌ای ارائه شده، می‌باشند.

۴-۳- انتخاب روش حفاری مناسب

آگاهی کافی از ساختمان زمین‌شناسی محل حفر چاه عامل اصلی در انتخاب روش حفاری مناسب می‌باشد. برای شناخت ساختمان زمین‌شناسی محل حفر چاه می‌توان از ستون زمین‌شناسی چاه‌های حفر شده در نزدیک‌ترین نقاط محل حفر چاه استفاده نمود. در صورت عدم وجود این اطلاعات می‌توان از نتایج عملیات ژئوفیزیک انجام شده و یا از نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شده و در غیر این صورت باید از تجارب کارشناسی کمک و یاری گرفت. شناخت زمین‌شناسی محل حفر چاه ما را در انتخاب بهترین روش حفر از نظر کارآیی و سهولت امر و عدم برخورد به مشکلات جدی حفاری کمک می‌کند.

از دیدگاه حفاری سازندهای زمین‌شناسی به سه دسته تقسیم می‌شوند و براساس این تقسیم‌بندی روش حفاری مناسب تعیین می‌شود.

- نهشته‌های آبرفتی[1]

این نهشته‌ها عمدتا شامل شن، ماسه، رس، قلوه‌سنگ و حتی قطعاتی از سنگ‌های بزرگ یا بولدر[2] می‌باشند. این نهشته‌ها که نمونه‌های مشخص آن در دشت‌های آبرفتی دیده می‌شوند از نواحی ورودی (مخروط افکنه) تا مناطق خروجی دشت تغییراتی در

1- Alluvial Deposit
2- Boulder

ترکیب و اندازه دانه‌بندی آنها دیده می‌شود. به‌طوری‌که در نواحی ورودی دشت عمده‌ی این نهشته‌ها را مواد درشت دانـه مثـل شـن، قلوه سنگ و ماسه تشکیل می‌دهد که به تدریج به سمت خروجی دشت از درصد مواد درشت دانه کاسته شده و درعـوض بـر میـزان مواد ریزدانه مثل ماسه، سیلت و رس افزوده می‌شود.

- نهشته‌های بادی[1] یا تشکیلات ماسه‌ای[2]

نهشته‌های بادی یا اصطلاحا بادرفت‌ها عمدتا از مواد ریزدانه مثل ماسه و سیلت تشکیل شده‌اند. نمونه بارز و مشخص ایـن گونـه نهشته‌ها را درمناطق بادخیز، حاشیه دریاها و مناطقی که دارای شرایط کویری باشند، می‌توان مشاهده نمود. این نهشته‌ها می‌توانند در اثر وجود عامل فرسایش و جابه‌جایی مواد به‌وجود آمده در اثر فرسایش باشند. این نوع نهشـته‌هـا تقریبـا از ذرات یکنواخـت ماسـه و سیلت ساخته شده‌اند. در نواحی ساحلی دریاها ساختمان طبقات در اعماق مختلف ممکن است شامل طبقات لجنی متشکل از تغییرات حاصل از مواد لجنی همراه با ماسه بادی باشد. آنچه که در این گونه نهشته‌ها حایز اهمیت می‌باشد این است، که این نهشته‌ها ممکن است در اثر عامل فشار حالت سیال و روان پیدا کرده و تحت نیروی جریان آب در اثر عمل حفـاری بـالا بیایـد. مشخصـه بـارز ایـن نهشته‌ها دانه‌ریز و تقریبا یکنواخت بودن اندازه ذرات آنهاست.

- سازندهای سخت[3] (تشکیلات سنگی)

در علم زمین‌شناسی کلیه سازندهایی را که تحت تاثیر فعالیت‌های کوهزایی قرار گرفته باشند و چین‌خوردگی در آنها ایجـاد شـده باشد را سازند سخت می‌گویند. این موضوع در علم حفاری نیز تقریبا به همین صورت تعریف می‌شود اما در مواردی مثل وجود مـارن در بین طبقات و یا کنگلومرای با سیمان ضعیف که حفاری در آنها به راحتی انجام مـی‌شـود تـا حـدودی تفـاوت دارد. از مهـم‌تـرین سازندهای سخت می‌توان به کلیه سنگ‌های رسوبی مثل سنگ آهک، دولومیت، ماسـه سـنگ، سـنگ مـارن، کنگلـومرا و ...، کلیـه سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی مثل گرانیت، دیوریت، آندزیت، توف، بازالت و ... و کلیه سنگ‌های دگرگـونی مثـل مرمـر، گنـیس، شیست و ... اشاره نمود.

۴-۳-۱- انتخاب روش حفاری در نهشته‌های آبرفتی

مناسب‌ترین روش برای حفر چاه‌های آب در نهشته‌های آبرفتی که ریزشی نباشند، روش حفاری ضربه‌ای است. در نهشته‌های آبرفتی با ضخامت کم‌تر از ۲۰۰ متر دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای سبک و متوسط و بیش از ۲۰۰ متر ضربه‌ای سنگین مناسب‌تر است.

به طور کلی استفاده از روش حفاری ضربه‌ای در این نوع نهشته‌ها بنا به دلایل زیر مناسب‌تر است.

- امکان بررسی‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی در حین حفاری وجود دارد.
- هزینه‌ی آن نسبت به سایر روش‌های حفاری کم‌تر است.
- حمل و استقرار دستگاه حفاری ضربه‌ای نسبت به سایر دستگاه‌های حفاری راحت‌تر است.
- دسترسی به دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای در اکثر مناطق به راحتی امکان‌پذیر است.

1- Wind Deposit
2- Sand Formation
3- Hard Formation

- برداشت نمونه‌های آب و تغییرات بعدی آن در حین حفاری قابل اندازه‌گیری است.
- تغییرات کیفی آب با پیشرفت عملیات حفاری قابل اندازه‌گیری و کنترل است.
- آزمایش آبدهی چاه در هنگام حفاری (در مرحله گمانه زنی و قبل از نصب لوله جدار) امکان‌پذیر است.

چنانچه نهشته‌های آبرفتی عمدتا دانه‌ریز بوده و حالت ریزشی داشته باشند، در حفر چاه‌های آب در این گونه آبرفت‌ها، روش حفاری دورانی با گردش گل توصیه می‌شود.

۴-۳-۲- انتخاب روش حفاری در نهشته‌های بادی یا تشکیلات ماسه‌ای

این نوع نهشته‌ها دانه‌ریز بوده و امکان ریزش دیواره چاه در حین حفاری در آنها زیاد است.

وجود آبخوان‌های تحت فشار در این گونه نهشته‌ها دور از انتظار نیست. در صورت عدم رعایت مسایل فنی در حین حفر امکان ماسه دهی این چاه‌ها در زمان بهره‌برداری زیاد است. با توجه به موارد مذکور جهت حفر چاه‌های آب در این نوع نهشته‌ها روش حفاری دورانی با گردش گل توصیه می‌شود.

مزایای استفاده از این روش در این نوع نهشته‌ها عبارتند از:

- سرعت پیشرفت حفاری زیاد است.
- محدودیت نسبی عمق و قطر نسبت به سایر روش‌های حفاری کم‌تر است.
- گل حفاری با ایجاد کیک گل از ریزش جلوگیری می‌کند.
- ستون گل، فشار آبخوان‌های تحت فشار را خنثی نموده و مانع جریان آب در هنگام حفاری به داخل چاه می‌شود.
- امکان تفکیک آبخوان‌ها در اعماق مختلف وجود دارد.
- امکان مسدود نمودن آبخوان‌های با کیفیت نامناسب وجود دارد.
- با بررسی نمونه‌های خاک و کسب نتایج حاصل از چاه‌پیمایی در مرحله گمانه شناسایی درصورتی‌که چاه، آبدهی قابل توجهی نداشته باشد از صرف هزینه بیش‌تر جلوگیری خواهد شد.
- برنامه لوله‌گذاری چاه براساس نتایج حاصل از چاه‌پیمایی و بررسی نمونه‌های خاک از قبل قابل پیش‌بینی است.
- امکان شن‌ریزی اطراف لوله جدار برای ایجاد صافی شنی[1] به راحتی مقدور است.
- در مواردی‌که ضخامت رسوبات آبرفتی زیاد باشد و حفر گمانه با قطر کم و عمق زیاد مورد نیاز باشد، روش حفاری با گردش گل مستقیم مناسب‌تر خواهد بود، ولی در آبرفت‌های کم ضخامت و یا بسیار ریزدانه و دارای قابلیت نفوذ کم درصورتی‌که حفر چاه‌هایی با قطر زیاد مورد نظر باشد بهتر است از حفاری دورانی با گردش گل معکوس استفاده نمود. با این روش حفر چاه‌هایی با قطر ۵۰ اینچ امکان‌پذیر خواهد بود.

لازم به ذکر است که در مناطق کوهستانی و در داخل دره‌ها و یا بستر مسیل‌های فصلی که رسوبات آنها دانه درشت و معمولا ضخامت محدودی دارند، مناسب‌ترین روش برای حفر چاه‌های آب روش حفاری به‌وسیله مقنی یا روش دستی می‌باشد که با حفر چاه‌های دستی و کوره‌های جانبی (گالری) می‌توان آب مورد نیاز در حد قدرت آبدهی آبخوان را تامین نمود. بدیهی است هر قدر طول

1- Gravel Packing

گالری‌ها بیش‌تر باشد به همان نسبت در افزایش آبدهی چاه موثر خواهد بود. عموما راستای کوره‌ها در جهت عمود بر خطوط جریان آب زیرزمینی حفر می‌شود. استفاده از ابزارهای جدید در این روش در افزایش سرعت حفاری بسیار موثر است.

در مجاورت رودخانه‌های دایمی که بستر شنی و یا قلوه‌سنگی دارند و ضمنا قابلیت نفوذ و ضخامت لایه اشباع نسبتا زیاد است برای حفر چاه‌های بهره‌برداری با آبدهی زیاد (بیش از ۲۰۰ لیتر در ثانیه) حفاری چاه‌های دهانه گشاد مخزنی با گالری‌های شعاعی (فلمن) مناسب خواهد بود. ولی چون این روش حفاری معمولا هزینه زیادی در بر دارد، لازم است پس از انجام مطالعات دقیق هیدروژئولوژی و همه جانبه به‌کار گرفته شود.

۴-۳-۳- انتخاب روش حفاری در سازندهای سخت

مناسب‌ترین روش در حفر چاه‌های آب در سازندهای سخت استفاده از دستگاه‌های دورانی با مته چکشی و گردش هوای فشرده و فوم می‌باشد. در این روش علاوه بر سرعت زیاد حفاری در مرحله گمانه پس از برخورد به سطح آب به کمک هوای فشرده در حین حفاری از آبخوان آبکشی به عمل می‌آید و در این صورت دست‌یابی به وضعیت کمی و کیفی آب آبخوان امکان‌پذیر می‌شود. برای حفر چاه‌های بهره‌برداری در سازند سخت در صورت در دسترس نبودن دستگاه دورانی با مته چکشی (D.T.H) از دستگاه حفاری ضربه‌ای سنگین استفاده می‌شود.

در حفاری سازندهای سخت به‌ویژه در سنگ‌های کربناته استفاده از روش دورانی با گردش گل مجاز نمی‌باشد، زیرا گل حفاری موجب انسداد شکاف‌ها و مجاری ورود آب به چاه می‌شود و ممکن است سازندهایی را که به‌طور قطع دارای پتانسیل هستند، فاقد آب نشان داده و یا این‌که آبدهی چاه را از مقدار واقعی کم‌تر نشان دهند. در مواردی که به‌طور اجبار از دستگاه‌های دورانی با گردش گل استفاده می‌شود، بهتر است به جای گل از آب و یا آب و کف با استفاده از پمپ پیستونی و یا کمپرسورهای قوی برای خارج نمودن مواد کنده شده از چاه استفاده نمود.

در مواردی که حفر گمانه اکتشافی به‌ویژه در اعماق زیاد و دست‌یابی به نمونه‌های دست نخورده در سازندهای سخت مورد نظر باشد به‌کارگیری حفاری دورانی با روش مغزه‌گیری[1] پیشنهاد می‌شود. در این روش با در اختیار داشتن تمام ستون سازند سخت به‌صورت مغزه می‌توان به لیتولوژی، سن، نفوذپذیری و سایر مشخصات سنگ پی برد، به‌علاوه عمق سطح برخورد به آب و تغییرات بعدی آن قابل کنترل بوده و تغییرات کیفی آبخوان نیز قابل بررسی است و با انجام چاه‌پیمایی عمق شکستگی‌ها، درزه و شکاف‌ها و مجاری کارستی و انحلالی و تا حدودی پتانسیل آبی آبخوان مشخص می‌شود. درصورتی‌که پتانسیل آبی آبخوان در محل این گمانه قابل توجه باشد می‌توان با برقو زدن، از آن به عنوان چاه بهره‌برداری استفاده نمود و در غیر این‌صورت می‌توان از آن به عنوان یک چاه مشاهده‌ای جهت ثبت تغییرات سطح آب زیرزمینی استفاده کرد.

در جدول (۴-۱) روش‌های حفاری چاه‌های آب، محاسن و معایب هر یک از آنها با توجه به شرایط چاه و نوع سازند مقایسه شده است.

1- Core Drilling

جدول ۴-۱- مقایسه روش‌های حفاری چاه‌های آب، محاسن و معایب هر یک از آنها با توجه به شرایط چاه و نوع سازند

نوع سازند	روش حفاری									
	ضربه‌ای			دورانی با گردش گل مستقیم			دورانی با گردش گل معکوس		دورانی با مته چکشی و گردش فوم	مغزه‌گیری
	سبک	متوسط	سنگین	کوچک	متوسط	سنگین	با پمپ مکنده	با هوای فشرده		
رسوبات آبرفتی بدون ریزش	برای عمق و قطر کم بسیار مناسب	برای عمق و قطر متوسط بسیار مناسب	برای عمق و قطر نسبتا زیاد بسیار مناسب	برای عمق و قطر کم مناسب	برای عمق و قطر متوسط مناسب	برای عمق و قطر زیاد مناسب	برای قطر زیاد و عمق کم خوب	برای قطر و عمق متوسط خوب	مناسب نیست	معمول نیست
رسوبات آبرفتی دانه‌ریز (ماسه و سیلت) ریزشی و نهشته‌های بادی	به شرط ریزش کم استفاده می‌شود	به شرط ریزش کم استفاده می‌شود	به شرط ریزش کم استفاده می‌شود	برای عمق و قطرکم بسیار مناسب	برای عمق و قطر متوسط بسیار مناسب	برای عمق و قطر زیاد بسیار مناسب	معمول نیست	معمول نیست	معمول نیست	معمول نیست
سازندهای سخت	نامناسب	نامناسب	خوب	توصیه نمی‌شود	توصیه نمی‌شود	توصیه نمی‌شود	نامناسب	نامناسب	بسیار مناسب	مناسب

۴-۴- انتخاب سرمته مناسب و تعیین قطر حفاری

در این بند لازم است، ابتدا به انواع سرمته‌ها در دستگاه‌های مختلف حفاری و کاربرد آنها در سازندهای مختلف زمین‌شناسی اشاره شود.

۴-۴-۱- انواع سرمته‌های دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای و کاربرد آنها

مته[1] در دستگاه حفاری ضربه‌ای در انتهای ابزار خرد کننده[2] قرار داشته و ضربه‌ها از طریق آن به زمین وارد می‌شود مته‌های دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای به اشکال مختلف (تیغه‌ای، چهارپر و گوشه‌دار) ساخته می‌شود. در نوع متداول و معمولی آن تیغه مته به صورت یک خط باریک و نوک تیز است که با حرکت در جهات مختلف و چرخش به دور خود عمل حفر چاه به صورت مدور را انجام می‌دهد. طول و وزن مته‌ها بر حسب قدرت دستگاه حفاری متفاوت است به‌طوری که مته‌های با قطر کم (۶ و ۸ اینچ) حدود ۲۵۰ کیلوگرم و مته‌های با قطر زیاد (۱۶ یا ۱۸ اینچ) حدود ۸۰۰ کیلوگرم وزن دارند و طول آنها به تناسب از ۳ فوت تا ۱۰ فوت متغیر است.

این مته‌ها برای حفاری در رسوبات آبرفتی فاقد ریزش به کار برده می‌شوند. رسوبات مذکور مخلوطی از شن، گراول، قلوه سنگ، تخته سنگ و کمی ماسه و رس را شامل می‌شوند. البته در دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای سنگین از سرمته‌های مذکور در حفر سازندهای سخت نیز استفاده می‌شود.

۴-۴-۲- انواع سرمته‌های دستگاه‌های حفاری دورانی[3] و ضربه‌ای-دورانی و کاربرد آنها

در حفاری دورانی دو نوع سرمته به کار می‌رود.

- سرمته نوع سنگی[4] که معمولا به آنها سرمته‌های نوع چرخشی[5] نیز می‌گویند.

1- Bit
2- String
3- Rotary
4- Rock bit
5- Roller Type bit

- سرمته نوع قلابی[1] که ممکن است طرح آنها دم ماهی[2] و یا سه جهتی[3] باشد به این نوع مته‌ها سایشی نیز می‌گویند. سرمته‌های نوع قلابی دارای تیغه‌های کوتاه با لبه‌های برنده بوده و ممکن است تمام تیغه‌ها یا سطوح آنها از فلز بسیار سختی ساخته شود. سوراخ‌های کوچکی در مجاورت این تیغه‌ها تعبیه شده که جریان گل حفاری با فشار از درون این سوراخ‌ها خارج شده و می‌تواند این تیغه‌ها را تمیز و سرد نگهدارد. این نوع سرمته‌ها در رس و ماسه و به‌طورکلی در سازندهای نرم و غیر متراکم و یکنواخت با ضخامت قابل توجه سریع حفاری نموده، ولی در گراول درشت و یادر سنگ‌های یکپارچه و سخت می‌تواند عمل حفاری را انجام دهد. این نوع مته‌ها احتیاج به گشتاور بالایی دارند و امکان کج شدن چاه نیز وجود دارد.

سرمته‌های چرخشی عمل خرد کردن و رنده نمودن سازند را برعهده داشته و به همین لحاظ می‌توان به‌طور موثری از آن در حفاری سازندهای سخت استفاده نمود. غلطک‌ها یا وسیله‌های برنده در این سرمته‌ها به‌صورت دانداندانه‌های بسیار سخت و در اندازه و اشکال مختلفی ساخته شده که روی آن تعبیه و نصب شده‌اند که به آنها مته‌های نگینی نیز می‌گویند.

جریان گل حفاری مستقیما و با فشار از داخل لوله حفاری و از داخل مته به هر غلطک رسیده و سطح مورد حفاری را تمیز می‌نماید. سرمته‌های نوع مخروطی[4] دارای غلطک‌های مخروطی شکل بوده که بر روی لبه و یاتاقان‌هایی در زوایای به خصوصی نسبت به محور اصلی سرمته قرار گرفته‌اند. این نوع سرمته دارای سه غلطک است. طرح دیگری از این نوع سرمته وجود دارد که دارای چهار غلطک یا اسباب خرده کننده سنگ‌هاست. دو عدد از این غلطک‌ها نسبت به محور مته دارای زاویه به خصوصی بوده و دو عدد دیگر از آن نسبت به محور مته دارای زاویه قائم می‌باشند.

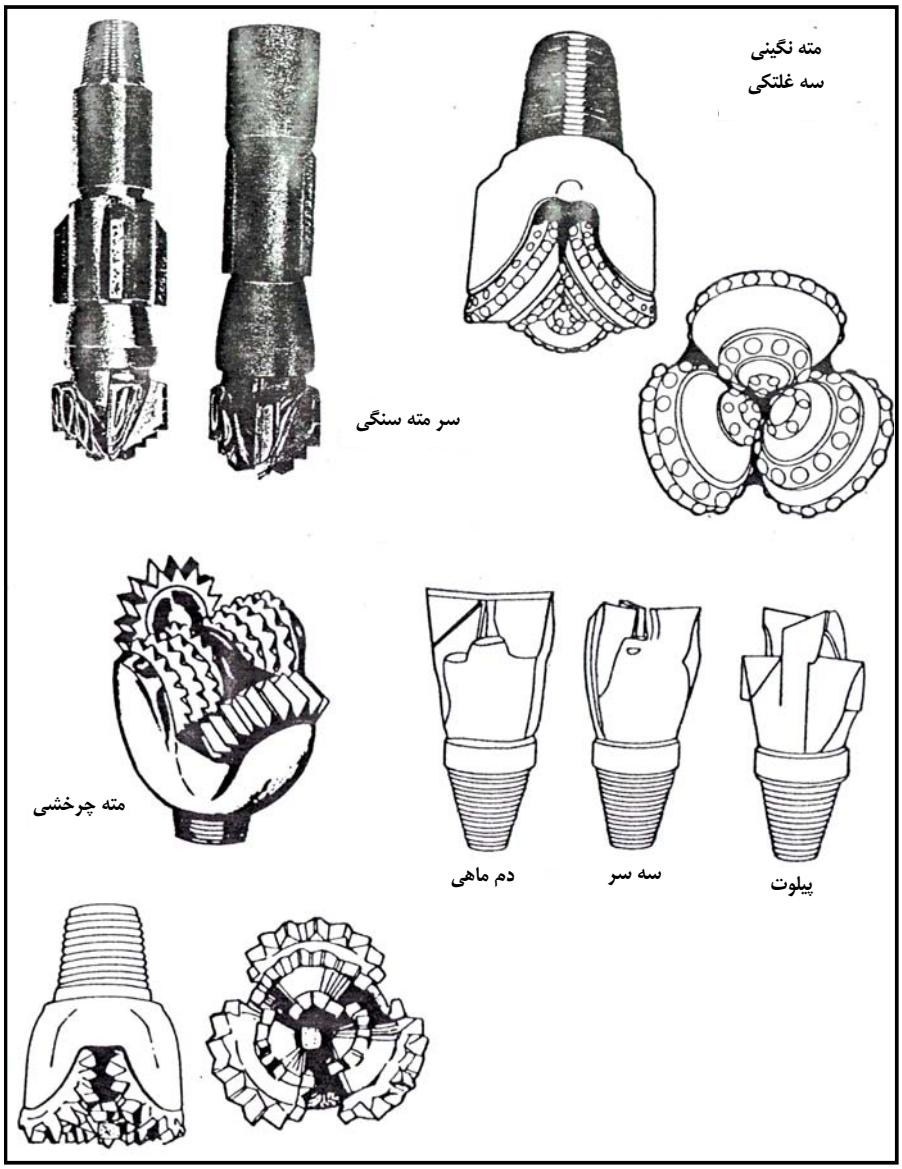
حفاری‌های انجام شده ثابت نموده که مته‌های مخروطی نوع سه غلطکی[5] از انواع دیگر بهتر کار می‌کند. انتخاب تعداد و طول دندانه‌های روی غلطکت بستگی زیادی به نوع سازند مورد حفاری دارد. (شکل ۴-۱)

برای افزایش سرعت حفاری در سازندهای نرم، طراح این نوع سرمته‌ها، مراکز محور مخروط‌ها را به هم نزدیک می‌کند تا نیروی بیش‌تری در یک نقطه اعمال شود (این محورها نمی‌توانند یکدیگر را در یک نقطه قطع کنند).

عمل حفر چاه در نتیجه جمع شدن نیروها و چرخش تیغه‌ها روی محورها به‌وجود می‌آید. موقعیت مخروط‌ها نسبت به یکدیگر و خارج از مرکز بودن آنها باعث تشکیل زاویه‌ای می‌شود و با حرکت یاتاقان‌های استوانه‌ای، مخروط‌ها به آرامی به سمت مرکز سرمته می‌چرخند. این روش حفر دارای سرعت خوبی در سازندهای نرم و متوسط است. اندازه دندانه‌ها الزاما نباید مساوی باشند و درصورتی‌که بخواهیم عمل کندن سازند افزایش یابد تعداد دندانه‌ها نیز باید زیاد شود. مته‌های مخصوص سازندهای سخت کاملا غلطکی هستند و نفوذ در نتیجه فشرده شدن دندانه بر روی سنگ و ایجاد فشار طولی بر روی آن به‌وجود می‌آید.

مته‌های مخروطی عموما به دو نوع مته‌های دندانه فولادی و مته‌های دکمه‌ای طبقه‌بندی می‌شوند.

1- Drag Type
2- Fish Tail
3- Three Way
4- Cone Type
5- Three Cone



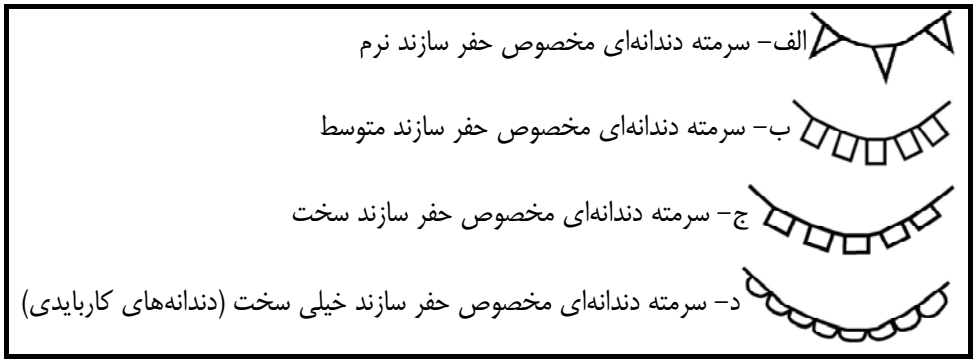
شکل ۴-۱- انواع مختلف سرمته‌ها

- مته‌های دندانه فولادی[1]

مته‌های مخروطی اولیه با دو مخروط ساخته می‌شدند که با دوران مته این مخروط‌ها مثل چرخ به دور محور خود می‌چرخیدند بر خلاف مته‌های مدرن امروزی، محور مخروطهای این مته با هم در یک صفحه قرار داشتند. این نحوه طراحی هنوز در بیش‌تر مته‌های سازند سخت به کار می‌رود. زیرا در سازندهای سخت مته برای حفر چاه به طور ساده عمل خراشیدن کف چاه و تا حدودی عمل خرد و ریز کردن را انجام می‌دهد.

1- Milled Teeth Bit

عموما برای حفر چاه در سازندهای نرم از مته‌های دندانه فولادی استفاده می‌شودکه در آن دندانه‌ها بلند، تیز و دور از هم قرار گرفته باشند و برای حفر چاه در سازندهای سخت دندانه‌های این نوع مته‌ها بایستی نزدیک به هم، کوتاه و قوی باشند. در شکل (۴-۲) انواع مته‌های دندانه‌ای مخصوص حفر سازندهای مختلف دیده می‌شود.



شکل ۴-۲- انواع دندانه در مته‌های دندانه‌ای در حفر سازندهای مختلف زمین‌شناسی

الف - سرمته‌های دندانه‌ای مخصوص حفر سازند نرم

شناسایی این مته‌ها از روی بزرگی و فاصله بین دندانه‌های آنهاست دندانه‌های این مته در سازندهای نرم به راحتی فرو می‌رود وهر چه داندانه‌ها بزرگ‌تر و کشیده‌تر باشند، بیش‌تر نفوذ می‌کنند. به علاوه دندانه‌ها باریک ساخته شده‌اند تا بیش‌ترین نفوذ را داشته باشند. این دندانه‌ها قبل از این‌که کاملا خراب شوند و یا بیفتند قابلیت تعمیر دارند. برای حفاری در سازندهای نرم باید فاصله دندانه‌ها زیاد باشد تا از گلوله شدن سازند حفر شده و چسبیدن به دندانه‌ها جلوگیری نماید در غیر این صورت مایع حفاری قادر به شستشو و تمیز کردن مته نیست.

ب- سرمته‌های دندانه‌ای مخصوص حفر سازند متوسط

نسبت به سرمته‌های نوع «الف» دارای دندانه‌های کوتاه‌تر و پهن‌تری می‌باشند. میزان نفوذ آنها در سازند قابل توجه است ولی سختی سازند برای نفوذ زیاد، ایجاد محدودیت می‌کند بنابراین لازم نیست، طول دندانه‌ها زیاد باشد و بهتر است دندانه‌ها کوتاه و پایدارتر باشند تا بتوانند نیروی بیش‌تری را به دندانه برای عمل حفر سازند اعمال نمایند. فاصله بین دندانه‌ها به اندازه مته سازند نرم نیست ولی هنوز در حدی است که مایع حفاری به‌راحتی مته را تمیز می‌نماید.

ج- سرمته دندانه‌ای مخصوص حفر سازند سخت

با توجه به دلایل مذکور این سرمته‌ها بایستی دارای دندانه‌های کوتاه‌تر و پهن‌تر از مته‌های سازند متوسط باشند. میزان نفوذ این سرمته‌ها در سازند سخت در حقیقت کم است و حفاری بیش‌تر براثر شکستن سنگ و برش آن است.

د- سرمته دندانه‌ای مخصوص حفر سازند خیلی سخت (دندانه‌های کاربیدی[1])

فواید عمده این نوع سرمته‌ها این است که به خاطر پوشش کاربیدی که روی آنهاست درحفر سازندهای بسیار سخت با ترکیب متفاوت، احتیاج به تعویض ندارند.

1- Carbids Bits

اگرچه در حال حاضر مته‌های دکمه‌ای سریعا جایگزین مته‌های دندانه فولادی می‌شوند، اما مته‌های دارای دندانه‌های خود تیز شونده[1] نیز وجود دارد، که یک طرف هر یک از دندانه‌های این مته دارای رویه سخت[2] و طرف دیگر آن رویه نرم[3] دارد. بنابراین وقتی طرف نرم سائیده شد و از بین رفت طرف سخت همیشه لبه را تیز نگه می‌دارد.

- مته‌های دکمه‌ای

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیار در زمینه ساخت مته‌های دکمه‌ای با یاتاقان درزه گرفته (گریسی) حاصل شده است. در گذشته این مته فقط دارای دکمه‌های کوچک تنگستن کارباید بود که با سرعت کم حفاری می‌کرد. مته‌های دکمه‌ای مدرن امروزی دارای سرعت دوران بیش از ۱۸۰۰ دور در دقیقه می‌باشند که در مقایسه با سرعت ۴۵ دور در دقیقه مته‌های قدیمی بسیار زیاد است. بر روی مته‌های دکمه‌ای پرسرعت امروزی می‌توان وزن خیلی زیادی اعمال کرد که در مقایسه، اگر چنین وزنی روی مته‌های دکمه‌ای قدیمی قرار می‌گرفت از عمر مفیدشان به شدت کاسته می‌شد.

از مزایای مهم مته‌های دکمه‌ای دوام بسیار زیاد، نفوذ کامل دکمه در کف چاه و قابلیت حفاری آن در چندین سازند با جنس مختلف می‌باشد. و از معایب آن می‌توان به فرسایش پوسته مخروط مته در اطراف ریشه دکمه‌ها[4] که منجر به افتادن آنها می‌شود و امکان تماس پوسته مخروط به کف چاه که در اثر نفوذ کامل دکمه‌ها به‌وجود می‌آید اشاره نمود. تماس پوسته مخروط با کف چاه باعث می‌شود که ضربات شوکی[5] رشته ابزار حفاری مستقیما به یاتاقان‌های مته منتقل شود و باعث آسیب دیدن آنها شود.

- سرچکش

سرچکش‌ها دارای ساختمانی یک تکه‌اند و با یک محور هزار خاری دوران می‌کنند. از سال ۱۹۵۵ حفاری با سرچکشی که دارای شکل و جثه‌ای بزرگ بود و بدنه‌ای از جنس برنج و سوراخ‌دار با پوششی از تنگستن کارباید بود، آغاز شد. با این سرمته‌ها تراشه‌های پهن به‌وجود می‌آید و برای این‌که بتوان آنها را از چاه خارج نمود، لازم است دوباره خرد شوند و این عمل مستلزم این است که سرمته مرتب تمیز شود که البته بستگی به سختی و درجه فرسایش سنگ دارد.

نمونه معمولی این نوع سرچکش در زمین‌های خیلی سخت (مانند گرانیت) حدود ۱۵ متر و در سازندهای بدون فرسایش (مانند سنگ آهک و شیل) و نرم‌تر حدود ۱۰۰ متر حفاری می‌کند. مشکل عمده کار با این نوع سرچکش‌ها این است که شرایط نامناسب و با سرعت زیاد را تحمل نکرده و موجب کند شدن آنها می‌شود. استفاده بیش از حد از این نوع سرچکش به‌ویژه در چاه‌های آب باعث می‌شود که آن‌را مجددا نتوان تیز کرد. در سال ۱۹۶۳ یک نوع سرچکش جدید اختراع گردید که به آن سرمته نگینی می‌گفتند و مشکلات سرچکش قبلی را نداشت، زیرا جنس بدنه آن از تنگستن کارباید فشرده تشکیل شده است و یا تنگستن کارباید به‌صورت دکمه‌هایی بر روی سرمته کارگذاشته می‌شود. این سرمته‌ها از چهار جهت سنگ‌ها را خرد می‌کنند و تراشه‌های به‌وجود آمده به

1- Self Sharpening
2- Hard Face
3- Soft Face
4- Insert Base
5- Shock load

راحتی به سطح می‌آیند. سرچکش‌های دکمه‌ای ابتدا برای حفاری سنگ‌های سیلیسی (کوارتزی) که دارای سختی و ساینده‌گی فوق‌العاده زیادی هستند ساخته شدند ولی از آنها می‌توان برای حفاری سازندهای سخت، متوسط و نرم نیز استفاده نمود.

سرچکش‌های مخصوص سازندهای خیلی سخت دارای دکمه‌هایی هستند که سطح آنها به شکل نیم‌کره است. برآمدگی نوک هر یک از دکمه‌ها از سطح مخروط خیلی کم و فاصله دکمه‌ها بسیار نزدیک به هم می‌باشد. قسمت بیرونی دکمه‌ها ساچمه‌ای شکل بوده که در حین دوران مته با کف چاه برخورد کرده و یا عمل خراشیدن و خرد و ریز کردن، سازند را حفر می‌کنند. عملکرد خوب این سرچکش‌ها در سازندهای سخت باعث شده که کاربرد آنها به سازندهای دارای سختی کم‌تر نیز گسترش داده شود.

در سرچکش‌های مخصوص سازندهای با سختی متوسط، برآمدگی تکه‌ها از سطح مخروط (کاج) بیش‌تر است. شیارهای روی مخروط‌ها برای عبور گل و تمیز شدن سرمته، عمیق‌تر شده و شکل دکمه‌ها نیز مخروطی است. این نوع سرچکش‌ها در سازندهای با سختی متوسط با سرعتی بیش‌تر از سرچکش‌هایی که دارای دکمه‌های مدور هستند، حفاری می‌کنند.

سرچکش‌های دکمه‌ای با موفقیت هر چه تمامتر در نرم‌ترین سازندها نیز به کار رفته‌اند. این کار وقتی ممکن شود، که دکمه‌ها دارای قطر زیاد و لبه تیزتر شدند و فاصله بین آنها بسیار زیاد شد و عمل اسکنه‌ای و بیل‌زنی در آنها به حداکثر رسانده شد.

این سرچکش‌ها را توانسته‌اند تا بیش از ۳۰۰ ساعت مورد استفاده قرار دهند. در بعضی موارد حفاری تمام چاه تا عمق نهایی به‌وسیله یک یا دو سرچکش انجام شده است.

سرعت مناسب برای دوران این نوع سرچکش ۱۰ تا ۳۰ دور در دقیقه و فشار مناسب (بارمناسب) روی سرچکش ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ پوند می‌باشد در هنگام تعویض سرچکش در موقع حفاری بایستی سعی شود که قطر سرچکش کهنه بزرگ‌تر نباشد یا به عبارتی قطر سرچکش نو بزرگ‌تر باشد.

بنابراین به منظور انجام یک نظارت کامل در این مرحله مهندس ناظر باید ضمن آگاهی از انواع سرمته‌ها و نوع سازند زمین‌شناسی محل حفر چاه، نسبت به انتخاب سرمته مناسب جهت حفر اقدام نماید.

۴-۵- نظارت بر استقرار دستگاه حفاری

پس از حمل دستگاه به محل حفر چاه ابتدا باید آن‌را به گونه‌ای مستقر و تراز نمایند که مته در نقطه حفاری فرود آید و چاه دقیقا در محل مورد نظر که قبلا تعیین و علامت‌گذاری شده، حفر شود.

برای استقرار و تراز دستگاه لازم است ابتدا محل مذکور به لحاظ استحکام زمین مورد ارزیابی قرار گرفته و درصورتی‌که محل انتخابی سست و ریزشی باشد، برای جلوگیری از نشست دستگاه و به‌هم خوردن تراز آن در طول حفاری پیش‌بینی‌های لازم به عمل آید و در صورت لزوم عملیاتی نظیر بتون‌ریزی در محدوده استقرار دستگاه صورت گرفته و با استفاده از الوارهای چوبی با عرض مناسب محل سکوی حفاری را آماده نمایند تا بدین ترتیب هنگام تراز نمودن دستگاه وزن آن در سطح وسیع‌تری توزیع شده و مانع از به‌هم خوردن تعادل و تراز دستگاه شود. بنابراین لازم است مهندس ناظر در کلیه مراحل استقرار دستگاه حفاری نظارت کامل داشته باشد تا در زمان حفر چاه مشکلی از این بابت پیش نیاید.

از آنجا که استقرار دستگاه‌های حفاری مختلف تا حدودی متفاوت می‌باشند، بنابراین در زیر به شرح مختصری از نظارت بر استقرار انواع مختلف دستگاه‌های حفاری اشاره می‌شود.

۴-۵-۱- نظارت بر استقرار دستگاه‌های حفاری ضربه‌ای

تراز دستگاه حفاری ضربه‌ای به‌وسیله چند عدد جک پرتابل که معمولا هیدرولیکی یا پیچی هستند، صورت می‌گیرد و برای برپا نمودن دکل حفاری با استفاده از کابل‌های مهارکش، دستگاه در یک حالت ثابت مستقر می‌شود که این شرایط تا پایان حفاری و تکمیل چاه نباید تغییر کند. در این حالت کابل و مته حفاری در حالت شاغولی در نقطه انتخاب شده برای حفر چاه فرود می‌آید.

۴-۵-۲- نظارت بر استقرار دستگاه‌های حفاری دورانی

دستگاه حفاری با روش دورانی و چرخش گل (اعم از گردش گل مستقیم یا معکوس) از ابعاد بزرگ‌تر و وزن زیادتر برخوردار می‌باشد به‌علاوه برای ساخت حوضچه گل و تخلیه تجهیزات حفاری و استقرار دستگاه محوطه‌ای با وسعت زیادتری نسبت به دستگاه حفاری ضربه‌ای نیاز دارد. تراز دستگاه حفاری دورانی با استفاده از جک‌های هیدرولیکی خودکار که از جعبه کنترل دستگاه هدایت می‌شوند به آسانی انجام می‌شود. فقط باید تکیه‌گاه جک‌ها با استفاده از الوارهای چوبی مقاوم که از استحکام کافی برخوردار باشد، تحکیم شود.

در مناطق ماسه‌ای و شولاتی و یا محل‌هایی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد، ایجاد سکوی بتنی با ابعاد مناسب و مقاومت کافی ضروری می‌باشد. در این موارد تنها محدوده استقرار دستگاه حفاری بتون‌ریزی می‌شود. به منظور جلوگیری از تخریب بتون پایه جک‌ها نباید مستقیما بر روی آن قرار گیرد. برای این منظور با استفاده از الوارهای چوبی مقاوم با ابعاد مناسب پایه جک‌ها را بر روی آنها استوار می‌گردانند. ضخامت ابعاد سکوی بتونی بستگی به طول و عرض و همچنین وزن دستگاه حفاری دارد.

۴- ۵-۳- نظارت بر استقرار دستگاه‌های حفاری با مته چکشی وگردش فوم (D.T.H)

در حفاری دورانی با مته چکشی و گردش فوم که برای حفاری در سازندهای سخت مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولا محل استقرار دستگاه از استحکام کافی برخوردار بوده و در نتیجه تنها مساله مهم تسطیح محوطه لازم جهت استقرار دستگاه و تجهیزات مربوطه می‌باشد.

دستگاه‌های حفاری با مته چکشی و گردش فوم (D.T.H) مجهز به جک‌های خودکار هیدرولیکی می‌باشند که از طریق جعبه کنترل دستگاه هدایت می‌شوند و علاوه بر حرکات عمودی، حرکات افقی نیز دارند و می‌توان با تنظیم آنها را در نقطه‌ی مناسبی نشاند. به علاوه طول بازوی عمودی آنها نسبتا طولانی بوده و از این جهت در زمین‌های ناهموار دستگاه را به خوبی می‌توان تراز نمود، بنابراین همان‌طور که گفته شد مهندس ناظر باید بر کلیه مراحل استقرار دستگاه نظارت کافی داشته باشد.

تراز دستگاه برای شروع عملیات حفاری باید با دقت کافی انجام شود به‌طوری‌که تا خاتمه عملیات حفاری و لوله‌گذاری و تا مرحله تکمیل چاه از حالت تراز اولیه خارج نگردد و برای اطمینان بیش‌تر لازم است، هر روز قبل از شروع عملیات حفاری تراز دستگاه به دقت کنترل شود. عدم کنترل تراز دستگاه و به هم خوردن آن در طول حفاری موجب کج شدن چاه شده و در نتیجه امکان نصب لوله جدار مقدور نمی‌شود و چاه غیر قابل استفاده خواهد شد.

۴-۵-۴- کنترل کلیه ابزارآلات، سوزن‌ها، مته‌ها، حوضچه گل حفاری و غلظت آن، مخزن آب و کف، کمپرسور و ...

در کلیه روش‌های حفاری قبل از شروع عملیات حفاری می‌بایست نسبت به کنترل کلیه موارد مربوط به هر روش حفاری به شرح زیر اقدام شود.

۴-۵-۴-۱- حفاری به روش ضربه‌ای

- در این روش حفاری انجام تراز صحیح دستگاه و مهارهای ثابت از عوامل مهم کار برای قائم حفر شدن چاه و عدم بروز انحراف خواهد بود و لازم است مهارها در نقاطی بسته شوند که ضمن کار و در اثر عوامل مختلف تغییر نکند و هر روز قبل از شروع عملیات حفاری تراز دستگاه بایستی کنترل شود.
- کنترل قسمت‌های مهم و حساس دستگاه حفاری قبل از آغاز کار و رفع نقایص پیش از شروع عملیات از جمله:
- بررسی عدم وجود زدگی یا پارگی کابل‌ها
- اطمینان از ترمز دستگاه حفاری
- بازرسی قرقره‌ها و کلاج
- بازرسی سیستم کنترل دستگاه حفاری
- آماده نمودن ابزارهای مناسب با مشخصات فنی کار از جمله:
- مته‌ها
- جعبه یا کیسه‌های برداشت و نگهداری نمونه‌های سنگ و خاک
- تهیه بطری‌های مناسب و پاکیزه برای اخذ نمونه آب چاه
- آماده نمودن دستگاه عمق‌یاب الکتریکی و مناسب و سالم
- پیش‌بینی محوطه‌ای برای تخلیه مواد حفاری شده و دور کردن از محل حفاری و تعبیه محلی برای تخلیه لوله‌های جدار چاه قبل از شروع عملیات اجرایی
- تامین آب مورد نیاز: در روش حفاری ضربه‌ای نیاز به آب به مراتب کم‌تر از روش دورانی است. در این روش در یک روز کار ۸ تا ۱۰ ساعته حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ لیتر آب در شرایط متعارف و قبل از برخورد به سطح آب زیرزمینی، مورد نیاز است. آب مورد استفاده بهتر است دارای کیفیت استاندارد باشد و یا اصطلاحا شیرین باشد. آب شور ممکن است تاثیر سویی بر روی ابزارآلات حفاری داشته باشد و بنابراین توصیه می‌شود، در حفاری از آب با کیفیت مناسب استفاده شود. البته در روش حفاری ضربه‌ای در لایه‌های رسی برای جلوگیری از تورم و پراکنده شدن این‌گونه لایه‌ها می‌توان از آب شور استفاده نمود.

۴-۵-۴-۲- حفاری به روش دورانی

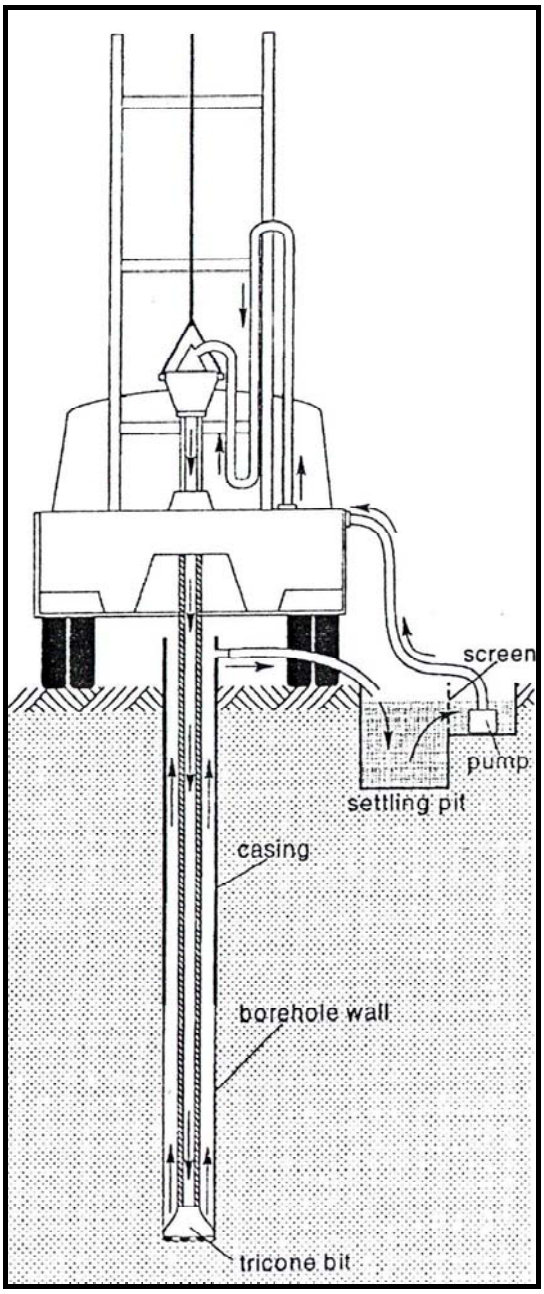
- تامین آب مورد نیاز: در این روش تامین آب مورد نیاز یکی از مهم‌ترین عوامل به حساب می‌آید و هیچ قاعده مشخصی برای تعیین مقدار آب مورد لزوم برای حفر یک چاه در اختیار نمی‌باشد زیرا در نتیجه نشت و نفوذ آب به داخل لایه‌های متخلخل، از دست دادن مداوم آب در چاه و حوضچه گل وجود دارد. برای تامین مایع حفاری جهت ادامه عملیات، تدارک

و تهیه آب به مقدار کافی ضروری است که دراین صورت وجود یک دستگاه تانکر آب در کنار هر دستگاه حفاری دورانی لازم خواهد بود. تجربه نشان می‌دهد حدود ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ لیتر آب به ازای هر ۸ ساعت کار در حفاری دورانی مستقیم لازم است و در حفاری دورانی مکعوس میزان آب مورد نیاز به مراتب بیش از رقم فوق‌الذکر می‌باشد و گاه برای ادامه حفاری در این روش نیاز به تامین آب به میزان ۱۵ لیتر در ثانیه خواهد بود.

آب مصرفی در حفاری باید کیفیت مناسب داشته باشد یا به عبارتی شور نباشد. استفاده از آب شور عوارضی در دستگاه حفاری و تغییرات کیفی در مایع حفاری را موجب خواهد شد. آب شور باعث خورندگی پمپ، مخازن، شیرآلات لوله‌های دستگاه حفاری گردیده و ذرات گل حفاری بنتونیت را به هم چسبانیده و ایجاد دلمه می‌نماید. به علاوه عمل چاه‌پیمایی را مواجه با اشکال نموده و از دقت آن می‌کاهد.

- تسطیح فضای مناسب برای تخلیه سوزن‌های حفاری و سایر تجهیزات
- تسطیح محل برای نگهداری لوله‌های مورد نصب در چاه قبل از آغاز عملیات حفاری
- کنترل حوضچه‌های گل[1]: در روش‌های حفاری دورانی اعم از مستقیم و معکوس حوضچه گل به تعداد دو عدد در نزدیک‌ترین محل به چاه و در مکان مناسب تعبیه می‌شود. در حفاری دورانی مستقیم (شکل ۴-۳) حوضچه باید به نحوی ساخته شود که مایع حفاری به آسانی از چاه توسط جوی کوچکی به حوضچه اول که حوضچه رسوب‌گذاری[2] نام دارد تخلیه شود و سپس با حوضچه بزرگ‌تر که حوضچه اصلی و یا حوضچه ذخیره[3] نامیده می‌شود، هدایت شود. در حوضچه رسوب‌گذاری مواد درشت حمل شده توسط گل حفاری، ته‌نشین شده و رسوبات ریزتر و معلق در گل در حوضچه ذخیره رسوب می‌نماید. اندازه حوضچه‌ها بستگی به عمق و قطر چاه مورد حفاری داشته و هر قدر عمق و قطر چاه بیش‌تر باشد به همان نسبت ابعاد حوضچه‌ها وسیع‌تر خواهد بود. به عنوان مثال برای حفر چاهی به قطر ۶ اینچ و عمق حدود ۶۰ متر حوضچه ذخیره دارای ابعاد تقریبی به عرض ۱/۳ متر و طول ۱/۶ متر و عمق ۱ متر و حوضچه رسوب‌گذاری حداقل دارای ابعاد حدود ۰/۶۵ متر عرض و ۱ متر طول و ۰/۶۵ متر عمق خواهد بود. جوی هدایت جریان گل از چاه به حوضچه رسوب‌گذاری باید حداقل حدود ۰/۲ متر عمق داشته باشد و جوی مشابهی هم حوضچه رسوب‌گذاری را به حوضچه ذخیره مرتبط می‌نماید که عمق آن می‌تواند ۰/۲ متر باشد. لوله خرطومی مکش پمپ گل در حوضچه ذخیره در انتهای مخالف و روبروی جوی ارتباط قرار می‌گیرد تا حداقل ذرات معلق وارد لوله مکش شود. صافی انتهایی لوله مکش بایستی حتما به حالت معلق و شناور در گل قرار گرفته و مراقبت لازم به عمل آید که هیچ گاه با کف حوضچه تماس حاصل ننماید. برای این منظور در کف حوضچه دیرک‌های متقاطع به شکل × تعبیه نموده و صافی لوله مکش را در قسمت بالایی آن که به شکل V می‌باشد، قرارداده تا اطمینان حاصل شود که به هیچ وجه صافی لوله مکش در کف حوضچه قرار نگیرد.

1- Control of Mud Puddle
2- Sedimentation Ponds
3- Storage Ponds



شکل ۴-۳- دیاگرام شماتیک روش حفاری دورانی مستقیم

لازم است توجه بسیار به عمل آید که گل حفاری در تمام مدت یکنواخت و حتی‌الامکان عاری از مواد ساینده باشد تا خوردگی قطعات در پمپ و هرز گرد به‌وجود نیاید. ضمنا سعی شود مسیر جوی‌های برگشت طولانی و کم شیب تعبیه شود تا بدینوسیله ته نشست مواد ریزدانه حمل شده توسط مایع حفاری در این مسیر تسهیل شود. در روش حفاری دورانی معکوس با توجه به این‌که چرخه جریان گل حفاری از حوضچه به داخل چاه از طریق سوزن حفاری به‌وسیله پمپ مکنده[1] صورت می‌گیرد، لذا با توجه به قطر چاه که معمولا بیش از قطر حفاری در روش دورانی مستقیم است حوضچه‌ها با ابعاد بزرگ‌تری ساخته می‌شوند.

1- Suction Pump

- استفاده از ترازهای نصب شده بر روی دستگاه حفاری دورانی که با به کارگیری جک‌های دستگاه، قابل تنظیم هستند به منظور حفر چاه بدون انحراف و کنترل مداوم تراز دستگاه در شروع کار روزانه و ضمن اجرای حفاری همچنان‌که در روش ضربه‌ای گفته شد، ضروری است.
- بازرسی قسمت‌های مهم دستگاه حفاری دورانی از جمله اطمینان از سلامت زنجیرهای بالابر قسمت گرداننده بالا[1] و یا صفحه گردان[2]، ترمز دستگاه، کابل‌های مختلف، پمپ هیدرولیک، پمپ گل، لوله خرطومی مکنده گل و سرویس موتور قبل از آغاز کار، همگی از عوامل مهم و حساس برای حصول اطمینان در شروع کار می‌باشند.
- کنترل تجهیزات جانبی و مواد و مصالح مورد نیاز کار مانند:
  - سوزن‌های یدکی
  - مته‌های مناسب با مشخصات تعیین شده برای حفاری
  - میزان بنتونیت مورد نیاز
  - وجود جعبه‌های نگهداری نمونه‌های خاک و سنگ
  - ظروف لازم برای برداشت و نگهداری نمونه‌های آب چاه
  - وجود یک دستگاه عمق‌یاب سالم و مناسب
- کنترل مایع حفاری[3] قبل از شروع عملیات حفاری به روش دورانی اعم از مستقیم و معکوس باید از مناسب بودن مایع حفاری تهیه شده جهت عملیات حفاری اطمینان حاصل نمود. مایع حفاری در این روش گل حفاری[4] نامیده می‌شود که معمولا قبل از شروع عملیات حفاری در حوضچه گل تهیه می‌شود. درصورتی‌که حوضچه گل در لایه متخلخل شن و ماسه‌ای و یا خاک سست تعبیه شده باشد، لازم است سطح حوضچه قبلا عایق شود و به‌طور کلی بهتر است که گل حفاری بدوا در داخل بشکه و یا دستگاه هم‌زن تهیه و سپس به داخل حوضچه گل هدایت شود. قبل از راندن گل به داخل چاه با استفاده از پمپ گل و انسداد شیر جریان گل به چاه باید چرخه بسته‌ای از جریان گل به حوضچه و پمپ برقرار سازیم تا عمل مخلوط شدن به نحو موثری صورت پذیرد. در ابتدای هدایت جریان گل به چاه غلظت آن به سبب جذب آن توسط لایه‌های خشک زیاد شده و ضروری است با افزودن آب به آن غلظت مطلوب حاصل شود و برعکس در ادامه حفاری و برخورد به لایه‌های آبدار از غلظت گل کاسته شده و در این صورت با افزودن بنتونیت و رس، غلظت گل را باید به حد تعادل رساند.

در شرایطی که لایه‌های بالایی محل حفر چاه شن و ماسه‌ای و نفوذپذیر باشد، ضروری است ابتدا گل حفاری آماده شود و سپس حفاری صورت پذیرد و برعکس درصورتی‌که لایه‌های فوقانی محل حفر چاه از لایه‌های متراکم و رس تشکیل شده باشد حفاری می‌تواند با آب خالص شروع شود و رس موجود در لایه‌ها ضمن مخلوط شدن با آب، خود مایع حفاری را به‌وجود می‌آورد. بدین ترتیب تا رسیدن به لایه‌های نفوذپذیر و متخلخل می‌توان حفاری را ادامه داد و با برخورد به

1- Power Head
2- Rotary Table
3- Drilling Fluid
4- Drilling Mud

شرایط جدید نسبت به اضافه نمودن رس‌های تجاری که متداول‌ترین آن بنتونیت[1] می‌باشد، اقدام نمود. بنتونیت که ماده‌ای است کاملا کلوئیدی در کیسه‌های ۲۵ کیلوگرمی به بازار عرضه می‌شود. اضافه نمودن بنتونیت به مایع حفاری موجب افزایش غلظت آن شده و قشر نازکی از گل حفاری به نام کیک در جدار چاه به‌وجود می‌آورد که به‌طور قابل ملاحظه‌ای از نفوذ مایع حفاری به لایه‌های متخلخل جلوگیری نموده و گم شدن گل را به حداقل می‌رساند. معمولا به منظور صرفه‌جویی در مصرف بنتونیت می‌توان آن‌را همراه و مخلوط با گل رس موجود در محل به کاربرد.

چنانچه گل حفاری به هر علت در گردش نباشد به حالت نیمه سخت درآمده و در اثر حرکت مجدد به حالت اولیه خود بازمی‌گردد. زیرا تا زمانی‌که مولکول‌های آب در حرکت هستند ذرات گل را در حرکت نگاه داشته و به محض عدم وجود انرژی تحرکی ذرات رس و بنتونیت رسوب می‌نمایند که در چنین حالتی کیک تشکیل شده باعث کاهش آبدهی چاه می‌شود. به‌منظور جلوگیری از ایجاد این پدیده و به حالت تعلیق نگه‌داشتن گل حفاری، از ماده شیمیایی به نام هگزا متافسفات استفاده می‌شود و در مواردی که به عللی مانند اجرای عملیات لوله‌گذاری لازم است مدت زمان نسبتا طولانی گل حفاری در چاه بدون تحرک باقی بماند از ماده مذکور بایستی استفاده شود.

مشخصات گل حفاری در شرایط متعارف به شرح زیر است:

- گرانروی با قیف مارش ۲۵ تا ۲۸ ثانیه
- وزن مخصوص ۱/۱۲ تا ۱/۲۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب
- مقدار آب ۶۵ تا ۷۵ درصد
- PH ۷/۵ تا ۹/۵ (برخی منابع میزان PH مناسب را بین ۸ تا نیز۱۲ اعلام کرده‌اند).
- هدایت الکتریکی (EC) حداکثر ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر

به طور کلی گل حفاری بر حسب وزن مخصوص به سه دسته سبک، متوسط و سنگین تقسیم می‌شود. حداقل وزن مخصوص ۱/۰۵ و حداکثر آن ۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب می‌باشد. برای افزایش وزن مخصوص گل حفاری مقدار بنتونیت آن‌را افزایش داده و در مواردی که گل سنگین مورد نیاز باشد با افزودن مقداری باریت[2] ($BaSo_4$) چنین گلی را به‌دست می‌آورند. علاوه بر وزن مخصوص، لزجت یا گرانروی[3] از مشخصه‌های دیگر گل حفاری است. هر چه میزان گرانروی کم‌تر باشد، گردش گل آسان‌تر صورت می‌پذیرد و حمل مواد کنده شده از قعر چاه به سطح زمین سخت‌تر انجام می‌پذیرد تا بدانجا که دیگر قدرت حمل مواد را از دست داده و در این صورت لازم است با افزایش ماده جامد گرانروی مناسب را تامین نمود. واحد اندازه‌گیری گرانروی پواز[4] می‌باشد که به‌وسیله قیف مارش اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۵-۴-۳- حفاری به روش چکشی

- تهیه و تامین آب مورد نیاز و تانکر حمل آن
- کنترل تراز بودن دستگاه به‌صورت روزانه و مداوم به منظور حفر چاه قائم و بدون انحراف

1- Bentonite (Aquagel)
2- Barit
3- Viscosity
4- Poise

- بازدید قسمت‌های مهم دستگاه حفاری چکشی مانند
  - کمپرسور
  - لوله‌های انتقال هوا
  - پمپ‌های هیدرولیک
  - شیلنگ‌های انتقال
  - گرداننده مته
  - قسمت‌های کنترل کننده
  - ترمز دستگاه
  - اهرم‌ها
  - کابل‌های متعدد که برای انتقال ابزار و نصب لوله به کار می‌رود.
  - کنترل بقیه بخش‌های حساس دستگاه
- کنترل تجهیزات جانبی و مواد و مصالح مورد مصرف در این روش مانند:
  - کمپرسور در صورت نیاز
  - سوزن‌های یدکی
  - مته‌های مناسب با شرایط کار
  - تامین ماده کف‌زا[1] که بایستی قبل از شروع حفاری در محل آماده و به تناسب حجم و مشخصات کار فراهم شود.
- کنترل دستگاه عمق‌یاب و اطمینان از سالم بودن آن
- کنترل جعبه‌های نگهداری نمونه‌های خاک و سنگ
- کنترل بطری‌های نگهداری نمونه‌های آب
- در نظر گرفتن فضای لازم برای تخلیه سوزن‌ها و لوله‌ها

لازم به ذکر است که در هر سه روش حفاری فوق‌الذکر پیش‌بینی محوطه‌ای برای استقرار چادر و وسایل و تجهیزات کارکنان برای سکونت موقت ضروری است.

۴-۶- دستور شروع عملیات حفاری

پس از کنترل کلیه مواردی که در بند ۴-۵ و زیربندهای آن ذکر شد و اطمینان از تکمیل و مناسب بودن موارد مذکور دستور شروع عملیات حفاری می‌تواند توسط مهندس ناظر به شرکت حفار اعلام شود.

یکی از مواردی که در ابتدای شروع عملیات حفاری باید مدنظر قرار گیرد این است که در اغلب موارد، لایه‌های سطحی زمین از موادی سست و فرسایش یافته نظیر خاک کشاورزی، ماسه بادی، خاک‌های نرم سطحی و واریزه‌ها تشکیل شده که معمولا در هنگام

1- Foam

حفاری به آسانی در نتیجه‌ی تماس با مایع حفاری و یا ارتعاش مته تخریب و یا شسته شده و حفره‌های بزرگی را در محل حفاری و حتی در اطراف و محل استقرار دستگاه ایجاد می‌نمایند که در این صورت برای محافظت چاه نصب لوله هادی[1] ضرورت پیدا می‌کند.

لوله هادی قطعه لوله‌ای است با قطر بیش از قطر لوله جدار و کم‌تر از قطر چاه که از سطح زمین تا عمق مورد نظر نصب می‌گردد و فاصله بین لوله و دیواره چاه با ریختن یا تزریق سیمان کاملا مسدود و محکم می‌شود.

لوله هادی با اهداف زیر نصب می‌شود:

- جلوگیری از ریزش و تخریب دهانه چاه
- نگهداری و استقرار دستگاه به حالت ثابت و ممانعت از به‌هم خوردن تراز دستگاه
- در خط مستقیم قراردادن محور و جلوگیری از انحراف چاه
- تسهیل برقراری جریان مایع حفاری از حوضچه به چاه و بالعکس
- محافظت و جلوگیری از نفوذ آب‌های سطحی و فاضلاب‌ها به داخل چاه
- مسدود نمودن سفره‌های آب شور سطحی و جلوگیری از جریان آن به چاه
- جلوگیری از نفوذ و جریان فاضلاب‌های چاه‌های جذبی
- امکان نصب شیر فلکه و جلوگیری از جریان آب در چاه‌های آرتزین

مواردی که ضرورت دارد لوله هادی در چاه نصب شود عبارتند از:

- در حفاری‌های دورانی با گردش گل در سازند آبرفتی
- در حفاری‌های سازند سخت درصورتی‌که نقطه حفاری بر روی واریزه و یا سنگ‌های هوازده و تجزیه شده قرار داشته باشد.

در غیر این‌صورت لزوم نصب لوله هادی بنا به تشخیص مهندس ناظر خواهد بود.

- در چاه‌های تامین آب شرب نصب لوله هادی الزامی است و ترجیح داده می‌شود حداقل تا عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی ادامه یابد.
- در تفکیک آبخوان‌های با آب شور سطحی لازم است لوله هادی از سطح زمین تا کف لایه حاوی آب شور و سازند غیرقابل نفوذ نصب گردد.
- در حفاری به روش ضربه‌ای در آبرفت‌های متراکم و سازندهای سخت نصب لوله هادی ضرورت ندارد مگر در موارد زیر که ملزم به استفاده از لوله هادی می‌باشد.
  - حفر چاه در زمین‌های باتلاقی و ریزشی
  - چاه تامین آب شرب
  - انسداد آبخوان‌های شور سطحی
  - چاه‌هایی که در آبخوان‌های تحت فشار حفر می‌شوند که احتمال فوران و یا آرتزین شدن آنها وجود دارد.

    لوله‌های هادی بایستی دارای مشخصات زیر باشد:

    - در حفاری چاه‌های بهره‌برداری قطر آن بیش از ۱۸ اینچ باشد.

1- Instalation of Conductor Pipe

- طول آن درصورتی‌که چاه تامین آب شرب نباشد حسب شرایط زمین بین ۶ تا ۲۵ متر در نظر گرفته شود.
- قطر آن حداقل ۴ اینچ کم‌تر از قطر چاه باشد.
- از قطر لوله جدار حداقل ۶ اینچ بزرگ‌تر باشد.
- ضخامت آن براساس جدول استاندارد A.P.I و به تناسب قطر حداقل ۶ میلی‌متر باشد.
- در مواردی که دامنه ریزش دهانه چاه وسیع باشد که ایجاد حفره‌های بزرگ را در اطراف چاه به همراه داشته باشد لوله هادی توسط ابزار نگهدارنده مانند گیره[1] ثابت می‌شود و در تمام مدت سیمان‌ریزی تا هنگام استحکام سیمان همچنان از گیره استفاده می‌شود.
- در مواردی که پیش‌بینی شود که چاه آرتزین خواهد شد به منظور امکان نصب شیر کنترل، بوشن رزوه‌دار مناسب در بغل لوله هادی نصب می‌شود.
- در حفاری‌هایی که پس از اتمام حفر چاه وجود لوله هادی بی‌اثر باشد مانند چاه‌های مشاهده‌ای یا پیزومترهای مجاور چاه اکتشافی از لوله هادی موقت استفاده می‌شود. طول این لوله در این موارد حدود ۳ تا ۶ متر و قطر آن متناسب با قطر حفاری و قطر لوله جدار انتخاب می‌شود. پس از تکمیل چاه و خاتمه عملیات، لوله هادی موقت از چاه خارج می‌شود.

۴-۷- مواردی که در حین حفاری باید رعایت شود

پس از نصب لوله هادی در صورت لزوم مواردی که باید در عملیات حفاری تحت کنترل و نظارت کامل مهندس ناظر باشد، عبارتند از:

۴-۷-۱- نحوه برداشت نمونه از خاک یا سنگ حفاری شده

اخذ نمونه از لایه‌های زمین به‌طور صحیح در حین حفاری و در خاتمه آن و تجزیه و تحلیل و شناسایی لایه‌های آبدار به‌ویژه در مناطقی که از دیدگاه هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی ناشناخته می‌باشند از مراحل مهم و قابل توجه نظارت بر حفاری است.

با توجه به تنوع روش‌های حفاری و تفاوت‌های ناشی از آن در امر نمونه‌گیری، نحوه‌ی برداشت نمونه خاک یا سنگ در روش‌های مختلف حفاری به‌طور جداگانه به شرح زیر توضیح داده می‌شود.

۴-۷-۱-۱- نمونه‌برداری خاک یا سنگ در روش حفاری ضربه‌ای

در حفاری به روش ضربه‌ای با اعمال اندکی دقت می‌توان نمونه خاک معرف لایه‌های حفر شده را به‌دست آورد که برای این منظور باید موارد زیر را انجام داد.

- ابزار خرد کننده یا استرینگ را از چاه خارج نموده و به انتهای کابل، گل‌کش یا بیلر را وصل می‌نماییم.
- طول گل‌کش را اندازه‌گیری می‌کنیم.

1- Clamp

- عمق اخذ نمونه برابر با مجموع طول گل‌کش و طول کابل رانده شده در چاه می‌باشد.
- نمونه خاک را از انتهای اولین گل‌کش پس از هر مرحله حفاری برداشت می‌نماییم.
- درصورتی‌که حفاری در لایه‌های ریزدانه صورت گرفته باشد نمونه‌های چسبیده به متـه و یـا ابـزار خـرد کننـده مکمـل نمونه‌های اخذ شده می‌باشد.
- در شرایطی که برای جلوگیری از ریزش دیواره چاه، مجبور به ریختن خاک رس به داخل چـاه شـده باشـیم، موضـوع در گزارش روزانه حفاری ذکر شده و سعی شود حتی‌المقدور نمونه عاری از رس اضافه شده به چاه باشد.
- اطمینان حاصل شود که ریزش لایه‌های بالایی به قعر چاه صورت نگرفته باشد و در صورت اتفاق چنین عملـی ابتـدا بـا گل‌کش نمونه‌های ریزشی از چاه خارج و سپس نمونه از لایه مورد حفاری اخذ شود.
- درصورتی‌که لایه‌های بالایی ریزش داشته باشد با نصب لوله جدار موقت از ریزش جلوگیری شود.
- در چاه‌های اکتشافی از هر ۱/۵ متر در چاه‌های بهره‌برداری از هر ۳ متر حفاری و همچنین با تغییر جـنس و خصوصـیات لایه، نمونه خاک گرفته شود.
- درصورتی‌که دریافت نمونه‌های دست نخورده و دقیق‌تر مورد نظر باشد با استفاده از پیستون‌های نمونه‌گیر از نـوع مکنـده که معمولا در انتهای میله سنگین کننده[1] بسته می‌شود و طول آنها بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی متـر متغیـر مـی‌باشـد، اسـتفاده می‌شود. نحوه‌ی عمل بدین صورت است که در عمق مورد نظر ابتدا گل و لای داخل چاه تخلیه می‌شـود و عمـق دقیـق آن اندازه‌گیری شده، سپس عملیات حفاری به آرامی به اندازه طول نمونه‌گیر ادامه می‌یابد. سپس ابزار خرد کننـده از چـاه خارج شده و با باز نمودن نمونه‌گیر از میله سنگین کننده، نمونه‌های اخذ شده از نمونه‌گیر تخلیه می‌شود.
- نمونه‌های خاک در جعبه‌های چوبی به ابعاد ۱۵×۱۵× ۱۵ سانتی‌متر و کیسه‌های پلاستیکی ضخیم با قیـد شـماره، محـل چاه و عمق نمونه، ریخته شده و پس از رسم نیمرخ زمین‌شناسی و آزمایش‌های مورد لزوم در جعبه‌های مقوایی بـه ابعـاد ۶×۶×۶ سانتی‌متر که خود در جعبه‌هایی به اندازه ۶ ×۳۰×۳۰ سانتی‌متر قرار می‌گیرد، نگهداری می‌شوند.

۴-۷-۱-۲- نمونه‌برداری خاک یا سنگ در روش حفاری دورانی

برداشت نمونه خاک یا سنگ در روش حفاری دورانی از دقت و صحت روش حفاری ضربه‌ای به مراتب کم‌تر است. در این روش تجربه و کاردانی حفار و همچنین مهندس ناظر به‌ویژه در شناسایی تغییرات لایه‌های زمین توسـط عمـل و رفتـار دسـتگاه حفـاری و صدای دستگاه و سوزن حفاری و مته و تغییرات کمی و کیفی چرخه مایع حفاری نقش به سزایی داشـته و بررسـی لایـه‌هـای تحـت حفاری عملا از طریق برداشت نمونه و رسوبات ته‌نشین شده در جوی برگشت مایع حفاری و حوضچه رسوب‌گذاری ممکن می‌شـود. برای تعیین عمق نمونه‌های گرفته شده از جوی برگشت و همخوانی و همزمانی با رفتـار دسـتگاه حفـاری تعیـین بـرآورد و تخمـین اختلاف زمان و مدت لازم برای حرکت نمونه از قعر چاه به سطح زمین لازم می‌باشد. این اختلاف زمان بستگی به قطر و عمق چاه و همچنین قدرت و بازده پمپ مایع حفاری دراد که می‌توان با در دست داشتن این عوامل نسبت به محاسبه آن اقدام کرد.

1- Stem

در صورت دقت لازم در نمونه‌گیری لایه‌های زمین در روش حفاری دورانی و اعمال نمودن عوامل موثر در این روش که اهم آن در زیر اشاره می‌گردد می‌توان نمونه‌های خاک معرف لایه‌ها را به‌دست آورد. ضمنا برای کنترل و اصلاح عمق نمونه‌ها می‌توان آنها را بانتایج چاه‌پیمایی مقایسه و لزوما تطبیق داد.

در بررسی‌های اکتشافی نمونه از لایه‌های زمین هر ۱/۵ متر و در حفاری چاه‌های بهره‌برداری هر ۳ متر اخذ می‌شود. برای آنکه نمونه معرف عمقی که حفاری در آن صورت می‌گیرد، باشد توصیه می‌شود پس از هر ۱/۵ متر حفاری، سوزن که در انتهای آن مته قرار دارد به اندازه یک فوت (حدود ۳۰ سانتی‌متر) از کف چاه بالا کشیده شود و درحالی‌که در این حالت دوران مته ادامه دارد پمپ مایع حفاری را با ظرفیت کامل به کار انداخته عمل چرخش مایع را تا خروج کامل مواد کنده شده از قعر چاه ادامه داده تا مایع عاری از هرگونه ذرات لایه زمین شود. پس از این عمل، حفاری از سرگرفته شود و برای ۱/۵ متر دیگر ادامه می‌یابد. سپس عمل چرخش مته و مایع حفاری را به شرح مذکور ادامه داده و با نصب غربال و توری در جوی برگشت گل، نمونه‌های حمل شده به بالا جمع‌آوری می‌شود. به‌این ترتیب با تکرار این روش و انجام حفاری مرحله‌ای، نمونه‌هایی از لایه‌های زمین به‌دست خواهد آمد که معرف واقعی لایه‌های حفاری شده و عمق چاه بوده و قابل اطمینان برای رسم نیمرخ زمین‌شناسی چاه خواهد بود.

۴-۷-۲- نحوه‌ی برداشت نمونه آب

اخذ نمونه آب در مراحل مختلف حفاری چنانچه به‌طور صحیح و دقیق انجام شود، می‌تواند اطلاعات مهمی در ارتباط با ویژگی‌های لایه آبدار از نظر کیفی در اختیار بگذارد. اخذ نمونه آب در روش‌های مختلف حفاری متفاوت بوده و بنابراین بر حسب روش حفاری به نحوه‌ی برداشت آب در زیر اشاره می‌شود.

۴-۷-۲-۱- نمونه‌برداری آب در روش حفاری ضربه‌ای

در روش حفاری ضربه‌ای می‌توان زمان برخورد به سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن‌را از نظر کمی و کیفی اندازه‌گیری نمود. مراحل زیر در نحوه برداشت نمونه آب در این روش حفاری باید انجام شود.

- ابزار خرد کننده را از چاه خارج می‌کنیم.
- در صورت اطمینان از برخورد به سطح آب زیرزمینی، با دستگاه عمق‌یاب سطح آب زیرزمینی را اندازه‌گیری می‌کنیم.
- ابزار مخصوص نمونه‌گیری آب را به داخل چاه فرستاده و از عمق اندازه‌گیری شده توسط عمق‌یاب نمونه آب را برداشت می‌کنیم (اولین نمونه از آب زیرزمینی در چاه).
- برای برداشت نمونه‌های بعدی در چاه‌های اکتشافی به ازای هر ۳ متر و در چاه‌های بهره‌برداری از هر ۵ متر حفاری توسط نمونه‌گیر مخصوص، نمونه آب برداشت می‌کنیم.

درصورتی‌که ابزار مخصوص نمونه‌گیری آب در دست نباشد به روش زیر عمل می‌کنیم.

- ابزار خرد کننده را از کابل جدا و گل‌کش را به آن متصل می‌کنیم.
- عمق اخذ نمونه برابر با مجموع طول گل‌کش و طول کابل رانده شده در چاه می‌باشد.
- نمونه آب را از انتهای اولین گل‌کش پس از هر مرحله حفاری برداشت می‌نماییم.

- در بررسی‌های اکتشافی وجود دستگاه اندازه‌گیری صحرایی قابلیت هدایت الکتریکی در کارگاه و تعیین این مولفه در محل ضروری است.
- برای دریافت نمونه آب دقیق‌تر بهتر است ضمن تخلیه مواد حفر شده مقداری گل و آب از گل‌کش در یک ظرف تخلیه گردد و پس از رسوب مواد معلق آن نمونه آب برداشت شود.
- نمونه‌های آب در بطری‌های تمیز و عاری از هر گونه آلودگی شیمیایی و یا ارگانیکی اخذ شود. حجم ظرف نمونه آب باید متناسب با نوع آزمایش باشد.
- درصورتی‌که آزمایش آلودگی میکروبی و ارگانیکی در چاه مورد نظر باشد با مراجعه به آزمایشگاه‌های مربوطه نمونه‌گیری در ظرف مخصوص و توسط کارشناس مربوطه انجام خواهد شد.

۴-۷-۲-۲- نمونه‌برداری آب در روش حفاری دورانی

در این روش عملا اخذ نمونه آب در حین حفاری مقدور نمی‌باشد ولی در محل‌هایی‌که احتمال وجود آبخوان‌های شور و شیرین و یا تغییرات شدید کیفیت آب وجود دارد با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی مایع حفاری و بررسی تغییرات آن در هنگام حفاری می‌تواند جهت تشخیص آبخوان‌های شور و شیرین کمک نماید و در تعبیر و تفسیر منحنی‌های چاه‌پیمایی مورد استفاده قرار بگیرد.

۴-۷-۳- نحوه‌ی نگهداری نمونه‌های خاک یا سنگ و آب

نمونه‌های خاک یا سنگ پس از برداشت بایستی توسط مهندس ناظر مورد بررسی قرار گرفته و براساس عمق برداشت و لیتولوژی، نیمرخ زمین‌شناسی چاه رسم شود. چنانچه در این مرحله مهندس ناظر قادر به تشخیص تعدادی و یا کل نمونه‌ها نباشد، لازم است نمونه‌ها جهت تجزیه و تحلیل و بررسی بیش‌تر به آزمایشگاه‌های تشخیص خاک و سنگ (آزمایشگاه مکانیک خاک و یا آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی) ارسال شود، در نهایت پس از تجزیه و تحلیل، نمونه‌های خاک و سنگ در جعبه‌های مقوایی به ابعاد ۶×۶×۶ سانتی‌متر باقید شماره و عمق برداشت نمونه و نام چاه و محل آن، ریخته شده که خود در جعبه‌هایی به اندازه ۶×۳۰×۳۰ سانتی‌متر قرار می‌گیرند و نگهداری می‌شوند.

نمونه‌های آب اخذ شده، پس از اندازه‌گیری مولفه‌هایی مثل TDS,EC و CL در صورت امکان در سر چاه، باید حداکثر ظرف مدت ۷۲ ساعت جهت آنالیز شیمیایی کامل به آزمایشگاه شیمی منتقل شود که پس از آزمایش لزومی به نگهداری آنها نمی‌باشد.

۴-۷-۴- بررسی نمونه‌های خاک یا سنگ و در صورت نیاز ارسال به آزمایشگاه و ارسال نمونه‌های آب به آزمایشگاه جهت تجزیه

این دو بند به‌طور مختصر در بند ۴-۷-۱ توضیح داده شده است.

۴-۷-۵- تعیین عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی

در روش حفاری ضربه‌ای عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن در طول مدت حفاری به سهولت قابل تعیین و اندازه‌گیری می‌باشد. استفاده از عمق‌یاب جهت اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن در این روش حفاری عملی می‌باشد.

در روش حفاری دورانی با استفاده از گل حفاری تعیین عمق برخورد به آب زیرزمینی عملا مشکل می‌باشد اما با توجه به این‌که در زمان برخورد به آب زیرزمینی و ورود آب به داخل گل حفاری، غلظت آن کاهش یابد، می‌توان تا حدودی تشخیص داد که به آب زیرزمینی برخورد شده است.

در روش حفاری دورانی با استفاده از چکش (هوای فشرده و فوم) عمق و زمان برخورد به آب زیرزمینی از طریق رقیق شدن کف حفاری و همچنین فشار هیدروستاتیکی وارده بر چکش حفاری که توسط عقربه فشارسنج دستگاه قابل اندازه‌گیری است، تا حدودی مشخص می‌شود.

۴-۷-۶- برخورد به لایه‌ها و طبقات ریزشی و نحوه جلوگیری از ریزش (در روش‌های مختلف حفاری)

در روش حفاری ضربه‌ای چنانچه به لایه ریزشی برخورد شود، می‌توان برای جلوگیری از ریزش از لقمه‌های رسی و یا از کیسه‌های پلاستیکی محتوی گل رس و بنتونیت استفاده نمود. بدین طریق که در عمق مورد نظر که لایه ریزشی وجود دارد پس از تهیه لقمه‌های رسی و یا لقمه‌های تشکیل شده از گل رس و بنتونیت و رها کردن آنها به داخل چاه و سپس راندن مته و ابزار حفاری به داخل چاه و وارد آوردن ضربات پی‌درپی و پخش مواد مذکور و چسبیدن آنها به دیواره چاه، از ریزش جلوگیری نمود.

در روش حفاری دورانی با گردش گل، گل حفاری باعث ایجاد یک پوشش گلی یا اصطلاحا کیک حفاری بر بدنه چاه می‌شود و از ریزش لایه‌ها جلوگیری می‌کند. در این روش چنانچه ریزش شدید باشد و گل حفاری در گردش نتواند به طور کامل از ریزش جلوگیری نماید، می‌توان با افزایش غلظت گل حفاری که چسبندگی آن را بالا می‌برد از ریزش طبقات ریزشی در داخل چاه جلوگیری نمود.

در روش حفاری چکشی با استفاده از هوای فشرده و فوم چنانچه حفاری در سازند سخت باشد و در عمق معینی از سازند براثر عملکرد تکتونیک، خرد شدگی شدید سازند وجود داشته باشد به‌طوری‌که عملا ادامه حفاری با این روش میسر نباشد می‌توان با تغییر روش حفاری چکشی به ضربه‌ای سنگین و استفاده از لقمه‌های رسی و بنتونیتی و یا ناچارا استفاده از روش حفاری دورانی با گردش گل از ریزش دیواره چاه جلوگیری نمود هر چند که در سازندهای سخت استفاده از روش حفاری دورانی با گردش گل به علت نفوذ گل حفاری به داخل درز و شکاف سنگ‌ها و مسدود نمودن مجاری ورود آب به داخل چاه، منع شده است.

۴-۷-۷- نحوه‌ی بستن لایه‌های آبدار با کیفیت نامطلوب (در چاه‌های بهره‌برداری)

در حین حفاری چاه‌های آب در مرحله گمانه‌زنی ممکن است به لایه و یا لایه‌های حاوی آب با کیفیت نامطلوب (برحسب نوع مصرف) برخورد شود و یا مطالعات قبلی وجود سفره‌هایی با کیفیت آب نامناسب را در اعماق مختلف پیش‌بینی و تعیین نموده باشد که در این صورت ضرورت ایجاب می‌نماید، برای جلوگیری از نفوذ آب با کیفیت نامطلوب به چاه و یا تخریب کیفی آب لایه‌های حاوی آب مناسب، جداسازی و انسداد سفره‌های آب نامطلوب صورت گیرد. برای رسیدن به این هدف ابتدا، باید ضخامت و عمق لایه‌ها را مشخص نمود و سپس عملیات جداسازی سفره‌ها انجام شود. وضعیت قرارگیری لایه‌های آبداری که جداسازی آنها مدنظر است، احتمال دارد به سه حالت زیر باشد.

۴-۷-۷-۱- لایه آبدار نامطلوب سطحی باشد (در بالا قرار گرفته باشد)

در این حالت احتمال دارد لایه آبدار با کیفیت نامناسب کم ضخامت و در حدود چندمتر باشد و یا آنکه ضخامت آن زیاد و متجاوز از چند ده متر بوده که در هر صورت با نصب لوله هادی براساس توضیحات بند ۴-۶ دستورالعمل و تزریق سیمان به شرح زیر لایه آبدار دارای آب با کیفیت نامناسب مسدود می‌شود:

ابتدا حفاری تا سطح زیرین سنگ کف آبخوان با کیفیت نامطلوب انجام می‌شود و سپس بایرقو زدن چاه و نصب لوله هادی و سپس تزریق سیمان بین لوله هادی و دیواره چاه، ستون غیرقابل نفوذی ایجاد می‌گردد که مانع ارتباط هیدرولیکی بین آبخوان با کیفیت نامطلوب و آبخوان مطلوب می‌شود.

۴-۷-۷-۲- لایه آبدار نامطلوب بین لایه‌ای باشد (آبخوان یا آبخوان‌های میانی)

در این حالت لایه دارای آب نامناسب در بین دو آبخوان با سفره آب مناسب واقع شده و یا آنکه با تناوبی نسبت به یکدیگر و در اعماق مختلف قرار گرفته باشد. در این حالت عملیات انسداد و جداسازی از عمیق‌ترین لایه آبدار نامطلوب آغاز شده و به بالاترین آنها ختم می‌شود.

نحوه عمل و روش کار بدین قرار است که پس از برقوزنی گمانه براساس روش ارائه شده تا عمق لایه حاوی آب مناسب مبادرت به لوله‌گذاری می‌شود. ابتدا در مقابل آبخوان حاوی آب مناسب لوله مشبک یا اسکرین نصب نموده و در مقابل لایه‌های حاوی آب نامناسب، لوله جدار کور (غیرمشبک) با دقت کافی قرار می‌گیرد. سپس مبادرت به شن‌ریزی دور لوله جدار مشبک یا اسکرین به ضخامت و طول لایه دارای آب مناسب و تا سقف آن می‌گردد. در حد فاصل لایه‌های دارای آب مناسب و نامناسب با نصب یک حلقه لاستیکی مقاوم مخصوص در پشت لوله و راندن آن تا سقف لایه با آب مناسب و بالای شن ریخته شده، این دو لایه از هم تفکیک و مجزا می‌شود. با ریختن مقداری رس خالص پرده غیرقابل نفوذی در حد فاصل دو لایه حاوی آب مناسب و نامناسب ایجاد نموده و در طول و ضخامت لایه حاوی آب نامناسب و لوله جدار غیر مشبک، دوغاب سیمان و تا کف آبخوان مناسب فوقانی ریخته می‌شود و بدین ترتیب در مورد سایر لایه‌های آبدار مناسب و غیرمناسب تا سطح زمین و دهانه چاه عمل می‌شود.

۴-۷-۷-۳- لایه آبدار نامطلوب در انتها واقع شده باشد (آبخوان عمیق)

در این حالت لایه حاوی آب نامطلوب در قسمت انتهایی چاه و زیر لایه‌های دارای آب مناسب قرار دارد. در این گونه موارد پس از حفاری گمانه قبل از برقوزنی یا گشاد نمودن چاه، قسمت انتهایی چاه که فاقد آب با کیفیت نامطلوب می‌باشد تا کف آبخوان دارای آب مناسب به دقت سیمان‌کاری شده و سپس نسبت به تبدیل گمانه به چاه اقدام می‌شود.

۴-۷-۷-۴- سیمان‌کاری[1]

سیمان‌کاری چاه عملی است که طبق آن فضای حلقوی بین دیواره چاه و سطح خارجی لوله و یا تمامی فضای گمانه حفر شده برای محافظت لایه‌های بالایی از آلودگی و یا انسداد لایه‌های آبدار با کیفیت نامناسب به‌وسیله دوغاب سیمان و یا رس پر و مسدود

1- Grouting

می‌گردد. دوغاب سیمان[1] مخلوطی است از سیمان و آب که می‌توان آن را به‌طور آزاد و یا از داخل لوله با نیروی ثقل و یا توسط پمپ به لایه مورد نظر انتقال داد و یا تزریق نمود.

- اهداف سیمان‌کاری چاه

- محافظت لایه‌های سطحی و آبخوان‌های حاوی آب با کیفیت مناسب از نفوذ آب‌های سطحی
- انسداد لایه‌های حاوی آب با کیفیت نامناسب و جلوگیری از تخریب کیفی آب چاه
- نگهداری و محکم نمودن لوله‌های جدار به‌ویژه لوله هادی

- ترکیب و چگونگی ساخت دوغاب سیمان

برای تهیه دوغاب سیمان حدود ۲۵ تا ۳۰ لیتر آب (برخی منابع بین ۲۳ تا ۲۷ لیتر آب برای یک کیسه ۵۰ کیلوگرمی سیمان پیشنهاد داده‌اند) را با ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم سیمان مخلوط کرده و غلظت آن را به‌نحوی تنظیم می‌نمایند که به سهولت از لوله‌های تزریق دوغاب قابل عبور باشد. در مواردی که آب شیرین در دسترس نباشد و یا لایه‌هایی که قصد انسداد آنهاست بسیار شور باشد استفاده از سیمان نوع ۵ (سیمان ضد سولفات) توصیه می‌شود. اضافه نمودن ۲ تا ۳ کیلوگرم بنتونیت به یک کیسه سیمان موجب بهبود کیفی دوغاب خواهد شد. در این حالت آب مورد نیاز برای هر کیسه سیمان حدود ۲۰ لیتر خواهد بود.

آب مورد استفاده برای تهیه دوغاب سیمان باید عاری از روغن و هر گونه مواد آلی مانند برگ و خاشاک، خرده چوب، کاه و ... بوده و املاح محلول درآن باید کم‌تر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد.

برای عملیات سیمان‌کاری در حجم زیاد به‌ویژه چاه‌های تامین آب شرب، هنگام تهیه دوغاب سیمان توصیه می‌شود، از ماشین‌های مخلوط‌کن[2] استفاده شود. چاه‌هایی که عملیات سیمان کاری چندانی ندارند و یا قصد انسداد لایه‌های کم ضخامت است از بشکه‌های تمیز ۲۲۰ لیتری فلزی و یا پلاستیکی برای تهیه دوغاب سیمان می‌توان استفاده نمود. اضافه نمودن درصد اندکی آهک[3] به دوغاب موجب سهولت حرکت آن و همچنین بهبود کیفی دوغاب می‌شود.

در مواردی‌که از حفاری به روش ضربه‌ای استفاه می‌شود، می‌توان برای بستن لایه‌های انتهایی چاه از کیسه‌های پارچه‌ای محتوی گل رس، سیمان، ماسه و بنتونیت استفاده نمود. بدین ترتیب که کیسه‌های پر شده از مواد مذکور را به داخل چاه رها کرده تا در کف چاه قرار گیرد. سپس با راندن مته و میله سنگین کننده به روی آنها موجب پاره شدن کیسه‌ها و فشرده شدن مواد داخل آن شده و عملیات انسداد در کف چاه تا عمق مورد نظر انجام خواهد شد.

در برخی مواقع از پرلیت که یک ماده آتشفشانی است در مخلوط دوغاب نیز استفاده می‌کنند در مواقع مصرف این ماده در دوغاب بایستی آن‌را با ۲ تا ۶ درصد بنتونیت به سیمان اضافه نمود تا از جدا شدن آن از دوغاب سیمان جلوگیری کرد. این ماده چگالی دوغاب را کاهش داده و بازده مصالح را افزایش می‌دهد و به‌عنوان یک ماده پل‌بند برای خلل و فرج و شکستگی سازندها عمل می‌کند.

1- Grout
2- Concrete Mixer
3- Hydrated Lime

اضافه شدن خاک دیاتومه‌دار و سیمان باعث افزایش چگالی مخلوط شده و وزن دوغاب را حدودا ۱۰ تا ۴۰ درصد اضافه می‌کند. گیلونایت که نوعی قیر بوده دارای وزن مخصوص ۱/۰۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب بوده و مصرف آن در دوغاب سبب تسریع یا تعویق گیرش سیمان نمی‌شود. این ماده خاصیت خورندگی دوغاب را کاهش داده و مقاومت دوغاب را در برابر مواد اسیدی و قلیایی افزایش می‌دهد.

در مواردی که چاه تا اعماق زیاد حفر و لوله‌گذاری می‌شود چنانچه نیاز به سیمانته کردن بخش پایین چاه نباشد، فواصل بین لوله جدار و دیواره چاه در قسمت‌های پایین از گراول پر می‌گردد. در این حالت وسیله پل مانندی در چاه نصب تا دوغاب سیمان به منطقه گراول‌ریزی شده سرایت نکند. پر کردن پشت لوله جدار تا ارتفاع مناسب با ماسه به‌جای پل بند یک امر معمولی است. ماسه به‌کار رفته باید تا حد مناسبی ریز باشد تا سیمان نتواند بیش از ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در آنها رخنه کند. (قطر بیش از ۵۰ درصد ماسه‌ها باید بین ۰/۳ تا ۰/۶ میلی‌متر باشد). این قطر تقریبا درشت‌ترین حد جلوگیری از نفوذ زیاد دوغاب سیمان است. تجربیات نشان داده است که سیمان در ماسه‌های هم شکل با قطر کوچک‌تر از ۰/۶ میلی‌متر یا ماسه‌های غیر هم شکل با قابلیت نفوذ کم‌تر از ۴×۱۰^{-۴} مترمکعب در روز در یک مترمربع، نفوذ نخواهد کرد.

۴-۷-۷-۵- توصیه‌های لازم در عملیات دوغاب‌ریزی

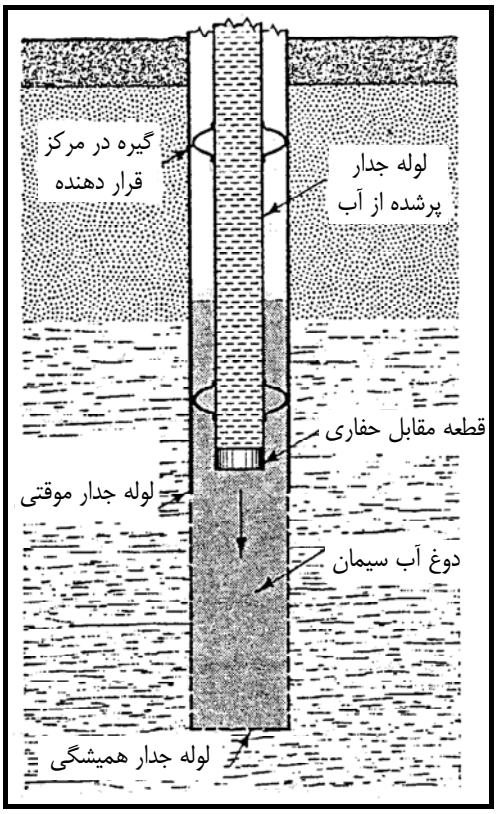
- عملیات دوغاب‌ریزی در چاه باید پیوسته و بدون وقفه آنجام شود.
- درصورتی‌که هدف از سیمان‌کاری، انسداد قسمت انتهایی چاه باشد، ضروری است دقت به‌عمل آید تا دوغاب سیمان تمامی فضای حلقوی چاه را در بر گیرد و فضای خالی به هیچ وجه درآن وجود نداشته باشد. قبل از سیمان‌کاری درصورتی‌که روش حفاری ضربه‌ای باشد، انتهای چاه با گل‌کش کاملا تمیز شود و عاری از هر گونه مواد کنده شده باشد و هر گاه روش حفاری دورانی با گردش گل و فوم باشد با ایجاد گردش آب و چرخه گل به مدت مناسب از پاک بودن کف چاه از مواد کنده شده، اطمینان حاصل شودد.

۴-۷-۷-۶- روش‌های دوغاب‌ریزی

با عمیق شدن چاه‌های آب استفاده از روش‌های دوغاب‌ریزی الزامی‌تر شده است. در زیر به روش‌های متداول دوغاب‌ریزی اشاره می‌شود:

- دوغاب‌ریزی توسط عملیات دستی (نیروی ثقل)

ریختن دوغاب سیمان تحت نیروی ثقل در چاه‌های کم عمق یکی از راه‌های ساده دوغاب‌ریزی می‌باشد. در این روش مقداری دوغاب سیمان در چاه ریخته و سپس لوله جداری که ته آن با صفحه قابل حفاری مثل چوب، پلاستیک و یا ماده پلاستیکی مسدود شده، توسط گیره‌هایی در وسط چاه قرار می‌گیرد. لوله جدار در حال پایین رفتن در چاه به دوغاب سیمان فشار آورده و آن‌را بطرف بالا و در فضاهای خالی دیواره چاه میراند (شکل ۴-۴- الف) را ببینید.



شکل ۴-۴- الف- روش دوغاب‌ریزی با قراردادن لوله جدار در چاه

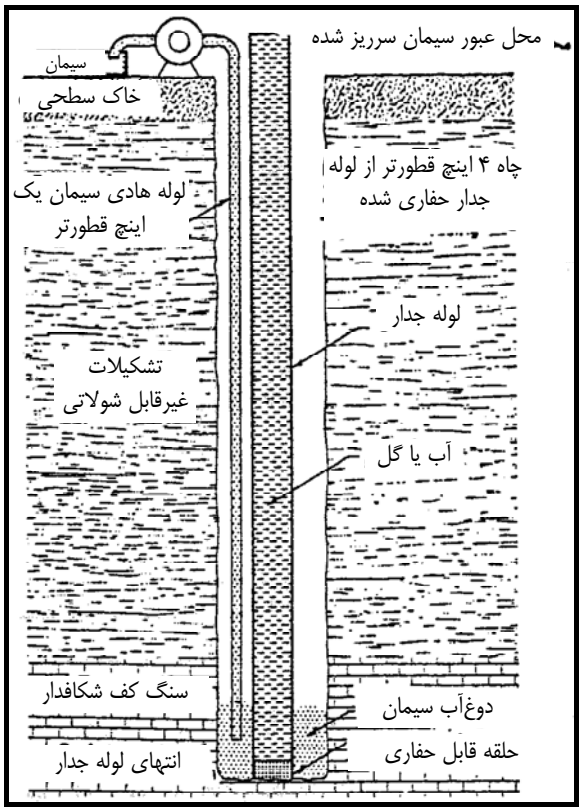
در صورت شناور شدن لوله جدار در سیمان، آن‌را با آب پر می‌کنند. برای فرو رفتن لوله جدار در دوغاب سیمان بعضی اوقات ممکن است حتی سنگینی زیادتری نیز لازم باشد. در صورت نصب لوله جدار موقت جهت جلوگیری از ریزش چاه باید، در مراحل اولیه دوغاب‌ریزی و قبل از آنکه دوغاب سیمان هنوز حالت سیالی خود را از دست نداده، لوله از چاه خارج شود.

حجم دوغاب سیمان بایستی در حد مورد لزوم کافی بوده تا بتواند کلیه فضاهای خالی بین لوله جدار دایمی و دیواره چاه تا ارتفاع مناسب و مورد نظر را پر کند. زمان معمولی سفت شدن سیمان معادل با ۷۲ ساعت بوده ولی می‌توان با اضافه نمودن موادی به سیمان این زمان را به ۴۸ ساعت کاهش داد. صفحه ته لوله جدار را خیلی سریع نبایستی حفاری و یا خارج نمود. چرا که ممکن است سیمان هنوز سفت نشده و به داخل لوله جدار وارد و سبب خسارت گردد.

درصورتی‌که چاه به روش روتاری حفر شده باشد پر از گل بوده که وزن مخصوص آن سبک‌تر از دوغاب سیمان است لذا گل حفاری در موقع هدایت دوغاب سیمان به داخل چاه، از آن خارج می‌شود.

- دوغاب‌ریزی از طریق لوله نصب شده در پشت لوله جدار

در چاه‌های قطور و تا عمق حدود ۵۰ متر که فضای کافی و مناسب بین لوله جدار و دیواره چاه وجود دارد عملیات دوغاب‌ریزی را با نصب لوله مستقیم و کوچکی در خارج از لوله جدار می‌توان انجام داد. ته لوله جدار با صفحه قابل حفاری مثل چوب و یا صفحه پلاستیکی مسدود می‌شود و آن‌را توسط گیره‌هایی در مرکز چاه قرار می‌دهند. لوله جدار را ممکن است با فشار به داخل طبقات رسی راند تا ته آن مسدود شده و دوغاب سیمان وارد آن نشود (شکل ۴-۴- ب) را ببینید.



شکل ۴-۴-ب- تزریق دوغاب با نصب لوله هادی در پشت لوله جدار

برای شناور نشدن لوله جدار در موقع ریختن دوغاب سیمان در چاه می‌توان آن‌را از آب پر نمود و یا آن‌را با قراردادن متـه و وسایل سنگین حفاری وزین نمود. قطر مناسب لوله هادی سیمان ۲ تا ۲/۵ سانتی‌متر بوده و در حالت معمولی باید قطر دیواره چاه ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بزرگ‌تر از قطر لوله جدار باشد تا فاصله لازم جهت جای گرفتن لوله هادی دوغاب سیمان در بین آن دو وجود داشته باشد. در این روش، دوغاب‌ریزی بطریق ثقلی نیز می‌تواند انجام شود اما استفاده از پمپ به لحاظ صرفه‌جویی در وقت ترجیح داده می‌شود. در این صورت فشار پمپ مورد لزوم حداقل باید معادل فشار هیدرواستاتیکی جریان دوغاب و اصطکاک مایع هادی و اصطکاک مایع موجود در فضاهای خالی دیواره چاه و لوله جدار باشد. لازم به ذکر است این لوله در صورت نصب تا انتهای چاه باید در فواصل چند متر سیمان‌کاری از چاه بیرون کشیده شود.

- روش دوغاب‌ریزی با لوله سیمان‌کاری

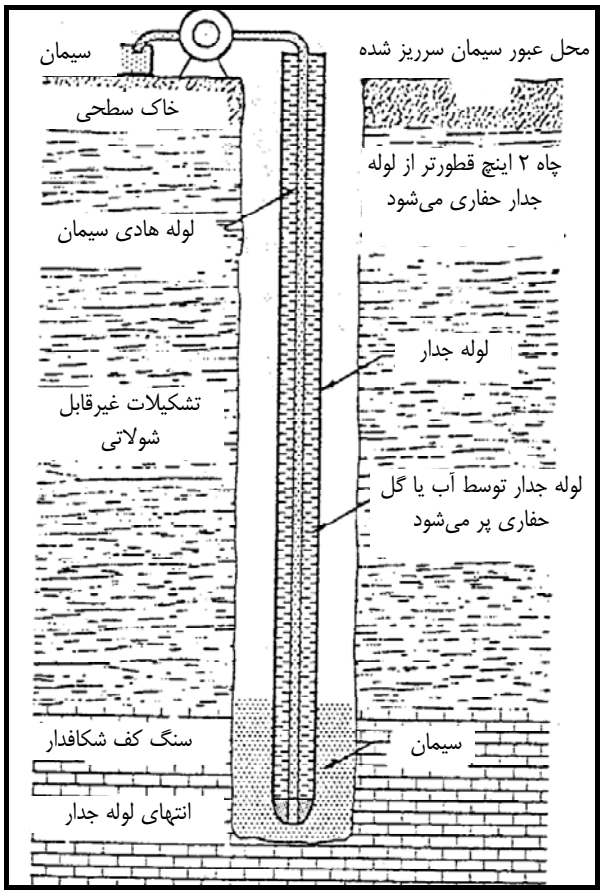
این لوله مشابه با لوله هادی[1] گراول بوده و معمولا برای ریختن شفته یا بتن در زیر آب کاربرد دارد. اصولا لوله باید تا پایین‌ترین محل سیمان و بتن‌ریزی نصب شود و تا هنگام خاتمه نیافتن عملیات دوغاب‌ریزی باید در زیر دوغاب و بتن بماند. بعد از خاتمه عملیات ممکن است لوله در همان محل باقیمانده و یا به آهستگی و به تدریج خارج شود، لوله هادی را در صورت قطع عملیات باید تا سطح بالای سیمان‌کاری بالا کشید و تا خارج نشدن تمامی هوا و یا آب موجود در آن مجددا نباید برای عملیات بعدی از آن استفاده نمود.

1- Conductive

- روش قراردادن لوله هادی در داخل لوله جدار

در صورت عدم وجود فضای کافی در بین لوله جدار ودیواره چاه جهت نصب لوله هادی سیمان، می‌توان با ریختن دوغاب سیمان پشت لوله جدار از نصب لوله هادی در داخل آن استفاده کرد. وسیله مخصوصی در ته لوله جدار نصب می‌شود که از ورود جریان خارجی و دوغاب سیمان به داخل لوله جدار جلوگیری می‌کند و در عین حال لوله هادی به آن متصل می‌شود. لوله هادی بعد از سفت شدن دوغاب سیمان از لوله جدار جدا شده، ولی وسیله نصب آن در ته لوله جدار در چاه باقی می‌ماند. این وسیله که توسط سوپاپ یک طرفه‌ای از ورود سیمان به داخل لوله هادی جلوگیری می‌کند به‌نام کفشک سیمان‌کاری یا کفشک شناور[1] نامیده می‌شود. این وسیله بعد از خاتمه عملیات سیمان‌کاری توسط مته خرد و از چاه خارج می‌گردد.

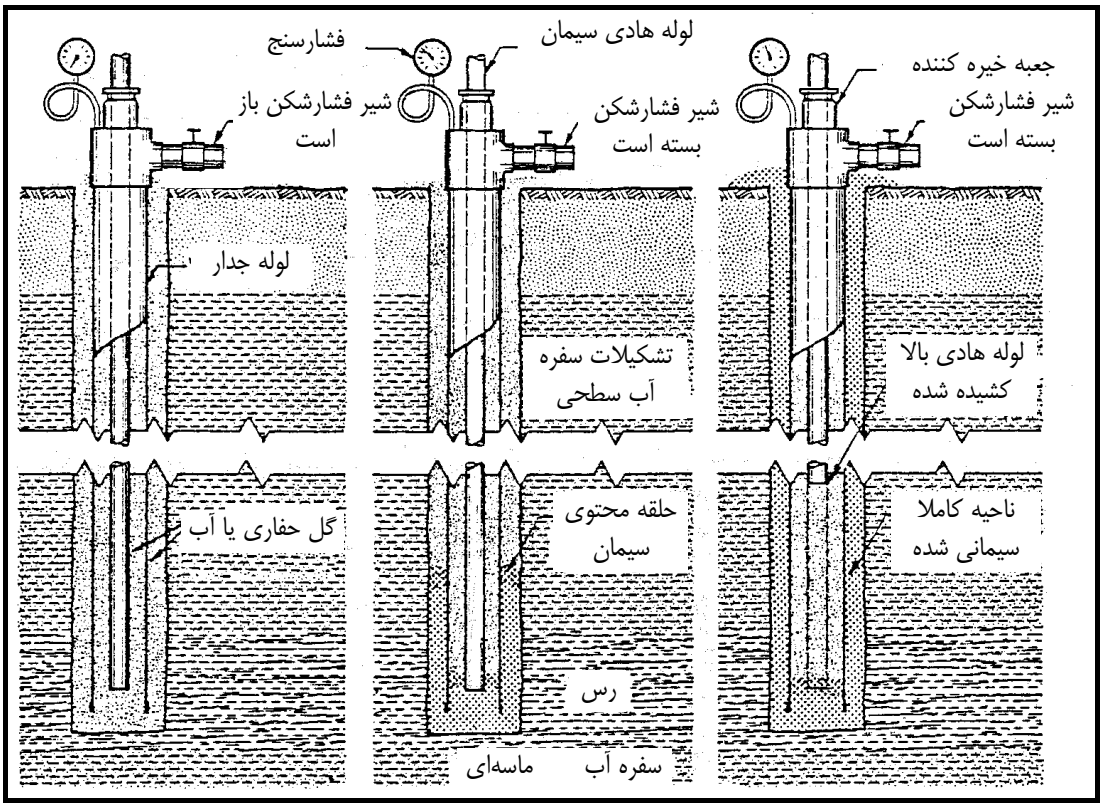
برای جلوگیری از شناور شدن لوله جدار در دوغاب سیمان، باید آن‌را از آب پر نمود. دوغاب سیمان از طریق پمپاژ در لوله هادی و از طریق کفشک سیمان‌کاری در فضای بین لوله جدار و دیواره چاه از پایین بطرف بالا رانده می‌شود. لوله هادی پس از رسیدن سیمان به سطح زمین یعنی پر شدن تمام فضاهای خالی اطراف لوله جدار از کفشک سیمان‌کاری جدا می‌گردد. سپس با پمپ نمودن آب در آن، از دوغاب سیمان عاری شده و از چاه خارج می‌گردد. ضمن آن که می‌توان چاه را نیز شستشو داد. (شکل ۴-۴- ج)



شکل ۴-۴-ج- نصب لوله هادی سیمان توسط کفشک سیمان‌کاری در داخل لوله جدار

1- Float-Shoe

عملیات سیمان‌کاری ممکن است بدون نصب صفحه مسدودکننده کفشک سیمان‌کاری انجام شود. در این روش لوله هادی سیمان از میان جعبه‌ای به نام[1] که در بالای لوله جدار نصب شده، عبور می‌کند. این جعبه دارای سرپوش آب بندی بوده که سر لوله جدار نصب و مانع عبور جریان از لوله جدار می‌شود. لوله هادی دوغاب سیمان در حد ۱ تا ۱/۲ متری بالاتر از انتهای لوله جدار و به‌طور معلق نصب می‌شود. لوله هادی سیمان به طریقی در لوله جدار تعبیه می‌شود که بتوان در خاتمه تزریق دوغاب، آن‌را از جعبه واقع در روی لوله جدار تا حدود ۱۰ متر بیرون کشید. یک شیر هواگیر روی لوله جدار طوری نصب شده که بتواند هوای درون آن‌را خارج نموده تا لوله جدار پر از آب یا گل نشود. (شکل ۴-۴- د).



شکل ۴-۴- د- سیمان‌کاری با لوله هادی بدون کفشک سیمان‌کاری

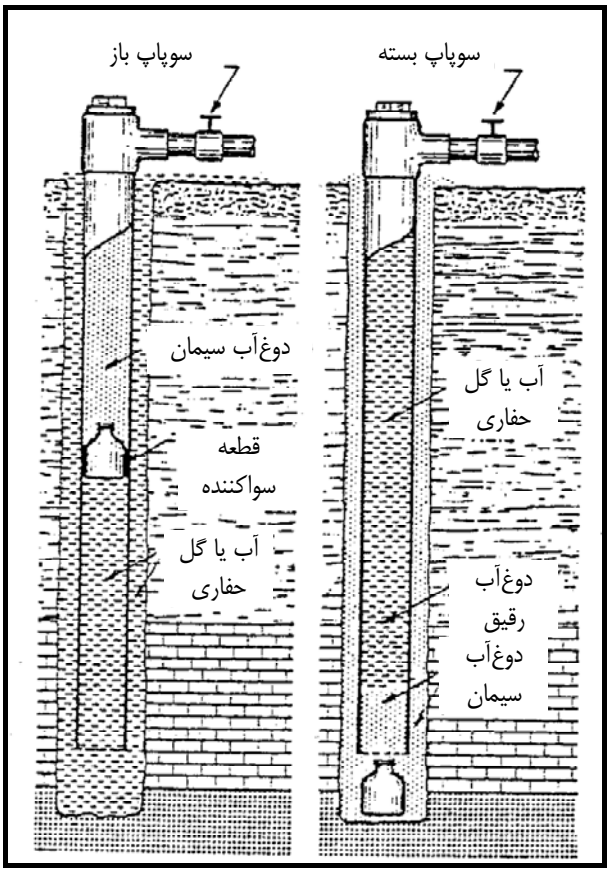
در مراحل اولیه تمام فضای خالی پشت و داخل لوله جدار پر از آب یا گل می‌شود. سپس قسمت بالایی لوله جدار (شیر هوا) بسته شده و عمل سیمان‌کاری شروع و دوغاب سیمان با فشار از لوله هادی عبور و پس از گذشتن از انتهای لوله جدار وارد فضای پشت آن می‌شود. پمپاژ دوغاب سیمان در لحظه جاری شدن از اطراف لوله جدار در سطح زمین قطع و با پمپاژ آب یا گل به داخل لوله هادی، آن‌را از سیمان پاک می‌کنند. در این حالت لوله هادی را تا اولین اتصال زیر جعبه یاد شده از چاه بیرون می‌کشند تا در سیمان موجود در ۹۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متری حد پایینی لوله جدار سفت و محکم نشود. لوله جدار و لوله هادی تا سفت نشدن سیمان باید کاملا در تحت شرایط فشار قبلی باقی بماند و سپس از چاه خارج شود. حفاری چاه پس از خرد و حفاری کردن کفشک یا وسیله قابل حفاری ته لوله جدار، ادامه پیدا می‌کند.

1- Staffing Box

- **روش سیمان‌کاری توسط لوله جدار**

در این روش، دوغاب سیمان از داخل لوله جدار به پایین رفته و به فضای خالی بین دیواره چاه و لوله جدار رانده می‌شود. این روش با نصب یک یا دو توپی در روی لوله جدار انجام می‌گیرد. در روش دوتوپی، یک عدد توپی در حد فاصل بین مایع درون لوله جدار و دوغاب سیمان قرارداده می‌شود و توپی دیگر در حد فاصل بین دوغاب سیمان و آبی که بعدا در لوله تزریق می‌شود، قرار می‌گیرد. اولین توپی بعد از تزریق آب یا گل حفاری به درون لوله جدار رانده می‌شود و در این حالت لوله جدار برای تزریق سیمان آماده می‌باشد. دومین توپی پس از تزریق کردن مقدار کافی و مورد لزوم از دوغاب سیمان به درون لوله جدار، در آن قرار می‌گیرد، و سپس مقداری آب در حدی که توپی دومی به لوله جدار برسد و کلیه سیمان درون لوله جدار به فضای پشت آن رانده شود، در آن تزریق می‌شود. آب درون لوله جدار ایجاد فشار نموده و لذا دوغاب سیمان نمی‌تواند جریان معکوس تولید کند و به داخل لوله جدار برگردد. بنابراین آب موجود در لوله جدار تا هنگام سفت شدن دوغاب بایستی با همان فشار درون لوله جدار باقی بماند.

حفاران با تجربه در این روش تغییراتی داده‌اند و آن استفاده از یک توپی است بدین معنی که پس از پر شدن لوله جدار با گل حفاری و یا آب، توپی در لوله جدار نصب می‌شود و سپس مقدار معینی دوغاب سیمان درون لوله جدار تزریق می‌شود. جهت راندن سیمان از لوله جدار به فضای بین لوله جدار و دیواره چاه مقداری آب به درون لوله تزریق می‌شود. در عمل از نظر در تماس بودن مستقیم سیمان و آب بایستی از ۳ تا ۴/۵ متر دوغاب سیمان در طول لوله جدار به‌علت رقیق شدن صرفنظر نمود. (شکل ۴-۴- هـ).



شکل ۴-۴-هـ- دوغاب‌کاری توسط لوله جدار واستفاده از یک توپی

تغییر دیگری که توسط حفاران با تجربه صورت گرفته، استفاده از توپی بالایی یا دومی جهت جلوگیری از تماس آب با دوغاب سیمان بوده که عملا از ضایع شدن مقداری دوغاب سیمان جلوگیری می‌کند. در این روش، سیمان توسط توپی از لوله جدار خارج شده و به‌همین دلیل قسمت انتهایی لوله جدار را آغشته نمی‌کند. مساله مهم جنس توپی بوده که باید از مواد قابل حفاری انتخاب شود تا بدون خسارت به لوله جدار، بتوان آن‌را خرد کرد و بیرون آورد. از ورقه‌های چوبی و بعضی مواد پلاستیکی می‌توان جهت تهیه توپی استفاده نمود. خرد کردن توپی در هنگام وجود لایه‌های ماسه یا رسی در زیر آن به سبب کاهش اصطکاک متـه با توپی به کندی صورت می‌گیرد.

لازم به ذکر است که در همه روش‌های مذکور بهتر است، دوغاب سیمان قبل از تزریق به داخل چاه، از صافی حفاظتی عبور داده شود تا عاری از هر گونه سنگ ریزه و قطعه سنگ شود.

۴-۷-۸- تفکیک آبخوان آزاد و تحت فشار (با توجه به اهداف حفاری)

با توجه به هدف از حفاری که می‌تواند حفر چاه مشاهده‌ای، اکتشافی و یا بهره‌برداری باشد، در صورت وجود یک آبخوان آزاد و یک یا چند آبخوان تحت فشار و جلوگیری از هر گونه تداخل آب‌های زیرزمینی موجود در این آبخون‌ها، از روش‌های ذکر شده در بند ۴-۷-۷ دستورالعمل استفاده می‌شود.

۴-۷-۹- آزمایش اولیه آبخوان

در روش‌های مختلف حفر چاه‌های آب، قبل از تبدیل گمانه به چاه باید نسبت به انجام آزمایش‌های اولیه به‌منظور برآورد آبدهی چاه و یا آبخوان، اقدام نمود و سپس در صورت مثبت بودن نتایج مبادرت به برقوزنی گمانه می‌نمایند.

۴-۷-۹-۱- آزمایش آبدهی چاه در روش حفاری ضربه‌ای

در صورت برخورد به آب زیرزمینی در روش حفاری ضربه‌ای و پس از اتمام عملیات حفاری باید نسبت به برآورد آبدهی چاه مبادرت نمود. مراحل انجام آزمایش آبدهی چاه در این روش به‌شرح زیر می‌باشد:

- قبل از شروع آزمایش لازم است حداقل ۱۲ ساعت از توقف حفاری گذشته باشد تا سطح آب در چاه ثابت شود.
- ابعاد گل‌کش[1] دستگاه حفاری به‌طور دقیق اندازه‌گیری شده و حجم آن محاسبه می‌شود.
- سطح آب در گمانه به‌وسیله عمق‌یاب اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.
- آبکشی از چاه توسط گل‌کش به‌طور مرتب و سریع به‌عمل می‌آید و زمان شروع تا پایان آزمایش توسط زمان سنج دقیقا اندازه‌گیری می‌شود (با توجه به عمق سطح آب زیرزمینی درگمانه عمل آبکشی از چاه توسط گل‌کش در ۳۰ تا ۵۰ نوبت انجام شود). باید سعی شود گل‌کش تا اندازه‌ای که کاملا پر شود به زیر سطح آب زیرزمینی رانده شود.
- بلافاصله بعد از خاتمه آزمایش، ضمن یادداشت نمودن زمان آزمایش، سطح آب زیرزمینی در چاه به‌وسیله عمق‌یاب اندازه‌گیری می‌شود و پس از آن برگشت سطح آب و سرعت جبران آن طبق شرایط و نحوه عمل آزمایش برگشت در آزمایش‌های پمپاژ، اندازه‌گیری و ثبت شود. این اندازه‌گیری تا رسیدن سطح آب زیرزمینی به حدود سطح آب اولیه ادامه می‌یابد.

1- Bailer

- با در نظر گرفتن تعداد دفعات آبکشی و حجم گل‌کش، آبدهی لحظه‌ای چاه برحسب معیارهای متداول حجم در زمان معین و با استفاده از رابطه زیر محاسبه و تعیین می‌شود.

$$\text{آبدهی لحظه‌ای} = \frac{\text{حجم گل‌کش} \times \text{تعداد دفعات آبکشی}}{\text{زمان تخلیه}} \qquad (۱-۴)$$

معمولا آبدهی برحسب لیتر در ثانیه محاسبه می‌شود.

- چنانچه افت سطح آب زیرزمینی ناشی از تخلیه آب چاه به‌وسیله گل‌کش زیاد نباشد و برگشت آب به سطح اولیه سریع جبران شود و با در نظر گرفتن میزان آب مورد نیاز مصرفی، گمانه از نظر آبدهی قابلیت تبدیل به چاه را دارد و در این صورت ادامه عملیات تکمیل چاه بلامانع می‌باشد.
- در مواردی‌که افت سطح آب درگمانه زیاد و قابل توجه باشد و یا جبران آن به سرعت صورت نگیرد برحسب آب مورد نیاز و شرایط منطقه و محل مصرف آب می‌توان نسبت به تبدیل گمانه به چاه اتخاذ تصمیم نمود. دقت آزمایش آبکشی با گل‌کش بستگی به عمق سطح آب زیرزمینی و سالم بودن گل‌کش از نظر آب‌بندی دارد.

۴-۷-۹-۲- آزمایش آبدهی چاه در روش حفاری دورانی با گردش گل

به‌علت استفاده گل حفاری در این روش، امکان انجام آزمایش آبدهی چاه در حین حفاری به روش مستقیم وجود ندارد. از این رو برای تبدیل گمانه به چاه لازم است پس از پایان حفاری گمانه با انجام عمل چاه‌پیمایی (طبق دستورالعمل شماره ۹۹- الف استاندارد مهندسی آب کشور) با تعبیر و تفسیر منحنی‌های به‌دست آمده، مقایسه آنها با لاگ زمین‌شناسی چاه، وضعیت لایه‌های آبدار تا حدودی مشخص می‌شود و براساس نتایج به‌دست آمده در خصوص تبدیل گمانه به چاه تصمیم‌گیری می‌شود.

۴-۷-۹-۳- آزمایش آبدهی چاه در روش حفاری چکشی

در روش حفاری چکشی از هوای فشرده و کف به‌عنوان مایع حفاری استفاده می‌شود. برای آزمایش آبدهی چاه دراین روش درصورتی‌که گمانه به آب برخورد نموده باشد از روش هوای فشرده[1] استفاده می‌شود. در این آزمایش میزان آبدهی و افت تقریبی سطح آب زیرزمینی اندازه‌گیری می‌شود و براساس آن تصمیم به تبدیل گمانه به چاه می‌نمایند.

آزمایش آبدهی به‌وسیله هوای فشرده به دو صورت زیر انجام‌پذیر است:

- روش مستقیم

در این روش هوای فشرده مستقیما به داخل سوزن‌های حفاری که تا عمق مورد نظر نصب شده‌اند رانده می‌شود، فشار هوا موجب خروج آب از اطراف سوزن در گمانه می‌شود. میزان آب خروجی بستگی به سطح آب زیرزمینی در گمانه، قدرت آبدهی آبخوان، فشار حجم هوای کمپرسور (قدرت کمپرسور) دارد که لازم است این عوامل در محاسبه آبدهی چاه مد نظر قرار گیرد.

1- Airlift

- روش غیرمستقیم

در مواردی‌که لایه‌های حفاری شده در بالای سطح آب زیرزمینی دارای درز و شکاف فراوان و یا پدیده‌های انحلالی بوده و یا فشار و حجم هوای کمپرسور برای خروج آب کافی نباشد و یا سطح آب زیرزمینی در گمانه خیلی پایین باشد، در این صورت روش مستقیم کارآیی نداشته و باید از روش غیرمستقیم استفاده کرد.

در این روش با نصب لوله‌های فولادی به‌قطر $\frac{۱}{۲}$ تا ۱ اینچ به‌نام لوله‌های هوا در داخل سوزن‌های حفاری و یا در داخل لوله‌های فلزی به قطر ۴ تا ۶ اینچ به‌نام لوله‌های آبده به‌شرح زیر مبادرت به آبکشی می‌شود.

ابتدا لوله‌های آبده را در زیر سطح آب و تا عمق مورد نظر نصب نموده، سپس لوله‌های هوا را در داخل لوله‌های آبده کمی بالاتر از عمق نصب آنها قرار می‌دهند. هوای کمپرسور به داخل لوله هوا دمیده می‌شود تا آب از فاصله بین لوله هوا و لوله آبده به خارج از چاه جریان یابد و به این طریق با اندازه‌گیری میزان آب خروجی می‌توان تا حدودی به پتانسیل آبی آبخوان پی برد.

۴-۷-۱۰- برقوزنی[1] چاه‌های بهره‌برداری و اکتشافی

چاه‌های آب در مرحله ابتدایی حفر باید با قطر کم حفر شوند و پس از انجام آزمایش‌های اولیه آبدهی و در صورت مثبت بودن نتایج نسبت به برقوزنی و تراش آنها اقدام می‌شود. حفر چاه با قطر کم ضمن این‌که باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود، سرعت پیشرفت کار را بیش‌تر می‌کند و امکان انجام آزمایش‌های لازم در زمان حفر و بعد از انجام حفاری را فراهم می‌نماید.

۴-۷-۱۰-۱- برقوزنی در روش حفاری ضربه‌ای

در حفاری به روش ضربه ای معمولا حفاری با قطر ۱۰ تا ۱۲ اینچ تا عمق مورد نظر صورت می‌گیرد و چنانچه نتایج آزمایش آبدهی چاه با بیلر (گل‌کش) مثبت باشد نسبت به تراش گمانه وتبدیل آن به چاه اقدام می‌شود. در این روش قطر متداول تراش در صورت عدم نیاز به شن‌ریزی دور لوله جدار، تا ۴ اینچ بیش از قطر لوله جدار خواهد بود و اگر نیاز به شن‌ریزی دور لوله جدار باشد این میزان بایستی ۶ اینچ بیش از قطر لوله جدار باشد.

۴-۷-۱۰-۲- برقوزنی در روش حفاری دورانی در آبرفت

حفاری به روش دورانی در آبرفت معمولا با قطرهای استاندارد $۵\frac{۵}{۸}$ تا $۷\frac{۵}{۸}$ اینچ تا عمق مورد نظر صورت می‌گیرد. بعد از خاتمه حفاری شناسایی و انجام عملیات چاه‌پیمایی، نسبت به برقوزنی چاه تا عمق مورد نظر اقدام می‌شود. عمل برقوزنی در این روش با توجه به قطر چاه و قدرت دستگاه حفاری ممکن است در یک یا دو مرحله متوالی انجام شود. در صورت نیاز به شن‌ریزی دور لوله جدار، قطر برقوزنی باید حداقل ۶ اینچ بیش از قطر لوله جدار در نظر گرفته شود.

1- Reaming

۴-۷-۱۰-۳- برقوزنی در روش حفاری چکشی در سازندهای سخت

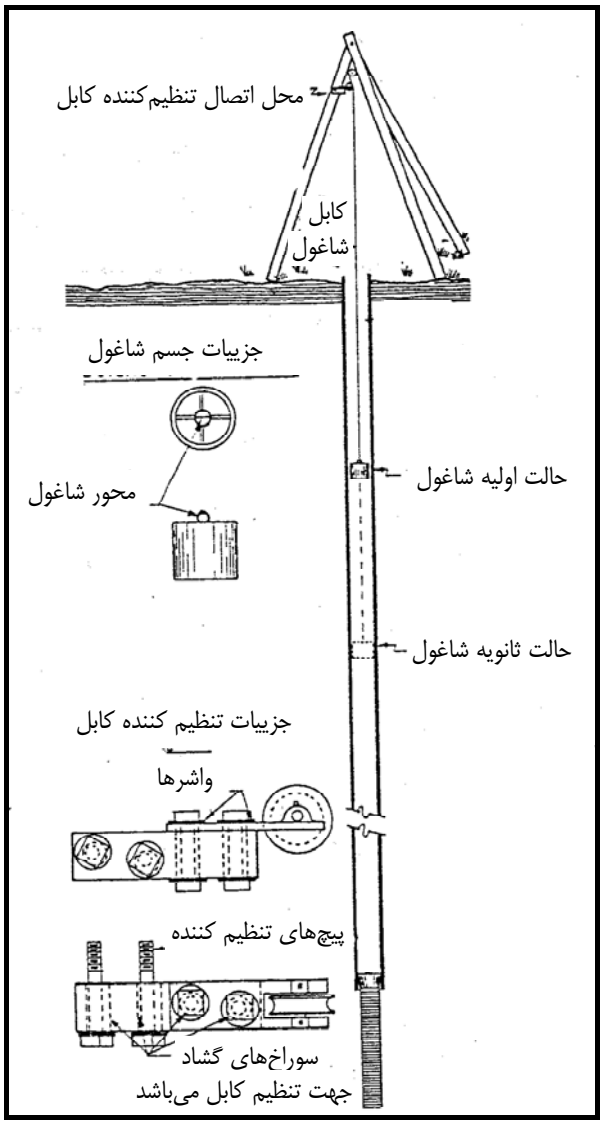
حفاری گمانه در سازندهای سخت که با روش چکشی صورت می‌گیرد ابتدا به قطر حداقل ۶ تا $۷\frac{۳}{۴}$ اینچ انجام می‌شود و پس از انجام آزمایش‌های لازم به‌منظور تعیین ظرفیت آبدهی چاه، نسبت به قطر و عمق برقوزنی و تبدیل آن به چاه اقدام می‌شود. از آنجا که در برقوزنی گمانه حفر شده در سازند سخت نیازی به شن‌ریزی دور لوله جدار نمی‌باشد به همین لحاظ برقوزنی با قطری صورت می‌گیرد که امکان نصب لوله جدار در چاه به آسانی صورت پذیرد. نصب لوله جدار در سازندهای سخت به‌منظور حفاظت پمپ بوده و از این نظر معمولا برقوزنی تا محل نصب پمپ انجام می‌شود.

۴-۷-۱۱- آزمایش قائم بودن چاه

چاه آب باید قائم باشد اما مستقیم و قائم بودن چاه صد در صد غیر ممکن بوده و در عمل باید تا حدودی از قائم بودن چاه چشم‌پوشی نمود. اما انحراف بیش از حد نصب پمپ را با مشکل روبرو می‌کند. عواملی که باعث انحراف چاه می‌شوند عبارتند از:

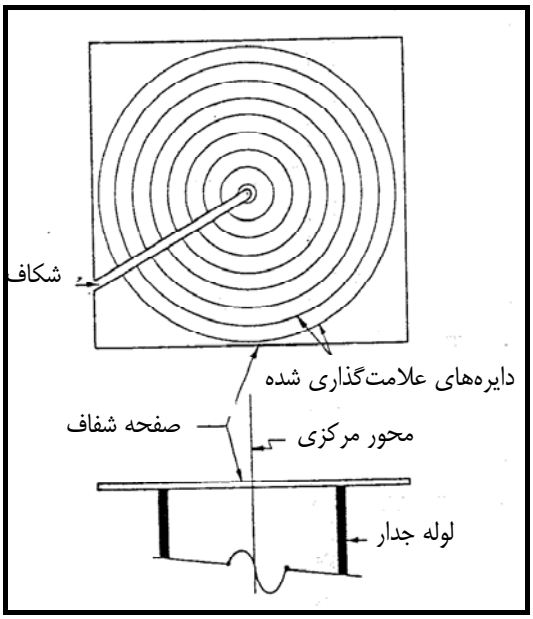
- تراز نبودن دستگاه حفاری
- تغییر شدید در سختی لایه‌های تشکیل دهنده زمین (وجود تخته سنگ و یا قلوه‌های سنگی در رسوبات آبرفتی ریز تا متوسط دانه)
- نیروی فوق‌العاده زیاد وارده بر استم حفاری در روش روتاری که باعث خارج شدن مته از محور مرکزی چاه می‌شود.
- وجود انحنا در مقطع لوله‌های جدار در هنگام جوش شاخه‌های لوله جدار به یکدیگر.
- برای اندازه‌گیری میزان انحراف چاه از یک وزنه استوانه ای که قطر آن ۰/۶۴ سانتی‌متر کم‌تر از قطر لوله جدار می‌باشد، استفاده می‌کنند. این شاغول توسط قلابی به یک رشته سیم با قطر ۰/۳۲ سانتی‌متر متصل می‌گردد. این رشته سیم می‌تواند از دکل حفاری و یا از یک سه پایه آویزان شود. شاغول بایستی به راحتی بتواند در جهات محورهای مختصات حرکت نماید به‌طوری‌که وزنه شاغول به‌طور آزاد و دقیق بر محور سطح مقطع بالای لوله جدار قرار گیرد. علاوه بر سه پایه که برای شاغولی بودن وزنه مورد استفاده قرار می‌گیرد. وسیله دیگری جهت تعیین موقعیت وزنه شاغول در بالای لوله جدار به‌کار می‌رود. این وسیله باید حداقل در فاصله ۳ متری بالای لوله جدار به‌طور افقی به سه پایه یا به دکل حفاری طوری بسته شود که بتواند شاغول را در مرکز و یا به‌طور کلی در محور لوله جدار قرار دهد. لازم به ذکر است که وزنه استوانه‌ای باید به مقدار کافی سنگین باشد تا با رشته سیم در یک خط شاغول قرار گیرد. (شکل ۴-۵)

آزمایش با باز شدن رشته سیم از روی قرقره شروع و اولین اندازه‌گیری با پایین رفتن وزنه استوانه ای در حد ۳ متر انجام می‌شود. مقدار انحراف با خارج شدن رشته سیم از محور مرکزی چاه اندازه‌گیری می‌شود. سپس وزنه شاغولی را ۳ متر دیگر پایین برده و با اندازه‌گیری مقدار انحراف رشته سیم از محور مرکزی چاه می‌توان مقدار انحراف دومین مرحله را اندازه‌گیری نمود. این عمل برای هر سه متر از ستون چاه تا انتهای چاه تکرار می‌شود.



شکل ۴-۵- وسیله اندازه‌گیری قائم بودن چاه

مقادیر انحراف رشته سیم از حالت شاغولی، در صورت دایره‌ای بودن مقطع لوله جدار قابل اندازه‌گیری است در غیر این صورت از وسیله ای شبیه شکل (۴-۶) می‌توان برای اندازه‌گیری میزان انحراف چاه استفاده نمود. این وسیله از یک صفحه پلاستیکی شفاف ساخته شده که بر روی آن تعدادی دوایر متحدالمرکز رسم گردیده است. دوایر متحدالمرکز این وسیله به‌منظور منطبق کردن یکی از آنها در روی لوله جدار است. لبه این صفحه را با شکافی به مرکز آن وصل کرده‌اند. اندازه‌گیری به این نحو شروع می‌شود که در مرحله اول رشته سیم کاملا در مرکز و دایره صفحه پلاستیکی قرا گرفته و وزنه شاغولی طوری میزان می‌شود که بدون کوچک‌ترین خطایی در بالا در مرکز لوله قرار گیرد. در این وضعیت وزنه شاغول به پایین هدایت می‌شود و صفحه پلاستیکی می‌تواند در بالای لوله جدار دوران کند. صفحه پلاستیکی با خارج شدن شاغول از محور مرکزی چاه در همان سمت تغییر جهت داده و سیم شاغول در شکاف آن قرار می‌گیرد.



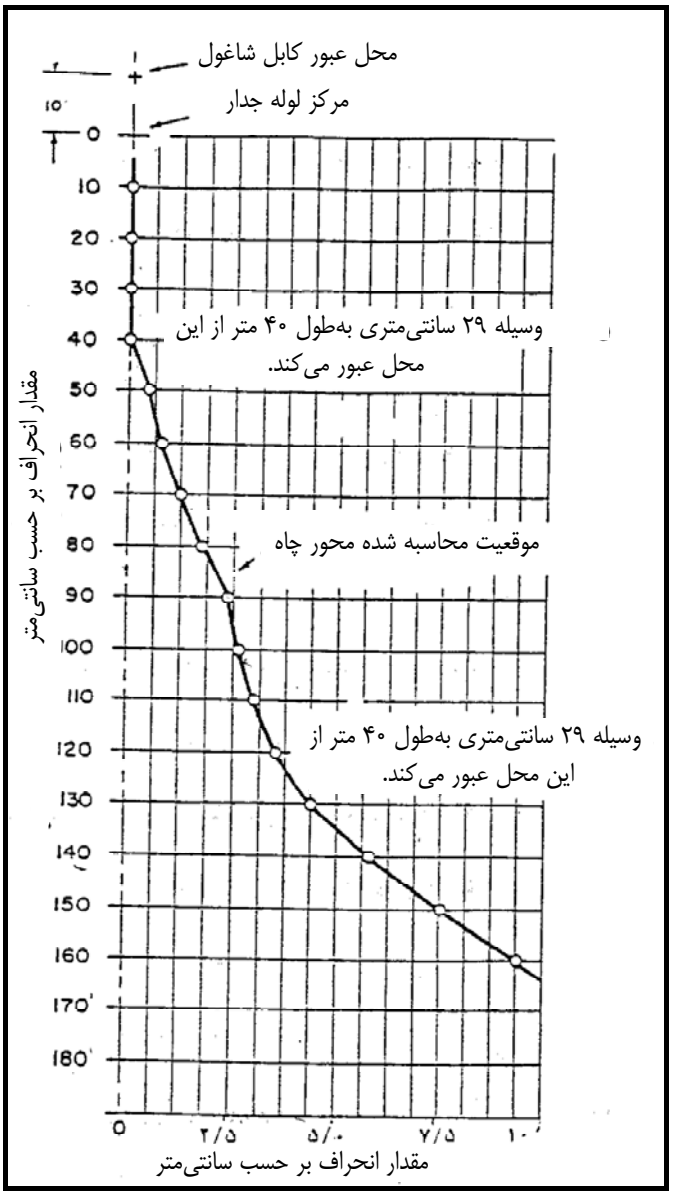
شکل ۴-۶- صفحه پلاستیکی جهت اندازه‌گیری انحراف چاه

مقدار انحراف سیم از محور چاه در درون شکاف صفحه پلاستیکی اندازه‌گیری شده که این مقدار جابه‌جایی رشته سیم معادل با مقدار انحراف یا جابه‌جایی مورد اندازه‌گیری روش قبلی در هنگام نبودن صفحه پلاستیکی است. فاصله بین شاغول و لبه چاه که تا آن هنگام هنوز رشته سیم از مرکز لوله جدار منحرف نشده عمقی از چاه است که به حالت شاغولی حفر شده است.

انحراف چاه در هر نقطه برابر مقدار انحراف رشته سیم در لبه بالایی لوله جدار ضربدر طول رشته سیم باز شده از قرقره تقسیم بر فاصله محل قرقره تا سطح بالایی لوله جدار می‌باشد. به‌طور مثال چنانچه قرقره در ۳ متری بالای چاه و اندازه پایین رفتن وزنه شاغول در لوله جدار نیز برابر با ۳ متر و مقدار انحراف رشته سیم از مرکز تا لبه لوله جدار معادل با ۰/۶ سانتی‌متر باشد مقدار انحراف لوله جدار (چاه) دراین عمق معادل با ۱/۲ سانتی‌متر خواهد بود ($\frac{(۳+۳)}{۳} \times ۰/۶ = ۱/۲$ =مقدار انحراف) و یا چنانچه فاصله وزنه شاغولی از قرقره در عمق ۳۰ متری لوله جدار برابر ۳۳ متر باشد با تقسیم این مقدار به فاصله بین لوله جدار تا محل قرقره (۳ متر) در حد ۱۱ برابر می‌گردد. اگر مقدار انحراف رشته سیم در لبه لوله جدار ۲/۵ سانتی‌متر باشد لذا مقدار انحراف از حد شاغولی در این عمق برابر با ۲۷/۵ سانتی‌متر خواهد بود.

شبیه بودن میزان انحراف برای هر سه متر از ستون چاه نشان می‌دهد که چاه در این فواصل مستقیم بوده اما حالت شاغولی ندارد. شکستگی در مقطع طولی چاه زمانی اتفاق می‌افتد که مقادیر انحراف در یکی از طول‌های ۳ متری ستون چاه، بیش از فواصل مشابه دیگر باشد.

اندازه‌گیری مقادیر انحراف چاه را می‌توان در روی محور مختصاتی که محور افقی آن میزان انحراف برحسب سانتی‌متر و محور عمودی عمق چاه را برحسب متر نشان دهد به‌صورت نمودار ترسیم نمود (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- نمودار خط شاغول و میزان انحراف در یک چاه

با توجه به نمودار فوق مشخص می‌شود که چاه مورد مثال هم دارای شکستگی (غیرمستقیم) بوده و هم از خط شاغول خارج شده است. نمودار فوق دلالت بر این دارد که چاه تا عمق حدود ۴۰ متری شاغولی و مستقیم می‌باشد. شکستگی در لوله جدار این عمق را حفاران اصطلاحا (day-leg) می‌گویند. لوله جدار از این عمق تا حدود ۱۰۰ متری مستقیم اما شاغولی نمی‌باشد. چاه مذکور تا عمق ۴۰ متری می‌تواند برای لوله جدار یا پمپ یا هر وسیله دیگر با همان قطر مورد استفاده قرار گیرد. قطر پمپ یا هر وسیله نصب شده از این عمق به پایین‌تر باید ۳/۲ سانتی‌متر کوچک‌تر از قطر چاه باشد. کاهش قطر از نظر عبور وسیله از محل شکستگی چاه منظور می‌گردد.

۴-۷-۱۲- نظارت بر نحوه تکمیل فرم گزارش روزانه حفاری و فرم نمودار پیشرفت عملیات حفاری

تهیه و تنظیم گزارش روزانه حفاری بسیار حایز اهمیت می‌باشد. زیرا این گزارش باید حاوی اطلاعاتی باشد که براساس آن بتوان مشخصات کمی و کیفی لایه‌های حفاری شده را تعیین نموده و اتخاذ تصمیم درباره تبدیل گمانه به چاه را میسر سازد. در گزارش روزانه حفاری که نمونه آن در فرم شماره ۴-۱ آورده شده است موارد زیر باید دقیقا درج شود:

- نام طرح: درصورتی‌که حفاری در قالب طرح اجرا شود.
- نام کارفرما: نام موسسه، شرکت و یا اشخاص حقیقی.
- روش حفاری: از قبیل ضربه‌ای، دورانی مستقیم یا معکوس، مغزه‌گیری، چکشی و ...
- شماره چاه: درصورتی‌که تعداد چاه‌ها بیش از یک حلقه باشد.
- محل چاه: محل حفر چاه و مختصات U.T.M نقطه‌ای آن.
- تراز سطح زمین: درصورتی‌که دهانه چاه ترازیابی شده باشد رقوم آن ذکر شود (در مورد چاه‌های مشاهده‌ای ترازیابی دهانه چاه الزامی است).
- نوع و مدل دستگاه: مارک دستگاه و قدرت آن قید شود.
- سطح آب زیرزمینی: قبل و بعد از پایان کار روزانه در حفاری‌هاییکه امکان اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی مقدور باشد، ارقام قرائت شده درج شود.
- عمق پیشین: عمق چاه در پایان هر نوبت حفاری قید می‌شود.
- عمق فعلی: عمق چاه در شروع هر نوبت حفاری بعدی اندازه‌گیری و درج می‌شود.
- سرعت حفاری: نفوذ و عمل حفر در یک طول سوزن حفاری[1] نامیده می‌شود که مدت زمان و سرعت آن بستگی به سختی لایه‌ها و قدرت دستگاه حفاری دارد. حفاران با ثبت سرعت نفوذ سوزن در لایه‌های زمین و رفتار دستگاه در سازندهای متفاوت می‌توانند در شناخت طبقات آبدار و متخلخل و نهایتا تنظیم طرح لوله‌گذاری راهنمای مفیدی باشند. در روش حفاری ضربه‌ای سرعت حفاری برحسب متر در ساعت در این ستون درج می‌شود.
- شرح لایه‌ها: با رویت نمونه‌های اخذ شده، شرح ماکروسکوپی آنها از نظر اندازه و میزان خردشدگی و چسبندگی آنها و گردشدگی یا زاویه‌دار بودن و همچنین مقدار رسوبات ریزدانه از قبیل رس و مارن و توصیف رنگ آنها دقیقا درج می‌شود.
- مته‌های به‌کار گرفته شده: قطر مته‌های مصرف شده در اعماق مختلف ذکر می‌شود.
- نمونه‌برداری: در صورت برداشت هر نوع نمونه اعم از دست خورده (روش‌های ضربه‌ای و دورانی) یا دست نخورده (دورانی- مغزه‌گیری) و یا نمونه آب در مقابل عمق توصیف شرح لایه با استفاده از راهنمای ارائه شده در ذیل فرم گزارش علامت مربوط به نوع نمونه قید می‌گردد. در صورت برداشت مغزه درصد بازیافت آن ذکر شود.

1- Rod

فرم ۴-۱- گزارش روزانه حفاری

گزارش روزانه حفاری
Daily driling report

نام طرح Project	کارفرما Client	روش حفاری Drilling method	Page صفحه / Date تاریخ
شماره چاه Bore hole No	محل چاه Location	تراز زمین Surface elevation	نوع و مدل دستگاه Rig type
عمق پیشین Previous depth		سطح آب زیرزمینی Water level	
عمق فعلی Present depth		قبل از شروع کار Befor shift	
مقدار حفاری Daily drilling		پایان کار After shift	

لوله گذاری Casing

متر m	تا To	از From	قطر Size

متدهای بکار گرفته شده Bits

تا To	از From	نوع Type	اندازه Size

سرعت حفاری Run											
زمان Time		عمق Depth		شرح لایه‌ها Description	قطر Size	نمونه‌برداری Sampling		بازیافت Recovery			
از From	لغایت To	از Form	تا To			شماره No	نوع نمونه Ins	متر m	درصد %		

آزمایشات Testing

سرعت دوران Rotating velocity

فشار حفاری Drilling Pressure

فشار مایع حفاری Pressure of flush

نوع، رنگ و تلفات گل حفاری Type , Color, Losses of Flush

ملاحظات Remarks

امضاء حفار Foreman _____

امضاء مهندس ناظر Engineer _____

راهنما Instruction

- ● Disturbed Sample نمونه دست خورده
- ■ Undisturbed Sample نمونه دست نخورده
- ▲ Water Sample نمونه آب

۴-۷-۱۳- راه‌های کنترل و جلوگیری از انحراف چاه در حین حفاری

علل مهم انحراف چاه عبارتند از:

- تراز نبودن دستگاه حفاری
- تغییر شدید در سختی لایه‌های تشکیل دهنده زمین (وجود تخته سنگ و یا قلوه‌های سنگی در رسوبات آبرفتی ریز تا متوسط دانه)
- نیروی فوق‌العاده زیاد وارده بر استم حفاری در روش حفاری روتاری که باعث خارج شدن مته از محور مرکزی می‌شود.

بنابراین در حفر چاه‌های آب از ابتدا تا زمان اتمام حفاری باید از تراز بودن دستگاه حفاری اطمینان حاصل شود.

۴-۷-۱۴- نحوه‌ی کنترل تغییرات سطح آب زیرزمینی با تغییرات لیتولوژی

چنانچه اطلاعات مربوط به زمین‌شناسی منطقه از حفاری‌های قبلی در دسترس باشد می‌توان با استفاده از این اطلاعات به اعماق برخورد به سطح آب زیرزمینی با توجه به ترکیب لیتولوژی رسوبات یا سازندهای سخت پی برد و از این طریق تغییرات سطح آب زیرزمینی به‌ویژه درحالتی‌که آبخوان تحت فشار باشد را کنترل نمود.

چنانچه این اطلاعات موجود نباشد در حین حفاری و با استفاده از جنس رسوباتی که در حین حفر چاه تولید شده و به سطح زمین می‌رسد می‌توان تا حدودی به آبدار یا فاقد آب بودن لایه در حال حفاری پی برد. در حفاری به روش ضربه‌ای با تغییر جنس یک لایه (مثلا از رس یا سیلت به ماسه و شن) در صورت فراهم بودن سایر شرایط امکان برخورد به آب زیرزمینی و افزایش سطح آن وجود خواهد داشت. در این گونه موارد با اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در داخل چاه توسط عمق‌یاب می‌توان به این موضوع پی برد.

در حفاری به روش دورانی با گردش گل، ضمن بررسی جنس مواد حفاری شده که توسط گل حفاری به خارج چاه هدایت می‌شود و از طرفی با استفاده از تغییرات غلظت گل، می‌توان به برخورد به آب زیرزمینی در عمق مربوطه با محاسبه سرعت خروج گل حفاری از چاه، پی برد. به عنوان مثال چاهی در حین حفر در عمق ۱۸۰ متری به آب برخورد نموده (از طریق کاهش غلظت گل حفاری این موضوع اثبات شده است) و سرعت گل حفاری در هر ۵ ثانیه یک متر اندازه‌گیری شده باشد، در این صورت زمان لازم برای رسیدن مواد حفاری شده از عمق مورد نظر، ۱۵ دقیقه خواهد بودو بنابراین می‌توان با اخذ نمونه از مواد حفر شده و تعیین جنس آنها به عمق لایه آبدار پی برد.

این موضوع در روش حفاری چکشی با هوای فشرده و کف نیز می‌تواند در تعیین عمق لایه مورد نظر مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۷-۱۵- تهیه فرم‌های مناسب ثبت اطلاعات لیتولوژی، پیشرفت حفاری و نمونه‌برداری

در حین حفاری چاه در هر سه روش حفاری، نمونه‌های سنگ و خاک برداشت شده و ضمن جمع‌آوری و نگاهداری این نمونه‌ها نسبت به بررسی ظاهری آنها از نظر دانه‌بندی، فرم و وضع شکستگی ذرات، جنس و سن تقریبی نمونه‌ها با توجه به اعماقی که نمونه از آن برداشت شده اقدام می‌شود.

نمونه‌های برداشت شده از اعماق مختلف پس از بررسی و تشخیص چشمی آنها و تعیین ضخامت لایه‌های مورد حفاری در ستونی در فرم مقطع زمین‌شناسی چاه به‌صورت نیمرخ زمین‌شناسی با مقیاس مناسب و ذکر عمق آنها تصویر می‌شود (مطابق

دستورالعمل شماره ۸۳- الف استاندارد دفتر ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور و فرم شماره ۴-۲) و مشخصات زمین‌شناسی نمونه‌ها در ستون مجاور نوشته می‌شود.

در نیمرخ زمین‌شناسی گمانه که با استفاده از تشخیص ظاهری ترسیم می‌شود وضعیت تقریبی لایه‌های حفر شده از نظر جنس، عمق، ضخامت و درجه سختی مشخص می‌شود.

سطح برخورد به آب و نتایج بررسی کیفی آن (هدایت الکتریکی) و پارامترهای دیگر قابل اندازه‌گیری در صحرا در شرایطی که نمونه‌گیری آب در سر چاه امکان‌پذیر باشد و تغییرات احتمالی آن در ستون دیگر مجاور نیمرخ زمین‌شناسی ذکر می‌شود.

در روش‌های حفاری که امکان اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن میسر باشد، این نوسانات روزانه اندازه‌گیری شده و در ستون مربوطه در مجاور نیمرخ زمین‌شناسی درج می‌شود.

از آنجا که در حفاری به روش دورانی با گردش گل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی و تغییرات کیفی آب مستقیما مقدور نمی‌باشد، به همین لحاظ در مجاور ستون زمین‌شناسی، منحنی‌های حاصل از نتایج چاه‌پیمایی قرارداده می‌شود.

برای نظارت بر عملیات چاه‌پیمایی و تعبیر و تفسیر نتایج حاصله به استاندارد شماره ۹۹-الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تحت عنوان دستورالعمل چاه‌پیمایی در آب‌های زیرزمینی مراجعه شود.

فرم ۴-۲- نیمرخ زمین‌شناسی در مرحله گمانه (Pretimiary borehole log)

عمق Depth (m)	لیتولوژی Lithology	سطح آب W.L (m)	هدایت الکتریکی آب $EC\times10^{-6}$	شرح تفصیلی سازند Detail Description

۴-۸- بررسی نتایج حفاری

با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده در حین حفاری و نمونه‌های برداشت شده از خاک و سنگ و آب از اعماق مختلف می‌توان به بررسی نتایج حفاری به شرح زیر پرداخت.

۴-۸-۱- بررسی نمونه‌های خاک و سنگ

از بررسی نمونه‌های خاک و سنگ حاصل از حفاری می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

۴-۸-۱-۱- تشخیص و تفکیک لایه‌های آبرفتی

براساس جنس و قطر مواد حفاری شده که در روش ضربه‌ای و روش دورانی با گردش گل به‌دست آمده می‌توان به عمق لایه‌های مختلف آبرفتی پی برد و آنها را از یکدیگر تفکیک نموده در جداول (۴-۲- الف و ب) رده‌بندی مواد حاصل از حفاری با استفاده از بررسی دانه‌بندی توسط دانشگاه MIT و موسسه خاک‌شناسی و کمیته رسوب‌شناسی آمریکا آورده شده است.

جدول ۴-۲- الف- رده‌بندی دانه‌ها توسط دانشگاه MIT و موسسه خاک‌شناسی آمریکا

رده بندی	قطر مواد برحسب میلی‌متر	
	دانشگاه M.I.T	موسسه خاک‌شناسی
گراول ریز	۲/۰۳ تا ۹۶/۵	۱/۰۱ تا ۲/۰۳
ماسه درشت	۰/۶۱ تا ۲/۰۳	۰/۵۱ تا ۱/۰۱
ماسه متوسط	۰/۲۵ تا ۰/۶۱	۰/۲۵ تا ۰/۵۱
ماسه ریز	۰/۰۸ تا ۰/۲۵	۰/۱ تا ۰/۲۵
سیلت و رس	کوچک‌تر از ۰/۰۸	کوچک‌تر از ۰/۵

جدول ۴-۲- ب- رده‌بندی دانه‌ها توسط کمیته رسوب‌شناسی آمریکا

رده بندی	قطر مواد برحسب میلی‌متر
گراول	درشت تر از ۲/۰۳
ماسه بسیار درشت	۲/۰۳ تا ۱/۰۲
ماسه درشت	۱/۰۲ تا ۰/۵۱
ماسه متوسط	۰/۵۱ تا ۰/۲۵
ماسه ریز	۰/۲۵ تا ۰/۱۳
ماسه بسیار ریز	۰/۱۳ تا ۰/۰۸
سیلت و رس	کوچک‌تر از ۰/۰۸

براساس درصد هر یک از مواد مذکور در جداول بالا جنس لایه‌های آبرفتی حفاری شده تعیین و با توجه به عمق مربوطه در نیمرخ زمین‌شناسی چاه یادداشت می‌شود و بدین ترتیب لایه‌های آبرفتی از یکدیگر تفکیک می‌شود.

۴-۸-۱-۲- تشخیص و تفکیک سازندها و تغییرات لیتولوژیکی آنها

جهت تشخیص جنس مواد حفاری شده در سازندهای سخت می‌توان با استفاده از اسید کلریدریک رقیق در صحرا ذرات آهکی را از دیگر مواد تشخیص داد. برای تشخیص دقیق لایه‌های تشکیل دهنده بهتر است، نمونه‌های برداشت شده را از اعماق مختلف جهت آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه فرستاد تا جنس آنها به دقت تعیین شود.

۴-۸-۱-۳- بررسی پدیده‌های انحلالی و درزه و شکاف‌ها

خرد شدن مواد حفاری شده در زمان حفاری امکان بررسی دقیق نمونه‌ها را از نظر میزان پیشرفت پدیده‌های انحلالی و درزه و شکاف‌ها از بین می‌برد اماچنانچه روش حفاری از نوع مغزه‌گیری باشد می‌توان با بررسی مغزه‌ها به گسترش پدیده‌های انحلالی و میزان درزه و شکاف‌های موجود در اعماق مختلف توده سنگ پی برد.

۴-۸-۱-۴- نوع مواد پرکننده درزه‌ها و شکاف‌ها

فقط با استفاده از مغزه‌های حاصل از حفاری مغزه‌گیری می‌توان به جنس مواد پرکننده درزه‌ها و شکاف‌های موجود در سنگ پی برد. معمولا درزه‌ها و شکاف‌ها که محل ورود آب‌های نفوذی به داخل سنگ می‌باشد در اثر رسوب مواد محلول موجود در آب در امتداد آنها به مرور بسته شده و رگه‌هایی که عمدتا از کربنات کلسیم ثانوی می‌باشد آنها را مسدود می‌نماید (در مناطق رسوبی) تشخیص این رگه‌ها از طریق استفاده از اسید میسر می‌شود.

۴-۸-۱-۵- شیب و تعداد لایه‌ها (به کمک حفاری‌های مغزه‌گیری)

با استفاده از مغزه‌های حاصل از حفاری‌های مغزه‌گیری نیز می‌توان به میزان شیب لایه‌ها و تعداد لایه‌های یک سازند در صورت حفاری در ضخامت کافی از سازند مربوطه پی برد.

۴-۸-۱-۶- تعیین افق‌های آبدار

با استفاده از اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی در چاه و تغییرات آن در روش حفاری ضربه‌ای در عمق‌های مختلف و با استفاده از جنس لایه‌های تشکیل دهنده زمین می‌توان به افق‌های آبدار موجود در اعماق مختلف دسترسی پیدا کرد. در روش حفاری دورانی با گردش گل این موضوع تا حدودی مشکل است و از روی کاهش غلظت گل حفاری می‌توان عمق لایه آبدار را تعیین نمود.

۴-۸-۱-۷- تعیین عمق لایه‌های ناتراوا

با توجه به جنس و قطر ذرات تشکیل دهنده ناشی از عملیات حفاری در اعماق مختلف در روش‌های مختلف حفاری چنانچه ذرات تشکیل دهنده از جنس رس، سیلت و یا مارن باشد می‌توان با توجه به عمق حفاری آنها لایه‌های ناتراوا را تشخیص داد.

۴-۸-۱-۸- عمق برخورد به لایه‌های آبدار

نحوه‌ی تعیین عمق برخورد به لایه‌های آبدار در بخش قبل شرح داده شد.

۴-۸-۱-۹- تعیین نوع آبخوان

همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شد، تعیین عمق برخورد به آب زیرزمینی در روش حفاری ضربه‌ای با استفاده از اندازه‌گیری مستقیم از طریق عمق‌یاب امکان‌پذیر می‌باشد و سپس با اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی در طول مدت حفاری می‌توان به نوع آبخوان پی برد بدین طریق که چنانچه عمق سطح آب زیرزمینی در طول حفاری ثابت مانده و تغییری نکرد نشانه وجود آبخوان آزاد می‌باشد اما چنانچه در مراحل بعدی حفاری، با تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی (افزایش سطح آب زیرزمینی) مواجه شدیم حاکی از وجود یک آبخوان آزاد و یک و یا چند آبخوان تحت فشار (بسته به تکرار تغییرات سطح آب زیرزمینی در چاه در زمان حفاری) می‌باشد.

۴-۸-۱-۱۰- تعیین کیفیت آب آبخوان با استفاده از نمونه‌های آب

در حفاری به روش ضربه‌ای علاوه بر نمونه‌های آبی که در طول حفاری برداشت و آزمایش شده، از آب آخرین گل‌کش رانده شده به چاه نیز یک نمونه برای آزمایش کامل شیمیایی برداشت می‌گردد. جهت نحوه تعیین کیفیت آب چاه برای مصارف مختلف می‌توان به نشریه شماره ۸۰-الف طرح استاندارد مهندسی آب کشور مراجعه نمود.

۴-۸-۱-۱۱- تعیین دانه‌بندی خاک (در آبخوان‌های آبرفتی) به منظور تعیین شرایط لوله‌گذاری

تحلیل نمونه‌های مواد حفاری شده با مطالعه پخش و پراکندگی قطر مواد آبرفتی عبارت از بررسی دانه‌بندی[1] نمونه‌های اخذ شده از چاه‌های بهره‌برداری یا آزمایشی بوده و نماینده مواد تشکیل دهنده آبخوان می‌باشد. براساس این مطالعات می‌توان در مورد قطر منافذ اسکرین، گراول‌پک مصنوعی و طرح و برنامه بهره‌برداری یک چاه تصمیم گرفت. نتایج دانه‌بندی را روی کاغذ ترسیم نموده و شکل منحنی حاصله، نماینده وضعیت قطر دانه‌هاست.

لوازم مورد آزمایش دانه‌بندی شامل، اتوکلاو برای خشک کردن، ترازوی بسیار دقیق برای توزین، الک‌های سیمی برای جدا کردن دانه‌ها می‌باشد. واحد توزین با حساسیت یک گرم بهترین حالت می‌باشد. مقدار مناسبی از نمونه را در حد یک فنجان برای آزمایش دانه‌بندی برمی‌دارند. در صورت ریز بودن مواد، نظیر ماسه‌های ظریف، برداشت مقدار کم‌تری کافی خواهد بود. تا موقع الک کردن مقدار زیادی وزن بر روی شبکه‌های ظریف الک سنگینی نکند.

باید دقت نمود تا دانه‌ها توسط ملاط چسبناکی چون رس به یکدیگر نچسبد. ضمنا کلوخه‌های موجود در نمونه مورد آزمایش را باید خرد کرد تا دانه‌ها از هم جدا شوند. سپس با گذراندن نمونه از الک‌های مخصوص، منحنی دانه‌بندی می‌توان قطر منافذ اسکرین مورد نیاز و یا اندازه ذرات گراول‌پک مصنوعی را انتخاب کرد و حتی تصمیم به بهره‌برداری یا عدم بهره‌برداری از چاه گرفت.

۴-۸-۲- توصیف دانه‌بندی‌ها (به‌صورت کمی و کیفی)

مطالعه پخش و پراکندگی مواد حفاری از نظر قطر، آزمایش دانه‌بندی گفته می‌شود. براساس نتیجه این مطالعات است که تصمیمات درباره نوع منافذ، گراول پک، قطر و طول اسکرین گرفته می‌شود.

1- Sieve Analysis

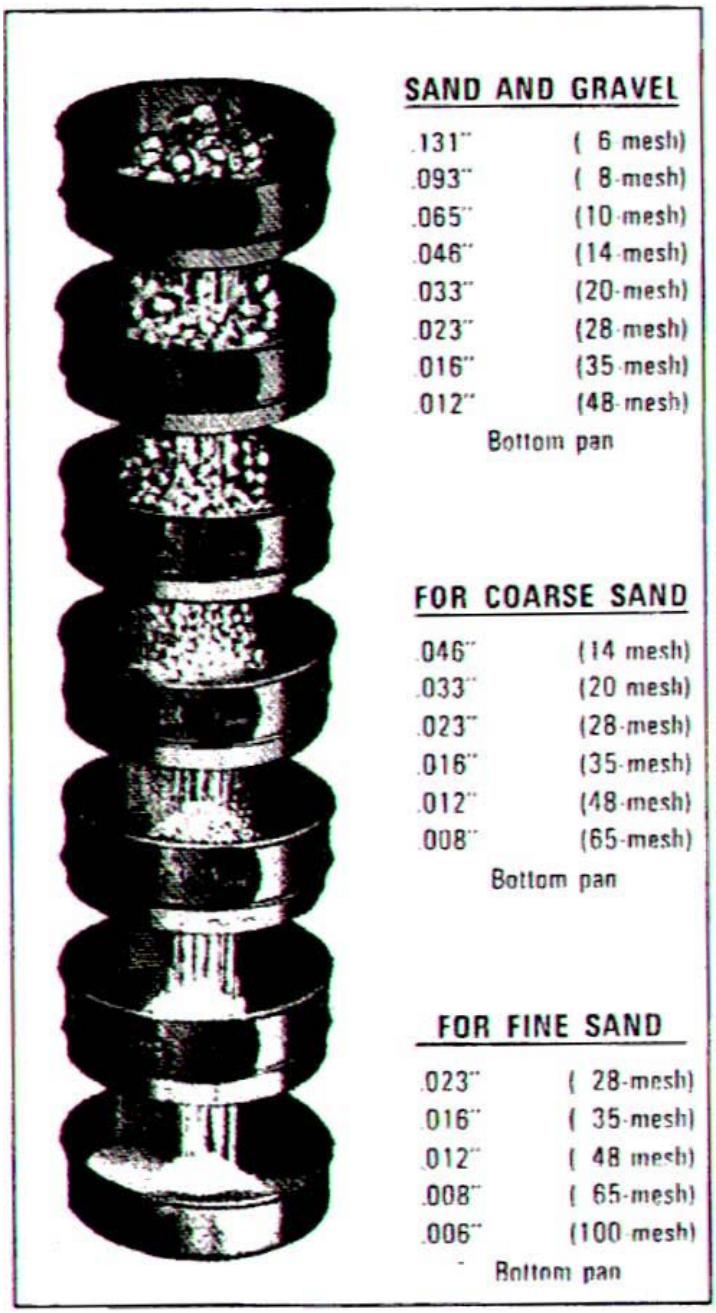
برای این مطالعه حداقل تعداد ۴ تا ۶ الک و یا تعداد زیادتری از الک‌هایی با منافذ مختلف انتخاب می‌گردد. منافذ یاد شده بایستی طوری انتخاب شود که حدود ۲۰ درصد از مواد در بالای آن باقی بماند. برای از بین نرفتن مواد، الک زیرین بر روی طشتکی بدون منافذ قرارداده خواهد شد. طرز قرار گرفتن الک‌ها بدین ترتیب است که الک‌های با منافذ ظریف در پایین و درشت‌ترین منافذ در بالا قرار خواهد گرفت.

منافذ این الک‌ها برحسب هزارم اینچ بوده و به‌نام نمره الک[1] گفته می‌شود.

الک‌ها بر روی دستگاهی با حرکات دورانی و سینوسی نصب گردیده و لذا مواد در تمام سطوح الک‌ها حرکت می‌کند. حرکت بالا و پایین دادن به الک‌ها طوری است که موادی که در سوراخ‌های الک‌ها گیر نموده خارج شده و از گرفتگی آنها جلوگیری شود.

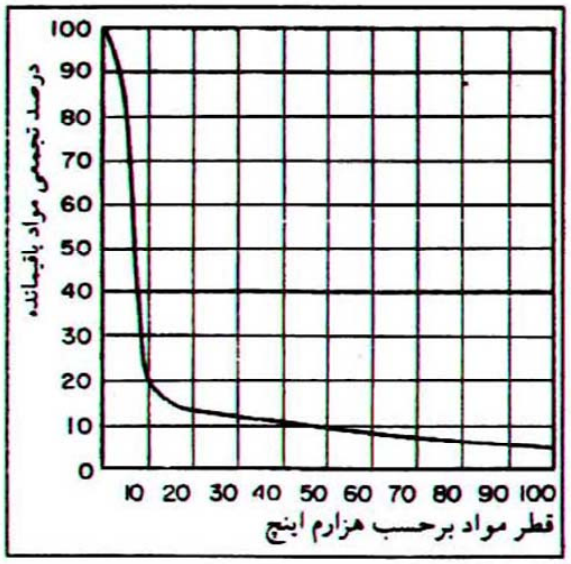
پس از انجام آزمایش، مواد باقیمانده روی هر الک بایستی در یک ظرف یا روی تکه کاغذ بزرگی خالی شود. معمولا با یک برس مویی که به تورهای سیمی الک‌ها صدمه وارد نسازد، دانه‌هایی را که در هر الک گیر کرده باشد آزاد می‌کنند. در ضمن بهتر است چندین ضربه به الک زده شود (بر بدنه الک نه تور سیمی آن) تا اگر ذراتی از مواد در آن گیر کرده باشد آزاد شود، سپس آن‌را در ترازو ریخته توزین می‌کنند. بایستی دقت شود تا مقدار وزن شده در مقابل شماره الکی که این مواد روی آن قرار گرفته یادداشت شود. موادی را که در روی دومین الک قرار گرفته به مواد وزن شده روی ترازو اضافه کرده و مجددا وزن می‌نمایند تا مجموع مواد دو الک در مقابل شماره دومین الک یادداشت شود و به همین ترتیب تا الک پایینی و همچنین طشتک آخر انجام می‌شود. در شکل (۴-۸) انتخاب سه نوع از منافذ و شماره الک برای آزمایشات مختلف مشاهده می‌شود.

1- Mesh

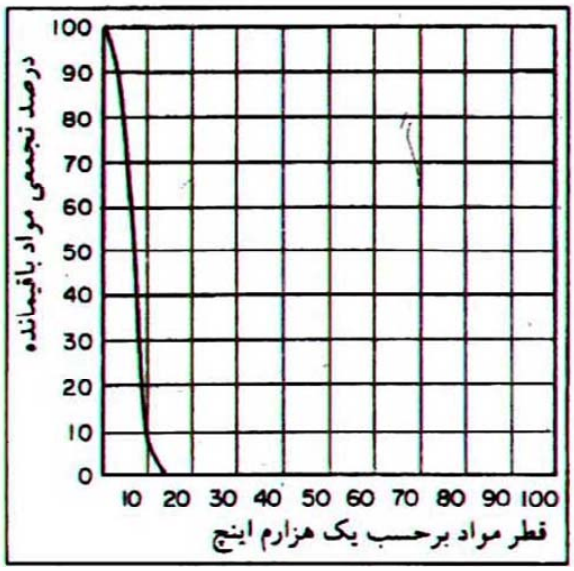


شکل ۴-۸- طرز قرار گرفتن یک سری از الک‌ها و مواد آن

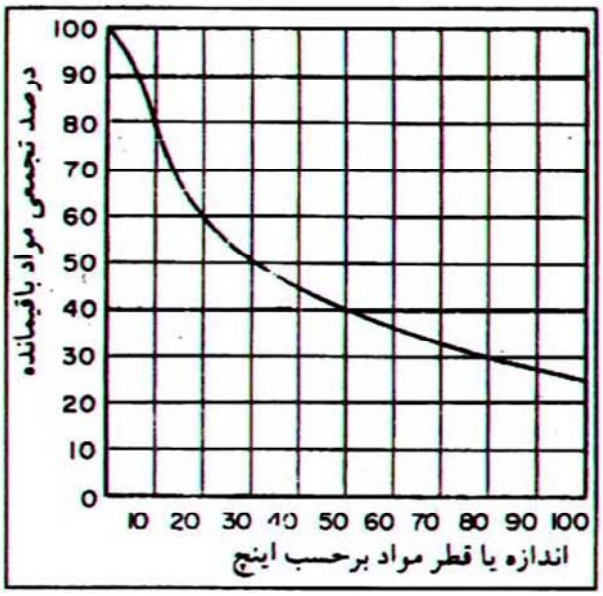
شکل‌های (۴-۹) تا (۴-۱۲) تعدادی از منحنی‌های دانه‌بندی را به صورت نمونه نشان می‌دهد.



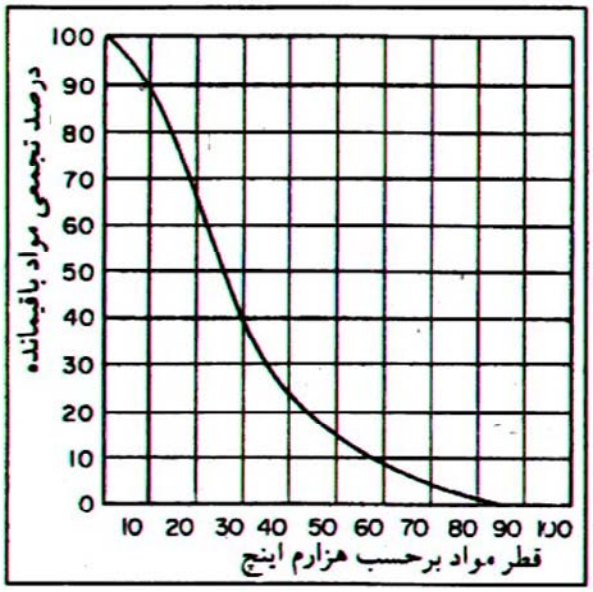
شکل ۴-۹- ماسه ریز مخلوط و ۱۰ تا ۲۰ درصد مواد درشت



شکل ۴-۱۰- ماسه‌های ریز هم‌شکل با آبدهی کم



شکل ۴-۱۱- مخلوط ماسه و گراول با آبدهی خوب



شکل ۴-۱۲- ماسه‌های درشت و متوسط با آبدهی خوب

۴-۸-۳- تعیین لایه‌های دارای تغییرات کیفی کاملا محسوس (افق‌های شور و لب شور)

در قسمت قبل به نحوه نمونه‌برداری آب در مراحل مختلف حفر چاه در روش‌های حفاری ضربه‌ای و دورانی اشاره شد. چنانچه مراحل مذکور در نحوه برداشت نمونه آب از اعماق مختلف چاه در حین حفاری به دقت انجام شود و نمونه‌ها باید براساس روش ارائه شده به نحو مناسبی نگهداری و مورد آزمایش کامل شیمیایی قرار گیرند با استفاده از میزان مولفه‌های مختلف در ترکیب شیمیایی آب به‌ویژه میزان قابلیت هدایت الکتریکی که با غلظت کل اصلاح محلول در آب همبستگی خطی دارد، وضعیت کیفی آبخوان در اعماق مختلف مشخص

خواهد شد، که نهایتا در زمان بررسی نتایج کامل تجزیه شیمیای نمونه‌های آب در اعماق مختلف می‌توان به وجود یا عدم وجود لایه‌های حاوی آب شور و لب شور پی برد که در صورت وجود چنین لایه‌هایی و با استفاده از ستون زمین‌شناسی چاه، نسبت به انسداد آنها اقدام می‌شود. جهت اطلاعات بیش‌تر به راهنمای ارزیابی کیفی منابع آب (نشریه شماره ۶۶-الف)، راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن (نشریه شماره ۲۷۷)، دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی (نشریه شماره ۱۸۷) و راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها (نشریه شماره ۱۸۲) مراجعه شود.

۴-۹- مراحل لوله‌گذاری

۴-۹-۱- طراحی ساختمان چاه‌های بهره‌برداری[1]

چاه‌های بهره‌برداری به منظور تامین آب شرب شهرها و روستاها و مصارف صنعتی و کشاورزی، کنترل سطح آب و اهداف زهکشی حفر می‌شود. مهم‌ترین اهداف طراحی مناسب یک چاه عبارتند از:

- پمپاژ آب با کم‌ترین قیمت
- پمپاژ آب بدون ماسه و سیلت
- حداقل قیمت در عملیات و نگهداری
- بالا بردن عمر مفید و اقتصادی چاه
- برای چاه‌های تامین آب شرب، آب با کیفیت خوب همراه با حفاظت از چاه در مقابل آلاینده‌ها نیز از موضوعات مهم می‌باشد.

اطلاعات هیدروژئولوژیکی مورد نیاز برای طراحی مناسب یک چاه عبارتند از:

- اطلاعات چینه‌شناسی رسوبات تشکیل دهنده آبخوان
- اطلاعات مربوط به خصوصیات فیزیکی آبخوان حاصل از آزمایش‌های پمپاژ در آبخوان
- اطلاعات مربوط به تجزیه و تحلیل بیلان آب برای آبدهی پایدار چاه
- اطلاعات دانه‌بندی مواد تشکیل دهنده آبخوان برای آبخوان‌های ناپیوسته (آبرفتی)
- اطلاعات مربوط به کیفیت آب زیرزمینی

شکل (۴-۱۳) ساختمان یک چاه بهره‌برداری را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد.

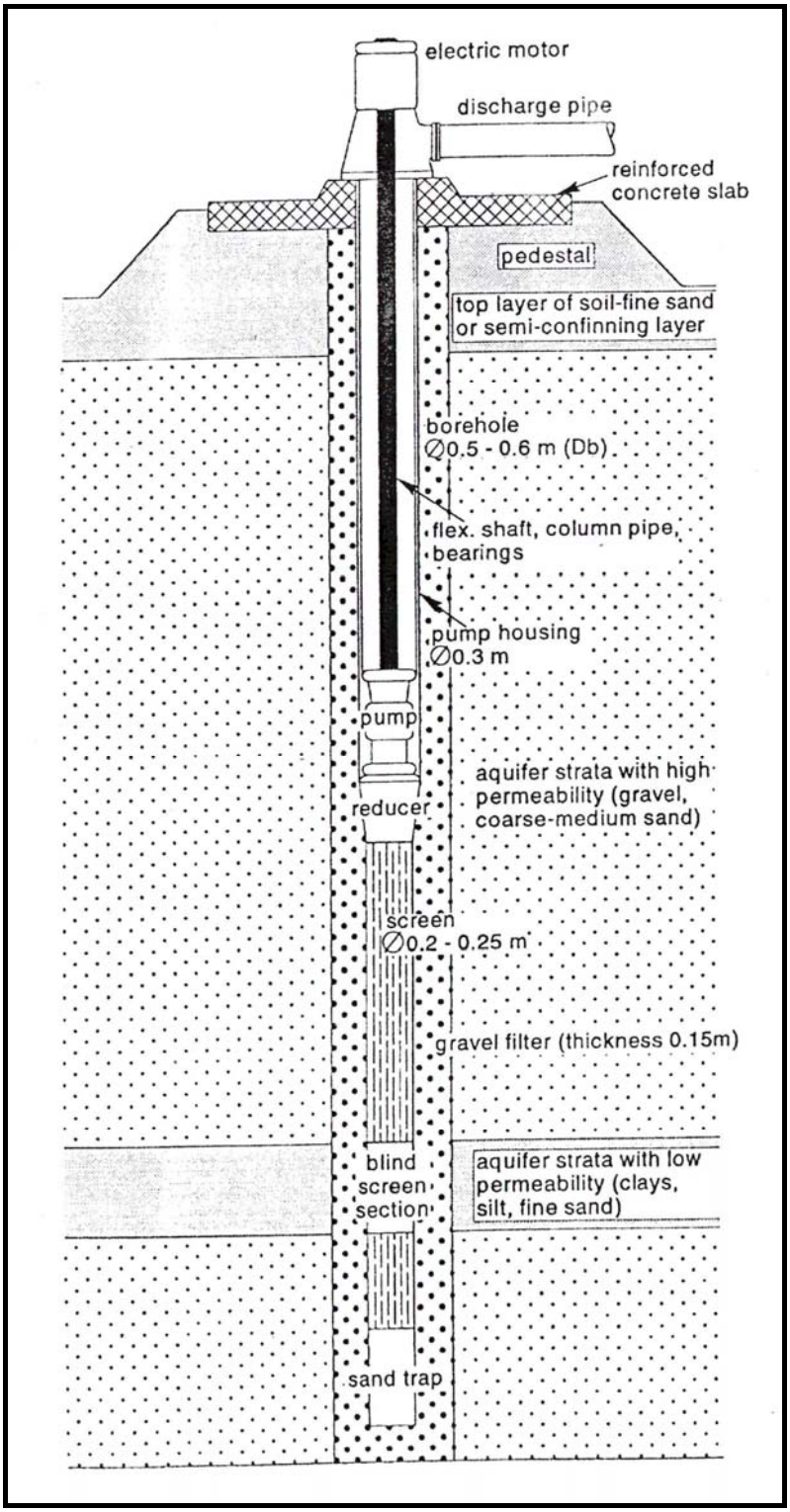
در طراحی مناسب یک چاه بایستی موارد زیر مد نظر قرار گیرد

۴-۹-۲- ارائه متراژ لوله کور و مشبک به حفار

لوله جدار: لوله جدار در واقع محلی است برای نصب پمپ و جلوگیری از صدمات ناشی از ریزش‌های دیواره چاه. طول لوله جدار بایستی طوری انتخاب شودکه تحت کلیه شرایط پمپ برای آبدهی طراحی شده در طول عمر مفید چاه در زیر سطح آب قرار گیرد. قطر لوله جدار باید طوری انتخاب شود که جهت نصب پمپ فضای لازم و کافی داشته باشد. توصیه می‌شود که قطر لوله جدار دو

1- Design and Construction of Exploitation well

اندازه بزرگ‌تر از قطر پمپ انتخابی باشد. قطر پمپ انتخابی بستگی به میزان دبی و نوع پمپ دارد. جدول (۴-۳) اندازه قطر لوله جدار را براساس میزان آبدهی پمپ انتخابی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۳- ساختمان یک چاه بهره‌برداری

جدول ۴-۳- رابطه بین قطر داخلی لوله جدار و ماکزیمم آبدهی پمپ

قطر داخلی لوله جدار		ماکزیمم آبدهی پمپ
(اینچ)	(میلی‌متر)	(مترمکعب در روز)
۴	۱۰۲	۱۰۹۰
۵	۱۲۷	۱۶۹۰
۶	۱۵۲	۲۴۵۰
۸	۲۰۳	۴۲۵۰
۱۰	۲۵۴	۶۷۰۰
۱۲	۳۰۵	۹۵۹۰
۱۴	۳۳۷	۱۱۷۰۰
۱۶	۳۸۷	۱۵۵۰۰
۱۸	۴۳۸	۱۹۸۰۰
۲۰	۴۸۹	۲۴۷۰۰
۲۵	۹۵۱	۳۶۱۰۰

برای تعیین میزان طول لوله کور برای نصب در چاه بایستی با توجه به ستون زمین‌شناسی و ضخامت لایه‌های آبدار و همچنین لایه‌های فاقد آب متراژ لوله کور مورد نیاز تعیین گردد. بدین طریق که در مقابل لایه‌های فاقد آب و لایه‌های با دانه‌بندی در حد رس و سیلت به اندازه ضخامت این لایه‌ها از لوله کور استفاده نمود. در بالای سطح آب زیرزمینی (حد ماکزیمم بالایی تغییرات آن تا سطح زمین از لوله کور استفاده می‌شود.

- **انتخاب اسکرین[1] (لوله مشبک):** مهم‌ترین اهداف نصب اسکرین در چاه‌های آب عبارتند از:
  - جلوگیری از ورود ماسه و مواد دانه‌ریز به داخل چاه در زمان پمپاژ
  - به حداقل رساندن افت بار هیدرولیکی و سرعت جریان آب که بستگی به درصد فضاهای باز اسکرین دارد
  - محافظت از دیواره چاه در مقابل ریزش
  - مقاومت در مقابل فرسایش فیزیکی و شیمیایی ناشی از آب پمپاژی
- انواع اسکرین‌ها
  - اسکرین‌های نوع ویوپی‌وی‌سی[2]
  - اسکرین‌های نوع فایبرگلاس[3]
  - اسکرین‌های نوع فولاد ضد زنگ[4]
  - اسکرین‌های دست‌ساز
- معایب و محاسن انواع اسکرین‌ها
  - اسکرین‌های نوع PVC و فایبرگلاس نسبت به اسکرین‌های فولادی سبک‌تر می‌باشند.

1- Screen
2- PVC and UPVC
3- Fiber Glass
4- Stainless Steel

- اسکرین‌های نوع PVC و فایبرگلاس در مقابل آب‌های خورنده مقاوم‌ترند.
- اسکرین‌های نوع PVC و فایبرگلاس عملا در چاه‌های آبرفتی تا حداکثر عمق ۴۰۰ متر کاربرد دارند.
- در چاه‌های عمیقی که در سازندهای سخت حفر می‌شوند از اسکرین‌های فولادی ضد زنگ استفاده می‌شود.
- اسکرین‌های نوع فولادی ضد زنگ در مقابل فرسایش فیزیکی و شیمیایی آب زیرزمینی از بقیه اسکرین‌ها مقاوم‌ترند.
- اسکرین‌های نوع فولادی ضدزنگ خیلی گران می‌باشند.

در چاه‌هایی که گراول‌پک مصنوعی ندارد، عملیات توسعه چاه باعث ایجاد یک ناحیه دانه‌بندی شده از مواد دیواره چاه تا شعاع ۰/۵ متری اطراف اسکرین می‌گردد. دریسکول[1] (1986) و هویسمن[2] (1975) جزییات کاملی از اندازه شکاف اسکرین‌ها را برای چاه‌های آب ارائه داده‌اند. در گزارش آنها آمده است که تحت شرایطی که آب زیرزمینی کیفیت خوبی داشته و بازشدگی شکاف اسکرین‌ها مناسب باشد، ۶۰ درصد از مواد داخل چاه از اسکرین‌ها عبور خواهند نمود و ۴۰ درصد باقی می‌مانند، در حالتی که آب زیرزمینی خورنده باشد به‌علت افزایش بازشدگی شکاف‌ها در اثر خورندگی آب که باعث ماسه‌دهی چاه می‌شود میزان عبور مواد از شکاف اسکرین‌ها افزایش خواهد یافت.

جدول (۴-۴) رابطه بین قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان را با سرعت عبور آب از اسکرین‌ها نشان می‌دهد(داده‌های جدول از اداره تامین آب شرب واشنگتن دی‌سی آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده اخذ شده است).

جدول ۴-۴- رابطه هدایت هیدرولیکی آبخوان با سرعت عبور آب از اسکرین

هدایت هیدرولیکی آبخوان (متر در روز)	سرعت عبور آب از اسکرین (متر در ثانیه)
> ۲۵۰	۰/۰۳ <
۱۲۰ تا ۲۵۰	۰/۰۳
۱۰۰ تا ۱۲۰	۰/۰۲۵
۴۰ تا ۱۰۰	۰/۰۲
۲۰ تا ۴۰	۰/۰۱۵
> ۲۰	۰/۰۱ <

حداقل طول اسکرین کاربردی در چاه‌های آب براساس سرعت عبور آب از اسکرین از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Q = 86400 V_e L_{min} A_o \qquad (۴-۲)$$

اجزای فرمول عبارتند از:

Q: آبدهی چاه (مترمکعب در روز)

V_e: سرعت عبور آب از اسکرین (متر در ثانیه)

L_{min}: حداقل طول اسکرین (متر)

A_o: فضای باز موثر در یک متر از طول اسکرین (مترمربع در متر)

در تعیین یا محاسبه فضای باز موثر در یک متر از طول اسکرین اغلب فرض می‌شود که ۵۰ درصد از فضای باز اسکرین توسط ذرات گراول بسته خواهد شد.

1- Driscoll
2- Huisman

فضای باز واقعی در واحد طول اسکرین بستگی به نوع و قطر اسکرین انتخابی دارد. میزان فضای باز موثر در اسکرین‌ها به‌منظور جلوگیری از ضعیف و کم مقاوم شدن اسکرین نبایست از ۱۰ درصد تجاوز نماید. این در حالی است که در اسکرین‌های فولادی ضد زنگ و PVC و UPVC فضای باز موثر به‌علت مقاومت بالای این نوع اسکرین‌ها به ۳۰ تا ۵۰ درصد می‌رسد. بنابراین حداقل طول اسکرین توسط حداکثر سرعت ورود آب اسکرین و نوع اسکرین تعیین می‌شود.

میزان طول بهینه اسکرین ممکن است از میران حداقل طول آن فرق داشته باشد. تعیین میزان طول بهینه اسکرین نسبتا پیچیده است و بستگی به عوامل زیر دارد:

۱- کلیه مولفه‌های هزینه که تعیین‌کننده ارزش آب پمپاژی مورد نیاز می‌باشد.

۲- ضخامت کل آبخوان. در آبخوان‌های خیلی ضخیم میزان افت آب در نواحی عمیق آبخوان خیلی کم‌تر است و به همین لحاظ هزینه پمپاژ آب را کاهش می‌دهد و در عوض افزایش هزینه‌ها را در حفر و تجهیز چاه باعث می‌شود.

۳- میزان آبدهی مجاز چاه

لازم به ذکر است که طول اسکرین مورد نیاز در اسکرین‌های دست ساز (در این نوع لوله‌ها اسکرین توسط سیم جوش یا هوا ایجاد می‌شود) بستگی به نحوه توزیع هدایت هیدرولیکی آبخوان دارد (برای مثال توزیع لایه‌های با هدایت هیدرولیکی زیاد و کم). ستون چینه‌شناسی این قبیل چاه‌ها توسط لاگ‌های زمین‌شناسی و حفاری، لاگ‌های ژئوفیزیک و یا آنالیزهای دانه‌بندی (آنالیز الک) تعیین می‌شود.

مثال: چاهی در یک آبخوان به ضخامت ۵۶ متر حفر گردیده است و قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان ۰/۲۵ متر در روز می‌باشد بنابراین سرعت جریان آب در اسکرین براساس جدول (۴-۴) نبایست از ۰/۰۱۵ متر در ثانیه تجاوز نماید. چنانچه اسکرینی با فضای باز ۲۰ درصد و قطر ۰/۲۵ متر درچاه کار گذاشته شود میزان حداقل طول اسکرین مورد نیاز چقدر است (با فرض این‌که ۰/۰۵۰ از فضای باز اسکرین توسط ذرات گراول مسدود خواهد شد و میزان بهره‌برداری مجاز از چاه ۲۰۰ مترمکعب در ساعت باشد).

حل: ابتدا بایستی از رابطه (۴-۲) میزان A_o (فضای باز موثر در یک متر از طول اسکرین محاسبه شود. بنابراین:

$$A_o = ۳/۱۴ \times ۰/۲۵ \times ۰/۲ \times ۰/۵ = ۰/۰۸ \quad \text{(متر/ مترمربع)}$$

$$Q \times ۲۰۰ \times ۲۴ = ۴۸۰۰ \text{ (روز/ مترمکعب)} \quad \text{و} \quad V_e = ۰/۰۱۵ \text{ (ثانیه/ متر)}$$

$$L_{min} = \frac{۴۸۰۰}{۸۶۴۰۰ \times ۰/۰۱۵ \times ۰/۰۸} = ۴۷ \text{ متر}$$

بنابراین لازم است حداقل ۴۷ متر از اسکرین با مشخصات ذکر شده در مثال فوق در چاه به کار رود.

در جدول (۴-۵) حداقل طول اسکرین مورد نیاز برحسب انواع قطر اسکرین (۰/۱۵، ۰/۲ و ۰/۲۵ متر) و میزان دبی پمپاژی ارائه شده است.

جدول ۴-۵- حداقل طول اسکرین مورد نیاز برحسب انواع اسکرین و میزان دبی پمپاژی

قطر اسکرین (m)	فضای باز اسکرین		حداقل طول اسکرین مورد نیاز (m)		
	(٪)	(m^2/m)	Q = 100m^3/hr	Q = 200m^3/hr	Q = 300m^3/hr
۰/۱۵	۱۰	۰/۰۲۴	۷۷	۱۵۴	۲۳۱
۰/۱۵	۲۰	۰/۰۴۷	۳۹	۷۹	۱۱۸
۰/۱۵	۴۰	۰/۰۹۴	۲۰	۳۹	۵۹
۰/۲	۰/۲	۰/۰۳۱	۶۰	۱۱۹	۱۷۹
۰/۲	۲۰	۰/۰۶۳	۲۹	۵۹	۸۸
۰/۲	۴۰	۰/۱۲۶	۱۵	۲۹	۴۴
۰/۲۵	۱۰	۰/۰۳۹	۴۷	۹۵	۱۴۲
۰/۲۵	۲۰	۰/۰۷۹	۲۳	۴۷	۷۰
۰/۲۵	۴۰	۰/۰۱۵۷	۱۲	۲۴	۳۵

قیمت اسکرین‌ها براساس فضای باز آنها:

- اسکرین با ۱۰ ٪ فضای باز: ارزان قیمت
- اسکرین با ۲۰ ٪ فضای باز: متوسط قیمت
- اسکرین با ۴۰ ٪ فضای باز: گران قیمت

بنابراین برای چاه ذکر شده در مثال بالا اسکرین متوسط قیمت مورد نیاز می‌باشد.

جهت کسب اطلاعات بیش‌تر به بندهای ۴-۱۰ و ۴-۱۱ نشریه شماره ۲۵۰-الف طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور مراجعه شود.

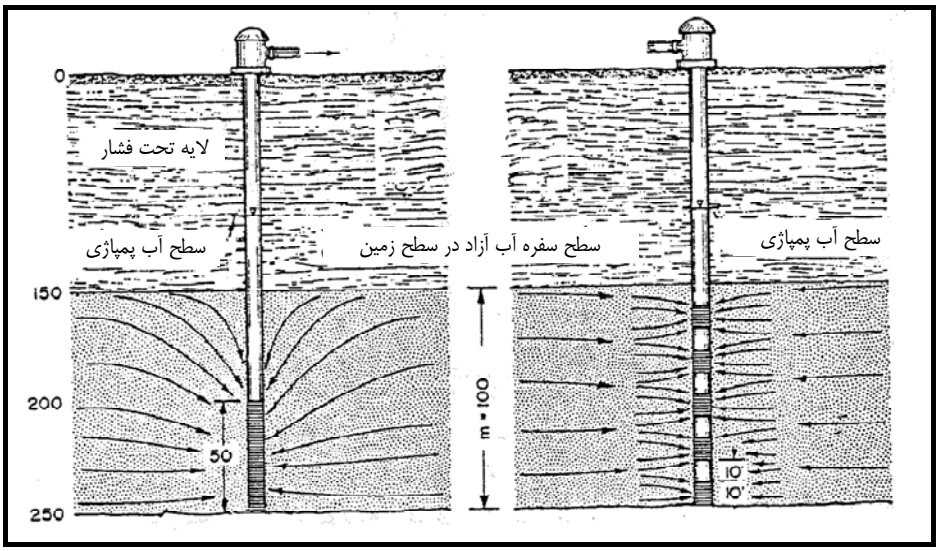
۴-۹-۳- ارائه عمق نصب لوله کور و مشبک

طول اسکرین مورد نیاز جهت نصب در چاه براساس ضخامت، ساختمان آبخوان و افت موجود در چاه بایستی محاسبه شود. طول اسکرین مورد نیاز در چهار نوع آبخوان به شرح زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

- آبخوان‌های تحت فشار همسان

اسکرین‌گذاری در این گونه آبخوان‌ها با فرض قرار نگرفتن سطح دینامیک در پایین‌تر از کف لایه غیرقابل نفوذ واقع در روی آبخوان، باید تا حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد ضخامت آبخوان انجام شود. لذا یک طراح با تجربه باید حداکثر افت این‌گونه چاه‌ها را فقط در حد فاصل بین سطح ایستابی یا پیزومتریک تا حد زیرین لایه غیرقابل نفوذ بالایی (سقف آبخوان) منظور نماید. در صورت کم بودن ضخامت آبخوان (کم‌تر از ۱۰ متر) اسکرین‌گذاری در ۷۰ درصد ضخامت سفره (به طور مثال ۷ متر). درصورتی‌که ضخامت آبخوان بین ۱۰ تا ۲۰ متر باشد، ۷۵ درصد ضخامت سفره (یعنی ۷/۵ تا ۱۵ متر) اسکرین‌گذاری شود. درصورتی‌که ضخامت آبخوان بیش از ۲۰ متر باشد، باید تا ۸۰ درصد ضخامت آن‌را اسکرین‌گذاری نمود.

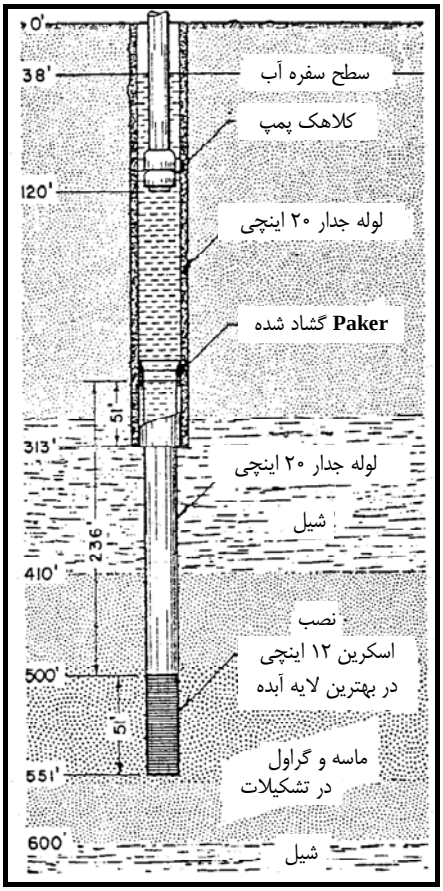
بهترین نتیجه اسکرین‌گذاری نصب آن در وسط آبخوان و یا چند قسمتی کردن آن و نصب آن در بین قطعات لوله جدار کور (غیر مشبک) می‌باشد. (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴- اثرات نصب اسکرین در دو حالت مختلف بر روی جریان آب ورودی به چاه

- آبخوان‌های تحت فشار غیرهمسان

در این حالت اسکرین در مقابل لایه‌هایی از آبخوان که بیش‌ترین نفوذپذیری را دارند نصب می‌شود. (شکل ۴-۱۵)



شکل ۴-۱۵- اسکرین‌گذاری در بخشی از آبخوان که بیش‌ترین نفوذپذیری را دارد.

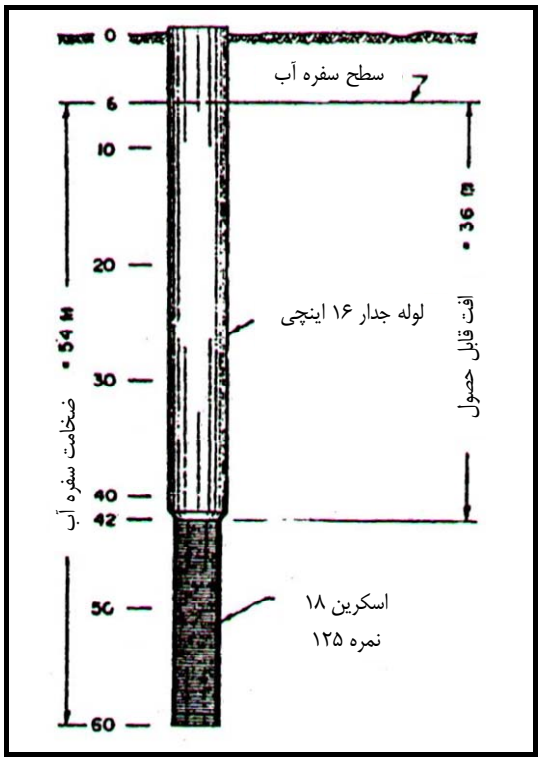
جهت تعیین لایه‌ای که بیش‌ترین نفوذپذیری را دارد می‌توان از یک یا چند روش زیر استفاده نمود:

- **آزمایش نفوذپذیری:** نمونه‌های اخذ شده از چاه در موقع حفاری نشان‌دهنده مشخصات نسبی نفوذپذیری آبخوان می‌باشد. در آزمایش نفوذپذیری جریان آبی را از نمونه مورد نظر عبور داده و سطح نمونه عمود بر خطوط جریان، مقدار جریان و افت ارتفاع ناشی از عبور این جریان آب می‌تواند اساس اطلاعات محاسبه نفوذپذیری باشد. (آزمایش نفوذپذیری آزمایشگاهی)
- **آزمایش دانه‌بندی:** منحنی‌های دانه‌بندی نماینده مواد تشکیل دهنده آبخوان می‌باشد، مقایسه این منحنی‌ها می‌تواند نفوذپذیری نسبی هر نمونه را مشخص نماید. هر چه قطر موثر دانه‌ها بیش‌تر نفوذپذیری آنها بیش‌تر خواهد بود به‌طور مثال نفوذپذیری ماسه‌ای با قطر موثر ۰/۲ میلی‌متر در حدود ۴ برابر نفوذپذیری ماسه‌ای با قطر موثر ۰/۱ میلی‌متر می‌باشد. در صورت یکسان بودن قطر موثر نمونه‌ها، معمولا از شکل منحنی استفاده می‌شود و اصولا منحنی دارای شیب زیادتر یک نمونه دارای نفوذپذیری کم‌تر نسبت به منحنی نمونه دارای شیب کم‌تر می‌باشد.
- **مقایسه نمونه‌ها:** مقایسه و بررسی جنس مواد تشکیل دهنده لایه‌های مورد نظر از لحاظ خشن و نرم بودن عوامل موجود (سیلت و رس) در آن نمونه می‌تواند تخمینی از نفوذپذیری را به‌دست بدهد. از بین روش‌های فوق روش اول و دوم ضمن این‌که گران تر می‌باشند، اما قابل اعتمادتر هستند.

- آبخوان‌های آزاد همسان

تجربه نشان داده که مناسب ترین اسکرین‌گذاری بایستی در یک سوم حد پایینی آبخوان آزاد انجام شود. بعضی اوقات انتخاب طول اسکرین در چاه‌های واقع در آبخوان آزاد به تقابل دو عامل بستگی دارد. از یکطرف مقدار آبدهی ویژه با اضافه شدن اسکرین به دلیل کاهش یا تقارب خطوط جریان و سرعت ورودی آب به داخل چاه، زیاد می‌شود و از طرفی افت چاه با کوتاه شدن طول اسکرین زیادتر می‌شود. این دو موضوع (کوتاه و بلند گرفتن اسکرین) با هم مغایر بوده ولی نقطه تقاطع آندو طول مناسب مورد نظر اسکرین چاه را به‌دست می‌دهد.

افت مناسب عبارت از حد فاصل بین سطح ایستابی تا ارتفاع بالای اسکرین یا مقدار اندکی بالاتر از آن می‌باشد و به همین لحاظ اسکرین چاه بایستی در قسمت‌های پایین و یا در عمق آبخوان نصب شود تا در مواقع فقدان آب حتی در قسمت‌های بالایی آبخوان، آب بتواند از بخش‌های دیگر آبخوان به داخل چاه جریان یابد (شکل ۴-۱۶)



شکل ۴-۱۶- اسکرین‌گذاری در یک آبخوان آزاد همسان

- آبخوان‌های آزاد غیرهمسان

اصول طرح چاه‌های محفوره در آبخوان‌های همسان تحت فشار را می‌توان برای این گونه آبخوان‌ها منظور نمود. فقط اختلاف در وضعیت نصب اسکرین بوده که در این حالت بایستی اسکرین در ناحیه پایین آبخوان آزاد غیرهمسان با نفوذپذیری زیادتر نصب شود تا چنانچه مقدار افت تا حد ماکزیمم ممکنه برسد مشکلی در آبدهی چاه ایجاد نشود.

۴-۹-۴- نظارت بر نحوه مشبک کردن لوله‌ها

لوله‌های فولادی را برحسب نیاز و شرایط نصب در چاه از نظر ابعاد فیلترشنی و دانه‌بندی لایه‌های حفاری شده مشبک می‌نمایند.

اندازه طول و عرض شبکه‌ها و تعداد آنها در میزان آبدهی چاه و جلوگیری از ایجاد افت سطح آب در جدار چاه از اهمیت ویژه‌ای برخودار است.

در تعیین تعداد و ابعاد شبکه باید مقاومت و قطر لوله در نظر گرفته شود.

تعداد و ابعاد مناسب شبکه‌ها در لوله‌های جدار چاه براساس مشاهدات و تجربیات انجام شده به شرح جدول (۴-۶) می‌باشد.

جدول ۴-۶- تعداد شبکه‌ها در لوله‌های جدار برحسب قطر لوله

قطر لوله جدار (اینچ)	تعداد شبکه در یک خط محیط لوله	تعداد شبکه در یک متر طول لوله	تعداد شبکه در یک مترمربع طول لوله
۸	۴	۵	۲۰
۱۰	۶	۵	۳۰
۱۲	۸	۵	۴۰
۱۴	۱۰	۵	۵۰
۱۶	۱۲	۵	۶۰
۱۸	۱۴	۵	۷۰
۲۰	۱۶	۵	۸۰

طول هر شبکه معمولا ۲۰۰ میلی‌متر و عرض آن بین ۲ تا ۳ میلی‌متر و روش مشبک کردن با استفاده از هوا و کاربیت می‌باشد. استفاده از جوش الکتریک برای مشبک کردن لوله‌های جدار به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد.

مشبک کردن لوله‌های جدار با قطر کوچک که معمولا برای مصرف در چاه‌های پیزومتر و مشاهده‌ای می‌باشد با به‌کارگیری مته برقی و ایجاد سوراخ‌هایی با قطر حدود ۳ تا ۵ میلی‌متر صورت می‌گیرد. تعداد سوراخ‌ها برای لوله‌های چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری با قطر ۳ تا ۶ اینچ بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ سوراخ در هر متر لوله توصیه می‌شود.

۴-۹-۵- نظارت بر نحوه اسکرین‌گذاری و لوله‌گذاری

یکی از موارد مهم در ساختمان یک چاه از نظر مشخصات فنی و امکان افزایش عمر مفید چاه، به کارگیری و نصب صحیح لوله و اسکرین با رعایت ضوابط لازم و در نظر گرفتن شرایط و مشخصات لایه‌های حفر شده می‌باشد. مشخصاتی که برای لوله و اسکرین‌ها قبل از نصب باید مورد توجه قرار گیرد به شرح زیر می‌باشد:

- لوله‌ها باید بدون هر گونه خمیدگی، فرورفتگی و انحنا بوده و به‌طور کلی عاری از نقص باشد.
- خط درز لوله کاملا توسط جوش به یکدیگر متصل شده باشد و فاصله‌ای بین دو لبه در محل اتصال وجود نداشته باشد.
- طول و ضخامت هر شاخه لوله و اسکرین جداگانه اندازه‌گیری و یادداشت شود.
- کنترل هرگونه مشخصات پیش‌بینی شده از قبیل پوشش و یا رنگ و جنس و سایر اختصاصات تعین شده با دقت صورت گیرد.
- مشخصات تعیین شده برای لوله‌های مشبک و اسکرین از قبیل تعداد، طول و عرض شبکه‌ها و نحوه‌ی انجام ایجاد شبکه‌ها و عدم وجود انحنا در لوله‌های مشبک در نتیجه گرم شدن لوله در حین مشبک شدن قبل ازنصب کنترل شود.
- پس از کنترل موارد مذکور عملیات نصب لوله جدار و اسکرین باید با رعایت موارد زیر و انجام نظارت لازم به عمل آید:
- نصب لوله و اسکرین باید حتی المقدور با استفاده از لوله‌گیر[1] یا جک‌های نگهدارنده دستگاه حفاری صورت گیرد.
- از سوراخ کردن لوله‌ها برای آویختن آنها توسط میله آهنی[2] خودداری شود. در صورت اجتناب ناپذیر بودن استفاده از میله، دقیقا کنترل گردد که محل سوراخ‌ها با تسمه فلزی مسدود شود.

1- Elvator
2- Plos

- به‌طور کلی توصیه می‌شود در چاه‌های حفاری شده در سازندهای آبرفتی خصوصا شولاتی، انتهای اولین شاخه مورد نصب که در کف چاه قرار می‌گیرد به‌صورت قیفی یا مخروطی برش داده شده و جمع شود. این عمل ضمن این‌که نصب لوله‌ها را تسهیل می‌نماید از ورود دانه‌های آبرفت و شنهای ریز به داخل چاه و نهایتا پرشدن آن جلوگیری می‌کند.
- در شروع عملیات نصب، اولین شاخه توسط لوله‌گیر در چاه آویخته شده و شاخه بعدی توسط کابل دستگاه در بالا و روی لوله به نحوی قرار گیرد که کاملا دولبه لوله‌ها با یکدیگر مماس بوده و در خط قائم نسبت به هم قرار گیرند. با استفاده از ابزار تراز، قائم بودن لوله‌ها نسبت به یکدیگر کنترل می‌گردد و سپس در ابتدا به‌وسیله چند نقطه یا خال جوش به یکدیگر متصل و پس از کنترل مجدد و اطمینان از قائم بودن آن جوشکاری کامل صورت می‌گیرد. در عملیات جوشکاری هیچ نقطه‌ای خالی و بدون جوش نباید باقی بماند. با توجه به این‌که انحراف در وضعیت دو شاخه لوله جوش داده شده نسبت به یکدیگر هر قدر هم که جزیی باشد پس از نصب لوله‌ها موجب ایجاد زاویه و انحراف زیاد می‌شود، ضروری است کنترل مستقیم بودن لوله‌ها در همه حالات و در تمام زمان نصب شاخه‌ها، دقیقا مدنظر قرار گیرد.

درصورتی‌که در یک چاه بنا به ضرورت لوله‌هایی با قطرهای متفاوت نصب گردد، در این حالت لوله‌گذاری تلسکوپیک یا تداخلی نامیده می‌شود. ممکن است لوله‌ها با اقطار مختلف و با استفاده از تبدیل به یکدیگر متصل شوند.

پس از خاتمه عملیات نصب لوله‌ها و اسکرین در چاه کنترل مستقیم بودن لوله‌ها به دو صورت زیر انجام می‌شود:

- کنترل انحراف با راندن یک شاخه لوله به طول ۶ متر و با قطر ۲ اینچ کم‌تر از لوله جدار نصب شده در چاه
- کنترل انحراف با استفاده از دستگاه عکسبرداری برای اعماق و قطرهای مختلف حفاری به‌میزان مجاز انحراف در چاه براساس آزمایشات به عمل آمده برابر است با۰/۰۲ درصد در سطح (۲ سانتی‌متر برای هر یک صدمتر حفاری در ابتدای دهانه چاه).
- در زمان نصب لوله‌ها بهتر است سعی شود به دیواره چاه توسط لوله ضربه‌ای وارد نگردد تا از ریزش دیواره چاه جلوگیری شود. لوله‌های مورد نصب باید به راحتی و بدون هیچ‌گونه فشار و ضربه‌ای در چاه نصب شوند. درصورتی‌که در موقع نصب ملاحظه گردد که لوله‌ها در نقطه‌ای متوقف شده و یا به سختی پایین می‌روند، ممکن است دلیلی بر وجود انحراف در چاه باشد. در چنین وضعیتی لازم است از لوله‌گذاری خودداری و چاه مجددا کنترل و نسبت به اصلاح آن اقدام شود.

۴-۹-۶- ارائه مشخصات لوله جدار و توصیه‌های لازم به لحاظ ضخامت، کیفیت مواد، کارخانه سازنده و ...

لوله‌های جدار جهت نصب در چاه‌های آب به دو گروه تقسیم می‌شوند:

- لوله‌های جدار فلزی
- لوله‌های جدار غیرفلزی

۴-۹-۶-۱- لوله‌های جدار فلزی

ترکیب اصلی و عمده لوله‌های فلزی مورد استفاده در چاه‌های آب را فولاد تشکیل می‌دهد که بر حسب درصد سایر مواد همراه فلز آهن مانند کربن، منیزیم، گوگرد و غیره انواع مختلفی تولید می‌شود درصد عناصر مختلف فلزی، اختصاصات فیزیکی لوله‌ها را از نظر ضریب مقاومت، قدرت انعطاف‌پذیری، ضریب کشش، وزن مخصوص و غیره تغییر می‌دهد.

مشخصات عمده قابل ذکر لوله‌های فولادی جدار چاه به قرار زیر است:

- **قطر:** لوله‌های مورد مصرف در چاه‌های آب معمولا تحت دو قطر ذکر می‌شوند:
- **قطر واقعی:** که با ذکر قطر خارجی[1] و با علامت اختصاری (OD) و قطر داخلی[2] و با علامت اختصاری (ID) مشخص می‌شود.
- **قطر اسمی[3]:** این قطر معرف اندازه حقیقی لوله نبوده و ممکن است اندکی از قطر واقعی کم‌تر یا بیش‌تر باشد.

قطر لوله جدار چاه معمولا با اینچ بیان می‌شود و در برخی موارد برای ذکر اندازه دقیق، آن‌را به میلی‌متر نیز تبدیل می‌نمایند.

- **ضخامت[4]:** ضخامت لوله عبارت است از تفاضل بین قطر خارجی و قطر داخلی لوله تقسیم بر دو که برحسب میلی‌متر ذکر می‌شود و با علامت اختصاری (T) نوشته می‌شود.
- **وزن:** وزن هر متر از لوله‌های جدار چاه برحسب قطر و ضخامت آن و تغییرات درصد مواد فلزی و به‌طور کلی وزن مخصوص فولاد تعیین می‌گردد. وزن مخصوص فولاد در شرایط معمولی حدود ۷/۸ می‌باشد.
- **طول:** لوله‌های جدار چاه در کارخانجات لوله‌سازی معمولا به طول ۱۲ متر ساخته می‌شوند و در صورت لزوم و به منظور سهولت در امر حمل و نقل به شاخه‌های ۶ متری تبدیل می‌شوند.
- **نحوه ساخت:** لوله‌های فولادی از نظر ساخت به دو دسته درزدار و بدون درز تقسیم می‌شوند:
- **لوله‌های درزدار:** این لوله‌ها از نورد ورقه‌های فولادی با ضخامت وابعاد مختلف ساخته می‌شود چنین لوله‌ای که دارای یک خط درز باشد لوله تک درز نامیده می‌شود.

ساخت این نوع لوله‌ها به‌این صورت است که دو لبه ورق فولادی پس از نورد به‌وسیله جوش برقی به یکدیگر متصل شده و یک خط جوش سرتاسر دو لبه ورق را به یکدیگر متصل می‌کند. در این صورت یک درز مستقیم و سرتاسری در لوله مشاهده می‌شود.

ممکن است درز لوله به‌صورت مارپیچی[5] باشد که در این صورت لوله را درزدار مارپیچی می‌گویند.

- **پوشش لوله‌ها:** قسمت خارجی لوله‌های فولادی ممکن است توسط رنگ یا مواد دیگر برای ازدیاد مقاومت در مقابل عوامل زنگ‌زدگی و خورندگی پوشیده شود. درصورتی‌که ماده پوشش دهنده از ترکیب فلز روی[6] تشکیل شده باشد این گونه لوله را گالوانیزه گویند.

ماده پوشش دهنده اگر از مواد رنگی خاص که دارای خاصیت ضد زنگ و خورندگی باشد لوله اندود شده[7] نامیده می‌شود.

1- Outside Diameter
2- Inside Diameter
3- Nominal Diameter
4- Thickness
5- Spiral
6- Zinc
7- Cotted Pipe

- **لبه لوله‌ها:** لبه لوله‌های جدار چاه در کارخانجات تولید به‌صورت برش مخروطی[1] ساخته می‌شود ولی در برخی از انواع لوله‌ها ممکن است دو سر لوله رزوه‌دار گردد و با استفاده از بوشن به یکدیگر بسته شوند (لوله‌های بالبه مخروطی توسط جوش الکتریکی به یکدیگر متصل می‌شوند). درصورتی‌که لوله‌ها از فولاد ضد زنگ ساخته شوند آنها را لوله‌های ضد زنگ[2] می‌نامند که از نظر قیمت گران می‌باشند.
- **استاندارد لوله‌ها:** لوله‌های فولادی برای استفاده در کارهای آبی تحت استانداردهای بین‌المللی تولید می‌شوند که اهم استانداردهای موجود در جهان به شرح زیر است:
  - API: American petroleum Institute
  - ASTM: American society testing and materials
  - AS: Australian Standard
  - AWWA: American water work Association
  - BS: British Standard
  - DIN: Deutsche Nokmen
  - GOST: Ussr specification
  - ISO: International organization for standardization
  - JIS: Japanies industrial standard

استاندارد لوله‌های درزدار که به عنوان جدار چاه مورد مصرف قرار می‌گیرند به شرح زیر می‌باشند:

- استاندارد API- این لوله‌ها تحت دو مشخصه زیر ساخته می‌شوند:

• لوله‌های API5L: این گونه لوله‌ها معمولا از قطر اسمی ۴ تا ۲۰ اینچ ساخته می‌شوند. ضخامت آنها در لوله‌های ۶ اینچ اسمی ($۶\frac{۵}{۸}$اینچ واقعی) ۰/۱۸۸ اینچ و وزن متوسط هر متر آن ۲۵ کیلوگرم می‌باشد و برای لوله‌های ۱۲ اینچ اسمی ($۱۲\frac{۳}{۴}$اینچ واقعی) ۰/۲۸ اینچ است. وزن هر متر از این لوله‌ها حدود ۵۵ کیلوگرم می‌باشد.

• استاندارد API5A: لوله‌های این استاندارد نیز از قطر کم تا ۲۰ اینچ ساخته می‌شوند. ضخامت آن برای لوله‌های ۶ اینچ اسمی ۰/۲۸ اینچ و وزن متوسط هر متر آن ۴۰ کیلوگرم است و برای لوله ۱۲ اینچ اسمی ضخامت آن ۰/۳۸ اینچ می‌باشد. وزن هر متر از لوله‌های ۱۲ اینچ در این استاندارد ۷۸ کیلوگرم می‌باشد.

- لوله‌های استاندارد ASTM: لوله‌های ساخته شده در این استاندارد دو نوع می‌باشند:

• استاندارد ASTM-A120: لوله‌های استاندارد ASTM-A120 که معمولا برای مصارف آبی به‌کار برده می‌شوند درزدار و بدون درزو و از قطر کم تا قطر حداکثر ۱۲ اینچ ساخته می‌شوند و ضخامت آنها برای لوله ۶ اینچ ۰/۲۸ اینچ و برای لوله ۱۲ اینچ ۰/۳۸ اینچ تعیین شده است. وزن این گونه لوله‌ها برای هر متر از طول لوله ۱۲ اینچ بین ۶۵ تا ۷۳ کیلوگرم می‌باشد.

1- Conic
2- Stainless Steel

- لوله‌های استاندارد ASTM-A53: این نوع لوله‌ها نیز از نوع تک درز و بدون درز ساخته می‌شود و مصرف آنها برای چاه‌های آب توصیه شده است و از قطر کم تا حداکثر ۲۰ اینچ ساخته می‌شوند. ضخامت آنها برای لوله ۶ اینچ ۰/۲۸ و برای لوله ۱۲ اینچ ۰/۳۷ اینچ است. وزن متوسط برای هر متر از لوله ۱۲ اینچ ۷۳/۷۵ کیلوگرم می‌باشد.

– لوله‌های بدون درز

این نوع لوله در کارخانه به‌طور یکپارچه و بدون درز تولید می‌شوند که با توجه به قیمت گران آن برای نصب در چاه‌های آب کم‌تر به کار می‌رود لیکن از نظر استاندارد و مشخصات تابع شرایط پیش‌گفته می‌باشد.

۴-۹-۶-۲- لوله‌های جدار غیرفلزی

لوله‌های جدار غیرفلزی برای استفاده و نصب در چاه‌های آب برحسب ضخامت لوله در انواع معمولی و فشرده ساخته می‌شوند.

لوله‌های معمولی از جنس P.V.C برای نصب در چاه‌های کم قطر مانند پیزومترها و چاه‌های مشاهده‌ای به کار گرفته می‌شوند و نوع فشرده یا U.P.V.C آن با ضخامت بیش‌تر برای نصب در چاه‌های آب نیز استفاده می‌شود.

انواع این لوله‌ها در مناطقی که دارای آب‌های خورنده (اسیدی یا بازیک) هستند برای نصب در چاه‌ها، مناسب می‌باشد. در مواردی‌که نصب لوله در چاه تحت فشار و احتمالا با ضربه صورت می‌گیرد استفاده از آنها مقدور نمی‌باشد.

از امتیازات این لوله‌ها وزن کم، سهولت نصب و حمل و نقل ومقاومت در برابر عوامل خورنده شیمیایی است.

۴-۹-۷- توصیه نصب و تهیه مشخصات لوله‌های هادی در مصارف شرب

با توجه به حائز اهمیت بودن چاه‌های آب شرب جهت جلوگیری از ورود هر نوع آلودگی به‌ویژه منابع آلاینده سطحی لازم است در زمان طراحی این گونه چاه‌ها به‌ویژه چنانچه در مناطق مسکونی حفر شده باشند، از ورود هر نوع آلاینده به آنها از طریق نصب لوله هادی و مجزا نمودن آبخوان اصلی از مواد ورودی آلاینده سطحی به داخل طبقات زمین جلوگیری شود.

۴-۱۰- گراول ریزی[1] (فیلتر شنی)

فواید ایجاد فیلتر شنی در اطراف اسکرین چاه عبارتند از:

- افزایش میزان نفوذپذیری ناحیه پیرامون اسکرین ناشی از حذف برخی از مواد دانه‌ریز اطراف آن و جایگزین نمودن مواد با دانه‌بندی مناسب
- افزایش قطر هیدرولیکی موثر چاه ناشی از جدا کردن مواد اصلی تشکیل دهنده آبخوان از حفره چاه

فیلتر شنی باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- ذرات فیلتر شنی بایستی پاک و شسته شده باشند
- گرد و کروی باشند
- از جنس شن یا ماسه سیلیسی باشند
- درصد دانه‌های آهکی، ذرات شیلی و گچی موجود در آن نباید بیش از ۵ درصد باشد

1- Gravel Pack

- از نظر دانه‌بندی، جورشدگی خوبی داشته باشد تا میزان تخلخل و هدایت هیدرولیکی اطراف چاه زیاد شود

- **کاربرد گراول‌پک در سازندهای زیر توصیه می‌شود**

- آبخوان‌های تشکیل شده از ماسه‌های آبرفتی و ماسه بادی. در این‌گونه آبخوان‌ها بایستی اندازه دانه‌های گراول‌پک بزرگ‌تر از بازشدگی شکاف‌های اسکرین (بزرگ‌تر از عرض شکاف‌های اسکرین) باشد تا باعث افزایش هیدرولیک موثر چاه شود. به‌طور کلی چنانچه عرض شکاف‌های اسکرین کم‌تر از ۰/۲۵ میلی‌متر باشد، گراول‌پکینگ ضروری است زیرا در غیر این‌صورت ظرفیت انتقال‌دهی اسکرین به اندازه کافی بزرگ نخواهد بود و به‌همین لحاظ چاه آبدهی مورد انتظار را نخواهد داشت.

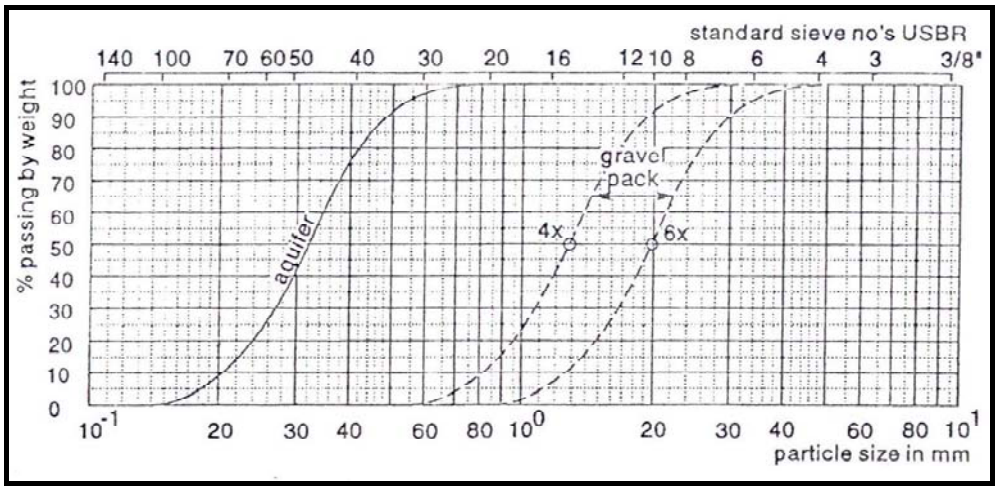
آبخوان‌های متشکل از رسوبات دانه درشت، متوسط و دانه‌ریز هوا زده: در این‌گونه سازندها تعیین دقیق عمق و ضخامت هر یک از لایه‌های مختلف مذکور به‌منظور طراحی اسکرین‌های تلفیقی و متقاطع با لایه‌بندی آبخوان، مشکل می‌باشد.

آبخوان‌های متشکل از ماسه سنگ با سیمان ضعیف. در این‌گونه آبخوان‌ها چنانچه در چاه گراول‌پکینک انجام نشود ممکن است در زمان پمپاژ به‌طور دایم ماسه‌دهی داشته باشد. دلیل دیگری که در این قبیل آبخوان‌ها باید چاه گراول‌پکینک شود این است که مواد رسوبی این‌گونه آبخوان‌ها اغلب نمی‌تواند محافظ جانبی خوبی برای اسکرین باشد و یا تاثیر کمی در محافظت اسکرین خواهد داشت.

گراول‌پک بر مبنای آنالیز دانه‌بندی نمونه‌های آبخوان طراحی می‌شود: اگر نمونه‌های به‌دست آمده از اعماق مختلف آبخوان از نظر دانه‌بندی تغییر قابل ملاحظه‌ای نشان دهند (اندازه دانه‌ها دارای تغییرات قابل ملاحظه‌ای باشند) طراحی گراول‌پک باید بر مبنای اندازه دانه‌های ریزتر نمونه‌ها انجام شود. تعدادی از پژوهشگران و آژانس‌های پژوهشی، در زمینه ارائه فرمول یا معیاری جهت طراحی گراول‌پک مناسب، تجاربی کسب نموده‌اند. آندرسن (۱۹۹۵) معیارهای زیر راکه عملا در طراحی گراول‌پک ثمر بخش بوده، ارائه داده است:

آبخوانی که ضریب یکنواختی مواد تشکیل دهنده آن کم‌تر از ۲/۵ باشد:

در این گونه آبخوان‌ها بایستی گراول‌پکی به کاربرد که ضریب یکنواختی مواد تشکیل دهنده آن کم‌تر از ۲/۵ باشد و در ضمن قطر ۵۰ درصد از دانه‌های گراول‌پک بایستی ۴ تا ۶ برابر قطر ۵۰ درصد مواد تشکیل دهنده آبخوان باشد (شکل ۴-۱۷). چنانچه دسترسی به گراول‌پک یکنواخت میسر نباشد می‌توان از گراول‌پک با ضریب یکنواختی بین ۲/۵ تا ۵ استفاده نمود به‌نحوی که قطر ۵۰ درصد دانه‌های آن از ۹ برابر قطر ۵۰ درصد مواد تشکیل دهنده آبخوان تجاوز ننماید.



شکل ۴-۱۷- رابطه بین اندازه دانه‌های آبخوان و گراول‌پک

- آبخوانی که ضریب یکنواختی مواد تشکیل‌دهنده آن بین ۲/۵ تا ۵ باشد

در این گونه آبخوان‌ها بایستی گراول‌پکی به‌کار برد که ضریب یکنواختی مواد تشکیل دهنده آن کم‌تر از ۲/۵ باشد و اندازه قطر ۵۰ درصد ذرات تشکیل دهنده آن از ۹ برابر اندازه قطر ۵۰ درصد مواد تشکیل دهنده آبخوان تجاوز نکند. چنانچه گراول‌پک یکنواخت در دسترس نباشد می‌توان از گراول‌پک با ضریب یکنواختی بین ۲/۵ تا ۵ استفاده نمود مشروط به این‌که اندازه قطر ۵۰ درصد ذرات تشکیل دهنده آن از ۱۲ برابر اندازه قطر ۵۰ درصد ذرات تشکیل دهنده آبخوان بیش‌تر نشود.

- آبخوان‌هایی که ضریب یکنواختی مواد تشکیل دهنده آن بیش از ۵ باشد

در این گونه آبخوان‌ها باید قطر ۳۰ درصد از نمونه‌ها را درعدد ۶ و ۹ ضرب نموده و این نقاط را در روی منحنی دانه‌بندی پیاده نماییم. سپس دو خط موازی که از این نقاط عبور نماید طوری رسم می‌نماییم که ضریب یکنواختی ۲/۵ یا کم‌تر داشته باشند. اندازه قطر ذرات بین این دو خط موازی اندازه قطر ذرات گراول‌پک را مشخص خواهد کرد.

ضخامت گراول‌پک اطراف اسکرین بایستی حداقل ۷۶ میلی‌متر باشد تا نسبت به در برگرفتن کامل اطراف اسکرین توسط مواد گراول‌پک اطمینان حاصل شود. تحت بیش‌تر شرایط، حداکثر ضخامت گراول‌پک بایستی حدود۲۰۰ میلی‌متر باشد چرا که انرژی ایجاد شده در هنگام توسعه چاه قادر باشد مواد ناشی از زمان حفاری و باقیمانده مایع حفاری روی دیواره چاه و مواد دانه‌ریزتر اطراف چاه را خارج نماید.

جهت کسب اطلاعات بیش‌تر به بند ۴-۱۲ نشریه شماره ۲۵۰-۶۱ طرح استاندارد مهندسی آب کشور مراجعه شود.

توضیح:

برای تعیین ضریب یکنواختی[1] می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

CU = d60(اندازه قطر ۶۰ درصد دانه‌ها)

d10 (اندازه قطر ۱۰ درصد دانه‌ها)

۴-۱۰-۱- انتخاب گراول مناسب

گراول مصرفی جهت ایجاد فیلتر شنی بایستی دارای خصوصیات زیر باشد:

- ذرات گراول پاک و شسته شده و عاری از هر گونه مواد زاید و خاک باشند.
- گرد و کروی باشند
- از جنس شن یا ماسه سیلیسی باشند
- درصد دانه‌های آهکی، ذرات شیلی و گچی موجود در آن نباید بیش از ۵ درصد باشد.
- از نظر دانه‌بندی، جورشدگی خوبی داشته باشند تا میزان تخلخل و هدایت هیدرولیکی اطراف چاه افزایش یابد.

1- Coefficient of uniformity

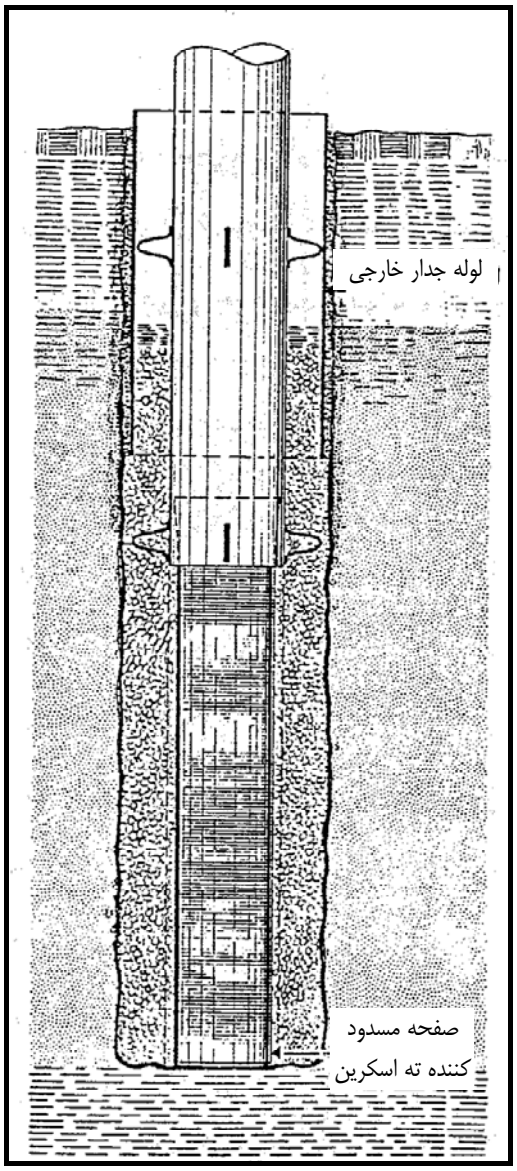
۴-۱۰-۲- نحوه گراول‌ریزی

گراول‌ریزی باید تا حد چند متری بالاتر از لبه بالایی اسکرین ادامه یابد زیرا مقداری از دانه‌های گراول و مواد سازند آبخوان در موقع توسعه چاه ازمنافذ اسکرین عبور نموده و با فروکش نمودن گراول ریخته شده در پشت اسکرین باعث در تماس قرار گرفتن سازند آبخوان با اسکرین نشود. برای این منظور و نیز جهت جلوگیری از ریختن گراول‌های اضافی در بالای اسکرین لازم است تا لوله‌ای به نام لوله شن‌ریزی یا لوله ترمی در بالای اسکرین و در پشت لوله جدار تا سطح زمین نصب شود کاربرد این لوله جهت اضافه نمودن مواد گراول بعد از توسعه و پایین رفتن ارتفاع گراول‌پک پشت اسکرین در هنگام بهره‌برداری می‌باشد. لوله شن‌ریزی لوله‌ای است به قطر ۲ تا ۳ اینچ که در فضای بین لوله جدار و دیوار چاه قرار می‌گیرد.

۴-۱۰-۲-۱- اسکرین و لوله‌گذاری توام با گراول‌پک

چاه‌هایی که باید گراول‌پک در آنها انجام شود، باید بین ۶ تا ۱۲ اینچ بزرگ‌تر از قطر اسکرین حفاری شوند. در این گونه چاه‌ها اسکرین باید دقیقا در مرکز چاه قرار گیرد تا در اطراف اسکرین لایه گراول هم ضخامت ایجاد شود. در این چاه‌ها جهت گراول‌پک می‌توان از دو لوله جدار استفاده نمود. در این روش حد خارجی لایه گراول‌پک را لوله جداری با قطر بزرگ‌تر از اسکرین تشکیل می‌دهد و لوله جدار دیگر هم قطر اسکرین و حد داخلی لایه گراول را به‌وجود می‌آورد. ممکن است اسکرین کوچک‌تر از قطر لوله جدار و به‌صورت تلسکوپی از داخل لوله جدار داخلی در آن نصب شود.

در حفاری ضربه‌ای معمولا در مرحله اول لوله جدار خارجی در تمامی عمق چاه نصب می‌شود. لوله جدار داخلی متصل به اسکرین بعدا در مرکز لوله جدار خارجی قرار می‌گیرد. گراول انتخابی در فضاهای خالی اطراف اسکرین و لوله جدار خارجی به‌صورت مرحله‌ای ریخته می‌شود. لوله جدار خارجی را بعد از پر شدن حدود یک متر فضای پشت اسکرین با گراول، به همان اندازه بالا می‌کشند و مجددا گراول ریزی برای یک متر دیگر انجام می‌شود. این عمل چندین بار تکرار می‌شود تا ارتفاع گراول به کمی بالاتر از لبه بالایی اسکرین برسد. سپس لوله جدار خارجی از چاه بیرون کشیده می‌شود. در صورت فروکش نمودن گراول بایستی به چاه گراول بیش‌تری اضافه نمود تا ارتفاع گراول حدودا یک متر بالاتر از حد بالایی اسکرین باقی بماند. فضای خالی حد بالایی گراول را باید با هر نوع دوغاب سیمان یا مواد شفته‌ای پرکرد. لوله جدار خارجی در صورت خارج نکردن از چاه می‌تواند به همان وضعیت در چاه باقی بماند. در صورت نصب اسکرین تلسکوپی در لوله جدار، همراه با گراول ریزی، لوله جدار داخلی بالا کشیده می‌شود. در صورت باقی ماندن لوله جدار خارجی به عنوان لوله جدار دایمی در چاه لوله جدار داخلی از چاه خارج می‌شود که در این حالت لوله کوتاهی در بالای اسکرین متصل می‌شود تا با لوله جدار خارجی حدود یک متر پوشش داشته باشد. بعضی از حفاران ترجیح می‌دهند که لوله جدار داخلی که متصل به اسکرین گردیده به‌طور دایم در چاه باقی بماند و لوله جدار خارجی از چاه خارج شود. در این صورت گیره‌هایی جهت در مرکز قراردادن لوله به آن وصل می‌شود. (شکل ۴-۱۸).

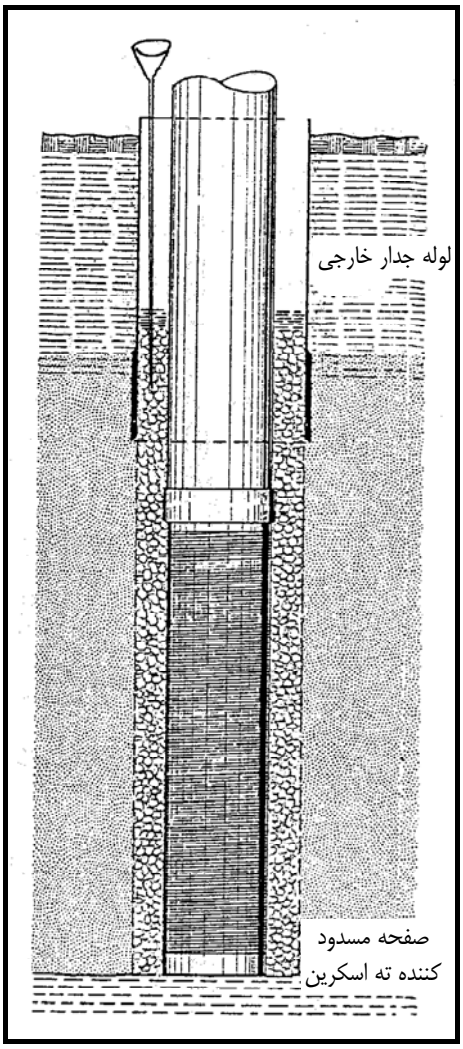


شکل ۴-۱۸- اسکرین و لوله همراه با گیره، توام با گراول‌پک در یک چاه محفوره با روش دورانی

۴-۱۰-۲-۲- گراول‌ریزی با لوله هادی[1]

برای ریختن گراول در فضای پشت اسکرین در چاه‌های کم عمق می‌توان از لوله هادی استفاده کرد (شکل ۴-۱۹).

1- Teremie Pipe



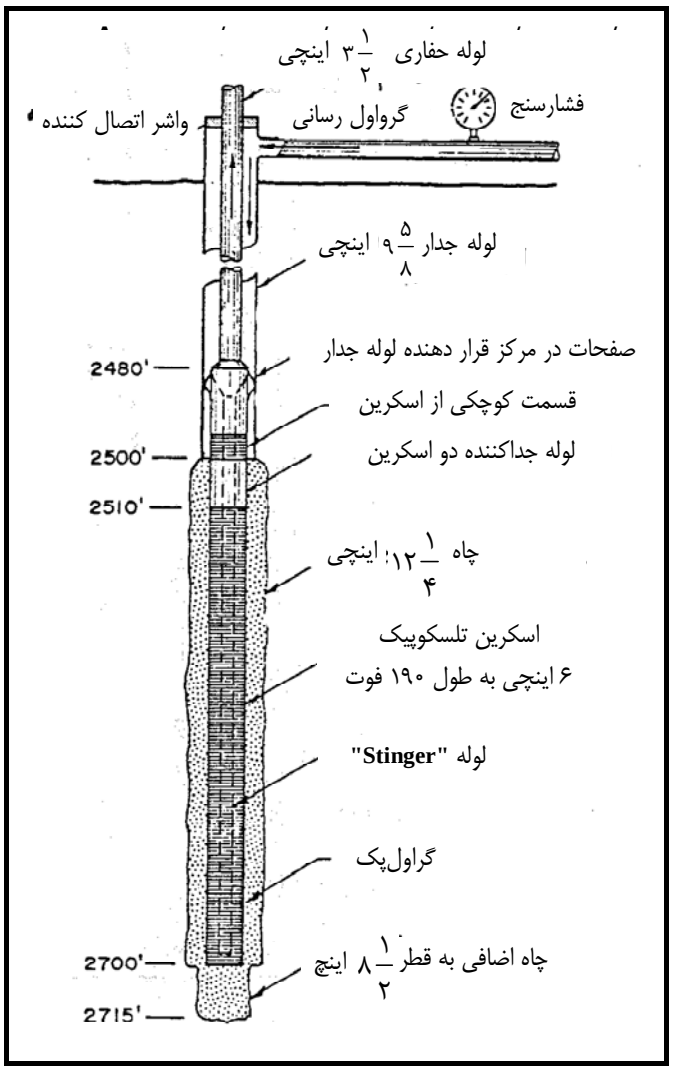
شکل ۴-۱۹- گراول‌پک نمودن چاه توسط لوله هادی

چند لوله متصل به هم و به قطر بین ۲ تا ۳ اینچ را تا محل ریختن گراول در چاه قرار می‌دهند. یک عدد قیف در بالای لوله متصل می‌شود و گراول توسط قیف و جریان آب یا تزریق آب و گراول به لوله هدایت می‌شود. در موقع عملیات و جهت جلوگیری از پل بستن دانه‌های گراول بهتر است تا مقداری آب نیز همراه گراول به درون قیف تزریق شود. لوله مذکور در حین ریختن گراول در اطراف اسکرین، به طرف بالا کشیده می‌شود. از وضع برخورد دانه‌های گراول به لوله مذکور و صدای آن می‌توان حس کرد که ارتفاع گراول ریخته شده در چه موقعیتی است. البته دانه‌های گراول تا رسیدن به محل مورد نظر حتی با وجود عبور در محوطه آبدار یا مایع گل رقیق تا حدودی به دسته دانه‌های ریز و درشت تفکیک می‌شوند.

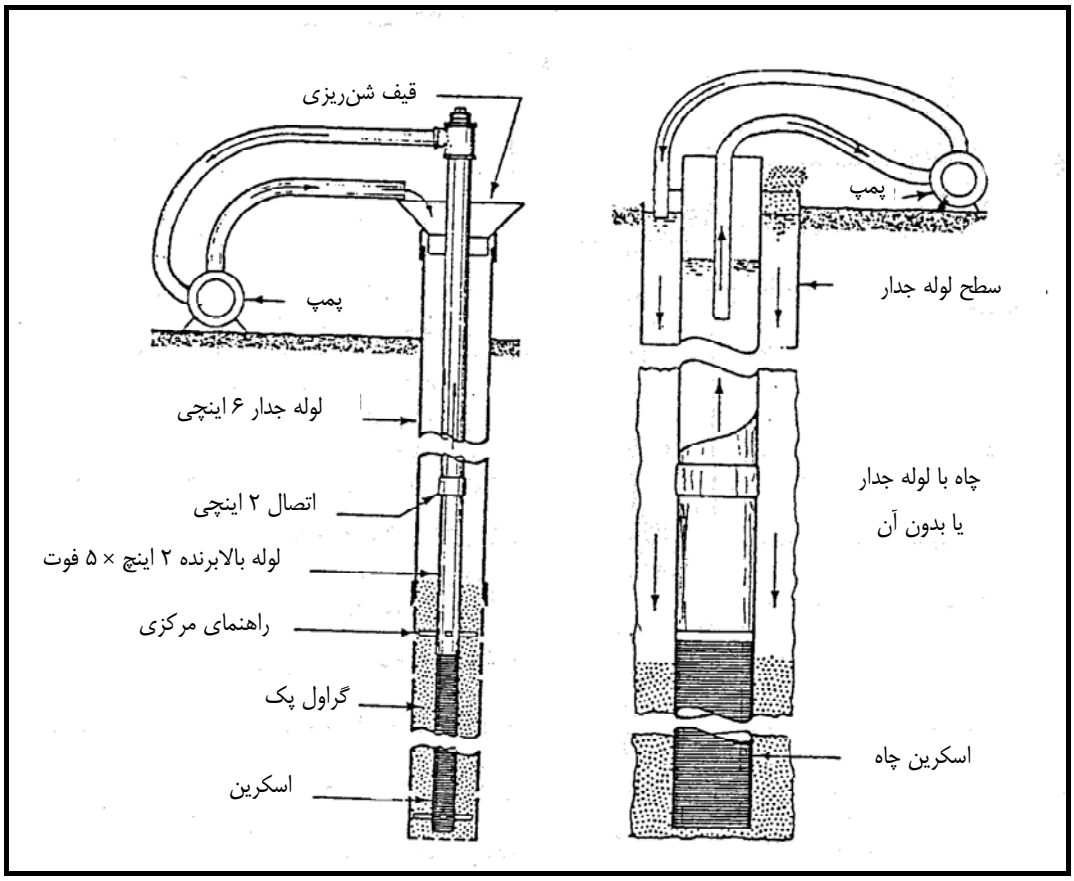
۴-۱۰-۲-۳- گراول ریزی توام با پمپاژ آب

گراول‌پک نمودن چاه‌های عمیق با روش پمپاژ جریان معکوس آب نیز عملی می‌باشد. مقداری آب از درون لوله جدار پمپ شده و همزمان آب معادلی در بین لوله جدار و دیواره چاه تزریق می‌گردد تا چاه کاملا پر از آب نگهداشته شود. پایین رفتن جریان آب از اطراف لوله جدار سبب می‌شود تا از سقوط آزاد گراول‌ها جلوگیری به عمل آمده و دانه‌های گراول همراه با آب به ته چاه منتقل شوند

گراول در پشت اسکرین باقیمانده و آب از منافذ اسکرین وارد آن شده و از داخل لوله جدار به طرف بالا حرکت می‌کند. فشار آب پمپ شده در طول عملیات با دستگاه فشار سنج به دقت مورد بازبینی قرار می‌گیرد. گراول را با سرعت معینی به درون چاه ریخته و فشار نیز اندازه‌گیری می‌شود. فشار آب در لحظه رسیدن گراول به ارتفاع لبه بالایی اسکرین ناگهان و با سرعت زیادی بالا رفته که شکستگی در منحنی فشار ایجاد می‌کند. (اشکال (۴-۲۰) و (۴-۲۱))



شکل ۴-۲۰- روش گراول‌پک چاه‌های عمیق با جریان معکوس آب



شکل ۴-۲۱- جزییات پمپ و دیگر وسایل گراول‌ریزی دو حلقه چاه با پمپاژ آب

۴-۱۰-۲-۴- روش گراول‌پک با لوله متقاطع[1]

این روش برای گراول‌پک نمودن چاه‌های با قطر کم و عمق زیاد استفاده می‌شود که در صنعت نفت کاربری دارد بنابراین از ذکر جزییات آن خودداری می‌شود.

۴-۱۰-۲-۵- استفاده از مواد تثبیت کننده

درصورتی‌که چاهی نیاز به گراول‌پک نداشته باشد بایستی قبل از عمل توسعه، مقداری ماسه درشت و گراول در فضای خالی اطراف لوله جدار یا اسکرین و دیواره چاه ریخت. این عمل در حقیقت نوعی گراول‌پک بوده ولی چون معمولا از مواد دانه‌بندی شده استفاده نمی‌گردد، به نام مواد تثبیت کننده (ثابت نمودن دیواره چاه) شناخته شده است. با مصرف این مواد احتمال ریزش دیواره چاه کم می‌شود. ماسه و مواد مصرفی جهت این منظور بایستی تمیز و گرد (بدون زاویه) باشد. دانه‌بندی آنها مشابه با دانه‌بندی آبخوان یا کمی ظریف تراز آن بوده و به همین لحاظ درصدی از این مواد در موقع توسعه چاه از اسکرین عبور می‌کند. ساده‌ترین روش ریختن این مواد به درون چاه روش معمولی توسط بیل می‌باشد. احتیاط مهم این است که بایستی از پل بستن این دانه‌ها در بالای اسکرین و بعد از رسیدن به محل مورد نظر ممانعت به عمل آورد. بهترین روش جلوگیری از پل بستن، استفاده از جریان معکوس آب می‌باشد.

1- Cross-over

بدین منظور جریان آب از پشت لوله جدار وارد چاه شده و در همان هنگام مقداری آب به‌وسیله نیروی مکشی یک پمپ از درون لوله جدار بالا کشیده می‌شود.

۴-۱۰-۳- تله ماسه[1]

تله ماسه بخشی از لوله کور می‌باشد که در زیر (کف) اسکرین قرار می‌گیرد و کار آن ذخیره کردن و به دام انداختن ماسه و سیلت در زمان پمپاژ می‌باشد. این تله ماسه‌ای حتی در چاه‌هایی که کاملا توسعه یافته باشند، نیز بایستی به کار برده شود. اندازه طول تله ماسه‌ای معمولا تا چند متر (۲ تا ۶ متر) سفارش داده می‌شود و قطر آن معمولا اندازه قطر اسکرین می‌باشد.

۴-۱۱- مهار چاه

در خاتمه لوله‌گذاری درحالی‌که لوله‌ها آزاد می‌باشد و به‌وسیله قلاب کابل لوله‌گذاری نگهداری می‌گردند وزن ستون لوله توسط کابل مذکور تحمل می‌شود. در این حالت لوله‌ها به‌صورت مستقیم و هم مرکز در چاه قرار می‌گیرند که توسط دو قطعه تیرآهن مناسب طبق مشخصاتی که بعدا خواهد آمد با جوش الکتریک به آن متصل و بدین وسیله ستون لوله مهار می‌شود.

در مواردی‌که برای چاه لوله هادی پیش‌بینی شده باشد تکیه‌گاه تیرآهن‌ها لبه بالای لوله هادی و بتون پشت آن می‌باشد. در غیر این صورت باید تکیه گاه تیرآهن از استحکام کافی برخوردار باشد. در چنین شرایطی لازم است برای دست‌یابی به تکیه گاه نسبتا سخت در اطراف لوله جدار تا رسیدن به شرایط مناسب خاکبرداری گردیده و تیرآهن‌های مهار در آن عمق نصب گردند.

درصورتی‌که عمق خاکبرداری بیش از یک متر باشد و شرایط مناسب به‌دست نیاید با تمهیدات لازم از قبیل سنگ چین نمودن و یا نصب بلوک سیمانی و غیره ... باید شرایط مناسب برای نصب تیرآهن مهار را به‌وجود آورد.

۴-۱۱-۱- ابعاد فونداسیون در چاه‌های اکتشافی و بهره‌برداری

ابعاد بلوک سیمانی در چاه‌های اکتشافی و بهره‌برداری ۰/۵ × ۱/۵ × ۱/۵ متر می‌باشد که دو قطعه تیرآهن مهار در داخل آن قرار می‌گیرد. تیرآهن‌های مهار لوله برحسب قطر لوله جدار و عمق چاه نمره ۱۲ و ۱۴ و طول هر قطعه آن ۱/۵ تا ۲ متر در نظر گرفته می‌شود. برای ساخت بلوک سیمانی بایستی حداقل ۲۵۰ کیلوگرم سیمان برای هر مترمکعب آن استفاده شود. در شرایطی که آب مصرفی بتون، شوری کم داشته باشد سیمان تیپ یک و در غیر این صورت سیمان تیپ ۲ تا ۵ مصرف شود. دقت به عمل آید مصالح شن و ماسه کاملا شسته و عاری از خاک و مواد آلی و کانی‌های محلول در آب بوده و سطح بالای بلوک حداقل ۲۰ سانتی‌متر پایین‌تر از لبه لوله جدار باشد.

در داخل بتون، نصب دو لوله مایل یکی به قطر ۳ اینچ با خروجی در زیر بلوک بتونی برای شن‌ریزی دور لوله جدار در مرحله بهره‌برداری و دیگری به قطر ۱ یا ۱/۵ اینچ با ایجاد حفره و اتصال به لوله جدار برای اندازه‌گیری سطح آب در مرحله بهره‌برداری تعبیه می‌شود.

1- Sand Trap

دهانه چاه باید به‌وسیله یک ورق فولادی با ضخامت حداقل ۵ میلی‌متر با جوش الکتریک کاملا مسدود شود و در مرکز آن حفره‌ای تعبیه و یک بوش با درپوش به قطر $\frac{۱}{۲}$ اینچ جهت اندازه‌گیری سطح آب قبل از نصب پمپ پیش‌بینی شود.

در مواردی‌که چاه آرتزین باشد یک لوله خروجی متناسب با آبدهی آرتزین باید تعبیه شود و در صورت لزوم برای بستن و کنترل جریان آرتزین از شیر فلکه متناسب با فشار آب استفاده شود.

۴-۱۱-۲- ابعاد فونداسیون در چاه‌های مشاهده‌ای و پیزومتری

مشخصات مهار لوله و بلوک سیمانی چاه‌های پیزومتر و مشاهده‌ای مانند چاه‌های بهره‌برداری و اکتشافی بوده با این تفاوت که در این چاه‌ها از دو قطعه تیرآهن نمره ۱۰ به طول هر قطعه ۰/۵ متر استفاده می‌شود و ابعاد بلوک سیمانی نیز ۰/۵ ×۱×۱ متر می‌باشد. ضمنا نصب لوله‌های مایل برای ریختن شن و اندازه‌گیری سطح آب، در بلوک سیمانی ضرورت ندارد.

درصورتی‌که اطراف بلوک سیمانی به هر علت خالی باشد به‌وسیله خاکریز، قسمت‌های خالی، پر و متراکم شود به نحوی که از امکان جمع شدن آب در اطراف دهانه چاه جلوگیری شود.

۴-۱۲- توسعه چاه[1]

مهم‌ترین هدف از توسعه چاه، خروج مواد دانه‌ریز و انتقال آنها از داخل چاه به بیرون می‌باشد که باعث افزایش تخلخل و قابلیت هدایت هیدرولیکی آبخوان، گراول‌پک و از بین بردن کیک حفاری فشرده شده در دیواره چاه که در زمان حفاری ایجاد شده و همچنین به حداقل رساندن و یا حذف کامل ماسه‌دهی در زمان پمپاژ می‌باشد.

به محض اتمام حفاری، اکثر چاه‌ها به‌منظور رسیدن به حداکثر بازدهی نیاز به توسعه دارند. این موضوع در مورد چاه‌هایی که در آبخوان‌های آبرفتی حفر شده و چاه‌هایی که دارای گراول‌پک مصنوعی می‌باشند، نقش مهمی دارد. به‌علاوه تعداد زیادی از چاه‌ها ممکن است به‌صورت متناوب در طول زمان بدلیل عواملی مثل پوسته پوسته و مسدود شدن اسکرین‌ها به‌علت رسوبات باکتری‌ها و یا ورود مواد دانه‌ریز به داخل گراول‌پک، نیاز به توسعه مجدد داشته باشند.

۴-۱۲-۱- روش‌های توسعه چاه‌های آب

۴-۱۲-۱-۱- ساده‌ترین روش توسعه چاه به منظور زدودن مواد دانه‌ریز داخل چاه، پمپاژ بیش از حد[2]

حتی بالاتر از زمانی که چاه در حالت بهره‌برداری است، می‌باشد. پمپاژ بیش از حد به خودی خود به ندرت بازدهی چاه را افزایش می‌دهد، چرا که بیش‌ترین عمل توسعه در نفوذپذیرترین ناحیه نزدیک به بالای اسکرین اتفاق می‌افتد.

1- Well Development
2- Over Pumping

۴-۱۲-۱-۲- روش پمپاژ- برگشت[1]

در این روش طی یک مدت کوتاه با آبدهی زیاد از چاه پمپاژ می‌شود و سپس با قطع ناگهانی پمپ، آب در ستون چاه پایین می‌رود که باعث شستشوی اسکرین می‌شود. این عمل تا زمانی‌که آب چاه زلال شود تکرار می‌شود.

هر چند دو روش مذکور به‌صورت گسترده در توسعه چاه‌ها به کار برده می‌شوند و در برخی حالات نتایج قابل قبولی در توسعه چاه دارند، لیکن در مقایسه با روش‌های دیگر توسعه چاه در افزایش بازدهی چاه از اهمیت کم‌تری برخوردارند.

۴-۱۲-۱-۳- روش پیستون‌زنی

در این روش آب با فشار زیاد توسط یک پیستون که در لوله جدار و به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند، به داخل اسکرین وارد شده و از آن خارج می‌شود. ابزاری که معمولا در این روش به کار می‌رود قالب تزریق[2] نامیده می‌شود که این قالب معمولا از تعدادی صفحه فولادی ویا چوبی تنیده شده، ساخته می‌شود، قطر خارجی این قالب بایستی کمی کم‌تر از قطر داخلی لوله جدار و اسکرین باشد. قبل از شروع عمل توسعه باید از آماده بودن چاه اطمینان حاصل کرد تا آب به داخل چاه وارد شود. عملیات تزریق از بالای اسکرین به سمت پایین به سرعت انجام می‌شود تا امکان ماسه‌گرفتگی قالب تزریق کاهش یابد. حرکات اولیه باید نسبتا ملایم با ضربات مداوم و میزان آب کم انجام شود. بعد از تزریق آب در بالای اسکرین چاه بایستی تمیز شود و تزریق باید در قسمت پایین‌تر انتهای اسکرین شروع شود و با ادامه کار بتدریج داخل اسکرین توسعه یابد. این مراحل با ضربات تندتر تا زمانی که دیگر ماسه به داخل چاه کشیده نشود تکرار می‌شود. عمل تزریق برای اسکرین‌هایی که در مقابل منطقه‌های با تخلخل و هدایت هیدرولیکی خوب نصب شده‌اند، نتایج خوبی داشته است.

۴-۱۲-۱-۴- روش هوای فشرده[3]

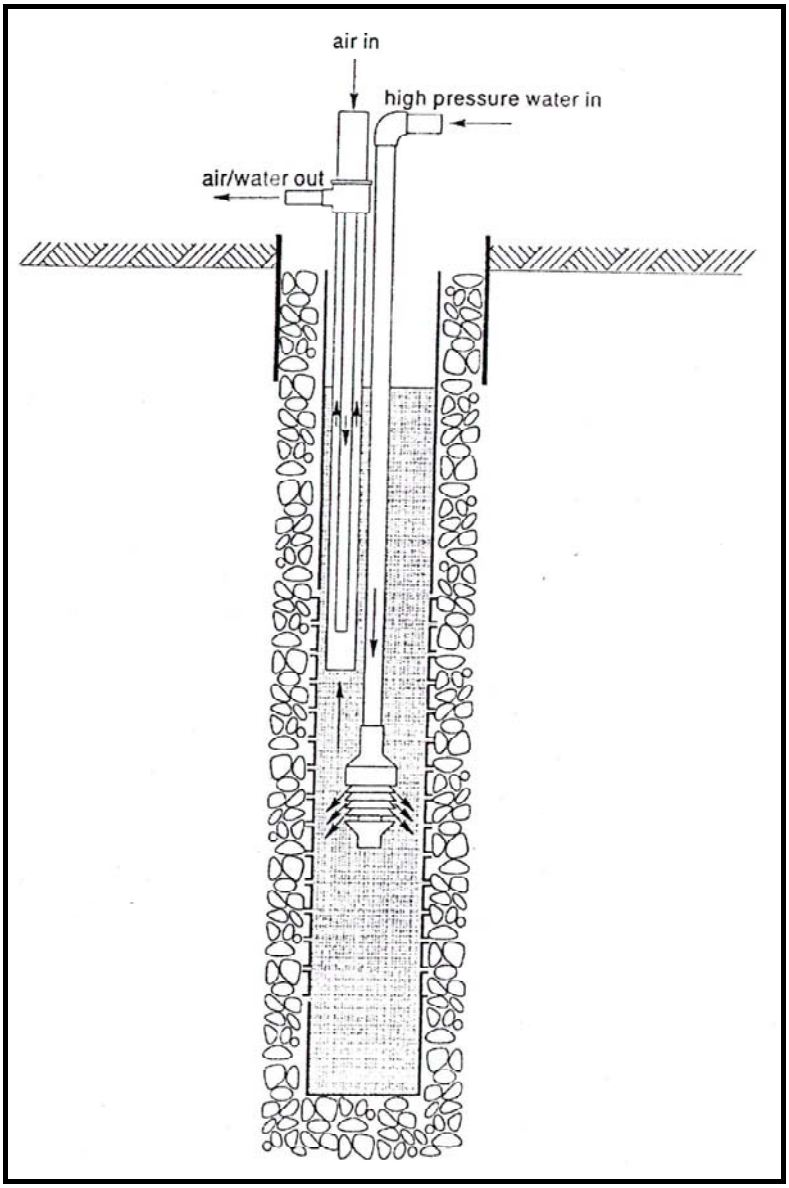
تعداد زیادی از حفاران از روش هوای فشرده جهت توسعه چاه‌هایی که در سازندهای سخت و آبرفتی حفر شده‌اند، استفاده می‌نمایند. عمق تزریق و پمپاژ با هوا توسط دستگاه‌های حفاری روتاری با کمپرسورهای بزرگ هوا امکان‌پذیر می‌باشد. در این روش به‌منظور بالا آوردن آب از داخل چاه و رساندن آن به سطح زمین هوا به داخل چاه تزریق می‌شود و به محض رسیدن آب به قسمت بالای لوله جدار، تزریق هوا قطع می‌شود تا به آب اجازه پایین رفتن به ستون چاه را بدهد. تاثیر این روش مخصوصا در زمانی‌که از پکر دوبله[4] که پمپاژ را در طول کوچکی از اسکرین محدوده می‌کند، زیاد می‌باشد. در این روش همانند روش «قالب تزریق» به‌صورت متناوب و تکرار تزریق، چاه تمیز می‌شود.

۴-۱۲-۱-۵- روش جت[5]

این روش در توسعه آبخوان وگراول‌پک چاه بسیار موثر است. در عمل روش فوران آب با روش هوای فشرده می‌توانند همزمان در چاه به کار برده شوند و بنابراین امکان ایجاد سد یا مانع از مواد دانه‌ریز آبخوان فراهم نمی‌شود (شکل ۴-۲۲). دستگاه جت از یک

1- Surging/back
2- Surge Block
3- Compressed Air
4- Double-Packer
5- Jetting

لوله و تعدادی فواره[1] تشکیل شده و آب با فشار زیاد وارد لوله شده و به سمت فواره‌هایی که در منتهی الیه لوله وصل می‌باشند با سرعت ۳۰ متر در ثانیه یا بیش‌تر به فواره‌ها می‌رسد و نهایتا با سرعت حداقل ۴۵ متر درثانیه از فواره‌ها خارج می‌شود. نازل‌ها تا حدود ۲۵ میلی‌متر وارد اسکرین شده و با چرخش ملایمی که دارند باعث توسعه اسکرین می‌گردند این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا توسعه چاه کامل شود.



شکل ۴-۲۲- دیاگرام شماتیک روش جت با سرعت زیاد همراه با سیستم پمپاژ ایرلیفت

1- Nozzle

۴-۱۲-۱-۶- روش اسید

استفاده از انواع مختلف اسیدها و یا مواد شیمیایی تاثیر مهمی در توسعه چاه‌های آب در زمان اتمام حفاری و مراحل بعد از آن دارد. این روش به تنهایی و یا با ترکیبی از روش‌های پمپاژ – برگشت و جت در توسعه چاه‌ها به کار برده می‌شود. این روش در چاه‌هایی که در سنگ آهک و دولومیت حفر شده‌اند جهت افزایش بازشدگی درزه و شکاف‌های موجود در دیواره چاه اثر قابل توجهی داشته و میزان افت سطح آب زیرزمینی را در زمان پمپاژ چاه، کاهش می‌دهد. این روش همچنین در زدودن رسوبات پوسته‌ای روی اسکرین می‌تواند موثر واقع شود. در این روش عمدتا از اسید سولفامیک و اسید کلریدریک استفاده می‌شود. در این روش حجمی از اسید در چند نوبت به ناحیه‌ای از اسکرین که بایستی توسعه یابد تزریق می‌گردد و به‌طور متناوب در آن تلاطم و به‌هم خوردگی ایجاد می‌کنند و سپس بعد از ۶ تا ۸ ساعت پمپاژ می‌شود. مواد شیمیایی که معمولا در این روش به کار می‌روند پلی فسفات‌ها می‌باشند. عمل پلی فسفات‌ها متفرق کردن و جداسازی رس‌ها و گل حفاری از دیواره چاه می‌باشد. میزان ۰/۵ تا ۱/۵ کیلوگرم پلی فسفات را در ۱۰۰ لیتر آب حل نموده و با استفاده از روش قالب تزریق یا روش جت در توسعه چاه به کار می‌برند.

۴-۱۳- نظارت بر نحوه انجام آزمایش پمپاژ و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش

پس از حفر، مهار و انجام عملیات توسعه چاه، لازم است مهندس ناظر با توجه به دستورالعمل آزمایش‌های پمپاژ استاندارد مهندسی آب کشور نشریه شماره ۱۳۸۰– ۱۷۰– الف بر نحوه انجام آزمایش پمپاژ نظارت نماید و پس از بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش پمپاژ، نسبت به تعیین ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار در چاه‌های اکتشافی و تعیین میزان آبدهی مجاز و انتخاب نوع پمپ در چاه‌های بهره‌برداری اقدام نماید. لازم به ذکر است که نحوه تجهیز چاه‌های آب و نظارت بر آن نیاز به تهیه دستورالعمل جداگانه‌ای دارد.

۴-۱۴- زدودن ساختمان چاه از آلاینده‌ها

در زمان حفاری به دلیل آلوده بودن ابزار حفاری و دیگر تجهیزات وابسته به چاه نظیر اسکرین، لوله جدار و پمپ، به میکروب و آلودگی‌های دیگر، ساختمان چاه آلوده می‌شود و بنابراین لازم است تمهیداتی مثل ضدعفونی نمودن و بهداشتی نمودن ساختمان چاه را مد نظر قرار داد که با توجه به شرح خدمات در این دستورالعمل نمی‌گنجد و لازم است این موضوع و همچنین نکات مهم در نگهداری چاه‌های آب در یک دستورالعمل جداگانه تهیه و ارائه گردد.

۴-۱۵- نگهداری چاه‌های آب[1]

بازدهی و یا ظرفیت موثر یک چاه معمولا بعد از گذشت چند سال از حفر آن به دلیل افزایش افت و افزایش هزینه‌های پمپاژ، کاهش می‌یابد. زمانی که ظرفیت ویژه (آبدهی ویژه) چاه کاهش یابد و باعث افزایش هزینه‌های پمپاژ شود لازم است که چاه مورد بازیابی[2] قرار گیرد. جهت طراحی یک برنامه خوب به منظور نگهداری و حفاظت از چاه باید اطلاعاتی از قبیل شرایط زمین‌شناسی،

1- Maintenance of Water Wells
2- Rehabilitation

موقعیت و نوع آبخوان و موقعیت لایه ناتراوا، کیفیت آب و آبدهی ویژه چاه در دسترس باشد. هر چاهی جهت نگهداری، برنامه خاص خود را می‌طلبد. کاهش قابل توجه آبدهی ویژه، نشان‌دهنده این است که چاه نیاز به بازیابی دارد. به‌طور کلی بازیابی چاه‌های آب زمانی موفق خواهد بود که بازدهی چاه و آبدهی ویژه آن بیش از حد کم نشده باشد. چنانچه آبدهی ویژه یک چاه به اندازه ۲۵ ٪ آبدهی ویژه آن در زمان حفر کاهش یابد، زمان بازیابی آن فرا رسیده است.

فرم ۴-۳- برگ مشخصات فنی حفاری چاه آب به روش ضربه‌ای

۱- کلیات

۱-۱- استان ۱-۲- شهرستان ۱-۳- روستا ۱-۴- شماره چاه ۱-۵- تراز نقطه حفاری

۱-۶- مالک ۱-۷- کارفرما ۱-۸- پیمانکار ۱-۹- دستگاه نظارت ۱-۱۰- مدل دستگاه

۱-۱۱- تاریخ شروع ۱-۱۲- تاریخ خاتمه ۱-۱۳- نوع چاه اکتشافی ☐ بهره‌برداری ☐ پیزومتر ☐ پیزومتر مجاور چاه ☐

۱-۱۴- نوع سازند آبرفت ☐ شولاتی - ریزش ☐ سازند سخت ☐

۲- مشخصات فنی

۲-۱- قطر حفاری (متر) ۲-۲- عمق حفاری (متر) ۲-۳- قطر لوله هادی (متر) ۲-۴- طول لوله هادی (متر)

۲-۵- قطر و عمق گمانه (متر) ۲-۶- عمق برخورد به آب (متر) ۲-۷- سطح آب در پایان حفاری (متر) ۲-۸- متوسط سرعت حفاری (متر در روز)

۲-۹- فواصل برداشت نمونه خاک (متر) ۲-۱۰- فواصل برداشت نمونه آب (متر) ۲-۱۱- قطر و طول لوله موقت (متر)

۲-۱۲- آزمایش با گل کش (لیتر بر ثانیه) ۲-۱۳- افت (متر) ۲-۱۴- هدایت الکتریکی (میکروموس در سانتی‌متر)

۲-۱۵- کلر (میلی‌گرم در لیتر۹ ۲-۱۶- آزمایش کامل شیمیایی دارد ☐ ندارد ☐

۲-۱۷- قطر و عمق چاه (متر) ۲-۱۸- قطر و طول لوله جدار (متر)

۲-۱۹- قطر و طول شبکه و اسکرین (متر) ۲-۲۰- تعداد شبکه در یک متر لوله (روزنه)

۲-۲۱- نوع اسکرین ۲-۲۲- فضای باز اسکرین (درصد)

۲-۲۳- عرض روزنه (میلی‌متر) ۲-۲۴- نحوه لوله‌گذاری آزاد ☐ باضربه ☐

۲-۲۵- اندازه شن صافی از تا میلی‌متر ۲-۲۶- حجم شن صافی (مترمکعب)

۳- مشخصات فتن مهار چاه

۳-۱- ابعاد بتن مهار چاه × × متر ۳-۲- نمره و طول تیرآهن‌های مهار نمره ☐ متر ☐

۴- نتایج آزمایش پمپاژ

تاریخ		حداکثر آبدهی	آبدهی مجاز	کروکی محل چاه:
آبدهی	مترمکعب در ساعت			
افت	متر			
آبدهی ویژه	مترمکعب در ساعت (به متر)			
ضریب قابلیت T	T.D	مترمربع در روز		
انتقال	T.R			
ضریب ذخیره S	درصد			مقیاس
افت در آبخوان	متر			
افت در لوله جدار	متر			

فرم ۴-۴- لوگ زمین‌شناسی، حفاری، لوله‌گذاری و چاه پیمایی حفاری دورانی

لوله‌گذاری	لوگ حرارت‌سنجی مقاومت مایع	گاما - گاما لوگ قطرسنجی	پتانسیل خودزا	شرح طبقات	جنس طبقات	عمق (متر)	لوگ مقاومت نرمال ۶/۴	گاما طبیعی نوترون - نوترون

فرم ۴-۵- لوگ زمین‌شناسی، حفاری و لوله‌گذاری چاه‌های آب به روش ضربه‌ای

تغییرات کیفی آب	حفاری و لوله‌گذاری	شرح لایه‌ها	لوگ زمین‌شناختی	عمق (متر)	تغییرات کیفی آب	حفاری و لوله‌گذاری	شرح لایه‌ها	لوگ زمین‌شناختی	عمق (متر)

۴-۱۶- مواردی که در کنترل و نظارت بر حفر چاه‌های آب بایستی توسط مهندسین ناظر مد نظر قرار گیرد. (لیست کنترل[1])

کلیات

پس از اخذ پروانه حفر توسط متقاضی از شرکت آب منطقه‌ای براساس فرم شماره ۳ (ب) ارایه شده در آیین‌نامه اجرایی فصل دوم قانون توزیع عادلانه آب و عقد قرارداد با یکی از شرکت‌های حفاری ذیصلاح (دارای پروانه صلاحیت حفاری از وزارت نیرو)، مختصات U.T.M نقطه‌ای محل پیشنهادی حفر چاه که در پروانه حفر قید گردیده به مهندس ناظر ارایه می‌گردد.

لازم به ذکر است که براساس ضوابط و مقررات انتخاب روش حفاری بایستی توسط کارشناس شرکت آب منطقه‌ای انجام شود لیکن مهندس ناظر می‌بایست براساس جدول (۴-۱) دستورالعمل از انتخاب روش حفاری اطمینان حاصل نماید.

۴-۱۶-۱- عناوین موارد نظارت بر حفر چاه‌های آب در روش حفاری ضربه‌ای

۴-۱۶-۱-۱- نظارت بر استقرار دستگاه حفاری ضربه‌ای

- کنترل قرارداد حفاری و اعتبار پروانه صلاحیت شرکت حفاری
- کنترل مختصات U.T.M نقطه‌ای محل حفر چاه
- کنترل مشخصات دستگاه حفاری
- کنترل کد و انگ پلاک مشخصه وزارت نیرو
- انتخاب سر مته مناسب با توجه به روش و قطر حفاری اعلام شده
- کنترل اجزای دستگاه حفاری شامل ابزار حفاری، دکل و موتور
- بررسی عدم وجود زدگی یا پارگی کابلها
- بازرسی قرقره‌ها و کلاج
- اطمینان از ترمز دستگاه حفاری
- آماده نمودن ابزارهای لازم و مشخصات فنی مناسب شامل مته‌ها، جعبه یا کیسه‌های برداشت و نگهداری نمونه‌های سنگ و خاک، بطری‌های مناسب و پاکیزه برای اخذ نمونه آب چاه، کنترل دستگاه عمق‌یاب
- پیش‌بینی محوطه لازم برای تخلیه مواد حفاری شده
- پیش‌بینی محوطه لازم برای تخلیه لوله‌های جدار
- نظارت بر تهیه و تامین آب مورد نیاز (کمی و کیفی)
- کنترل کیفیت آب مورد نیاز حفاری

1- Check List

- پیش‌بینی محوطه‌ای مناسب برای استقرار چادر، وسایل و تجهیزات کارکنان برای سکونت موقت
- نظارت بر عملیات تراز دستگاه حفاری (کنترل جک‌های هیدرولیکی، مهارهای ثابت، تکیه‌گاه جک‌ها و ...)
- تنظیم صورتجلسه استقرار دستگاه حفاری به امضای مالک چاه، مسوول فنی شرکت حفاری، کارشناس آب منطقه‌ای و مهندس ناظر

۴-۱۶-۱-۲- دستور شروع عملیات حفاری

- نظارت بر نصب لوله هادی در صورت نیاز
- نظارت بر برداشت نمونه خاک یا سنگ حفاری شده
- نظارت بر برداشت نمونه آب
- بررسی مقدماتی نمونه‌های خاک یا سنگ و آب و دستور حمل نمونه‌ها به آزمایشگاه
- نظارت بر نحوه جلوگیری از ریزش در صورت برخورد به لایه‌های ریزشی
- نظارت بر نحوه انسداد لایه‌های حاوی آب با کیفیت نامطلوب در صورت نیاز
- نظارت بر ساخت دوغاب سیمان و نحوه سیمانکاری در صورت نیاز
- کنترل تراز دستگاه بصورت روزانه
- نظارت بر نحوه آزمایش آبدهی چاه توسط گل‌کش (بیلر)
- محاسبه میزان آبدهی لحظه‌ای چاه با استفاده از نتایج آزمایش بیلر تست
- نظارت بر عملیات برقوزنی
- نظارت بر آزمایش قائم بودن چاه
- نظارت بر نحوه تکمیل فرم گزارش روزانه حفاری و فرم نمودار پیشرفت عملیات حفاری
- بررسی نتایج نمونه‌های خاک و سنگ دریافتی از آزمایشگاه و تشخیص و تفکیک لایه‌ها و تغییرات لیتولوژیکی آنها
- تعیین کیفیت آب آبخوان با استفاده از بررسی نتایج نمونه‌های آب دریافتی از آزمایشگاه
- تعیین دانه‌بندی خاک به منظور تعیین شرایط لوله‌گذاری با استفاده از نتایج آزمایشگاهی نمونه‌ها
- تعیین افق‌های دارای تغییرات کیفی محسوس آب
- تعیین نوع آبخوان یا آبخوان‌های موجود با استفاده از تغییرات سطح آب زیرزمینی در زمان حفر چاه
- تعیین متراژ لوله و اسکرین مورد نیاز در چاه با توجه به نتایج نمونه‌های خاک یا سنگ وآب
- تعیین جنس لوله جدار و اسکرین مورد نیاز با توجه به نتایج کمی و کیفی نمونه‌های خاک و سنگ و آب
- ارایه عمق نصب لوله جدار و اسکرین به حفار
- طراحی ساختمان چاه
- نظارت بر نحوه لوله‌گذاری و اسکرین‌گذاری
- انتخاب گراول مناسب و نظارت بر نحوه گراول‌ریزی

- نظارت بر نحوه مهار چاه و ارایه ابعاد فونداسیون مناسب با توجه به هدف از حفر چاه
- ارایه روش یا روش‌های مناسب جهت توسعه چاه و نظارت بر عملیات توسعه چاه
- تنظیم صورتجلسه ترخیص دستگاه به امضای مالک چاه، مسوول فنی شرکت حفاری، نماینده شرکت آب منطقه‌ای و مهندس ناظر
- نظارت بر نحوه انجام آزمایش پمپاژ و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش
- انتخاب پمپ مناسب با توجه به نتایج حاصل از آزمایش پمپاژ در چاه‌های بهره‌برداری
- ضد عفونی و بهداشتی نمودن ساختمان چاه
- تکمیل فرمهای مشخصات فنی چاه و لاگ زمین‌شناسی و حفاری و تهیه گزارش نهایی (فرم‌های ارایه شده در پیوست ۱ دستورالعمل) و ارایه یک نسخه از آن به شرکت آب منطقه‌ای، شرکت حفار، مالک چا، و نگهداری یک نسخه نزد مهندس ناظر

۴-۱۶-۲- عناوین موارد نظارت بر حفر چاه‌های آب در روش حفاری دورانی

۴-۱۶-۲-۱- نظارت بر استقرار دستگاه حفاری روتاری

- کنترل قرارداد حفاری و اعتبار صلاحیت شرکت حفاری
- کنترل مختصات U.T.M نقطه‌ای محل حفر چاه
- کنترل مشخصات دستگاه حفاری
- کنترل کد وانگ پلاک مشخصه وزارت نیرو
- نظارت بر تهیه و تامین آب مورد نیاز (کمی و کیفی)
- کنترل و نظارت بر تسطیح فضای مناسب تخلیه سوزن‌ها و سایر تجهیزات
- کنترل محل دپوی سوزن‌های حفاری و لوله‌های جدار
- نظارت بر ساخت حوضچه‌های گل
- کنترل قسمت‌های مهم دستگاه حفاری شامل زنجیرهای بالابر، میز دوار، ترمز دستگاه، کابل‌ها، پمپ هیدرولیک، پمپ گل، لوله خرطومی مکنده گل و موتور و دکل دستگاه
- کنترل تجهیزات جانبی و مواد و مصالح مورد نیاز شامل سوزن‌های یدکی، مته‌ها، میزان بنتونیت مورد نیاز، جعبه‌های نگهدارنده نمونه‌های خاک و سنگ، ظروف نمونه آب چاه و دستگاه عمق‌یاب
- کنترل مایع حفاری از نظر کمی، گرانروی، وزن مخصوص، PH (اسیدیته) و هدایت الکتریکی (EC)
- پیش‌بینی مسیر خروج گل حفاری و ورود به حوضچه‌های گل و محوطه لازم جهت تخلیه مواد حفاری شده
- پیش‌بینی محوطه‌ای مناسب برای استقرار چادر، وسایل و تجهیزات کارکنان برای سکونت موقت
- نظارت بر عملیات ترازیابی دستگاه حفاری شامل جک‌های هیدرولیکی و تکیه‌گاه جک‌ها
- انتخاب سر مته مناسب

- تنظیم صورتجلسه استقرار دستگاه حفاری به امضای مالک چاه، مسوول فنی شرکت حفاری، نماینده آب منطقه‌ای و مهندس ناظر

۴-۱۶-۲-۲- دستور شروع عملیات حفاری

- نظارت بر نصب لوله هادی در صورت نیاز
- نظارت بر برداشت نمونه خاک یا سنگ حفاری شده
- نظارت بر برداشت نمونه آب (هر چند که برداشت نمونه آب در این روش تا زمانی که گل حفاری در چاه باشد عملا امکانپذیر نمی‌باشد.
- بررسی مقدماتی نمونه‌های خاک یا سنگ و آب و دستور حمل نمونه‌ها به آزمایشگاه
- نظارت بر نحوه جلوگیری از ریزش (در صورت برخورد به لایه‌های ریزشی)
- نظارت بر نحوه انسداد لایه‌های حاوی آب با کیفیت نامطلوب (در صورت نیاز)
- نظارت بر ساخت دوغاب سیمان و نحوه سیمانکاری (در صورت نیاز)
- کنترل تراز دستگاه به صورت روزانه
- نظارت بر انجام عملیات چاه‌پیمایی در آبخوان آبرفتی (طبق دستورالعمل شماره ۹۹- الف- استاندارد مهندسی آب کشور)
- تجزیه و تحلیل نتایج عملیات چاه‌پیمایی و تعیین عمق لایه‌های حاوی آب با کیفیت مناسب و غیر مناسب و همچنین لایه‌های ناتراوا و تخمین آبدهی لحظه‌ای چاه
- نظارت بر عملیات برقوزنی چاه
- نظارت بر آزمایش قائم بودن چاه
- نظارت بر نحوه تکمیل فرم گزارش حفاری و فرم نمودار پیشرفت عملیات حفاری
- بررسی نتایج نمونه‌های خاک، سنگ دریافتی از آزمایشگاه و تشخیص و تفکیک لایه‌ها و تغییرات لیتولوژیکی آنها
- تعیین کیفیت آب آبخوان با استفاده از بررسی نتایج نمونه‌های آب دریافتی از آزمایشگاه (در صورت وجود)
- تعیین دانه‌بندی خاک به منظور تعیین شرایط لوله‌گذاری با استفاده از نتایج آزمایشگاهی نمونه‌ها
- تعیین متراژ لوله جدار و اسکرین مورد نیاز با توجه به نتایج کمی وکیفی نمونه‌های خاک و سنگ و آب و نتایج آزمایش چاه‌پیمایی
- ارایه عمق نصب لوله جدار و اسکرین به حفار
- طراحی ساختمان چاه
- نظارت بر نحوه لوله‌گذاری و اسکرین‌گذاری
- انتخاب گراول مناسب و نظارت بر نحوه گراول‌ریزی
- نظارت بر نحوه مهار چاه و ارایه ابعاد فونداسیون مناسب با توجه به هدف از حفر چاه
- ارایه روش یا روش‌های مناسب جهت توسعه چاه و نظارت بر عملیات توسعه چاه

- تنظیم صورتجلسه ترخیص دستگاه حفاری به امضای مالک چاه، مسوول فنی شرکت حفار، نماینده شرکت آب منطقه‌ای و مهندس ناظر
- نظارت بر نحوه انجام آزمایش پمپاژ و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش
- انتخاب پمپ مناسب با توجه به نتایج حاصل از آزمایش پمپاژ در چاه‌های بهره‌برداری
- ضد عفونی و بهداشتی نمودن ساختمان چاه
- تکمیل فرم‌های مشخصات فنی چاه و لاگ زمین‌شناسی و حفاری و تهیه گزارش نهایی (فرم‌های ارائه شده در پیوست ۱ دستورالعمل) و ارایه یک نسخه از آن به شرکت آب منطقه‌ای، شرکت حفار، مالک چاه و نگهداری یک نسخه نزد مهندس ناظر

۴-۱۶-۳- عناوین موارد نظارت بر حفر چاه‌های آب در روش حفاری دورانی- ضربه‌ای (چکشی)

۴-۱۶-۳-۱- نظارت بر استقرار دستگاه حفاری دورانی- ضربه‌ای (چکشی)

- کنترل قرارداد حفاری و اعتبار پروانه صلاحیت شرکت حفاری
- کنترل مختصات U.T.M نقطه‌ای محل حفر چاه
- کنترل مشخصات دستگاه حفاری
- کنترل کد وانگ پلاک مشخصه وزارت نیرو
- نظارت بر تامین آب و کف (فوم) مورد نیاز (کمی و کیفی)
- نظارت بر تسطیح فضای مناسب برای تخلیه لوله‌های جدار، سوزن‌ها و سایر تجهیزات
- کنترل قسمت‌های مهم دستگاه حفاری شامل کمپرسور، لوله‌های انتقال هوا، پمپ‌های هیدرولیک، شیلنگ‌های انتقال، گرداننده مته، ترمز دستگاه، قسمت‌های کنترل‌کننده، اهرم‌ها، کابل‌ها، مته، چکش و دکل دستگاه
- نظارت بر نحوه تهیه ماده کف‌زا
- کنترل دستگاه عمق‌یاب
- کنترل جعبه‌های مخصوص نگهداری نمونه‌های خاک و سنگ و ظروف نمونه آب
- پیش‌بینی محوطه لازم جهت تخلیه مواد حفاری شده
- پیش‌بینی محوطه‌ای مناسب برای استقرار چادر، وسایل و تجهیزات کارکنان برای سکونت موقت
- نظارت بر عملیات ترازیابی دستگاه حفاری شامل کنترل جک‌های خودکار هیدرولیکی پس از تسطیح محوطه لازم
- انتخاب مته و چکش مناسب
- تنظیم صورتجلسه استقرار دستگاه حفاری به امضای مالک چاه، مسوول فنی شرکت حفاری، نماینده آب منطقه‌ای و مهندس ناظر

۴-۱۶-۳-۲- دستور شروع عملیات حفاری

- نظارت بر نصب لوله هادی در صورت نیاز

- نظارت بر برداشت نمونه خاک یا سنگ حفاری شده
- نظارت بر برداشت نمونه آب (هر چند که در این روش در اثر استفاده از ماده کف‌زا در مراحلی از حفاری نمی‌توان از آب چاه نمونه‌گیری نمود)
- بررسی مقدماتی نمونه‌های سنگ و آب و دستور حمل نمونه به آزمایشگاه
- نظارت بر نحوه جلوگیری از ریزش (در صورت برخورد به لایه ریزشی)
- نظارت بر نحوه انسداد لایه‌های حاوی آب با کیفیت نامطلوب (در صورت نیاز)
- نظارت بر ساخت دوغاب سیمان و نحوه سیمانکاری (در صورت نیاز)
- کنترل تراز دستگاه به‌صورت روزانه
- نظارت بر انجام آزمایش آبدهی چاه که با استفاده از روش هوای فشرده (Air lift) به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود.
- برآورد آبدهی اولیه چاه به منظور اخذ تصمیم در خصوص برقوزنی چاه
- نظارت بر عملیات برقوزنی
- نظارت بر آزمایش قائم بودن چاه
- نظارت بر نحوه تکمیل فرم گزارش روزانه حفاری و فرم نمودار پیشرفت عملیات حفاری
- بررسی نتایج نمونه‌های سنگ دریافتی از آزمایشگاه و تشخیص و تفکیک لایه‌ها و تغییرات لیتولوژی آنها
- بررسی پدیده‌های انحلالی و درزه و شکاف‌ها در سنگ‌های کارستی و دیگر سازندهای سخت
- بررسی نوع مواد پرکننده درزه‌ها و شکاف‌ها
- تعیین افق‌های آبدار و عمق لایه‌های تراوا و ناتراوا
- تعیین کیفیت آب آبخوان با استفاده از بررسی نتایج نمونه‌های آب
- تعیین متراژ لوله جدار و اسکرین (هر چند که در چاه‌هایی که در سازندهای سخت حفر می‌شود لزومی به نصب لوله جدار و اسکرین نمی‌باشد اما نصب آنها به منظور حفاظت از پمپ حائز اهمیت است).
- ارایه عمق نصب لوله جدار و اسکرین به حفار
- طراحی ساختمان چاه
- نظارت بر نحوه لوله‌گذاری و اسکرین‌گذاری
- انتخاب گراول مناسب و نظارت بر نحوه گراول‌ریزی (در صورت نیاز)
- نظارت بر نحوه مهار چاه و ارایه ابعاد فونداسیون مناسب با توجه به هدف از حفر چاه
- ارایه روش یا روش‌های توسعه چاه و نظارت بر عملیات توسعه چاه (در صورت نیاز- در این روش امکان ورود مواد حفاری شده به داخل مجاری انحلالی و درزه و شکاف‌های سنگ‌ها وجود دارد که لازم است عملیات توسعه چاه انجام شود).
- تهیه و تنظیم صورتجلسه ترخیص دستگاه حفاری به امضای مالک چاه، مسوول فنی شرکت حفار، نماینده شرکت آب منطقه‌ای و مهندس ناظر

- نظارت بر نحوه انجام آزمایش پمپاژ و تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش
- انتخاب پمپ مناسب با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌های پمپاژ در چاه‌های بهره‌برداری
- ضد عفونی و بهداشتی نمودن ساختمان چاه
- تکمیل فرمهای مشخصات فنی چاه و لاگ زمین‌شناسی و حفاری و تهیه گزارش نهایی (فرم‌های ارایه شده در پیوست ۱ دستورالعمل) و ارایه یک نسخه از آن به شرکت آب منطقه‌ای، شرکت حفار، مالک چاه و نگهداری یک نسخه نزد مهندس ناظر

۴-۱۷- برگ مشخصات فنی و نیمرخ زمین‌شناسی

این برگ به‌عنوان شناسنامه هر چاه تلقی می‌شود و حاوی اطلاعات و مشخصاتی به‌شرح زیر می‌باشد.

- **اطلاعات عمومی:** شامل موقعیت جغرافیایی نقطه جاری (استان، شهرستان، قریه) و مطالب دیگری نظیر کارفرما، دستگاه نظارت، تاریخ حفاری و غیره.
- **مشخصات فنی:** شامل نوع سازند، نوع چاه، روش حفاری، قطر و عمق گمانه و سایر خصوصیات فنی چاه و غیره.
- **ملاحظات:** موارد خاص که در هنگام عملیات حفاری و لوله‌گذاری تا مرحله تکمیل چاه رخ داده و در شناسایی چاه موثر می‌باشد به‌نظر مهندس ناظر در این قسمت یادداشت می‌شود. نظیر: تغییرات کمی و کیفی و یا قطع مایع حفاری، انحراف چاه، توقف‌های ناگهانی و غیره.
- **کروکی محل:** برای نشان دادن موقعیت جغرافیایی نقطه حفاری و درصورتی‌که نقشه‌های توپوگرافی U.T.M شده منطقه با مقیاس مناسب وجود داشته باشد با استفاده از آن محل چاه را نسبت به عوارض طبیعی و همچنین منابع آب زیرزمینی و انهار مجاور در محدوده پیش‌بینی شده مشخص می‌نمایند.
- **نیمرخ زمین‌شناسی:** نمایانگر ویژگی‌های لیتولوژی، دانه‌بندی و سایر مشخصات لایه‌های زمین تا عمق حفر شده می‌باشد که با رویت و آزمایش نمونه‌های خاک و با استفاده از سایر اطلاعات جنبی ترسیم می‌شود در کنار آن مقطع لوله‌گذاری و منحنی تغییرات کیفی آب چاه نسبت به عمق نشان داده می‌شود.

برای تنظیم این فرم، قسمت اول آن با استفاده از اطلاعات عمومی منطقه تکمیل می‌شود و برای سایر بندهای پیش‌بینی شده در این فرم که اکثرا مربوط به مشخصات فنی چاه می‌باشد از برگ‌های گزارش روزانه حفاری که حاوی کلیه اطلاعات و خصوصیات فنی چاه می‌باشد استفاده می‌شود و سایر موارد استثنایی که در این فرم پیش‌بینی و ذکر آن ضرورت دارد، طبق نظر مهندس ناظر در قسمت ملاحظات درج می‌شود.

نیمرخ زمین‌شناسی را برای اینکه با دقت بیش‌تری ترسیم نمایید باید به موارد ذیل توجه نمایید:

- نمونه‌هایی‌که مورد بررسی و شناسایی قرار می‌گیرد با توجه به روش حفاری، دقت آنها در چه حدودی می‌باشد، از انواع دست نخورده، دست خورده و یا خیلی تقریبی می‌باشد.

- در چاهایی‌که عملیات چاه‌پیمایی در آن صورت می‌گیرد از نتایج حاصل از تعبیر و تفسیر برای تعیین ضخامت طبقات، دانه‌بندی، درجه تراکم، وجود شکستگی و درز و شکاف و سایر خصوصیات لایه‌ها در تکمیل و یا تصحیح نمیرخ زمین‌شناسی استفاده نمایند.
- از خصوصیات و اطلاعاتی‌که در حین حفاری به‌دست می‌آید نظیر سرعت حفاری، درجه سختی و تراکم طبقات و یا شولاتی و ریزشی بودن لایه‌ها استفاده نمایند.

استفاده از نتایج مطالعات ژئوفیزیک منطقه برای شناخت ضخامت لایه اشباع، میزان تخلخل و نفوذپذیری، جنس و عمق سنگ کف.

- درصورتی‌که نمونه‌های خاک با دقت کافی برداشت شده باشند، لزوما آزمایش دانه‌بندی نیز انجام خواهد شد و درصد ابعاد دانه های تشکیل دهنده نمونه را مشخص می‌نمایند و در نیمرخ زمین‌شناسی نشان می‌دهند.
- برای تعیین سن، لیتولوژی، مقدار تخلخل و سایر خصوصیات سنگ در حفاری سازندهای سخت با استفاده از نمونه دست نخورده (مغزه) و ارسال آنها به آزمایشگاه نتایج حاصله در تکمیل نمیرخ زمین‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- برای انتخاب علایم لیتولوژی سازندهای زمین‌شناسی از علایم نشریه شماره ۸۳–الف دفتر طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی آب کشور تحت عنوان علایم و نشانه‌های نقشه‌های منابع آب زیرزمینی استفاده شود.
- مقیاس نیمرخ به تناسب عمق چاه و ابعاد کاغذ A4 به‌گونه‌ای باید انتخاب شود که حتی‌المقدور تا عمق حفاری شده در یک برگ جای گیرد. در مواردی‌که چاه قبلی عمیق باشد و تغییرات لایه‌های زمین زیاد باشد در این صورت می‌توان از دو یا چند برگ برای رسم نیمرخ استفاده نمود.
- مقطع لوله‌گذاری در کنار نیمرخ زمین‌شناسی با همان مقیاس و یا مشخصات کامل رسم می‌شود که در آن قطر لوله، متراژ لوله مشبک و غیرمشبک یا اسکرین و محل قرار گرفتن آنها نشان داده می‌شود. مقطع لوله هادی، فونداسیون و سایر خصوصیات چاه که قابل نمایش در مقطع باشد ترسیم می‌شود.

منحنی تغییرات کیفی آب چاه که معمولا با نمایش تغییرات هدایت الکتریکی (در حفاری‌های بدون استفاده از گردش گل) که اغلب در محل چاه به‌وسیله دستگاه پورتابل اندازه‌گیری می‌شود در کنار مقطع لوله‌گذاری درج می‌شود، مطابق فرم‌های شماره (۴–۳) الی (۴–۵).

فصل ۵

ارائه یک نمونه مطالعه موردی

۵-۱- کلیات

به منظور ارائه یک نمونه مطالعه موردی یکی از چاه‌های حفاری شده در سازندهای سخت شرق استان گلستان (شرق شهرستان آزادشهر در منطقه کاشیدار و امنان) که کلیه مراحل مطالعه و تعیین محل و حفر وآزمایش پمپاژ آن براساس دستورالعمل اجرا گردیده، انتخاب که مشخصات کلیه مراحل مذکور به شرح زیر می‌باشد:

پس از انجام مطالعات هواشناسی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی که گزارش‌های آن در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گلستان موجود می‌باشد، نسبت به انجام عملیات ژئوالکتریک اقدام شد که نتیجه کلیه این مطالعات و عملیات انتخاب محل مناسب جهت حفر چاه مذکور بوده که مراحل استقرار تا ترخیص دستگاه حفاری و آزمایش پمپاژ در پیوست شماره ۱ این دستورالعمل ارائه شده است.

لازم به ذکر است این چاه به دنبال اقدامات انجام شده توسط آب و فاضلاب روستایی استان گلستان به منظور تامین آب شرب روستاهای منطقه کاشیدار و دامغان از توابع شهرستان آزاد شهر استان مذکور حفر شده است. چاه مذکور در سنگ آهک کرتاسه واقع در شرق روستای کاشیدار تعیین محل شده که آبدهی مجاز آن براساس نتایج آزمایش پمپاژ که بعد از انجام عملیات چاه‌پیمایی صورت گرفته، ۳۵ لیتر در ثانیه تعیین شده است.

پیوست ۱

شناسنامه حفاری چاه‌های عمیق و نیمه عمیق

فرم موقعیت ومشخصا ت چاه و روش حفر چاه

۱- موقعیت ومشخصات چاه مورد بحث

نام اراضی محل وقوع چاه ..... نام دشت ..... نام شهرستان .....

نام مالک یا مالکین ..... شماره پروانه حفر ..... تاریخ صدور .....

کد مطالعاتی دشت ..... مشخصات محل حفاری (U.T.M)

..... Y x

شماره مجوز افزایش عمق ..... تاریخ مجوز .....

عمق مجاز (نهایی) ..... متر

۲- مشخصات شرکت ودستگاه حفاری

نام شرکت ..... کد شرکت .....

نام مسوول فنی حفاری ..... شماره پروانه صلاحیت شرکت ..... مورخ .....

شماره قرارداد حفاری ..... مورخ ..... روش حفاری .....

نوع مشخصات دستگاه حفاری:

قدرت دستگاه حفاری ..... متر قطر مته ..... اینچ

قدرت کمپرسور فشار خروجی هوا ..... PSI قدرت موتور ..... اسب بخار

حجم خروجی هوا ..... CFM

مهندس ناظر و نماینده مالکین چاه	نماینده مالکین چاه	نماینده آب منطقه‌ای	مسوول فنی شرکت حفاری
نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
امضاء:	امضاء:	امضاء:	امضاء:

صورتجلسه استقرار دستگاه حفاری

امور آب ناحیه ..... شماره پرونده .....

به موجب درخواست آقای/ خانم/ شرکت/ موسسه حفاری ..... به محل چاه موضوع پروانه حفر/ تغییر محل/ کف شکنی/ لایروبی با شماره ..... مورخ ..... واقع در اراضی ..... دشت ..... شهرستان ..... عزیمت و براساس کروکی مرتسمه مورخ ..... دستگاه حفاری ..... با کد ..... انک ..... پلمب شده با سریال پلمب ..... و نصب شده بر روی شاسی/ کامیون ..... به شماره پلاک ..... متعلق به شرکت/ موسسه حفاری ..... در حضور امضاء کنندگان ذیل مستقر و از ناحیه چرخ به پلمب سریال ..... پلمب گردید.

مهندس ناظر و نماینده مالکین چاه	نماینده مالکین چاه	نماینده آب منطقه‌ای	مسوول فنی شرکت حفاری
نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
امضاء:	امضاء:	امضاء:	امضاء:

گزارش روزانه پیشرفت عملیات حفاری

محل چاه: .....
شماره کلاسه: .....
نام مالک: .....
شماره ومورخ پروانه حفر: .....
نام ناظر: .....
نوع سازند:.....
روش حفاری: .....
تاریخ شروع حفاری: .....
قطر حفاری: .....
قطر لوله چدار: .....

تاریخ	متراژ حفاری (متر)	سطح آب یا گل حفاری (متر		تعداد خاک نمونه	تعداد آب نمونه	لوله‌گذاری (متر)	تاریخ	متراژ حفاری (متر)	سطح آب یا گل حفاری (متر)		تعداد خاک نمونه	تعداد آب نمونه	لوله‌گذاری (متر)
		صبح	عصر						صبح	عصر			

امضاء ناظر ونماینده مالکین چاه:
امضاء مسوول فنی شرکت حفار:

گزارش عملیات حفاری چاه

۱- روش حفاری: ضربه‌ای ☐ دورانی ☐ دورانی و ضربه‌ای ☐

تاریخ شروع حفاری: ..... تاریخ خاتمه حفاری: ..... تاریخ ترخیص دستگاه طبق صورتجلسه پیوست.....

تعداد روزهای کاری دستگاه ..... روز (گزارش روزانه حفاری) میانگین متراژ حفاری در روز ..... متر ذکر علت توقف عملیات حفاری و مشکلات موجود.

عمق نهایی حفاری ..... متر قطر نهایی حفاری ..... اینچ

عمیق برخورد به آب اول ..... متر عمق آب درخاتمه حفاری ..... اینچ

عمق لایه‌های ریزش (یا خیلی نرم) ..... متر ضمامت لایه‌های ریزشی (یا خیلی نرم) ..... متر

تعداد لایه‌های آبدار ..... لایه روش تشخصیص لایه‌های آبدار .....

انواع سفره‌ها ..... عمق برخورد به سنگ کف ..... متر

جنس سنگ کف ..... ضخامت لایه اشباع ..... متر

* تعداد نمونه آب‌های برداشت شده ..... نمونه درجه حرارت اولیه نمونه های آب ..... درجه

هدایت الکتریکی آب .....

* تعداد نمونه خاکهای برداشت شده ..... نمونه

ارائه پیشنهاد درخصوص انجام آزمایش پمپاژ، کاروتاژ با نظرکارشناس آب منطقه‌ای

عمق لایه‌های سخت (قلوه سنگ) یا رس، مارن که مته درآن گیر می‌کند.

از عمق ..... تا عمق (مارس یا رس) ☐ از عمق ..... تا عمق قلوه سنگ ☐

عمق لایه‌های خیلی نرم .....

شولاتی یا رس، از عمق ..... تا عمق ..... رس ☐ از عمق ..... تا عمق ماسه ☐

* هزینه آزمایش نمونه‌های آب به عهده کارفرما، (مالک چاه) می‌باشد.

۲- شرح نتایج تغییر کیفی نمونه های آب که هر پنج متر یا در حین تغییر کیفیت سفره در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد برداشت شده (نتایج ضمیمه گردد.)

۳- تست آبدهی چاه با ذکر روش اندازه‌گیری (قبل از لوله‌گذاری)

۴- لوله‌گذاری

جنس لوله جدار ..... روش لوله‌گذاری ..... قطر لوله جدار ..... اینچ

ضخامت لوله جدار ..... میلی‌متر طول لوله مشبک..... متر

از عمق ..... تا عمق ..... متر- از عمق ..... تا عمق ..... متر- از عمق ..... تا عمق ..... متر

طول لوله هادی ..... متر. قطر لوله هادی ..... اینچ. ضخامت لوله هادی ..... میلی‌متر

طول لوله موقت ..... متر. قطرلوله موقت ..... اینچ.

- مشخصات شبکه با توجه به نتایج دانه‌بندی لایه‌ها

طول شبکه ..... میلی‌متر عرض شبکه ..... میلی‌متر

تعداد شبکه در یک متر لوله جدار ..... سطح شبکه ..... درصد

۵- سایر عملیات:

حجم گراول مصرفی ..... مترمکعب ابعاد گراول انتخابی ..... میلی‌متر

نحوه ریختن گراول با استفاده از لوله نرمی ☐ قطر لوله ترمی ☐ توسط کامیون ☐ توسط بیل ☐ توسط فرقون ☐

نحوه مهار لوله جدار در سطح زمین .....

ابعاد فونداسیون دهانه چاه .....

کنترل شاقول بودن چاه (شرح روش‌های کنترل) .....

کارشناس ناظر و نماینده مالکین چاه: مسوول فنی شرکت حفاری

نام ونام خانوادگی: نام و نام خانوادگی:

تاریخ: تاریخ:

امضاء: امضاء:

لوله حفاری چاه عمیق پرونده کلاسه .....

شرح تشکیلات	نمودار تشکیلات	نمودار حفاری ولوله‌گذاری	عمق به متر

کارشناس ناظر و نماینده مالکین چاه:

نام ونام خانوادگی:

تاریخ:

امضاء:

مسوول فنی شرکت حفاری

نام و نام خانوادگی:

تاریخ:

امضاء:

صورتجلسه تحویل چاه و ترخیص دستگاه حفاری

امور آب ناحیه ..... شماره پرونده .....

به موجب درخواست آقای/ خانم/ شرکت/ موسسه حفاری ..... به محل چاه موضوع پروانه حفر/ تغییر محل/ کف شکنی/ لایروبی با شماره ..... مورخ ..... متعلق به ..... واقع در اراضی ..... دشت ..... شهرستان ..... عزیمت و پس از بررسی‌های فنی براساس کروکی مورخ ..... کارشناس و پروانه فوق‌الذکر و قرارداد حفاری شماره ..... مورخ ..... و قرارداد نظارت شماره ..... مورخ ..... انجام صحیح عملیات حفاری تایید گردید. ضمنا در حضور امضاءکنندگان ذیل دستگاه حفاری با کد ..... انگ ..... نصب شده بر روی شاسی/ کامیون ..... به شماره پلاک ..... متعلق به شرک/ موسسه حفاری ..... که طی صورتجلسه استقرار مورخ ..... مستقر و با پلمب سریال ..... پلمب گردیده بود از ناحیه دکل با نصب سریال ..... پلمب و ترخیص شده.

سطح آب ..... متر و عمق چاه ..... متر اندازه‌گیری شد.

براساس بند ۴ پروانه فوق‌الذکر نماینده مالک چاه متعهد می‌گردد ظرف ۳۰ روز ضمن اعلام تاریخ آزمایش پمپاژ به امور آب ناحیه ..... تحت نظارت مهندس ناظر از چاه آزمایش پمپاژ به‌عمل آورده و گزارش مربوطه را برای اخذ پروانه بهره‌برداری به امور آب ناحیه فوق تحویل نماید. بدیهی است چنانچه نامبرده به تعهد خود عمل نکند امور آب از بهره‌برداری چاه جلوگیری خواهد نمود.

ملاحظات:

مهندس ناظر و نماینده مالکین چاه	نماینده مالکین چاه	نماینده آب منطقه‌ای	مسوول فنی شرکت حفاری
نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
امضاء:	امضاء:	امضاء:	امضاء:

گزارش آزمایش پمپاژ چاه

۱- موقعیت:

نام محل شهرستان دشت نام مالک

شماره پروانه حفر چاه مورخ

۲- مشخصات ناظر حفار:

نام و نام خانوادگی شماره پروانه صلاحیت

۳- مشخصات چاه (U.T.M) Y: X:

عمق کلی چاه ..... متر ..... قطر حفاری ..... اینچ

نوع لوله جدار ..... طول لوله جدار ..... متر قطر لوله جدار ..... اینچ

سطح برخورد به آب اول ..... متر سطح آب در خاتمه حفاری ..... متر

- پیزومتر دارد/ ندارد .....

* عمق پیزومتر ..... متر سطح آب در چاه پیزومتر ..... متر

فاصله پیزومتر تا چاه ..... متر تعداد پیزومتر .....

۴- مشخصات پمپ آزمایشی:

نوع پمپ ..... مدل پمپ ..... قدرت پمپ ..... اسب بخار

تعداد طبقات ..... عمق نصب ..... متر قطر لوله آبده ..... اینچ

۵- مشخصات جعبه دنده:

نوع ..... قدرت ..... اسب بخار نسبت تبدیل ..... حداکثر دور در دقیقه .....

۶- مشخصات موتور:

نوع موتور ..... نام موتور ..... دور موتور ..... قدرت موتور ..... اسب بخار

معادل ..... کیلو وات ساعت الکتریسیته حداکثر دور در دقیقه ..... دور

---

* از وجود هرگونه چاه در فاصله کم‌تر از ۵۰ متری چاه مورد بحث می‌توان به‌عنوان پیزومتر بهره گرفت.

۷- آزمایش پمپاژ

نوع آزمایش پمپاژ ..... ساعت ..... مدت شستشوی چاه ..... ساعت.

مدت آزمایش ..... ساعت (تغییرات سطح آب در زمان ازمایش در فرم‌های ارائه گردیده است)

تاریخ آزمایش ..... و ..... ساعت شروع ..... ساعت خاتمه .....

عمق سطح آب قبل از شروع پمپاز ..... متر عمق سطح آب درخاتمه پمپاژ ..... متر

آبدهی ماکزیمم چاه با پمپاژ ازمایشی ..... لیتر در ثانیه

توسعه چاه دور پمپ ..... و ..... و ..... و ..... و ..... دور

مدت زمان توسعه ..... افت با آبدهی ماکزیمم ..... متر

عمق نصب پمپ ..... متر ..... متر ..... متر ..... متر

دبی بحرانی چاه ..... لیتر در ثانیه

ضریب افت فشار در سفره ..... = B ضریب افت فشار درلوله چاه ..... =c

نتایج آزمایش پمپاژ پله‌ای درچاه

راندمان چاه درصد BQ/SE	عامل توسعه درصد C/B	ظرفیت ویژه Q/SW	افت محاسبه شده متر S	افت شبکه متر CQ2	افت سفره مترBQ	افت ویژه SW/Q	افت اندازه‌گیری شده مترSW	ابدهی چاه M3/h	دور موتور در دقیقه R.P.M

۸- اظهارنظر با توجه به نتایج آزمایش پمپاژ در خصوص حداکثر دبی بهره‌برداری از چاه عمیق دارای پروانه حفر

.....

- حداکثر دبی قابل برداشت ..... لیتر در ثانیه
- افت متناظر با حداکثر دبی قابل برداشت ..... متر
- عمق نصب پمپ ..... متر
- محاسبه قدرت موتور .....
- ضمائم گزارش پمپاژ .....
- جدول اندازه‌گیری سطح آب در چاه پیزومتر در مراحل مختلف آزمایش
- نمودار آزمایش پمپاژ پله ای تهیه شده با نرم افزار GWW

کارشناس ناظر و نماینده مالکین چاه:	تکنسین مسوول پمپاژ آب‌منطقه‌ای	مسوول فنی شرکت حفاری
نام ونام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
تاریخ:	تاریخ:	تاریخ:
امضاء:	امضاء:	امضاء:

برنامه زمانبندی اندازه‌گیری سطح آب برای چاه‌های اکتشافی

زمان شروع پمپاژ	فاصله زمانی اندازه‌گیری	دبـــــی	سطح آب به متر
از (۰–۵۰) دقیقه	هر ۰/۵ دقیقه		
از (۵–۶۰) دقیقه	هر ۵دقیقه		
از (۶۰–۱۲۰) دقیقه	هر۲۰ دقیقه		
بیش از ۱۲۰ دقیقه	هر ۶۰ دقیقه		

برنامه زمانبندی اندازه‌گیری سطح اب برای چاه‌های پیزومتری

زمان شروع پمپاژ	فاصله زمانی اندازه‌گیری	دبـــــی	سطح آب به متر
از (۰–۲) دقیقه	هر ۱۰ دقیقه		
از (۲–۵) دقیقه	هر ۳۰دقیقه		
از (۵–۱۵) دقیقه	هر۱دقیقه		
از (۱۵–۵۰) دقیقه	هر۵ دقیقه		
از (۵۰–۱۰۰) دقیقه	هر ۱۰دقیقه		
از ۱۰۰ دقیقه – ۵ ساعت	هر۳۰دقیقه		
از (۵–۴۸) ساعت	هر ۶۰ دقیقه		
بیش از ۴۸ ساعت	هر ۸ ساعت		

مشاهده تغییرات سطح اب در آزمایش پمپاژ رفت / برگشت

چاه کلاسه: ..... نام مالک: .....

شماره /مورخ پروانه: ..... سطح اب اولیه: ..... متر

تاریخ پمپاژ: ..... مدت آزمایش: ..... ساعت

ساعت شروع: ..... ساعت خاتمه: .....

دور موتور	طول جت	آبدهی چاه		سطح اب		زمان	دور موتور	طول جت	آبدهی چاه		سطح اب		زمان
		متر مکعب	لیتر در ثانیه	افت	عمق				متر مکعب	لیتر در ثانیه	افت	عمق	

کارشناس ناظر و نماینده مالکین چاه:

نام ونام خانوادگی:

تاریخ:

امضاء:

مسوول فنی شرکت حفاری:

نام و نام خانوادگی:

تاریخ:

امضاء:

برگ مشخصات فنی چاه

کد محدوده مطالعاتی ..... استان .....
شهرستان ..... بخش .....
روستا ..... نام مالک .....
مختصات U.T.M
اکتشافی ☐ گمانه ☐ بهره‌برداری ☐
پیزومتر ☐ مغزه‌گیری ☐
نوع سازند:
آبرفتی ☐ آبرفتی – سنگی ☐
کربناته ☐ غیرکربناته ☐

کارفرما.....
مهندس ناظر.....
پیمانکار.....
تاریخ شروع حفاری.....
تاریخ خاتمه حفاری.....
نام دستگاه حفاری.....
روش حفاری ضربه‌ای ☐ دورانی ☐ دورانی ضربه‌ای ☐
عمق برخورد به آب ..... متر
عمق آب درخاتمه حفاری ..... متر

آزمایش چاه پیمانی
نرمال کوچک (با ۱۸ الکترودی) گاما طبیعی ☐
SP
گاما گاما ☐ نرمال بزرگ ☐
نوترون ☐ حرارت سنجی ☐
انحرافی‌سنجی ☐ قطرسنجی ☐

اندازه‌گیری مقاومت مایع ..... اوم متر
قطر لوله هادی ..... اینچ
طول لوله هادی ..... متر
لایه ریزشی
دارد ☐ ندارد ☐

طول وقطر لوله های
از عمق ..... تا ..... .متر با قطر ..... اینچ
از عمق ..... تا ..... متر با قطر ..... اینچ
از عمق ..... تا ..... متر با قطر ..... اینچ
برقوزنی:
از عمق .....تا .....متر با قطر ..... اینچ
از عمق .....تا .....متر با قطر ..... اینچ
از عمق .....تا .....متر با قطر ..... اینچ

قطر وعمق حفاری:
از عمق .....تا .....متر با قطر ..... اینچ
از عمق .....تا .....متر با قطر ..... اینچ
از عمق .....تا .....متر با قطر ..... اینچ

نحوه لوله‌گذاری:
آزاد ☐ با ضربه ☐
تعدادشبکه درهر متر طول لوله جدار عدم
طول شبکه ..... سانتی‌متر
عرض شبکه ..... میلی‌متر

روش شستشوی چاه:

طول وقطر لوله جدار:
از عمق ..... تا ..... متر با قطر ..... اینچ غیرمشبک
از عمق ..... تا ..... متر با قطر ..... اینچ غیر مشبک
از عمق ..... تا ..... متر با قطر ..... اینچ
از عمق ..... تا ..... متر با قطر ..... اینچ
طول لوله جدار مشبک
نوع لوله .....
ضخامت لوله ..... میلی‌متر
عمق سطح اب قبل از پمپاژ ..... متر
عمق سطح آب بعداز پمپاژ ..... متر
نوع آزمایش پمپاژ .....
آبدهی حداکثر با پمپ آزمایشی ..... متر مکعب درساعت

وسیله آزمایشی آبدهی اولیه .....
میزان آبدهی اولیه ..... لیتر در ثانیه
افت ..... متر
گراول یک
شده ☐ نشده ☐
درپوش دارد ☐ ندارد ☐
وسیله مهارچاه .....
ابعاد فونداسیون ..... متر
تعداد پیزومترهای مجاور.....حلقه

افت سطح آب یا آبدهی حداکثر ..... متر
آبدهی مجاز ..... مترمکعب در ساعت
افت مربوط به دبی مجاز ..... متر
آبدهی بحرانی ..... مترمکعب در ساعت
ضرایب افت فشار درچاه:
قابلیت انتقال درچاه ..... مترمربع درروز
ضریب ذخیره ..... درصد
هدایت الکتریکی..... میکروموس بر سانتی‌متر
یون کلر ..... میلی گرم در لیتر
PH .....

فاصله وعمق پیزومترها:
متر درسمت ..... با عمق ..... متر
متر درسمت ..... با عمق ..... متر
متر درسمت ..... با عمق ..... متر

نحوه توسه چاه:
زمان توسعه ..... ساعت
تاریخ آزمایش پمپاژ .....
عمق نصب پمپ ..... متر
کارخانه سازنده تلمبه .....
تعداد طبقات .....
کارخانه سازنده موتور.....
قدرت موتور ..... اسب بخار

ملاحظات

مهندس ناظر	نماینده مالکین چاه	نماینده آب منطقه‌ای	مسوول فنی شرکت حفاری
نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام ونام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
تاریخ:	تاریخ:	تاریخ:	تاریخ:
امضاء:	امضاء:	امضاء:	امضاء:

ضمایم گزارش حفاری:

- فرم گزارش روزانه پیشرفت عملیات حفاری
- لوگ زمین‌شناسی
- لوگ حفاری و لوله‌گذاری چاه
- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه آب‌های برداشت شده
- گزارش عملیات کار و تاز و ژوفیزیک
- صورتجلسه استقرار و ترخیص دستگاه

پیوست ۲

شیوه‌نامه نظارت بر عملیات حفاری و پمپاژ چاه‌های آب با استفاده از بخش خصوصی

پ.۲-۱- مقدمه

با توجه به اهمیت روزافزون آب‌های زیرزمینی ونظر به اینکه چاه به عنوان یک سازه آبی زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است .لذا حفر آن با رعایت ضوابط و معیارهای فنی توجه ویژه‌ای را می‌طلبد وچون امکان نظارت برکلیه عملیات حفاری چاه ها توسط کارشناسان شرکت به علت کمبود پرسنل وامکانات میسر نمی‌باشد لذا با توجه به دستورالعمل شماره ۱۸۳۴۶/۱۴۱ مورخ ۸۳/۴/۲۳ مدیرکل محترم دفتر حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی شرکت مدیریت منابع اب ایران (پیوست شماره ۱) و با عنایت به اهداف زیر استفاده از بخش خصوصی جهت نظارت بر عملیات حفاری، لوله‌گذاری و آزمایش پمپاژ چاه‌های آب مورد تایید و تاکید قرار گرفت.

۱- استفاده از توان فنی و مهندسی بخش خصوصی در بهره‌برداری ازآب‌های زیرزمینی
۲- جلوگیری از هدر رفتن سرمایه‌های کشاورزان و بهره‌برداران از آب‌های زیرزمینی
۳- بالابردن عمر مفید چاه‌های بهره‌برداری
۴- جلوگیری از اختلاف دارندگان پروانه حفر چاه با شرکت‌های حفار
۵- تهیه شناسنامه چاه طبق اصول فنی
۶- ارتقا سطح علمی و فنی شرکت‌های حفاری با استفاده از توان فنی ناظرین حفاری
۷- ایجاد اشتغال برای فارغ التحصیلان رشته‌های مرتبط
۸- نظارت دقیق و مستمر و رعایت استانداردهای فنی حفاری

به منظور تحقق اهداف فوق و چگونگی انتخاب ناظرین واجد شرایط و نحوه نظارت برعملکرد آنان شیوه‌نامه پیوست تدوین شده است.

پ.۲-۲- تعاریف و مفاهیم

ماده ۱ - مستندات قانونی: این دستورالعمل باتوجه به ماده ۸ قانون توزیع عادلانه آب و دستورالعمل شماره ۱۸۳۴۶/۱۴۱ مورخ ۸۳/۴/۲۳ مدیرکل محترم دفتر حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی شرکت مدیریت منابع آب ایران (پیوست شماره ۱) و در راستای واگذاری امور مربوط به تصدی‌گری به بخش تهیه شده است.

ماده ۲- هدف: نظام مند نمودن فرآیند نظارت بر حفاری چاه‌های آب

ماده ۳ – محدوده اجرا: کلیه منابع تحت پوشش شرکت آب منطقه‌ای

ماده ۴ – تعاریف: واژگان و عبارت‌های به‌کار رفته دراین شیوه‌نامه مفاهیم و معانی زیر را دارند:

۴-۱- **شرکت:** منظور از شرکت دراین شیوه‌نامه شرکت آب منطقه‌ای ..... و واحدهای تابعه می‌باشد.

۴-۲- **مهندس ناظر:** شخص حقیقی یا حقوقی که دارای پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری بوده و از طرف شرکت آب منطقه‌ای ..... بر عملیات حفاری، لوله‌گذاری، پمپاژ و ..... نظارت می‌کند.

۴-۳- **نهاد (تشکل):** مجموعه ناظرین حفاری که اقدام به ایجاد نهاد (تشکل) نموده پس از تهیه اساسنامه آنرا به ثبت رسانیده و نسبت به انتخاب هیات مدیره و مدیرعامل اقدام نموده‌اند.

۴-۴-**حفار:** منظور از حفار، شرکت حفاری بوده که عملیات حفاری، لوله‌گذاری و آزمایش پمپاژ چاه را انجام می‌دهد.

۴-۵- **متقاضی:** مالک چاه بوده و قرارداد نظارت بر حفاری را امضاء می‌نماید.

۴-۶- **پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری:** منظور پروانه ای است که بعد از انجام تشریفات مقرر برای ناظرین واجد شرایط توسط شرکت صادر می‌گردد.

۴-۷- **کمیسیون:** مجموعه‌ای از افراد ذیصلاح است که با پیشنهاد معاونت بهره‌برداری و تایید مدیرعامل شرکت جهت بررسی صلاحیت داوطلبین صدور پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری تشکیل می‌گردد.

۴-۸- **کمیته:** منظور از کمیته مجموعه از افراد ذیصلاح است که با پیشنهاد معاونت بهره‌برداری وتایید مدیرعامل شرکت جهت رسیدگی به تخلفات ناظرین تشکیل می‌گردد.

پ.۲-۳- شرایط پذیرش مهندسین ناظر حفاری چاه‌های اب

ماده ۵- شرایط کلی پذیرش متقاضیان صدور رپوانه صلاحیت نظارت بر حفاری چاه‌های آب مهندسین ناظر حفاری به‌شرح زیر می‌باشد:

۵-۱- تابعیت ایران و متهد به نظام جمهوری اسلامی ایران

۵-۲- متدین به دین مبین اسلام با یکی از ادیان رسمی کشور

۵-۳- نداشتن سوء پیشینه

۵-۴- داشتن معافیت یا کارت پایان خدمت وظیفه کشور

۵-۵- نداشتن اعتبار به مواد مخدر

۵-۶- توانایی انجام مسافرت به نقاط مختلف استان ..... جهت نظارت ودر صورت لزوم اقامت شبانه روزی در محل حفر چاه

۵-۷- داشتن دانشنامه کارشناسی یا بالاتر دریکی از رشته‌های زمین‌شناسی، معدن و یا آب‌های زیرزمینی

(افراد بازنشسته صنعت آب کشور که حداقل دارای مدرک تحصیلی فوق دیپلم بوده و در زمان اشتغال در پست کارشناسی مرتبط با امور فوق‌الذکر مشغول به خدمت بوده‌اند و حداقل دارای ۵ سال سابقه کار در زمینه حفاری چاه‌های آب باشند. می‌توانند درخواست پروانه صلاحیت نمایند.

۵-۸- عدم اشتغال به کار رسمی و قراردادی در سازمان‌ها، ادارات و شرکت‌های دولتی (به استناد اعضاء هیات علمی و تحقیقاتی) با ارائه تعهد رسمی (طبق فرم پیوست شماره ۲)

۵-۹- عدم اشتغال به کار در شرکت‌های حفاری با ارائه تعهد رسمی (طبق فرم پیوست شماره ۲)

۵-۱۰- عدم داشتن سهام درشرکت‌های حفاری با ارائه تعهد رسمی (طبق پیوست شماره ۲)

۵-۱۱- داشتن ۵ سال سابقه کار مرتبط

۵-۱۲- سپردن تعهد انجام نظارت در مناطق مورد نظر شرکت آب منطقه‌ای ..... (طبق پیوست شماره ۲)

۵-۱۳- قبول شدن در آزمون کتبی و مصاحبه حضوری

۵-۱۴- انجام یکسال کار آموزی توسط پذیرفته شدگان درنزد کارشناسان با تجربه وارائه تاییدیه مرتبط پس از انجام کارآموزی

تبصره- درصورت عدم احراز هر کداماز موارد فوق پروانه صادره توسط شرکت آب منطقه‌ای ..... لغو می‌گردد.

ماده ۶- مراحل پذیرش و انتخاب ناظرین حفاری نظارت بر حفاری چاه‌های اب

۶-۱- اعلام نیاز به ناظرین جدید از طریق امور حفاظت منابع اب با ذکر تعداد کارشناسان مورد نیاز

۶-۲- فراخوان کارشناسان واجد شرایط جهت ثبت نام با درج در روزنامه‌های محلی استان

به همراه فرم درخواست وشرایط مورد نیاز (فرم شماره)

۶-۳- ثبت نام از افراد حائز شرایط

۶-۴- برگزاری آزمون کتبی

۶-۵- انجام مصاحبه حضوری با افراد قبول شده در آزمون کتبی توسط کمیسیون بررسی صلاحیت ناظرین حفاری چاه‌های آب شرکت آب منطقه‌ای

۶-۶- اعلام اسامی افراد پذیرفته شده توسط شرکت

۶-۷- شرکت در کلاس‌های یا کارگاه‌های آموزشی درصورت لزوم

۶-۸- انجام کار اموزی افراد پذیرش شده نزد فردی از کارشناسان با تجربه دارای پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری چاه‌های اب به عنوان مربی به مدت یکسال و تایید دوره کارآموزی انجام شده به همراه اظهار نظر در مورد توانایی کاراموز نظارت بر حفاری چاه‌های آب و احیانا تجدید مورد کاراموی در صورت لزوم

۶-۹- صدور پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری چاه‌های آب برای کارشناسی که دوره کاراموزی را با موفقیت گذرانده‌اند پس از تایید کمسیون بررسی صلاحیت ناظرین حفاری بر چاه‌های اب با مدت اعتبار ۲ ساله

تبصره- کارشناسان بازنشسته صنعت آب کشور که دارای سوابق کاری مرتبط با حفاری چاه‌های آب با ارائه مدرک قابل قبول باشند از شرکت در آزمون و انجام کارآموزی معاف می‌باشند.

ماده ۷- کمیسیون بررسی صلاحیت ناظرین حفاری: به منظور بررسی صلاحیت داوطلبین نظارت بر حفاریها کمیسیون فنی تحت عنوان کمیسیون بررسی صلاحیت ناظرین حفاری مرکب از سه نفر از افراد زیر تشکیل خواهد شد:

- یک نفر کارشناس حقوقی دارای حداقل ده سال سابقه کار مرتبط
- دو نفر کارشناس مطالعات وحفاظت منابع اب از بین کارشناسان شرکت با حداقل ۱۵ سال سابقه کار مرتبط

افراد مذکور با حکم مدیرعامل شرکت منصوب می‌گردد.

تبصره- درصورت موجود نبودن کارشناسانی با سوابق فوق می‌توان از وجود با تجربه‌ترین کارشناسان که در رشته مربوطه حداقل ۷ سال تجربه داشته باشند استفاده نمود.

ماده ۸- چگونگی تمدید پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری چاه‌های آب

۸-۱- ارائه درخواست توسط کارشناس ناظر

۸-۲- ارائه مدارک دال بر فعال بودن ناظر در طول دوره اعتبار پروانه صلاحیت (ارائه لیست معتبر چاه‌های نظارت شده توسط ناظر)

۸-۳- ارائه گواهی حسن انجام کار در مورد کلیه کارهای ارجاعی و عدم انجام هر گونه تخلف و سهل انگاری در مورد نظارت‌های صورت گرفته (این گواهی توسط تشکل ناظرین صادر و به تایید امور حفاظت منابع آب می‌رسد)

۸-۴- پرونده متقاضی تمدید پروانه صلاحیت پس از تکمیل در کمیسیون مطرح و در صورت تایید نسبت به تمدید پروانه اقدام و در غیر این‌صورت پروانه صادره ابطال می‌گردد.

پ.۲-۴- شرح وظایف وخدمات مهندسین ناظر حفاری

ماده ۹ – وظایف مهندسین ناظر حفاری به شرح زیر می‌باشد.

۹-۱- نظارت مستقیم بر استقرار دستگاه حفاری با حضور نماینده شرکت، تنظیم وامضاء صورتجلسه استقرار دستگاه (طبق فرم مربوطه) و اعلام به شرکت آب منطقه‌ای و با امور آب شهرستان مربوطه

تبصره ۱- ناظر نسبت به محل حفر چاه که در کروکی ضمیمه پروانه مشخص گردیده، مالکیت محل حفر چاه و یا تاثیر برمنابع آب مجاور هیچ‌گونه مسوولیت حقوقی نداشته و چنانچه مواردی به نظر ناظر دارای ابهام باشد، می بایستی مراتب را جهت تعیین تکلیف به شرکت آب منطقه‌ای فارس کتبا گزارش نماید.

تبصره ۲- ناظر نسبت به هرگونه تغییر درمندرجات پروانه، ناظر می بایستی نظر توجیهی خود را کتبا به آب منطقه‌ای اعلام تا در صورت تایید مجوز کتبی آن صادر و مراتب ابلاغ گردد.

۹-۲- نظارت بر عملیات حفاری و رعایت مفاد پروانه و اصول فنی حفاری

- نظارت بر نصب لوله هادی (top cosign)
- بردشات نمونه از اعماق مختلف در زمان حفاری (حداقل از هر سه متر یک نمونه و با از هر تغییر لایه‌بندی خاک:
- تهیه برش (مقطع زمین‌شناسی چاه)

۹-۳- نمونه‌برداری از آب چاه (از هر پنج متر یک نمونه جهت تعیین تغییر کیفیت آب آبخوان در طول حفاری) و تهیه نمودار مربوطه.

۹-۴- پیشنهاد و نظارت بر انجام عملیات چاه پیمانی در صورت لزوم

۹-۵- تعیین تعداد لایه‌های آبدار آبخوان براساس برش (مقطع زمین‌شناسی) تهیه شده

۹-۶- نظارت بر شبکه‌بندی لوله جدار براساس دانه‌بندی چاه از نظر طول، عرض و تعداد شبکه در هر متر طول لوله جدار و تعیین طول لوله جدار ساده و مشکب در چاه با توجه به مشخصات آبخوان

۹-۷- پیشنهاد تهیه لوله جدار مناسب واستاندارد (نوع، جنس و ضخامت لوله جدار)

۹-۸- نظارت بر نحوه لوله‌گذاری چاه براساس اصول فنی پذیرفته شده (استاندارد)

۹-۹- طراحی و نظارت بر نصب لوله اندازه‌گیری (لوله ترمی)

۹-۱۰- کنترل شاغول بودن چاه با روش‌های پذیرفته شده

۹-۱۱- تعیین نوع و دانه‌بندی شن طبیعی (رودخانه‌ای) براساس برش زمین‌شناسی چاه و نظارت بر عملیات شن‌ریزی دور لوله جدار (گراول پکینگ)

۹-۱۲- نظارت بر احداث فونداسیون روی چاه، اتمام کار حفاری و جمع‌آوری دستگاه حفاری با حضور نماینده شرکت و تنظیم و امضاء صورتجلسه مربوط (صورتجلسه ترخیص دستگاه حفاری)

۹-۱۳- پیشنهاد و نظارت بر تهیه موتور پمپ مناسب جهت انجام عملیات آزمایش پمپاژ و ارائه برنامه آزمایش پمپاژ طبق استانداردهای فنی موجود

۹-۱۴- نظارت بر انجام عملیات شستشو و آزمایش پمپاژ چاه، انجام محاسبات و تهیه نمودارهای مربوط و تایید دقت و صحت آزمیاش پمپاژ

۹-۱۵- نظارت بر سایرموارد برحسب ضرورت

۹-۱۶- همکاری در تهیه گزارش کامل از وضعیت حفاری و آزمایش پمپاژ چاه و چگونگی عملیات انجام شده از ابتدا تا پایان کار و ارائه به شرکت آب منطقه‌ای و یا امور آب شهرستان مربوطه (فرم‌های شماره ۵ پیوست شناسنامه چاه)

۹-۱۷- تهیه و تنظیم صورتجلسه تحویل چاه به مالک و امضاء فرم تکمیل شده تا پایان کار با حضور و امضاء نماینده شرکت آب منطقه‌ای و نماینده شرکت حفاری طرف قرارداد پس از نظارت دقیق بر اجرای عملیات فوق‌الذکر

۹-۱۸- ناظر بایستی دقت کافی درامر نظارت بر کلیه مراحل حفاری، لوله‌گذاری و توسعه و پمپاژ چاه را معمول داشته و درصورت بروز خسارت درمراحل مختلف فوق‌الذکر بدلیل عدم رعایت موازین فنی حفر چاه مکلف به جبران خسارت وارده است- ارائه تعهدنامه رسمی طبق فرم شماره ۴ الزامی است.

پ.۲-۵- رتبه‌بندی و تقسیم کار مهندسین ناظر

ماده ۱۰- مهندسین ناظر بر حفاری براساس سابقه کار و مدرک تحصیلی به شرح زیر رتبه‌بندی می‌گردند:

- **رتبه یک**- مهندسین ناظر دارای مدرک تحصیلی لیسانس و بالاتر با حداقل ۱۵ سال سابقه کاری مرتبط مورد تایید شرکت.
- **رتبه دوم**- افراد بازنشسته صنعت آب کشور با مدرک تحصیلی فوق که با درجه کارشناسی بازنشسته شده اند و با حداقل ۱۵سال سابقه‌کاری مرتبط ومورد تایید شرکت و افراد دارای مدرک تحصیلی لیسانس و بالاتر با حداقل ۱۰ سال سابقه کار، مرتبط و مورد تایید شرکت
- **رتبه سه**- مهندسین ناظر دارای مدرک تحصیلی لیسانس و بالاتر با حداقل ۵ سال سابقه کاری مرتبط و مورد تایید شرکت

تبصره- افراد دارای رتبه ۲ و ۳ که دارای مدرک تحصیلی لیسانس و بالاتر باشند پس از گذشت ۱۰ سال از دریافت پروانه نظارت می‌توانند با داشتن شرایط لازم درخواست ارتقاء رتبه نمایند.

ماده ۱۱- سهمیه‌بندی نظارت برحفاریها براساس رتبه‌بندی مهندسی ناظر به شرح زیر می‌باشد:

- مهندسین ناظر دارای رتبه یک حداکثر ۵۰۰۰ متر در سال
- مهندسین ناظر دارای رتبه ۲ حداقل ۴۰۰۰ متر در سال
- مهندسین ناظر دارای رتبه ۳ حداکثر ۳۰۰۰ متر در سال
- حداقل ۴۰٪ از سهمیه هر ناظر بایستی درهر فصل از سال در شعاع بیش از ۲۰۰ کیلومتر از محل استقرار ناظر باشد.
- سهمیه‌بندی نظارت برحفاری توسط شرکت و براساس رتبه‌بندی ناظرین صورت خواهد گرفت
- صاحبان پروانه حفر چاه باید از بین ناظرین حفاری دارای سهمیه ونوبت ناظر خود را انتخاب نمایند.
- درصورتی‌که نهاد (تشکل) ناظرین تشکیل گردد، تقسیم کار از طریق نهاد (تشکل) با نظارت عالی شرکت صورت خواهد گرفت.

تبصره ۱- مبدا تعیین فاصله، شهر استقرار ناظر و مقصد روستای محل حفر چاه مورد نظر می‌باشد.

تبصره ۲- حداکثر سهمیه کار نظارت بر حفاری یک مهندس ناظر به‌صورت هم زمان به شرح زیر می‌باشند:

- ناظرین دارای رتبه ۱ سه مورد
- ناظرین دارای رتبه ۲ دو مورد
- ناظرین دارای رتبه ۳ یک مورد

پ.۲-۶- رسیدگی به تخلفات ناظران حفاری چاه‌های آب

ماده ۱۲- به منظور رسیدگی به تخلفات ناظرین حفار درحوزه عملکرد شرکت کمیته‌ای تحت عنوان کمیته رسیدگی به تخلفات ناظران تشکیل خواهد شد.

این کمیته دارای ۵ عضو خواهد بود که جلسه آنها با حضور حداقل سه نفر از اعضا رسمیت خواهد یافت واعضاء آن با پیشنهاد معاونت حفاظت و بهره‌برداری و با حکم مدیرعامل شرکت برای مدت ۳ سال منصوب خواهند شد انتصاب مجدد اعضاء کمیته بلامانع است.

تبصره ۱- برکناری اعضاء این کمیته با پیشنهاد معاونت حفاظت و بهره‌برداری وتایید مدیرعامل شرکت صورت خواهد پذیرفت.

تبصره ۲- شرکت می‌تواند یکنفر از ناظران را به‌عنوان ناظر مطلع انتخاب وبدون حق رای در جلسات کمیته شرکت دهند.

تبصره ۳- اعضای کمیته به محض تشکیل بایستی از بین خود یک نفر رئیس، یک نفر نایب رئیس ویک نفر دبیر کمیته را انتخاب نمایند.

ماده ۱۳- صلاحیت رسیدگی به تخلفات ناظران حفاری با کمیته بوده و رای کمیته (طبق فرم‌های پیوست شماره ۶ و ۷) از تاریخ ابلاغ برای ناظر متخلف لازم‌الاجرا است.

تبصره ۱- معترضین به رای صادره می‌توانند به مراجع صالحه مراجعه نمایند.

تبصره ۲- ابلاغ آراء این کمیته (فرم‌های پیوست شماره ۶ و ۷) طبق انون آیین‌دادرسی مدنی به عمل می‌آید و در هر صورت فاصله بین صدور رای و ابلاغ آن از ۳۰ روز نباید تجاوز نماید.

تبصره ۳- محل استقرار این کمیته در اداره مرکزی شرکت خواهد بود.

ماده ۱۴- اعضاء کمیته عبارتند از:

- یک نفر کارشناس حقوقی دارای حداقل ۱۰ سال سابقه کار مرتبط
- ۴ نفر کارشناس مطالعات و حفاظت منابع آب از بین کارشناسان شرکت با حداقل ۱۵ سال سابقه کار مرتبط
- افراد مذکور با حکم مدیرعامل شرکت منصوب می‌گردند.

تبصره ۱- درصورت موجود نبودن کار شناسایی با سوابق فوق می‌توان از وجود با تجربه‌ترین کارشناسان که در رشته مربوطه حداقل ۷ سال تجربه داشته باشند استفاده نموده.

تبصره ۲- کارشناسان مزبور بایستی دارای دانشنامه لیسانس با بالاتر باشند.

تبصره ۳- عضویت در این کمیته جهت شاغلین شرکت با حفظ سمت صورت خواهد پذیرفت و تصدی پست محسوب نمی‌گردد.

ماده ۱۵- به منظور تسریع در جمع‌آوری دلیل و تهیه و تکمیل اطلاعات و مدارک مورد نیاز، این کمیته می تواند از گروه تحقیق استفاده نماید. تعداد اعضاء این گروه و انتخاب آنان با کمیته خواهد بود.

ماده ۱۶- اعضاء کمیته در موارد زیر در رسیدگی و صدور رای شرکت نخواهند کرد:

- عضو کمیته با متهم قرابت نسبی یا سببی تا درجه دوم از طبقه سوم داشته باشد.
- عضو کمیته با متهم دعوی حقوقی یا جزایی داشته یا در دعوی طرح شده ذینفع باشد.

ماده ۱۷- موارد تخلفات ناظران به قرار زیر است:

۱۷-۱ رفتار و اعمال خلاف شئون شغلی

۱۷-۲- نقص قوانین و مقررات مربوطه

۱۷-۳- ایجاد نارضایتی در ارباب رجوع با انجام ندادن با تاخیر در انجام امور قانونی آنها بدون دلیل موجه

۱۷-۴- ایراد تهمت و افترا و هتک حیثیت به کارکنان شرکت

۱۷-۵- ایراد خسارت به شرکت با ارباب رجوع

۱۷-۶- سرپیچی از اجرای دستورات شرکت درحدود وظایف

۱۷-۷- گرفتن وجود غیرقانونی با رشوه

۱۷-۸-رعایت نکردن شئون و شعایر اسلامی در زمان انجام وظیفه

۱۷-۹- استعمال ویا خرید و فروش مواد مخدر

۱۷-۱۰-داشتن شغل دولتی دیگر به استثناء سمت های آموزشی و تحقیقاتی (اعضاء هیات علمی و تحقیقاتی)

۱۷-۱۱- هر نوع سوء استفاده از شئون یا موقعیت شغلی

۱۷-۱۲- جعف یا مخدوش نمودن اسناد و اوراق مربوطه

۱۷-۱۳- سوء استفاده از پروانه صادره و مدارک نظارت بر حفاری‌ها

۱۷-۱۴- عدم رعایت نظارت بر اصول فنی حفاری

۱۷-۱۵- مسامحه و سهل‌انگاری درانجام امور فنی و حرفه‌ای به نحوی که موجب اضرار و به غیر و یا تضییع حقوق و یا اموال عمومی‌شود.

۱۷-۱۶-- تایید غیرواقع میزان عملیات انجام شده جهت تنظیم صدور گزارش یا مدارک مشابه دیگر

۱۷-۱۷- ارائه یا امتناع از اظهار نظر کارشناسی به موقع پس از قبول و انجام آن

۱۷-۱۸- عدم توجه به مفاد اطلاعیه‌ها و اخطارهای ابلاغ شده از سوی شرکت

۱۷-۱۹- استفاده از پروانه صادره و یا دیگر مدارک در دوره تعلیق

۱۷-۲۰- عدم حضور به موقع جهت انجام وظایف

۱۷-۲۱- عدم تسلیم به موقع مدارک و اسناد به کمیته

۱۷-۲۲- شاغل یا سهامدار بودن در شرکت‌های حفاری به هر عنوان در سراسر کشور

ماده ۱۸- مجازات‌ها

۱۸-۱- تنبیهات و مجازات‌های ناظران به قرار زیر است:

- اخطار کتبی بدون درج در پرونده
- اخطار کتبی با درج در پرونده
- تعلیق از انجام کار از یک ماه تا ۲ سال
- تغییر محل جغرافیایی خدمت به مدت یک تا ۵ سال
- کاهش یا عدم ارتقاء رتبه برای مدت معین به تشخیص کمیته
- لغو پروانه نظارت بر حفاری ومحرومیت دائم از اشتغال به حرفه نظارت برحفاری

تبصره۱- آرای این کمیته صرفا درمحدوده صلاحیت معتبر است وبه معنی اثابت جرم‌هایی که موضوع آنان قانون مجازات اسلامی است، نمی‌باشد.

تبصره ۲- این کمیته پس از رسیدگی به اتهام یا اتهامات ناظر صرفا یکی از مجازات های ماده ۱۹ را اعمال خواهد نمود.

- هرگاه رسیدگی به اتهام نظار به تشخیص کمیته مستلزم استفاده از نظر کارشناسی باشد، مورد به کارشناسی ذیصلاح ارجاع تا نظر خود را به کمیته اعلام نماید.
- هرگاه تخلف ناظر عنوان یکی از جرایم مندرج درقوانین جزایی را نیز داشته باشد، کمیته مکلف است مطابق این شیوه‌نامه به تخلف رسیدگی و رای لازم صادر نموده و مراتب را برای رسیدگی به اصل جرم به مرجع قضایی صالح ارسال دارد. تصمیم مرجع قضایی مانع مجازات اداری که توسط این کمیته صادر می‌گردد نخواهد شد.

ماده ۱۹- شروع به رسیدگی: کمیته رسیدگی به تخلفات ناظران درصورت اعلام شکایت با گزارش اشخاص حقیقی و حقوقی، مدیران وسرپرستان شروع به رسیدگی می‌کند.

ماده ۲۰- کلیه مسوولان و کارکنان و شرکت هایی که به نحوی با شرکت ارتباط کاری دارند، موظفند همکاری لازم با کمیته به‌عمل آورده و مدارک و اسناد و اطلاعات مورد نیاز را در مهلت تعیین شده در اختیار کمیته قرار دهند.

ماده ۲۱- کمیته پس از بررسی‌های لازم موارد اتهامی را به صورت کتبی (طبق فرم پیوست شماره ۸) به ناظر ابلاغ می‌نماید.

ماده ۲۲- ناظر متهم می‌تواند حداکثر پس از ۱۰ روز از تاریخ ابلاغ موارد اتهامی از سوی کمیته، پاسخ کتبی و مدارکی را که در دفاع خود دارد به کمیته تسلیم نماید.

تبصره- ناظر متهم می تواند از کمیته تقاضای مهلت نماید. تمدید مهلت به عهده کمیته بوده و در هر حال مدت تمدید شده از ۵ روز تجاوز نخواهد کرد.

ماده ۲۳- رسیدگی به تخلف ناظر پس از تکمیل پرونده صورت می گیرد وچنانچه کمیته حضور ناظر متهم را ضروری تشخیص دهد متهم ناظر در جلسه حضور خواهد یافت.

تبصره- درصورت تقاضای کتبی ناظر متهم برای دفاع حضوری، کمیته موظف به دعوت وی برای یکبار می‌باشد.

ماده ۲۴- تشخیص تخلف و انطباق آن با یکی از موارد تخلفات مندرج در این شیوه‌نامه با کمیته است.

ماده ۲۵- کمیته پس از اتمام رسیدگی و ملاحظه اسناد و مدارک موجود و توجه به دفاعیات ناظر متهم اقدام به صدور رای می نماید. رای کمیته بایستی براساس قانون و مقررات حاوی تخلفات منتسب به متهم - نام و نام خانوادگی و امضای اعضای رای دهنده در زیر رای صادره باشد.

ماده ۲۶- آراء این کمیته به صورت مکتوب حداکثر ظرف مدت ۳۰ روز به ناظر متهم ابلاغ و رونوشت آن به شرکت ارسال می‌گردد.

ماده۲۷- این شیوه‌نامه پس از تصویب مدیرعامل شرکت قابل اجراء بوده وبه واحدهای ذیربط ابلاغ خواهد شد.

ماده ۲۸- این شیوه‌نامه در ۲۹ ماده و۲۲ تبصره به تصویب رسید ودرصورتیکه مواردی از آن مغایر با قانون، یا آیین‌نامه یا تصویب نامه در سلسله مراتب اداری باشد، درآن قسمت بی اثر خواهد بود. درصورت لزوم در نگارش‌های بعدی تجدید نظر لازم به‌عمل خواهد آمد.

پ.۲-۷- دستورالعمل نظارت بر عملیات حفاری، جاههای عمیق (توسط بخش خصوصی)

باتوجه به اینکه اکثر دارندگان پروانه صلاحیت حفاری اعم از اشخاص حقیقی و حقوقی برای انجام عملیات صحیح حفاری ورعایت ضوابط ومقررات مربوط به حفر چاه و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی از خدمات مسوول فنی استفاده نمی نمایند و این مساله علاوه بر لطمه ای که به سفره های زیرزمینی وارد کرده مشکلات زیادی برای شرکت‌های آب منطقه‌ای و صاحبان چاه وحتی اشخاص فوق‌الذکر به بار آورده است .ضمن تاکید بر لزوم به استناد ماده ۸قانون توزیع عادلانه آب دراین زمینه حسب درخواست متقاضی حفر چاه جهت راهنمایی فنی وعلمی ونظارت بر عملیات حفاری چاه از دانش و تخصص کارشناسان مجرب و صاحبنظر بخش خصوصی استفاده شود. ضوابط استفاده از خدمات کارشناسان مزبور به شرح زیر و جدول ضمیمه می‌باشد.

- شرایط انتخاب ناظران حفاری از طریق بخش خصوصی

۱- ناظران براساس شرایط مندرج در ماده ۱۷ آیین‌نامه اجرایی فصل دوم قانون توزیع عادلانه آب درخصوص کارشناسان فنی یا گرایشهای مرتبط انتخاب خواهند شد ترجیحاً کارشناسان بازنشسته صنعت آب وبرق از اولویت برخوردار می‌باشند.

۲- انتخاب کارشناسان ناظر با درجه تحصیلات فوق دیپلم که در پست سازمانی کارشناسی انتصاب یافته‌اند با داشتن شرایط لازم و ۵ سال سابقه کاری بلامانع است

۳- مهندسین ناظر نبایستی شاغل یا سهامدار درشرکت‌های حفاری باشند.

- شرایط نظارت و وظایف ناظر.
- ناظر از لحاظ موقعیت محل چاه که در کروکی مشخص گردیده و تاثیر بهره برداری از چاه بر منابع آب مجاور، مالکیت محل چاه، هیچ‌گونه مسوولیت حقوقی ندارد. چنانچه مواردی به نظر ناظر اشتباه باشد می‌تواند مراتب را جهت تعیین تکلیف به مرجع صادر کننده پروانه اعلام نماید.

۴- درصورت نیاز به هرگونه تغییر در شرایط حفاری، روش حفاری، تغییر کروکی با افزایش عمق و نحوه لوله‌گذاری ناظر نظر توجیهی خود را جهت تعیین تکلیف و صدور مجوز لازم بهواحد صادر کننده پروانه اعلام و شرکت آب منطقه‌ای در صورت تایید نظرات ناظر، کروکی یا پروانه مربوطه را (حسب مورد) اصلاح و مراتب را به متقاضی یا صاحب چاه جهت اقدام ابلاغ خواهد نمود.

۵- ناظر موظف است هرگونه تخلف یا عدم همکاری حفار یا صاحب چاه را به شرکت آب منطقه‌ای مربوطه گزارش نماید.

۶- ناظر موظف است در موارد زیر نظارت نموده و جهت جلوگیری از بروز هرگونه اشکال فنی راهنمایی‌های لازم را به عمل آورد.

- استقرار دستگاه و شروع عملیات حفاری به لحاظ تایید انطباق موقعیت محل حفاری چاه با پروانه و کورکی مربوطه
- عملیات حفاری به جهت رعایت مفاد پروانه و اصول فنی حفاری و همچنین تهیه لوگ چاه براساس نمونه‌های برداشت شده از اعمال مختلف و همین‌طور نمونه‌برداری آب
- عملیات گراول پکینگ، سیمانتاسیون، الکترو کاروتاژ

- پیشنهاد نوع و نحوه لوله گذاری و نظارت بر انجام آن (تعیین و ضخامت طول لوله مشبک، تعیین قطر شبکه، تعیین عمق نصب لوله مشبک)
- خاتمه عملیات و جمع‌آوری دستگاه حفاری
- شستشو چاه
- سایر موارد برحسب ضرورت
- ناظر و خاتمه حفاری، لوله گذاری و آزمایش پمپاژ بایستی صورتجلسه تحویل چاه به مالک و فرم تکمیل شده پایان کار را امضاء و صورتجلسه مزبور می‌بایست به امضاء نماینده شرکت آب منطقه‌ای ذیربط و مدیرعامل شرکت حفاری طرف قرارداد یا نماینده وی نیز برسد.

۷- ناظر بایستی پس از تحویل چاه گزارش مشروح وکاملی از وضعیت لوگ حفاری چاه وچگونگی عملیات انجام شده نسبت به آن را از ابتدا تا پایان کار به شرکت آب منطقه‌ای ذیربط ارائه دهد. (تکمیل شناسنامه چاه که توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای تحویل ناظر خواهدشد)

۸- گزارش ناظر توسط شرکت آب منطقه‌ای ذیربط بررسی و پس از رفع نیاز در پرونده مربوط ضبط و یک نسخه از آن (شناسایی چاه) در اختیار شرکت حفار و یک نسخه نیز به مالک چاه داده خواهد شد.

- حفر چاه‌های دستی نیاز به ناظر ندارد مگر در شرایط استثنایی و خاص بنا به درخواست مالک چاه.

پ.۲-۷-۱- قراردادنظارت بر(حفاری، لوله‌گذاری، تجهیز و پمپاژ)

این قرارداد فیمابین آقای / خانم / شرکت: ..... که دراین قرارداد کارفرما نامیده می‌شود و آقای مهندس ..... دارای پروانه صلاحیت شماره ..... از شرکت سهامی آب منطقه‌ای ..... به عنوان مهندس ناظر حفاری براساس مجوز شماره ..... شرکت آب منطقه‌ای ضمن عقد قرارداد خارج لازم به شرح ذیل منعقد می‌گردد.

- مورد قرارداد

نظارت برعملیات حفاری، لوله‌گذاری، تجهیز و پمپاژ یک حلقه چاه عمیق کشاورزی / صنعتی / شرب با حداکثر عمق ..... متر واقع در دشت ..... اراضی ..... پلاک ..... از توابع شهرستان ..... طبق کروکی و پروانه شماره ..... مورخه ..... صادره شرکت سهامی آب منطقه‌ای ..... با کلاسه پروانه ..... که طرفین قرارداد ملزم به رعایت دقیق کلیه مفاد آن می‌باشند.

- مبلغ قرارداد

با توجه به مشخصات فنی زمین و چگونگی حفر و ..... و توافق طرفین تعیین خواهد شد.

۱- نظارت برحفاری چاه مقطوعا به مبلغ ..... ریال
۲- نظارت بر لوله‌گذاری وطراحی واجرای فیلتر چاه مقطوعا به مبلغ ..... ریال
۳- نظارت برتجهیز چاه مقطوعا به مبلغ ..... ریال
۴- نظارت بر شستشو و توسعه چاه و انجام آزمون پمپاژ مقطوعا به مبلغ ..... ریال
۵- هزینه انجام آزمایشات دانه‌بندی رسوبات به تعداد ..... نمونه و هر نمونه ..... ریال مجموعا به مبلغ ..... ریال
۶- هزینه انجام آزمایش شیمیایی آب تعداد ..... نمونه و هر نمونه ..... ریال مجموعا به مبلغ ..... ریال
۷- جمع کل مبلغ قرارداد ..... ریال

- نحوه پرداخت

مبلغ ۱۰ درصد قرارداد در قبال یک قطعه چک به‌عنوان ضمانتنامه نقدا در زمان انعقاد قرارداد به ناظر پرداخت و بقیه مبلغ مذکور با توجه به پیشرفت کار و تایید آب منطقه‌ای توسط کارفرما به ناظر پرداخت خواهد گردید.

- شرایط قرارداد

۱- مهندس ناظر ملزم به نظارت دقیق و ارائه راهکارهای فنی لازم طی عملیات حفاری، لوله‌گذاری تجهیز و پمپاژ بوده و طراحی فیلتر پاد بر عهده وی می‌باشد.

۲- مهندس ناظر ملزم به نظارت بر اجرای دقیق مفاد پروانه حفر/ تغییر محل/ کف شکنی/ لایروبی با رعایت ضوابط شرکت سهامی آب منطقه‌ای ..... می‌باشد.

۳- پرداخت بیمه، عوارض و سایر حقوق دولتی مترتب با این قرارداد کلا برعهده مهندس ناظر می‌باشد.

۴- تایید صحت انجام عملیات حفاری و لوله‌گذاری پس از اتمام بر عهده مهندس ناظر بوده وی موظف است چاه را از شرکت حفار تحویل گرفته و اقدام به ترخیص دستگاه حفاری نماید. مسوولیت بروز هر گونه مشکل فنی برای چاه از زمان ترخیص دستگاه حفاری تا مدت یکسال در صورتی که با تشخیص کارشناسان شرکت سهامی آب منطقه‌ای ..... ناشی از عدم رعایت معیارهای فنی طی عملیات حفر، لوله‌گذاری (اجرای فیلتر) و پمپاژ (شستشو) باشد به مهندس ناظر خواهد بود.

۵- مهندس ناظر موظف است کلیه گزارشات اسقرار، ترخیص، حفر و لوله‌گذاری، پمپاژ و دیگر گزارشات لازمه (شناسنامه) را مطابق با فرمت تعیین شده توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای ..... در مدت مقرر تحویل امور آب شهرستان مربوطه نماید.

۶- چنانچه در مدت بیست روز پس از اتمام حفاری چاه کارفرما برای تجهیز و پمپاژ چاه اقدامی ننماید و یا از به‌عمل آوردن آزمون پمپاژ از چاه امتناع ورزد کارشناس ناظر می‌تواند پس از اعلام مراتب به امور آب شهرستان مربوطه تسویه حساب نموده و کل مبلغ حق الزحمه را دریافت دارد و چنانچه پس از آن کارفرما آمادگی چاه را برای انجام آزمون پمپاژ اعلام نماید مهندس ناظر موظف است پس از اخذ مقطوعا مبلغ ..... ریال از چاه آزمون پمپاژ به‌عمل آورده و گزارشات مربوطه را به امور آب شهرستان تسلیم نماید.

۷- تامین وسیله ایاب و ذهاب جهت نظارت به عهده کارفرما می‌باشد.

۸- ملاحظات:

این قرارداد در سه نسخه متحدالشکل در حضور طرفین تنظیم و تدوین گردیده پس از قرائت به گواهی طرفین قرارداد رسیده که هر کدام در حکم واحد بوده و اعتبار اجرایی دارد. (نسخ مربوطه به کارفرما مهندس ناظر/ شرکت سهامی آب منطقه‌ای .....)

کارفرما	نمایندگی شرکت سهامی آب‌منطقه‌ای	مهندس ناظر
نام ونام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:	نام و نام خانوادگی:
تاریخ:	تاریخ:	تاریخ:
امضاء:	امضاء:	امضاء:

پ.۲-۷-۲-تعهد نامه

اینجانب فرزند دارای شناسنامه شماره صادره از متولد سال

بموجب این سند اقرار و اعتراف می‌نمایم که در هیچ‌یک از دستگاه‌های دولتی و وابسته به دولت اشتغال به‌کار نداشته و همچنین در شرکت‌های حفاری سهامدار و یا شاغل نمی‌باشم و چنانچه خلاف اظهار فوق ثابت شود شرکت سهامی آب منطقه‌ای ..... مخیر است تا نسبت به لغو پروانه صلاحیت نظارت بر حفاری و پمپاژ چاه‌های عمیق آب اینجانب اقدام نماید. همچنین تعهد مینمایم که در کلیه مناطق مورد نظر شرکت آب منطقه‌ای ..... نسبت به انجام نظارت مبادرت ورزم.

نام و نام خانوادگی

گواهی امضاء در دفتر اسناد رسمی

پ.۲-۷-۳-فرم درخواست صدور کارت صلاحیت نظارت برحفاری چاه‌های عمیق آب

۱- کد ملی: ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

۲- نام خانوادگی: ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

۳- نام: ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐

۴- نام پدر:

۵- شماره شناسنامه:

۶- محل تولد: ..... استان: ..... شهرستان: .....

۷- محل صدور شناسنامه: .....

۸- تاریخ تولد روز ☐☐ ماه ☐☐ سال ☐☐☐☐

۹- جنسیت: زن ☐ مرد ☐

۱۰-مدرک تحصیلی:

۱۱-رشته وگرایش تحصیلی:

۱۲-محل اخذ آخرین مدرک تحصیلی:

۱۳-وضعیت خدمت نظام وظیفه: انجام شده ☐ معافیت دائم ☐

۱۴-دین: اسلام ☐ کلیمی ☐ مسیحی زرتشتی ☐

۱۵-نشانی کامل داوطلب:

۱۶-کد پستی: ☐☐☐☐☐☐☐☐☐☐ شماره تلفن تماس:

صحت کلیه موارد فوق مورد تایید است.

تاریخ و امضاء:

پ.۲-۷-۴-عهدنامه محضری

اینجانب ..... فرزند ..... دارای شناسنامه شماره ..... صادره از ..... متولد ..... به‌موجب این سند متعهد و ملزم می‌گردم که درکلیه مراحل نظارت بر حفر چاه‌ها و پمپاژ آنها دقت کافی مبذول داشته و در صورت بروز هرگونه خسارت که در اثر قصور اینجانب رخ دهد مکلف به جبران خسارت وارده می‌باشم.

نام و نام خانوادگی متعهد

امضاء

منابع و مراجع

۱- دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی- نشریه ۲۶۰- الف- طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور

۲- کمیته کارست و سازندهای سخت ۱۳۷۳- فرهنگ کارست- سازمان تحقیقات منابع آب

۳- دستورالعمل تعیین محل حفاری و نگهداری چاه‌های مشاهده‌ای ۱۳۶۹- مدیریت آبهای زیرزمینی- شماره مرکز اسناد ۱۶۱ کد ۷۵- ۳۱- ۴۲۰

۴- دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب- نشریه شماره ۱۶۲- دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۵- دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آبهای زیرزمینی- نشریه ۱۸۷- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

۶- دستورالعمل آماربرداری منابع آب - نشریه ۲۳۹- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

۷- میلانوویچ، پطر- ت- مترجم عبدالوحید آغاسی، احمد افراسیابیان- ۱۳۴۷- هیدروژئولوژی کارست- نشریه شماره ۱۸ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور.

۸- فنکاچ، هانس اولاف مترجم کمیته واژه های هیدروژئولوژی- ۱۳۷۴- فرهنگ هیدروژئولوژی - نشریه شماره ۱۷ طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور.

۹- کاربرد روش‌های ردیابی در مطالعات کارست- نشریه ۲۵۷- الف- طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور.

۱۰- دستورالعمل انتخاب روش و نظارت حفاری در منابع آب کارست و سازندهای سخت- ۱۳۷۴- تهیه کمیته کارست و سازندهای سخت با همکاری بخش اکتشاف و حفاری- سازمان تحقیقات منابع آب- کد ۹۲۱- ۳۵۴- ۴۲۰

۱۱- دستورالعمل تعیین محل چاه‌های اکتشافی آبرفتی و پیزومترهای مجاور- ۱۳۶۹- دفتر برنامه ریزی و مطالعات منابع آب- کد ۷۵- ۳۱- ۴۲۰

۱۲- تعیین محل و مشخصات پیزومترها دریک ایستگاه پمپاژ آزمایشی- مترجم- ناصر خیابانی- ۱۳۶۰- وزارت نیرو و جهاد سازندگی

۱۳- روش‌های تعیین محل مناسب چاه‌های واقع در سفره های تحت فشار – عیسی هنرمند ابراهیمی – سیروس پرویزیان- ۱۳۵۷- نشریه شماره ۱۱۳

۱۴- تعیین محل چاه‌های اکتشافی و پیزومتر و مشاهده ای- ۱۳۵۴- اداره کل آبهای زیرزمینی- اداره بررسی‌های عمومی

۱۵- دستورالعمل تعیین محل چاه‌های آب در سازند سخت- ۱۳۷۰- دفتر بررسی‌های منابع آب- کد ۴۶۵- ۱۲۹- ۴۲۰

۱۶- دستورالعمل‌های مرتبط با مسایل حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی – ۱۳۸۳- دفتر حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی شرکت مدیریت منابع آب ایران

۱۷- دستورالعمل تعیین محل در چاه در سازندهای کارستی و سخت- ۱۳۷۸- مرکز تحقیقات کارست کشور کد ۱۲۶۳- ۸۶-۴۴۰

18- Standard guide for design of ground water minitoring system in karts and fiactuied rock, Aquifers- Dsignation: D 5717- 95- ASTM

19- Jacqueds W.Delleur- 1999- by CRC press LLc- the handbook of groundwater engineering.

20- F.Ford.D.C. and Williams.P.W. 1989- Karst geomorphology and Hydrology-unwin Hyman. Boston, Massachusetts David todd- 1976- Groundwater Hydrology- second Edition

21- G.W.Feller- 1994- Applied Hydrogeology (Second Edition)- GB- 1003-2-F 47
22- Modern Groundwater Exploration by Robert A.Bisson, Jay. H. Lehr
23- Water well drilling (How to construct a safe water well)
24- Handpans and water well drilling training for safe drinking water
25- Water Well drilling for the prospective well owner October 2000
26- Water well drilling/completion Equipment
27- How wells are drilled
28- Groundwater engineering U.S editions KASHEF scientific
29- Water well screens
30- Groundwater analysis
31- The Hand book of Groundwater Engineering by J.W Delleur
32- Understanding Groundwater
33- Water well drilling and development services
34- Groundwater data collection protocols and procedures for the national Water- quality assessment program: Selection. And documentations of wells, and collection of related data U.S. geological survey Open- file report 95-398
35- IAHS and IAHS ordering book
36- National Handbook of Recommended Methods for Water Data Acquisition - Chapter 11- Water Use
37- Aquifer test design, observation and data analysis – usgs –Robert W.stallman
38- Laws , Reports and Documents of Texas Department of licensing and Regulation
39- Reports of Tennessee department of environment and conservation division of water supply
40- Stale of Vermont –Agency of natural Resources –department of environmental conservation Environmental protection rule Well driller licensing rule
41- San Diego well and boring construction standards
42- CGA standard- performance "Guarantees" in well drilling specification
43- Title 37, chapter 43, Montana codes annotated board of water well contractors
44- Standard operation procedure – Monitoring well and installation U.S. Environmental protection agency environmental response team
45- Groundwater data collection protocols and procedures for the national Water –quality assessment program: Selection , installation ,and documentations of well , and collection of Related data U.S.geological survey Open – file report 95-398
46- IAHS and IAHS ordering book
47- 34- National Handbook of recommended methods for water data Acquisition Chapter 11- water Use
48- Techniques of Water –Resources Investigations Reports – USGS
49- Aquifer test design, observation and data analysis- usgs- Robert W.Stallaman
50- Laws, Reports and Documents of Texas Department of licensing and Regulation

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

Standard on determine locality and supervision for Drilling of Alluvium and Hard Formation Water Wells and Drilling report preparation (exploitation, exploration, observation and piezometric wells)

No .577

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater

nezamfanni.ir

http://seso.moe.org.ir

2013

این نشریه

حجم قابل توجه برداشت از منابع آب زیرزمین در کشور از طریق چاه‌ها به‌ویژه هر بخش کشاورزی صورت می‌گیرد که بیانگر نقش مهم و انکارناپذیر آب زیرزمینی در توسعه زیرساخت‌های کشور می‌باشد و درحال حاضر عمده آب زیرزمینی مصرفی با استفاده از تکنیک‌های حفاری مختلف از طریق حفر چاه‌های غیرعمیق و عمیق تامین می‌شود که ضرورت تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌ها را در محل‌های مختلف اعم از آبرفت و سازند سخت دوچندان می‌کند.

این دستورالعمل با هدف تعیین محل انواع چاه‌های آب در آبخوان‌های آبرفتی و سازند سخت و نحوه نظارت بر حفر آنها تهیه گردیده است.