

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

# فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی

ضابطه شماره ۶۱۸

وزارت صنعت، معدن و تجارت  
معاونت امور معادن و صنایع معدنی  
دفتر نظارت و بهره‌برداری

[www.mimt.gov.ir](http://www.mimt.gov.ir)

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

امور نظام فنی

[nezamfanni.ir](http://nezamfanni.ir)


۱۳۹۴





بسمه تعالی

ریاست جمهوری  
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور  
رئیس سازمان

شماره:	۹۴/۲۲۲۷۶
تاریخ:	۱۳۹۴/۰۲/۲۲
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی	
<p>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/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۶۱۸ امور نظام فنی، با عنوان «<b>فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی</b>» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۰۶/۰۱ الزامی است.</p> <p>امور نظام فنی اجرایی این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.</p>	
 <p>محمد باقر نوبخت</p>	



# اصلاح مدارک فنی

## خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، 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، ابهام 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 صفی‌علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت

راهبردی رییس‌جمهور، امور نظام فنی، مرکز تلفن ۳۳۳۷۱

Email: info@nezamfanni.ir

nezamfanni.ir



## بسمه تعالی

### پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

چاه‌پیمایی یکی از شاخه‌های علم ژئوفیزیک است که پس از حفر گمانه و یا چاه برای شناسایی سنگ‌ها و مواد معدنی واقع در زیر زمین به کار می‌رود. در عملیات اکتشافی، علاوه بر مطالعات زمین‌شناسی، ژئوفیزیک سطحی، ژئوشیمی و دیگر مطالعات، تعدادی گمانه نیز حفر می‌شود. به منظور انجام مطالعات زمین‌شناسی سطحی از نمونه‌های سنگ و یا رخنمون‌ها استفاده می‌کنند و برای مطالعات زیرسطحی، اطلاعات حاصل از حفاریات اکتشافی را به کار می‌برند. از آنجا که به دلایل تکنیکی و اقتصادی در بعضی موارد مغزه‌گیری به طور کامل انجام نمی‌گیرد و نیز در حین عملیات حفاری بخشی از مغزه‌ها شسته شده یا خرد می‌شوند و انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها امکان پذیر نیست بنابراین با استفاده از روش‌های چاه‌پیمایی و اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی به صورت درجا تا حدودی فقدان اطلاعات جبران می‌شوند. پارامترهای مهم قابل دستیابی از اطلاعات نمودارهای چاه‌پیمایی شامل خواص الکتریکی، جرم مخصوص، خواص رادیواکتیو، تخلخل، نسبت اشباع آب و نفت، ضخامت زون تولید، لیتولوژی، نفوذپذیری و نظایر آن‌ها است.

در ضابطه "**فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی**" نحوه انجام بررسی‌های چاه‌پیمایی تشریح شده است.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعاً هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود. در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی همچنین جناب آقای دکتر جعفر سرقینی مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

فروردین ۱۳۹۴

### مجری طرح

آقای جعفر سرقینی معاون امور معادن و صنایع معدنی - وزارت صنایع و معادن

### تهیه پیش‌نویس اصلی

آقای مهندس حسین‌علی طاهری

### اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقا رمضانعلی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	کارشناس ارشد مهندسی صنایع
سیف ... امیری	وزارت صنعت، معدن و تجارت	کارشناس ارشد مهندسی صنایع
بهروز برنا	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس مهندسی معدن
محمد پریزادی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	کارشناس ارشد مهندسی معدن
عبدالعلی حقیقی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	وزارت صنعت، معدن و تجارت	دکتری مهندسی فرآوری مواد معدنی
علیرضا غیاثوند	وزارت صنعت، معدن و تجارت	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی
حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن

### اعضای کارگروه اکتشاف به ترتیب حروف الفبا

علی اصغرزاده	سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران	کارشناس ارشد مهندسی معدن
بهروز برنا	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس مهندسی معدن
علیرضا غیاثوند	وزارت صنعت، معدن و تجارت	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی
نعمت... رشیدنژادعمران	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای پترولوژی
عبدالمجید یعقوب‌پور	دانشگاه تربیت معلم	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی

### اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

آقای مهدی ایران‌نژاد	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
بهرام رضایی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
علیرضا غیاثوند	وزارت صنعت، معدن و تجارت	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی
حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
بهزاد مهرابی	دانشگاه خوارزمی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی

### اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی
آقای علیرضا غیاثوند	رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی
آقای اسحق صفرزاده	کارشناس معدن امور نظام فنی
آقای علیرضا فلسفی	کارشناس عمران امور نظام فنی

پیش‌نویس این گزارش توسط آقایان مهندس علی محمدی جوآبادی، مهندس احمد سمنانی‌نژاد و مهندس ابراهیم شاهین تهیه شده و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه اکتشاف، به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.



صفحه	فهرست	عنوان
۱	.....	<b>فصل ۱- کلیات</b>
۳	.....	۱-۱- آشنایی
۴	.....	۲-۱- تعاریف
۷	.....	<b>فصل ۲- رده‌بندی انواع روش‌های چاه‌پیمایی</b>
۹	.....	۱-۲- آشنایی
۹	.....	۲-۲- رده‌بندی روش‌ها
۹	.....	۱-۲-۲- رده‌بندی بر اساس پارامترهای طبیعی یا انگیزشی
۹	.....	۲-۲-۲- رده‌بندی بر اساس اصول فیزیکی و منشا نگارها
۱۰	.....	۳-۲- روش‌های الکتریکی
۱۱	.....	۱-۳-۲- سیستم الکتروودی
۱۵	.....	۲-۳-۲- سیستم القایی
۱۷	.....	۳-۳-۲- پتانسیل خودزا
۱۸	.....	۴-۲- نمودارگیرهای صوتی
۱۸	.....	۱-۴-۲- نگاربرداری صوتی
۱۸	.....	۲-۴-۲- نگاربرداری دامنه صوتی
۱۹	.....	۵-۲- نمودارگیرهای مغناطیسی
۲۰	.....	۶-۲- نمودارگیرهای رادیواکتیو
۲۰	.....	۱-۶-۲- نمودارگیرهای پرتو گاما
۲۱	.....	۲-۶-۲- نمودارگیر طیف‌سنجی پرتو گاما (NGS or NGT)
۲۲	.....	۳-۶-۲- نمودارگیر جرم مخصوص (نگار گاما-گاما)
۲۲	.....	۴-۶-۲- نمودارگیرهای نوترون (اندازه‌گیری شاخص هیدروژن)
۲۳	.....	۷-۲- نمودارگیرهای فیزیکی
۲۳	.....	۱-۷-۲- نمودارگیرهای دما
۲۴	.....	۲-۷-۲- نمودارگیرهای انحراف‌سنجی چاه یا گمانه
۲۵	.....	۳-۷-۲- نمودارگیر قطر‌سنجی
۲۶	.....	۸-۲- معرفی بخش‌های مختلف دستگاه چاه‌پیمایی
۲۶	.....	۱-۸-۲- سیستم مرکزی یا پردازنده
۲۸	.....	۲-۸-۲- وینچ
۲۸	.....	۳-۸-۲- نمودارگیرها
۲۹	.....	<b>فصل ۳- روش‌های چاه‌پیمایی متداول در اکتشاف ذخایر معدنی</b>
۳۱	.....	۱-۳- آشنایی
۳۱	.....	۲-۳- زغال سنگ
۳۳	.....	۳-۳- کانسارهای سولفیدی
۳۴	.....	۴-۳- کانسارهای آهن
۳۷	.....	<b>فصل ۴- دستورالعمل طراحی روش‌های چاه‌پیمایی</b>

۳۹	..... ۱-۴-آشنایی
۳۹	..... ۲-۴-طراحی روش‌های چاه‌پیمایی
۳۹	..... ۳-۴-دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف زغال سنگ
۴۰	..... ۱-۳-۴-نگارهای اصلی
۴۰	..... ۲-۳-۴-نگارهای کمکی
۴۰	..... ۳-۳-۴-نگارهای عمومی
۴۰	..... ۴-۴-دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف کانسارهای سولفیدی
۴۰	..... ۱-۴-۴-نگارهای اصلی
۴۰	..... ۲-۴-۴-نگارهای کمکی
۴۱	..... ۳-۴-۴-نگارهای عمومی
۴۱	..... ۵-۴-دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف آهن
۴۱	..... ۱-۵-۴-نگارهای اصلی
۴۱	..... ۲-۵-۴-نگار کمکی
۴۱	..... ۳-۵-۴-نگارهای عمومی
<b>۴۳</b>	<b>..... فصل ۵- فهرست خدمات عملیات چاه‌پیمایی</b>
۴۵	..... ۱-۵-آشنایی
۴۵	..... ۲-۵-فهرست خدمات اکتشاف زغال سنگ
۴۶	..... ۳-۵-فهرست خدمات اکتشاف آهن
۴۷	..... ۴-۵-فهرست خدمات اکتشاف کانسارهای سولفیدی
<b>۴۹</b>	<b>..... فصل ۶- دستورالعمل اجرایی، کنترل‌های کیفی و کمی و چک‌لیست خدمات</b>
۵۱	..... ۱-۶-آشنایی
۵۱	..... ۲-۶-دستورالعمل اجرایی
۵۱	..... ۳-۶-کنترل‌های کیفی و کمی
۵۲	..... ۴-۶-چک‌لیست‌ها
۵۲	..... ۱-۴-۶-چک‌لیست ارزشیابی پیمانکار
۵۳	..... ۲-۴-۶-چک‌لیست برداشت چاه
۵۳	..... ۳-۴-۶-چک‌لیست تفسیر چاه‌ها
۵۳	..... ۴-۴-۶-چک‌لیست نهایی خدمات
<b>۵۵</b>	<b>..... فصل ۷- دستورالعمل‌های تعبیر و تفسیر اطلاعات چاه‌پیمایی، تهیه نقشه‌ها و ستون چاه‌ها</b>
۵۷	..... ۱-۷-آشنایی
۵۷	..... ۲-۷-تعبیر و تفسیر
۵۷	..... ۳-۷-روش ارایه نتایج
۵۸	..... ۴-۷-فرمت نقشه‌ها
۵۸	..... ۱-۴-۷-سربرگ نقشه‌ها
۵۸	..... ۲-۴-۷-ستون ارایه نگارها
۵۸	..... ۳-۴-۷-ستون لیتولوژی
۵۹	..... ۴-۴-۷-راهنما

۵۹	..... ۵-۷- نقشه‌ها و ستون‌های لیتولوژی
۶۱	..... <b>فصل ۸- دستورالعمل تهیه گزارش چاه‌پیمایی</b>
۶۳	..... ۱-۸- آشنایی
۶۳	..... ۲-۸- تفسیر مقدماتی
۶۳	..... ۳-۸- تفسیر نهایی
۶۳	..... ۱-۳-۸- ارایه نقشه
۶۳	..... ۲-۳-۸- گزارش توصیفی
۶۴	..... ۴-۸- گزارش نهایی
۶۵	..... <b>فصل ۹- دستورالعمل حفاظت در برابر اشعه و ایمنی پرسنل</b>
۶۷	..... ۱-۹- آشنایی
۶۷	..... ۲-۹- دامنه کاربرد
۶۷	..... ۳-۹- الزامات حفاظت در برابر اشعه



# فصل ۱

---

---

## کلیات



## ۱-۱- آشنایی

معمولا در اکتشافات، علاوه بر مطالعات زمین‌شناسی، ژئوفیزیک سطحی، ژئوشیمی و دیگر مطالعات، ترانسه، تونل‌های اکتشافی و گمانه‌های زیادی حفر می‌شود. به منظور انجام مطالعات زمین‌شناسی در روی سطح زمین از نمونه‌های سنگ و یا رخنمون‌ها استفاده می‌کنند و در زیر سطح زمین، نمونه‌گیری از مغزه‌ها و تکه‌های سنگی که از حفاری به دست می‌آیند انجام می‌شود. بر روی این نمونه‌ها آزمایش‌های متعددی انجام می‌گیرد و اطلاعات زیادی به دست می‌آید. متاسفانه بنا به دلایل تکنیکی و اقتصادی در بعضی مواقع مغزه‌گیری در برخی سازندها مشکل یا غیرممکن است چون در حین عملیات حفاری برخی از مغزه‌ها شسته شده یا خرد می‌شوند و انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها امکان‌پذیر نیست. این نقص باید به طریقی جبران شود، این کار با استفاده از روش چاه‌پیمایی و اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی به صورت درجا توسط نمودارگیرها (سوندها)<sup>۱</sup> و یا سایر دستگاه‌های دیگری که فقدان اطلاعات را جبران می‌کنند، انجام می‌شود.

در مورد اکتشاف مواد معدنی نکته حایز اهمیت این است که آیا ماده معدنی قابل بهره‌برداری است یا خیر؟ حجم ذخیره و دیگر مشخصات آن چگونه است؟

به دلایل زیر لاگ کردن چاه و انجام عملیات چاه‌پیمایی مفید است:

- به دست آوردن اطلاعات از مشخصات فیزیکی سنگ‌ها

- به دست آوردن اطلاعات از بخش‌های فاقد مغزه چاه

- تشخیص مرز لایه‌های زمین‌شناسی

- تطبیق اطلاعات بین چاه‌ها

اولین استفاده‌کنندگان روش‌های چاه‌پیمایی، تولیدکنندگان نفت بودند که روز به روز استفاده از این روش در اکتشافات نفتی بیشتر شد و سپس به دنبال آن در اکتشافات معدنی و مطالعات زمین‌شناسی مورد استفاده قرار گرفت.

در ایران نیز مانند سایر کشورهای تولیدکننده نفت، روش چاه‌پیمایی از گذشته‌های دور مورد استفاده قرار گرفته و در اکتشافات نفتی به منظور ارزیابی دقیق مخازن نفتی (تعیین تخلخل، اشباع‌شدگی از آب، نفت یا گاز و وضعیت سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی زیر سطحی) و دیگر پارامترهای فیزیکی سنگ مخزن، نقش اساسی را ایفا می‌کند.

روش چاه‌پیمایی، پس از مدتی، به حوزه اکتشافات معدنی وارد شد و کمک زیادی در به دست آوردن اطلاعات دقیق‌تر اکتشافی و کاهش ریسک خطاهای اکتشافی و استخراجی ایفا کرد. با داشتن اطلاعات کافی، طراحی استخراجی به صورت دقیق‌تر انجام می‌گیرد و باعث کاهش هزینه‌های استخراج خواهد شد.

یکی دیگر از کاربردهای عمده روش چاه‌پیمایی، در حفر چاه‌های آب یا هیدروژئولوژی است که برای ارزیابی تخلخل<sup>۲</sup>، نفوذپذیری<sup>۳</sup> و شناخت ضخامت لایه‌های آبدار به کار می‌رود. در این نشریه منظور از چاه، گمانه و چاه است.

۱- Sonde

۲- Porosity

۳- Permeability

## ۱-۲- تعاریف

**چاه‌پیمایی**<sup>۱</sup>: یک روش ژئوفیزیکی است که با استفاده از سوندهای درون چاهی اطلاعاتی از وضعیت لایه‌های زیر زمین را که چاه از آن‌ها عبور کرده ارایه می‌دهد.

**نمودار یا نگاره**<sup>۲</sup> چاه: ثبت پیوسته تغییرات یک مشخصه فیزیکی بر حسب عمق در سازندهایی که سوند از آن‌ها عبور می‌کند را نگاره چاه می‌گویند.

**اندود گل**<sup>۳</sup>: به لایه‌ای از گل حفاری که بر روی دیواره چاه در اثر نفوذ آب و گل حفاری ایجاد می‌شود، اندود گل می‌گویند.  
**ناحیه شسته شده**<sup>۴</sup>: نواحی از دیواره چاه که گل حفاری به طور کامل در آن نفوذ کرده و آب یا هیدروکربور را عقب رانده است.

**ناحیه آغشته**<sup>۵</sup>: منطقه‌ای از سازند که در اثر عملیات حفاری، گل حفاری در آن نفوذ کرده است.

**ناحیه بکر**<sup>۶</sup>: نواحی دور از دیواره چاه که گل حفاری در آن نفوذ نکرده و دست نخورده مانده است.

**ناحیه حد واسط**: منطقه بین ناحیه بکر و شسته شده که در آن منطقه، به مرور از مقدار گل حفاری تراویده کاسته شده و بر آب سازند افزوده می‌شود.

**تخلخل**<sup>۷</sup>: درصدی از حجم کل سنگ که به وسیله فضاهای خالی اشغال شده را تخلخل گویند.

**تخلخل موثر**<sup>۸</sup>: بخشی از فضاهای خالی مرتبط به هم که در آن امکان حرکت سیال وجود دارد.

**نفوذپذیری**<sup>۹</sup>: قابلیت عبور سیال از فضاهای خالی سازند را نفوذپذیری گویند.

**اشباع**<sup>۱۰</sup> آب: مقدار آبی که خلل و فرج سنگ را فراگرفته نسبت به حجم کل فضاهای سنگ، اشباع آب می‌گویند.

**مقاومت الکتریکی**<sup>۱۱</sup>: مقدار مقاومتی است که سنگ در برابر عبور جریان الکتریکی از خود نشان می‌دهد.

**سازند تمیز**<sup>۱۲</sup>: به سازندی که فاقد مواد رسی (شیل و مارن) باشد سازند خالص یا تمیز می‌گویند.

**انحراف سنجی**<sup>۱۳</sup>: اندازه‌گیری میزان و جهت انحراف (شیب و آزیموت) چاه یا گمانه از حالت قائم را انحراف‌سنجی گویند.

**ثابت زمانی شمارش**<sup>۱۴</sup>: با توجه به تصادفی بودن پرتوزایی مواد، میزان پرتوزایی در یک فاصله زمانی انجام می‌گیرد که به

آن ثابت زمانی شمارش گویند.

۱- Well logging

۲- Log

۳- Mud cake

۴- Flushed zone

۵- Invaded zone

۶- Uninvaded zone

۷- Porosity

۸- Effective porosity

۹- Permiability

۱۰- Saturation

۱۱- Resistivity

۱۲- Clean formation

۱۳- Inclination

۱۴- Constant counting time



**زمان مرده<sup>۱</sup>**: در اکثر گیرنده‌ها پس از دریافت پالس به وسیله آشکارساز، فاصله زمانی کوتاهی وجود دارد که پالس آشکارسازی نمی‌شود و این زمان کوتاه را زمان مرده آشکارساز گویند.

**میکرولوگ<sup>۲</sup>**: نوعی از سوند الکتریکی است که به دلیل فاصله الکترودی کوچک، برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی نواحی نزدیک به دیواره چاه استفاده می‌شود.

**فاصله الکترودی<sup>۳</sup>**: در آرایش نرمال بین الکترود جریان (A) و الکترود پتانسیل (M) را فاصله الکترودی و در آرایش جانبی فاصله بین الکترود جریان (A) و نقطه وسط (O) بین دو الکترود پتانسیل (M) و (N) را فاصله الکترودی گویند. در حالت کلی چنانچه سوند دارای یک گیرنده باشد، فاصله بین فرستنده و گیرنده و اگر دارای دو گیرنده باشد، فاصله بین فرستنده و وسط دو گیرنده به عنوان فاصله الکترودی تعریف می‌شود.

**لاترولوگ<sup>۴</sup>**: نوعی از سوندهای الکتریکی است که به دلیل تمرکز جریان، قادر به اندازه‌گیری مقدار مقاومت الکتریکی ناحیه بکر بکر است.

**پتانسیل خودزا**: پتانسیل ناشی از جریان‌های الکتریکی حاصل از اختلاف درجه شوری گل حفاری و آب سازند است.

**امواج اولیه یا طولی<sup>۵</sup>**: اگر امتداد ارتعاش ذرات محیط با جهت انتشار موج هم سو باشد، موج را طولی یا تراکمی گویند.

**امواج عرضی<sup>۶</sup> یا برشی**: اگر امتداد ارتعاش ذرات بر جهت انتشار موج عمود باشد، موج را عرضی یا برشی گویند.

**جرم مخصوص یا چگالی**: مقدار جرم موجود در واحد حجم را جرم مخصوص گویند.

**خودپذیری مغناطیسی<sup>۷</sup>**: هر گاه جسمی در میدان مغناطیسی قرار گیرد، دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود. شدت مغناطیس شدن جسم را با بردار  $\vec{J}$  نشان می‌دهند. بین میدان به وجود آورنده  $\vec{F}$  و بردار  $\vec{J}$  رابطه  $\vec{F} = k \vec{J}$  برقرار است، ضریب  $k$  را قابلیت مغناطیس شدن جسم یا خودپذیری مغناطیسی می‌نامند.

**فوتون<sup>۸</sup>**: امواج الکترومغناطیسی بدون بار که با سرعت نور حرکت می‌کنند و از ذرات بنیادی اتم‌ها محسوب می‌شوند.

**پوزیترون<sup>۹</sup>**: ذره‌ای باردار که دارای بار الکتریکی مثبت و جرم معادل جرم الکترون است.

**اثر فوتوالکتریک<sup>۱۰</sup>**: برخورد پرتوهای گامای با انرژی پایین (کمتر از  $150 \text{ Kev}$ ) با سازند با عدد اتمی کم که باعث کنده شدن الکترون‌های آزاد و جذب پرتو گاما می‌شود.

**اثر کامپتون<sup>۱۱</sup>**: برخورد پرتوهای گامای با انرژی بین  $150 \text{ Kev}$  تا  $1.02 \text{ Mev}$  با اجسام که با تغییر طول موج و انحراف مسیر پرتوهای گاما و فوتون همراه خواهد شد.

۱- Dead time

۲- Micro log

۳- Electrode spacing

۴- Latro log

۵- Primery waves

۶- Shear waves

۷- Magnetic susceptibility

۸- Photon

۹- Positron

۱۰- Photoelectric effect

۱۱- Compton effect

**اثر تولید زوج<sup>۱</sup>:** برخورد پرتوهای گامای با حداقل انرژی  $2 m.c^2$  به هسته اتم که سبب تبدیل آن به یک الکترون و یک پوزیترون خواهد شد.

**شیب زمین گرمایی<sup>۲</sup>:** شیب تغییرات دمای سازند (یا گل حفاری) در فواصل مختلفی از عمق‌های مختلف چاه را شیب زمین گرمایی می‌نامند.

**لایه نفوذپذیر<sup>۳</sup>:** قسمتی از سازند یا چاه که به دلیل نوع و جنس سنگ، آب یا گل حفاری می‌تواند در آن نفوذ کند.

**لایه نفوذناپذیر<sup>۴</sup>:** قسمتی از سازند یا چاه که به دلیل نوع و جنس متراکم سنگ، آب و گل حفاری نمی‌تواند در آن نفوذ کند.

---

۱- Pair production  
۲- Geothermal gradient  
۳- Permeable zone  
۴- Impermeable zone

# فصل ۲

---

---

رده‌بندی انواع

روش‌های چاه‌پیمایی



## ۲-۱- آشنایی

به طور کلی پارامترهایی که به وسیله دستگاه‌های چاه‌نگاری ثبت و در تفسیر مورد استفاده قرار می‌گیرند، پارامترهای طبیعی سازندهایی هستند که چاه آن‌ها را قطع کرده است. معمول‌ترین اندازه‌گیری‌ها در چاه‌پیمایی به دو بخش پارامترهای طبیعی یا پارامترهایی که از تحریک سازند به دست می‌آیند، تقسیم می‌شود.

## ۲-۲- رده‌بندی روش‌ها

رده‌بندی روش‌های چاه‌پیمایی بر اساس طبیعی یا انگیزشی بودن و یا بر مبنای اصول فیزیکی و منشا نگارها انجام می‌گیرد.

### ۲-۲-۱- رده‌بندی بر اساس پارامترهای طبیعی یا انگیزشی

پارامترهای طبیعی (بدون تحریک) قابل اندازه‌گیری عبارتند از:

- پرتو گامای طبیعی<sup>۱</sup>
- طیف‌سنجی<sup>۲</sup> پرتوهای گاما
- پتانسیل خودزا (SP)
- اندازه‌گیری دمای<sup>۳</sup> سازند
- تعیین قطر چاه<sup>۴</sup>
- انحراف‌سنجی<sup>۵</sup>

پارامترهای انگیزشی ناشی از تحریک سازند عبارتند از:

- مقاومت ویژه سازند
- ثابت دی‌الکتریک (پتانسیل القایی)
- خودپذیری مغناطیسی<sup>۶</sup>
- سرعت صوت<sup>۷</sup>
- هسته‌ایی

### ۲-۲-۲- رده‌بندی بر اساس اصول فیزیکی و منشا نگارها

تقسیم‌بندی مبتنی بر اساس اصول فیزیکی و منشا نگارها به صورت زیر است:

---

۱- Natural gamma  
 ۲- Spectrometry  
 ۳- Temperature  
 ۴- Caliper  
 ۵- Inclinator  
 ۶- Magnetic susceptibility  
 ۷- Sonic log

**الف- روش‌های الکتریکی**

- اندازه‌گیری مقاومت ویژه با سیستم‌های الکترودی
- اندازه‌گیری رسانایی با سیستم‌های القایی
- پتانسیل خودزا (SP)

**ب- روش‌های صوتی**

- نگارهای صوتی

**پ- روش‌های مغناطیسی**

- خودپذیری مغناطیسی

**ت- نگارهای فیزیکی (اطلاعات چاه، گل حفاری و ساختار چاه)**

- دماسنجی

- انحراف‌سنجی

- قطرسنجی

**ث- روش‌های رادیواکتیو**

- نگار گامای طبیعی

- نگار طیف‌سنجی گامای طبیعی

- نگار جرم مخصوص (گاما-گاما)

- نگارهای نوترونی

**۲-۳- روش‌های الکتریکی**

فضای خالی سنگ‌ها معمولاً با آب و دیگر سیالاتی پر می‌شود که حاوی مقداری کلرید سدیم و یون‌های دیگر است. به دلیل وجود این مواد حل شده در آب هدایت الکتریکی افزایش و مقاومت ویژه کاهش می‌یابد. عبور جریان الکتریکی در یک سازند بیشتر از میان خلل و فرج آن انجام می‌گیرد.

نگارهای الکتریکی یکی از پرکاربردترین نگارهایی هستند که در اکثر مطالعات چاه‌پیمایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی سازند به دو روش زیر انجام می‌گیرد:

- سیستم الکترودی

- سیستم القایی<sup>۱</sup>

## ۲-۳-۱- سیستم الکترودی

در سیستم‌های الکترودی، جریان از طریق الکترودها به درون سازند ارسال شده و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه به وسیله یک سری الکترودهای دیگر اندازه‌گیری می‌شود. ابتدا جریان الکتریکی با فرکانس پایین به وسیله الکترودی که در داخل سوند وجود دارد به داخل سازند فرستاده می‌شود، این شارش جریان، اختلاف پتانسیل و سطوح هم پتانسیلی را ایجاد می‌کند که به وسیله گیرنده‌های مختلفی که در داخل سوند وجود دارند، اختلاف پتانسیل در نقاط مختلف سازند نسبت به الکتروود مرجع<sup>۱</sup> واقع در سطح زمین اندازه‌گیری شده و مقاومت ویژه در مناطق مختلف محاسبه می‌شود.

برخی از نگارهای متداول مقاومت ویژه عبارتند از:

- مقاومت ویژه نرمال<sup>۲</sup> (NL) و جانبی<sup>۳</sup> (LL)

- مقاومت ویژه جانبی کوچک<sup>۴</sup> (MLL) و نگار مقاومت ویژه کوچک<sup>۵</sup> (ML)

- نگار تمرکز یافته جریان کروی<sup>۶</sup> (SFL)

- نگار تمرکز یافته جریان کروی کوچک<sup>۷</sup> (MSFL)

نمودارگیرهای با سیستم الکترودی دارای آرایش‌های معمول و پرکاربرد عبارتند از:

- آرایش‌های نرمال

- آرایش‌های جانبی

- آرایش‌های مختلف لاترولوگ

- آرایش‌های مختلف میکروولوگ

### الف- آرایش نرمال

در این آرایش فقط یک الکتروود جریان (A) و یک الکتروود پتانسیل (M) که بر روی سوند قرار گرفته، به داخل چاه فرستاده می‌شود و الکتروودهای جریان و پتانسیل دیگر (B, N) در سطح زمین قرار می‌گیرند (شکل ۲-۱). فاصله بین دو الکتروود (A) و (M) فاصله الکتروودی نامیده می‌شود که به طور معمول ۱۶ اینچ برای نرمال کوتاه و ۶۴ اینچ برای نرمال بلند است. در این روش ۵۰٪ پتانسیل اندازه‌گیری شده مربوط به اثر سازندهایی می‌شود که در فاصله (۲AM) از محور چاه قرار دارند. همچنین ۹۰٪ پتانسیل اندازه‌گیری شده مربوط به اثر سازندهایی است که در ۱۰ برابر فاصله (AM) قرار دارند و ۱۰٪ دیگر به اثر سازندهایی که در خارج این فاصله قرار دارند مربوط می‌شود. در این آرایش، شعاع بررسی به طور قراردادی ۲ برابر فاصله الکتروودی تعریف می‌شود.

۱- Reference electrode

۲- Normal resistivity log

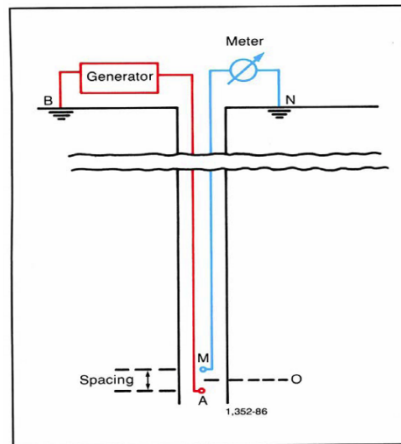
۳- Lateral resistivity log

۴- Microlaterolog

۵- Microlog

۶- Spherically focused log

۷- Micro-Spherically focused log



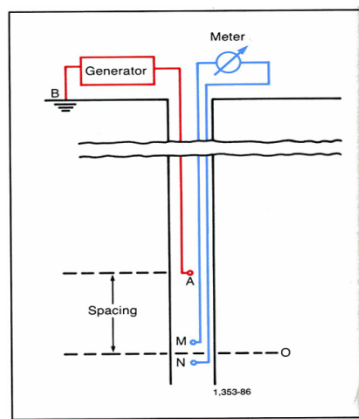
شکل ۲-۱- شمای آرایش نرمال

کاربردهای روش الکتریکی نرمال عبارتند از:

- تشخیص اختلاف درجه شوری گل حفاری با آب سازند
- تعیین درصد تخلخل و اشباع‌شدگی از آب
- تعیین لیتولوژی

### ب- آرایش جانبی

در این آرایش یک الکترود جریان (A) و دو الکترود پتانسیل (M) و (N) بر روی سوند نصب هستند و به داخل چاه فرستاده می‌شوند (شکل ۲-۲). فاصله الکترودی در این آرایش فاصله بین الکترود جریان (A) و نقطه (O) وسط دو الکترود پتانسیل است. شعاع بررسی آرایش جانبی در شرایط همگن و همسانگرد، تقریباً برابر فاصله (AO) است.



شکل ۲-۲- شمای آرایش جانبی

قواعد مربوط به شعاع بررسی عبارتند از:

- برای یک آرایش مشخص، وقتی تمامی پارامترها یکسان باشند و فقط فاصله سوند متفاوت باشد، شعاع بررسی برای دستگاه‌های با فاصله بلندتر، بیشتر است.
- برای یک آرایش مشخص، هر چه مقاومت ویژه سازند بیشتر از گل حفاری باشد، شعاع بررسی کمتر می‌شود.
- در صورت یکسان بودن فاصله الکترودی، شعاع بررسی آرایش نرمال از جانبی بیشتر است.

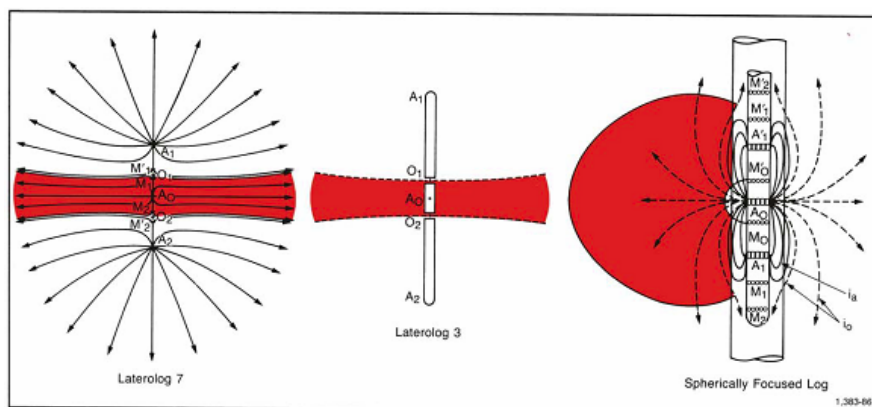


تفاوت‌های آرایش‌های نرمال و جانبی عبارتند از:

- عمق نفوذ روش جانبی بیشتر از نرمال است (به طور معمول فاصله الکترودی روش جانبی بیشتر از نرمال است) و در آرایش نرمال به علت فاصله کوتاه امکان اندازه‌گیری قسمت بکر سازند وجود ندارد.
  - نگارهای روش نرمال، متقارن و در روش جانبی نامتقارن هستند.
  - نگار روش جانبی مرز پایینی طبقات را از نگار نرمال بهتر نشان می‌دهد.
  - مقدار مقاومت قسمت بکر سازند در وسط طبقات ضخیم در نگار جانبی به مقدار واقعی نزدیک‌تر است.
  - نگار جانبی در برخورد با طبقات نازک، مقدار مقاومت و مرز طبقات را به خوبی نشان نمی‌دهد.
- معایب دستگاه‌های غیرمتمرکز فاصله بلند:
- امکان اندازه‌گیری دقیق مقاومت ویژه در طبقات نازک به دلیل اثرات طبقات مجاور وجود ندارد.
  - مقدار مقاومت ویژه حقیقی سازند حتی با استفاده از منحنی‌های تصحیح‌کننده به سختی به دست می‌آید.
  - ستون گل حفاری، اغلب اندازه‌گیری‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
  - تشخیص مرز دقیق لایه‌ها به سختی قابل انجام است.

### پ- آرایش لاترولوگ

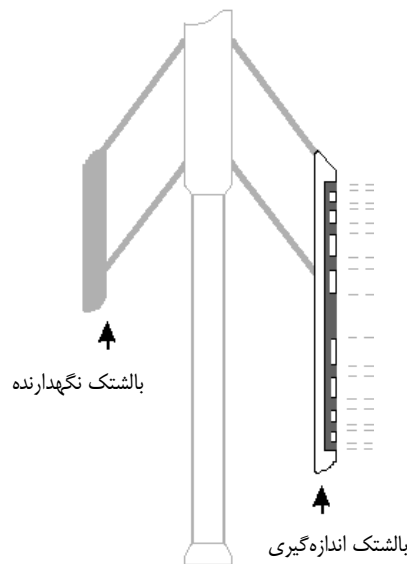
در این نمودارگیرها به دلیل تمرکز جریان به صورت افقی، از به هدر رفتن جریان الکتریکی در داخل گل حفاری جلوگیری می‌شود و سازندهای نازک که در برابر دستگاه قرار می‌گیرند به طور کامل شناسایی می‌شوند. بنابراین اثر گل حفاری در برداشت‌های انجام شده به حداقل می‌رسد. این نوع نمودارگیرها از لحاظ نوع طراحی الکترونیکی و مداری دارای انواع متعدد (لاترولوگ ۳ تایی، ۷ تایی و نظایر آنها) هستند (شکل ۲-۳). این نمودارگیرها زمانی که گل حفاری دارای رسانندگی بالا و مقاومت سازند زیاد باشد، بسیار موثر هستند و در چنین مواردی نگارهای نرمال و جانبی نتایج خوبی نمی‌دهند. مزیت اصلی نمودارگیرهای جریان متمرکز به دلیل تمرکز جریان، عمق نفوذ تا قسمت بکر سازند و اندازه‌گیری مقدار مقاومت ویژه از قسمت بکر سازند است. همچنین در این نمودارگیرها شناسایی لایه‌های نازک با دقت بیشتری انجام می‌شود. این نمودارگیرها توانایی آشکارسازی لایه‌ها با ضخامت به اندازه طول الکتروود مرکزی را دارند.



شکل ۲-۳- انواع نمودارگیرهای لاترولوگ

### ت- آرایش میکرو لوگ

در دیگر روش‌های الکتریکی توضیح داده شده قبلی، به دلیل فواصل الکترودی زیاد آرایش‌ها، شناسایی لایه‌های نازک و اندازه‌گیری مقاومت ویژه اندود گل و یا ناحیه شسته شده غیرممکن است. بنابراین به منظور اندازه‌گیری مقاومت قسمت‌های مختلف ناحیه شسته شده از دستگاه‌های با فواصل الکترودی کوچک استفاده می‌شود. در این نوع دستگاه‌ها، الکترودها بر روی یک بالشتک لاستیکی<sup>۱</sup> نصب می‌شوند و در هنگام برداشت، این بالشتک از سوند جدا شده و به دیواره چاه می‌چسبد (شکل ۲-۴). فواصل الکترودی (AM) در این دستگاه‌ها حدود ۱ تا ۲ اینچ است. در این نوع دستگاه‌ها بالشتک باید به طور کامل به دیواره چاه بچسبد در غیر این صورت ممکن است مقاومت گل حفاری اندازه‌گیری شود. در حالت کلی فقط با ترکیب نگارهای مختلف از آرایش‌های الکترودی مختلف می‌توان مقدار مقاومت قسمت‌های بکر سازند را به دست آورد.



شکل ۲-۴- شمای نمودار گیر مقاومت ویژه کوچک

مقایسه و خلاصه‌ای از روش‌های الکتریکی شرح داده شده در قسمت‌های قبلی در جدول ۲-۱ آورده شده است.

جدول ۲-۱- مقایسه نمودار گیرهای الکتریکی الکترودی

نوع نگار	مزایا	معایب (محدودیت‌ها)	کاربردها
نرمال	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نمودار متقارن</li> <li>- عمق نفوذ تا ناحیه آغشته و بکر سازند</li> <li>- بهترین عملکرد در مقاومت نسبتاً کم سازند و رسانایی متوسط گل حفاری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- عدم تشخیص لایه‌های نازک</li> <li>- اندازه‌گیری‌ها تحت تاثیر ستون گل حفاری قرار می‌گیرند.</li> <li>- عدم اندازه‌گیری دقیق مقاومت ویژه حقیقی سازند</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تعیین لیتولوژی</li> <li>- تشخیص مرز طبقات</li> </ul>

۱- Rubber-pad

ادامه جدول ۲-۱- مقایسه نمودار گیرهای الکتریکی الکتروودی

نوع نگار	مزایا	معایب (محدودیت‌ها)	کاربردها
جانبی	<ul style="list-style-type: none"> <li>- عمق نفوذ تا ناحیه آغشته و بکر سازند</li> <li>- بهترین عملکرد در مقاومت نسبتا کم سازند و رسانایی متوسط گل حفاری</li> <li>- در حالت کلی عمق نفوذ بیشتر از نمودار نرمال است.</li> <li>- تشخیص مرز پایینی طبقات بهتر از نگار نرمال است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نمودار نامتقارن</li> <li>- عدم تشخیص لایه‌های نازک</li> <li>- اندازه‌گیری‌ها تحت تاثیر ستون گل حفاری قرار می‌گیرد.</li> <li>- عدم اندازه‌گیری دقیق مقاومت ویژه حقیقی سازند</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تعیین لیتولوژی</li> <li>- تشخیص مرز طبقات</li> </ul>
لاترولوگ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نمودار متقارن</li> <li>- تاثیر کم گل حفاری بر روی اندازه‌گیری‌ها</li> <li>- اندازه‌گیری مقاومت قسمت بکر سازند</li> <li>- تشخیص طبقات نازک</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- عملکرد مناسب زمانی است که مقاومت سازند بالا و رسانندگی گل حفاری زیاد باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تشخیص لایه‌های نازک</li> <li>- اندازه‌گیری مقاومت قسمت بکر سازند</li> </ul>
میکرولوگ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- اندازه‌گیری مقاومت قسمت شسته شده و اندود گل</li> <li>- عدم تاثیر گل حفاری بر روی اندازه‌گیری‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- در مقابل لایه‌های ضخیم خوب عمل نمی‌کند.</li> <li>- قادر به اندازه‌گیری مقاومت ویژه قسمت بکر سازند نیست.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- زمانی که نیاز به تفسیر کمی باشد به همراه دیگر نمودارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.</li> </ul>

## ۲-۳-۲- سیستم القایی

در گمانه‌هایی فاقد آب، دارای گل حفاری شیرین و یا گل حفاری مخلوط شده با هیدروکربن، جریان الکتریکی قادر به رسیدن به سازند نیست و از نمودارگیرهای القایی استفاده می‌شود.

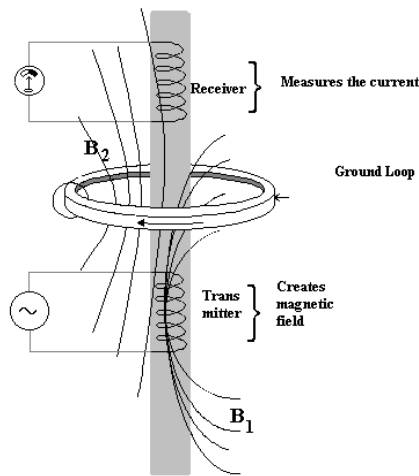
در دستگاه‌های با سیستم القایی<sup>۱</sup> (IL)، با استفاده از جریان متناوبی با فرکانس کمتر از ۳۰kHz در سیم‌پیچ اولیه یا فرستنده<sup>۲</sup>، یک میدان الکترومغناطیسی متناوب در درون سازند به وجود می‌آید. این میدان پس از عبور از جسم هادی، جریانی الکتریکی گردابی<sup>۳</sup> را در سازند القا می‌کند. جریان القایی ایجاد شده باعث به وجود آمدن یک میدان الکترومغناطیسی ثانویه شده که به وسیله سیم‌پیچ گیرنده<sup>۴</sup> ثبت و به هدایت ویژه الکتریکی (عکس مقاومت ویژه) تبدیل می‌شود (شکل ۲-۵). جریان متناوب فرستاده شده دارای دامنه و فرکانس ثابت است ولی شدت جریان‌های گردابی به وجود آمده و در نتیجه شدت سیگنال ایجاد شده در پیچک گیرنده، تابعی از رسانایی سازندهای اطراف چاه است.

۱- Induction log

۲- Transmitter coil

۳- Eddy current

۴- Receiver coil



شکل ۲-۵- شمای نمودار گیرهای الکتریکی القایی

در این نمودارگیرها، قدرت جداسازی قائم در صورتی که از اثرات طبقات بالایی و پایینی چشم‌پوشی شود معادل فاصله سوندها است یا به عبارت دیگر همان فاصله بین فرستنده و گیرنده است.

در روش القایی، سازندی که در فاصله یک‌چهارم فاصله سوند باشد، بر روی اندازه‌گیری‌ها بیشترین اثر را دارد. در دستگاه‌های با سیستم القایی مانند سیستم‌های الکترودی می‌توان مقاومت ویژه قسمت‌های بکر سازند، شسته شده و حد واسط را با استفاده از فواصل مختلف بین فرستنده و گیرنده اندازه گرفت.

واحد اندازه‌گیری هدایت ویژه الکتریکی، موه بر متر، یا میلی‌موه بر متر (یا زیمنس بر متر) است.

مواردی که باید در هنگام برداشت نگار القایی مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

- اگر چاه دارای گل حفاری شیرین یا فاقد گل حفاری باشد، رسانایی گل حفاری صفر بوده و در این صورت اثر گل حفاری بر روی اندازه‌گیری حذف می‌شود.
- در چاه‌های با قطر زیاد (بیشتر از ۸ اینچ) برای هم‌محور نگه داشتن سوند با محور چاه باید از مرکزنگهدارنده‌هایی<sup>۱</sup> که بر روی سوند نصب می‌شود استفاده کرد.
- برداشت نگار القایی در حالتی که گل حفاری بسیار شور باشد و یا رسانایی بالا داشته باشد مناسب نیست (خطای اندازه‌گیری بالا می‌رود).
- اگر ضخامت لایه کم باشد (کمتر از فاصله سوند)، سوند القایی امکان اندازه‌گیری دقیق رسانایی لایه را ندارد.

نمودارگیرها با سیستم الکترودی و القایی از جنبه‌های زیر باهم تفاوت دارند:

- پاسخ دستگاه‌های القایی در مقاومت‌های پایین (کمتر از ۵۰ اهم‌متر) یا رسانندگی بالا حساس‌تر است و سیستم الکترودی در مقاومت‌های بالا دقت و حساسیت بیشتری دارد.
- در نمودارگیرهای القایی، امکان تفکیک<sup>۲</sup> لایه‌های نازک و نفوذناپذیر به طور کیفی بهتر از سیستم‌های الکترودی است.

۱- Centralization

۲- Resolation

- در چاه‌هایی که دارای گل حفاری نمکی یا دارای رسانندگی بالا هستند، نمودارگیرهای با سیستم الکترودی پاسخ بهتری می‌دهند. در چاه‌های متروکه یا دارای گل حفاری شیرین، سیستم‌های القایی کاربرد بیشتری دارند.
- به طور کلی در برداشت‌های الکتریکی، اگر چاه دارای لوله جداری فلزی باشد، نگاربرداری الکتریکی غیرممکن است. کاربردهای روش الکتریکی عبارتند از:
  - تعیین درجه اشباع‌شدگی از آب و هیدروکربن
  - محاسبه تخلخل
  - محاسبه مقاومت ویژه آب سازند
  - تشخیص لیتولوژی
  - تعیین مرز طبقات و لایه‌ها
  - تطابق بین چاه‌های منطقه و تعیین روند لایه‌ها

### ۲-۳-۳- پتانسیل خودزا

- در نتیجه تماس گل حفاری با سازندهای درون چاه، جریان‌های الکتریکی بین گل حفاری و بدنه چاه به وجود می‌آید. این جریان الکتریکی از دو مولفه الکتروشیمیایی و الکتروسیستیک حاصل می‌شود.
- پدیده الکتروشیمیایی شامل پتانسیل نفوذی<sup>۱</sup> ناشی از تبادل یونی بین دو سیال و پتانسیل غشایی<sup>۲</sup> ناشی از قرار گرفتن یک لایه متخلخل آبدار بین دو لایه شیلی ایجاد می‌شود.
- پدیده الکتروسیستیک یا پتانسیل تراوشی<sup>۳</sup> از اختلاف فشار بین گل حفاری و آب درون سازند به وجود می‌آید.
- نگار پتانسیل خودزا، حاصل اندازه‌گیری پتانسیل ناشی از اثرات عوامل شرح داده شده است. برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل ایجاد شده بین لایه‌ها، از دو الکتروود ثابت و متحرک استفاده می‌شود. در نگار پتانسیل خودزا چون تاثیر پدیده‌های فوق بسیار ضعیف است اختلاف پتانسیل بر حسب میلی‌ولت ( $mV$ ) اندازه‌گیری می‌شود. مقدار اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری شده به دلیل وجود اثرات طبقات مجاور پتانسیل ظاهری<sup>۴</sup> نامیده می‌شود.
- تغییرات پاسخ نگار پتانسیل خودزا در برداشت‌های نفتی و معدنی معمولاً بین ۱۰۰- تا ۱۰۰ میلی‌ولت است. در صورتی که این مقدار برای سولفیدها بسیار بزرگ بوده و بیشتر از ۵۰۰ میلی‌ولت است.
- در نگار پتانسیل خودزا هر چه اختلاف مقاومت ناحیه بکر با مقاومت گل حفاری کمتر باشد، راحت‌تر می‌توان مرز لایه‌ها را تفکیک کرد.

عمده‌ترین کاربردهای نگار پتانسیل خودزا عبارتند از:

- تعیین مرز لایه‌های نفوذپذیر از نفوذناپذیر
- تعیین مقاومت ویژه آب سازند

۱- Diffusion or filtration potential

۲- Membran potential

۳- Electro filtration

۴- Apparent self potential

- تعیین لیتولوژی و یا ارزیابی مقدار رس موجود در یک مخزن
- بررسی درجه اشباع<sup>۱</sup> نفت یا گاز در ماسه‌های شیلی
- بررسی محل تماس گاز و آب در ماسه‌های شیلی
- تلفیق اطلاعات گمانه‌ها در منطقه

## ۲-۴- نمودارگیرهای صوتی

- برداشت نگارهای صوتی به صورت‌های مختلفی انجام می‌شود که روش‌های معمول آن عبارتند از:
- بر اساس سرعت انتشار امواج در سازند که نگاربرداری صوتی نامیده می‌شود.
- اندازه‌گیری دامنه امواج عرضی دریافت شده در گیرنده که نگاربرداری دامنه صوتی نامیده می‌شود.

### ۲-۴-۱- نگاربرداری صوتی

اساس اندازه‌گیری‌های صوتی، ثبت مدت زمان عبور امواج صوتی در مسافت خاص از سازندهایی است که چاه یا گمانه آن‌ها را قطع کرده است. این زمان، زمان لازم برای طی مسافت واحد (معمولاً یک فوت) از لایه‌ها به موازات جداره چاه یا گمانه است. سرعت امواج طولی یا تراکمی در سنگ‌ها، به ساختمان سنگ بستگی دارد به طوری که زمان ثبت شده مجموع زمان عبور امواج در بخش جامد، خمیره سنگ و فضاهای خالی است که ممکن است به وسیله سیال پر شده باشد. امواج فشاری عامل ارتعاشات طولی ذرات جامدات، سیالات و گازها در مسیر انتشار است که در نمودارگیرهای صوتی معمولاً از امواج طولی استفاده می‌شود. در این سیستم، امواج صوتی با فرکانس پایین (بین ۲۰ تا ۴۰ kHz) مورد استفاده قرار می‌گیرد. نحوه انتشار امواج صوتی به این گونه است که امواج فشاری پس از ارسال فرستنده، به صورت کروی در گل حفاری منتشر می‌شود و پس از برخورد با دیواره چاه یا گمانه و بسته به زاویه تابش در جهت‌های مختلف منعکس، منکسر و پراکنده می‌شوند. در میان امواج طولی شکست، امواجی که زاویه تابش آن‌ها برابر با زاویه تابش بحرانی باشد بیشتر مد نظر هستند و آن دسته از امواجی که در امتداد دیواره چاه یا گمانه منعکس و منتشر می‌شوند، به گیرنده‌ها می‌رسند و ثبت می‌شوند.

اولین دستگاه‌های اندازه‌گیری صوتی دارای یک فرستنده و یک گیرنده بودند که مدت زمان طی شده در مسافت بین فرستنده و گیرنده در سازند را اندازه‌گیری می‌کردند. با گذشت زمان و با پیشرفت علم، برای رفع نواقص دستگاه‌های قبلی، از سیستم‌های پیشرفته‌تر مثلاً یک فرستنده با چند گیرنده و چند فرستنده با چند گیرنده و همچنین نحوه قرارگیری و آرایه مختلف فرستنده‌ها و گیرنده‌ها استفاده شده است.

### ۲-۴-۲- نگاربرداری دامنه صوتی

- امواج صوتی وقتی در یک محیط منتشر می‌شوند، دامنه آن‌ها کاهش می‌یابد. این کاهش دامنه را تضعیف امواج گویند که به عوامل متعدد اشاره شده در زیر بستگی دارد:
- طول موج و نوع موج صوتی یا اکوستیکی

- نوع سنگ و میزان تخلخل

- تراوایی و نوع خلل و فرج

- نوع سیال موجود در خلل و فرج

- درزه و شکستگی‌های موجود در سنگ

بر این اساس و با استفاده از نگارهای برداشت شده می‌توان به این اطلاعات دست یافت. شعاع بررسی در نمودارگیرهای صوتی، تابعی از فرکانس امواج فرستاده شده و سرعت صوت در سنگ است که حدوداً بین ۱۲ سانتی‌متر تا ۱ متر است. برداشت نگار صوتی در اکتشافات نفتی کاربرد دارد. زمان گذر در این برداشت‌ها به صورت میکروثانیه بر واحد طول تعریف می‌شود. در این روش نمودارگیری چنانچه پس از زمان زیادی از حفاری چاه یا گمانه نگاربرداری انجام شود، خردشدگی و هوازگی سنگ‌های دیواره چاه یا گمانه بر روی نگار صوتی اثر نامطلوب می‌گذارد.

کاربردهای نمودارگیری صوتی عبارتند از:

- تعیین تخلخل سنگ‌ها

- ترکیب نگارهای صوتی سرعت طولی، عرضی و به همراه شاخص هیدروژنی و چگالی برای شناسایی لیتولوژی

- ارزیابی درجه سیمان‌شدگی<sup>۱</sup> (CBL)

- بررسی تراکم سازندهای رسی-ماسه‌ای

- تشخیص مناطق تحت فشار اضافی

- ترکیب نگارها برای تعیین درزه و شکستگی‌ها و تعیین مدول‌های الاستیسیته

- تعیین سرعت امواج در سازندها

- تطابق طبقات بین چاه‌ها و گمانه‌های منطقه

## ۲-۵- نمودارگیرهای مغناطیسی

این نوع نمودارگیرها بیشتر برای کاربردهای معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد این نمودارگیرها مانند سیستم‌های القایی است. در این روش ابتدا یک میدان الکترومغناطیسی نوسانی در سوند تولید و فرستاده می‌شود و سپس جریان القایی حلقوی ایجاد شده در درون سازند و در فاصله شعاعی سیم‌پیچ‌های سوند به وسیله دریافت‌کننده‌هایی، دریافت و خودپذیری مغناطیسی سازند اندازه‌گیری می‌شود. خودپذیری مغناطیسی از پارامترهای اساسی در تشخیص و اکتشاف کانی‌های مغناطیسی است. از مهم‌ترین ویژگی‌های این روش این است که در چاه‌های خشک، دارای آب و دارای لوله‌گذاری غیرفلزی نیز قابل استفاده است.

کاربردهای نگار مغناطیسی عبارتند از:

- این نگار به آهن و نوع اکسیداسیون آن بسیار حساس و به راحتی کانی‌سازی آهن و یا کانی‌های مغناطیسی را شناسایی می‌کند.

- در اکتشافات اورانیوم به دلیل کنترل پهنه‌های در برگرنده اکسید اورانیوم کاربرد بسیار زیادی دارد.

- افق‌های متوالی دگرگون شده را با آسانی آشکارسازی می‌کند.

## ۲-۶- نمودارگیرهای رادیواکتیو

اساس روش‌های مختلف رادیواکتیو بر خواص رادیواکتیوینه طبیعی سنگ‌ها و یا پرتودهی آن‌ها به وسیله منابع مصنوعی و ثبت نتایج حاصله است.

سیستم‌های اندازه‌گیری تشعشعات رادیواکتیو عبارتند از:

- اتاقک یونیزاسیون: شامل حبایی پر شده از گاز بی‌اثر هلیوم (He) یا آرگون (Ar) به همراه بخار یک ماده آلی که در اثر عبور پرتو گاما از گاز بی‌اثر، یون‌های مثبت و منفی ایجاد شده، جذب قطب‌های مثبت و منفی می‌شوند.

- سیستم سوسوزن: شامل یک بلور یدور سدیم یا پتاسیم (KI/NaI) است که به وسیله تالیوم فعال شده و در اثر برخورد پرتو گاما به آن‌ها، فوتون ایجاد می‌شود. فوتون‌های ایجاد شده به سطح حساس فوتوکاتد برخورد و یک یا چند الکترون از آن خارج می‌شود. الکترون‌های خارج شده پس از برخورد‌های متوالی به آندهای متعدد، تعدادشان افزایش می‌یابد و در نهایت یک جریان الکتریکی نسبتاً ضعیفی ایجاد می‌کند که به وسیله تقویت‌کننده‌هایی، تقویت می‌شود. این سیستم برای آشکارسازی در دستگاه‌های گاما، گاما-گاما و نوترون-گاما مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش‌های معمول در برداشت‌های رادیواکتیو عبارتند از:

- اندازه‌گیری تشعشعات گامای طبیعی سازندها

- طیف‌سنجی پرتو گاما

- بمباران سازند به وسیله اشعه گاما و بررسی تشعشعات حاصل

- بمباران سازند به وسیله اشعه نوترون و بررسی تشعشعات حاصل

روش‌های ذکر شده علاوه بر کاربرد وسیع در اکتشاف نفت و گاز، کاربرد زیادی در اکتشافات آب و مواد معدنی دارند و در اکتشاف برخی از مواد معدنی (اکتشاف منابع رادیواکتیو-زغال‌سنگ) از مهم‌ترین روش‌های قابل استفاده برای رسیدن به نتیجه مطلوب هستند.

## ۲-۶-۱- نمودارگیرهای پرتو گاما

نمودار پرتو گاما، شامل اندازه‌گیری تشعشعات رادیواکتیو طبیعی سازندها ناشی از تجزیه و تولید پرتوهای گامای پرانرژی است. این انرژی به تدریج تحلیل رفته و میزان این تحلیل، با جرم مخصوص سازند متناسب است. در بین عناصر رادیواکتیو سه عنصر  $^{238}\text{U}$ ،  $^{232}\text{Th}$  و  $^{40}\text{K}$  در اکتشافات با ارزش هستند.

با توجه به این که سازندهای مختلف حاوی مواد و میزان مواد رادیواکتیو متفاوت هستند، از این مشخصه و این نوع نمودارگیرها برای اکتشاف آن‌ها استفاده می‌شود.

کاربردهای نمودار پرتو گاما عبارتند از:

- شناسایی و تعیین درصد حجم شیل‌ها با توجه به وجود یا تمرکز بیشتر اورانیوم، توریوم و پتاسیم در کانی‌های رسی



- شناسایی لایه‌های شیلی از غیرشیلی و نفوذپذیر از نفوذناپذیر

- اکتشاف سازندهای اورانیوم‌دار

- تشخیص لیتولوژی

- استفاده از این نگار در چاه‌ها یا گمانه‌های دارای لوله جداری و یا چاه فاقد گل حفاری، به جای روش پتانسیل خودزا

- تطابق بین چاه‌ها یا گمانه‌های منطقه

واحد‌های قدیمی ثبت پرتو گاما بر حسب گرم رادیوم بر تن (gr Ra/ton) یا رونتگن بر ساعت (r/h) هستند که معادل گرم رادیوم بر گرم سنگ است. امروزه از واحد API و یا بر حسب تعداد دریافت آشکارسازها از واحد <sup>1</sup>CPS استفاده می‌شود. در برداشت‌های گاما نقطه اندازه‌گیری، نقطه وسط آشکارساز و قدرت جداسازی قائم دستگاه‌ها برابر با قطر کره تاثیر است. همچنین با چگالی سازند و انرژی پرتو اعمالی تغییر می‌کند. حساسیت روش پرتو گامای طبیعی در تفکیک حد مرز طبقات، به ثابت زمانی شمارش و سرعت حرکت سوند بستگی دارد. برای به دست آوردن یک نگار مناسب باید زمان شمارش طولانی و سرعت حرکت سوند آرام باشد تا بتوان مرز لایه‌ها را به خوبی تفکیک کرد. برای رسیدن به نتیجه مطلوب و تفکیک طبقات، باید دقت آماری لازم برای شمارش (ثابت زمانی بلند) و سرعت حرکت سوند حد بهینه در نظر گرفته شود که به صورت زیر است:

$$V(\text{فوت}) = 1 \times T(\text{ثانیه}) \times V(\text{فوت بر ثانیه})$$

که در آن  $V$  سرعت حرکت سوند و  $T$  ثابت زمانی است.

## ۲-۶-۲- نمودارگیر طیف‌سنجی پرتو گاما<sup>۲</sup> (NGS or NGT)

هر یک از عناصر رادیواکتیو طبیعی دارای یک سری ایزوتوپ‌ها و عناصر ثانویه هستند که بر اثر تشعشعات، به آن‌ها تبدیل می‌شوند. هر یک از این عناصر در طی متلاشی شدن، دارای طیف انرژی با پیک مشخص هستند. بنابراین اگر این سه دسته پرتو از یکدیگر تفکیک شوند امکان شناسایی منشأ آن‌ها وجود دارد. در این روش با بررسی طیف انرژی پرتوهای گامای عناصر پرتوزا بر حسب مقدار انرژی آن‌ها مشخص و ثبت می‌شوند. عناصر پتاسیم، توریوم و اورانیوم دارای پیک نسبتاً مشخصی هستند. پتاسیم یک پیک مشخص در انرژی  $1.46 \text{ Mev}$ ، توریوم در انرژی  $2.62 \text{ Mev}$  و اورانیوم تقریباً در انرژی  $1.76 \text{ Mev}$  دارای یک پیک مشخصه هستند.

کاربردهای این روش عبارتند از:

- شناخت لیتولوژی و تعیین نوع ماده رادیواکتیو

- تعیین محل‌های رسوبگذاری برخی از کانی‌های شاخص محیط‌های رسوبگذاری

- مشخص کردن عیار مواد آلی

- تطابق بین چاه‌ها و گمانه‌ها

۱- Count per second

۲- Natural gamma ray spectrometry or natural gamma ray tools

### ۲-۶-۳- نمودارگیر جرم مخصوص (نگار گاما-گاما)

یکی از روش‌های اندازه‌گیری تخلخل سنگ، تاباندن پرتوهای مصنوعی به سازند و بررسی پرتوهای ثانویه برگشتی آن‌ها است. میزان تحلیل رفتن پرتو گاما، ارتباط مستقیم با تعداد الکترون‌های سازند دارد. به عبارت دیگر دستگاه، جرم مخصوص الکترونی<sup>۱</sup> سازند را بررسی می‌کند که با جرم مخصوص کپه‌ای سازند متناسب است.

انواع برخورد‌های اشعه گاما با اجسام عبارتند از:

- اثر فوتوالکتریک: پرتو گاما با انرژی پایین (کمتر از  $150 \text{ Kev}$ ) به سازند با عدد اتمی پایین برخورد می‌کند و الکترون‌های آزاد هسته (الکترون ظرفیت) از این سطح کنده می‌شود. فوتون از بین می‌رود و اشعه گاما نیز جذب می‌شود.  
- اثر کامپتون: طول موج پرتو ایکس یا گاما (انرژی بین  $150 \text{ Kev}$  تا  $1.02 \text{ Mev}$ ) در اثر برخورد با ذرات باردار (الکترون‌های آزاد هسته) تغییر می‌کند و فوتون‌ها از مسیر اولیه خود منحرف می‌شوند و در مسیر دیگری با انرژی کمتر به حرکت خود ادامه می‌دهد.

- اثر تولید زوج: پرتو گاما با انرژی حداقل  $2 m.c^2$  به هسته اجسام برخورد می‌کند و سبب تبدیل آن به یک الکترون و یک پوزیترون (الکترون با بار مثبت) می‌شود که به این فرآیند تولید زوج می‌گویند.

پس از فرستادن اشعه گاما، گامای پراکنده شده به وسیله سازند (اثر کامپتون) به گیرنده‌هایی که در فاصله‌های مختلف از منبع قرار دارند می‌رسند و شمارش می‌شوند. در این نمودارگیر، آشکارسازها در یک محفظه، چنان قرار گرفته‌اند که از اثرات پرتوهای مستقیمی که از گل حفاری به آشکارساز می‌رسد حداقل باشد. در این نوع نمودارگیرها وقتی از دو آشکارساز استفاده شود، اثر گل حفاری و اندود گل حذف می‌شود و در نهایت چگالی کلی (کپه‌ای) ( $\rho_b$ ) مستقیماً محاسبه می‌شود.

در این نوع نمودارگیرها، نقطه اندازه‌گیری نقطه وسط دو آشکارساز و جداسازی قائم نیز متناسب با فاصله بین دو آشکارساز است.

کاربردهای این روش عبارتند از:

- محاسبه چگالی کلی (کپه‌ای) سازند
- تخمین تخلخل
- تشخیص لیتولوژی
- مشخص کردن محل ریزشی دیواره چاه یا گمانه و نوع سیمان‌شدگی پشت لوله جداری
- تشخیص ناخالصی‌های همراه زغال سنگ

### ۲-۶-۴- نمودارگیرهای نوترون (اندازه‌گیری شاخص هیدروژن<sup>۲</sup>)

به کمک چشمه‌های پرتوزای نوترون، سازند با نوترون‌های سریع و با انرژی اولیه بین  $4 \text{ Mev}$  تا  $6 \text{ Mev}$  بمباران می‌شود. نوترون‌ها به سازند نفوذ کرده و با سازند به صورت کشسان یا غیرکشسان برخورد می‌کند. در این برخوردها بسته به جرم هسته، زاویه برخورد و انرژی، نوترون‌ها در برخورد با سازند دارای انرژی‌های مختلفی می‌شوند و جهت حرکت آن‌ها نیز تغییر می‌کند. برای

۱- Electron density

۲- Hydrogen index

انرژی‌های ضعیف، قدرت کندکنندگی اتم هیدروژن از بقیه اتم‌ها بیشتر است. زمانی که محدوده انرژی نوترون بین  $ev$  ۰/۱ تا  $ev$  ۱۰۰ باشد، مرحله اپی‌ترمال و زمانی که مقدار انرژی کمتر از  $ev$  ۰/۲۵ باشد، حالت ترمال است. برخورد نوترون‌های ترمال با برخی عناصر، با آزاد شدن پرتو گاما همراه است.

برخوردهای نوترونی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- نوترون - گاما: نوترون به درون سازند فرستاده شده و تعداد پرتوهای گامای گسیل شده از سازند آشکارسازی می‌شود.

- نوترون - نوترون اپی‌ترمال: تعداد نوترون‌های اپی‌ترمال با انرژی  $ev$  ۰/۱ تا  $ev$  ۱۰۰ که مرحله قبل از تبدیل به نوترون ترمال است آشکارسازی می‌شود.

- نوترون - نوترون ترمال: تعداد نوترون‌های ترمال با انرژی  $ev$  ۰/۲۵ را آشکارسازی می‌کند.

در این روش تخلخل سازندهایی که خلل و فرج آن‌ها محتوی آب و هیدروکربون است، اندازه‌گیری می‌شود. شعاع بررسی در این روش با غلظت اتم هیدروژن متناسب است و هر چه تعداد اتم‌های هیدروژن بیشتر باشد، شعاع کره نفوذ کوچکتر خواهد بود.

کاربردهای این روش عبارتند از:

- تعیین تخلخل

- تفکیک مناطق گازدار و مناطق حاوی نفت یا آب

- تعیین لیتولوژی به همراه دیگر نگارها

- تطابق بین چاه‌ها و گمانه‌ها

## ۷-۲- نمودارگیرهای فیزیکی

این نمودارگیرها اطلاعات عمومی مربوط به چاه را بررسی می‌کنند که شامل نمودارهای دما، انحراف و قطر چاه است.

### ۷-۲-۱- نمودارگیرهای دما

دمای سازند با افزایش عمق زیاد می‌شود و در شرایط تعادل طبیعی، آهنگ این افزایش دما، گرادیان حرارتی (شیب زمین‌گرمایی) نامیده می‌شود. شیب زمین‌گرمایی بر حسب محل جغرافیایی و رسانندگی گرمایی سازندها متغیر است.

تعادل حرارتی در نزدیکی چاه یا گمانه بر اثر گردش گل حفاری به هم می‌خورد. در واقع گردش گل باعث می‌شود تا سنگ‌هایی که در تماس با گل حفاری هستند سرد شوند. در تماس بین گل و سنگ، تبادل گرمایی به وسیله پدیده همرفت و در سنگ‌ها از طریق پدیده رسانش انجام می‌شود. بنابراین دمای نقاط مختلف چاه به شیب زمین‌گرمایی منطقه تحت بررسی بستگی دارد. به محض قطع شدن جریان گل حفاری، دمای سازند به مقدار اولیه خود گرایش پیدا می‌کند و همچنین با تبادل گرمایی بین گل حفاری و سازند، دمای چاه یا گل حفاری به مقدار دمای سازند نزدیک می‌شود.

در این نمودارگیرها یک اندازه‌گیری پیوسته بر حسب عمق از دما انجام می‌شود. معمولاً در قسمت پایین این نوع نمودارگیرها حسگرهایی از جنس نیمه‌رسانا در یک محیط ایزوله تعبیه شده است تا بتواند دما را اندازه‌گیری کند. نوع این حسگرها در نمودارگیرهای مختلف بر حسب دقت کار و نوع فن‌آوری ساخت، فرق می‌کند ولی در نهایت هدف اصلی تمامی این نمودارگیرها اندازه‌گیری دمای سازند در عمق‌های مختلف و محاسبه شیب زمین‌گرمایی است.

کاربردهای این روش عبارتند از:

- تشخیص موقعیت مناطق با کیفیت آب متفاوت
  - تشخیص مناطق دارای جریان آب به سمت داخل گمانه یا خارج
  - تعیین شیب زمین گرمایی
  - تفکیک واحدهای لیتولوژی با استفاده از تغییرات دما (تغییرات شیب زمین گرمایی)
  - مشخص کردن سطح آب
  - تصحیح دما برای سایر نگارها
- شرایط بهینه برداشت عبارت است از:
- در چاه‌ها یا گمانه‌های دارای لوله جداری و فاقد لوله جداری<sup>۱</sup> قابل استفاده است.
  - چاه یا گمانه باید دارای گل حفاری باشد.
  - برداشت باید از بالا به پایین انجام شود.
  - قبل از برداشت، چاه یا گمانه باید حداقل به مدت ۲۴ ساعت در حالت سکون باشد تا با محیط اطراف به تعادل گرمایی برسد.

## ۲-۷-۲- نمودارگیرهای انحراف‌سنجی چاه یا گمانه

این نوع نمودارگیرها برای اندازه‌گیری شیب<sup>۲</sup> و آزیموت<sup>۳</sup> گمانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، که یک اندازه‌گیری با دقت بالا و پیوسته از انحراف و آزیموت گمانه را ارائه می‌دهد. معمولاً این نمودارگیرها شامل یک مغناطیس‌سنج سه‌محوری هستند و سه خروجی آنالوگ که با شدت میدان مغناطیسی زمین متناسب است را اندازه‌گیری می‌کنند. همچنین یک جفت انحراف‌سنج برای اندازه‌گیری زاویه میل مورد استفاده قرار می‌گیرد. با ترکیب خروجی‌ها و پردازش در ریزپردازنده‌ها<sup>۴</sup> در نهایت انحراف و آزیموت گمانه، اندازه‌گیری و نمایش داده می‌شود. زاویه انحراف نشان داده شده، انحراف گمانه از حالت قائم و آزیموت آن نیز انحراف از جهت شمال مغناطیسی است. در این نمودارگیرها می‌توان چاه یا گمانه را هم به صورت پیوسته و هم به صورت ناپیوسته و در فواصل معین (معمولاً ۱۰ تا ۲۰ متر) برداشت کرد. در بیشتر دستگاه‌های جدید، برداشت‌ها به صورت پیوسته است و با دقت بالایی انجام می‌شود. اخیراً دستگاه‌های ژيروسکوپی ساخته شده که انحراف چاه را در چاه‌های دارای لوله جداری فلزی و یا در مناطقی که دارای آهن و خاصیت مغناطیسی هستند برداشت می‌کند.

شرایط برداشت عبارت است از:

- در چاه‌های بدون لوله جداری و یا دارای لوله جداری غیرفلزی قابل استفاده است.
- در مجاورت کانی‌های مغناطیسی آزیموت آن فاقد اعتبار است.

۱- Cased- Hole

۲- Inclination

۳- Azimuth

۴- Micro processor

- بود یا نبود گل حفاری مانعی ایجاد نمی‌کند.

### ۲-۷-۳- نمودارگیر قطرسنجی

در این نوع نمودارگیرها معمولاً اندازه‌گیری قطر چاه یا گمانه به صورت مکانیکی انجام می‌شود. به این صورت که در پایین این نمودارگیرها سه یا چهار بازو که به وسیله موتوری باز و بسته می‌شوند قرار گرفته است و در حالی که موتور، بازوها را به طور کامل باز کرده، به سمت بالا حرکت داده می‌شود، در جاهایی که قطر چاه یا گمانه کم می‌شود بازو جمع شده و در جاهایی که چاه یا گمانه ریزش کرده و قطر چاه زیاد شده باشد بازو بیشتر باز می‌شود. این بازو و بسته شدن بازوها تبدیل به پالس‌های الکتریکی شده و با واحدهای سانتی‌متر یا اینچ نمایش داده می‌شود.

این نمودارگیرها برای اندازه‌گیری تغییرات قطر چاه به کار می‌روند. اثر تغییرات قطر چاه بر روی برخی از نگارها بسیار زیاد است و نگار قطرسنجی در تفسیر نگارهای دیگر چه به صورت کیفی انجام شود و یا چه به صورت کمی کمک زیادی می‌کند. پایه‌های سوند قابل تعویض است و با توجه به قطر چاه می‌توان از بازوها با اندازه‌های مختلف (بزرگ برای قطر بیشتر و کوچک برای قطر کمتر) استفاده کرد.

این سوند به عنوان اولین سوند داخل چاه یا گمانه فرستاده می‌شود تا هم وضعیت دیواره چاه مشخص شود و همچنین احتمال بروز خطر برای سوندهای گران قیمت‌تر مثل سوند رادیواکتیو که دارای منبع رادیواکتیو است کاهش یابد.

کاربردهای این روش عبارت است از:

- مشخص کردن محل‌های ریزش چاه یا گمانه یا محل موانع
- مشخص کردن لیتولوژی‌های سخت و نرم
- مشخص کردن موقعیت گسل یا خردشدگی

خلاصه‌ای از انواع نمودارگیرها، نگارها، شرایط برداشت و اطلاعاتی که از برداشت حاصل می‌شود در جدول ۲-۲ آورده شده است.

جدول ۲-۲- مقایسه انواع نمودارگیرها و نگارها

نوع نگار	نگارهای خاص	شرایط چاه	نتایج
رادیواکتیو	- گامای طبیعی - اسپکترومتری گاما - گاما-گاما - نوترونی (تخلخل)	- چاه‌های باز و دارای لوله جداری - دارای گل حفاری و یا فاقد گل حفاری	- شناخت لیتولوژی - تعیین چگالی، تخلخل - تطابق بین چاه‌ها یا گمانه‌ها - تشخیص جنس زغال سنگ - تشخیص لایه‌های نفوذپذیر از نفوذناپذیر - تعیین حجم شیل
الکتریکی	- پتانسیل خودزا - مقاومت‌سنجی - لاترولوگ	- چاه‌های باز و دارای لوله جداری غیرفلزی - چاه‌های دارای گل حفاری هادی	- شناخت لیتولوژی - محاسبه تخلخل - تعیین مرز طبقات - تطابق بین چاه‌ها یا گمانه‌ها - تشخیص لایه‌های نفوذپذیر از نفوذناپذیر

## ادامه جدول ۲-۲- مقایسه انواع نمودارگیرها و نگارها

نوع نگار	نگارهای خاص	شرایط چاه	نتایج
الکترومغناطیسی	- القایی - خودپذیری مغناطیسی	- چاه‌های باز و دارای لوله جداری غیرفلزی - دارای گل حفاری و یا فاقد گل حفاری	- شناخت لیتولوژی - تشخیص کانی‌های مغناطیسی - تشخیص افق‌های متوالی دگرگون شده
آکوستیکی	- صوتی	- چاه‌های باز با گل حفاری تمیز	- شناخت لیتولوژی (تخلخل) - تعیین سرعت امواج در سازند - بررسی کیفیت دیواره چاه
فیزیکی	- انحراف‌سنجی - قطرسنجی - دماسنجی	- چاه‌های باز - با گل حفاری یا فاقد گل حفاری	- اندازه‌گیری قطر چاه - شناخت لیتولوژی‌های سخت و نرم - تشخیص مناطق ریزشی و تکتونیزه - تعیین انحراف چاه - تعیین دما

## ۲-۸- معرفی بخش‌های مختلف دستگاه چاه‌پیمایی

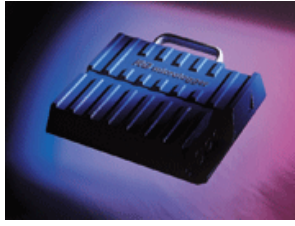
یک دستگاه چاه‌پیمایی در حالت کلی شامل ۳ قسمت اصلی زیر است:

- سیستم مرکزی یا پردازنده
- وینچ
- نمودارگیرها

## ۲-۸-۱- سیستم مرکزی یا پردازنده

وظیفه اصلی این بخش این است که اطلاعاتی که توسط نمودارگیرها برداشت شده و به وسیله کابل به سطح زمین منتقل شده را پردازش کرده و نمایش دهد. همچنین انجام تنظیمات مربوط به کنترل سوند، تنظیمات برداشت و اپراتوری با این سیستم انجام می‌گیرد.

سیستم مرکزی یا پردازنده دستگاه‌های چاه‌پیمایی متفاوت هستند. به این صورت که برخی از آن‌ها کار تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها را انجام می‌دهند و سپس با اتصال به یک کامپیوتر و به وسیله نرم‌افزار خاصی نگارها نمایش داده می‌شود. برخی دیگر از دستگاه‌ها طوری طراحی می‌شوند که سیستم پردازنده و صفحه نمایش یکپارچه دارند که از راه دور نیز داده‌ها را منتقل می‌کنند و نیاز به اتصال به وسیله کابل و کامپیوتر نیست (شکل ۲-۶).



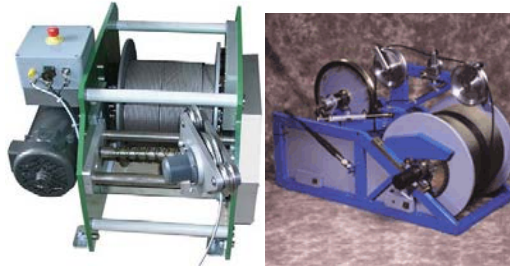
شکل ۲-۶- مدل های مختلف دستگاه پردازنده مرکزی

دستگاه پردازنده باید قابلیت های زیر را داشته باشد:

- قابلیت انتقال سریع اطلاعات و نمایش داده ها
- سازگاری با انواع کابل ها و وینچ های موجود
- پشتیبانی از انواع سوندهای موجود
- توانایی گرفتن خروجی داده ها به فرمت های قابل استفاده در نرم افزاری متداول

## ۲-۸-۲- وینچ

وینچ کابل نمودارگیری را کنترل و نگهداری می‌کند. وینچ‌ها دارای طراحی‌ها و اندازه‌های مختلفی هستند که برای استفاده از انواع کابل‌ها با مترهای مختلف طراحی می‌شوند. وینچ با نیروی محرکه‌ای که به وسیله موتور آن ایجاد می‌شود کابل را به همراه سوندی که به آن متصل است به داخل چاه می‌فرستد.

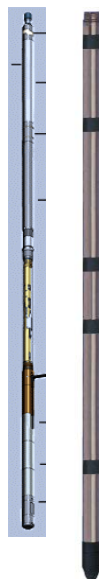


شکل ۲-۷- نمونه‌ای از وینچ‌های دستگاه چاه‌پیمایی

کابلی که بر روی وینچ قرار گرفته یک سر آن به سوند و سر دیگر آن به سیستم مرکزی متصل می‌شود و عمل انتقال اطلاعات را انجام می‌دهد. کابل دستگاه نیز بر اساس تحمل نیروی کششی و سرعت انتقال اطلاعات دارای انواع مختلف است و بر حسب نوع کاربرد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۲-۸-۳- نمودارگیرها

انواع مختلف نمودارگیرها وجود دارد که بر اساس اصول فیزیکی خاصی طراحی شده که هر کدام اطلاعات و مشخصات فیزیکی خاصی از زمین را ارائه می‌دهند. این نمودارگیرها بر اساس نوع ماده معدنی و طراحی برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲-۸). کلیه تجهیزات شرح داده شده و قسمت‌های مختلف یک دستگاه چاه‌پیمایی همگی بر روی یک خودرو که برای حرکت در بیابان و کوهستان مناسب باشد نصب و در زمان اجرای عملیات مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۸- نمونه‌ای از نمودارگیرهای مختلف



# فصل ۳

---

---

روش‌های چاه‌پیمایی متداول

در اکتشاف ذخایر معدنی



### ۳-۱- آشنایی

روش‌های چاه‌پیمایی عموماً در اکتشافات ذخایر معدنی نظیر زغال‌سنگ، کانی‌سازی‌های سولفیدی و اکسیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این بخش کاربرد مطالعات چاه‌پیمایی در اکتشافات زغال‌سنگ، کانسارهای سولفیدی و کانسارهای آهن آمده است.

### ۳-۲- زغال‌سنگ

اطلاعاتی که پس از انجام عملیات چاه‌پیمایی در اکتشاف زغال‌سنگ به دست می‌آید عبارتند از:

- شناخت لیتولوژی
- تشخیص مرز لایه‌ها
- تشخیص مناطق گسلی و تکتونیزه
- تشخیص مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر
- تشخیص میزان خاکستر در زغال‌سنگ بر اساس تغییرات نگارهای مربوطه
- تعیین حجم شیل
- تعیین ضخامت دقیق لایه زغالی
- اندازه‌گیری انحراف چاه
- اندازه‌گیری سطح ایستابی
- تعیین عمق لایه‌ها نسبت به مبدا در سطح

برای به دست آوردن این اطلاعات باید از چندین روش به صورت ترکیبی استفاده شود. با توجه به این که هر کدام از روش‌های چاه‌پیمایی برای تشخیص و اندازه‌گیری تعدادی از پارامترهای فیزیکی طراحی شده، بنابراین برای تکمیل اطلاعات و پوشش دادن کاستی‌های برخی از نگارها، باید از دیگر نگارها نیز استفاده کرد.

از نمودارگیرهای الکتریکی نرمال و جریان متمرکز (لاترولوگ) و دیگر نگارهای الکتریکی مانند مقاومت ویژه نقطه‌ای و پتانسیل خودزا، برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه قسمت‌های مختلف سازند، تعیین لیتولوژی، تشخیص مناطق نفوذپذیر و تعیین حدود مرز طبقات و ضخامت لایه‌های زغالی استفاده می‌شود. برای تعیین چگالی سازند، کیفیت و نوع زغال‌سنگ و همچنین تشخیص لیتولوژی، نگارهای گامای طبیعی و گاما-گاما مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای شناخت مناطق گسلی و تکتونیزه از نمودارگیر قطرسنجی می‌توان استفاده کرد. در تشخیص مناطق گسلی و تکتونیزه به صورت دقیق و همچنین برای تشخیص امتداد لایه‌ها و مقدار شیب لایه‌ها، از نمودارگیر نگار تصویری و صوتی درون گمانه استفاده می‌شود که این نوع نمودارگیرها دقت بسیار بالایی دارند. البته در برداشت این نمودارگیرها، مشکلاتی از قبیل حجم زیاد داده‌ها برای ذخیره کردن، ضرورت تمیز بودن گل حفاری به منظور برداشت و همچنین دشواری در تفسیر وجود دارد. این نوع نمودارگیرها یکی از نمودارگیرهای موثرند که در آینده در برداشت‌های چاه‌پیمایی بیشتر مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

از نگار دماسنجی برای تعیین شیب زمین گرمایی استفاده می‌شود که اطلاعات کلی از وضعیت لیتولوژی منطقه و جنس سنگ‌ها را نیز ارائه می‌دهد. نگار قطرسنجی برای اندازه‌گیری قطر دقیق چاه و تصحیح نگارهای دیگر، شناخت دیواره چاه و تشخیص محل‌های ریزش و مناطق تکنویزه استفاده می‌شود. نگار انحراف‌سنجی برای اندازه‌گیری انحراف چاه (شیب و آزیموت) از حالت اولیه تعیین شده و محاسبه شیب واقعی لایه‌ها و تعیین ضخامت دقیق لایه‌ها به کار می‌رود. خلاصه نوع نگارهای مورد استفاده و شرایط برداشت آن‌ها در اکتشافات زغال‌سنگ در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

جدول ۱-۳- نگارهای مورد استفاده در اکتشاف زغال‌سنگ

انواع نگارها اطلاعات	نگارهای الکتریکی			نگارهای هسته‌ای		نگارهای فیزیکی			نگارهای عمومی		
	نرمال فاصله بلند	نرمال فاصله کوتاه	مقاومت نقطه‌ای	پتانسیل خودزا	لاترولوگ (جریان متمرکز)	گامای طبیعی	گاما-گاما	نگار تصویری و صوتی	انحراف‌سنجی	قطرسنجی	دماسنجی
ضخامت لایه زغال‌سنگ			B D			A					
کیفیت زغال‌سنگ						A	A				
لایه‌های شیبی و مقدار کانی‌های رسی				B D		A					
جرم مخصوص							B				
لیتولوژی					B D	A					
مرز لایه‌ها											
مقاومت سازند					B D						
گسل و شکستگی							A	B D	B		
جهت و شیب لایه‌ها								B D			
انحراف چاه								B D	B		
دماسنجی										B C	
شناخت لایه نفوذپذیر و نفوذناپذیر					B D	A					D
تشخیص سطح ایستابی											B C

B: چاه باز

A: کلیه شرایط چاه

D: چاه دارای گل حفاری

C: چاه دارای لوله جداری

## ۳-۳- کانسارهای سولفیدی

اطلاعاتی که پس از انجام عملیات چاه‌پیمایی در اکتشاف کانسارهای سولفیدی به دست می‌آید عبارتند از:

- تعیین مناطق کانی‌سازی
- ضخامت زون‌های کانی‌سازی
- کیفیت نسبی زون‌های سولفیدی بر اساس تغییرات نگارها
- میزان و جهت شیب زون‌های کانی‌سازی
- تشخیص لیتولوژی
- تشخیص مرز ماده معدنی با سنگ میزبان
- تشخیص مناطق گسلی و تکتونیزه
- تشخیص مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر
- اندازه‌گیری انحراف چاه
- اندازه‌گیری سطح ایستابی
- تعیین عمق لایه‌ها یا لیتولوژی‌ها نسبت به مبدا در سطح

در اکتشاف کانسارهای سولفیدی نگار اصلی برای شناخت زون‌های کانی‌سازی و کیفیت نسبی آن‌ها پلاریزاسیون القایی است. این نگار همواره در اکتشافات کانسارهای سولفیدی برداشت می‌شود. در اکتشاف سولفیدها با توجه به خاصیت فلزی آن‌ها، استفاده از نمودارگیرهای القایی الکتریکی بسیار موثر است. برخی دیگر از نگارهای عمومی، نگارهای هسته‌ای و الکتریکی که در اکتشاف زغال‌سنگ استفاده می‌شود، در مورد سولفیدها نیز به کار می‌رود. خلاصه نوع نگارهای مورد استفاده و شرایط برداشت آن‌ها در کانسارهای سولفیدی در جدول ۳-۲-۳ ارائه شده است.

جدول ۳-۲-۳- نگارهای مورد استفاده در اکتشاف ذخایر سولفیدی

نوع نگار	نگارهای الکتریکی				نگارهای هسته‌ای		نگارهای فیزیکی			نگارهای عمومی
	پتانسیل خودزا	مقاومت نقطه‌ای	الکتریکی القایی	پلاریزاسیون القایی	گامای طبیعی	گاما-گاما	نگار تصویری و صوتی	انحراف‌سنجی	قطر‌سنجی	
کیفیت کانی‌سازی سولفور			B	B/D						دماسنجی
ضخامت کانی‌سازی			B	B/D						
لیتولوژی		B/D	B		A					
مقاومت سازند		B/D	B							
مرز طبقات		B/D	B		B					

ادامه جدول ۳-۲- نگارهای مورد استفاده در اکتشاف ذخایر سولفیدی

نگارهای عمومی	نگارهای فیزیکی			نگارهای هسته‌ای		نگارهای الکتریکی				نوع نگار اطلاعات
	قطرسنجی	انحراف‌سنجی	نگار تصویری و صوتی	گاما-گاما	گامای طبیعی	پلاریزاسیون القایی	الکتریکی القایی	مقاومت نقطه‌ای	پتانسیل خودزا	
				B						چگالی
	B		B D	B						گسل و شکستگی
			B D							جهت و شیب طبقات
		B	B D							انحراف چاه
D					A	B D			B D	شناخت مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر
B C										دماسنجی
								B D		تعیین سطح ایستابی

A: کلیه شرایط چاه

B: چاه باز

C: چاه دارای لوله جداری

D: چاه دارای گل حفاری

### ۳-۴- کانسارهای آهن

اطلاعات حاصل از انجام عملیات چاه‌پیمایی در اکتشاف آهن عبارتند از:

- تعیین مناطق کانی‌سازی
- ضخامت زون‌های مغناطیسی
- کیفیت زون‌های مغناطیسی بر اساس تغییرات نگارها
- مقدار و جهت شیب زون‌های کانی‌سازی
- تشخیص لیتولوژی
- تشخیص مرز لایه‌ها یا مرز توده معدنی با سنگ میزبان
- تشخیص مناطق گسلی و تکتونیزه
- تشخیص مناطق نفوذپذیر از نفوذناپذیر
- اندازه‌گیری انحراف چاه
- اندازه‌گیری سطح ایستابی
- تعیین عمق لایه‌ها یا لیتولوژی‌ها نسبت به مبدا در سطح

نگار خودپذیری مغناطیسی از نگارهای اصلی در اکتشاف کانسارهای دارای خاصیت مغناطیسی است و این نگار در تشخیص زون‌های کانی‌سازی و کیفیت نسبی کانی‌سازی به کار می‌رود. نگار القایی الکتریکی به دلیل خاصیت فلزی سنگ‌های مغناطیسی در شناخت مناطق کانی‌سازی و تعیین مرز طبقات کارآیی مناسبی دارد.

سایر نگارهای عمومی، نگارهای هسته‌ای و الکتریکی نیز که در اکتشاف مواد معدنی دیگر به کار می‌رود، در اینجا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. خلاصه نگارهای مورد استفاده و شرایط برداشت آن‌ها در اکتشاف کانسارهای آهن در جدول ۳-۳-۳ ارائه شده است.

جدول ۳-۳-۳- نگارهای کاربردی در اکتشاف کانی‌های مغناطیسی

نگارهای عمومی	نگارهای فیزیکی			نگارهای هسته‌ای		نگار مغناطیسی	نگارهای الکتریکی			نوع نگاره
	قطرسنجی	انحراف‌سنجی	نگار تصویری و صوتی	گاما-گاما	گامای طبیعی	خودپذیری مغناطیسی	الکتریکی القایی	مقاومت نقطه‌ای	پتانسیل خودزا	اطلاعات
						B	B			کیفیت مناطق کانی‌سازی
						B	B			ضخامت کانی‌سازی
					A		B	B D		لیتولوژی
				B						چگالی
							B	B D		مقاومت سازند
					A		B	B D		مرز طبقات
	B		B D	A						گسل و شکستگی
			B D							جهت و شیب طبقات
		B	B D							انحراف چاه
D					A				B D	شناخت مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر
B C										دماسنجی
B C								B D		تعیین سطح ایستابی

A: کلیه شرایط چاه

B: چاه باز

C: چاه دارای لوله جداری

D: چاه دارای گل حفاری





# فصل ۴

---

---

دستورالعمل طراحی روش‌های

چاه‌پیمایی



#### ۴-۱- آشنایی

عملیات چاه‌پیمایی پس از حفر گمانه‌های اکتشافی انجام می‌شود. در هنگام طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی، نوع ماده معدنی، شرایط زمین‌شناسی منطقه تحت بررسی و نتایجی که پس از انجام عملیات چاه‌پیمایی باید حاصل شود، مد نظر قرار می‌گیرد. در انتخاب نوع نگارها و سوندها برای مواد معدنی مختلف، باید این نکته را در نظر داشت که برخی از نگارها، نگار اصلی و برخی از آن‌ها، به عنوان نگارهای کمکی هستند. نگارهای اصلی برای مواد معدنی مختلف، متفاوت هستند به عنوان مثال نگار گاما-گاما (دانسیته) در اکتشافات زغال‌سنگ، خودپذیری مغناطیسی در اکتشافات آهن و کانی‌های مغناطیسی و نگار پتانسیل القایی (IP) در اکتشاف سولفیدها، جزو نگارهای اصلی هستند و حتما باید برداشت شوند.

نگارهای رادیواکتیو گامای طبیعی و نگارهای الکتریکی الکترودی و القایی در بیشتر برداشتها برای شناخت لیتولوژی و تعیین مرز طبقات به کار می‌رود و جزو نگارهای کمکی محسوب می‌شوند. نگارهای انحراف‌سنجی، دماسنجی و قطرسنجی از جمله نگارهایی هستند که در همه برداشتها و به صورت عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نگار قطرسنجی نقش اساسی در شناخت دیواره چاه دارد و کمک زیادی در تفسیر سایر نگارها می‌کند. نگار انحراف‌سنجی برای تعیین میزان انحراف چاه از حالت اولیه و همچنین به منظور محاسبه ضخامت حقیقی لایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگار دماسنجی نیز برای اندازه‌گیری شیب زمین‌گرمایی منطقه و تعیین مناطق و زون‌هایی که ورود یا خروج آب دارند به کار برده می‌شود.

#### ۴-۲- طراحی روش‌های چاه‌پیمایی

در طراحی روش‌های چاه‌پیمایی باید به توانایی روش‌های مختلف در پاسخ‌دهی به سوالات اکتشافی و نیازهای دستگاهی توجه شود. همچنین طراحی باید به گونه‌ای انجام گیرد که نتایج، پاسخگوی سوالات اکتشافی بسته به نوع کانی‌سازی باشد. به طور کلی در برداشتهای چاه‌پیمایی، برخی از نگارها، نگار اصلی هستند و برداشت آن ضروری است و برخی دیگر از نگارها، به تفسیر نگار اصلی کمک می‌کند و باعث می‌شود تا تفسیر با دقت بیشتری انجام گیرد. برخی از نگارها نیز نگارهای عمومی هستند که در اکتشاف کلیه کانسارها به کار می‌رود که هم برای تفسیر و هم ارایه اطلاعات کلی از چاه (دمای چاه، قطر حفاری، میزان انحراف چاه و نظایر آن‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در سه گروه زیر بررسی می‌شود:

- دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف زغال‌سنگ
- دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف کانسارهای سولفیدی
- دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف آهن

#### ۴-۳- دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف زغال‌سنگ

اطلاعات مورد نیاز پس از انجام عملیات چاه‌پیمایی عبارتند از:

**۴-۳-۱- نگارهای اصلی**

- الف- استفاده از نگار دانسیته (گاما- گاما) به عنوان نگار اصلی در تشخیص لیتولوژی و لایه‌های زغالی
- ب- استفاده از نگار الکتریکی الکترودی لاترولوگ (الکتریکی متمرکز) برای تشخیص کیفیت و تعیین ضخامت لایه‌های زغال
- پ- استفاده از نگار رادیواکتیو گامای طبیعی برای شناخت لیتولوژی، تعیین مرز طبقات، کیفیت نسبی زغال سنگ و تطابق آن با نگارهای الکتریکی و گاما- گاما

**۴-۳-۲- نگارهای کمکی**

- الف- استفاده از نگارهای الکتریکی الکترودی نرمال فاصله بلند (۶۴ اینچ) و فاصله کوتاه (۱۶ اینچ) برای شناخت لیتولوژی و تعیین مرز طبقات
- ب- استفاده از نگار پتانسیل خودزا برای تعیین وجود و میزان شیل و شناخت لایه‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر
- پ- استفاده از دوربین‌های درون‌چاهی برای شناخت دقیق دیواره چاه، تعیین مناطق شکستگی و خرد شده و تعیین مقدار و جهت شیب و ضخامت دقیق لایه‌ها

**۴-۳-۳- نگارهای عمومی**

- الف- استفاده از نگار انحراف‌سنجی برای اندازه‌گیری مقدار و جهت انحراف گمانه از حالت اولیه
- ب- استفاده از نگار قطرسنجی برای تشخیص مناطق شکستگی، گسله، شناخت دیواره چاه و به صورت کمکی در تفسیر نگار دانسیته و سایر نگارها
- پ- استفاده از نگار دماسنجی برای تشخیص شیب زمین‌گرمایی منطقه

**۴-۴- دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف کانسارهای سولفیدی**

اطلاعات مورد نیاز پس از انجام عملیات چاه‌پیمایی در کانسارهای سولفیدی عبارتند از:

**۴-۴-۱- نگارهای اصلی**

- الف- استفاده از نگار پلاریزاسیون القایی برای تشخیص مناطق کانی‌سازی و کیفیت نسبی زون‌های کانی‌سازی
- ب- استفاده از نگار الکتریکی القایی (هدایت الکتریکی)، برای تشخیص زون‌های کانی‌سازی و تعیین مرز طبقات
- پ- استفاده از نگار مقاومت ویژه نقطه‌ای برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه سازند

**۴-۴-۲- نگارهای کمکی**

- الف- استفاده از نگار دانسیته (گاما- گاما) برای تشخیص لیتولوژی و تشخیص زون‌های کانی‌سازی (در صورت نیاز بر اساس شرایط زمین‌شناسی)

- ب- استفاده از نگار رادیواکتیو گامای طبیعی برای شناخت لیتولوژی، تعیین مرز طبقات و تطابق آن با نگارهای الکتریکی، گاما- گاما و پتانسیل خودزا
- پ- استفاده از دوربین‌های درون‌چاهی برای شناخت دقیق دیواره چاه، تعیین مناطق شکستگی و خرد شده و تعیین مقدار و جهت شیب و ضخامت دقیق لایه‌ها

#### ۴-۳- نگارهای عمومی

- الف- استفاده از نگار انحراف‌سنجی برای اندازه‌گیری مقدار و جهت انحراف گمانه از حالت اولیه
- ب- استفاده از نگار قطرسنجی برای تشخیص مناطق شکستگی، گسله، شناخت دیواره چاه و همچنین به صورت کمکی در تفسیر نگار دانسیته و سایر نگارها
- پ- استفاده از نگار دماسنجی برای تشخیص شیب زمین‌گرمایی منطقه

#### ۴-۵- دستورالعمل طراحی و ترکیب روش‌های چاه‌پیمایی در اکتشاف آهن

اطلاعات مورد نیاز برای انجام عملیات چاه‌پیمایی کانسارهای آهن عبارتند از:

#### ۴-۵-۱- نگارهای اصلی

- الف- استفاده از نگار اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی، برای اندازه‌گیری خودپذیری مغناطیسی سازند و تعیین زون‌های کانی‌سازی و کیفیت نسبی کانی‌سازی
- ب- استفاده از نگار الکتریکی القایی (هدایت الکتریکی) برای تشخیص زون‌های کانی‌سازی و تعیین مرز طبقات

#### ۴-۵-۲- نگار کمکی

- الف- استفاده از نگار دانسیته (گاما- گاما) برای تشخیص لیتولوژی و تشخیص زون‌های کانی‌سازی (در صورت نیاز بر اساس شرایط زمین‌شناسی)
- ب- استفاده از نگار رادیواکتیو گامای طبیعی برای شناخت لیتولوژی، تعیین مرز طبقات و تطابق آن با نگارهای الکتریکی، گاما- گاما و پتانسیل خودزا
- پ- استفاده از دوربین‌های درون‌چاهی برای شناخت دقیق دیواره چاه، تعیین مناطق شکستگی، خرد شده، تعیین مقدار و جهت شیب و ضخامت دقیق لایه‌ها

#### ۴-۵-۳- نگارهای عمومی

- الف- استفاده از نگار انحراف‌سنجی برای اندازه‌گیری میزان و جهت انحراف گمانه از حالت اولیه
- ب- استفاده از نگار قطرسنجی برای تشخیص مناطق شکستگی، گسله و شناخت دیواره چاه و به صورت کمکی در تفسیر نگار دانسیته و سایر نگارها
- پ- استفاده از نگار دماسنجی برای تشخیص شیب زمین‌گرمایی منطقه



# فصل ۵

---

---

## فهرست خدمات عملیات چاه‌پیمایی





## ۵-۱- آشنایی

فهرست خدمات عملیات چاه‌پیمایی در سه گروه اصلی زیر ارایه می‌شود:

- فهرست خدمات اکتشاف زغال سنگ
- فهرست خدمات اکتشاف کانسارهای سولفیدی
- فهرست خدمات اکتشاف آهن

## ۵-۲- فهرست خدمات اکتشاف زغال سنگ

فهرست خدمات مطالعات چاه‌پیمایی در اکتشافات زغال سنگ عبارتند از:

- الف- حضور در محل انجام پروژه قبل از شروع کار و بررسی شرایط چاه و تایید آماده بودن گمانه
- ب- انجام برداشت نگارها به صورت رقومی
- پ- برداشت نگارها طبق قرارداد برای هر کدام از چاه‌ها شامل:
  - نگار دانسیته (گاما- گاما)
  - نگار الکتریکی متمرکز (لاترولوگ)
  - نگار گامای طبیعی
  - نگار الکتریکی فاصله بلند
  - نگار الکتریکی فاصله کوتاه
  - نگار پتانسیل خودزا (SP)
  - نگار قطرسنجی
  - نگار انحراف‌سنجی
  - نگار دماسنجی
  - دوربین‌های درون چاهی
- ت- تفسیر مقدماتی چاه برداشت شده شامل:
  - تعیین ضخامت و عمق کلیه لایه‌های زغالی
  - تعیین کیفیت نسبی لایه‌های زغالی
  - تعیین میزان انحراف چاه (شیب و آزیموت)
  - نامگذاری لایه‌ها
- ث- جمع‌آوری اطلاعات حاصل از تجزیه‌های شیمیایی، آزمایشگاهی و سایر اطلاعات چاه‌ها
- ج- انجام تفسیر نهایی هر چاه شامل:
  - تعیین ضخامت و عمق لایه‌های زغالی

- تعیین کیفیت نسبی لایه‌های زغالی
- تعیین ستون کامل لیتولوژی چاه بر اساس داده‌های حاصل از برداشت چاه‌پیمایی
- تعیین محل گسل‌ها، شکستگی‌ها و خردشدگی‌ها
- تعیین شیب زمین گرمایی منطقه
- تعیین میزان انحراف چاه از حالت اولیه
- تعیین ستون توافقی با همکاری دستگاه نظارت (مشاور)
- نامگذاری لایه‌ها با همکاری دستگاه نظارت (مشاور)
- تعیین محل و ضخامت لایه‌های آبدار
- ارایه منحنی‌های اصلی برداشت شده از چاه به صورت رقمی
- تهیه مقاطع انطباق لایه‌ها، حاصل از برداشت‌های چاه‌پیمایی
- ارایه نتایج تفسیر نهایی نرم‌افزاری به کارفرما در قالب PDF در مقیاس‌های ۱:۲۰۰ و ۱:۵۰
- چ- ارایه گزارش نهایی شامل نگارهای خام برداشت شده، نتایج تفسیر چاه‌ها، ستون‌های لیتولوژی، مقاطع، نقشه‌ها و پیشنهادات در قالب گزارش تفصیلی انجام کار به صورت مجلد و لوح فشرده (CD)
- ح- تکمیل و امضای صورت وضعیت نهایی و صورت جلسه اتمام پروژه (با تایید کارفرما)

### ۳-۵- فهرست خدمات اکتشاف آهن

فهرست خدمات مطالعات چاه‌پیمایی در اکتشاف کانسارهای آهن عبارتند از:

- الف- حضور در محل انجام پروژه قبل از شروع کار و بررسی شرایط چاه و تایید آماده بودن گمانه
- ب- انجام برداشت نگارها به صورت رقمی
- پ- برداشت نگارها طبق قرارداد برای هر کدام از چاه‌ها شامل:
  - نگار خودپذیری مغناطیسی
  - نگار دانسیته (گاما- گاما)
  - نگار گامای طبیعی
  - نگار مقاومت الکتریکی القایی
  - نگار قطرسنجی
  - نگار انحراف‌سنجی
  - نگار دماسنجی
- ت- ارایه تفسیر مقدماتی چاه برداشت شده شامل:
  - تعیین وضعیت زون‌های کانی‌سازی
  - تعیین ضخامت و عمق زون‌های کانی‌سازی

- تعیین کیفیت نسبی کانی‌سازی احتمالی
- تعیین میزان انحراف چاه از حالت اولیه
- ث- جمع‌آوری اطلاعات حاصل از تجزیه شیمیایی، آزمایشگاهی و سایر اطلاعات چاه‌ها
- ج- انجام تفسیر نهایی هر چاه شامل:
  - تعیین ضخامت و عمق زون‌های کانی‌سازی
  - تعیین کیفیت نسبی کانی‌سازی آهن
  - تهیه ستون کامل لیتولوژی
  - تعیین محل گسل‌ها، شکستگی‌ها و خردشدگی‌ها
  - تعیین شیب زمین‌گرمایی منطقه
  - تعیین میزان انحراف چاه از حالت اولیه
  - تعیین ستون توافقی با همکاری دستگاه نظارت (مشاور)
  - نامگذاری رگه‌های اصلی و لایه‌های راهنما با همکاری دستگاه نظارت (مشاور)
  - تعیین محل و ضخامت لایه‌های آبدار
  - ارائه منحنی‌های اصلی برداشت شده از چاه به صورت رقومی
  - تهیه مقاطع انطباق لایه‌ها، حاصل از برداشت‌های چاه‌پیمایی
- ارائه نتایج تفسیر نهایی نرم‌افزاری به کارفرما در قالب PDF در مقیاس‌های ۱:۱۰۰ و ۱:۱۰۰۰ و یا سایر مقیاس‌های مورد نظر کارفرما
- چ- ارائه گزارش نهایی شامل نگارهای خام برداشت شده، نتایج تفسیر چاه‌ها، ستون‌های لیتولوژی، مقاطع، نقشه‌ها و پیشنهادات در قالب گزارش تفصیلی انجام کار به صورت مجلد و لوح فشرده (CD)
- ح- تکمیل و امضای صورت وضعیت نهایی و صورت جلسه اتمام پروژه (با تایید کارفرما)

## ۵-۴- فهرست خدمات اکتشاف کانسارهای سولفیدی

- فهرست خدمات مطالعات چاه‌پیمایی در اکتشافات کانسارهای سولفیدی عبارتند از:
- الف- حضور در محل انجام پروژه قبل از شروع کار و بررسی شرایط چاه و تایید آماده بودن گمانه
  - ب- انجام برداشت نگارها به صورت رقومی
  - پ- برداشت نگارها طبق قرارداد برای هر کدام از چاه‌ها شامل:
    - نگار پلاریزاسیون القایی
    - نگار مقاومت الکتریکی القایی
    - نگار اندازه‌گیری مقاومت ویژه نقطه‌ای
    - نگار دانسیته (گاما-گاما)

- نگار گامای طبیعی
- نگار قطرسنجی
- نگار انحراف‌سنجی
- نگار دماسنجی
- ت- ارایه تفسیر مقدماتی چاه برداشت شده شامل:
  - تعیین وضعیت زون‌های کانی‌سازی
  - تعیین ضخامت و عمق کانی‌سازی
  - تعیین کیفیت نسبی کانی‌سازی احتمالی
  - تعیین میزان انحراف چاه از حالت اولیه
- ث- جمع‌آوری اطلاعات حاصل از تجزیه شیمیایی، آزمایشگاهی و سایر اطلاعات چاه‌ها
- ج- انجام تفسیر نهایی هر چاه پس از ارایه تفسیر مقدماتی شامل:
  - تعیین ضخامت و عمق زون‌های کانی‌سازی
  - تعیین کیفیت نسبی کانی‌سازی سولفیدی
  - تهیه ستون کامل لیتولوژی
  - تعیین محل غسل‌ها، شکستگی‌ها و خردشدگی‌ها
  - تعیین شیب زمین‌گرمایی منطقه
  - تعیین میزان انحراف چاه از حالت اولیه
  - تعیین ستون توافقی با همکاری دستگاه نظارت (مشاور)
  - نامگذاری رگه‌های اصلی و لایه‌های راهنما با همکاری دستگاه نظارت (مشاور)
  - تعیین محل و ضخامت لایه‌های آبدار
  - ارایه منحنی‌های اصلی برداشت شده از چاه به صورت رقومی
  - تهیه مقاطع انطباق زون‌ها، حاصل از برداشت‌های چاه‌پیمایی
- ارایه نتایج تفسیر نهایی نرم‌افزاری به کارفرما در قالب PDF در مقیاس‌های ۱:۵۰۰ و ۱:۱۰۰۰ و یا سایر مقیاس‌های مورد نظر کارفرما
- چ- ارایه گزارش نهایی شامل نگارهای خام برداشت شده، نتایج تفسیر چاه‌ها، ستون‌های لیتولوژی، مقاطع، نقشه‌ها و پیشنهادات در قالب گزارش تفصیلی ارایه کار به صورت مجلد و لوح فشرده (CD)
- ح- تکمیل و امضای صورت وضعیت نهایی و صورت جلسه اتمام پروژه (با تایید کارفرما)

# فصل ۶

---

---

**دستورالعمل اجرایی، کنترل‌های**

**کیفی و کمی و چک‌لیست خدمات**



## ۶-۱- آشنایی

به منظور اجرای صحیح دستورالعمل‌ها، کنترل کمی و کیفی عملیات چاه‌پیمایی باید چک‌لیست کلی شامل کلیه مراحل، تامین لوازم، طراحی برداشت و تفسیر تهیه شود و موارد توسط ناظر یا کارفرما در همه پروژه‌ها کنترل شود.

## ۶-۲- دستورالعمل اجرایی

برای اجرای عملیات چاه‌پیمایی گروه ژئوفیزیک باید به منطقه اعزام و موارد زیر را مورد توجه قرار دهند:

- گروه ژئوفیزیک باید قبل از شروع عملیات در منطقه حاضر باشد.
- از کالیبره بودن (واسنجی) دستگاه و سوندهای برداشت اطمینان حاصل شود.
- از کامل بودن کلیه تجهیزات برداشت‌های چاه‌پیمایی اطمینان حاصل شود.
- برای شروع برداشت باید خودروی حامل تجهیزات در مکانی مناسب مستقر شود.
- اطلاعات زمین‌شناسی و اطلاعات مربوط به عملیات حفاری باید مستندسازی شود.
- قطر گمانه برای برداشت‌ها کنترل شود.
- نگار دماسنجی باید در چاه‌های با عمق بیش از ۱۰۰ متر برداشت شود. برای برداشت سوند دماسنجی چاه، حداقل از ۲۴ ساعت قبل فعالیت‌ها متوقف شده باشد. نگار دماسنجی باید قبل از سایر برداشت‌ها انجام شود.
- در صورت ریزشی بودن چاه، نگارهای اصلی ابتدا برداشت شوند.
- در صورتی که احتمال ریزش چاه وجود داشته باشد، برداشت‌ها در چند مرحله انجام شود.
- در صورتی که احتمال ریزش چاه و گیر افتادن سوند وجود دارد، بهتر است سوندی که دارای منبع رادیواکتیو است و سوندهایی که امکان برداشت در داخل لوله جداری را دارند، در داخل لوله برداشت شوند.
- پس از برداشت هر نگاره، از دقت و درستی نگار برداشت شده اطمینان حاصل شود.
- سرعت برداشت نگارها، باید مطابق با استانداردهای معمول جهانی و استانداردهای دستگاه باشد.
- پس از برداشت کلیه نگارها، اطمینان حاصل شود که نتیجه مطلوب در تفسیر این داده‌ها حاصل می‌شود.

## ۶-۳- کنترل‌های کیفی و کمی

دستگاه‌های مورد استفاده باید شرایط ثبت اطلاعات رقومی را داشته باشند. برای انجام کنترل‌های کیفی و کمی نکات زیر باید مد نظر قرار گیرد:

- برداشت‌ها به صورت رقومی انجام گیرد و فایل داده‌های خام، ذخیره شده باشد.
- بررسی کیفیت داده‌ها باید با استفاده از نرم‌افزار برداشت و یا نرم‌افزارهایی که توانایی خواندن و نمایش داده‌ها را دارند انجام گیرد.

- در سربرگ، اطلاعات مربوط به برداشت شامل نوع سوند و نوع نگار، زمان، شماره چاه، مترآز، قطر حفاری و بخش‌های لوله‌جداری گذاری شده ثبت شوند.
  - شکل کلی منحنی نگار ثبت شده، باید متناسب با آن نگار باشد.
  - نگارها باید هموار و واضح بوده و دارای نویز (نوفه) بیش از حد نباشند. در غیر این صورت باید نگار مجدداً برداشت شود.
  - واحد اندازه‌گیری هر نگار، باید در واحد SI تعریف و نمایش داده شود.
  - واحد نگار گاما را می‌توان به صورت  $1 \text{ CPS}$  یا  $\text{API}^2$  و یا واحدهای کوچکتر نشان داد.
  - واحد نگار گاما-گاما، بر حسب CPS و در صورت محاسبه جرم مخصوص بر حسب  $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$  بیان می‌شود.
  - مقادیر کمینه و بیشینه نمایش نگار، باید متناسب با نگار، منطقه تحت عملیات و از نظر علمی قابل قبول باشند.
  - مقیاس نمایش نگار باید طوری انتخاب شده باشد که نگار به صورت کامل در سرتاسر چاه قابل مشاهده باشد.
  - برداشت‌ها (به جز در موارد استثنا که در کاربرد سوند معرفی شده، مثل سوند دماسنجی) باید از پایین به بالا انجام شوند.
  - سرعت برداشت نگارها در سرتاسر چاه باید یکسان و بر حسب استانداردهای دستگاه و استاندارد جهانی باشد.
  - مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده برای هر سوند، باید متناسب با لیتولوژی منطقه، نوع سنگ، نوع کانی‌سازی و همچنین داده‌های ژئوفیزیک سطحی (در صورت وجود اطلاعات) باشد.
  - عمق نهایی برداشت‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتیجه تفسیر از کل چاه و کلیه لایه‌ها و زون‌ها امکان‌پذیر باشد.
  - نگارها باید پس از ترکیب و کنار هم قرار گرفتن، از نظر اصول فیزیکی و ژئوفیزیکی قابل قبول و تطابق داشته باشند.
  - خواص فیزیکی ثبت شده برای سوندها پس از ترکیب و کنار هم قرار گرفتن باید با ستون لیتولوژی چاه مطابقت نسبی داشته باشد.
- برداشت نگارها باید به گونه‌ای باشد که در صورت لزوم، نگارها در مقیاس‌های بزرگتر مثلاً ۱:۵۰ یا ۱:۲۰ قابل تهیه و به وضوح قابل مشاهده باشند.

## ۶-۴-۶- چک‌لیست‌ها

### ۶-۴-۶-۱- چک‌لیست ارزشیابی پیمانکار

کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪

الف- آیا دستگاه قادر به برداشت نگارها به صورت رقومی است؟

ب- آیا پیمانکار تجهیزات و سوندهای لازم برای ارائه خدمات را دارد؟

پ- آیا دستگاه سالم و آماده کار است؟

ت- آیا پیمانکار از نیروهای متخصص متناسب با نوع پروژه استفاده می‌کند؟

۱- Count per second

۲- American petroleum institute



## ۶-۴-۲- چک‌لیست برداشت چاه

کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪

الف- آیا شرایط چاه برای برداشت مناسب است؟

ب- آیا سوندها و دستگاه برای برداشت آماده است؟

پ- آیا کلیه سوندهای مورد نیاز، طبق قرارداد، کالیبره و سالم هستند؟

ت- آیا کلیه نگارها طبق قرارداد برداشت شده است؟

ث- آیا نگارها با سرعت و دقت مورد نظر برداشت شده است؟

ج- آیا نگارهای برداشت شده، برای تعبیر و تفسیر قابل قبول هستند؟

## ۶-۴-۳- چک‌لیست تفسیر چاه‌ها

کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪

الف- آیا تفسیرها به شکل مطلوب انجام گرفته است؟

ب- آیا تفسیرهای ارائه شده متناسب با اهداف پروژه است؟

پ- آیا نتایج تفسیر، اطلاعات مورد نیاز کارفرما را پوشش می‌دهد؟

ت- آیا نتایج تفسیرها، با اطلاعات زمین‌شناسی و حفاری همخوانی دارد؟

ث- آیا تفسیرها با شرح خدمات تعیین شده منطبق است؟

## ۶-۴-۴- چک‌لیست نهایی خدمات

کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪
کمتر از ۲۵٪	۲۵٪ تا ۵۰٪	۵۰٪ تا ۷۵٪	بیشتر از ۷۵٪

الف- آیا کلیه عملیات چاه‌پیمایی چاه‌ها بر اساس قرارداد انجام شده است؟

ب- آیا گزارش نهایی در زمان مقرر تحویل کارفرما شده است؟

پ- آیا گزارش و تفسیر نهایی اطلاعات مورد نیاز کارفرما را شامل می‌شود؟

ت- آیا فایل الکترونیکی و کاغذی تفسیر نهایی ارائه شده است؟

ث- آیا ستون‌های توافقی با همکاری دستگاه نظارت تهیه شده است؟



# فصل ۷

---

---

**دستورالعمل‌های تعبیر و تفسیر اطلاعات**

**چاه‌پیمایی، تهیه نقشه‌ها و ستون چاه‌ها**



### ۷-۱- آشنایی

در این فصل دستورالعمل تعبیر و تفسیر اطلاعات و تهیه نقشه‌ها و ستون‌های چاه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. دستورالعمل‌ها به صورت زیر ارائه شده‌اند:

- تعبیر و تفسیر
- نحوه ارائه نتایج
- قالب نقشه‌ها

### ۷-۲- تعبیر و تفسیر

با توجه به نوع ماده معدنی مورد اکتشاف، استفاده از سوندهای خاص الزامی و ضروری است و در تفسیر نتایج، اطلاعات زیر باید پوشش داده شود:

- نمایش ستون لیتولوژی از سرتاسر چاه
- تعیین زون‌های کانی‌سازی (زغال‌سنگ- آهن- سولفیدها)
- تعیین ضخامت و عمق زون‌های (لایه‌ها یا رگه‌ها) کانی‌سازی (زغال‌سنگ- آهن- سولفیدها)
- تعیین کیفیت نسبی کانی‌سازی
- مشخص کردن مناطق شکستگی، گسله و خرد شده
- مشخص کردن لایه‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر
- تعیین مناطق آبده یا آبخور چاه
- مشخص کردن سطح ایستابی
- تعیین شیب زمین گرمایی منطقه (در صورت استفاده از سوند دماسنجی)
- مشخص کردن قطر چاه و محدوده‌های ریزش دیواره و گشادشدگی در سرتاسر چاه
- تعیین مرز طبقات و زون‌ها

### ۷-۳- روش ارائه نتایج

- تعبیر و تفسیر باید توسط فرد متخصص و نرم‌افزار متداول به صورت رقمی انجام شود.
- ستون لیتولوژی بر اساس کنار هم قرار گرفتن نگارهای مختلف و بر اساس اصول ژئوفیزیکی تعیین شود.
- مرز تعیین شده زون‌ها و لایه‌ها، باید با نگارها تطابق نسبی داشته باشد.
- ستون قابل قبول و یا توافقی باید با همکاری دستگاه نظارت تهیه شود.

- در ستون لیتولوژی توافقی، باید مرز طبقات، عمق زون‌های کانی‌سازی، ضخامت لایه‌ها و رگه‌های کانی‌سازی، نوع کانی‌سازی احتمالی و تشخیص مناطق شکستگی و گسله با علایم خاصی مشخص و نمایش داده شوند.
- نقشه‌ها باید به صورت رنگی و کاملاً واضح تهیه شوند.
- نقشه‌ها باید از سرتاسر چاه در مقیاس مورد نظر تهیه و ارایه شوند.
- در محدوده‌های کانی‌سازی (اکتشاف زغال‌سنگ) و حداقل ۳ متر بالاتر و پایین‌تر از آن، باید نقشه‌ای در مقیاس ۱:۵۰ تهیه و ارایه شود.
- تهیه نقشه در مقیاس ۱:۵۰ در صورتی که ضخامت زون‌های کانی‌سازی (آهن و سولفیدها) کمتر از ۱ متر باشد ضرورت دارد. در غیر این صورت مقیاس، طبق نظر ناظر یا کارفرما تعیین شود.
- نقشه‌ها باید به صورت رقومی و فرمت‌های عمومی که در آن‌ها مقیاس نقشه‌ها ثابت بماند، تهیه شود.

#### ۷-۴- فرمت نقشه‌ها

نقشه‌ها باید دارای چهار بخش شامل سربرگ، ستون ارایه نگارها، ستون لیتولوژی و راهنما باشند.

#### ۷-۴-۱- سربرگ نقشه‌ها

سربرگ نقشه‌ها باید دارای مشخصات زیر باشد:

- الف- نام کارفرما، نام مجری طرح و دیگر اطلاعات مربوط به کارفرما
- ب- اطلاعات پیمانکار شامل نام پیمانکار، برداشت‌کننده و تفسیرکننده
- پ- اطلاعات مربوط به دستگاه نظارت (مشاور)
- ت- اطلاعات منطقه تحت عملیات شامل نام منطقه، مختصات گمانه، نام گمانه، عمق گمانه و قطرهای حفاری
- ث- مشخصات دستگاه چاه‌پیمایی مورد استفاده

#### ۷-۴-۲- ستون ارایه نگارها

نگارها باید با مشخصات زیر ارایه شوند:

- الف- کلیه نگارهای برداشت شده، در سمت راست و با توجه به تعداد نگارها، در سه یا چهار ستون در کنار هم و به طور واضح نمایش داده شود.
- ب- در قسمت بالای هر نگار باید نام نگار، مقادیر کمینه و بیشینه (مقیاس خطی)، رنگ و واحد اندازه‌گیری کاملاً مشخص شده باشد.
- پ- ستون انحراف چاه در عمق‌های مختلف و در فاصله هر ۱۰ متر در ستون آخر سمت چپ نگارها نمایش داده شود.

#### ۷-۴-۳- ستون لیتولوژی

مشخصات لیتولوژی باید به صورت زیر و در چهار بخش ارایه شود:

- الف- ستون لیتولوژی حاصل از برداشت‌های چاه‌پیمایی
- ب- ستون لیتولوژی حاصل از برداشت مغزه‌ها و ستون چینه‌شناسی که توسط کارفرما در اختیار متخصص چاه‌پیمایی قرار می‌گیرد.
- پ- ستون قابل قبول یا توافقی<sup>۱</sup>، که در قسمت انتهایی سمت چپ ارایه می‌شود.
- ت- ستون نمایش عمق

#### ۷-۴-۴- راهنما

در راهنمای نقشه باید موارد زیر ذکر شود:

- الف- معرفی علائم لیتولوژی‌ها
- ب- تاریخ برداشت
- پ- مقیاس

#### ۷-۵- نقشه‌ها و ستون‌های لیتولوژی

پس از برداشت کلیه چاه‌ها در منطقه عملیاتی و انجام تفسیر نهایی، باید نقشه‌ها و ستون توافقی برای کلیه چاه‌ها ترسیم و مرز لایه‌ها، رگه‌ها و زون‌های کانی‌سازی در چاه‌های مجاور با هم مقایسه و انطباق داده شوند. ضخامت، عمق، امتداد و شیب رگه‌ها و لایه‌ها باید کاملاً مشخص شده باشد و نقشه انطباق لایه‌ها و زون‌ها در منطقه تهیه شود. برای انجام این کار باید از ستون لیتولوژی توافقی استفاده کرد. انطباق لایه‌ها یا رگه‌ها و زون‌های کانی‌سازی باید انجام گیرد.

روش انطباق لایه‌ها و تهیه نقشه‌های مقاطع به صورت زیر است:

- در ستون لیتولوژی توافقی، لایه‌ها و زون‌های کانی‌سازی باید به صورت دقیق مشخص شوند.
- کلیه لایه‌ها یا رگه‌های اصلی و زون‌های کانی‌سازی باید نامگذاری شوند.
- انطباق لایه‌ها و رگه‌ها باید توسط فرد متخصص و به کمک نرم‌افزار انجام گیرد.
- نقشه‌ها و مقاطع باید به صورت دوبعدی و سه‌بعدی تهیه شوند.
- نقشه‌ها و مقاطع باید رنگی و دارای وضوح کامل باشند.
- در نقشه‌ها و مقاطع تهیه شده، لایه‌ها یا رگه‌ها و زون‌های کانی‌سازی باید مجزا و قابل تفکیک باشند.
- نقشه‌ها و مقاطع باید در مختصات جغرافیایی UTM تهیه شوند.
- جهت‌های جغرافیایی و امتداد مقاطع تهیه شده، باید مشخص شده باشند.
- موقعیت و مختصات کلیه چاه‌ها باید در نقشه‌ها و مقاطع مشخص شده باشد.
- عمق و ضخامت کلیه لایه‌ها و زون‌ها باید مشخص شده باشد.
- پس از تخمین ذخیره، نحوه انجام محاسبات باید توضیح داده شود.

- نقشه‌ها و مقاطع با توجه به گسترش کانی‌سازی، باید در مقیاس‌های ۱:۱۰۰ (یا در مقیاس‌های مورد نظر ناظر یا کارفرما) تهیه شوند.
- نقشه‌ها و مقاطع باید به صورت رقومی و در فرمت‌های عمومی (به طوری که مقیاس آن‌ها تغییری نکند) ارائه شوند.
- نرم‌افزار مورد استفاده برای انجام این کار معرفی شود.



# فصل ۸

---

---

## دستورالعمل تهیه گزارش چاه‌پیمایی



## ۸-۱- آشنایی

گزارش چاه پیمایی در مراحل مختلف انجام عملیات در سه بخش با تعاریف و فرمت‌های زیر ارائه می‌شود:

- تفسیر مقدماتی
- تفسیر نهایی
- گزارش نهایی

## ۸-۲- تفسیر مقدماتی

تفسیر مقدماتی خلاصه‌ای از نتیجه برداشت هر چاه است که باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- تعیین ضخامت و عمق کلیه لایه‌ها و زون‌های کانی‌سازی
- تعیین نوع کانی‌سازی احتمالی
- تعیین میزان انحراف چاه (شیب و آزیموت)
- نامگذاری لایه‌ها و رگه‌ها
- تعیین شیب زمین گرمایی چاه در صورت برداشت

نتیجه تفسیر مقدماتی باید در یک فرمت ساده که اطلاعات فوق را شامل می‌شود و یا به صورت کامل‌تر و به همراه نقشه در مقیاس مورد نظر کارفرما تهیه شود. نتیجه تفسیر مقدماتی باید حداکثر تا ۴۸ ساعت پس از خاتمه کلیه برداشت‌ها به دستگاه نظارت ارائه شود.

## ۸-۳- تفسیر نهایی

در تفسیر نهایی، تفسیر مقدماتی هر چاه با توجه به نقشه‌ها، مقاطع و جمع‌آوری اطلاعات دقیق‌تر و بیشتر تکمیل و تصحیح خواهد شد. تفسیر نهایی شامل دو بخش ارائه نقشه‌ها و گزارش توصیفی است.

### ۸-۳-۱- ارائه نقشه

نقشه نگارهای برداشت شده باید بر اساس فرمت مناسب و مقیاس ذکر شده در قرارداد پس از تفسیر نهایی ارائه شود.

### ۸-۳-۲- گزارش توصیفی

گزارش توصیفی شامل نتیجه تفسیر و شرح نقشه‌ها است و باید موارد زیر در آن رعایت شود:

- الف- توضیح وضعیت چاه‌ها
  - عمق چاه
  - شماره چاه
  - قطرهای حفاری در سرتاسر چاه

- ب- زمان شروع و خاتمه برداشت چاه
  - پ- توضیح نوع نگارها و سوندهای برداشت شده
  - ت- مترآز برداشت شده هر کدام از نگارها و سوندها
  - ث- توضیح علل عدم برداشت نگارها در کل یا قسمتی از چاه (در صورتی که برداشت نشده باشد)
  - ج- مشخص کردن زون‌های کانی‌سازی به همراه عمق، ضخامت و تعیین کانی‌سازی احتمالی به همراه نامگذاری لایه‌ها
  - چ- تعیین شیب زمین گرمایی منطقه
  - ح- توضیحات
  - خ- پیشنهادات
- در ارایه تفسیر نهایی موارد زیر باید رعایت شود:
- تفسیر نهایی باید در اسرع وقت پس از اتمام برداشت هر چاه به ناظر یا کارفرما ارایه شود.
  - به همراه تفسیر نهایی، باید اطلاعات منحنی‌های خام برداشت شده به ناظر یا کارفرما تحویل شود.
  - نقشه تفسیر نهایی باید در قالب PDF و به صورت رقومی و کاغذی در مقیاس‌های مورد نظر ارایه شود.
  - ارایه گزارش تفسیر نهایی باید در قالب PDF و به صورت رقومی (CD) و کاغذی انجام گیرد.

## ۸-۴- گزارش نهایی

این گزارش، گزارش جامعی از کل پروژه انجام شده است که شامل اطلاعات زمین‌شناسی منطقه، اطلاعات چاه‌پیمایی کلیه چاه‌ها، نتایج حاصل از عملیات چاه‌پیمایی انجام شده در منطقه و تحلیل و نتیجه‌گیری از کار انجام شده است.

سرفصل گزارش نهایی شامل موارد زیر است:

- الف- مقدمه
- ب- اهداف پروژه
- پ- معرفی منطقه تحت عملیات اکتشافی
- ت- ارایه اطلاعات زمین‌شناسی منطقه
- ث- خلاصه‌ای از معرفی دستگاه چاه‌پیمایی و سوندها و کاربردها، مزایا و محدودیت‌های دستگاه
- ج- تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی نتایج حاصل از عملیات چاه‌پیمایی انجام شده در منطقه
- چ- معرفی مشکلات احتمالی موجود در حین انجام پروژه که کیفیت داده‌ها را تحت تاثیر قرار داده است.
- ح- بررسی مقاطع انطباق لایه‌ها در کلیه چاه‌ها در امتداد مقاطع مختلف
- خ- گزارشی از تغییرات شیب زمین گرمایی در منطقه و نتیجه‌گیری از آن
- د- نتیجه‌گیری کلی
- ذ- پیشنهادات
- ر- نقشه‌ها به صورت پیوست

# فصل ۹

---

---

**دستور العمل حفاظت در برابر**

**اشعه و ایمنی پرسنل**



## ۹-۱- آشنایی

در این بخش، معیارهای حفاظتی به منظور حصول اطمینان از رعایت استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه و رعایت اصل حداقل مواجه شدن<sup>۱</sup> (ALARA) در عملیات چاه‌پیمایی ارایه شده است. این مجموعه مبین ضوابط فیزیکی برای چاه‌پیمایی، روش‌های اجرایی استفاده از تجهیزات چاه‌پیمایی و ضوابط و مراقبت‌های پرتوی است که باید با نظارت شخص مسوول فیزیک بهداشت، توسط پرتوکاران انجام گیرد.

## ۹-۲- دامنه کاربرد

هدف عمده این بخش، تعیین الزامات و قواعد کار با پرتوها و معیارهای حفاظتی به منظور کار با چشمه‌های مورد استفاده در تجهیزات چاه‌پیمایی (منابع پرتو گاما و نوترون) به منظور کاهش پرتوگیری حداقل و اطمینان از رعایت حدود دز<sup>۲</sup> مشخص شده در استانداردهای پایه حفاظت در برابر اشعه در بخش چاه‌پیمایی است. کلیه آیین‌نامه‌ها، قوانین و استانداردهای ملی که از طرف واحدهای قانونی زیربط وجود دارد با آخرین تغییرات و ویرایش لازم‌الاجرا هستند که مهم‌ترین آن قواعد کار با پرتو در کاربرد چاه‌پیمایی، امور حفاظت در برابر اشعه کشور، قانون حفاظت در برابر اشعه سال ۱۳۶۸، آیین‌نامه اجرایی حفاظت در برابر اشعه سال ۱۳۸۶ است.

## ۹-۳- الزامات حفاظت در برابر اشعه

کلیه پرسنل بخش چاه‌پیمایی و پرتوکاران باید قوانین زیر را به دقت رعایت و اجرا کنند:

- پیمانکار باید دارای پروانه اشتغال چاه‌پیمایی از واحد قانونی امور حفاظت در برابر اشعه کشور باشد.
- کلیه پرسنل چاه‌پیمایی باید دارای تجهیزات ایمنی شامل لباس کار، دستکش، کلاه و کفش مخصوص باشند.
- پیمانکار و پرسنل تحت مدیریت وی موظف به رعایت کلیه نکات ایمنی و محیط زیست، در محدوده اکتشافی با توجه به آیین‌نامه‌های داخلی و ضوابط واحدهای قانونی هستند.
- پیمانکار موظف به سالم نگه داشتن محیط و منطقه تحت عملیات است.
- پیمانکار باید کلیه دستورالعمل‌های ایمنی و حفاظت در برابر اشعه از جمله دستورالعمل‌های حمل و نقل منابع، پایش فردی و محیطی، دستورالعمل‌های اجرایی، فوریت‌های پرتوی و دستورالعمل حوادث غیرمترقبه را تهیه و اجرا کند.
- استفاده از لوازم پایش فردی (فیلم‌بج یا دزیمتر فردی) و محیطی، الزامی است.
- پیمانکار باید مرز نواحی ممنوعه، کنترل شده و تحت نظارت را مشخص و علامت‌گذاری کند.
- پیمانکار باید منابع را در منطقه تحت عملیات، در جایی امن و مناسب نگهداری کند.
- کلیه پرسنلی که در معرض اشعه قرار دارند باید آموزش لازم را دیده و از مضرات آن مطلع باشند.

۱- As low as reasonably achievable

۲- Dose

- پیمانکار باید تمهیداتی ببانددشء که غیرپرتوکاران نیز در معرض کمترین پرتوگیری قرار گیرند.
- مسوولیت کلیه منابع پرتو و کار با منابع به عهءه پیمانکار است. پیمانکار موظف است تا یک نسخه از دستورالعمل ایمنی و حفاظت در برابر اشعه را قبل از شروع عملیات به کارفرما ارایه کند.



## خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر ششصد عنوان ضابطه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی، نشریه و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست ضوابط منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی [nezamfanni.ir](http://nezamfanni.ir) قابل دسترسی می‌باشد.

امور نظام فنی اجرایی

Islamic Republic of Iran  
Management and Planning Organization

# List of Services and Instruction for Well Logging

**No. 618**

Office of Deputy for Strategic Supervision  
Department of Technical Affairs

[nezamfanni.ir](http://nezamfanni.ir)

Ministry of Industry, Mine and Trade  
Deputy of Mine Affairs and Mineral  
Industries  
Office for Mining Supervision and  
Exploitation  
<http://mimt.gov.ir>

**2015**



## این نشریه

در برگیرنده فهرست خدمات و دستورالعمل مطالعات  
چاه‌پیمایی در اکتشافات معدنی با استفاده از روش‌های  
الکتریکی، صوتی، مغناطیسی، رادیواکتیو و فیزیکی است و  
اطلاعات لازم در مورد نحوه استفاده و کاربرد این روش‌ها  
را در چاه‌پیمایی ارائه می‌کند.