



ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب

روش‌های چاه‌نگاری در هیدروژئولوژی و راهنمای آنها در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک

به نام خدا
جمهوری اسلامی ایران
وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
معاونت پژوهش و مطالعات پایه
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب

روش‌های چاه‌نگاری در هیدروژئولوژی و راهنمای آنها در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک

پیش‌گفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و از این رو دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت مدیریت منابع آب ایران در جهت نیل به این هدف، با مشخص نمودن رسته های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته‌های تخصصی نموده که نظارت بر تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می گردد :

- استفاده از تخصص و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مأخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرح‌ها
- پرهیز از دوباره کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها به نوعی در ارتباط با تهیه استانداردهای مهندسی آب می باشد موجب امتنان خواهد بود.

ترکیب اعضای کمیته

این نشریه با مشارکت اعضای کمیته فنی شماره ۱۳-۲ (ژئوفیزیک) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه و تنظیم شده که اسامی آنها به ترتیب الفباء به شرح زیر است :

| | |
|----------------------|--|
| آقای علی اکبر اسلامی | فوق لیسانس ژئوفیزیک |
| آقای حسن حاجب حسینی | دکترای فیزیک |
| خانم وحیده زرگر صالح | فوق لیسانس ژئوفیزیک |
| آقای فرهنگ شیروانی | لیسانس زمین شناسی - کارشناس ژئوفیزیک |
| آقای علی نصیریان | لیسانس زمین شناسی - کارشناس ژئوفیزیک و هیدروژئولوگ |
| آقای غلامحسین نوروزی | دکترای ژئوفیزیک |

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۱ | -۱ مقدمه |
| ۱ | ۱-۱ کلیات |
| ۱ | ۲-۱ تعاریف |
| ۱ | ۱-۲-۱ اطلاعات اولیه |
| ۲ | ۲-۲-۱ گونه‌های مطالعاتی |
| ۲ | ۱-۲-۲-۱ مطالعات هیدروژئولوژی |
| ۲ | ۲-۲-۲-۱ مطالعات ژئوتکنیک |
| ۲ | ۳-۲-۱ محدوده مطالعات |
| ۲ | ۳-۱ تجهیزات عمومی (سرچاه) در برداشت‌های چاه‌نگاری |
| ۳ | ۴-۱ استاندارد کاغذنگار |
| ۴ | -۲ استاندارد و راهنمای مطالعات چاه‌نگاری |
| ۴ | ۱-۲ مطالعات هیدروژئولوژی |
| ۴ | ۱-۱-۲ روش پتانسیل خودزا |
| ۴ | ۱-۱-۱-۲ مشخصات چاه |
| ۴ | ۲-۱-۱-۲ مشخصات سوند |
| ۵ | ۳-۱-۱-۲ برگ برداشت (نگار) |
| ۵ | ۴-۱-۱-۲ تفسیر نگار |
| ۷ | ۲-۱-۲ روش مقاومت ویژه |
| ۷ | ۱-۲-۱-۲ سوند نرمال کوچک |
| ۸ | ۱-۱-۲-۱-۲ مشخصات چاه |
| ۱۳ | ۲-۱-۲-۱-۲ مشخصات سوند |
| ۱۳ | ۳-۱-۲-۱-۲ برگ برداشت (نگار) |
| ۱۴ | ۴-۱-۲-۱-۲ تفسیر نگار |
| ۱۸ | ۲-۲-۱-۲ سوندهای مقاومت ویژه بزرگ بازه دیگر |
| ۱۹ | ۳-۱-۲ روش پرتوزایی گامای طبیعی |
| ۱۹ | ۱-۳-۱-۲ مشخصات چاه |
| ۱۹ | ۲-۳-۱-۲ مشخصات سوند |
| ۱۹ | ۳-۳-۱-۲ برگ برداشت (نگار) |
| ۲۰ | ۴-۳-۱-۲ تفسیر نگار |

فهرست مطالب

| <u>صفحه</u> | | <u>عنوان</u> |
|-------------|---|--------------|
| ۲۱ | تلفیق اطلاعات چاه‌نگاری (نگار ترکیبی) | ۴-۱-۲ |
| ۲۲ | گزارش نهایی | ۵-۱-۲ |
| ۲۳ | مطالعات ژئوتکنیک | ۲-۲ |
| ۲۳ | مقدمه | ۱-۲-۲ |
| ۲۳ | روش‌های پیشنهادی برای چاه‌نگاری در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک | ۲-۲-۲ |
| ۲۳ | معرفی فنی | ۱-۲-۲-۲ |
| ۳۱ | روش‌های پیشنهادی برای نگارهای مقاومت تک‌قطبی و مقاومت ویژه متداول | ۲-۲-۲-۲ |
| ۳۴ | روش پیشنهادی برای نگار پتانسیل خودزا | ۳-۲-۲-۲ |
| ۳۷ | روش پیشنهادی برای نگار القایی | ۴-۲-۲-۲ |
| ۳۹ | روش پیشنهادی برای نگار پرتو گاما | ۵-۲-۲-۲ |
| ۴۱ | روش پیشنهادی برای نگار نوترون | ۶-۲-۲-۲ |
| ۴۴ | روش پیشنهادی برای نگار چگالی گاما گاما | ۷-۲-۲-۲ |
| ۴۶ | روش پیشنهادی برای نگار آکوستیک یا صوتی | ۸-۲-۲-۲ |
| ۴۹ | روش پیشنهادی برای نگار قطرسنجی | ۹-۲-۲-۲ |
| ۵۰ | روش پیشنهادی برای نگار دما | ۱۰-۲-۲-۲ |
| ۵۴ | منابع و مآخذ | -۳ |

۱- مقدمه

۱-۱ کلیات

برنامه‌ریزی و انجام بررسی‌های چاه‌نگاری، بر اساس گمانه‌های اکتشافی حفر شده و متناسب با اهداف مورد نظر مشخص می‌شود. بر اساس این هدف دو نوع مطالعه در نظر گرفته می‌شود:

الف) مطالعات هیدروژئولوژی

ب) مطالعات ژئوتکنیک

در این نشریه، روش‌های چاه‌نگاری در مورد این مطالعات استاندارد شده است. این استاندارد شامل انتخاب روش، برنامه‌ریزی، اجرا و تهیه گزارش می‌باشد. انتخاب روش، بر مبنای اطلاعات مورد نظر و بودجه طرح صورت گرفته و برنامه‌ریزی، با توجه به گمانه‌های حفر شده در نظر گرفته می‌شود. استاندارد اجرا با توجه به ویژگی‌های هر روش و لوازم عمومی (وسایل سرچاه) توضیح داده خواهد شد. دستورالعمل تهیه گزارش مربوط به هر روش و کل برداشت‌های انجام شده نیز در قسمت‌های مختلف شرح داده می‌شود.

مطالب عنوان شده در این نشریه، با مفاهیم ارائه شده در نشریه ۱۱۴ - ن با عنوان «ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، شناخت روش‌های چاه‌نگاری» هماهنگ است. برای به دست آوردن اطلاعات بیشتر پیرامون واژه‌ها و مفاهیم به کار برده شده در این استاندارد و راهنما، می‌توانید به نشریه یاد شده مراجعه کنید.

۲-۱ تعاریف

۱-۲-۱ اطلاعات اولیه

از آنجایی که حفر گمانه اکتشافی فقط برای مطالعات چاه‌نگاری انجام نمی‌پذیرد، بنابراین مطالعات چاه‌نگاری بر اساس گمانه‌های موجود صورت می‌گیرد. اطلاعات مربوط به هر چاه شامل موقعیت چاه، قطر چاه، عمق حفاری، نوع سیال حفاری، مشخصات مواد پوششی چاه (لوله، سیمان و غیره) باید در اختیار مسئول برداشت‌های چاه‌نگاری قرار گیرد.

چون اغلب برداشت‌های چاه‌نگاری در شرایط خاصی از چاه بهتر جواب می‌دهند، باید لزوم و اجرای مطالعات چاه‌نگاری از قبل پیش‌بینی شده و سعی شود در حفر چاه تا حد امکان، به این مطالعات و امکانات موجود توجه شود.

۲-۲-۱ گونه‌های مطالعاتی

۱-۲-۲-۱ مطالعات هیدروژئولوژی

این نوع مطالعات، روی مناطق آبرفتی و کارستی صورت می‌گیرد و هدف از آن، بررسی تغییرات لیتولوژی (سنگ‌شناسی)، مشخصات کیفی و کمی آب و حرکت آن می‌باشد. هدف این مطالعات، تأمین آب بوده و جنبه اکتشافی خواهد داشت. در مطالعات هیدروژئولوژی باید حداقل از سه روش چاه‌نگاری شامل پتانسیل خودزا، مقاومت ویژه و پرتوژی گامای طبیعی استفاده کرد. و اگر مشخصات ساختمانی چاه نیز مورد نظر باشد، باید برداشت‌های قطرسنجی را نیز انجام داد.

۲-۲-۲-۱ مطالعات ژئوتکنیک

هدف از این دسته مطالعات، که اغلب در محل احداث سازه‌های مختلف از جمله سازه‌های آبی صورت می‌گیرد، پاسخگویی به سؤال‌ها و ابهام‌های مهندسی در حد امکانات روش‌های چاه‌نگاری است. انتخاب روش‌های چاه‌نگاری با توجه به پارامترهای ژئوتکنیک مورد نظر صورت می‌گیرد.

۳-۲-۱ محدوده مطالعات

این مطالعات، بر اساس توزیع گمانه‌های موجود صورت می‌گیرد.

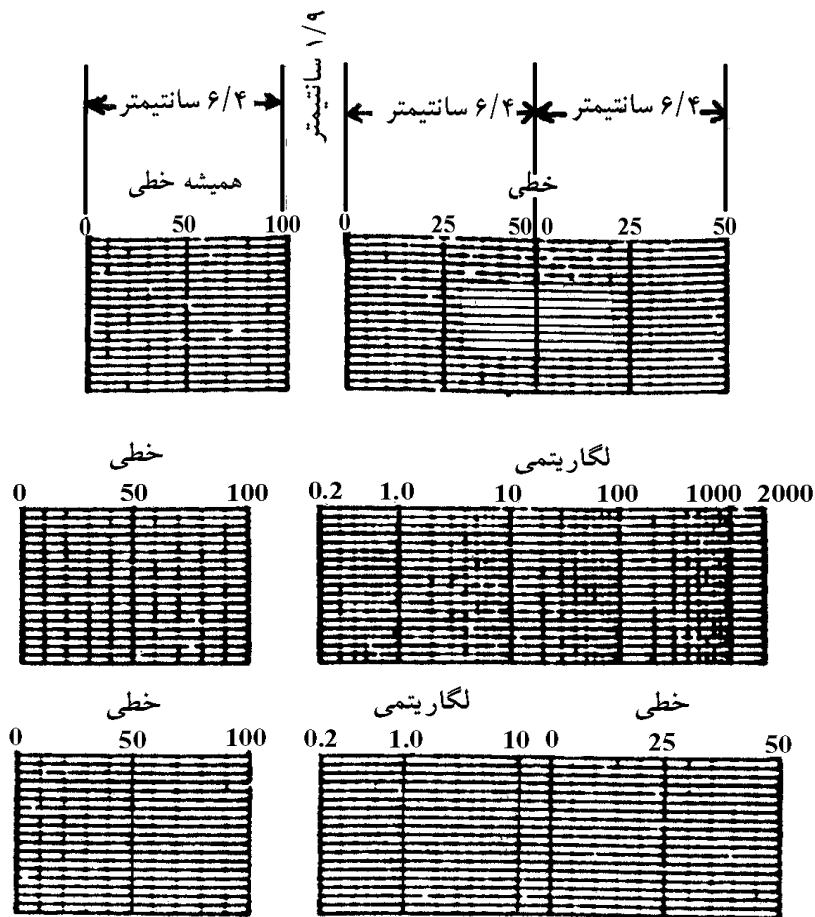
۳-۱ تجهیزات عمومی (سرچاه) در برداشت‌های چاه‌نگاری

این تجهیزات که به‌طور مشترک برای تمام برداشت‌های چاه‌نگاری (روش‌های مختلف) مورد استفاده قرار می‌گیرد، عبارتند از:

- قرقره جمع‌آوری کابل،
- کابل مخصوص،
- اهرم راه‌اندازی و کنترل قرقره،
- دستگاه‌های الکترونیکی مربوط،
- دستگاه‌های ثبات نوری یا مغناطیسی،
- سیستم اندازه‌گیری عمق،
- مولد جریان الکتریکی، و
- دستگاه‌های چاپ داده‌ها روی کاغذهای نگار.

۴-۱ استاندارد کاغذ نگار

- بر اساس استاندارد مؤسسه نفت آمریکا^۱ (API) که مورد استفاده شرکت‌های سرویس دهنده چاه‌نگاری قرار می‌گیرد، پیشنهاد می‌شود که برای این کاغذها از فرمت زیر استفاده شود:
- مقیاس خطی: شامل یک قسمت به پهنای ۶/۴ سانتی‌متر در طرف چپ کاغذ، یک ستون سفید به پهنای ۱/۹ سانتی‌متر برای ثبت عمق و دو قسمت دیگر، هر یک به پهنای ۶/۴ سانتی‌متر. تمامی قسمت‌ها به‌طور خطی مقیاس‌بندی شده است (شکل ۱-الف).
 - مقیاس لگاریتمی: قسمت‌های تشکیل‌دهنده این کاغذ نیز مانند قبلی است با این تفاوت که مقیاس دو قسمت سمت راست آن لگاریتمی است (شکل ۱-ب).
 - مقیاس مختلط: قسمت‌های تشکیل‌دهنده این کاغذ نیز مانند دو مقیاس قبلی است، با این تفاوت که مقیاس دو قسمت سمت راست، یکی لگاریتمی و دیگری خطی است (شکل ۱-ج).



شکل ۱- استاندارد کاغذهای نگار

الف- مقیاس خطی - خطی ، ب- مقیاس خطی - لگاریتمی ، ج- مقیاس لگاریتمی - لگاریتمی
توجه: در هر یک از سه قسمت کاغذ نگار، می‌توان حداکثر دو منحنی (نگار) رسم کرد.

1 - API = American Petroleum Institute

۲- استاندارد و راهنمای مطالعات چاه‌نگاری

۱-۲ مطالعات هیدرژن‌پتانسیل

۱-۱-۲ روش پتانسیل خودزا^۱ (SP)

در این روش، تغییرات پتانسیل خودزای داخل چاه، نسبت به یک الکتروود ثابت (روی سطح زمین) اندازه‌گیری می‌شود و منحنی تغییرات آن برحسب عمق، روی قسمت مقیاس خطی کاغذ نگار (اغلب قسمت سمت چپ) چاپ می‌شود. واحد اندازه‌گیری پتانسیل میلی‌ولت (mV) و واحد عمق متر یا فوت می‌باشد.

۱-۱-۱-۲ مشخصات چاه

الف) قطر چاه: بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر (۲ تا ۱۲ اینچ) و بهتر است ۵۰ میلی‌متر باشد (نگا. بند ۶-۳-۱، نشریه ۱۱۴-ن).
توجه: نظر به اثر مشخص سیال حفاری روی سوند SP، باید تناسبی منطقی بین قطر چاه و قطر سوند برقرار باشد.

ب) سیال حفاری: چاه باید بدون لوله بوده و حاوی سیال مقاوم از نظر الکتریکی (آب خالص و هوا) نباشد. در صورت وجود گل حفاری باید تا حد امکان ترکیب آن همگن باشد.

۲-۱-۱-۲ مشخصات سوند

الف) قطر سوند: سوند مورد استفاده باید دارای قطری متناسب با قطر چاه باشد.
ب) سرعت حرکت سوند (نگاربرداری): سرعت جابه‌جایی سوند در چاه، بین ۵ تا ۱۵ متر بر دقیقه می‌باشد و بهتر است برای اندازه‌گیری، سوند از ته چاه به بالا کشیده شود.

۳-۱-۱-۲ برگ برداشت (نگار)

الف) بخش بالایی: شامل اطلاعات مربوط به کارفرما، مشخصات چاه، سیال حفاری، محل چاه، تاریخ برداشت و مقیاس قائم می‌باشد (شکل ۲).

ب) بخش میانی: این بخش شامل قسمت خطی کاغذ نگار (نگا. ۱-۴) است و منحنی SP روی قسمت سمت چپ رسم می‌شود. طول این بخش، به مقیاس و کل فاصله برداشت (عمق چاه) بستگی دارد. واحد اندازه‌گیری

میلی‌ولت است و نسبت به خط مبنای شیل (رس) (نگا. ۶-۱ نشریه ۱۱۴-ن) به طرف چپ با علامت منفی و به طرف راست خط مبنا مثبت در نظر گرفته می‌شود (شکل ۲).

ج) بخش پایینی: شامل نام کارشناس، نظارت و بازبینی است.

۲-۱-۱-۴ تفسیر نگار

برای تفسیر، به‌طور معمول از نگارهای با مقیاس عمق $\frac{1}{20}$ استفاده می‌شود و در صورت تفسیر مفصل‌تر، مقیاس $\frac{1}{50}$ مناسب‌تر است. این تفسیر، باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- الف) لیتولوژی (بخش میانی برگ نگار)
- تعیین طبقات شیلی (رسی) و رسم خط مبنای شیل
- توجه: برای اطمینان در تعیین این خط مبنا، بهتر است از روش‌های دیگر چاه‌نگاری (در صورتی که اندازه‌گیری انجام شده باشد) مانند پرتوزایی گاما نیز استفاده گردد.
- تعیین طبقات متخلخل و تراوا
- به‌طور کلی در مطالعات SP، طبقات وقتی قابل تفکیک هستند که ضخامت آن‌ها نسبتاً زیاد باشد. این تفکیک به پارامترهای زیادی بستگی دارد (نگا. نشریه ۱۱۴-ن) ولی به‌طور عام، می‌توان گفت که ضخامت طبقات وقتی بیشتر از ۱۵ برابر قطر چاه باشد قابل تفکیک است.

ب) ضخامت و مرز لایه‌ها

تعیین مرز و ضخامت لایه‌ها، به‌طور دقیق با استفاده از نگار SP میسر نیست، زیرا تغییر SP در مقابل تغییرات لیتولوژی تدریجی است. در صورتی که SP تغییرات مشخصی را در مقابل یک سازند نشان دهد، نقاط عطف منحنی SP به عنوان مرز تقریبی سازندهای بالایی و پایینی در نظر گرفته می‌شود.

ج) تعیین کیفیت آب

سنجش کیفی آب سازندی در مقایسه با پالایه^۱ گل حفاری امکان‌پذیر است (نگا. نشریه ۱۱۴-ن)، به‌طوری که جابه‌جایی منحنی SP نسبت به خط مبنای شیل، اگر به سمت راست باشد (SP مثبت)، آب سازندی شیرین‌تر از پالایه و در صورتی که به سمت چپ باشد (SP منفی) شورتر از پالایه است.

| | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------|---------------|------------|---|-------|------------|---------------|------------|
| کارفرما : | | مشخصات چاه : | | کد : | قطر : | عمق : | توع سیال : | مقاومت ویژه : | بخش بالایی |
| محل چاه | تاریخ برداشت : | | | | | | | | |
| استان | شهرستان | شهر یا روستا: | | | | | | | |
| نوع نگار | عمق | | مقطع لیتولوژی | | راهنمای سازندها مطابق استاندارد کمیته زمین شناسی | | | | بخش میانی |
| پتانسیل خودزا (SP) $\frac{10mV}{- +}$ | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | اجرا : | | بخش پایینی | | | | | |
| | | نظارت : | | | | | | | |
| | | بازبینی : | | | | | | | |
| | | تاریخ : | امضاء : | | | | | | |

شکل ۲- قسمت‌های مختلف برگ برداشت

د) تعیین درجه شوری آب
توجه: اگر به جز مقدار SP ظاهری (خوانده شده از روی نگار)، پارامترهای زیر نیز مشخص باشند، این قسمت قابل اجرا است:

- درجه حرارت عمقی که سازند آبدار در آن قرارداد (T)،
- مقاومت ویژه پالایه گل حفاری (R_{mf}) یا گل حفاری (R_m)،
- مقاومت ویژه زون انتقالی (R_i)، و
- ضخامت تقریبی سازند آبدار (h).

۱- مرحله ۱: تصحیح SP ظاهری و تبدیل آن به SP استاتیک (SSP)

این تصحیح، برای ضخامت سازند و تصحیح اثر مقاومت ویژه زون انتقالی (R_i) صورت می‌گیرد. با استفاده از آباک شکل ۳، مقدار ضخامت سازند را روی محور قائم جدا کرده و با توجه به مقدار (R_i/R_m) روی محور افقی ضریب تصحیح SP خوانده می‌شود. سپس با استفاده از چارت تبدیل SPlog به SSP مقدار SSP به دست می‌آید.

۲- مرحله ۲: تعیین R_{weq} (مقاومت ویژه آب معادل) و R_w (مقاومت ویژه آب سازند) با مقدار SSP به دست آمده از مرحله قبل، و با توجه به دمای سازند از روی آباک شکل ۴، مقدار نسبت R_{mf}/R_{weq} خوانده می‌شود. اگر مقدار مقاومت ویژه پالایه گل حفاری (R_{mf}) در دست باشد، می‌توان R_{weq} را به دست آورد. با در دست داشتن R_{weq} می‌توان مقدار مقاومت ویژه آب سازند (R_w) را با استفاده از آباک ۵ به دست آورد.

توجه: در صورت در دست داشتن مقدار R_m و چگالی گل، می‌توان با استفاده از آباک شکل ۶ مقدار R_{mf} را به دست آورد.

۳- مرحله ۳: تعیین R_w (مقاومت ویژه حقیقی آب سازند)

با استفاده از آباک شکل ۵ می‌توان مقدار مقاومت ویژه حقیقی آب سازند را برای آب حاوی نمک طعام (قسمت منحنی‌های توپر) و نمک‌های دیگر (قسمت منحنی‌های خط‌چین) به دست آورد.

۴- مرحله ۴: تعیین درجه شوری آب سازند

با استفاده از چارت شکل ۷، با در دست داشتن مقاومت ویژه آب سازند و دمای آن می‌توان درجه شوری آب را (بر اساس غلظت نمک طعام معادل) به دست آورد.

۲-۱-۲ روش مقاومت ویژه (R)

در این روش، تغییرات مقاومت ویژه توسط سوندهای گوناگون (نگار. نشریه ۱۱۴ - ن) اندازه‌گیری می‌شود و منحنی تغییرات آن بر حسب عمق روی قسمت لگاریتمی کاغذ نگار چاپ می‌شود. واحد اندازه‌گیری اهم متر است.

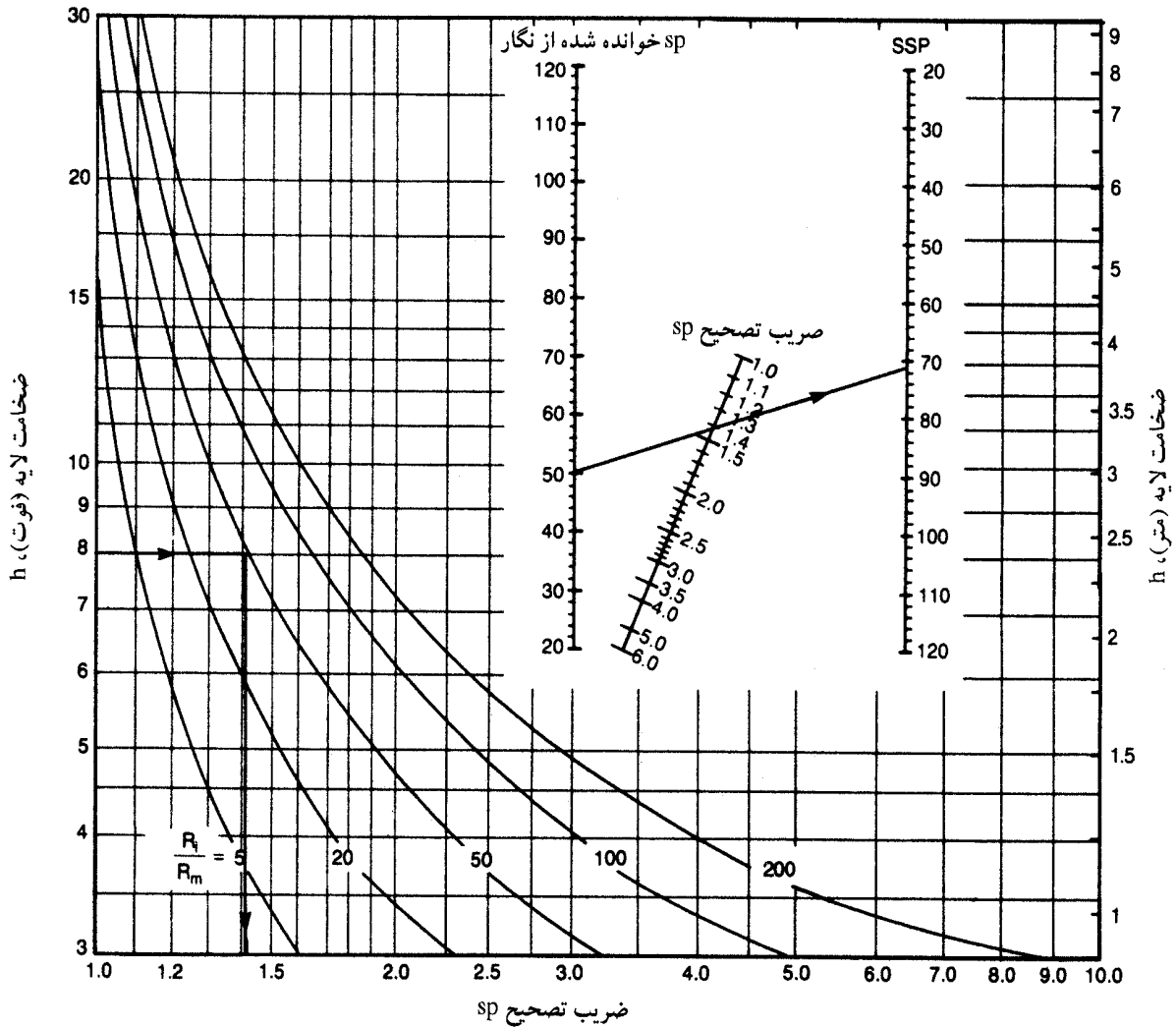
۱-۲-۱-۲ سوند نرمال کوچک

این سوند، به طور آزاد در داخل چاه قرار می‌گیرد و بازه آن به طور معمول ۰/۴ متر (۱۶ اینچ) می‌باشد؛ بدین ترتیب مقاومت ویژه، زون‌های نزدیک به چاه (زون شسته و انتقالی) در سازندهای متخلخل و تراوا را اندازه‌گیری می‌کند.

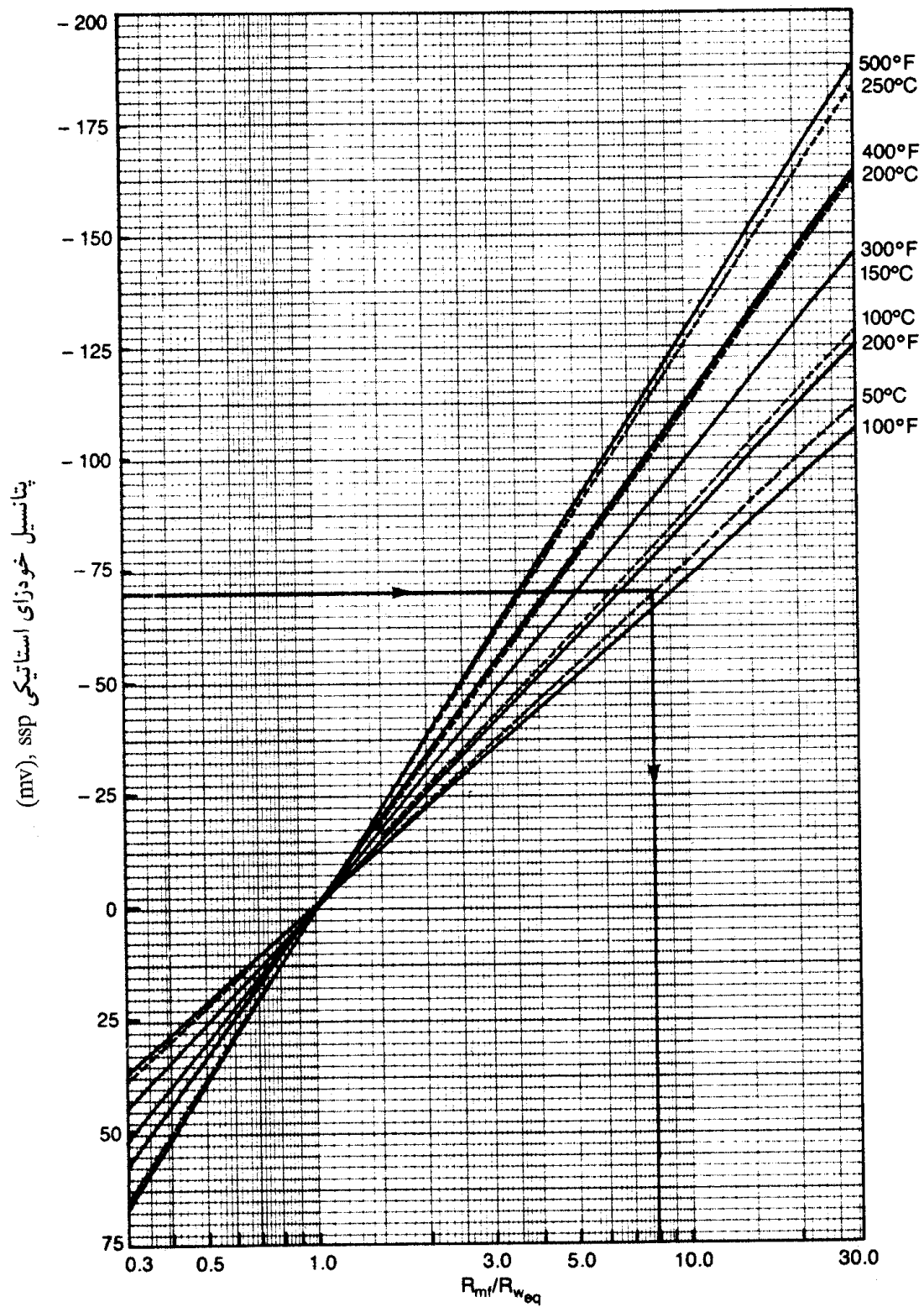
۱-۱-۲-۱-۲ مشخصات چاه

الف) قطر چاه: بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر (۲ تا ۱۲ اینچ) و ترجیحاً ۵۰ میلی‌متر.
 توجه: نظر به این که سوند نرمال کوچک به دیواره چاه نمی‌چسبد و به‌طور آزاد در داخل سیال حفاری قرار می‌گیرد، افزایش قطر چاه اثر سیال حفاری را بگونه مشخصی افزایش می‌دهد، به ویژه اگر سیال حفاری از نظر الکتریکی رسانا باشد. بنابراین اگر قطر چاه چند برابر مقدار بازه سوند بوده و سیال حفاری رسانا باشد، عملاً مقاومت ویژه سیال حفاری اندازه‌گیری می‌شود.

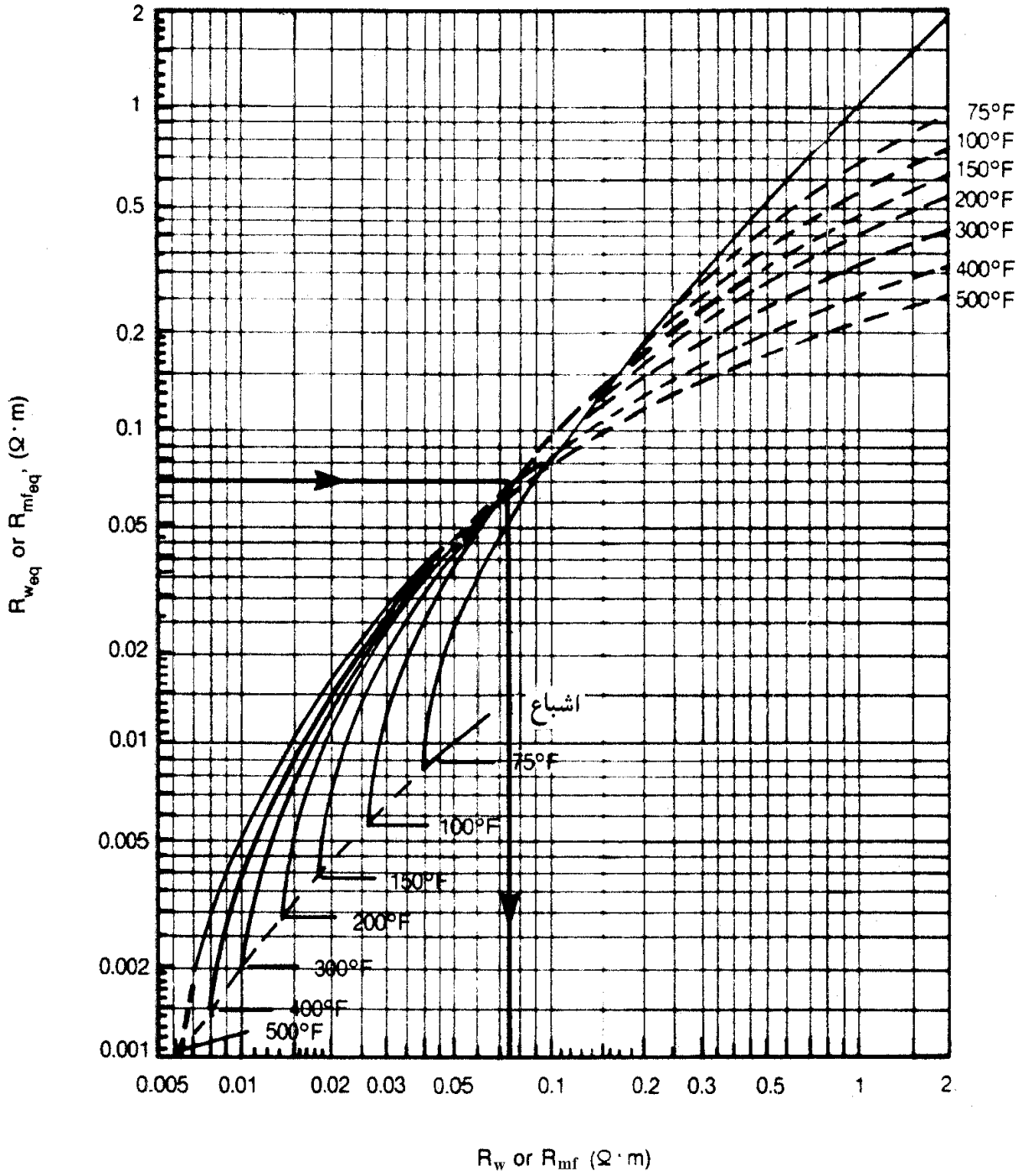
ب) سیال حفاری: چاه باید بدون لوله و حاوی سیال مقاوم از نظر الکتریکی (آب خالص و هوا) نباشد. به‌طور کلی، وقتی که سازند واقع در کنار جدار چاه دارای مقاومت ویژه‌ای بیش از ۵۰ برابر مقاومت ویژه سیال حفاری باشد، جواب‌های به‌دست آمده به‌طور عمده، بازتاب اثر سیال حفاری می‌باشد.



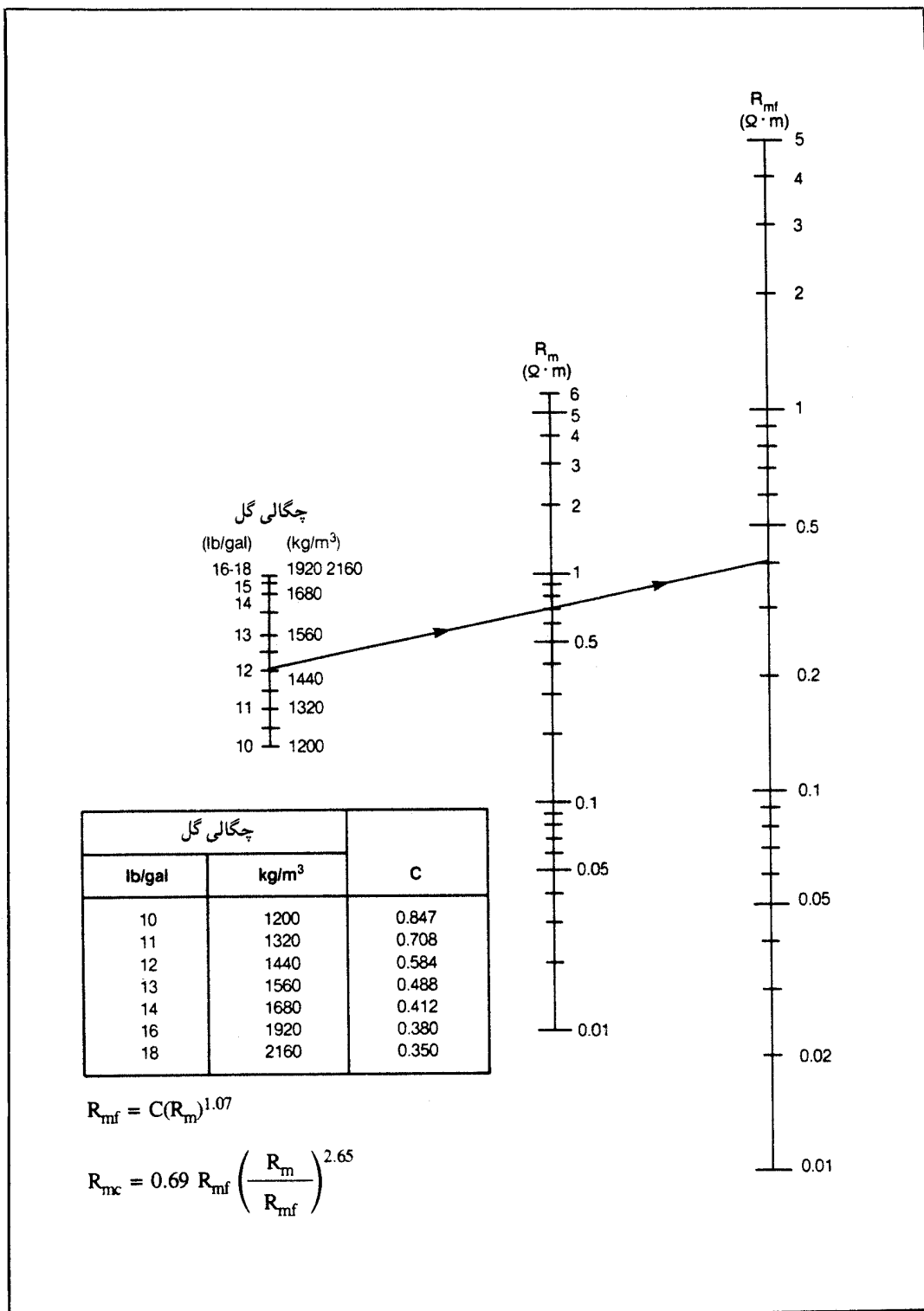
شکل ۳- آباک و چارت تصحیح SP برای اثر ضخامت لایه (h) و مقاومت ویژه زون انتقالی (R_f)



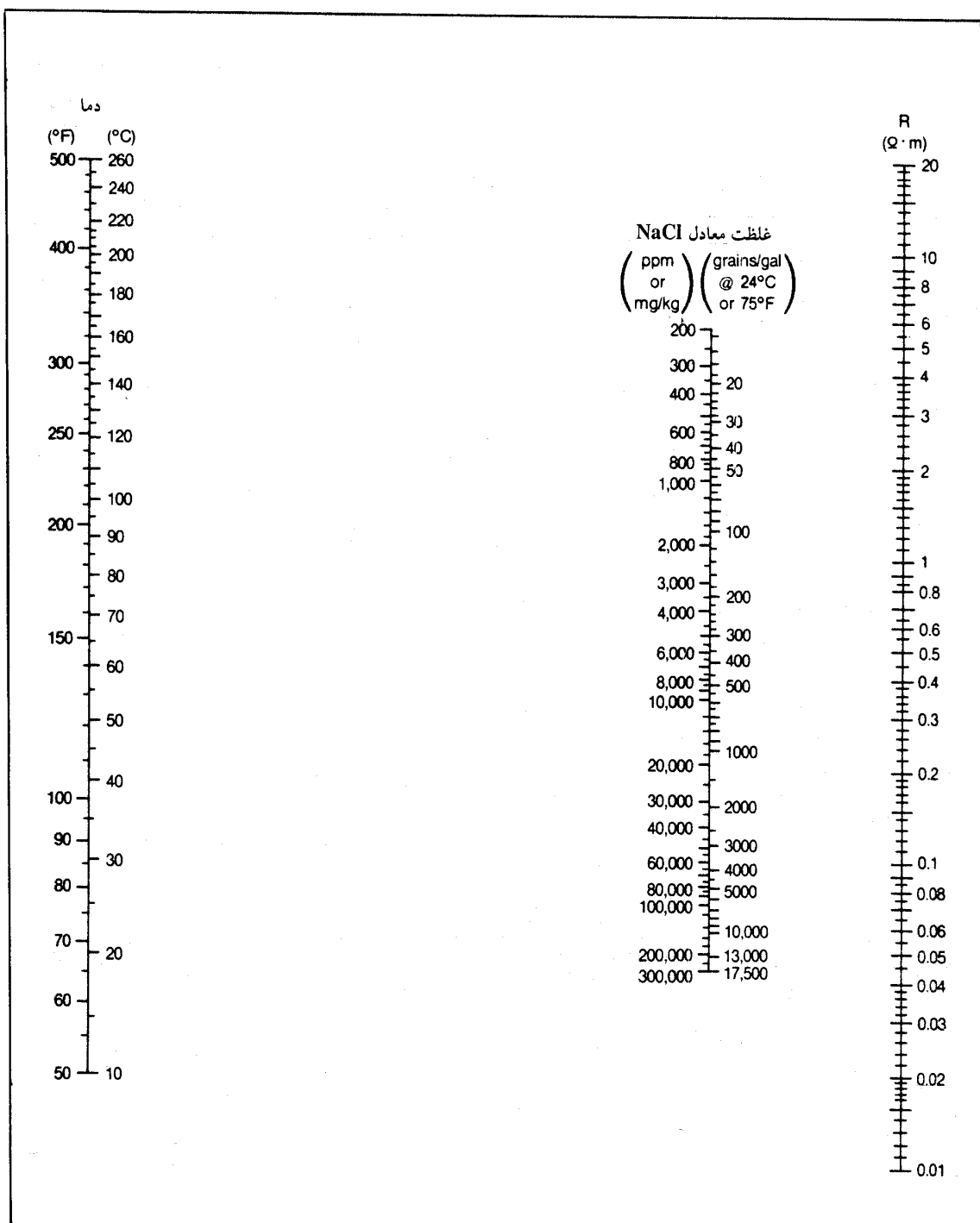
شکل ۴- تعیین مقاومت ویژه آب معادل با استفاده از SP استاتیک



شکل ۵- تعیین R_w با استفاده از $R_{w_{eq}}$ برای دماهای مختلف



شکل ۶- تعیین R_{mf} و R_{mc} با استفاده از مقاومت ویژه (R_m) و چگالی گل



شکل ۷- تعیین درجه شوری آب سازند با استفاده از مقاومت ویژه و دمای آن

۲-۱-۲-۱-۲ مشخصات سوند

الف) قطر سوند: سوند مورد استفاده باید دارای قطری متناسب با قطر چاه باشد.
 ب) سرعت حرکت سوند (نگار برداری): سرعت جابه‌جایی سوند در چاه، بین ۵ تا ۱۵ متر بر دقیقه می‌باشد و بهتر است برای اندازه‌گیری، سوند از ته چاه به بالا کشیده شود.

۳-۱-۲-۱-۲ برگ برداشت (نگار)

الف) بخش بالایی: اطلاعات این بخش مانند برگ برداشت پتانسیل خودزا می‌باشد (نگا. ۲-۱-۱-۳-الف).
 ب) بخش میانی: این بخش شامل قسمت لگاریتمی کاغذ نگار (نگا. ۱-۴) می‌باشد. طول این بخش به مقیاس و کل فاصله برداشت (عمق چاه) بستگی دارد. واحد اندازه‌گیری اهم متر (Ωm) است و اغلب به دلیل تغییرات زیاد مقاومت ویژه، می‌توان از تغییر مقیاس استفاده کرد (شکل ۸).

| نوع نگار | عمق | مقطع لیتولوژی |
|-------------------------------|-----|---------------------|
| ۰ (۵۰ Ωm) نرمال کوچک | | ۰ (۵۰۰ Ωm) |
| | | |

شکل ۸- بخش میانی برگ برداشت مقاومت ویژه (نرمال کوچک)

ج) بخش پایینی: این بخش مانند برگ برداشت پتانسیل خودزا می‌باشد (نگا. ۲-۱-۱-۳-ج).

برای تفسیر از نگارهای به مقیاس عمقی $\frac{1}{۲۰۰}$ به طور معمول استفاده می‌شود و در صورت تفسیر تفصیلی، مقیاس $\frac{1}{۵۰}$ ارجح است. این تفسیر باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف) لیتولوژی (بخش میانی برگ نگار)

سازندهای مطرح در این مطالعات، اغلب دارای مقاومت ویژه زیادی می‌باشند. در این بین، سازندهای رسی، شیلی، مارنی و نیز سازندهای متخلخل و تراوا در صورت وجود آب شور می‌توانند دارای مقاومت ویژه کمی باشند. بنابراین سوند نرمال کوچک می‌تواند طبقات زیر را مشخص کند:

- طبقات رسی، شیلی یا مارنی که ناتراوا بوده و مقاومت ویژه آن‌ها کم است.
- طبقات متخلخل و تراوا که اغلب به دلیل جایگزینی پالایه گل حفاری به جای آب سازندی مقاومت ویژه زون انتقالی (یا شسته) را ارابه می‌دهد. به دلیل مقاومت ویژه کم پالایه گل حفاری اغلب، این زون خود را به صورت لایه با مقاومت ویژه کم نشان می‌دهد. لازم به یادآوری است که به طور کلی، سوند نرمال برای شناخت لایه‌های با مقاومت ویژه کم تا متوسط مناسب است و زمانی که مقاومت ویژه سازند (R_t) از ۵۰ برابر مقاومت ویژه گل حفاری (R_m) زیادتر شود، اثر گل حفاری به طور قابل ملاحظه‌ای روی اندازه‌گیری افزایش یافته و شناخت این لایه‌ها را با مشکل روبرو می‌سازد.

ب) ضخامت و مرز لایه‌ها

به طور متوسط می‌توان نشان داد که در فاصله دو برابر بازه سوند (یعنی ۰/۸ متر)، پتانسیل دریافتی ۵۰ درصد افت می‌کند و در فاصله ۱۰ برابر بازه، ۹۰ درصد افت پتانسیل وجود دارد. بنابراین برای سوند نرمال، سازندهای واقع در فاصله ۴ متری از دستگاه روی اندازه‌گیری فقط ۱۰ درصد اثر می‌گذارد.

بدین ترتیب، به طور قراردادی، شعاع بررسی و قدرت تفکیک قائم (ضخامت لایه‌ها) با سوند نرمال کوچک را ۲ برابر بازه یعنی حدود ۸۰ سانتی‌متر در نظر می‌گیرند. باید توجه داشت که این مقدار برای حالتی است که اختلاف زیادی بین مقاومت ویژه گل حفاری و سازند نباشد (به عنوان مثال سازند رسی). در صورتی که مقاومت ویژه سازند به طور مشخصی از گل حفاری بیشتر باشد، به دلیل اثر گل حفاری، ممکن است سازندهای با این ضخامت نیز قابل تفکیک نباشند.

تعیین ضخامت و مرز لایه‌ها از روی نگار نرمال کوچک، حتی زمانی که این ضخامت زیاد باشد، به طور دقیق امکان‌پذیر نیست. تعیین ضخامت تقریبی برای لایه‌های مختلف به صورت زیر امکان‌پذیر است:

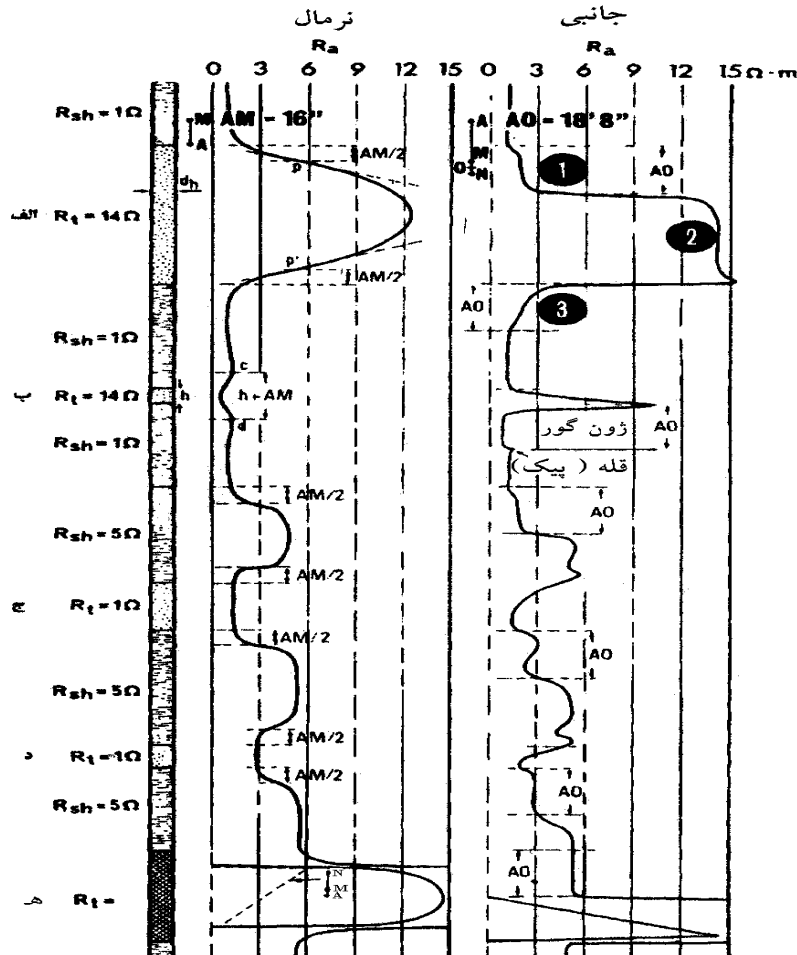
- طبقات مقاوم و ضخیم (ضخامت لایه چند برابر بازه سوند نرمال کوچک) در این حالت، منحنی مقاومت ویژه نسبت به صفحه واقع در وسط لایه متقارن است. برای تعیین ضخامت لایه، اگر از نقاط عطف منحنی استفاده شود، این ضخامت به اندازه بازه دستگاه (۴/۰ متر) از ضخامت حقیقی لایه کوچک‌تر است.

- طبقات مقاوم و نازک (ضخامت لایه کوچکتر از بازه) در صورتی که مقاومت ویژه طبقات احاطه کننده لایه گفته شده (فرا دیواره و فرو دیواره) به طور مشخص کمتر از لایه مقاوم باشد، به دلیل اثر گل و طبقات احاطه کننده، اثر لایه مقاوم روی نگار به صورت یک مقدار کمینه در مرکز لایه و دو مقدار بیشینه متقارن (نقاط c و d در شکل ۹) خواهد شد. مقدار واقعی ضخامت لایه مقاوم، برابر اختلاف فاصله بازه دستگاه و طول cd می باشد.

- طبقات رسانا

در تمام حالتها، نقطه های عطف منحنی مقاومت ویژه، ضخامتی بیش از مقدار واقعی نشان می دهد که این مقدار اضافی، برابر بازه سوند نرمال کوچک است (شکل ۹).

هر چه ضخامت طبقه رسانا کمتر شود، تشخیص مرز آن از طبقات مقاوم تر تحتانی و فوقانی مشکل تر است. به طور کلی، می توان گفت که وقتی ضخامت طبقات از بازه سوند نرمال کوچک (۰/۴ متر) کوچک تر باشد، تعیین مقاومت ویژه و حد لایه ها مشکل است. این ضخامت را «ضخامت بحرانی» می نامند.



شکل ۹- اثر ضخامت و مقاومت ویژه طبقات بر شکل منحنی های نرمال و جانبی

ج) تعیین زون‌های آبدار و کیفیت آب

سوند نرمال کوچک، به تنهایی قادر به تشخیص زون‌های متخلخل و آبدار نیست (به جز حالت‌های استثنایی). اما در صورتی که همراه با سوندهای مقاومت ویژه دیگر (به عنوان مثال نرمال بزرگ یا جانبی) باشد، می‌توان در خصوص کیفیت آب و تعیین مرز آب شور و شیرین اظهار نظر کرد.

به‌طور کلی، در زون‌های متخلخل و تراوا و به ویژه اگر گستردگی زون شسته (انتقالی) زیاد باشد، شعاع بررسی نرمال کوچک (در حدود ۴/۰ متر) در محدوده زون مذکور خواهد بود. بنابراین با نفوذ پالایه گل حفاری و جانشینی آن به‌جای آب سازندی، دو حالت پیش خواهد آمد:

- پالایه شورتر از آب سازندی ($R_{mf} < R_w$)، (حالت آب سازندی شیرین)
- پالایه شیرین‌تر از آب سازندی ($R_{mf} > R_w$)، (حالت آب سازندی شور)

در هر دو این حالت‌ها، چون پالایه جای آب را گرفته، مقاومت ویژه‌ای که نرمال کوچک به‌دست می‌دهد بعد از تصحیح اثر گل حفاری، مقاومت ویژه زونی است که جنس سیال آن پالایه گل است (مقاومت ویژه R_{x0} یا R_i). بنابراین نمی‌توان در خصوص شیرینی و شوری آب سازندی از نرمال کوچک به تنهایی اطلاعی به‌دست آورد.

در بعضی شرایط خاص، وقتی تراوایی قائم سازند زیاد باشد، این امکان وجود دارد که به‌دلیل اثر ثقلی، آب سنگین‌تر (درجه شوری بیشتر) در پایین و آب سبک‌تر در بالا قرار گیرد و در نتیجه، در داخل سازند متخلخل و تراوا، در امتداد قائم تغییرات مقاومت ویژه (به دلیل شوری و شیرینی آب) ایجاد شود. در این صورت، این امکان وجود دارد که بتوان با استفاده از نرمال کوچک، محدوده آب شیرین را مشخص کرد. به‌عنوان مثال اگر در مقابل سازند آبدار حاوی آب شیرین قرار گیرند، پالایه گل با نفوذ به سازند در قسمت پایین سازند تمرکز پیدا می‌کند. در این صورت سوند نرمال کوچک در قسمت بالایی که آب سازند قرار دارد مقاومت ویژه بیشتر و در قسمت تحتانی که پالایه شور قرار گرفته مقاومت ویژه کمتری را نشان می‌دهد.

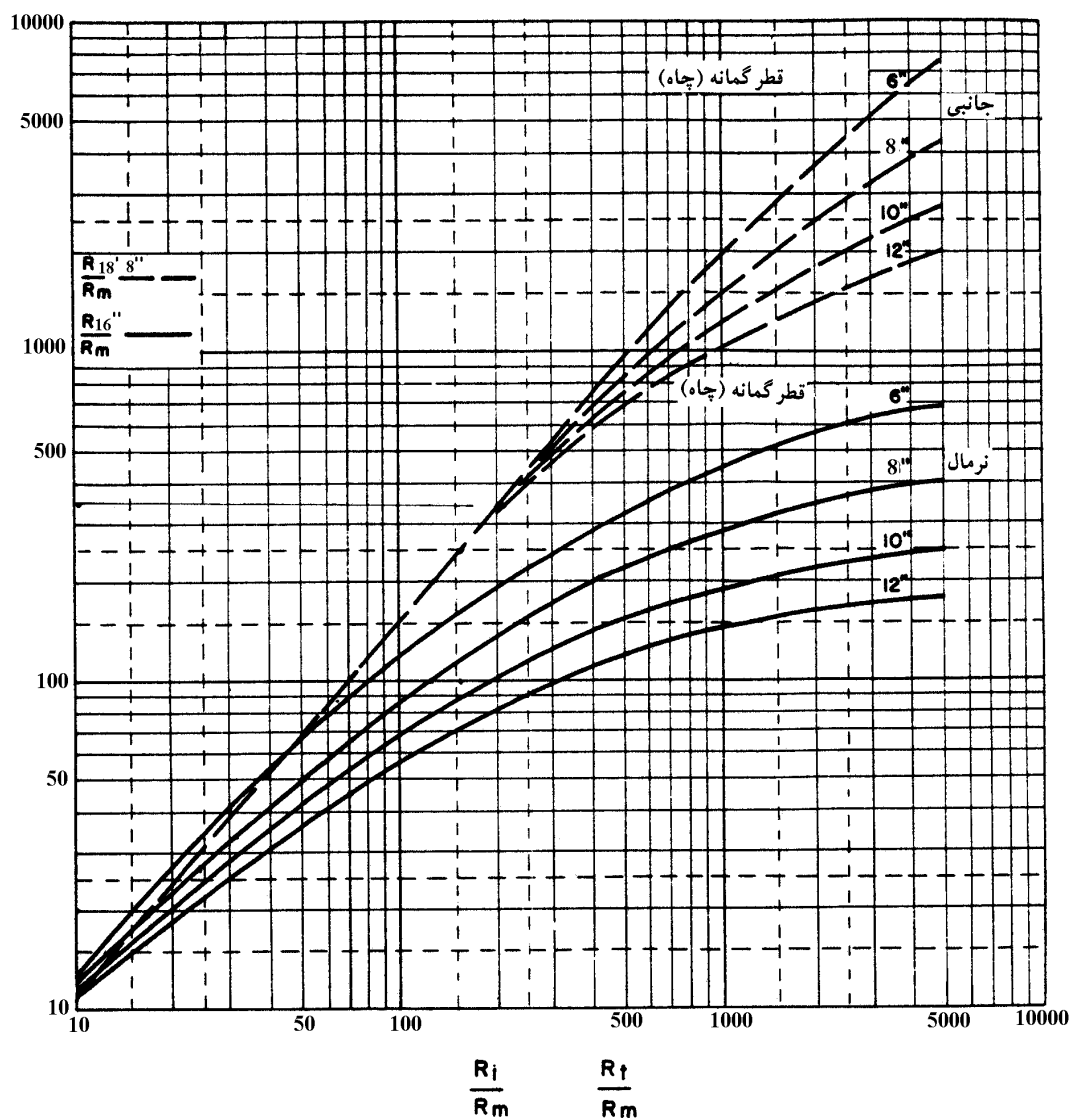
د) تعیین تخلخل سنگ

توجه: اگر به جز مقدار مقاومت ویژه خوانده شده از نگار نرمال کوچک $R_{\%}$ ، پارامترهای زیر نیز مشخص باشد، این قسمت قابل اجرا است:

- مقاومت ویژه گل حفاری، و
- مقاومت ویژه پالایه گل.

۱- مرحله ۱: تصحیح $R_{\%}$ (مقاومت ویژه ظاهری حاصل از نگار نرمال کوچک)

برای حذف اثر گل حفاری با استفاده از آباک شکل ۱۰، نسبت $R_{\%}/R_m$ روی محور قائم برده می‌شود، سپس با توجه به قطر گمانه نسبت $\frac{R_{\%} \text{corr}}{R_m}$ به‌دست می‌آید. مقدار $R_{\%} \text{corr}$ که از حاصل ضرب نسبت خوانده شده در مقاومت ویژه گل به‌دست می‌آید، برابر مقاومت ویژه زون انتقالی (R_i) و در صورتی که مقاومت ویژه زون انتقالی به‌طور تقریب برابر زون شسته باشد، برابر R_{x0} خواهد بود ($R \text{ corr}$: مقاومت ویژه تصحیح شده).



شکل ۱۰- منحنی‌های تصحیح‌کننده ساده شده برای نرمال ۱۶" و لاترال ۱۸' ۸"

۲- مرحله ۲: تعیین درجه تخلخل سازند

اگر سازند متخلخل و تراوا، تمیز باشد (بدون رس)، آنگاه:

$$F = \frac{a}{\phi^m} = \frac{R_{xo}}{R_{mf}} \quad (1-2)$$

در این رابطه:

F = ضریب سازند

ϕ = درجه تخلخل سازند

a و m = ضرایبی هستند که بر اساس لیتولوژی و نوع تخلخل سنگ مشخص می‌شوند. به عنوان مثال، رابطه‌ای که

$$F = \frac{0.62}{\sqrt{15}} \text{ است.}$$

بدین ترتیب، با تعیین نسبت R_{xo}/R_{mf} ، مقدار F به دست می‌آید که از آنجا نیز درجه تخلخل سازند (φ) قابل محاسبه است.

۲-۲-۱-۲ سوندهای مقاومت ویژه بزرگ بازه دیگر

سوندهای دیگری مشابه نرمال کوچک وجود دارند که عبارتند از نرمال بزرگ و جانبی. شرایط به کارگیری این سوندها، مانند سوند نرمال کوچک است. تفاوت این سوندها با نرمال کوچک شعاع بررسی بیشتر آن‌هاست، به طوری که شعاع بررسی نرمال بزرگ در حدود ۲ برابر نرمال کوچک و جانبی ۱۴ برابر آن است.

بدین ترتیب، در مقابل زون‌های متخلخل و تراوا جواب سوند نرمال کوچک وابسته به زون شسته و انتقالی است، نرمال بزرگ بازتاب جواب حاصل از تلفیق زون‌های انتقالی و دست نخورده است و جانبی بیانگر زون دست نخورده می‌باشد. اختلاف جواب‌های به دست آمده از این سه سوند در مقابل طبقات متخلخل و تراوا، نشان‌دهنده گستردگی زون انتقالی و اختلاف مقاومت ویژه پالایه گل و آب سازندی است. اگر لازم باشد از طریق اندازه‌گیری‌های مقاومت ویژه، اطلاعات کامل‌تری به ویژه در خصوص سازندهای متخلخل و تراوا و آب سازندی به دست آید، باید حداقل از دو سوند نرمال کوچک و بزرگ یا نرمال کوچک و جانبی استفاده شود. مقایسه جواب‌های نرمال کوچک و بزرگ یا نرمال کوچک و جانبی، شامل اطلاعاتی به شرح زیر است:

۱- در مقابل طبقات ناتراوا و رسانا (مانند رس) جواب‌ها یکسان است (نگا. نشریه ۱۱۴ - ن)

۲- در مقابل طبقات متخلخل و تراوا دو حالت قابل تفکیک است :

الف) آب سازندی شیرین ($R_w > R_{mf}$)

در این‌جا، مقاومت ویژه به دست آمده از سوند نرمال کوچک (R_{ρ}^n)، کوچک‌تر از نرمال بزرگ (R_{ρ}^b)، و جانبی (R_{ρ}^s) می‌باشد.

ب) آب سازندی شور ($R_w < R_{mf}$)

در این‌جا مقاومت ویژه به دست آمده از سوند نرمال کوچک (R_{ρ}^n)، بزرگ‌تر از نرمال بزرگ (R_{ρ}^b) و جانبی (R_{ρ}^s) است.

۳- در مقابل طبقات ناتراوا و مقاوم (آهک‌ها) به طور نظری، باید جواب‌ها یکسان باشد، اما به دلیل فرار خطوط جریان از داخل گل و اثر متفاوتی که گل ممکن است برای هر یک از سوندهای نرمال کوچک و بزرگ و جانبی داشته باشد، جواب‌ها دارای اختلاف می‌باشند. اغلب، این سوندها برای طبقات مقاوم کاربرد خوبی ندارند.

۳-۱-۲ روش پرتوزایی گامای طبیعی

در این روش، پرتوزایی گامای به دست آمده از سازندها، بدون اطلاع از نوع عنصر پرتوزا اندازه گیری می شود. سه عنصر اصلی پرتوزا در طبیعت عبارتند از اورانیوم، تورنیوم و پتاسیم. منحنی تغییرات پرتوزایی گاما بر حسب عمق، روی مقیاس خطی کاغذ نگار چاپ می شود. واحد اندازه گیری به نوع دستگاه مورد استفاده بستگی دارد، ولی واحد استاندارد اندازه گیری در حال حاضر API (نگا. نشریه ۱۱۴ - ن) است.

۱-۳-۱-۲ مشخصات چاه

الف) قطر چاه: بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر (۲ تا ۱۲ اینچ).
توجه: نظر به این که موادی که سر راه پرتوهای گاما قرار می گیرند بر حسب چگالی شان باعث کاهش انرژی پرتوها می شوند و هر دستگاه از آستانه انرژی مشخصی به بالا قابلیت دریافت این پرتوها را دارند، بنابراین قطرهای کوچک تر چاه در اندازه گیری دارای رجحان می باشد.
ب) سیال حفاری: این اندازه گیری ها در چاه های دارای گل، هوا و آب و نیز چاه های با پوشش یا بدون پوشش قابل اجرا است. اما به طور کلی در چاه هایی که سیال آن چگالی کمتری داشته و در آن پوشش های سیمانی یا فلزی وجود ندارد، بهتر جواب خواهد داد.
توجه: خود سیال درون چاه نباید پرتوزایی زیادی داشته باشد.

۲-۳-۱-۲ مشخصات سوند

الف) قطر سوند: سوند مورد استفاده باید دارای قطری متناسب با قطر چاه باشد.
ب) سرعت حرکت سوند (نگاربرداری): سرعت جابه جایی سوند در چاه بین ۳ تا ۶ متر بر دقیقه است و بهتر است برای اندازه گیری، سوند از ته چاه به بالا کشیده شود.
البته باید توجه داشت که سرعت حرکت سوند به ثابت زمانی (نگا. نشریه ۱۱۴ - ن) نیز بستگی دارد. به طور معمول، ارتباط بین سرعت حرکت سوند (V) و ثابت زمانی (T) به صورت زیر است:

$$V(\text{ft/s}) \times T(\text{s}) = 1\text{ft} \quad (2-2)$$

۳-۳-۱-۲ برگ برداشت (نگار)

الف) بخش بالایی: اطلاعات این بخش، مانند برگ برداشت پتانسیل خودزا می باشد (نگا. ۳-۱-۱-۲-الف).
ب) بخش میانی: شامل مقیاس خطی کاغذ نگار (نگا. ۴-۱) است. طول این بخش، به مقیاس و کل فاصله برداشت (عمق چاه) بستگی دارد. واحد اندازه گیری استاندارد API است (شکل ۱۱).

| نوع نگار | | عمق | مقطع لیتولوژی |
|-----------|-----|-----|---------------|
| پرتو گاما | API | | ۵۰ |
| ۰ | | | |

شکل ۱۱- بخش میانی برگ برداشت پرتوزا گامای طبیعی

ج - بخش پائینی : این بخش همانند برگ برداشت پتانسیل خودزا می باشد (نگا. ۲-۱-۱-۳-ج).

۲-۱-۳-۴ تفسیر نگار

برای تفسیر از نگارهایی به مقیاس عمقی $\frac{1}{200}$ به طور معمول استفاده می شود و در صورت تفسیر تفصیلی، مقیاس $\frac{1}{50}$ ترجیح داده می شود. این تفسیر باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف (لیتولوژی (بخش میانی برگ نگار)

در میان سازندهایی که به طور معمول در این مطالعات با آنها برخورد می شود، نگار پرتوزایی گامای طبیعی وسیله مناسبی برای شناخت زونهای رسی، شیلی و مارنی است، زیرا این سازندها به دلیل وجود پتاسیم به طور مشخص دارای پرتوزایی بیشتری نسبت به ماسه ها و کربنات ها می باشند .

این نگار، در حالت هایی که از طریق پتانسیل خودزا نتوان افق های رسی، شیلی یا مارنی را مشخص کرد (به دلیل شرایط چاه مانند پوشش فلزی یا سیمانی) می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

زون‌های آبدار و نوع آب آن از نظر درجه شوری، به‌طور معمول تغییرات مشخصی روی نگار پرتوزایی گاما ایجاد نمی‌کند. فقط در صورتی که آب حاوی نمک KCl باشد می‌تواند هنجار متفاوتی از نظر پرتوزایی نسبت به آب‌های دیگر داشته باشد.

ب) ارزیابی مقدار شیل (رس یا مارن) دیگر سازندها
اگر یک سازند ماسه‌ای یا کربناته دارای قسمت‌های شیلی باشد، می‌توان یک ارزیابی تخمینی از مقدار شیل موجود، با استفاده از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$V_{sh} \leq (V_{sh})_{GR} = \frac{GR - GR_{min}}{GR_{sh} - GR_{min}} \quad (3-2)$$

در این رابطه:

V_{sh} و $(V_{sh})_{GR}$ = درصد حجمی شیل موجود و درصد حجمی شیل تخمینی با توجه به مقدار پرتوزایی سازند (GR) است.

مقدار $(GR)_{sh}$ از روی نگار در مقابل طبقات شیلی خوانده می‌شود و $(GR)_{min}$ مربوط به مقدار پرتوزایی زمینه (طبقات بدون شیل) است.

ج) ضخامت و مرز لایه‌ها
به‌طور کلی، پرتوهای گاما در صورت در نظر گرفتن یک آشکارساز نقطه‌ای برای دستگاه، حاصل حجم سازندی به‌اندازه حجم کره بررسی (نگار، نشریه ۱۱۴ - ن) است. شعاع این کره، به حساسیت آشکارساز، شدت پرتوزایی سازند، چگالی سازند و گل حفاری بستگی دارد. بنابراین لایه‌هایی که حداقل ضخامتی برابر قطر کره بررسی داشته باشند، با این روش قابل تفکیک می‌باشند. تغییرات شدت پرتوهای گاما در عبور از مرز سازندهای با پرتوزایی متفاوت، تدریجی بوده و در نتیجه این مرز، به‌صورت مشخص روی نگار خود را نشان نمی‌دهد. اغلب برای تعیین مرز سازندها، از نقاط عطف منحنی تغییرات پرتوزایی گاما استفاده می‌شود.

۴-۱-۲ تلفیق اطلاعات چاه‌نگاری (نگار ترکیبی)

همانگونه که پیش از این گفته شد، برای بررسی‌های هیدروژئولوژی باید حداقل از سه روش پتانسیل خودزا، مقاومت ویژه و پرتوزایی گامای طبیعی استفاده کرد. پس از تفسیر هر یک از نگارهای یاد شده، گزارش نهایی باید شامل تلفیق اطلاعات حاصل از سه روش گفته شده باشد، که این اطلاعات عبارتند از:

الف) سازندهای رسی، شیلی و مارنی
تعیین افق‌های رسی، شیلی و مارنی، که اثر آن‌ها روی سه نگار پتانسیل خودزا، مقاومت ویژه و پرتوزایی گاما به‌صورت زیر آشکار می‌شود:
- روی منحنی SP (پتانسیل خودزا) روند نسبتاً ثابتی را (خط مبنای رس، شیل یا مارن) نشان می‌دهند، که این روند به همگنی سازند بستگی دارد.

- روی منحنی مقاومت ویژه، مقدار کمی را نشان می‌دهند (به دلیل کم بودن مقاومت ویژه).
- روی منحنی پرتوگاما، مقدار زیادی (نسبت به سایر سازندهای رسوبی) را نشان می‌دهند.

ب) تعیین سازندهای متخلخل و تراوا (منابع آب)

- از میان سه نگار گفته شده، بهترین منحنی برای تعیین زون‌های مذکور، منحنی SP است که در مقابل این سازندها نسبت به خط مبنای رس، شیل یا مارن به طرف چپ یا راست جابه‌جا می‌شود. جابه‌جایی به سمت چپ، بیانگر درجه شوری بیشتر آب سازندی نسبت به پالایه گل حفاری (اغلب، آب سازندی شور) و جابه‌جایی به سمت راست نشانگر درجه شوری کمتر آب سازندی نسبت به پالایه گل حفاری (اغلب آب سازندی شیرین) می‌باشد.
- منحنی مقاومت ویژه بر حسب نوع سازند آبدار، از نظر مقدار آب (درجه تخلخل و اشباع) و شوری یا شیرینی آن می‌تواند مقاومت ویژه کم تا زیاد را نشان دهد. بنابراین جابه‌جایی SP به سمت راست (نسبت به خط مبنای رس، مارن یا شیل) و مقاومت ویژه زیاد به‌طور معمول، بیانگر افق دارای آب شیرین است.
- منحنی پرتوزایی گاما در مقابل طبقات آبدار، دارای شدت پرتو کمتری نسبت به طبقات رسی، شیلی یا مارنی است، ولی تغییر مشخصی را در ارتباط با مقدار آب سازندی یا شوری و شیرینی آب از خود نشان نمی‌دهد.

ج) تعیین سازندهای متراکم (آهک و دولومیت به‌طور معمول)

- اگر سازندهای گفته شده دارای مقاومت ویژه بسیار بالایی باشند، منحنی SP اغلب خود را به‌صورت تغییرات خطی (که متناسب با افت پتانسیل در ستون گل حفاری در مقابل سازند مقاوم است) نشان می‌دهد. در صورتی که به هر دلیل، سازندهای مقاوم دارای درزه و شکستگی باشند (حفره درون چاه یا به‌عنوان مثال خلل و فرج حاصل از پدیده‌های کارستی)، منحنی SP شکلی همانند طبقات متخلخل و تراوا (طبقات آبدار) خواهد داشت.
- منحنی مقاومت ویژه (بر حسب نوع سوند) مقدار زیاد و بسیار زیادی را می‌تواند در مقابل طبقات متراکم نشان دهد. در صورت تخلخل و حضور آب در اینگونه سازندها، تغییرات منحنی مقاومت ویژه مانند طبقات متخلخل و تراوا (قسمت ب) خواهد بود.
- منحنی پرتوزایی گامایی: مقدار پرتوزایی این سازندها، اغلب کم است (نسبت به طبقات رسی، مارنی یا شیلی) و آبدار بودن این سازندها نیز به‌طور معمول تغییر مشخصی را روی نگار پرتوزایی گاما ایجاد نخواهد کرد.

۲-۱-۵ گزارش نهایی

این گزارش شامل مدارک و اطلاعات زیر است :

الف) ارایه نقشه موقعیت گمانه‌هایی که در آن‌ها برداشت‌های چاه‌نگاری صورت گرفته است،

ب) ارایه مقطع لیتولوژی تلفیقی از روش‌های چاه‌نگاری مورد استفاده،
ج) مقایسه مقطع لیتولوژی چاه‌نگاری با مقطع زمین‌شناسی و تعیین یک مقطع مشترک،
توجه: این قسمت در صورتی قابل ارایه است که نتایج به‌دست آمده از آنالیز مغزه‌ها و تعیین مقطع زمین‌شناسی صورت گرفته باشد. بدیهی است مطالعات زمین‌شناسی، در چارچوب وظایف ژئوفیزیک نیست.
د) تعیین محدوده‌های آبدار و مقایسه آن‌ها با یکدیگر، و معرفی مناسب‌ترین افق تغذیه‌کننده چاه و اطلاعات مربوط به کیفیت آب در حد کارآیی روش‌های چاه‌نگاری مورد استفاده.

۲-۲ مطالعات ژئوتکنیک

۱-۲-۲ مقدمه

دانش چاه‌نگاری عبارت است از فن ثبت ویژگی‌های لیتولوژی و فیزیکی طبقات و سنگ‌های احاطه‌کننده دیواره چاه آزمایشی (گمانه).

اهمیت حفاری‌های ژئوتکنیکی در ساختگاه سد و سایر سازه‌های آبی، و هزینه زیادی که این حفاری‌ها و مغزه‌گیری آن‌ها به پروژه‌های منابع آب تحمیل می‌نمایند از یک طرف، و محدودیت‌های موجود در مغزه‌گیری گمانه‌ها (مانند شسته شدن لایه‌های سست، ناپیوستگی مغزه‌ها به دلیل حل شدن سنگ‌ها و وجود غارها و غیره) از طرف دیگر، اجرای روش‌های مختلف چاه‌نگاری را به عنوان یک وسیله مکمل و مفید مطرح می‌نماید.

با در نظر گرفتن موارد بالا و توجه به این‌که همه روش‌های چاه‌نگاری، در ژئوتکنیک کاربرد یکسانی ندارند، هریک از روش‌های چاه‌نگاری، برای تعیین سرشتی‌های مشخصی از سنگ‌ها (مانند درجه تخلخل، نفوذپذیری، چگالی و غیره) کارایی لازم را دارا می‌باشند. در این فصل «روش‌های پیشنهادی چاه‌نگاری در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک مطابق راهنمای ISRM^۱» ارایه شده است.

۲-۲-۲ روش‌های پیشنهادی چاه‌نگاری در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک

۱-۲-۲-۲ معرفی فنی

۱- چاه‌نگاری ژئوفیزیکی گمانه^۲ (چاه آزمایشی)، می‌تواند برای اندازه‌گیری تعدادی از پارامترهای فیزیکی سازندهای زمین‌شناختی که توسط چاه مزبور قطع شده، مورد استفاده قرار گیرد. در مراحل بعد ممکن است از اطلاعات به‌دست آمده، علاوه بر یافته‌های دیگر برای تعیین هندسه ناپیوستگی‌های ساختاری اصلی زیرسطحی و تخمین ویژگی‌های مکانیکی سازندهای احاطه‌کننده چاه استفاده نمود.

1 - International Society for Rock Mechanics

2 - Borehole

۲- به دلیل هزینه زیاد تجهیزات تخصصی و تجربه مورد نیاز در تفسیر چاه‌نگاری ژئوفیزیکی، این مطالعات اغلب توسط سازمان‌های تخصصی انجام می‌شود. با وجود این، بعضی از سیستم‌های چاه‌نگاری نسبتاً ساده نیز برای استفاده برای چاه‌های با قطر کم (کمتر از ۸۰ میلی متر) تا اعماق کمتر از ۱۰۰۰ متر عرضه شده‌اند.

تجهیزات چاه‌نگاری^۱

۳- تجهیزات چاه‌نگاری، به‌طور کلی برای انجام نگاربرداری ژئوفیزیکی چاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی که تمام چاه‌نگاری از نظر اجزای اصلی مشابه هستند، در میان سازمان‌های متخصص نگاربرداری جزئیات آن متفاوت است.

۴- یک سیستم چاه‌نگاری ژئوفیزیکی، به‌طور کلی از اجزای زیر تشکیل شده است :

(الف) سوند درون چاهی ممکن است شامل تعدادی ابزار فرستنده و حس کننده باشد. بنابراین اندازه‌گیری فیزیکی متعدد را می‌توان همزمان انجام داد،

(ب) یک کابل مسلح شامل چند رشته رساننده الکتریکی خطوط انتقال است که سوند به آن متصل بوده و از طریق آن سیگنال‌های ارسالی و دریافتی انتقال می‌یابند،

(ج) یک جرثقیل کابلی و دکل یا سه پایه برای پایین بردن و بالا کشیدن سوند در چاه،

(د) یک رشته^۲ کالیبره شده روی دکل یا سه پایه برای اندازه‌گیری طول کابل در درون چاه،

(ه) مولد نیرو در سطح زمین، و

(و) یک سیستم الکترونیکی برای ثبت سیگنال‌های دریافت شده از سوند. سیگنال‌های به‌دست آمده، به‌صورت تابعی از عمق ثبت می‌شوند و نگار ژئوفیزیکی چاه را تشکیل می‌دهند.

۵- این اجزاء به‌صورت تکه‌تکه بوده و در مکانی که باید چاه‌نگاری انجام شود، در مناسب‌ترین حالت قرار می‌گیرد. کامیون‌ها برای مکان‌هایی که قابل دسترسی باشند به‌کار گرفته می‌شوند. اما برای انتقال به مکان‌های دور توسط هلیکوپتر یا حمل به زیرزمین، می‌توان آن را از هم جدا و به قطعات مجزا تبدیل کرد.

اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی نگار در چاه

۶- انواع مختلف سوندهای چاه‌نگاری در چهار دسته زیر قرار می‌گیرند :

(الف) نگارهای الکتریکی : شامل مقاومت ویژه الکتریکی (نرمال، میکرو لوگ و ابزارهای متمرکز شده^۳)، پتانسیل خودزا (sp) و نگارهای القایی،

(ب) نگارهای تشعشعی : شامل نگارهای پرتو گامای طبیعی، نوترون و نگارهای گاما - گامایا چگالی،

(ج) نگارهای صوتی : از جمله نگار دور تصویرنما^۴، و

(د) نگارهای متفرقه : از جمله قطرسنجی^۵، دماسنجی، شیب‌سنجی و امتداد لایه، شیب‌سنج و نگار تلویزیونی.

1 - Wire Line Equipment

2 - Sheave

3 - Normal Microlog and Focussed Devices

4 - Televiwer

5 - Caliper

نگارهای الکتریکی

۷- سوندهای نگار الکتریکی برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه سازندهای احاطه‌کننده چاه و پتانسیل‌های خودزای درون خود چاه به کار می‌رود. به‌استثنای سنگ‌های دارای کانی‌های رسانا، مقاومت ویژه الکتریکی سازندها وابسته به وجود آب و شوری آب بین دانه‌ای بوده و به‌اندازه و پیوستگی فضاها بین دانه‌های مزبور بستگی دارد. پتانسیل خودزا در گمانه‌ها به‌طور کلی توسط تفاوت شوری بین سیال حفاری و مایع اشباع‌کننده سازند مجاور ایجاد می‌شود. بنابراین، پاسخ نگارهای الکتریکی فقط تحت تأثیر ماهیت آب بین دانه‌ای و طبیعت منافذ مزبور می‌باشد.

۸- نگارهای مقاومت ویژه متداول، شامل مقاومت تک الکترودی و ابزار نرمال و جانبی است. این سوندها به مقاومت ویژه سازندهای احاطه‌کننده چاه پاسخ می‌دهند. ابزار نرمال، اغلب برای هدف‌های کنترل چینه‌شناسی مورد استفاده هستند و در شرایط خاصی، ممکن است تخمینی از تخلخل زون‌های متخلخل یا تراوا را ارائه نمایند.

۹- نگار پتانسیل خودزا (SP)، به اختلاف پتانسیل الکتریکی موجود در مرز بین سازندهای مختلف درون چاه پاسخ می‌دهد. این پتانسیل‌ها دارای اساس الکتروشیمیایی بوده و برای ایجاد آن‌ها به تفاوت مقاومت بین سیال حفاری و مایع طبیعی درون‌سازند نیاز است. نگار SP، همراه مقاومت ویژه برای بررسی همبستگی و تعیین مرز بین سازندها به کار گرفته می‌شود. بزرگی SP را در شرایط خاص، برای تعیین مقاومت ویژه و در نتیجه برای تعیین شوری آب سازندهای طبیعی می‌توان به کار برد.

۱۰- دستگاه‌های خرد مقاومت ویژه، تشکیل شده از میکروالوگ^۱، میکرولاترالوگ^۲ و دستگاه پراکسیمیتی^۳ است. این دستگاه‌ها، سوندهای ظریف مقاومت ویژه هستند که توسط بالشتک به دیواره چاه فشار داده می‌شوند. این سوندها اطلاعات بسیار دقیقی را از مرز بین سازندهایی که توسط چاه قطع شده تهیه می‌کنند، و اغلب برای تعیین محل و مشخص کردن طبقات تراوا و تعیین تخلخل این لایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۱- نگارهای مقاومت ویژه، جریان متمرکز شده^۴ خاصی بوده و شامل لاترالوگ^۵، گاردلوگ^۶ و نگار متمرکز شده کروی^۷ می‌باشد (همچنین میکرولاترالوگ بند ۱۰). این دستگاه‌ها توسط شرکت‌های خدماتی متخصص در نگاربرداری ژئوفیزیکی چاه معرفی شده‌اند. این دستگاه‌ها برای تخمین‌های مقاومت ویژه حقیقی سازندهای بسیار مقاوم که توسط چاه با سیال حفاری شور قطع شده‌اند به کار برده می‌شوند. وجود شکستگی‌ها در سنگ‌های بسیار مقاوم بلورین، اغلب با کاهش مقاومت ویژه حقیقی مشخص می‌شوند.

1 - Microlog

2 - Microlateralog

3 - Proximity Devices

4 - Focussed log

5 - Lateralog

6 - Guardlog

7 - Spherically – Focussed log

۱۲- نگار القایی، وسیله‌ای است که با به‌کارگیری امواج الکترومغناطیسی، رسانندگی سازندهای قطع شده توسط چاه را مشخص می‌کند. با توجه به این‌که به سیال درون‌چاهی که از نظر الکتریکی هادی باشد جهت ایجاد اتصال با سازند مجاور نیازی وجود ندارد، نگار القایی را می‌توان در چاه‌های خشک و آن‌هایی که توسط آب شیرین یا نفت پر شده‌اند به‌کار برد. دستگاه القایی، در شرایطی که محیط‌های بلافاصله اطراف چاه پاسخ کمی را ارائه می‌کنند بسیار عالی است. و چون این دستگاه به لایه‌های نازک با مقاومت کم پاسخ می‌دهد، آن را اغلب می‌توان برای تشخیص وجود شکستگی‌ها در سنگ‌های بلورین به‌کار برد.

نگارهای تابشی

۱۳- سوندهای تابشی، برای اندازه‌گیری پرتوزایی طبیعی سازندهای مجاور چاه و پاسخ آن به بمباران نوترون‌ها یا پرتوهای گاما به‌کار می‌رود. با توجه به این‌که پاسخ این سوندها، ماهیت آماری دارد، سرعتی که چاه طی آن نگاربرداری می‌شود، در به‌دست آوردن برداشت قابل اطمینان، قابل اهمیت است. نگارهای تابشی به‌طور کلی شامل: سوندهای اشعه گامای طبیعی^۱، نوترون^۲ و گاما- گامای چگالی^۳ می‌باشد.

۱۴- سوند پرتو گاما، پرتوزایی گامای طبیعی سازندهای مجاور چاه را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به این‌که عناصر رادیواکتیو، در کلیه سنگ‌ها حضور داشته و به تمرکز در رس‌ها و شیل‌ها تمایل دارد، سوند پرتو گاما را می‌توان برای کنترل چینه‌شناسی به‌کار برد، که منعکس‌کننده محتوای رسی و شیلی سازندهای رسوبی و ناپوستگی در سنگ‌های بلورین می‌باشد.

۱۵- سوند نوترون، پاسخ سازند اطراف چاه را به بمباران توسط نوترون‌های با انرژی بالا اندازه‌گیری می‌کند. نوترون‌های نامبرده، به‌طور بسیار مؤثری توسط هسته هیدروژن کند می‌شوند. بسته به نوع سوند نوترون، پرتو گاما یا گیراندازی نوترون‌هایی که از سرعت آن‌ها کاسته شده اندازه‌گیری می‌شوند. پاسخ سوند، به‌طور وسیعی به تمرکز هسته‌های هیدروژن در سازند اطراف چاه بستگی داشته و بنابراین شاخص خوبی از تخلخل را ارائه می‌کند.

۱۶- سوند گاما - گاما (چگالی)، پاسخ سازند اطراف چاه را به بمباران توسط پرتو گاما با انرژی متوسط (۲Mev - ۰.۱) را اندازه‌گیری می‌کند. توسط الکترون‌های سازند، از سرعت این پرتو کاسته شده و بازپراکنش می‌نماید. میزان بازپراکنش پرتو گامای اندازه‌گیری شده توسط سوند، با چگالی کپه‌ای سازند اطراف چاه^۴ نسبت عکس دارد.

۱۷- سوندهای اکوستیک یا صوتی، سرعت امواج الاستیک تراکمی را که در سازند بلافاصله چاه انتشار می‌یابد اندازه‌گیری می‌کند. سرعت‌های موج برشی و ویژگی‌های تضعیف هر دو نوع موج، ممکن است در شرایط خاصی اندازه‌گیری شود. اندازه‌گیری‌های سرعت‌ها و تضعیف امواج تراکمی و برشی، ممکن است با ویژگی‌های مکانیکی و درجه شکستگی سازند همبستگی داشته باشد.

1 - Natural Gamma Ray

2 - Neutron

3 - Gamma -Gamma Density

4 - Back Scatter

۱۸- دورنگر^۱ چاه گمانه (یا لرزه‌نگر) دستگاهی اختصاصی است که دامنه امواج فراصوتی^۲ بازتاب یافته از دیواره چاه را اندازه‌گیری می‌کند. دامنه‌های اندازه‌گیری شده، تابعی هستند از هموار بودن دیواره چاه و وجود ناپیوستگی‌هایی که چاه را قطع کرده‌اند. نگاشت به‌دست آمده، به‌طور کلی، تصویری بزرگ شده از دیواره چاه می‌باشند.

۱۹- سوند کالیپر^۳ (قطرسنج) به‌طور پیوسته، قطر متوسط چاه را در طول آن اندازه‌گیری می‌کند. برای تصحیح تفسیر نگارهای دیگر که متأثر از تغییر قطر چاه می‌باشند، نگار کالیپر مورد نیاز است. تغییرات در قطر چاه، ممکن است شاخص تغییرات در لیتولوژی دیواره چاه باشد. برخی از سوندهای قطرسنج، به‌طور رضایت بخشی به تعیین محل شکستگی‌های منفرد قطع شده توسط چاه حساس هستند.

۲۰- سوند دماسنج، دمای سیال چاه را در مجاورت سازندهای موردنظر اندازه‌گیری می‌کند. بی‌هنجاری‌های دما در شرایط خاص، مانند جریان‌های آب زیرزمینی یا گازی که به طرف چاه روان هستند، اندازه‌گیری می‌شوند.

۲۱- مطالعات جهتی، شیب و جهت شیب چاه گمانه را ارایه می‌کند.

۲۲- شیب‌سنج^۴ پیوسته (نگار شیب)، دستگاه خاصی است که شیب و جهت شیب ناپیوستگی‌های بریده شده توسط چاه را اندازه‌گیری می‌کند. در آن، سه یا چهار نگار الکتریکی ظرفیت یکسان به‌کار گرفته شده که در یک بالشتک لاستیکی جای گرفته و دور محیط چاه با فاصله‌های مساوی قرار می‌گیرد.

در طول عمل شیب‌سنج، بالشتک‌های لاستیکی برای تماس با دیواره چاه، فشار داده می‌شود. اطلاعات به‌صورت رقمی ثبت شده و پردازش رایانه‌ای می‌یابند. این عمل، برای به‌دست آوردن شیب‌ها و جهت شیب‌های ناپیوسته قطع شده در فواصل طول دیواره چاه انجام می‌پذیرد.

میل‌سنج^۵، به‌صورت جزئی از سوند شیب‌سنج، داده‌های لازم برای تعیین بزرگی و جهت هرگونه انحراف چاه را ثبت می‌کند. این اطلاعات با شیب نسبی و داده‌های قطرسنج، برای تعیین شیب حقیقی و زاویه سمت سازند تلفیق می‌گردد.

۲۳- نگار TV، تصویری از دیواره چاه را با سطح استوانه‌ای باز شده برای پرکردن صفحه نمایش اسیلوسکوپ تهیه می‌کند. برای تحلیل بیشتر، ممکن است تصویر به شکل نوارهای ویدیویی درآید. برای استفاده موفقیت‌آمیز از این سیستم، باید چاه خالی یا پر از آب شفاف باشد.

طرز عمل: حفاری گمانه

۲۴- گمانه ممکن است به یکی از روش‌های ضربه‌ای یا دورانی- هیدرولیک و یا ترکیبی از آن‌ها حفاری شود. از روش دورانی- هیدرولیک، به‌طور گسترده استفاده می‌شود، اگر چه هنوز در مناطقی که لایه زیرین آن

1 - Televiewer
2 - Ultrasonic
3 - Caliper
4 - Dipmetre
5 - Inclinometre

سنگ‌های سخت باشد حفاری ضربه‌ای بهترین روش است. برای نگاربرداری ژئوفیزیکی، چاه باید دارای چنان قطری باشد که برای قطورترین سوند نیز فضای کافی وجود داشته باشد تا بتواند به‌طور آزاد و بدون ترس از چسبیدن به دیواره چاه عبور نماید. با توجه به این‌که سوند درون چاهی اغلب شامل تعدادی ابزار سنجنده است که هرکدام اندازه‌گیری‌ها را در موقعیت‌های مختلف روی سوند ثبت می‌کند، طول چاه تعیین می‌کند که تا چه عمقی را می‌توان نگاربرداری کرد. آخرین نقطه ثبت، ممکن است چندین متر بالاتر از انتهای چاه باشد.

۲۵- برای آماده‌سازی یک چاه برای نگاربرداری، آن چاه باید از سیال، گل حفاری یا آب پر باشد. نوع سیال حفاری دارای اهمیت ویژه‌ای در چاه‌نگاری الکتریکی بوده و برای برداشت‌های خوب آن می‌توان استفاده از آب یا سیال حفاری که پایه آن، آب با شوری به نسبت کمی است توصیه نمود.

۲۶- اغلب دیواره چاه باید با نصب لوله پشتیبانی شود. لوله‌گذاری چاه با لوله‌های فولادی گستره، اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی مفید در سوند را محدود می‌کند که در این صورت بهتر است از نگارهای تابشی استفاده شود. وجود لوله‌گذاری پلاستیکی از پاسخ نگارهای مقاومت ویژه و SP جلوگیری می‌کند مگر آن‌که تعداد زیادی سوراخ برای ارتباط با سازند داشته باشند.

روشن نگاربرداری

۲۷- معمولاً وقتی که سوند در چاه آزمایشی بالا می‌آید نگاربرداری می‌شود. سرعتی که در آن چاه آزمایشی نگاربرداری می‌شود به نوع اندازه‌گیری بستگی دارد. گستره آن از حدود ۴ متر در دقیقه برای نگار تابشی و قطر سنج تا ۳۰ متر در دقیقه برای نگارهای الکتریکی و صوتی تغییر می‌کند. اگر نگاربرداری رضایت‌بخشی مورد نظر باشد، باید به ماهیت سیال چاه توجه ویژه‌ای منظور داشت. اگر چاه دارای لوله جدار فولادی است، فقط نگارهای تابشی در مقابل بخش‌های لوله‌گذاری شده چاه مؤثر خواهد بود.

۲۸- برای ارزیابی کیفیت نگاربرداری ژئوفیزیکی در یک چاه، توصیه می‌شود که «قسمت تکراری» ۱۰ تا ۳۰ متر را که برای دومین بار نگاربرداری شده، در برنامه برداشت به حساب آورده شود.

۲۹- باید تأکید کرد که موفقیت هر برنامه نگاربرداری ژئوفیزیکی، به انتخاب درست سوندها برای شرایط لیتولوژی مورد انتظار و به کیفیت ثبت نگاربرداری چاه بستگی دارد. بنابراین از این‌که تجهیزات مورد استفاده در نگاربرداری چاه دارای شرایط رضایت‌بخش است و از بودن معیار مطمئنی که توسط آن، استاندارد بودن چاه‌نگاری سنجیده می‌شود مطمئن بود. شرکت‌های متخصص در چاه‌نگاری ژئوفیزیکی، اغلب چنین کنترلی را استقبال می‌کنند، زیرا در جریان این عمل، علاوه بر دقت، خود را برای اطمینان از نتایج مطلوب آماده می‌کنند.

تفسیر

۳۰- تفسیر نگارهای ژئوفیزیکی چاه، به تجربه متخصص نیاز دارد. به‌طور کلی، وقتی که نتیجه‌های چاه‌نگاری، با انواع مختلف سوندها با هم در نظر گرفته شوند، تفسیر بیشتر قابل اعتماد خواهد بود. سازمان‌های متخصص چاه‌نگاری ژئوفیزیکی خدمات مربوط به تحلیل حرفه‌ای نگار را ارائه می‌کنند.

۳۱- باید تمایز روشنی بین خود اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیکی انجام گیرد. این اندازه‌گیری‌ها، به آن دسته از مشخصات فیزیکی یا مکانیکی که با استفاده از فرمول‌های نظری محاسبه شده‌اند و آن دسته از ویژگی‌ها که به‌طور غیرمستقیم از راه همبستگی خواص محاسبه شده و مورد نظر به‌دست آمده‌اند مربوط می‌شوند. فرمول‌های نظری، باید فقط پس از آزمایش‌های دقیق برای اعتبار آن‌ها در مورد سؤال مطرح شده به‌کار برده شوند، بدین منظور ایجاد همبستگی‌ها اغلب ترجیح داده می‌شوند.

۳۲- اولین گام در تفسیر، انجام تصحیح لازم در ارقام سوند (در ارتباط با قطر چاه و مشخصات سیال درون آن) است برداشت‌های ژئوفیزیکی متعدد در هریک از گمانه‌های مختلف، ممکن است با هم مقایسه شده و برای تعیین هندسه ساختارهای زیرسطحی که توسط چاه قطع شده، همبستگی یابند. اگر برداشت‌های شیب‌سنجی یا دورنگری در چاه‌ها صورت گیرد، تفسیر را به‌طور قابل ملاحظه‌ای آسان‌تر نموده و ساختارهای بسیار پیچیده پس از آن معلوم می‌گردند.

۳۳- ویژگی‌های مربوط به مقاومت مکانیکی و قابلیت تغییر شکل سازند کنار چاه را، می‌توان توسط نگارهای صوتی و چگالی تخمین زد. نتایج عملیات صحرائی نشان داده است که نگارهای الکتریک و نوترون، می‌توانند در شرایط خاصی اطلاعاتی را در مورد مقاومت مکانیکی سنگ‌های بلورین ارائه دهند.

۳۴- نمودارهای مقاطع اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط ابزارهای مختلف نگاربرداری (به‌طور مثال نگارهای نوترون - صوتی و چگالی - صوتی) می‌تواند اطلاعات مفیدتری را در مورد لیتولوژی، درجه شکستگی و تخلخل سازند مجاور چاه ارائه دهد. توسط شرکت‌های متخصص نگاربرداری ژئوفیزیکی، برای کاربردهای نمودارهای مقاطع رایانه‌ای به‌منظور جنبه‌های مختلف تفسیر نگار کوشش زیادی صورت گرفته است.

خدمات قابل دسترسی

۳۵- خدمات قابل دسترسی از سازمان‌های متخصص نگاربرداری ژئوفیزیکی، در سه گروه زیر دسته‌بندی می‌شوند. باید یادآوری کرد که ممکن است سیستم‌های نگاربرداری توضیح داده شده در بخش‌های ۱ و ۲ زیر، خریداری شوند:

(۱) عمق کم (تا ۲۰۰ متر)، سیستم‌های نگاربرداری قابل حمل یا موتوری: که می‌تواند اندازه‌گیری و ثبت مقاومت الکتریکی با سیستم تک قطبی، SP و پرتوژیامی گامای طبیعی به‌صورت تابعی از عمق چاه در گمانه‌های با قطر تقریبی ۵۰ میلی‌متر انجام دهد. قطر سوندها حدود ۴۱ میلی‌متر است. بسته به نوع، چنین دستگاهی حدود ۸۰ کیلوگرم وزن خواهد داشت.

(۲) عمق متوسط (تا ۱۰۰۰ متر)، سیستم‌های موتوری دستگاه‌های نگاربرداری قابل حمل ثبت سوندها می‌توانند نگارهای زیر را در گمانه‌های با قطر ۷۵ میلی‌متر به‌صورت تابعی از عمق ثبت کنند:

- مقاومت ویژه الکتریکی، SP و مقاومت تک قطبی، قطر سوند ۳۸ - ۵۰ میلی‌متر،

- پرتو گاما و نوترون: قطر سوند ۴۳ میلی‌متر،

- چگالی: قطر سوند ۴۳ میلی‌متر،

- صوتی : قطر سوند ۵۴ میلی متر،
- قطرسنجی : قطر سوند ۳۲ میلی متر، و
- دما : قطر سوند ۳۷ میلی متر.

مجموعه این قطعات، دارای وزنی حدود ۲۰۰ کیلوگرم می‌باشد. به دلیل خطر روش‌های نوترون و چگالی، کار باید توسط افراد با تجربه و دارای مجوز انجام شود.

(۳) سیستم‌های نگاربرداری کامل به صورت یک کامیون آزمایشگاهی و یا قطعات جدا از هم : گستره وسیعی از خدمات را برای چاه‌های عمیق انجام می‌دهد. رکوردها اغلب به صورت رقمی برای تحلیل‌های بعدی تهیه می‌شوند. از آنجایی که این سیستم‌ها ابتدا برای کاربرد صنعت نفت اختراع شده بود، اندازه سوندها بزرگ‌تر از آنهایی بود که در گروه ۲ شرح داده شده است (قطر بزرگ‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر)؛ در نتیجه، چاه‌های با قطر ۱۴۰ میلی‌متر یا بزرگ‌تر مورد لزوم است.

به هر حال، قطرهای کوچک زیر، برای استفاده با این دستگاه‌ها در گمانه‌های با قطر حدود ۷۵ میلی‌متر به کار می‌رود:

- مقاومت ویژه الکتریکی و SP : قطر سوند ۳۸ میلی متر،
- القایی : مقاومت ویژه الکتریکی و SP، قطر سوند ۵۶ میلی متر،
- پرتو گاما و نوترون : قطر سوند ۴۳ میلی متر،
- چگالی (جبران شده) : قطر سوند ۴۳ میلی متر،
- صوتی (گمانه جبران نشده) : قطر سوند ۴۳ میلی‌متر، صوتی (گمانه جبران‌شده)، قطر سوند ۵۰ میلی‌متر،

- قطرسنج : قطر سوند ۴۴ میلی متر، و
- دما : قطر سوند ۴۳ میلی متر.

این خدمات توسط گروه کوچکی از شرکت‌های نگاربرداری متخصص ارائه می‌شود.

۳۶- باید در نظر داشت، وقتی که شرکت‌های نگاربرداری متخصص استخدام شوند، مصرف کننده به هر حال باید مسئول بازیافت یا جابه‌جایی سوندهای از دست رفته در اثر غارشدگی و یا اتفاقات دیگر باشند. در مورد سوندهای نوترون و چگالی، چنین از دست رفتن‌هایی ممکن است خطرات جانی و جدی داشته و یک خطر ایمنی سنگین ایجاد کند.

۳۷- علاوه بر نگارهایی که پیش از این گفته شد، شرکت‌های نگاربرداری، متخصص خدماتی را ارائه می‌دهند که دو سوند تخصصی ژئوفیزیکی شامل شیب و جهت شیب ناپیوستگی‌های داخل چاه را اندازه می‌گیرد. این‌ها، شیب‌سنج (شیب نگار) هستند و گمانه دورنگر (لرزه نگار).

۳۸- کوچک‌ترین شیب‌سنج توسط شرکت‌های نگاربرداری متخصص ارائه شده که قطری برابر ۱۰۰ میلی‌متر داشته و می‌تواند در گمانه‌های ۱۱۳ میلی‌متری یا بزرگ‌تر کار کند. اغلب، گمانه‌های ۱۴۰ میلی‌متری یا بزرگ‌تر برای بررسی‌های شیب‌سنجی لازم است.

شیب سنجها به طور کلی بررسی های جهت یابی چاه را انجام می دهند. کوچک ترین گمانه دورنگر، ۸۶ میلی متر قطر داشته و می تواند در گمانه های ۱۰۰ میلی متر قطر یا بیشتر کار کند. دیگر سوندهای دورنگر، بزرگترند و در گمانه هایی که حداقل ۱۲۰ میلی متر قطر دارند کار می کنند.

۲-۲-۲-۲ روش های پیشنهادی برای نگارهای مقاومت تک قطبی و مقاومت ویژه متداول

کلیات

- ۱- نگار مقاومت تک قطبی، شامل ثبت مقاومت الکتریکی (بین یک منبع الکتروود B واقع در سطح زمین) و یک الکتروود دیگر (A در سوند) است که آزادانه در یک گمانه پر از سیال رسانای الکتریکی حرکت می کند. مقاومت اندازه گیری شده، بازتاب مقاومت ویژه های الکتریکی سازندهای مجاور گمانه است. وقتی سوند به طرف بالا کشیده می شود، می توان از نگار مقاومت تک قطبی حاصل از تغییر مقاومت ویژه های سازند اندازه گیری کیفی به دست آورد.
- ۲- نگارهای مقاومت ویژه متداول (نرمال و جانبی)، ثبت مقاومت ویژه های ظاهری سازندهای مجاور یک گمانه پر از سیال رسانای الکتریکی است. در واقع آن ها با عبور جریان در داخل سازند بین دو الکتروود A و B، و همچنین اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین الکتروودهای M و N به دست می آیند.
- ۳- برای یک دستگاه نرمال، الکتروودهای A، M و N در سوند داخل چاه و الکتروود B در سطح زمین یا جایی در چاه در فاصله زیادتری از بازه AN قرار می گیرد. الکتروودهای B و N در بی نهایت فرض می شوند و فاصله آن ها از الکتروود A خیلی بزرگتر از فاصله AM می باشد. بازه AM تقریباً نصف شعاع بررسی دستگاه نرمال است. اگرچه تعدادی از بازه های مختلف به کار می رود، ولی ۰/۴ متر (۱۶ اینچ) برای «نرمال کوچک» و ۱/۶ متر (۶۴ اینچ) برای «نرمال بزرگ» متداول است.
- ۴- برای دستگاه جانبی، الکتروودهای A، B و M در سوند داخل چاه طوری قرار گرفته اند که فاصله AB در مقایسه با AM کوچک تر است. فرض می شود که الکتروود N در بی نهایت باشد و در سطح یا داخل چاه (با فاصله AN که خیلی بیشتر از AM است) قرار می گیرد. نقطه وسط بین الکتروودهای A و B به عنوان نقطه مرجع در نظر گرفته می شود که بازه OM آن تقریباً به اندازه شعاع بررسی دستگاه جانبی است. اگرچه تعدادی از بازه های مختلف OM به کار می رود، ولی ۵/۷ متر (۱۸ فوت، ۸ اینچ) یا اغلب کمتر از ۱/۸ متر (۶ فوت) متداول است.
- ۵- نگارهای مقاومت ویژه نرمال (اغلب نرمال کوچک)، برای همبستگی ها، تعیین لیتولوژی و تشخیص مرز لایه ها به کار می رود. نرمال کوچک همچنین برای اندازه گیری مقاومت ویژه زون های متخلخل تراوا که با پالایه گل آغشته شده به کار می رود، در حالی که نرمال بزرگ، برای نشان دادن مقدار مقاومت ویژه بین زون آغشته و مقاومت ویژه حقیقی سازند. در شرایط خاصی می توان گفت که نرمال کوچک می تواند برای تعیین تخلخل زون های متخلخل تراوا مورد استفاده قرار گیرد.

۶- دستگاه جانبی ممکن است برای برآورد مقاومت ویژه حقیقی سازند به کار رود، به شرط این که پاسخ، تحت تأثیر رخنه پالایه گل قرار نگیرد. جدا از پاسخ‌نگارهای نرمال، پاسخ‌نگارهای جانبی در مقابل طبقات یکنواخت متقارن نبوده و به‌طور مشخصی، در لایه‌های نازک دچار اغتشاش می‌شود.

تجهیزات

۷- به‌طور کلی تجهیزات شامل :

- الف) مقاومت تک قطبی : یک سوند متحرک همراه با الکتروود A.
- ب) مقاومت ویژه الکتریکی نرمال : یک سوند متحرک همراه با الکتروود A نزدیک ته سوند، الکتروود M در ۰/۴ یا ۱/۶ متر (یا بعضی بازه‌های دیگر) در بالای الکتروود A و الکتروود N در فاصله چند برابر بازه AM .
- ج) دستگاه جانبی : یک سوند متحرک همراه با الکتروود B نزدیک انتهای سوند، الکتروود A بالای الکتروود B (۰/۸ متر برای OM ۵/۷ متر) ، الکتروود M ، ۵/۷ متر بالای نقطه وسط الکتروودهای A و B و الکتروود N در فاصله خیلی بزرگ‌تر از OM .
- د) یک مدار الکترونیکی برای ارسال جریان ثابت بین الکتروودهای A و B .
- ه) یک گالوانومتر با یک ثابت برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین الکتروودهای M و N در دستگاه‌های مقاومت ویژه و بین A و B برای نگار مقاومت تک قطبی .
- و) مدارهای الکترونیکی برای انتخاب مقیاس .
- ز) یک قرقره، یک کابل مسلح شده چند سیمی رابط سوند به سطح و یک وسیله اندازه‌گیری عمق سوند در چاه. حرکت سوند در چاه باید با دستگاه ثابت که همزمانی عمق چاه و نمایش آن روی دستگاه را تضمین می‌کند همخوانی داشته باشد.
- ح) یک سنجنده مقاومت ویژه سیال .

طرز کار

- ۸- به محض این که گمانه حفر و با سیال هادی الکتریکی پر شد، سوند در داخل چاه فرستاده می‌شود. سیال باید به سرعت و قبل از شروع نگاربرداری به گردش درآید. در حالی که سوند به داخل چاه فرستاده می‌شود، یک مقیاس مناسب برای نمایش ثبت انتخاب خواهد شد.
- ۹- سوند داخل قسمت بدون لوله‌گذاری چاه، با آهنگ ثابتی بالا کشیده می‌شود و اندازه‌گیری‌های مقاومت ظاهری یا مقاومت ویژه الکتریکی، به‌طور پیوسته ثبت می‌گردد. آهنگ حرکت در چاه، حدود ۴-۳۰ متر در دقیقه است. این نگارها، اغلب با دیگر نگارها مثل نگار SP ثبت می‌شود.
- ۱۰- مقاومت ویژه الکتریکی پالایه گل یا آب، در دستگاهی که مقاومت ویژه سیال را می‌سنجد در دمای معین اندازه‌گیری می‌شود. اگر درجه شوری شناخته شده باشد، می‌توان مقاومت ویژه پالایه گل را محاسبه کرد.

محاسبه و تفسیر نتایج

۱۱- در سازندهای متخلخل و تراوا، مقاومت الکتریکی ظاهری یا مقاومت ویژه ظاهری، که با دستگاه اندازه‌گیری می‌شود، به چند عامل بستگی دارد که عبارتند از: مقاومت ویژه حقیقی سازند R_t ، مقاومت ویژه زون آغشته (رخنه) R_i ، قطر زون آغشته d_i ، مقاومت ویژه سازندهای مجاور R_s ، مقاومت ویژه سیال حفاری R_m ،

ضخامت لایه e ، بازه الکتروود و قطر چاه d . شکل منحنی ثبت شده، تحت تأثیر نسبت ضخامت سازند به بازه دستگاه قرار دارد. برای دستگاه‌های مقاومت ویژه نرمال و مقاومت تک قطبی، منحنی‌ها نسبت به مرکز سازند متقارند، در حالی که برای دستگاه‌های جانبی، منحنی‌ها متقارن نیستند.

۱۲- برای تفسیرهای کیفی این نگارها (مانند شناخت لیتولوژی و همبستگی سازندها در بین گمانه‌ها و تعیین مرزهای سازند) به محاسبات نیازی نیست.

۱۳- اگر ضخامت سازند بیش از ۵ برابر (بازه دستگاه نرمال) و ۳ برابر (بازه دستگاه جانبی) باشد و قطر رخنه و گمانه در مقایسه با بازه کوچک باشد، در تفسیر کمی، مقاومت ویژه حقیقی سازند به طور مستقیم از نگارهای مقاومت ویژه به دست می‌آید. در غیر این صورت، مقاومت ویژه ظاهری اندازه‌گیری شده باید برای ضخامت سازند، اثرات سازندهای مجاور و برای قطرهای گمانه و رخنه تصحیح شوند. این تصحیحات با استفاده از منحنی‌های استاندارد یا چارت‌های تفسیری انجام می‌شود.

۱۴- ضریب سازند F ، نسبت مقاومت ویژه یک سازند متخلخل تراوای کاملاً اشباع از آب را به مقاومت ویژه آب اشباع کننده مشخص می‌کند. ضریب سازند به تخلخل سازند ϕ بستگی دارد و از رابطه آرسی $F = a\phi^m$ به دست می‌آید که مقدار a حدود ۱ و m تقریباً ۲ است. ضریب سازند، می‌تواند در شرایط معینی از نسبت مقاومت ویژه ظاهری اندازه‌گیری شده توسط دستگاه نرمال به مقاومت ویژه سیالی که از گل به سازند رخنه کرده است به دست آید.

گزارش نتایج

۱۵- گزارش باید شامل داده‌های زیر باشد:

(الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصه‌های سیال حفاری و موقعیت هر نوع لوله گذاری.

(ب) نگار مقاومت یا مقاومت ویژه با مقیاسی مناسب، همراه با نمودار مغزه یا قطعات نمونه در صورت در دسترس بودن. نگار باید با مشخصات کامل مجموعه تجهیزات مورد استفاده همراه باشد.

(ج) همبستگی‌های ممکن با دیگر نگارها.

(د) همبستگی‌های مقاومت ویژه ظاهری که با نگارهای مختلف در یک نقطه خاص به دست می‌آید.

(ه) محاسبه مقاومت ویژه حقیقی سازند، مقاومت ویژه زون رخنه (آغشته) و درجه تخلخل محدوده‌های متخلخل و تراوا.

تذکر:

مقیاس افقی از ۲۰ تا ۱۰۰۰ اهم متر برای ثبت کامل روی قسمت مربوط به دستگاه‌های مقاومت ویژه (قسمتی که برای ثبت مقاومت ویژه روی کاغذ نگار در نظر گرفته شده) و ۲۰۰ اهم متر برای نگار مقاومت تک الکتروودی در نظر گرفته می‌شود. مقیاس‌های عمق به طور معمول $\frac{1}{۲۰۰}$ یا $\frac{1}{۱۰۰۰}$ هستند، اما از مقیاس‌های $\frac{1}{۵۰}$ یا $\frac{1}{۱۰۰}$ نیز در

نگاربرداری‌های چاه‌های کم عمق استفاده می‌شود. مقیاس‌های دیگر عبارتند از $\frac{1}{۱۲}$ ، $\frac{1}{۲۴}$ و $\frac{1}{۶۰}$.

کلیات

- ۱- منحنی پتانسیل یا پلاریزاسیون خودزا (SP)، ثبت اختلاف پتانسیل بین یک الکتروود متحرک در چاه و یک الکتروود ثابت واقع در سطح است. این اختلاف پتانسیل، مربوط به پتانسیل‌های الکتروشیمیایی (غشایی و اتصال مایع) و الکتروسیتیکی است که در یک چاه حاوی گل یا آب (که لوله گذاری نشده) در مقابل سازندهای متخلخل و تراوا به وجود می‌آید، در صورتی که مقاومت ویژه‌های (درجه شوری‌های) آب سازندی و پالایه گل (یا آب درون چاه) متفاوت باشند.
- ۲- این روش برای همبستگی زمین‌شناسی، تعیین مرزهای طبقات، مشخص کردن زون‌های تراوا و اندازه‌گیری مقاومت ویژه آب سازندی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مقادیر خوانده شده از منحنی SP در مقابل شیل‌ها و رس‌ها به‌طور معمول خط مستقیمی را به دست می‌دهد که «خط مبنای شیل» نامیده می‌شود. در مقابل سازندهای متخلخل و تراوا، یک جابه‌جایی روی منحنی SP رخ می‌دهد، که به‌طور معمول در جهت پتانسیل‌های منفی قرار دارد.

تجهیزات

- ۳- تجهیزات مورد استفاده به‌طور عمده عبارتند از:
 - الف) یک الکتروود متحرک یا سوند در گمانه و یک الکتروود ثابت دیگر که در سطح کار گذاشته شده است. هر دو الکتروود باید از فلزات پایدار مثل سرب اکسیدشده ساخته شده باشند تا از خوردگی دو فلزی جلوگیری شود.
 - ب) یک قرقره که توسط نیروی الکتریکی به حرکت درمی‌آید، و کابل عایقی که اتصال الکتروود را به سطح زمین برقرار می‌سازد که در واقع، روشی برای اندازه‌گیری عمق الکتروود واقع در چاه نیز هست. حرکت کابل باید با ثبات جفت شود، به شکلی که از همخوانی بین عمق واقعی دستگاه در چاه و آنچه توسط ثبات نشان داده می‌شود مطمئن شد.
 - ج) گالوانومتری که به‌طور معمول با یک ثبات و مدار الکتریکی همراه است و برای تنظیم حساسیت، انتخاب مقیاس و تعیین موقعیت خط مبنا مورد استفاده قرار می‌گیرد.
 - د) یک سنجنده برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه سیال.

طرز کار

- ۴- وقتی چاه حفر و با سیالی رسانا (از نظر الکتریکی) پر شد، الکتروود ثابت را در سطح زمین قرار داده (به‌طور معمول در حوضچه گل یا در یک گودال مخصوص حاوی گل) و الکتروود متحرک در چاه به پایین برده می‌شود. قبل از نگاربرداری باید گل به گردش درآمده و شرایط مهیا شود.
- ۵- هنگام پایین بردن الکتروود، مقیاس افقی بگونه‌ای انتخاب می‌شود، که بیشترین جابه‌جایی SP از مقیاس خارج نشود و خط مبنا نیز به همان طریق مشخص گردد. احتیاط‌هایی برای دوری از اغتشاش مربوط به عوامل

بیرونی مانند ماشین‌های جوشکاری الکتریکی و قطارها، خوردگی الکترولیتی حاصل از چاه‌های لوله‌گذاری شده مجاور، تغییرات شیمیایی در سیال حفاری و مغناطیدگی قرقره، باید احتیاط‌هایی به عمل آید.

۶- الکتروود متحرک، با سرعتی ثابت از قسمت لوله‌گذاری نشده چاه به بالا کشیده شده و اندازه‌گیری به‌طور پیوسته ثبت می‌گردد. سرعت حرکت در چاه حدود ۴ تا ۳۰ متر در دقیقه است. به‌طور معمول، این نگار همراه با نگارهای دیگر مانند مقاومت ویژه یا صوتی ثبت می‌شود.

۷- اگر تعیین مقاومت ویژه یا درجه شوری آب سازند مدنظر باشد، مقاومت ویژه پالایه گل یا آب داخل چاه در یک دمای مشخص توسط سنجنده مقاومت ویژه سیال اندازه‌گیری می‌شود.

اگر درجه شوری یا پالایه گل مشخص باشد، می‌توان مقاومت ویژه آن را نیز محاسبه نمود.

محاسبه و تفسیر نتایج

۸- جابه‌جایی و شکل منحنی SP به چند عامل از جمله: نسبت بین مقاومت ویژه‌های پالایه گل و آب سازند، ضخامت و مقاومت ویژه لایه تراوا، مقاومت ویژه گل، قطر زون آغشته شده به پالایه گل، قطر چاه و مقاومت ویژه سازندهای مجاور (احاطه کننده سازند تراوا) وابسته است.

۹- جابه‌جایی منحنی SP، نسبت به خط مبنای مربوط به شیل یا رس در طرف چپ یا راست قرار می‌گیرد. اگر در زون متخلخل و تراوا، مقاومت ویژه آب سازند R_w کمتر از مقاومت ویژه آب یا پالایه گل درون چاه R_{mf} باشد، جابه‌جایی به سمت چپ (منفی) خواهد بود. چنین حالتی به‌طور معمول برای گمانه‌های عمیق با سیال حفاری حاوی آب شیرین رخ می‌دهد. اگر R_w بزرگتر از R_{mf} باشد، جابه‌جایی به سمت راست (مثبت) خواهد بود. این حالت، به‌طور معمول برای زون‌های فوقانی گمانه یا در مقابل سازندهای حاوی آب شیرین در گمانه‌های کم عمق و یا زمانی که از گل حفاری شور استفاده می‌شود اتفاق می‌افتد.

۱۰- همبستگی‌ها، موقعیت مرز طبقات یا شناخت کیفی طبقات تراوا، احتیاجی به انجام محاسبه ندارند. این اطلاعات بر اساس جابه‌جایی نسبت به خط مبنای شیل به‌دست می‌آیند. نقاط عطف منحنی‌ها، نشان‌دهنده تراز دقیق مرز طبقات می‌باشند.

۱۱- مقاومت ویژه آب سازند R_w ، با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود. این رابطه، برای سازندهای متخلخل و تراوا، وقتی تحت تأثیر وجود کانی‌های رسی پراکنده قرار نداشته باشند، درست است.

$$SP = 0.238 T \log \frac{(R_{mf})_e}{(R_w)_e} \quad (4-2)$$

در این رابطه، T دمای مطلق سازند و $(R_{mf})_e$ و $(R_w)_e$ مقاومت ویژه‌های معادل هستند که بر مبنای فعالیت شیمیایی واقعی از طریق محتوای نمک آن‌ها به‌دست می‌آیند. SP، مقدار جابه‌جایی خوانده شده برحسب میلی‌ولت است، که به‌طور مستقیم از نگار در مقابل طبقات ضخیم خوانده می‌شود. برای طبقات نازک، باید از مقادیر تصحیح شده SP استفاده شود. درباره اثر کانی‌های رسی پراکنده برای تفسیر نگار SP، در مراجع مربوط بحث شده است.

گزارش نتایج

۱۲- گزارش SP باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصات سیال حفاری و موقعیت هر نوع لوله‌گذاری.
- ب) نگار SP در یک مقیاس مناسب، همراه با مغزه یا نمودار قطعات نمونه اگر در دسترس باشد، همراه با شرح مجموعه تجهیزات.
- ج) همبستگی‌های ممکن با نگارهای دیگر.
- د) مشخص کردن طبقات تراوا.
- ه) در صورت انجام محاسبات کمی، نتایج مقاومت ویژه یا شوری آب سازند با شرح داده‌های مورد استفاده در محاسبات و استنباط‌های به دست آمده.

یادداشت‌ها:

- (۱) مقیاس افقی برای ثبت کامل (قسمت مربوط به SP روی کاغذنگار)، می‌تواند از ۱۰ تا ۵۰۰ میلی‌ولت متغیر باشد. به طور معمول، مقیاس عمق $\frac{1}{200}$ یا $\frac{1}{1000}$ است، اما از مقیاس‌های دیگر مانند $\frac{1}{50}$ یا $\frac{1}{100}$ نیز در گمانه‌های کم عمق استفاده می‌شود. مقیاس‌های دیگر عبارتند از: $\frac{1}{120}$ ، $\frac{1}{240}$ و $\frac{1}{600}$.
- (۲) برای تصحیحات SP، ارتباط بین مقاومت ویژه سازندهای بالایی و پایینی R_s ، مقاومت ویژه گل R_m ، قطر گمانه و ضخامت لایه مورد نیاز است.

۴-۲-۲-۲ روش پیشنهادی برای نگار القایی

کلیات

- ۱- نگار القایی، ثبت پاسخ سازندهای واقع در کنار جدار گمانه به یک میدان مغناطیسی متناوب است. این میدان، با ایجاد یک جریان متناوب با فرکانس بالا از طریق پیچ فرستنده که در دستگاه قرار دارد، به وجود می‌آید. میدان مغناطیسی در سازندهایی که دارای رسانایی الکتریکی هستند، جریان‌های ثانویه را القا می‌کند. این جریان‌ها، به نوبه خود ایجاد میدان‌های مغناطیسی می‌کند که سیگنال‌هایی را در پیچ گیرنده واقع در دستگاه القاء می‌کنند. سیگنال‌های دریافتی، به طور عمده متناسب با رسانایی (عکس مقاومت ویژه) سازند می‌باشند. هرگونه سیگنالی که از جفت‌شدگی مستقیم پیچ‌های فرستنده و گیرنده به دست می‌آید، از جریان‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری حذف می‌شود.
- ۲- نگاربرداری القایی، در گمانه‌های خالی (پر از هوا) یا دارای سیال حفاری رسانا یا غیررسانا (آب شیرین یا نفت) امکان‌پذیر است. همچنین در گمانه‌هایی با لوله جداری غیررسانا نیز قابل استفاده می‌باشد. مبانی نظری نگار القایی نشان می‌دهد که مقاومت ویژه‌های زیاد محیط‌هایی که بلافاصله چاه را احاطه کرده‌اند تأثیر

خیلی کمی بر پاسخ نگار داشته و بدین ترتیب این نگار مقاومت ویژه حقیقی سازندهای واقع در کنار جدار چاه را بازتاب می‌دهد.

تجهیزات

۳- تجهیزات مورد استفاده، به‌طور عمده عبارتند از :

(الف) یک سوند متحرک در چاه بین ۲ تا ۶ پیچه هم‌محور دارد. یکی از این پیچه‌ها، فرستنده اصلی و دیگری گیرنده می‌باشد که فاصله بین این دو ۰/۷ تا یک متر است. از پیچه‌های باقی‌مانده برای بهبود مشخصه‌های بررسی شعاعی و قائم دستگاه استفاده می‌شود.

(ب) یک مدار الکتریکی، برای پیچه فرستنده جریان متناوبی با فرکانس بالا (۲۰ تا ۶۰ کیلوهرتز) و شدت ثابت مهیا می‌سازد.

(ج) یک مدار الکتریکی برای انتخاب سیگنال‌های فاز صحیح و تقویت آن‌ها قبل از گسیل به سطح جهت تعیین اندازه توسط گالوانومتر و نمایش روی یک ثبات.

(د) مدارهای الکترونیکی برای انتخاب مقیاس و تنظیم کالیبراسیون (هم‌سنجی).

(ه) قرقره و کابل مسلح شده (دارای محافظ) شامل چند رشته سیم رسانا امکان ارتباط دستگاه را با سطح برقرار می‌کند. با استفاده از این کابل، اندازه‌گیری عمق دستگاه در چاه نیز فراهم می‌شود. حرکت دستگاه در گمانه باید با ثبات جفت شود تا از هماهنگی بین عمق واقعی دستگاه در گمانه و آنچه توسط ثبات نمایش داده می‌شود، اطمینان به‌دست آورد.

(و) یک تمرکز دهنده مکانیکی برای قراردادن دستگاه در امتداد محور گمانه.

(ز) یک سنجنده برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه سیال .

طرز کار

۴- پس از آن‌که چاه حفر شد، باید دستگاه را به پایین چاه برد. وقتی دستگاه در پایین چاه قرار گرفت، مقیاس مناسبی برای اجرای ثبت انتخاب می‌گردد.

۵- پس از آن دستگاه با سرعتی ثابت (در مقطعی از چاه که باید نگاربرداری شود) به بالا کشیده شده و اندازه‌گیری‌ها به‌طور پیوسته ثبت می‌شود. سرعت عبور دستگاه در چاه، به‌طور تقریب ۴ تا ۳۰ متر بر دقیقه است. نگار القایی به‌طور معمول با نگارهای دیگری مانند SP و نرمال کوچک و یا لاترولوگ و نگار القایی دیگری که بازه متفاوتی دارد، ثبت می‌شود.

۶- مقاومت ویژه پالایه گل یا آب درون گمانه با یک سنجنده مقاومت ویژه سیال در دمایی مشخص اندازه‌گیری می‌گردد. مقاومت ویژه پالایه گل را در صورتی که درجه شوری آن مشخص باشد، می‌توان محاسبه کرد.

محاسبه و تفسیر نتایج

۷- در سازندهای متخلخل و تراوا، در صورتی‌که سازند تحت تأثیر رخنه عمیق توسط سیال حفاری قرار نگرفته باشد، مقدار مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده توسط نگار القایی نزدیک به مقاومت ویژه حقیقی است. وقتی

- سازند دارای رخنه عمیق (آغشتگی عمیق) باشد، مقاومت ویژه ظاهری ثبت شده توسط دستگاه، با مقاومت ویژه حقیقی سازند اختلاف دارد. مقدار این اختلاف، به عمق رخنه و اختلاف مقاومت ویژه زون رخنه (آغشته) و مقاومت ویژه حقیقی سازند بستگی دارد. در این شرایط، در صورت همراهی یک دستگاه با شعاع تجسس کم مانند نرمال ۱۶ با نگار القایی، تفسیر به راحتی انجام می‌گیرد.
- ۸- ضریب سازند F ، عبارت است از نسبت مقاومت ویژه سازند اشباع از آب به مقاومت ویژه آب سازند، که می‌توان از نگار SP مقاومت ویژه آب سازند را تعیین کرد. ضریب سازند، با رابطه آرشی ($F = a\phi^m$) به درجه تخلخل ϕ وابسته می‌شود. در این رابطه، a حدود ۱ و m نزدیک به ۲ است.
- ۹- وقتی حفاری با آب شیرین صورت گرفته باشد، اغلب زون‌های شکستگی در سنگ‌های با تخلخل کم از روش نگار القایی قابل شناسایی است.
- ۱۰- تفکیک لایه، وقتی ضخامت آن از فاصله بین پیچه‌های اصلی فرستنده و گیرنده (بازه) بیشتر باشد، به خوبی صورت می‌گیرد.

گزارش نتایج

- ۱۱- این گزارش باید شامل اطلاعات زیر باشد:
- الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصات سیال حفاری، محل هر نوع لوله‌گذاری و قطر آن.
- ب) اندازه‌گیری‌های رسانندگی و مقاومت ویژه به دست آمده از نگار القایی با مقیاس‌های مناسب، همراه با ستون‌های مغزه یا نمونه در صورت موجود بودن ضمن آن که تمام جزئیات مربوط به تجهیزات نیز باید ذکر شود.
- ج) استفاده از هر نگار دیگر برداشت شده از چاه برای راحتی تفسیر نگار القایی در سازندهای متخلخل و تراوا، برای ایجاد همبستگی‌های ممکن.
- د) تفسیر نتایج در راستای مشخصه‌های زمین‌شناختی سازندهای احاطه کننده چاه.

۲-۲-۵ روش پیشنهادی برای نگار پرتو گاما

کلیات

- ۱- نگار پرتو گاما، اندازه‌گیری پیوسته‌ای از پرتوزایی طبیعی سازندهایی که چاه آن‌ها را قطع کرده آماده می‌سازد. در بیشتر سنگ‌های رسوبی، این نگار، بازتابی است از محتوای شیل و رس سازندها. این موضوع به خاطر آن است که عناصر پرتوزا متمایل به تجمع در سنگ‌هایی هستند که دارای کانی‌های رسی هستند. ماسه سنگ‌ها، سنگ آهک و دولومیت‌ها، سطح پایینی از مواد پرتوزا را در خود دارند، مگر این که به واسطه وجود موادی مانند خاکستر آذرین یا آبشست‌های گرانیتهی به مواد پرتوزا آغشته شوند. به دلیل جذب بیشتر پرتوهای گاما که توسط نگار شمارش می‌شود، در ارتباط با محدوده ۱۵۰ میلی‌متری نخست سازندهای احاطه کننده چاه است.

۲- در اکتشاف کانی‌ها (معدن) نگار پرتو گاما برای آشکارسازی و تخمین کانی‌های پرتوزا در کانسارهای پتاس و اورانیوم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- نگار پرتو گاما، در چاه‌هایی که دارای لوله فولادی می‌باشند، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، زیرا وجود پوشش فلزی فقط به‌طور جزئی کل شمارش پرتوهای گاما را کاهش می‌دهد. به‌رحال در صورت وجود لوله گذاری در چاه، باید تصحیحاتی در این ارتباط انجام پذیرد.

۴- از نگار پرتوگاما می‌توان در چاه‌های خالی نیز استفاده نمود.

تجهیزات

۵- تجهیزات، در اصل شامل موارد زیر است :

(الف) یک سوند، که در برگرفته وسیله‌ای برای آشکارسازی پرتوهای گامایی که منشاء آن در سازند پیرامونی چاه است. سوند، شامل پیش‌تقویت کننده‌ای است که در آن جاسازی شده است.

شمارشگرهای سوسوزن، با در نظر گرفتن طول فعال کوتاه و کارایی‌شان، به‌طور معمول ترجیح داده می‌شوند، هر چند هنوز شمارشگرهای گایگر - مولر نیز به‌کار برده می‌شوند.

(ب) یک کابل روکش دار، برای انتقال سیگنال به سطح و همین‌طور برای آویختن سوند.

(ج) مدارهای الکترونیکی برای میانگین‌گیری سیگنال در یک ثابت زمان گزینشی و برای مقاصد همسنجی.

(د) یک نگاهت بردار (ثبات) که شدت پرتو گاما را در واحدهای API، به‌عنوان تابعی از ژرفا نمایش می‌دهد.

(ه) قرقره‌ای که توسط نیروی الکتریکی کار می‌کند، همراه با وسایل اندازه‌گیری عمق سوند. حرکت سوند در داخل چاه باید با ثبات جفت شود، تا از همزمانی بین ژرفای واقعی سوند در چاه و آنچه روی ثبات نشان داده می‌شود اطمینان به‌دست آید.

طرز کار

۶- از آنجایی که آهنگ گسیل پرتوهای گاما به‌طور طبیعی آماری است، آهنگ شمارش آن به وسیله آشکارساز به واحد زمان پایه‌ای که روی آن شمارش انجام می‌پذیرد بستگی خواهد داشت. اگر زمان شمارش یا ثابت زمانی (T.C.) طولانی‌تر بوده یا سطح پرتوزایی بالاتر باشد، افت و خیزهای آهنگ شمارش کوچک‌تر خواهد شد.

ثابت زمانی با مقدار مناسبی انتخاب شده (به‌طور معمول بین ۲ و ۴ ثانیه) تا از افت و خیز آماری زیاد در آهنگ شمارش جلوگیری شود.

۷- سوند در درون چاه، با سرعت آهسته مطلوبی در رابطه با گزینش ثابت زمانی و حداقل ضخامت لایه‌ای که باید آشکارسازی شود به بالا کشیده می‌شود. اغلب، سرعت به شکلی گزینش می‌شود که به‌طور تقریب ۰/۳ متر در یک ثابت زمانی طی کند (به‌طور مثال ۹ متر بر دقیقه برای یک ثابت زمانی دو ثانیه‌ای). پیشنهاد می‌شود که نگار در بخش‌هایی به ضخامت چند متر از چاه (برای بررسی دوباره افت و خیز آماری) کنترل شود.

۸- اگر یک تفسیر کمی به کار گرفته شود، همسنجی باید قبل یا بعد از راندن نگار، با یک چشمه پرتو گاما با شدت شناخته شده در یک مسافت ثابت از آشکارساز درون سوند، انجام گیرد. پیشنهاد می شود که دستورالعمل API¹ برای این منظور به کار گرفته شود.

محاسبه و تفسیر نتایج

۹- در نبودن نهشته های معدنی پرتوزا، نگار پرتو گاما به وجود خاک های رس، شیل ها و سنگ های آتشفشانی اسیدی پاسخ می دهد. در سنگ های رسوبی، نگار پرتو گاما ممکن است اغلب با محتوای کانی رسی همبستگی داشته باشد.

۱۰- پاسخ نگار پرتو گاما، توسط شرایط موجود در چاه، مانند لوله جداری و قطر چاه نیز تحت تأثیر قرار می گیرد، چون مواد موجود بین آشکارساز و سازندهای مجاور، پرتوهای گاما را جذب می کنند. بنابراین نگار باید برای قطر چاه، خروج از مرکز سوند درون چاه، لوله جداری و ضخامت سیمان و چگالی سیال پرکننده چاه تصحیح شود. یک تصحیح دیگر نیز باید روی مقیاس ژرفا اعمال شود تا تأخیر ثابت زمانی پاسخ نگار پرتو گاما در نظر گرفته شود.

۱۱- برخی نگارهای پرتو گاما، تحلیل طیف سطوح انرژی پرتو گامای گسیل شده از سازندهای پیرامون چاه را امکان پذیر می سازند. بدین طریق، حضور عناصر پرتوزای مختلف (مانند پتاسیم، توریوم و اورانیوم) ممکن است آشکار شود.

گزارش نتایج

۱۲- گزارش باید شامل داده های زیر باشد :

الف) محل گمانه، طول عمق برداشت، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصات سیال حفاری و محل و شرح جزییات هرگونه لوله گذاری و سیمان کاری.

ب) بیان جزییات و رویه هایی که برای همسنجی دنبال شده است.

ج) نگار پرتو گاما با یک مقیاس مناسب در واحدهای API، همراه با مغزه و نگارهای زمین شناسی در صورت در دسترس بودن، همراه با جزییات سوارکردن دستگاه.

د) یک تفسیر از نتایج، در بیان ویژگی های زمین شناختی سازند پیرامونی چاه، با یادداشت هرگونه مفروضات و تصحیحاتی که برای نگار پرتو گاما صورت می گیرد.

یادداشت ها

۱۶/۵ واحد API معادل ۱ میکروگرم رادیوم ($\mu\text{g Ra}$) در معادل تن می باشد.

مقیاس افقی از ۱۰۰ تا ۲۰۰ واحد API برای تمام مقیاس متغیر است.

مقیاس های ژرفا به طور معمول $\frac{1}{200}$ یا $\frac{1}{1000}$. اما مقیاس های $\frac{1}{50}$ یا $\frac{1}{100}$ ممکن است برای چاه های کم ژرفا به کار برده شوند. سایر مقیاس های ژرفا عبارتند از $\frac{1}{120}$ ، $\frac{1}{240}$ و $\frac{1}{600}$.

1 - API : American Petroleum Institute

کلیات

- ۱- نگار نوترون، به مقدار هیدروژن داخل سازندهای اطراف چاه پاسخ می‌دهد. در سازندهای متخلخل اشباع شده از آب یا هیدروکربن در حالتی که کانی‌های رسی وجود ندارد، نگار نوترون ممکن است برای برآورد تخلخل به کار برده شود. در سنگ‌های بلورین نگار، ممکن است برای آشکارسازی زون‌های شکسته نزدیک چاه به کار برده شود. باید یادآور شد جایی که آب تبلور با هیدروژن شیمیایی ترکیب شده، در مواد تشکیل‌دهنده سازند روی پاسخ نگار نوترون تأثیر می‌گذارد.
- ۲- نوترون‌های گسیل شده، توسط یک چشمه پر انرژی واقع در درون سوند، سازند مجاور چاه را بمباران می‌کنند. نوترون‌های گسیل شده از چشمه، در اثر برخورد با هسته اتم‌ها تا حد سرعت‌های حرارتی کند می‌شوند، که در این میان، هسته‌های هیدروژن بیشترین تأثیر را دارند. نوترون‌ها، پس از کند شدن توسط هسته اتم‌های سازند گیر می‌افتند و یک پرتو گاما حاصل گیراندازی توسط هسته‌های گیرانداز گسیل می‌شود. این پرتوهای گامای به دست آمده از گیراندازی یا نوترون‌های کند شده توسط یک آشکارساز نصب شده در سوند شمارش می‌شوند. برای بازه‌های بلندی که اغلب به کار برده می‌شوند، وقتی که محتوای هیدروژن کاهش می‌یابد آهنگ شمارش افزایش می‌یابد، زیرا نوترون‌های سریع، مسافت بیشتری قبل از گیرافتادن طی می‌کنند.
- ۳- نگار نوترون را می‌توان در چاه‌های با تنبوش فولادی به کار برد، زیرا حضور تنبوش فولادی، فقط تا حدودی حساسیت نگار نوترون را کاهش می‌دهد. با این وجود، تصحیحات لازم باید برای حضور تنبوش اعمال شود.
- ۴- نگار نوترون را می‌توان در چاه‌های خالی به کار برد.
- ۵- نگار نوترون در ترکیب با نگار پرتو گاما، امکان تعیین ویژگی‌های لیتولوژی و نیز تخلخل زون‌های متخلخل را فراهم می‌آورد. ترکیب نگار نوترون و نگارهای چگالی یا آکوستیک را نیز، می‌توان برای تعیین وجود ترک خوردگی‌ها و درجه آن‌ها در سنگ‌های بلورین به کار برد.

تجهیزات

۶- تجهیزات، در اصل شامل موارد زیر است :

- الف) سوند دارای یک چشمه سپردار از نوترون‌های سریع، یک آشکارساز یا آشکارسازهایی برای پرتوهای گامای حاصل از گیراندازی یا نوترون‌های کند، همراه با پیش تقویت کننده‌ها. فاصله چشمه تا دستگاه آشکارساز اغلب ۱۷۰ میلی‌متر یا کمتر (برای بازه کوتاه) یا سیصد میلی‌متر و یا بیشتر (برای بازه‌های بلند که به طور معمول کاربرد بیشتری دارد) استفاده می‌شود.
- در بعضی از نگارهای نوترون، دو آشکارساز با بازه‌های گفته شده به کار می‌رود.
- ب) یک کابل مسلح برای ارسال سیگنال‌ها از آشکارساز یا آشکارسازها به سطح زمین و نیز برای آویختن سوند.

- ج) مدارهای الکترونیکی برای متوسط‌گیری سیگنال، برای انتخاب ثابت زمانی و نیز به منظور همسنجی.
- د) یک نگاهت بردار نشان‌دهنده پرتو گاما یا شدت نوترون‌های کند با واحدهای API برحسب تابعی از ژرفا.
- ه) یک قرقره همراه با یک وسیله اندازه‌گیری ژرفای سوند در داخل چاه. حرکت سوند در چاه، باید با نگاهت بردار جفت شود تا از همزمانی بین ژرفای واقعی سوند در چاه و آنچه در نگاهت نشان داده می‌شود، اطمینان به دست آید.

طرز کار

- ۷- از آنجایی که آهنگ تشکیل نوترون‌های کند و پرتوهای گامای گسیل شده از گیراندازی، در طبیعت ماهیت آماری دارد، آهنگ شمارش توسط آشکارساز یا آشکارسازها به واحد زمان پایه‌ای بستگی دارد که در آن شمارش انجام می‌شود. هرگاه زمان شمارش یا ثابت زمانی (T.C.) طولانی‌تر بوده یا سطح پرتوافشانی بیشتر باشد، افت و خیزها در آهنگ شمارش کمتر خواهد بود. برای جلوگیری از افت و خیزهای آماری در آهنگ شمارش، T.C. یک مقدار مناسب (اغلب بین ۲ تا ۴ ثانیه) انتخاب می‌شود.
- ۸- سوند در درون چاه، با سرعتی به قدر کافی اندک که به T.C. انتخاب شده بستگی دارد، بالا آورده می‌شود. به‌طور معمول، سرعت را طوری انتخاب می‌کنند که سوند در طی یک T.C. حدود $0/3$ متر حرکت کند. (به‌طور مثال ۹ متر بر دقیقه برای یک T.C. دو ثانیه‌ای).
- ۹- در شرایط خاص، بهتر است که سوند در چاه، طی مرحله‌های گام به گام بالا آید تا شمارش در حالاتی که سوند در عمق معینی ایستاده است امکان‌پذیر باشد. در این حالت، شمارش کل دست‌کم باید ۲۵۰۰ پرتو گامای حاصل از گیراندازی یا نوترون کند باشد تا افت و خیز تا حدود $1\% \pm$ کاهش یابد.
- ۱۰- هرگاه باید یک تفسیر کمی انجام شود، لازم است که پیش یا پس از نگاربرداری، همسنجی توسط یک همسنج استاندارد نگار نوترون انجام شود و این استاندارد دومی، خود باید پیش‌تر در یک چاهک همسنجی API برای نگار نوترون همسنج شود.

محاسبه و تفسیر نتایج

- ۱۱- پاسخ نگار نوترون، برحسب واحدهای API با استفاده از منحنی‌های همسنجی و تصحیحاتی برای در نظر گرفتن اثرات چاه و لیتولوژی، به درجه تخلخل تبدیل می‌شود.
- تخلخل محاسبه شده، بازتاب کل هیدروژن موجود است. در مورد اشباع بخشی آب از یک طرف و وجود آب تبلور از طرف دیگر، تخلخل محاسبه شده به‌طور غیرواقعی به ترتیب کم یا زیاد خواهد بود.
- ۱۲- نگاهت‌های نگار نوترون با دو یا تعداد بیشتری آشکارساز اغلب به‌طور خودکار پردازش می‌شوند تا یک نگاهت با مقیاس خطی یا تخلخل به‌طور مستقیم به دست آید.
- ۱۳- باید تصحیحی روی مقیاس عمق انجام پذیرد، تا تأخیر در پاسخ نگار نوترون در اثر ثابت زمانی انتخاب شده در نظر گرفته شود.

گزارش نتایج

۱۴- گزارش، باید شامل داده‌های زیر باشد:

- (الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصات سیال حفاری و تعیین محل و شرح و تفصیل هر نوع پوشش فلزی و سیمان‌کاری.
- (ب) جزئیات چشمه نوترون، آشکارسازهای به کار گرفته شده و روش‌های همسنجی دنبال شده.
- (ج) نگار نوترون با مقیاس مناسب برحسب واحدهای API یا واحدهای تخلخل همراه با نگارهای نمونه و مغزه در صورتی که در دسترس باشند، همراه با شرح جزئیات کامل تنظیم‌های دستگاهی.
- (د) نگارهای دیگری از چاه در رابطه با ساده کردن تفسیر نگار نوترون.
- (ه) تفسیر نتایج از دیدگاه سرشتی‌های زمین‌شناختی سازندهای پیرامون چاه، با در نظر گرفتن همه فرضیات و تصحیحات اعمال شده در رابطه با نگار نوترون.

یادداشت‌ها

(۱) در حالت عادی، چشمه نوترون‌های سریع پلوتونیوم - برلیوم یا امرسیم - برلیوم به کار می‌رود، چون نیمه عمری طولانی داشته و پرتوایی گاما ندارند. چشمه‌های رادیواکتیو خطرناکند: این مواد را باید با احتیاط و سپر حفاظتی به کار برد.

(۲) یک واحد نوترونی API به صورت دلخواه به این شکل تعریف شده که: $\frac{1}{1000}$ اختلاف بین صفر دستگاه و انحراف به دست آمده از سنگ آهک (ایندیانا) با تخلخل ۰/۱۹ موجود در چاهک هوستون. مقیاس افقی برحسب واحد API در گستره ۳۲۰۰ برای کل مقیاس یا برحسب واحد تخلخل سنگ آهک در گستره ویژه ۰/۱۰ تا ۰/۳۰ خطی است. اغلب، مقیاس عمقی $\frac{1}{200}$ یا $\frac{1}{1000}$ است، اما شاید مقیاس‌های $\frac{1}{50}$ یا $\frac{1}{100}$ برای چاه کم عمق به کار رود. مقیاس‌های عمقی دیگر عبارتند از: $\frac{1}{120}$ ، $\frac{1}{240}$ و $\frac{1}{600}$.

۷-۲-۲-۲ روش پیشنهادی برای نگار چگالی (گاما - گاما)

کلیات

- ۱- نگار چگالی (گاما - گاما) به پرتوهای گامای گسیل شده از چشمه داخل سوند و باز پراکنش توسط سازندهای اطراف چاه پاسخ می‌دهد. پرتوهای گامای باز پراکنش اندازه‌گیری شده توسط آشکارساز، با چگالی کپه‌ای ماده اطراف سوند نسبت عکس دارد.
- ۲- پرتوهای گامای با انرژی متوسط گسیل شده از چشمه درون سوند، سازندهای مجاور چاه را بمباران می‌کنند. پرتوهای گاما در اثر برخوردها با الکترون‌های سازند، باز پراکنده شده و بعضی از آنها به آشکارساز می‌رسند. چشمه و آشکارساز طوری مرتب شده‌اند که شمار پرتوهای گامای شمارش شده، متناسب با عکس چگالی الکترون مواد اطراف است.

چون در بیشتر عناصر با جرم اتمی کم، چگالی کپهای با چگالی الکترون متناسب است، نگارهای گاما - گاما اندازه چگالی کپهای مواد اطراف را به دست می دهد.

۳- چون پرتوهای گاما توسط سازندهای خیلی نزدیک چاه جذب می شوند، شرایط در اطراف سوند اثر قابل ملاحظه ای بر پاسخ نگارهای چگالی دارد.

برای جبران این آثار، اغلب آرایه ای از دو آشکارساز به کار می رود و سوند روی دیوار چاه، در حین نگاربرداری نگاهداری می شود.

۴- نگارهای چگالی ممکن است در چاههای خالی به کار گرفته شوند.

۵- وقتی نگار چگالی با نگار پرتو گاما همراه شود، نگار چگالی، معیاری خواهد بود برای شناخت سنگهای سازند و حضور سازندهای متخلخل که در ضمن برای تعیین تخلخل نیز به کار می رود. در استفاده همزمان نگار چگالی با نگارهای صوتی یا نوترونی، نگارهای چگالی می توانند وجود و میزان شکستگی ها را در سنگهای بلوری نشان دهند.

تجهیزات

۶- تجهیزات به طور کلی، شامل موارد زیر است :

الف) یک سوند شامل چشمه، دارای سپر حفاظتی پرتوهای گاما با انرژی متوسط، یک یا چند آشکارساز پرتوهای باز پراکنده شده با پیش تقویت کننده های آنها. سوند به وسایل مکانیکی مجهز است که تماس یا نزدیکی کافی آن به دیواره چاه در حین برداشت توسط آن تضمین می شود.

ب) یک کابل با پوشش مسلح، برای انتقال سیگنال های آشکارسازها به سطح و همین طور آویختن سوند.

ج) مدارات الکترونیکی، برای میانگین گیری از سیگنال، انتخاب ثابت زمانی و برای همسنجی. سوند با دو آشکارساز، جبران سازی خودکار داده ها را انجام می دهد و چگالی کپهای سازند به طور مستقیم محاسبه می شود.

د) یک ثابت که چگالی کپهای را به صورت تابعی از عمق نشان می دهد.

ه) یک قرقره، برای اندازه گیری عمق سوند در چاه. حرکت سوند در چاه باید همزمان با ثابت جفت شود تا انطباق بین عمق واقعی سوند در چاه و مقدار نمایش داده شده روی ثابت تضمین شود.

طرز کار

۷- چون آهنگ پرتوهای گامای باز پراکنش شده که به آشکارساز می رسد طبیعت آماری دارند، آهنگ شمارش به زمان پایه ای که شمارش بر آن اساس انجام شده است بستگی دارد.

افت و خیزها در آهنگ شمارش، برای زمان های اندازه گیری و ثابت های زمانی بزرگ تر کمتر خواهد بود. ثابت زمانی، مقدار مناسبی (اغلب بین ۲ تا ۴ ثانیه) انتخاب می شود تا از افت و خیزهای آماری بزرگ در آهنگ اندازه گیری شده جلوگیری به عمل آید.

۸- سوند با سرعت مناسب و به آهستگی در چاه بالا کشیده می شود که این سرعت، به ثابت زمانی بستگی دارد. اغلب سرعت بگونه ای انتخاب می شود که سوند با سرعت حدود ۰/۳ متر در هر ثابت زمانی حرکت کند (به عنوان مثال ۹ متر بر دقیقه برای ثابت زمانی ۲ ثانیه).

۹- در شرایط خاصی، ممکن است بالاکشیدن سوند در چاه به صورت پله‌ای و گسسته مطلوب باشد تا اندازه‌گیری برای مدت زمانی که سوند در عمق ثابتی است صورت پذیرد. در این مورد، میزان کل پرتوهای گامای پراکنده شده باید حداقل ۲۵۰۰ باشد تا افت و خیزها تقریباً به ۱٪ کاهش یابد.

۱۰- با نگار چگالی، اغلب، یک نگار قطرسنجی برای انجام تصحیحات مربوط به هر نوع ناهمواری در دیوار چاه صورت می‌گیرد.

۱۱- قبل یا بعد از هر نگاربرداری، سوند باید با دقت واری و با وسایل همسنجی ثانوی، به‌عنوان مثال در بلوک‌های آلومینیوم، منیزیم و سولفور، همسنجی شود.

محاسبه و تفسیر نتایج

۱۲- سوند چگالی، به دو آشکارساز مجهز است که ثبت مستقیم چگالی کپه‌ای^۱ سازندهایی را که با چاه برخورد کرده اند ممکن می‌سازد. در این صورت، فقط تصحیحات مربوط به ناهمواری‌های چاه باید انجام شود.

۱۳- برای سوندهای تک آشکارساز چگالی، قرائت‌ها با استفاده از منحنی‌های همسنجی به چگالی کپه‌ای تبدیل می‌شوند. در گمانه‌های بدون لوله‌گذاری، که سوند با دیوار چاه تماس پیدا می‌کند، تصحیحات مربوط به قطر چاه، چگالی سیال حفاری و ضخامت گل کبره^۲ (در صورتی که وجود داشته باشد)، باید انجام گیرد. در گمانه‌های لوله‌گذاری شده، یا هنگامی که سوند با دیوار چاه تماس ندارد، باید منحنی‌های همسنجی خاص به‌کار گرفته شود. در گمانه‌های لوله‌گذاری شده، ضخامت و چگالی لوله (تنبوش) و چگالی مواد بین لوله و دیوار چاه با دقت باید تخمین زده شود.

۱۴- چگالی کپه‌ای سازند ρ_b طبق رابطه زیر با تخلخل ϕ ارتباط دارد:

$$\phi = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m - \rho_f} \quad (۵-۲)$$

که در آن ρ_m چگالی خمیره و ρ_f چگالی سیالی است که فضاهاى تخلخل را پر کرده است. با داشتن چگالی خمیره و مایع تخلخل می‌توان تخلخل ϕ را محاسبه کرد.

۱۵- یک تصحیح نیز باید در مقیاس عمق برای محاسبه تأخیر پاسخ‌نگار چگالی که از ثابت زمانی انتخاب شده به‌دست می‌آید صورت پذیرد.

گزارش نتایج

۱۶- گزارش، باید داده‌های زیر را در برداشته باشد:

الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصات سیال حفاری و محل و تفصیل لوله‌گذاری و جریان.

ب) تفصیل منبع پرتو گاما و آشکارسازهای به‌کار رفته و روش‌های همسنجی اعمال شده.

1 - Bulk Density

2 - Mud - Cake

ج) نگار چگالی با مقیاس مناسب چگالی کپه‌ای، همراه با مغزه‌ها و نمونه‌های موجود، با یادداشت‌برداری کامل از اوضاع دستگاه.

د) هر نوع نگار گمانه‌ای دیگر که برای تفسیر نگارهای چگالی قابل استفاده باشد.

ه) تفسیر نتایج از نظر مشخصات زمین‌شناختی سازندهای اطراف گمانه، و یادداشت مفروضات و تصحیحاتی که روی نگار چگالی صورت گرفته است.

یادداشت‌ها

(۱) اغلب، چشمه‌هایی که به کار گرفته می‌شوند، از نوع پرتو گامای سزیوم یا کوبالت است. نوع اول پرتوهای گاما، با یک تراز انرژی و نوع دوم با دو تراز انرژی تولید می‌کنند. چشمه‌های رادیواکتیو خطرناکند، و باید فقط در داخل حفاظ‌ها و همواره با دقت به کار گرفته شوند.

(۲) مقیاس افقی در چگالی کپه‌ای خطی است با گستره‌ای از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب. مقیاس عمق

اغلب $\frac{1}{200}$ یا $\frac{1}{1000}$ است ولی در گمانه‌های کم عمق می‌توان مقیاس‌های $\frac{1}{5}$ یا $\frac{1}{100}$ را به کار برد. سایر مقیاس‌های عمق عبارتند از: $\frac{1}{120}$ ، $\frac{1}{240}$ و $\frac{1}{600}$.

۲-۲-۸ روش پیشنهادی برای نگار آکوستیک یا صوتی

کلیات

۱- نگار آکوستیک یا صوتی زمان، سیر امواج تراکمی را در فاصله معینی از سازندهای بلافاصله از گمانه اندازه‌گیری و در اختیار قرار می‌دهد. از زمان سیر، سرعت انتشار امواج تراکمی در سازند قابل محاسبه است. با دستگاه‌های ویژه و در شرایط خاص زمین‌شناختی، سرعت‌های انتشار امواج برشی و سایر امواج ثانویه و سرشتی‌های تضعیف را نیز می‌توان اندازه گرفت.

۲- تغییرات سرعت امواج تراکمی را، ممکن است با تغییرات لیتولوژی و تخلخل سازندهای بلافاصله از گمانه همبستگی داد. اطلاعات مربوط به سرعت‌های امواج تراکمی و برشی همراه با چگالی سازند، اجازه می‌دهد تا ویژگی‌های کشسانی دینامیک سازند محاسبه شود. سرشتی‌های تضعیف امواج تراکمی و برشی را می‌توان با ویژگی‌های مکانیکی و درجه خردشدگی و شکافدار بودن سازند همبستگی داد.

تجهیزات

۳- تجهیزات، به‌طور کلی از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

الف) فرستنده پالس‌های امواج آکوستیک، که در یک سر سوند نصب می‌شود. گیرنده یا گیرنده‌های آکوستیک، با پیش‌تقویت‌کننده‌های مربوطه، در فاصله ثابتی در انتهای دیگر نصب می‌شود، به شکلی که از نظر آکوستیکی از فرستنده جدا شده باشند. دستگاه آکوستیک جبرانی، شامل دو فرستنده امواج آکوستیک: یکی در بالای دو جفت گیرنده و دیگری در پایین آن‌ها می‌باشد.

(ب) قرقره و کابل پوششدار مسلح چند سیمی، که با آن‌ها سیگنال‌های الکترونیکی به سوند رفته و باز می‌گردند. قرقره باید به وسیله‌ای برای اندازه‌گیری عمق سوند در داخل گمانه مجهز باشد. حرکت سوند در داخل گمانه باید با ثبات ارتباط داشته باشد تا از همزمانی عمق واقعی سوند و آنچه روی ثبات نمایان می‌شود اطمینان به دست آید.

(ج) وسایل الکترونیکی سطحی، برای خوب کار کردن دستگاه‌ها و یک ثبات، برای نشان دادن سیگنال یا سیگنال‌های دریافتی از گیرنده یا گیرنده‌ها.

طرز کار

۴- قبل از به کار افتادن نگار صوتی، گمانه باید از سیالی که اغلب آب یا گل حفاری است پر شود. استفاده از این سیال برای اتصال آکوستیکی فرستنده و گیرنده‌های داخل سوند به سازند اطراف گمانه ضرورت دارد. ابتدا سوند به عمقی که باید از آن‌جا نگاربرداری آغاز شود فرستاده می‌شود، سپس با سرعت ثابت ۳۰-۵ متر در دقیقه، در امتداد فاصله لوله‌گذاری نشده گمانه به بالا کشیده شده و اندازه‌گیری‌ها برحسب عمق ثبت می‌شوند.

۵- اندازه‌گیری‌ها به چند شکل انجام زیر می‌شود:

(الف) نمایش زمان‌گذر در سطح زمین. زمان‌گذر (Δt) امواج تراکمی در عبور از یک ضخامت معین از سازند (که همان بازه گیرنده است) برحسب عمق رسم می‌شود.

(ب) نمایش تغییرات شدت در سطح. دامنه‌های امواج کشسان که به گیرنده می‌رسند، به صورت تصویری برحسب عمق ثبت می‌شوند. سیگنال تقویت شده گیرنده بر روی شدت باریکه الکترونی یک اسیلوسکوپ مدوله شده و از اثر آن تصویربرداری می‌شود.

(ج) نمایش شکل موج در سطح زمین. قطار موج کامل در فاصله‌های معین در بالای گمانه روی صفحه اسیلوسکوپ نمایش داده شده و تصویربرداری می‌شود.

محاسبه و تفسیر نتایج

۶-

(الف) نمایش زمان‌گذر در سطح زمین. زمان‌های سیر، روی صفحه‌های نمایش اندازه‌گیری شده و تصحیحات لازم مربوط به اندازه گمانه و سیال پرکننده گمانه اعمال می‌گردد، سپس سرعت موج تراکمی برحسب تابعی از عمق محاسبه می‌شود.

(ب) نمایش شدت متغیر در سطح زمین. موج‌های رسیده تراکمی و اغلب موج برشی در عمق معین تشخیص داده شده و تصحیحات لازم برای اندازه گمانه و سیال پرکننده گمانه اعمال می‌شود. این کار، با برداشت نگار برای بار دوم و با فاصله متفاوت بین فرستنده و گیرنده صورت می‌گیرد، سپس سرعت‌های موج تراکمی و برشی برحسب عمق محاسبه می‌گردد. اگر چگالی سازند نیز معلوم باشد، ضرایب کشسانی دینامیک برحسب تابعی از عمق محاسبه خواهد شد.

ج) نمایش شکل موج در سطح زمین. رسیده‌های موج تراکمی و اغلب موج برشی در عمق معین تشخیص داده شده و تصحیحات لازم برای اندازه گمانه و سیال پرکننده گمانه اعمال می‌گردد. سپس سرعت‌های تراکمی و برشی و سرشتی‌های تضعیف برحسب تابعی از عمق محاسبه می‌شود. اگر چگالی سازند نیز معلوم باشد، ضرایب کشسانی دینامیک برحسب تابعی از عمق قابل محاسبه خواهد بود.

۷- سرعت‌ها و تضعیف امواج آکوستیک در سنگ‌ها به عوامل چندی ارتباط دارند که بعضی از آن‌ها عبارتند از: نوع سنگ، تخلخل، پایداری، قطر شکاف‌ها، درجه خردشدگی و غیره. بعضی شرکت‌های متخصص، در سرویس‌دهی نگاربرداری ژئوفیزیکی گمانه‌ها شیوه‌های کاری را شرح داده و نمودارهایی برای ارزیابی تخلخل در سنگ‌های رسوبی از نگارهای صوتی در اختیار قرار داده‌اند. نشریه‌های دیگری در ارتباط با ارزیابی خردشدگی‌ها و تعیین ویژگی‌های مکانیکی سازند نزدیک چاه وجود دارد.

گزارش نتایج

۸- گزارش باید شامل موارد زیر باشد :

الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن، همچنین مشخصات سیال حفاری و محل و شرح تفصیلی هر نوع لوله‌گذاری.

ب) شرح تفصیلی دستگاه مورد استفاده و روش نمایش نتیجه‌ها. فاصله‌های فرستنده و گیرنده یا گیرنده‌ها در سوند باید گزارش شود.

ج) نگاهت‌برداری‌هایی که با مقیاس معین تهیه شده‌اند، باید همراه با نگارهای مغزه و تراشه‌های موجود به‌طور مفصل با شرح تفصیلی تنظیم‌های دستگاهی یادداشت‌برداری شود.

د) مقادیر فهرست شده از پارامترهای به‌دست آمده، همراه با فرمول‌ها و همبستگی‌هایی که در استخراج آن‌ها به‌کار رفته، همراه با شرح کافی از محدودیت‌های این محاسبات و فرضیه‌های به‌کار گرفته شده یا مراجعی که در این موارد به‌کار گرفته شده‌اند.

ه) تفسیر نتایج برحسب مشخصات زمین‌شناختی سازندهای اطراف چاه.

یادداشت‌ها :

(۱) مقیاس افقی برای نمایش زمان‌گذر، به‌طور نوعی خطی از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروثانیه بر متر می‌باشد.

مقیاس‌های عمق به‌طور نوعی $\frac{1}{200}$ یا $\frac{1}{1000}$ است، اما مقیاسهای دیگری مانند $\frac{1}{50}$ یا $\frac{1}{100}$ در نگاربرداری

گمانه‌های کم عمق به‌کار برده می‌شوند. مقیاس‌های دیگر عمق، عبارتند از: $\frac{1}{120}$ ، $\frac{1}{240}$ و $\frac{1}{600}$.

(۲) برای تفسیر نگارهای آکوستیک همراهی نگار چگالی مورد نیاز است.

۹-۲-۲-۲ روش پیشنهادی برای نگار قطرسنجی

کلیات

۱- نگار قطرسنجی، مقادیر قطر چاه را برحسب تابعی از عمق در اختیار می‌گذارد. قطر چاه یا تغییرات قطر آن

برای تفسیر دقیق نتیجه‌های به‌دست آمده از انواع دستگاه‌های نگاربرداری مورد لزوم است. بنابراین نگار

قطرسنجی به‌طور تقریب با همه دستگاه‌های نگاربرداری انجام می‌گیرد. تغییرات قطر چاه نشان‌دهنده

جمع شدن گل کبره در مجاورت سازندهای متخلخل و تراوا، و یا نشان‌دهنده گرایش چاه به ریزش آن در مجاورت سازندهای کم مقاومت می‌باشد. تغییرات قطر، همچنین می‌تواند نشان‌دهنده حضور درز و شکاف‌های عمده یا زون‌های تخلخل حفره‌ای^۱، ورم کردن مواد مارنی یا رسی و حل شدن نمک‌ها توسط سیال حفاری باشد.

تجهیزات

۲- تجهیزات، شامل قسمت‌های زیر است :

الف) تعدادی بازو (۳ تا ۶ عدد)، که از سوند به صورت شعاعی به اطراف کشیده شده‌اند. این بازوها می‌توانند به داخل سوند فرو روند^۲ یا از سوند خارج شوند؛ به طوری که مجهز به فنرهایی باشند که در هنگام بالاکشیدن سوند، با دیوار چاه تماس داشته باشند. فاصله‌ای که هر بازو از سوند به بیرون می‌ماند به روش مکانیکی اندازه‌گیری شده و به سیگنال الکتریکی تبدیل و به سطح زمین فرستاده می‌شود.

ب) قرقره و کابل مسلح چند سیمی، که سیگنال‌های الکترونیکی سوند از داخل آن عبور می‌کند. قرقره با استفاده از روش مخصوص برای اندازه‌گیری عمق سوند در گمانه مجهز شده است. حرکت سوند در داخل گمانه با ثبات ارتباط دارد، به طوری که عمق واقعی سوند با آنچه روی ثبات نشان داده می‌شود همخوانی داشته باشد.

ج) تجهیزات الکترونیکی سطحی، برای ترتیب دادن سیگنال‌های رسیده از بازوهای مختلف روی سوند و نمایش قطر متوسط گمانه، و همچنین برای نمایش دادن طول اندازه‌گیری شده هر بازو و جهت آن برحسب تابعی از عمق سوند در گمانه، با استفاده از وسایل مخصوص.

طرز کار

۳- سوند قطر سنج باید قبل از داخل شدن در گمانه، با قراردادن حلقه‌های فلزی با قطر داخلی معلوم در اطراف بازوهای اندازه‌گیری، با دقت همسنجی شود. قطرهای واقعی باید ثبت و حداقل دو حلقه مصرف شود. یکی بزرگ‌تر از بزرگ‌ترین قطری که در چاه انتظار می‌رود و دیگری کوچک‌تر از کوچک‌ترین قطر مورد انتظار. این کار باید در هنگام تکمیل عمل نگاربرداری تکرار شود. اگر سوند اندازه‌گیری به نشانگر جهت مجهز باشد، این وسیله نیز باید قبل و بعد از تکمیل عمل نگاربرداری آزمایش شود.

۴- سوند، در حالی که بازوهای آن جمع شده‌اند تا عمق مورد نظری که از آنجا باید نگاربرداری آغاز شود به داخل گمانه فرستاده می‌شود. پس از آزاد کردن بازوها، سوند با سرعت ثابت ۲۰-۴ متر در دقیقه، در امتداد طول لوله‌گذاری نشده گمانه، به بالا کشیده می‌شود. اندازه‌گیری‌های قطر، به طور پیوسته برحسب تابعی از عمق سوند در گمانه ثبت می‌شوند.

1 - Vuggy Zones

2 - Retracted

گزارش نتایج

۵- گزارش باید شامل موارد زیر باشد :

- الف) محل و طول گمانه، زاویه میل و جهت آن، و قطر مته حفاری. گزارش، باید شامل مشخصات سیال حفاری، و محل و قطر هر نوع لوله‌گذاری نیز باشد.
- ب) شرح کامل دستگاه و سرعت نگاربرداری .
- ج) نگاهت قطر گمانه، یا اختلاف بین قطرهای اندازه‌گیری شده و قطر مته حفاری برحسب تابعی از عمق با مقیاس مناسب.
- د) اگر نگاهت مقطع گمانه برحسب تابعی از عمق تهیه شده باشد، این موضوع باید در فاصله‌های منظم نشان داده شود.

یادداشت‌ها

مقیاس‌های عمق، بسته به نوع $\frac{1}{200}$ یا $\frac{1}{1000}$ می‌باشد، ولی مقیاس‌هایی مثل $\frac{1}{50}$ یا $\frac{1}{100}$ در گمانه‌های کم عمق به کار می‌روند. سایر مقیاس‌های عمق $\frac{1}{120}$ ، $\frac{1}{240}$ و $\frac{1}{600}$ است.

۲-۲-۱۰ روش پیشنهادی برای نگار دما

کلیات

- ۱- نگار دما، مقدار دمای سیال گمانه را برحسب تابعی از عمق در اختیار قرار می‌دهد. نگار دمای دیفرانسیلی (گرادیان دما) اختلاف دمای بین دو نقطه در سیال گمانه را در اختیار می‌گذارد.
- ۲- اگر سیال حفاری پرکننده گمانه در مدت زمان کافی به‌طور ساکن نگه‌داشته شود، به تعادل گرمایی با سازند اطراف خواهد رسید. اگر عوامل به‌هم زنده موجود نباشد، دمای اندازه‌گیری شده در هر نقطه از گمانه، نزدیک به دمای سازند اطراف است. تغییرات این دما با عمق، اغلب، گرادیان گرمایی را نشان خواهد داد (برای گمانه‌های عمیق تر از ۲۰ متر)، که به 1°C ازدیاد دما در هر ۴۰ متر ازدیاد عمق خیلی نزدیک خواهد بود. البته اگر عوامل به‌هم زنده، چون شارش آب‌های زیرزمینی یا گاز به داخل گمانه یا تزریق سیمان، وجود داشته باشد، این عوامل به‌صورت تغییرات ناهنجار در دمای ثبت شده منعکس خواهد شد.

تجهیزات

۳- تجهیزات شامل قسمت‌های زیر است :

- الف) سوند، که حاوی چند دماسنج مقاومتی، یا ترجیحاً ترمیستورهاست که در فواصل ثابت جا گرفته‌اند.
- ب) قرقره و کابل مسلح چند سیمی، که سیگنال‌های به‌دست آمده از ترمیستورها از داخل آن عبور می‌کنند. قرقره باید با روش مخصوصی مجهز باشد که عمق سوند را در داخل گمانه اندازه‌گیری کند. حرکت سوند در داخل گمانه باید با ثبات جفت شود تا از همزمانی بین عمق واقعی سوند در گمانه و آنچه روی ثبات ثبت شده است اطمینان به‌دست آید.

ج) تجهیزات الکترونیکی سطحی برای هماهنگی سیگنالهای رسیده از ترمیستورها و نمایش دما یا اختلاف دماها برحسب تابعی از عمق سوند در گمانه .

طرز کار

۴- پس از مطمئن شدن از این که گمانه از سیال پر شده است، در حالی که اندازه گیری ها صورت می گیرد، سوند دما با آهستگی لازم و در خور ثابت های زمانی دماسنج ها یا ترمیستورها به پایین فرستاده می شود. این شیوه کار، از اثرات به هم خوردگی حاصل از عبور سوند روی رژیم گرمایی داخل گل حفاری خواهد کاست. اندازه گیری های دما یا اختلاف دما، ثبت و به طور پیوسته برحسب تابعی از عمق سوند در گمانه نمایش داده خواهد شد.

گزارش نتایج

۵- گزارش باید شامل موارد زیر باشد :

الف) محل گمانه، طول، قطر، زاویه میل و جهت آن. در ضمن گزارش باید شامل مشخصات سیال حفاری، مدت زمانی که سیال داخل گمانه ساکن مانده، سطح تراز سیال در گمانه، محل هر نوع لوله گذاری و قطر آن نیز باشد.

ب) شرح تفصیلی دستگاه به کار برده شده، شامل سرعت نگاربرداری و ثابت های زمانی دماسنج ها یا ترمیستورها.

ج) ثبت حاصل از دماها یا تفاوت دماها برحسب تابعی از عمق با مقیاس مناسب.

پیوست ۱ - علائم اختصاری دستگاه‌های چاه‌نگاری

| علامت‌های متداول | توضیح |
|------------------|---|
| PHC | دستگاه صوتی جبرانی برای اثر چاه |
| C | دستگاه قطر سنجی |
| CDM | شیب‌سنجی با سه بالشک |
| CL(T) | دستگاه یا لاگ نوترون جبرانی |
| CST | نمونه‌گیری جانبی گلوله‌ای |
| D | چگالی سازند |
| DIL | لاگ القایی دوتایی و لاترولوگ ۸ |
| DLL | دستگاه لاترولوگ دوتایی |
| EPT | دستگاه انتشار امواج الکترومغناطیسی |
| ES | دستگاه‌های سنجش مقاومت ویژه شامل نرمال و لاترال |
| FDL | لاگ چگالی سازند (غیر جبرانی) |
| FDC | لاگ چگالی سازند (جبرانی) |
| GNT | دستگاه نوترون |
| GR | پرتوزایی گاما |
| HDT | دستگاه شیب‌سنجی با دانسیته بالا |
| HRT | دستگاه دماسنجی با قدرت تفکیک بالا |
| IEC | کاوش الکتریکی القایی |
| IGT | دستگاه طیف‌سنجی پرتوهای گامای القایی |
| IL | لاگ القایی |
| Ild | لاگ القایی عمیق |
| Ilm | لاگ القایی متوسط |
| L | لاترال با فاصله سوندی ۸"، ۱۸' |
| LL | لاترولوگ (شامل ۳، ۷، ۸، ۹ الکترودی) |
| LLd | لاترولوگ عمیق |
| LLs | لاترولوگ کوتاه |
| LN | نرمال بزرگ |
| LSS | دستگاه صوتی با فاصله بازه بزرگ |
| ML | میکرولوگ (میکرونرمال + میکروانورس) |

| علامت‌های متداول | توضیح |
|------------------|-------------------------------------|
| MLL | میکرولاترولوگ |
| MPL | لاگ خواص مکانیکی |
| N | نوترون |
| N - D | نوترون - چگالی |
| N16'' (64'') | نرمال با فاصله بازه ۱۶'' (یا ۶۴'') |
| NGT ou NGS | دستگاه طیف‌سنجی پرتوهای گامای طبیعی |
| S,SL | لاگ صوتی |
| SNP | دستگاه نوترون جدار |
| SP | پتانسیل خودزا |
| SSP | پتانسیل خودزا استاتیک |
| TDT, NLL | لاگ زمان واپاشی نوترونهای ترمیک |
| VDL | لاگ چگالی متغیر (اکوستیک) |
| WST | دستگاه لرزه‌نگاری چاه |

۳- منابع و مأخذ

- ۱-۳ چاه‌نگاری ۱۳۷۷، تألیف ابرتوسرا، ترجمه غلامحسین نوروزی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۲-۳ کاتالوگ آباکهای تفسیر شرکت اطلس ۱۹۸۵
- 3-3 Royal School of Mines, Imperial College of Science and Technology, London, England

Standard of Well Logging Methods in Hydrogeology and Their Guideline in Rock Mechanic and Geotechnics

این نشریه

با عنوان «ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد روشهای چاهنگاری در هیدروژئولوژی و راهنمای آنها در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک» شامل دو بخش است. در بخش اول سعی شده است روشهای معمول چاهنگاری در مطالعات هیدروژئولوژی به صورت استاندارد درآید. این روشها شامل SP، مقاومت ویژه و پرتوژیی گاما است که اصول آنها قبلاً در نشریه شناخت روشهای چاهنگاری ارائه شده است. در این بخش جهت تفسیر کمی مطالعات SP برای به دست آوردن مقاومت ویژه و درجه شوری آب سازند، آباکهای تصحیح کننده و چگونگی استفاده آنها آورده شده است.

در بخش دوم با استفاده از راهنمای ISRM در مطالعات مکانیک سنگ و ژئوتکنیک، روشهای پیشنهادی و به نوعی دستورالعمل این روشها برای مطالعات ژئوتکنیک داده شده است.

روشهای ارائه شده در این بخش شامل نگارهای الکتریکی، پرتوگاما، نوترون، گاما - گاما (چگالی)، صوتی، قطرسنجی و دما است که با شرح خلاصه‌ای از آنها سعی شده، چگونگی استفاده از آنها (شامل مقیاسهای برداشت، چگونگی برداشت، گزارش نتایج و غیره) در مطالعات ژئوتکنیکی بیان شود.