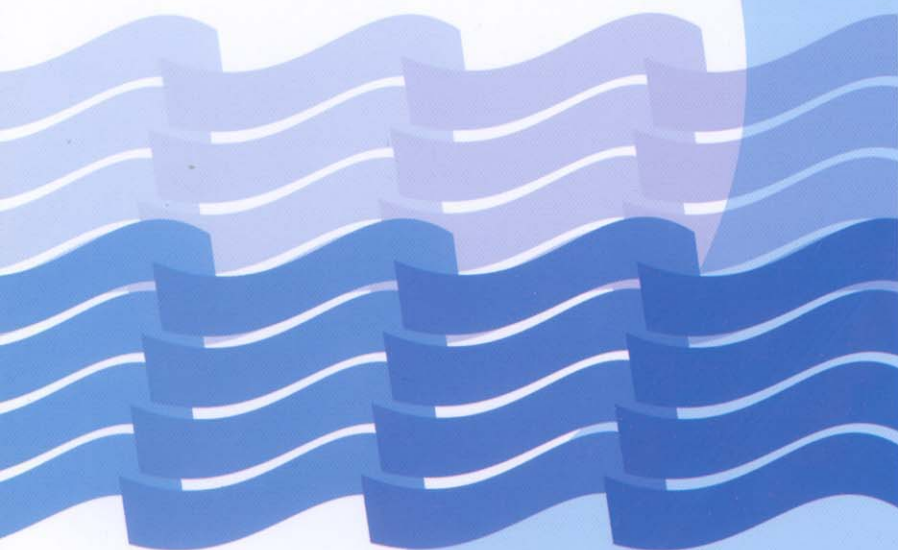




ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، شناخت روش‌های چاه‌نگاری



ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب

شناخت روشهای چاهنگاری

به نام خدا

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط ، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از بکارگیری 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 طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور وزارت نیرو در جهت نیل به این هدف با مشخص نمودن رشته های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته ها و زیر کمیته های فنی نموده که وظیفه تهیه این استانداردها را به عهده دارند .

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

- استفاده از تخصص ها و تجارب کارشناسان و صاحب نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین المللی
- بهره گیری از تجارب دستگاههای اجرائی ، 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 غیر مالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر موسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

استانداردها ابتدا بصورت پیش نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات ارسالی پس از بررسی در کمیته تخصصی در نسخه نهایی منظور می گردد.

پیش نویس این نشریه ابتدا در سال ۱۳۷۳ تحت عنوان ژئوفیزیک مهندسی و نقش آن در مهندسی آب «شناخت روشهای چاه پیمایی» توسط کمیته ژئوفیزیک تهیه گردید. با توجه به اینکه کمیته هیدروژئولوژی نیز بمنظور استفاده از چاه پیمایی در مطالعه چاههای آب در سال ۱۳۷۴ اقدام به تهیه نشریه ای با عنوان «دستورالعمل چاه پیمایی در آبهای زیرزمینی» نموده بود و با عنایت به روال موجود در استاندارد مهندسی آب که می بایستی دو نشریه تقریباً مشابه در چهارچوب نشریه واحدی تلفیق و منتشر شود، لذا بنا به پیشنهاد مدیریت محترم طرح، نشریه حاضر از بازنگری

و ادغام آنها تهیه گردید. در فرآیند این تلفیق کمیته ژئوفیزیک برحسب مورد از دیدگاهها و همکاریهای بیدریغ آقای مهندس پرویز بیرقی (از تهیه کنندگان دستورالعمل نامبرده) نیز بهره مند شده است.

امید است که کارشناسان و صاحب نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از مهندسی آب مرتبط می باشد، با توجهی که مبذول می فرمایند این پیش نویس را مورد بررسی دقیق قرار داده و با ارائه نظرات و راهنمایی های ارزنده خود کمیته فنی شماره ۱۳-۲ (ژئوفیزیک) را در تنظیم و تدوین متن یاری و راهنمایی فرمایند.

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 الفبا به شرح زیر است :

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

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه -۱
۱	کلیات ۱-۱
۲	هدف ۲-۱
۲	تقسیم بندی سنگی ۳-۱
۲	خمیره ۱-۳-۱
۳	رسها ۲-۳-۱
۳	انواع اندازه گیریهای چاه نگاری -۲
۳	روشهای طبیعی ۱-۲
۴	روشهای مصنوعی ۲-۲
۵	نوفه ها -۳
۵	تأثیر چاه ۱-۳
۵	سیال حفاری ۱-۱-۳
۵	رخنه ۲-۱-۳
۸	مشخصات دستگاه اندازه گیری ۲-۳
۸	قطر سوند و انحراف از مرکز ۱-۲-۳
۹	فاصله فرستنده - گیرنده ۲-۲-۳
۱۰	سرعت پیمایش و سرعت نگاربرداری ۳-۲-۳
۱۱	درجه حرارت و فشار ۳-۳
۱۲	لوازم مورد استفاده در نگاربرداری -۴
۱۳	کامیون یا اطاقک ثابت ۱-۴
۱۴	کابل ۲-۴
۱۵	اندازه گیری عمق ۱-۲-۴
۱۵	سوند ۳-۴
۱۶	ثباتها ۴-۴
۱۷	نگار (لوگ) ۵-۴
۱۷	انتقال داده ها ۶-۴

صفحه	عنوان
۱۸	چاه‌نگاری مقاومت ویژه ۵-۵
۱۹	دستگاه‌های با جریان غیرمتمرکز و بازه زیاد (نرمال و جانبی) ۵-۱-۵
۱۹	اصول اندازه‌گیری ۵-۱-۱-۵
۲۰	آرایش یا سوند نرمال ۵-۱-۲-۵
۲۱	آرایش جانبی یا سوند جانبی ۵-۱-۳-۵
۲۱	مسیر عبور جریان الکتریکی ۵-۱-۴-۵
۲۲	نقطه اندازه‌گیری ۵-۱-۵-۵
۲۲	شعاع بررسی ۵-۱-۶-۵
۲۲	عوامل مؤثر بر نگار مقاومت ویژه ۵-۱-۷-۵
۲۲	دستگاه‌های با جریان متمرکز و بازه زیاد ۵-۲-۵
۲۳	لاترولوگ (LL) ۵-۲-۱-۵
۲۳	دستگاه لاترولوگ ۳ الکترودی (LL3) ۵-۲-۱-۱-۵
۲۴	دستگاه لاترولوگ ۷ الکترودی (LL7) ۵-۲-۱-۲-۵
۲۵	نقطه اندازه‌گیری ۵-۲-۲-۵
۲۵	شعاع بررسی ۵-۲-۳-۵
۲۶	تفکیک قائم ۵-۲-۴-۵
۲۷	سوند القایی (IL) ۵-۳-۵
۲۸	نقطه اندازه‌گیری ۵-۳-۱-۵
۲۸	شعاع بررسی ۵-۳-۲-۵
۲۹	تفکیک قائم ۵-۳-۳-۵
۳۰	مزایای سوند القایی نسبت به سوندهای نرمال و جانبی ۵-۳-۴-۵
۳۰	دستگاه‌های با بازه کوچک (ریز مقاومت ویژه) ۵-۴-۵
۳۰	ریز آرایش غیرمتمرکز - میکروولوگ ۵-۴-۱-۵
۳۱	عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیری ۵-۴-۱-۱-۵
۳۲	پاسخ میکروولوگ برای سازندهای مختلف ۵-۴-۱-۲-۵
۳۲	ریز آرایش متمرکز - میکرولاترولوگ (MLL) ۵-۴-۲-۵
۳۳	نقطه اندازه‌گیری - تفکیک قائم - شعاع بررسی ۵-۴-۲-۱-۵
۳۳	عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیری ۵-۴-۲-۲-۵
۳۳	اثر گل کبره ۵-۴-۲-۲-۱-۵

صفحه	عنوان
۳۴	۲-۲-۲-۴-۵ اثر سازندهای احاطه‌کننده
۳۴	۳-۲-۲-۴-۵ اثر زون دست نخورده
۳۴	۵-۵ پارامترهای زمین‌شناختی مؤثر بر اندازه‌گیریهای مقاومت ویژه
۳۴	۱-۵-۵ ترکیب سنگ
۳۵	۲-۵-۵ بافت سنگ
۳۵	۳-۵-۵ شیب
۳۵	۴-۵-۵ درجه حرارت
۳۵	۵-۵-۵ فشار - تراکم
۳۶	۶-۵-۵ محیط رسوبگذاری - ساخت و توالی‌های زمین‌شناختی
۳۶	-۶ اندازه‌گیری پتانسیل خودزا
۳۶	۱-۶ اندازه‌گیری پتانسیل خودزا (نگار SP)
۳۷	۲-۶ SP استاتیک و SP ظاهری
۳۷	۳-۶ عوامل مؤثر بر شکل نگار SP
۳۷	۱-۳-۶ قطر چاه
۳۸	۲-۳-۶ ضخامت لایه
۳۸	۳-۳-۶ مقاومت ویژه محیطهای موجود
۳۹	۴-۶ پارامترهای زمین‌شناختی مؤثر بر پتانسیل خودزا
۳۹	۱-۴-۶ ترکیب سنگ
۳۹	۱-۱-۴-۶ قسمتهای جامد
۳۹	۲-۱-۴-۶ مایعات
۴۰	۳-۱-۴-۶ بافت سنگ
۴۰	۴-۱-۴-۶ فشار
۴۰	۵-۶ کاربرد نگار SP در مطالعات آب
۴۱	-۷ روشهای هسته‌ای
۴۲	۱-۷ امکان ثبت مقادیر
۴۲	۲-۷ نوسانات آماری
۴۲	۳-۷ اثر زمان مرده
۴۳	۴-۷ سرعت ثبت
۴۴	۵-۷ ضخامت لایه‌ها

صفحه	عنوان
۴۴	نقطه اندازه‌گیری ۶-۷
۴۵	اندازه‌گیری پرتوزایی گامای طبیعی ۷-۷
۴۶	واحدهای اندازه‌گیری ۱-۷-۷
۴۷	نقطه اندازه‌گیری ۲-۷-۷
۴۷	شعاع بررسی ۳-۷-۷
۴۷	تفکیک قائم ۴-۷-۷
۴۸	عوامل مؤثر بر شکل و دامنه منحنی پرتوزایی گاما ۵-۷-۷
۴۸	شرایط چاه ۱-۵-۷-۷
۴۹	ضخامت طبقات ۲-۵-۷-۷
۴۹	کاربردها ۶-۷-۷
۴۹	چاه‌نگاری نوترون ۸-۷
۵۱	چاه‌نگاری نوترون - گاما ۱-۸-۷
۵۲	شعاع بررسی ۱-۱-۸-۷
۵۲	تفکیک قائم ۲-۱-۸-۷
۵۲	نقطه اندازه‌گیری ۳-۱-۸-۷
۵۳	عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیری ۴-۱-۸-۷
۵۴	عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر اندازه‌گیری شاخص هیدروژن ۵-۱-۸-۷
۵۵	اندازه‌گیری چگالی سازند (چاه‌نگاری گاما - گاما یا چگالی) ۹-۷
۵۶	اثر کامپتون ۱-۹-۷
۵۷	رابطه جذب ۲-۹-۷
۵۷	رابطه بین چگالی الکترونی و چگالی کپه‌ای ۳-۹-۷
۵۸	منابع پرتوهای γ ۴-۹-۷
۵۹	سوندها ۵-۹-۷
۶۰	شعاع بررسی ۶-۹-۷
۶۰	تفکیک قائم ۷-۹-۷
۶۰	نقطه اندازه‌گیری ۸-۹-۷
۶۰	پارامترهای مؤثر بر اندازه‌گیریها ۹-۹-۷
۶۱	رسها ۱-۹-۹-۷
۶۱	آب ۲-۹-۹-۷

صفحه	عنوان
۶۲	تفسیر ۱۰-۹-۷
۶۲	عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیریها یا شکل منحنی ۱۱-۹-۷
۶۳	اثر چاه ۱-۱۱-۹-۷
۶۳	قطر چاه ۱-۱-۱۱-۹-۷
۶۳	طبیعت سیال حفاری ۲-۱-۱۱-۹-۷
۶۴	اثر زبری جدار چاه ۲-۱۱-۹-۷
۶۴	گل کبره ۳-۱۱-۹-۷
۶۴	لوله‌گذاری ۴-۱۱-۹-۷
۶۵	رخنه ۵-۱۱-۹-۷
۶۵	عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر مقادیر چگالی ۱۲-۹-۷
۶۵	ترکیب سنگها ۱-۱۲-۹-۷
۶۶	بافت سنگ ۲-۱۲-۹-۷
۶۶	درجه حرارت ۳-۱۲-۹-۷
۶۶	فشار ۴-۱۲-۹-۷
۶۶	کاربردها ۱۳-۹-۷
۶۷	سایر روشهای چاه‌نگاری ۸-
۶۷	قطر سنجی ۱-۸
۶۸	عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر قطر چاه ۱-۱-۸
۶۹	کاربردها ۲-۱-۸
۷۰	چاه‌نگاری اکوستیک ۲-۸
۷۱	عوامل مؤثر روی اندازه‌گیری ۱-۲-۸
۷۱	خمیره ۱-۱-۲-۸
۷۱	تخلخل و سیال ۲-۱-۲-۸
۷۱	بافت ۳-۱-۲-۸
۷۴	کاربرد ۲-۲-۸
۷۵	چاه‌نگاری به روش دماسنجی ۳-۸
۷۶	چاه‌نگاری به روش قابلیت هدایت الکتریکی ۴-۸
۷۷	جریان‌سنجی ۵-۸
۷۹	چاه‌نگاری به روش عکسبرداری از داخل چاه ۶-۸

صفحه	عنوان
۸۰	تفسیر نگارهای چاه نگاری -۹
۸۰	کلیات ۱-۹
۸۰	تفسیر نگارهای الکتریکی ۲-۹
۸۰	نگار پتانسیل خودزا SP ۱-۲-۹
۸۳	نگارهای مقاومت ویژه ۲-۲-۹
۸۳	سوندهای با جریان غیر متمرکز و بازه بزرگ (نرمال و جانبی) ۱-۲-۲-۹
۸۵	سوندهای با جریان متمرکز و بازه زیاد (لاترولوگ) ۲-۲-۲-۹
۸۵	سوند با جریان غیرمتمرکز و بازه کوچک (میکرولوگ) ۳-۲-۲-۹
۸۹	سوند با جریان متمرکز و بازه کوچک (میکرولاترولوگ) ۴-۲-۲-۹
۹۰	نتیجه ۳-۲-۹
۹۰	تفسیر نگارهای هسته‌ای ۳-۹
۹۲	نگار پرتوزایی گامای طبیعی ۱-۳-۹
۹۲	نگار نوترون ۲-۳-۹
۹۴	نگار چگالی (گاما - گاما) ۳-۳-۹
۹۴	نتیجه ۴-۳-۹
۹۴	نگار قطرسنجی ۴-۹
۹۶	مثالی از نگارهای واقعی یک گمانه اکتشافی آب ۵-۹
۱۰۵	منابع

۱-۱ کلیات

چاه‌نگاری^۱ (چاه‌پیمایی) عبارتست از اندازه‌گیری و ثبت پیوسته بعضی مشخصه‌های فیزیکی سازندهایی که چاه آنها را قطع می‌کند. این اندازه‌گیریها می‌تواند به موازات حفر چاه و یا پس از حفر کامل توسط دستگاههایی که بطور عام سوند^۲ خوانده می‌شوند، انجام پذیرد. ثبت اندازه‌گیریها بطور معمول بصورت لوگ^۳ (نگار) ارائه می‌گردد.

روشهای متنوع و متفاوتی در چاه‌نگاری وجود دارد که با استفاده از آنها می‌توان به اطلاعات مختلف هیدروژئولوژی مانند جنس، ضخامت، تخلخل و تراوایی و درجه اشباع لایه‌های زمین و نیز کیفیت و درجه حرارت آب موجود در این لایه‌ها دست یافت.

اطلاعات حاصل از اندازه‌گیریهای چاه‌نگاری مکمل دانسته‌های بدست آمده از مغزه‌ها و گاه تنها راه دستیابی به اطلاعات موردنظر است (زمانیکه مغزه‌گیری غیر ممکن یا انجام نپذیرفته باشد).

بطورکلی پیشرفت و ابداع روشهای جدید چاه‌نگاری در طول تاریخ تحول آن، رابطه تنگاتنگ با تحقیقات مربوط به مسائل نفت داشته است، ولی از سال ۱۹۷۰ در رابطه با اکتشاف معدن و آب نیز مورد توجه قرار گرفته است. بایستی توجه داشت که تفاوت عمده‌ای در روشهای مورد استفاده در نفت، معدن و آب وجود ندارد (بجز بعضی لوگهای خاص معدن مانند خودپذیری مغناطیسی) و تنها تفاوت آنها در اندازه دستگاههای مورد استفاده است که این موضوع بدلیل متفاوت بودن قطر چاههای اکتشافی نفت با گمانه‌های اکتشافی معدن و آب می‌باشد.

در ایران از روشهای چاه‌نگاری در آبهای زیرزمینی بطور محدودی استفاده شده است که عوامل این محدودیت را می‌توان بطور خلاصه بصورت زیر عنوان کرد:

الف - آشنایی محدود با امکانات چاه‌نگاری و اطلاعات بدست آمده از آن.

ب - کمبود نیروی متخصص برای اجرای عملیات چاه‌نگاری و کاربرد صحیح وسایل و تجهیزات مربوط به آن.

ج - گرانی وسایل و تجهیزات مورد نیاز.

به هر حال با توجه به هزینه‌های زیاد حفر چاههای اکتشافی در راستای استفاده بهینه از آنها در جمع‌آوری اطلاعات موردنظر، روشهای چاه‌نگاری می‌تواند نقش ارزنده‌ای را ایفا کند.

1- Well Logging

2- Sonde

3- Log

۲-۱ هدف

روشهای چاه نگاری برای شناخت موارد مختلف زمین شناختی و تعیین پارامترهای فیزیکی سنگ (درجه تخلخل، اشباع، نفوذپذیر، چگالی و غیره) طراحی شده است. این موارد در چاه عموماً توسط بررسی و آنالیز مغزه‌ها و آزمایشهای ژئوتکنیکی انجام می‌پذیرد که محدودیتهای موجود، از جمله مغزه‌گیری به واسطه مسائل تکنیکی و یا شسته شدن و حل شدن بعضی از سنگها و نیز ابعاد کوچک مغزه‌ها باعث ابهام یا عدم تفسیر مسائل موردنظر می‌شود. روشهای چاه نگاری اغلب بعنوان یک وسیله مکمل و گاه تنها وسیله ممکن می‌تواند نقش مهمی را در تفسیر و نتیجه‌گیری نهایی ایفا نماید. برای دستیابی به اهداف موردنظر باید:

اولاً: تغییر در هر پارامتر زمین شناختی یا فیزیکی سنگ توسط حداقل یکی از اندازه‌گیریهای مطرح در چاه نگاری منعکس شود.

ثانیاً: هر تغییر در جوابهای چاه نگاری حداقل منطبق بر یک تغییر پارامتر زمین شناختی یا فیزیکی سنگ باشد.

۳-۱ تقسیم‌بندی سنگها

یکی از کاربردهای چاه نگاری تعیین نوع سنگها و تهیه مقاطع لیتولوژی است. در این مطالعات معمول این است که برای قسمت جامد تمام سنگها، دو تشکیل‌دهنده در نظر گرفته می‌شود: خمیره^۱ و رس^۲ (شیل). این تقسیم‌بندی از یک طرف بدلیل خواصهای فیزیکی متفاوتی است که از طریق روشهای چاه نگاری برای این دو بدست می‌آید و از طرف دیگر بدلیل تأثیر رس روی خواص فیزیکی (تراوایی، درجه اشباع و غیره) سنگها می‌باشد.

۱-۳-۱ خمیره

در چاه نگاری مجموع قسمتهای جامد تشکیل‌دهنده سنگها (دانه‌های اصلی و سیمان) به جز رس را خمیره می‌نامند. هرگاه تمام قسمتهای سنگ از یک کانی تشکیل شده باشد، به آن خمیره ساده (کلسیت، کوارتز) و در صورتیکه دانه‌های اصلی و سیمان از کانیهای متفاوتی باشند به آن خمیره مرکب (ماسه کوارتزی با سیمان آهکی) می‌گویند. زمانیکه در خمیره، رس وجود نداشته باشد، آن را «خمیره تمیز»^۳ می‌نامند. کانیهای تشکیل‌دهنده سنگهای رسوبی، دارای مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی مخصوص به خود و در نتیجه شاخصهای چاه نگاری وابسته به آن می‌باشد.

1- Matrix

2- Clay (Shale)

3- Clean matrix

تحت این نام، مجموعه‌ای از مواد رسوبی که از کانیهای متورق آلومینوسیلیکاته آبدار تشکیل شده‌اند، معرفی می‌شود. گروههای زیادی از این نوع کانیها بر حسب ضخامت لایه‌بندی و بزرگی فاصله شبکه وجود دارد. آرایش دانه‌های ریز رسی می‌تواند موجب برجای گذاشتن فضاهای خالی کم و بیش زیادی شود که بستگی به درجه تراکم سنگ دارد. این فضاها عموماً توسط آب پر می‌شود که درصد اشباع آنها از آب و نیز بعضی خواص فیزیکی آب (مانند مقاومت ویژه) باعث تغییرات قابل توجه در اندازه بعضی پارامترهای چاه نگاری می‌گردد. بطورکلی در ارتباط با تعداد نسبتاً زیادی از پارامترهای چاه نگاری مانند مقاومت ویژه، پرتوزایی سرعت امواج صوتی، پتانسیل خودزا و غیره، رسها دارای خواص متفاوتی با سایر سنگها می‌باشد.

۲- انواع اندازه‌گیریهای چاه نگاری

پارامترهای فیزیکی که در چاه نگاری اندازه‌گیری می‌شود، در دو گروه بزرگ جای می‌گیرد (برای آگاهی از نمادگذاریها، نگا. پیوست ۱).

۱-۲ روشهای طبیعی

یک گروه از پدیده‌های مطرح در این مطالعات بطور طبیعی در زمین و سنگها وجود دارد که ثبت آنها فقط احتیاج به یک دستگاه گیرنده دارد. به این گروه می‌توان اندازه‌گیری پارامترهای زیر را وابسته کرد:

- چاه نگاری میزان پرتوزایی گامای طبیعی: (γ NGS, γ GR)

- چاه نگاری پتانسیل خودزا: 3 SP

- چاه نگاری دماسنجی: 4 T

- چاه نگاری قطر سنجی: 5 C

- چاه نگاری انحراف چاه

1- Gamma Ray

2- Natural Gamma Ray Spectrometry

3- Spontaneous Potential

4- Temperature

5- Caliper

۲-۲ روشهای مصنوعی

در این روشها، توسط تحریک سنگها از طریق میدان حاصل از یک فرستنده و ثبت عکس العمل سنگ توسط گیرنده می توان بعضی پارامترهای فیزیکی را بدست آورد:

اندازه گیریهای معمول وابسته به این گروه عبارتند از:

الف - روشهای الکتریکی با استفاده از سیستمهای الکترونی شامل آرایشهای:

نرمال^۱، (N16" , N64")، جانبی^۲ (L)، لاترولوگ^۳ (LL)، میکروولوگ^۴ (ML)، میکرولاترولوگ^۵ (MLL)، شیبسنجی^۶ (HDT).

ب - روشهای الکترومغناطیسی با استفاده از پیچها^۷، شامل:

چاه نگاری القایی (IL)

در مجموعه روشهای فوق پارامترهای مقاومت ویژه، قابلیت هدایت، و ثابت دی الکتریک اندازه گیری می شود.

ج - روشهای هسته ای

این روشها که در ارتباط با خواص اتمی مواد مورد مطالعه طراحی شده اند عبارتند از:

- چاه نگاری گاما - گاما یا چگالی (LDT, CD, D, FDC).

- چاه نگاری نوترون - گاما (N)

- چاه نگاری نوترون - نوترون اپی ترمیک

- چاه نگاری نوترون - نوترون ترمیک

د - روشهای استفاده از امواج صوتی

این روشها با استفاده از فرستادن امواج کشسان به داخل سازند و دریافت آنها توسط گیرنده انجام می شود و شامل اندازه گیریهای زیر می باشد:

- سرعت سیر امواج P (گاهی امواج S) در سنگها (SV, SL, BHC)

- اندازه گیری دامنه روی اولین و دومین نوسان: چاه نگاری دامنه (A)

1- Normal

2- Lateral

3- Laterolog

4- Microlog

5- Microlaterolog

6- Dipmeter

7- Coils

۳- نوفه‌ها

نوفه‌ها دارای منشاءهای مختلف است که وابسته به خود چاه اکتشافی، شکل دستگاه اندازه‌گیری، شرایط ثبت پارامتر و نیز درجه حرارت و فشار موجود در چاهها می‌باشد.

۳-۱ تأثیر چاه

تأثیر چاه می‌تواند بدو صورت مورد توجه قرار گیرد. یکی حجم و نوع سیال مورد استفاده برای حفاری که دستگاه اندازه‌گیری را احاطه می‌کند، دیگری پدیده رخنه^۱ که عموماً در مقابل زونهای متخلخل و نفوذپذیر به وقوع می‌پیوندد.

۳-۱-۱ سیال حفاری

اثر سیال حفاری روی جوابهای دستگاه اندازه‌گیری بستگی به چند پارامتر دارد:

الف - قطر چاه - هر چه قطر چاه بزرگتر باشد، حجم سیالی که دستگاه را احاطه می‌کند افزایش یافته و در نتیجه اندازه‌گیری بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در بیش از مقدار مشخصی از حجم سیال، سیگنال دریافتی عملاً بازتاب اثر چاه بوده و اطلاعاتی را در خصوص سازندهای مورد مطالعه بدست نمی‌دهد. به همین دلیل شرکت‌های سرویس دهنده، قطر حداکثر چاه برای استفاده از دستگاه را به مصرف‌کنندگان اعلام می‌کنند.

ب - طبیعت و چگالی سیال - براساس جنس یا طبیعت سیال، امکان یا عدم امکان ثبت بعضی از پارامترها فراهم می‌شود. به این ترتیب مثلاً هوا قادر نیست عبور جریانهای الکتریکی را فراهم سازد در صورتیکه یک گل حفاری شور به خوبی جریانهای مذکور را هدایت می‌کند. چگالی گل در جذب پرتوهای گاما دارای نقش مهمی می‌باشد و در سرعت عبور امواج کشسان نیز تأثیر دارد.

معمولاً برای تصحیح اندازه‌گیری‌هایی که تحت تأثیر سیال حفاری قرار می‌گیرند، کارخانه‌های سازنده دستگاه، منحنی‌های استاندارد تصحیح‌کننده مورد لزوم را در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند.

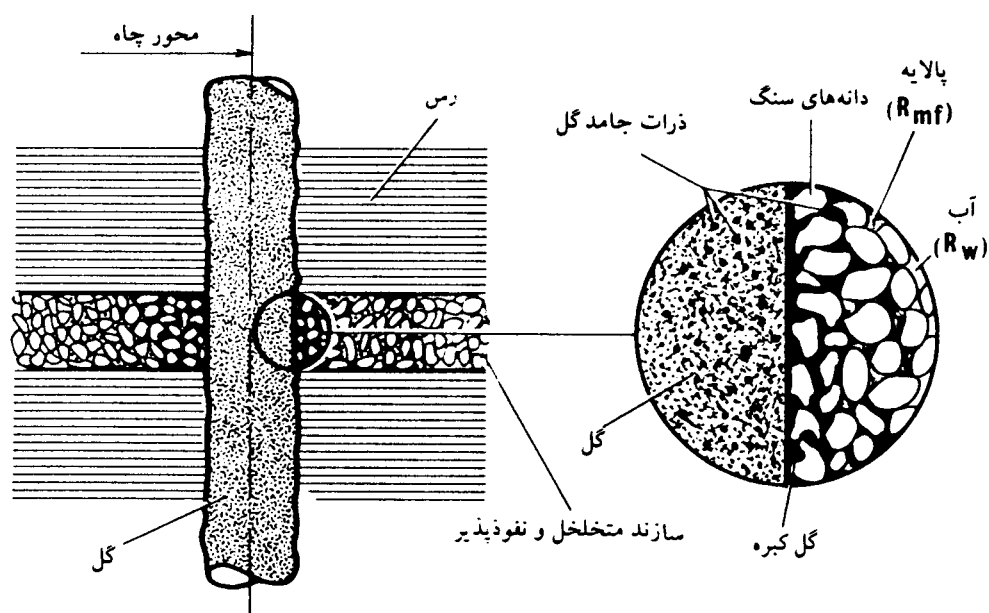
۳-۱-۲ رخنه

اگر حالتی که چاه به کمک هوا یا کف حفر می‌شود، کنار گذاشته شود اغلب از گل حفاری یا بعضی اوقات آب برای حفر استفاده می‌شود. گل حفاری در عمل وظایف متعددی را به عهده دارد که از آنجمله می‌توان نگهداری سیالات

1- Invasion

موجود در سازندها برای جلوگیری از ریزش چاه را نام برد. به این منظور فشار ستون گل تا حد امکان همیشه کمی بیشتر از فشار طبقات نگه داشته می شود که این عمل با سنگین کردن گل امکان پذیر می باشد.

به این ترتیب در مقابل سازندهای متخلخل و نفوذپذیر، اختلاف فشار موجود باعث جابجایی گل حفاری از جدار چاه به طرف سازند می شود. اما از طرفی اندازه کوچک خلل و فرج سنگ باعث می شود تا ذرات جامد گل در جدار چاه نشست کرده و تنها مایع گل در سازند نفوذ کند. ذرات جامد راسب روی جدار که گل کبره^۱ نامیده می شود، بسرعت ضخیم تر شده و پس از مدتی تشکیل یک غشای تقریباً ناتراوا را می دهد که عملاً از عبور مایعات جلوگیری می کند (شکل ۱).



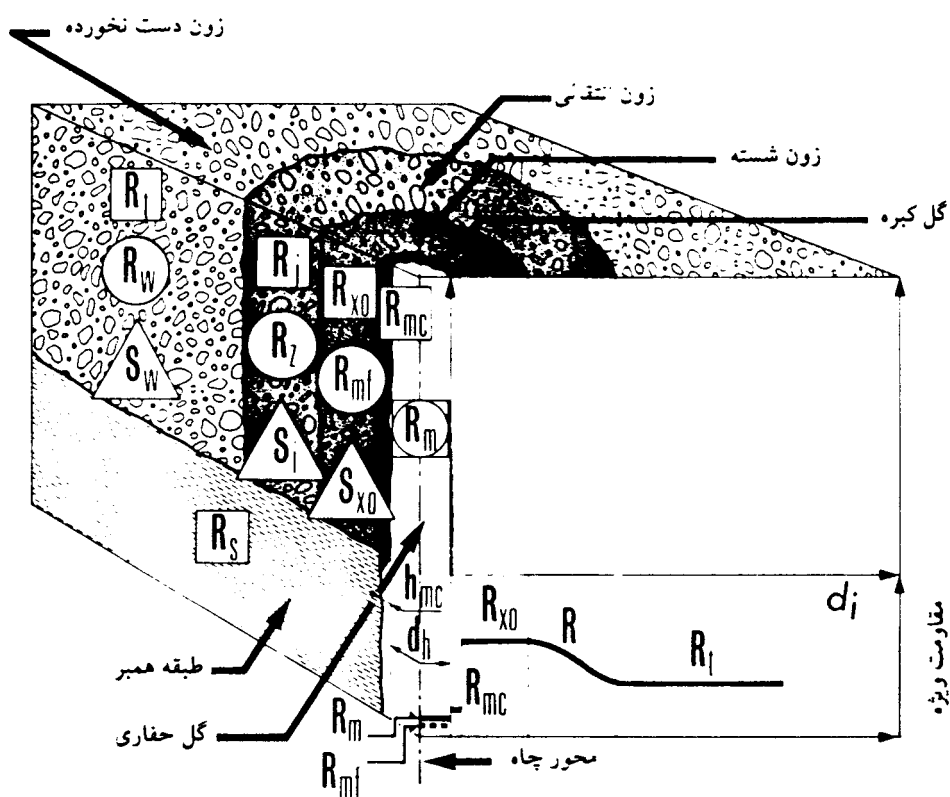
شکل ۱- چگونگی تشکیل گل کبره در مقابل سازندهای نفوذپذیر

پالایه^۲، با نفوذ به داخل سازند، قسمت اعظمی از سیالات موجود را تا فاصله کم و بیش زیاد به عقب می راند این جابجایی تابعی از تخلخل و نفوذپذیری سنگ، اختلاف فشار بین ستون گل و سازند و حجم پالایه آزاد شده توسط گل (این حجم خود تابعی از آب آزاد گل حفاری است) می باشد.

1- mud - cake

2 - Filtrate

توزیع سیالات در یک سازند متخلخل و نفوذپذیر بطور ساده در شکل ۲ نشان داده شده است. بدنبال پدیده رخنه، سازندی که چاه از آن عبور می‌کند، در محدوده نزدیک به چاه حالت طبیعی خود را از نظر نوع سیال از دست می‌دهد. از آنجائیکه در این حال دستگاه اندازه‌گیری تماماً و یا حداقل در قسمتی تحت تأثیر "زون انتقالی"^۱ قرار می‌گیرد، در اینصورت مسائل جدیدی را در تفسیرها و محاسبات (از جمله مقاومت ویژه، درجه اشباع و غیره) زون دست نخورده^۲ پیش می‌آورد. برای حل مسائل مذکور و رسیدن به مقاومت ویژه حقیقی زون دست نخورده R_t ^۳ از دستگاههای با عمق نفوذ مختلف استفاده می‌کنند و علاوه بر آن معمولاً برای توزیع مایعات در سنگ از مدل‌های ساده استفاده می‌شود. در اینجا در ارتباط با مسائل مقاومت ویژه دو زون در نظر گرفته می‌شود یکی "زون شسته"^۴ با مقاومت ویژه R_{x0} و دیگری "زون دست نخورده" با مقاومت ویژه حقیقی R_t .



شکل ۲- توزیع ساده مایعات و مقاومت ویژه‌ها در مقابل یک لایه متخلخل و نفوذپذیر

1- Transition Zone

2- Uncontaminated Zone

۳- برای اطلاع از حروف لاتین مورد استفاده برای پارامترهای فیزیکی در چاه نگاری به جدول پیوست ۲ مراجعه کنید.

4- Flushed Zone

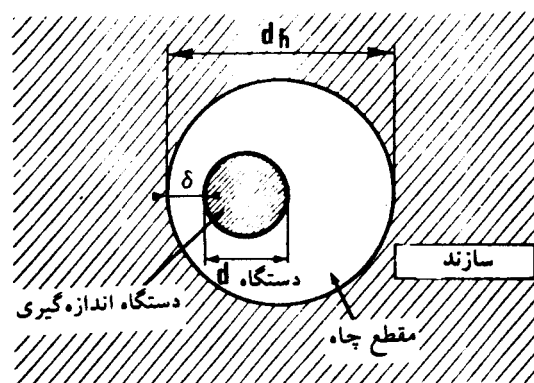
۲-۳ مشخصات دستگاه اندازه‌گیری

۱-۲-۳ قطر سوند و انحراف از مرکز

• برای هر سوند یک قطر حداقل چاه (تنبوش) وجود دارد که دستگاه با ایمنی بتواند بدرون آن فرو رود. عموماً کارخانه‌های سرویس دهنده برای هر نوع اندازه‌گیری، سوندهایی با گستره‌ای از قطرهای مختلف را برای چاههایی که بطور معمول حفر می‌شوند (از نظر قطر)، ارائه می‌دهند.

اغلب بین قطر چاه و قطر سوند اختلاف کم و بیش زیادی وجود دارد. از طرف دیگر سوند می‌تواند وضعیتهای مختلفی را در چاه داشته باشد. دو حالت حدی^۱ وضعیت دستگاه زمانی است که هم محور با چاه باشد یا به یکی از دیوارها چسبیده باشد (شکل ۳). به این ترتیب یک ضریب انحراف از مرکز (ε) توسط رابطه زیر می‌توان تعریف کرد:

$$\varepsilon = \frac{2\delta}{d_h - d}$$



شکل ۳- یکی از حالت‌های قرار گرفتن دستگاه در چاه

با توجه به رابطه فوق، دیده می‌شود که در صورت هم محور بودن کامل سوند و چاه ضریب مذکور برابر ۱ و در حالتی که سوند به یکی از دیوارها بچسبید صفر است.

عموماً چاه یا گمانه بطور کامل قائم نیست، در اینحال سوند به یکی از دیوارها چسبیده یا نزدیک می‌شود. از طرفی برای ثبت بعضی از پارامترها (مانند رسانندگی در سوند القایی، شاخص هیدروژن در سوند نوترون) وضعیت سوند می‌تواند روی اندازه‌گیریها اثر داشته باشد. در اینحال روی بعضی از سوندها قسمتهایی برای هم مرکز یا خارج از مرکز کردن آنها تعبیه می‌شود.

1- extreme

بازه^۱، فاصله گیرنده‌ها^۲، شعاع بررسی^۳ - اندازه‌گیریها در مطالعات چاه‌نگاری بازتاب اثر یک نقطه نیستند. دستگاههای آشکارسازی که فقط یک گیرنده دارند (مانند الکتروود اندازه‌گیر پتانسیل خودزا یا شمارشگر پرتوهای گاما) علامتی را ثبت می‌کنند که بازتاب حجم کم و بیش زیادی است که بطور تقریب برابر حجم کره‌ای به مرکز گیرنده و شعاعی که بستگی به پارامتر فیزیکی سنگ و حساسیت سوند دارد، می‌باشد (اگر سازند کاملاً همگن و همسانگرد در نظر گرفته شود).

فرستنده یا منبع ایجاد سیگنالها، در فاصله‌ای از گیرنده قرار دارد که آن را «بازه» می‌نامند که برای سوندهای مختلف متفاوت است. برای یک چنین سوندهایی، جواب دریافتی بازتاب خواص سازند روی ضخامت به اندازه بازه است.

سوندهای دیگر شامل یک و گاهی دو فرستنده (الکتروودهای تزریق جریان، چشمه نوترون یا پرتو گاما) و حداقل یک گیرنده (الکتروودپتانسیل، آشکارساز نوترون یا پرتو گاما) یا گاهی دو گیرنده (دستگاههای صوتی) می‌باشند.

در حالتی که دو گیرنده وجود داشته باشد، اختلاف جواب دریافت شده توسط دو گیرنده بیانگر خواص سازند در ضخامت به اندازه فاصله دو گیرنده می‌باشد.

به این ترتیب اندازه‌گیریهایی که در این مطالعات انجام می‌شود، مقدار متوسطی از مشخصات مورد تجسس را بدست می‌دهند که بر حجم مشخصی از سازند مطابقت دارد. ابعاد و شکل حجم مذکور نه تنها به مقدار و طبیعت پارامتر موردنظر، بلکه به نوع سوند و پارامترهای آن نیز بستگی دارد. براساس شعاع بررسی سوند می‌توان تقسیم‌بندی زیر را برای اندازه‌گیریها در نظر گرفت:

الف - اندازه‌گیری کلی، که روی حجمی (به شکل کره، استوانه و غیره) نسبتاً بزرگ (۵/۵ تا ۵ متر مکعب) توسط سوندهایی که هم محور با چاه می‌باشد، انجام می‌پذیرد (فرض هم محور بودن همیشه بطور کامل صادق نبوده و تقریبی است).

ب - اندازه‌گیری حجم کوچک، که توسط سوندهایی که فرستنده و آشکارساز آنها معمولاً روی یک بالشتک قرار داشته و به دیواره چاه می‌چسبند، انجام می‌پذیرد. در اینحال حجم مورد بررسی کوچک و یا خیلی کوچک است.

1- Spacing

2- Separation

3- Rayon of investigation

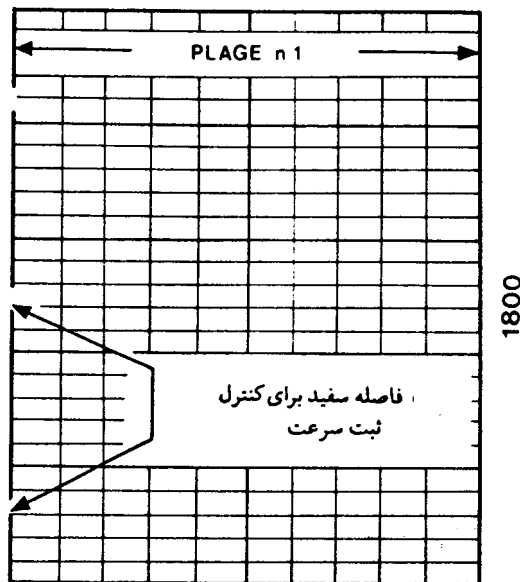
شکل آرایش مورد استفاده (سوند) بر شعاع بررسی (بررسی جانبی) و تفکیک قائم^۱ مؤثر است. بطور کلی با افزایش بازه یا فاصله بین گیرنده‌ها، بررسی جانبی افزایش و قدرت تفکیک قائم کاهش می‌یابد.

۳-۲-۳ سرعت پیمایش و سرعت نگاربرداری

حداکثر سرعت پیمایش عمدتاً به پارامتر مورد برداشت بستگی دارد. بنابراین سرعت مذکور براساس نوع سوند تغییر می‌کند. در سوندهای هسته‌ای، پدیده پرتو زایی چه طبیعی باشد و یا از طریق تحریک حاصل شود، دارای طبیعتی تصادفی است، بنابراین برای ثبت ضربه‌ها^۲ مجبور خواهیم بود عمل اندازه‌گیری را برای یک نقطه در یک دوره زمانی انجام دهیم تا به مقدار متوسط مناسبی دست پیدا کنیم.

این دوره را "ثابت زمان"^۳ می‌نامند که براساس مقدار شمارش (از نظر شدت یا ضعف پرتوها) و دقت مورد نظر انتخاب می‌شود. به این ترتیب هرچه ثابت زمان بیشتر شود، سرعت پیمایش کاهش یافته و در نتیجه بازده کمتر می‌شود. حداکثر سرعت نگاربرداری برای دستگاههای مانسته، به لختی گالوانومترها نیز بستگی دارد که سرعت زیاد ما را از دستیابی به مقدار واقعی پارامترهای مورد نظر محروم می‌سازد.

برای کنترل سرعت ثبت، در حاشیه سمت چپ فیلمها، نشانه‌هایی بصورت یک قطع شدگی کوچک در نظر گرفته می‌شود که به ازاء هر دقیقه تکرار می‌گردد (شکل ۴). سرعت و نیز شتاب دستگاه می‌تواند روی نوارهای مغناطیسی هم ثبت شود.



شکل ۴- مثالی از علامتهای در نظر گرفته شده برای کنترل سرعت

1- Vertical Resolution

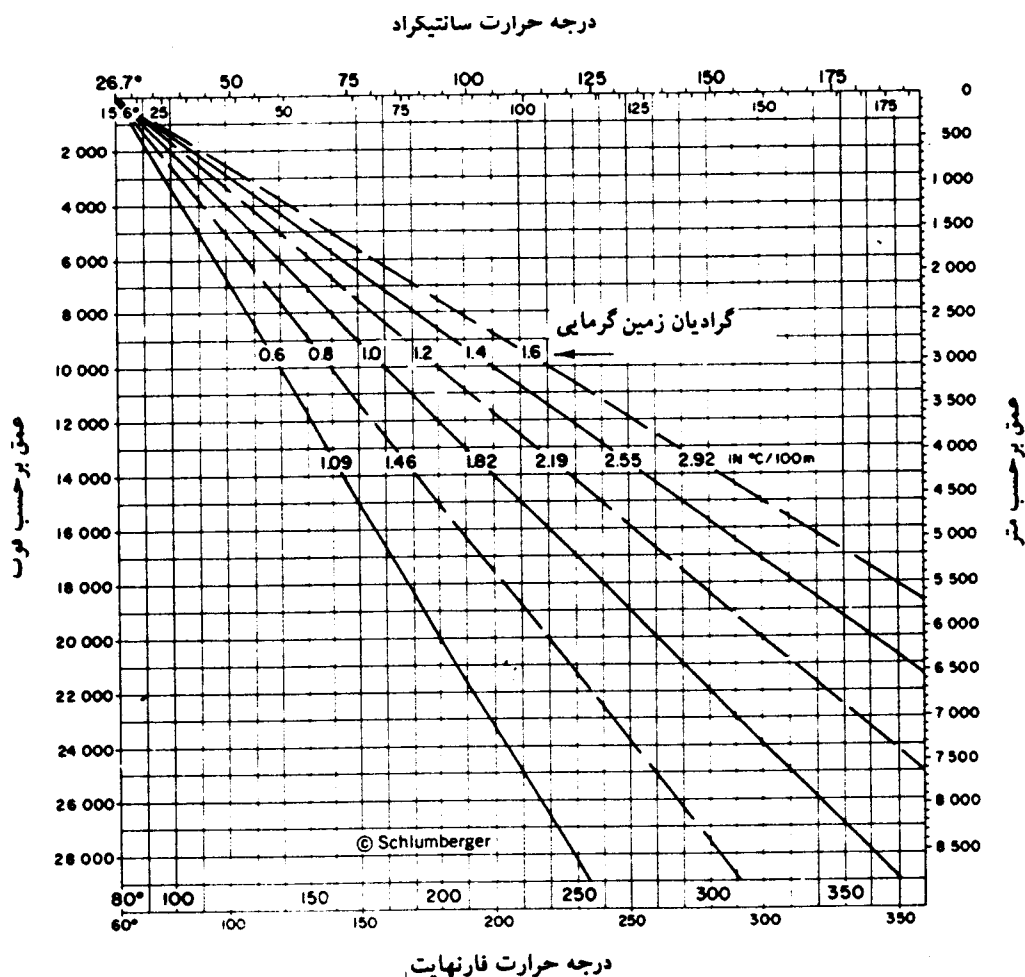
2- Impulses

3- Time Constant

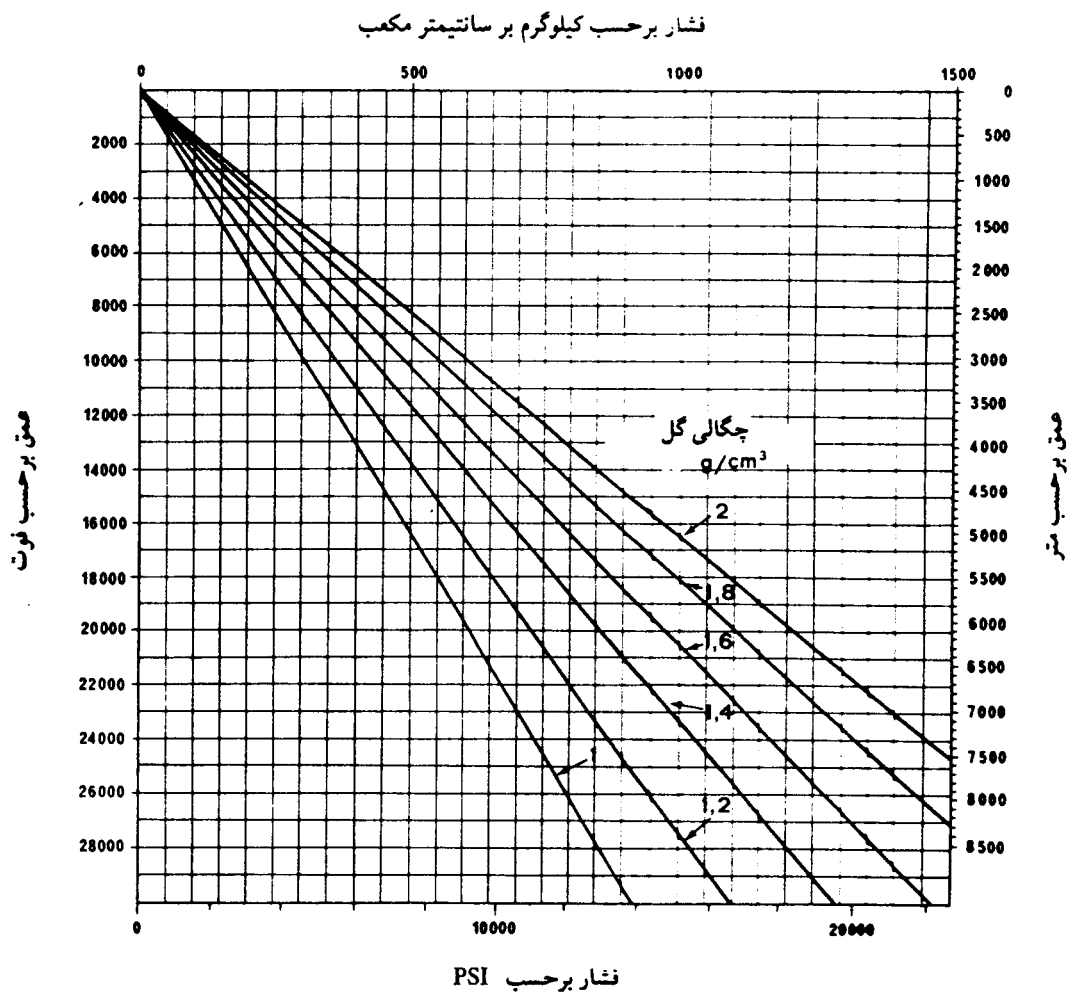
۳-۳ درجه حرارت و فشار

درجه حرارت و فشار با ازدیاد عمق براساس گرادیان حرارتی زمین و چگالی گل حفاری (شکلهای ۵ و ۶) افزایش پیدا می‌کند، بنابراین دستگاههای اندازه‌گیری باید بتوانند با فرورفتن در عمقهای مختلف شرایط موجود را تحمل کنند.

شرکتهای سازنده برای هر دستگاه، شرایط حدی مورد استفاده را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهند. استفاده دستگاه در بالاتر از حد مجاز خطر از بین رفتن آن توسط نفوذ گل و نیز خراب شدن ترانزیستورها، مقاومت‌ها و غیره را در اثر فشار و درجه حرارت در بردارد.



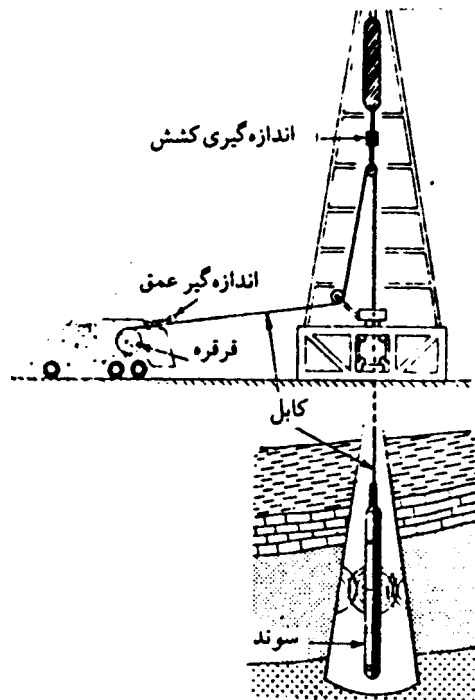
شکل ۵- تغییرات دما بر حسب عمق برای مقادیر مختلف گرادیان زمین گرمایی



شکل ۶- تعییرات فشار بر حسب عمق برای مقادیر مختلف چگالی گل

۴- لوازم مورد استفاده در نگاربرداری

در مطالعات چاه نگاری، سوندها توسط کابل‌های مخصوص به داخل چاه انتقال می‌یابند و پارامترهای فیزیکی مورد نظر، اندازه‌گیری می‌شوند. کابل مذکور روی قرقره‌ای پیچیده می‌شود که همراه دیگر لوازم مانند وسایل ثبت (نوری یا مغناطیسی)، دستگاه‌های کنترل کننده و احتمالاً کامپیوتر در داخل یک کامیون آزمایشگاهی یا اتاقک ثابت جای می‌گیرد (شکل ۷).

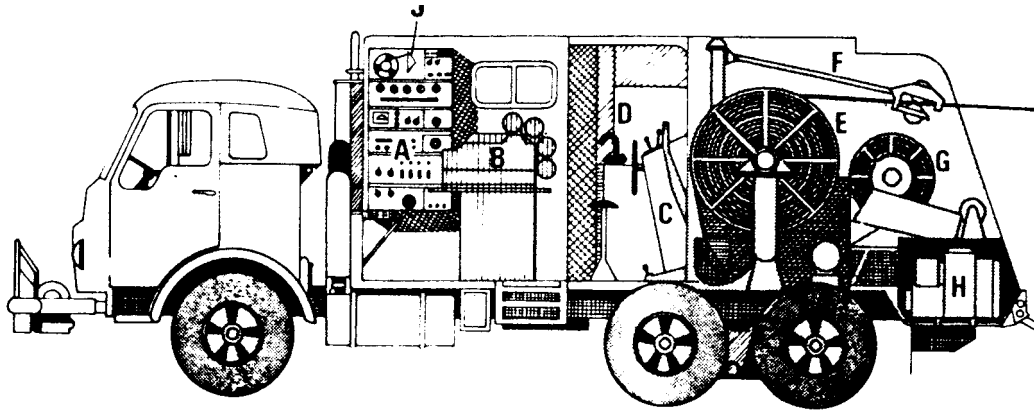


شکل ۷- وسایل اندازه گیری و انتقال داده ها

۱-۴ کامیون یا اطاقک ثابت

مقطع یک کامیون آزمایشگاهی در شکل ۸ نشان داده شده است. در این کامیون یا اطاقک ثابت وسایل مختلفی جای می گیرند که عبارتند از :

- قرقره اصلی (E) که روی آن می توان چندین کیلومتر کابل را با ظرفیت کششی زیاد پیچید.
- قرقره کمکی (G)
- اهرم راه اندازی و کنترل قرقره (C)
- دستگاههای الکترونیکی (A) که عمل کنترل دستگاههای داخل چاه، محاسبه پارامترهای فیزیکی سنگها و فرستادن اطلاعات حاصل به دستگاههای ثبات را انجام می دهد.
- دستگاههای ثبات شامل :
 - ثبت از طریق عکسبرداری (B)
 - ثبت روی نوارهای مغناطیسی (J)



شکل ۸- مقطع یک کامیون آزمایشگاهی مجهز به لوازم نگاربرداری (از مدارک کمپانی شلومبرژه Schlumberger)

- سیستم اندازه‌گیری عمق (F)

- مولد جریان الکتریکی (H)

- چاپگر (روی شکل نشان داده نشده است).

امروزه کامیون یا اطافک مذکور مجهز به کامپیوتر می‌باشد که کنترل داده‌های دریافتی و تفسیر سریع آنها را در محل چاه امکان‌پذیر می‌سازد.

۲-۴ کابل

نقش کابل در مطالعات چاه نگاری در سه مورد زیر خلاصه می‌شود:

الف - پائین بردن و بالا کشیدن دستگاههای اندازه‌گیری با یک سرعت مناسب در چاه

ب - ارتباط الکتریکی بین دستگاههای اندازه‌گیری و ثباتهای داخل کامیون

ج - اندازه‌گیری عمق

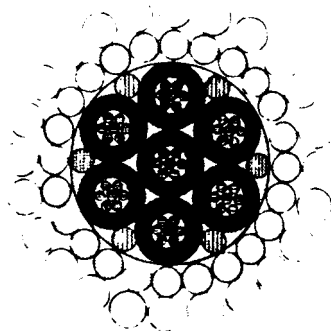
مشخصات مکانیکی کابلها طوری در نظر گرفته می‌شود که جوابگوی خواسته‌های زیر باشد:

الف - مقاومت زیاد در برابر گسیختگی

ب - مقاومت در مقابل فشار بطوریکه قسمت داخلی کابل مانده‌ادبها جابجا و خراب نشود.

از طرف دیگر کابل باید دارای یک قابلیت انعطاف‌پذیری کافی برای پیچیده‌شدن روی قرقره‌های با قطر کوچک باشد.

شکل ۹، مقطع یک کابل هفت سیمی و روکش آنرا نشان می دهد.



شکل ۹- مقطع کابل الکتریکی (هفت سیمی) و روکش آن

۱-۲-۴ اندازه گیری عمق

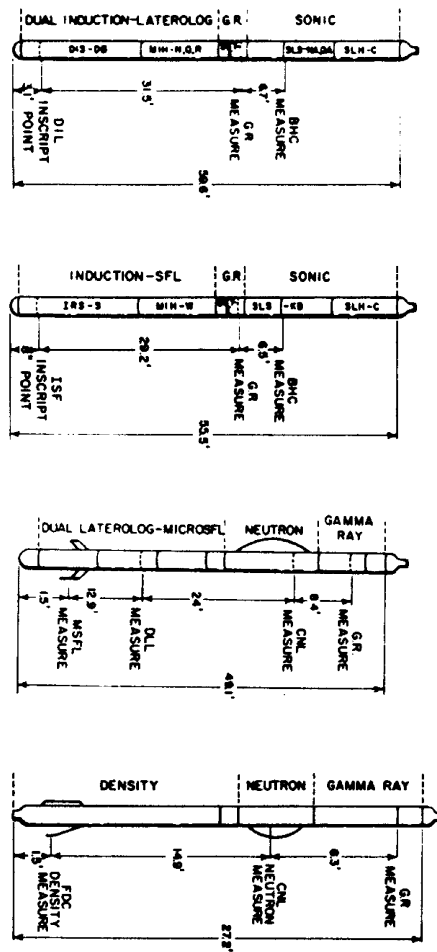
برای انجام این اندازه گیری، کابل هر ۲۵ متر یا ۱۰۰۰ فوت تحت یک کشش مکانیکی مشخص نشانه گذاری شده است. عبور هر یک از نشانه ها که عموماً مغناطیسی است توسط یک سلول خاص (F) آشکارسازی می شود (شکل های ۷ و ۸). طبعاً کابل بایستی دارای ضریب افزایش طولی کوچکی باشد، بطوریکه در حمل بارهای موجود، افزایش طول آن تا حد ممکن کم باشد. با اینحال، همیشه افزایش طول وجود دارد که این تغییرات توسط یک سیستم خودکار تصحیح می شود.

۳-۴ سوند

دستگاههایی که توسط کابل به داخل چاه فرستاده می شود سوند نامیده می شود. سوندها دارای ساختمان کم و بیش پیچیده ای هستند. سوندهای ساده شامل پوسته حاوی الکترودها است و سیستم های پیچیده تر شامل قسمتهای الکترونیکی در درون پوسته های فلزی مقاوم می باشد.

صرفنظر از شکل، اندازه، سادگی یا پیچیده بودن ساختمان سوندها، تمام آنها حداقل دارای یک گیرنده می باشد که سیگنالها را دریافت و به کمک کابل به سطح زمین می فرستد. سیگنال دریافتی ممکن است حاصل پدیده های خودزا و یا نتیجه تحریک سنگها توسط فرستنده هایی که در سوند جای می گیرد، باشد.

در حال حاضر دستگاههای چند منظوره توسط شرکتهای مختلف ساخته می شود که معمولاً توسط یک دستگاه می توان چند اندازه گیری مختلف را بطور همزمان انجام داد. شکل ۱۰ این دستگاهها را بصورت طرح وار نشان می دهد.



شکل ۱۰- دستگاههای ترکیبی که بطور همزمان بیش از یک پارامتر را اندازه گیری می کنند

۴-۴ ثباتها

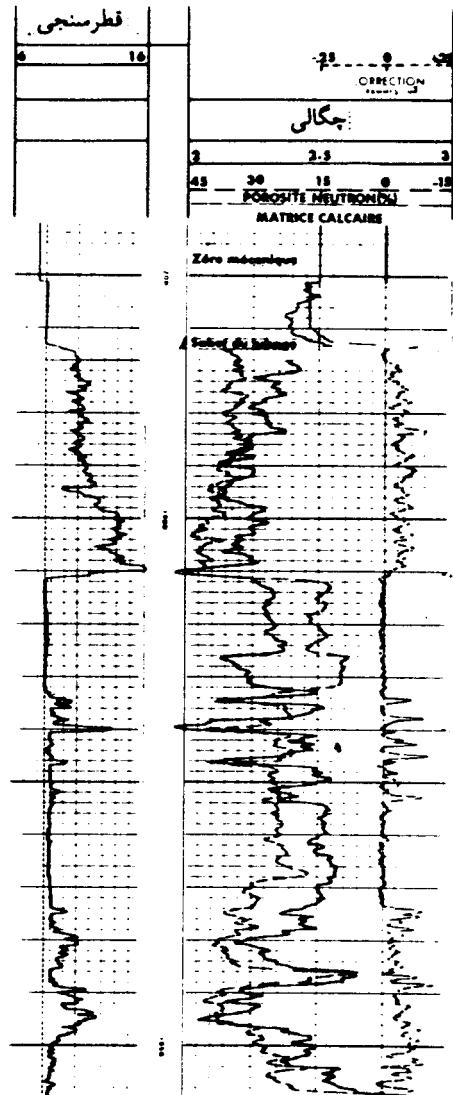
- ثباتهای مغناطیسی به تدریج جایگزین دستگاههای عکسبرداری شده اند که با توجه به اندازه گیری همزمان چند پارامتر، امری اجتناب ناپذیر است. نوارهای مغناطیسی امکان ثبت اطلاعات زیادتری را نسبت به ثباتهای قبلی فراهم ساخته و دارای چند ویژگی دیگر نیز می باشند که از آنجمله است:
- الف - امکان ثبت همزمان تمام داده هایی که از طریق دستگاههای جدید چند منظوره از جمله داده های خام مانند شمارش آشکارسازهای دور و نزدیک در دستگاه CNL و نیز پارامترهایی که از طریق محاسبه روی مقادیر مذکور بدست می آید (پارامترهای فیزیکی سنگ) فراهم می سازد.
 - ب - امکان انتقال این داده ها توسط تلفن یا رادیو از محل چاه به مرکز محاسبه
 - ج - با استفاده از داده های ثبت شده روی نوار مغناطیسی می توان نگارهای موردنظر را در مقیاسهای متفاوت عمق و با دقت موردنظر بدست آورد که این کار می تواند در محل چاه یا در مرکز محاسبه انجام پذیرد.
 - د - امکان پردازش داده ها و محاسبه از طریق برنامه های کامپیوتری مربوطه فراهم بوده که در سر چاه یا مرکز محاسبه قابل انجام است.

۵-۴ نگار (لوگ)

فیلم حساس یا نوار مغناطیسی، تغییرات پارامتر مورد اندازه‌گیری را بر حسب تابعی از عمق، ثبت می‌کند. با ظاهر کردن فیلم یا برگرداندن نوار بصورت تغییرات پیوسته، دیاگرامی بدست می‌آید که آنرا "نگار" می‌نامند. در شکل ۱۱ نمونه‌هایی از این نگارها آورده شده است.

۶-۴ انتقال داده‌ها

داده‌های ثبت شده قابلیت انتقال توسط "تلفن" یا "رادیو و تلفن" را دارند. به این ترتیب تفسیر و نتیجه‌گیری سریع در مورد مطالعات چاه نگاری امکان‌پذیر می‌گردد.



شکل ۱۱- نمونه‌ای از نگارها

۵- چاه نگاری مقاومت ویژه

یکی از روشهای متداول در شناخت لایه‌های رسوبی و تعیین درجه تخلخل و اشباع آنها، مقاومت ویژه است. برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه در مطالعات چاه نگاری دستگاههای متنوعی وجود دارد که مبنای کار همه آنها یکسان است.

در تمام سوندها توسط یک فرستنده (الکتروود یا پیچه) جریان الکتریکی یا میدان الکترومغناطیسی بداخل سازند فرستاده می‌شود. یک گیرنده که در فاصله مشخصی از فرستنده واقع شده است، پاسخ سازند را روی جریان یا میدان ارسالی دریافت می‌کند، سپس مقدار مقاومت ویژه پس از محاسبه بطور خودکار روی کاغذ نگار برحسب تغییرات عمق رسم می‌شود.

هر چه فاصله بین گیرنده و فرستنده بیشتر باشد، شعاع بررسی افزایش یافته و بر عکس تفکیک قائم کاهش می‌یابد. براساس بازه و در نتیجه بزرگی شعاع بررسی، دستگاههای مختلفی ارائه شده است که عبارتند از:

الف - دستگاههای با بازه زیاد شامل:

- سوندهای نرمال و لاترال (جانبی)

- سوند القایی

- سوند لاترولوگ (جانبی نگار)

به دلیل مقدار بازه زیاد سوندهای مذکور شعاع بررسی بزرگ بوده و در نتیجه گل حفاری و زون شسته و انتقالی کمتر آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این دستگاهها مقاومت ویژه‌هایی کم و بیش نزدیک به مقدار مقاومت ویژه حقیقی سازند (R_t) را بدست می‌دهد.

ب - دستگاههای با بازه کم شامل:

- میکرولوگ

- میکرولاترولوگ

در این دستگاهها فاصله بین فرستنده و گیرنده کم بوده و مجموع الکترودهای فرستنده و گیرنده روی یک بالشتک عایق قرار می‌گیرند و توسط یک سیستم مناسب به دیواره چاه می‌چسبند. به این ترتیب، عملاً اثر چاه روی اندازه‌گیریها حذف می‌شود، ولی به دلیل شعاع بررسی کم، گل کبره می‌تواند روی اندازه‌گیریها اثر بگذارد. از طرفی در زونهای متخلخل و تراوا، مقدار خوانده شده از این طریق پس از حذف اثر گل کبره، بیانگر مقاومت ویژه در "زون شسته" R_{XO} می‌باشد.

۱-۵ دستگاههای با جریان غیرمتمرکز و بازه زیاد (نرمال و جانبی)

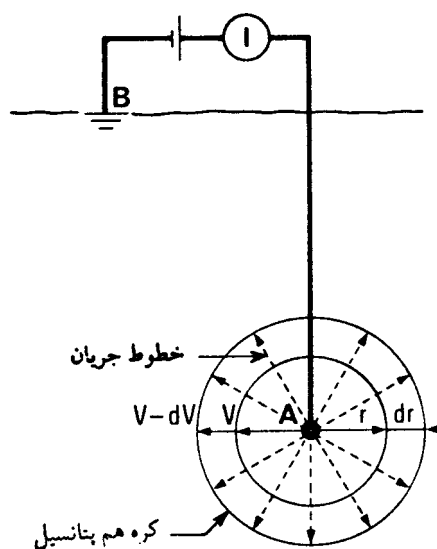
۱-۱-۵ اصول اندازه گیری

فرض کنید یک الکتروود فرستنده جریان در محیط همگنی با ضخامت خیلی زیاد قرار گرفته باشد (شکل ۱۲). جریان I که توسط الکتروود A به این محیط تزریق می شود در تمام جهات انتشار یافته و مقدار پتانسیل (V) برای تمام نقاط واقع روی کره ای به مرکز A و شعاع r ، یکسان است. افت پتانسیل بین دو کره به شعاعهای r و $r+dr$ عبارتست از:

$$-dv = \frac{RI}{4\pi r^2} dr$$

R مقاومت مخصوص محیط موردنظر می باشد. در اینصورت پتانسیل کره ای به شعاع r برابر است با:

$$V = \frac{RI}{4\pi r}$$



شکل ۱۲- اندازه گیری مقاومت ویژه

و در نتیجه مقاومت ویژه می تواند از رابطه $R = 4\pi r \frac{V}{I}$ بدست آید.

با استفاده از رابطه فوق از طریق سوند نرمال می توان مقاومت ویژه را اندازه گیری کرد.

۲-۱-۵ آرایش یا سوند نرمال

در این آرایش، پتانسیل حاصل (V_M) در الکترودی مانند M واقع در نزدیکی الکتروود جریان (A) به کمک ولت متری که از یک طرف به M و از طرف دیگر به الکتروود بازگشت (N) واقع در سطح زمین یا در چاه ولی به فاصله زیاد از M متصل است، اندازه گیری می شود (شکل ۱۳).

پتانسیل نقطه M برابر است با:

$$V_M = \frac{RI}{4\pi AM}$$

AM بازه و مقدار $K_N = 4\pi AM$ ضریب سوند نرمال می باشد. توسط دستگاه مذکور مقاومت ویژه از رابطه زیر بدست می آید:

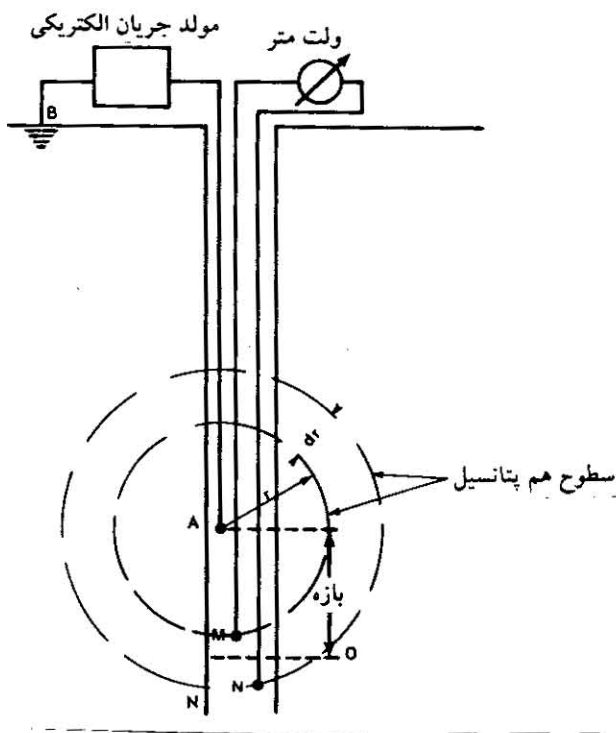
$$R = K_N \frac{\Delta V}{I}$$

(ΔV) اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود M و N می باشد).

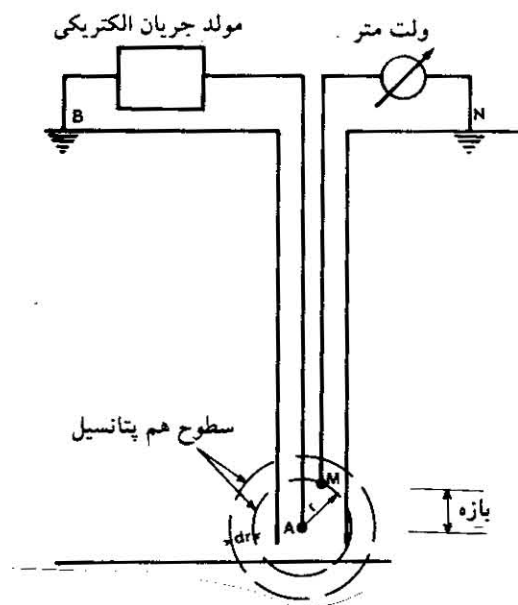
دستگاههای نرمال دارای دو بازه می باشند:

- $AM = 16$ اینچ که به آن "نرمال کوچک" گفته می شود.

- $AM = 64$ اینچ که آنرا "نرمال بزرگ" می نامند.



شکل ۱۴- آرایش جانبی



شکل ۱۳- آرایش نرمال

۳-۱-۵ آرایش یا سوند جانبی

در این آرایش الکترودهای پتانسیل (یا جریان) نزدیک به هم بوده و الکترودهای جریان (یا پتانسیل) به فاصله‌ای بیشتر از الکترودهای دیگر واقع می‌شود. (شکل ۱۴)
با اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین M و N خواهیم داشت:

$$\Delta V = RI \frac{MN}{4\pi \cdot AM \cdot AN}$$

مقدار $\frac{4\pi \cdot AM \cdot AN}{MN}$ ضریب آرایش یا سوند جانبی (K_L) می‌باشد که برای یک سوند مشخص، مقدار ثابتی است. بنابراین برای مقاومت ویژه می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$R = K_L \frac{\Delta V}{I}$$

مقدار بازه در آرایش جانبی (OA) بطور معمول برابر ۱۸ فوت و ۸ اینچ می‌باشد (اکتشاف نفت) که در نتیجه عمق بررسی بیشتری نسبت به آرایش نرمال خواهد داشت. آرایش متداول در معدن و آب دارای بازه‌ای برابر ۶ فوت می‌باشد. این آرایش برای بررسی لایه‌های ضخیمی که ضخامت آنها حداقل دو برابر بازه سوند باشد، مناسب است.

۴-۱-۵ مسیر عبور جریان الکتریکی

اگر محیط موردنظر از یک سازند همگن تشکیل شده باشد و از اثر چاه صرفنظر شود، در اینصورت مقادیر خواننده شده از طریق سوندهای نرمال و جانبی، مقاومت ویژه حقیقی محیط مذکور را بدست می‌دهد. اما در واقع، علاوه بر اثر بهم‌ریختگی ناشی از گل حفاری، اغلب، محیط مورد بررسی ناهمگن و ناهمسانگرد می‌باشد. بنابراین عملاً جریان تزریقی از مجموعه زونهای مختلفی عبور می‌کند که بر مقدار اندازه‌گیری اثر می‌گذارد و در نتیجه مقاومت ویژه زون دست نخورده بدست نمی‌آید (نگاه شکل ۲). در اینحال پتانسیل اندازه‌گیری شده V' خواهد بود که با پتانسیل حاصل از یک سازند یکنواخت با مقاومت ویژه R_T متفاوت است. در نتیجه رابطه کلی مقاومت ویژه گرفته شده در قبل بصورت زیر درمی‌آید:

$$R_a = K \frac{V'}{I}$$

R_a : مقاومت ویژه ظاهری (اندازه‌گیری شده) است.
در عمل به کمک آباکهای تصحیح‌کننده به مقادیر مقاومت ویژه حقیقی می‌رسند.

۵-۱-۵ نقطه اندازه‌گیری

الف - آرایش نرمال

در این آرایش مقدار خوانده شده را به نقطه O واقع در وسط بازه نسبت می‌دهند. بدیهی است که در اینحال نقطه اندازه‌گیری وابسته به نرمال کوچک و بزرگ برهم منطبق نیستند. این جابجایی روی فیلمها تصحیح می‌شود.

ب - آرایش جانبی

در این آرایش نقطه O واقع در وسط MN را به عنوان نقطه اندازه‌گیری در نظر می‌گیرند.

۵-۱-۶ شعاع بررسی

بطورکلی سوند نرمال کوچک در مقابل طبقات تراوا مقاومت ویژه زون انتقالی را بدست می‌دهد، نرمال بزرگ مقداری بین زون انتقالی و دست نخورده را ارائه می‌کند و جانبی بیشتر بازتاب زون دست نخورده می‌باشد. در مقابل سازندهای ناتراوا مقادیر حاصل از سه سوند مذکور نزدیک به یکدیگر و بیانگر مقاومت ویژه زون دست نخورده است. در تمام سوندهای یادشده مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده بایستی نسبت به اثر گل حفاری تصحیح شود.

۵-۱-۷ عوامل مؤثر بر نگار مقاومت ویژه

بجز اثر چاه (قطر چاه و مشخصات الکتریکی گل حفاری)، عوامل دیگری در ارتباط با دستگاه، ضخامت سازند، و لایه‌های احاطه‌کننده آن روی شکل نگار مقاومت ویژه ظاهری اثر می‌گذارند. در مقابل سازندهای متخلخل و تراوا علاوه بر عوامل گفته شده، زون انتقالی نیز شکل نگار را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۵-۲ دستگاههای با جریان متمرکز و بازه زیاد

- اندازه‌گیری و ثبت مقاومت ویژه توسط دستگاههای نرمال و جانبی دارای معایبی هستند که بطور خلاصه عبارتند از:
- عدم اندازه‌گیریهای دقیق مقاومت ویژه حقیقی در لایه‌های نازک به دلیل اثر لایه‌های فوقانی و تحتانی.
 - مقاومت ویژه حقیقی حتی با استفاده از آباکهای تصحیح‌کننده مشکل بدست می‌آید.
 - ستون گل غالباً بطور شدیدی اندازه‌گیرها را مغشوش می‌کند.
 - تعیین حد صحیح لایه‌های مختلف اغلب بسیار مشکل است.

محدودیت‌های فوق باعث گردید که به مرور از دستگاههایی استفاده شود که قادر هستند جریانهای تزریقی را در امتدادهای مشخص متمرکز کنند.

این دستگاهها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف - دستگاههایی که از الکتروود استفاده می‌کنند مانند لاترولوگ (LL)

ب - دستگاههایی که از پیچه (سیم پیچ) استفاده می‌کنند مانند سوند القایی (IL)

۱-۲-۵ لاترولوگ (LL)

در این آرایش، جریان توسط الکتروودهای محافظ، بطور متمرکز به داخل سازند مورد نظر فرستاده می‌شود. سیستم مورد استفاده در این سوند طوریست که جریان بصورت یک سفره از خطوط موازی و عمود بر محور دستگاه به داخل سنگهای واقع در جدار چاه وارد می‌شود. جوابهای حاصل از این دستگاهها نسبت به سوندهای نرمال و جانبی بسیار کمتر تحت تأثیر گل حفاری و سازندهای فوقانی و تحتانی قرار می‌گیرند، زیرا جریان بطور متمرکز در ضخامت نسبتاً کمی از سازند اصلی وارد می‌شود. چندین نوع دستگاه وجود دارد که در اینجا فقط به شرح مختصر دو نوع از آنها می‌پردازیم.

۱-۱-۲-۵ دستگاه لاترولوگ ۳ الکتروودی (LL3)

دستگاه شامل یک الکتروود کوچک مرکزی جریان A_0 و دو الکتروود محافظ A_1 و A'_1 با اتصال کوتاه بین آنها می‌باشد. (شکل ۱۵). پتانسیل بین A_1 و A'_1 اندازه‌گیری شده (V_g) و توسط A_1 A'_1 جریان I_g طوری تنظیم می‌شود که این پتانسیل برابر پتانسیل مقایسه (V_R) باشد.

از طرف دیگر پتانسیل الکتروود A_0 (V_0) اندازه‌گیری شده و جریان متغیر I_0 برای اینکه مقدار V_0 برابر V_g نگه داشته شود، اندازه‌گیری می‌شود که این جریان متناسب با رسانایی (C) زمین مورد مطالعه می‌باشد زیرا:

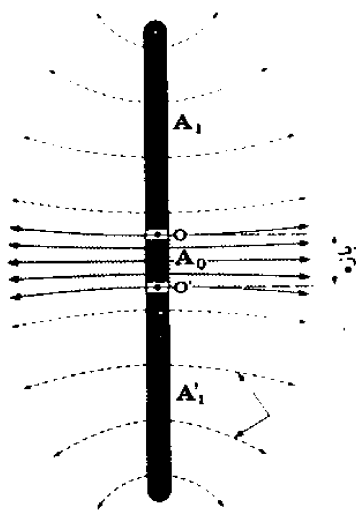
$$KV_0 = RI_0$$

و

$$I_0 = K (V_0/R) = KV_0 C$$

K ثابت دستگاه است.

به این ترتیب دستگاه مذکور برای اندازه‌گیری قابلیت هدایت سازند می‌تواند بکار برده شود.

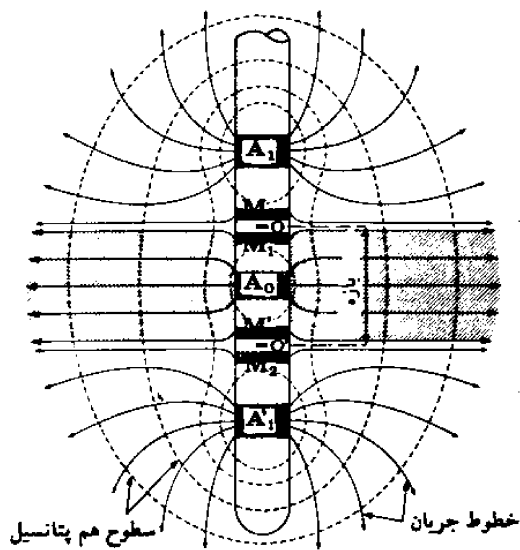


شکل ۱۵- لاترولوگ ۳ الکترودی

از آنجایی که الکترودهای محافظ (A_1 و A'_1) الزاماً طولی می‌باشند مقداری از کف چاه به بالا غیرقابل دسترسی است. سوند لاترولوگ γ که بعد از این سوند ابداع گردید دارای این نقصان نمی‌باشد.

۲-۱-۲-۵ دستگاه لاترولوگ γ الکترودی (LL7)

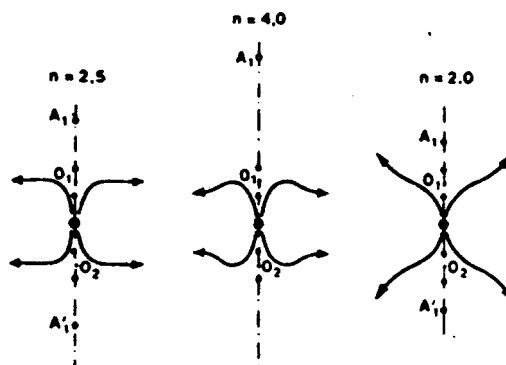
دستگاه شامل یک الکترود جریان A_0 و سه جفت الکترود M_1M_2 , $M'_1M'_2$ و $A_1A'_1$ که نسبت به A_0 متقارن هستند می‌باشد. بین الکترودهای مذکور اتصال کوتاه برقرار است و از آنها برای تمرکز جریان استفاده می‌شود. (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- لاترولوگ γ الکترودی (LL7)

توسط الکتروود A_0 جریانی با شدت ثابت I_0 و بوسیله A_1 و A'_1 جریان متغیر I_b تزریق می‌شود. جریان I_b طوری تنظیم می‌شود که اختلاف پتانسیل بین $M_1M'_1$ و $M_2M'_2$ عملاً صفر باقی بماند. در اینصورت سیستم مذکور از فرار خطوط جریان حاصل از A_0 در گل حفاری جلوگیری کرده و این جریان بصورت خطوط موازی عمود بر محور سوند وارد سازند می‌شود.

فاصله بین وسط M_1M_2 (O) و $M'_1M'_2$ (O') بازه دستگاه را تشکیل می‌دهد. با اندازه‌گیری پتانسیل یکی از الکترودهای M، مقاومت ویژه ظاهری سازند بدست می‌آید. نسبت $\frac{A_1A'_1}{O_1O_2}$ را ضریب تمرکز (n) می‌نامند که بیانگر نوع تمرکز خطوط جریان حاصل از الکتروود A_0 می‌باشد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- اثر ضریب تمرکز (n) بر تمرکز جریان

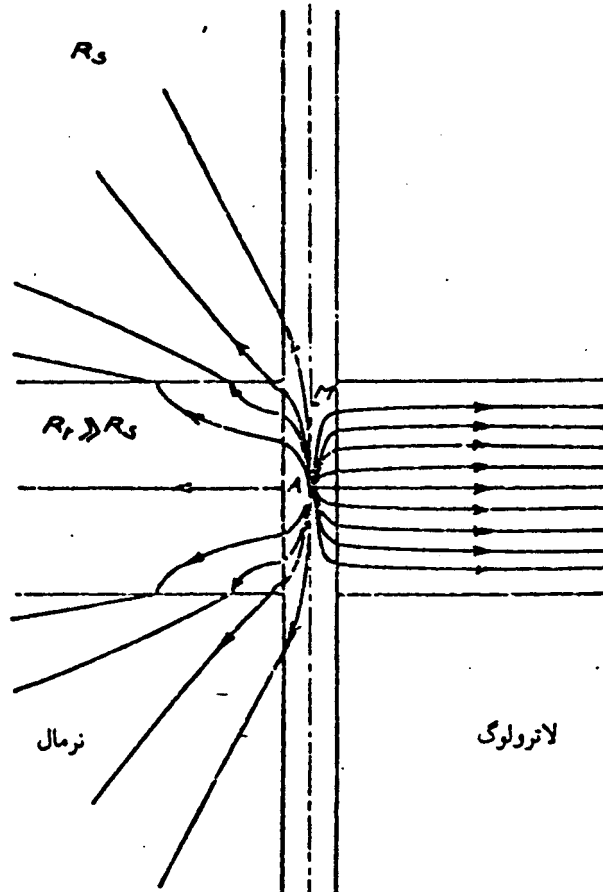
۲-۲-۵ نقطه اندازه‌گیری

برای تمام دستگاهها مرکز الکتروود فرستنده جریان A_0 به عنوان نقطه اندازه‌گیری منظور می‌شود.

۳-۲-۵ شعاع بررسی

شعاع بررسی به طول و ترتیب الکترودهای محافظ و مقاومت ویژه زونهای مورد مطالعه بستگی دارد. از آنجائیکه خطوط جریان فاصله خیلی کوتاهی را در گل حفاری طی می‌کند، اثر گل روی دستگاههای مذکور کم شده و برای طبقات متخلخل و نفوذپذیر مقاومت ویژه ظاهری توسط لاترولوگ مجموعه‌ای از مقاومت ویژه زون انتقالی و دست‌نخورده است.

علاوه بر آن به دلیل تمرکز جریان بصورت یک سفره افقی فرار خطوط جریان به طرف سازندهای فوقانی و تحتانی کم شده و اثر طبقات مذکور نیز به حداقل می‌رسد. شکل ۱۸، مقایسه‌ای از توزیع خطوط جریان را در دستگاههای نرمال و لاترولوگ بدست می‌دهد.



شکل ۱۸- مقایسه توزیع خطوط جریان برای یک آرایش نرمال و لاترولوگ

۴-۲-۵ تفکیک قائم

بطور کلی دستگاههای لاترولوگ برای لایه‌های با ضخامت بیش از ۵ فوت (۱/۵ متر) مقاومت ویژه‌ای نزدیک به مقاومت ویژه حقیقی لایه را اندازه‌گیری می‌کند. از نظر تعیین ضخامت لایه‌ها، اغلب ضخامت ظاهری که از روی نگار بدست می‌آید از مقدار واقعی کمتر است.

در این دستگاه یک نوسانگر^۱ جریان متناوبی با فرکانس بالا در یک پیچه فرستنده ایجاد می‌کند که میدان الکترومغناطیسی حاصل سبب گسیل جریانهای حلقه‌ای هم محور با چاه می‌شود (جریانهای فوکو^۲). جریانهای مذکور به نوبه خود میدانهای الکترومغناطیسی ایجاد می‌کنند. میدان کلی توسط یک پیچه گیرنده، آشکارسازی می‌شود که نیروی الکتروموتوری حاصل در گیرنده بستگی به شارمغناطیسی دارد.

جریان متناوب فرستاده شده دارای دامنه و فرکانس ثابتی است، اما از طرفی شدت جریانهای فوکو و در نتیجه سیگنال حاصل در آشکارساز وابسته به قابلیت هدایت زمینهای اطراف چاه می‌باشد (نگاه کنید به شکل ۱۹).

اگر حجمی از زمین را که بین فرستنده و گیرنده قرار دارد و جریانهای فوکو از آن عبور می‌کند به المانهای حلقوی شکل هم محور با چاه تقسیم کنیم (شکل ۱۹)، در این صورت می‌توان به هر یک از این حلقه‌ها یک شدت جزئی e_i را وابسته کرد.

هر شدت جزئی (وابسته به یک حلقه) به رسانایی (c_i) زمین تشکیل دهنده آن و یک "ضریب هندسی"^۳ (g_i) که بیانگر موقعیت حلقه نسبت به سوند می‌باشد، بستگی دارد: (k، ضریب آرایش یا سوند است)

$$e_i = kg_i c_i$$

به این ترتیب سهم هر زون با رسانایی مشخص در سیگنال کلی حاصل درگیرنده علاوه بر رسانایی، وابسته به ضریب هندسی آن زون می‌باشد. بعنوان مثال اگر زونهایی (مانند گل حفاری، زون انتقالی و سازند دست نخورده) را با A و B و C و... نشان دهیم سیگنال کلی حاصل درگیرنده عبارت خواهد بود از:

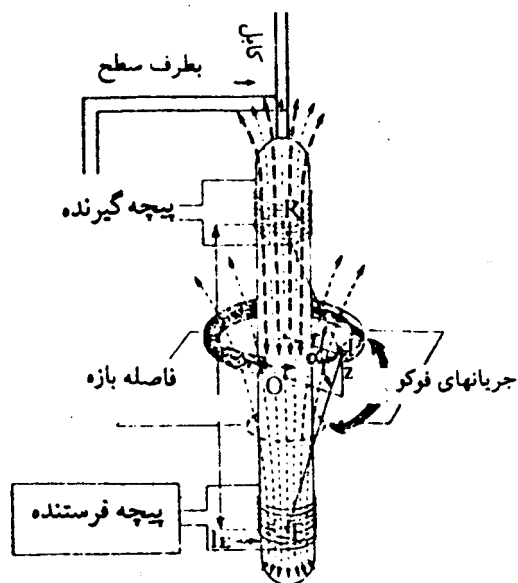
$$E = KG_A C_A + KG_B C_B + \dots$$

که در آن G_A, G_B, \dots عبارتند از ضریب هندسی مجموع برای هر زون و C_A, C_B, \dots رسانایی هر یک از این زونها است.

1- Oscillator

2- Foucault Currents

3- Geometrical Factor



شکل ۱۹- سوند القایی (IL).

۱-۳-۵ نقطه اندازه گیری

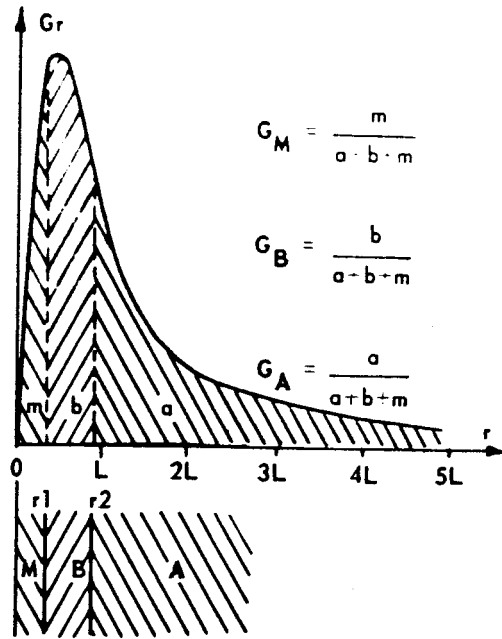
نقطه اندازه گیری در وسط فاصله بین پیچه فرستنده و گیرنده در نظر گرفته می شود.

۲-۳-۵ شعاع بررسی

شکل ۲۰ تغییرات ضریب هندسی (G_r) را بر حسب شعاع r نشان می دهد. برای بیان شعاع بررسی، استوانه ای بسیار طویل از سازند مورد مطالعه در نظر گرفته می شود، بطوریکه بتوان از اثر زمینهای احاطه کننده سازند اصلی صرف نظر کرد. مطالعه ضریب هندسی نشان می دهد که قسمت اعظم میدان الکترومغناطیسی از زونی که بین L و $L/4$ (بازه) قرار دارد حاصل می شود. با افزایش بازه، شعاع بررسی نیز افزایش می یابد.

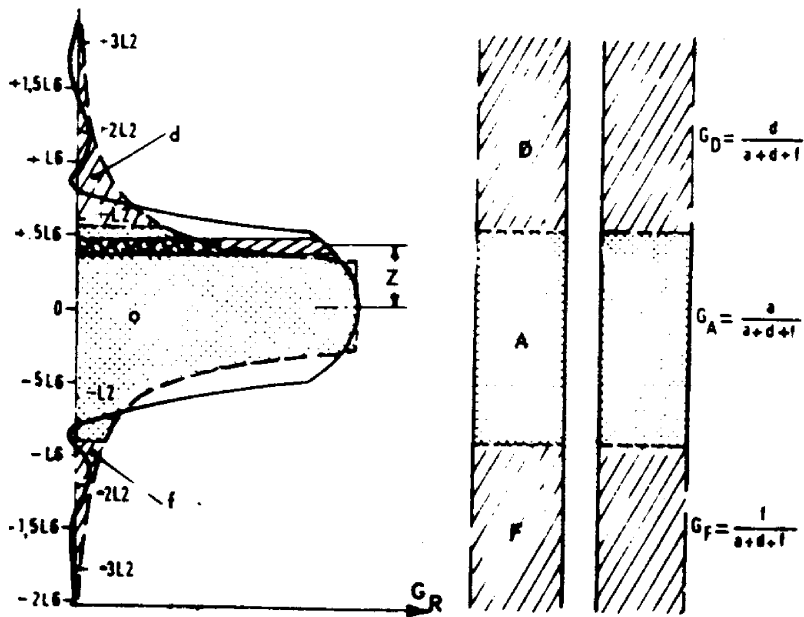
۳-۳-۵ تفکیک قائم

زمانیکه سوند در مقابل یک لایه با ضخامت محدود قرار می گیرد، سیگنال ثبت شده تحت تأثیر رسانایی لایه مذکور قرار خواهد گرفت. به همین ترتیب رسانایی زمینهای دربرگیرنده لایه مذکور بخصوص اگر این رسانایی زیاد باشد بر سیگنال دریافتی اثر می گذارد.



شکل ۲۰- تغییرات ضریب هندسی بر حسب r

مختصات لایه‌های مذکور (فوقانی و تحتانی) توسط موقعیت قائم آنها (Z) نسبت به وسط فاصله بین پیچ‌های فرستنده و گیرنده مشخص می‌شود. (شکل ۲۱)



شکل ۲۱- ضریب هندسی قائم (تفکیک قائم)

بطور کلی می توان گفت که برای لایه ای با ضخامت بزرگتر از بازه اثر زمینهای احاطه کننده لایه قابل صرف نظر بوده و بنابراین تفکیک قائم تقریباً معادل بازه می باشد.

۴-۳-۵ مزایای سوند القایی نسبت به سوندهای نرمال و جانبی

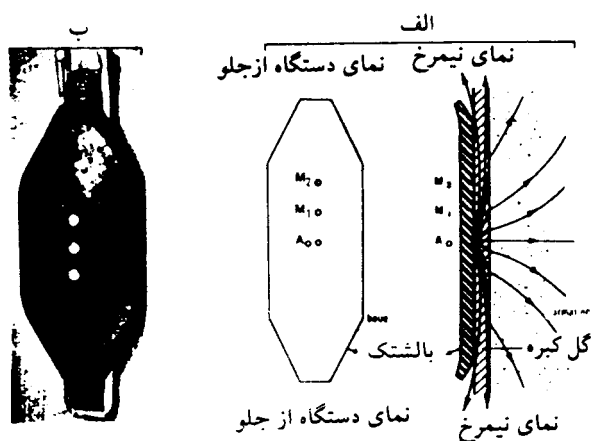
مزایای سوند القایی نسبت به نرمال و جانبی عبارتست از :

- الف - تعیین دقیقتر حد سازندهای مختلف.
- ب - تعیین دقیقتر مقاومت ویژه طبقات نازک (تا حدود ۶۰ سانتی متر)، بخصوص زمانی که این مقاومت ویژه خیلی زیاد نباشد (طبقات ماسه های رس دار).
- ج - استفاده از سوند مذکور در جاهایی که دارای هوا یا گل های مقاوم باشد.

۴-۵ دستگاههای با بازه کوچک^۱ (ریز مقاومت ویژه^۲)

۱-۴-۵ ریز آرایش غیرمتمرکز - میکرولوگ^۳

سوند از یک بالشتک کائوچویی که الکترودها روی آن تعبیه شده و توسط یک سیستم فنی مناسب به یکی از دیواره های چاه می چسبد، تشکیل شده است. دستگاه مذکور دارای سه الکترودها به فاصله یک اینچ از یکدیگر می باشد. (شکل ۲۲)



شکل ۲۲- دستگاه میکرولوگ (الف - نمای دستگاه، ب - بالشتک)

1- Microtools

2- Microresistivity

3 - Microlog

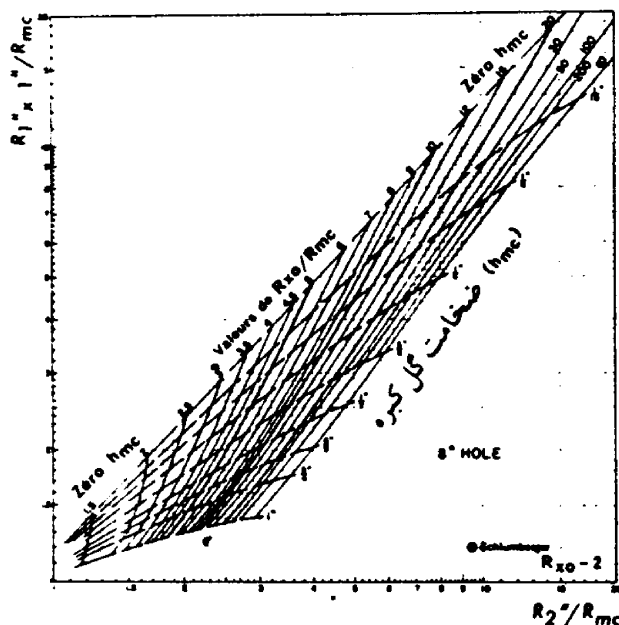
با دستگاه میکروولوگ بطور همزمان دو اندازه‌گیری مقاومت ویژه انجام می‌پذیرد. یکی با استفاده از اختلاف پتانسیل بین M_2 و یک الکتروود واقع در بینهایت (روی سطح زمین) و دیگری با استفاده از اختلاف پتانسیل بین M_1 و M_2 (شکل ۲۲).

آرایش اول که مشابه سوند نرمال است، میکرونرمال^۱ و دومی که مشابه سوند جانبی است، میکروانورس^۲ نامیده می‌شود. مقاومت ویژه حاصل از میکرونرمال و میکروانورس را به ترتیب با R_2 و $R_1 \times 10^{-1}$ نشان می‌دهند.

۵-۴-۱ عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیری

اثر ستون گل روی سوند مذکور در صورتیکه بالشتک به خوبی به دیواره چاه بچسبند صفر است. اما به دلیل شعاع بررسی ضعیف دستگاه، در زونهای متخلخل و نفوذپذیر، اثر گل کبره قابل صرف‌نظر نمی‌باشد، بخصوص اگر ضخامت آن زیاد باشد.

با توجه به آباک شکل ۲۳ دیده می‌شود که در صورت ضخیم بودن گل کبره (مقدار h_{mc} بیشتر از $\frac{1}{16}$ اینچ)، اثر آن روی اندازه‌گیری قابل توجه خواهد بود. اما از آنجائیکه دستگاه مذکور دو نگار (میکرونرمال و میکروانورس) را بدست می‌دهد، با شناخت ضخامت گل کبره و مقاومت ویژه آن می‌توان مقاومت ویژه زون شسته R_{XO} را بدست آورد.



شکل ۲۳- آباک برای تفسیر میکروولوگ

1- Micronormal

2- Microinverse

۵-۴-۱-۲ پاسخ میکرولوگ برای سازندهای مختلف

بطور کلی برای تفسیر نگارهای حاصل از دستگاه میکرولوگ از مقایسه نگار میکرونرمال و میکروانورس استفاده می‌شود. بنا به تعریف هنگامی که نگار میکرونرمال مقادیر بیشتری نسبت به میکروانورس دارد، آن را "جدایی مثبت" و حالت عکس را "جدایی منفی" می‌نامند. وقتی دو نگار بر هم منطبق می‌شوند "جدایی صفر" خوانده می‌شود.

الف - سازندهای متخلخل و نفوذپذیر

ضریب دستگاه، K برای میکرونرمال و میکروانورس طوری انتخاب شده‌اند که در یک محیط همگن یک جدایی ضعیف منفی ($R_2 < R_1 \times 1$) قابل مشاهده باشد. عموماً همانگونه که آباک شکل ۲۳ نشان می‌دهد، در صورت وجود گل کبره که در آن R_{x0} بزرگتر از R_{mc} باشد، یک جدایی مثبت وجود دارد. در حالتی که نفوذ پالایه در سازند اصلی ضعیف بوده و آب بین دانه‌ای در سازند خیلی شور و گل شیرین باشد (R_{mc} زیاد) یک جدایی منفی قابل مشاهده است.

ب - سازندهای رسی

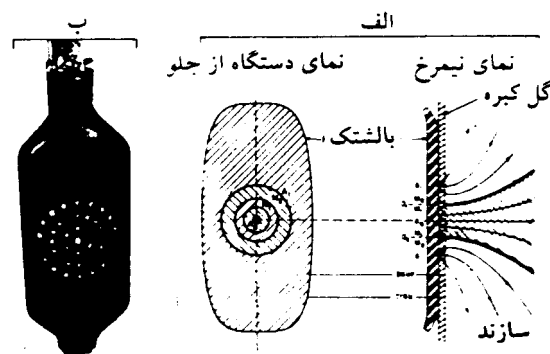
در این سازندها چون رسوب گل به دلیل نفوذناپذیری رس روی جدار چاه وجود ندارد دو منحنی حاصل از میکرولوگ یک جدایی ضعیف منفی نزدیک به صفر را ارائه می‌دهد (محیط همگن).

ج - سازندهای متراکم

در این سازندها گل کبره و پدیده رخنه وجود ندارد. دو آرایش میکرونرمال و میکروانورس مشخصاً تحت تأثیر مقاومت سازند (R_f) قرار گرفته و مقدار اندازه‌گیری شده به علت مقاوم بودن سازند زیاد می‌باشد. غالباً در مقابل چنین سازندهایی تغییرات شدید مقاومت ویژه روی نگارها ظاهر می‌شود که می‌تواند در اثر عوامل مختلف از جمله نچسبیدن مناسب بالشتک به جدار چاه، وجود شکافها و شکستگیهای ریز (طبیعی یا در اثر حفر چاه) و جای گرفتن گل در آنها و یا وجود طبقات نازک هادی در سازند اصلی باشد.

۵-۴-۲ ریز آرایش متمرکز - میکرولاترولوگ (MLL)

دستگاه کاملاً مشابه لاترولوگ ۷ الکترودی (نگا: ۵-۲-۱-۲) می‌باشد. روی یک بالشتک کائوچویی که توسط فنر به دیواره چاه می‌چسبد، یک الکتروود مرکزی A_0 و سه الکتروود حلقوی هم مرکز جای داده شده است (شکل ۲۴)



شکل ۲۴- میکرولاترولوگ - (الف - نمای دستگاه، ب - بالشتک)

توسط الکتروود A_1 جریان I_i طوری فرستاده می‌شود که پتانسیل الکتروود M_1 برابر پتانسیل مقایسه V_0 باشد، از طرف دیگر توسط الکتروود مرکزی A_0 جریان متغیر I_0 طوری تنظیم می‌شود که اختلاف پتانسیل بین M_1 و M_2 صفر شود. با اندازه‌گیری جریان I_0 ، مقاومت ویژه زون موردنظر بدست می‌آید.

۱-۲-۴-۵ نقطه اندازه‌گیری - تفکیک قائم - شعاع بررسی

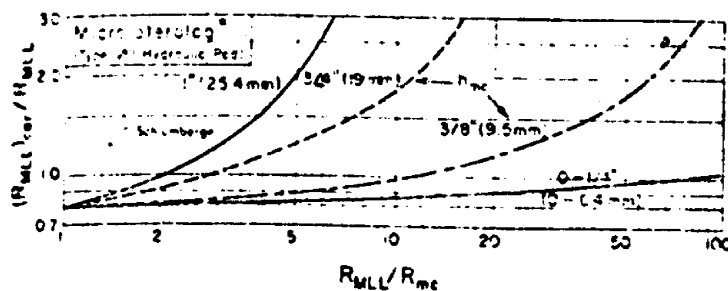
نقطه اندازه‌گیری در محل الکتروود A_0 قرار دارد. بازه دستگاه توسط دایره‌ای که به فاصله مساوی از M_1 و M_2 قرار دارد، مشخص می‌شود. تفکیک قائم توسط بازه دستگاه مشخص می‌شود که حدود $1/7$ اینچ است. شعاع بررسی در این دستگاهها بین ۱ تا ۲ اینچ خواهد بود. شعاع بررسی چنانکه دیده می‌شود کوچک است، بطوریکه اگر زون انتقالی با گسترش کافی وجود داشته باشد، زون دست نخورده تأثیری روی اندازه‌گیریها نخواهد داشت.

۲-۲-۴-۵ عوامل "نوفه‌ای" مؤثر بر اندازه‌گیری

در صورت قرار گرفتن کامل بالشتک روی دیواره چاه، اثر ستون گل روی اندازه‌گیریها عملاً صفر است، اما بدلیل شعاع بررسی ضعیف دستگاه، اثر گل کبره قابل صرفنظر نمی‌باشد، بنابراین لازم است که روی اندازه‌گیریها اثر گل کبره تصحیح شود، بخصوص اگر ضخامت آن زیاد باشد.

۱-۲-۲-۴-۵ اثر گل کبره

اثر گل کبره به کمک آباکهای مربوط (شکل ۲۵) تصحیح می‌شود.



شکل ۲۵- آباک برای تصحیح اثر گل کبره

۵-۴-۲-۲-۲ اثر سازندهای احاطه کننده

این اثر بشرطی که ضخامت طبقه مورد مطالعه بیشتر از مقدار بازه دستگاه باشد، قابل صرف نظر می باشد.

۵-۴-۲-۳ اثر زون دست نخورده

اگر رخنه به اندازه کافی گسترده باشد، اثر زون دست نخورده قابل چشم پوشی است. اگر رخنه صفر باشد، عملاً مقدار R_t اندازه گیری می شود. در حالت های بین دو حالت گفته شده، برای رسیدن به مقدار صحیح R_{X0} بایستی از چندین دستگاه با شعاع بررسی متفاوت استفاده کرد. در اینجا فرض بر اینست که "زون شسته" و "زون انتقالی" دارای مرز مشخصی است. عموماً اندازه گیری میکرولاترولوگ در مقابل سازندهای متخلخل و نفوذپذیر خیلی نزدیکتر به R_{X0} است تا R_t .

۵-۵ پارامترهای "زمین شناختی" مؤثر بر اندازه گیریهای مقاومت ویژه

طی مطالعه هر دستگاه مقاومت ویژه، عوامل نوفه ای که روی اندازه گیریها اثر داشتند مورد بررسی قرار گرفت. در اینجا پارامترهای "زمین شناختی" اساسی که عموماً در مرتبه های مختلف، اندازه گیریها را تحت تأثیر قرار داده و جدای از عوامل نوفه ای تنها عواملی هستند که در اثنای اندازه گیری در چاه روی مقاومت ویژه اثر می گذارند، مورد بررسی قرار می گیرند.

۵-۵-۱ ترکیب سنگ

ترکیب سنگ توسط مواد زیر در سنگ مشخص می شود:

- الف - طبیعت و درصد مواد جامد موجود در سنگ
عموماً واحدهای جامدی که سنگ را تشکیل می دهد، دارای مقاومت ویژه بسیار زیادی می باشد بجز بعضی کانیهای هادی مانند سولفورهای فلزی، فلزات خالص، هماتیت، گرافیت و یا در اغلب حالتها رس که کم و بیش به دلیل تخلخل و پدیده دو لایه ای، هادی می باشد.
- ب - طبیعت و ترکیب سیالاتی که در سنگ وجود دارد.
مقاومت ویژه سنگ اغلب توسط آب موجود در سنگ براساس مقدار نمکهای محلول در آن پائین می آید.
- ج - درصد سیالات در سنگ و در خلل و فرج.

۲-۵-۵ بافت سنگ

شکل، اندازه، ترتیب، کلاس بندی و آرایه دانه‌های سنگ تعیین کننده حجم خلل و فرج سنگ می‌باشد. توزیع، اندازه و کانالهای کوچک ارتباطی بین خلل و فرج سنگ به نوبه خود روی مقاومت ویژه مؤثر می‌باشد. این اثر توسط پارامترهای زیر مشخص می‌شود:

الف - پیچ در پیچی^۱

ب - تراوایی که بر اشباع و پدیده رخنه منعکس می‌شود.

ج - ناهمسانگردی

از طرف دیگر چگونگی توزیع کانیهای هادی (سولفورهای فلزی، رس) نیز روی مقاومت ویژه مؤثر می‌باشد. بالاخره اگر سنگ دارای درزه یا شکستگی باشد، توزیع پالایه در مسیرهای مشخصی در ارتباط با پدیده‌های مذکور اتفاق می‌افتد و در نتیجه انتشار جریان نیز از وضعیت موجود پیروی می‌کند ولی در عین حال نوع دستگاه اندازه‌گیری (بر اساس استفاده از الکتروود یا پیچه القایی) و نیز ترتیب درزه‌ها روی مسیر جریان اثر می‌گذارد.

۳-۵-۵ شیب

طبقاتی که در صفحه عمود بر محور چاه قرار ندارند باعث خطا در اندازه‌گیری مقاومت ویژه ظاهری می‌شوند. در اینجا وجود شیب را می‌توان نوعی ناهمسانگردی ماکروسکوپی در نظر گرفت.

۴-۵-۵ درجه حرارت

اثر این پارامتر کلاً روی مقاومت ویژه الکتروولیت موجود در سنگ قابل ملاحظه می‌باشد که لازمه شناخت این اثر مشخص بودن درجه حرارت نقطه اندازه‌گیری است. (چاه نگاری دماسنجی).

۵-۵-۵ فشار - تراکم

فشار طبقات تابعی از پارامترهای گوناگون از جمله نیروهای تکتونیکی، لایه‌های پوشاننده و تراکم می‌باشد. در بین پارامترهای مذکور تراکم به دلیل اثری که روی تخلخل و ترتیب دانه‌بندی می‌گذارد، اغلب از بقیه با اهمیت تر است. اما مسئله دیگری که باید در نظر گرفت، اختلاف فشار بین لایه و ستون گل می‌باشد، زیرا این اختلاف نقش مهمی در پیدایش و اهمیت زون انتقالی بازی می‌کند.

1- Tortuosity

عوامل مذکور از یک طرف روی ضخامت و ساخت داخلی طبقات و از طرف دیگر بر طبیعت سربهای رسوبی احاطه‌کننده لایه‌های اصلی و در نتیجه کنترل ناهمسانگردی ماکروسکیپی اثر می‌گذارند.

۶- اندازه‌گیری پتانسیل خودزا

اندازه‌گیری پلاریزاسیون یا پتانسیل خودزا روش ساده‌ای برای تعیین زونهای متخلخل و نفوذپذیر است. در این مطالعات اختلاف پتانسیل بین یک الکتروود ثابت واقع در سطح و الکتروود دیگری که در چاه جابجا می‌شود، اندازه‌گیری می‌گردد. نظر به کوچک بودن پتانسیلهای مذکور واحد مورد استفاده میلی‌ولت (mv) می‌باشد. پتانسیل خودزا وابسته به پدیده‌های زیر است:

الف - پتانسیل الکتروفیلتراسیون که در اثر اختلاف فشار ناشی از عبور یک الکتروولیت از محیطی غیرفلزی و متخلخل حاصل می‌شود. در چاه پتانسیل حاصل از این پدیده مقدار بسیار ضعیفی می‌باشد و در اثنای نفوذ پالایه گل حفاری در یک سازند متخلخل و نفوذپذیر پدیدار می‌شود.

ب - پتانسیل الکتروشیمیایی که در آن تفاوت غلظت مایعات مختلف از نظر مقدار نمک محلول در آنها، زمانیکه این مایعات بصورت مستقیم باهم در تماس بوده و یا توسط یک غشاء نیمه تراوا مانند رس از هم جدا می‌شوند باعث ایجاد یک پتانسیل خودزا می‌گردد. مایعات موجود در چاه، گل حفاری و آب موجود در سازند می‌باشد. پتانسیل حاصل از این پدیده قسمت اعظم مقدار مورد اندازه‌گیری را تشکیل می‌دهد.

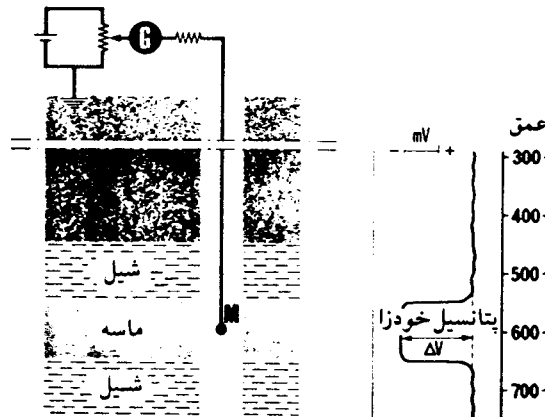
مجموع پتانسیل‌های گفته شده و بخصوص پتانسیل‌های الکتروشیمیایی مقدار پتانسیل خودزا در چاه را تشکیل می‌دهد.

۶-۱ اندازه‌گیری پتانسیل خودزا (نگار SP)

منحنی تغییرات پتانسیل خودزا با ثبت پتانسیل موجود بین یک الکتروود مقایسه (N) در سطح و الکتروودی که در چاه جابجا می‌شود (M) بدست می‌آید. تجربه نشان می‌دهد که در صورت حذف پتانسیلهای خارجی، پتانسیل بین M و N در یک سازند همگن ثابت باقی می‌ماند و تغییرات پتانسیل فقط در مرز سازندهای مختلف ظاهر می‌شود.

در طبقات شیلی، رسی یا مارنی پتانسیل خودزا عموماً در ستون گل ثابت باقی می‌ماند. با استفاده از این پتانسیل خطی به نام "خط مبنای شیلی، رس یا مارن" تعریف می‌کنند و پتانسیل خودزای طبقات دیگر نسبت به این خط مبنا سنجیده می‌شود. در روی نگارهای پتانسیل خودزا باید مشخص شود که تغییرات پتانسیل مثبت است یا منفی،

بهمین دلیل بطور قراردادی اگر جابجایی منحنی SP نسبت به خط مبنای گفته شده به طرف راست باشد، این جابجایی بر یک تغییر مثبت دلالت دارد و در حالت عکس تغییرات را منفی در نظر می‌گیرند. (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- اساس اندازه‌گیری SP

۲-۶ SP استاتیک و SP ظاهری

مقدار واقعی پتانسیل خودزا که عمدتاً وابسته به پدیده‌های الکتروشیمیایی است، SP استاتیک نامیده می‌شود و برای محلولهایی که درجه شوری آنها (بر حسب غلظت معادل نمک طعام) از ۸۰ گرم بر لیتر بیشتر نشود از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$SSP = -K \log_{10} \frac{R_{mf}}{R_w}$$

SSP : SP استاتیک بر حسب میلی‌ولت، R_{mf} : مقاومت ویژه پالایه گل حفاری، R_w : مقاومت ویژه آب سازند، K ضریبی است که تابعی از درجه حرارت چاه (T) در محل سازند می‌باشد و از رابطه $K = 60 + 0.133 T$ (F) بدست می‌آید.

اما عوامل گوناگونی باعث می‌گردند که مقدار اندازه‌گیری شده در چاه از مقدار SP استاتیک کمتر شود. مقدار SP اندازه‌گیری شده در چاه SP ظاهری نامیده می‌شود.

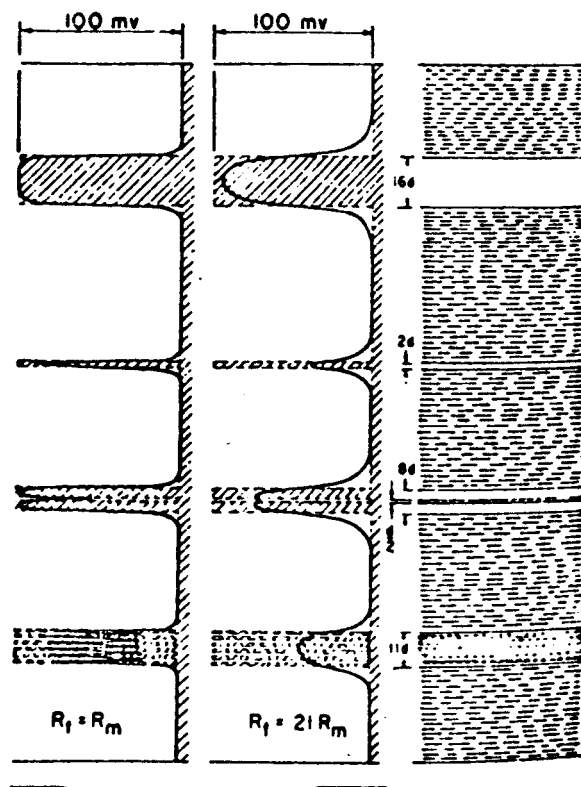
۳-۶ عوامل مؤثر بر شکل نگار SP

۱-۳-۶ قطر چاه

افزایش قطر چاه در صورت ثابت بودن عوامل دیگر باعث کاهش در مقدار جابجایی منحنی SP (نسبت به خط مبنا) می‌شود.

۲-۳-۶ ضخامت لایه

هر چه ضخامت یک لایه کاهش پیدا کند، مقدار جابجایی SP نیز کم می‌شود. در واقع نگار SP فقط قسمتی از افت پتانسیل جریانهای پتانسیل خود را که از گل عبور می‌کند ثبت می‌نماید (SP ظاهری). بنابراین پتانسیل ظاهری زمانی به مقدار پتانسیل واقعی (SP استاتیک) نزدیک می‌شود که مقاومت اعمال شده توسط لایه اصلی و سازندهای احاطه‌کننده آن در مقابل مقاومت گل قابل اغماض باشد. این نتیجه وقتی حاصل می‌شود که لایه به اندازه کافی ضخیم باشد (شکل ۲۷).

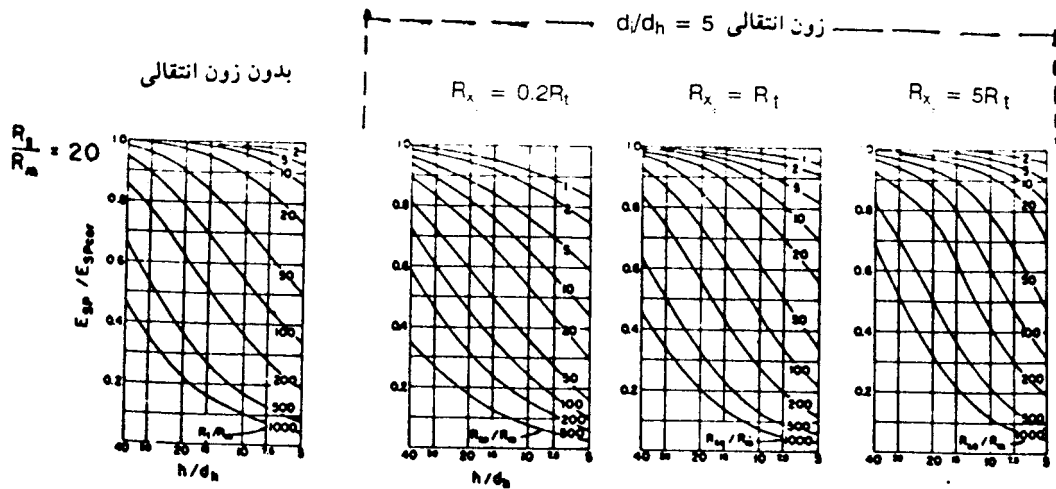


شکل ۲۷- اثر ضخامت و مقاومت ویژه لایه روی شکل منحنی SP

۳-۳-۶ مقاومت ویژه محیطهای موجود

- الف - مقاومت ویژه سازند (R_t)
زمانیکه عوامل مؤثر دیگر ثابت باشند، با افزایش نسبت R_t/R_m جابجایی SP روی نگار کاهش یافته و تعیین حدود دقیق سازند مشکل می‌شود.
- ب - مقاومت ویژه سازندهای احاطه‌کننده لایه اصلی (R_s)
زمانیکه نسبت R_s/R_m افزایش می‌یابد، جابجایی SP روی نگار نیز افزایش می‌یابد.
- ج - مقاومت ویژه زون انتقالی
در صورت یکسان بودن عوامل دیگر، زمانیکه نسبت R_{x0}/R_t افزایش پیدا می‌کند، جابجایی SP نیز زیاد می‌شود.

از آنجائیکه پارامترهای یادشده مشخصاً روی نگار SP تاثیر می‌گذارد بنابراین برای دستیابی به SP استاتیک باید از طریق آباکهای تصحیح‌کننده مقادیر SP ظاهری تصحیح شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸- نمونه‌ای از آباکهای تصحیح‌کننده SP

۴-۶ پارامترهای زمین‌شناختی مؤثر بر پتانسیل خودزا

۱-۴-۶ ترکیب سنگ

۱-۱-۴-۶ قسمت‌های جامد

الف - کانیهای تشکیل دهنده سنگ بجز کانیهای رسی
 عموماً کانیهای مذکور اثری روی منحنی SP ندارند. البته باید متذکر شد که سولفورهای فلزی هادی و ذغال سنگ از بقیه کانیها مستثنی می‌باشند و می‌توانند جابجائیهای مشخصی را روی منحنی SP باعث شوند. سازندهای متراکم می‌توانند روی شکل منحنی SP اثر بگذارند.

ب - رسها

اثر کانیهای رسی روی SP از یک طرف به مقدار درصد آنها در سنگ و از طرف دیگر به نوع توزیع آن بستگی دارد. بافت سنگ می‌تواند در این مطالعات نقش مهمی ایفا کند.

۲-۱-۴-۶ مایعات

تفاوت بین درجه شوری آب سازند و پالایه گل حفاری تأثیر مشخصی روی منحنی SP خواهد داشت.

الف - اگر آب سازند شورتر از پالایه باشد ($R_w < R_{mf}$)، در اینصورت:

$$R_{mf} / R_w > 1, \log \frac{R_{mf}}{R_w} > 0 \Rightarrow SP < 0$$

بنابراین یک جابجایی به طرف چپ (نسبت به خط مبنای رس) و در نتیجه SP منفی خواهیم داشت.
 ب - برعکس اگر آب سازند شیرین تر از پالایه باشد ($R_w > R_{mf}$). در صورت هم نوع بودن نمکهای محلول داریم:

$$\frac{R_{mf}}{R_w} < 1, \log \frac{R_{mf}}{R_w} < 0 \Rightarrow SP > 0$$

در اینحال چنانکه دیده می شود دارای SP مثبت و در نتیجه جابجایی نسبت به خط مبنای رس به طرف راست خواهد بود.

ج - در حالت یکسان بودن درجه شوری آب سازند و پالایه ($R_w = R_{mf}$) داریم:

$$\frac{R_{mf}}{R_w} = 1, \log \frac{R_{mf}}{R_w} = 0 \Rightarrow SP = 0$$

در این صورت روی منحنی SP جابجایی وجود نخواهد داشت.

۳-۱-۴-۶ بافت سنگ

برای اینکه جابجایی روی منحنی SP بوجود آید باید سازند متخلخل و نفوذپذیر باشد، اما هیچ ارتباط مستقیمی روی دامنه جابجایی منحنی SP و میزان نفوذپذیری یا تخلخل سازند وجود ندارد. با اینحال از آنجائیکه نفوذپذیری و تخلخل بر پدیده رخنه و جداسازی مایعات مؤثر می باشد، می توان گفت که پارامترهای رسوب شناسی که نفوذپذیری و تخلخل را کنترل می کند روی تغییرات SP نیز مؤثر می باشد.

۴-۱-۴-۶ فشار

اثر فشار بدو طریق بر روی تغییرات پتانسیل خودزا مؤثر است:

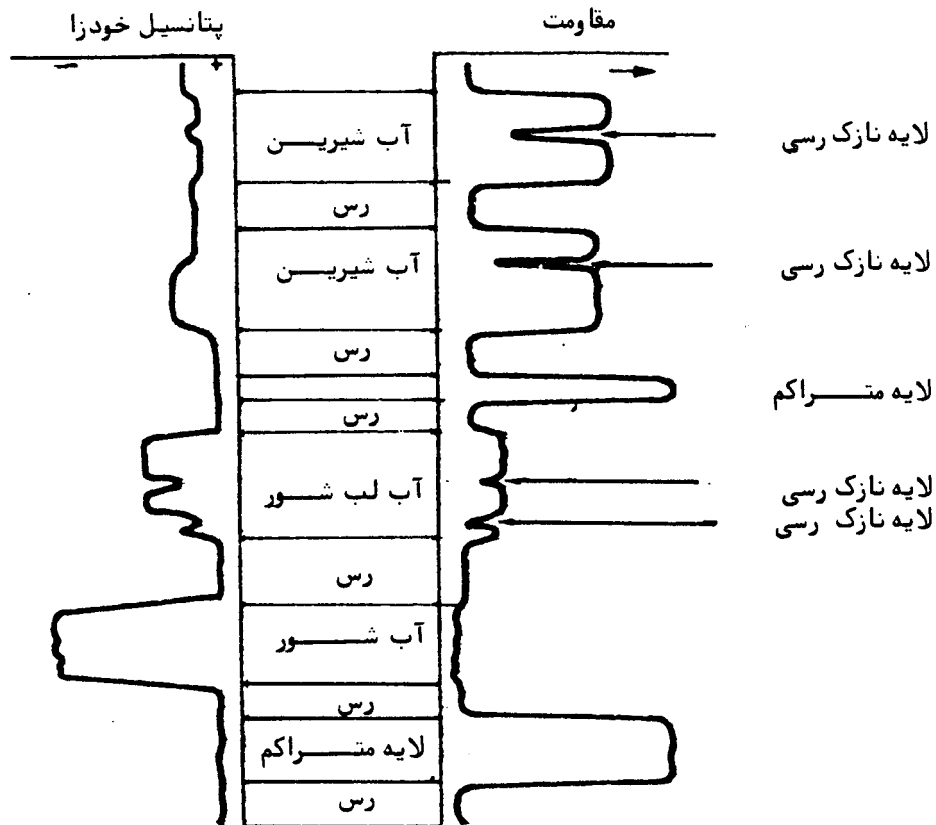
الف - افزایش فشار باعث گسترده گی زون انتقالی می شود که زون مذکور خود بر منحنی SP اثر می گذارد.

ب - فشار خود یکی از عوامل ایجاد پتانسیلهای خودزا است (پتانسیل الکتروفیلتراسیون).

۵-۶ کاربرد نگار SP در مطالعات آب

کاربرد اصلی SP در شناخت طبقات متخلخل و تراوا است. اما شناخت طبقات رسی نیز در حالتهای نسبتاً زیادی

میسر می‌گردد. تعیین طبقات متراکم آهکی اغلب به سختی امکان‌پذیر است. شکل ۲۹ مثالی از یک نگار SP را نشان می‌دهد. با استفاده از مقدار SP ظاهری و تصحیح آن، می‌توان مقدار مقاومت ویژه و بدنبال آن درجه شوری آب سازند را با استفاده از مقدار SP استاتیک بدست آورد.



شکل ۲۹- مقطع نمایش پتانسیل خودزا

۷- روشهای هسته‌ای

- تحت نام چاه نگاری هسته‌ای، اندازه‌گیریهای زیر انجام می‌پذیرد:
- الف - ثبت پرتوزایی کلی گامای طبیعی حاصل از سازندهای مختلف
 - ب - طیف‌سنجی پرتوهای گامای طبیعی
 - ج - پرتوزایی گامای انتشار یافته توسط اثر کامپتون^۱، زمانیکه سازند تحت بمباران پرتوهای گاما قرار می‌گیرد (روش گاما - گاما یا چگالی).
 - د - شارنوترونهای ترمیک یا اپی ترمیک حاصل از بمباران سازند توسط نوترونهای با سطح انرژی زیاد.

ه - اندازه‌گیری پرتوهای گامای حاصل از عکس‌العمل سنگها در مقابل نوترونهای فرستاده شده توسط یک چشمه پرتوزا (روش نوترون - گاما). در این روش پس از جذب نوترونهای ترمیک توسط هسته بعضی از مواد، پرتو گاما حاصل می‌شود.

تمام روشهای مذکور دارای بعضی مشخصات مشترک می‌باشد که بطور خلاصه شرح داده خواهد شد.

۱-۷ امکان ثبت مقادیر

تمام روشهای گفته شده قابل اجرا در چاههای بدون تنبوش و نیز چاههای لوله‌گذاری شده می‌باشند، زیرا پرتوهای گاما یا نوترونها قادر هستند بر حسب سطح انرژی موجود در آنها از یک ضخامت کم و بیش قابل توجه از مواد (بر حسب مقدار چگالی مواد) عبور کنند.

۲-۷ نوسانات آماری

پدیده‌های پرتوزایی چه بصورت طبیعی یا مصنوعی (ایجاد شده توسط چشمه) دارای طبیعتی تصادفی است. به این جهت حتی زمانی که دستگاه اندازه‌گیری در مقابل یک سازند ثابت باشد، تعداد ضربه‌های دریافتی در واحد زمان در اطراف یک مقدار متوسط نوسان می‌کند. این پدیده، ثبت ضربه‌ها را در یک فاصله زمانی معین برای دستیابی به یک مقدار متوسط الزامی می‌سازد.

فاصله زمانی مذکور را "ثابت زمان" می‌نامند که بر حسب تابعی از آهنگ شمارش^۱ انتخاب می‌شود. در واقع هر چه آهنگ شمارش ضعیف‌تر باشد، نوسانات آماری اثر بیشتری بر مقادیر خوانده شده خواهد داشت، زیرا تغییرات نسبی در این حالت از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. در این صورت باید زمان اندازه‌گیری (شمارش) را افزایش داد.

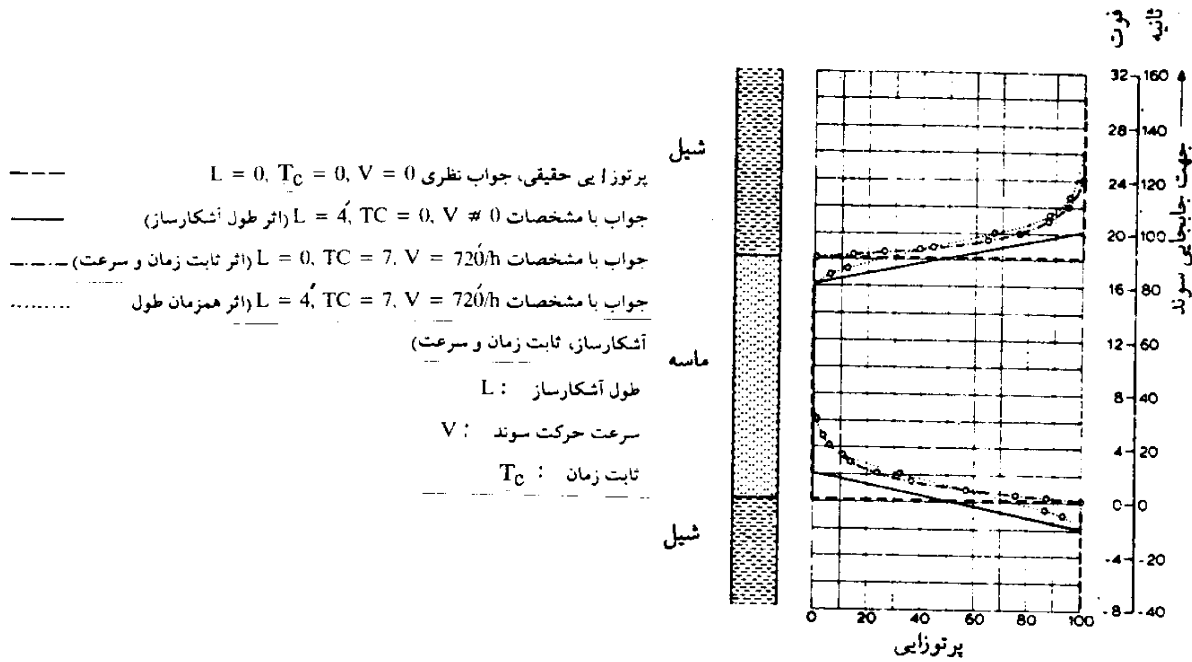
۳-۷ اثر زمان مرده^۲

پس از حرکت هر ضربه، یک فاصله زمانی وجود دارد که در طی آن، هیچ ضربه دیگری توسط گیرنده قابل دریافت نیست. این فاصله زمانی را "زمان مرده"^۲ می‌نامند. در صورتیکه آهنگ شمارش ضعیف باشد، اثر زمان مرده به حداقل خواهد رسید.

1- Count-rate

2- Dead time

اگر سوند در چاه با سرعتی بسیار کند جابجا شود، منحنی ثبت شده پرتوزایی طبیعی نسبت به نقطه اندازه گیری (مرکز کره بررسی) متقارن خواهد بود. (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- جواب پرتوزایی گامای طبیعی در حالت ثبت با سرعت بینهایت کند

این منحنی برای روشهای دیگر مانند گاما - گاما کمی نامتقارن است. در این صورت ثابت زمان در اندازه گیری دخالت نخواهد داشت. از آنجائیکه در عمل سرعت ثبت بینهایت کند نیست، تأخیر وابسته به ثابت زمان قابل صرف نظر نمی باشد.

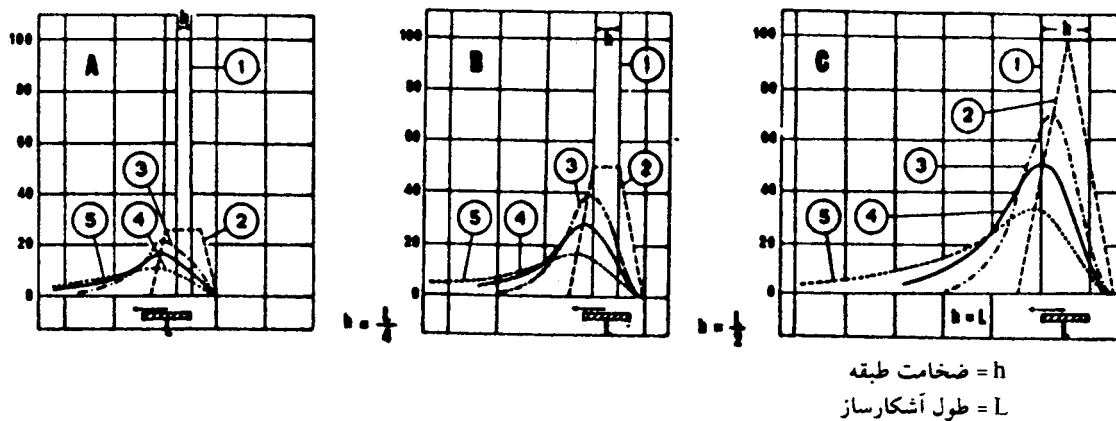
به این ترتیب اثر سرعت حرکت سوند در صورت عدم انتخاب دقیق آن باعث می شود تا دقت تعیین مرز سازندها کم شده و شناسایی طبقات نازک با مشکل روبرو شود. برای به حداقل رساندن خطای مذکور باید سرعت ثبت برای ثابت زمان هماهنگ شود. این سرعت با افزایش ثابت زمان کم می شود.

عموماً حاصل ضرب سرعت در ثابت زمان نبایستی از $\frac{1}{3}$ متر (یک فوت) تجاوز نماید. فوت $V.T \leq 1$

با فرض وجود یک آشکارساز نقطه‌ای در مطالعات پرتوزایی گامای طبیعی، لایه‌هایی که ضخامتی بزرگتر از قطر کره بررسی (شکل ۳۳) دارند، می‌توانند روی نگار مربوط مشخص شوند. بهمین ترتیب برای روشهای پرتوزایی القایی (مانند نوترون، گاما - گاما) لایه‌های با ضخامت بیشتر از بازه (فاصله چشمه - آشکارساز) دارای اثر مشخص می‌باشند.

هرچه لایه‌ها نازک‌تر باشند، جابجایی منحنی مربوط کاهش یافته و بنابراین تعیین مشخصات حقیقی لایه‌ها مشکل‌تر می‌شود. با این وجود تا زمانیکه دامنه تغییرات منحنی از مقدار نوسانات آماری بیشتر است، طبقات قابل شناسایی می‌باشند.

از آنجائیکه آشکارساز بصورت نقطه‌ای نمی‌باشد، طول آن روی شکل منحنی حاصل تأثیر می‌گذارد. شکل ۳۱، اثر همزمان ضخامت لایه، طول آشکارساز (L)، سرعت حرکت سوند و ثابت زمان را بر منحنی تغییرات پرتوهای گاما برای لایه‌ای با مقدار پرتوزایی 100API نشان می‌دهد ($1 \mu\text{gRa/ton} = 16/5 \text{API}$).



شکل ۳۱- تغییرات جواب پرتوزایی گاما برحسب تابعی از ضخامت لایه و سرعت ثبت نسبی

منحنی ۱: مقدار نظری پرتوزایی با سرعت ثبت بینهایت کم، منحنی ۲: پاسخ پرتوزایی با سرعت بینهایت کند و آشکارسازی به طول L منحنی ۳: پاسخ پرتوزایی با سرعتی مطابق با جابجایی $\frac{L}{4}$ در طی ثابت زمان، منحنی ۴: پاسخ پرتوزایی با سرعتی مطابق با جابجایی L در طی ثابت زمان، منحنی ۵: پاسخ پرتوزایی با سرعتی مطابق با جابجایی ۲L در طی ثابت زمان

۶-۷ نقطه اندازه‌گیری

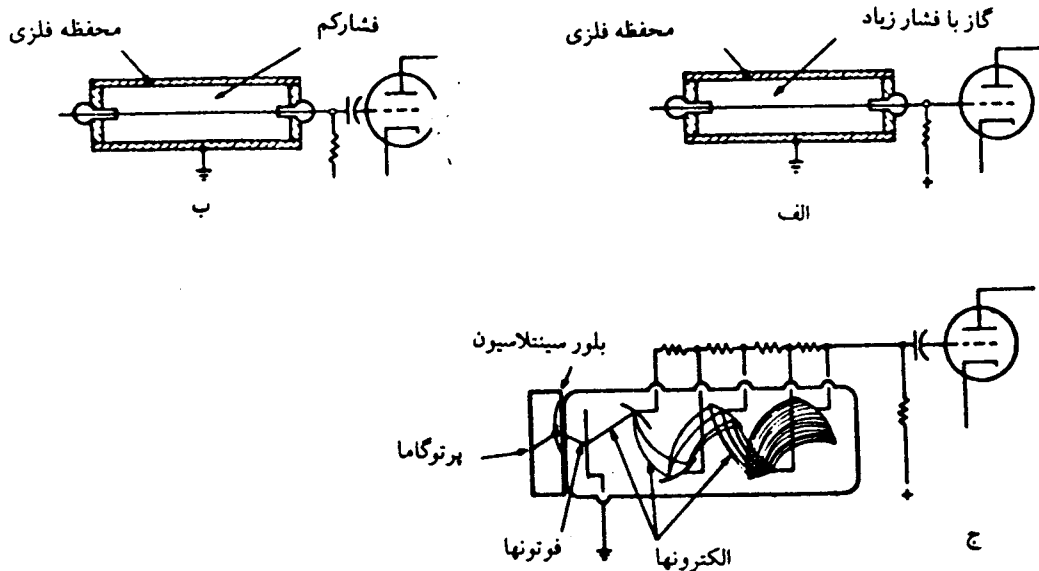
برای دستگاههایی که پرتوزایی طبیعی را اندازه‌گیری می‌کنند، نقطه مذکور وسط آشکارساز در نظر گرفته می‌شود. برای

سایر دستگاهها که در آنها از چشمه های پرتوزا استفاده می کنند، زمانی که یک آشکارساز وجود داشته باشد، وسط فاصله بین چشمه و آشکارساز و در دستگاههای جبرانی (شامل دو آشکارساز) وسط فاصله دو آشکارساز به عنوان نقطه اندازه گیری منظور می شود.

ρ

۷-۷ اندازه گیری پرتوزایی گامای طبیعی

پرتوهای گاما به کمک آشکارسازهایی مانند شمارشگر گایگر^۱، اطاق یونیزاسیون، و یا شمارشگر سنتیلاسیون^۲ اندازه گیری می شود. دستگاه آخری از نظر بازدهی، کوچکی ابعاد و تعیین دقیق تر حد لایه ها بر دو تایی اولی ارجحیت دارد (شکل ۳۲).



شکل ۳۲- سه نوع آشکارساز پرتو گاما (الف - اطاق یونیزاسیون ب - شمارشگر گایگر

ج - شمارشگر سنتیلاسیون)

جواب حاصل از دستگاه تابعی از غلظت وزنی کانیهای پرتوزا در سازند و نیز چگالی آنهاست. رابطه زیر مقدار پرتو گاما (GR) را بر حسب پارامترهای گفته شده بدست می دهد:

$$GR = \frac{\rho \cdot V}{\rho_b} A$$

ρ : چگالی کانی پرتوزا

V : درصد حجمی کانی پرتوزا در سازند

ρ_b : چگالی کلی (کپه‌ای) سازند

A: ضریب وابسته به فعالیت پرتوزایی گامای کانی پرتوزا

با توجه به رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت که دو سازند با داشتن درصد مساوی از یک کانی پرتوزا در واحد حجم (ρ و V ثابت) ولی دو چگالی کپه‌ای متفاوت (ρ_b متغیر) سطوح پرتوزایی متفاوتی را ارائه می‌دهند. سازندهای سبکتر از نظر پرتوزایی فعالیت بیشتری خواهند داشتند. این موضوع وابسته به جذب پرتوهای گاما توسط خودسازند است که هر چه چگالی آن بیشتر باشد، جذب پرتو گاما نیز بیشتر خواهد بود. سه المان اصلی پرتوزا عبارتند از اورانیوم، تورنیوم و پتاسیم که از بین آنها پرتوزایی پتاسیم از بقیه کمتر است (اورانیوم، ^{238}U و تورنیوم، ^{232}Th و ^{235}U مرتبه فعالیت از پتاسیم است) اما به دلیل فراوانی پتاسیم در سنگهای رسوبی از نظر شرکت در فعالیتهای پرتوزایی بطور مجموع تقریباً همان بزرگی تورنیوم و اورانیوم را دارد. بنابراین با توجه به این روش می‌توان سنگهای رسوبی حاوی کانیهای رسی را برآحتی مشخص کرد. جدول ۱ میزان پرتوزایی چند نمونه از سنگهای رسوبی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میزان پرتوزایی چند نمونه از سنگهای رسوبی

میزان اشعه بر حسب A.P.I در ثانیه	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰
انیدریت	■									
زغال سنگ	■									
دولومیت	■	■								
آهک	■	■	■							
ماسه سنگ	■	■	■	■						
ماسه سنگ شیلی	■	■	■	■	■					
ماسه شیلی	■	■	■	■	■					
شیل	■	■	■	■	■	■				
شیل های حاوی مواد آلی										
سنگهای معدنی پتاسیم										

۱-۷-۷ واحدهای اندازه‌گیری

واحدهای سنجش پرتوزایی در این مطالعات عبارتند از میکروگرم رادیوم در یک تن سنگ ($\mu\text{gRa/ton}$) و واحد

A.P.I.

ارتباط بین دو واحد مذکور عبارتست از:

$$1 \mu\text{g} = 16/5 \text{ API}$$

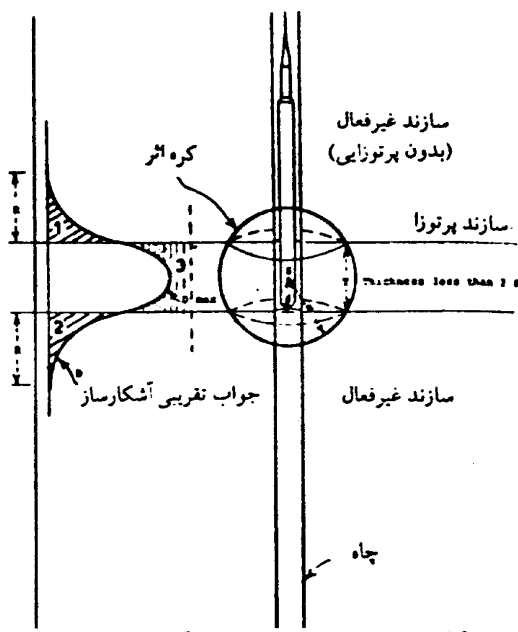
۲-۷-۷ نقطه اندازه گیری

برای سوندهای اندازه گیری پرتو زایی گامای طبیعی، نقطه مذکور وسط آشکارساز در نظر گرفته می شود.

۳-۷-۷ شعاع بررسی

از آنجائیکه پرتوهای گاما توسط سازندهایی که در سر راه آن قرار دارد جذب می شود و این عمل هر چه انرژی پرتو گاما کمتر باشد، بیشتر است بنابراین قسمت اعظم سیگنال دریافتی مربوط به سازندهای نزدیک به آشکارساز می باشد.

در صورتیکه سازنده همگن در نظر گرفته شود، حجمی از سازنده که روی اندازه گیری اثر می گذارد عبارتست از کره ای به مرکز آشکارساز (D) و شعاع I. این شعاع بستگی به انرژی پرتو گاما و چگالی سازنده و نیز چگالی گل حفاری دارد. (شکل ۳۳).



شکل ۳۳- کره بررسی برای یک آشکارساز نقطه ای

هرچه چگالی سازنده و گل بیشتر و انرژی پرتو گاما کمتر باشد، شعاع I کوچکتر خواهد بود. به این ترتیب می توان

نتیجه گرفت که آشکارساز حتی زمانیکه در داخل سازند نیست تا زمانیکه از کره بررسی خارج نشده، جوابهای حاصل را می تواند ثبت کند.

۴-۷-۷ تفکیک قائم

این تفکیک برابر قطر کره بررسی است و با چگالی تغییر می کند.

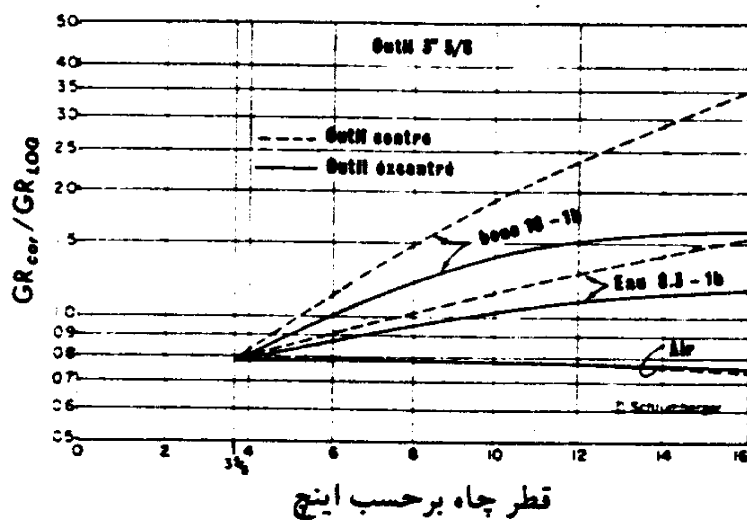
۵-۷-۷ عوامل مؤثر بر شکل و دامنه منحنی پرتوزایی گاما

علاوه بر عاملهای گفته شده در قسمت قبل (نوسانات آماری و سرعت ثبت) می توان از عوامل زیر نیز یاد کرد:

۱-۵-۷-۷ شرایط چاه

از آنجائیکه بین سازند و آشکارساز محیطهای مختلفی (ستون گل، سیمان و لوله) ممکن است حایل شده باشند و این محیطها کم و بیش پرتوهای گاما را جذب می کنند، بنابراین لازم است که توسط آباکهای تصحیح کننده مقادیر اندازه گیری شده تصحیح شود. (شکل ۳۴)

اثر چاه وابسته به عوامل زیر می باشد:



شکل ۳۴- نمونه ای از آباکهای تصحیح کننده

- اگر گل دارای بتونیت باشد، نظر به اینکه خود بتونیت خاصیت پرتوزایی دارد می تواند روی اندازه گیریها اثر بگذارد. اگر نمک محلول در گل KCl باشد، اثر مهمتری روی اندازه گیریها خواهد گذاشت، زیرا در مقابل

زونهای نفوذپذیر پالایه جدا شده از گل دارای خاصیت پرتوزایی بوده و در نتیجه زونهای انتقالی را آلوده می‌سازد که این مسئله می‌تواند تفسیر را دچار مشکل سازد.

ب - اثر لوله‌گذاری - این اثر وابسته به ضخامت لوله و چگالی آنست.

ج - اثر سیمان - اثر سیمان نیز وابسته به ضخامت، چگالی و ترکیب آن می‌باشد.

۲-۵-۷-۷ ضخامت طبقات

اگر طبقه دارای ضخامتی کمتر از قطر کره بررسی باشد، دامنه منحنی پرتوزایی گاما هرگز به مقداری که این منحنی در مقابل یک لایه بسیار ضخیم می‌رسد، نخواهد رسید. از طرف دیگر دامنه مذکور هرچه طبقه نازکتر شود، کاهش می‌یابد.

۶-۷-۷ کاربردها

اندازه‌گیری پرتوزایی گاما بطور خلاصه می‌تواند دارای کاربردهای زیر باشد:

- تعیین درصد کانیهای رسی

- رسوبشناسی

- بررسی نفوذپذیری سازند

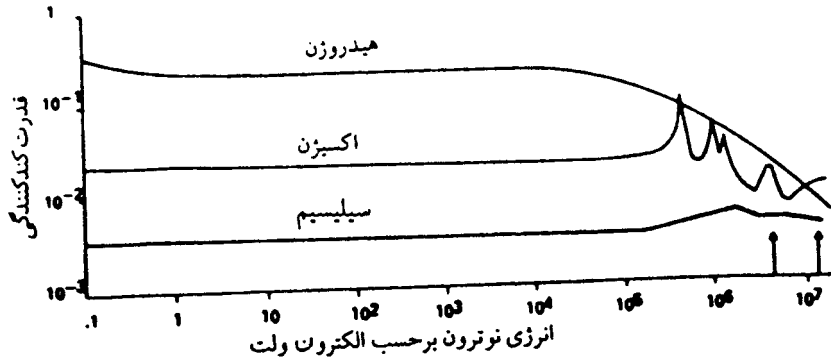
۸-۷ چاه نگاری نوترون

به کمک چشمه‌های مناسب ایجاد نوترون، سازندهای واقع در کنار جدار چاه تحت تأثیر بمباران شدید نوترونهای سریع با انرژی اولیه‌ای بین ۴ تا ۶ میلیون الکترون ولت (Mev) قرار می‌گیرند. بدلیل سرعت اولیه زیاد

(10000 km/s) نوترونها دارای قدرت نفوذ زیادی می‌باشند و در برخورد با هسته اتمهای عناصر تشکیل دهنده سازند به تدریج انرژی خود را از دست می‌دهند. در اینصورت می‌توان سه فاز متفاوت از نظر انرژی نوترونها در نظر گرفت.

الف - در فاز اول، نوترونها در برخورد با هسته اتمهایی که دارای جرمی نزدیک به نوترون می‌باشند بیشترین انرژی را از دست می‌دهند. از آنجائیکه هسته هیدروژن دارای جرمی نزدیک به نوترون می‌باشد، بنابراین اتمهای هیدروژن بیشترین نقش را در کندکردن اولیه نوترون ایفا می‌کنند. از طرفی احتمال برخورد نوترون با هسته یک عنصر نیز از پارامترهای مؤثر در این مطالعات می‌باشد. این احتمال تابع تعداد هسته اتمها در واحد حجم و سطح اتمی مؤثر عنصر است. سطح اتمی مؤثر نیز تابعی از نوع عنصر موردنظر و انرژی نوترون برخوردکننده است.

در شکل ۳۵ قدرت کندکنندگی سه عنصر سیلیسیم، اکسیژن و هیدروژن بر حسب انرژی نوترونها نشان داده شده است.

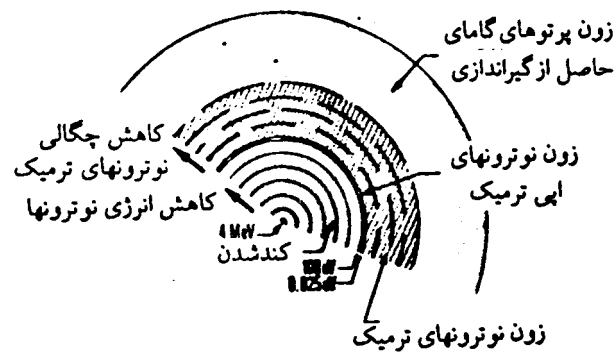


شکل ۳۵- قدرت کندکنندگی هیدروژن، اکسیژن و سیلیسیم بر حسب تابعی از انرژی نوترونها در یک سازند ماسه‌ای تمیز با تخلخل ۱۵٪

به این ترتیب یک نوترون سریع توسط برخورد با آنها و بخصوص هیدروژن به سطح انرژی ۰/۱ تا ۱۰۰ الکترون ولت می‌رسد که به آن نوترون اپی ترمیک می‌گویند.

ب - فاز دوم عمل، شامل رسیدن انرژی نوترونها به سطح انرژی معادل انرژی حرارتی سازندها در اثر ادامه برخورد با هسته مواد می‌باشد (نوترونها ترمیک).

ج - فاز سوم شامل جذب نوترونها ترمیک توسط هسته بعضی از عناصر می‌باشد که به آن گیراندازی می‌گویند. احتمال گیرافتادن نوترونها ترمیک توسط هسته عناصر بستگی به سطح اتمی مؤثر و فراوانی آنها در سازند دارد. عموماً عکس‌العمل جذب نوترون ترمیک توسط هسته اتم، انتشار پرتوهای گاما می‌باشد. شکل ۳۶ چگونگی توزیع فضایی نوترونها و پرتوهای گامای منتشر شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳۶- چگونگی توزیع فضایی نوترونها و پرتوهای گاما

براساس فازهای مختلف گفته شده، می‌توان روشهای چاه نگاری متفاوتی را به اجرا درآورد که از نظر نتیجه تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند.

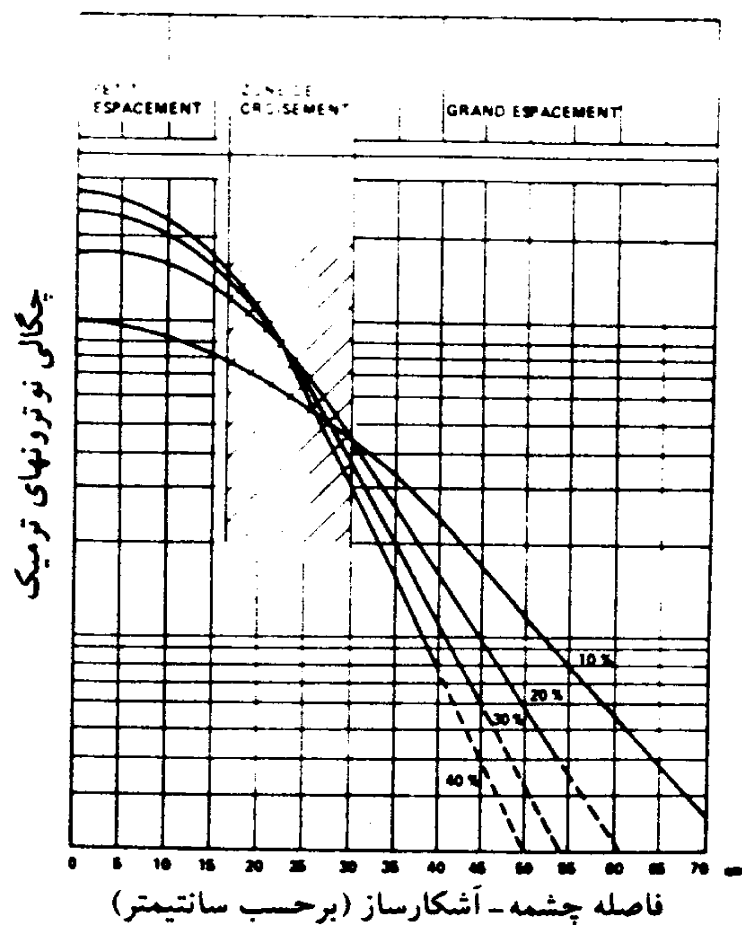
از بین این روشها، انتشار نوترونهای سریع و اندازه‌گیری پرتوهای گامای حاصل از گیرافتادن نوترونهای ترمیک، جایگاه ویژه‌ای در این مطالعات دارد (شکل ۳۷).

به دلیل آنکه، هیدروژن در کندکردن نوترونهای سریع و نیز جذب نوترونهای ترمیک نقش اساسی ایفا می‌کند، از این طریق می‌توان غلظت هیدروژن موجود در سازند را بدست آورد که به آن شاخص هیدروژن می‌گویند. نظر به اینکه آب موجود می‌تواند بیانگر مقدار هیدروژن در سازند باشد، بنابراین از این طریق می‌توان بطور غیرمستقیم به درجه تخلخل سنگ دست پیدا کرد.



شکل ۳۷- اصول سوندنوترون - گاما

شکل ۳۸، چگالی نوترونهای ترمیک را برای یک ماسه سنگ با تخلخل متفاوت برحسب فاصله از چشمه ایجاد نوترون، نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود برای فواصل نزدیک به چشمه نوترون، هرچه تخلخل بیشتر باشد، چگالی مذکور نیز بیشتر است و برای فواصل دورتر (بیشتر از ۳۵ سانتی‌متر) وضعیت عکس وجود دارد. از آنجائیکه در فاصله‌های کوچک از چشمه، اثر مغشوش کننده عواملی مانند گل حفاری روی دستگاه اندازه‌گیری زیاد است، در این مطالعات از سوندهای با بازه بیشتر از ۳۵ سانتی‌متر استفاده می‌کنند که در اینصورت، مقدار غلظت هیدروژن یا درجه تخلخل نسبت عکس با پرتوهای اندازه‌گیری شده دارد.



شکل ۳۸- چگالی نوترونهاى ترمیک برای ماسه سنگ با درجه تخلخلهای متفاوت (از تیتمن^۱ ۱۹۵۶)

۱-۱-۸-۷ شعاع بررسی

شعاع بررسی بستگی به غلظت اتمهای هیدروژن در سازند مورد مطالعه دارد. هرچه این غلظت بیشتر باشد، نوترونها سریع‌تر کند شده و گیراندازی می‌شوند و در نتیجه شعاع کره بررسی کوچکتر است. بر عکس با کاهش غلظت هیدروژن شعاع بررسی افزایش می‌یابد.

۲-۱-۸-۷ تفکیک قائم

عموماً می‌توان پذیرفت که تفکیک قائم مشخصاً با فاصله بین چشمه - آشکارساز یا فاصله بین دو آشکارساز (برای دستگاههای با دو آشکارساز) مطابقت دارد.

1- Tittman

۷-۸-۱-۳ نقطه اندازه‌گیری

برای دستگاههای با یک آشکارساز، این نقطه در وسط چشمه - آشکارساز در نظر گرفته می‌شود. برای دستگاههای با دو آشکارساز نقطه وسط آنها بعنوان نقطه اندازه‌گیری منظور می‌شود.

۷-۸-۱-۴ عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیری

۱- ثابت زمان، سرعت ثبت، زمان مرده و ضخامت طبقات

قبلاً در خصوص اثر هریک از این پارامترها بر اندازه‌گیریهای پرتوزایی صحبت شده است.

۲- چاه

اثر چاه، بخصوص در مورد دستگاههایی که به دیواره چاه نمی‌چسبند، قابل توجه است، زیرا در این صورت اولین محیطی که نوترونهاى انتشارى طى می‌کنند، سیال حفاری است.

سیال حفاری به سه طریق می‌تواند مؤثر باشد:

الف - طبیعت سیال حفاری

در حالتی که حفر چاه با استفاده از هوا انجام پذیرد، اثر چاه بسیار کاهش می‌یابد، زیرا هوا از نظر داشتن اتمهای هیدروژن ضعیف است.

در صورت حفر چاه توسط گل یا آب، اثر آنها بستگی به دو عامل زیر دارد:

- شوری گل یا آب

نظر به اینکه کلر در جذب نوترونهاى ترمیک شرکت داشته و سطح انرژی بالاتری از پرتوگاما (نسبت به هیدروژن) را بدست می‌دهد، بنابراین کلر باعث بالا رفتن پرتوهای گامای دریافتی در آشکارساز می‌شود.

- چگالی گل

سنگین کردن گل توسط باریت یا مواد دیگر، درصد آب موجود در گل را کاهش می‌دهد. در اینصورت چگالی گل جذب پرتوهای گاما اثر داشته و با افزایش آن جذب پرتوهای گاما زیادتر می‌شود. در این صورت شاخص هیدروژن افزایش می‌یابد.

ب - قطر چاه

هرچه قطر چاه بیشتر شود، حجم گلی که دستگاه را احاطه می‌کند بیشتر می‌شود. در نتیجه نوترونهاى اولیه بیشتر توسط هیدروژن گل حفاری کند و جذب می‌شوند.

ج - وضعیت دستگاه در چاه

وضعیت دستگاه در چاه می‌تواند روی حجم گل حایل بین دستگاه و جدار چاه اثر گذاشته و در نتیجه اندازه‌گیری

بیشتر یا کمتر تحت تأثیر گل قرار بگیرد.

۳- اثر لوله گذاری چاه

آهن یک جذب کننده خوب نوترونهاى ترمیک می باشد. از طرف دیگر وجود سیمان یا گل غنی از اتمهای هیدروژن واقع بین لوله و جدار چاه نیز نقش مشابهی را ایفا می کنند. بنابراین این دو در مجموع باعث افزایش شاخص هیدروژن می شود. با توجه به عوامل نوفه ای گفته شده آنچه در چاه اندازه گیری می شود، شاخص هیدروژن ظاهری است که معمولاً این اندازه گیریها بطور خودکار و یا از طریق آبکهای تصحیح کننده برای عوامل گفته شده، تصحیح می شوند.

۴- رخنه

بدلیل آنکه در اثر رخنه طبیعت سیال در زون بررسی دستگاه کم و بیش تغییر می کند (جانشین شدن آب سازند توسط پالایه)، بنابراین برای شناخت اثر زون انتقالی باید مشخصات زون مذکور از نظر مطالعات نوترون تعیین گردد. برای این منظور می توان مثلاً از اندازه گیری مقاومت ویژه و SP استفاده کرد.

۷-۸-۱-۵ عوامل زمین شناختی مؤثر بر اندازه گیری شاخص هیدروژن

با توجه به آنچه گفته شد، پارامترهای زمین شناختی مؤثر در اندازه گیریها عبارتند از:

۱- ترکیب سنگ

- کانیهای تشکیل دهنده سنگ از یک طرف توسط قدرت کندکنندگی و جذب نوترونها و از طرف دیگر توسط درصد آنها در سنگ بر شاخص هیدروژن تأثیر می گذارند. در میان این کانیها، رسها به دلیل ترکیب و تخلخلشان نقش مشخصی در این مطالعات دارند.
- سیالاتی که توسط سنگ نگهداری می شوند به واسطه مشخصات و درصد آنها در سنگ (درجه تخلخل) و در خلل و فرج (درجه اشباع در محدوده شعاع بررسی دستگاه) بر شاخص هیدروژن اثر می گذارند.

۲- بافت سنگ

بافت سنگ بطور مستقیم در این اندازه‌گیریها اثر ندارد ولی از طریق اثر روی تخلخل کلی سنگ و نیز تراوایی و پدیده رخنه و در نتیجه اثر روی طبیعت سیالات موجود در زون بررسی دستگاه در این مطالعات نقش دارد.

۳- دما

اثر دما بخصوص بر آشکارسازها ظاهر می‌شود، که باید در تفسیر نتایج آنرا مدنظر قرار داد. دما روی سیال موجود در سنگ مؤثر می‌باشد و شاخص هیدروژن با افزایش آن کاهش می‌یابد.

۴- فشار

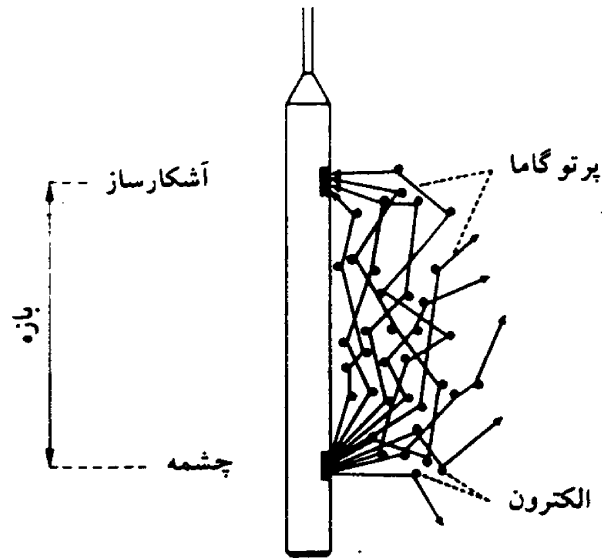
اثر فشار باعث گسترده‌گی زون انتقالی می‌گردد و علاوه بر آن افزایش فشار روی سیالات باعث افزایش شاخص هیدروژن می‌شود.

۵- کاربردها

- بنابر آنچه گفته شد، اندازه‌گیری شاخص هیدروژن می‌تواند در موارد زیر کاربرد داشته باشد:
- اندازه‌گیری تخلخل و تعیین زونهای متخلخل.
 - جداسازی زونهای دارای سیالات مختلف و از جمله آب.
 - تعیین مقاطع لیتولوژی.

۷-۹ اندازه‌گیری چگالی سازند (چاه نگاری گاما - گاما یا چگالی)

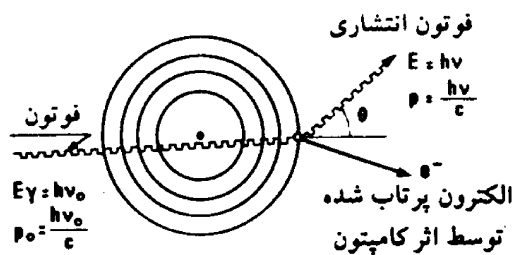
در این روش سازند تحت اثر پرتوهای گاما که توسط یک منبع خاص (^{60}Co یا ^{137}Cs) منتشر می‌شود قرار می‌گیرد. پرتوهای گاما، ذرات بدون جرم می‌باشند که با سرعت نور انتشار می‌یابند. فوتونهای گاما با مواد واقع در مسیرشان برخورد کرده (شکل ۳۹) و سه نوع عکس‌العمل بر حسب انرژی آنها می‌تواند رخ دهد که از میان آنها اثر کامپتون نقش اساسی در این مطالعات دارد.



شکل ۳۹- شمای سوند گاما - گاما

۱-۹-۷ اثر کامپتون

زمانیکه فوتون منتشر شده (پرتو گاما) با یک الکترون برخورد می‌کند، انرژی آن در یک قسمت به شکل انرژی جنبشی می‌باشد که به الکترون پرتاب شده به خارج از اتمش با سرعت اولیه V انتقال می‌یابد. یک قسمت دیگر از انرژی به شکل یک فوتون "انتشاری" در امتدادی که با امتداد اولیه زاویه θ می‌سازد، انتشار می‌یابد.



شکل ۴۰- شمای اثر کامپتون

این شکل از عمل پرتو گاما را اثر کامپتون می‌نامند و این پدیده بصورت اساسی در مطالعات تعیین چگالی، مؤثر می‌باشد، زیرا این نوع انتشار بصورت مشخص وابسته به چگالی الکترونی سنگها است.

۲-۹-۷ رابطه جذب

اگر بازه (L) به اندازه کافی بزرگ باشد، شدت پرتو گاما منتشره (I) می‌تواند برحسب یک تابع نمایی از چگالی الکترونی سازند به صورت زیر بیان شود:

$$I = I_0 e^{-\mu \rho_e L}$$

که در آن:

I: شدت پرتوهای γ اندازه‌گیری شده توسط آشکارساز

I_0 : شدت پرتوهای γ منتشر شده توسط چشمه

L: فاصله بین چشمه و آشکارساز (بازه)

ρ_e : چگالی الکترونی سازند در فاصله L (تعداد الکترونها در واحد حجم)

و μ : عدد ثابتی است که بستگی به شکل دستگاه، انرژی پرتوهای γ ایجاد شده توسط چشمه و مشخصات آشکارساز دارد.

اگر رابطه فوق بصورت لگاریتمی نشان داده شود خواهیم داشت:

$$L_n I = L_n I_0 - \mu \rho_e L$$

از رابطه فوق می‌توان به این نتیجه رسید که چگالی الکترونی تابعی خطی از لگاریتم شدت پرتوهای گامای دریافت شده است.

۳-۹-۷ رابطه بین چگالی الکترونی و چگالی کپه‌ای^۱

هدف از این مطالعات دستیابی به چگالی کپه‌ای است.

تعداد الکترونها در واحد حجم توسط رابطه زیر به این چگالی وابسته است:

$$\rho_e = \rho_b (Z/A) N$$

که در آن:

Z: عدد اتمی

A: جرم اتمی

ρ_b : چگالی کپه‌ای

$$N = 10^{23} \times 6.02 \text{ (عدد آووگادرو)}$$

و از طرفی نسبت Z/A برای اغلب المانها و ترکیبهای تشکیل دهنده سنگهای معمولی نزدیک به 0.5 می‌باشد، بجز هیدروژن که در آن نسبت مذکور نزدیک به 1 است (جدولهای ۲ و ۳). به این ترتیب یک شاخص چگالی الکترونی بصورت زیر قابل تعریف است:

$$(\rho_e)_i = 2\rho_e/N$$

شاخص چگالی الکترونی در صورتیکه Z/A برابر 0.5 باشد، برابر چگالی کپه‌ای است.

۴-۹-۷ منابع پرتوهای γ

منابعی که بصورت معمول برای ایجاد پرتو گاما استفاده می‌شود عبارتند از کبالت ^{60}Co که فوتونهایی با دو سطح انرژی 1.17 و 1.33 Mev انتشار می‌دهد و سزیم ^{137}Cs که پرتوهایی با انرژی ثابت 0.66 Mev منتشر می‌کند.

جدول ۲- مقادیر ضریب الکترونی چگالی (C) برای مواد تشکیل دهنده اصلی سنگها

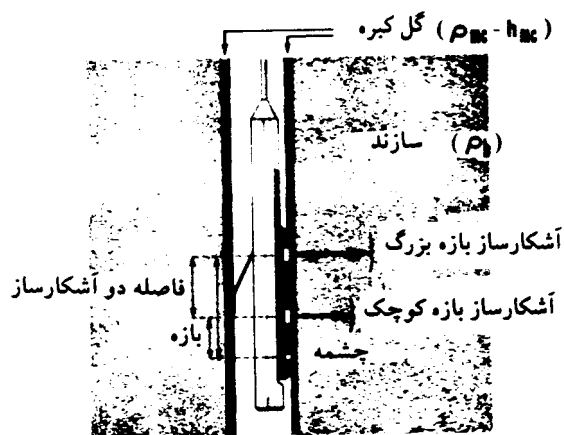
عنصر	علامت	Z	A	$C = \frac{Z}{A}$
هیدروژن	H	۱	۱/۰۰۷۹	۱/۹۸۴۳
کربن	C	۶	۱۲/۰۱۱۱	۰/۹۹۹۱
ازت	N	۷	۱۴/۰۰۶۷	۰/۹۹۹۵
اکسیژن	O	۸	۱۵/۹۹۹۴	۱/۰۰۰۰
سدیم	Na	۱۱	۲۲/۹۳۹۸	۰/۹۵۶۹
منیزیم	Mg	۱۲	۲۴/۳۱۲	۰/۹۸۷۲
آلومینیوم	Al	۱۳	۲۶/۹۸۱۵	۰/۹۶۳۶
سیلیسیم	Si	۱۴	۲۸/۰۸۶	۰/۱۹۶۹
فسفر	P	۱۵	۳۰/۹۷۳۸	۰/۹۶۸۶
گوگرد	S	۱۶	۳۲/۰۶۴	۰/۹۹۸
کلر	Cl	۱۷	۳۵/۴۵۳	۰/۹۵۹
پتاسیم	K	۱۹	۳۹/۱۰۲	۰/۹۷۱۸
کلسیم	Ca	۲۰	۴۰/۰۸	۰/۹۹۸
آهن	Fe	۲۶	۵۵/۸۴۷	۰/۹۳۱۱
باریم	Ba	۵۶	۱۳۷/۳۴	۰/۸۱۵۵

جدول ۳- ارتباط بین چگالی الکترونی و چگالی کپه‌ای سنگها و سیالات

ρ_a	$(\rho_e)_i$	$\frac{\sum Z}{\text{وزن مولکولی}}$	چگالی کپه‌ای	فرمول	مواد
۲/۶۴۸	۲/۶۵۰	۰/۹۹۸۵	۲/۶۵۴	SiO_2	کوارتز
۲/۷۱۰	۲/۷۰۸	۰/۹۹۹۱	۲/۷۱۰	CaCO_3	کلسیت
۲/۸۷۶	۲/۸۶۳	۰/۹۹۷۷	۲/۸۷۰	$\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$	دولومیت
۲/۹۷۷	۲/۹۵۷	۰/۹۹۹	۲/۹۶۰	CaSO_4	انیدریت
۱/۸۶۳	۱/۹۱۶	۰/۹۶۵۷	۱/۹۸۴	KCl	سیلونیت
۲/۰۳۲	۲/۰۷۴	۰/۹۵۸۱	۲/۱۶۵	NaCl	نمک طعام
۲/۳۵۱	۲/۳۷۲	۱/۰۲۲۲	۲/۳۲۰	CaSO_4 و $2\text{H}_2\text{O}$	گچ
۱/۰۰۰	۱/۱۱۰	۱/۱۱۰۱	۱/۰۰۰	H_2O	آب شیرین
۱/۱۳۵	۱/۲۳۷	۱/۰۷۹۷	۱/۱۴۵		آب شور

۷-۹-۵ سوندها

سوندهای اولیه بطور معمول تنها شامل یک آشکارساز می‌باشند (شکل ۳۹). این سوندها با اینکه توسط یک سیستم فتری روی جدار چاه قرار می‌گیرند. ولی اندازه‌گیریها تحت تأثیر پارامترهای گل کبره شامل طبیعت، چگالی و ضخامت آن قرار می‌گیرند. در این راستا آباکهای تهیه شده است که امکان تصحیح گل کبره را فراهم می‌سازد. برای حذف اثر مذکور، شرکت‌های سازنده در حال حاضر سوندهایی را با دو آشکارساز عرضه می‌کند (شکل ۴۱). تصحیحات ذکر شده براساس مقادیر خوانده شده با دو آشکارساز می‌تواند توسط خود سوند انجام گیرد.



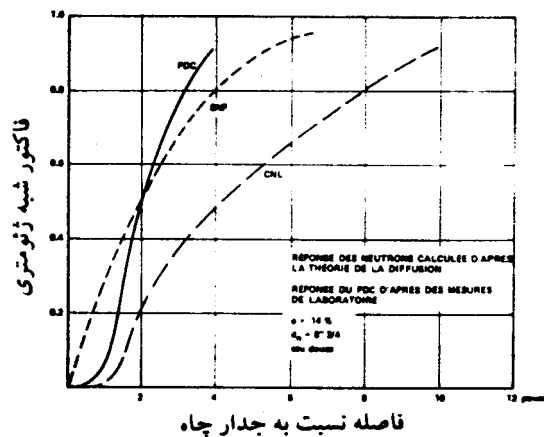
شکل ۴۱- شمای سوندهای جبرانی

۶-۹-۷ شعاع بررسی

هر چه چگالی سنگها بیشتر باشد، شعاع بررسی کمتر است. شکل ۴۲ ایده‌ای روی زونی که تحت تأثیر قرار می‌گیرد، بدست می‌دهد. چنانکه دیده می‌شود اثر شعاع مذکور خیلی نزدیک به چاه بوده و از ۶ اینچ فراتر نمی‌رود. در افقهای متخلخل و تراوا اندازه‌گیری چگالی از زون شسته فراتر نمی‌رود.

۷-۹-۷ تفکیک قائم

تفکیک قائم بطور عمده با فاصله چشمه آشکارساز برای دستگاههای با یک آشکارساز و فاصله بین آشکارسازها برای دستگاههای شامل دو آشکارساز مطابقت دارد.



شکل ۴۲- فاکتورهای شبه هندسی دستگاههای اندازه‌گیری چگالی

۸-۹-۷ نقطه اندازه‌گیری

نقطه اندازه‌گیری را در وسط چشمه - آشکارساز و یا وسط فاصله دو آشکارساز در نظر می‌گیرند.

۹-۹-۷ پارامترهای مؤثر بر اندازه‌گیریها

همانطور که دیده شد، برای یک چشمه و دستگاه با شکل مشخص، پارامترهایی که روی اندازه‌گیریها اثر می‌گذارند، چگالی کپه‌ای و نسبت Z/A می‌باشند. با تقریب اول Z/A را ثابت در نظر می‌گیرند. چگالی کپه‌ای در فاصله بازه و یا فاصله بین دو آشکارساز بستگی دارد به:

- چگالی اجزاء مختلف قسمت جامد و درصد حجمی آنها در سنگ

و در سنگهای متخلخل :

- چگالی سیالهای مختلف و درصد آنها در سنگ (درجه تخلخل) و در خلل و فرج (درجه اشباع). اما یک تفسیر صحیح ایجاب می‌کند که اثر نسبت Z/A نیز در نظر گرفته شود، زیرا همانطور که جدول ۳ نشان می‌دهد، نسبت مذکور برای موادی مانند آب بطور مشخصی از واحد فاصله می‌گیرد. به جز پارامترهای مذکور، بایستی از اثر خاص پارامتر دیگر نیز صحبت کرد :

۱-۹-۹-۷ رسها

زمانیکه تفسیر مقادیر خوانده شده چگالی مستقیماً برای تخلخل انجام شود، اثر رسها خیلی ضعیف‌تر از اثر آنها در روش نوترون است. در واقع چگالی رسها در حالت خشک نزدیک به کوارتز است و در اینحال نقش آنها تقریباً مانند بقیه مواد جامد است .
با این همه، زمانیکه در این مطالعات هدف تفسیر تخلخل و لیتولوژی باشد، بهتر است که اثر رسها در نظر گرفته شود، بخصوص اگر چگالی ظاهری آنها بطور مشخصی از کانیهای متشکله سنگ متفاوت باشد. در اینحال رابطه زیر وجود دارد :

$$\rho_{bc} = \rho_b + V_{sh} (\rho_{ma} - \rho_{sh})$$

که در آن :

ρ_{bc} : چگالی کپه‌ای تصحیح شده نسبت به اثر رس

ρ_b : چگالی کپه‌ای خوانده شده روی نگار

V_{sh} : درصد حجمی رس

ρ_{ma} : چگالی قسمت‌های دیگر جامد سنگ (خمیره)

ρ_{sh} : چگالی رس

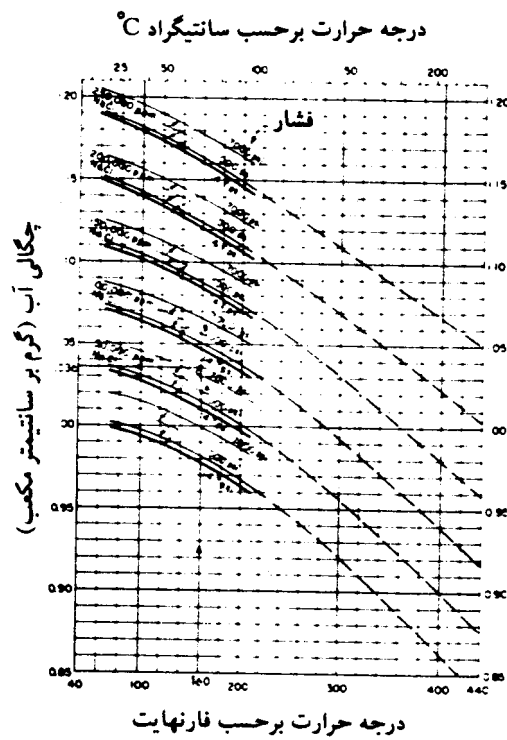
۲-۹-۹-۷ آب

آب موجود در خلل و فرج زون مورد تجسس سوند چگالی، عمدتاً پالایه گل حفاری است. چگالی آب بر حسب درجه شوری، دما و فشار تغییر می‌کند (شکل ۴۳) و بایستی در تفسیرها مدنظر قرار گیرد.

چگالی کپه‌ای یک سازند دقیقاً برابر جمع حاصل ضرب درصد حجمی مواد متشکله سنگ در چگالی هریک از آنهاست. در یک سازند متخلخل با استفاده از رابطه زیر می‌توان درجه تخلخل را بدست آورد:

$$\varphi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_{mf}}$$

در حالت کلی برای اغلب سیالات و کانیهای تشکیل دهنده سنگها، با استفاده از چگالی ظاهری (ρ_a) که توسط دستگاه خوانده می‌شود، می‌توان مقدار ρ_b را بدست آورد.

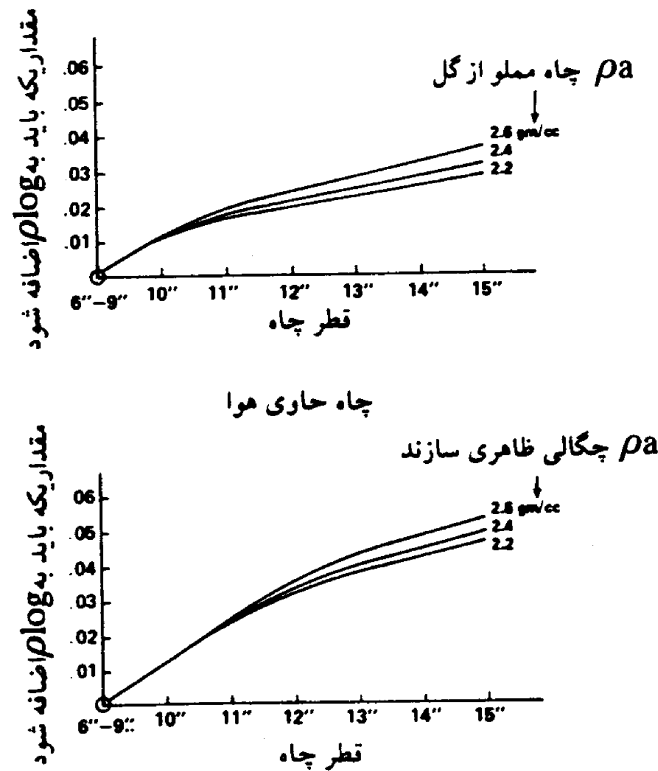


شکل ۴۳- چگالی آب بر حسب درجه شوری، دما و فشار

۱۱-۹-۷ عوامل نوفه‌ای مؤثر بر اندازه‌گیریها یا شکل منحنی

ثابت زمان، سرعت ثبت، زمان مرده، ضخامت لایه‌ها: اثر پارامترهای مذکور روی نگار در بخش کلیات چاه‌نگاری هسته‌ای مورد بحث قرار گرفته است.

برای دستگاههای غیر جبرانی (دستگاههایی که به دیواره چاه نمی چسبند)، براحتی این اثر قابل تصور است، ولی برای دستگاههای جبرانی مسئله پیچیده تر است (شکل ۴۴).



شکل ۴۴- تصحیح اثر چاه (قطر و جنس سیال مورد استفاده برای حفر)

اثر قطر چاه بطور مشخصی برای مقادیر بیشتر از ۱۰ اینچ محسوس است.

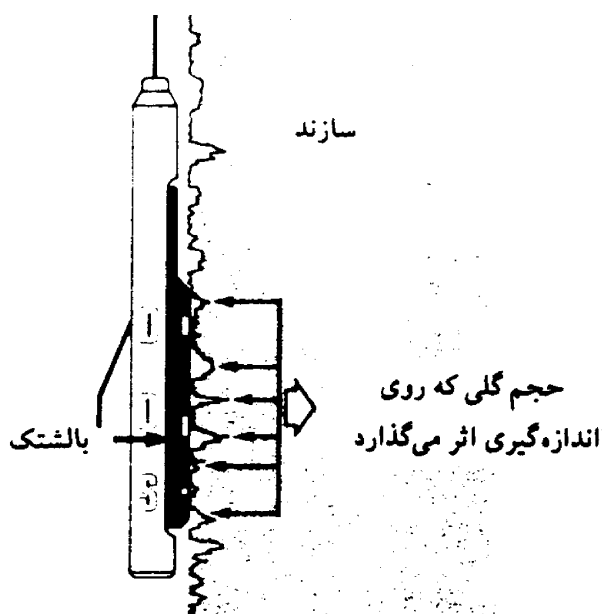
نوع سیال حفاری بر حسب چگالی آنها روی این اندازه گیریها اثرات متفاوتی دارد. بعنوان مثال هوا با چگالی کوچکتر، پرتوهای گاما را کمتر از گل متوقف می کند.

۷-۹-۱۱-۲ اثر زبری جدار چاه

در صورتیکه جدار چاه صاف نباشد (شکل ۴۵)، بالشتک عایق سوند FDC بطور کامل روی سازند مورد مطالعه قرار نگرفته و در نتیجه زونهای کوچک حاوی گل که بین بالشتک و سازند قرار می‌گیرد، بطور مؤثری اندازه‌گیری‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۷-۹-۱۱-۳ گل کبره

اثر گل کبره تابعی از ضخامت و طبیعت آن است. بعضی دستگاهها دارای بالشتکی با لبه تند هستند که با نیروی زیادی به جدار چاه می‌چسبد. به این ترتیب قسمتی از گل کبره به طرفین رانده می‌شود. سیستم شامل دو آشکارساز امکان جبران اثر گل کبره باقیمانده را تا ضخامتی که معادل تصحیح ۰/۱۵ گرم بر سانتیمتر مکعب برای $\Delta\rho$ می‌باشد، فراهم می‌سازد.



شکل ۴۵- اثر ناهمواری (زبری) جدار چاه روی جوابهای سوند بالشتک‌دار

۷-۹-۱۱-۴ لوله‌گذاری

آهن یک جذب‌کننده پرتوهای گاما است. به این ترتیب مقدار پرتوهای گاما که به آشکارساز می‌رسد، در صورتیکه

لوله بین دستگاه و سازند قرار گرفته باشد، به شدت کاهش پیدا می‌کند. به همین دلیل در حالت کلی ثبت در چاه لوله‌گذاری شده توصیه نمی‌شود، زیرا علاوه بر اثر لوله از حجم گل یا سیمانی که بین لوله و جدار چاه قرار دارد اطلاعاتی در دست نیست. به این ترتیب با عدم شناخت اثر پارامترهای گفته شده روی اندازه‌گیریها، تعیین دقیق چگالی سازند با مشکل روبرو خواهد شد. در بعضی حالتها درجه بندی چاههای لوله‌گذاری شده از طریق اندازه‌گیری روی نمونه‌ها میسر می‌باشد.

۷-۹-۱۱-۵ رخنه

بطوری که ملاحظه گردید اهمیت و گستردگی پدیده رخنه وابسته به اختلاف فشار روی لایه (ΔP)، تخلخل و تراوایی است که تغییرات کم و بیش زیادی در سیال واقع در محدوده تجسس دستگاه بوجود می‌آورد (جایگزینی R_w توسط R_{mf} بصورت جزئی یا کلی که تغییرات درجه اشباعی بین S_{xo} و S_w را حاصل می‌کند). برای در نظر گرفتن اثر صحیح پدیده رخنه بر اندازه‌گیریها، باید در صورت امکان طبیعت سیال موجود در زون مورد تجسس دستگاه شناخته شود. برای انجام این کار می‌توان به کمک یک یا چند دستگاه مقاومت‌سنج، مقاومت ویژه آب موجود در خلل و فرج و درجه اشباع آنرا مشخص کرد.

در میان عوامل مزاحم مختلف در این مطالعات، مهمترین آنها پدیده رخنه و نیز آن دسته‌ای هستند که در ارتباط با زبری جدار چاه عمل می‌کنند.

جبران اثر ناهمواری جدار چاه می‌تواند از طریق تجربی و با استفاده از مقادیر چگالی در قسمتهایی که بالشتک بخوبی روی جدار چاه قرار می‌گیرد، انجام پذیرد.

۷-۹-۱۲ عوامل زمین شناختی مؤثر بر مقادیر چگالی

عوامل زمین شناختی نظیر سایر اندازه‌گیریهای چاه نگاری عبارتند از:

۷-۹-۱۲-۱ ترکیب سنگها

کانیهای تشکیل دهنده سنگ براساس چگالی و درصد حجمی آنها در سنگ در این مطالعات دخالت می‌کنند. بهمین ترتیب سیالاتی که احتمالاً توسط سنگ نگهداری می‌شود براساس چگالی و درصدشان در سنگ (تخلخل) و در خلل و فرج (درجه اشباع در محدوده زون مورد تجسس توسط دستگاه) اندازه‌گیریهای چگالی را تحت تأثیر قرار

می دهد.

۲-۹-۷ بافت سنگ

بافت سنگ بصورت غیرمستقیم فقط از طریق اثری که روی تراوایی و رخنه و در نتیجه جنس سیال موجود در زون مورد تجسس دستگاه دارد، در این اندازه گیریها مؤثر است.

۳-۹-۷ دما

هرچند اثر دما ضعیف است ولی گاهی این عامل می تواند نقش مهمی روی چگالی سیالات و بخصوص گاز داشته باشد.

۴-۹-۷ فشار

اثر فشار از یک طرف در روی چگالی سیالات و بخصوص گاز می تواند بطور مشخصی پدیدار شود و از طرف دیگر روی پدیده رخنه می تواند قابل اهمیت باشد.

۱۳-۹-۷ کاربردها

مقدار چگالی بطور اخص قابل توجه متخصصین ژئوفیزیک است. این پارامتر به تفسیر اندازه گیریهای گرانی کمک کرده و وابستگی آن به مقادیر سرعت موج در سازند امکان تفسیر پروفیلهای لرزه ای را در محدوده های حفر چاه فراهم می سازد.

با استفاده از چگالی می توان تخلخل را با شناخت چگالی قسمت جامد سنگ و سیال موجود بطور مستقیم یا با همراهی روش نوترون محاسبه کرد .

نگار چگالی بطور مستقیم برای تعیین لیتولوژی سازندهای غیرمتخلخل و یا از طریق همراهی با سایر روشها برای سازندهای متخلخل (منابع آب) می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

مطالعه تغییر و تحول چگالی رسها و یا ماسه ها با عمق در بررسی تراکم مواد مذکور می تواند مورد استفاده واقع شود. مقایسه جوابهای حاصل از روش نوترون ، چگالی و مقاومت ویژه امکان یک شناسایی سریع سیالات موجود را

فراهم می‌سازد.

نگار چگالی برای ارتباط دهی^۱ طبقات (رخساره‌ها) در چاههای مختلف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

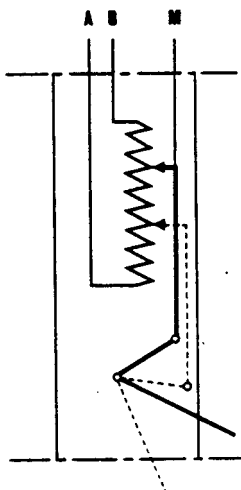
۸- سایر روشهای چاه نگاری

در اینجا از چند روش دیگر چاه نگاری بطور خلاصه صحبت خواهد شد.

۸-۱ قطرسنجی^۲

اندازه‌گیری قطر چاه به کمک دو بازویی که در دو طرف یک دستگاه چاه نگاری بطور متقارن قرار گرفته صورت می‌پذیرد. دو بازوی مذکور به نشانه‌گر^۳ یک پتانسیومتر متصل است (شکل ۴۶). تغییرات قطر چاه، باعث باز و بسته شدن بازوها شده و این حرکتها سبب تغییرات در مقاومت الکتریکی می‌گردد که توسط پتانسیومتر منعکس می‌شود. یک درجه‌بندی ساده تبدیل تغییرات مقاومت به تغییرات قطر را امکان‌پذیر می‌سازد.

اغلب سوندهای ترکیبی شامل یک دستگاه قطرسنجی نیز می‌باشد. دستگاه قطرسنجی می‌تواند بطور مجزا نیز بکار گرفته شود. برای اندازه‌گیریهای دقیق‌تر قطر و حجم چاه، بویژه استفاده در چاههای ریزشی، از دستگاههای باکارایی بهتر که شامل سه یا چهار بازو می‌باشد، استفاده می‌شود (شکل ۴۷).



شکل ۴۶- چگونگی اندازه‌گیری قطر، اتصال نشانه‌گیر پتانسیومتر به بازوی دستگاه

1 - Correlation

2- Caliper

3- Cursor

۸-۱-۱ عوامل زمین‌شناختی مؤثر بر قطر چاه

قطر چاه بطور عمده بستگی به پارامترهای زیر دارد:

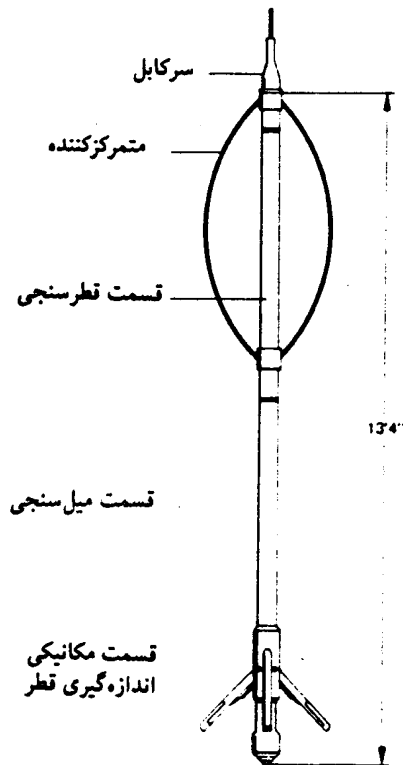
الف - لیتولوژی، به گونه‌ای که بعضی از سنگها می‌توانند:

- ۱- قابل حل در گل حفاری باشند، مانند نمک.
- ۲- ریزشی باشند (مانند ماسه‌ها، گراول‌ها و رسها)، که در این صورت در اثر ریزش، حفره‌هایی در چاه ایجاد می‌شود.
- ۳- جاری‌شونده باشند، مانند رسهای آماسی یا تحت تراکم که در این صورت تنگ‌شدن چاه را به همراه خواهند داشت.
- ۴- متراکم باشند، که در این صورت چاه به اندازه قطر اسمی آن می‌باشد.

ب - بافت و ساخت سنگ

این پارامترها تخلخل و تراوایی سنگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، که این دو خود تعیین‌کننده گسترش و ضخامت گل کبره حاصل روی دیواره چاه می‌باشد. ضخامت گل کبره باعث کم‌شدن قطر چاه می‌گردد.

بافت و ساخت سازند تعیین‌کننده لایه‌بندی، توزیع رس، امکان ریز شکستگی‌های حاصل از حفاری و ترکهای شعاعی در اثر حفر چاه نیز می‌باشد. همچنین می‌توان به شکستگی‌های وابسته به پدیده‌های تکتونیکی نیز اشاره کرد.



شکل ۴۷- دستگاه BGT (مدارک شلومبرژه)

اندازه‌گیری قطر چاه می‌تواند برای موارد زیر کاربرد داشته باشد :

الف - تعیین زونهای متخلخل و تراوا (وجود گل کبره) و تعیین ضخامت گل کبره برای تصحیح دیگر پارامترهای چاه نگاری (شکل ۴۸).

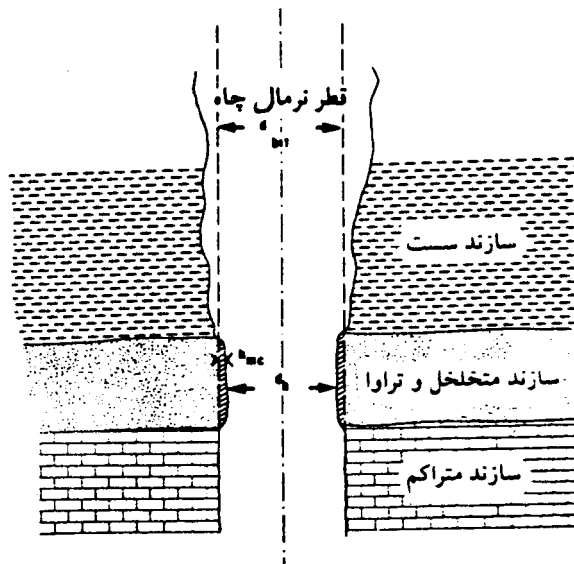
$$h_{mc} = \frac{d_{\text{سرمنته}} - d_h}{\gamma}$$

ب - اندازه حجم چاه برای ارزیابی حجم سیمان

$$V_h = \frac{d_h^2}{\gamma} + 1/2\% \text{ لیتر بر متر (حجم چاه)}$$

$$V = \frac{1}{\gamma} (d_h^2 - d_{\text{لوله جداری}}^2) + 1\% \text{ لیتر بر متر (حجم سیمان)}$$

d_h و لوله جداری d بر حسب اینچ می‌باشد.



شکل ۴۸- محاسبه ضخامت گل کبره،
$$h_{mc} = \frac{(d_{\text{سرمنته}} - d_h)}{\gamma}$$

- ج - تعیین محدوده‌های تحکیم یافته برای استفاده از بعضی سوندهای چاه نگاری
- د - تصحیح نگارهای مختلف از نظر اثر چاه و گل کبره برای تفسیر دقیق‌تر
- و - بررسی لیتولوژی

۲-۸ چاه نگاری آکوستیک^۱

در این روش بطور عمده دو نوع اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد:

الف - سرعت حرکت موج یا زمان گذر موج در سازند

ب - تضعیف دامنه موج در سازند

در اینجا شرح مختصری در خصوص روش اول ارائه می‌گردد:

سوند مورد استفاده شامل یک فرستنده امواج صوتی (E)، با بسامد متوسطی بین ۲۰ تا ۴۰ کیلوهرتز و یک یا دو گیرنده (R_1 و R_2) می‌باشد.

قطار موج حاصل از مولد E (شکل ۴۹) در تمام فضای اطراف منتشر شده و جبهه موج کروی پس از طی ستون گل به نقاط مختلف جدار چاه می‌رسد. در این صورت حالت‌های مختلفی را می‌توان در نظر گرفت:

- اگر زاویه تابش کمتر یا مساوی زاویه تابش بحرانی باشد، هر موج طولی تابش (امواج عرضی وجود ندارند زیرا امواج مذکور در مایعات منتشر نمی‌شوند) باعث ایجاد امواج زیر می‌گردد:

◦ دو موج طولی، یکی بازتابی دیگری شکستی

◦ تنها یک موج عرضی شکستی (زیرا موج عرضی بازتابی در مایع یعنی گل انتشار نمی‌یابد).

- اگر زاویه تابش بیش از زاویه تابش بحرانی باشد، موج طولی تابش، تنها باعث ایجاد یک موج بازتابی می‌گردد.

امواج طولی تابشی یا بازتابی که در گل انتشار می‌یابند کندتر از امواج طولی شکستی هستند که در سازند منتشر می‌شوند، زیرا عموماً سرعت صوت در سازند بیشتر از گل می‌باشد.

اگر امواج طولی شکستی حاصل از امواج با زاویه تابش بحرانی را در نظر بگیریم (شکل ۵۰)، اختلاف زمان (Δt) موج دریافتی توسط دو گیرنده R_1 و R_2 عبارت خواهد بود از:

$$\Delta t = T_{R2} - T_{R1} = \frac{BC}{V_{L2}}$$

1- acoustic

V_{L2} : سرعت موج طولی در سازند کنار جدار می باشد.

در صورتیکه فاصله بین دو گیرنده R_1 و R_2 برابر یک فوت باشد، در این صورت رابطه بین سرعت سازند (V) و اختلاف زمان (Δt) بصورت زیر خواهد بود:

$$\Delta t (\mu\text{sec/ft}) = \frac{10^6}{V (\text{ft/sec})}$$

۱-۲-۸ عوامل مؤثر روی اندازه گیری

۱-۱-۲-۸ خمیره

سرعت انتشار صوت بستگی به نوع کانیهای دارد که سنگ را تشکیل می دهند. این کانیها براساس قانون انتشار موج، توسط چگالی و ضرایب کشسان آنها در این مطالعات مؤثر می باشند.

۲-۱-۲-۸ تخلخل و سیال

سرعت موج به تخلخل و طبیعت سیال موجود در خلل و فرج سنگ نیز بستگی دارد:

الف - هرچه تخلخل افزایش یابد، در صورت ثابت بودن بقیه پارامترها، سرعت موج کاهش می یابد.

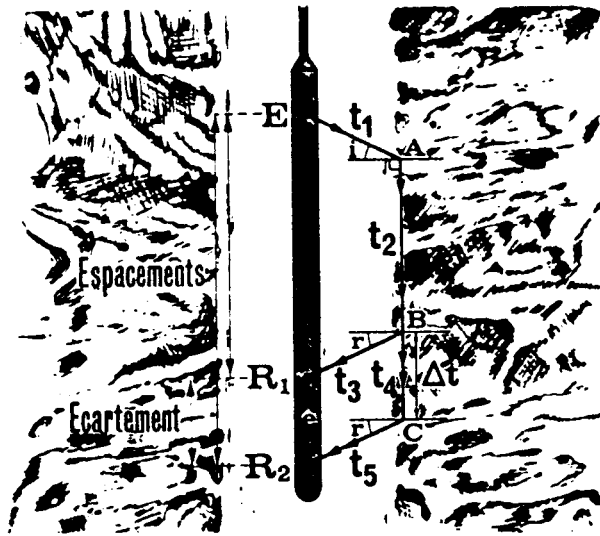
ب - سرعت موج در آب، اگر پارامترهای دیگر ثابت باشد، به درجه شوری آن بستگی دارد. هرچه آب شورتر باشد، سرعت موج افزایش می یابد. آباک شکل ۵۱ تغییرات سرعت موج را در آب بر حسب تابعی از درجه شوری، دما و فشار ارائه می دهد.

۳-۱-۲-۸ بافت

ترتیب دانه بندی و در نتیجه چگونگی توزیع تخلخل، روی سرعت موج اثر می گذارد. جدای از بحث پیچیده ای که در این خصوص وجود دارد، می توان به دو حالت کلی زیر اشاره کرد:

الف - اگر خلل و فرج در خمیره سنگ بسته شده باشند (حالت آرایش دانه بصورت کاویزی^۱) خمیره تشکیل یک فاز پیوسته را داده و در نتیجه اولین موج دریافتی (یا سریعترین موج) از گذر در خلل و فرج اجتناب می کند. به همین دلیل عموماً می توان پذیرفت که روش صوتی نمی تواند تخلخل ثانویه از نوع کاویزی را مشخص کند.

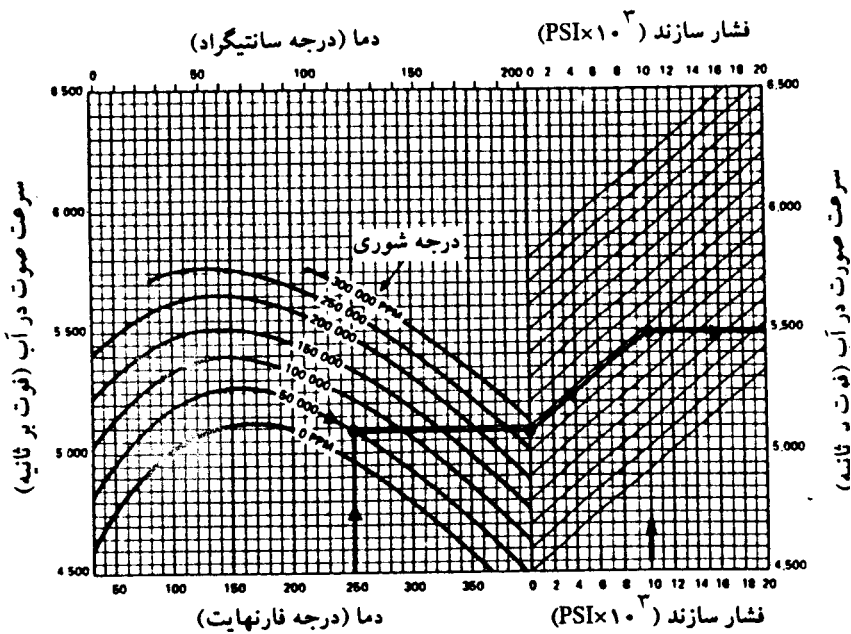
1- Vug



$$TR_1 = t_1 + t_2 + t_3 \quad TR_2 = t_1 + t_2 + t_4 + t_5$$

$$\Delta t = TR_2 - TR_1 = t_4 \text{ si } t_5 = t_3$$

شکل ۵۰- اصول اندازه گیری زمان گذر (دستگاه با دو گیرنده)



شکل ۵۱- تغییرات سرعت صوت در آب بر حسب درجه شوری، دما و فشار آن

ب - اگر دانه‌ها در سیال به حالت معلق باشند (سریهای رسی با تراکم کم و لایه‌های ماسه‌ای سطحی)، مقدار حاصل از اندازه‌گیری صوتی، سرعت سیال است.

۲-۲-۸ کاربرد

با توجه به پارامترهای مؤثر در این اندازه‌گیری، می‌توان گفت که سرعت موج یا زمان‌گذر امواج صوتی وسیله‌ای است برای بررسی لیتولوژی و تخلخل بین دانه‌ای یا بین بلوری.

وایلی و دیگران^۱، رابطه تجربی زیر را از طریق تعداد زیادی مطالعه آزمایشگاهی روی یک سازند تمیز ماسه‌ای بدست آورده‌اند:

$$\Delta t = \varphi \Delta t_f + (1-\varphi) \Delta t_{ma}$$

و

$$\varphi = \frac{\Delta t - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}}$$

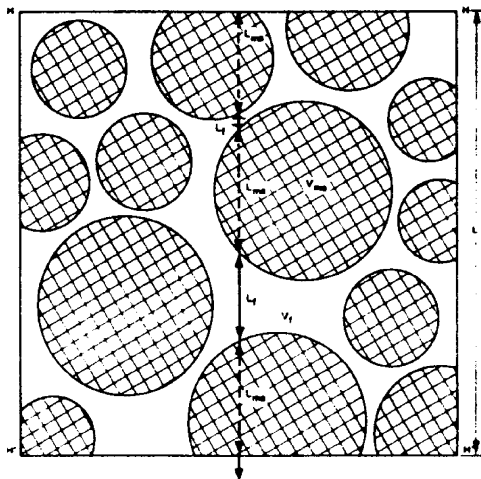
Δt = زمان‌گذر موج از واحد طول سازند

Δt_f = زمان‌گذر موج از واحد طول خلل و فرج

Δt_{ma} = زمان‌گذر موج از واحد طول خمیره

φ = درجه تخلخل سازند

رابطه مذکور با پذیرفتن اینکه زمان‌گذر کلی موج برابر مجموع زمانهای گذر در دانه‌های خمیره و سیال داخل خلل و فرج می‌باشد، امکان دستیابی تخلخل را از طریق زمان Δt بطور مستقیم میسر می‌سازد (شکل ۵۲).



شکل ۵۲- عبور موج تراکمی در ماسه اشباع از آب

1- Wyllie and al (1956)

در این روش دمای محیط داخل چاه (هوا یا آب) به طور مرتب و پیوسته نسبت به عمق، اندازه گیری و ثبت می شود. این روش ابتدا بمنظور بررسی تأثیر سیمان کاری چاهها بکار رفت ولی بتدریج از آن برای تعیین بعضی از پدیده های هیدروژئولوژیکی مانند محل ورود آب با دمای متفاوت به چاه نیز استفاده گردید.

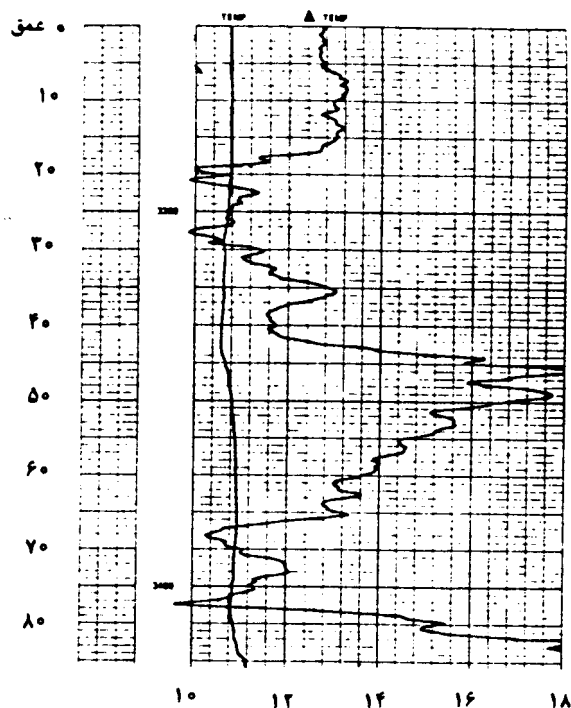
وسیله اندازه گیری دما در این چاه نگاری، یک مدار الکتریکی بوده که در آن از نیمه هادیهای با مقاومت بالا استفاده می شود. این نیمه هادیها علاوه بر اینکه جرم اندکی داشته، در مقابل حرارت حساسیت زیاد دارند یعنی با تغییرات دمای محیط، مقاومت الکتریکی آنها تغییر می نماید. تغییر مقاومت آنها باعث تغییر جریان الکتریکی در مدار مربوطه می شود. این نیمه هادیها عموماً در پایین ترین قسمت وسیله اندازه گیری قرار می گیرند.

علاوه بر اندازه گیری دمای محیط داخل چاه در اعماق مختلف می توان تغییرات دمای آن را نسبت به نقطه ثابتی اندازه گیری نمود. در این حالت دستگاه مورد نیاز دارای دو وسیله اندازه گیری بوده که در فاصله معینی نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند. از نوع دیگری که دارای یک وسیله اندازه گیری دما و مجهز به حافظه الکترونیکی بوده نیز استفاده می گردد.

انجام پیمایش دماسنجی باید قبل از هر پیمایش دیگری در چاه صورت گیرد، چون ورود هر وسیله خارجی به داخل چاه باعث بهم خوردن محیط داخل چاه می گردد. بعنوان مثال باعث مخلوط شدن لایه هایی با دماهای مختلف خواهد شد بهمین علت پیمایش مجدد دماسنجی نیز نتایج دقیقی بدست نمی دهد. این پیمایش در چاههای فاقد و یا دارای لوله جدار و حاوی هر نوع مایع حفاری قابل اجرا است.

از چاه نگاری به روش دماسنجی برای تعیین محل های ورود جریان آب یا فرار آب و غیره استفاده می شود نمونه ای از مقطع دماسنجی ها در شکل ۵۳ آمده است.

1- Temperature Logging



شکل ۵۳- نمونه‌ای از نگار دماسنجی

۴-۸ چاه نگاری به روش قابلیت هدایت الکتریکی^۱

هدف از این چاه نگاری شناسایی کیفیت شیمیایی مایع داخلی چاه و تهیه گزارشی از کیفیت آب در مقطع قائم آن است.

تجهیزات موردنیاز این چاه نگاری را می‌توان گیرنده‌ای دانست که بر روی آن دو الکتروود مجزا از یکدیگر و نزدیک هم قرار گرفته است. این الکتروودها متصل به دو کابل برق بوده که کابلها نیز به یک باطری یا مولد برق وصل می‌شود. ضمناً در این مدار الکتریکی یک آمپر متر یا اهم متر نیز قرار دارد. افت ولتاژ در این مدار (بین دو الکتروود) بستگی به کیفیت شیمیایی مایع داخل چاه و در حقیقت قابلیت هدایت الکتریکی آن دارد. با فرستادن این گیرنده به داخل چاه می‌توان قابلیت هدایت الکتریکی مایع موجود را در نقاط مختلف مقطع چاه اندازه‌گیری و ثبت نمود.

عموماً بین قابلیت هدایت الکتریکی و مجموع املاح آب زیرزمینی در یک منطقه یک رابطه تجربی وجود دارد یعنی مقطع حاصل از این چاه نگاری وسیله خوبی برای بررسی کیفیت آب چاهها می‌باشد. البته تجربه منطقه‌ای نیز کمک فراوانی به تعبیر و تفسیر نتایج حاصله می‌نماید.

از مقاطع قابلیت هدایت الکتریکی معمولاً برای بررسی حد آب شور و شیرین در چاهها استفاده می‌شود. ضمناً این مقاطع در چاههای آرتزین کمکی به تعیین محل ورود آبهای با کیفیت مختلف به داخل چاه می‌نماید. البته در بررسی نتایج این چاه نگاری باید توجه داشت که املاح در داخل آب در اثر پدیده‌های مختلف مانند همرفت^۱، پاشیدگی^۲ و پخش ملکولی^۳ تغییر مکان می‌دهند.

مقاطع قابلیت هدایت الکتریکی و دمای آب داخل چاه در بررسی مقاطع چاه نگاری به روش مقاومت الکتریکی^۴ کمک فراوانی می‌نماید.

۵-۸ جریان سنجی^۵

به کمک این چاه نگاری میزان سرعت و جهت جریان آب زیرزمینی در مقاطع قائم و افقی یک چاه، اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد. بررسی جریان طبیعی و یا جریان القایی آب^۶ از لایه‌های مختلف آبدار به چاه می‌تواند راهنمای خوبی جهت تکمیل ساختمان چاه (لوله‌گذاری) باشد و همچنین به بررسی و مطالعه آبهای زیرزمینی منطقه نیز کمک بنماید. در این چاه نگاری جهت و سرعت جریان آب در نقاط مختلف چاه و در جهات قائم و افقی اندازه‌گیری می‌شود. وسایل و روشهایی که در این چاه نگاری بکار می‌رود به سه دسته زیر تقسیم می‌گردد:

الف - میکرومولینه

ب - سرعت سنج‌های گرمایی^۷

ج - ردیابهای تزریقی به سفره

سرعت سنج دسته الف شامل مولینه‌های کوچک و با دقت بالایی بوده که قادر است جریانهای کم و با سرعت اندک را اندازه‌گیری نماید.

سرعت سنج گرمایی دارای سیم نازکی است که در داخل لوله‌ای قرار می‌گیرد. این سیم نازک قسمتی از مدار الکتریکی بوده که در اثر عبور جریان الکتریسیته گرم می‌شود. هرگاه این لوله در جریان آب قرار داده شود آب از داخل لوله مذکور نیز عبور کرده و سیم را سرد می‌نماید. در هر لحظه میزان گرمای موجود در سیم با سرعت جریان آب در لوله نسبت عکس دارد. این دستگاه بطور تجربی تنظیم و مدرج می‌گردد. این وسیله خیلی کوچکتر از میکرومولینه بوده و می‌توان آن را از فضای خالی بین لوله جدار و لوله آبدی پمپ^۸ عبور داد یعنی در چاههای مجهز به پمپ و موتور قابل استفاده است.

1- Convection

2- Dispersion

3- Diffusion

4- Resistivity

5- Fluidmovement Logging

6- Induced Flow

7- Thermal Current Meter

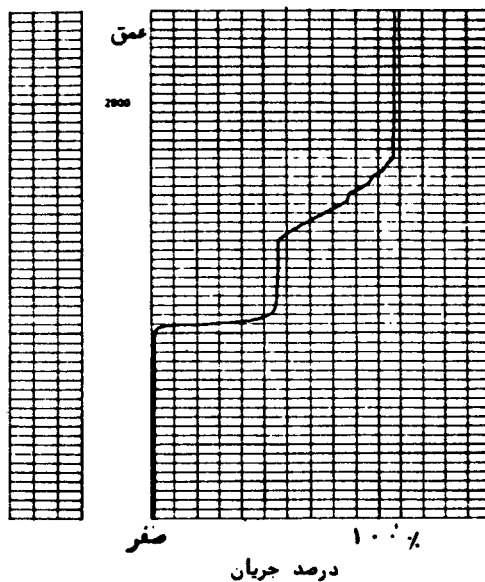
8- Column

در اینگونه چاهها به کمک این وسیله وضعیت و میزان سرعت جریان آب در حین پمپاژ و یا تزریق آب تعیین می‌شود. بدین منظور سرعت‌سنج در داخل چاه و در زیر پمپ قرار داده می‌شود و پمپاژ صورت می‌گیرد. این آزمایش در پمپاژ با آبدهی‌های مختلف انجام شده و به کمک آن نقش لایه‌های آبدار مختلف چاه در تأمین آب پمپاژ شده بررسی می‌شود.

با حرکت دادن سرعت‌سنج در داخل چاه به سمت پایین و بالا می‌توان چاه‌نگاری را انجام داد ولی باید دقت نمود که سرعت حرکت دستگاه یکنواخت باشد. همچنین می‌توان دستگاه را در اعماق مختلف اندازه‌گیری ثابت نگهداشته و سرعت جریان آب را در محل‌های مختلف چاه اندازه‌گیری کرد.

در چاههایی که از لایه‌های مختلف آبدار و با فشارهای متفاوت گذشته باشد بمنظور بررسی جریان آب از یک لایه به لایه دیگر از این روش چاه‌نگاری استفاده می‌شود. بدین منظور باید آزمایش در چاه ساکن (بدون تخلیه و تزریق) صورت گیرد. هرگاه این وسیله با سرعت یکنواخت بین نیم تا یک متر در دقیقه در داخل چاه بالا و پایین برده شود و پیمایش در حین حرکت صورت گیرد، می‌توان جهت و سرعت جریان آب را اندازه‌گیری نمود. بعنوان مثال: اگر سرعت جریان آب در حین نزول دستگاه بیشتر از سرعت پیمایش در حالت بالا آوردن باشد نشان می‌دهد که جریان آب به سمت بالاست (شکل ۵۴).

در مواردی که سرعت جریان آب موردنظر اندک باشد، سرعت‌سنج‌ها دقت کافی نداشته و روش ردیابی پیشنهاد می‌گردد.



شکل ۵۴- نمونه‌ای از مقطع اندازه‌گیری جریان آب

۶-۸ چاه نگاری به روش عکسبرداری از داخل چاه

آبدهی بعضی از چاههای بهره‌برداری پس از مدتی که از عمر آنها گذشت بتدریج کم می‌شود. این کاهش آبدهی عموماً بدلائل مختلفی مانند خوردگی و یا رسوبگذاری در درز و شکافهای لوله جدار چاه و غیره می‌باشد. این چاهها پس از مدتی کار نیاز به تعمیر و یا تعویض محل دارند. عکسبرداری از داخل چاه یکی از راههای اقتصادی است که به بررسی نوع مسئله و تعیین راه علاج آن می‌تواند کمک بنماید. عکسبرداری از چاه به چهار روش زیر صورت می‌گیرد:

- عکسبرداری عمودی

- عکسبرداری استریو عمودی

- برداشت اسلاید

- برداشت با استفاده از دوربین تلویزیون

در بعضی موارد آب داخل چاه کاملاً شفاف نبوده و قبل از عکسبرداری لازم است ابتدا به کمک مواد شیمیایی آب را کاملاً شفاف نمود. بدین منظور حدود سه روز قبل از عکسبرداری مواد شیمیایی به آب اضافه می‌شود. در صورتیکه pH آب کمتر از ۷ باشد هیدروکسید کلسیم (Ca(OH)_2) و اگر pH آب بیش از ۷ باشد سولفات فریک ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) و یا سولفات آلومینیوم ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) بکار می‌رود.

اخیراً یک نوع تلویزیون مدار بسته برای استفاده در چاههای آب به بازار آمده که می‌توان آن را در چاههایی که قطر لوله جدار آنها ۸ اینچ و یا بزرگتر بوده استفاده نمود. دوربین این سیستم طوری طراحی شده که تا حدود ۳۰۰ متر زیر سطح آب بخوبی کار می‌کند. دیوار داخلی چاه به کمک لامپهای کوارتزی که بر روی دوربین موردنظر نصب شده روشن می‌شود. یک گیرنده ۱۴ اینچ با قدرت تفکیک حدود ۵۰۰ خط که تقریباً دو برابر گیرنده‌های خانگی است برای مشاهده تصاویر ارسالی در سر چاه قرار می‌گیرد.

از این مدار تلویزیونی در چاههای بدون لوله جدار برای بررسی شکستگی‌ها و حفره‌های انحلالی و شناسایی جنس لایه‌های زمین و در چاههای بالوله جدار برای تعیین محل نصب شبکه، بریدگی‌های لوله و وضعیت شبکه‌های لوله جدار استفاده می‌شود.

۹- تفسیر نگارهای چاه نگاری

۱-۹ کلیات

همانطور که قبلاً گفته شد، در صورتیکه تغییر در هر پارامتر زمین‌شناختی یا فیزیکی سنگ حداقل توسط یکی از اندازه‌گیریهای مطرح در مطالعات چاه نگاری منعکس گردد، می‌توان لایه‌ها را از نظر لیتولوژی یا تغییر پارامترهای فیزیکی آنها (تخلخل، درجه اشباع، پرتوزایی و غیره) مورد مطالعه قرار داد. از آنجائیکه یک پارامتر چاه نگاری به تنهایی نمی‌تواند اطلاعات کاملی در خصوص تغییرات لیتولوژی یا فیزیکی سنگها بدست دهد، اغلب از برداشت چند نگار چاه نگاری برای تفسیر بهتر استفاده می‌شود. بدیهی است اطلاعات حاصل از مغزه‌ها با تلفیق نتایج چاه نگاری منجر به تفسیر دقیق‌تر و کامل‌تر شده و ما را در راستای جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز در مطالعات آب یاری می‌کند.

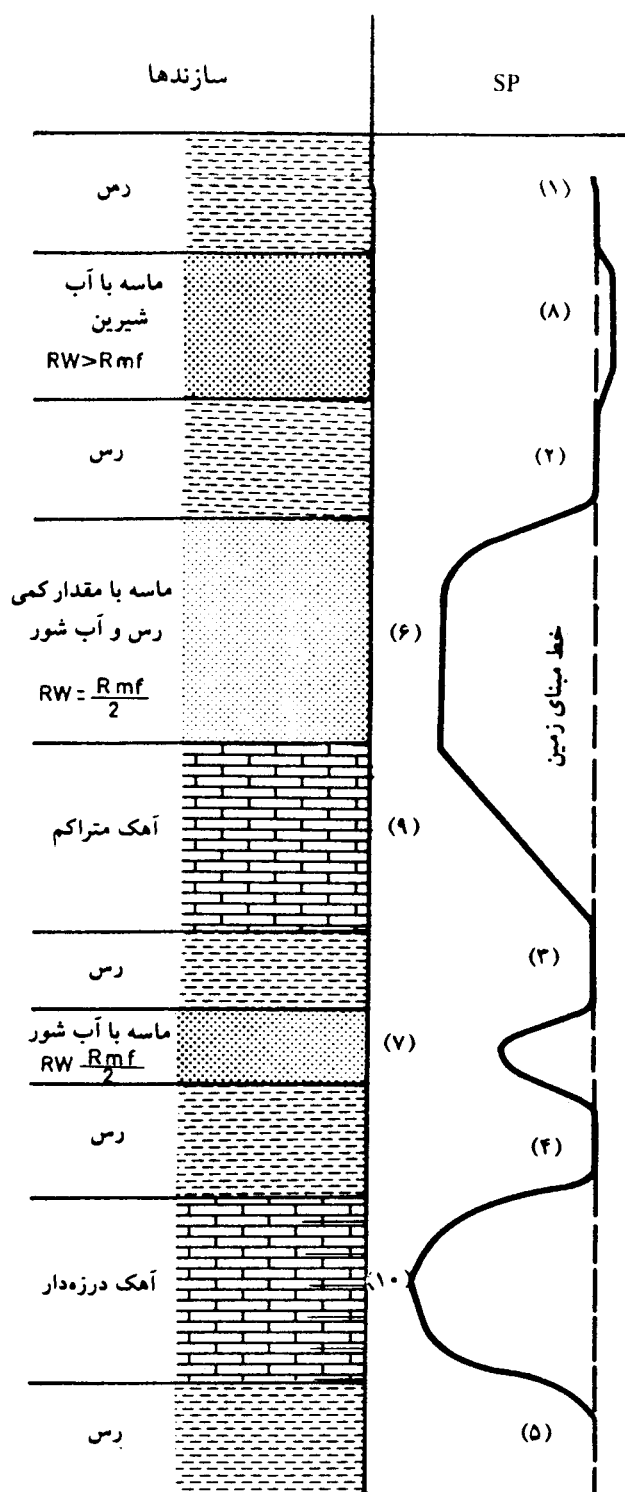
در اینجا با استفاده از نگارهای تمرینی ساده که عمدتاً شامل روشهای الکتریکی (مقاومت ویژه و پتانسیل خودزا) و هسته‌ای (پرتوزایی گامای طبیعی و نوترون) می‌باشد، سعی خواهد گردید چگونگی تفسیر این نگارها ارائه گردد.

۲-۹ تفسیر نگارهای الکتریکی

۱-۲-۹ نگار پتانسیل خودزا SP

با توجه به اندازه‌گیریهای پتانسیل خودزا (نگار ۶) با استفاده از این روش می‌توان بطور عمده زونهای متخلخل و تراوا را در صورت ضخیم‌بودن لایه‌ها (ضخامت بیش از ۱۵ برابر قطر چاه) مشخص کرد.

شکل ۵۵ یک نگار SP را در سازندهای مارنی، رسی یا شیلی، متخلخل و تراوا (ماسه‌ای) و متراکم (آهکی) نشان می‌دهد. مقدار SP در لایه‌های همگن ثابت بوده و تغییرات آن در نزدیکی مرز سازندها نمودار می‌گردد. از آنجائیکه این همگونی در لایه مارنی معمولاً بیشتر از دیگر سازندهای رسوبی است، در این روش مقدار SP در این نوع لایه‌ها بعنوان مبنا در نظر گرفته می‌شود و خطی بنام «خط مبنای مارن، رس یا شیل» تعریف می‌شود و تغییرات SP نسبت به این خط سنجیده می‌شود (قسمتهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ در شکل ۵۵).



شکل ۵۵- نگار تمربنی SP

در مقابل هر سازند متخلخل و تراوا SP نسبت به خط مبنای مارن بطرف چپ (SP منفی) یا راست (SP مثبت) جابجا می‌شود. جابجایی بطرف چپ زمانی رخ می‌دهد که مقاومت ویژه آب سازند (R_w) از مقاومت ویژه پالایه گل حفاری (R_{mf}) کمتر باشد (قسمتهای ۶ و ۷)، یا به بیان دیگر درجه شوری آب از پالایه گل بیشتر باشد.

جابجایی به سمت راست در مقابل سازندهای متخلخل و تراوایی که دارای آب سازندی با مقاومت ویژه بیشتر از مقاومت ویژه پالایه باشد، روی می‌دهد (قسمت ۸ در شکل ۵۵).

مقدار این جابجایی به پارامترهای نسبتاً زیادی بستگی دارد که بطور عمده عبارتند از:

- افزایش مقاومت ویژه سازند
- کم شدن ضخامت سازند
- تغییر در تخلخل و تراوایی سازند و در نتیجه تغییر در گسترش زون انتقالی (در صورت یکسان بودن حجم پالایه در گل حفاری)
- تغییر قطر چاه

از آنجائیکه جابجایی SP نسبت به خط مبنای مارن در مقابل سازند تراوا بصورت تدریجی صورت می‌گیرد، تعیین دقیق مرز این دو سازند مشکل است، ولی در هر صورت اغلب می‌توان عمق تقریبی این تغییر لیتولوژی را مشخص کرد.

تغییرات SP در مقابل طبقات مقاوم و ناتراوا، در صورتیکه تخلخل و تراوایی نزدیک به صفر و مقاومت ویژه بسیار زیاد باشد، توسط یک افت یکنواخت پتانسیل که حاصل حرکت سوند در گل حفاری در فاصله‌ای به اندازه ضخامت طبقه مذکور می‌باشد، مشخص می‌گردد (قسمت ۹ در شکل ۵۵). در صورتیکه طبقه مقاوم دارای تراوایی حتی ناچیز باشد (این تراوایی می‌تواند در اثر حفاری ایجاد شود) اثر طبقه مقاوم روی SP می‌تواند همانند طبقات نفوذپذیر باشد (قسمت ۱۰ روی شکل ۵۵).

با توجه به آنچه گفته شد، در خصوص نگار SP می‌توان اطلاعات زیر را جمع‌بندی کرد:

- الف - تحذب منحنی SP در مقابل طبقات مارنی، رسی، شیلی و تراوا با آب سازندی شیرین‌تر از پالایه گل حفاری بطرف راست قرار دارد.
- ب - تحذب منحنی SP برای طبقات متخلخل و تراوا با آب سازندی شورتر از پالایه گل حفاری ($R_w < R_{mf}$) به طرف چپ قرار دارد (SP منفی).
- ج - SP در مقابل طبقات ناتراوا با مقاومت ویژه بسیار زیاد، دارای تغییرات خطی است.

۹-۲-۲-۱ سوندهای با جریان غیر متمرکز و بازه بزرگ (نرمال و جانبی)

نگارهای حاصل از سوندهای نرمال و جانبی بطور عمده برای طبقات ضخیم با مقاومت ویژه متوسط تا کم دارای کاربرد می‌باشد.

شکل ۵۶ نگارهای تمرینی نرمال و جانبی را در مقابل طبقات مختلف نشان می‌دهد.

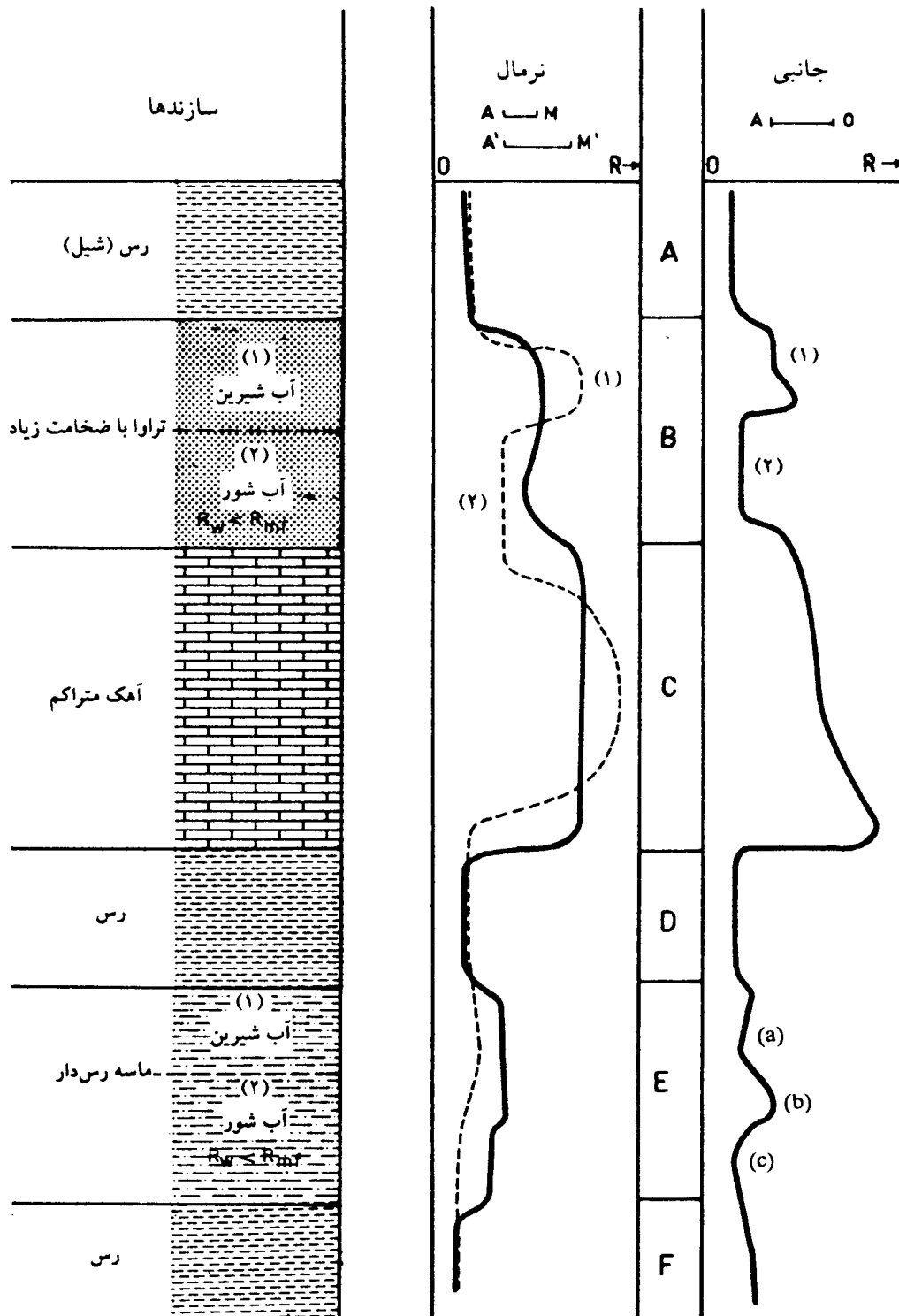
- برای طبقات ضخیم هادی و ناتراوا مقادیر حاصل از سوندهای نرمال (کوچک و بزرگ) و جانبی کم و مشابه یکدیگر می‌باشند (لایه‌های رسی A، D و F در شکل ۵۶).

- تغییرات مقاومت ویژه در طبقات متخلخل و تراوا براساس جنس سیال درون سنگ و کانیهای تشکیل دهنده آن می‌تواند بسیار زیاد باشد (B و E). مقاومت ویژه بدست آمده از سوندهای نرمال و جانبی در مقابل یک لایه ضخیم تراوا با یکدیگر متفاوت است. بعنوان مثال در لایه B روی شکل ۵۶ در قسمت (۱) مقداری که نرمال بزرگ نشان می‌دهد بطور مشخص از نرمال کوچک بزرگتر است.

جواب سوند جانبی نیز با نرمال (بطور مشخص با نرمال بزرگ) تفاوت دارد. علت این اختلاف، تراوایی لایه مورد مطالعه می‌باشد، زیرا نفوذ پالایه در لایه تراوا باعث تغییر جنس سیال درون سنگ در زونهای چسبیده به جدار چاه شده و در نتیجه سوندهای با شعاع بررسی متفاوت (نرمال کوچک، بزرگ و جانبی) جوابهای متفاوت می‌دهند. بدین ترتیب می‌توان گفت که در قسمت (۱) از طبقه B سیال درون سازند مقاومتر از پالایه گل حفاری است زیرا با افزایش شعاع بررسی یعنی نزدیک شدن به زون دست نخورده مقاومت ویژه افزایش یافته است (سیال درون سازند می‌تواند آب شیرین باشد). در قسمت (۲) از طبقه B وضعیت نسبت به (۱) عکس شده است یعنی مقداری که نرمال کوچک نشان می‌دهد از نرمال بزرگ و جانبی بیشتر است. این بدان معنی است که در قسمت (۲) از لایه B، مقاومت ویژه سیال درون سازند از پالایه گل حفاری کمتر شده است، یعنی وجود آب شور در قسمت پایین لایه B.

- در قسمت C، یک سازند متراکم و مقاوم وجود دارد که تعیین مرز دقیق این سازندها از طریق نگارهای نرمال و جانبی میسر نیست. علت این امر آن است که در نزدیک مرز سازند مقاوم، جریان به سازندهای هادی تر واقع در بالا و پایین سازند مقاوم فرار می‌کنند. اما نکته‌ای که در خصوص سوند جانبی وجود دارد آن است که این سوند مرز پایین این سازند را بخوبی مشخص کرده است، که در واقع بدلیل وجود لایه هادی (قسمت D) در زیر سازند مقاوم می‌باشد. نتیجه آنکه سقف یک لایه هادی واقع در زیر یک سازند مقاوم توسط نگار جانبی معمولاً بخوبی مشخص می‌گردد.

چنانکه دیده می‌شود مقدار مقاومت ویژه‌ای که این سوندها در مقابل سازند مقاوم نشان می‌دهد، از مقاومت ویژه حقیقی آن کمتر و با یکدیگر متفاوت است. علت آن فرار جریان از داخل گل حفاری و در نتیجه تحت تأثیر قرار گرفتن اندازه گیرها توسط گل می‌باشد. بطور تقریب می‌توان گفت که سوندهای نرمال و جانبی برای لایه‌هایی که مقاومت ویژه آنها از ۵۰ برابر گل حفاری بیشتر است، مناسب نمی‌باشد.



شکل ۵۶- نگارهای تفرینی نرمال کوچک و بزرگ و جانبی

- زمانیکه ضخامت لایه‌ها در حد بازه سوندها یا کمتر از آن باشد، پدیده‌های غیر واقعی روی نگارهای نرمال و جانبی رخ می‌دهد که عدم توجه به آن باعث تفسیر غلط نگار خواهد گردید. بعنوان مثال لایه E که یک سازند ماسه رسی است، به دلیل وجود سیال مقاوم در بالا (قسمت ۱) و سیال هادی در پایین (قسمت ۲) از نظر سوندهای مقاومت ویژه دو لایه محسوب می‌گردد. اما بدلیل اینکه ضخامت این دو لایه (قسمتهای ۱ و ۲) کمتر از بازه سوندها و به ویژه بازه سوند جانبی است، تغییراتی روی نگار جانبی پدیدار گشته که غیر واقعی است (قسمتهای a, b و c در شکل ۵۶).

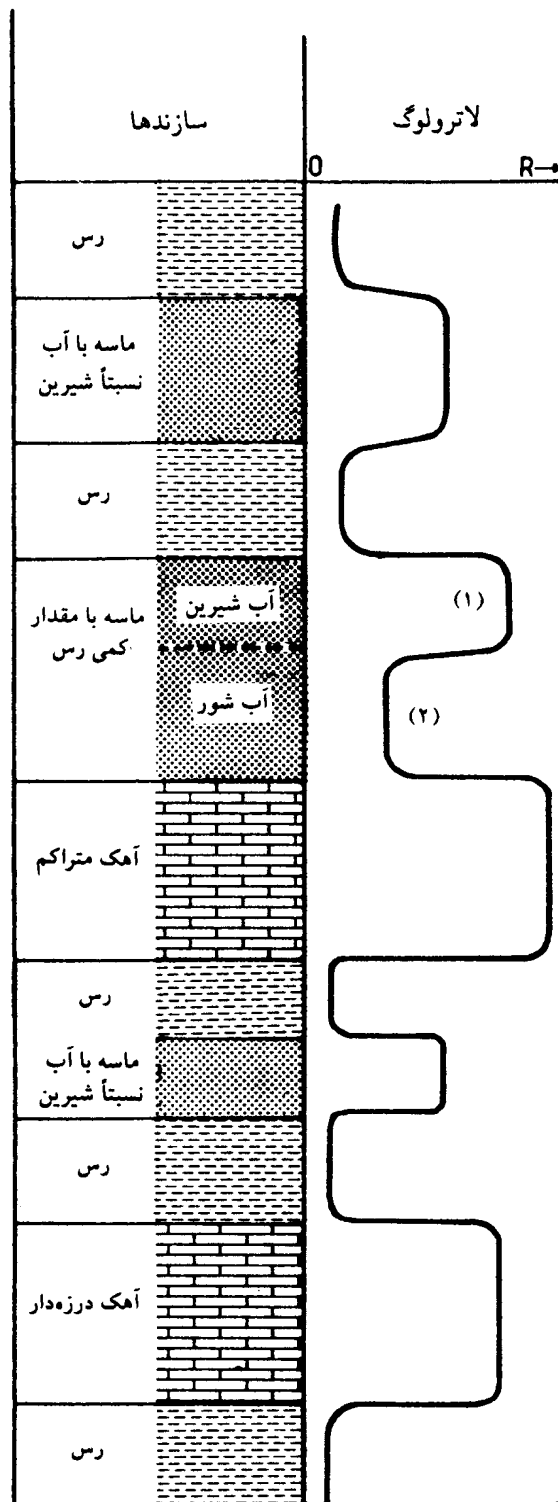
۹-۲-۲ سوندهای با جریان متمرکز و بازه زیاد (لاترولوگ)

این سوندها بدلیل تمرکز جریان الکتریکی در سازند مورد مطالعه (نگا. ۵-۲)، کمتر تحت تأثیر گل حفاری و طبقات احاطه‌کننده سازند اصلی قرار می‌گیرند. شکل ۵۷ یک نگار تمرینی لاترولوگ را نشان می‌دهد. چنانکه دیده می‌شود در مقایسه با سوندهای نرمال و جانبی تعیین مرز لیتولوژی سازندهای مختلف و به ویژه طبقات مقاوم با استفاده از این نگار با دقت بیشتری قابل تعیین است. این سوند همانند سوندهای قبلی می‌تواند بخوبی تغییر مقاومت ویژه موجود در درون یک سازند را که ممکن است در اثر تغییر جنس سیال (مثلاً شور و شیرین شدن آب) حاصل گردد بخوبی منعکس کند (قسمتهای ۱ و ۲ در شکل ۵۷). مقدار مقاومت ویژه اندازه‌گیری شده در مقابل طبقات تراوا، اگر از اثر گل حفاری بدلیل فاصله کمی که خطوط جریان در آن طی می‌کند صرف‌نظر شود، بطور عمده وابسته به مقاومت ویژه زون انتقالی (R_i) و زون دست نخورده (R_t) می‌باشد.

این سوند عمدتاً برای زمانیکه اختلاف مقاومت ویژه سازند و گل حفاری زیاد بوده (R_t/R_m بزرگتر از 50°) و ضخامت سازند بیش از $1/5$ متر باشد، دارای کاربرد خوبی است.

۹-۲-۳ سوند با جریان غیرمتمرکز و بازه کوچک (میکرولوگ)

نگار حاصل از این سوند شامل دو منحنی تغییرات مقاومت ویژه میکروانورس (خط پر) و میکرونرمال (خط چین) است. بدلیل قرار گرفتن الکترودها روی یک بالشتک عایق و چسبیدن آنها به جدار چاه، اثر گل حفاری تا حد زیادی از روی اندازه‌گیری‌ها حذف می‌شود. از طرف دیگر به دلیل بازه کوچک، شعاع تجسس دستگاه کوچک است (حدود ۴ اینچ برای میکرونرمال و $1/5$ اینچ برای میکروانورس). بهمین دلیل این سوند برای اندازه‌گیری طبقات کم ضخامت واقع در کنار جدار چاه مناسب می‌باشد.



شکل ۵۷- نگار تمربنی لاترولوگ

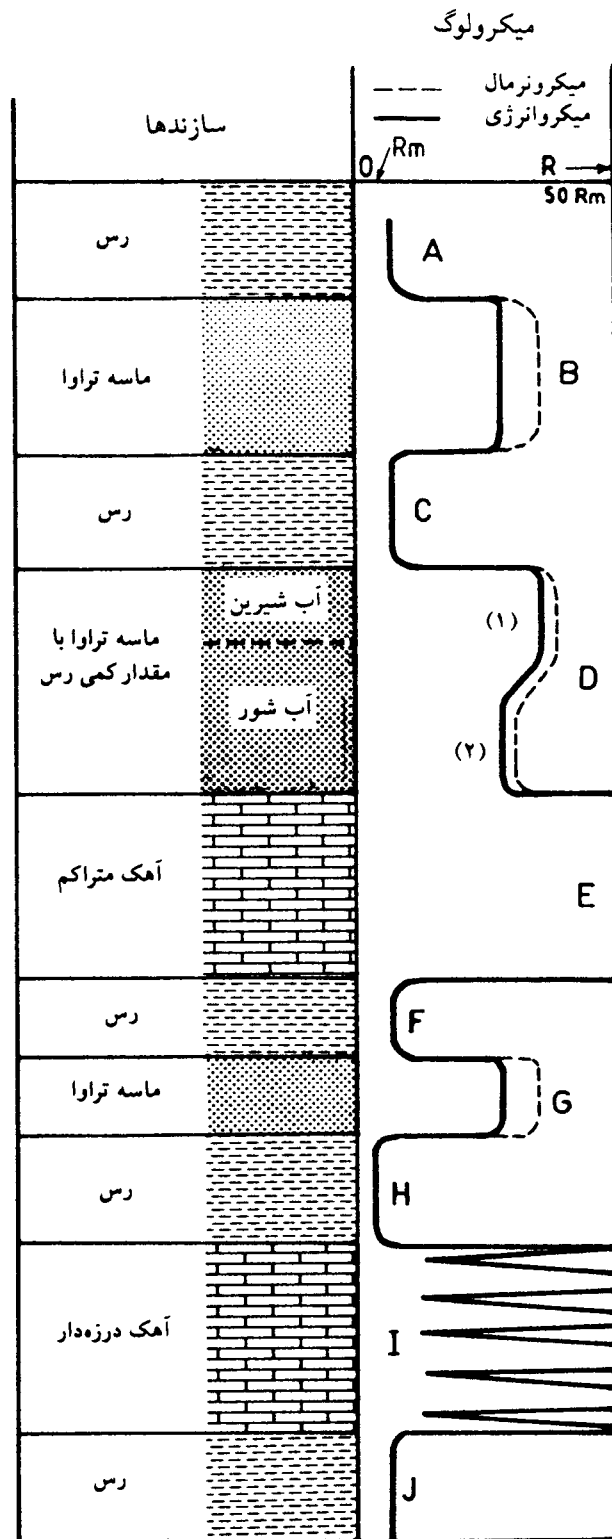
– سازندهای ناتراوا با مقاومت ویژه کم

در مقابل سازندهایی مانند مارن، رس یا شیل، مقادیری که میکرونرمال و میکروانورس بدست می‌دهند، نزدیک هم بوده و در نتیجه روی نگار دو منحنی حاصل بر هم منطبق یا اختلاف آنها بسیار ناچیز است (قسمتهای A، C، F، H و J روی شکل ۵۸). به عبارت دیگر در طبقات هادی ناتراوا «جدایی صفر» وجود دارد. علت این امر همگونی نسبی گل کبره و سازندهای رسی از نظر مقاومت ویژه است.

گاه در اثر سست بودن طبقات، امکان ریزش و زیاد شدن قطر چاه وجود دارد که در این صورت بدلیل نچسبیدن کامل بالشتک و حایل شدن گل بین بالشتک و دیواره چاه اندازه‌گیری تحت تأثیر گل نیز قرار می‌گیرد (قسمتهای A و H را با یکدیگر مقایسه کنید).

– سازندهای تراوا

در مقابل سازندهای تراوا، مقادیری که میکرونرمال نشان می‌دهد، معمولاً بیشتر از میکروانورس است (قسمتهای B، D و G روی شکل ۵۸). به بیان دیگر جدایی در مقابل چنین سازندهایی مثبت است. علت آن است که میکروانورس با شعاع تجسس کمتر، بیشتر تحت تأثیر گل کبره (مقاومت ویژه R_{mc}) و میکرونرمال با شعاع تجسس بیشتر، تحت تأثیر زون شسته (مقاومت ویژه R_{xo}) قرار دارد، و چون معمولاً $R_{xo} > R_{mc}$ می‌باشد، بنابراین مقادیری که میکرونرمال نشان می‌دهد بیشتر از مقادیر حاصل از میکروانورس است پس جدایی مثبت بیانگر تراوایی و جدایی صفر نشان‌دهنده ناتراوایی سازند است. بطور معمول برای یک سازند مشخص هرچه تراوایی سازند بیشتر باشد، جدایی مثبت نیز بیشتر خواهد شد (قسمت D را با G مقایسه کنید). در این سوند تغییر جنس سیال درون یک سازند که باعث تغییر مقاومت ویژه درون سازند می‌گردد، توسط هر دو منحنی منعکس می‌شود (قسمتهای ۱ و ۲ را در قسمت D با هم مقایسه کنید). البته بایستی توجه داشت مقادیری که میکروانورس و بویژه میکرونرمال نشان می‌دهند در محدوده‌ای است که سیال درون سازند بیشتر پالایه گل حفاری است. با این وجود هرگاه مواجه با طبقات تراوایی باشیم که تراوایی قائم آنها زیاد باشد، امکان دارد بدلیل اختلاف غلظت پالایه گل حفاری و آب سازند، سیال غلیظتر در پایین (اثر ثقل) و سیال رقیق‌تر در بالای سازند تراوا تجمع پیدا کنند که این حالت با تغییر مقاومت ویژه در سازند تراوا همراه است. بعنوان مثال در سازند تراوای D، آب شیرین‌تر در بالا (قسمت ۱) و آب شورتر در پایین (قسمت ۲) تجمع پیدا کرده است.



شکل ۵۸- نگار تمربنی میکرولوگ

– سازندهای ناتراوا و مقاوم

جواب سوند میکرولوگ در مقابل طبقات ناتراوا و مقاوم بستگی به زبری جدار چاه دارد، در صورتیکه جدار چاه کاملاً صاف بوده و بالشتک سوند به خوبی به جداره بچسبد هر دو منحنی (میکرونرمال و میکروانورس) مقادیر زیادی را بدست می‌دهند (قسمت E در شکل ۵۸). اما گاه بدلیل محدوده کوچک بالشتک دستگاه، این امکان وجود دارد که برای میکرونرمال به دلیل بازه بزرگتر نسبت به میکروانورس خطوط جریان با طی مسیر کوتاه در سازند مقاوم به داخل گل حفاری برگشته و اندازه‌گیری میکرونرمال تحت تأثیر گل نیز قرار گیرد. در این صورت روی نگار میکرولوگ مقادیری که میکرونرمال نشان می‌دهد، کمتر از مقادیر مربوط به میکروانورس می‌باشد که نتیجه آن «جدایی منفی» روی نگار میکرولوگ است.

وجود درزه‌های طبیعی و یا حاصل از حفر چاه (که توسط گل پر می‌شود)، لایه‌های نازک هادی واقع در طبقات مقاوم ضخیم و نیز محبوس شدن گل حفاری بین فرورفتگیهای چاه و بالشتک باعث ظهور پیکهای متعدد روی منحنیهای میکرونرمال و میکروانورس می‌شوند (قسمت I در شکل ۵۸)، که جدایی مشخصی را نمی‌توان روی دو منحنی تشخیص داد.

۹-۲-۴ سوند با جریان متمرکز و بازه کوچک (میکرولاترولوگ)

زمانیکه اختلاف مقاومت ویژه گل حفاری و زون شسته زیاد باشد (گل حفاری شور یا طبقه تراوا با تخلخل و تراوایی ضعیف)، این امکان وجود دارد که در سوند میکرولوگ، خطوط جریان با عبور از گل کبره و یا فرار به داخل گل حفاری جوابهای مناسبی را ارائه ندهند که در این صورت از سوند میکرولاترولوگ که با جریان متمرکز کار می‌کند، استفاده می‌شود.

اختلاف سوندهای میکرولاترولوگ و میکرولوگ در شعاع بررسی و توزیع متفاوت خطوط جریان می‌باشد. به دلیل شعاع بررسی کوچک میکرولاترولوگ، جوابهای حاصل بطور عمده تحت تأثیر حجم کوچکی از زونهای چسبیده به جدار چاه قرار می‌گیرند. بهمین دلیل تغییرات کوچک لیتولوژی نیز توسط این اندازه‌گیرها قابل تشخیص است (قسمت I در شکل ۵۹).

در مقابل طبقات ناتراوا و در صورت فرارگیری مناسب بالشتک سوند روی جدار چاه، جوابهای حاصل از لامیکرولاترولوگ مشابه لاترولوگ می‌باشد (قسمتهای مربوط به سازندهای رسی و آهک متراکم روی شکل‌های ۵۷ و ۵۹).

نگار میکرولاترولوگ در مقابل طبقات تراوا و در صورتیکه مقاومت ویژه آب سازند مشابه پالایه گل حفاری باشد، جوابی مشابه لاترولوگ خواهد داشت (قسمت B در شکل‌های ۵۷ و ۵۹). اما در صورتیکه مقاومت ویژه سیال سازند و پالایه گل متفاوت باشد، بدلیل آنکه میکرولاترولوگ عمدتاً تحت تأثیر زون شسته (R_{x0}) قرار می‌گیرد ولی لاترولوگ علاوه بر زون شسته تحت تأثیر سازند دست نخورده (R_t) نیز قرار دارد، جوابهای این دو متفاوت است (قسمت D، بخشهای ۱ و ۲ روی شکل‌های ۵۷ و ۵۹). بدین ترتیب با مقایسه جوابهای حاصل از لاترولوگ و میکرولاترولوگ و دانستن شوری گل حفاری می‌توان در خصوص شور یا شیرین بودن آب سازندی اظهار نظر کرد. تغییرات مربوط به وجود طبقات نازک هادی در لایه‌های مقاوم آهکی یا وجود درزه و شکاف در سازندهای مقاوم معمولاً بطور واضح روی نگار میکرولاترولوگ قابل مشاهده می‌باشد (قسمت A روی شکل ۵۹). تغییرات مقاومت ویژه سیال درون سازند اصلی در طبقات تراوا توسط میکرولاترولوگ بخوبی منعکس نمی‌شود، زیرا این سوند عمدتاً تحت تأثیر زون شسته که سیال درون آن پالایه گل حفاری است، قرار دارد.

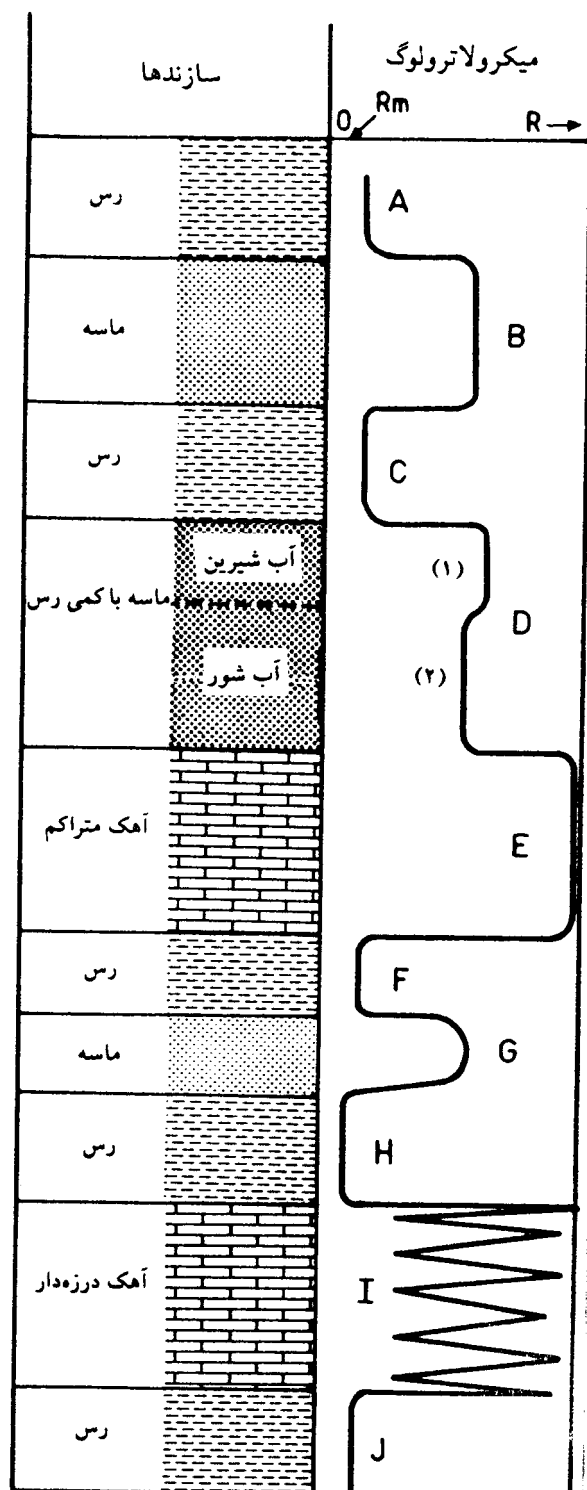
بایستی متذکر شد که ضخامت گل کبره بطور مشخصی اندازه‌گیریهای میکرولاترولوگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بطوریکه برای ضخامتهای بیشتر از یک سانتیمتر تأثیر مشخص گل کبره روی اندازه‌گیریهای میکرولاترولوگ ظاهر می‌شود.

۳-۲-۹ نتیجه

- با جمع‌بندی آنچه در خصوص تفسیر نگارهای الکتریکی گفته شد، می‌توان به نتایج زیر رسید:
- الف - برای تشخیص زونهای متخلخل و تراوا در صورت ضخامت زیاد می‌توان از نگار SP و مقایسه جوابهای حاصل از نگارهای نرمال و جانبی استفاده کرد.
 - ب - برای تشخیص زونهای متخلخل و تراوا با ضخامت کم، مناسبترین نگار، میکروولوگ می‌باشد.
 - ج - برای تعیین مرز لیتولوژی سازندهای مختلف، نگارهای لاترولوگ، میکروولوگ و میکرولاترولوگ از بقیه مناسبتر می‌باشند.
 - د - برای شناخت سازندهای مقاوم، سوندهای لاترولوگ و میکرولاترولوگ از بقیه سوندهای الکتریکی مناسبتر هستند.

۳-۹ تفسیر نگارهای هسته‌ای

همانطور که قبلاً گفته شد، روشهای متعددی در ارتباط با پرتوژیایی طبیعی یا القایی در چاه نگاری وجود دارد که در اینجا فقط به تفسیر سه نگار پرتوژیایی گامای طبیعی، نوترون و گاما - گاما (چگالی) پرداخته خواهد شد.



شکل ۵۹- نگار تمربنی میکرولاترولوگ

۹-۳-۱ نگار پرتوزایی گامای طبیعی

در این روش همانطور که گفته شد (نگا. ۷-۷) پرتوهای گامای حاصل از یک سازند شمارش می‌شود. با توجه به فراوانی کانیهای رسی در طبیعت، عموماً بیشترین پرتوزایی گاما در سنگهای رسوبی مربوط به طبقات رسی، شیلی، مارنی و یا سیلنتی است (قسمتهای A، C، F، H و J از شکل ۶۰). پرتوزایی سازندهای ماسه‌ای و آهکی زیاد نیست مگر آنکه در این سازندها غنی‌شدگیهای غیرمتعارف از کانیهای پرتوزا وجود داشته باشد و یا کانیهای رسی در آنها توزیع شده باشد (قسمت D را با B در روی شکل ۶۰ با هم مقایسه کنید). بنابراین در حالت کلی از نگار پرتوزایی گاما می‌توان برای شناخت طبقات رسی و یا توزیع رس در طبقات دیگر استفاده کرد.

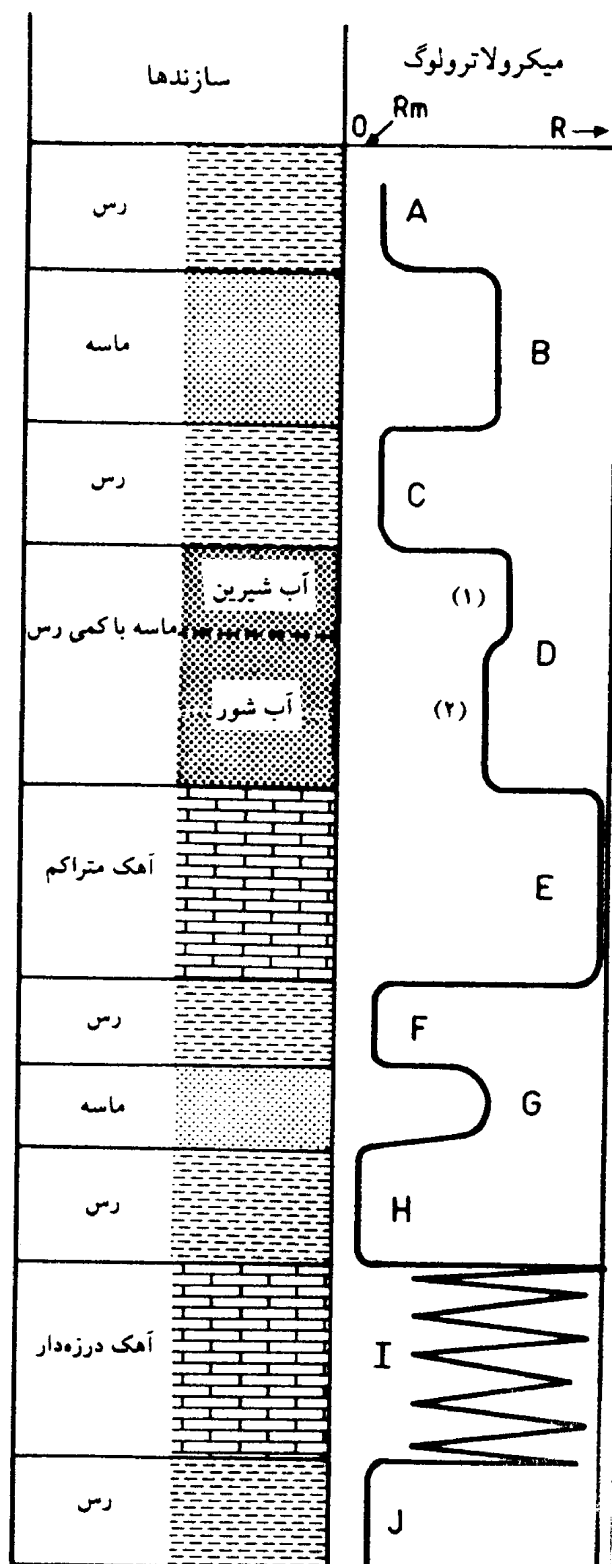
۹-۳-۲ نگار نوترون

معمولترین روشی که در مطالعات نوترون به اجرا در می‌آید، روش نوترون-گاما است. در این روش، همانطور که گفته شد، هیدروژن نقشی اساسی در کندکردن نوترونها و تا حد زیادی جذب نوترونها ترمیک به عهده دارد (نگا. ۷-۸-۱).

بدین ترتیب نگار نوترون-گاما براساس تغییر غلظت هیدروژن، تغییر می‌کند. با توجه به بازه سوند نوترون-گاما، مقدار غلظت هیدروژن با پرتوهای گاما اندازه‌گیری شده نسبت عکس دارد (نگا. ۷-۸-۱). بنابراین وجود رس، شیل یا مارن روی نگار نوترون-گاما بدلیل غنی‌بودن این سازندها از هیدروژن (هیدروژن موجود در آب و نیز موجود در شبکه بلوری کانیهای رسی) معمولاً توسط شمارش کم مشخص می‌گردد (قسمتهای A، C، F، H و J روی شکل ۶۰).

بدین ترتیب در صورت در دست بودن نگارهای پرتوزایی گاما و نوترون-گاما می‌توان گفت در مقابل طبقات رسی پرتوزایی افزایش (جابجایی منحنی به سمت راست) و نوترون-گاما کاهش (جابجایی به سمت چپ) پیدا می‌کند. طبقات متخلخل و تراوا براساس مقدار تخلخل و در نتیجه حجم سیال حاوی هیدروژن آنها می‌تواند از شمارشهای کم (تخلخل زیاد و سیال غنی از هیدروژن) تا زیاد (عکس حالت قبل) را داشته باشد. قسمتهای B و D دو طبقه متخلخل و تراوا را نشان می‌دهد که اختلاف عدد نوترون در آنها وجود دارد (مقدار شمارش در D کمتر از B است). این اختلاف از یک طرف مربوط به وجود رس در طبقه D، و از طرف دیگر اثر جنس سیال از نظر مقدار هیدروژن می‌باشد.

در شکل ۶۰، بیشترین شمارش نوترون مربوط به سازند متراکم آهکی می‌باشد (قسمت E). وجود لایه‌های تراوا و نیز درزه‌های پر شده توسط گل حفاری در سازندهای متراکم، گاه می‌تواند با کم شدن مقدار شمارش توسط نگار نوترون-گاما مشخص گردد (قسمت I را با E مقایسه کنید).



شکل ۶۰- نگارهای تمرینی پرتوزایی گاما و نوترون - گاما

بالاخره با توجه به اینکه شور شدن آب باعث کم شدن هیدروژن نسبت به آب شیرین می‌گردد، بنابراین امکان دارد بتوان با استفاده از سوند نوترون - گاما مرز آب شور (شمارش بیشتر) را از آب شیرین (شمارش کمتر) مجزا کرد (قسمت ۱ و ۲ در طبقه ماسه‌ای D).

۳-۳-۹ نگار چگالی (گاما - گاما)

با استفاده از روش گاما - گاما تغییرات چگالی سازندهای مختلف مستقیماً بصورت نگار تهیه می‌گردد (نگار ۷-۹). شکل ۶۱ یک نگار ترمینی چگالی (ρ) را نشان می‌دهد. سازندهای موجود براساس مقدار چگالی آنها عبارتند از ماسه (A، D و F)، رس (B و E) و آهک (C). وجود رطوبت در خلل و فرج سنگها بر حسب درجه شوری آب موجود باعث افزایش چگالی سنگها نسبت به حالت خشک آنها می‌گردد. بعنوان مثال در روی شکل ۶۱، ماسه موجود در قسمت A، دارای چگالی بیشتری نسبت به D و F می‌باشد که می‌تواند حاکی از آبدار بودن A نسبت به D و F باشد. همچنین سازندرسی B، نسبت به E می‌تواند دارای رطوبت بیشتری باشد.

۴-۳-۹ نتیجه

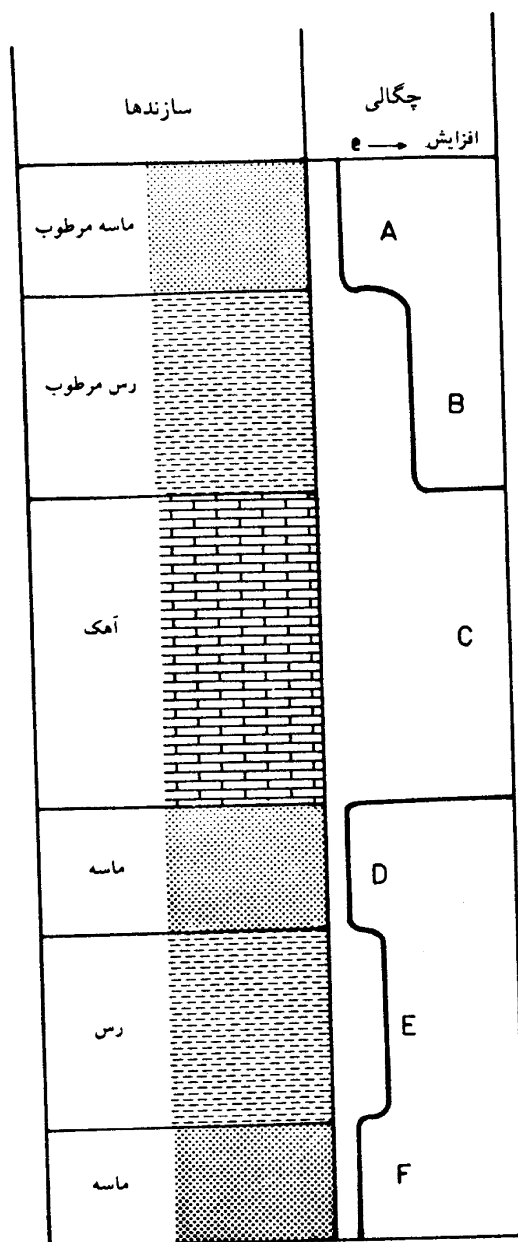
باتوجه به آنچه در خصوص تفسیر نگارهای هسته‌ای (پرتوزایی گامای طبیعی، نوترون و گاما - گاما) گفته شد می‌توان به جمع‌بندی اطلاعات زیر رسید:

- در مقابل سازندهای رسی، شیلی یا مارنی نگار پرتوزایی گاما در طرف راست (پرتوزایی زیاد)، نوترون در طرف چپ (غلظت هیدروژن زیاد) و چگالی معمولاً در حد واسط ماسه و آهک قرار می‌گیرد.
- در مقابل طبقات متراکم آهکی، نگار پرتوزایی گاما در سمت چپ (پرتوزایی کم)، نوترون در سمت راست (غلظت هیدروژن کم) و چگالی در سمت راست (ρ زیاد) قرار می‌گیرد.
- در مقابل طبقات متخلخل و تراوا (ماسه‌ای) نگار پرتوزایی گاما در سمت چپ (پرتوزایی کم)، نگار نوترون حالتی بین نگار مربوط به طبقات رسی و طبقات آهکی متراکم و چگالی معمولاً به طرف چپ (ρ کم) واقع می‌شود.

۴-۹ نگار قطرسنجی

در ارتباط با تغییر خواص مکانیکی سنگها، تغییراتی در قطر اسمی چاه ایجاد می‌گردد، که با استفاده از نگار قطرسنجی می‌توان به اطلاعات لیتولوژیکی در خصوص سازندها دست پیدا کرد. علاوه بر آن نگار قطرسنجی در تفسیر دقیق‌تر نگارهای دیگر و نیز تصحیح اثر چاه روی پارامترهای اندازه‌گیری شده می‌تواند مورد استفاده قرار

گیرد. نگار قطرسنجی در مقابل طبقات متراکم و بدون درزه، معمولاً قطری برابر قطر اسمی چاه خواهد داشت (قسمت C روی نگار تمرینی شکل ۶۲). بهمین دلیل از این قطر می‌توان بعنوان مبنای مقایسه برای تغییرات قطر چاه استفاده کرد. در قسمتهای A، D و F از شکل ۶۲ نسبت به قطر مبنا (قسمت C) افزایش قطر چاه وجود دارد، در این صورت می‌توان گفت که این طبقات و بویژه طبقه D سست می‌باشند. در قسمتهای B و E کاهش قطر چاه مشاهده می‌شود که این امر می‌تواند در اثر تراوایی طبقات و رسوب گل کبره روی جدار چاه باعث تنگتر شدن چاه شده باشد. کم شدن قطر چاه می‌تواند حاصل وجود رسهای آماسی نیز باشد. ر



شکل ۶۱- نگار تمرینی چگالی

نگار قطرسنجی برای ارزیابی قرارگرفتن بالشتک مربوط به سوندهایی مانند میکروولوگ و میکرولاترولوگ و در نتیجه تفسیر بهتر این نگارها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بعنوان مثال در قسمت D از شکل ۶۲ که در آن ریزش چاه زیاد است، مقاومت ویژه حاصل از میکروولوگ (با جدایی نزدیک به صفر) از سازند مشابه آن (قسمت A) کمتر بوده و نزدیک به مقاومت ویژه گل حفاری (R_m) می‌باشد. علت این امر آن است که حجم گل قابل توجهی در محل ریزش چاه بین بالشتک و جدار چاه حایل گردیده (شکل ۶۳) و بدلیل بازه کوچک دستگاه میکروولوگ قسمت عمده خطوط جریان از داخل گل عبور کرده است.

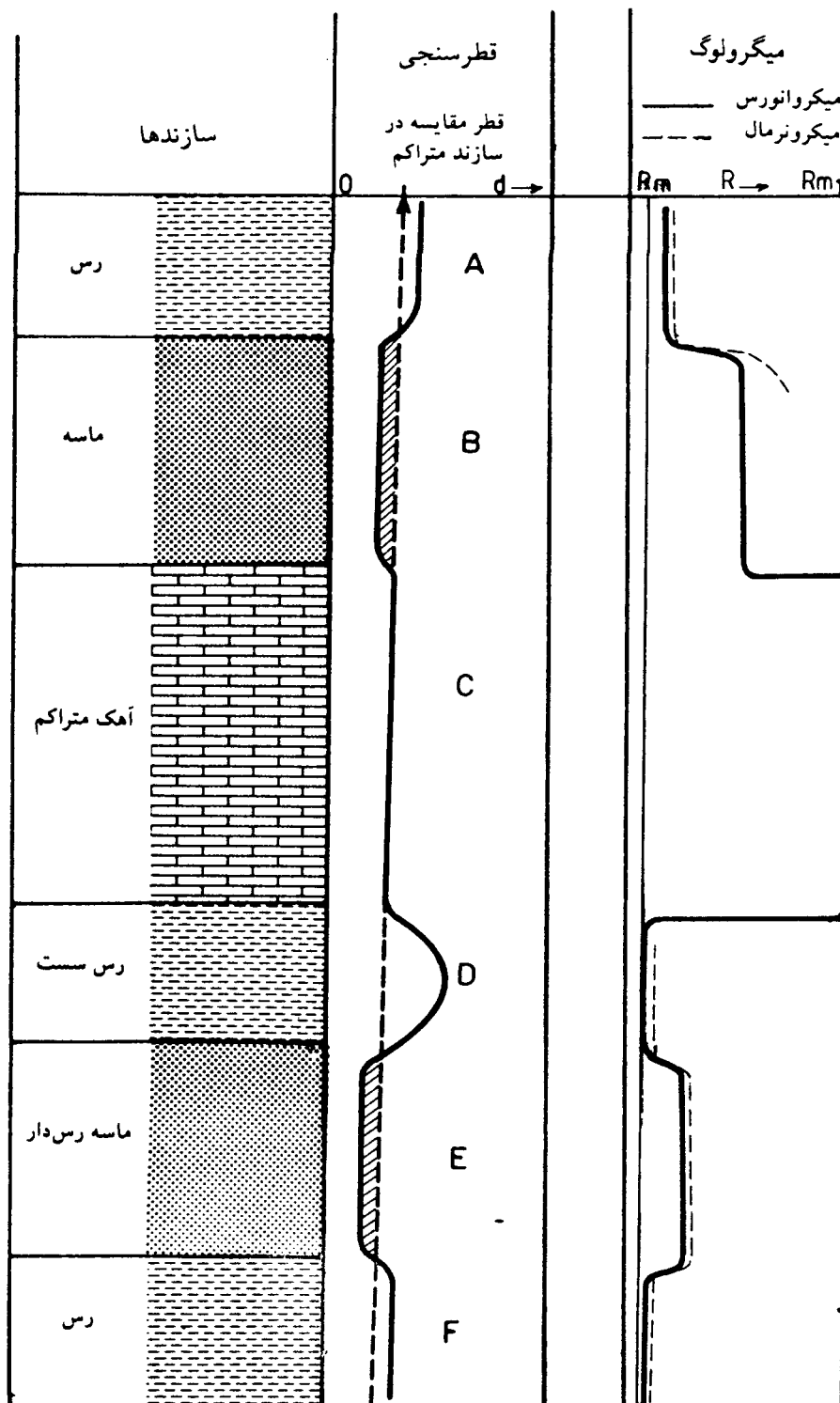
۵-۹ مثالی از نگارهای واقعی یک گمانه اکتشافی آب

شکل ۶۴ قسمتی از مجموعه سه نگار SP، نرمال ۱۶ و پرتوزایی گامای طبیعی را در گمانه اکتشافی روستای کلا در دامغان نشان می‌دهد.

برای تفسیر این نگارها از اصول گفته شده در تفسیر نگارهای تمرینی می‌توان استفاده کرد. علاوه بر آن تجربه‌های عملی در این زمینه نیز از عاملهای مهم است که در ارتباط با تفسیر نگارها می‌باشد.

معمولاً در مسائل مربوط به آب با استفاده از این سه نگار براحتی می‌توان اطلاعات نسبتاً دقیقی از تغییرات لیتولوژی، محدوده سفره‌های آبدار و نوع آب از نظر شوری و شیرینی آن بدست آورد.

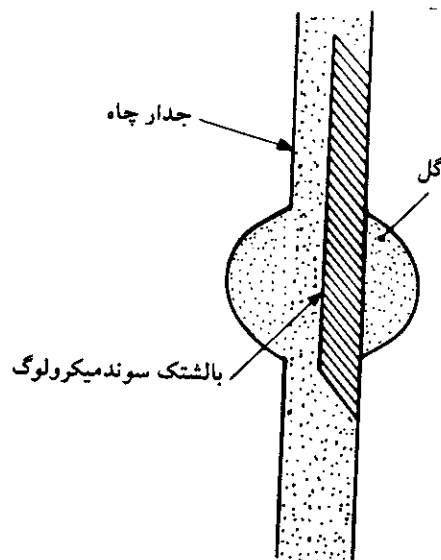
بعنوان مثال در شکل ۶۴، محدوده‌های با بیشترین پرتوزایی (A، B و C) مربوط به سازندهای رسی است که روی نگار SP توسط خط مبنای رس و روی نگار مقاومت ویژه (نرمال ۱۶) با مقدار کم (این مقدار وابسته به درجه شوری آب سازندی است) نمودار می‌گردد.



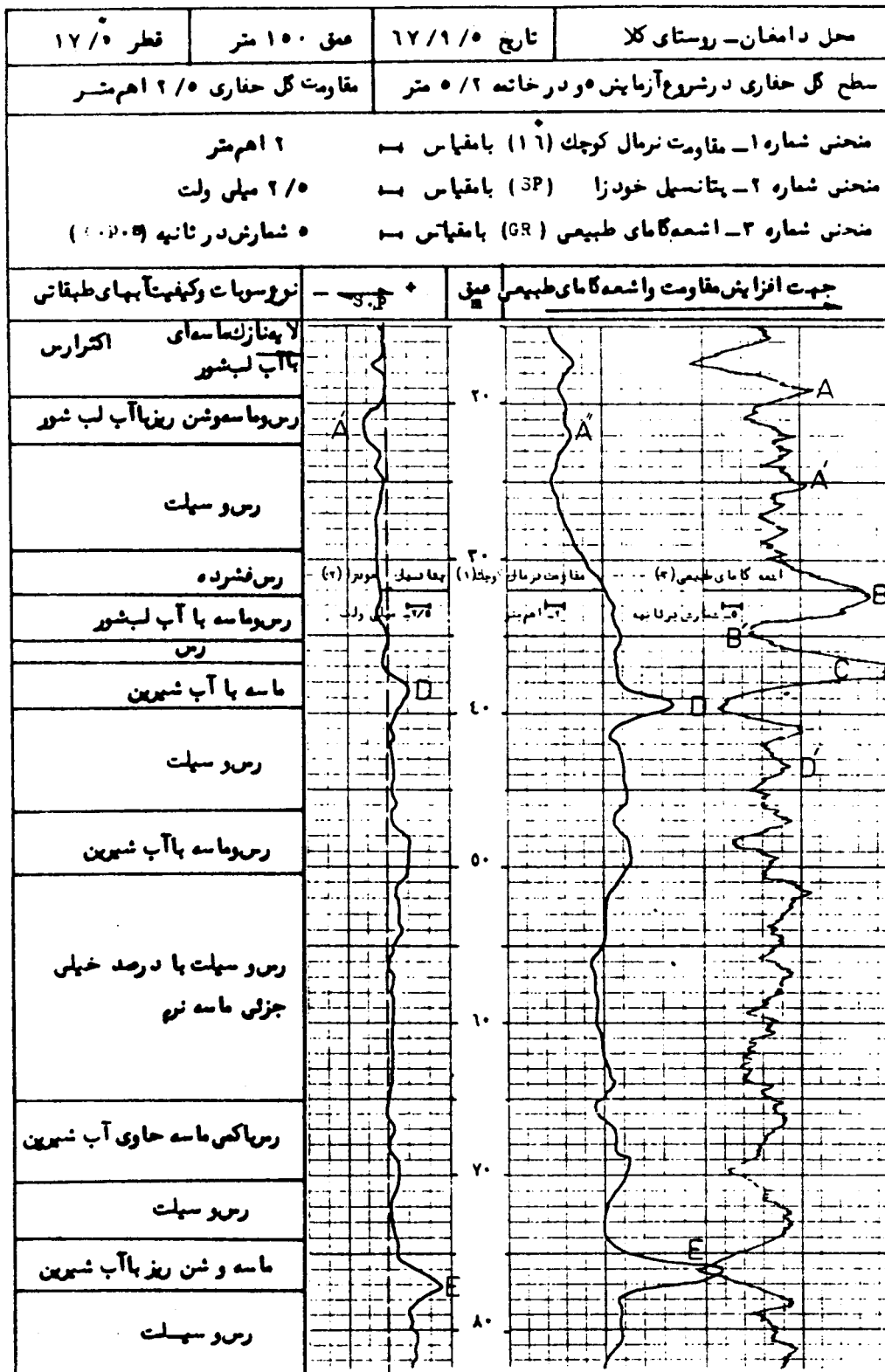
شکل ۶۲ - نگار تمرینی قطر سنجی و میکرولوگ

قسمتهای با کمترین پرتوزایی وابسته به ماسه خالص می‌باشد، که روی منحنی SP جابجایی به سمت راست (آب شیرین در قسمتهای D و E) یا چپ (آب شور در قسمت A') نسبت به خط مبنا رس وجود خواهد داشت. نگار مقاومت ویژه برحسب نوع آب از نظر شوری یا شیرینی با مقاومت ویژه کم (قسمت A'') و مقاومت ویژه زیاد (قسمتهای E و D) نمودار می‌گردد.

محدوده‌هایی که پرتوزایی آنها بین دو مقدار مربوط به رس و ماسه خالص قرار گرفته می‌تواند سیلت و ماسه‌های رس‌دار باشد (A', B' و D' بعنوان مثال). اثر این طبقات روی منحنی SP برحسب نفوذپذیری آنها و نوع آب به سمت راست یا چپ و معمولاً به مقدار کم جابجایی دارد. مقدار مقاومت ویژه در مقابل چنین طبقاتی معمولاً کم است، این مقاومت ویژه به درجه شوری آب نیز وابسته است.



شکل ۶۳- ریزش چاه (افزایش قطر چاه) و اثر آن روی سوند میکرولوگ



شکل ۶۴ - مقاطع واقعی مقاومت ویژه، پتانسیل خودزا و اشعه گامای طبیعی در عمق محدودی از یک گمانه

پیوست ۱

علامتهای متداول	توضیح
PHC	دستگاه صوتی جبرانی برای اثر چاه
C	دستگاه قطرسنجی
CDM	شیبسنجی با سه بالشتک
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 " ۱۸ ' ۸
LL	لاترولوگ (شامل ۳، ۷، ۸، ۹ الکترودی)
LLd	لاترولوگ عمیق
LLs	لاترولوگ کوتاه
LN	نرمال بزرگ
LSS	دستگاه صوتی با فاصله بازه بزرگ

ادامه پیوست ۱

علامتهای متداول	توضیح
ML	میکرولوگ (میکرونرمال + میکروانورس)
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

پیوست ۲

تعاریف

در نشریه استاندارد بریتانیا از تعاریف زیر استفاده شده است :

- استحصال آب : عبارت است از خارج کردن آب از چاه یا سفره
- لوله دسترسی : لوله‌ای است که به منظور سالم نگهداشتن ابزارآلات چاه پیمایی و جلوگیری از برخورد آنها به منصوبات چاه در درون چاه نصب می‌گردد.
- هوای فشرده : روشی است که با اعمال آن آب داخل چاه از طریق هوای فشرده تخلیه می‌گردد.
- سفره آب : عبارت از یک یا چند واحد لیتولوژیکی و یا بخشی از یک واحد لیتولوژیکی بوده که با تراوایی مناسب امکان ورود مقدار قابل ملاحظه‌ای آب را به درون چشمه یا چاه میسر می‌سازد.
- خصوصیات سفره آب : عبارت از ویژگیهای مربوط به یک سفره است که رفتار هیدرولیکی آن را مشخص می‌سازد.
- مواد آرژیلی : همان کانی‌های رسی است.
- قدرت تفکیک لایه : حداقل ضخامت لایه که توسط چاه‌نگاری آشکارسازی می‌شود.
- بان‌دینگ^۱ : مواد جداکننده که بین لوله جدار و سازندهای زمین‌شناسی دیواره چاه قرار می‌گیرد.
- کابل هادی^۲ : نگهدارنده محکمی که از طریق آن سوند و سایر تجهیزات چاه پیمایی به داخل چاه آویزان می‌شود.
- ضمام تنظیم^۳ : بخشی از نگار صحرایی که حاوی اطلاعاتی است که با استفاده از آنها عمل سوند تصحیح می‌گردد.
- لوله جدار چاه : به منظور نگهداری و جلوگیری از ریزش دیواره چاه گمانه یا چاه حفاری شده در درون آنها نصب می‌شود. لوله‌های غیرمشبک از ورود آب به داخل چاه جلوگیری بعمل می‌آورند.
- رشته لوله‌ها^۴ : مجموعه‌ای از لوله‌های بهم پیوسته که در درون چاه نصب می‌گردد.
- مغزه^۵ : مقطعی از نمونه‌های زمین‌شناسی که از حفاری یک گمانه بدست می‌آید.
- تطابق منحنی‌ها^۶ : مقایسه داده‌های هر گمانه به صورت منحنی با منحنی‌های استاندارد به منظور کنترل آنها.
- لوله شیب^۷ : نگاه کنید به تعریف لوله دسترسی.
- افت سطح آب^۸ : پایین افتادن سطح آب زیرزمینی در اثر بهره‌برداری از آب چاه.

1- bonding

2- cable boom

3- calibration tails

4- casing string

5- core

6- curve machining

7- dip tube

8- draw down

- چرخه حفاری^۱ حرکت مایع حفاری (هوا یا مایع) به منظور خارج نمودن ذرات و قطعات حفر شده از ته چاه
- صافی^۲ یا گراول پک: ریختن مواد دانه‌بندی شده در داخل یک چاه که مواد مزبور بین لوله جدار مشبک یا اسکرین و دیواره چاه قرار می‌گیرند تا از ورود ذرات سفره به داخل چاه گمانه جلوگیری نمایند.
- ابزارش فیشینگ^۳: ابزاری است چنگک مانند که به منظور قراردادن تجهیزات و یا خارج کردن و رهاسازی آنها از داخل چاه بکار گرفته می‌شوند.
- ستون مایع: قسمتی از حجم چاه گمانه که توسط آب پر شده است.
- سازند: عبارت از یک واحد یا سری واحدهای زمین‌شناسی می‌باشد.
- نگار یا لاگ ژئوفیزیکی^۴: نگار پیوسته‌ای از خصوصیات فیزیکی یا شیمیایی است که نسبت به تغییرات عمق یا زمان به تصویر کشیده می‌شود.
- دانه‌بندی: گستره اندازه دانه‌ها و ذراتی که سفره یا واحد زمین‌شناسی را تشکیل می‌دهند.
- آب‌بندها^۵: مخلوط آب و سیمان
- اطلاعات سر جدول^۶: توصیف انواع داده‌های موردنیاز برای داخل شدن به یک جدول و یا جهت ورود به یک برنامه کامپیوتری
- زون آغشته^۷: بخشی از سازند احاطه‌کننده چاه گمانه که مایع حفاری در درون آن نفوذ کرده است.
- جیگ^۸: ابزاری جهت کالیبره کردن سوندها
- مایع نفوذکننده^۹: که اغلب آلوده‌کننده می‌باشد.
- شیرابه^{۱۰}: (نگاه کنید به Casing)
- لیتولوژی: مجموعه ویژگیهای فیزیکی و ترکیبات شیمیایی که منجر به بروز سیمای ظاهری و خصوصیات یک سنگ می‌شود.
- چاه‌نگاری^{۱۱}: ثبت داده‌ها به صورت پیوسته از درون یک چاه
- گل کبره^{۱۲}: مواد باقیمانده مایع حفاری در سطح دیواره چاه در هنگام حفاری (در پتانسیل طبقات نفوذپذیر)
- حفره باز^{۱۳}: چاه باز
- پکر^{۱۴}: وسیله‌ای که برای بستن یا مسدودکردن محل خاصی از چاه گمانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1- drilling circulation

2- filter pack

3- Fishing tools

4- Geophysical log

5- Grout

6- header information

7- Invaded zone

8- Jig

9- Leachate

10- Lining

11- Logging

12- Mud cake

13- Open borehole

14- Packer

- تراوایی^۱: عبارت از قابلیت لایه‌ها برای عبور دادن مایعات
- فتومالٹی پلیر^۲: عبارت از یک وسیله الکترونیکی است که به منظور تقویت و تبدیل پالسهای نورانی به سیگنالهای قابل اندازه‌گیری الکتریکی بکار می‌رود.
- شاقول^۳: وسیله‌ای است سربی که به منظور تعیین عمق ظاهری چاه گمانه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- تخلخل^۴: نسبت حجم فضاهای خالی نمونه به حجم کلی آن
- لوله تخلیه^۵: لوله‌ای که آب را از درون چاه به محل تخلیه می‌رساند.
- درجه زبری^۶: درجه زبری دیواره چاه گمانه
- انترفاس^۷: مرز بین آب با درجه شوری متفاوت
- ناحیه اشباع: بخشی از سفره که در زیر سطح ایستابی قرار گرفته و تمامی منافذ آن توسط آب پر شده است.
- اسکرین^۸: لوله‌ای است مشبک که از یک طرف آب سفره را به درون چاه هدایت نموده و از سوی دیگر از ورود ذرات سفره و شنهای اطراف لوله به داخل چاه جلوگیری می‌کند.
- سوند^۹: یک میله یا جسم آویزان از سر یک کابل و یا وسیله‌ای دارای ابزار سنجیده است.
- سفره آزاد: سازند زمین‌شناسی حاوی آب با سطح ایستابی آزاد
- سنگهای غیرمتراکم: سنگهای که فاقد بهم چسبندگی طبیعی هستند.
- زون غیراشباع^{۱۰}: بخشی از سفره که بین سطح زمین و سطح ایستابی قرار دارد.
- آب‌شستگی^{۱۱}: حفره‌ای است که هنگام عملیات حفاری در دیواره چاه گمانه ایجاد می‌شود.
- سطح ایستابی: سطح سفره آزاد که در آن سطح، فشار پیزومتریک برابر فشار اتمسفر می‌باشد.
- واحد API^{۱۲}: واحد یا رقم شمارشی است که برای مقیاس‌بندی لاگهای گاما و یا نوترون مورد استفاده قرار می‌گیرد.

1- Permeability

2- Photo multiplier

3- Plummet

4- Porosity

5- Rising main

6- Rugosity

7- Salini interface

8- Screen

9- Sond

10- Unsaturated zone

11- Wash out

12- API

- 1- Dadone, R. Les techniques d'exploration Profonde dans la recherche du Pétrole, Institut Fran Qais du Pétrole, 1958.
- 2- Serra, O. Diagraphiés différées, Tome 1, Editions Technip, 1985, Paris.
- 3- Lebreton, F. Utilisation Pratique des diagraphies, Edition Technip, 1962 Paris.
- 4- Study of oil and Gas series from well logs by S.S itenbery, Mirpublishers, moscow 1971.