

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه - وزارت نیرو

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب،
استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه

نشریه شماره ۱۵۹

معاونت امور فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه / معاونت
امور فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی؛ وزارت نیرو، [امور آب] - تهران: سازمان و برنامه و بودجه، مرکز
مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۵.

۴۱ ص: مصور. - (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات معیارهای فنی؛ نشریه شماره

۱۵۹) انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۹۳/ ۷۵/۰۰/

مربوط به دستورالعمل شماره ۱۴۸۳-۷۱۶۷/۵۶-۱۰۲ مورخ ۱۳۷۵/۱۰/۲۹

کتابنامه: ص. ۴۱

۱. ژئوفیزیک. ۲. آب - مهندسی - استاندارد. الف. ایران. وزارت نیرو. امور آب. ب.

سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

ش. ۱۵۹. ۲/س ۳۶۸/ TA

ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب، استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه
تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

چاپ اول: ۵۰۰ نسخه، ۱۳۷۵

قیمت: ۳۰۰۰ ریال

چاپ و صحافی: چاپ زحل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تنالی

دستور العمل شماره : ۱۰۳_۷۱۶۷/۵۶-۱۴۸۳ مورخ : ۷۵/۱۰/۲۹	به : تمامی دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاور
موضوع : ژئوفیزیک ونقش آن در مهندسی آب ، استانداردمطالعات الکتریک باروش مقاومت ویژه	
<p>به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی به پیوست نشریه شماره ۱۵۹ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این سازمان با عنوان " ژئوفیزیک ونقش آن در مهندسی آب ، استانداردمطالعات الکتریک باروش مقاومت ویژه " از گروه دوم ابلاغ می گردد.</p> <p>تاریخ اجرای این دستور العمل ۱۳۷۶/۲/۱ می باشد.</p> <p>شایسته است دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند.</p> <p style="text-align: center;"> حمید میرزاده معاون رئیس جمهور ورئیس سازمان برنامه و بودجه</p> <p style="text-align: center;">۱۱</p>	

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

نظام جدید فنی و اجرائی طرحهای عمرانی کشور (مضوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب فوق و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی) بر اساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی.

- استفاده از منابع و مأخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی.

- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت.

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها.

- پرهیز از دوباره کاریها و اتلاف منابع مالی و غیر مالی کشور.

- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد.

ضمن تشکر از بخش عمران آب مهندسين مشاوره شهر، برای بررسی و اظهارنظر در مورد این استاندارد، امید است مجربان و دست‌اندرکاران بخش آب، با به کارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهارنظرهای سازنده، در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

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 ژئوفیزیک	آقای منوچهر بهاور
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	آقای علی نصیریان
دکترای ژئوفیزیک	آقای غلامحسین نوروزی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان	
۱	مقدمه	-۱
۱	کلیات	۱-۱
۱	تعاریف	۲-۱
۱	نقشه‌های و مدارک	۱-۲-۱
۲	گونه‌های مطالعاتی	۲-۲-۱
۲	مطالعات آبرفت	۱-۲-۲-۱
۲	مطالعات ساختگاه	۲-۲-۲-۱
۲	محدوده مطالعات	۳-۲-۱
۲	مطالعات منطقه‌ای	۱-۳-۲-۱
۳	مطالعات ناحیه‌ای	۱-۳-۲-۱
۳	مطالعات محلی	۳-۳-۲-۱
۳	گستره مطالعات	۴-۲-۱
۳	مطالعات شناسایی	۱-۴-۲-۱
۳	مطالعات تفصیلی	۲-۴-۲-۱
۴	مطالعات تکمیلی	۳-۴-۲-۱
۵	استاندارد روشهای مقاومت ویژه الکتریکی	-۲
۵	شیوه گمانه‌زنی الکتریکی	۱-۲
۵	هدف	۱-۱-۲
۵	برنامه‌ریزی	۲-۱-۲
۵	مدارک مورد نیاز	۱-۲-۱-۲
۵	انتخاب آرایه	۲-۲-۱-۲
۶	انتخاب فاصله برداشت	۳-۲-۱-۲
۶	پارامترهای اندازه‌گیری	۴-۲-۱-۲
۹	اجرا	۳-۱-۲
۹	پیاده کردن نقاط برداشت	۱-۳-۱-۲
۹	اندازه‌گیری	۲-۳-۱-۲

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۰	۱-۲-۳-۱-۲ دستگاهها و تجهیزات
۱۰	۲-۲-۳-۱-۲ مقاومت الکترودی
۱۱	۴-۱-۲ تهیه گزارش
۱۱	۱-۴-۱-۲ نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری
۱۲	۲-۴-۱-۲ مقطعیهای هم مقاومت ویژه ظاهری
۱۲	۳-۴-۱-۲ مقطعیهای ژئوالکتریک
۱۲	۴-۴-۱-۲ نقشه هم ضخامت آبرفت و یا هم عمق سنگ کف
۱۲	۵-۴-۱-۲ نقشه هم ارتفاع سنگ کف
۱۲	۶-۴-۱-۲ نقشه پربندی مقاومت عرضی
۱۳	۷-۴-۱-۲ متن گزارش
۱۳	۱-۷-۴-۱-۲ مقدمه گزارش
۱۳	۲-۷-۴-۱-۲ موقعیت جغرافیایی و مشخصه‌های نقاط برداشت
۱۳	۳-۷-۴-۱-۲ زمین شناسی کلی منطقه
۱۳	۴-۷-۴-۱-۲ جدول مقاومت ویژه
۱۴	۵-۷-۴-۱-۲ شرح نقشه‌های پربندی مقاومت ویژه ظاهری
۱۴	۶-۷-۴-۱-۲ شرح نقشه‌های هم ضخامت آبرفت
۱۴	۷-۷-۴-۱-۲ نقشه RT (مقاومت عرضی)
۱۴	۸-۷-۴-۱-۲ جمع‌بندی و پیشنهادها
۱۵	۵-۱-۲ تهیه برنامه آتی
۱۵	۲-۲ شیوه پروفیل زنی الکتریکی
۱۵	۱-۲-۲ هدف
۱۵	۲-۲-۲ برنامه‌ریزی
۱۵	۱-۲-۲-۲ مدارک موردنیاز
۱۵	۲-۲-۲-۲ انتخاب آرایه
۱۷	۳-۲-۲ اجرا
۱۷	۴-۲-۲ تهیه گزارش

فهرست مطالب

صفحه		عنوان
۱۸	استاندارد علامتها و مشخصه‌های نقشه‌ها، مقطعها و نمودارهای الکتریک	۳-۳
۱۹	نقشه موقعیت	۳-۱
۱۹	نقشه هم‌مقاومت ویژه ظاهری	۳-۲
۲۱	نقشه‌های هم‌عمق سقف کف، هم ارتفاع سنگ کف و هم ضخامت رسوبات آبرفتی	۳-۳
۲۲	نقشه هم‌مقاومت عرضی (RT)	۳-۴
۲۲	مقطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری	۳-۵
۲۴	مقطع ژئوالکتریک	۳-۶
۲۵	نمودارهای پروفیل زنی	۳-۷
۲۶	مقطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری قطبی - دوقطبی و یا دوقطبی - دوقطبی	۳-۸
۲۷	راهنمای نقشه‌ها	۳-۹
۲۷	بخش بالایی (عنوان)	۳-۹-۱
۲۷	بخش میانی (راهنما)	۳-۹-۲
۲۷	بخش پایینی (سایر اطلاعات)	۳-۹-۳

برنامه‌ریزی و انجام‌دادن بررسیهای ژئوفیزیکی در مراحل مختلف طرح باید متناسب با اهداف هر مرحله و ابعاد منطقه مورد مطالعه باشد. در این نشریه عاملهای مورد نیاز برای بررسی و اندازه‌گیریهای لازم متناسب با دامنه کار مشخص شده است. عاملهای مورد بررسی به قرار زیر است:

- تقسیم نقشه‌های مورد استفاده براساس کاربرد آنها در سه مقیاس کوچک، متوسط و بزرگ
- گونه‌های مطالعاتی براساس، چگونگی محل به دو گونهٔ آبرفت و ساختگاه
- محدودهٔ مطالعات براساس وسعت محدوده به سه گروه، منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی، همخوان با مقیاس نقشه‌ها
- گسترهٔ مطالعات براساس اهداف مطالعه در سه گروه، شناسایی، تفصیلی و تکمیلی

در این نشریه روشهای الکتریکی شامل: دو شیوه گمانه‌زنی الکتریکی (VES) و پروفیل‌زنی الکتریکی استاندارد شده است. این استانداردها شامل: برنامه‌ریزی، اجرا و تهیه گزارش است. استاندارد برنامه‌ریزی مشتمل بر: مدارک مورد نیاز، توصیه در انتخاب آرایه، انتخاب فاصلهٔ برداشت و پارامترهای اندازه‌گیری است. استاندارد اجرا در برگیرنده، پیاده کردن نقاط برداشت، دستورالعملهایی مربوط به دستگاهها، تجهیزات و مقاومت الکترودی است. استاندارد تهیه گزارش، با توجه به "استاندارد علامتها و مشخصه‌های نقشه‌های ژئوفیزیکی" و همخوانی با نقشه‌های مقیاس بندی شده، براساس داده‌های صحرائی و تفسیر آنها شامل: توصیه‌هایی برای تهیه نقشه‌ها، مقطعها و نمودارهای الکتریکی است.

توجه:

مطالب عنوان شده در این نشریه هماهنگ با مفاهیم ارائه شده در نشریه «شناخت مطالعات الکتریک به روش مقاومت ویژه» است و برای کسب اطلاعات بیشتر پیرامون واژه‌ها و مفاهیم به کار برده شده در این استاندارد، خوانندگان می‌توانند به نشریه یاد شده مراجعه کنند.

۲-۱ تعاریف

۱-۲-۱ نقشه‌ها و مدارک

کلیه نقشه‌ها و مدارک بر اساس مقیاس آنها به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس به شرح زیر تقسیم می‌گردد:

- نقشه‌های کوچک مقیاس با مقیاس کوچکتر از ۱/۵۰۰۰۰
- نقشه‌های متوسط مقیاس با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ تا ۱/۱۰۰۰۰۰
- نقشه‌های بزرگ مقیاس با مقیاس بزرگتر از ۱/۱۰۰۰۰۰

۲-۲-۱ گونه‌های مطالعاتی

مطالعات براساس محلی که بر روی آن بررسی صورت می‌گیرد به دو گونه مطالعات آبرفت و مطالعات ساختگاه تقسیم می‌گردد.

۱-۲-۲-۱ مطالعات آبرفت

این‌گونه مطالعات بر روی مناطق آبرفتی صورت می‌گیرد و هدف از آن بررسی تغییرات ضخامت و دانه‌بندی آبرفت و در حد امکانات روش، بررسی وجود و همچنین کیفیت آب است. در این مطالعات وجود احتمالی ناپیوستگی در سنگ کف نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. این گروه از مطالعات اکثراً در چارچوب مطالعات تأمین آب صورت می‌گیرد و جنبه اکتشافی خواهد داشت.

تذکر: روند مطالعات ژئوفیزیک به‌منظور پیگرد منابع آب در سازندهای سخت و کارستیک نیز کم و بیش مشابه مطالعات آبرفت است. با در نظر گرفتن اینکه اجرای عملیات صحرایی و نیز تعبیر و تفسیر برداشتها دشوارتر است.

۲-۲-۲-۱ مطالعات ساختگاه

هدف از این‌گونه مطالعات که معمولاً در محل احداث سازه‌های مختلف (بدون در نظر گرفتن نوع سازند، نرم یا سخت) از جمله سازه‌های آبی صورت می‌گیرد، پاسخگویی به سئوالها و ابهامهای مهندسی در حد امکانات روشهای ژئوفیزیکی است. این نوع بررسیها معمولاً جنبه مهندسی خواهد داشت.

۳-۲-۱ محدوده مطالعات

مطالعات براساس وسعت محدوده مورد مطالعه به سه گروه منطقه‌ای، ناحیه‌ای و محلی به شرح زیر تقسیم می‌شود:

۱-۳-۲-۱ مطالعات منطقه‌ای

مطالعاتی است که می‌توان با دقت قابل قبول (با توجه به اهداف مطالعه) بر روی نقشه‌های کوچک مقیاس انجام داد.

۲-۳-۲-۱ مطالعات ناحیه‌ای

مطالعاتی است که می‌توان با دقت قابل قبول (با توجه به اهداف مطالعه) بر روی نقشه‌های متوسط مقیاس انجام داد.

۳-۳-۲-۱ مطالعات محلی

مطالعاتی است که می‌توان با دقت قابل قبول (با توجه به اهداف مطالعه) بر روی نقشه‌های بزرگ مقیاس انجام داد.

۴-۲-۱ گستره مطالعات

مطالعات براساس اهداف مطالعه در سه گروه شناسایی، تفصیلی و تکمیلی صورت می‌گیرد.

۱-۴-۲-۱ مطالعات شناسایی

در مطالعات شناسایی هدف تعیین نیاز به انجام‌دادن یا ندادن مطالعات بیشتر و تشخیص امکانات و محدودیتهای طرح از دیدگاه روش مقاومت ویژه است. در این مطالعات با استفاده از کلیه اطلاعات و نقشه‌ها، با مقیاس مناسب، و با انجام‌دادن اندازه‌گیریهای مقدماتی برای تعیین اولویت بررسی بخشهای مختلف منطقه و روشهای مناسب ژئوفیزیکی برای استفاده در برنامه‌ریزی مطالعات بعدی اقدام خواهد شد.

روش بررسیهای مقاومت ویژه در مطالعات شناسایی متناسب با وضعیت زمین‌شناختی منطقه، ناحیه یا محدوده و با توجه به نوع پروژه موردنظر و طبیعت سئوالهایی که در مطالعات مشابه مطرح بوده است، انتخاب می‌گردد. توضیح: کارفرما باید با توجه به اهداف طرح، مقیاس مناسب برای نقشه‌ها را تعیین و با در اختیار قرار دادن این نقشه‌ها و مدارک، مطالعات شناسایی را در مقیاس موردنظر درخواست نماید.

۲-۴-۲-۱ مطالعات تفصیلی

در مطالعات تفصیلی بخشهای مختلف منطقه براساس اولویتهای تعیین شده در مطالعات شناسایی با چگالی بیشتر برداشتها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مطالعات با به کارگیری روشهای توصیه شده در مطالعات شناسایی، به سئوالات زمین‌شناختی و تکتونیکی در حد امکانات روشهای به کار برده شده پاسخ داده خواهد شد. توضیح: کارفرما می‌تواند براساس تلفیق نتایج مطالعات تفصیلی و نتایج سایر بررسیها از جمله حفاریهای اکتشافی، با نظر مشاور برای پیشنهاد مطالعات تکمیلی ژئوفیزیکی با حجم محدود اقدام کند.

۳-۴-۲-۱ مطالعات تکمیلی

در مطالعات تکمیلی بخشهایی خاص از منطقه براساس ابهامها و تناقضهای پیش آمده احتمالی و یا بی‌هنجاریهای مشاهده شده در مراحل مختلف مطالعات طرح مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- استاندارد مطالعات الکتریک به روش مقاومت ویژه

در مطالعات مقاومت ویژه الکتریکی از دو شیوه گمانه‌زنی الکتریکی (VES¹) و پروفیل‌زنی الکتریکی استفاده می‌شود:

۱-۲ شیوه گمانه‌زنی الکتریکی

۱-۱-۲ هدف

هدف از گمانه‌زنی الکتریکی بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی با عمق است.

۲-۱-۲ برنامه‌ریزی

برنامه‌ریزی مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی، متناسب با اهداف پروژه و امکانات محلی برای اجرای عملیات صورت می‌گیرد.

۱-۲-۱-۲ مدارک موردنیاز

مدارک مورد نیاز شامل: نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناختی، عکسهای هوایی و یا ماهواره‌ای و سایر اطلاعات مربوط می‌گردد. مقیاسهای زیر در رابطه با عکسها و نقشه‌ها توصیه می‌شود:

- در گستره شناسایی مطالعات آبرفت، حداقل نقشه‌های کوچک مقیاس و در گستره مطالعات تفصیلی و تکمیلی آن نقشه‌ها و عکسهای متوسط و بزرگ مقیاس
- در کلیه گستره‌های مطالعات ساختگاه نقشه‌ها و عکسهای بزرگ مقیاس

۲-۲-۱-۲ انتخاب آرایه

- برای گمانه‌زنی الکتریکی بهتر است از آرایه چهارقطبی شلومبرژه استفاده شود. تحت شرایط ویژه استفاده از سایر آرایه‌ها به شرح زیر توصیه می‌شود:
- در صورت وجود محدودیت در گسترش کابلها، استفاده از آرایه حامل یا دوقطبی - دوقطبی

- در صورت شیب بیش از ۱۵ درجه برای لایه‌ها، استفاده از آرایه دوقطبی - دوقطبی
- در صورت پایین بودن اختلاف پتانسیل به علت مقاومت زیاد لایه سطحی و عدم امکان اندازه‌گیری بادقت مطلوب، به شرط آنکه کلیه اقدامها برای افزایش اختلاف پتانسیل موثر نباشد، استفاده از آرایه ونر

۳-۲-۱-۲ انتخاب فاصله برداشت

- به منظور دستیابی به پوششی مطلوب از محدوده مورد مطالعه، فواصل برداشت زیر توصیه می‌گردند:
- در گستره شناسایی مطالعات آبرفت، فاصله خطهای برداشت از یکدیگر حداکثر ۲ کیلومتر و فاصله نقاط برداشت یک کیلومتر انتخاب می‌شود.
- در گستره تفصیلی و تکمیلی مطالعات آبرفت، فاصله خطهای برداشت و فاصله نقاط برداشت از یکدیگر براساس نتایج مطالعات شناسایی تعیین می‌شود. فاصله خطهای برداشت معمولاً بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و فاصله نقاط برداشت بین ۵۰ تا ۵۰۰ متر براساس اطلاعات موجود انتخاب می‌شود.
- در گستره شناسایی مطالعات ساختگاه، فاصله خطهای برداشت از یکدیگر با توجه به تنوع شرایط و با در نظر گرفتن اهداف مطالعه و در چارچوب تعریف مطالعات شناسایی (نگا. ۱-۴-۲-۱) تعیین می‌شود.
- در گستره مطالعات تفصیلی و تکمیلی مطالعات ساختگاه، فاصله خطهای برداشت بین ۵۰ تا ۲۰۰ متر و فاصله نقاط برداشت بین ۲۰ تا ۱۰۰ متر توصیه می‌شود. در هر حال فاصله خطهای برداشت از یکدیگر برحسب نتایج حاصل از مطالعات شناسایی و ویژگیهای گزینه‌ها تعیین می‌شود.

۴-۲-۱-۲ پارامترهای اندازه‌گیری

جدولهای ۱-۲، ۲-۲، ۳-۲ و ۴-۲ نمونه‌هایی از جدولهای برداشت صحرایی را برای آرایه‌های مختلف نشان می‌دهد. قابل توجه است که روند گسترش خطهای برداشت باید عمود بر امتداد بی‌هنجاری مورد نظر و در صورت نامشخص بودن امتداد بی‌هنجاریها، عمود بر لایه‌ها انتخاب شود.

به منظور افزایش دقت اندازه‌گیریها، استفاده از پارامترهای زیر در شرایط متعارف توصیه می‌شود:

در مطالعات آبرفت برای آرایش شلومبرژه حداقل طول AB برابر ۶ متر و طول MN برابر ۲ متر و افزایش طول AB متناسب با $\sqrt{۲}$ توصیه می‌شود. حداکثر طول AB باید متناسب با بیشینه عمق مورد بررسی باشد؛ ولی در شرایط متعارف بیش از ۲۰۰۰ متر نخواهد بود. عمق بررسی با توجه به شرایط زمین به صورت زیر برآورد می‌شود:

- در زمینهایی با توالی لایه‌بندی هادی به مقاوم حداقل $AB/۹$

- در زمینهایی با توالی لایه‌بندی مقاوم به هادی حداکثر $AB/۲$

OA	MIN	K	ΔV	I	pa
1	0.5	5.9			
1.5	0.5	13.7			
2	0.5	24.7			
3	0.5	56.2			
3	2	12.6			
5	2	37.7			
7	2	75.4			
10	2	155.5			
10	5	58.9			
15	5	137.4			
20	5	247.4			
30	5	561.6			
40	5	1001.4			
50	5	1566.9			
50	20	377.0			
70	5	3074.8			
70	20	754.0			
100	20	1555.1			
150	20	3518.6			
200	20	6267.5			
200	80	1508.0			
300	20	14121.5			
300	80	3471.5			
400	80	6220.4			
500	80	9754.6			

جدول ۲-۲: جدول صحرائی آرایه شلومبروزه با نواصل نگارتمی گرد شده

OA	MIN	K	ΔV	I	pa
1	0.5	5.9			
1.47	0.5	13.2			
2.15	0.5	28.7			
3.16	0.5	62.3			
3.16	2	14.1			
4.64	2	32.2			
6.81	2	71.3			
10	2	155.5			
10	5	58.9			
14.7	5	131.8			
21.5	5	287			
31.8	5	631			
46.4	5	1349			
46.4	20	322			
68.1	5	2910			
68.1	20	713			
100	20	1555			
147	20	3379			
215	20	7245			
215	80	1752			
316	20	15670			
316	80	3859			
464	80	8392			

جدول ۱-۲: جدول صحرائی آرایه شلومبروزه با نواصل مساوی نگارتمی

a	K	ΔV	I	pa
1	6.3			
1.5	9.4			
2	12.6			
3	18.8			
5	31.4			
7	44.0			
10	62.8			
15	94.2			
20	125.7			
30	188.5			
40	251.3			
50	314.2			
70	439.8			
100	628.3			
150	942.5			
200	1256.6			
300	1885.0			
400	2513.3			
500	3141.6			

جدول ۲-۴ جدول صحرایی آزایی وتر با فواصل لگاریتمی گرد شده

OA	MN	K	ΔV	I	pa
1	0.5	11.8			
1.5	0.5	27.5			
2	0.5	49.5			
3	0.5	112.3			
3	2	25.1			
5	2	75.4			
7	2	150.8			
10	2	311.0			
10	5	117.8			
15	5	274.9			
20	5	494.8			
30	5	1123.1			
40	5	2002.8			
50	5	3133.7			
50	20	754.0			
70	5	6149.7			
70	20	1508.0			
100	20	3110.2			
150	20	7037.2			
200	20	12535.0			
200	80	3015.9			
300	20	28242.9			
300	80	6942.9			
400	80	12440.7			
500	80	19509.3			

جدول ۲-۳ جدول صحرایی آزایی حامل با فواصل لگاریتمی گرد شده

- به طور معمول $AB/4$

در شرایط متعارف عمق بررسی به منظور برنامه ریزی $AB/4$ در نظر گرفته می شود. در مطالعات ساختمانی برای آرایش شلومیرزه حداقل طول AB برابر ۲ متر و طول MN برابر ۰/۵ متر و افزایش طول AB متناسب با $\sqrt{2}$ توصیه می شود. برای اندازه گیریهای بعدی طول MN باید کمتر از ۰/۴ طول OA باشد. سایر شرایط ذکر شده در بالا برای مطالعات آبرفت در مورد مطالعات ساختمانی نیز صادق خواهد بود. حداکثر طول AB در مطالعات ساختمانی معمولاً کمتر از ۲۰۰۰ متر است.

۳-۱-۲ اجرا

پس از برنامه ریزی، اجرای عملیات صحرائی طی مراحل زیر صورت می گیرد:

۱-۳-۱-۲ پیاده کردن نقاط برداشت

موقعیت نقاط برداشت براساس برنامه ریزیهای قبلی از طریق روشهای زیر پیاده خواهد شد: در مطالعات آبرفت در گستره شناسایی و تفصیلی، در صورت موجود بودن عوارض و نشانه های صحرائی، استفاده از نقشه های توپوگرافی و یا عکسهای هوایی و آلتیمر برای پیاده کردن نقاط کافی خواهد بود. در مطالعات آبرفت در گستره تکمیلی، به ویژه در پیگیری خطواره های تکتونیکی، در صورت موجود نبودن نقشه های توپوگرافی بزرگ مقیاس، پیاده نمودن نقاط سونداژ با استفاده از برداشتهای نقشه برداری صورت خواهد گرفت. در مطالعات ساختمانی، در همه گستره های مطالعاتی، در صورت موجود نبودن نقشه های توپوگرافی بزرگ مقیاس، پیاده نمودن نقاط سونداژ با استفاده از برداشتهای نقشه برداری صورت خواهد گرفت. توضیح: بدیهی است که عملیات نقشه برداری مورد نیاز خارج از چارچوب قرارداد ژئوفیزیک است.

۲-۳-۱-۲ اندازه گیری

اندازه گیریهای صحرائی یکی از ارکان اساسی و تعیین کننده میزان دقت و نیز قابل اطمینان بودن نتایج بررسی است. توجه به نکات زیر به هنگام اندازه گیری ضروری است:

۱-۲-۳-۱-۲ پرسنل

یک گروه صحرائی شامل: یک نفر تکنسین، یک نفر مهندس ژئوفیزیک و متناسب با عملیات صحرائی بین ۲ تا ۷ نفر

کارگر است. تکنسین و کارگران در تمام مدت عملیات صحرائی با گروه کار می‌کنند و مهندس ژئوفیزیک بعنوان سرپرست اکیپ، برنامه‌ریزی و کنترل برنامه‌ها را بر عهده خواهد داشت. مهندس مسئول موظف است، ابتدا نقاط برداشت در روی نقشه‌ها را با محل آنها بر روی زمین تطبیق دهد و در پایان، اندازه‌گیریها را کنترل (وارسی) و از صحت عملیات صحرائی اطمینان کامل حاصل نماید.

۲-۱-۳-۲-۲ دستگاهها و تجهیزات

اندازه‌گیریها باید با دقت کامل و با استفاده از دستگاههای مطمئن صورت گیرد. دستگاهها باید پتانسیل و جریان (یانسبت آنها) را با دقت زیاد (حدود $\pm 1\%$) اندازه‌گیری نمایند. قرائتها باید عاری از خطای حاصل از قطبش الکترودی، پتانسیل ناشی از تماس الکتروود با زمین و همچنین جریانهای طبیعی زمین باشد. دو اشکال عمده صحرائی که باید از آنها پرهیز کرد: نشت جریان به زمین به علت زدگی و یا عایق ضعیف سیمهای جریان و نشت جریان به مدار پتانسیل به علت مرطوب بودن دستگاه و یا مجاورت سیمها با هم است.

۲-۱-۳-۳ مقاومت الکتروودی

مقاومت الکتروودها معمولاً در حد چند هزار اهم است و مقادیر بزرگتر حساسیت دستگاه را کاهش می‌دهد. مقاومت زیاد الکتروودهای جریان باعث شارش کم جریان و مقاومت زیاد الکتروودهای پتانسیل سبب حساسیت کم و ابهام در قرائت پتانسیل خواهد شد.

به طور خلاصه برای کاربردهای صحرائی مقاومت الکتروودهایی به قطر ۲۵ میلیمتر زیر یادآوری می‌شود:

یک میله فلزی که ۴۰ سانتیمتر در زمین فرو رفته باشد: $R = 1/65 \rho$

یک جفت میله فلزی با فاصله یک متر و متصل به هم: $R = 0/6 \rho$

یک میله بزرگ که یک متر در زمین فرو رفته باشد: $R = 0/8 \rho$

۱۰ میله بزرگ (دیلم) به فواصل یک متر از هم: $R \approx 0/2 \rho$

که در آن R مقاومت الکتروود و ρ مقاومت ویژه زمین است. بنابراین هرچه الکتروودهای جریان در زمین بیشتر فرو روند، مقدار مقاومت سر راه جریان کمتر است. لازم به یادآوری است که به هنگام استفاده از چند الکتروود در یک نقطه، فاصله آنها باید بیش از عمق فرورفتگی آنها در زمین باشد.

برای کاهش مقاومت الکترودی اقدامات زیر توصیه می‌شود:

- الکترودها در صورت امکان با زمین مرطوب در تماس باشند. این رطوبت گاه در چند سانتیمتری و گاه در عمق یک متر و بیشتر قابل دسترسی است.
- دو الکترودها یا بیشتر را که به فاصله یک تا دو متر از هم قرار گرفته و به صورت موازی به هم وصل شده‌اند به کار برده شود.
- آب یا آب نمک در اطراف الکترودها ریخته شود. توجه: برای کاهش مقاومت الکترودهای پتانسیل و برای جلوگیری از پتانسیل تماسی، از آب بدون اضافه نمودن نمک استفاده می‌شود.
- در صورت بروز اشکال در اندازه‌گیری پتانسیل بر اثر تماس الکترودهای فلزی پتانسیل با زمین، استفاده از الکترودهای سفالی الزامی است.

۲-۱-۴ تهیه گزارش

برای تهیه گزارش تفسیر سونداژهای الکتریک، محل گمانه‌های الکتریک برداشت شده باید بر روی نقشه‌ای (نقشه موقعیت) با مقیاسی متناسب با سایر مطالعات به طور اعم و خصوصاً نقشه زمین‌شناختی آورده شود (نگاه بخش ۳). براساس داده‌های صحرائی و تفسیر آنها، گزارش نهایی باید شامل: نقشه‌ها، مقطعیها و نمودارهای زیر و شرح آنها نیز باشد.

۲-۱-۴-۱ نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری

این نقشه که مشخص کننده کیفیت تغییرات مقاومت ویژه ظاهری به ازای طول معینی از فاصله بین الکترودهای فرستنده جریان (AB) است، وضع عمومی تغییرات مقاومت ویژه الکتریک در منطقه را تا عمق بررسی نشان می‌دهد. در مطالعات آبرفت برای تعیین مناطق با مقاومت‌های ویژه ظاهری متفاوت و گسترش این نواحی در سطح و از سطح به عمق، لااقل تهیه سه نقشه پربندی زیر ضروری است:

- برای عمقی کمتر از سطح آب زیرزمینی
- برای عمق متوسط آبخوان
- برای عمق متوسط سنگ‌کف

با مقایسه این سه نقشه گسترش نواحی مختلف با مقاومت‌های ویژه کم، متوسط و زیاد، وضع رسوبگذاری، برای افزایش و یا کاهش شوری آب و گسترش سازندهای مختلف در منطقه باید مورد بحث قرار گیرد. این نقشه‌ها باید با آگاهی کامل از وضع زمین‌شناختی و نحوه قرار گرفتن لایه‌ها تهیه گردد. در کلیه مطالعات نحوه تهیه این نقشه‌ها باید

در حدی باشد که جوابگوی ابهامات موجود بوده و ارائه نقشه‌ها در استفاده از هر نوع آرایه‌ای باید متناسب با طبیعت روش به کاررفته باشد.

در مطالعات ساختگاه، به منظور بررسی تغییرات مقاومت‌های ویژه ظاهری در سطح منطقه و از سطح به عمق نقشه‌هایی برای عمق‌های کم، متوسط و زیاد، با در نظر گرفتن هدف مطالعه تهیه می‌شود. با مقایسه نقشه‌های تهیه شده، گسترش نواحی مختلف با مقاومت‌های ویژه کم، متوسط و زیاد، وضع رسوبات پوششی، حضور ناپیوستگی و یا گسله‌های احتمالی و همچنین سلامت نسبی سنگها از نظر خردشدگی و هوازدگی باید در حد امکانات روش به کاررفته آشکار شود.

۲-۴-۱-۲ مقطع‌های هم مقاومت ویژه ظاهری

بر اساس نتایج تفسیر نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری و به منظور پیگرد بی‌هنجاریهای مشاهده شده در آنها و بررسی کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری از سطح به عمق، مقطع‌های هم مقاومت ویژه ظاهری در امتداد خطوط برداشت ماربری‌هنجاریها تهیه می‌گردند. تفسیر این مقطعها باید با آگاهی از لایه‌های سطحی و طبقات زیرزمینی انجام گیرد، چراکه عدم توجه به مقاومت‌های لایه‌های سطحی و لایه‌های عمیق ممکن است نتایج گمراه کننده‌ای به همراه داشته باشد.

۳-۴-۱-۲ مقطع‌های ژئوالکتریک

نتیجه تفسیر گمانه‌های الکتریکی که بر روی یک خط برداشت قرار دارند به صورت مقطع‌های ژئوالکتریک (مقاومت ویژه حقیقی) نشان داده می‌شوند. این مقطعها باید در برگیرنده اطلاعات زیر باشد:

- توپوگرافی سطح زمین در امتداد خط برداشت مربوط با مقیاس قائم مناسب، که نباید بزرگتر از 10° برابر مقیاس افقی باشد.

- منظور نمودن لایه‌بندی الکتریک بر اساس تفسیر نمودار سونداژهای الکتریک با مقیاس توپوگرافی
- دسته‌بندی لایه‌های الکتریک بر اساس مقاومت ویژه حقیقی آنها، روند سونداژهای الکتریک مربوط، اطلاعات گمانه‌های اکتشافی و اطلاعات زمین‌شناختی

۴-۴-۱-۲ نقشه هم ضخامت آبرفت یا هم عمق سنگ کف

در صورت نیاز به تعیین ابعاد هندسی آبخوان در مطالعات آبرفتی و یا ابعاد هندسی منابع قرضه و روبرار در مطالعات

ساختگاه، نقشه هم ضخامت آبرفت یا هم عمق سنگ کف باید تهیه شود. تهیه این نوع نقشه‌ها منوط به مشخص بودن سنگ کف در همه و یا اکثر نمودارهای گمانه‌های الکتریک است.

۲-۱-۴-۵ نقشه هم‌ارتفاع سنگ کف

در صورت نیاز به تعیین نقشه هم‌ارتفاع سنگ کف و در اختیار بودن ارتفاع نسبی یا مطلق نقاط برداشت، این نقشه باید تهیه گردد.

۲-۱-۴-۶ نقشه پربند مقاومت عرضی

برای تهیه نقشه مقاومت عرضی، اطلاعات مربوط به سطح ایستابی آبهای زیرزمینی کل منطقه می‌بایست از طرف کارفرما در اختیار مشاور قرار داده شود. تفسیر این نقشه‌ها باید هماهنگ با نقشه‌های هم مقاومت ویژه ظاهری و مقاطع ژئوالکتریک صورت گیرد.

۲-۱-۴-۷ متن گزارش

بررسیهای مقاومت ویژه برحسب برنامه‌های انجام شده صحرایی و تفسیر نتایج، همراه نقشه‌ها و نمودارها در متن گزارش که مشتمل بر: شرح، نتیجه‌گیری و پیشنهادهاست به صورت زیر ارائه می‌شود:

۲-۱-۴-۷-۱ مقدمه گزارش

مقدمه گزارش شامل: مشخصات قرارداد، هدف و روش مطالعه، مدت کار صحرایی، معرفی مطالعات ژئوفیزیکی قبلی (در صورت موجود بودن)، نقشه‌ها و اطلاعات موجود زمین‌شناسی، برنامه‌ریزی، ترکیب افراد، تجهیزات، مسئولیت کارهای صحرایی و سایر شرایط عمومی است.

۲-۱-۴-۷-۲ موقعیت جغرافیایی و مشخصه‌های نقاط برداشت

موقعیت جغرافیایی شامل حدود، طول و عرض جغرافیایی، وضع توپوگرافی، هیدرولوژی منطقه (بارندگی، رودخانه‌های فصلی و غیرفصلی) و کلیه مطالب مربوط به شرایط جغرافیایی محدوده مورد بررسی است. این بخش همچنین باید در برگیرنده وسعت منطقه مورد مطالعه، تعداد نقاط برداشت و فواصل و امتداد کلی خطوط برداشت باشد.

۲-۱-۴-۷-۳ زمین شناسی کلی منطقه

زمین شناسی کلی منطقه شامل: زمین شناسی سازندهای حاشیه منطقه مورد مطالعه است. در مطالعات آبرفت اشاره به زمین شناسی آب شامل: تقسیم بندی آبرفتها و برای مطالعات ساختگاه اشاره به زمین شناسی مهندسی ضروری است. توضیح: کلیه اطلاعات زمین شناسی باید طبق استاندارد کمیته هیدروژئولوژی و زمین شناسی مهندسی با مقیاس مناسب در اختیار مشاور قرار داده شود.

۲-۱-۴-۷-۴ جدول مقاومت ویژه

در این جدول حدود تغییرات مقاومت ویژه سازندهای مختلف مورد مطالعه مشخص می شود.

۲-۱-۴-۷-۵ شرح نقشه های پربندی مقاومت ویژه ظاهری

این بخش در برگرفته شرح نواحی و مناطق با مقاومت های ویژه کم، متوسط و زیاد، علت تغییرات مقاومت ویژه، ارتباطات با نقشه های زمین شناسی، ارتباط این نقشه با نقشه تغییرات کیفیت آب های زیرزمینی و مقایسه نقشه های پربندی با طولهای مختلف AB و نتیجه گیری از آنهاست.

۲-۱-۴-۷-۶ شرح مقطعهای پربندی مقاومت ویژه ظاهری

شرح مقطعهای پربندی مقاومت ویژه ظاهری در برگرفته توضیح کیفی در مورد علل احتمالی حضور زونهایی با مقاومت ویژه ظاهری پایین یا بالا که در مقطع مشاهده می شوند، تغییر ناگهانی روند پربندها و همچنین چگونگی تغییر مقدارهای پربندی با عمق و یا به صورت جانبی است. در هر حال توضیحات ارائه شده باید با در نظر گرفتن روند لایه ها بخصوص سنگ کف باشد.

۲-۱-۴-۷-۷ شرح مقطعهای ژئوالکتریک

شرح مقطعهای ژئوالکتریک باید شامل: تفسیر کمی لایه های مشاهده شده، نحوه دسته بندی آنها، ارتباط آنها با رخنمونهای منطقه و همچنین ارتباط آنها با اطلاعات حفاری موجود باشد در نهایت هر نوع اظهار نظری که براساس تغییرات مقاومت ویژه مشاهده شده در مورد تغییر ویژگیهای فیزیکی لایه ها با عمق یا تغییر جانبی صورت می گیرد می بایست در نظر گرفته شود. اشاره به هر نوع ناپیوستگی احتمالی به صورت گسله یا همبریها باید در شرح مقطعهها منظور شود. در صورت مشاهده سنگ کف، اظهار نظر در مورد آن باید در شرح مقطعهها آورده شود.

۲-۱-۴-۷-۸ شرح نقشه‌های هم‌ضخامت آبرفت

در این بخش از گزارش عوامل و یا پدیده‌هایی که در این نقشه دیده می‌شود و همچنین مناطق با ضخامت زیاد توضیح داده می‌شود.

۲-۱-۴-۷-۹ شرح نقشه RT (مقاومت عرضی)

تعیین و شرح مسیرهای آب زیرزمینی یا مسیلهای آبرفتی و یا مخروط افکنه‌ها، وجود گسل‌ها، ارتباط مسیرها با دریچه‌های تغذیه در منطقه، تعیین حدود مناطق با آبدهی خوب، متوسط، ضعیف و بد، مقایسه این نقشه با سایر نقشه‌ها و نتیجه‌گیری زمین‌شناسی از آنها در این بخش از گزارش آورده می‌شود.

۲-۱-۴-۷-۱۰ جمع‌بندی و پیشنهادها

این بخش شامل: جمع‌بندی کلیه بررسیهای صحرایی، دفتری و نتایج حاصله، پیشنهاد حفاریهای اکتشافی، و اشاره به نواقص در مطالعات و غیره است.

۲-۱-۵ تهیه برنامه آتی

در گستره مطالعات شناسایی اشاره به برنامه‌های آتی برای مطالعات تفصیلی، و در مطالعات تفصیلی اشاره به برنامه‌های آتی برای مطالعات تکمیلی شامل: تهیه برنامه، مدت لازم و روشهای پیشنهادی برای چاره‌جویی مسائل حل نشده ضروری است.

۲-۲ شیوه پروفیل زنی الکتریکی

۲-۲-۱ هدف

هدف از پروفیل زنی الکتریکی، بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در امتداد خط برداشت و معمولاً در یک عمق تقریباً ثابت است.

۲-۲-۲ برنامه‌ریزی

برنامه‌ریزی مطالعات پروفیل زنی الکتریکی، متناسب با اهداف پروژه، امکانات محلی برای اجرای عملیات و نتایج تفسیر مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی صورت می‌گیرد.

۱-۲-۲-۲ مدارک موردنیاز

مدارک موردنیاز برای برنامه‌ریزی مطالعات پروفیل زنی الکتریکی مشابه مدارک موردنیاز برای مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی به همراه نتایج حاصل شده از مطالعات گمانه‌زنی است.

۲-۲-۲-۲ انتخاب آرایه

برای پروفیل زنی الکتریکی بسته به هدف بررسی می‌توان از آرایه‌های مختلف (نگا. نشریه شناخت مطالعات الکتریک به روش مقاومت ویژه) استفاده کرد. در هر مورد، فاصله‌های الکترودها و نحوه جابه‌جایی آنها براساس دقت موردنیاز و آرایه انتخاب شده تعیین می‌شود. به هنگام انتخاب نوع آرایه باید به موارد زیر توجه داشت: در مطالعاتی که هدف، بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در یک عمق ثابت و در امتداد خط برداشت است، باید از آرایه‌های شلومبرژه، ونر و یا قطبی - دو قطبی بهره گرفت. برای عمقهای نسبتاً زیاد با توجه به کوچک بودن نسبی فاصله MN برای آرایه شلومبرژه، این آرایه دقت بیشتری را در اختیار قرار می‌دهد. بنابراین در شرایط معمول استفاده از آرایه شلومبرژه توصیه می‌شود. در صورتی که گسترش جانبی بی‌هنجاری موردنظر نسبت به عمق آن زیاد باشد و با توجه به طول AB، فاصله MN در آرایه ونر ($MN=AB/3$) بتواند حداقل ۵ نقطه از بی‌هنجاری موردنظر را نمونه‌برداری نماید، استفاده از آرایه ونر با توجه به ساده‌تر بودن برداشتهای صحرائی مجاز خواهد بود. استفاده از آرایه قطبی - دو قطبی و یا سایر آرایه‌ها تنها در موارد خاصی که شرایط زمین شناختی، توپوگرافی و اصولاً ماهیت بی‌هنجاری ایجاب کند، با ارائه استدلال علمی مجاز خواهد بود.

انتخاب طول AB مناسب برای آرایه‌های شلومبرژه و ونر باید براساس اطلاعات زمین‌شناختی و نتایج گمانه‌های الکتریکی موجود در منطقه صورت گیرد. اگر بی‌هنجاری زمین‌شناختی موردنظر در عمق h قرار داشته باشد، اندازه‌گیری با آرایه‌های شلومبرژه و ونر با سه طول مختلف AB ضروری است. در شرایط معمول در صورت استفاده از آرایه شلومبرژه طولهای AB برابر $2h$ ، $4h$ و $8h$ و در صورت استفاده از آرایه ونر، طولهای a برابر h ، $1/5 h$ و $2h$ توصیه می‌شود. در هر حال انتخاب فاصله AB مناسب باید با در نظر گرفتن نمودار گمانه‌های الکتریکی برداشت شده قبلی صورت گیرد.

انتخاب طول MN نسبت به AB برای آرایه شلومبرژه $AB/5$ تا $AB/9$ است. انتخاب طولهای MN کوچکتر از یک طرف باعث افزایش دقت اندازه‌گیریها و از طرف دیگر باعث افزایش حجم عملیات خواهد شد. در شرایط متعارف که در آن اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین الکترودهای M و N در حد مطلوب امکانپذیر باشد، استفاده از طول MN برابر $AB/9$ توصیه می‌شود. در صورت پایین بودن اختلاف پتانسیل بین الکترودهای M و N، استفاده از طول MN برابر $AB/5$ مجاز خواهد بود.

جابه‌جایی آرایه پس از هر قرائت در پروفیل‌زنی ساده برابر MN و در پروفیل‌زنی تکراری برابر $MN/2$ است. در صورت تمایل به انجام دادن پروفیل‌زنی شناسایی، قبل از مطالعات مشروح، جابه‌جایی آرایه پس از هر قرائت برابر طول AB خواهد بود.

در مطالعاتی که هدف بررسی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی در امتداد خط برداشت و با عمق است، باید از آرایه‌های دوقطبی - دوقطبی یا قطبی - دوقطبی بهره گرفت. در این آرایه‌ها مشکل اساسی پایین بودن اختلاف پتانسیل قابل اندازه‌گیری بین الکترودهای M و N است. فاصله الکترودها، نحوه جابه‌جایی و حداکثر فاصله الکترودهای پتانسیل از الکترودهای جریان باید با در نظر گرفتن اطلاعات موجود و براساس چگونگی توزیع نقاط در مقطع و ابعاد و موقعیت بی‌هنجاری با ارائه استدلال علمی کافی از پیش مشخص شود.

۳-۲-۲ اجرا

پس از برنامه‌ریزی، اجرای عملیات صحرائی طی مراحل مشابه مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی صورت می‌گیرد.

۴-۲-۲ تهیه گزارش

از آنجا که مطالعات پروفیل‌زنی معمولاً همراه با مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی صورت می‌گیرد، گزارش مطالعات پروفیل‌زنی نیز در همان چارچوب گزارش مطالعات گمانه‌زنی الکتریکی ارائه خواهد شد. اطلاعات پروفیل‌زنی باید بر روی نقشه موقعیت و به صورت نمودار و یا مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری بر حسب مورد ارائه گردد و کلیه نتایج با اطلاعات زمین‌شناختی موجود و گمانه‌های الکتریکی تلفیق شود.

۳- استاندارد علامتها و مشخصه‌های نقشه‌ها، مقطعها و نمودارهای الکتریک

نتایج بررسیهای الکتریکی از طرف گروهها، سازمانها و شرکتهای مجری به صورت نقشه، مقطع و نمودار ارائه می‌شود. نیاز به مقایسه این مدارک با نتایج سایر بررسیها ایجاب می‌کند که علامتها و مشخصه‌های آنها از استاندارد خاصی پیروی نماید تا ضمن ایجاد هماهنگی بین نقشه‌ها، مقطعها و نمودارها، مقابله و مقایسه نتایج نیز به سادگی امکانپذیر باشد.

در این بخش استاندارد علامتها و مشخصه‌های مدارک یاد شده همراه با هدف و کاربرد آنها شرح داده می‌شود. ضمناً علامتهای مربوط به سایر رشته‌ها (نقشه برداری، زمین شناسی، هیدروژئولوژی و غیره) طبق استانداردهای تهیه شده از طرف کمیته‌های مربوط و یا استانداردهای به کار رفته در سطح کشور مورد توجه قرار گرفته است.

۳-۱ نقشه موقعیت

هدف: مشخص کردن موقعیت اندازه‌گیریهای الکتریکی نسبت به یکدیگر و نسبت به عارضه‌های طبیعی و مصنوعی موجود در منطقه

کاربرد: کلیه مطالعات الکتریک

استاندارد: این نقشه در برگیرنده اطلاعات پایه‌ای از قبیل: توپوگرافی، زمین شناسی، محل اندازه‌گیریهای ژئوفیزیکی قبلی و همچنین محل چاهها و چشمه‌ها، رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، مسیله‌ها و راههای اصلی و فرعی است. این اطلاعات از طرف کارفرما در اختیار مجری عملیات قرار می‌گیرد و طبق استاندارد نقشه‌های زمین شناسی و هیدروژئولوژی بر روی نقشه آورده می‌شود. اطلاعات منظور شده بر روی نقشه موقعیت باید در حدی باشد تا ضمن حفظ خوانایی نقشه، اطلاعات مفیدی را که برای تفسیر نتایج اندازه‌گیریهای الکتریکی لازم خواهد بود نیز دربرگیرد. علامت شمال بر روی نقشه در محل مناسب آورده می‌شود. موقعیت اندازه‌گیریهای الکتریک انجام شده بر حسب مورد به شرح زیر بر روی نقشه موقعیت آورده می‌شود:

- محل گمانه‌های الکتریکی (سونداژهای الکتریک) انجام شده با دایره توپر که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است:

- محل گمانه های الکتریکی با طول فرستنده جریان (AB) بیش از ۲۰۰۰ متر با دو دایره توپر و تو خالی هم مرکز که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است :



- محل گمانه های الکتریکی با دو گسترش AB عمود برهم با یک دایره توپر و چهار پیکان واگرای عمود بر هم که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است :



- قطر دایره تو پر برابر ۲ میلی متر انتخاب می شود.
- محل گمانه های الکتریکی قبلی با دایره تو خالی با قطر ۲ میلی متر که شماره گمانه در بالای آن نوشته شده است :



- خط برداشت یا پروفیل (مجموعه گمانه های الکتریکی) با یک حرف بزرگ لاتین در داخل دایره در دو انتهای آن مشخص می گردد:



- امتداد پروفیل زنی الکتریک توسط پاره خطی که نام پروفیل در زیر آن نوشته شده مشخص می گردد:



۲-۳ نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری

هدف : نمایش روند تغییر مقاومت ویژه الکتریکی در منطقه برای یک عمق مؤثر نفوذ جریان

کاربرد : در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی، مشروط به اینکه توزیع گمانه های الکتریک برداشت شده در سطح منطقه در حدی باشد که تهیه چنین نقشه ای را با دقت مورد قبول ممکن سازد. تهیه این نقشه در مواردی که گمانه های الکتریک کم و بیش در یک راستا برداشت شده باشند مقدور نخواهد بود. در هر مطالعه این نقشه باید حداقل برای سه

عمق موثر (طول AB) کم، متوسط و زیاد تهیه شود. در مطالعات آب، نقشه ها باید برای عمقهایی کمتر از عمق متوسط آبخوان، برابر عمق متوسط آبخوان و بیش از عمق متوسط آبخوان تهیه شود. در مطالعات مهندسی انتخاب عمق براساس هدف طرح صورت می گیرد. در کلیه موارد عمق موثر نفوذ جریان برابر یک چهارم طول فرستنده جریان (AB/4) برای آرایش شلومبرژه و یک سوم طول فرستنده جریان (AB/3) برای آرایش ونر در نظر گرفته می شود.

استاندارد: نقشه پایه برای تهیه نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری همان نقشه موقعیت بند 3-1 است. این نقشه همچنین شامل اطلاعات اختصاصی زیر است:

- فاصله الکترودهای فرستنده جریان (AB) بر حسب متر در راهنمای نقشه مشخص می شود:

AB=200m

- مقدار مقاومت ویژه ظاهری بر حسب اهم متر در زیر محل هر گمانه نوشته می شود:

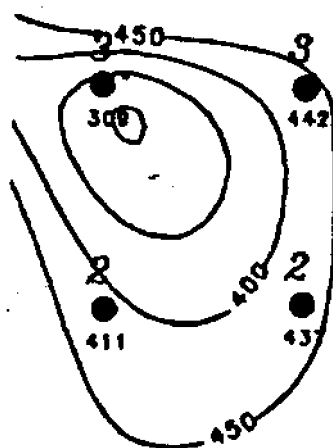
2
●
520

- پربندهای هم مقاومت ویژه ظاهری بر روی نقشه آورده می شود. فاصله پربندی (بر حسب اهم متر) متناسب با

گستره داده ها و در صورت امکان با رعایت ضریب تقریبی $\sqrt{2}$ به ترتیب زیر انتخاب می شود:

3، 5، 7، 10، 15، 20، 30، 50، 70، 100، 150، 200، 300، 500، 700، 1000، ...

مقدار پربندها باید با بریدن قسمتی از پربند و یادداشت مقدار مربوط در آن محل به دفعات مورد نیاز آورده شود:



- بر روی این نقشه از مقیاس رنگی برای مشخص کردن پهنه هایی با مقاومت ویژه متفاوت استفاده می شود. این

مقیاس معمولاً براساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده ها انتخاب و در راهنمای

نقشه مشخص می شود.

۳-۳ نقشه‌های هم عمق سنگ کف، هم ارتفاع سنگ کف و هم ضخامت رسوبات آبرفتی

هدف: نمایش روند تغییرات عمق سنگ کف و یا ضخامت رسوبات آبرفتی بر حسب مورد در منطقه مورد مطالعه

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی، مشروط به اینکه توزیع گمانه های الکتریک برداشت شده در سطح منطقه، در حدی باشد که تهیه چنین نقشه هایی را با دقت مورد قبول ممکن سازد.

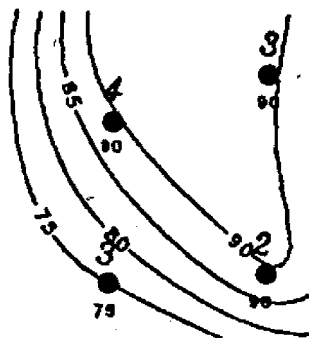
استاندارد: نقشه پایه برای تهیه نقشه های بالا همان نقشه موقعیت بند ۱-۳ است. این نقشه ها همچنین شامل اطلاعات اختصاصی زیرند:

- عمق سنگ کف، ارتفاع سنگ کف و یا ضخامت رسوبات آبرفتی بر حسب متر در زیرمحل هر گمانه نوشته می شود:

4
●
95

- فاصله پربندی متناسب با گستره داده ها انتخاب و نوع کمیت مورد استفاده (عمق، ارتفاع و یا ضخامت) در راهنمای نقشه مشخص می شود. در صورت وسیع بودن گستره مقدار کمیت مورد نظر، می توان فاصله های پربندی را با رعایت ضریب تقریبی ۲ انتخاب کرد.

- رقم پربندها باید با بریدن قسمتی از پربند به دفعات مورد نیاز و یادداشت رقم مربوط در آن محل آورده شود:



- بر روی این نقشه از مقیاس رنگی برای مشخص کردن پهنه هایی با مقدار متفاوت استفاده می شود. این مقیاس معمولاً براساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می شود.

توضیح: در صورتی که مبنای تهیه این نقشه ها ارتفاع مطلق از سطح دریا باشد، واژه "مطلق" در عنوان نقشه هم ارتفاع سنگ کف به صورت "هم ارتفاع مطلق سنگ کف" آورده می شود.

۴-۳ نقشه هم مقاومت عرضی (RT)

هدف: نمایش تغییرات مقاومت عرضی لایه آبدار در سطح منطقه

کاربرد: در مطالعات آب به روش گمانه زنی در آبرفت است. برای تهیه این نقشه اطلاع از سطح آب منطقه ضروری است.

استاندارد: نقشه پایه برای تهیه نقشه هم مقاومت عرضی همان نقشه موقعیت بند ۳-۱ است. این نقشه همچنین شامل اطلاعات اختصاصی زیر است:

- مقدار مقاومت عرضی بر حسب اهم متر مربع در زیر محل هر گمانه نوشته می شود:

11
●
4500

- پربندهای هم مقاومت عرضی بر روی نقشه آورده می شود. با توجه به گستره معمولاً وسیع مقاومت عرضی در منطقه، فاصله پربندی (بر حسب اهم متر مربع) باید در صورت امکان با رعایت تقریبی $\sqrt{2}$ انتخاب شود: ۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۵۰۰۰، ...

- بر روی این نقشه از مقیاس رنگی برای مشخص کردن پهنه هایی با مقاومت عرضی متفاوت استفاده می گردد. این مقیاس بر اساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می شود.

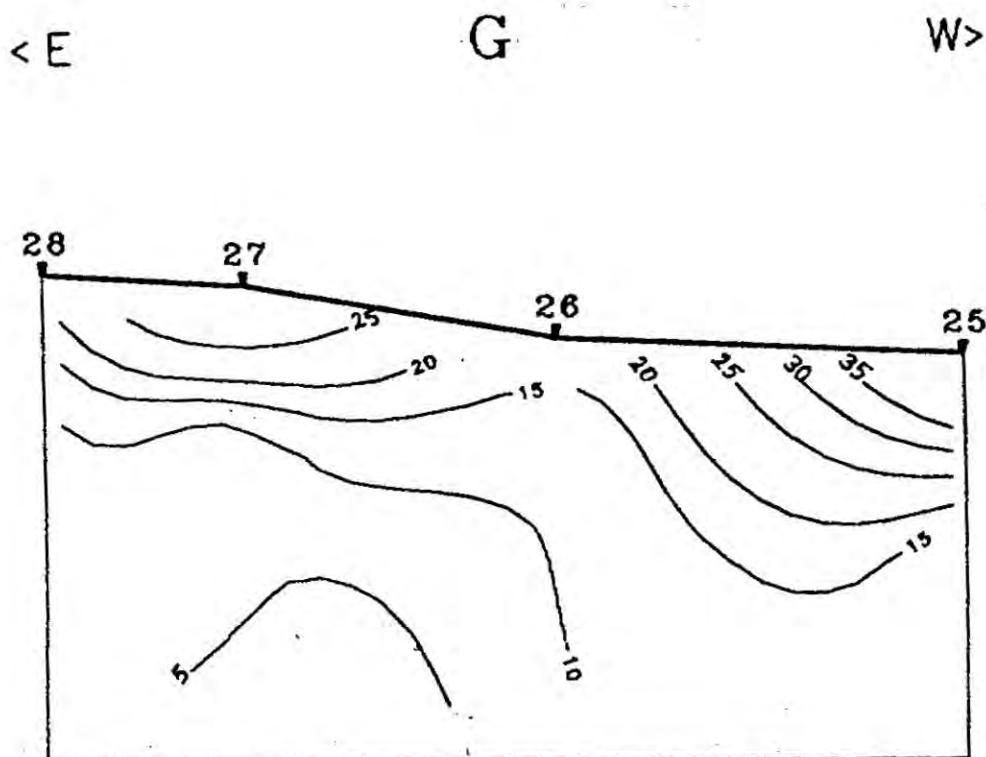
۵-۳ مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری

هدف: نمایش کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری از سطح به عمق و در امتداد خطهای برداشت

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی

استاندارد: نتایج خام صحرائی (مقاومت ویژه ظاهری) را می توان به صورت مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری (شکل ۱-۳) نشان داد. در این مقطعها محور افقی بیانگر موقعیت بر سطح زمین و محور قائم نشاندهنده ارتفاع ظاهری (معمولاً برای آرایه شلومبرژه یک چهارم طول AB و برای آرایه ونر یک سوم طول AB) است. نسبت طول AB مورد استفاده باید در راهنمای مقطع آورده شود. مقیاسهای قائم و افقی باید براساس نوع طرح و متناسب با یکدیگر

انتخاب و در راهنمای مقطع آورده شود. مقیاس افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس قائم حداکثر تا ۱۰ برابر مقیاس افقی انتخاب می‌شود. نام خط برداشتی که مقطع برای آن رسم گردیده است، در بالا و راستای مقطع در دو طرف آن نوشته می‌شود. بر روی این مقطع وضعیت پستی و بلندی سطح زمین با خط ضخیمتر آورده می‌شود. محل گمانه های الکتریکی با یک خط تیره قائم و شماره گمانه در بالای آن بر روی مقطع مشخص می‌گردد. فاصله پربندی و استفاده از مقیاس رنگی در این مقطعهها مانند نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری همان مقطع است. محل تلاقی با دیگر مقطعهها با یک خط تیره قائم و یک دایره در بالای آن که نام مقطع دوم را دربر دارد مشخص می‌شود:



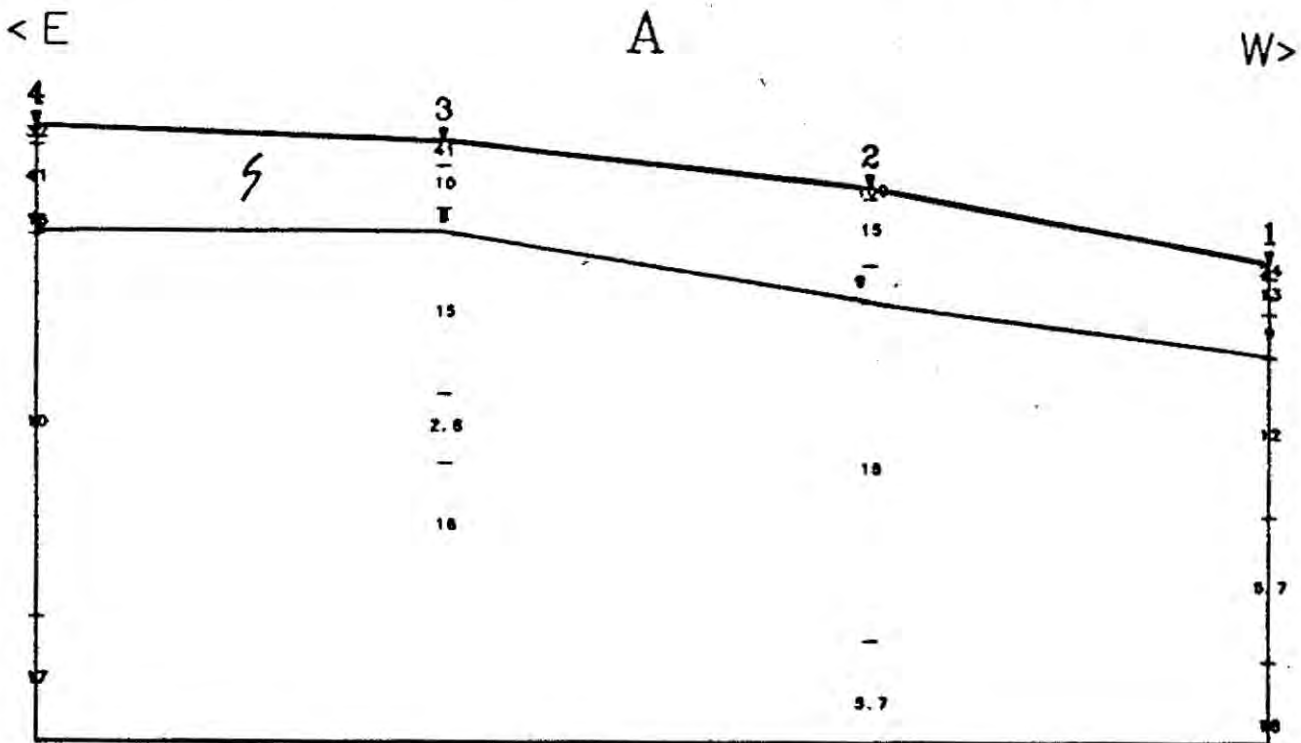
شکل ۱-۳ مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری

۳-۶ مقطع ژئوالکتریک

هدف: نمایش کمی تغییرات مقاومت ویژه الکتریکی حقیقی از سطح به عمق و در امتداد خطهای برداشت

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش گمانه زنی

استاندارد: نتایج تفسیر داده های صحرایی (مقاومت ویژه حقیقی) را می توان به صورت مقطع ژئوالکتریک (شکل ۲-۳) نشان داد. در این مقطعه محور افقی بیانگر موقعیت بر سطح زمین و محور قائم نشاندهنده ارتفاع است. مقیاسهای قائم و افقی باید براساس نوع طرح و متناسب با یکدیگر انتخاب و در راهنمای مقطع آورده شود. مقیاس افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس قائم حداکثر تا ۱۰ برابر مقیاس افقی انتخاب می شود. نام خط برداشتی که مقطع برای آن رسم گردیده است، در بالا و راستای مقطع در دو طرف آن نوشته می شود. بر روی این مقطع وضعیت پستی و بلندی سطح زمین با خط ضخیمتر آورده می شود. محل گمانه های الکتریک با یک خط تیره قائم و شماره گمانه در بالای آن بر روی مقطع مشخص می گردد. مقاومت ویژه هر لایه (بر حسب اهم متر) در زیر هر گمانه نوشته می شود. مرز قطعی لایه ها با خط ممتد نازک و مرز احتمالی لایه ها با خط چین مشخص می گردد. جنس لایه ها، محل گسله ها و همبریه ها تا حد امکان مطابق استاندارد علامتهای زمین شناختی بر روی مقطع آورده می شود:

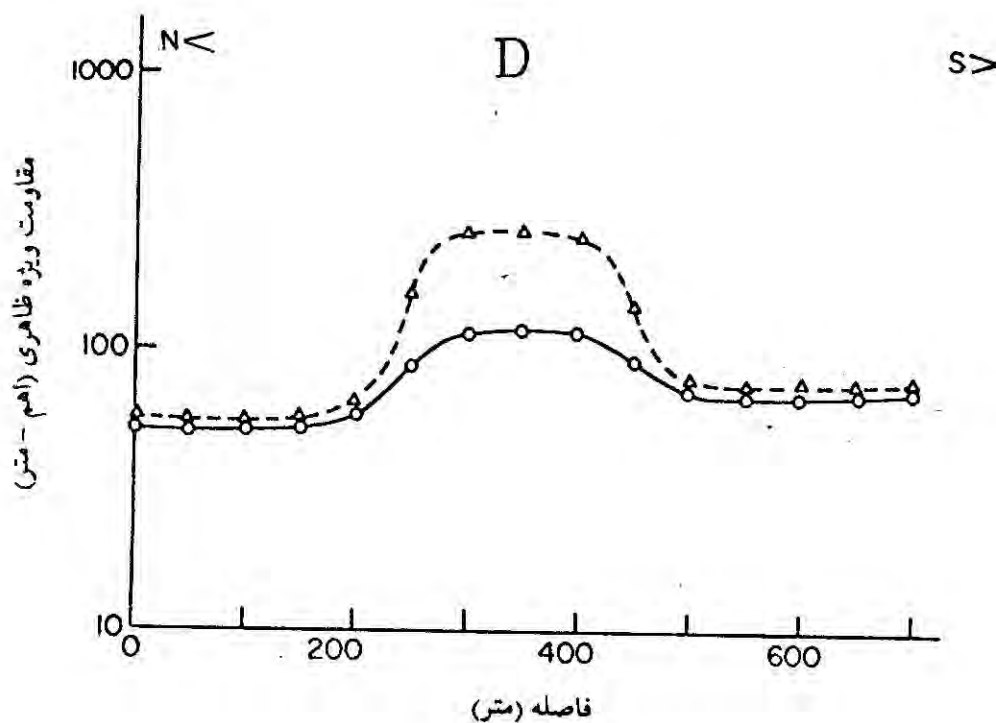


شکل ۲-۳ مقطع ژئوالکتریک

هدف: نمایش کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری در امتداد خطهای برداشت برای یک یا چند طول فرستنده جریان (طول AB)

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش پروفیل زنی شلومبرژه و ونر

استاندارد: نتایج اندازه گیریهای پروفیل زنی با آرایشهای ونر و شلومبرژه به صورت نمودار (شکل ۳-۳) نمایش داده می شود. در این نمودارها محور افقی بیانگر موقعیت در سطح زمین و محور قائم نشاندهنده مقاومت ویژه ظاهری است. هر دو محور خطی اند و مقیاس محور افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس محور قائم با توجه به گستره تغییرات مقاومت ویژه ظاهری انتخاب می شود. نام خط برداشتی که نمودار برای آن رسم گردیده است در بالا و راستای خط برداشت در دو طرف آن نوشته می شود. برای مشخص کردن نمودارهای پروفیل زنی برای هر طول AB از نشانه ها (دایره، مثلث، ضربدر، ...) و خطهای مناسب (خط ممتد، خط چین، نقطه خط و...) استفاده می شود. این علائم باید در راهنمای نقشه معرفی گردند:

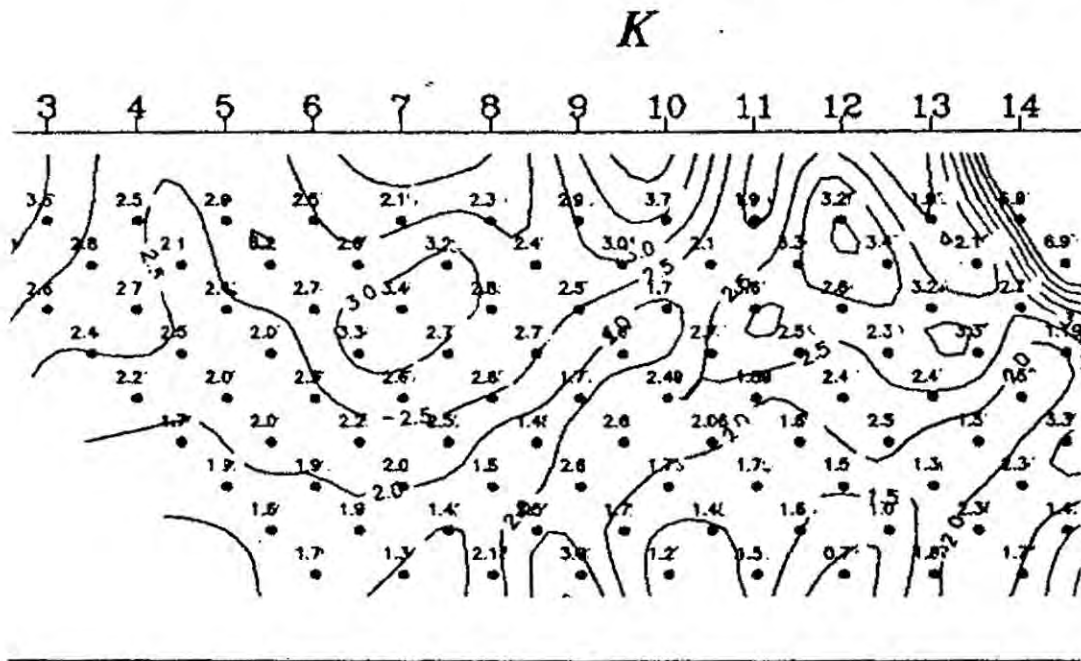


شکل ۳-۳ نمودار پروفیل زنی

هدف: نمایش کیفی تغییرات مقاومت ویژه ظاهری قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی - دوقطبی از سطح به عمق و در امتداد خطهای برداشت

کاربرد: در مطالعات الکتریک به روش پروفیل زنی با آرایه‌های قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی - دو قطبی محوری

استاندارد: نتایج اندازه‌گیریهای پروفیل زنی قطبی - دوقطبی و یا دو قطبی - دو قطبی (مقاومت ویژه ظاهری) را می‌توان به صورت مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری (شکل ۳-۴) نشان داد. در این مقطعها محور افقی بیانگر موقعیت بر سطح زمین و محور قائم نشان‌دهنده عمق ظاهری است. مقیاسهای قائم و افقی باید براساس نوع طرح و متناسب با یکدیگر انتخاب و در راهنمای نقشه آورده شود. مقیاس افقی معمولاً همان مقیاس نقشه موقعیت و مقیاس قائم حداکثر تا ۱۰ برابر مقیاس افقی انتخاب می‌شود. نام خط برداشتی که مقطع برای آن تهیه گردیده است، در بالا و راستای خط برداشت در دو طرف آن نوشته می‌شود. محل درج مقدار مقاومت ویژه در عمق برای هر اندازه‌گیری محل تلاقی خطهای ۴۵ درجه‌ای است که از وسط دو قطبی AB برای آرایه دوقطبی - دوقطبی و محل الکتروود A برای آرایه قطبی - دوقطبی و دو قطبی MN رسم می‌گردد. فاصله دو قطبیهای AB و MN (a) و حداکثر فاصله مرکزهای AB و MN (برحسب a) باید در راهنمای نقشه آورده شود. فاصله پربندی (برحسب اهم متر) متناسب با گستره داده‌ها و در صورت امکان با رعایت ضریب تقریبی $\sqrt{2}$ انتخاب می‌شود. بر روی این مقطع می‌توان از مقیاس رنگی برای مشخص کردن زونهایی با مقاومت ویژه متفاوت استفاده کرد. این مقیاس معمولاً براساس طیف نور مرئی از قرمز تا بنفش است که متناسب با گستره داده‌ها انتخاب و در راهنمای نقشه مشخص می‌شود:



شکل ۳-۴ مقطع هم مقاومت ویژه ظاهری

۹-۳ راهنمای نقشه ها

توضیح علامتها و اطلاعات نقشه های الکتریکی در قسمت راهنمای نقشه (شکل ۳-۵) آورده می شود. صفحه راهنما در اندازه A4 و در گوشه ای از نقشه بر حسب مورد آورده می شود تا پس از تا کردن نقشه، صفحه راهنما در رو قرارگیرد. صفحه راهنما شامل: سه بخش بالایی، میانی و پایینی به شرح زیر است:

۱-۹-۳ بخش بالایی (عنوان)

شامل: نام کارفرما (وزارت، سازمان و...)، روش مطالعه، نام طرح و نام منطقه مورد مطالعه است که به فارسی در سمت راست و به انگلیسی در سمت چپ نوشته می شود.

۲-۹-۳ بخش میانی (راهنما)

شامل: علامتهای ژئوفیزیکی، هیدروژئولوژیکی، زمین شناختی و سایر علامتهای به کار رفته در نقشه به شرح زیر است:

- شرح علامتها به فارسی در سمت راست و معادل آنها به انگلیسی در سمت چپ و خود علامت در وسط. علامتهای ژئوفیزیکی طبق استاندارد روشها شامل: محل ایستگاههای اندازه گیری، مقدارهای کمی ژئوفیزیکی، منحنیهای پربندی، جهت تغییرات مقدارهای کمی ژئوفیزیکی و...
- علامتهای هیدروژئولوژیکی شامل: محل چاههای عمیق، نیمه عمیق جهت حرکت آبهای زیرزمینی، رودخانه ها و غیره بر حسب مورد (طبق استاندارد وزارت نیرو)
- علامتهای زمین شناختی شامل: سازندهای زمین شناختی، گسله ها، شیب، جهت و غیره (طبق استاندارد وزارت نیرو). در صورت گسترده بودن اطلاعات زمین شناختی، می توان راهنمای زمین شناسی را بطور جداگانه در محل مناسبی بر روی نقشه آورد.
- در صورت نیاز به مقیاس رنگی، این مقیاس در زیر بخش میانی آورده می شود.

۳-۹-۳ بخش پایینی (سایر اطلاعات)

در پایین صفحه راهنما جدول مشخصات شامل اطلاعات زیر به فارسی و لاتین آورده می شود:

- نوع نقشه، مقطع یا نمودار
- مقیاس
- اجرا (نام مهندسان مشاور، نهاد یا سازمان اجراکننده مطالعات)
- نظارت (نام دستگاه نظارت)
- بازبینی (نام و امضای مسئول تهیه نقشه)
- تاریخ (تاریخ تهیه نقشه)
- پیوست (شماره نقشه). این شماره باید در گوشه راست و بالای کادر راهنما و در خارج آن نیز منظور شود.

Client

کارفرما

Geophysical Survey : Resistivity

مطالعات ژئوفیزیکی : مقاومت ویژه

Project

عنوان طرح

(Area)

(منطقه)

Legend

راهنما

Profile



خط برداشت

Sounding number

1

شماره گمانه الکتریک

Sounding point



نقطه برداشت

Apparent resistivity (Ohm - m)

29

مقاومت ویژه ظاهری (اهم - متر)

Apparent resistivity contour

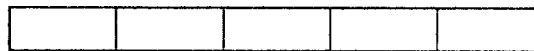
45

پررند هم مقاومت ویژه ظاهری

Color scale :

(Ohm - m)

<10 50 100 250 500 >1000



مقیاس رنگی :

(اهم - متر)

Contractor:	نقشه هم مقاومت ویژه ظاهری AB = 40 m Apparent Resistivity Map Scale : : مقیاس 1/2000	اجرا:
Supervision :		نظارت :
Inspection :		بازبینی :
Date :		تاریخ :
Encl : 2		پیوست : 2

شکل ۳-۵ راهنمای نقشه

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

***Application of Geophysical Methods in
Ground Water Engineering, Standards for
Electrical Methods (Resistivity)***