

ICS 07.060

A 44

备案号:199—1997

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0173—1997

大地电磁测深法技术规程

1997-03-19 发布

1997-11-01 实施

中华人民共和国地质矿产部 发布

前 言

本标准的附录 A、附录 B 为提示的附录。

本标准由全国地质矿产标准化委员会物探化探分技术委员会提出。

本标准由中国石油天然气总公司物理勘探局第五地质调查处负责起草。

本标准起草人：熊识仲。

大地电磁测深法技术规程

1 范围

本标准规定了大地电磁测深法技术工作的基本要求。

本标准适用于地质矿产行业的大地电磁测深法勘探。

2 任务与应用条件

2.1 解决的地质任务

- 2.1.1 研究深部构造,探测地壳和上地幔的电性结构。
- 2.1.2 探测盆地高阻基底起伏和埋深,划定盆地范围及其次级构造单元。
- 2.1.3 探测高阻层(如火成岩、碳酸盐岩、砾岩)覆盖区的下伏构造。
- 2.1.4 探测潜伏的火成岩体。
- 2.1.5 研究断裂和推覆构造的展布。
- 2.1.6 调查地热资源,研究与地热资源有关的岩浆活动。

2.2 应用条件

- 2.2.1 测区内有明显的稳定的电性标志层。
- 2.2.2 测区内各目的层有足够的厚度,显著的电性差异。
- 2.2.3 测区内电磁噪声比较平静,各种人文干扰不严重。
- 2.2.4 地形开阔、起伏平缓。

3 技术设计

3.1 设计前的准备工作

3.1.1 收集有关资料:

- a. 地质资料;
- b. 钻孔及电测井资料;
- c. 物探资料;
- d. 岩石物性资料;
- e. 测绘资料(地形图、三角点成果等)。

3.1.2 必要时组织测区踏勘:了解施工条件(地形、交通、居民、气候等);调查对大地电磁信号有影响的干扰源及其分布范围。

3.1.3 利用收集到的岩石电性资料,拟定测区地电模型,进行正演计算,研究所需探测的主要电性标志层在大地电磁测深曲线上显示的特征,合理设计观测频段。

3.1.4 分析测区的噪声水平,研究重复观测可能达到的精度,确定检查点误差。

3.1.5 考虑测区干扰情况,需采取提高观测质量的措施,必要时可设计一定数量的远参考道法测点。

3.1.6 如地质任务要求只作部分深部测点,设计时应考虑深、浅点相间合理布设。

3.2 测网设计

3.2.1 面积测量时设计的大地电磁测深测线(以下简称测线)距和大地电磁测深点(以下简称测点)距,一般规定如下:

比例尺	测线距, km	测点距, km
1:100 000	3~5	2~4
1:200 000	6~10	4~8
1:500 000	15~20	10~20

3.2.2 探测深部构造进行路线测量时,测点距一般不应超过 40 km。

3.2.3 设计测线应基本垂直于区域构造走向。

3.2.4 测区内如有地震测线、垂向电测深点、深钻孔等,设计测线应与其重合或靠近。

3.2.5 设计测线应避免开城镇或大的居民点。

3.2.6 在解决特殊地质任务时,设计的测线、测点距应根据需要加密。

3.3 设计书的内容:

- a) 地质任务;
- b) 测区的位置、地质概况及地球物理特征;
- c) 测线和测点布置;
- d) 工作方法及技术要求;
- e) 计划工作量,各阶段工作安排与时间分配;
- f) 人员、设备及经济开支计划;
- g) 资料处理及解释工作要求和预期成果;
- h) 完成任务的措施;
- i) 必须的附图(如测线布置图、地层综合柱状图、正演曲线等)、附表。

3.4 设计书的审批、执行和修改

3.4.1 无设计书或设计书未经批准不得开展野外工作。

3.4.2 在施工中遇到难以克服的困难,需要修改和调整设计任务时应经批准后再执行。

3.4.3 施工单位应严格执行技术设计的有关规定,不允许无故变动。

4 野外工作

4.1 测线、测点布置

4.1.1 测线与测点应按设计书规定进行布置,根据实际情况允许少量在一定范围内调整,面积测量测线的移动,在相应比例尺的图上不超过 0.5 cm;路线测量测点挪动不超过二分之一点距。

4.1.2 面积测量时,测区范围内发现有意义的异常应及时加密测线,至少应有 3 个测点(不同测线)在异常部位。

4.1.3 如因大地电磁测深曲线异常或失去连续性,必须加密测点。

4.1.4 测点不能选在山顶或狭窄的深沟底,应选周围开阔,至少是两对电极范围内地面比较平坦相对高差与极距之比小于 10% 的地方布点。

4.1.5 选点应考虑布板范围内地表土质均匀,点位不能设置在明显的局部非均匀体旁。

4.1.6 所选测点应远离电磁干扰源,一般要求如下:

- a. 离开大的工厂、矿山、电气铁路、电站 2 km 以上;
- b. 离开广播电台、雷达站 1 km 以上;
- c. 离开高压电力线 500 m 以上;
- d. 离开繁忙的公路 200 m 以上。

4.1.7 在进行面积测量时,测点平面坐标和高程的测定,应采用实测(卫星定位仪或经纬仪观测);在进行路线测量时,可在比成图比例尺高一倍的大比例尺地形图上定点,但应保证在规定比例尺的图上,坐标偏差小于1 mm,高程误差不超过一个等高线距。

4.1.8 作完的测点,应埋设木桩,桩上标明测点编号,观测日期和施工单位。

4.2 观测装置的敷设

4.2.1 十字型装置:水平方向的两对电极和两磁传感器(以下简称磁棒)分别互相垂直敷设,其方位偏差 $\leq 1^\circ$,水平磁棒顶端距中心点8 m~10 m。如两对电极和水平磁棒按正北(x)正东(y)向布置,垂直磁棒(z-向下)则应安放在方位角 225° ,距测点中心不超过10 m的位置(图1)。

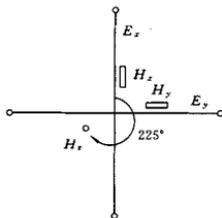


图1

4.2.2 在施工中不适宜十字形敷设时,可采用L型、T型装置(图2,图3),或斜交装置(图4),其斜角应大于 70° ,方位偏差均应小于 1° 。

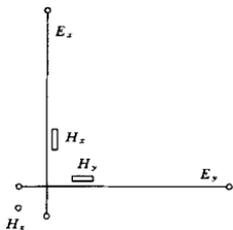


图2

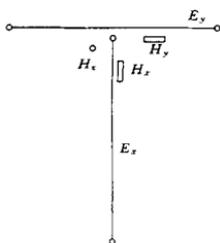


图3

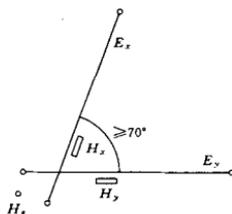


图4

4.2.3 接收电极距应根据观测信号强弱和噪声水平来确定,一般在50~300 m之间选择,如测点周围地表起伏不平,应按实测水平距布板,极距误差应小于 $\pm 1\%$ 。

4.2.4 电极接地电阻要求不大于 2000Ω ,在沙漠、戈壁、高阻岩石露头区,应采用多电极并联,电极四周垫土,周围浇水来降低电阻。

4.2.5 电极应埋入土中20 cm~30 cm,保持与土壤接触良好,两电极埋置条件基本相同,不能埋在树根处、流水旁、繁忙的公路边和村庄内,同时应避免埋设在沟、坎边。

4.2.6 应在观测前埋设好电极和磁棒,观测时如发现仍有不稳定现象,应检查电极埋设质量和接地条件,经处理达到稳定再记录。

4.2.7 水平磁棒入土深度为30 cm,用水平仪校准保证水平;垂直磁棒入土深度为磁棒长度的 $1/2$ 以上,上端用土埋实,应保证垂直。

4.2.8 电极连线,磁棒连线及接入仪器或前放盒的电缆均不能悬空,不能并行放置,每隔3 m~5 m需用土或石块压实,防止晃动。

4.3 远参考道的设置

4.3.1 远参考道的设置分为固定的远参考道法和移动的远参考道法(互参考道法):

a. 固定的远参考道法是固定在某地设置磁棒(这点称为基点或参考点),其他点上布置电极和磁棒(称为测点),测点围绕参考点移动;

b. 互参考道法是两点同样布置电极和磁棒,两测点的磁道(或电道)分别互作参考,观测完毕后,两点同时移动。

4.3.2 采用固定参考道法工作,参考点应选在干扰背景小、地面开阔平坦、测区内较适中的位置。

4.3.3 采用互参考道法工作,两测点间的距离应根据测区的噪声水平,通过观测试验来确定。

4.3.4 远参考道法观测装置的敷设与4.2节中各条规定相同。

4.4 观测

4.4.1 仪器到达测点,电极、磁棒的布设联结工作就绪后,应检查:

a) 电道,磁道信号线与屏蔽层的绝缘度应大于 $1\text{ M}\Omega$;

b) 各信号线与地的电阻应大于 $1\text{ M}\Omega$;

c) 电极、磁棒、信号线的埋置和敷设是否符合4.2.5~4.2.8条的要求。

4.4.2 观测记录前,应检查仪器与传输线联结是否牢固,仪器启动后应按仪器操作说明书进行各项测试,如噪声测试、增益测试、电极比较、极性比较等。

4.4.3 观测时读入记录头段的各参数,必须齐全正确。

4.4.4 一个测点上大地电磁场的观测需连续进行,应选择干扰背景比较平静的时间记录。

4.4.5 每个测点应达到完成地质任务必须观测的最低频率。

4.4.6 每一频段应有足够的迭加次数,特别是低频段数据质量,如达不到要求应延长观测时间(迭加次数不得少于3次)。

4.4.7 在观测进程中,随时注意监视各道变化,如遇记录道反向、饱和、严重干扰等现象应及时补测。

4.4.8 从监视屏幕上(或打印结果)分析视电阻率,相位曲线质量,如不符合设计要求应进行重测。

4.4.9 远参考道法工作,参考点与测点观测记录应同步。

4.4.10 一个测点观测完成后,应将数据转录到磁带上,一盘存档,另复制一盘用于资料处理。磁带盘上应贴标签,注明施工单位、测区、测线号、测点号、磁带编号、带的种类、组号、操作员姓名、日期等。

4.4.11 操作员和测量员要认真填写工作记录(参见附录表A)和测点布置记录(参见附录表B)。要求字迹清楚,符号正确,没有涂改现象。

4.5 检查点的规定

4.5.1 检查点应是同一测点,不同日期,重新布极进行的重复观测点。

4.5.2 所作检查点,要求在测区面积内分布均匀,并应选在干扰相对平静的地区,不能集中在一段时间内作。

4.5.3 检查点数不得少于全测区坐标点的3%。

4.5.4 检查点与被检查点的全频视电阻率(ρ_{xx}, ρ_{yy})曲线及相位($\varphi_{yy}, \varphi_{xx}$)曲线,应形态一致,对应频点的数值接近,但经编辑、插值后检查点与被检查点同一极化的均方相对误差(m)不应大于5%(即 $m \leq 5\%$)。

按下式计算:

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i - A_i'}{A} \right)^2}$$

式中: $i=1, 2, 3, \dots, n$ (频点)

A_i —— $\rho_{xx}, \rho_{yy}, \varphi_{yy}, \varphi_{xx}$ 。(原测点第 i 个频点的视电阻率和相位)

A_i' —— $\rho'_{xx}, \rho'_{yy}, \varphi'_{yy}, \varphi'_{xx}$ 。(检查点第 i 个频点的视电阻率和相位)

$$\bar{A} = \frac{A_i - A'_i}{\bar{A}}$$

- 4.5.5 某些强噪声区,检查点均方相对误差达不到 4.5.4 条规定,应在设计中提出具体要求。
- 4.6 野外期间,仪器、设备的检测和维护
- 4.6.1 仪器的标定(或数据合成测试),应按不同仪器的要求定期进行,相邻两次标定结果相对误差不得超过 2%。
- 4.6.2 同一测区如有两台或两台以上的仪器一起施工,应在同一点上,采用相同观测装置进行一致性对比,其中应有 80%以上频点相对误差小于 5%。
- 4.6.3 野外工作期间,如遇仪器发生大的故障,又无法排除时,应当立即送回基地修理,不得自行拆卸。严禁带有毛病、不正常的仪器进行观测。
- 4.6.4 野外应建立仪器检测、维护记录,详细记述仪器使用中出现的故障和排除故障的措施。
- 4.6.5 磁棒在搬运、埋设过程中应轻装,轻放,避免撞击。
- 4.6.6 不极化电极应经常清洗,更换溶液,保持罐内有充足、饱和的电解液,要求极差小于 2 mV。
- 4.6.7 采用远参考道法工作,基点与测点如以石英钟控制同步观测,其石英钟精度不得低于 10^{-9} s。
- 4.7 野外提交的资料
- 4.7.1 提交的原始资料:
- 原始数据带(或软盘);
 - 操作员工作记录;
 - 测点布置记录;
 - 点位测定记录;
 - 仪器一致性检查和标定结果。
- 4.7.2 野外应根据不同仪器提交处理结果带(或软盘)及相应的全部或部分打印资料:
- 视电阻曲线和相位曲线;
 - 倾子振幅曲线;
 - 旋转主轴方位角;
 - 椭圆率;
 - 偏离度;
 - 相干度;
 - 其他信息。
- 4.7.3 每个测点交出的原始资料、处理计算结果带(或软盘及相应的打印资料)必须齐全。打印、填写的数据必须清晰、正确。
- 4.8 野外资料质量评价
- 4.8.1 每个测点的视电阻率和相位四条曲线应分别进行评定,按级登记。
- 4.8.2 全频视电阻率曲线和相位曲线的质量评价分为:
- (Ⅰ)级,85%以上频点的数据,标准偏差不超过 20%,连续性好,能严格内插曲线;
 - (Ⅱ)级,75%以上频点的数据,标准偏差不超过 40%,无明显脱节(不超过 3 个频点)现象;
 - (Ⅲ)级(不合格),数据点分散,不能满足(Ⅱ)级的要求。
- 4.8.3 物理点质量的评价:应根据测区的噪声水平,可解决地质问题的程度,以及曲线的质量级别加以评定。

5 室内资料处理与图件编制

5.1 资料处理

- 5.1.1 解释人员要对野外资料逐点检查,如有必要可对原始数据进行重新处理。

5.1.2 数据编辑与曲线平滑的要求:

a) 应分析、对比所测大地电磁测深曲线,确定每条曲线的极化方式(TE 和 TM),调整极化方式选择有错的数据点;

b) 一条曲线上删掉的频点不能超过该曲线总频点数的 20%,不能连续删掉三个以上的频点。保留的频点应保持在整条曲线上分布均匀,曲线不能出现无规律的扭曲畸变;

c) 曲线首支与尾支应按设计规定,保证有足够的频点;

d) 数据点连续性差,标准偏差大的点,应参照相邻曲线反复进行平滑,作到客观合理,使平滑曲线形态符合测区内曲线变化的一般规律。

5.1.3 应对有静态位移的视电阻率曲线及有地形影响的曲线进行校正。

5.1.4 每个测点数据经编辑、平滑、静位移校正及地形校正后,应提交一套处理结果带(或软盘)及打印资料(曲线和数据)。

5.2 图件编制

5.2.1 图件编制的基本要求:

a) 编图必须是用验收合格,反复校核无误的资料;

b) 根据地质任务选作必须的图件,做到目的明确,重点突出,内容不重复;

c) 图件可用手工或计算机编制,但均应保证,图上数据正确、清晰、齐全,线条流畅匀称,图面布局合理、美观;

d) 应用其他(物探,地质)资料与大地电磁测深资料合编的叠合图,综合图均应突出主题(大地电磁测深成果),不能混淆不清;

e) 同一测区的图幅、格式、符号、字体及同类图的名称必须一致。

5.2.2 编制的基础图件(包括实际材料图和定性解释图):

a) 测点位置图;

b) 曲线类型图;

c) 频率-视电阻率(或相位)拟断面图;

d) 纵向导电图;

e) 其他图(如倾子,各向异性,电性走向及椭圆率图等)。

5.2.3 定量解释图件:

a) 深度-电阻率(等值线)断面图;

b) 电性标志层埋藏深度图;

c) 电性标志层厚度图;

d) 电性分层剖面图;

e) 其他图。

5.2.4 综合解释图件:

a) 地质,地球物理,地球化学综合解释图;

b) 构造单元划分图;

c) 其他地质推断,预测图。

6 成果报告编写

6.1 成果报告编写的基本要求

6.1.1 一个地区或一个项目的大地电磁测深工作完成后,应提交完整的成果报告。如果一个地区或一个项目是分几个野外工作年度完成的,每年应提交阶段成果报告或年度工作总结。

6.1.2 成果报告应按地质任务和设计书要求编写。

6.1.3 报告中所用资料必须可靠,来源有据。

6.1.4 报告应内容充实,文字简练,论述有据,推断合理,结论符合客观实际。

6.1.5 报告附图,附件应配置得当,编排合理,文字说明简明扼要。

6.2 成果报告内容

6.2.1 成果报告正文:

- a) 承担的地质任务及任务完成情况;
- b) 测区的地质,地球物理概况;
- c) 野外工作方法与技术;
- d) 资料处理;
- e) 资料解释,地质推断;
- f) 结论与建议。

6.2.2 成果报告附图:

- a) 基础图件;
- b) 定量解释图件;
- c) 综合对比图件;
- d) 其他图。

6.2.3 成果报告附件及附表:

- a) 岩石电性测定说明;
- b) 正反演方法说明;
- c) 正反演数据表;
- d) 资料质量统计表;
- e) 其他。

附录 A
(提示的附录)
大地电磁深操作工记录(一般格式)
表 A1 大地电磁深操作工记录(一般格式)

施工单位		地区:		天气:		坐标: X _____ Y _____																					
测线号:		到达测点时间:		室外温度:																							
日期:		参考点号:		室内温度:																							
操作人员:		仪器型号:		高程:																							
运行号	开始时间	频段	最后扫描道	扫描次数 2n	增益	前/后	E ₁	E ₂	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	记录 and 回放中 错误码的注释	信号	通道	P	F	m	电极		限波频率	噪音测试		增益测试		
																				种类	正反电阻		增益	增益		增益	增益
															漏电测试		耦合		增益测试		增益测试						
															线圈与屏蔽层与地		屏蔽层与地		屏蔽层与地		屏蔽层与地						
															交流电压		频率		电桥交轴比较		布点草图						
															NE/WS		NW/ES		NE/WS		NW/ES						
															图示		运行号		间		简要注释						
1					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /		E ₁	1	2										
2					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /		E ₂	1	2										
3					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
4					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
5					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
6					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
7					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
8					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /		H ₁	1	3										
9					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /		H ₂	2	4										
10					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /		H ₃	3	5										
11					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
12					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
13					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
14					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
15					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
16					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
17					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
18					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
19					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
20					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
21					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														
22					/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /														

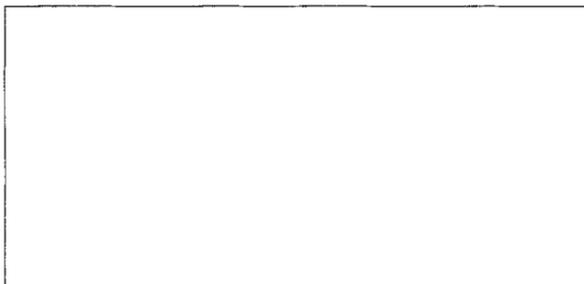
附录 B

(提示的附录)

大地电磁测深点布置记录(一般格式)

测区 _____ 日期 _____
 施工单位 _____ 布点员 _____
 坐标 X _____ Y _____
 高程 _____
 X 轴方位角 _____

测点邻近地形特征图



电极距长度	接地电阻	磁传感器型号	绝缘电阻
E_x _____ m	_____ Ω	H_x _____	_____ Ω
E_y _____ m	_____ Ω	H_y _____	_____ Ω
		H_z _____	_____ Ω

备注: _____