

中华人民共和国煤炭行业标准

MT/T 898—2000

煤炭电法勘探规范

General standard of electrical survey in coal

2000-12-08 发布

2001-05-01 实施

前 言

《煤田电法勘探规程》自 1980 年由原煤炭工业部以行政法规颁发以来,煤田电法技术有了很大的发展。然而,随着电法理论的不断发展,新的方法不断增加,尤其是数字电法技术的应用,不仅提高了电法勘探精度,同时也拓宽了电法勘探技术的地质应用范围。为此,有必要编写包括各类分支方法在内的适应煤炭资源勘探与开发各阶段的《煤炭电法勘探规范》。

本标准是基于四十余年煤炭行业电法勘探的实际经验,并参考《煤田电法勘探规程》(1980 年版)和地质行业行业标准《电阻率测深法技术规程》、《电阻率剖面法技术规程》、《自然电场法技术规程》、《地面甚低频电磁波法技术规程》等有关标准编写而成。在编写过程中经反复征求意见、讨论和修改,是一部实用的煤炭行业推荐性标准。本标准采用了国内外先进的采集、处理与解释技术,正确地运用本标准可以提高电法工程质量,可获得国内外先进水平的地质成果。

本标准发布后,原煤炭工业部 1980 年颁发的《煤田电法勘探规程》自行废止。

本规范由国家煤炭工业局规划发展司(国家煤矿安全监察局安全技术装备保障司)提出。

本标准由国家煤炭标准化技术委员会归口。

本标准由国家煤炭工业局中国煤田地质总局负责起草。

本标准起草人:丁连根、赵育台、卫良军、孙升林、张利民、段铁梁。

本标准由国家煤炭工业局规划发展司(国家煤矿安全监察局安全技术装备保障司)负责解释。

1 范围

本规范规定了煤炭资源及其相关地质工作中地面电法勘探的设计编制、野外施工、质量评价、资料处理与解释、报告编制和审查验收等工作的基本要求和技术规则。

本规范适用于煤炭资源地质勘探及与煤炭资源相关的各种比例尺地质填图、矿区水文地质工程地质勘查、供水水文地质勘探中的地面电法勘探工作。同时也可供煤炭各类工程地质、环境地质、灾害地质等勘探中的地面电法勘探工作参考。

2 引用标准

以下标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 14499—1993 地球物理勘查技术符号

DZ/T 0069—1993 地球物理勘查图式图例及用色标准

3 工程设计

3.1 基本要求

3.1.1 电法勘探是煤炭资源勘探及其相关地质工作的基本手段。凡地表、环境条件允许,地下探测目的层(物)与围岩有明显电性差异的勘探区均应使用该方法。

3.1.2 电法勘探工作应运用先进的方法理论、先进的技术和装备,不断提高电法勘探工作的技术水平,增强解决地质问题的能力。

3.1.3 确定电法勘探项目地质任务时应考虑勘探区的具体条件,特别是地电条件。

3.1.4 应根据工作任务、地电条件、地形地质条件及各类分支方法解决具体地质问题的有效性选择经济、技术合理性的电法勘探工作及装置、参数。

3.1.5 对于新区或地电条件复杂区立项前应进行必要的方法可行性调查。

3.2 测网布置原则

3.2.1 电法勘探区范围应同时满足资料处理、解释的需求。

3.2.2 电法测线应尽可能垂直于探测对象的走向,且尽量与已知点连接。

3.2.3 勘探网度要与地质任务、勘探程度及最终成果平面图比例尺相适应,线距一般应为1~4 cm(在最终成果平面图上);测点距应能良好反映探测目的层(物)。

3.2.4 测线及测点编号按自西向东、自南向北的顺序编录。

3.3 设计编制

3.3.1 电法勘探设计是指导电法勘探项目的施工、资料处理及报告编制的依据。应由项目负责人组织有关技术人员按本标准及合同要求编制。

3.3.2 设计编制前要广泛收集和深入研究施工区及邻近地区的有关地质、水文、物探、测绘等资料,并组织现场踏勘,掌握施工条件。

3.3.3 综合勘探项目应会同有关单位共同研究勘探方案,确定电法勘探地质任务和工作方法,并编写综合勘探设计,同时应根据综合勘探的要求,编制电法勘探施工设计。

3.3.4 设计的编制要求

3.3.4.1 设计书文字部分的主要内容:

a) 序言:简要说明项目来源及工作意义。

b) 概况:

说明电法勘探所承担的地质任务,勘探区范围、面积、地理位置。

简述勘探区交通、自然地理、经济、气象等情况。

简述以往地质工作及所获成果,评价其可靠性和存在的主要问题,阐述地质成果引用情况。

c) 地质及地球物理特征:

简述勘探区地层、构造、岩浆岩及水文地质情况。

说明勘探区地质—地球物理特征,研究地层(地质体、矿体等)~电性标志层与电测曲线特征的对应规律,提出完成地质任务的依据。

d) 工作方法与工程量:

阐述生产试验工作的目的、内容、安排及预期达到的目标。

说明拟采用的工作方法、装置、参数、仪器装备等。

说明勘探区测网布置及工程布置、工程量、工程质量要求等。

说明定点、定线测量工作与质量要求。

e) 资料处理、解释及报告提交:

简述数据处理思路、内容、方案及流程。

简述资料解释方法、技术要求、精度要求及预期达到的目标。

简述拟提交的图件和报告提交时间。

f) 主要技术措施:针对勘探区特点,简述为完成地质任务所采取的主要技术措施。

g) 劳动组织:简述项目承担单位资质及人员组织、分工。

h) 成本预算:阐述工程效率及成本预算。

3.3.4.2 设计附图内容:

a) 地形地质及工程布置图;

b) 勘探区或区域地层、电性标志层综合对比柱状图;

c) 具有代表性的地质剖面图;

d) 具有代表性的以往物探成果图。

3.3.4.3 对一般小型项目,其设计可根据实际情况适当简化。

3.4 设计审批

3.4.1 设计由编制单位初审,项目来源单位审批。

3.4.2 设计执行中,如有重大变更(如工作方法、测线方向、勘探区范围、工程量变更超过总工程量的15%等),应报原审批部门批准。

3.4.3 设计未经批准不得实施。

4 野外数据采集

4.1 基本要求

4.1.1 野外工作应按照设计要求,取全、取准第一性资料。

4.1.2 每个测点观测前,操作员要认真检查桩号、装置及相应参数是否正确,仪器工作是否正常。

4.1.3 野外观测记录本要统一编号和编页,试验和参数测定工作应设专用记录本。原始记录应齐全、正确、连续、清楚,并用铅笔记录。原始记录不许擦改、撕毁、重抄,划改时应注明原因。原始曲线要点绘正确,图面清晰。

4.1.4 测线通过露头时,应记录露头位置、岩性和产状要素。复杂地形、地物应绘制草图。

4.1.5 测量及供电导线应相隔一定距离并分别固定在拴线桩上;过水塘、河流、沼泽地时,应防止线路漏电;跨越公路、铁路时,应防止导线损伤。

4.1.6 电极应接地良好;短极距入土深度应满足点电源的要求,长极距则至少应为电极长度(一般为45 cm)的2/3。电极无法埋设在预定位置时,可以沿垂直放线方向摆动,但摆动距离应不大于它至中心点距离的3%。用电极组工作时,其排列方向一般应垂直于放线方向,且相邻两电极间的距离应不少于电极入土深度的两倍;最边缘两电极间的距离应不大于它至中心点距离的5%。

4.1.7 对于各方法观测曲线上的畸变点(指曲线上观测值与其圆滑值的相对误差超过4.9.1.6条要求者)及极值点、过零点、转折点、异常点均应进行重复观测,其限差不得大于4.9.1.6条要求。否则应查明原因,并继续进行重复观测,直到有2/3的值符合要求为止。并以符合要求的全部观测数据的算术平均值作为该点的取值。

4.1.8 异常点及异常段的两侧,应根据需要加密,以进一步控制异常范围。

4.2 仪器装备

4.2.1 国家重点地质勘探项目应使用数字电法仪器。

4.2.2 仪器装备应工作正常,并按仪器说明书的规定取得合格检验记录。

4.2.3 施工期间,各种仪器应由熟悉仪器性能的人员负责使用和维修。

4.2.4 在用仪器装备每6个月应进行一次系统检查和校验,合格者方可使用。

4.2.5 使用两台以上同类仪器在同一地区工作时,应在施工中每3个月和施工前、后进行一致性校验,其互差不应大于4.9.1.6条限差要求的1/2。

4.3 参数测定

4.3.1 基本原则

4.3.1.1 测定的对象应包括勘查目的层(物)、围岩。

4.3.1.2 参数点的分布应位于有代表性的天然及人工露头、坑道或钻孔中。对解释推断与方法有效性有直接关系的岩(矿)石,应有较多的参数点。

4.3.1.3 参数测深曲线应尽可能测出被测岩层电阻率的渐近线,并分析同类岩(矿)石的数据差异及其与地质环境的关系。

4.3.2 测定方法

4.3.2.1 常用为标本法、露头法、孔旁测深法和测井法。实际工作中应根据具体情况选择。

4.3.2.2 勘探区或其附近有钻孔时,应在全面收集钻探和测井资料的基础上,施工一定数量的孔旁测深,并反演其地层电性参数。

4.4 数值和物理模拟

4.4.1 在项目实施过程中,应利用数值或物理模拟方法研究实际地电条件与实测资料的对应关系,以指导野外施工和提高资料解释的可信度。

4.4.2 数值模拟应按野外实际地电断面设置,物理模拟应基本符合相似性原理。

4.4.3 模拟工作前应提出具体技术要求、精度指标。

4.5 生产前试验工作

4.5.1 生产前应进行相应的试验工作,了解勘探区的地电条件、施工条件、干扰背景等,以便选择最佳工作方法和装置、参数。

4.5.2 试验前应根据地质任务和设计要求,结合区内已知地质资料编制试验方案。

4.5.3 试验点(段)应布置在有代表性的不同地段,并遵循由已知到未知、由简单到复杂、由单一因素到

复合因素的原则进行。

4.5.4 试验工作主要内容

- a) 工作方法有效性;
- b) 装置及参数;
- c) 勘探区内地电干扰;
- d) 最大供电功率;
- e) 仪器各项设置参数;
- f) 各种方法中的特殊要求。

4.5.5 试验工作结束后,应编写试验小结,作出明确结论。

4.5.6 未经试验或试验结论不明确者不得转入正式生产。

4.6 方法技术

4.6.1 直流电阻率测深法(以下简称:电测深法)

4.6.1.1 极距选择原则:

- a) 各供电电极距($AB/2$ 或 AO)的选择应使其在双对数坐标纸(模数为 6.25 cm)上的点分布均匀,其间距可根据地质任务和地电条件确定,但相邻两极距值的比应不大于 1.5。
- b) 测量电极距($MN/2$ 或 MO)不得大于供电电极距的 1/3。
- c) 起始供电电极距不应大于 3.5 m。当承担浅层地质任务时,起始供电电极距可根据实际需要相应缩小。
- d) 最大供电电极距的选择应以能完成地质任务为原则。

4.6.1.2 十字测深点应均匀布设,其数量应不少于坐标点总数的 3%。

4.6.1.3 应在下列供电电极距进行漏电检查:

- a) $AB/2$ 或 $AO \leq 500$ m 短线的最后一个极距;
- b) $AB/2$ 或 $AO > 500$ m 长线的始、末极距及中间的一个极距;
- c) 潮湿地区长线的每个极距;
- d) 三极法的“无穷远”极(观测开始和结束时各检查一次)。

漏电电流值不得超过观测电流值的 $\pm 1\%$,且两端漏电电位差值不得超过该极距观测电位差值的 $\pm 2\%$ 。如漏电超过要求,各供电电极距均应做相应处理,并重新进行漏电检查,直至达到要求为止。

4.6.1.4 使用固定 MN 法时, MN 转换处连接点应不少于两个。曲线转换处的脱节、喇叭口和交叉等在模数 6.25 cm 双对数坐标纸上的距离不得超过 5 mm,否则视为畸变点,按 4.1.7 条要求重复观测。

4.6.1.5 三极装置的“无穷远”供电电极如布设在两测量电极的中垂线上时(偏角不大于 5°),其至中心点距离(CO)一般应不少于另一供电电极至中心点距离(AO)的三倍;如布设在测量电极的延长线上,则 CO 一般应不少于 AO 的 10 倍。

4.6.1.6 布设导线的方向偏差不得超过 3° ,极距误差不能超过 $\pm 1\%$ 。

4.6.1.7 在一个测点上工作时不得更换仪器。

4.6.1.8 确因特殊情况当天不能完成测点观测时,允许补测。其补测连接处至少应重复观测两个极距,且限差不应超过 $\pm 5\%$ 。否则,应增加连接极距点,直到有连续两个极距点满足要求。

4.6.2 直流电阻率剖面法(以下简称:电剖面法)

4.6.2.1 中间梯度法的有效观测长度为两供电电极中部 1/3 地段。供电电极每移动一次,至少应重复两个测点进行连接。

4.6.2.2 联合剖面法“无穷远”供电电极的设置要求,同 4.6.1.5 条。同一测线“无穷远”供电电极移动后,必须有不少于两个测点重复连接。

4.6.2.3 应在下列测点检查漏电:

- a) 每条测线的起点和终点;

b) 潮湿地区每隔 10 个点,或干燥地区每隔 20 个点;

c) 曲线上的突变点。

漏电电流和两端漏电电位差要求同 4.6.1.3 条。

4.6.2.4 一条测线当天不能施工完毕时,次日应进行两个连接测点的重复观测,其限差不得超过 $\pm 5\%$ 。否则,应增加连接测点,直到有连续两个测点满足要求。

4.6.3 直流激发极化法(以下简称:激发极化法)

4.6.3.1 进行激发极化法勘探时,应同时进行电阻率测量。其工作方法的基本要求同 4.6.1 条和 4.6.2 条,特殊要求如下:

a) 为获得尽可能大的二次场电位差,一般应采用 $MN/AB=1/3$ 的温纳对称四极装置。

b) 应使用大容量的电源,以便在供电时间内有足够大的稳定电流输出。

c) 两次观测的间隔应大于前次供电时间。

d) 测量电极应使用不极化电极。每日出工前应检查不极化电极对的极差,选择极差小($\leq 2\text{ mV}$)、相对稳定的电极对进行工作。不极化电极应在坑内埋设,并使电极接地良好、稳定。

4.6.3.2 在观测过程中应采取相应措施,以减小干扰影响。

4.6.3.3 为使 $\Delta V_2 \geq 10\Delta V_g$,供电电流应满足(1)式要求:

$$I_{\min} \geq \frac{10 \cdot K \cdot \Delta V_g}{\rho_s \cdot \eta_s} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: ρ_s, η_s ——分别为同一供电电极极视电阻率、视极化率;

$\Delta V_2, \Delta V_g$ ——分别为二次电位和干扰电位;

K ——为装置系数。

4.6.3.4 凡出现下列情况之一者,必须进行重复观测,其结果应满足 4.9.1.6 条的要求。

a) 在观测读数时发现明显的干扰现象;

b) J_s (激发比)值大于或接近于 η_s 值, D_s (衰减度)值大于或接近于 100%;

c) η_s, J_s, D_s 或 S_s (衰减时)曲线异常段出现锯齿状。

4.6.4 充电法

4.6.4.1 充电法的电源正极应接在充电体上,其“无穷远”供电电极一般应布置在岩层走向垂直、倾向相反的方向上,且到充电点的距离一般应大于 1 000 m 以上。

4.6.4.2 充电法的观测一般采用梯度法、电位法和直接追索等电位线法。

4.6.4.3 充电法在面积性施工以前,应平行和垂直于充电体走向先测一条电位及梯度剖面,以了解其产生的电场特征。

4.6.4.4 进行电位观测时,“无穷远”测量电极与“无穷远”供电电极应呈反向布置,观测过程中,宜保持供电电流强度不变。如改变供电电流强度,则应采取观测 $\Delta V/I$ 的方法作归一化处理。

4.6.4.5 进行梯度观测时,宜使用同一测量电极距,并保持供电电流强度不变。当用不同的测量电极距和供电电流强度工作时,则应采用 $\Delta V/(I \cdot MN)$ 的观测方法作归一化处理。

4.6.4.6 使用直接追索等电位线法测定地下水流向、流速时,充电电极应放在水井或钻孔内的含水层处,食盐等导电物也应下到含水层处。固定测量电极应置于预计的来水方向上,其与井口的距离应大致等于下井电极的深度。“无穷远”供电电极至井口的距离应为下井电极至井口距离的 15 倍以上,且与固定测量电极呈反向布置。

4.6.4.7 用于定量解释的重点剖面,应在电位极值点附近或梯度零值点附近加密测点,以确定电位极值点或梯度零值点的准确位置。

4.6.5 自然电场法

4.6.5.1 进行自然电场观测时必须建立相应的基点或基点网。总基点应选择在自然电场相对稳定的地段。抽抽水影响半径时,总基点应设在预计的影响半径之外。

- 4.6.5.2 进行自然电场观测时,测量电极极性连接应全区方向统一。
- 4.6.5.3 用电位法观测时,固定测量电极应设置在基点上。在每条测线开始、中间和结束时,均应观测各活动测量电极与固定测量电极间极差,记录观测时间,并按时间线性分配原则进行极差校正。
- 4.6.5.4 用梯度法观测时,勘探区内所有测线均须起算于总基点。测线上,每测10~20个点或中途停测一小时以上时,应观测极差变化,记录测定时间,并按时间线性分配原则进行极差校正。
- 4.6.5.5 测量电极的要求同4.6.3.1条的d)款。
- 4.6.6 电偶源频率电磁测深法(以下简称:电磁频率测深法)
- 4.6.6.1 装置参数的选择一般应为:
- $r \geq 3H$;
 - $AB \leq (1/3)r$;
 - $MN \leq (1/10)r$;
 - $\theta \leq 45^\circ$ 。
- 其中: r 为收—发距; AB 为发射偶极距; MN 为接受偶极距; θ 为扇形观测偏角; H 为目的层(物)埋深。
- 4.6.6.2 勘探区装置及参数一经确定,不应任意更改。
- 4.6.6.3 沿测线移动发射点位置时($\theta \neq 0$),至少有两个以上的接收点衔接,且衔接点的限差不得大于4.9.1.6条要求,否则应减小 θ 角度。
- 4.6.6.4 基点站的布设:
- 基点站应布设在地形平坦、地表干燥、干扰小、接地电阻相对稳定的地方。磁传感器、各电极位置均应有固定标志。
 - 基点站应改变电流强度重复观测2d以上,其限差不得大于3%,否则应更换基点站位置。
 - 采用算术平均值做基点的标准值。
 - 进行仪器校验时,应确保装置、接地条件的一致性,与标准值的偏差应满足4.9.1.6条的要求。
- 4.6.6.5 发射站和接收站的布设:
- 测站布设时, r 的距离误差不得超过 $\pm 0.5\%$; AB 和 MN 的距离误差不得超过 $\pm 1\%$ 。
 - AB 电极应埋设牢固,接地电阻不应大于 $200\ \Omega$,其方向误差不得大于 3° 。
 - MN 电极的接地电阻不应大于 $10\ \text{k}\Omega$,其方向误差不得大于 3° 。
 - 磁传感器应与 MN 方向垂直,并布设在桩号附近,其水平误差和方向误差不应大于 3° 。
 - 接收仪器和磁传感器应避免布设在强磁场、强干扰源的地方。
 - 发射点相对接收点的位置全区一般应保持统一。
- 4.6.6.6 观测记录:
- 一般应同时观测电场分量和磁场分量,并计算比值电阻率。
 - 记录点一般应选在接收点中心。
 - 野外观测信噪比应不小于5。
 - 观测最低频点应满足地质任务的要求。
- 4.6.7 甚低频电磁法
- 4.6.7.1 甚低频电台的选择应考虑工作方法和被探测地质体走向。倾角法应选用发射方向与被探测地质体走向一致或夹角最小的发射台。波阻抗法应选用发射方向与被探测地质体走向垂直或夹角最大的发射台。
- 4.6.7.2 在勘探区内选择干扰较小、场强相对稳定的地段建立基点,并作为该区仪器检查、日变观测及场强的起算点。
- 4.6.7.3 施工前及施工中每隔一个月应进行日变观测,以了解所选发射台场强随时间的变化规律,并选择场强较稳定的时间段作为最佳观测时间。

4.6.7.4 每日出工前应在基点上观测磁场值和电场值。

4.6.7.5 倾角法观测记录点为仪器所在点。波阻抗法观测记录点位于MN中点。

4.6.7.6 观测椭圆极化倾角 D 时,仪器下端倾向小号方向时读数为正,倾向大号方向时读数为负。

4.6.8 瞬变电磁法

4.6.8.1 发射站及接收站的布设:

a) 严禁在高压线下布设发射站和接收站。

b) 发射站应布设在线框(导线)附近,且便于与接收站联络。

c) 接收站应避免布置在强干扰源、强磁场及金属干扰物分布的地域。

d) 敷设线框(导线)时,长度误差不得大于5%、方向误差不得大于 1° 。余线应呈S型铺于地面。

e) 供电导线绝缘电阻一般不应小于 $2\text{ M}\Omega$;内阻一般不应大于 $2\text{ }\Omega/\text{km}$ 。

4.6.8.2 观测与记录:

a) 观测必须确保有8道有效。

b) 干扰水平观测应在全区均匀布置,并对全区按强、中、弱三级分区。

c) 迭加次数的选择应视测点上的干扰水平而定。一般在干扰水平不大于 0.3 mV/m^2 的地区,迭加次数取512;强干扰区应达到1024或2048次。

d) 野外观测数据的信噪比一般应不小于5。如不符合要求的测道超过1/5,则应增加迭加次数重复观测。

4.7 定点定线测量

4.7.1 电法测网应同该区大地控制网联测。大地控制网的密度不能满足要求时,应进行加密。最低一级加密控制点,其相对于大地控制网的平面中误差不得大于图上 0.3 mm ,最大误差不得大于 0.8 mm 。

4.7.2 测点、测线要统一编号,电法观测前要设立明显标志,需其它勘探工程验证的异常点,应设立保存时间较长的固定标志。

4.7.3 每条电法测线都要闭合于控制点之间,其闭合长度在相应比例尺的平面图上不应超过 200 mm 。困难地区可延长30%。

4.7.4 测线精度要求

a) 角度闭合差不大于 $1.5' \cdot n^{1/2}$ (n 为测站数);

b) 长度闭合差不大于 $1/300$ 。

4.7.5 定点定线测量中,对电法施工有影响的地形、地物、水系、高压线等,应作“测线概要”记录并绘草图。

4.7.6 测线端点的坐标(x, y, h)成果及测线精度的计算,应在电法施工前完成。只有精度符合要求且与设计位置一致时方可进行电法施工。

4.7.7 全区工作结束后,应提交下列测量资料

a) 定点定线测量原始记录;

b) 定点定线成果表及精度统计;

c) 展点图;

d) 定点定线测量文字说明。

4.8 安全操作

4.8.1 电法野外工作人员应具有安全用电知识,熟练掌握本岗位的操作技术。新工人必须培训合格后,方能参加野外工作。

4.8.2 每天出工前和收工时,应检查野外设备是否齐全。

4.8.3 电法及测量仪器要有专人携带、保管。

4.8.4 野外工作中,仪器、电源应有防雨、防晒设施。禁止在雷电及雨天进行电法作业。导线通过高压输电线的地段,要注意防止触电事故。

4.8.5 采用三极装置工作时,“无穷远”极应有专人看管。

4.8.6 用发电机作电源时,应严格按操作员的通知供电和停电。

4.9 原始资料质量检验、评级与验收

4.9.1 系统检测

4.9.1.1 系统检测按不同方法分别进行,各种方法的检测点数不得少于观测点总数的3%,也不应多于10%。其中,剖面法每个检测段的观测点数一般应不少于10个。

4.9.1.2 系统检测点布置原则:

a) 均匀地分布在全勘探区和整个施工过程,能反映全区工程质量;

b) 异常区段;

c) 质量可能有问题的点、线上。

4.9.1.3 检测点(段)的检测与原测一般应在不同时间由不同操作员,并采用重新放线和不重新放线相结合的方法进行。其中重新放线的点数不得少于检测点总数的2/3。

4.9.1.4 当检测点(段)的检测与原测的误差超过4.9.1.6条规定,则应对前期工程作追加检测。

4.9.1.5 用算术平均相对误差作为评价单个极距(测点)检测的结果;用均方相对误差作为评价检测点(段)检测的结果;用各检测点(段)均方相对误差值的算术平均值作为评价全区检测的结果。自然电位法的评价均用绝对误差值。

4.9.1.6 检测点(段)的检测与原测限差标准见表1。

表1 限差标准

方法	分类	单个极距(测点)限差	检测点(段)限差	全区限差
电测深法	$AB/2 \leq 50 \text{ m}$	10%	10%	10%
	$AB/2 > 50 \text{ m}$	5%	5%	5%
电剖面法	$AB/2 \leq 50 \text{ m}$	10%	10%	10%
	$AB/2 > 50 \text{ m}$	5%	5%	5%
激发极化法	η	7%	7%	7%
	D	10%	10%	10%
	S	10%	10%	10%
	J	10%	10%	10%
充电法	V_s	5%	5%	5%
自然电场法	异常段	15 mV	15 mV	15 mV
	非异常段	5 mV	5 mV	5 mV
电磁频率测深法	电场 ρ_s	5%	5%	5%
	磁场 ρ_s	8%	8%	8%
	比值 ρ_s	10%	10%	10%
甚低频电磁法	垂直磁分量 H_z	数值接近	形态一致	
	水平磁分量 H_r	数值接近	形态一致	
	电场 E_r	数值接近	形态一致	
	椭圆极化倾角 D	数值接近	形态一致	
	波阻抗 $\rho (E_z/H_z)$	数值接近	形态一致	
瞬变电磁法	归一化场强	15%	15%	15%

4.9.2 测点(测线)曲线评级标准

4.9.2.1 试验资料按合格、不合格两种评级。凡符合 4.9.2.3~4.9.2.7 条乙级标准以上或已达到试验目的者为合格;否则为不合格。

4.9.2.2 生产资料质量评级标准分为甲、乙、废三类。按剖面法和测深法两种类型进行。剖面类按测线段评级,测深类按测点曲线评级。

4.9.2.3 剖面类评级标:

a) 甲级:曲线连续性好,无不符合质量要求的测点,构造现象显示清楚,真实地反映测线上的地质情况。

b) 乙级:曲线较连续,不符合质量要求的测点不超过测点总数的 5%,且不连续三点出现,构造现象显示基本清晰,可反应测线上的地质情况。

c) 废品:达不到乙级标准者。

4.9.2.4 电测深曲线评级标准见表 2。

表 2 电测深曲线评级标准

等 级	不符合质量要求的 极距总数 ↑	不符合质量要求的极距分布		
		仅 $AB/2 \leq 50$ m 部分 ↑	仅 $AB/2 > 50$ m 部分 ↑	曲线前后部分 ↑
甲 级	≤ 1	≤ 1	≤ 1	0
乙 级	≤ 2	≤ 2	≤ 1	前后各 1
废 品	达不到乙级标准者			

注：凡不符合本规范质量要求的任意一项者，则为 1 个不符合质量要求的极距。

4.9.2.5 激发极化测深法 ρ_s 、 η_s 、 J_s 、 D_s 、 S_s 单支曲线及综合评级标准见表 3。表 3 激发极化测深法 ρ_s 、 η_s 、 J_s 、 D_s 、 S_s 单支曲线及综合评级标准

等级	不符合质量要求的 极距总数 个	不符合质量要求的极距分布			综合评级
		仅 $AB/2 \leq 50$ m 部分 个	仅 $AB/2 > 50$ m 部分 个	曲线前后部分 个	
甲级	≤ 2	≤ 2	≤ 1	前后各 1	乙级不超过 1 条,其余 为甲级者
乙级	≤ 3	≤ 3	≤ 2	前 2 后 1	全部曲线在乙级或以上 者
废品	达不到乙级标准者				
注: 1. 凡不符合本规范质量要求的任意一项者,则为 1 个不符合质量要求的极距。 2. 参与综合评级的曲线种类可依据所承担的地质任务及工程设计确定。					

4.9.2.6 电磁频率测深法评级标准见表 4。

表 4 电磁频率测深法评级标准

等 级	不符合质量要求的频点总数,个		
	电场 ρ_e	磁场 ρ_m	比值 ρ_v
甲 级	≤ 1	≤ 2	≤ 2
乙 级	≤ 3	≤ 4	≤ 4
废 品	凡达不到乙级标准者		

注：1. 凡不符合本规范质量要求的任意一项者则为 1 个不符合质量要求的频点。

2. 第 1、2 频点不参与评级。相位曲线不评级。

3. 参与综合评级的曲线种类可依据所承担的地质任务及工程设计确定。

4.9.2.7 瞬变电磁测深法评级标准见表 5。

表 5 瞬变电磁测深法评级标准

等级	不符合质量要求的测道分布
甲级	≤ 1
乙级	≤ 2
废品	凡达不到乙级标准者
注: 1. 按实际有效测道统计。	
2. 凡不符合本规范质量要求的任意一项者则为 1 个不符合质量要求的测道。	

4.9.3 全区质量评级标准

4.9.3.1 全区质量评级分两步进行。

4.9.3.2 经系统检查观测,其误差超限点(段)不超过检查点总数的 20%,且全区误差值符合第 4.9.1.6 条要求者方可进行评级。否则全区为废品。

4.9.3.3 评级分为优秀、良好、合格和废品四等。其标准见表 6。

表 6 全区质量评级标准

方法	优秀		良好		合格		废品
	甲级率 %	废品率 %	甲级率 %	废品率 %	甲级率 %	废品率 %	
电测深法	≥ 90	≤ 1	≥ 75	≤ 3	≥ 60	≤ 5	凡达不到合格标准者
电剖面法	≥ 80	≤ 2	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	
激发极化法	≥ 80	≤ 5	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	
充电法	≥ 80	≤ 2	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	
自然电场法	≥ 80	≤ 2	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	
电磁频率测深法	≥ 80	≤ 2	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	
甚低频电磁法	≥ 80	≤ 2	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	
瞬变电磁法	≥ 80	≤ 2	≥ 70	≤ 3	≥ 60	≤ 5	

4.9.4 验收制度

4.9.4.1 每个测点(剖面)观测完毕后,操作员要对记录和曲线进行全面检查、初评。

4.9.4.2 每日工作结束后,野外作业组应将原始记录和曲线移交解释组,由解释组进行逐点、逐项检查验收,并按质量标准进行评级。

4.9.4.3 项目负责人每月应对各工种进行一次全面的质量检查和评级。

4.9.4.4 项目监理每季度应对施工单位进行一次全面的质量检查验收。

4.10 野外数据采集报告

4.10.1 施工结束后,施工单位应按以下内容编写“野外数据采集报告书”。

a) 仪器工作状态(包括校验、精度、性能、工作稳定性等);

- b) 测网布置;
- c) 工作方法、装置选择;
- d) 完成工程量及原始资料质量评价;
- e) 定点、定线测量质量;
- f) 其他;
- g) 结论。

4.10.2 在施工单位提交“野外数据采集报告书”之后,项目来源部门应进行全面验收与评级,并写出“野外数据采集验收报告书”。

5 数据处理

5.1 一般要求

5.1.1 数据处理是电法勘探工作的一项重要环节,应贯穿于项目实施(包括项目论证、设计、施工、解释及最终成果提交)的全过程。

5.1.2 数据处理应根据项目的具体条件和所承担的地质任务,采用合理的处理流程和处理参数。

5.1.3 在数据处理实施过程中,不得变更和丢弃原始数据。

5.1.4 数据处理一般可分为现场处理、系统处理和改善处理 3 个阶段。

5.2 处理内容及要求

5.2.1 处理前的一般应具备下列基础资料

- a) 野外原始记录本、野外原始记录磁盘或磁带;
- b) 测线、测点坐标;
- c) 测线、测点位置图(包括地层、构造和钻孔分布);
- d) 已有的钻孔柱状及测井曲线;
- e) 测线、测点预想地质图。

5.2.2 基本内容

5.2.2.1 数据准备:基础数据解编与勘探区数据库建立;相关数据文件编辑等。

5.2.2.2 常规成图:测深单支曲线图册,剖面曲线图册,测线参数断面等值线图,测区参数平面等值线图,测区参数平面剖面图等。

5.2.2.3 解析反演:测深单支曲线一维正反演,测线测深曲线二维正反演,测深曲线三维正演,剖面正反演等。

5.2.2.4 数字滤波:K 剖面,剖面相关滤波,测线参数断面窗口滑动滤波,测区参数平面窗口滑动滤波等。

5.2.3 基本要求

5.2.3.1 为检验试验与生产工作是否达到预期目的,调整野外施工布置和及时提交中间成果资料,各施工单位应配备现场处理系统。现场处理系统一般应包括单支曲线、剖面曲线成图,等值断面、等值平面成图,一维正反演,K 剖面等基本模块及软件。

5.2.3.2 处理结果应满足:

- a) 原始数据可靠,测点空间位置参数正确。
- b) 方法选择适当,处理参数及流程选择合理。
- c) 图件布局合理、清晰、美观,有效异常显示突出。
- d) 定量结果既符合曲线拟合精度,又符合实际地质规律。

5.3 处理成果检查与验收

5.3.1 数据处理成果的质量检验分自检、验收。

5.3.2 自检由数据处理员负责。

5.3.3 验收由项目负责人完成,并写出验收说明。

6 资料解释

6.1 一般要求

6.1.1 电法资料的解释推断应遵守从已知到未知、从点到面、从简单到复杂、从局部到全区的原则。应充分利用所取得的电法资料,力求从已获取的资料中得出尽可能多的有用的地质结论。

6.1.2 解释推断应充分收集、研究各种地质、物性和其它物探资料,并根据需要进行野外实地观察,必要时应布置补充工作或探矿工程。

6.1.3 解释推断工作中,应充分考虑各种复杂因素对观测结果的影响。

6.1.4 电法解释在依据地球物理规律分析电法观测资料和地电断面参数间关系的同时,又应注意依据地质规律分析地电断面和地质断面之间的联系。

6.1.5 推断地质结论时,应结合地质理论和勘探区内的地质规律,既不单纯根据电法资料作主观推断,也不可忽视电法资料所反映的某些客观地质现象。

6.2 电性标志研究

6.2.1 地层电性参数研究

6.2.1.1 地层电性参数一般应依据实测数据经数理统计分析后获取。在新生界掩盖的区域,可应用已知点测深曲线反演计算的平均电性参数作为地层电参数的结果。

6.2.1.2 掌握全区地层电性参数的纵、横向电性变化规律,编制相应的图件。

6.2.2 电性标志的划分及标注

6.2.2.1 结合所承担的地质任务,研究并掌握目的层(物)及相关地层的相应电性标志特征。

6.2.2.2 结合实际地质资料,采用正反演技术确定目的层(物)及相关地层对应电性标志。

6.2.2.3 目的层(物)及地层电性标志命名一般采用对应地层地质年代符号为角码的形式标记。

6.3 定性解释

6.3.1 目的层(物)电性标志特征对比

6.3.1.1 在识别各种电性标志特征的基础上,进行目的层(物)及相关地层~电性标志特征的对比。

6.3.1.2 对浅、中、深层均应全面对比,并分清主次,特别要注意目的层(物)的对比。确定点、线、面标志及其相关标志,并注意各标志的纵、横向联系。

6.3.2 断层解释

6.3.2.1 根据电性标志的异常变化(如系统错断、终止、扭曲等)识别断点、断层。

6.3.2.2 断层的组合应注意断点空间闭合及相邻测线特征、性质的一致性。

6.3.3 地层形态解释

6.3.3.1 地层形态解释应在断面、平面图上依据电性标志特征的变化确定。

6.3.3.2 地层形态解释时应注意断层切割关系。

6.3.4 其他目的层(物)的解释

6.3.4.1 结合构造和地层形态解释结果,按地质任务要求解释其它目的层(物)。

6.4 定量解释

6.4.1 测深类曲线解释

6.4.1.1 测深类曲线定量解释一般可分为单支曲线解释、全测线系统解释和全区综合解释。

6.4.1.2 定量解释方法应根据已知地质条件地段或孔旁测深曲线应用多种解释手段对比分析而确定,确定的相对有效方法可应用于全区或分区使用。

6.4.1.3 对因静态效应、地形、脱节点等引起的曲线偏移应进行必要的校正。

6.4.1.4 定量解释应获得目的层(物)及相关地层的深度、厚度等数据。

6.4.1.5 单支曲线定量解释应在定性解释的基础上进行。

6.4.1.6 全测线定量解释应在定性解释及单支曲线定量解释的基础上进行。解释中应注意各测线电性标志及目的层(物)及相关地层的横向连续性。

6.4.1.7 全区综合解释应在定性解释、单支曲线定量解释及全测线定量解释的基础上进行。解释过程中应注意解释结果的整体变化趋势,必要时可根据等值性原理和平均电阻率效应调整单支曲线定量解释结果。

6.4.2 剖面类曲线解释

6.4.2.1 应全面、系统分析曲线的各种标志(如异常幅值、正交点、反交点、极大值、极小值、分离带及梯度变化等),研究已知段曲线的各种标志与目的层(物)及相关地层的定量关系,确定各种标志所对应的目的层(物)及相关地层的平面定量结果。

6.5 综合地质—地球物理解释

6.5.1 综合地质—地球物理解释是电法勘探最终成果解释,应在定性解释和定量解释的基础上进行。

6.5.2 依据定性、定量解释结果,结合区域地质规律、勘探区地质规律正确划分各目的层(物)及相关地层的综合解释标志。

6.5.3 综合分析各目的层(物)及相关地层的综合标志的空间展布规律,解释勘探区构造、地层形态、其他目的层(物)及相关地层。

7 报告的编制与审批

7.1 一般要求

7.1.1 电法勘探报告是电法勘探的最终成果资料,应由项目负责人组织有关技术人员编制。

7.1.2 综合勘探项目应在编制相应的电法勘探专业报告的基础上,会同有关单位编写综合勘探报告。

7.2 报告书编制要求

7.2.1 报告书文字部分的主要内容

7.2.1.1 序言:

- a) 简要说明项目来源及工作意义。
- b) 说明电法勘探所承担的地质任务,勘探区范围、面积、交通位置。
- c) 简要介绍勘探区交通、自然地理、经济、气象等情况。
- d) 简要说明完成工程总量及工程质量。

7.2.1.2 以往地质工作与评价:

- a) 简述以往地质工作及所获成果,评价其可靠性与存在主要问题。
- b) 说明本次报告对已有地质成果的引用情况。

7.2.1.3 勘探区地质概况:

简要介绍勘探区地层、构造、岩浆岩活动及水文地质特征。

7.2.1.4 地球物理特征:

- a) 说明参数测定工程布置、工作方法、工程量及质量评价。
- b) 说明地层电性特征研究与电性标志层划分。
- c) 说明勘探区地质—地球物理特征,评价对完成地质任务的作用。
- d) 说明被探测物的异常分布规模、幅值大小及曲线特性。

7.2.1.5 野外数据采集:

- a) 详细说明生产前试验工作及其所获成果。
- b) 说明采用的工作方法、参数、仪器装备。
- c) 详细说明勘探区测网布置原则及工程布置、工程量、工程质量。
- d) 说明定点、定线测量工作与质量。

7.2.1.6 资料处理和解释:

a) 详细说明资料处理内容、方案、流程及参数。

b) 详细说明资料解释方法、标志、依据。

7.2.1.7 地质成果:

a) 详细介绍所获地质成果、验证情况,结合已知地质资料评价解释精度。

b) 简要说明与以往地质成果的对比情况。

7.2.1.8 结论与建议:

a) 简述电法勘探完成地质任务情况。

b) 说明主要经验教训,存在问题,提出建议。

7.2.1.9 项目经济评价:

评价项目经营情况,分析潜在效益。

7.2.2 报告书附图

a) 地形、地质及电法工作实际材料图;

b) 测量展点图;

c) 勘探区或区域地层、电性标志层综合对比柱状图;

d) 依据地质、钻探、物探等资料综合编制的地质成果图;

e) 依据地质、钻探、物探等资料综合编制的电性—地质对比剖面图;

f) 电性参数平面等值线图;

g) 电性参数平面剖面图;

h) 能明显反映地质成果的各方法特征点坐标平面等值线图;

i) 各电性标志层平面等值线图;

j) 其它电法勘探解释地质成果图。

7.2.3 报告书附表、附件

a) 测量成果及精度表;

b) 工程量统计表;

c) 工程质量评价表;

d) 地质成果统计表;

e) 专题研究报告。

7.2.4 对一般小型项目,其报告书及附表、附件可根据实际情况适当简化。

7.3 报告审批

7.3.1 报告审批一般分初审、评论、审查、批准4个阶段。

7.3.1.1 初审:由项目施工单位主管部门负责。检查设计及设计批准书中所规定的地质任务完成情况、基础资料及地质成果的可靠性。并提出报告初步送审意见。

7.3.1.2 评论:由项目来源单位聘请报告评论组完成。抽查原始资料质量、资料处理成果、“三边”图纸及初步解释结果(一般应达到20%~30%),确定基础资料的可靠性;检查解释成果的合理性,报告文字、附图、附表、附件的完整性;提出评论意见书。

7.3.1.3 审查:采用审查委员会方式进行。审查委员由项目来源单位聘请。审查委员会在认真研究报告的全部资料和广泛听取各方面意见的基础上,通过讨论协商,确定报告所获得的地质成果和不足,提出处理意见,写出审查意见书。

7.3.1.4 批准:由项目来源单位在审查意见书的基础上下达审查批准书。

7.3.2 对一般小型项目,可根据实际情况适当简化。