

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0186—1997

直流充电法技术规程

1997-07-01 发布

1998-01-15 实施

中华人民共和国地质矿产部 发布

目 次

前言	Ⅱ
1 适用范围	1
2 引用标准	1
3 总则	1
4 工作设计	2
5 仪器设备	4
6 野外工作	6
7 资料整理、验收和图件编制	10
8 解释推断	12
9 成果提交	12
附录 A(标准的附录) 充电法记录本格式	14
附录 B(标准的附录) 利用充电法测定地下水流向、流速方法	15
附录 C(提示的附录) 区分充电法正常场和异常场的方法	16

前 言

本规程规定了直流充电法(简称充电法)勘查工作的基本要求和技術規則。

本规程的附录 A、附录 B 为标准的附录,附录 C 为提示的附录。

本规程由全国地质矿产标准化技术委员会物化探分技术委员会提出并归口。

本规程由中国有色金属工业总公司物化探管理中心主持制订,西北有色物化探总队负责起草。

本规程起草人:樊金生、郭文波、张云明。

本规程由全国地质矿产标准化技术委员会物化探分技术委员会负责解释。

1 适用范围

本标准适用于金属、非金属、能源矿产勘查中的充电法勘查,其中的技术规则也适用于水文、工程、环境、灾害等地质问题的充电法勘查。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。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—93 地球物理勘查技术符号

DZ/T 0069—93 地球物理勘查图图式图例及用色标准

DZ/T 0153—95 物化探工程测量规范

3 总则

3.1 本标准采用下列定义:

充电法是通过观测和研究相对围岩为良导体充电电场的分布特征,解决矿产地质、水文地质、工程勘察等有关问题的地球物理勘查方法。

3.2 应用范围

根据不同阶段的任务要求和条件,充电法可以不同程度地解决下列问题:

- a) 圈定矿体范围;
- b) 确定矿体的产状及埋藏深度;
- c) 查明相邻矿体间连接关系;
- d) 寻找新的盲矿体;
- e) 了解地下水的流向、流速;
- f) 追索地下管线。

3.3 应用前提和有利条件

3.3.1 应用前提

- a) 被勘查的目标体必须有良好的露头(人工、天然);
- b) 被勘查的目标体比围岩的电阻率足够小,目标体大小和埋深适当,其引起的异常能被测出,并能从干扰异常中识别出来。

3.3.2 应用的有利条件

- a) 勘查对象比围岩电阻率应小 100 倍以上,勘查对象与围岩的电阻率均应相对稳定;
- b) 地形影响和地表不均匀性干扰较小;
- c) 接地条件良好,极化稳定;
- d) 工区内无明显工业电干扰。

4 工作设计

4.1 工作任务

4.1.1 根据经济和技术条件,充电法的任务可分为生产任务和试验任务。

4.1.2 工作任务由任务书明确规定。任务书的内容应包括:

- a) 项目名称、工作地区的范围;
- b) 工作目的及勘查对象;
- c) 工作量及经济技术指标;
- d) 提交成果的内容和完成任务的期限。

4.1.3 工作任务下达后,应根据任务书编写工作设计书。设计书的内容应包括:

- a) 任务及目的要求;
- b) 地质、地球物理特征、施工条件及方法有效性分析;
- c) 工作方法和技术要求;
- d) 应提交的成果资料;
- e) 经济指标和生产管理要求;
- f) 设计附图。

4.2 资料收集

资料收集应包括下列内容:

- a) 工作地区与工作任务有关的人文、气象、交通运输资料;
- b) 工作地区与工作任务有关的地貌、水系发育、土壤、植被情况;
- c) 工作地区与工作任务有关的测绘资料、地质资料和地球化学资料;
- d) 工作地区以往的物探资料。重点收集与工作任务有关的电性资料;
- e) 工作地区可供选作充电点的露头、钻孔、坑道等资料。

4.3 方法有效性分析

4.3.1 设计时,应依据邻区或其他类似地区的工作成果、正演计算或模拟试验结果以及踏勘和现场试验的结果,逐项分析充电法及配合其它方法解决问题的可能性和可达到的程度。

地质条件具备而地球物理前提不明,方法有效性不能肯定的,只能作为试验项目;地质条件和地球物理前提均不具备的,不得投入充电法工作。

4.3.2 踏勘和现场试验

4.3.2.1 踏勘

踏勘应包括下列内容:

- a) 核对地质情况及研究程度,了解可供利用的山地工程、测绘标志、以前的物探、化探测网及异常标志等;
- b) 了解可布测区的范围、测线方向及长度;
- c) 了解可布充电点、无穷远极的位置及导线敷设路线;
- d) 了解工区地形、地貌、通视和交通运输等工作条件;
- e) 测定某些岩(矿)石的电阻率参数。

4.3.2.2 现场试验

对缺少物性资料或方法有效性不明的新区,设计工作中应进行现场试验,以便明确方法的有效性和确定最佳技术方案。

- a) 现场试验工作应选择地质情况比较清楚、且具有代表性的区段;
- b) 现场试验工作可沿勘查对象走向和垂向各作一条电位及梯度剖面,以了解充电法是否能解决所下达的地质、工程任务;

c) 在肯定方法有效的前提下,应进行不同点距、极距试验,为确定最佳技术方案提供依据。

4.4 工作精度

充电法电位和梯度观测,总精度以均方相对误差或平均绝对误差来衡量,分级列于表 1。

表 1

精度级别 误差	$U(\Delta U) > 2.5 \text{ mV}$		$U(\Delta U) \leq 2.5 \text{ mV}$	
	$U/I(\Delta U/I \cdot MN)$ 均方相对误差(%)		$U(\Delta U)$ 平均绝对误差(mV)*	
	有位误差	无位误差	有位误差	无位误差
A	5	3	0.2	0.1
B	10	6	0.3	0.2

4.5 测区与测网

4.5.1 测区范围

测区范围的确定应依据如下几点:

- 当工作目的是评价矿体的规模时,测区的大小应使异常能在足够的正常场上衬托出来。测区长度可为预计矿体长度的 2~4 倍;
- 当工作目的是寻找新的盲矿体时,测区范围应大于矿体可能存在的范围;
- 当工作目的是解决某些专门问题(如矿体连与不连、矿体的倾向、埋深等),只需选择若干条精测剖面,剖面的长度要求有足够的正常场衬托。

4.5.2 测线方向

- 测线应垂直勘查对象走向,并尽量与勘探线一致;
- 当勘查对象与围岩电阻率差异不够大时,还应设计一定数量的斜交剖面;
- 确定地下水流速、流向的测量,测线应以放射状布置(参见附录 B)。

4.5.3 工作比例尺和测网密度

工作比例尺和测网密度应根据任务要求,结合矿体大小及赋存状态、干扰因素等确定。

- 测线间距一般应为预计矿体长度的 1/3~1/4;
- 测点点距一般应为测线距的 1/4~1/2 之间;
- 工作比例尺与测网密度间的关系见表 2:

表 2

工作比例尺	线 距 m	点 距 m
1:10 000	100	20~50
1:5 000	50	10~20
1:2 000	20	5~10
1:1 000	10	2.5~5

- 井下或坑道工作比例尺一般为 1:500~1:1 000,点距为 2.5 m~5 m。

4.6 测地工作要求

4.6.1 测地精度

充电法测地工作要求分别列于表 3:

* 两次观测电流强度不等时,应归一到较小电流计算平均绝对误差。有位误差包括了无位误差、测地误差和布极不准引入的误差。

表 3

精度级别	图上平面 点位误差 mm	相邻点距误差 %		精确剖面图上 相对高程误差 mm	电极排列 方向误差
		限差	均方相对误差		
A	2.0	4	2	1.2	5°
B	2.5	8	4	—	10°

4.6.2 对充电点和验证工程点的位置等应进行联测,并粗略测定(或估计)无穷远供电电极及固定测量电极 N 的位置。

4.7 观测方式的选择

充电法的观测方式应根据具体情况及不同的要求(如对工作效率、分辨能力、细致程度、避免干扰等方面的要求),选择不同的观测方式。一般常采用电位和梯度同时测量的工作方式,在要求快速得到完整的电场全貌和确定地下水流向、流速时,才有选择性地采用其他观测方式。

4.8 充电点的选择

- a) 充电点的位置可根据不同的实际情况和目的,选在地表、坑道、钻孔中的矿体露头上;
- b) 只要条件允许,应在勘查对象的两个或更多的点上分别充电,且充电点应放在相对勘查对象的不同位置;
- c) 为了成果解释的需要,必要时可在勘查对象之外地段进行充电,以便掌握工区内正常场的特征。

4.9 “无穷远”极要求

“无穷远”极的布置应遵循如下原则:

- a) “无穷远”极应放在垂直勘查对象走向的方向上;
- b) “无穷远”极到测区中心的距离,应大于测区对角线的两倍,一般应在 1 000 m 以上;确定地下水流向、流速等工程的充电法勘查,按有关要求确定(参见附录 B)。

4.10 固定 N 极的要求

4.10.1 电位观测时,需要布置固定测量 N 极, N 极应布设在自然电场相对稳定的地段,又要兼顾生产方便,一般可按不同情况,安置在下列两个位置之一:

- a) 在远离测区的地方,从该电极到测区中心的距离应不小于测区对角线的两倍,并且应在“无穷远”供电电极的相反方向上;
- b) 在测区中心部分,即电位的极大值点附近,但应与充电点保持相当距离,以减少充电点供电极本身的影响。

4.10.2 电位观测时,所有不在“无穷远”的 N 极位置,都应“与无穷远”的电位进行联测,并且以“无穷远”的电位为零进行换算。

5 仪器设备

5.1 主要仪器设备的配备

5.1.1 仪器设备的型号和数量,应根据勘查任务和工区地电条件合理确定。

5.1.2 常用的仪器设备包括:

接收机、供电电源、发送机、导线、通风设备以及必要的测试仪表及检修工具。

5.2 仪器设备的技术指标

5.2.1 常用的充电法仪器的技术指标应满足表 4 的规定。

表 4

技术指标 项目	仪器类型	模拟类型仪器	数字类型仪器
输入阻抗		$>6\text{ M}\Omega$	$>1\text{ M}\Omega$
AB, MN 插孔、 外壳三者之间绝缘电阻		$>100\text{ M}\Omega/500\text{ V}$	$>100\text{ M}\Omega/500\text{ V}$
电位差测量精度		$0\sim 3\text{ mV}$ 档 $< 3\% $ 10 mV 以上档 $< 1.5\% $	$< 2\% \pm 1\text{ 个字}$
分辨率		0.01 mV	0.01 mV
电流强度测量精度		$0\sim 3\text{ mA}$ 档 $< 3\% $ 10 mA 以上档 $< 1.5\% $	$< 2\% \pm 1\text{ 个字}$
分辨率		0.1 mA	0.1 mA
极化补偿范围及方法		$\pm 500\text{ mV}$ 手动补偿	$\pm 500\text{ mV}$ 自动补偿
电零点漂移及补偿办法		$0.01\text{ mV}/20\text{ min}$ 不能补偿	自动补偿
工作温度		$-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$
工作湿度		$<90\%$	$<85\%$
对 50 Hz 工频抑制		$>30\text{ db}$	$>40\text{ db}$
表头或显示屏		指针活动自如	液晶显示, 显示位 $3\frac{1}{2}$

5.2.2 供电电源

5.2.2.1 干电池做电源, 必须配备绝缘良好的电池箱, 要求对地的绝缘电阻大于 $100\text{ M}\Omega$, 新电池的开路电压与额定电压差值不大于 5% , 短路的电流强度不小于额定值的三分之二。

5.2.2.2 镉镍密封碱性蓄电池组

镉镍电池组应满足如下要求:

a) 在 $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的环境下, 以规定的放电率使用时能保持额定容量正常、稳定, 在高于 30°C 或低于 10°C 时也可使用;

b) 耐过充电性能良好, 在小于 $0.1\text{C}_5\text{A}$ (5 小时制放电的容量) 的电流, $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 范围内, 能承受较长时间过充电而不变形, 不漏液;

c) 充电后在 $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下, 开路搁置 28 昼夜 仍具有一定的容量, 并能保证使用;

d) 在正常条件连续充放电使用可达 500 次 以上。

5.2.2.3 用交流发电机做电源, 必须配置相应的调压、整流与平衡负载设备, 按所要求电压供电时, 供电电流应足够稳定, 在 5 min 内其值变化不应超过 $\pm 3\%$; 发电机外壳对地绝缘电阻应不小于 $10\text{ M}\Omega$, 其他技术性能应符合出厂说明书。

5.2.3 导线

5.2.3.1 供电和测量导线应根据施工要求选用拉力强、电阻小、绝缘高的耐磨导线。

5.2.3.2 导线绝缘电阻可采用浸水法测定, 当供电电压为 500 V 时, 测量导线的绝缘电阻应不小于 $5\text{ M}\Omega/\text{km}$; 供电导线应不小于 $2\text{ M}\Omega/\text{km}$ 。

5.2.3.3 供电导线耐压应达到 $1000\text{ V}/5\text{ A}$, 供电和测量导线断力应达到 500 N 。

5.2.3.4 供电导线的电阻值应小于 $17\text{ }\Omega/\text{km}$ 。

5.2.4 电极

5.2.4.1 供电电极要坚固耐用,导电性能良好,宜采用金属棒状电极,一般以长为 60 cm~100 cm,直径为 1.6 cm~2.2 cm 为宜,在接地电阻大或需大供电电流工作的地区,宜用铝箔电极。水上施工时,用铝电极。

5.2.4.2 测量电极宜采用不极化电极,极差变化一般应小于 0.01 mV/5 min。

6 野外工作

6.1 准备工作

6.1.1 技术准备

6.1.1.1 组织学习本规程和设计书中的有关内容,使每个成员都明确本职工作和与本职工作有关的技术要求。

6.1.1.2 了解工区概况,合理安排野外工作顺序和进度。

6.1.2 仪器设备的准备

6.1.2.1 按设计要求的数量和规格,配备并调试全部仪器和各类技术装备,备齐常用的检测校验仪表和工具,准备足够的专用记录本、计算本或表格以及记录、计算、绘图用的工具。

6.1.2.2 配备安全生产用品,进行安全生产教育。

6.1.2.3 使用两台或两台以上(包括备用)仪器在同一地区施工,必须对仪器做一致性校验,并应做出一致性对比图。一致性校验的均方相对误差值应不大于设计误差的二分之一,计算公式为:

$$\epsilon = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^2}{(m-n)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: u_i ——第 i 次观测值与该点观测值平均数的相对误差, $i=1, 2, 3, \dots, m$;

n ——观测点数;

m ——总观测次数,等于各观测点上全部观测次数之和。

6.1.2.4 开工前,作业组长应向每个成员明确岗位职责、分工、工作方法和要求。

6.1.2.5 初次工作的地区还应进行现场试验,确定极距、点距等具体工作方法。

6.2 测站或供电站的设置、导线的敷设和电极布置

6.2.1 测站的设置

6.2.1.1 为便于工作,测站一般应布置在测区中心附近,但不宜接近充电点,并应远离输电线和变压器,选择地形较平坦、干燥、通视条件好的地点。

6.2.1.2 测站和供电站应采取必要的防潮、防雨和防曝晒措施。

6.2.2 导线敷设

6.2.2.1 所有从测站引出引入的导线,必须分别固定在不同的绝缘物体上,不得将未固定的导线直接接入仪器或拴在仪器上。

6.2.2.2 各导线头应予以明确标记,各种连接线宜分别采用不同颜色的导线,并做到专线专用。

6.2.2.3 为减少感应和漏电对观测的影响,导线的敷设应遵守下列原则:

- a) 供电导线和测量导线不应互相交错,应保持一定距离。供电导线至少应离测量导线 2 m;
- b) 测量导线不宜悬空架设,因客观原因必须架空时, M 和 N 导线可使用双股绝缘胶合线,并将导线拉紧、固定;当导线只能漫水而过时,应事先向测站报告,并进行漏电检查;
- c) 测量导线应尽可能远离高压输电线和电话线,当必须通过时,应使该段导线与其垂直,并采取固定措施;
- d) 导线的接头应确保其牢固和外皮绝缘。

6.2.2.4 导线通过铁路、公路、河道或村庄时,应采取架空、埋土或从轨道下通过等措施,并应有明显标志,必要时,可安排专人看守。

6.2.2.5 导线收放过程中,应随时注意导线有无损伤和扭结,当发现时应即时进行处理。

6.2.3 供电电极的布置

6.2.3.1 供电电极的布置应满足如下要求:

a) 供电电极应按设计要求地点布置,并保证接触良好;

b) 电极的根数应满足供电电流不随时间变化的需要。对直径为 2 cm~3 cm、入土深度为 0.5 m 左右的电极,每根通过的电流以不超过 0.2 A 为宜。

6.2.3.2 布极方法

a) 供电电极一般用多根杆状电极并联而成,充电电极和“无穷远”供电电极均应布成圆圈状,相邻单电极间的距离应小于入土深度的 2 倍;

b) 在坑道或地表矿体露头上充电,可采用先凿眼、再打入电极,保证电极与矿体新鲜面接触,并用盐水或泥浆灌实;也可使用铝箔电极,贴紧矿体并用湿土埋实;

c) 井中充电电极,可使用刷子电极或裸铜线,使电极放到要求位置。

6.2.3.3 当需要较大的供电电流时,应主要依靠减少供电回路电阻的办法,为此可采取增加电极根数、加大入土深度、挖坑埋设铝箔或铜丝绳、浇水、加粗供电线等措施。

6.2.4 测量电极的布置

6.2.4.1 测量电极的接地电阻应小于 15 k Ω ,电极坑内不得留有砾石和杂物,地表干燥时,应提前向坑内浇水,测点岩石裸露时,应填以湿土。

6.2.4.2 固定 N 极应按设计要求,埋到预定地点,并应采取防晒措施。

6.2.4.3 进行梯度测量时,测量电极 NM 前后顺序和距离应保持一致;电位测量(或梯度测量)当接地点正好处在无法测量的条件下(如露头、水池、建筑物上或接地条件极端恶劣等),可将 M 极(或 M 、 N 极)向垂直于测线方向上移动,移动的距离不允许超过点距的 1/10(或 MN 的 1/5),当超过此数时,应通知测站,并在记录本“备注”栏注明。

6.3 漏电检查

6.3.1 野外施工中,漏电检查应遵守如下原则:

a) 一个独立测区在观测之前和结束之后,均应对仪器和导线的绝缘性进行系统的检查;

b) 在一个野外工作日的始末、测线的转移、“无穷远”极布置后等,均应对供电系统和测量系统分别进行漏电检查;

c) 在雨季或水系发育、天气潮湿地区作业时,每隔 5~10 个测点应进行一次漏电检查;受条件限制,导线被迫浸水作业时,应进行漏电检查;

d) 在遇到观测数据不稳或发生畸变时,应进行漏电检查。

6.3.1.1 仪器的漏电检查和处理

在干旱地区施工时,应每月检查一次;在潮湿地区时,每日工作始末均要检查,当绝缘电阻达不到仪器要求时,应做干燥处理,直至达到要求方可施工。

6.3.1.2 导线的漏电检查

供电导线的漏电检查一般可轮流断开供电电极,测量漏电电流。测量导线的漏电检查,一般可在测站设一电极,分别与 M 、 N 线串联成回路,然后断开 M 极或 N 极,测其漏电电流,如漏电超过要求,应立即予以排除。

6.3.2 当供电系统有微弱漏电时,因漏电引起的等效电流总和应小于 $\pm 1.5\%$ 、等效电位差总和应小于 $\pm 1.5\%$,做漏电检查的供电电压一般不应超过 300 V。

6.3.3 工作中要经常检查测量导线的漏电情况,确保测量线路的完好。

6.3.4 当发现超限的漏电时,应查明原因,改善绝缘性能,并沿测线逐点返回进行重复观测,直至有连续三个点的观测结果符合观测要求时,方可认为漏电影响已经排除。

6.3.5 漏电现象和漏电检查及处理结果应记录在记录本上,作为资料检查、验收的一项重要内容。

6.4 观测方法及技术要求

6.4.1 仪器操作员应熟悉和掌握仪器使用的要求和规程内容,否则不得上岗进行操作。

6.4.2 原则上每个测点均应测定 $U(\Delta U)$ 与 I 值,当供电电流稳定后,可每隔 5~10 个测点测定记录一次电流值,其间的电流变化不应大于 2%。

6.4.3 供电的极性及其观测值的极性

6.4.3.1 为了避免“无穷远”供电电极可能发生电化学反应而使电流不稳定,应将电源的正极接到矿体上(充电点)。在整个测区工作过程中,供电电极的正负极性不应改变,以防止将测量结果的正负号弄错。

6.4.3.2 在整个测区工作过程中, M 、 N 极接线必须一致,无论电位和梯度装置,都应判断记录观测值的正负号。

6.4.4 重复观测

6.4.4.1 凡出现下列情况之一者,应进行重复观测,并以各次合格观测结果的算术平均值作为最终观测结果。

- a) 在观测过程中发现有明显的干扰现象难以保证最终结果的精度时;
- b) 异常的突变点;
- c) 异常的特征点(如极大、极小、符号变化点等);
- d) 与相邻测线对比显得无规律的测线段;
- e) 测线的接头点。

6.4.4.2 重复观测应符合下列要求:

a) 在参加统计的一组“ U/I ”或“ $\Delta U/I \cdot MN$ ”中,最大值和最小值之差相对于二者的算术平均值不应超过 $\sqrt{2n} \cdot m$,即:

$$\frac{\left(\frac{U}{I}\right)_{\text{最大}} - \left(\frac{U}{I}\right)_{\text{最小}}}{\frac{\left(\frac{U}{I}\right)_{\text{最大}} + \left(\frac{U}{I}\right)_{\text{最小}}}{2}} \cdot 100\% \leq \sqrt{2n} \cdot m \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{或: } \frac{\left(\frac{\Delta U}{I \cdot MN}\right)_{\text{最大}} - \left(\frac{\Delta U}{I \cdot MN}\right)_{\text{最小}}}{\frac{\left(\frac{\Delta U}{I \cdot MN}\right)_{\text{最大}} + \left(\frac{\Delta U}{I \cdot MN}\right)_{\text{最小}}}{2}} \cdot 100\% \leq \sqrt{2n} \cdot m \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: n ——重复观测次数;

m ——设计的无位均方相对误差。

b) 在一组重复观测的数据中,误差过大的观测数据可以舍弃,但必须少于总重复观测次数的三分之一;

- c) 重复观测可改变电流,但不应改变接地位置;
- d) 重复观测数据的有效值和舍弃值都应在相应的备注栏中注明。

6.4.5 野外工作中,遇到下列情形如需要和可能应增加工作量。

- a) 有意义的异常未追索完毕;
- b) 需要掌握细节的有意义异常,需要定出异常特征点位置的异常,如异常的极值点、过零点等,应加密测点观测。

6.4.6 观测结果的记录和整理

6.4.6.1 野外观测现场,记录员必须及时回报操作员数据,进行记录、计算并绘制草图。使用有存储功能的仪器,必须逐点及时打印(或显示)数据,以便了解是否需要重复观测或对异常畸变做现场处理。

6.4.6.2 野外现场的观测数据都应如实地记录在专用记录本上,记录本上除记录原始数据及与观测有关的事项之外,不得兼作他用,记录本不允许空页、撕页或粘贴其它纸张。

使用具有存储功能的仪器,应配备专用记事本,记录与观测有关的事项。

6.4.6.3 记录本中的各分类事项应认真填写,不得遗漏,各种数据应在观测现场记录,不得事后追记或修改,也不准以转抄的结果代替原始记录。数据带盒上应附有注明测区名称、时间、充电点号、测线号和测点号的卡片。

6.4.6.4 数据记录时,只允许使用中等硬度(2H或3H)的铅笔,记录要正确、工整、清晰,原始数据不得涂改或擦改,记录错的数据必须划去,另起一行重记,并在备注栏中注明原因。

6.4.6.5 野外草图应标明测区、比例尺、充电点号、剖面号、剖面方位、测点号和观测日期,必要时,还应将发现的干扰影响注在草图相应的位置。

6.5 观测结果的质量评价

6.5.1 系统检查观测的原则

6.5.1.1 系统检查观测应按时间均匀、空间均匀的原则由技术负责人随机抽取部分测点、测段或整条测线进行。

6.5.1.2 系统检查观测一般应遵循同点位、不同时间、不同仪器、不同操作人员的原则进行,在只使用一台仪器的工区,应按同点位、同仪器、不同时间、不同操作人员的原则进行。

6.5.1.3 系统检查工作量为测区总工作量的3%~5%,当检查结果超过设计要求时,允许增加检查工作量,但增加至20%,仍然证明观测不符合要求时,则相应受检范围内的基本观测工作量应予报废。

6.5.2 系统检查观测的统计、计算

6.5.2.1 系统检查结果应列专门的统计表,必要时应绘制检查对比曲线和误差分析曲线。当存在明显的系统误差时应予消除。

6.5.2.2 系统检查结果应按表1要求使用公式(4)计算均方相对误差或公式(5)计算平均绝对误差,并应满足要求。

$$M = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n u_i^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$u_i = \frac{\left(\frac{U_i}{I_i} - \frac{U'_i}{I'_i} \right)}{\frac{1}{2} \left(\frac{U_i}{I_i} + \frac{U'_i}{I'_i} \right)}; \text{或: } u_i = \frac{\left(\frac{\Delta U_i}{I_i \cdot MN} - \frac{\Delta U'_i}{I'_i \cdot MN} \right)}{\frac{1}{2} \left(\frac{\Delta U_i}{I_i \cdot MN} + \frac{\Delta U'_i}{I'_i \cdot MN} \right)}$$

$$\Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |U_i - U'_i| \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{或: } \Delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta U_i - \Delta U'_i| \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: n ——参加统计的测点数;

I_i ——第 i 点原始观测的电流值;

I'_i ——第 i 点检查观测的电流值;

U_i ——第 i 点原始观测的电位值;

U'_i ——第 i 点检查观测的电位值;

ΔU_i ——第 i 点原始观测的电位梯度值;

$\Delta U'_i$ ——第 i 点检查观测的电位梯度值;

MN ——梯度观测时测量电极间的距离。

各检点的相对误差 u_i 的分布应满足如下要求:

a) $\frac{1}{2}u_i$ 超过实达精度的测点数应不大于受检点总数的32%;

b) $\frac{1}{2}u_i$ 超过二倍实达精度的测点数应不大于受检点总数的5%;

c) $\frac{1}{2}u$, 超过三倍实达精度的测点数应不大于受检点总数的 1%。

6.6 技术安全措施

6.6.1 野外安全用电事项

6.6.1.1 野外作业人员应具备安全用电和触电急救的一般常识。供电作业人员应使用绝缘防护用品,“无穷远”供电极附近应设明显警告标志或委派专人看守。

6.6.1.2 收线、放线、转移和处理供电线路故障时,不得带电操作。操作员在未得到可以供电的信号前,严禁供电。

6.6.1.3 进行漏电检查,作业人员不得触及导线的裸露处和电极。

6.6.1.4 在使用高压做工作电源的测区,应向当地居民宣讲有关防止触电的注意事项,严禁与工作无关的人员接近电源、测站及供电极。

6.6.2 雷雨时不得进行野外作业。

6.6.3 在山区高压输电线下工作时,严禁抛抖导线。

6.7 电阻率参数测定

6.7.1 电阻率参数测定,应根据具体情况选择露头法或标本法。有钻孔时,应尽可能进行电阻率测井或井旁测深。

6.7.2 电阻率参数测定,在均匀分布的原则下,应重点测定

a) 勘查对象和干扰体;

b) 分布较广的围岩和电阻率参数变化范围较宽的岩(矿)石。

6.7.3 标本测定数量应视需要而定,应重点测定的岩(矿)石,每一类应不少于 30 块(点)。

6.7.4 必要时,可在有代表性的无矿地段对围岩充电,以确定围岩的各向异性系数。

7 资料整理、验收和图件编制

7.1 原始资料及其检查处理

7.1.1 充电法的原始资料包括:

a) 原始数据的记录本、表格或存贮的磁盘、磁带;

b) 成果报告底稿、成果图件底图。

7.1.2 原始记录的检查 and 验收

7.1.2.1 原始记录检查与转录的具体要求

a) 记录本各栏目及数据的填写是否完整、清晰和有规律性,是否作了必要的注记;

b) 各项技术指标是否达到设计书或本规程的要求,野外出现的畸变点、突变点、异常点等是否进行了重复观测,发现的异常是否完整;

c) 使用具有存贮功能的仪器,一个工作日结束,室内组应将数据及时转录、计算并编录。

这种检查和转录应逐日进行。

7.1.2.2 室内组应对野外记录数据(含自动记录的数据)及计算结果进行百分之百的检查复核。

7.1.2.3 各种计算的错误率应低于 1%

7.1.2.4 检查中发现问题,应按下述原则处理:

a) 凡因违反设计书规定致使数据质量降低者应予返工;

b) 个别测线段质量较差,但对比较相邻测点或测线,认为资料仍可利用者,应作重点检查,并视情况予以补救。

7.2 原始资料的编录

原始资料应按测区、比例尺、方法及时详细编录、分类归档、妥善保存。

7.3 图件的编绘

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 正式图件的编绘必须在观测数据计算质量经过检查验收合格的基础上进行。

7.3.1.2 图件编绘的内容要能集中、全面、形象地反映工作成果。

7.3.1.3 每张图件都必须有明确的目的,需要而且能够综合在一张图上的内容,不应分别绘在两张图上,但要保证图面的清楚醒目。

7.3.1.4 图件编绘的具体要求、绘制方法和程序,应遵守 DZ/T 0069 规定的有关条款。

7.3.1.5 充电法工作结束后,应根据不同测量方法和目的,编制如下相应的图件:

- a) 实际材料图;
- b) 梯度测量的剖面平面图、纵向梯度剖面图;
- c) 电位测量的剖面平面图、等位线平面图;
- d) 典型剖面上的综合剖面图;
- e) 综合平面图。

7.3.1.6 不允许将电位和梯度观测的成果互相换算编制正式图件。

7.3.1.7 有条件时,应采用计算机成图。

7.3.2 几种主要图件的具体要求

7.3.2.1 实际材料图

实际材料图的内容应包括:测区位置及范围、测网及编号、剖面位置、编号、充电点、无穷远极的位置及编号;基线网的封闭路线;系统检查点(线)的位置、主要电性和地质标本采集点及编号;各种固定标志的埋设位置。实际材料图的比例尺应与工作比例尺相同。

7.3.2.2 剖面平面图

a) 图的比例尺应与工作比例尺一致。有时根据需要,可改绘成剖面顺序图。参数比例尺的选择应避免剖面间异常曲线的过多穿插。在同一图上应尽量采用同一比例尺。如不够醒目,允许采用两种比例尺,但每一种比例尺要占有一定的面积,并加框说明不同比例尺的范围;

b) 图上应标明充电点的位置(或投影位置)和异常轴位置。

7.3.2.3 等位线平面图

a) 等位线平面图的比例尺应与工作比例尺一致;

b) 等位线一般采用等差间隔,异常梯度变化较大时,也可采用分段等差间隔。等位线间隔大小应视观测精度和异常强度而定。

图上等位线过稀的地段,可勾绘辅助等值线,但其醒目程度需次于一般等值线。

c) 等位线平面图上应标明充电点的位置(或投影位置)。

7.3.2.4 综合剖面图

综合剖面图表示参数的比例尺一般用算术比例尺,其大小可根据观测精度和异常特点而定(通常要将背景地段由观测误差所引起的曲线跳动压缩在 1 mm 以内)。异常幅度很大时,为了突出较弱的异常,也可采用对数比例尺。

剖面图上应反映以下内容:

- a) 地形、地质剖面及探矿工程;
- b) 各种观测方式、不同充电点的工作成果,并应注明所采用的相应的观测方式、极柜、充电点(投影)的位置;
- c) 其他有关的物探、化探工作成果;
- d) 解释、推断成果及提出的验证工程位置。

7.3.2.5 综合平面图

a) 综合平面图是反映充电法与其他物探、化探方法和地质工作成果的图件,要突出充电法与其他方法取得一致的结果和不同结果的特点和相互关系;

b) 综合平面图上应包括推断成果及充电点在地表的投影等,综合平面图要突出重点。

8 解释推断

成果解释推断的一般步骤包括异常的定性解释、定量解释和地质解释等。

8.1 异常的定性解释

异常定性解释的目的是研究异常成因,区分异常场和正常场,定性判断异常源的性质及大致范围、产状、埋深等。

8.1.1 区分正常场和异常场

区分异常场和正常场的具体方法参见附录 C。

8.1.2 判断异常体是等位体或非等位体

判断等位体和非等位体,目的是了解充电异常的性质,为选择正确的解释方法提供依据。其方法是在同一目标体不同部位充电,若两次观测电场特征基本一致,则为等位体,反之为非等位体。

8.1.3 异常定性解释时,还应识别各种干扰因素(如地形、各向异性、介质不均匀、断裂、覆盖层等)导致电场畸变形成的假异常。

8.1.4 在确认目标体引起的异常后,应根据工作任务的要求,大致地确定目标体的边界、埋深、产状等。

8.2 异常的定量解释

8.2.1 定量解释的异常应具备如下条件:

- a) 等位体产生的异常;
- b) 目标体与围岩电阻率都较均匀,几何形态近似为规则体(球、板、柱状等);
- c) 各种干扰因素影响小,或在解释过程中可予以消除;
- d) 有足够的已知参数资料。

8.2.2 定量解释的方法主要有特征点法、数值模拟法和物理模拟法等。

8.2.3 定量解释时,应注意以下问题:

- a) 应正确选择解释剖面。所选剖面的异常应满足定量解释异常的条件,地质条件比较清楚;
- b) 存在各向异性、低阻覆盖、围岩电性不均匀、地形等干扰因素时,应尽量作相应改正,使异常光滑、规则,特征点精确、明显;
- c) 应正确假定异常体的理想状态、产状及所处地电条件、选择恰当的解释方法;
- d) 应尽可能采用多种方法、多种特征和利用多剖面上的点进行解释;
- e) 对定量解释的数据要进行全部复核。

8.2.4 对复杂形态的异常体,有条件时应积极开展物理模拟和数值模拟,从而达到定量解释的目的。

8.3 异常的地质解释

异常的地质解释,应合理利用定性解释和定量解释的结论,结合地质情况,遵循由已知到未知,根据工作任务的要求,作出工作结论并提出验证意见。

当推断解释结论与验证结果不一致时,应认真分析其原因,参考验证结果重新进行解释推断,必要时,可再次提出验证意见。

8.4 用充电法测定地下水流向、流速方法的解释参见附录 B。

9 成果提交

9.1 充电法工作结束后,应向任务下达部门提交经验收合格的全部原始资料。

9.2 提交经审查批准的成果报告。

9.2.1 成果报告的内容应包括:

- a) 序言;
- b) 地质、地球物理特征;

- c) 工作方法、技术及质量评价；
- d) 解释推断；
- e) 结论与建议。

9.2.2 成果报告附图、附表。

附 录 A
(标准的附录)
充电法记录本格式

A1 梯度测量记录本格式

工 区 _____ 测 线 _____ 观测日期 _____ 天 气 _____
仪 器 _____ A 极位置 _____ B 极位置 _____ 起止时间 _____

记录点线号	MN m	I A	ΔU mV	$\Delta U/I$ mV/A	$\Delta U/I \cdot MN$ mV/A · m	备 注

观测者: _____ 记录者: _____ 计算者: _____ 检查者: _____

A2 电位测量记录本格式

工 区 _____ 测 线 _____ 观测日期 _____ 天 气 _____
仪 器 _____ A 极位置 _____ B 极位置 _____ 固定 N 极位置 _____
测站位置 _____ 开始时间 _____ 结束时间 _____

点线号	I A	U mV/A	U/I mV/A	备 注

观测者: _____ 记录者: _____ 计算者: _____ 检查者: _____

A3 充电法记录本格式

工 区 _____ 测 线 _____ 观测日期 _____ 天 气 _____
仪 器 _____ A 极位置 _____ B 极位置 _____ 固定 N 极位置 _____
测站位置 _____ MN _____ 开始时间 _____ 结束时间 _____

记录点线号		I A	U mV	ΔU mV	U/I mV/A	$\Delta U/I \cdot MN$ mV/A · m	备 注
电位	梯度						

观测者: _____ 记录者: _____ 计算者: _____ 检查者: _____

附录 B

(标准的附录)

利用充电法测定地下水流向、流速方法

B1 基本原理

将食盐溶解于钻井或水井中的地下水中,这时溶有食盐的水形成电导率较高的带,开始时此导电带的中心和井轴一致,随着地下水的流动,此导电带将向水流方向扩展,其中心将向地下水流动方向移动。当在井中的地下水中充电时,在地表所观测到的等位线也将随时间向水流方向逐渐位移。根据此位移的方向和速度可以判断地下水的流向和流速。

B2 工作方法

B2.1 测线布置

以井口为中心,在地表布置互成 45° 角的八个方位标志,或互成 30° 角的十二个方位标志,作为以井口为中心的八条或十二条放射状测线。

B2.2 供电电极

充电电极 A 应置于井内待测含水层深度位置,“无穷远”B 极应置于地面距井口较远处,其离井口的距离应不小于待测含水层深度的 20 倍以上。

B2.3 测量电极

测量电极 N 固定设置在与事先估计的水流方向相反的方向上,离开井口的距离一般应取得待测含水层的深度。当井内有较长的金属套管时,应当把固定电极至井口的距离增加 2~3 倍,另一测量电极 M 则在沿事先布置的各条测线移动。

B2.4 正常场测量

在往井内加盐之前,应先观测一次正常场等位线。测量电极 M 依次沿着各条测线移动,找出各条测线上与固定测量电极 N 电位相等的点。量出各条测线上这些点至井口的距离,按一定比例尺绘在平面上,通过这些点勾绘出正常等位线。当井周围介质均匀和各向同性时,正常等位线是以充电点在地表投影为中心的圆;当周围介质不均匀或为各向异性时,正常等位线可能是椭圆或其他形状的封闭曲线。

B2.5 盐化

测出正常等位线后,往井内注入一定数量的浓食盐溶液,同时放入装有食盐的布袋。布袋应悬挂在正对待测含水层的深度。记下放入盐水和盐袋的时间 t_1 。

在整个观测过程中应随时注意检查盐袋,当发现食盐溶解将近完时应更换新的盐袋,一般井或钻井每观测一次约需食盐 15 kg~20 kg。

B2.6 异常场测量

放入食盐后,隔一定时间(视地下水流速而定,一般为 2 h~3 h;在流速很慢地区,有时需隔 5 h~6 h),按前述相同的方法沿各条测线找出新的等位点,量出它们至井口的距离,以相同比例尺绘于绘有正常等位线的平面图上,勾出异常等位线。

观测过程中,在等位点位移最大的测线两侧(偏 $15^\circ \sim 25^\circ$)应加点,以便更精确地判定地下水的流向。

记下观测时间 t_2 ,当观测时间较长时,以观测位移最大的等位点的观测时间为准。

异常等电位线相对于正常场等电位线向外位移最大的方向,即地下水的流向。当发现固定测量电极 N 未正好位于与流向相反的方向上时(这时常会观察到在某些测线上异常等电位线向内位移),应改变固定 N 极位置,把它沿正常场等位线移到与流向相反的方向上,重新进行观测。

B3 成果解释

B3.1 中心点位移法

地下水盐化一定时间后所观测到的异常等电位线通常是向某一方向延长的椭圆或其他形状封闭曲线。异常等电位线相对于正常等电位线偏离最大的方向,就是地下水流向,如图 B1:

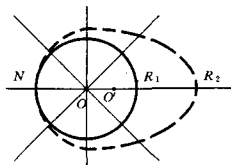


图 B1

地下水流速 v 可按异常等电位线中心 O' 相对于正常等电位线中心 O 的偏移速度来决定,即:

$$v = \frac{2OO'}{t_2 - t_1} \quad \dots\dots\dots (B1)$$

也可按沿水流方向上等电位线的移动速度来决定,即:

$$v = \frac{R_1 R_2}{t_2 - t_1} \quad \dots\dots\dots (B2)$$

B3.2 矢量法

在平面图上,以井口为公共原点,绘出沿各个方位测线上异常等电位点相对于正常等电位点的位移矢量。这些矢量的长度按一定比例尺,使其等于沿各方位测线异常等电位点与正常等电位点之间的距离,并以自正常等电位点指向异常等电位点的方向为矢量的方向,用作图法求出所有方位位移矢量的总矢量,此矢量所指的方向即为地下水的流向;地下水的流速可由总位移矢量的长度(R)和观测时间间隔求得。

当采用八个方位时,流速按:

$$v = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \quad \dots\dots\dots (B3)$$

当采用十二个方位时,流速按:

$$v = \frac{R}{3(t_2 - t_1)} \quad \dots\dots\dots (B4)$$

在新区工作时,应先用不同工作方法和解释方法进行试验,与已知资料进行对比,选择适当的工作方法和解释方法。此外,本附录所介绍方法只适用于埋藏不深(几米至几十米)且矿化很低的含水层,对矿化度较高或埋藏较深的含水层,一般不能取得良好的效果。

附录 C

(提示的附录)

区分充电法正常场和异常场的方法

区分充电法正常场和异常场,可按下列方法和准则进行。

C1 根据数值模拟的结果

均匀各向同性介质中点源场的电位曲线和梯度曲线有如下特征:

$$H = 0.3q \quad \dots\dots\dots (C1)$$

q ——电位曲线半极值点间水平距离；

$$\text{或 } H = 0.7p \quad \dots\dots\dots (C2)$$

p ——梯度曲线两极值间的水平距离；

H ——充电点深度。

充电点的深度已知，从实测曲线上量出 p, q ，依据上述公式，可区分正常场和异常场。

C2 根据等位线分布特征

当有充电体存在时，在充电体地表投影部分电位降落很少，而在充电体边缘电位急剧下降，表现在电位等值线图，充电体边缘部分等位线十分密集，正常场则不具备上述特征。

C3 根据横向梯度剖面的极值变化特征

异常场在横向梯度剖面上的特征是：在充电体地表投影范围内，各剖面横向梯度的两极值点之距离变化较小，其强度也大致相同，而在充电体两端之外电位梯度的两极值点间距离迅速增大，强度迅速降低，点源场则不具备上述相对稳定部分。

C4 根据通过异常中心的纵向梯度和横向梯度剖面的对比

当充电场为点源引起的情况下，通过异常中心的纵向及横向剖面有一共同特征，即靠近中心部分梯度值呈线性变化；当异常为具有一定长度充电体引起时，横向梯度剖面仍呈现上述特征，但纵向梯度剖面上靠近中心部分的梯度值呈非线性变化，并且靠近中心部分梯度曲线的切线的斜率很小，在充电体两端突然增大。

C5 根据电位等位线图上出现的多个极大值特征

当充电体顶部起伏不平时，电位等位线图常在充电体最靠近地表的若干点上出现若干个极大值，而正常场则出现一个极大值。

C6 根据等位线平面图上电位极大值点相对充电平面的位移特征

充电正常场等位线平面图上电位极大值点相对充电平面（充电平面指通过充电点而垂直于异常轴的平面）不发生位移，而充电体异常场等位线极大值点相对充电平面常发生明显位移。

C7 根据等位线长短轴的比值

在各向异性介质中，充电场等位线长短轴之比为一常数，它等于：

$$\frac{b}{a} = \sqrt{1 + (\lambda^2 - 1)\sin^2 \alpha} \quad \dots\dots\dots (C3)$$

式中： a ——等位线的半长轴长度；

b ——等位线的半短轴长度；

λ ——围岩电阻率各向异性系数；

α ——围岩片理的倾角。

而走向具有一定延伸的良导体，在良导体地表投影范围内，充电电场的等位线长短轴之比明显较大，而且随着远离异常中心部分，该比值随之减少，最后趋于公式(C3)的数值，以此可识别存在各向异性介质情况下充电电场的正常场和异常场。