时间域激发极化法技术规定

DZ/T 0070—1993

1 主题内容与适用范围

本标准规定了对时间域激发极化法工作的基本要求和技术规则。

本标准适用于地质矿产勘查及水文工程地质勘察中的时间域激发极化法工作。探测石油及天然气中的激发极化法工作亦应参照使用。

2 引用标准

DZ/T 0069 地球物理勘查图图式图例及用色标准

3 技术符号。

技术符号见表 1。

表 1 技术符号

项 号	符 号	名 称 或 意 义
1	AB	供电电极|距|
2	MN	测量电极|距|
3	U	电位差
4	ΔU	总场电位差($\Delta U-\Delta U_1+\Delta U_2$)
5	ΔU_1	一次场电位差
6	ΔU_2	二次场电位差
7	ΔU_2^t	二次场衰减至 t 时的电位差
8	T	供(充)电时间
9	t	放电时间
10	τ	二次场充电到饱和值的 $1-\frac{1}{e}$($\approx 67\%$)或从饱和值放电到$\frac{1}{e}$($\approx 37\%$)所需的时间
11	t_D	采二次场延时
12	t_1	二次场采样宽度
13	$\Delta U_2^{改正}$	用指针式仪器、单向长脉宽供电方式时，使用的一种零点改正方法。$\Delta U_2^{改正}=\Delta U_2-m\Delta U_1^{测}$ $m=\frac{1}{n+1}$，$n=\frac{放电时间}{供电时间}$
14	η	极化率(η)$=\frac{\Delta U_2}{\Delta U}\times 100\%$

项 号	符 号	名 称 或 意 义
15	η	视极化率$(\varepsilon_s)=\frac{\Delta U_2}{\Delta U}\times 100\%$
16	I	供(充)电电流强度
17	K	装置系数
18	ρ	电阻率
19	ρ_s	视电阻率$(\rho_s)=K\frac{U}{I}$
20	S_t	衰减时
21	M	均方相对误差
22	ε	均方误差

4 总 则

4.1 时间域激发极化法是以岩（矿）石、水的激发极化效应的差异为物性前题，用人工地下直流电流激发，以某种极距的装置形式，研究地下横、纵向激发极化效应的变化，以查明矿产资源和有关地质问题的方法。

4.2 非矿化岩石的极化率很小（1%～2%，少数 3%～4%），而矿化岩石和矿石的极化率，随电子导电矿物含量的增多（或结构）而变大，可达 n%～n 10%．二次场的衰减特征与极化体的成分（包括含量）、结构相关。

4.3 激发极化法作为探矿手段，具有如下特点，

a. 可以发现和研究浸染型矿体。当矿体的顶部或周围有矿化（或其他导电矿物矿化）的浸染晕存在时，可以发现规模较小或埋藏较深的矿体，

b. 观测结果受地形和其他因素（浮土加厚、找金属矿时含水断裂带的存在等）的影响较小；

已 常见的黄铁矿化、石墨化、磁铁矿化或其他分散的金属矿化，同样可产生激电异常。

4.4 激发极化法目前主要用于普查硫化矿床、某些氧化物矿床、地下水、检查其他物化探异常，有时还用于探测石油天然气。某些有色金属、贵金属、稀有元素常与黄铁矿化或其他矿化共存，因而可借以圈定有用矿产的矿化带。

4.5 激发极化法宜在下述地质条件的地区布置工作，

a. 地质条件比较简单、勘查对象与围岩和其他地质体之间具有较明显的极化效应差异的地区；

b. 地质条件比较复杂，但用综合物化探方法、地质方法能够大致区分异常的性质或能减少异常多解性的地区。

4.6 激发极化法不宜在下述地区布置工作，

a. 地形切割剧烈、河网发育的地区，

b. 覆盖层厚度大、电阻率又低（形成低电阻屏蔽干扰），无法保证观测可靠信号的

地区；

c. 无法避免或无法消除工业游散电流干扰的地区。

5 技术设计

5.1 装置与工作方式和时间制式

5.1.1 装置

为取得预期的地质效果，应根据测区的地质条件和勘查任务，适当地选择装置类型。常用的装置有六种。

5.1.1.1 中间梯度装置

本装置敷设一次供电电极（A、B），可在一个较大的范围内观测，且异常形态简单，易于解释，常用于普查。

设计时应注意下述要求：

a. AB 距应通过测深试验选择。如果电源功率允许，且 AB 距增大时异常并不明显减小，在观测仪器检测能力允许的条件下，AB 距可尽量的大一些。MN 距应适合关系式：$MN \geqslant (\frac{1}{50} \sim \frac{1}{30}Z)\ AB$。用横向中间梯度装置确定矿体走向长度时，允许采用比纵向中间梯度装置有较大的 MN 极距；

b. 观测范围限于装置的中部。这个范围不应大于 AB 距的三分之二；

c. 当测线长度大于三分之二 AB 距，需移动 AB 极完成整条测线的观测时，在相邻观测段间应有 2～3 个重复观测点，

d. 一线供电多线观测时，旁剖面与主剖面间的最大距离，应不超过 AB 距的五分之。

5.1.1.2 联合剖面装置

本装置勘探深度较大，在一个测点可获得两种参数的四个值。因生产效率低，多用于详查和勘探阶段。比较适用于研究相对围岩为低电阻率、陡产状的地质体。电极距选择应注意下述要求；

a. $AO \geqslant 3H$（H—拟探测地质体顶部埋深）；

b. 电阻率联剖表明，对良导电的陡立薄矿脉，最佳电极距 $AO = \frac{1}{2}(L + d)$ 式中：

L——矿脉走向长度；

d——矿脉延深长度。

c. $MN = (1/5 \sim 1/3)\ AO$；

d.“无穷远”极，应垂直测线方向布设，它与最近测线的距离应大于或等于 AO 的 5 倍。当斜交测线方向布设无穷远极时，它与最近测线的距离应超过 10 倍 AO。

5.1.1.3 轴向偶极－偶极装置

本装置适用于小比例尺短导线工作方式的普查工作。它比中间梯度装置具有较高的横向分辨力。偶极测深用于研究极化效应的垂向变化，以识别异常源的空间分布形态。

解释较复杂。

设计时应注意：

a. 剖面极距（OO′）的选择，同 5.1.1.2 联合剖面装置（O，O′分别是$\overline{AB}$、MN 的中点）：

b. OO′的中点为记录点：

c. 偶极测深，对 AB = MN = a，OO′ =（N + 1）a。隔离系数 N = 1、2…。一般取 a =（1/6 ~ 1/4）OO′。拟断面图的标点数位于 OO′中垂线上，下取 O，O′/2 处。

5.1.1.4 对称四极测深装置

本装置用于研究地层电性的垂向变化，可大致解决地质断面和极化体空间分布问题。因生产效率低，通常在重点异常区布置测深点，测深剖面或面积性测深。

设计时应注意：

a. 最小 AB 距应使测深曲线的前段有渐近线。最小 AB/2 为 1.5m 或 3m。如果只是为了求出极化体顶端埋藏深度，可不测出后支渐近线，

b. 电极排列方向应视任务而定。如研究极化体的产状，应垂直于极化体的走向布极；当极化体为低阻且沿走向有一定长度时，为了取得明显的异常和确定极化体的走向长度，则应顺极化体走向布极。面积性测深，各点的布极方向应基本相同。为研究极化体的方向性时，可做十字测深；

c. 测深受地形影响较大。因此，当极化体上方地形起伏较大时，电极排列方向应尽可能的与地形等高线方向一致。在敷设小极距时，如电极附近存在突变地形，应设法避开或在记录本中加注；

d. 两相邻 AB 距的确定。在模数 6.25cm 的对数纸上，取 0.8 ~ 1.2cm，使其大致均匀分布。不等比装置的 MN 极距与相应 AB 距的比，一般保持在 1/3 ~ 1/30 的范围。等比装置的 MN 距与 AB 距的比宜为 1/3 ~ 1/10。**5.1.1.5** 近场源装置

本装置以测量供电电极邻近的二次场电位差为特点。在供小电流条件下，便可有较大的观测信号强度，所以它具有轻便、经济的优点。适合在交通不便的山区使用或用以快速检查化探异常。

设计时应注意：

a. 选择 MN 距时，除考虑地质任务外，还应注意工区的噪声水平。干扰大时，MN 距应小些；

b. 布置“ 无穷远” 极时，以使 **6** 极不在 M 极和 N 极处产生一次和二次电位为原则。其具体位置和远近，可依具体条件灵活选择。**5.1.1.6** 地下供电装置

本装置用于圈定矿体和解决矿体间的连接问题。当充电点靠近极化体时，属非均匀极化，测得的异常比其他装置的异常要复杂一些，因此在地电条件比较简单时，方采用此种装置。

设计时应注意，

a. 充电点应选在极化体下盘，以极化体中心或下端相应部位最佳；

b. 在充电点投影上方，采用充电梯度装置时，为避免视极化率出现大正大负现象，

可改变 MN 方位测量；

c. 每一个观测点上测量电极的排列方向，原则上应与该点总电场向量方向（R）一致。施工时，取测量电极与充电点在地面投影点上的连线方向排列。为避免每个测点均需改变测量电极排列方向，通常在每个测点上，沿剖面方向（X）和垂直剖面方向（Y）作两次测量，计算出总场向量。也可综合使用上述两种方法。通常在从充电点到测线所引垂线的两侧进行 X 和 Y 两个方向的观测。距两侧较远地段（此距离视充电点埋深而定），可只进行 X 方向的观测；

d.“无穷远’极与充电点间的距离，应不小于工区对角线长度的 5 倍。**5.1.2.** 工作方式

工作方式可分为短导线工作方式和长导线工作方式两种。为工作方便和有较高的生产效率，通常采用短导线方式（干扰大的地区改用外控）工作。

5.1.3 时间制式选择

5.1.3.1 脉宽

时间域激发极化法供电方式有单向长脉宽和双向短脉宽两种。在普查和大部分详查区应采用双向短脉宽供电方式。研究异常或解决某些特定的问题时，也可采用长脉宽供电方式。

5.1.3.2 延时

a. 一般情况下，二次场电位差与断电后的时间呈近于指数衰减。因此取短延时二次场电位差大，观测精度高，

b. 时间域激发极化法也存在电磁耦合干扰，其强度与 t^{-1}、ρ^{-1}、L^2 的乘积成正比（t 为断电后计算 η_a 的时间，ρ 为均匀大地的电阻率，L 为供电电极与测量电极间的距离）。

为了减小大地的电磁耦合影响，又能测得较大的极化电位差，在选择延时时，需综合考虑上述因素的作用，以利突出异常。

5.1.3.3 采样宽度

使用具有选择采样宽度功能的仪器时，采样宽度适当大些有利于克服高频干扰，提高观测精度。但为研究放电特性时，采样宽度宜窄些。

5.1.3.4 采样块数

使用具有选择采样块数的仪器，普查时采样块数可少些；研究衰减曲线时，采样块数可多些。

5.1.3.5 迭加次数

增多迭加次数，可以提高观测精度和抗干扰能力，但生产效率低。应在保证观测精度的前提下，适当地选择迭加次数。

5.2 方法有效性分析

5.2.1 在技术设计过程中，可依据下列资料对方法的有效性进行分析：

a. 邻区或其他条件类似地区的实际工作结果：

b. 正演计算或模拟实验结果，

c. 踏勘和现场试验结果。

5.2.2 设计过程中，应详尽地分析配合它种方法解决地质问题的可能性程度。

5.2.3 踏勘和试验工作

5.2.3.1 踏勘

主要目的是了解工区概况，以确定方法的有效性。

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、以前的物化探测网及异常标志等；

b. 了解可布测区范围、测线方向和长度；

c. 了解工区地形、地貌、通视和交通运输等工作条件；

d. 收集（测定）主要岩矿（包括第四纪盖层）石的极化率和电阻率参数；

e. 了解地质和人文干扰因素的种类、强度及分布等情况；

f. 采集少量矿样及高极化率的岩石进行分析测试。初步了解有用矿产的种类、矿石富集程度及与电性参数的关系。

5.2.3.2 现场试验工作

技术试验剖面，应选在地质情况比较清楚且地电断面相对比较简单的地段并尽可能使其通过天然露头和探矿工程。

现场试验应解决如下问题：

a. 二次场电位差的大小和干扰强度，能达到的观测精度；

b. 多种岩（矿）石的极化特性；

c. 选择电极距；

d. 选择供电脉宽。

采用短脉宽供电方式工作时，在能保证获得明显异常和观测精度的情况下，应选择较短的脉宽，以提高生产效率。用长脉宽供电方式工作时，一般取厦 ΔU_2。达饱和值百分之九十以上的时间为供电脉宽。条件允许时，技术试验应尽可能的与踏勘结合进行。

5.3 工作精度

5.3.1 设计时间域激发极化法工作的总精度时，应主要依据下述两点：

a. 根据地质勘查的目的任务，应能够探测与分辨最小勘查对象产生的最弱异常的原则。一般设计的最大误差的绝对值，应小于任何有意义的异常的三分之一；

b. 根据仪器设备的技术性能，设计的总精度，不应超过现有仪器设备所能达到的精度。

5.3.2 时间域激发极化法工作的总精度以均方相对误差或均方误差来衡量。分级列于表 2。

表 2

参数 / 总误差 / 级别	视极化率 η_s		视电阻率 ρ_s	
	总均方相对误差 M $\eta_s > 3\%$	总均方误差 l $\eta_s \leqslant 3\%$	总均方相对误差 M	
			有位差	五位差
A	4%	0.12	7%	4%
B	7%	0.21	12%	7%

上表中无位差（无点位误差），是 U、I 的观测误差和其他误差的叠加。其他是指电极极差变化、自然电位变化，仪器零点飘移等引起的误差。有位差（有点位误差）是装置误差和无位误差的叠加。装置误差是测地误差和布极不准，引入 K 值变化的误差。

5.3.3 本规范对视极化率和视电阻率都规定了 A、B 两级精度。根据具体情况，以取得较好的地质效果和最大的经济效益，可选择某一观测精度或 A、B 之间的中等精度。也可以由设计者以解决地质问题为目的，分别确定不同的视极化率和视电阻率精度级别。

5.4 测区及测网

5.4.1 测区范围应根据地质任务及测区的地质条件确定。

5.4.1.1 以普查找矿为目的的测区范围，应是地质成矿予测区或根据区域物化探资料圈定的找矿远景区。

5.4.1.2 详查评价的测区范围，应是地质及物化探资料认为可能赋存矿体的地段，应适当的扩大，使能有足够的正常场。

5.4.1.3 测区布置应注意完整，避免零碎和参差不齐。

5.4.2 测线方向

5.4.2.1 测线应尽量垂直于极化体的走向、地质构造方向或垂直于其他物化探异常的长轴方向。极化体走向有变化时，测线应垂直于其平均走向。极化体走向变化较大时，应分别布置垂直于走向的测线，进行面积性的工作。

5.4.2.2 测线应尽可能的与已有勘探线或地质剖面重合。通过对比，可提高异常解释水平和成果的有效性。

5.4.3 比例尺与测网密度

5.4.3.1 比例尺与测网密度，应根据具体勘查任务和地质条件确定；

a. 普查线距，应不大于最小探测对象的走向长度。点距应保证在异常区内至少有三个满足观测精度的观测点；

b. 详查线距，应保证至少有三条测线通过最小极化体上方。点距应保证在异常区内至少有五个满足观测精度的测点；

c. 精测剖面，通常使点距密度达到即使再加密测点，异常的细节特征也不会有明显的改变。

5.4.3.2 固体矿产勘查剖面类装置常用的工作比例尺和相应的测网密度列于表 3。面

积测深的测网密度可以放稀。

表 3　测网密度表

工作比例尺	线距，m	点距，m
1:50000	500	100～200
1:25000	250	50～100
1:10000	100	20～50
1:5000	50	10～20
1:2000	20	5～10

5.5　测地工作

5.5.1　时间域激发极化法对测点位置的质量指标有平面点位误差、相邻点距误差和相对高程误差。

5.5.2　测地精度

测点位置（按工作比例尺所绘的图上）的质量指标列于表 4。

表 4　测地工作精度

级 别	平面点位限差（mm）	剖面相邻点距误差 %		测深				相对高程限差 mm
				点位均方相对误差，%		电极排列方向	高程	
		限差	均方相对误差	AO（BO）	MO（NO）			
A	2.0	6	3	3	3	5°	中心点要求高程观测	
n	2.5	10	5	5	5	10°		2

5.5.3　测网联测

凡测网的基线端点，重要剖面端点、特殊测点（如某些测深点）、主要异常及探矿工程（包括建议施工的工程）位置，均应埋设固定标志并与附近三角点联测，且计算坐标。

有正式地形图而缺少三角点（或物控点）资料，又不能建立坐标系时，允许只将测网与附近永久性地物标志联系，但应按联测关系将测网位置标绘在地形图上。

对于满足表 5 关系的小面积测区，允许其测网只与附近永久性的地物标志联系，但也应按联测关系将测网位置标绘在地形图上。

表 5　允许不联测的测区面积

工作比例尺	测区成图面积，cm^2
1:10000	< 10 × 10
1:5000	< 10 × 10
1:2000	< 20 × 30

5.6　电性参数测定和模拟试验

5.6.1　为进行异常解释和布置进一步工作，应对区内各类岩（矿）石进行电参数（η、ρ）测定。下面两类岩性应系统测定：

a. 勘查对象和干扰体，

b. 电性参数变化范围较宽的岩（矿）石。

5.6.2　测区内应有足够数量的且具有代表性的地质、物性综合剖面。其中至少要有 1～2 条剖面能够比较完整的穿越区内不同的地层及各种岩体和矿体。综合剖面应选在地质情况比较清楚、构造比较简单以及露头比较发育或工程揭露比较充分的地段。

5.6.3　电参数测定方法，应根据具体情况选择露头法或标本法。有钻孔时，应尽可能地进行极化率测井和电阻率测井或井旁测深。

5.6.4　样品测定数量应视需要而定，应系统测定的岩（矿）石，每一类应不少于 30 块。

5.6.5　对样品应严格统一测定条件，设法提高数据质量。

5.6.6　为配合异常解释和解决工作中遇到的某些问题，可进行物理模拟或数值模拟。

模拟试验必须按野外实际地电断面，矿体与围岩的极化率、电阻率、矿体的空间位置和产状要素等条件布置，或者大致符合相似性原理。

6　仪器设备

6.1　主要仪器设备的配备

6.1.1　编写设计书时，应根据勘查任务，工区地电条件和二次场电位差大小，合理的确定仪器设备的型号和数量。

6.1.2　常用仪器设备包括；

接收机、发送机、供电电源、导线、电极、通讯设备、电性参数测定及模拟实验设备、必需的测试仪表和检修工具。

6.1.3　各种仪器设备应性能良好，并有一定的备用量。各种仪器设备的易损、易耗零件也应有足够的储备。

6.2　对主要仪器设备的基本性能要求

6.2.1　接收机

对时间域激发极化法接收机的基本要求是灵敏度和观测精度要高，性能稳定，抗干扰能力强。

具体要求如下：

6.2.1.1 测量电位最高分辨率，取决于整个工区设计的测量精度。A 级为 10μV，B 级为 30μV；测量极化率分辨率，也取决于整个工区设计的测量精度。A 级为 0.01%、B 级为 0.1%。

6.2.1.2 仪器测量精度取决于整个工区规定的测量精度。电位和极化率精度，A 级为 ±2% ±1 个字，B 级为 ±4% ±1 个字。

6.2.1.3 仪器输入阻抗必须大于 3MΩ。

6.2.1.4 仪器的延时与积分的时间应可变。

6.2.1.5 仪器的延时与积分时间的误差应小于 ±1%。

6.2.1.6 使用两台或两台以上（包括备用的）的仪器在同一地区工作时，各台仪器之间应有良好的一致性和较小的均方差。用同一模拟器可对各台仪器的一致性进行标定，但这种标定只能作为日常对各台仪器一致性的检查（模拟器 ΔU_2 放电曲线的 τ 值是固定的）。仪器一致性的观测精度应在野外观测条件下标定。仪器一致性的标定方法：

a. 用标准时间域激电模拟器输出 ΔU_1 为 10～100mV，τ 分别为 2%、5%、10% 的信号对各台仪器作精度测试，各台仪器的精度应满足要求；

b. 在极化率变化较大的异常地段、测点数大于 20、选择 AB、MN 和 I，使 ΔU_1 在 100mV 以上，各台仪器在相同条件下往返观测。取均方相对误差最小的一台仪器为“ 标准”，分别计算各台仪器与“ 标准 D 仪器的均方相对误差。这个误差如大于设计总精度的三分之二，应对该仪器调试，使其达到上述要求或不在本区使用。计算均方相对误差为公式（1）

$$M = \pm\sqrt{\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\eta_{ai}-\eta'_{ai}}{\eta'_{ai}}\right)^2} \qquad (1)$$

式中：η_{ai}——第 i 点被测仪器观测数据；

η'_{ai}——第 i 点“ 标准” 仪器观测数据；

n——参加统计计算的测点数。

6.2.1.7 用于激电找水或研究异常的仪器，应能测出二次电位衰变曲线。

6.2.7.8 仪器工作环境温度为 -10～50℃（液晶显示的仪器可为 0℃～50℃），在相对湿度 93%（40’ C）情况下能正常工作。

6.2.2 发送机

根据输出功率，可分为小功率、中功率和大功率三种。根据需要，选择一定功率的发送机。

对发送机的具体要求如下：

6.2.2.1 短脉宽的标准供电制式，即占空比为 1：1 的正反向供电方式（以供电周期 8s 为例：正向供电 2s，停电 2s，反向供电 2s，停电 2s）。标准供电制式的供电周期为 4s、8s、16s 和 32s 四种。

6.2.2.2 供电时间的精度应不低于 ±1%。

6.2.2.3 对具有稳流功能的发送机，在测量过程中不监视电流变化时，其稳流精度应高于土2%。

6.2.2.4 为兼测电阻率的需要，表头显示电流的发送机，电流测量精度应高于满度的土3%；数字显示电流的发送机应高于土1%土1个字。

6.2.2.5 应有完善的保护电路。

6.2.2.6 仪器外壳、面板上各旋钮、插孔等与人体可接触部分均应与内线路绝缘，绝缘电阻应大于100MΩ/500V。

6.2.2.7 为了满足抗干扰及井中激电需要，发送机应具有外控功能。

6.2.3 供电电源

供电电源为发电机或电池组。对它们的基本要求是输出足够的功率，满足接收机野外测量精度的要求。

6.2.3.1 用发电机作电源时，要求部件和组装都完好，起动及运转正常，电路与外壳间的绝缘电阻应大于5MΩ/500V，输出电压变化不超过5%。

6.2.3.2 用交流发电机时，必须配有整流器（包括调压器）和负载平衡器。

6.2.3.3 用于电池作电源时，要求电池组的无负荷电压与额定电压差不超过10%。

6.2.4 导线和电极

a. 导线的规格和数量应根据用途、电极距大小、供电电流强度和工区自然条件选择。一般应选用内阻小、绝缘性能好、轻便、强度高的导线；

中间梯度装置工作，供电导线电阻一般不超过10Ω/km，耐压必须高于发送机的工作电压。

导线的绝缘电阻应每公里大于2MΩ/500V。对于长度为D（km）的导线，其绝缘电阻应按 $R_D \geqslant \frac{1}{D} \times 2$（MΩ）要求。

b. 供电电极一般采用铁或钢制的钎状电极，其规格和数量可根据工区接地条件及供电电流强度选定。

测量电极用不极化电极，要求性能稳定，内阻应小于2kΩ。

6.3 对仪器设备的使用要求

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 主要仪器和设备均应建立使用档案，并随同仪器一起保存 .

6.3.1.2 所有仪器设备必须按操作规程和有关说明书使用，及时维修保养，不符合质量要求的仪器设备严禁用于生产。

6.3.1.3 主要设备应由专人分工保管和使用，人员变动时，交接双方应共同对仪器设备进行鉴定并办理交接手续。

6.3.1.4 仪器及机电设备应定期检查和维修（每月不能少于一次）。在使用和运输过程中，应注意防潮、防震、防曝晒。工作完毕，必须及时把所有开关或旋钮恢复到非工作状态。

6.3.1.5 仪器设备的历次检查、维修要详细载入档案，仪器性能鉴定情况应同原始材

料一起提交有关部门审验。

6.3.1.6 仪器设备发生重大故障后，经检修、鉴定、校准，方可用于生产。

6.3.1.7 在长途运输或长期存放前，必须对仪器设备进行检修、维护及妥善包装。仪器内部电池必须取出。

6.3.2 对接收机的使用要求

6.3.2.1 操作人员必须了解仪器的工作原理并掌握仪器的正确使用方法。

6.3.2.2 在进行标本、露头物性测量和小极距测深时，总场电位不得超过仪器的最大测程。

6.3.2.3 用镉镍电池作仪器电源时，工作前必须充足电，工作时注意电池电压是否满足要求，严禁在电压不足的情况下工作。

6.3.2.4 如暂停观测时间较长，应及时切断仪器电源。

6.3.2.5 如仪器有拨盘开关，应尽可能减少拨动次数。

6.3.2.6 仪器出现错误指示或故障时，如仪器是智能式的，并自带检查程序，操作员可在现场按检查程序检查仪器，但不得在野外打开仪器，进行检修。

6.3.2.7 仪器检修时必须关机，焊接时必须切断烙铁电源。

6.3.3 对发送机的使用要求

6.3.3.1 工作前应先低压“预热”，工作正常后再转换到高压档工作。

6.3.3.2 发送机工作时，电流与电压不得超过仪器额定值。

6.3.3.3 换档必须关闭高压后进行。

6.3.3.4 仪器保险丝必须按允许电流严格选用，不得用高熔点丝代替。保险丝烧断后，应查明原因，排除故障后方可更换。

6.3.3.5 发送机应在通风避阳处工作。

6.3.4 对电源的使用要求

6.3.4.1 用干电池作供电电源时，连续的供电电流不得超过电池额定的最大放电电流。需要大电流时，应用多组电池并联。并联电池的彼此电压差不得超过百分之五，内阻差不得超过百分之二十。停止用电后，应将电池与外部联线断开。

6.3.4.2 用发电机作供电电源时，必须配有可调的平衡负载，严禁空载或超载。工作时应随时注意其运转是否正常。

6.3.4.3 整流器的工作电流与电压不得超过额定值。严禁过载工作。其工作频率应与发电机输出相数和频率一致。波纹系数应小于3%。

6.3.4.4 各种电源均应避免受潮或过热。在严寒季节工作时，应采取防冻措施。

6.3.5 对导线的使用要求

6.3.5.1 必须绝缘良好，避免机械损伤，使用期间应定期检查及时维修。

6.3.5.2 长期存放或长途运输前，应将潮湿导线及时晾干。

6.3.5.3 新的或生产用的导线，不得剪断移作它用。

6.3.6 对电极的使用要求

6.3.6.1 金属电极应经常保持表面清洁无锈，用多根电极作供电极时，应用裸导线连

接，以保证电极与导线接触良好。

6.3.6.2 工作中应尽量使不极化电极不被曝晒，不被雨淋，并保持清洁，注意补充饱和硫酸铜溶液。

6.3.7 对其他设备的使用要求

6.3.7.1 使用万用表时，注意选用相应的档和合适的量程，不应超过允许的测量范围。

6.3.7.2 使用兆欧表时，不得在外电路短路情况下快速摇转。

6.3.7.3 用对讲机作通讯工具时，工作前应接好鞭状天线，严禁在没有接天线状态下发送。

7 野外工作和技术保安

7.1 准备工作

7.1.1 开工前，应进行下述准备工作：

7.1.1.1 组织学习本规范和设计书的有关章、条，使每一个参加野外工作的人员都了解总体任务，明确各自的职责及与本职工作有关的技术要求。

7.1.1.2 实地了解测区情况后，合理地安排野外工作，提出有关施工顺序和与其他工作协调的意见或建议。

7.1.1.3 对仪器和其他技术装备进行全面系统的检查、调试和标定。

7.1.1.4 对工作人员进行必要的专业训练和安全教育。

7.1.2 每天出工前（或前一天工作结束后），作业组长应将当天（或第二天）的任务、分工和注意事项向全组人员交待清楚，并对需用的仪器、设备、工具、安全保护用品等进行必要的检查。

7.2 测站或供电站的设置、导线敷设和电极接地

7.2.1 测站或供电站的设置

7.2.1.1 长导线、中间梯度装置工作的测站或供电站的设置，应尽量靠近测线的观测段。通常，供电站设置在发电机附近，测站不宜距发电机过远。在地形恶劣、电源设备搬运受到限制时，应兼顾发电机设置的需要。

对测站、供电站、发电机均应采取必要的防潮、防雨和防晒的措施。

7.2.1.2 每天观测开始前，操作员和电机员应进行下述工作：

a. 发电机试车，观察其空载和有负载时的运转情况，

b. 检查仪器、装备和通讯工具的基本性能，

c. 检查不极化电极极差和内阻；

d. 检查各线路连接是否有错；

e. 检查导线是否漏电，

f. 粗略测量供电回路电阻。在确定电路接通和人员离开供电电极后进行试供电。选择合适的供电电压并调节平衡负载；

g. 核对各电极所在的点号。

对上述各项检查，不符合要求者，应立即处理，并作必要的记录。

7.2.2 导线敷设

7.2.2.1 自测站或供电站引出的导线均应分别固定，不得未经固定，直接插在仪器的插孔内，更不允许拴在仪器上。线架上未放完的导线应放开。

7.2.2.2 供电导线一般应离开正在观测的线段一定距离 d 敷设。具体应视测量导线的长短、极距和延时的大小确定。通常取 d 为供电导线长度的 2% 以上。

对长导线工作方式，还应执行如下规定：

a. 测量导线不应悬空架设，在横穿河沟、水塘必须架空的地段，需将导线位紧，

b. 为减小电磁感应（如导线随风摆动的影响），应尽量采用双股绝缘绞合线作测量导线。当导线敷设过长时，应注意线间电容的干扰和影响：

c. 导线通过铁路、公路、河流时，要采取适当的措施，以防止其受损，并便于人、畜，车，船通行 .

7.2.3 供电电极接地

7.2.3.1 供电电极通常用多根钎状电极并联组成。接地时，一般打成垂直于测线方向的一排或几捧。无穷远极常打成圆圈状。

要求：

a. 电极或电极组应在整个装置中满足点电极条件，

b. 单电极间的距离应不小于电极入土深度的二倍；

c. 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 ~ 3cm，入土深度为 0.5m 左右的电极，每根通过的电流以不超过 0.2A 为宜。不锈钢电极每根通过的电流可稍大些。

7.2.3.2 当需要较大的供电电流时，应主要依靠减小供电回路电阻的办法解决，为此，可采取增加电极根数、加大人土深度、挖坑埋铝箔或铜丝绳、浇水以至移动接地点位或加粗供电线等措施 . 电极移动后的实际点位应报告给测站或供电站。因此造成 K 值的改变在 ± 2% 以内时，可不改算 K 值。

7.2.4 测量电极接地

7.2.4.1 埋设测量电极的接地电阻应小于 15kΩ。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 .

7.2.4.2 测量电极应避免埋设在流水、污水里或废石、沙堆上，应尽量减小两电极的温差，电极的引出裸线不得与线架、杂草等接触，在测量过程中，电极附近不得有人为扰动，严禁在接收机附近用对讲机通话。

7.2.4.3 当实际接地点无法埋设电极而需移动接地点位时，一般在测地误差允许范围内可以自由移动，当需要移动较大距离时，可将两个测量电极垂直于测线作同方向、同距离移动，移动后的接地点应在记录本中注明（长导线工作方式需报告给测站），因此造成 K 值的改变在 ± 4% 内时，可不改算 K 值。

7.3 测站或测量仪器组和供电站工作

7.3.1 观测方法与技术要求

7.3.1.1 短导线工作方式，一般采用双极性短脉宽供电读取 ΔU 和 η_a。

7.3.1.2 长导线工作方式，可采用长脉宽或双向短脉宽供电。

7.3.1.3 观测的技术要求

a. 对不稳流的发送机，以正、反向电流取平均值，半小时读取一次，并记录时间；接收机操作员将各观测点的观测时间写在记录本上；

b. 长脉宽手控供电时间的相对误差值不得超过 5%；

c. 在干扰较小的地区，延时 100ms，积分 200ms 时，ΔU_2 一般要求大于 0.3mV，在有明显干扰的地区，ΔU_2 应根据干扰幅度适当增大，一般要求 ΔU_2 值是干扰信号幅度的 3 倍。

用衰减时找水时，ΔU_2 值应适当增大，在干扰较小的地区，也应大于 1mV。

根据测区干扰，确定 ΔU_2 的最小值，其供电电流强度可用公式（2）估算：

$$I_{AB} \geqslant \frac{|\Delta U_2|_{min} \cdot K}{\eta_a \cdot \rho_a} \tag{2}$$

式中：K——装置系数；

$(\Delta U_2)_{min}$——要求的二次场电位差最小值；

η_a——观测点的视极化率；

ρ_a——视电阻率。

当实际条件不能满足这一要求而又难以改善时，应提出可保证的最终观测精度，报请上级批准后方可施工；

短导线工作方式直读视极化率时，ΔU_2 值可由 η_a 及 ΔU 换算求得，最小读数的规定同上。

d. 观测供电电流强度、总场电位差和二次场电位差时，应尽量读取三位数字；直读视极化率时，应读取到小数后两位。

7.3.1.4 凡出现下述情况之一者，需重复观测，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. 视极化率异常的突变点。

c. 仪器显示出超差的错误指示时。

7.3.1.5 视极化率的重复观测及取数应满足以下要求；

a. 参与平均的一组 η_a 中，最大值与最小值之差与其平均值之比不得超过 $\sqrt{2n} \cdot |M|$，在需要用均方误差衡量观测质量的地段，最大值与最小值之差不得大于 $\sqrt{2n} \cdot |\varepsilon|$（M，$\varepsilon$ 分别为设计观测均方相对误差与均方误差；n 为参与平均的观测次数）。

b. 误差过大的观测数据可不参与计算平均值，但舍去的次数应少于总观测次数的三分之一（因某些故障或突然性干扰影响而中断的观测，不作舍数计算）。例如：观测为 4～6 次时，可舍弃其中的 1 次；7～9 次时，可舍弃其中的 2 次。若超限的观测数据过多，说明可能不具备观测所要求的基本条件，如干扰太大，或仪器、电源、线路有问题，应停止观测，进行检查和处理。

c. 重复观测数据应作为原始观测数据对待，并应对一组重复观测的有效数据进行算术平均值计算，以作为该测点最终的基本观测数据。

7.3.2 观测结果的记录和整理

7.3.2.1 野外观测的全部结果均应记在专用的记录本中。

记录时应注意：

a. 专用记录本除用作与观测有关的记录外，不得兼作其他杂项记录，不得空页、撕页和贴其他纸张。

b. 对不同测区、不同比例尺、不同装置形式、不同工作目的，或者属同一区段但性质不同的观测（基本观测和检查观测）结果，应尽可能地分别记录在不同的记录本中。

c. 记录本中各栏应认真填写，各项原始记录应在观测当时记录清楚，不得追记；操作者和记录者必须签名。

d. 记录应使用中等硬度的铅笔。字迹应工整清晰，原始数据不得涂改或擦改，记错时可以划去重记，但须注明原因。

e. 使用具有存贮功能的仪器，当天工作结束后，应及时回放。除存入磁带保存外，还应打印出记录保存。

f. 不得用转抄结果代替原始记录。

7.3.2.2 在干扰大或极化率跳动大的地区应在备注栏加必要的描述。

7.3.3 漏电检查

7.3.3.1 在雨季和水系发育、潮湿地区工作时，漏电检查应经常进行。结束一个区段的观测工作，将线收回驻地时，应进行系统的绝缘检查和维修。

7.3.3.2 在一天的工作中，至少应在开始和结束观测时、转移测线前后、装置改变排列以及装置改变极距时，进行供电和测量导线的漏电检查。其结果都应作记录。

7.3.3.3 导线的漏电检查应满足 6.2.4 的要求。

7.3.3.4 在观测中，发现有漏电存在时，应立即排除，并根据漏电点的位置等因素分析漏电对已有观测结果的影响。应在漏电排除后逐点返回重新观测，直至有连续三个点的结果符合要求时为止。

7.3.4 困难条件下的观测

观测困难甚至无法工作时，应先检查仪器，当确信仪器性能正常，而是与外部因素有关时，可根据其特点进行分析、处理。

当外部干扰影响不严重时，可适当增加重复观测的次数。当严重影响观测数据而又无法避免时，应停止观测。

7.4 技术保安

7.4.1 认真作好技术保安工作是确保完成地质任务的重要条件之一。野外工作期间，必须经常进行安全生产教育。

7.4.2 在使用仪器设备时，必须遵守有关规程和本规范 6.3 的规定。汽油必须妥善保管。

7.4.3 安全用电注意事项

7.4.3.1 所有野外工作人员，必须有安全用电和触电后急救的常识，电源和发送机必须有绝缘设备，当供电电压超过500V时，供电系统的工作人员应使用绝缘胶鞋，绝缘手套等防护用品。供电电极附近应设有明显的警告标志，必要时应有专人看守。

7.4.3.2 开工前，必须在确信供电回路、电极接地均属正常并布极人员已离开裸露导线和供电电极时方可供电，在未确证停止供电时不得触摸电极。在发电机停车后方可通知收线和移动电极。

在供电回路上有人处理故障时不得供电，即使故障已经排除，也要与处理故障者取得联系后方可供电。

7.4.4 雷雨时不得进行野外工作。

8 野外观测质量的检查与评价

8.1 系统质量检查应根据生产情况安排在整个野外工作过程中。在时间、地段上都要有一定的代表性。对解释推断、检查验证有关键意义的地段，必须进行质量检查。

对测深点的检查、应对原始观测的所有极距，都做检查测量。

8.2 系统质量检查的工作量，应占总工作量的3%～5%。当不能对质量作出肯定的评价时，应增加检查工作量，但增至总工作量的20%，而质量仍不符合要求时，则相应范围内的原始观测资料应作废品处理。对面积性工作，如各区段的观测条件差异较大时，应分区评价。

8.3 系统检查观测，应由与原始观测不同的操作者，在不同的日期进行。

8.4 系统质量检查结果，应列入专门的统计报表内。必要时，应绘制质量检查对比曲线和误差分布曲线。

8.5 系统检查观测结果，按以下各式计算误差，并应满足设计要求。

a. 视极化率的均方相对误差见公式（3）：

$$M=\sqrt{\pm\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\eta_{ai}-\eta'_{ai}}{\bar{\eta}_{ai}}\right)^2} \tag{3}$$

式中：η_{ai}——第i点原始观测数据；

η'_{ai}——第i点系统检查观测数据；

$\bar{\eta}_{ai}$——V_{ai}与η'_{ai}的平均值；

n——参加统计计算的测点数。

b. 在低极化率（≤3%）背景段，使用均方相对误差达不到设计要求时，可改用均方误差来评价（见表2）。总均方误差见公式（4）：

$$\varepsilon=\sqrt{\pm\sum_{i=1}^{n}\frac{(\eta_{ai}-\eta'_{ai})^2}{2n}} \tag{4}$$

c. 计算视电阻率的均方相对误差见公式（5）：

$$M=\sqrt{\pm\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\eta_{ai}-\eta'_{ai}}{\bar{\eta}_{ai}}\right)^2} \tag{5}$$

式中：ρ_{ai}——第 i 点原始观测数据；

ρ'_{ai}——第 i 点系统检查观测数据；

$\bar{\rho}_{ai}$——ρ_{ai}与 ρ'_{ai}的平均值；

n——参加统计计算的测点数。

诸受检点的$\left|\frac{\eta_{ai}-\eta'_{ai}}{2\bar{\eta}_{ai}}\right|$值（或$\left|\frac{\eta_{ai}-\eta'_{ai}}{\bar{\eta}_{ai}}\right|$值）及$\left|\frac{\eta_{ai}-\eta'_{ai}}{2\bar{\eta}_{ai}}\right|$值的分布应满足如下要求：

a. 超过设计均方相对误差（或均方误差）的测点数，应不大于受检点总数的三分之一；

b. 超过二倍设计均方相对误差（或均方误差）的测点数，应不大于受检点总数的百分之五；

c. 超过三倍设计均方相对误差（或均方误差）的测点数，应不大于受检点总数的百分之一；

8.6 评价一个测区或地段的野外观测质量，还应结合下述各点全面分析。

a. 观测方法是否正确，仪器的性能是否合乎要求，

b. 观测过程中，操作者自行检查的观测结果，

c. 测线上的畸变点和异常点是否进行了必要的补充工作，

d. 其他有关技术要求的执行情况如漏电检查，重复观测和取数等。

e. 是否有局部性系统误差。当这种误差在背景段上表现为相邻的几个点视极化率抬高，而又未造成整条测线均方相对误差（或均方误差）超限时，往往不易被发现，须特别注意。

9 观测结果的整理和图示

9.1 原始记录的日检查验收

9.1.1 对原始记录必须当天进行检查验收，以及时发现问题和处理问题。

9.1.2 检查的具体内容

9.1.2.1 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。

9.1.2.2 各项技术指标是否达到设计书或本规范的要求，野外出现的畸变点、突变点、异常点等是否进行了必要的检查观测，发现的异常是否完整。

9.1.3 检查中发现的问题，应按下述原则处理，

9.1.3.1 凡因违反设计书规定致使数据无法利用或质量严重降低者应予返工，有个别点报废但不妨碍整体的可靠性者可除外。

9.1.3.2 在个别测线因对设计书规定执行不严，无法保证资料质量，但对比相邻测点或测线，认为资料仍可利用者，应作重点检查，并视情况予以补救。

9.2 观测结果整理

9.2.1 在对原始记录检查的基础上，室内人员应对计算所用的常数进行百分之百的复

核，对全部的计算进行100%的复算，复算精度不能低于百分之一。

复算结果的错误率不得超过百分之一，异常地段的计算必须全部正确，不得有因计算误差而出现假异常。

9.2.2 大面积普查时，为便于资料的解释对比，同一工区的技术条件应相同。

9.2.3 采用地下供电装置工作时，用X方向和r方向捧列测得的值计算出该观测点的向量视极化率$(\eta_a)_R$计算公式（6）为：

$$(\eta_a)_R = \sqrt{\frac{\Delta U_{2r}^2 + \Delta U^{2y}}{\Delta U_x^2 + \Delta U_y^2}} \tag{6}$$

式中：ΔU_{2x}、ΔU_x——分别为X方向二次场电位差和总场电位差：

ΔU_{2Y}、ΔU_Y——分别为Y方向二次场电位差和总场电位差。

9.2.4 野外观测结果复算后，应及时编绘各种成果草图，以便指导下一步野外工作和进行资料的综合研究。草图的内容应逐步完善和加深其综合程度，作为编绘正式图件的手稿。

9.2.5 对仪器性能标定、质量检查、电性参数测定、测地、地质、试验等资料，应随工作的进展及时整理并编绘相应图件表格作为资料研究的质量指标。

9.2.6 野外工作期间应按阶段进行原始资料编录，以及加工绘制各种表格；图件。作为上交的原始资料，均应统一整饰、装订和编目。

9.3 图件的编绘

9.3.1 一般要求

9.3.1.1 图件是表达工作成果的主要手段之一，必须正确。全面地反映成果。图中反映的内容应由主要技术人员拟定。

9.3.1.2 正式图件的编绘，必须在观测数据经过质量验收的基础上进行。上图的数据及曲线，均须百分之百的复核。

9.3.1.3 整套图件应包括总的基本观测数据和推断成果两部分。各图件应有明确的目的，能够综合的，应尽量绘在一张图上，但要保持图件清晰、醒目。

9.3.1.4 以激电工作为主的工区，应提交的图件一般包括：

a. 交通位置图、实际材料图、工区地质、构造和地层柱状图。

b. 说明工作成果的图件，有剖面图（典型剖面及综合剖面）、剖面平面图、等直线平（断）面图、综合平面图、推断成果图、电性测定成果图（剖面、平面、柱状）、电测深曲线图及某些试验工作所特有的图件。

c. 说明工作质量的图件有仪器性能标定的图件、资料整理中各项改正的曲线图。质量检查对比和误差分布图等。此类图件一般以报告插图形式绘出。

9.3.1.5 成果图件的技术说明应包括下列内容，测地精度，方法的观测条件（装置形式、电极距、供（放）电时间、延时等）及精度、参数比例尺和其他应说明的事项。

9.3.2 几种主要成果图件的具体要求

9.3.2.1 实际材料图

一般应有：测区位置及范围、测网及编号、工作比例尺；剖面位置、编号、装置代号及极距；测深点位置及编号和电极移动方向；一些特殊点（如供电点、充电点、无穷远极等）的位置；基线网的封闭路线；质量检查点（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。图件比例尺应与工作比例尺相同。

9.3.2.2 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1mm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。

综合剖面图应反映以下内容：

a. 地形、地质剖面及探矿工程

b. 激电法各种装置，不同极距的工作成果（剖面的、断面的），并应注明所采用的相应装置形式、极距、地面或地下供电点位置；

c. 其他有关的物、化探工作成果；

d. 解释、推断成果和提出的查证工程位置。

9.3.2.3 剖面平面图

图的比例尺应与工作比例尺一致，如需要改换作图比例尺时，放大或缩小的倍数，一般不得超过原比例尺的一倍。

有时根据需要，可以将点距按工作比例尺表示，线距任意设计，剖面及测点相互关系一一对应的办法编绘。

图的参数比例尺应按9.3.2.2要求选择，并避免剖面间异常曲线的过多穿插。在同一图上尽量采用相同的比例尺。如不够清楚醒目，允许采用两种比例尺．但每使用一种比例尺要占有一定面积，并加框说明比例尺的范围。对视极化率背景较高的测区，纵坐标起始值可不为零，但在技术说明中应有所交待。

地下供电装置的面积性（包括剖面性）工作结果，在剖面平面图中一般不绘制X方向的视极化率曲线，而绘制向量视极化率（Vd）。曲线。此外，还应根据需要绘制X方向的二次场电位梯度及总场电位梯度（即$\frac{\Delta U_{2x}}{I\ MN}$及$\frac{\Delta U_X}{I\ MN}$）曲线；二次场电位差及总场电位差向量剖面平面图，以供综合分析。

9.3.2.4 等值线平面图

采用中间梯度装置进行的面积性工作，可绘制视极化率和视电阻率等值线平面图。

视极化率等值线的起始线应根据异常下限确定。等值线一般为等差间隔，异常的梯度变化很大时，也可用分段等差间隔。等值线间隔应视观测精度和异常强度而定，通常使其不小于该段最低等值线值与均方相对误差值乘积的三倍。在图上等值线过稀的地段，可勾绘辅助等值线，以更好地反映异常形态，但其醒目程度需次于一般等值线。

勾绘等值线时，应考虑地质特点、观测误差和干扰水平，不能单纯追求数据上的合理，应由推断解释者依据推断解释结果勾绘：当某些部分测网密度达不到比例尺要求时，等值线用虚线表示，接头点处的两个数据应同时上图，以便勾绘等值线时参考。

等值线平面图一般与同比例尺的地质图绘在一起。

9.3.2.5 电测深曲线图

极距采用模数为 6.25cm 的对数坐标：参数宜用对数坐标（ρ_s）和算术坐标（η_s）。两种曲线应以不同线条加以区别。

在图上应注明线号、点号、电极排列方向、测量电极距及工作日期，曲线的首尾应注明参数值。定量计算后，应将视电阻率曲线的类型、理论量板标号、特征号及使用或所求得的层参数以及视极化率曲线推断的特征点、辅助线、使用的系数和计算公式等注在图上．推断的地层结构柱状图及井旁测深所对应的钻孔柱状图也绘在图上。

十字测深的两条曲线应绘在同一图上，以便对比。在面积性或剖面性测深工作后，应绘制视电阻率测深曲线类型图、η_s 和 ρ_s 平面图或拟断面图，以及有关的解释推断成果图件。

激电测深拟断面图应以地形剖面为垂向坐标的起始点．

9.3.2.6 综合平面图

综合平面图是反映激电法与其他物化探方法和地质工作的成果图件。要着重突出激电方法与其他方法取得相同结果和不同结果的特点和相互关系。

绘制综合平面图时，要突出重点，次要的内容要简化，不必要的内容要删去。相互矛盾的内容要保留，以便深入工作。

9.3.2.7 推断成果图

以推断平面图为主。该图应在认真综合研究、反复解释推断和工程查证的基础上编制。研究程度较低时，可只做推断剖面图。

附 录 A
极化率的测定与质量检查
（补充件）

A1 极化率的概念

岩（矿）石及其所含溶液，在外电流场激发下，在固体矿物与溶液的交界面上，发生复杂的电化学过程，产生随时间变化的附加电场（二次场）。这种现象被称为激发极化效应。

实验表明，激发极化效应的强弱，不仅与物质的成分和结构有关，而且与激发总电场强度有关。在通过岩（矿）石的电流密度不大时，二次场强度 ΔU_2 与总电场强度 ΔU 近似成正比。其比例系数 η 称为岩（矿）石的极化率见公式（A1）。

$$\eta = \frac{\Delta U_2}{\Delta U} \times 100\% \qquad (A1)$$

岩（矿）石的极化率和电阻率，如果其宏观上均匀，则在野外露头上或用标本进行测定时，测得的极化率值都应相同，这个值就是该岩（矿）石的真极化率。在野外现场测定时，天然岩（矿）石的极化率不但受物质不均匀的影响，而且很大程度上迭加了周围介质的影响。因此，其测定值将随测定时所用装置类型、极距大小和装置排列方向及测点位置等因素的不同而改变，故称之为视极化率。

A2 测定方法和技术

取得岩＜矿）石极化率资料的途径有二：一是利用已知典型地质剖面上的激电艰测结果进行反演，通过对比分析了解各种岩（矿）石的极化率变化范围；另是在野外露头上（或薄层覆盖区）测定或利用采集的标本直接测定各种岩（矿）石的极化率。

A2.1 野外测定法

一般多用露头小四极法、小极距测深法。应用时应根据浮土厚度，浮土与基岩的电阻率差异和装置特点，选择合适的装置和极距。严格地讲这时测得的是视极化率，只有在一定的观测条件下才可认为近似地等于真极化率。

A2.1.1 露头小四极法：一般要求所测岩（矿）石的露头直径比所用极距大一倍以上，延深应大于供电极距，装置应排列在露头的中部。

A2.1.2 小极距测深法：浮土较薄时，可用以了解基岩的极化率，最大供电电极距应满足使测得的视极化率达到某一稳定值。

在岩性比较简单，厚度较大且稳定的已知钻孔或钻孔附近，可进行极化率测井或井旁测深，通过观测结果与钻孔柱状图对比，以了解该区地层的电性特征。

A2.2 标本测定

A2.2.1 标本的采集，一般要求采集点均匀地分布于所研究地质体的露头上，标本应具有代表性。对不同岩性、结构、矿化、蚀变等各类岩（矿）石均应系统测定。采集时应作记录，对标本的岩性进行必要的描述、编号，并将采集点点位标在地质图上。

对岩芯标本，还应记录钻井号和取样深度。

A2.2.2 测定方法，常用的有腊封法和物性架法。前者测定精度较高，效率低，后者简单、但精度较低。

腊封法：将标本置于瓷盆中，把标本的三个面与盆壁间用石腊或橡皮泥密封，使其两边的水仅可由标本内渗过（见图 A1）。

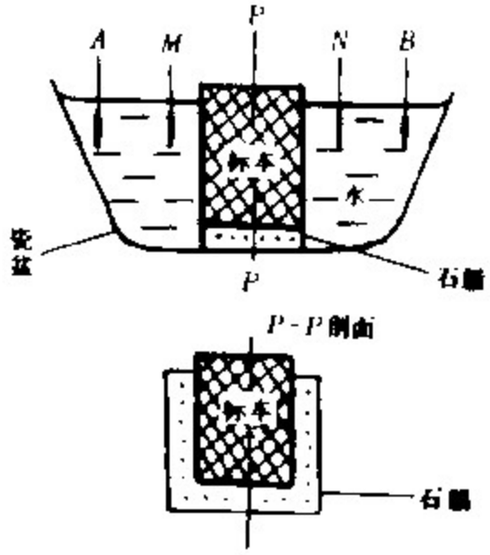


图 A1

要求所用的石腊中无金属矿杂质，封腊时注意使标本两侧有较大的面积与水接触。

另一种类似腊封的方法，装置结构如图 A2 所示。

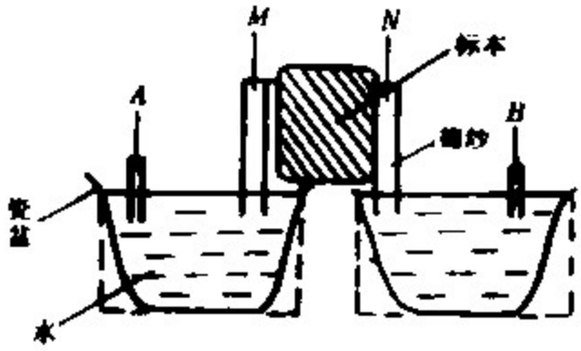
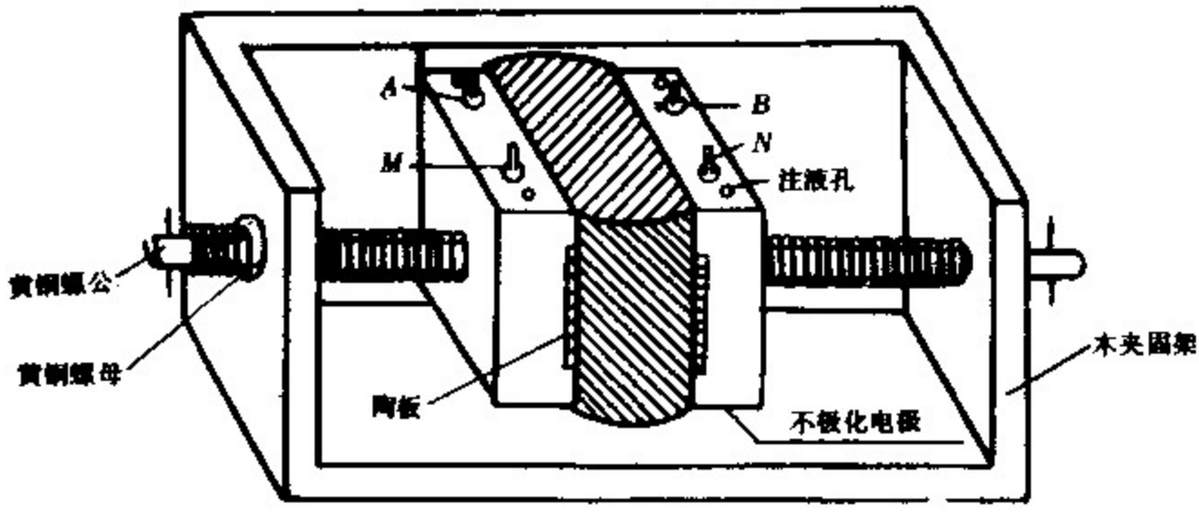


图 A2

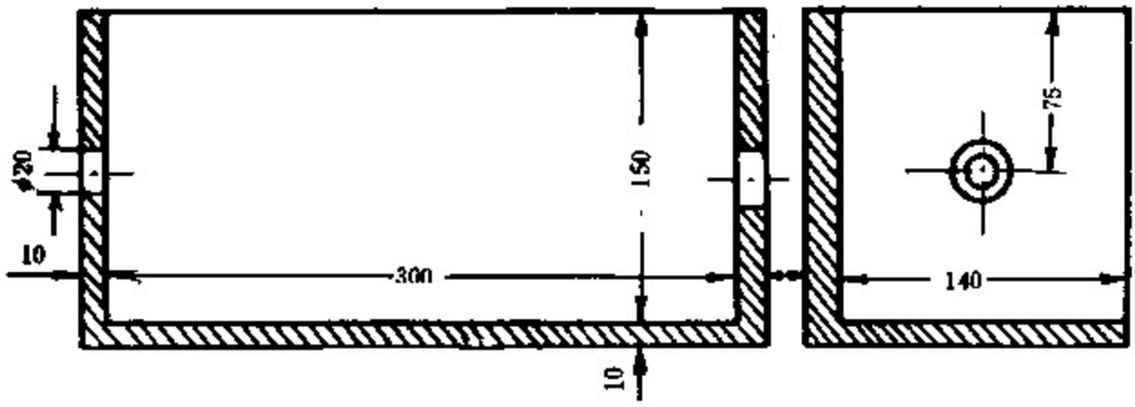
将标本放在两只盛水瓷盆中间的盆边上，标本与水之间用浸水纱布或棉花连接测量电极与纱布或棉花接触。这样可达到标本两侧的水不能由标本外互相渗透，电流集中通过标本的目的。工作效率较高。

标本架法：标本架的全貌如图 A3（a）所示，它由两部分组成：一为夹固架，其作用是托起来夹固待测标本，另一部分为不极化电极，其中装有供电和测量电极（都采用铜棒和饱和硫酸钢溶液），共有两块。

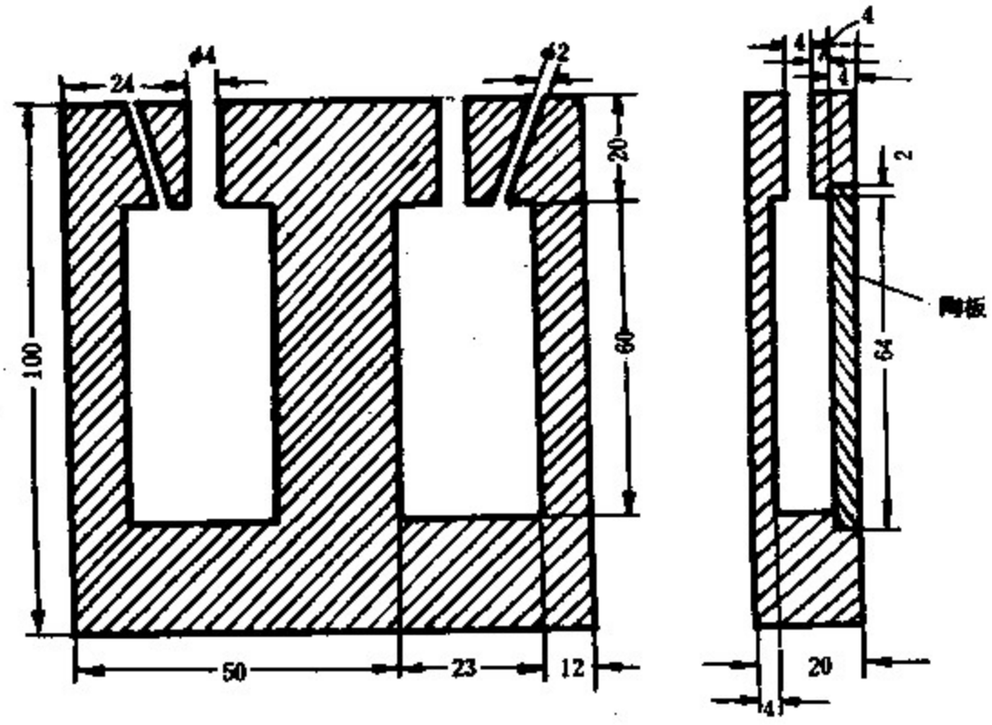
夹固架多为木制的，其中镶有黄铜螺母，参考尺寸如图 A3（b）。不极化电极的构造及参考尺寸如图 A3（c）。所用材料一般为有机玻璃或其他绝缘材料，渗透片一般为素陶板，要求渗透性合适。



(a)标本架全貌



(b)夹固架



(c)不极化电极

图 A 3

工作时，不极化电极中应有足量的硫酸铜溶液。夹标本时，标本两端需用潮湿棉纱垫平，以保证接触全面、良好并保护电极，要求标本除与电极接触外，与其他部分绝缘，注意防止供电电源及夹固系统漏电。

有一种简便的办法，是用土和面粉团作接触介质，供电及测量电极插在其中，要求所用土的极化率小于1%。当用面团作接触介质时，其中应加少许硫酸铜。

A2.2.3 标本电性参数计算公式（A2）、（A3）

$$\eta = \frac{\Delta U_2}{\Delta U} \times 100 \qquad (A2)$$

$$\rho = \frac{S}{L} \frac{\Delta U - \Delta U_2}{I} \qquad (A3)$$

式中：S——为接触面积；

L——为标本厚度。

A2.3 技术条件

A2.3.1 标本的浸水时间、充电时间、充电电流密度，取决于标本中电子导电矿物的体积含量和标本的结构。

A2.3.1.1 浸水时间

标本中电子导电矿物的含量由低到高或标本由致密到疏松，浸水时间应由长到短（参考表A1），并应注意：

a. 标本不能多次浸水，否则导电矿物表层氧化不断加深，标本致密程度也相继降低，标本的极化率和电阻率也随之下降。

b. 标本从水中取出后，待表层晾干方可测量。否则在测量过程中，极化率增大。

A2.3.1.2 充电时间（测量近饱和的极化率值时）

标本中电子导电矿物的含量由低到高或标本由疏松到致密，充电时间应由短到长（参考表A1）。

A2.3.1.3 充电电流密度

标本中电子导电矿物的含量由低到高或标本由疏松到致密，充电电流密度应由大到小（参考表A1）。

表A1

岩（矿）石类型	浸水时间 h	充电时间 min	充电电流密度 $\mu A/cm^2$
致密块状岩石	6～24	1.5～2	$0\times10^{o}-n\times10^{\prime}$
致密浸染状矿化岩石	<6	≥2	$n\times10^{o}-n\times10^{\prime}$
致密块状矿石 致密石墨矿石	1～2	≥5 ≥8	$n\times10^{o}$
疏松状矿（岩）石	几分钟	≥2	$n\times10^{\prime}$

岩（矿）石类型	浸水时间 h	充电时间 min	充电电流密度 $\mu A/cm^2$
坑道标本	采集后及时测量		

A2.3.2 对矿化不均匀和各向异性的标本或露头，应改变电极排列方向，作几个方位的观测。

A2.3.3 为使电流在观测过程中能比较稳定，应采用容量较大的电池作供电电源。

A3 质量检查方法与精度要求

电参数测定工作的质量评定是采用某一种岩性测定的全部标本检查观测结果来衡量，即用基本观测结果统计出来的常见值，与检查观测结果统计出来的常见值其相对误差不得超过20%。选作进行检查观测的某一种岩性标本数量，应达到测定标本总数的10%，选作进行检查观测的某一种岩性标本观测数值的离散程度相对比较大。这样的质量检查方法对衡量提供使用的最终统计数据的可靠程度，是有实际意义的。

附 录 B
时间域激发极化法野外记录本格式
（参考件）

B1 时间域激发极化法野外记录本格式（1）

（适用于梯度、剖面装置、测深、二次场采一块面积）

日期_____工区_____装置_____仪器号_____天气_____

布极方向_____ AB _____ MN _____ T _____ s t _____ s t_D _____ t_1 _____

测线号	测点号	$AB/2$ m	$MN/2$ m	ΔU mV	η_s %	测量时间	I mA	K	ρ_s Ω·m	$\Delta\overline{U}$ mV	$\overline{\eta}_s$ %	$\overline{\rho}_s$ Ω·m		备注

操作者_____记录者_____复算者_____检查者_____

B2 时间域激发极化法野外记录本格式（2）

（适用于梯度、剖面装置、测深、二次场采多块面积）

日期_____工区_____装置_____仪器号_____天气_____布极方向_____

AB _____ MN _____ T _____ s t _____ s t_D _____

二次电位采样块数_____二次电位各块记录时间_____

测线号	测点号	$AB/2$ m	$MN/2$ m	ΔU mV	η_s										测量时间	I mA	K	ρ_s Ω·m	S_t ms				备注
					η_1	η_2	η_3	η_4	η_5	η_6	η_7	η_8	η_9	η_{10}									

操作者_____记录者_____复算者_____检查者_____

B3 时间域激发极化法野外记录本格式（3）

（适用于梯度、剖面、测深、长脉冲供电方式）

日期_____工区_____测线_____装置_____天气_____布极方向_____

AB _____ MN _____ I _____ t _____仪器号_____

顺序号	测点号	AB 2 m	MN 2 m	K	I mA	ΔU mV	ΔU_2 mV	$\Delta U_2'$ mV	$\Delta U_2^{改正}$ mV	ρ_s Ω·m	$\bar{\rho}_s$ Ω·m	η_s %	$\bar{\eta}_s$ %	备注

操作者_____记录者_____复算者_____检查者_____

B4 岩（矿）石标本电性参数测定记录本格式

日期_____工区_____测定方法_____标本处理_____

仪器号_____ T _____ s t _____ s _____

顺序号	标本号	岩(矿)石名称	采集位置	标本放置方向	L mm	S mm²	I μA	ΔU mV	ρ Ω·m	$\bar{\rho}$ Ω·m	ΔU_2 mV	$\Delta U_2'$ mV	η %	$\bar{\eta}$ %	备注

采样者_____操作者_____记录者_____计算者_____复算者_____

附加说明：

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会提出。

本标准由地质矿产部勘查技术司主持，地质矿产部第一综合物探大队，地质矿产部河北省地球物理探矿大队，地质矿产部北京地质仪器厂，地质矿产部物化探研究所、地质矿产部物化探编辑部派员参加共同制定。

本标准起草人史炎培，王式铭，夏治平，沈培陵、周安昌。