ICS 73.020
CCS E10/19

DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX

双频激电法技术规程

Code of Practice for Dual-frequency Induced Polarization Method

（征求意见稿）

XXXX－XX－XX 发布

XXXX－XX－XX 实施

中华人民共和国自然资源部　　发 布

双频激发法技术规程

1 范围

本标准规定了双频激电法工作的规范性引用文件、术语和定义、符号和计算单位、应用范围及条件、技术设计、仪器设备、野外工作、质量检查、数据处理、成果报告编写等工作的基本要求及技术规则。

本标准适用于金属与非金属、能源等矿产资源勘查中双频激电法工作。以及水文、工程、环境、灾害等地质调查可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/ T 14499	地球物理勘查技术符号
GB / T 18314	全球定位系统（GPS）测量规范
DZ / T 0070	时间域激发极化法技术规程
DZ / T 0069	地球物理勘查图图式图例及用色标准
DZ / T 0153	物化探工程测量规范
DZ / T 0391	地球物理勘查基本术语
DD2006-03	岩矿石物性调查技术规程

3 术语和定义、符号和计量单位

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

双频激发极化法　dual-frequency induced polarization method，简称DFIP。

又称双频激电法，采用两个（或两个以上）有一定频差的一对频率组且有固定振幅相位关系的电流作为激发场源，同时测量这两个频率的电位差响应的振幅或相位的一种频率域激发极化法。

3.1.2

幅频率　percent frequency effect

同时测量高、低频率电位差的幅值 ΔV_{H} 和 ΔV_{L}，通过下面公式计算获得幅频率。

$$F=\frac{\Delta V_{\mathrm{L}}-\Delta V_{\mathrm{H}}}{\Delta V_{\mathrm{H}}}\times 100\% \qquad (1)$$

3.1.3

视电阻率　apparent resistivity

同时测量高、低频率电位差的幅值ΔV_{H}和ΔV_{L}，通过下面公式计算获得视电阻率。

$$\rho_{\mathrm{sH}} = K \cdot \Delta V_{\mathrm{H}} / I \tag{2}$$

或

$$\rho_{\mathrm{sL}} = K \cdot \Delta V_{\mathrm{L}} / I \tag{3}$$

3.1.4

视金属因素　apparent metal factor

依据公式（2）和（3）中的视电阻率计算公式，通过下面公式计算获得视金属因素M_s。

$$M_S = \frac{\left(\rho_{\mathrm{sL}} - \rho_{\mathrm{sH}}\right)}{\left(\rho_{\mathrm{sL}} \cdot \rho_{\mathrm{sH}}\right)} = F_{\mathrm{s}} / \rho_{\mathrm{sL}} \tag{4}$$

3.1.5

视激电率　apparent induced polarization rate

依据公式（2）和（3）中的视电阻率计算公式，通过下面公式计算获得视激电率G_s。

$$\mathrm{G_s} = K \cdot \left(\Delta V_{\mathrm{L}} - \Delta V_{\mathrm{H}}\right) / I = K \cdot \rho_{\mathrm{sH}} \cdot F_{\mathrm{s}} / I \tag{5}$$

3.1.6

双频道幅频测量　dual-frequency amplitude measurement

测量一组高、低频电位差的振幅。

3.1.7

相位测量　phase measurement

测量一组高、低频电位差的相位差。

3.1.8

频谱测量　spectrum measurement

采用多组双频道测量，测量获取振幅、相位（实、虚分量）、自然电位等多参数信息，组合成频谱资料。

3.2　符号和计量单位

表1规定规定了各符号及其对应的计量单位。

表1　符号和计量单位

序号	符号	名称或含义	计量单位
1	*AB*	供电电极距	m,Km（米，千米）
2	*MN*	测量电极距	m,Km（米，千米）
3	*I*	供电电流强度	A,mA（安[培]，毫安）
4	F/F_{s}	视/幅频率	%（无量纲）
5	ρ_{s}	视电阻率	Ω.m（欧[姆].米）
6	ρ_{sL}	低频视电阻率	Ω.m（欧[姆].米）
7	ρ_{sH}	高频视电阻率	Ω.m（欧[姆].米）

8	M_s	视金属因素	S/m
9	G_s	视激电率	Ω.m（欧[姆].米）
10	K	装置系数	m（米）
11	ΔV_L	低频电位差	V, mV（伏,毫伏）
12	ΔV_H	高频电位差	V, mV（伏,毫伏）
13	φ_L	低频电位相对于发送电流的相位	mrad（弧度）
14	φ_H	高频电位相对于发送电流的相位	mrad（弧度）

4 总则

4.1 应用范围

4.1.1 用于发现有一定规模的、致密或浸染状的铜铅锌、多金属等硫化矿床以及相应的伴生贵金属、稀有金属和其他矿床。

4.1.2 用于寻找磁铁矿、有极化效应的赤铁矿和镜铁矿、锰矿等黑色金属矿床。

4.1.3 用于寻找煤、石墨矿等非金属矿床。

4.1.4 用于解决水文、工程、环境、灾害等地质问题。

4.2 应用条件

4.2.1 目标体与围岩介质存在明显的激电效应差异。

4.2.2 目标体有足够的规模，观测的异常信号可以从干扰场或背景场中分离出来。

4.2.3 在存在人文电磁噪声的环境中，观测参数的数据质量能达到本规程所规定的工作精度要求。

4.2.4 具备必要的地形条件和接地条件。

4.2.5 保证低频电位差和高频电位差的观测精度，即保持一定的信噪比。

5 技术设计

5.1 编制原则

5.1.1 技术设计应以地质任务为依据。

5.1.2 同一项目由几个单位同时施工，应统一编制技术设计。

5.2 方法有效性分析

5.2.1 技术设计中，可依据下列资料对方法的有效性进行分析：

a）邻区或其他地质条件类似地区的实际工作结果与效果；

b）工区地电模型的正演计算或模拟结果；

c）收集工区资料、踏勘资料及现场试验结果。

5.2.2 技术设计中，应详尽地分析配合其他种类方法解决地质问题的可能性程度。

5.2.3 资料收集、野外踏勘及现场试验。

5.2.3.1 资料收集

了解工区内的地质、地球物理特征、地球化学特征及勘查程度并收集相关资料，资料收集应包括下列内容：

a）地质资料；
b）地层、岩石物性资料；
c）钻井和测井资料；
d）地球物理资料；
e）地球化学资料；
f）遥感资料；
g）测绘资料；
h）地形、水系、气候、人文、交通等资料；
i）其他相关资料。

5.2.3.2 踏勘

主要目的是了解工区概况，以确定方法的可行性和有效性。踏勘应包括下列内容：
a）了解工区的地形、地貌、接地、通视、交通、食宿等工作条件；
b）概略了解工区的地质情况、核实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；
c）了解工业和人文干扰因素的种类、强度、分布特征及规律等情况；
d）收集主要岩矿（包括第四纪覆盖层）石的电阻率、幅频率等物性参数；
e）采集适量不同种类的岩矿石标本进行测定分析，初步掌握有工业价值的矿产种类、矿石富集程度及与物性参数的关系。

5.2.3.3 现场试验

试验剖面应具有代表性，尽可能使其分别获同时通过天然露头、探矿工程、具有代表性的控制的已知目标体、干扰体、人文干扰区及干扰源。现场试验应解决如下问题：
a）测量电位差的大小和干扰强度，能达到的观测精度；
b）主要岩矿石的激发极化特征；
c）供电和测量电极距的选择；
d）工作频率的选择。
工作条件允许时，技术试验应尽可能与踏勘结合进行。

5.3 工作方法选择

主要包括电极排列及频率选择。

5.3.1 电极排列

电极排列（或称电极装置）指的是 A、B、M、N 四个电极的组合方式。电极排列形式可以是多种多样的，在双频激电法中，常用的有“中间梯度”、“偶极-偶极”、“对称四极”、“三极”、“二极”（“近场源”）以及其“测深”等装置形式。

双频激电普查常用的电极排列有中间梯度装置，偶极-偶极装置。在详查或研究异常阶段，也采用其它装置类型（联合剖面、对称四极测深、三极测深、五极纵轴测深等）。

5.3.1.1 中间梯度装置

中间梯度装置（图 1）是用 A和 B 两个供电电极进行供电，测量电极 M 和 N 则沿着测线逐点移动进行观测。

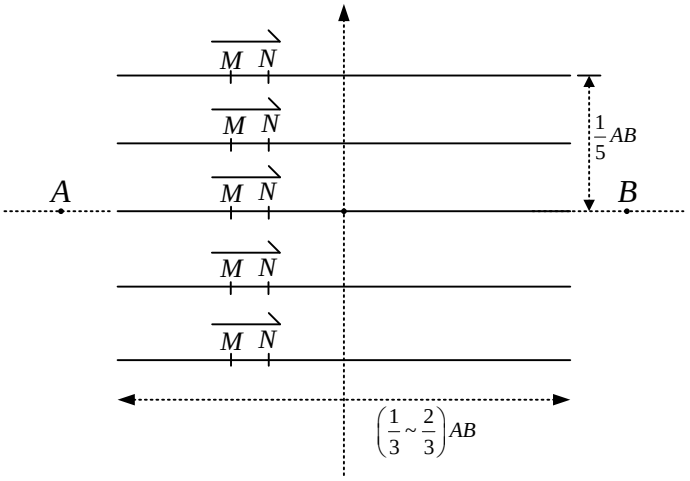


图 1 中间梯度装置示意图

根据工作任务，中间梯度又可以分为三种方式：

a）主线测量方式： *MN* 在 *AB* 连线中间的（一般取 *AB* 长度的 2/3）范围内测量；

b）主线加旁线测量方式： *MN* 除了在 *AB* 的中间连线（一般取 *AB* 长度的 2/3）进行测量外，还在 *AB* 两侧与 *AB* 平行的旁线上进行测量，可以减少供电极的移动次数，旁测线与主测线间的最大距离，应不超过 *AB* 的五分之一。

c）全域测量方式：是指每条测线不限于 2/3 *AB*，而是扩展到整个 *AB*，甚至扩展到 *A* 和 *B* 的连线的延长线上。也就是说，在 *AB* 供电的情况下，只要是能够测量到足够大小电位差的地方都可以作为测量范围。

在以发现异常为目的的普查工作中，b 和 c 两种方式由于效率高而常常被采用。详查时，要获得异常的正确形态，则宜采用 a 的测量方式。而且要将可能的矿体置于 *AB* 的中间，使 *AB* 垂直异常走向。

中间梯度排列的参数选取原则如下：

a） *AB* 距的选择应根据目标体埋深和测线长度合理布设，应通过野外试验选选择。

b）测点间距的大小应根据所寻找的目标体大小和最小可观测电位差来折中选择。

c）应选择有效措施消除电磁耦合影响。

d）中间梯度排列的装置系数计算公式为：

$$K=\frac{2\pi}{\frac{1}{AM}-\frac{1}{AN}-\frac{1}{BM}+\frac{1}{BN}} \tag{6}$$

式中：

AM -供电电极 A 点到测量电极 M 点的距离，单位为米（m）。

AN -供电电极 A 点到测量电极 N 点的距离，单位为米（m）。

BM -供电电极 B 点到测量电极 M 点的距离，单位为米（m）。

BN -供电电极 B 点到测量电极 N 点的距离，单位为米（m）。

5.3.1.2 偶极-偶极装置

偶极-偶极排列有时也称双偶排列。两个供电电极 *AB* 和测量电极 *MN* 彼此分开，各在一边，沿一直线排列，称为轴向偶极（图 2）。~~*AB* = *MN* $a=$~~ ，*AB* 和 *MN* 中点连线 OO' 长度为 $a(n+1)$，n 为整数。测量结果记录在 OO' 中点，探测深度随 n 增加而增大。

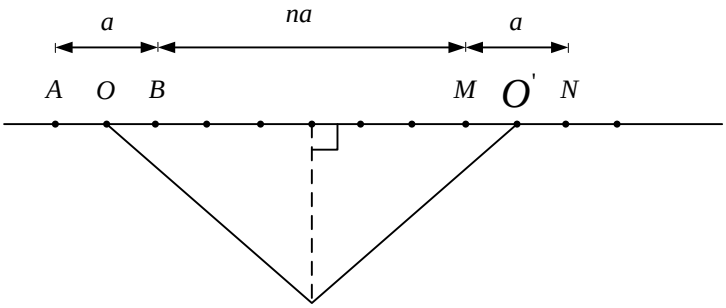


图 2 偶极-偶极装置示意图

双偶极剖面测量时，各电极之间的距离是固定的，每次测量后，4 个电极一起向前移动一个距离，一般为测点距，等于 MN 。有时也常在每一个测点测量几个深度上的极化率，这时所用排列也可称为偶极-偶极拟剖面测量。

偶极-偶极排列参数选择如下：

a）一般取 $AB=MN=a$，隔离系数 $n=1,2,3,4\cdots$， $OO'=a(n+1)$， O 和 O' 分别是 AB 和 MN 的中点。为增强观测信号，可采用较大的供电电极距（ $AB>MN$ ）。

b）用于扫面工作时， OO' 应根据目标体埋深选择合适的值，应取 $OO'\geq 2H$ （ H 为拟探测地质体顶部埋深）。

c）通常取 OO' 的中点位置为记录点，向下取 $OO'/2$ 作为视深度。

d） a 值通常等于测点距，具体应通过试验确定。

d）偶极-偶极的装置系数计算公式见公式（6）。当 $AB=MN$ 时，计算公式可简化为：

$$K=\pi\times a\times n\times(n+1)\times(n+2) \qquad (7)$$

5.3.1.3 对称四极装置

包括对称四极剖面（见图 3）和对称四极测深（见图 4），对称四极剖面应用较少但测深应用较多。对称四极排列的 AB 和 MN 对称分布，共有一个中线点 O，O 点也作为记录点，规定 $MN=L$，$AB=2L$，A、M 、N 、B 的 4 个电极同时沿测线移动。这种排列称为“Schlumberger”排列。当 $AM=BN=MN=L$ 时，称为“Wenner”。这类排列的探测深度随 L 增加而增大。

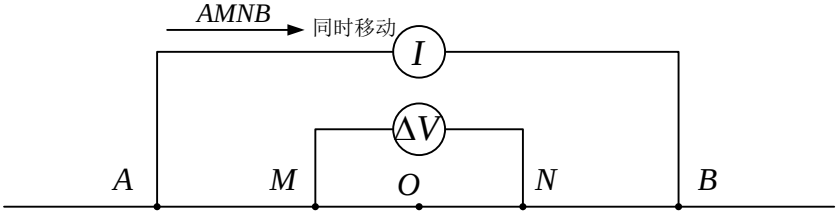


图 3 对称四极测深装置示意图

在双频激电法测深时，通常固定 MN ，逐步增加 AM 和 BN ，这样可在同一测点得到不同深度上的信息。

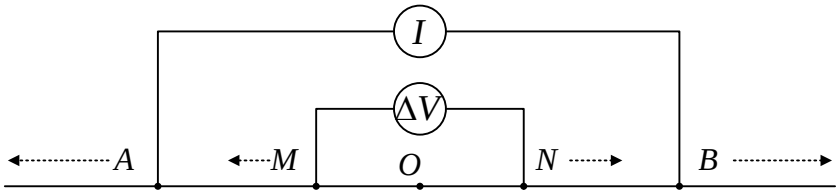


图 4 对称四极测深装置示意图

对称四极排列的参数选取原则如下：

a）一般 $AB/6 \le MN \le AB/3$，在 AB 改变的一段范围内 MN 不变。当 AB 增大到 $\frac{MN}{AB}=\frac{1}{30}$ 时，再将 MN 增大，在这两种 MN 交替处的“接头点”，同一 AB 对两种 MN 都进行观测，以便圆滑曲线。

b）保持 $\frac{MN}{AB}$ 固定值（例如 $\frac{1}{3}$），AB 与 MN 同步增加，形成等比测深。

c）在山区进行测深时，测点应选择尽量平台的地带，即以最大 $\frac{MN}{2}$ 为半径的范围内地形起伏不超过 20 度的地段；

d）布极方向，在平原地区，当各层分界面及标准层顶板的倾角不超过几度时（$\le 5^{o}$），AB 的方向课任意先定；在山谷中，布极方向应与山谷走向一致，同时 AB 电极应尽量避免通过电性显著变化带，如沟谷、河流、石崖、大断裂等，以防止和减少地表电流屏蔽和非各向同性等的影响。

e）对称四极排列的装置系数计算公式见公式（1）。

5.3.1.4 三极装置和联合剖面

三极排列（见图 5）由沿测线排列的三个移动电极组成：一个供电电极 A 和两个测量电极 MN 。另一个供电电极 C 固定放在远处，习惯上称之为无穷远极，测量结果只决定于 A 极产生的电场。极距按如下规定，$L=OA=$极距，O 为 MN 中点，$l=MN$，探测深度随 L 增加而增大。记录点通常可选为 MN 中点或 AM 的中点。由于这种装置不对称，发现的异常要离开极化体正上方向 MN 方向位移。因此图示和报告中要标明记录的位置。

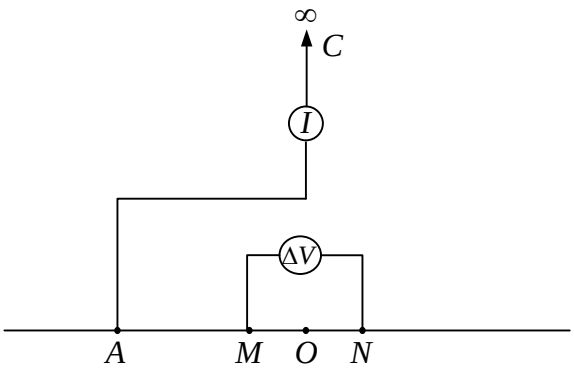


图 5 三极装置示意图

在 MN 前后各布置一供电电极 A、B，同时用无穷远 C 作为公共的供电电极，在每一个测点上用一对 MN，分别用 A、C 供电和 B、C 供电，进行两次测量，组成 AMN 和 MNB 两个三极测量，这种方式称为联合剖面法。由于异常位置与记录点位置有关，在联合剖面中通常选择 MN 中点作为两次测量结果的公共记录点。对于同一极化体，AMN 和 MNB 的测量结果将在极化体上方形成交点。利用这种交点的性质

和曲线的不对称性可以判断极化体的产状、形态。

三极装置的参数选取原则如下：

a）一般取 $AO \geq 3H$ （ H 为拟探测地质体顶部深度）；

b） $MN = \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}\right) AO$；

c）应选择有效措施消除电磁耦合影响；

d）“无穷远极”应垂直测线布设，它与最近测线的距离应超过 10 倍 AO；

e）三极装置的装置系数计算公式为：

$$K = \frac{2\pi \times AM \times AN}{MN} \tag{8}$$

5.3.1.5　二极装置

测量电极 N 在“无穷远”处，其电位为零，观测的是 M 点的电位，信号较强。如果 AM 取得较小，可在电流不大时，得到较强的观测信号（见图 6）。如果采用的 AM 不大，也称为“近场源激电”。

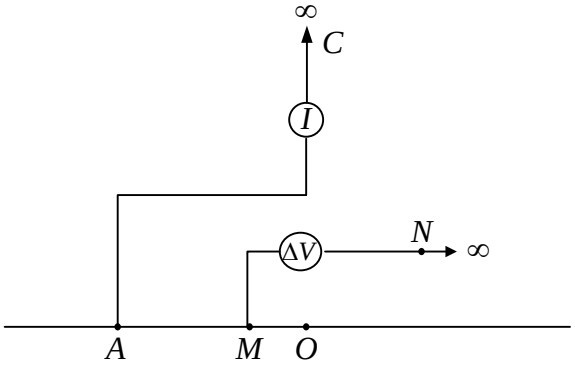


图 6 二极装置示意图

二极排列的参数选取原则如下：

a）与 MN 较小的电极排列相比，电位测量的探测深度较大。但由于 N 极不在很远， MN 之间的距离大，易受大地电流等各种干扰，且分辨率有所下降；

b）如果 AM 取得较小， A 极附近（地表附近）存在极化不均匀体时，会形成明显异常，从而干扰、甚至掩盖下部矿体异常，故适宜在围岩极化率低的情况下使用；

c）由于有两个无穷远极，它们的布设好坏是这种排列施工中最重要的问题。通常，为了减少导线间的耦合作用，两个无穷远极要放在不同的方向上。一般，供电电极 B 可放在垂直测线的方位上，而测量极 N 则可放在测线的延长线上，且保证测量中 M、 N 间的距离不小于 5 倍 AM ； 另外， B 、 N 间距离也要大于 5 倍极距，以免 B 极影响测量结果。在山区地形复杂，B 极和 N 可沿等高线、山谷放置。当然，此时必须注意导线间的耦合效应。

d）二极排列的装置系数计算公式为：

$$K = 2\pi \times AM \tag{9}$$

5.3.1.6　五极纵轴测深装置

x

五极纵轴测深装置（见图 7）由五个电极组成：以测深点作为坐标原点的直角坐标系，一般应根据地形及地质构造标定坐标系的横轴（ x ）及纵轴（ y ），力求使x轴垂直于勘探对象的长轴方向，同时尽可能把y轴放在地形平坦、地表土质均匀及接地条件良好的方位上；供电电极 A（中心点）位于测深点上，两个与A

极相异性的供电电极 B_1、B_2 对称地布设在A极两侧，且 $AB_1 = AB_2$，在y轴上设置测量电极 M、N，并逐点移动测点电极进行观测。

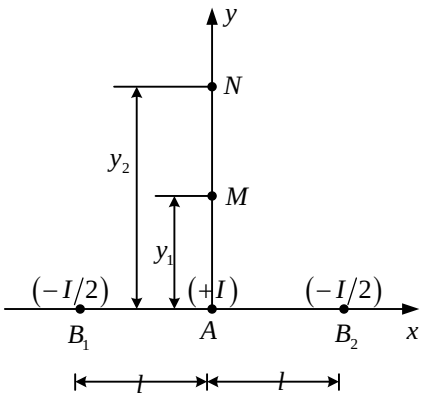


图6 五极纵轴测深装置示意图

五极纵轴测深装置的参数选取原则：

a）供电电极 L 一般取等于最大勘探深度的 2~3 倍；

b）测量装置布设完成后，依次通过 AB_1、AB_2 供电，读取电流值，尽量保持 AB_1 和 AB_2 之间的电流值相等或接近。

c）五极纵轴测深装置系数计算公式为：

$$K = 2\pi \Big/ \left[\frac{y_2 - y_1}{y_1 y_2} - \frac{1}{\sqrt{l^2 + y_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{l^2 + y_2^2}} \right] \qquad (10)$$

五极纵轴测深装置常用来探测一些非层状地质体，在一定的地电条件下，具有较好的探测效果，与其他电测深装置相比，具有分辨能力强，曲线直观、解释简单、受地层影响小等优点，常常应用于水文及工程地质调查。

5.3.2 频率选择

双频激电法推荐使用以下4组频率对（见表2）。

表2 频组与对应频率对

频组	频率对
0	1Hz与1/13Hz
1	2Hz与2/13Hz
2	4Hz与4/13Hz
3	8Hz与8/13Hz

5.3.3 减少感应耦合的方法

a）采用供电装置和测量装置分开的偶极-偶极装置；

b）将供电导线和测量导线拉开一定距离布设；

c）采用较低的频率进行工作；

d）采用多频观测进行电磁耦合校正。

当工作地区大地电阻率很低，电磁耦合无法避免时，应采取有效措施进行电磁耦合校正。

5.4 测区与测网

5.4.1 测区范围应根据地质任务、勘查对象、地质条件和地形地貌特征情况，按照既能满足地质任务所要求的详细程度和精确程度，又经济合理的原则进行设计，参照 GB/T 18314-2009 和 DZ/T 0153-2014 的相关要求执行。

5.4.1.1 测区布置应注意完整，避免零碎和参差不齐。

5.4.1.2 普查时的测区范围，应是地质成矿预测区或根据区域物化探资料圈定的找矿远景区。

5.4.1.3 详查时的测区范围，应是地质及物化探资料认为可能赋存矿体的地段，应适当地扩大测区范围，以可测量到背景场为准。

5.4.2 测线方向

5.4.2.1 测线应尽量垂直于所探测地质体的走向、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，应分别布置垂直走向的测线，进行面积性的探测工作。

5.4.2.2 测线宜与已有地质勘查线、物化探勘探线、地质剖面重合及通过钻孔。

5.4.2.3 测线位置应避开村镇、厂矿区、输电线等工业和人文干扰强烈区域。

5.4.3 测线（点）号编排规则，同一测区应统一编号，采用相同比例尺，通常采用自西向东，自南向北增大顺序编排。

5.4.4 比例尺与测网密度

5.4.4.1 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。线距应小于最小探测目标体的走向长度，保证有 1~3 条测线穿过最小有意义目标体的异常。中梯装置应至少有 3 个满足观测精度测点位于最小有意义异常范围内，轴向偶极装置应至少有 5 个测点在这一范围内。

b）详查。应保证 3~5 条测线通过最小有意义目标体的异常的上方。中梯装置的点距应要求 5~7 个满足观测精度的测点分布在最小有意义目标体的异常范围，轴向偶极装置的点距应要求 8~10 个满足观测精度的测点分布在最小有意义目标体的异常范围。

c）精测。剖面应当穿过异常中心，垂直异常走向。剖面的长度和测点的密度应以完整反映异常细节特征为原则，使得不需要进一步延长剖面或加密测点。

5.4.4.2 剖面类装置常用的比例尺和测网密度见下表 3，点线距与最小探测深度有关，可依据目的任务及目标体特征做适当调整。

表 3 比例尺和测网密度

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

5.4.5 测地工作

5.4.5.1　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。

5.4.5.2　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 测地工作精度表

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）
		限差	均方相对误差	点位均方相对误差（%）		电极排列方向	高程	
				AO（BO）	MONO）			
A	1.0	6	3	3	3	5°	中心点要求高程观测	2
B	1.25	10	5	5	5	10°		

5.4.6　测网联测

测网基线点、重要剖面端点、特殊测点（测深点）、主要异常及探矿工程（包括建议施工的探矿工程）位置，均应埋设固定标志与附近 E 级或以上 GPS 控制点联网，并且计算坐标。

有正式地形图而缺少 GPS 控制点（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

5.5　物性参数测定

5.5.1　为进行异常解释和布置进一步工作，应对测区内各类岩（矿）石进行电性参数（幅频率、电阻率）测定。下面两类岩性应系统测定：

a）勘查目标地质体和干扰地质体。

b）电性参数变化范围较宽的岩（矿）石。

5.5.2　测试场地选择原则。测区内应有足够数量的且具有代表性的地质和物性综合剖面。其中至少有 1~2 条剖面能够比较完整地穿越测区内不同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。

5.5.3　电性参数测定方法相关细节及要求等见附录 B，应根据具体情况选择露头法和标本法。有钻孔时，应尽可能地进行双频激电法测井或井旁测深。

5.5.4　标本测定数量应视需要而定，应系统的测定岩（矿）石，每一类应不少于 30 块。

5.5.5　应统一测定条件，提高数据质量。

5.5.6　为配合异常解释和解决工作中遇到的某些问题，可以进行物理模拟试验或数值模拟。物理模拟试验应按照野外实际地电断面，矿体与围岩的幅频率、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。

5.6　设计书编制

5.6.1　在综合分析已有资料，评估并确认方法有效性的基础上，选择并确定测网密度、测量方式、装置形式、工作参数等，编写设计书，报技术主管部门批准。

5.6.2 设计书主要内容:

a) 目的任务，任务来源；
b) 测区概况，地质、水文、地球物理特征，以往工作评价；
c) 方法技术、仪器设备、技术指标、工作量及质量要求；
d) 工作部署；
e) 数据处理与解释；
f) 安全生产、组织与管理；
g) 生产进度；
h) 预期成果内容；
i) 经费预算；
j) 有关附图及附表。

5.7 设计书审查与变更

5.7.1 设计书应由项目主管单位或委托单位审批，经批准后，方可执行。

5.7.2 项目实施过程中，因故无法按原设计执行时，可根据实际情况做相应变更，并将变更依据及变更内容及时报告设计审批单位，变更得到批准后方可执行。

6 仪器设备

6.1 仪器设备选择

6.1.1 编写任务书时，应根据勘查任务和工区地电条件，合理地确定仪器设备的型号和数量。

6.1.2 双频激电法应使用专门的双频激电仪。

6.2 基本性能指标

双频激电仪包括供电系统和测量回路系统。

6.2.1 供电系统

供电系统包括发送机、高压电源、供电线和供电电极。

6.2.1.1 发送机

根据不同地质任务需要，选择一定功率的发送机。发送机能够发送一组或多组两个频率的组合电流。发送机性能指标：电压测量相对误差≤±3%；电流测量相对误差≤±1%。

6.2.1.2 高压电源

高压电源分为两种，一种是电池组，一种是发电机加整流设备。一般使用电池组作为电源，在需要较大的供电电流时，采用发电机。

6.2.1.3 供电线

供电导线的规格应根据用途、电极距大小、供电电流大小和工区自然条件选择，应选用内阻小、绝缘性能好、强度高、耐磨、轻便的导线，截面积一般为2.5~4.0mm^2，使用前应做漏电检测（见7.4）。

6.2.1.4 供电电极

一般用钢钎、铜钎、铝钎作供电电极，其长度为60~80cm，直径3~5cm，入土深度40~50cm。

6.2.2 测量回路系统

测量回路系统包括接收机、测量导线和测量电极。

6.2.2.1 接收机

根据不同地质任务，选择满足任务需求的接收机。接收机能够接收一组或多组两个频率的满足测量精度的电位（差）信号。接收性能指标：振幅测量范围：0.6mV～2000mV；振幅测量相对误差≤±1%；工频衰减≥100dB；输入阻抗≥8MΩ。

6.2.2.2 测量导线

一般采用多股铜电线作为测量导线，截面积为1.0~2.5mm^2。

6.2.2.3 测量电极

测量电极可采用不极化电极，也可采用铜电极。

6.3 使用维护与保养

6.3.1 主要仪器和设备均应建立使用档案，并随同仪器一起保存。

6.3.2 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。

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

6.3.4 仪器及设备应定期检查和维护（生产期间每月不能少于1次）。在使用和运输过程中，应注意防潮、防尘、防震、防暴晒。工作完毕，必须及时把所有开关或旋钮恢复到非工作状态。

6.3.5 仪器设备的历次检查、维修要详细载入档案。

6.3.6 仪器设备发生重大故障后，经检修、鉴定、校准后方可使用。

6.3.7 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。

7 野外工作

7.1 工作准备

7.1.1 技术准备

7.1.1.1 组织学习相关规范和设计，让工作者明确相关技术要求，必要时进行技术培训。

7.1.1.2 实地了解测区情况后，拟定或修改施工顺序和其他协调工作的方案。

7.1.2 仪器准备

7.1.2.1 基本要求

a）按设计要求的数量和规格，备齐全部仪器、检测校验设备、工具、专用记录本或表格等，配备安全生产防护用品，明确专职使用、维护人员。

b）校验、调节仪器使其达到仪器说明书标称和本标准的技术指标，并留存校验记录。

c）同一测区使用多台仪器工作时，正式开工前应进行一致性校验。

7.1.2.2 仪器校验

仪器校验是指双频激电仪的接收机、发送机必须进行自校和外校。

a）每天开工前必须进行仪器校验，经校验合格后方可使用。仪器校验时发送机和接收机应该分开1～2米的距离，校验电源可用45V的干电池或其它不超过50V的电池组。校验电流一般应达到100mA。校验的方法详见仪器使用说明书。

b）校验完毕后断开连线，打开接收机的自校开关，进入自校，待读数稳定后记下自校数据。

c）仪器的自校在工作中应每隔1～2小时进行一次，如果气温变化大可缩短间隔时间。

7.1.2.3　仪器一致性测定

当两台（道）或两台（道）以上仪器在同一测区施工，开工前和收工后应进行仪器一致性对比，施工期较长时应增加一致性测定次数，两次一致性测定间隔不大于90天。一致性检查包括室内模拟器上的检查和现场同测点上的检查。要求同一测点任何两台接收机之间的观测均方误差小于设计要求的观测总均方误差的一半，同时填写均方误差统计表（附录C）存档。不符合要求的应查明原因经调整（维修）后再进行校正，校正达标后方可使用。

7.1.3　日常施工准备

7.1.3.1　每天出工前（或前一天工作结束后），野外作业负责人应向野外工作人员交代当天（或第二天）的准备工作，强调安全生产，明确岗位职责、人员分工，确保协作配合。

7.1.3.2　明确测网及测线、测点编号，工作量分配，装置形式，极距及电极排列方向，电极的种类与数量，接地技术措施，收放线路径和方法，车辆接送点等。

7.1.3.3　每工作日开工前（可在前一天晚上）应对仪器进行检查，发现问题的应停止使用。对发现问题的仪器须查明原因并维修，然后重新标定，待正常后方可再次使用。

7.1.3.4　检查需用的辅助设备、工具是否正常，记录、标志及安全保护用品是否够用等。

7.1.3.5　检使用可充电电池的仪器设备，应检查电池电压，对需要充电的电池进行充电。

7.1.4　技术参数选择

7.1.4.1　基本要求

a）凡没有开展技术参数选择试验的测区，正式开工前应进行技术参数选择试验（见5.2.3.3）。

b）存在较强人文干扰时，应测量噪声水平，分析其特点，计算信噪比，针对测区人文干扰特点进行多周期（次）叠加采集、加大发送功率、更换抗干扰仪器或错时测量等抗干扰试验，选定既抗干扰又便利施工的措施与参数。其中，抗干扰能力以质量检查结果要求为准。

7.1.4.2　装置的选择

应当根据探测对象赋存的地质和地电条件，目标体本身的产状、埋深，工作区的施工条件等适当选择。一般原则：

a）发现异常的能力强，F_s异常明显，形态简单；

b）装置轻便，移动灵活；

c）同等极距下，反映深部目标体的能力强；

d）有利于查明目标体的位置、产状；

e）受电磁感应耦合的影响较小。

7.1.4.3　电极距的选择

在选定野外观测装置后，异常形态、大小和范围与电极距的大小有关。可采用以下两种方法：

a）在测区内有代表性的地段上布置双频激电测深，这时可根据激电测深曲线极值点或趋于饱和的点，选择最佳极距；

b）通过分析，研究测区内已知矿体的形态、大小和埋深，并结合所选定的电极排列形式，选择适当的电极距；

c）电极距具体参数的选择可参照《双频激电法》一书。

7.1.4.4 频率的选择

a）一般而言应使低频足够低、高频足够高；

b）具体选择时应考虑异常幅度、观测速度、电磁感应耦合、干扰情况等因素；

c）通过对全国范围内的岩（矿）石参数进行分析，确定为频差为 13 倍的 2 频组（见 5.3.2）。

7.2 测线、测点布设

测线、测点布设应按照 GB/T 18314-2009 和 DZ/T 0153-2014 的规定测定；

7.3 导线布设与电极埋设

7.3.1 导线布设

7.3.1.1 供电导线布设

a）根据工作任务和装置，选用型号合适、长度相宜的供电导线（避免剩余的导线过长）。

b）布设供电导线时，线端必须固定在木桩（铁桩）或树干上，再连接到发送机。不允许直接连到发送机的输出端。

c）剩余在线架上的导线应当全部放开，不允许缠绕在线架上，以免形成电感。也要避免缠绕在杂草、树枝等其它物件上，影响收、放。

d）当供电极距较大，需要使用两根（或以上）导线联接时，应保证接头牢固，绝缘可靠。

e）经过潮湿地区、水塘、河（溪）流、交通线、居民区敷设时，应采取使导线架空足够的高度、埋入地下、两端绑牢等措施，以保证工作安全顺利。

f）当采用中间梯度（或对称四极）装置工作时，供电导线应尽量敷设成“∏”型，使供电导线与测量线分隔足够的距离（至少一个测线距，当进行旁线测量时还应更多）。这有利于减小电磁感应耦合的影响和漏电的影响。

7.3.1.2 测量导线布设

a）采用短导线方式时测量导线不应过长，可沿测线地面布设。

b）遇到房屋、溪流、交通线等障碍物，应设法绕过或者采取像布设供电导线同样的措施。

7.3.2 电极埋设

7.3.2.1 供电电极的埋设

a）供电电极采用长约 60cm，直径约 2cm 的铁（不锈钢）电极，电极的表面应经常保持清洁无锈。

b）相对固定、移动较少的供电极（中梯的供电极，联剖的远极），应采用若干根电极构成电极组，以测量布设的供电点位为中心，垂直测线布成一排（或几排），或者布成圆圈或梅花型。电极之间用裸铜线并联起来再接到供电导线上。

c）逐点移动的供电极（如轴向偶极装置）宜事先将 3-4 根电极并联成一组，以测量点位为中心，垂直测线布成一排，再联到供电导线上。

d）电极入土的深度，为电极长度的1/3~1/2，每两根电极之间的距离，以1m左右为宜。

e）当接地电阻较大时，应采取加多电极、加大入土深度、预浇盐水、挖坑埋设铝箔或铜丝网等措施，以减小接地电阻。

f）如果遇到供电点位在岩石裸露、房屋、公路等不宜布极的地方，可以将供电点垂直测线方向平行移动布设。

7.3.2.2 测量电极的埋设

a） 一般采用长40cm左右，直径2cm左右的铜电极，要求各电极的材料一致，以减小极差。也可以使用不极化电极。

b） 接地条件良好时，可只用一根铜电极；接地条件较差时，应采用2-3根铜电极并联成电极组。

c） 测量电极应避免布设在废石、沙堆（沙丘）、流水（污水）中，电极引线与测量导线的联接应牢固、畅通。避免线头与杂草、露水、线架等接触。

d） 禁止在布好的测量电极附近走动或做其它影响观测的行为。

e） 遇到无法布设测量电极的点位（如房屋、流水、岩石裸露等），允许沿垂直测线方向同时平行移动测量电极对，移动的距离折算到装置系数 K 值的改变不超过±4%。并将移动的距离记录在案。

7.4 漏电检查

7.4.1 漏电检查应使用标称电压500V或1000V的兆欧表进行。

7.4.2 漏电检查应经常进行，在导线易损区或在潮湿状态下工作更应加强。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（如过水检查等）和修补。

7.4.3 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、装置改变或重新铺设导线时，应进行供电和测量导线的漏电检查。

7.4.4 对于长度为 D（单位为千米）的导线，供电导线对地绝缘电阻应满足 $R_D \geq 2/D$，测量导线应满足 $R_D \geq 5/D$（R_D 的单位为兆欧）。

7.4.5 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数据结果的影响。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为止。

7.5 数据采集

7.5.1 发送端

7.5.1.1 检查发送机及供电回路连接是否正确、可靠。

7.5.1.2 发送电流的频率（组）应通过试验选择。没有试验工作时宜选择二频组。

7.5.1.3 发送机供电前，应先与相关工作人员进行通信交流，确保工作安全。

7.5.1.4 发送机采集接地电阻数据，确保供电电流足够大，使得接收机端能够观测到电位差，从而提高信噪，保证观测质量。

7.5.1.5 发送机操作员应监视发送机工作状态，保证供电电流的稳定精度，同时应定时自动（或手工）记录供电电流。

7.5.2 接收端

7.5.2.1 检查校验完毕，测量回路接通，在发送端操作员通知供电后方可进行数据采集。

7.5.2.2 应根据设计的要求和选用的仪器类型，双频激电法可以选择以下观测数据类型：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/978103113027006050