DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0204—1999

井中激发极化法技术规程

1999-09-29 发布　　2000-01-01 实施

中华人民共和国国土资源部　发布

目　　次

前言 …… I
1 范围 …… 1
2 引用标准 …… 1
3 总则 …… 1
4 工作设计 …… 2
5 仪器设备 …… 3
6 野外施工 …… 3
7 资料处理和图示 …… 5
8 质量评定 …… 6
9 成果报告 …… 6
10 安全措施 …… 7
附录A(提示的附录) 井中激发极化法记录表 …… 8
附录B(提示的附录) 成果图格式 …… 9
B1 ××省××县××工区ZK×孔激发极化测井曲线图 …… 9
B2 ××省××县××工区ZK×孔井中激电图地-井方式方位测量曲线图 …… 10
B3 ××省××县××工区ZK×孔-×孔井-井方式测量信息剖面图 …… 11

前　言

本规程以1993年原地质矿产部首次编制的“井中激发极化法规程”(试行)为基础，作了较大的修改，征求了有色、冶金、核工业、石油、煤炭、建材、地矿和国家地震局等有关部门的意见，系统总结了我国二十多年来的实践经验，使其成为一本行业的井中激发极化法技术规程，它与过去的规定相比，具有以下的特点：

(1) 井中激发极化法作为一个较新的井中物探方法，虽然已陆续推广应用了二十多年，但仍然没有一个正式的工作标准，在国际上也没有同类或类似的标准，因此这是首次编制的一本行业标准，它对统一井中激发极化法的技术要求，保证工作质量，促进技术进步将起重要的作用。

(2) 井中物探方法是介于地面物探和测井之间的一组物探方法，从而形成了自己的独特工作方式，它兼有地面物探和测井的某些特点，作为两者的方法延伸，本规程兼顾了双方工作者的实际需要。

本标准的附录A、附录B都是提示的附录。

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会物探化探分技术委员会负责解释。

本标准主要起草人：李大庆、张连、袁家余、曾繁超。

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0204—1999

井中激发极化法技术规程

1 范围

本标准对井中(时域)激发极化法(以下简称井中激电)的工作设计、仪器设备、野外施工、资料处理和图示、质量评定、成果报告,以及安全措施等主要工作环节,提出了基本技术要求。

本规程适用于多金属、贵金属硫化矿产勘查的井中激电工作。能源、非金属矿产,以及水文地质勘查也可参照执行。

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的最新版本的可能性。

GB/T 14499—1993 地球物理勘查技术符号

DZ/T 0069—1993 地球物理勘查图图式图例及用色标准

DZ/T 0070—1993 时间域激发极化法技术规定

3 总则

3.1 井中激电是勘查多金属和贵金属硫化物矿床、尤其是寻找深部盲矿应优先选用的有效井中物探方法。正确而充分地应用井中激电,可以扩大钻井的有效控制范围,提高地质工作质量、成果和效益。

3.2 井中激电一般能解决下列地质问题:

a) 发现井旁或井间的盲矿,确定其埋藏深度及离钻井的距离和方位。

b) 预测井底盲矿,并估算见矿深度。

c) 发现、追索、圈定矿体和矿化带。

d) 了解井区内外岩(矿)层的连续性。

e) 划分矿体或矿化带,在查证井中阐明引起地面激电异常的原因,对查证的任务是否完成作出评价。

3.3 井中激电有三种工作方式:

a) 地-井测量方式:

地-井测量方式,即地面供电、井中测量。

当供电电极 A 位于井口时,可以发现未被钻井揭露的井旁盲矿,并提供钻井岩层剖面的激发极化背景值。

当 A 极位于钻井四周的不同方位时,称方位测量。方位测量主要用来判定井旁盲矿相对钻井的方位。其最佳方位应选择在盲矿相对钻井所在的方位,称为主方位;其相反的方位称反方位。

b) 井-地测量方式:

又称井中激电充电法,即井中供电,地面测量。其排列方式有三种:A 极固定,当移动一组测量电极时,称剖面测量;当移动两组相互垂直的测量电极时,称向量测量;而测量电极固定在井口附近,A 极分别位于不同深度时,称井-地激电测深。

中华人民共和国国土资源部 1999-09-29 批准　　2000-01-01 实施

该测量方式主要用来在地面追索和圈定矿体(矿化带)范围,发现相邻的新矿体。

c) 井-井测量方式:

即井中供电、井中测量,可分为跨孔测量和单孔测量两类,其排列有以下几种:

① 单极固定供电,双极移动测量。即将A极按一定间距,置于钻井不同深度,B极置于地面"无穷远"处,测量电极MN对应不同深度A极,在另一钻井逐次进行测量。所用参数为一次场电位差或二次场异常电位差。

或单极固定供电,单极移动测量,而B极和N极置于地面"无穷远"处,并在供电钻井,高密度(即间距较小)的布置A极,对应不同深度的A极,在另一钻井,用M极逐次进行电位测量。所用参数为视电阻率和视极化率。主要用于对井区内的电性分布作层析成像。

② 双极供电,双极测量。即把AB分别置于钻井某一深度,而将MN置于另一钻井与AB极相同深度,两者作等深同步移动测量。或两者相差某一深度间距作斜同步移动测量。所用参数为视电阻率和视极化率。

③ 井中中间梯度测量。即将A极置于井口(或接套管),B极置于井底,MN电极在同一钻井,位于AB中间井段移动测量。所用参数为视电阻率和视极化率。

井-井测量方式主要用来了解相邻钻井所见矿层是否相连,并发现井间或井旁盲矿。

3.4 二次场异常电位差:

视极化率由于受岩(矿)层物性和装置几何因素的影响,曲线易出现"脱节"现象,不利于资料的解释,故应考虑直接利用二次场异常电位差。

二次场异常电位差可用已取得的各项数据,按式(1)计算:

$$\Delta U_2^a(t) = \Delta U_2(T) - \eta_B \Delta U(T) \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中:$\Delta U_2^a(t)$——二次场异常电位差;

$\Delta U_2(T)$——二次场电位差;

η_B——岩(矿)层视极化率的背景值;

$\Delta U(T)$——总场电位差;

$\Delta U_2^a(t)$、$\Delta U_2(T)$、$\Delta U(T)$的单位——均为mV(毫伏)。

3.5 井中激电应与激电测井、视电阻率测井、自然电位测井密切结合。以了解井壁的物性情况和查明目的层的特征。

3.6 应重视现场试验和资料的综合研究,采用有效参数并进行资料的综合研究,以突出有用信息,做到经济、有效。

3.7 井中激电工作者应及时向地质、钻探方面提交技术成果资料,钻探要保证井中激电的施工条件,地质要重视井中激电成果的充分利用。

4 工作设计

4.1 施工前应按地质任务或合同要求编写设计。

4.2 设计应综合考虑经济效益和地质效果。并根据用户的要求和物性条件,在广泛收集,深入研究地质、钻探、地球物理资料的基础上编写。

4.3 设计书应进行审批,审批办法按各部门或市场供求双方的有关规定执行,设计审批后,必须遵照执行。

4.4 资料不足,工作前提不明时,应在设计前通过试验选择有效的工作方法和技术条件。试验应力求在地质、钻探资料较完整的优质井中进行,以检验所用方法的有效性。

4.5 设计书应包括以下主要内容:

a) 任务、工作量及质量要求。

b) 与任务有关的地质和地球物理简况。

c) 选用的工作方法和技术条件及其依据。

d) 资料处理和解释的要求及主要技术措施。

e) 仪器设备、人员、组织管理和安全措施。

f) 提交成果的内容和日期。

g) 经费预算。

5 仪器设备

5.1 按设计书的要求，配置必要的井中激电仪器设备，相应的资料处理、解释和成图的硬、软件系统，以及测试维修仪表等。

5.2 应根据任务需要，选择功率大小恰当的发送机，发送机应有外控能力和完善的保护电路，其供电时间的误差应不超过±1%。电流读数的误差以表头显示时，应不超过满刻度的±3%，以数字显示时，应不超过±2%±1个字。

5.3 接收机要求性能稳定，抗干扰能力强，测量精度和分辨率应符合设计要求，仪器的输入阻抗大于3 MΩ，延时与积分时间可变，其误差应不超过±1%。

5.4 根据任务需要选择供电电源。选用发电机时，频率和电压应符合仪器要求，发电机的输出电压变化不超过±5%，供电线路与外壳间的绝缘电阻应大于5 MΩ/500 V。选用电池组时，电流应保持稳定。

5.5 各种仪器设备，应按说明书或操作手册的规定，进行使用和维护。

5.6 仪器的操作和维修人员，应掌握仪器的基本原理、性能与操作方法，且经考核合格方可上岗。

5.7 仪器设备在每年开始工作前，以及正常工作6个月后，应做全面系统检查，各项主要技术指标应达到说明书规定的标准，检查结果应记入仪器的技术档案。在生产过程中，出现问题时应及时进行检查。

5.8 仪器线路间、绞车集流环间及对地的绝缘电阻应大于10 MΩ/500 V。

5.9 在潮湿条件下，井下电极系、电缆缆芯间及对地的绝缘电阻应不小于2 MΩ/500 V。

5.10 电缆深度记号应在钻井中制作或检查，记号间距10 m，用钢卷尺一次丈量，误差不大于5 mm。发生电缆遇卡事故后，应对电缆的深度记号进行检查，记号间的检查误差超过0.1 m或累计误差超过0.1%，必须重作。

5.11 地面导线应选用内阻小、绝缘性能好、轻便、强度高的导线，其绝缘电阻应不小于或等于[1/电缆长度(km)]×2 MΩ/500 V。

5.12 所用地面电极应经常保持清洁、无锈，在用不极化电极时，要求极差稳定，且不大于2 mV。

6 野外施工

6.1 工作准备

6.1.1 施工前应根据地质任务，深入了解地质和施工现场情况，搜集钻井地质柱状图以及钻井编号、所在位置、交通情况、井深、井径变化、井液性质、液面高度、井内安全等有关资料，做好去井场前的准备工作。

6.1.2 去井场前应有专人对仪器设备进行检查，各项技术指标符合要求。所需工具、材料装载齐全，并按商定时间到达井场。

6.2 井场布置和注意事项

6.2.1 在井场应妥善安放仪器设备，牢固绞车和井口滑轮，两者应保持一定的通视距离，并使井口滑轮与绞车滚筒轴线中央保持垂直，以防电缆跳出轮槽。

6.2.2 电源线与测量线应分开布放，排列整齐，以避免干扰。

6.2.3 准确丈量电极系的记录点至电缆零记号间的距离，计算深度要以地面作为深度起算点。

6.2.4 电极系与电缆应连接可靠，并下放到井内液面以下通电检查，在确认整个线路工作正常后方可正式下井测量。

6.2.5 无穷远极导线布设要稳妥，防止被破坏。

6.2.6 地面供电电极可采用多根直径为 2～3 cm 的钎状铁(铜)电极并联(也可采用铝、铜箔电极)，且单电极间的距离应保持在电极入土深度的二倍左右，每根电极通过的电流不宜超过 0.2 A，无穷远极宜呈圆圈形排列。

6.2.7 需要较大供电电流时，应降低接地电阻，可采用增加电极数量，加大入土深度，以及浇水等措施，一般不宜移动点位或增高供电电压。

6.2.8 测量一次场电位差和二次场电位差时，均应注意极性。

6.2.9 连续测量时，曲线的起止部分不得漏掉记号，且不能连续漏记两个记号。

6.2.10 大于 3 倍背景值为异常，一个异常至少应有三个测点控制。

6.3 工作方法

6.3.1 激发极化测井(以下简称激电测井)

6.3.1.1 进行激电测井时，宜同时测量视电阻率和自然电位，在金属矿区一般采用梯度电极系进行测量。电极在下井前要擦洗干净，离重锤距离应不少于 2 m。

6.3.1.2 在提升电缆测量时，为避免岩(矿)石剩余极化电位的影响，宜采用顶部梯度电极系。点测时，点距一般为 5～10 m，异常地段应加密到 1～5 m。

6.3.1.3 激电测井连续测量时，电缆提升速度应不大于 720 m/h。

6.3.1.4 激电测井过程中，若视极化率出现负值或脱节，应查明原因。

6.3.2 地-井测量

6.3.2.1 进行激电测井后、再进行 $r=0$(供电电极 A 接套管)的地-井测量。在发现有意义的异常后，方可部署方位测量。上述两种方法可以相互映证有意义异常的存在，并提供视极化率的背景值。

6.3.2.2 根据地质条件和任务需求，选定供电电极至井口的最佳距离和最佳方位，应使不同方位的异常有明显的变化。

6.3.2.3 供电电极 A 至井口最佳距离 r_A 应通过试验选定。一般在井深小于 500 m 时，可选用 100～300 m，当井深为 500～1 000 m 时，可选用 300～500 m。

6.3.2.4 当采用梯度装置时，无穷远供电电极 B 至井口的距离 r_B 一般为测量井深的 2～3 倍；采用电位装置时，一般应大于井深的 5 倍。

6.3.2.5 测量至少应包括主、反方位和 $r=0$ 三条曲线。必要时，还应垂直主剖面做辅助方位的测量。测量时各方位的 r_A 值应相等，其他测量条件也应尽可能一致。

6.3.2.6 测量装置常用梯度装置，其测量电极距 MN 视测量精度而定，一般可采用 5～10 m。点距选择一般为 2.5～5 m，根据井段是否存在异常，而适当加密或放稀。

6.3.2.7 当进行 $r=0$ 地-井测量时，应计算各测点 k 值，以充分利用电阻率参数。

6.3.2.8 在方位测量中，一般不计算视电阻率，但应同时获取视极化率和二次场电位差两个参数。

6.3.3 井-地测量

6.3.3.1 井-地测量的测线应垂直探测目标的走向，点距 10～20 m，在有意义的地段，还可适当加密。MN 极距可视信噪比的要求选定，一般为 20～40 m。测线长度应保持所观测的异常完整。

6.3.3.2 为控制有意义的异常分布范围，应进行平行和垂直探测目标走向的纵横剖面测量。必要时应做面积测量。线距可根据研究的详细程度选定，一般为 40 m；亦可采用以井口为中心的辐射网。

6.3.3.3 当探测目标为浸染状极化体时，井中供电电极 A 应布置在体极化体的下界面附近；当探测目标为致密块状的面极化体时，供电电极 A 应布置在面极化体的上界面附近；当探测目标为盲矿体时，供电电极 A 应布置在异常的极大部位。

6.3.4 井-井测量

6.3.4.1 当需了解相邻钻孔某岩(矿)层是否相连时，可采用一井单极固定供电和另一井双极移动观测一次场电位差，其供电电极应分别位于岩(矿)层中心和上下界面附近，并对比测量结果。测点距可选用

10～20 m。必要时，还应将供电井和测量井互换观测。

6.3.4.2 当需查明井区内外盲矿时，可采用单极或双极固定供电（包括A极置于井口，B极置于井底的大极距双极固定供电）和单极或双极移动观测以及移动深度相同的双极供电和双极观测，主要参数应采用二次场异常电位差或视极化率和视电阻率。必要时，还应将供电井和测量井互换进行观测，并对比测量结果。

供电井中供电点的布置间距与测量井中测点间距的选择，视研究程度而定，如需层析成像，应进行高密度测量。

6.4 井场记录

6.4.1 进行点测时，应按表格（参看附录A）内容记录所有数据，并及时计算所测参数，绘制草图。发现畸变点、可疑点应及时作重复观测；在异常或曲线变化剧烈地段应加密测点。连续记录时，应把记录结果打印成图。

6.4.2 对井场所作图件，均应作出初步解释。

6.4.3 原始记录和数据要求准确、整洁，不得涂改。

6.5 质量检查

6.5.1 各种测量方式的视极化率和视电阻率均应做检查测量。检查测量应在该项工作结束时，在相同点位或井段上进行，检查点数或井段应不少于测量工作量的10%；当测量工作量少时，至少应有检查点5个或检查井段20 m。

6.5.2 检查点或检查井段，应布置在对异常控制有意义的井段和质量可疑部位，并力求均匀。当η_s大于3%时，检查质量用相对误差(ε)来衡量，当η_s不大于3%时，用绝对误差(ε_A)来衡量。其计算公式为：

$$\varepsilon = |(\eta_s^1 - \eta_s^2)/\eta_s^1| \times 100\% \text{ 和 } \varepsilon_A = |\eta_s^1 - \eta_s^2|$$

式中：η_s^1——测量值；

η_s^2——检查值。

6.5.3 视极化率异常变化剧烈和视电阻率接近零值的井段，检查只确认异常的存在，不参加质量评价，也不计入检查测量工作量。

6.5.4 测量质量评价分为两级（见表1），表中η_s值的百分数以小数点表示：

表1

参数 / 误差 / 级别	视极化率		视电阻率
	$\eta_s>0.03$ 相对误差ε	$\eta_s\leqslant 0.03$ 绝对误差ε_A	相对误差ε
Ⅰ	$\leqslant 5\%$	$\leqslant 0.001\ 5$	$\leqslant 5\%$
Ⅱ	$5\%<\varepsilon\leqslant 10\%$	$0.001\ 5<\varepsilon_A\leqslant 0.003\ 0$	$5\%<\varepsilon_\rho\leqslant 7\%$

达不到上述要求应增加检查工作量。当检查工作量增至总工作量的20%仍不合要求时，资料应按废品处置，返工重做。

6.6 只有在原始资料检查合格，确认任务已经完成，始可撤离井场。

7 资料处理和图示

7.1 资料处理前，应以钻孔为单位对原始资料进行验收。

7.1.1 各种数据是否齐全、正确、清晰。

7.1.2 检查工作量和质量是否符合6.5条各项要求。

7.1.3 各种数据计算结果经100%的复查，全部正确无误。

7.1.4 是否满足设计或合同的有关要求。

7.2 资料的预处理

7.2.1 资料预处理包括数据编辑、畸变点剔除、插值处理、光滑处理、曲线编辑及绘曲线图等，特殊情况需进行井斜校正等。

7.2.2 背景值 η_B 的求取。当寻找井旁盲矿时，应在同一钻井的激电测井曲线上读取井段平均视极化率作为背景值，在钻井没有穿过矿层时，也可以整条 $r=0$ 的井中激电曲线作为背景值。在井-地测量中，应在地面激电曲线上选取背景场。

7.2.3 计算视电阻率值时，应利用一次场电位差 ΔU_1，即 $\Delta U_1=\Delta U(T)-\Delta U_2(T)$。

7.3 成果图件的绘制

7.3.1 激发极化测井曲线图(参看附录 B1)。

7.3.2 地-井方式方位测量曲线图(参看附录 B2)。

7.3.3 井-地方式剖面图或平面剖面图。

其图式与地面激电相同，但应标明所在钻井相对剖面的位置，钻井编号和供电点的深度。

7.3.4 井-井方式测量信息剖面图(参看附录 B3)。

以供电井深为横坐标，以测量井深为纵坐标形成网格，填入每一网格节点的 ρ_s/ρ_0 值(为围岩视电阻率)或 η_s 值，并绘制等值线。

7.4 每个钻井的工作结束后，应尽快作出地质解释，及时以书面形式提交成果和建议。

7.5 当一个工区工作结束前，应在单孔解释的基础上，注意收集与成果有关的各种信息和验证结果，做好多井解释的综合研究。

8 质量评定

8.1 质量评定以单孔为基础，共分四级，即优秀、良好、合格和不合格。

8.2 单孔质量评定标准：

8.2.1 凡符合下列条件者，评为优秀：

a) 按设计或规定应做方法齐全，各项资料完整，记录准确、清晰。

b) 检查工作量达到 6.5.1 条和 6.5.2 条的要求，且有 80%的检查点，达到 6.5.4 条质量评价Ⅰ级标准，其余的检查点达到质量评价Ⅱ级标准。

c) 全面完成了工作任务。

8.2.2 凡符合下列条件者，评为良好：

a) 按设计或规定应做井中激电的主要方法(指完成地质任务的有效方法)齐全，资料完整，记录准确。

b) 测量工作量达到 6.5.1 条和 6.5.2 条的要求，且有 50%的检查点达到 6.5.4 条质量评价Ⅰ级标准，其余的检查点达到质量评价Ⅱ级标准。

c) 完成了工作任务。

8.2.3 凡符合下列条件之一者，评为不合格：

a) 资料不完整、不准确、不清晰，难于利用。

b) 检查工作量未做，或虽做但达不到 6.5.1 条的最低要求。

c) 在主要井段上进行的主要方法的参数测量，其质量评价达不到 6.5.4 条的最低要求，致使工作任务不能完成者。

8.2.4 凡质量评定达不到优秀和良好，又不符合不合格者可视为合格。

9 成果报告

9.1 工作结束后，应及时编写最终成果报告。报告可单独编写，亦可作为有关综合性报告的一个章节。当工区的工作量很少时，也可只提交简单的成果说明书和有关图件。

9.2 成果报告和原始资料必须归档。

9.3 成果报告应包括以下主要内容：

a）工作任务、期限和完成的工作量。

b）与工作有关的地质、钻探、物性情况。

c）采用的技术方法、技术措施和工作质量。

d）成果解释的依据和地质验证及应用的情况。

e）主要地质成果和经济效益。

f）结论和建议。

g）附成果图件和有关图表。

10 安全措施

10.1 井中激电工作涉及电源、机械和交通运输，以及井下施工的安全问题。应加强安全教育，制定具体措施，指定人员，负责各项安全管理。

10.2 仪器设备应做好防震、防尘、防火、防潮、防晒工作。长途运输仪器设备禁止与有碍安全的物品混装，小心轻放，安置牢固，专人押运。

10.3 井场应停止一切影响工作人员和仪器设备安全的工作；工作场所夜晚施工必须有足够照明；在雷雨天气或高山井场作业时，要协同井场人员检查避雷装置是否可靠。

10.4 电缆与井下电极系连接处的拉力，应小于电缆的允许拉力。井下电极系离井口 20 m 时，应有减速警戒记号。

10.5 确认供电线路连接无误，布极人员已处于安全状态，方可接通电源。只有确认供电已停止，方可触摸供电电极。

10.6 供电系统的工作人员必须使用绝缘胶鞋、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，并有专人看守。

10.7 检查绞车刹车正常后方可下放电缆，下放速度不易过快，以防损坏电缆和电极系。

10.8 下井遇阻，不得用井下电极系和重锤冲击阻碍物。提升电缆遇卡，应立即停车，上下活动电缆以求解脱；解脱无效，应迅速指定有处理事故经验的专人会同钻探人员共同协商处理事故方案，以防止事故进一步复杂化。

附 录 A
（提示的附录）
井中激发极化法记录表

工区_____ 井号_____、_____ 井深_____、_____ 套管深度_____、_____

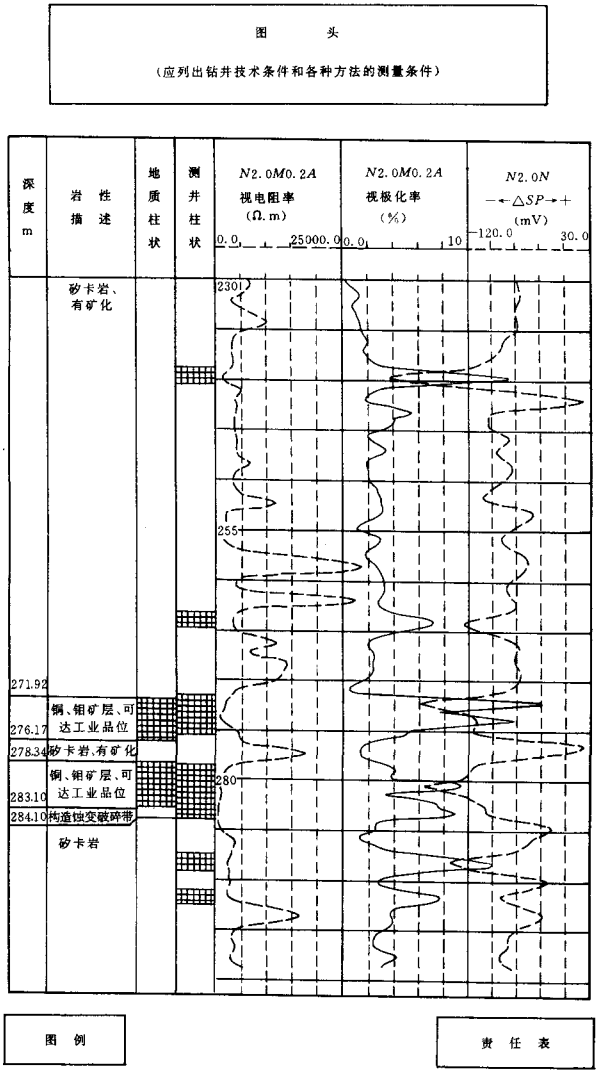
液面深度_____、_____ 测量方式_____ 测量日期_____ 仪器型号_____

电极排列：（应包括极距、供电电极方位和离井距离或所在钻井深度等） 供电时间_____ 延时时间_____

井深或测点号 m	装置系数 K	自然电位 mV	供电电流 mA	总场电位 mV	视极化率 η_s(%)或二次场电位各块记录时间和数值，mV/t							视极化率背景值 η_B %	二次场异常电位差 mV	一次场电位 mV	视电阻率 ρ_s Ωm	备注
					1	2	3	4	5	6	7					

附 录 B
（提示的附录）
成果图格式

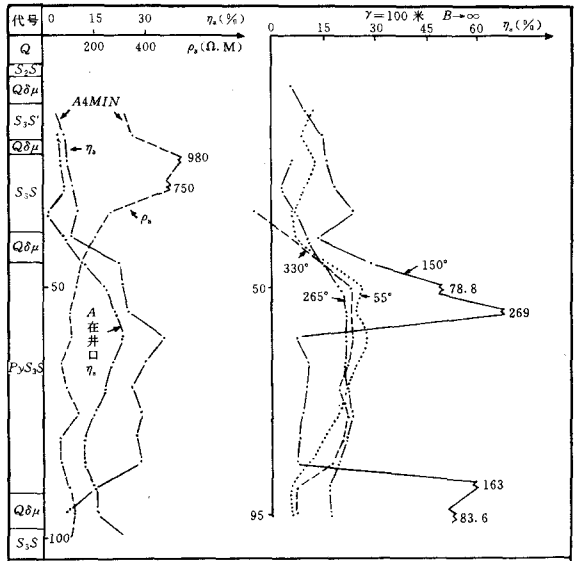
B1 ××省××县××工区ZK×孔激发极化测井曲线图



B2 ××省××县××工区ZK×孔井中激电图地-井方式方位测量曲线图

图　　头

（应列出钻井技术条件和各种方法的测量条件）



图例　1 Q　2 S_3S'　3 $Q\delta\mu$　4 P_yS_3S　5 $NQ\delta\mu$　6 ⑥　7 A_2

1. 第四系浮土　2. 志留系石英细砂岩　3. 石英闪长玢岩　4. 黄铁矿化石英细砂岩　5. 含砾石英闪长玢岩　6. 矿体、及编号　7. 供电极位置及编号

责　任　表

B3 ××省××县××工区ZK×孔-×孔井-井方式测量信息剖面图

图　　头
（应列出钻井技术条件和各种方法的测量条件）

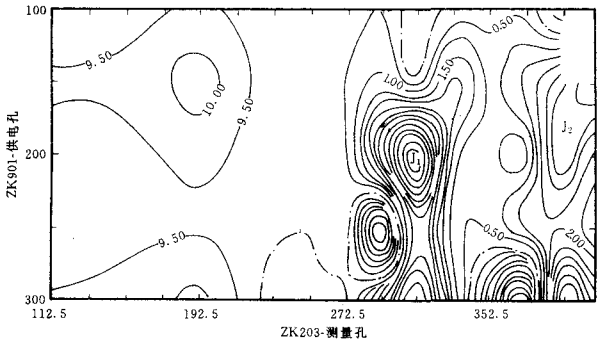


图　例

责　任　表