DZ

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0081—93

自然电场法技术规程

1993-12-09发布　　1994-10-01实施

中华人民共和国地质矿产部　发布

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0081—93

自 然 电 场 法 技 术 规 程

1 主题内容与适用范围

1.1 本规程规定了自然电场法勘查的基本要求和技术规则。

1.2 本规程适用于能源、金属、非金属矿产勘查中的自然电场法工作，其中的技术规则也适用于水文、工程、环境、灾害等地质问题的自然电场法勘查。

2 引用标准

GB/T 14499 地质矿产地球物理勘查技术符号

DZ/T 0069 地球物理勘查图、图式图例及用色标准

3 总则

3.1 自然电场法是研究岩石、矿石和地下水之间产生的氧化-还原电化学反应(包括在大地电流、雷电放电等电流场长期激励下的电化学反应)，以及地下水渗透、扩散作用、生物化学、气体交换和热电效应等产生的稳定或缓慢变化的自然电场的分布规律，解决有关地质问题的地球物理方法之一。

3.2 自然电场法的观测方式

3.2.1 电位观测

3.2.2 梯度观测

3.2.3 环形观测

3.3 自然电场法的应用范围

3.3.1 用于区域或局部地质构造的调查、勘查断裂构造和地层分布等。

3.3.2 快速普查块状硫化金属矿、石墨、无烟煤、地热等。在一定的条件下，可勘查浸染状硫化矿，间接区分含油气田的构造。

3.3.3 解决河、湖及沼泽地区的地下水补给关系，区分水文单元，水库漏水和水文、工程及灾害等地质问题。

3.4 自然电场法的应用条件

3.4.1 凡具有氧化-还原电化学等作用，地下水渗透、扩散作用及其他作用，能形成电位差异，均可布置自然电场法；

3.4.2 被测对象的有用信号有效地从干扰背景中分辨出来；

3.4.3 对干旱沙漠、地表切割剧烈、过滤电场和工业干扰严重，又难以克服的地区则不宜布置自然电场法。

4 工作设计

4.1 工作任务

4.1.1 自然电场法的勘查任务，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；

中华人民共和国地质矿产部1993-12-09批准　　1994-10-01实施

b. 工作目的和勘查对象；

c. 任务的工作量。观测精度要求和技术经济指标；

d. 提交成果的内容和完成任务的期限。

4.1.2 根据任务书的要求编制设计书。设计书内容应包括：

a. 任务及目的要求；

b. 地质、地球物理、水文等特征；

c. 工作方法和技术要求；

d. 提交的成果和资料；

e. 技术、经济指标和生产管理要求；

f. 设计图件。

4.2 资料的收集与分析利用

4.2.1 编写工作设计，一般应收集和分析以下资料：

a. 测区的地理位置和交通、生活情况；

b. 测区及外围以往地质、物化探的工作程度和工作成果；

c. 能够形成干扰信号的有关资料；

d. 测区内三角点分布位置及有关测绘资料。

4.2.2 普查金属矿、石墨、无烟煤时，还应收集和分析以下资料：

a. 矿石、岩石成分、结构构造，溶液离子浓度和类型。分析影响导电性、电化学活动性的地质因素；

b. 测区内潜水面的深度与变化；

c. 金属矿与炭质地层的关系及电场强度差异；

d. 金属矿与构造和断裂的关系。

4.2.3 用于水文、工程、地热、灾害等勘查时，还应收集和分析以下资料：

a. 主要含水地层，地下水离子浓度和类型；

b. 含水层、地热与构造关系；

c. 地层裂隙发育程度与含水特性；

d. 地下水的补给关系和水文单元的划分。

4.2.4 用于石油、天然气勘查时，还应收集和分析区内主要的地质构造和断裂带分布及含水地层渗透性情况。

4.3 方法有效性与技术试验

4.3.1 在工作设计中，必须依据下列资料对方法有效性进行分析：

a. 本区或邻区实际工作成果；

b. 正演运算或模拟实验结果；

c. 野外现场踏勘试验结果。

4.3.2 当引用邻区实际工作成果或正演、模拟实验结果来说明方法有效性时，必须以充分资料佐证与设计地区的地质、地球物理条件大体相同；当引用踏勘试验成果说明方法有效性时，必须充分论证试验成果的代表性和可靠性。

4.3.3 根据已有资料不能确定方法有效性时，必要时需在测区进行设计前的技术试验，其具体要求如下：

a. 技术试验剖面应选择在地质情况比较清楚，尽可能靠近或通过有钻孔控制的地段；

b. 应选择不同地电条件，使技术试验具有代表性；

c. 试验时应采用多种观测方式，观测结果必须达到精度要求。

4.4 工作精度

4.4.1 自然电场法的工作精度，以算术平均绝对误差衡量。总精度、精度分级及误差分配列于表 1。

表 1

误差分配 / 分项 / 精度级别		总误差 mV	分项误差		
			ΔU	极差	其他
电位观测	I	5	0.5	1.5	3.0
环形观测	II	10	1.0	3.0	6.0
梯度观测	I	3	0.5	1.5	1.0
	II	5	0.5	1.5	3.0

a. 表中的 I 级精度适用于详查、精测剖面及研究地下水渗透、运移等弱异常的环形观测，II 级精度适用于面积性普查工作；

b. “ΔU”项目中包括仪器的档差、零飘、温飘及指针读数视差；

c. “其他”项目是指电极接地条件不同，点位误差及自然电位随时间慢飘移等引起的误差。

4.4.2 根据测区内自然电场的特征设计时在满足总误差(表 1)要求的前提下，各项误差的配置可适当调整。

4.5 测区与测网

4.5.1 测区范围

a. 测区范围应以圆满解决地质任务来确定，普查工作应有足够正常场背景衬托异常，详查工作应保证异常的完整；

b. 应尽可能包括地质情况清楚的地段；

c. 在前人工作基础上扩大测区时，应至少重复观测原测区的 2 条测线。

4.5.2 测线要求

a. 测线方向应尽量垂直被探测地质体的走向，尽可能与已知地质剖面线或地质勘探线相重合；

b. 测线方向应尽可能避免地形及其他干扰的影响。

4.5.3 测网密度

a. 普查阶段的测网密度应保证最小普查对象上至少有两条测线通过，至少有三个测点在既定精度内反映异常；

b. 详查阶段的测网密度应保证最小详查对象上至少有三条测线通过，至少有 7 个测点在既定精度内反映异常；

c. 自然电场法的工作比例尺与测网密度的关系列入表 2。

表 2

工作比例尺	测线距 m	测点距 m
1∶50 000	500～250	200～100
1∶25 000	250	100～50
1∶10 000	100	50～20
1∶5 000	50	20～10
1∶2 000	20	10～5

4.5.4 测地工作

a. 定点方法可按工作任务由地形图、航空照片或测量仪器确定，其平面点位误差在工作比例尺成果图上应不大于 2.5 mm；

b. 进行详查工作时，相邻点距最大误差应小于 5%；

c. 测点位置在垂直测线方向移动时，梯度观测法不得超过 MN 的 1/5，电位观测法不得超过点距的 1/5；

d. 测网基线的端点、重要剖面端点、总基点及主要异常，以及建议工程验证的重要异常位置，都应与附近三角点进行联测，其坐标应标绘在地形图上，应埋设固定标志。

4.6 基点联测

4.6.1 基点选择

a. 电位观测方式的电位总基点一般选择在测区自然电场平稳的背景地段，且接地良好，同时兼顾联测作业的方便；

b. 电位分基点应选于自然电场稳定、交通方便处，并且可用最少导线测完欲控面积的地点。

4.6.2 基点联测

基点联测根据测区的情况，可采用直接联测法、间接联测法(亦称测线联系法)和多边形联测法。具体联测方法参见附录 B。

4.7 观测方式与电极距

4.7.1 自然电场法的观测方式一般采用电位观测方式。在小比例尺普查、测区内存在较大的游散电流或大地电流较强干扰或某些特殊目的时，可采用梯度观测方式。在解决某些水文、工程等地质问题时(如确定地下水经流方向等)，可采用环形观测方式。

4.7.2 在梯度观测方式中，测量电极距 MN 常等于观测点距。

4.8 岩矿电化学参数

a. 在有条件时可测定不同浓度氧化还原环境下岩矿标本的自然电场和自然电位跳跃；

b. 在有钻孔或坑道的测区，应设计自然电场测井或坑道自然电场观测，测定不同地段岩矿与周围矿化液之间的自然电位跳跃；

c. 通过已知矿体上的精测剖面反演电化学参数。

5 仪器及设备

5.1 仪器的技术指标

5.1.1 自然电场法所用的基本仪器是精度较高的直流电位差计。

5.1.2 仪器应性能优良，有较强的抗干扰能力，并具有坚固耐用、密封防潮等适宜于野外条件下使用特点。

5.1.3 仪器的基本技术指标应满足下列表 3 的要求。

表 3

技术指标 / 仪器类型 / 项目	模拟型仪器	数字型仪器
输入阻抗	>6 M	>1 M
MN 插孔与外套的绝缘电阻	>100 M	>100 M
电位差测量精度	0～3 mV 档<±3% >10 mV 档<±1.5%	<±2%±1 个字
分辨率	0.01 mV (最大可测 3 000 mV)	0.01 mV (最大可测 1 999 mV)
零点飘移	<0.01 mV/20 分钟	自稳零
工作温度	−10～+50℃	−10～+50℃
工作湿度	<90%	<85%
50 Hz 工频抑制	>30 dB	>40 dB

5.2 仪器使用要求

5.2.1 仪器必须严格遵照规定操作步骤正确使用，由专人负责，并建立仪器档案。

5.2.2 每工作日始末，应检查仪器工作电压、零点偏差、稳定性和绝缘性，不达指标应及时排除。

5.2.3 野外观测时应注意仪器防潮、防震、防暴晒，工作完毕后应及时关闭仪器至非工作状态。仪器放置处应干燥、阴凉，远离火源及腐蚀物，长期不用应取出电池。

5.2.4 多台仪器在同一测区观测时，应进行一致性检验，要求多台仪器偏差小于 0.3 mV。

6 野外工作

6.1 准备工作

6.1.1 技术准备

a. 组织本项工作人员了解设计内容，明确目的和任务；

b. 对有关人员进行技术分工，组织必要的技术培训和执行本规程规定的考核；

c. 实地了解测区范围、测网位置、地形、交通、居民风俗习惯等工作环境。

6.1.2 仪器设备准备

a. 按任务规定的观测方式和精度要求，选定仪器装备；

b. 备齐施工所需的工具和物品；

c. 检查对讲机等通讯设备；

d. 制作不极化电极(见附录 C)。

6.1.3 安全防护准备

a. 必须对野外全体人员进行安全教育；

b. 严禁非操作员上岗操作；

c. 驾驶和乘车人员必须遵守交通法规。

6.2 野外作业技术

6.2.1 测站与导线布设

a. 电位观测和环形观测的测站，应选择靠近观测区的中心位置，地形平坦通行方便，应远离高压线、变压器和广播站接地点等干扰源；

b. 在电位观测时，由基点，测点引入测站的导线必须固定在测站的绝缘桩上；

c. 导线夹应予以标记，基点接 N 极，测点接 M 极，多组观测时，应编明组号；

d. 导线通过铁路、公路、河流、村庄时，应采用两端固定架空或挖沟埋土等安全措施；

e. 导线敷设不宜过长，在进行长剖面电位观测时，宜采用分基点测量法；

f. 收放导线严禁硬拉硬拽，宜边松边放或边收边绕，随时注意导线有无扭结和破损并及时处理。

6.2.2 电极接地

a. 必须选择极差小于 2 mV 的不极化电极对进行观测，电极应编号使用；

b. 电极接地电阻一般应小于 2 KΩ，电极坑挖深 0.1～0.2 m，应清除坑内碎石、杂草。干燥时应提前在坑内浇水，保证电极接地良好，有的测点在岩石裸露处时，应垫足够的湿土；

c. 不极化电极不准埋设在流水，污水或废石堆上。电极坑应备有覆盖物避免不极化电极日晒；

d. 水面布极应设测点标记，冰面应凿孔布极，入水电极采用纯铅电极，极差要求小于 10 mV，冻土区应凿穿冻土层布不极化电极；

e. 受条件限制，电极需要移动位置时，移动方向应垂直测线方向，移动距离应不大于 1/5 点距；

f. 有线通讯电话不得接入不极化电极；

g. 不极化电极和布袋应经常清洗，保持电极有较好的渗漏性。应定期检查保持罐内有充足的饱和溶液。

6.2.3 导线漏电检查

a. 开工和收工前应对导线进行漏电检查。用500兆欧表分别测量导线对地的漏电电阻，每公里绝缘电阻应大于5 MΩ；

b. 当仪器读数不稳时，除检查仪器故障外，应及时检查导线是否漏电；

c. 基点联测时，每一联测点观测时应进行漏电检查。

6.2.4 基本观测技术要求

6.2.4.1 正常观测技术

a. 开工前和收工后，应测定极差。开工极差应小于±2 mV；收工极差应小于±5 mV，并记清电极编号和极差的正负号；

b. 用模拟类型仪器观测时，应合理地选择测程档，使指针偏转不小于满刻度的1/3，并估读出三位有效数值；

c. 在电位观测时，为避免过失错误，应进行返程检查，每间隔5～10个测点进行一次重复观测检查，重复观测的平均绝对误差应小于设计总误差的规定；

d. 在梯度观测时，应交替跑极(两电极轮流进入新坑)，避免换算电位结果时因接地极差和电极极差累积造成的误差。

6.2.4.2 干扰条件下的观测技术

a. 应深入细致地了解测区干扰的特点，掌握干扰强度和规律，并采取有效措施消除干扰；

b. 对于随机干扰可采取多次重复观测求平均值方法消除干扰；

c. 遇间歇干扰时，应抓住间歇时机快速、多次进行观测；

d. 干扰一般在午夜和凌晨期间最弱，在安全有保证的情况下，可组织夜间施工；

e. 凡多次重复观测结果，允许剔除1/3的最大和最小数据后求平均值。作为该点观测结果并将干扰点位在记录薄中注明；

f. 当干扰不严重时，某一测点多次重复观测数据中最大值和最小值的差，应小于2倍设计总误差，则可认为观测数据合格；

g. 如局部地段干扰严重也无法消除时，应停止现场观测，并记录注明干扰位置。

6.2.5 数据记录与野外草图

a. 必须使用自然电场法专用记录本，并应逐项填写，不得遗漏；

b. 记录计算员必须及时复述操作员的报数，边复述边记录，操作员在记录员复述过程中应校对自己报数、测程及档位；

c. 使用有存贮功能不需要记录的仪器时，必须逐点及时打印(或读出)数据，以便了解数据的正确性，并配备专用记事本，记录与观测有关的其他事项；

d. 记录应使用中等硬度铅笔，字迹工整、页面清洁。原始数据不得涂改或擦抹，记错的数据必须划去，另起一行重记正确数据；

e. 记录严禁追记、混记或转抄。记录本不得缺页或空页。记录本记满后或不再记录，应于目次页进行测点登记；

f. 记录员在核实记录数据后，应及时点出草图，及早发现可疑点进行检查，在异常地段指导加密测点。

6.3 观测结果的质量评价

6.3.1 系统检查观测

a. 系统检查是独立于基本观测的全区性同精度的检查观测。系统检查观测的工作量不得少于总工作量的5%；

b. 系统检查观测应大体均匀分布于全测区。重点应放在对推断解释、验证工程或地质效果有重要意义的区段。它包括正常场区、异常场区、无规律场区和质量可疑的测点段；

c. 系统检查观测由不同日期、不同操作员进行，但可用同台仪器观测。

6.3.2 系统检查观测的误差计算

系统检查观测平均绝对误差按式(1)计算。

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

式中：ΔU_i——基本观测值；

$\Delta U'_i$——检查观测值；

n——检查观测的点数。

6.3.3 基本观测的质量评价

a. 系统检查的平均绝对误差，应小于设计总误差；

b. 在进行系统检查观测计算总平均绝对误差时，允许弃舍某些误差大的测点，但舍点不得超过总检查点的 1%；

c. 当发现系统检查观测值与基本观测值之间存在明显系统误差时，应查明原因，并允许消除系统误差后进行误差计算和统计。在随时间变化的自然电场地段，所进行的系统检查观测不参加观测精度统计，所谓自然变化的场是指系统检查时两次观测值超过 2～3 倍的总误差时，经第三次检查确认后的有规律变化场；

d. 当经多次检查观测查明确定是由于随时间变化的自然电场引起较大偏差(一般为 2～3 倍总误差)的区段的系统检查观测的数据可不参加全区观测总精度统计；

e. 当采取 b、c 措施后，仍达不到设计规定精度要求，可扩大检查量，使系统检查量达 20%，如仍不合格，则全区基本观测结果应予报废。

6.4 技术安全

6.4.1 应根据现场作业环境，对全体人员进行安全教育，杜绝人身、仪器事故。

6.4.2 山区收、放导线经过高压线时，严禁抛抖导线或手持长物。

6.4.3 漏电检查时应通知所有在线人员。

6.4.4 雷雨天气严禁野外作业。

6.4.5 水上或冰上作业时，必须要有应急和营救器材及措施。

6.5 岩矿电化学参数测定

根据设计要求采集有代表性的新鲜岩(矿)标本测定各项电化学参数，测定方法见附录 D。

7 资料验收与图件编制

7.1 原始资料的检查与验收

7.1.1 原始资料的检查、验收工作，应严格地贯彻于自然电场法工作过程的始终，做到及时检查、及时处理，确保成果质量和地质效果。

7.1.2 原始资料应包括：

a. 各种原始观测记录、原始草图，及测地工作的各种资料；

b. 资料整理和解释推断过程中形成的各种数据记录，图件和表册；

c. 成果报告的底稿、底图、透明图。

7.1.3 原始资料的检查

a. 记录本各栏是否填写齐全，数据记录是否符合本规程 6.2.6 的规定；

b. 观测的仪器设备是否达到本规程或设计要求，漏电检查是否合格；

c. 基点联测和基点联测检查的误差是否合格；

d. 数据计算是否正确，系统检查观测结果是否达到设计规定的精度；

e. 草图绘制是否准确，曲线是否完整。畸变点是否做了重复观测与检查观测，误差是否合格。

7.1.4 原始观测记录验收

a. 凡达到设计要求的原始观测记录应予以验收。并据此统计有效工作量；

b. 凡经检查不合格的资料，应建议补测或报废；

c. 质量有疑义但与相邻曲线对比仍有利用价值的资料应列为系统检查的重点。检查结果合格的应予验收；有严重缺陷的可依程度不同作为参考资料或予以报废。

7.2 室内计算

7.2.1 电位观测方式的测点电位 mV 按式(2)计算。

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 - \Delta U_3 - \Delta U_4 \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：ΔU——测点自然场值；

ΔU_1——测点读数；

ΔU_2——基点改正值；

ΔU_3——开工极差；

ΔU_4——极差改正。

7.2.2 梯度观测方式的测点电位按式(3)计算(不交叉跑极时)。

$$\Delta U = (\Delta U_1 - \Delta U_3 - \Delta U_4)/MN \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：ΔU——每米电位变化值，mV/m；

ΔU_1——MN 间读数；

ΔU_3——开工极差；

ΔU_4——极差改正；

MN——梯度观测时测量电极距。

7.2.3 当收工极差和开工极差超过 2～5 mV 时，应对上述计算作极差改正。

$$\text{极差改正} = \text{测点序号} \times \frac{\text{收工极差} - \text{开工极差}}{\text{测点总数}}$$

7.2.4 梯度观测结果(交叉跑极)转换为电位观测结果时，允许对转换后电位曲线上部锯齿跳跃电位(接地条件不同)进行平均圆滑处理。

7.2.5 对异常不明显的测区结果，应进行多剖面相关处理计算，以压制地质噪音或局部地形干扰，增强有意义异常信息。

7.3 原始资料的编录

a. 应由室内组将使用完毕的野外观测记录本作统一编列目录。一般按线、点号顺序编列；

b. 在编目的基础上，可进一步编列索引。索引以测区，观测方式，异常类型等分类。按线、点号顺序登记；

c. 同一测区的全部野外观测记录本应进行统一编号，可由总编号与分编号组成，一般可采用下列格式：

总编号　　地区_____工作年度_____总顺序号

分编号　　测区_____观测方式_____分顺序号

7.4 图件编制

7.4.1 自然电场法的图件应有交通位置图、工程布置图、地形地质图、实际资料图、自然电场异常曲线图及推断解释中形成的成果图。

7.4.2 图件编件原则

a. 原始资料正式验收且根据工作目的，期望研究程度，测区地电断面特点等主、客观条件编制正

式图件；

b. 图件编制必须符合(地球物理勘查图式图例及用色标准)规定。上图数据、曲线应百分之百的复核；

c. 凡能综合到一张图上的内容，应尽量绘在一张图上，并应重点突出，结构完整，整洁美观。

7.4.3 实际资料图

a. 应在同工作比例尺的简化地形、地质图上编制；

b. 应有测区位置、测线方向和测点集位置；

c. 用不同符号标绘出总基点、分基点、不同观测方式测点、系统质量检查点、测地三角点、埋石点、标本采集点和已有钻孔分布点。

7.4.4 自然电场法结果图

a. 电位或梯度观测的剖面平面图，梯度观测的异常轴线平面图；

b. 电位、梯度及环形观测的平面等值线图。

7.4.5 地电断面图

a. 实测地形、地质剖面图；

b. 剖面上的钻探结果图；

c. 自然电场法精测剖面图；

d. 其他物化探综合剖面图。

7.4.6 电性柱状图

a. 钻孔地层柱状图；

b. 自然电场测井结果柱状图；

c. 其他物化探井中异常图。

8 成果报告

8.1 成果报告编写基本要求

a. 随着野外工作的开始，应有计划、有系统地收集、整理所需要资料；

b. 成果报告编写由专人负责，在设计规定时间内完成；

c. 报告所用资料必须是经质量验收合格的正式资料；

d. 成果报告应在全面系统掌握资料的基础上，经过分析、研究及综合对比后，作出有依据、符合客观实际的结论；

e. 成果报告应实事求是，内容全面、重点突出、立论有据、文字简练、结构严谨；

f. 报告附图、附件，目的明确，配置得当及美观整洁。

8.2 成果报告内容

a. 序言；

b. 地质、地球物理特征；

c. 工作方法及质量评价；

d. 解释推断；

e. 结论与建议。

8.3 成果报告的附图

a. 自然电场法工作布置图；

b. 自然电场法工作实际资料图；

c. 物理和数值模拟结果图；

d. 建议施工工程布置图。

8.4 成果报告的附件(归档用)

a. 自然电场法正、反演计算结果表；
b. 测地工作成果表；
c. 系统质量检查统计表；
d. 梯度观测转换电位观测结果计算表；
e. 多剖面相关处理计算表。

附 录 A
自然电场法电位观测记录格式
（补充件）

测区_____ 测线_____ 日期_____

天气_____ 流动电极编号_____

极差_____ 测站位置_____

测站电位_____ 观测起止时间_____

点线号	读数 mV	重复读数 mV	读数平均值 mV	开工极差 mV	极差改正 mV	对基点改正 mV	对总基点电位 mV	备注

操作者_____ 记录者_____ 复算者_____

自然电场法梯度观测记录格式

测区_____ 测线_____ 日期_____

天气_____ 极差_____ 观测起止时间_____

点线号	读数 mV	重复读数 mV	读数平均值 mV	开工极差 mV	极差改正 mV	MN 极差 m	每米电位变化值 mV/m	备 注

附 录 B
自然电场法基点联测方法
（补充件）

B1 直接联测法

当各分基点与总基点相距不太远时，可利用此法，即各分基点直接与总基点进行联测（如图 B1），但要联测两次，要求两次联测的绝对误差不超过表 1 中总误差的 1/2，最后取两次联测电位平均值作为分基点电位。

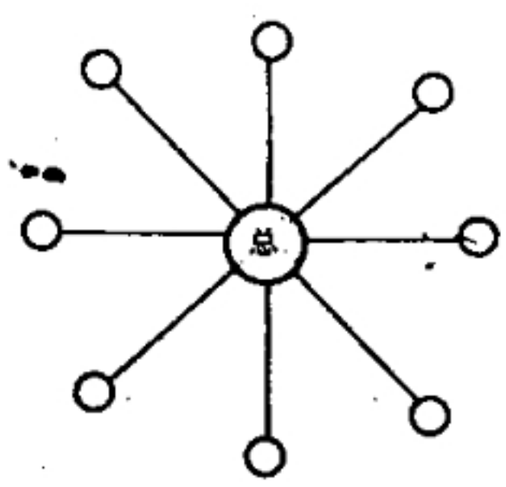

图 B1

B2 间接联测法

各分基点之间以及与总基点的距离较远时，可采用此法(如图 B2)。如欲求某分基点的电位，可先测出该分基点与电位已知的 5～10 个测点的电位差，然后再换算出该分基点对总基点的电位值(经极差改正后，对 5～10 点的电位取平均数)。计算可按式(B1)：

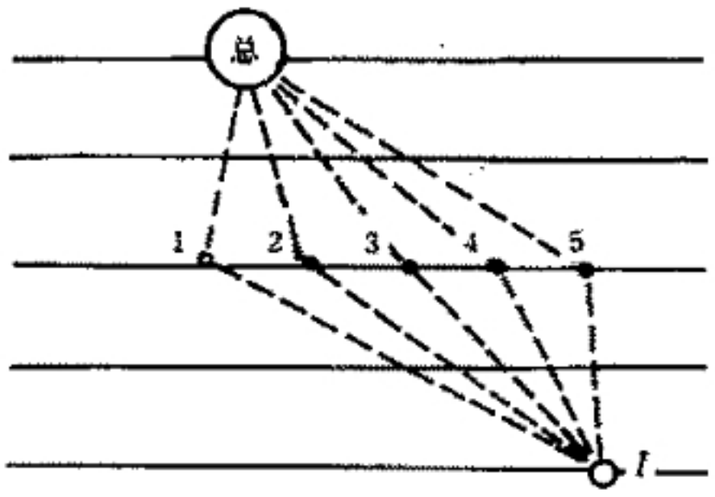

图 B2

$$\Delta U = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\Delta U_i + \Delta U_{ii}) \qquad \cdots\cdots(B1)$$

式中：ΔU——所求分基点电位；

ΔU_i——第i 个测点对总基点的已知电位；

ΔU_{ii}——所求分基点对第 i 测点的电位；

n——为测点数。

根据任意两个测点，换算出该分基点的两个数值之差不得大于 5 mV。

B3 多边形联测法

各分基点与总基点距离远近不一，且分基点较多时，可用此法(如图 B3)。具体联测方法是：依次对相邻两基点(包括总基点在内)进行电位梯度测量，最后组成多边形闭合环，对联测结果进行闭合差 ΔU 的计算式如下：

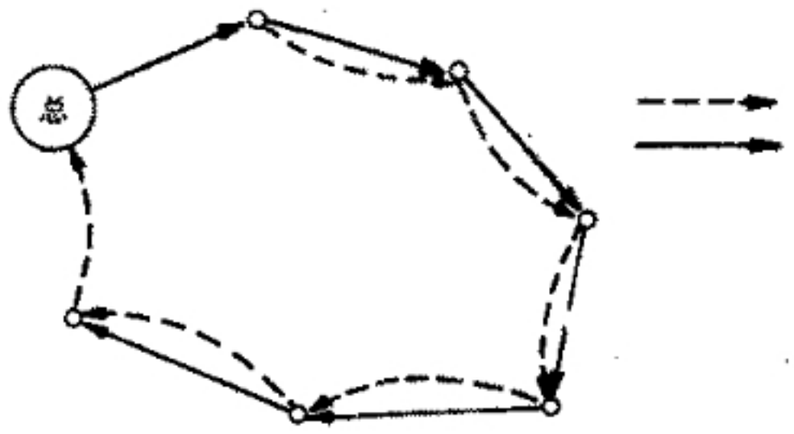

图 B3

$$\Delta U(\mathrm{mV}) \leqslant \sum_{i=1}^{n}\Delta U_i \leqslant \sqrt{n}\cdot 3 \qquad \cdots\cdots(B2)$$

式中：ΔU——为两基点间电位差；

n——为基点数，n 不能过大，避免平均累积误差增加。

可按常规方法对闭合差进行平差，并求出各基点电位值。

附 录 C
铜-硫酸铜不极化电极制作
（参考件）

C1 将瓷瓶用清水洗净，或放入沸水中将污物或有机物除掉，以保证素瓷瓶底部毛细孔通畅。

C2 铜棒或细铜条用细砂纸擦净，或浸在15%～20%的硝酸溶液中洗涤2～3 s，然后用清水洗净，用棉花擦干。

C3 胶木盖及橡皮垫圈用沸水煮15～20 min后，除去蜡和油污。

C4 将硫酸铜及蒸馏水倒入烧杯或其他非金属容器中加热煮沸，使硫酸铜在蒸馏水中全部溶解，达到饱和状态，并过滤。不同工作环境温度时，在100 mL水中加入的硫酸铜重量如表C1。

表C1

温度	℃	0°	15°	30°	45°	50°	100°
$CuSO_4$	g	14.5	14.5	19.3	30.0	33.6	73.5

C5 将煮沸后的饱和硫酸铜溶液倒入素瓷瓶内，必须保持溶液面高度比铜棒下端要稍高。

C6 将洗净铜棒上部(1/2～1/3)涂上石蜡，铜棒下部用硝酸洗净擦干，再插入素瓷瓶中。

C7 测定极差，将两电极置于有硫酸铜溶液的瓷缸或玻璃槽内，用电位计测量极差小于1 mV为合格。并用白蜡和松香的合剂封口。如不合格要重新对铜棒进行处理。

附 录 D
岩矿标本的自然电场与电位跳跃的测定
（参考件）

人工条件下岩矿标本自然电位和电位跳跃的测定方法，都是以岩矿的氧化还原基制为理论基础。

D1 岩矿标本自然电位测定

具体布置(如图D1)

D1.1 瓷皿中放置岩石标本，将洋菜(洋粉)加水煮制成胶状溶液并倒在标本周围使之形成0.3～0.4 cm厚的薄膜。

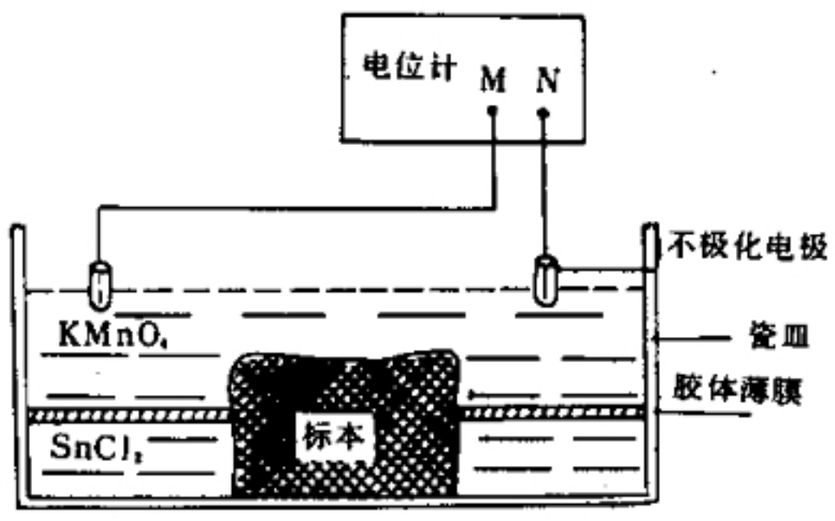

图 D1

D1.2 使处于半凝固状态的薄膜与瓷器分离，并将还原剂二氯化锡的饱和溶液注入薄膜之下(约标本高度的2/3)，这时胶体薄膜浮起。

D1.3 将薄膜的破裂处，特别是标本周围裂隙用胶体补好，使还原剂和浸泡在还原剂中的标本处于封闭状态。

D1.4　在胶体薄膜上加氧化剂溶液($KMnO_4$)直至液面浸没标本顶部 1 cm 以上。

D1.5　上述布置完毕 30～60 min 后，即可进行观测，观测时特别注意胶体薄膜阻隔性能是否良好，否则氧化剂与还原剂混合后，将影响观测结果；其次应控制观测时间；采用电位观测时 M 极靠在容器边部，N 极移动，如果采用梯度装置观测，则 MN 极同时移动。

D2　岩矿标本自然电位跳跃测定

D2.1　将标本放在瓷器中的氧化剂或还原剂加砂中，其岩面露出。

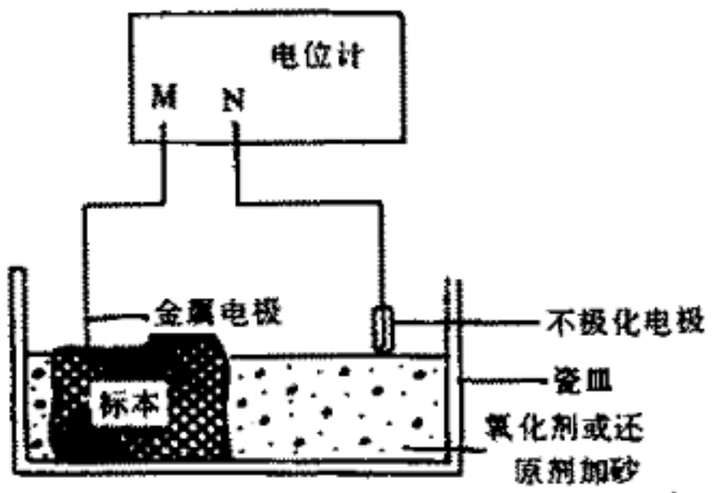

图 D2

D2.2　金属电极 M 极与标本表面接触，切勿与溶液或砂粒接触。

D2.3　为对比不同浓度溶液中岩石标本的自然电位跳跃，应将标本放入不同浓度的氧化剂(还原剂)中，在测定过程中，每块标本观测时间及观测回次时间间隔都应大致相同。同一块标本在更换测定液时，应保持测定液和砂的原体积比。

对浸染状矿石标本应按图 D3 装置进行测量。

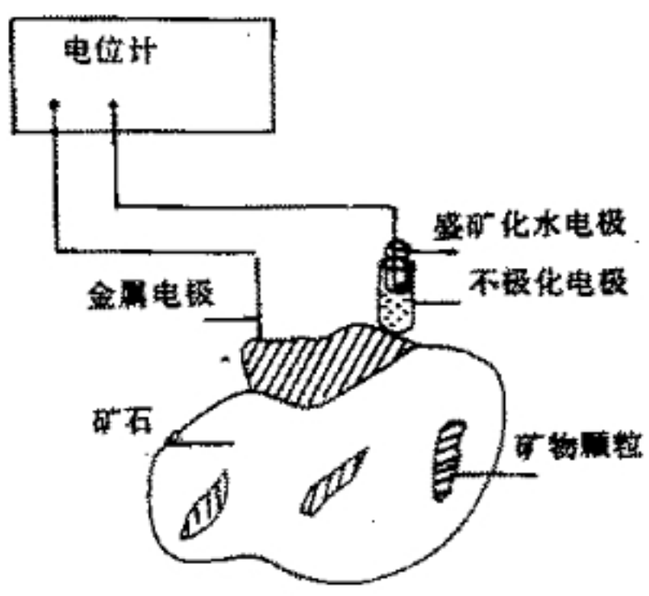

图 D3

附加说明：

本标准由甘肃有色地勘局、有色北京地质研究所负责起草。

本标准起草人吕国安、王庆乙。