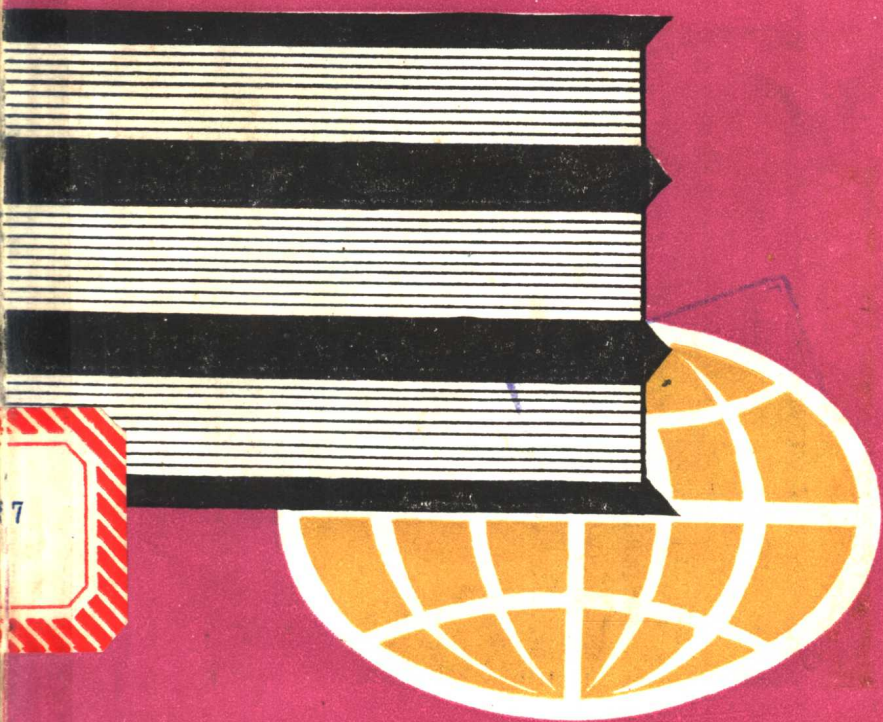




普通高等教育地质矿产类规划教材

电法 放射性 地热 实验实习教学指导书

潘玉玲 殷长春 等编



地 质 出 版 社

普通高等教育地质矿产类规划教材

电法 放射性 地热 实验实习教学指导书

潘玉玲 殷长春 等编

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书是《应用地球物理教程——电法、放热性、地热》的实践性配套教材,实验安排数量比教学大纲规定的稍多,供各校根据自己的条件选用。电法教学实习指导书对电法勘探各环节(从设计、野外施工、室内整理,直至报告编写),根据规范要求作了比较详细的指导,但不涉及具体工区,以适应各院校需要。

普通高等教育地质矿产类规划教材
电法 放射性 地热 实验实习教学指导书

地质矿产部教材编辑室编辑

潘玉玲 殷长春 等编

责任编辑:袁 方

地质出版社出版

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092¹/₃₂ 印张: 5.8125 字数: 123000
1994年1月北京第一版·1994年1月北京第一次印刷

印数: 1—2100 册 定价: 2.90 元

ISBN 7-116-01495-0/P·1213

序 言

近一二十年来，随着各类物探仪器精度和性能的提高，以及物探理论的深入发展，地球物理勘探的应用领域已大大扩展了。因此要求更好地培养理论与实际相结合的专门人材。为实现这一目标，应使校内课堂理论教学与实验室和野外现场教学密切联系起来，以确保加强“三基”，达到应用地球物理专业培养目标的全面要求。

为了满足课堂理论教学的需要，地矿部勘查地球物理专业课程教学指导委员会与地矿部教材室已共同组织编写出《应用地球物理教程》，计三百学时，分三册出版，其中含重力、磁法、电法、放射性、地热及地震勘探共六篇。现在，为了提供实验室和野外现场教学的需要，我们组织编写出与理论教学相配套的实践性教材：《×× ××（方法）实验实习教学指导书》。学时数约为理论教学的三分之一（即约一百学时），仍分册出版，第一册为重力和磁法勘探，由王宝仁、王传雷编写；第二册为电法、放射性和地热测量，由潘玉玲（电法实习）、殷长春（电法实验）、方方（放射性实验）、王绪本和申时新（地热实验）编写。地震勘探由于要涉及大量实际资料及多种处理，要因时、因地、因仪器而异，故不统一编写了。

这套教材是在我国地矿系统各地质院校多年来实践性教学的基础上编写的，充分吸收了各地质院校在实验和教学实习中所积累的丰富经验，采纳了各地质院校以往编写的实验

讲义和教学实习指导书中部分有益的内容。

本套实践性教材包括四个组成部分。第一部分为各种物探方法中目前常用的主要仪器，介绍物探仪器的原理与操作方法，为学生进一步做物理模拟实验和野外实习打下基础。第二部分为各种物探方法的物理模拟实验，或观测和了解各种不同物理模型的异常场分布特征或对某种方法的某一参数进行数据采集和测定，以培养学生的动手能力和掌握实验技术，并使学生从感性上加深理解各种物探方法的理论实质，达到检验理论、巩固课堂所学理论的目的。第三部分为物探数据处理和解释实验，针对某些实际地质、地球物理条件，培养学生对原始观测数据进行排除干扰、做某些校正进而作定性推断和定量解释的实际动手能力；培养学生对理论教学内容中的各种反演方法进行检验和深入理解的能力，以此巩固课堂所学知识。第四部分为在野外条件下进行实际工作的各种物探方法现场教学性实习，主要内容为在教师指导下培养学生在野外条件下从事应用地球物理工作的实际动手能力。

鉴于以上四部分内容均较丰富，因此在内容选择上仍坚持“少而精”原则，各种物探方法对以上各部分均根据本门学科的特点有所侧重，对在理论教学和有关规范中已阐述得较详细的内容，均未重复地编写到这套教材中。当然，为了使理论教学与实践性教学保持连续性，因此，做好课堂教学与野外现场教学的适当衔接，选择某些必要内容作简要说明也是有益的。

此外，为了培养学生进行课外科学实验活动，并为此创造一定条件，为了体现这一思想，本套教材所选编的各部分内容，将较各地质院校实际上所开出的实验课和教学实习的题目略多些，以供各院校按各自的具体情况和设备条件适当

加以选择，使实践性教学环节更具灵活性。为保证实验教学的质量，要求学生课前作好实验内容的预习，并在每次实验课后，按“实验报告内容”编写实验报告。

由于编写这种公开出版的配套性实验、实习教材还属首次，因此书中难免有不妥之处，请各地质院校在使用中对发现的问题提出批评指正，并希望提出具体改进意见，必要时我们将组织交流。

这套实践性教材，不仅可作为各地质类院校应用地球物理专业的师生教学之用，也可供广大工程技术人员作为参考材料或培训教材，亦可供科学研究人员参考。

地质矿产部勘查地球物理专业
课程教学指导委员会主任

傅良魁

一九九三年二月七日

目 录

电法勘探实验指导书

实验一	直流电法常用仪器认识及操作, 均匀半无限介质点源场及水电阻率的测定	1
实验二	电阻率剖面法模型实验	10
实验三	电阻率测深法模型实验	13
实验四	电阻率测深曲线的定量解释	15
实验五	电阻率剖面法的地形改正	20
实验六	激发极化法常用仪器的认识、操作及岩矿标本电性参数的测定	25
实验七	激电剖面法模型及模拟实验	34
实验八	激电测深法模型及模拟实验	38
实验九	回线法模型实验	41
实验十	电磁偶极剖面法模型实验	46
实验十一	电磁测深法正演数值模拟实验	48
参考文献		52

放射性测量实验指导书

实验一	γ 总量测量	53
实验二	γ 能谱测量	58
实验三	α 测量与氡及其子体的收集	62
实验四	X荧光测量	67

地热测量实验指导书

实验一 岩石热导率测定	72
实验二 热流密度计算	81
参考文献	88

电法勘探实习指导书

第一节 实习大纲	89
一、实习目的及要求	89
(一) 实习目的	89
(二) 基本要求	89
二、实习内容	90
三、考核办法	90
第二节 电法勘探的工作设计	91
一、编写设计书的准备工作和编写原则	91
(一) 资料的收集与分析利用	91
(二) 实地踏勘	92
(三) 试验工作	92
(四) 编写设计需要注意的几个原则问题	94
二、设计书的主要内容	94
(一) 概况	94
(二) 地质、地球物理和地球化学特点	95
(三) 工作方法与技术	95
(四) 资料整理、解释及成果报告的要求	95
(五) 完成设计任务的措施	95
(六) 设计书附图	95
三、电阻率法的工作设计	96
(一) 电阻率法工作的地球物理前提	96
(二) 资料的收集和分析利用	96

(三) 方法有效性与最佳技术方案	98
(四) 视电阻率参数的观测精度	98
(五) 测区范围及测网布置	99
(六) 确定电极距及电极排列方向的原则	101
(七) 岩(矿)石电阻率的测定	106
四、激发极化法的工作设计	107
(一) 激发极化法的工作方式	107
(二) 需补充收集的资料	108
(三) 踏勘和技术试验工作	108
(四) 视参数的观测精度	111
(五) 对电性参数的测定要求	112
五、自然电场法的工作设计	113
(一) 布置金属矿自然电场法应具备的条件	113
(二) 资料的收集与分析利用	113
(三) 方法有效性与技术试验	113
(四) 测区范围与测网布置	114
(五) 基点的选择与联测	114
(六) 电位及电位梯度的观测精度	115
第三节 电法勘探野外作业技术	116
一、野外作业准备	116
(一) 仪器设备的检查与维护	116
(二) 健全劳动组织, 明确工作职责	119
(三) 技术保安	120
二、实际野外作业技术	122
(一) 测站布置	122
(二) 导线敷设	123
(三) 电极接地	124
(四) 漏电检查	126
(五) 测站观测	128

(六) 检查观测和系统检查观测	133
(七) 困难条件下的观测和处理	137
(八) 岩、矿石电性参数的测定	139
第四节 资料的整理与图示	141
一、资料的整理	141
(一) 原始资料的检查	141
(二) 原始资料的验收	142
(三) 原始资料的分类处理	144
(四) 观测结果的整理	144
二、资料的图示	146
(一) 图件的分类	147
(二) 图件编制的一般要求及图的整饰	147
(三) 主要图件及其绘制方法和要求	152
第五节 电法资料的解释推断及成果报告的编写	161
一、电法资料的解释推断	161
(一) 解释推断的基本任务	161
(二) 解释推断的基本原则	161
(三) 资料的预先分析和处理	163
(四) 电法资料的解释推断要求	164
二、电法勘探成果报告的编写	167
(一) 成果报告的编写过程	168
(二) 成果报告的编写要求	168
(三) 电法成果报告的内容	169
电法实习习题	174
实习指导书参考文献	175

电法勘探实验指导书

实验一 直流电法常用仪器认识及操作，均匀半无限介质点源场及水电阻率的测定

一、实验目的

1. 了解直流电法常用仪器的简单原理、面板结构，并学会仪器的操作方法。
2. 学会测定电场，加深正常场的概念。
3. 学会用四极法测定水电阻率的方法。

二、实验内容及步骤

(一) DDC-2A型电子自动补偿仪

1. DDC-2A型电子自动补偿仪原理及面板结构

DDC-2A型电子自动补偿仪是利用电流负反馈原理（图1.1）。从理论上可以证明^[1]（P.72），当仪器放大倍数足够大时，由于反馈电阻 R_F 的作用，造成很强的电流负反馈，以致于在输入回路形成一个与待测电位差 ΔV_{MN} 大小十分接近，而方向相反的补偿电位差 ΔV_F ，并且 ΔV_F 随 ΔV_{MN} 变化而变化，自动跟踪补偿，因此当精确地测定反馈电阻上的电流，并将电流表的微安数按相应的毫伏数刻度，则可直接测量 ΔV_{MN} 。另外，通过“测量选择”开关，将供电电流在标准电阻上的电位差观测出来，可测得供电电流。

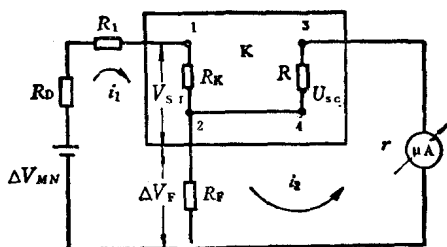


图 1.1 DDC-2A型电子自动补偿仪原理图

DDC-2A 自动补偿仪是由输入装置、直流放大器、补偿电路和电源组成，其结构框图见图1.2。仪器的输入装置包括 AB 、 MN 输入端、测量选择开关、供电开关、标准电阻、零点调节器和极化补偿器。零点调节器用于补偿由于温度、湿度等影响引起仪器的零点位移，调节时仪器的输入端必须短

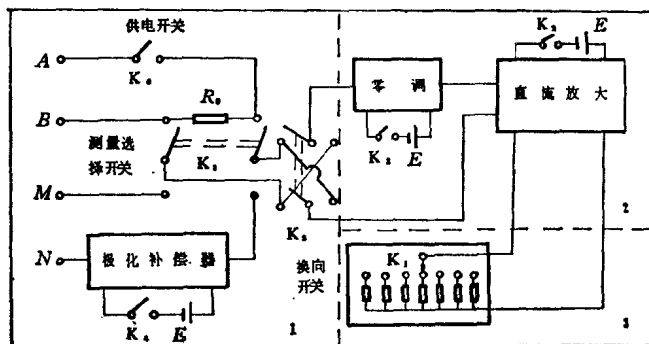


图 1.2 DDC-2A型电子自动补偿仪结构框图

路。极化补偿器用于补偿测量电极之间的极差或自然电位差的干扰，通过调节“粗”、“中”、“细”补偿电位器即可输出 $\pm 500\text{mV}$ 范围内的电位差。直流放大器采用直流负反馈调制

式直流放大线路。补偿电路由放大器的输出变压器、量程 $100\mu\text{A}$ 的电流表及反馈电阻构成，并通过采用不同阻值的反馈电阻以扩大仪器量程。仪器供电开关最大控制功率为 $4\text{A} \times 500\text{V}$ 。

DDC-2A 补偿仪的面板结构如图 1.3，各部分功能介绍如下。

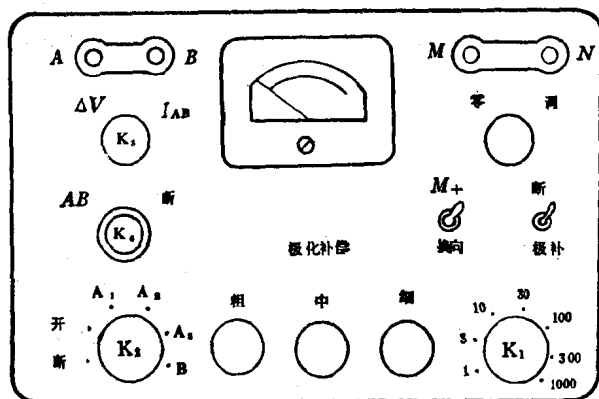


图 1.3 DDC-2A型电子自动补偿仪面板

- ① “AB”、“MN” 插孔：用于连接供电和测量线路。
- ② “ ΔV — I_{AB} ” 测量选择开关：开关置 “ ΔV ” 时，放大器输入端接 MN 线路，测量 ΔV_{MN} ；开关置 “ I_{AB} ” 时，放大器输入端接 0.1Ω 标准电阻，测量 I_{AB} 。
- ③ “AB—断” 供电控制开关：按下此开关，供电回路接通。
- ④ “电源检查” 开关：控制仪器本身电源的通断，并用来检查电源电压是否满足要求。置 “断” 时，仪器本身电源切断，电流表两端短路；置 “开” 时，仪器本身电源接通，电流表串接于放大器输出回路，用作指示器；置 “ A_1 ”、“ A_2 ”、“ A_3 ” 时检查放大器灯丝电压；

置“B”时，检查放大器板极电压。⑤测程开关：仪器设有七个电位差测程：1，3，10，30，100，300，1000 mV，而相应的电流测程为10，30，100，300，1000，3000 mA。⑥“M+—”开关：改变MN电位差极性的换向开关。⑦“极化补偿—断”开关：控制极化补偿电源的通断。⑧极化补偿“粗”、“中”、“细”调节旋钮：可分别在 ± 500 mV， ± 18 mV， ± 1.6 mV范围内补偿极化电位差。⑨“零点调节”旋钮：用以调节放大器的零点位移。⑩指示电表：表盘满度按100和30格刻度，测量时指示电流或电位差值。

2. DDC-2A自动补偿仪操作方法

① 仪器电源检查：将电源开关顺序转到“A₁”、“A₂”、“A₃”、“B”，当电表指针分别超过红线和绿线，表明仪器电源电压满足要求。② 仪器零点调节：仪器电源检查正常后，将开关打开，MN短路，测量选择开关置 ΔV ，在1 mV测程上，仔细调节零调电位器，使电表指针指零，在仪器使用过程中，应保持零点调节器位置不变，无须每次测量前重新检查仪器零点。注意零调时，极化补偿开关应置“断”的位置。③ 按实验要求连接好供电和测量线路。④ 电位差测量方法：测量选择开关置“ ΔV ”，测程开关置于1000 mV档，打开极化补偿开关，缓慢调节极化补偿旋钮，使电表指零，然后由大测程逐步换到所需要的测程上，调节各极化补偿旋钮，使指针归零，即完成极化补偿。再将测程开关置于较大测程，按下供电开关，电表指针偏转的刻度指示 ΔV_{MN} (mV)，若指针偏转未超过表盘满度的1/3，应减小测程重新供电，再行读数；若供电后指针反偏，改变换向开关，重新极化补偿后进行 ΔV_{MN} 观测。⑤ 供电电流测量方法：测量选择开关置“ I_{AB} ”，选择适当测程并接通供电开关，则电表指示的电位

差 ΔV 扩大10倍即为 I_{AB} 值 (mA)。⑥测量完毕后, 关断所有电源开关, 测程开关置1000mV档。

(二) DWD-Ⅱ型微机电测仪

1. DWD-Ⅱ型微机电测仪简单原理及面板结构

DWD-Ⅱ型微机电测仪是用微处理机控制的智能式电法仪器。测量参数有自然电位差 ΔV_{SP} 、总场电位差 ΔV 、供电电流 I_{AB} 、二次电位差 ΔV_2 、电阻率 ρ 、极化率 η 、半衰时 S_t 及综合参数 $Z=S_t \times 0.75 \eta$, 其结构框图如图1.4。本仪器使用80C39单片机完成整机的自动控制与数据处理。仪器的

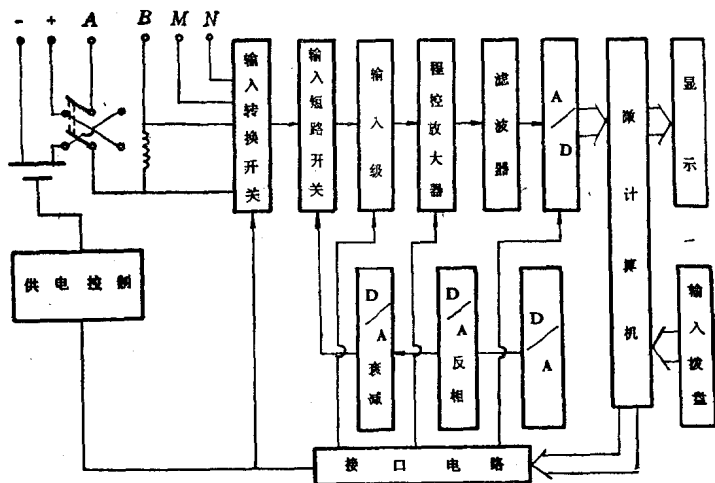


图 1.4 DWD-Ⅱ型微机电测仪结构框图

输入转换开关受计算机“ $\Delta V/I$ ”控制信号控制(信号为0时测 ΔV_{MN} , 为1时测 I_{AB})。而“调零”控制信号控制输入短路开关, 当信号为1时仪器输入端短路, 进行放大器零点检查; 反之进入测量状态。仪器的放大电路部分由4级运算放

大器组成,输入级采用前3级构成差动放大器,并将 MN 端的输入信号与D/A转换器送来的极化补偿信号进行比较以进行极化补偿,第四级运放是增益受计算机控制的程控放大器。该仪器极化补偿原理是供电之前测出 M 、 N 之间的极差和自然电位值,然后进行A/D转换,由计算机算出其大小,再经过D/A转换、D/A反相及D/A衰减后输出补偿信号至输入级进行极化补偿。仪器通过自动供电控制电路控制高压回路中V-MOS开关管的通断以实现供电。另外,仪器还设有压制工频干扰的陷波器,及各种接口电路以完成整机的协调工作。

DWD-Ⅱ型微机电测仪面板结构如图1.5,各部分功能介绍如下。

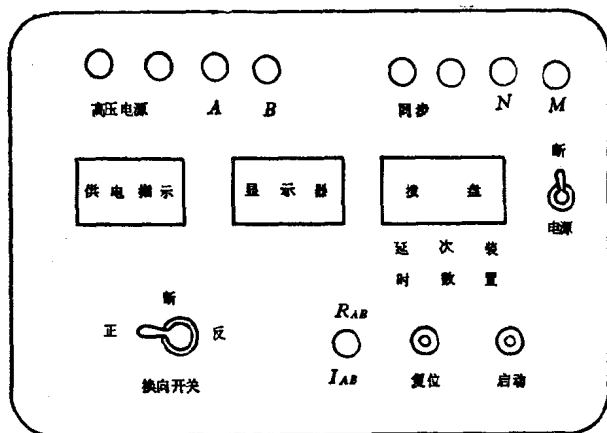


图 1.5 DWD-Ⅱ型微机电测仪面板

① 延时拨盘: 控制 AB 供电时间。拨盘数为1~9, 对应的供电时间分别为5, 8, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 120 s。当供电前延时拨盘置“0”时, 断电后不测二次电位差。② 次数拨盘: 决定供电次数多少。拨盘数为1~9对应的供电次

数分别为 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 次。次数拨盘置“0”时, 进行单向供电, 其它均为双向供电。③装置拨盘: 为 $AB/2$ 极距代码。应根据 $AB/2$ 、 $MN/2$ 极距设置拨盘数, 其间对应关系见表 1.1。必须指出, 表 1.1 只适合于常规对称四极情况。计算机在测量过程结束后, 根据装置拨盘数计算出装置系数和视电阻率值。④四组接线柱: AB 、 MN 接线柱; 高压电源接线柱接供电电源; 同步接线柱则用于控制配套的 DJF-1 型激电发送机, 实现自动供电。⑤ I_{AB}/R_{AB} 按钮开关, 未按该开关, 监视 AB 回路供电, 按下此开关, 测 AB 回路接地电阻, 但供电时不能按此开关。⑥高压反向开关: 改变 AB 供电极性开关, 其中间位置为 AB 回路开路。注意只能在断电时拨动此开关。⑦复位按钮: 计算机初始化, 测量前必须按复位按钮。⑧启动按钮: 启动计算机工作的按钮开关。⑨电源开关: 仪器工作电源开关。⑩供电指示表头及液晶显示器: 监视 AB 供电和测量 AB 接地电阻, 表头指示值为 0, 2, 4, 6, 8, 10 对应的 R_{AB} 分别为 0, 600 Ω , 1.2 k Ω , 2.5 k Ω , 5 k Ω , 10 k Ω 。液晶显示器用于观测场值的显示。

2. DWD-II 型微机电测仪操作方法

①准备工作: 包括仪器内部电源的设置和检查, 拨盘置某数以及 R_{AB} 的测量。②打开电源开关, 按复位按钮使计算机初始化, 同时液晶显示器显示电池电压(应大于 8.5 V)。③高压反向开关应置于“+”或“-”位置, 按启动开关, 显示“1111”代码, 仪器进入测量程序, 同时进行极化补偿。④极化补偿结束后, 显示自然电位值; 约 1 秒后, 仪器自动供电进行放大器增益调整, 表头偏转, 液晶显示器显示“000”; 调整结束后, 仪器自动断电, 显示“1212”。⑤显示“1212”后, 拨动反向开关换向, 并按启动开关, AB 回路进行正式