

东华理工学院内部教材

# 勘查技术与工程专业教学实习指导书

(传统方法部分)

主编 汤洪志

审校 龚育龄

东华理工学院核工程技术学院

二 00 三年七月

## 序 言

勘查技术与工程是一门实践性很强的学科。加强实践教学以提高学生的动手能力和处理实际问题、分析解决实际问题的能力，使之能更好地适应毕业后的实际工作，是一个非常重要的教学环节，也是进一步提高教学质量的重要途径之一。

勘查技术与工程专业教学实习安排在第七个学期进行。按照教学计划要求，勘查技术与工程专业教学实习为期 11 周半，是在学生已学完重力勘探、磁法勘探、电法勘探、地震勘探、核技术勘察等专业课程后进行的。因此，它是重要的实践教学环节，同时也是使学生得以理论联系实际并用实践以检验所学理论的重要场所。

本实习指导书是在近几年实践的基础上，由勘查技术与工程教研室教师合作编写而成的。书中结合实习地区的地质，地球物理条件和有关现行国家规范，提出了切合实际的实习任务、方法和要求。因此，通过学习本指导书并通过教学实习，可以对学生进行一次规范实践教学，是对理论教学重要补充。

本指导书分为六章，其中第四章。第一、二章“实习基地概况”和“电法勘探”由汤洪志老师编写；第三章“浅层地震勘探”由方根显老师编写；第四、五章“重力勘探”和“磁法勘探”由黄临平老师编写；第六章“放射性勘探”由戴晓兰老师编写。全书由龚育龄老师审订。

由于时间仓促，错误及不足之处在所难免，望使用本书的师生及读者们提出宝贵的意见，在此深表谢意！

编 者

2005 年 7 月

# 目 录

序 言 .....	1
第一章 温泉教学实习基地概况 .....	1
第二章 电法勘探 .....	8
§ 1.1 电阻率剖面法 .....	8
§ 1.2 电阻率测深法 .....	15
§ 1.3 激发极化法 .....	20
§ 1.4 野外作业 .....	23
§ 1.5 资料的整理与图示 .....	38
§ 1.6 物探成果报告的编写和成果的推断解释 .....	50
第三章 浅层地震勘探 .....	60
§2.1 折射波法 .....	61
§2.2 反射波法 .....	64
第四章 重力勘探 .....	69
第五章 磁法勘探 .....	74
第六章 放射性物探 .....	80

# 第一章 温泉教学实习基地概况

## 1 基地自然地理概况

东华理工学院勘查技术与工程专业教学实习基地在抚州市温泉乡境内的桐山庙—青莲山一带，惯称温泉实习基地。温泉乡因境内温泉（日泉、月泉）而享有盛名。温泉实习基地位于东经 116 度 11 分 6 秒至 116 度 13 分 12 秒，北纬 27 度 59 分 12 秒至 28 度 0 分 40 秒，距东华理工学院抚州校区大约四十公里。抚州—高坪公路和临川—丰城公路穿过该区东南部，有公共汽车经过实习区。本区距向（塘）乐安铁路上顿渡车站 5 公里，交通便利。温泉实习基地交通位置如图 1-1，中国移动和联通网信号覆盖该区，并有公用电话提供服务。



图 1-1 温泉实习基地交通位置图

该区地处南方典型丘陵地区，地形属三类地形。实习区属温湿气候区，年平均气温 18<sup>0</sup>C，降水较丰富，年平均降水量为 1789.6 毫米，季节变化不十分明显，3-7 月份为雨季，9-10 月份少雨，年蒸发量为 1610 毫米，潮湿系数为 1.11。

区内有三条小溪，自西向东为塘家岭溪、青莲溪及余山溪。一般流量为 0.05-1.5

立方米/秒。因其上游的流域面积多为前震旦系的变质岩，富水程度较差，且在设计区内构造复杂。干旱年月有时断流。正因如此，在设计区内修造三座小型水库。拦截这三条溪水，供灌溉之用。

该区农作物以水稻为主，同时也有其他经济作物，如甘蔗、棉花、大豆、红薯和莲子等。没有工业和其它产业。该地区经济条件相对比较落后，人民生活水平普遍较低。

## 2 基地地质概况

### 2.1 地质调查和地球物理勘查史

本区先后有地质工作者进行调查勘测达六次之多，皆有报告与图件。新中国诞生后有皖东南地质大队、抚州地质大队、江西水文地质大队、抚州地质专科学校、江西 912 地质队、冶金地质队、华东 608 队等都在该区进行过不同精度的地质普查、勘探工作和进行了储量计算。测有各种比例尺的地形地质草图并且写有不同目的地质报告。在这些图件及文字报告中以 912 队“临川县温泉铅锌矿床普查报告”最为详细。

东华理工学院核工程技术学院（原华东地质学院物探系）自 1988 年开始，就在本区进行教学实习基地建设。经过十多年的精心建设，建立了一整套本区物性参数档案，并发现了重磁、电、震、放射性、地热异常区。

### 2.2 区域地质概况

本区处于华南褶皱系( $I_2$ )北部的抚州-崇仁断裂红盆之边缘，官帽山隆起的西南段，临川-锦江断裂北西测，东乡、枫林成矿远景区西段。吉安-德兴深大断裂切过全区，呈北东-南西方向延伸。长约 10 公里，宽 1 公里左右。区内有温泉出现，出露的地层有：前震旦系板溪群( $Ptbn$ )、石炭系下统华山岭组( $C_1h$ )、梓山组( $C_1Z$ )、白垩系上统南雄组中段( $K_2nn^2$ )。展平-三桥区段的地层分布与区域构造一致，走向 NE-SW, 倾向 SE, 倾角 $<25^\circ-55^\circ$ ，为单斜构造。区内断裂发育，共有 NE, NW 向断层六条( $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_4$ 、 $F_5$ 、 $F_6$ )。

#### 2.2.1 地层

(1) 前震旦系板溪群( $Ptbn^2$ )。分布该区北西部为一套浅变质岩系。以灰黄、灰色、灰绿色千枚岩、千枚状粉砂岩、砂质千枚岩为主。岩石具强丝绢光泽，千枚状构造。岩性稳定，见沉积韵律，易裂成碎片，厚度很大。

(2) 石炭系下统华山岭组( $C_1h$ )。石炭系下统华山岭组( $C_1h$ )为一套紫红色碎

屑岩系。下部紫红色，局部灰紫色，灰白色厚层状中-粗粒石英砂岩。夹紫红色薄层状粉砂岩、细粒石英砂岩。上部为紫红色薄层状含云母石英细砂岩、粉砂岩、夹有砾岩、含砾砂岩和中粒石英砂岩。近上部偶见灰黑色炭质粉砂岩，且水平层理清晰。在青莲山水库东北岸见有不规则溶洞，该岩层在深部有绿泥石化、绢云母化等。呈灰绿色、浅绿色的变质粉砂岩和绢云母千枚岩，区内未见底砾岩，厚约 200 米，与下伏层呈断层接触。

(3) 石炭系下统梓山组 ( $C_1Z$ )。本区出露的主要地层，分布于设计区中部。区域内硅化破碎带主要发育于本层中。普遍含有 Pb、Zn 矿的重晶石脉和网状石英脉，多遭受挤压变质作用，按岩性又分为上下段：

上段 ( $C_1Z^2$ ) 为灰黑色、黑色薄层状炭质泥岩。炭质粉砂中夹灰色中厚层粉状砂岩，其下部见一、两层薄状石灰岩，厚度 2-3 米。近上部为灰色薄层粉砂岩，岩层中有黄铁矿结核和砂质包裹体。本段厚 250-300 米，空间上也有变化。

下段 ( $C_1Z^1$ ) 为紫红色厚层状砂砾岩、砾岩，夹有紫红色薄中层状细粒砂岩和粉砂岩，砾石成分复杂，主要有砂岩、石英岩和千木岩等砾石大小不一，分选性差，多为棱角状，半滚状，厚约 50 米。但在空间上有变化，从北到南西，从地表到深部岩层由厚变薄，砾径由大变小，与下伏地层呈假整合。

(4) 白垩系上统南雄组中段 ( $K_2nn^2$ )。白垩系上统南雄组中段 ( $K_2nn^2$ ) 分布与本区南东，岩性较松散。易风化，大多形成低山地形。其下部为紫红色厚层状砂砾岩、砂岩，含砾砂岩和砾岩等。砾石成分复杂，以石英等砾砂岩为主，伴有花岗岩砾石。在桐山庙南侧一带，有火山碎小物质夹于砂岩中，厚度不详，与下伏地层呈不整合接触。

(5) 第四纪 (Q)。主要为砂砾石、粗砾、棕红色红土及亚沙土，亚粘土厚 1—10 米。

## 2.2.2 地质构造

温泉区由板溪群下亚群、华山岭组梓山组及南雄组组成一个走向 NE、倾向 SE、倾角  $20^\circ-50^\circ$  的单斜构造，单斜构造与区域构造相一致。区内褶皱不发育，而断层构造十分发育，见图 1-2。

### (1) 断裂构造



块状构造。花岗岩侵入于石炭系下统辛山组，华山岭组中。岩体同辛山组形成犬牙交错的接触关系，属燕山晚期产物。

## 2.4 矿产

该区矿产较多，主要有铁、铜、锌等。仅对铁进行了储量计算 X 万吨。主要矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、硬锰矿、软锰矿、铅黑土、孔雀石、兰铜矿等。矿石特征按组合分三种：方铅、闪锌—重晶石，方铅、闪锌—石英，萤石，方铅、闪锌—石英等多金属矿石。矿体产状：a) 呈带状分布在青莲山南坡及桶山庙一带；b) 呈脉状分布于设计区的中部及东北部。

范源及南西村附近见零星铁帽。长达 10 米，宽 1-3 米。呈红色、暗红色、浅黄色。常为皮壳状、角砾状和蜂窝状。以褐铁矿为主多数沿裂隙淋滤而成。其次为硫化物氧化所致。偶见有立方体空洞。在三桥及塘穴岭北西山顶上见有断续分布的硅化角砾岩和硅化砂岩。

## 3 温泉实习区地球物理特征

电性特征：电法测区出露的主要地层有板溪群下亚组，石炭系下统的华山岑组和梓山组，白垩系的南雄组和第四系地层，电阻率一般都在  $12000\Omega\cdot m$  左右，最高（硅化带）达到  $20000\Omega\cdot m$ 。

本区岩矿石电性参数见下表(表 1-1)：

岩石名称	标本数	电阻率 ( $\Omega\cdot m$ )	频散率 (P)	极化率 ( $\eta$ )
板溪群千枚岩	33	1215	6.13	8.45
华山岑组紫红色砂岩	22	1210	2.84	6.35
梓山组灰黄色砂岩	34	1430	3.76	6.87
梓山组硅化砂岩	32	5148	1.55	8.22
南雄组砂岩	33	4706	2.16	8.43
燕山期花岗岩	49	1455	1.66	6.79
铁帽	29	4520	7.2	10.9
重晶石	18	5583	1.66	6.68

本区主要岩层的弹性波速度参数值见下表(表 1-2)：

岩石名称	纵波速度 (m/s)	岩石名称	(m/s)
南雄组砂岩		第四系 (Q)	
梓山组砂岩			

本区主要岩、矿石的磁参数值见下表(表 1-3)：

岩石名称	标本数	磁化率(SI)	岩石名称	标本数	磁化率(SI)
南雄组砂岩	34	5.87	硅化砂岩	32	6.5
燕山期花岗岩	49	6.51	炭质砂岩	12	12.25
梓山组砂岩	34	11.51	华山岑组砂岩	22	5.34
铁帽	21	19.33	板溪群千枚岩	33	7.7
重晶石	13	3.1			

铀矿化特征：该区放射性异常主要产于硅化破碎带中。在桐山庙附近约 12 号剖面线左右，呈近东西向分布，长约 300 米，宽几十厘米至几米。沿近东西向或 NEE 裂隙形成近似平行的含 U 矿脉。一般 100—300r，最高 800—1000r。硅化角砾岩中较好。异常带中普遍有黄铁矿化，富含褐铁矿，偶见孔雀石，兰铜矿，北东向硅化带异常较差，异常在 50—100r 之间，最高可达 300r。

据前人资料可归纳为：

- (1) 硅化角砾岩中的异常 (100—500r) ；
- (2) 硅化砂岩中的异常 (50—100r) ；
- (3) 与重晶石有关的异常 (50—160r) ；
- (4) 斑状花岗岩中的异常 (50—160r) ；

地表可见的铀次生矿物有铜铀云母和矽钙铀矿等。

地表除异常外，也发现有 100—164 艾曼的 Rn 异常。

经深部用钻孔揭露，OK10 见有厚 0.3 米左右的矿层，铀矿化铀品位 0.063—0.085%；OK12 见厚 0.26—0.4 米的矿层，铀品位 0.103—0.107%。

## 4 设计方法及其位置

### 4.1 设计方法

实习方法有电阻率剖面法、电阻率测深法、地震法、磁法、重力法、放射性法等。

### 4.2 设计区位置

见图 1-3。

### 5 各设计方法工作区地质、地球物理特征

见图 1-3，在各方法中将具体描述。

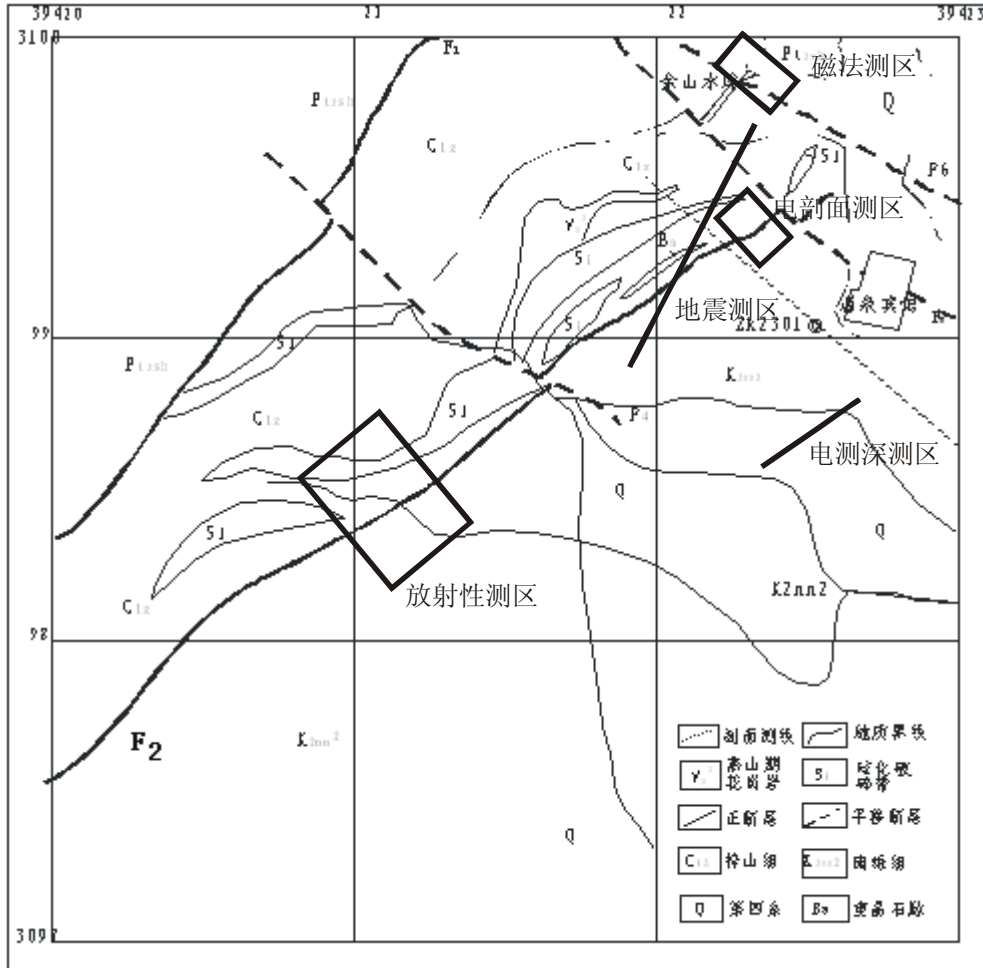


图 1-3 各方法设计区地质特征

## 第二章 电法勘探

电法勘探工作在解决具体问题的过程中，大体分为三个阶段，即工作设计、野外施工、资料整理和解释以及工作报告编写等阶段。为了保证施工、资料整理的顺利进行，必须对各阶段的工作部署有明确的要求及规定，这些规定的有机汇总就是通常所说的电法勘探工作设计书。

设计书是根据具体的工作任务，在充分调查研究的基础上，根据工作地区的地质、地球物理条件，在选择有效的工作方法、布置合理的测网、配备适用的仪器装备、组织训练有素的队伍、正确进行野外施工及室内资料整理等一整套工作中采取的具体作法作出的规定和采取的保证措施。因此，设计书既是指导野外施工的“法规”，也是检查工作、评审工作成果的重要依据。

我们知道，电法勘探包含很多方法分支。本章仅以电阻率剖面法（直流）、电阻率测深法（直流）、激发极化法为例，从方法选择、工作技术、野外作业、资料的整理与图示、成果报告的编写和资料的推断解释等几个方面分别加以详细的阐述，其它电法分支方法可参照之。

### § 1.1 电阻率剖面法

#### 一、电阻率剖面法的工作布置

##### （一）电阻率剖面法工作的地球物理前提

为使探测对象在观测结果中得到明显反映，电阻率剖面法（以下简称电剖面法）的工作设计必须满足下列地球物理前提：

（1）探测对象与围岩或其它地质体之间应存在明显的电阻率差异。

（2）探测对象相对其埋深具有一定的规模、适当的形态和埋藏条件，其异常在进行观测或采样的空间具有一定强度和范围，能用现有仪器、技术发现和研究。

（3）探测对象的电测异常能从干扰背景中清晰分辨。

在地质条件具备而地球物理前提不具备的地区，不得布置电剖面法工作；在地质条件具备而地球物理前提不明、方法有效性不肯定的测区，只能将电阻率法作为试验项目。

##### （二）不宜设计电剖面法工作的复杂条件

（1）地形切割剧烈、悬崖峭壁、河网发育以及通行困难地区。

（2）覆盖层厚度大、电阻率低，形成低阻屏蔽干扰而无法保证可靠观测信号的

地区。

(3) 无法避免或无法消除工业游散电流干扰的地区。

(4) 接地电阻过大，又无法采取一般措施改善接地条件的地区，如大面积砾石分布区、风化石堆积区、表土冰冻达 1~2m 的冻土地带。

## 二、资料的收集和分析利用

在编写设计之前，要广泛收集、深入研究施工区及邻区有关的地质、水文、物探、化探、钻探、测绘等方面的资料（包括图件），做到既要重点收集和深入分析与工作任务及使用方法有关的资料，也要收集和了解测区及其外围与工作任务有关的其它资料，使普遍规律、传统经验与测区特点相结合，以便正确布置和处理所使用的工作方法的工作布局、方法技术以及与其它探测工作的配合关系。小比例尺（1:5 万以下）工作一定要收集到地形图，大比例尺工作尽可能收集到相应比例尺的地形图及地质图。

在分析利用所收集的资料时，既要尊重前人的工作成果，从中吸取有用的资料、观点和经验教训，也要注意资料编制的时间和背景，分析其精确性和可靠程度。

### （一）收集和分析测区的地理方面的资料

收集和分析测区的地形地貌、水系分布和土壤植物的发育程度对设计测区测网有重要意义。其中应特别注意地形走向、起伏程度、坡度大小以及水系、沼泽、丛林、村落、流沙、陡坎、风化石沙的分布情况，估计它们对野外观测的影响程度。

此外，还应注意分析地区性气象资料，以便妥善安排野外作业计划。

### （二）收集和分析地质资料

研究构造时，应注意地层接触关系；地质填图时，应注意按电性差异选择目的层，并注意其厚度变化及与上下地层之关系；直接找矿时，应注意含矿层位、可能的干扰体所在层位及其分布规律。

在收集地层资料时，还应注意收集有关第四纪覆盖层分布和厚度的资料。

### （三）收集和分析水文地质资料

(1) 测区中地下水类型，可能影响电剖面法工作的含水层埋深、厚度、分布与地下水运动规律。

(2) 测区中断层及断裂破碎带的含水性。

(3) 测区中岩溶裂隙及溶洞的发育情况。

(4) 各种岩石和矿石的孔隙及其含水性。

#### （四）收集和分析的物探资料

（1）拟设计测区及其附近地区曾被前人确定为有效方法所取得的物探成果资料。

（2）拟设计测区及其附近地区以往电性参数资料，包括各种岩石和矿石的电阻率及其统计曲线、地质物性综合柱状图、物探综合剖面图、井旁电测深或电测井资料、电性层分布资料等。

（3）经前人工作实践肯定为有效的方法技术资料，如收放线条件、电极接地条件、测地工作中的通视条件、电测干扰因素的种类和分布、困难条件下的观测技术、引起漏电的种种原因、露头工程的分布以及岩石风化程度等。

#### （五）收集和分析地理、测绘方面的资料

应收集测区及其附近地区的测绘资料，包括不同比例尺的地形图或航空照片、三角点与水准点的大地坐标资料、控制联测资料。分析这些资料的工作精度、分析它们在布置测区测网时可能被利用的程度，并依此为依据来设计测地工作和预测地形对测地工作特别是对电测工作的影响。

### 三、方法有效性与技术试验

#### （一）方法有效性试验

对于情况不明或地电条件复杂的地区，必须进行较多的试验工作才能确定能否完成既定地质任务的地区，应先编写试验方案进行试验，经试验证明能够完成主要的地质任务时，才能编写正式设计。

分析方法有效性时，至少应根据下述资料：

#### （1）邻区或条件类似的其它地区的实际工作结果

当引用邻区或条件类似的其它地区的实际工作结果来说明设计地区工作方法的有效性时，必须以充分的资料佐证设计地区的地质和地球物理条件与其相仿；而且也应佐证曾经被采用的方法技术在本设计测区内切实可行；地区性差异不会导致方法有效性发生重大改变。

#### （2）正演运算或模拟实验结果

当以正演运算或模拟实验结果来佐证设计地区使用方法的有效性时，必须充分说明假设的地电断面、电阻率值、非各向同性系数以及探测对象的空间的位置和产状要素等条件与实际情况相同。模拟应达到一级近似的程度，即模拟实验中的简化处理不会导致方法有效性发生重大改变。

### (3) 野外现场踏勘试验结果

当引用现场踏勘的工作结果来说明使用方法的有效性时，必须以充分资料佐证踏勘试验的代表性和结果的可靠程度。

现场踏勘一般包括下列主要内容：

- 1.核对已收集的地质、物探、化探及测绘等方面的资料。
- 2.实地考察可能被包括的测区范围，了解与工作布置有关的地形、地貌、交通及生活条件。
- 3.测定某些岩石、矿石的电性参数或电场，如电阻率、极化率、自然电场与自然跳跃电位、各向异性系数等。
- 4.初步估计探测对象在拟设计剖面中的反映特点；了解测区内干扰因素种类、干扰电平和分布范围，并分析通过各种技术措施消除或减小干扰影响的可能性。

### (二) 技术试验

在肯定了方法的有效性之后，还必须进行技术试验，以便确定工作所需要的最佳技术方案。

(1) 技术试验工作应以能达到试验目的为原则；

(2) 技术试验剖面应选择在地质情况比较清楚、地质断面相对比较简单的地段，同时尽可能考虑通过天然露头、探矿工程和工程钻孔；

(3) 应选择具有不同地电断面、不同地形和不同接地条件的试验地段，以使技术试验不乏代表性和便于资料对比；

(4) 试验时应采用多种装置形式和电极排列方式（对于电测深法还应采用较密的电极距系列和足够大的供电电极距），试验结果至少应达到观测的精度，质量达不到要求的试验结果不能作为设计的依据。

## 四、视电阻率参数的观测精度

### (一) 视电阻率总精度确定的原则

视电阻率观测精度直接反映了电剖面法工作的详细程度。直流电法的总观测精度，应根据工作目的、测区地质地貌特征、探测对象的规模、产状及其与围岩的电性差异情况、测区存在的干扰体与干扰电平、仪器与装备技术条件等因素选择确定。这些因素的影响可以归结为有着一定内在联系的两个方面，即野外需要分辨的最弱异常和实测能够满足的最小观测误差。

现行直流电法规范取 5% 为 A 级精度的指标值，10% 为 B 级精度的指标值\*。

## (二) 视电阻率观测精度的影响因素

视电阻率的观测精度主要受电测自身观测误差和测地工作精度影响。电测自身观测误差应包括  $\Delta V$ 、I 的观测误差和“其它”误差。“其它”误差一般包括布极不准引起的误差、电极极差变化、自然电位变化、仪器本身性能变化等引起的误差，这些误差叠加成所谓的“无位误差”。

测地误差、电极位置布设不准以及电极不满足理想的点电源而引入的微小 K 值变化称为“装置误差”，它与点位密切相关。“装置误差”和“无位误差”叠加，即构成所谓的“有位误差”。

视电阻率总精度分级以及各种因素引起的误差分配值见表 2-1。

表 2-1 视电阻率总精度分级及误差分配值表

配赋值 级别	分项	总均方相对误差 (观测总精度)		装置均方 相对误差	电测均方相对误差		
		有位误差	无位误差		$\Delta V$	I	其它
A		±5%	±3%	±4%	±1.5%	±1.5%	±2%
B		±10%	±6%	±8%	±3%	±3%	±4%

表 1-1 中规定的指标原则上适用于所有种类的电阻率法工作，但应根据不同的工作地区、工作目的以及测区的干扰水平来选择合适的精度级别。在有充分依据的前提下，设计者可以适当调整表 1-1 中的总精度，但必须满足工作任务要求且不影响地质效果。被调整的总精度一经设计审批单位批准，就作为最终评价全区系统质量的标准。

## 五、测区范围与测网布置

### (一) 确定测区范围的原则

(1) 测区范围应包括整个被探测地质体可能赋存的地段，并应向外扩延有足够的背景场。

(2) 追索性工作的测区范围应包括全部或部分已知地质体，以便能运用已知地段资料来对比未知区；在前人工作的基础上扩大测区范围时，应在测区边缘重复部分测线，以便于成果的联系与利用。

(3) 在其它物化探成果基础上布置更大比例尺工作时，尽可能包括某些地质情

\*应考虑目前我国直流电法仪器与装备的技术水平

况比较清楚的地段，特别是与研究目的有关系的天然露头或探矿工程分布地段。

(4) 确定测区范围时还要考虑地形、地貌，并兼顾施工方便，力求资料完整和测区大体规则。

### (二) 测网布置

(1) 测线（或剖面）应尽量垂直于探测对象走向，并尽可能避免或减小地形影响和其它干扰因素影响。

(2) 当测区内已有或设计有探矿工程或存在典型地质剖面时，应尽可能将测线设计在地质勘探线或典型地质剖面上。

(3) 当探测对象的走向变化复杂以至于测线方向无法随之变化时，可以垂直其平均走向布置测线，并按实际加密；当发现有意义地质体的走向与测线交角过小以致于影响解释推断和地质效果时，必须以实际资料来说明其影响程度，并垂直于有意义地质体走向另行布置补充剖面。

(4) 当工作过程中发现电测主体异常走向与测网基线的交角过大，以致影响解释推断和地质效果时，应放稀测网并改为控制剖面测量。

(5) 对于某些特定情况，还应设计纵剖面测量。

### (三) 电剖面法工作的测网

电剖面法工作测网形式取决于探测对象的分布范围和平面分布状态。测网密度则应该根据地质目的、工作性质、探测对象的空间位置以及采用的装置形式等因素确定。通常可按表 2—2 中的规定执行。

表 2—2 电剖面工作测网布置表

工作性质 穿过异常测 线、测点量 工作方法	普 查		详 查	
	测线数	每条测线 上的测点数	测线数	每条测线 上的测点数
对称四极剖面法	1~2	3~5	3~5	5~10
偶极、联合剖面法	1~2	6~10	3~5	10~16
中间梯度法	1~2	3~5	4	5~10

## 六、确定电极距及电极排列方向的原则

选择装置的电极距应遵循的总原则是：①一般要考虑被探测对象顶部埋深。②覆

盖层的电阻率。探测低阻覆盖层下的地质体要选用较大的供电极距。③表土电性的不均匀程度。当 AB、MN 大小选择的比例合适，可以降低表土电性不均匀的影响。④为了获得探测对象的多种信息，可选用多组电极距观测。⑤为了工作方便，MN 通常取点距的整数倍。⑥选择电极距应在已知地质剖面上进行必要的试验工作。

常用的电剖面法电极选择的具体原则如下：

(一) 对称四极或复合对称四极剖面装置

(1) 供电电极距  $\overline{AB}$  至少应为探测对象顶部埋深的 4~6 倍；测量电极距  $\overline{MN}$  应不小于探测对象顶部埋深，但也不宜超过  $\overline{AB}/3$ 。

(2) 在复合对称四极剖面装置中，较小的供电电极距  $\overline{A'B'}$  主要反映浅部电性变化情况；较大的供电电极距  $\overline{AB}$  主要反映深部电性变化情况。在大多数情况下， $\overline{AB}$  应为探测对象顶部埋深的 6~10 倍； $\overline{A'B'}$  应为探测对象顶部埋深的 2~4 倍。

(二) 三极、联合剖面装置

(1) 在普查良导性脉状地质体时， $\overline{AO}$  应按下列式计算：

$$\overline{AO} = \frac{1}{2}(L + d)$$

式中  $L$ —最小探测对象的走向长度； $d$ —最小探测对象下延长度（估计值）

当欲分辨相邻地质体时，应使  $\overline{AO}$  不大于地质体间距的二分之一；在进行地质填图或追索异常时，一般要求  $\overline{AO}$  至少应为被探测地质体顶部埋深的三倍。

$$\text{测量电极距 } \overline{MN} = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}\right) \overline{AO}$$

(2) 当探测对象的规模与埋深不清楚或变化范围较大时，应尽可能设计多种电极距进行观测，其极距变换比值不小于 2 为宜。

(3) “无穷远”电极一般应垂直测线方向布设，要求它与最近测线的距离为  $\overline{AO}$  的 5~10 倍；当因地形或通行条件及其地质、地貌原因需要沿测线或斜交测线方向布设“无穷远”极时，应适当增大它与最近测线观测段之间的距离，一般应超过  $\overline{AO}$  的 10 倍。

(四) 偶极剖面装置

偶极剖面装置的电极距  $\overline{OO'}$  与联剖装置的电极距  $\overline{AO}$  是相当的，可参照联剖装置电极距的确定原则选择  $\overline{OO'}$  的大小。通常使  $\overline{AB} = \overline{MN} = a$ ， $\overline{OO'} = (n+1)a$ ， $n$  为整数， $a$  的大小应为  $a = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{4}\right) \overline{OO'}$ 。

#### (四) 中间梯度装置

(1)  $\overline{AB}$  的选择应考虑装置为某一极距时的有效探测深度，通常可根据覆盖层厚度及其地电性质，并结合电源功率和施工方便等因素设计。考虑到大极距的对称四极法异常与相同条件下的中梯法异常是相似的，因此，在选择中梯装置的供电电极距  $\overline{AB}$  时，可以参考对称剖面装置的理论计算或模型实验结果。

#### (2) 测量电极距 $\overline{MN}$ 的选择

由于随着  $\overline{MN}$  的增大，视电阻率  $\rho_s$  异常值将减小，使曲线变得平缓，故  $\overline{MN}$  不宜取得太大。但是  $\overline{MN}$  也不宜取得太小，否则由于浮土层或近地表围岩中的电阻率不均匀性，将使  $\rho_s$  曲线产生锯齿状跳跃，同时， $\overline{MN}$  太小也会使观测电位差发生困难，考虑上述种种原因，通常取  $\overline{MN} = (1/50 \sim 1/30) \overline{AB}$ 。

#### (3) 观测区段的选择

对  $\overline{AB}$  连线的主剖面（或称为中心剖面）而言，一般可测区段为其中间的  $(1/3 \sim 1/2) \overline{AB}$ 。对平行于主剖面的旁测剖面而言，与主剖面的最大垂直距离不应超过  $1/6 \overline{AB}$ 。

(4) 当必须移动两次或多次装置来完成整条测线的观测时，在相邻装置的接合部位应有 2~3 个重复观测点。

## § 1.2 电阻率测深法

### 一、电阻率测深法的工作布置

电测深工作布置所必须的地球物理前提，可参照 § 1.1 中（一）的规定。

#### (一) 电测深工作应提交定量解释结果的条件

对于满足电测深工作的地球物理前提而又具备以下有利条件的测区，允许设计提

交定量解释结果的电测深工作：

(1) 测区内有较好的电性标志层（指测区中能被大多数电测深曲线明显反映，能追踪对比，并能用来解决地质任务的电性层。它以测区中广泛分布、厚度较大、与上覆地层之间有着明显而又稳定的电阻率差异，以及与欲解决的地质问题有直接或间接的联系为特征）。

(2) 地电断面（指从地面向下按电性分层的垂向断面）简单；电性层（电测深曲线的反映层位）层数不多，各电性层的电阻率在水平方向变化不大或变化具有规律性。

(3) 欲探测的主要电性分界面倾角不大（当用量板作定量解释时，要求所解释的电性分界面倾角一般不大于  $20^{\circ}$ ）。

(4) 测区地形平缓。

(5) 断裂构造少，且其分布形式和走向都比较有规律。

(6) 测区或测区附近有一定数量的已达电性标志层的钻孔及相应电测井资料；或在某些剖面（或测点）上有用其它方法取得的电性标志层的可靠资料（厚度、产状等）。

(二) 电测深工作不设计提交定量解释结果的条件

当遇到下列条件时，一般应不设计电测深工作或不设计提交定量解释结果的工作：

(1) 地质构造复杂，断裂发育，测区地电断面变化很大且无规律。

(2) 某些主要电性层的电阻率沿水平方向变化很大且无规律。

(3) 地表切割剧烈，地形地貌复杂。

(4) 地电断面中存在电性屏蔽层（指位于探测对象上方占据一定分布面积，具有极高或极低的电阻率，能严重阻碍电流向下穿透又与探测对象无规律联系的电性层）。

(5) 地下经常存在强大的工业游散电流。

(6) 冻土、流沙、砾石及风化堆积物等广泛分布，且厚度大，接地严重困难。

## 二、资料的收集与分析利用

在着手电测深工作设计时，其资料收集与分析利用的一般原则可参考电剖面法中的有关部分。对于大极距的电测深工作，还应重点了解测区的交通条件。

除上述资料外，还要收集与分析利用以下有关资料：

#### （一）收集和分析的地质资料

（1）为了初步树立测区的基本地质断面概念，应了解测区中不同时代的地层或岩体的分布，了解被探测地质体的赋存条件和空间位置，分析地层、岩性及被探测地质体三者之间的关系与规律性。

（2）为了进一步把握区内深部与浅部构造之间的相互关系，分析地质环境的复杂性，预测不同区段地质情况变化，并估计这种变化对电测深曲线类型的影响，在熟悉测区地质资料的过程中，应该特别注意天然露头（或人工露头）的分布及覆盖层厚度；还应了解构造的形态、走向、规模、空间位置等情况。当某种地质因素有可能成为电测深观测的干扰时，应考虑避免或减少干扰影响的技术措施。

（3）为了正确分析测区地电断面特征，应了解预定探测深度内的岩矿性质资料，如沉积岩的矿物结构、孔隙度、胶结物性质和层理发育情况，变质岩变质程度、片理发育情况，岩矿石中良导电矿物的含量与结构关系，在地层、岩体或矿体中上述岩体特性沿水平或垂深方向的变化规律。

（4）在着手电测深工作设计时，还应充分了解测区拟探测深度范围内的水文地质资料（包括岩层的含水性、水矿化度及其变化规律资料）和第四纪疏松覆盖资料（其分布范围、厚度变化、含水性、电学性质及其变化情况）。

#### （二）应当了解拟设计测区的物探资料

（1）各种物探资料，特别是提供了某些地层或地质体埋深、覆盖层厚度等情况的物探资料。

（2）地质情况较清楚的典型地段上的电测深或电剖面法的资料，以便预测可能出现的电测深曲线类型。

（3）钻孔、地层柱状图、测井资料或井旁测深资料，以便分析地层电阻率值，并为分析测区地电断面提供依据。

（4）各类岩、矿石的电阻率资料，但应注意它们是否具有代表性和达到怎样的可靠程度。

### 三、方法有效性与技术试验

分析电测深方法有效性的依据，它可能解决的问题和具体步骤，可遵照本章 § 1.1 电剖面法中的有关规定执行。但应注意采用较密电极距系列和足够大的供电极距。

### 四、视电阻率参数的观测精度

在电测深工作中， $\rho_s$  观测精度的确定原则、观测的总精度、总精度分级以及各种影响因素的误差配赋值可参阅电阻率剖面法的有关内容。

## 五、测区范围与测网布置

电测深工作的比例尺和测网密度应根据地质任务、测区地电断面的复杂程度等具体条件综合考虑，既要保证地质效果又要考虑经济效益。如电测深工作是为了寻找某些地质体或地质构造，则所设计的测网密度应能保证平面分布最小的探测对象至少在两个相邻测深点上有清晰的反映；必须考虑探测对象埋深对探测结果详细程度的限制，相邻电测深点的最小距离不得小于主要探测对象埋深的半值

表 2-3 面积电测深常用比例尺和测网密度表

比例尺	测线间距	沿测线的点距	测点数/km <sup>2</sup>
1:100 万	10~40km	10~20km	1/800~1/100
1:50 万	5~20km	5~10km	1/200~1/25
1:20 万	2~8km	2~4km	1/32~1/25
1:10 万	1~4km	1~2km	1/8~1
1:5 万	0.5~2km	0.5~1km	1/2~4
1:2.5 万	0.25~1km	0.25~0.5km	2~6
1:1 万	100~400m	100~200m	12.5~100
1:5 千	50~200m	50~100m	50~400
1:2 千	20~80m	20~40m	300~2500

或所设计的最大测量电极距的半值。当为了探测较深的对象，但又必须详细了解其它浅部探测对象时，只允许按上述原则在较疏的大电极距电测深测网中用小电极距电测深点加密。

电测深工作的比例尺和测网密度的关系，应视工作地区地质及地球物理条件的复杂程度决定。面积电测深工作常用比例尺和测网密度列于表 1-3。

## 六、确定电极距系列及电极排列方向的原则

每个测深点观测所用的自小而大的一系列电极距，称为电测深工作的电极距系列。电极距系列、最大供电电极距以及电极排列方向，应根据工作任务、测区地质、地球物理条件及施工条件等设计。

### (一) 确定电极距系列的原则

(1) 在设计供电电极距系列时，应使各极距在 6.25cm 模数的双对数坐标纸上沿  $\overline{AB}/2$  轴有大致均匀的分布，相邻电极距的比值在 1.2~1.8 之间。对于某些比较简单的地电断面或者某些测深曲线的次要曲线段，常选用较大的相邻电极距比值；通常可将该比值选择为 1.5（此种比值的电极距系列间距在坐标轴上的分布大约为 1cm）。

(2) 应以获得完整的电测深曲线，满足解释推断的需要为原则。设计的最小供电电极距应该保证电测深曲线有明显的前支渐进线；设计的最大供电电极距应根据测区（或者类似条件的其他测区）中具有代表性的电测深曲线确定，或者通过测区已知地电断面正演估算确定，并在生产实践中灵活调整，具体要求是：

1. 当以“无穷大”电阻率值电性层为底部电性标志层时，在反映该电性标志层呈  $45^\circ$  上升的曲线尾支渐近线上至少应有三个电极距读数。

2. 当以有限电阻率值电性层为底部电性标志层时，测深曲线的尾支应获得明显的渐近线（应有三个电极距读数）。

3. 对于新区，应根据需要设计若干个均匀分布、电极距较普通测深点大的“控制测深点”，以把握测区中电测深曲线的尾支渐近线特点，了解最下部电性标志层的电阻率情况。

(3) 测量电极距系列应根据所设计的供电电极距系列、测区岩石电阻率及电位差的观测条件等设计。为了保证观测精度和工作效率，通常测量电极距与相应供电电极距的比值保持在  $1/3 \sim 1/30$  的范围内，即  $\overline{AB}/30 \leq \overline{MN} \leq \overline{AB}/3$ ，表 2-4 为电极距的一种选择方案。

表 2-4 测量电极距与相应供电电极距的比值表

$\frac{\overline{AB}}{2} (m)$	3	4.5	6	9	12	15	25	40	65	100	150	225	325	500
$\frac{\overline{MN}}{2} (m)$	1	1	1	1	1	1	1							
$\frac{\overline{MN}}{2} (m)$						5	5	5	5	5	5			
$\frac{\overline{MN}}{2} (m)$										25	25	25	25	25

(4) “无穷远”极 C 的方位和距离

应尽可能使“无穷远”极 C 位于  $\overline{MN}$  的中垂线上，将  $\overline{OC}$  与  $\overline{MN}$  中垂线的方向差控制在  $\pm 5^\circ$  之内，并使  $\overline{OC}$  不小于  $5\overline{AO}$ （或  $\overline{BO}$ ），若不能满足上述要求，可使  $\overline{OC}$  长

度增大至  $10\overline{AO}$ ，使之由于 C 极影响在视电阻率观测中引起的误差不超过  $\pm 2\%$ 。

## (二) 确定电极排列方向的原则

在设计电极的排列方向时，应使各种电性不均匀（如地形、构造、地表局部电性不均匀等）的畸变影响降低到最低限度，同时也应适当照顾通行、接地和施工的方便。电极排列方向一般应满足如下要求：

(1) 同一测区的电测深点的电极排列方向应大体相同；因客观条件限制必须改变方向时，应布置足够数量的十字电测深点。

(2) 就尽可能使电极排列方向和剖面方向一致，以便节约测地工作和便于收、放线连续作业。

(3) 当地形坡度大时，应尽可能使电极排列方向与地形等高线平行。

(4) 必须设计一定数量（不少于测深点总数 3%）、在测区均匀分布的十字电测深点，以便把握地电断面在水平方向变化对电测深曲线的影响。

## § 1.3 激发极化法

激发极化法采用的装置形式基本上与电阻率法相同，不再赘述，本节仅将激发极化法设计中的某些特殊问题作简要介绍。

### 一、激发极化法的工作方式

(一) 时间域激发极化法，按供电方式可分为短脉冲和长脉冲两种方式。两种工作方式用途不同：在普查和大面积详查地区，应采用短脉冲工作方式；仅在个别详查区和进行激电测深、研究异常解决某些特定问题时采用长脉冲工作方式。两种方式的优、缺点见表 2-5。

(二) 根据仪器性能的特点，其工作方式又可分为短导线测量（即短导线）和长导线测量（即长导线）两种。短导线工作方式与长导线工作方式的区别在于前者测量仪器不与控制系统连接，利用“远点启动”方式，实现二次场电位差测量。

短导线方式测量的特点是：不设固定测站，测量电极员的劳动强度，减少测量导线漏电机机会；几台测量仪器可以同时工作，效率高，适于快速普查；操作员在每一测点观测，有利于及时发现和处理问题。

表 2-5 短脉冲及长脉冲工作方式优、缺点对比表

短脉冲工作方式	长脉冲工作方式
1、二次场讯号较小	1、二次场讯号较大
2、观测过程中，测量电极极差变化较小	2、观测过程中，测量电极极差变化较大
3、观测时间短，干扰讯号输入机会较少，因而观测成功率较高	3、观测时间长，干扰讯号输入机会较多，因而观测成功率较低
4、不同地质体二次场和程度不一，因此异常往往被压低	4、不同地质体异常反映的差异比较明显
5、工作效率高，常用于面积性工作	5、工作效率低，常用于剖面 and 测深

## 二、踏勘和工作前的技术试验

踏勘和技术试验的原则与电阻率法相同，可参阅电阻率法相关内容。激发极化法本身在设计中需要注意下面几个问题。

### (一) 确定 $\lambda_0$ 、 $a_0$ 的方法

二次场电位差  $\Delta U_2$  的衰减系数  $\lambda$  是断电后二次场衰减至 t 时刻的电位差  $\Delta U_2'$  与断电某一瞬间的二次场电位差  $\Delta U_2$  之比，即

$$\lambda = \frac{\Delta U_2'}{\Delta U_2} \times 100\%$$

而  $\lambda_0$  是  $\lambda$  的常见值。

为确定  $\lambda_0$ ，通常在选定的地质上有代表性地段的若干点上，进行断电后  $\Delta U_2$  衰减情况的多次观测，在地质情况相同的几个点上，多次观测得到的  $\lambda$  的算术平均值作为该类地质条件下的  $\lambda_0$  值。

直流激发极化法工作规范规定，以  $\lambda$  偏离其相应地质条件下的  $\lambda_0$  的大小  $|\lambda - \lambda_0|$  作为判断  $\Delta U_2$  衰减情况是否正常的标准，当  $|\lambda - \lambda_0| > 10\%$  时，必须进行重复观测，并以各次合格观测结果的算术平均值作为最终观测结果。

比值参数  $a$  是采用短导线工作方式直读视极化率值时，正向供电测得的视极化率  $\eta_s^+$  与  $\eta_s$  的比值，即

$$a = \frac{\eta_s^+}{\eta_s} \times 100\%, \quad \text{式中 } \eta_s = \eta_s^+ + \eta_s^-$$

$a_0$  是  $a$  的常见值。

确定  $a_0$  的方法与确定  $\lambda_0$  类似，即在选定的地质上有代表性的点上进行多次观测，用统计方法确定不同地质条件下，不同供、放电时间的常见值  $a_0$ 。

同样规定  $|a - a_0| > 10\%$  时为非正常偏离，必须进行重复观测。

### （二）供、放电时间的确定

当采用长脉冲方式工作时，一般取  $\Delta U_2$  达极限值的 90% 以上的时间为供电时间  $T$ 。在短脉冲方式工作时，一般取  $\Delta U_2$  达极限值的 50% 左右所需的时间为供、放电时间。

## 三、视参数观测精度

激发极化法可以测得视极化率  $\eta_s$ ，同时也可以获得视电阻率  $\rho_s$ ，下面简述  $\eta_s$ 、 $\rho_s$  观测精度指标。

### （一）视极化率的观测精度

视极化率的观测精度由点位误差和电测本身两部分因素决定。由于点位误差对视极化率的精度影响甚小，故视极化率的观测精度主要由电测本身的精度决定。在视极化率  $\eta_s > 3\%$  的地段，用总均方相对误差  $M$  来评价，在视极化率  $\eta_s \leq 3\%$  的地段，规定使用总均方误差  $\varepsilon$  来评价观测精度。

由于仪器类型不同，其所能达到的精度各异，还由于各地区地电条件、干扰强度差异很大，所要解决的地质问题各不相同，因此，直流激发极化法规范规定了 A、B 两级精度（见表 1-6）。

### （二）视电阻率的观测精度

视电阻率的观测精度是参照直流电法工作规范将其分为 A、B 两级精度指标。考虑到发送机电流读数误差较大等因素，将精度指标分别比纯电阻率法工作放宽 1 倍及 0.5 倍（见表 2-6）。

表 2-6 直流激发极化法参数精度表

参数 总精度 级 别	视极化率 ( $\eta_s$ )		视电阻率 $\rho_s$ 总均方相对误差	
	总均方相对 误差 (M) ( $\eta_s > 3\%$ 时)	总均方相对 误差 ( $\varepsilon$ ) ( $\eta_s$ $\leq 3\%$ 时)	有位误差	无位误差
A	4%	0.12%	7%	4%
B	7%	0.21%	12%	7%

## § 1.4 野外作业

电法勘探野外作业的目的是取得符合设计要求精度的观测数据。因此，在作业前应作好充分的准备的工作，作业应按照规范要求进行，对观测结果要进行质量检查和评价。此外，在作业中还应注意安全，做到安全施工。

### 一、野外作业准备

(一) 学习电法勘探实习指导书相关内容及做好准备工作

(1) 教师向学生讲授测区电法实习工作的任务、使用的工作方法、技术，应达到的工作精度，以及对各种人员的技术要求。

(2) 带领学生到实习工区踏勘，实地了解测区地点、范围、测网布置情况、地形地貌、交通等环境情况。

(3) 对实习中使用的仪器及技术设备进行全面系统的检查调节，重点检查电线的绝缘情况供电测量电极的完好情况。在激发极化法实习开始前，要制做出合格的不极化电极。

(4) 普遍进行操作仪器练习，掌握仪器的基本操作方法。

(二) 日常出工前的准备工作

(1) 出工前应预先布置第二天的具体工作任务、应携带的仪器设备等。对组员进行具体明确分工，如每个作业人员应具体负责的工种或工序等。

(2) 到达实习工区后，负责测站的布置工作，并分配各布线及跑极人员布置导线及到达指定的接地位置布置好电极，接好导线。

## 二、野外作业技术

合理的野外作业技术是取得合乎设计精度要求的野外资料的重要保证。野外作业技术包括测站布置、导线布设、电极接地、漏电检查、测站观测、数据记录与野外草图困难条件下的观测和处理等内容。野外作业技术许多内容与电极接地电阻、漏电、电磁感应和装置系数误差等问题相关联。

### (一) 野外作业技术的有关理论

#### (1) 电极的接地电阻

电极的接地电阻是指从电极表面流到大地无限远处时大地所呈现的电阻。传导类电法需要通过供电电极向地下供入直流或交流电，并常通过测量电极测量电位差，因而会碰到电极的接地电阻问题。供电电极接地电阻过大，会使得向地下供电困难，使测量电极间的电位差难于达到必要的量值；而测量电极接地电阻过大（相对测量仪器的输入阻抗不能被忽略时），则会使降在接地电阻上的电位差过大，增大观测误差。因此，在实际工作中，总是希望接地电阻尽可能小一些。

##### 1. 单个电极的接地电阻

对于半球形电极，在干燥的土壤上埋设时，为了减小接地电阻，可在电极周围浇水，减小电极周围大地物质的电阻率 $\rho$ ，这样就减小了电阻 $R$ ，从而使接地电阻 $R$ 减小。虽然浇水范围只在电极附近，却可大大降低接地电阻。金属电极表面生锈，会使接地电阻大大增加，因此，金属电极有锈蚀时要打磨掉，使其经常保持良好导电性能。对于棒状电极，它的接地电阻与大地电阻率成正比，随棒状电极入土深度的增大而减小，随半径的增大而减小。野外常用的棒状电极外直径为1.6~2.2cm，长度为75~100cm。为了减小接地电阻，可采用将电极打深，增加棒状电极入土深度的办法。另外棒状电极垂直打入地下时接地电阻最小。

##### 2. 并联电极组的接地电阻

当单根电极接地不能满足作业要求时，通常采用多根电极的并联组合以减小接地电阻。假设电极组由 $n$ 个电极组成，各电极接地电阻为 $R_i (i=1, \dots, n)$ 。又假定电极间互不影响，即对任一电极来说，其它电极在其上产生的电位相对于其本身应有的电位可忽略不计，这时，并联电极组的接地电阻 $R_n$ 与各电极接地电阻之关系为：

$$\frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

当各电极接地电阻相同，都为  $R$  时，有

$$R_n = \frac{R}{n}$$

实际工作中，为了使并联电极组可近似视为点电源，各电极间的距离不能太大，因而相互间的影响总是存在的。计算表明，对两个直径为 2cm，入土深度为 50cm 的电极，当它们之间的距离为电极入土深度的 2 倍（100cm）时，相邻电极的影响使接地电阻约增大 10%。因此，当相邻电极的距离大于入土深度的 2 倍时，有如下近似关系：

$$R_n \approx \frac{R}{n}$$

## (2) 装置误差

实际测量中，由于装置与设计的理想装置不符，例如供电、测量接地不是理想的点电源、接地点位置不准确等，均会造成误差，这种相对误差称为“装置误差”。

设供电、测量电极均为理想点电源并且接地点无误差时测量得到的电位差和视电阻率分别为  $\Delta U$  和  $\rho_s$ ，实际测量得到的电位差和视电阻率分别为  $\Delta U'$  和  $\rho_s'$ ，则装置误差可表示为：

$$M_{\rho_s} = \frac{\rho_s' - \rho_s}{\rho_s} = \frac{\Delta U' - \Delta U}{\Delta U} = M_{\Delta U}$$

式中， $M_{\rho_s}$ 、 $M_{\Delta U}$  分别为视电阻率和电位差的相对误差。

装置误差与棒状电极的入土深度、电极接地位置的准确性、电极组的布置方式和大小等有关。

1. 棒状电极入土深度引起的装置误差，对于供电电极，其入土深度应不大于  $\overline{AO}$  长度的 1/12；对于测量电极，还应考虑其入土深度相对  $\overline{MO}$  的大小。规定各电极的入土深度应不大于其至  $MN$  中点的 1/20 是合适的。

2. 电极电位不准确引起的装置误差，对于电极垂直排列方向，其偏移应不大于  $\overline{AO}$  长度的 1/14；对于电极沿排列方向，供电电极的偏移不应大于  $\overline{AO}$  长度的 1/220，测量电极的偏移不大于  $\overline{MO}$  长度的 1/120。

由以上可见，无论是供电电极还是测量电极，沿排列方向偏移造成的装置误差比垂直方向偏移造成的误差大得多。

### (3) 漏电影响

理论及实践证明,对于供电电极,减小接地电阻或改善导线绝缘情况都能减小漏电影响;供电线与测量线距离越大,漏电造成的误差越小。对于测量电极,当漏电点靠近测量电极或自测量电极远离供电电极时,影响不大;随着漏电点自测量电极往供电电极靠近,漏电影响逐渐增大;在供电电极附近漏电,将造成很大误差。

### (4) 电磁耦合及电磁感应影响

电磁耦合又称感应耦合,是指接地发射导线和接地接受导线之间与频率有关的互感阻抗,它与发射导线,接受导线及其附近大地间的互感和本身的自感有关。

电磁耦合随供电导线和测量导线之间距离的增加而减小;随供电导线或测量导线长度的增大而增大;与供电导线和测量导线间的夹角有关。当夹角为 $0^{\circ}$ 时,电磁耦合最大; $90^{\circ}$ 时,电磁耦合最小。

高压输电线可看成是不接地的架空供电导线,对各种电法测量都是干扰源。必须通过时,应使那段测量导线与高压输电线方向垂直。

当测量导线悬空时,如果在风的作用下发生摆动,就会因切割地磁场磁力线而在测量回路中产生感应电动势,使观测无法进行或引起观测误差。

## (二) 实际野外作业技术

测站是野外作业的中枢。目前,根据现有仪器种类和工作方法的差别,测站分为固定式测站(如直流电阻率法和长导线激发极化法的观测站和短导线激电法的供电站)和移动式测站(如短导线激电法的观测站)两种。由于移动式测站是测量仪器和测量电极逐点同时移动测量,故不存在布置测站问题。下面就固定式测站选择原则及布站工作内容概述如下。

### (1) 测站布置

#### 1. 固定式测站的选择原则

①剖面测量时,测站位置应尽量靠近观测地段的中心,以便控制测区较大的面积。测深测量的测站尽可能布置在测点附近。

②通常可将测站选择在视野开阔、地势平坦、通行方便、避风干燥处。

③测站应远离高压输电线和变压器,以避免电磁感应与电源漏电影响。

④测站应避免产生剧烈振动的地段和公路。

⑤测站和供电站应采取必要的防潮、防雨和防曝晒措施。

## 2.固定式测站的布置内容

①采取防潮（如测站地面上铺上塑料布或雨布或胶垫，在其上放好仪器）、防晒（撑起太阳伞）措施。

②支架仪器、打好木桩，定出供电、测量电极放线方向；并把自测站引出的供电及测量导线分别绑在牢固的木桩上或树根上，以免放线时拖倒仪器及其附件。

③检查工作电源：当用发电机作电源时，供电站一般由教师负责，学生应协助布站，进行发电机试车以观察空载和负载条件下的运转情况；当用于电池作用电源时，应按规定方式接好干电池。

④检查仪器和控制面板线路连接情况，并检查仪器及通讯设备的电源及工作状态是否正常；检查通讯设备通话和收听效果。

⑤检查仪器、导线及线架是否漏电并记录检查结果。

⑥核对各电极的点、线号。

⑦导线敷设、电极接地结束后，利用通讯设备与跑极员取得联系，先插好测量线插头，确认测量线完好后，再接好供电线插头。粗略测试供电回路电阻并进行试供电，选择合适的工作电压、电流、匹配好平衡负载。应指出，直流激发极化法须供较大的电流、更需保证供电电极接地电阻尽可能小，以减少功率消耗。

经逐项检查，凡不符合技术要求的仪器设备应进行现场处理，直到症状消除合乎规定的技术要求后，方可进行观测。

### (2) 导线敷设

为了防止导线敷设不当而引起电磁耦合、电磁感应或导线漏电，导线敷设应遵从下列规定：

1.供电、测量导线不允许相互交错，应尽可能分列于测线两边，并保持一定距离，对电剖面测量，当 M 线（或 N 线）的长度小于 1km 时，该间距可为 1~5m；大于 1km 时，应加大到 5~20m；对电测深测量，由于通常采用扩展式电极距系列，故测量导线与供电导线的距离不应是固定的，一般以不小于  $1/10 \overline{MN}$  为宜；对激发极化法来说，测量导线与供电导线的距离都应比电阻率法更大些，以降低电磁耦合影响。

2.测量导线一般应避免悬空架设，当导线穿越河道、池塘必须架空时，应注意将导线拉紧。无法架空而只能漫水通过的供电导线和测量导线，应事先向测站报告并进行漏电检查。

3.测量导线应尽可能远离高压输电线。当必须通过时，应使那段测量导线与高压线方向垂直。

4.电线接头处应确保接头牢固和外皮绝缘好。为避免导线损伤，放线时应边走边放，收线时应边走边绕动线架收线，不许拖曳收、放线。在导线收、放过程中，应随时注意导线有无破损或扭结。破损处应包扎绝缘；扭结处应放松理顺。此外，还应注意尽量不使导线承受过大拉力，当手感力量忽然增大时，切勿硬拉，应及时查明原因。导线通过铁路、公路、河道或村庄时，应采取架空、埋土或从道轨下通过等临时性措施，以无碍车、船、人畜通行和避免导线损伤。

### (3)电极接地

正确布设电极也是提高观测精度的重要技术措施之一。电极接地通常遵循以下原则：

1.电极应尽量靠近预定接地点标志布设，并与土层密实接触，以减小电极的接地电阻。

2.电极入土深度一般应小于电极至 MN 中点距离长度的 1/20，当电极距很小时，也应不超过 1/10。

3.当单个电极接地不能满足野外作业要求时，应采用多根电极并联成电极组。

①电极组任意电极间的距离应大于 2 倍电极入土深度。

②电极组通常应垂直测线打成一排或几排，只有受客观条件限制时才可以绕接地点环形分布或沿测线排列。

4.供电电极的数目应根据供电电流和接地条件而定。单根电极通过的电流强度以不超过 0.2A 为宜，以减小电流不稳现象。

5.当进行剖面测量时，单根电极因客观条件限制只能向接地点某一侧偏离时，其垂直测线方向的位移应小于至 MN 中点距离的 1/14。沿测线方向的位移，对供电电极应小于其至 MN 中点距离的 1/220，对测量电极应小于其至 MN 中点距离的 1/120。当不能满足上述要求时，应重新计算 K 值。

电测深法的电极接地除应遵守上述原则外，为选择优越的供电接地点或避开障碍物，可以垂直 AB 排列方向移动接地点。供电电极接地点拉线方向移动的距离应不超过  $\overline{AO}$ （或  $\overline{BO}$ ）的 5%；沿拉线方向移动的距离应不超过  $\overline{AO}$  的 1%，这时可不必另外计算 K 值。当接地点附近存在较大面积的障碍物或者接地困难时，必须在观测现场改

变电极距观测，这时应重新计算 K 值。移动一端或两端电极后的四极测深装置，仍应设法使装置保持对称；若  $\overline{AO}$  与  $\overline{BO}$  不等，则在绘图时将两者极距取平均值。布置测量电极 M、N 时，允许与 AB 的方向有一定的偏离，但偏离角度不得大于 5%。

不极化电极接地的技术要求：

1.应在接地点挖电极坑，坑内不得留有碎石和杂草；地表干燥时，应提前半小时在坑内浇水，当测点岩石裸露时，应提前半小时在坑内浇水，当测点岩石裸露时，应在岩石上垫以湿土。总之，应确保不极化电极接地电阻较小。

2.不极化电极不可埋设在流水、污水或废石堆中。布极时，还应尽量减小两极温差，所有电极应避免日晒，基点处的电极更要注意；电极引出的裸金属线不要触及线架或杂草；电极接地点附近不要有人为扰动。

3.当接地点受自然条件限制要移动电极布设位置时，其移动方向应垂直测线，其移动距离不应大于观测点点距的 1/5。

4.电位装置测量时，基点的电极（固定极）接到仪器的 N 端，测点的电极（流动极）接到仪器的 M 端，并要在记录中注明基点与各测点上所用不极化电极的编号（或代号）。梯度装置测量时，在东（或正北）方向的电极接仪器的 N 端，西（或正南）方向的电极接仪器的 M 端。

#### （4）漏电检查

在野外作业中，测量仪器、供电线路、测量线路中的任何一部分漏电都会对观测结果造成误差，因此，必须适时进行漏电检查。

1.电法野外观测之前和结束之后，均应对仪器和导线的绝缘性能进行系统检查。进行剖面测量时，在一个野外作业日的观测始末、测线转移、中梯装置改变排列或者变换极距的情况下，都应对供电系统和测量系统分别进行检查。

测深作业在下列情况下应做例行漏电检查：

①电测深的最大供电电极距。

②三极电测深或联合电测深的“无穷远”供电导线。

③500m 以上的每一个供电电极距（当天气晴朗、地面干燥时，可放宽至每隔三个电极距）。

测深作业在电极距不大、干扰电平很低，读数本身引起的视电阻率误差不超过 2% 时，还可以用改变供电电极接地电阻的办法来检查是否漏电。当供电电极接地电阻

改变不少于一倍而测得的视电阻率差值不超过 5%时，便认为漏电影响在观测结果中可以忽略。

## 2.仪器的漏电检查

在仪器断路的情况下，用 500v 兆欧表分别测定 A、B 插孔，M、N 插孔、仪器外壳三者之间的绝缘性能，要求测定的电阻值均不少于 100MΩ。若测定的值小于 100 MΩ，则认为仪器绝缘性能不合乎规定要求，其漏电影响不容忽视。

3.开工前对导线的漏电检查，一般是将导线铺于地面上，采用 500V 兆欧表，测量导线对地的漏电电阻。每公里导线的绝缘电阻，对于供电导线应不小于 2 MΩ；对于测量导线，应不小于 5 MΩ。

4.当仪器设备在观测现场无法满足 2、3 所规定的绝缘指标时，应进一步对供电系统和测量系统进行下述漏电检查：

①供电系统漏电检查一般可轮流断开一供电导线与供电电极的接头，同时观测供电线路中的等效漏电流和测量线路等效漏电电位差（两次电压不同时可按电压正比关系换算成工作电压下的“等效值”）。要求两端等效漏电流的总和不超过该点供电电流的 1%，两端等效漏电电位差的总和不超过该点观测电位差的 2%，进行漏电检查的电源电压一般不超过 300V。

②测量系统漏电检查一般可轮流断开一测量导线与测量电极的接头，供电时测量等效漏电电位差。要求两端等效漏电电位差的总和不超过该点观测电位差的 1%。

5.当观测过程中发现有不能允许的漏电现象时，测站应着手改善导线、电源、仪器或控制面板的绝缘情况，并根据观测曲线的畸变特征寻找漏电点位置，分析测线逐点返回进行重复观测，直至连续有三个测点的观测结果符合重复观测的要求时，才能认为此漏电影响已被排出。漏电现象与漏电检查处理结果应记录在记录本备注栏中，作为资料检查、验收的一项重要内容。

## （5）测站观测

### 1.基本观测的技术要求

基本观测又称原始观测，其观测结果是原始资料的重要组成部分，为了获得满足观测精度的原始数据，必须遵守以下技术要求。

电阻率法基本观测的技术要求：

①供电电压不宜低于 15V，以免因低压供电电极极化缓慢致使供电电流不稳；同时供电电压将造成极化电压所占比例增大，影响观测精度。

②在观测过程中，应将供电电流的变化控制在 $\pm 2\%$ 以内。当电流不稳（在 $\pm 3\%$ 范围内变化）时，应采取“ $I-\Delta V-I$ ”的读数方式和短暂供电的办法观测，并应以 $I$ 的平均值参与视电阻率计算。当外界干扰使 $\Delta V$ 观测时间较长时，应以“ $\Delta V-I$ ”的方式读数。中间梯度装置每经5~10个测点测定电流一次，其间电流变化不允许大于2%，若大于2%，以后应逐点测量电流。

③对于单个测回（指对测点完成一次 $\Delta V$ 和 $I$ 的连续测定过程），应采用短暂而相同的观测时间，以避免观测过程中电极极化引起电流变化以及某些地质体的激电效应给观测结果带来影响。

电测深野外基本观测的技术要求除上述3点外，还应注意以下三点：

①当变换测量极距观测时，应当在测量极距被改变的两相邻供电极距上同时获得两组测量电极距的观测值。

②进行大极距观测时，必须使每次观测的供电时间不少于电场的建立时间。电场建立时间所需的时间 $t$ 可按以下经验公式求得：

$$t = \frac{2\pi L^2}{10\rho_s} (s)$$

式中 $L$ 为供电电极距 $\overline{AO}$ ，单位为千米； $\rho_s$ 为相应供电电极距的视电阻率的观测值，单位为欧姆一米。当极距较大时，要注意因供电时间过长可能引起的测量电极的极差变化、大地电场的变化以及电池组的电源不稳定等情况。

③供电极距 $\overline{AO}$ 大于1000m时的所有读数应进行重复观测，并以其平均值作为最终的基本观测值。

激发极化法的基本观测的技术要求：

①在供电过程中，供电电流变化不得超过2%。

②供电时间的相对误差不得超过5%，当采用双极性短脉宽供电时，脉冲间隔时间误差相对值不得超过10%。

③断电后某一瞬间的二次场电位差 $\Delta U_2$ 一般不小于0.5mV。在低极化率背景段，当使用0.5mV计算视极化率也不致形成异常时，允许少量点的 $\Delta U_2$ 值在0.3~0.5mV之间。在有明显游散电流干扰的地段，允许的 $\Delta U_2$ 最小值应根据干扰幅度适当地增大。

④观测供电电流、总场电位差和断电后某一瞬间二次场电位差时，应尽量读取三

位数字，直读视极化率时，读取到小数后一位。

2.在野外观测现场，记录员必须及时回报核实操作员读数，进行记录、计算并绘制草图，以便确定是否应当检查观测或者是否进行异常及畸变情况的检查处理、加密测点等。

3.跑极员应服从测站指挥，与测站协调工作，以提高工作效率。

#### (6) 数据记录与野外草图

1.野外观测现场的全部观测数据都应该如实地记录在专用记录本上。记录本不允许空页、撕页或者粘贴其它纸张。

在野外观测过程中发现的曲线畸变或者干扰现象，应在记录本相应页次的备注栏中简要注记。

2.记录本中的各分类事项应认真填写，不得遗漏。各种数据应在观测现场及时记录，事后不得追记或修改，也不准以转抄的结果代替原始观测记录。

3.数据记录时只允许使用中等硬度（2H 或 3H）的铅笔。要求记录得正确、工整，字迹清晰，原始数据不得涂改或擦改，记错了的数据必须划去重记，并在备注栏中注明原因。

4.剖面测量的草图绘在方格纸上，其上应标明测区、比例尺、剖面号、剖面方位、测点号、装置形式和观测日期。必要时还应该将所发现的干扰影响注在草图的相应位置。

5.电测深野外作业的草图应绘在 6.25cm 模数的不透明双对数坐标纸上，并应注明电测深点号、电极排列方向、各组  $MN$  值、起始极距的  $\rho_s$  值、观测日期、操作者和记录者的姓名。

#### (7) 困难条件下的观测和处理

1.在野外观测场造成观测困难的因素大体上分两个方面：一是由于仪器设备本身的故障；二是仪器外部的各种干扰。因此，应首先检查仪器设备的性能，当确信仪器设备为正常工作状态，影响观测的原因来自仪器外部时，应根据干扰的各种表象特征来判断干扰原因，并拟定相应的处理措施。

#### 2.重复观测

重复观测是指在读数条件比较困难（读数很小、有明显干扰现象以及有反常现象）等单次观测难以保证精度的情况下，操作者通过增加观测次数，以使最终观测结果符

合精度指标的一种观测方式。对于电阻率法，当读数小于 0.3mV 或 0.3mA 时要进行重复观测。另外对于电测曲线的突变点、与相邻测线对比显得无规律的测段，亦需进行重复观测。对于电测深作业，当供电电极距超过 500m 时，应进行两次以上的重复观测。重复观测仍属于原始观测之列。不得将重复观测数据作为检查数据，用来计算测量误差。

视电阻率的重复观测应符合下列要求：

①在参加统计的一组  $\rho_s$  观测结果中，最大值和最小值之差相对二者的算术平均值应不超过  $\sqrt{2n} \cdot M$ ，其判别式为：

$$\frac{2(\rho_{s \max} - \rho_{s \min})}{\rho_{s \max} + \rho_{s \min}} \cdot 100\% \leq \sqrt{2n} \cdot M$$

式中  $n$  为参加平均的  $\rho_s$  值的个数（即一组重复观测数据的个数与被舍弃的观测数据的个数之差）； $M$  为设计的无位均方相对误差。

②在一组重复观测数据中，误差过大的观测数据可以舍弃，但必须少于总观测次数的 1/3，如观测 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需的基本条件，或者操作者本人的观测技术尚存在问题。

③重复观测应改变电流（改变量不限制），但应不改变接地位置及条件。

④对一组重复观测的有效数据取其算术平均值作为该测点最终的基本观测数据，并且一组重复观测数据中的有效值和舍弃值都应在相应备注栏中注记。

激发极化法测量出现下述情况之一，需进行重复观测：

①断电后某一瞬间的二次场电位差  $\Delta U_2 < 1mV$ 。

②当采用短导线工作方式直读视极化率时，表征二次场衰减特征的衰减系数  $\alpha$  超过在相应地质条件下常见值  $\alpha_0$  的允许范围（即  $|\alpha - \alpha_0| > 10\%$ ）。非直读视极化率时，如长脉宽测量方式，二次场电位差的衰减系数  $\lambda$  与相应地质条件下常见值  $\lambda_0$  之间的偏差值  $|\lambda - \lambda_0| > 10\%$ 。

③在观测过程中发现有明显干扰现象，单次观测难以保证最终结果的精度时，视极化率的重复观测也应符合视电阻率重复观测的 4 点要求。但其判别式为：

当用均方相对误差衡量质量时,  $\frac{2(\eta_{s\max} - \eta_{s\min})}{\eta_{s\max} + \eta_{s\min}} \cdot 100\% \leq \sqrt{2n} \cdot M$ , 式中  $M$  为设计

设计的无位相对误差,  $n$  为参加平均的  $\eta_s$  值的个数。

当用均方误差衡量质量时,  $\eta_{s\max} - \eta_{s\min} \leq \sqrt{2n} \cdot \varepsilon$ , 式中  $\varepsilon$  为设计的无位均方误差。

#### (8) 检查观测

1. 检查观测是改变工作条件的重复观测, 即操作者本人对已完成的原始观测点或极距进行的抽样检查或对质量有疑义地段或极距的检查。它也是保证野外观测质量的一种技术措施。

在一测量段的观测完成后 (也可以观测过程中), 操作者应对观测完成的点 (或极距) 进行数量不少于 5% 的检查观测, 视具体情况还可以增加一定工作量。

检查观测重点一般以剖面曲线特征点、畸变段以及位于典型地电断面的测线等为主要对象, 也应对正常背景地段做适量的检查; 对电测深作业来说, 电测深曲线的突变点也应及时检查分析, 以确定可能导致观测错误的原因, 并设法纠正 (当电测无误时, 应考虑是否为极距不准确引起)。无论是否发现曲线突变的原因, 都应当改变野外观测现场的某些工作条件, 重测几组数据。当检查观测统计出的误差不超过规定时, 应检查两相邻电极距的观测结果, 或者在两相邻电极距之间增设新的电极距观测, 以便进一步查明突变点性质。当变换测量极距观测引起电测深曲线变异 (交叉、喇叭口或脱节), 且曲线距离超过 4mm 时, 应连续在 3~4 个供电极距上用两种测量极距观测。

2. 检查完毕, 应计算原始观测数据与检查观测数据之间的误差。电阻率法计算相对误差  $v_i$ , 其公式为

$$v_i = \frac{|\rho_{si} - \rho'_{si}|}{\bar{\rho}_{si}} \times 100\%$$

式中  $\rho_{si}$  与  $\rho'_{si}$  分别为原始观测与检查观测的视电阻率值,  $\bar{\rho}_{si}$  为  $\rho_{si}$  与  $\rho'_{si}$  的平均值,  $v_i$  一般应达到无位均方相对误差的精度要求。

激发极化法要求视极化率、视电阻率的检查观测与原始观测结果之差不超过  $\sqrt{2} \cdot M$  ( $M$  为设计均方相对误差); 在视极化率需用均方误差评定观测质量的地段, 视极化率的检查观测与原始观测结果之差不得超过  $\sqrt{2} \cdot \varepsilon$  ( $\varepsilon$  为设计均方误差)。

3. 当检查误差超限时，不允许简单地进行多次观测取数，应对相邻测点（或极距）进行检查、分析并查明超限原因。若相邻点符合要求，则应对原检查点进行重复观测，以取得正确数据，可以用检查观测数据代替原始观测数据。

4. 检查观测结果应逐日统计，分区段计算误差。检查观测与原始观测数据计算统计的误差，不作为衡量测区观测质量的一项指标，但可以作为分析工作质量情况的一种参考量。

### 三、观测结果的质检评价

#### （1）系统检查观测

系统检查观测是指对于基本观测所进行的全区（或分区）性同精度系统性检验，是改变操作者和观测条件的独立的检查观测。系统检查观测与基本观测结果的统计计算误差，作为评价野外工作质量的主要依据。

布置系统检查观测应注意下列几点：

1. 严格做到“一同三不同”，即同一点位、不同仪器（应测定仪器之间的一致性并应合乎规定要求）、不同操作者、不同观测时间。

2. 系统检查观测应安排在野外工作基本完成或部分完成时进行，其工作量一般应为测区总工作量 3%~5%。当不能对质量作出评价时，可增加质量检查工作量，但在增至总工作量的 20%而观测质量仍不符合要求时，则相应受检范围内的基本观测工作量应予报废。对于面积性工作，若各区段的观测条件差异很大，应分区评价。

3. 系统检查观测在时间、地段上都要有代表性，即应考虑在不同时间过程中的基本观测，必须使系统检查观测工作量均匀分布于不同的测区或区段。应注意选择无规律曲线及突变点等工作质量有怀疑的地段、异常带、典型剖面、定量解释剖面、拟设工程剖面等对解释推断、检查观测有关键意义的地段。

4. 如果不重新布置独立的测地工作并按原测点位置接地，则应按无位误差精度要求来衡量观测质量，否则应按有位误差情况处理。

5. 系统检查观测结果应编列专门的统计表，必要时应绘制质量检查对比曲线和误差分布曲线。

#### （2）系统检查观测的精度

##### 1. 电阻率法

电阻率法观测的精度按均方相对误差  $M$  衡量，计算均方相对误差的公式为

$$M = \pm \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\rho_{si} - \rho'_{si}}{\bar{\rho}_{si}} \right)^2}$$

式中  $\rho_{si}$ 、 $\rho'_{si}$  分别为第  $i$  点或第  $i$  个供电极距（同组  $MN$ ）的基本观测数据和检查观测数据； $\bar{\rho}_{si}$  是  $\rho_{si}$  和  $\rho'_{si}$  的平均值； $n$  为参加统计计算的测点数或视电阻率观测数。

## ② 激发极化法

激发极化法系统检查观测，除低极化率背景段外，均按均方相对误差  $M$  来衡量，计算均方相对误差的公式为

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

式中  $\eta_{si}$ 、 $\rho_{si}$  分别为第  $i$  点或第  $i$  个供电极距（同组  $MN$ ）的基本观测数据和检查观测数据； $\bar{\eta}_{si}$  是  $\eta_{si}$  和  $\rho_{si}$  的平均值； $n$  为参加统计计算的测点数或视电阻率观测数。

最后应当指出，不论何种方法，测区和地段的野外观测质量，除应以系统检查观测结果为主要依据之外，还应考虑观测方法是否正确、仪器性能是否合乎要求、操作员自己进行的检查观测结果是否达到精度要求、曲线上的畸变点和异常点是否进行了必要的补充工作、其它的有关技术要求如漏电检查，重复观测等执行情况等进行全面分析，把好野外质量关。

## 四、技术保安

技术保安是完成实习任务的重要环节。实习期间，安全第一，并应定期检查仪器设备的使用情况。实习中应讲究文明作业，杜绝人身和仪器事故。

### （一）野外安全用电事项

1. 野外作业人员应具备安全用电和触电急救的一般常识。当使用高压电源时，“无穷远”供电极或中梯装置  $A$ 、 $B$  供电极附近应设置明显警告标志或委派专人看守。

2. 在测站布置妥当和电极接地完成后，测站应先通知作业人员再开始供电观测。观测结束时应先通知发电机停车或切断电池箱电源，然后才能通知跑极人员收线或转移供电极位置。在作业人员处理供电线路故障的过程中，测站不得供电，故障处理者应尽量避免身体触及裸露导线，只有故障排除、作业人员与测站通话联系之后，才允许继续供电观测。

3.野外进行漏电检查必须事先电话联系。在检查漏电时，作业人员不得触及导线得裸露部分和进行导线得检修连接。漏电检查完毕，测站告诉作业人员接好线路，等作业人员报告线路连接完毕后，才能供电。

## （二）其它注意事项

1 雷雨时不得进行野外作业。

2.走路、爬山应注意仪器设备及人身安全，时刻牢记“宁走远，不走险”。

## 五、岩、矿石的电性测定

不同岩、矿石电性参数的差异是布置电测工作的前提，也是解释电测资料的重要依据，因此，测定和掌握不同岩、矿石电性参数是电测工作中不可缺少的部分，这项工作应贯穿于整个电测工作过程中。

目前，通常用露头法、标本法、分析法和电测井来测定岩、矿石的电阻率和极化率值。露头测定法是用小四极装置在天然或人工露头上直接测定岩、矿石电性参数的方法，其主要特点是使岩、矿石保持天然状态，测定结果更真实、更接近实际。该方法适于露头广布的测区（或区段）。

当工作地区的岩石出露不好或露头较少时，在浮土较薄、基岩岩性单一且厚度较大的地段，可用小四极测深法测定基岩的电性。这时注意极距变化由小到大，其最大值以得到电性参数渐近线为准。

标本法是野外采集岩、矿石标本，在室内测定其电性的方法。与露头法相比，此法可比较深入、细致地研究岩、矿石的电学性质。但由于标本难以保持天然条件下的湿度、温度等，电性参数的真实性较差。在踏勘阶段或普查工作中，或者其它方法在野外取得电性资料受到限制的情况下，用标本法测定岩、矿石电性参数，以对各类岩石的电性相对比较，还是有意义的。

### （一）露头小四极法

露头小四极法或参数电测深点宜在人工露头或天然露头上点测或按一定距离作剖面观测，测定时应注意下面几点：

（1）必须尽可能选择层面新鲜、无裂隙、表面平坦、宽度较大的露头，并恰当地选取布极范围，以保证露头“足够大”。

（2）选择合适的装置大小，以保证露头长度至少为  $2\overline{AB}$ ，宽度至少  $1.5\overline{AB}$ ，装置放在露头中部，即可近似看成均匀半空间。

(3) 为了解电性参数的方向性，可以改变排列方向进行观测。

(4) 供电电极接地应满足点电源要求，其他工作方法技术、计算方法应与野外方法一致。

(5) 配备附加电阻，需要时将其串入供电回路，以减小供电电流或作为标准电阻以测定微小的供电电流值。

(6) 接地电阻过大时，可在电极下垫以一小团浸透硫酸铜溶液的棉花球。

(7) 为提高所观测参数的可靠性，应进行重复观测，可改变电流或视情况稍加大极距进行测定。

(8) 测定时，除了记录观测数据外，还应记录测点号、位置及简略描述测点附近岩石的成分、结构、构造、蚀变、矿化和含水性能。

## (二) 标本小四极法

采用标本小四极法测定电性时应注意下面几点：

1. 标本小四极法测定时，应选择平坦的标本面及等距排列电极， $\overline{AB}$  至多为标本长度的  $2/3$ ，但不应超过标本宽度。

2. 为了了解岩石的非各向同性，应分别在不同方向布极观测。

3. 标本小四极法电极接地应满足点电源要求，为改善接地条件可在电极下垫以浸透硫酸铜溶液的小棉球，但其直径应不大于电极距的  $1/10$ 。

4. 干燥标本应浸水处理，测量前将水擦净。

5. 测量电阻率时以采用较短时间为宜。

## § 1.5 资料的整理与图示

资料的整理与图示是电法工作中的重要组成部分，它贯穿于电法勘探工作过程的各个阶段。本节就资料整理要求及图示方法的有关问题作简要介绍。

### 一、资料的整理

原始资料是否正确直接关系到成果资料的准确性及物探工作的效果，因此，确保原始资料的正确性是提高物探工作质量的关键。

#### (一) 原始资料的检查

(1) 以下资料均为原始资料：野外工作的各种记录本、记录表格、仪器性能检查标定记录、采取记录、资料整理和解释推断中形成的各种记录、较表以及成果报告底稿、成果图件底图与透明图等。其中野外观测记录是最基本和为数最多的原始观测

资料。

(2) 对原始资料的检查内容

必须采取一些严格的措施对原始资料进行检查与验收。如逐日进行的复核检查工作，即一天的野外工作结束，对野外记录、计算时所用的常数及全部计算必须进行100%的复算。这种复核工作应逐日进行，并在下一个工作日内完成。

表 2-7 电法原始资料验收记录表

日期	工作地区	点线号是否清楚	电极装置是否填写清楚	装置系数是否核对填写清楚	有无涂改现象			取数是否合理		漏电检查是否合格		仪器是否正常		畸变点突变点是否检查	重复观测数量是否合乎要求	合格工作量	验收人
					$\Delta V_1$	$\Delta V_2$	I	$\rho_s$	$\eta_s$	仪器	AB	仪器电源	表头及部件				
说明					优良：V			一般：0		较差：Δ		不合格：×					

对经检查的原始记录，应根据质量情况逐日做例行登记，填写电法原始资料验收记录表（见表 2-7）。对不合格的工作要及时通知野外组进行返工。

对原始资料检查的内容除表 1-7 所列各项之外，还包括以下各项：

1. 野外作业过程中所使用仪器设备的性能和各种技术指标是否达到设计或规范要求。
2. 观测曲线是否完整；观测结果是否符合设计或规范要求；系统检查观测结果是否达到设计要求。
3. 记录各栏是否填写完整，数据记录是否符合有关规定。

(二) 原始资料的验收

(1) 验收等级

一般资料的验收只分两级，即：小组的日常检查和初步验收，分队的专门检查和正式验收两级。对于大型工程或重要工程还应再加一级，即大队的核实检查和审查验收。

## （2）不能验收的资料

1. 所用仪器的各项技术指标及性能不能达到设计书要求而严重影响观测质量者。
2. 测地工作精度得不到保证时所观测的数据。
3. 系统检查观测精度未达到设计要求，当扩大检查工作量至 20%时，仍不能达到设计要求的全部观测结果。
4. 不能辨认的观测数据；被橡皮擦改过的观测数据；资料欠完整而无法利用的资料；伪造的观测数据。

## （三）原始资料的分类处理

原始资料的分类处理是资料整理工作的重要内容之一。原始资料正式验收中对资料的分类评价和处理决定，应分方法、测区作出。具体分类标准和处理办法是如下：

**第一类资料：**野外及室内工作方法正确，各项主要质量指标符合设计书或规范要求，记录正确完整且整理出编录的资料。这类资料给予验收并计算合格工作量可以作为绘制成果图件和编制成果报告的依据。

**第二类资料：**野外及室内工作方法基本正确，部分工作质量情况不明或某些质量指标不完全符合设计书或规范要求且已无法补救，但记录正确完整并已整理编录，工作结果基本能完成设计书规定的地质任务的资料。这类资料予以验收并计算合格工作量，可作为编绘成果图件和编写成果报告的依据。

**第三类资料：**野外及室内工作方法不正确，主要质量指标不明或不符合设计书或规范要求，或因其前一环节工作（如测地工作）的主要质量指标不符合设计书或规范要求，以致于工作结果基本不能被用来解决设计书规定的地质任务的资料。这类资料不予验收（但资料应予以保存），不计算工作量，不作为编绘图件和编写成果报告的依据。

## 二、资料的图示

图件是物探工作设计、施工内容和工作成果的主要表现形式。它能集中、全面、形象地反映整个物探工作，是物探工作中不可缺少的组成部分。图件的质量是评价整个物探工作质量的一个重要方面。在野外工作过程中只编制各种简化的草图，原始资料经验收、复查、整理后，确认质量合格方可绘制各种正式图件。

### （一）编制图件的一般过程

#### 1. 资料准备

将所得到的资料进行综合整理、分析、评定，确定可利用程度。资料之间的关系

不一致时，应尽量统一到同一标准。

## 2.编图计划

编图计划包括确定编图的范围、比例尺、种类和数量；使用资料的原则和要求；采用的制图顺序、作业方法及工艺要求等。

## 3.图面设计

要求各向内容主次关系分明、图面清晰美观、总体布局协调匀称。

## 4.图件清绘

清绘时，要对稿图进行图面处理，对不清楚、不合理的内容进行修改、整饰对错误的内容予以纠正。清绘图件必须达到：图面清晰、美观重点、突出主次分明、协调匀称、接边正确、图外要素整饰正确、齐全；注记字体端正、美观；线条均匀；曲线圆滑接头自然。

## 5.复制与整理

复制时所采取的方法一定要使复制图的质量满足精度要求。全部内容必须清晰，线条光洁饱满，注记清楚无误。图件在上交或入库前，应按规定作好整理工作，以使图件便于使用和保存。

## 6.审校与验收

审校与验收是为了保证和提高成图质量，其任务是发现并消除作图过程中的错误遗漏和变形等各种不符合规定的问题。审校与验收的顺序一般可分为四级：自校，专人检查，分队正式验收，队（或大队）审查。

## 7.交付使用

审校和验收合格后，就可交付使用。

### （二）图件的分类

#### （1）按图件的作用分类

按图件的作用分类可分为附图、插图、独立图件、草图、稿图、印刷原图、复制图、单色图、彩色图、底图等。

#### 1.附图

附图是指依附于成果报告、设计书等文字资料的图件。附图一般是成套出现的，相互之间有连贯性，排列顺序与文字叙述一致。各种异常曲线图、解释成果图常作为附图附在成果报告之后。

#### 2. 插图

插图指插入成果报告、设计书等文字资料的图件。插图图面较小，一般不大于文字版的版心，它是文字叙述的补充说明。工区交通位置图就常作为插图出现在成果报告和设计书中。

### 3.独立图件

独立图件是指可以独立使用的图件。为便于使用，这类图件有时应附有使用说明书。物探工作中常用的地形图、地质图等都是独立图件。

### 4.草图

草图是指在物探工作中为了某种需要而绘制的非正式图件。

### 5.稿图

稿图是指经编制但未清绘整饰的原始图件。

### 6.印刷原图

印刷原图是指供制版用的样本图。它具有较高的清绘质量，并能满足复照制版或直接制版工艺的要求。

### 7.复制图

复制图是指根据印刷原图采用制版印刷、刻图晒印等方法复制出来提供使用的图件。我们常见的地形图、交通图等都是复制图。

### 8.单色图

单色图指用一种颜色清绘或复制的图件，其内容完全靠采用符号、注记来表达。

### 9.彩色图

彩色图指用多种颜色清绘或复制的图件。

### 10.底图

底图也叫原图，指经编制并清绘后获得的一份最初的正式原样本图件。

#### (2) 按图件内容分类

#### 1.位置图

它包括：①交通位置图②工作布置图③实际材料图④工作程度图

#### 2.参数图

它包括：①参数平面图②参数剖面图③参数剖面平面图④参数垂向图

#### 3.推断成果图

它包括：①推断平面图②推断剖面图③推断立体图

#### (三) 直流电法常用图件

### （1）电剖面常用图件

电剖面法的正式成果图件除交通位置图、实际材料图等位置图类及其它地形、地质等有关图件外，还有一些参数类及成果类的图件。

#### 1.电参数剖面图

用于较详细研究某一剖面的异常变化情况及异常与地质体的对应关系，通常是绘制综合剖面图。

#### 2.剖面平面图

在进行面积性工作时，为对比不同剖面的异常和研究异常的平面分布特点，通常绘制剖面平面图。

#### 3.等值线平面图

联合剖面装置和偶极剖面装置的成果不采用等值线平面图表示，只有中间梯度装置和对称四极装置的大比例尺面积性成果才绘制等值线平面图。

#### 4.综合平面图

综合平面图是拟编者在对已有的物化探成果进行综合、分析、推理的基础上所绘制的主要物化探成果与简化地质图的有机综合图件。它用于研究测区中物理性质，揭示地质控制因素，为圈定成矿远景区或直接指示矿体位置提供基础。

#### 5.推断成果图

推断成果图是一套全面反映地质成果得完整图件。它以推断平面图为主体，综合了推断剖面图和若干计算曲线的内容，通过图示的方法将物化探推断的地质结论和工作建议形象地反映在图上。

### （2）电测深法常用图件

电测深工作的正式图件，除应有交通位置图、实际材料图以及其它有关得地质、测地类图件之外，还应有电测深曲线及其解释推断过程中形成的各种电测深成果图件，包括电测深曲线图、电测深曲线类型分布图、视电阻率断面图、地电断面图等。

### （3）激发极化法常用图件

激发极化法可以采用剖面装置和测深装置工作，其图件的种类、绘制方法及要求与电阻率法基本相同。

### （四）图件编制的一般要求及图的装饰

#### （1）图件绘制的一般要求

1.用于制图的数据必须经过正式验收，精度符合要求。上图的数据及曲线都必须

进行 100% 的检查复核，以确保图件质量。

2. 为便于图件的拼接和进一步工作，物探工作的主要图件应尽量采用国际分幅（又称标准分幅）。当采用自由分幅作图时，图幅应成正方形或矩形，其图廓边应与地理坐标的方格网一致，不得斜交。

3. 图的方位原则上以  $360^0$  制的真方位表示，以北为  $0^0$ ，顺时针方向增加。没有真北方位时，可用磁北方位表示。平面图、剖面平面图及位置图类的图廓纵边上方位和真北方向一致。

4. 图件中的符号是指物化探图件上表示各项内容的点、线和图形等，它们形成表达图件内容的制图语言。图中的各种符号应采用标准或规范中规定的符号，没有规定符号的可采用习惯符号。各种符号应能反映所要表示的对象的形态和特征，不得重复、混淆。重要内容表示用粗线；次要内容用细线；特别重要的内容，可用加粗线表示。另外，也可用线条的虚、实表示内容的可靠程度较差；实线表示正值，虚线表示负值；点划线表示零值或正常量值。还可以插入各种小十叉、三角等标记，以区别不同的条件。物探图件中主要内容层次为：物探内容，地质内容，地理内容。

5. 图中的各种注记字体应采用各种制图字体，除责任表中签名外，一律不得写行书、草书。字体大小与笔划粗细应与所注记符号的范围和注记内容的重要性相称，以协调、美观、紧凑、整齐为原则。

所有注记字头方向应朝上。一律采用直立字体，字的纵边垂直于南北图廓；等值线注记采用与其走向垂直的方向；测线注记采用与其垂直或平行的方向。

## （2）图的整饰

一个正式的物化探图件应有图框、图名、图幅号、接图表、比例尺、图例、技术说明、责任表和密级等内容。这些内容在标准分幅的图件，必须全部安排在图外，所以称为图外要素。

### 1. 图框

图框起着压边和衬托图面内容的作用，其宽度应与图面大小相适应。图框一般由几个线条组成。

### 2. 图名

图名由工作地区名称、测区名称或编号、物探方法及参数名称、图的类别四部分顺序排列组成，除测区编号和物探参数代号外，其余均用汉字。

位置图类和解释推断成果图类的图名中可省略方法和参数名称，必要时可代之以

方法的大类名称。

### 3.比例尺

自由分幅的图件可只写数字比例尺（空间坐标比例尺），且比例尺位于图件上方正中的图名与上图框之间。国际分幅的图件还必须有直线比例尺，且比例尺位于图件下方正中。

### 4.图例

凡是图中所绘出的各种图形符号、文字符号、线条和物探参数的比例尺等，均必须列入图例，并确切说明其代表的内容。

图例由左向右或从上到下排列，其顺序为：地质符号、物探符号、物探干扰物等特殊地理符号。

地质符号的顺序为：地层（由新到老）、火成岩（由新到老、由酸性到超基性）、岩相、构造、矿产、探矿工程、其它。

物探符号的排列顺序为：工作坐标、实测资料、推断结果。

剖面平面图中还应有各种物探参数量值曲线的图例，并在其后注记参数比例尺。参数比例尺用 1cm 等于多少单位表示（如  $1\text{cm}=100\Omega \cdot \text{m}$ ）。对于参数剖面图来说，因已有参数坐标轴，可不设参数图例。

### 5.技术说明

技术说明反映使用图件时必须了解的某些数据和方法技术情况。具体包括：坐标系统的说明；测网敷设方法及精度；取得物探成果时的方法技术条件（仪器类型，装置类型，装置大小，供、放时间，校正方法，数据精度等）；制图说明（图中比例尺的大小及其局部改变情况、参数剖面平面上量值曲线起始线非零时的起始值等）；中间梯度装置的供电点，联合剖面法的无穷远极位置，充电法的充电点，自然电位法的总基点，电测深的布极方向等无法在图上标出，也应在技术说明中说明。

### 6.责任表

所有的工作设计或成果报告的附图，除交通位置图外，都必须有责任表。责任表的规格大小视图幅而定，一般长 10cm，宽 6cm，其形式及内容见表 2-8。

表 2-8

责任表

(制图单位)			
(图 名)			
拟 编	×××	顺 序 号	×××
审 核	×××	图 号	××
清 绘	×××	比 例 尺	×××
技术负责	×××	日 期	×××
队 长	×××	资料来源	×××

①.制图单位：应为现用队名的全称，从所属中央或省级单位名称开始。

②.图名：应为全名，与大图名完全一致。

③.拟编栏的签名，在原图上由拟编者亲签，在印刷原图上由清绘者代签；审核栏和清绘栏由本人亲签；技术负责栏和队长栏由清绘者代签。

④.图号与顺序号：正式图件都必须编图号，用阿拉伯数字表示。同一项工作统一编号，不得重复，但可不连续，图册只编一个图号。编排顺序应考虑用图的合理顺序，一般先全面后局部，先小比例尺，后大比例尺。

⑤.比例尺：比例尺栏填写平面位置坐标比例尺。

⑥.日期：日期栏填清绘完成年月。

⑦.资料来源：资料来源于本单位时填“自测”。由外单位收集得来时应加以说明，必要时可在技术说明中用文字进行说明。

7.密级：应按地质资料保密范围规定，标明图的秘密等级。

#### (五) 主要图件及其绘制方法和要求

##### 1.工区交通位置图

它通常作为设计书或成果报告的插图或其它图件的角图。它是专门表示物化探测区的地理位置以及测区与外界交通联系情况的图件。一般采用较小比例尺绘制。图的范围至少包括一个县级以上的居民地，图中应绘出铁路、公路等交通干线、重要居民地、水系、境界等地理位置，测区轮廓（按同比例尺缩小绘在图上，当测区轮廓最长边在图上小于 2mm 时，用直径为 2mm 的圆形黑点表示）和地理坐标等。

##### 2.工作布置图

它是物化探工作设计书的主要附图，是专门表示物化探工作计划、设计内容的图

件。其内容包括设计的测区范围、剖面线位置、各测区所采用的方法和比例尺；设计的基线、测线的位置和编号；全部控制点、主要方位物及重要的地理要素，必要的地质内容和经简化的物化探成果。

### 3.实际材料图

实际材料图是专门表示物化探工作坐标及其相互连接关系，以及物化探实际工作完成情况的图件。它应按实际工作比例尺绘制，内容包括测区的地理位置、测网和工作比例尺、三角点（或物探点）及其与基线联测关系、基线的闭合或附合关系及其闭合差；各种固定标志埋设位置及各种异常查证工程位置、剖面及其编号、方法或装置代号、各种性质的测深点位置编号和拉线方向、总基点、供电极或“无穷远”极的接地点等特殊点位置；重要的电性标本或地质标本采集点位置及编号；经系统检查观测的测线或测线段。

以上内容在作图时，应根据图面负担情况适当舍去一些次要的内容。

### 4.工作程度图

这种图件是用来表示一个地区内以往各有关工作的测区范围、重点剖面、工作路线以及工作方法、工作比例尺、工作年份等项内容的图件。一般不经常绘制，只有在研究某一区域或编写多年性总结报告时才绘制，通常作为文字报告的附图，有时也可以独立成图。

### 5.参数剖面平面图

参数剖面平面图是专门表示测区内所有剖面线的平面分布及其用量值曲线表示物化探参数沿各剖面变化特征的图件。参数剖面平面图是由两种不同性质的坐标系统构成的图件，其中一种是由水平二度空间位置坐标构成的平面坐标系统，用以表示剖面线的平面分布；另一种是以剖面线为轴线的参数坐标系统，用以表示物化探参数沿剖面线的变化特征。

参数剖面平面图包括物探测网的全部基线和测线，基线每 5 或 10 个点处标注一个点线号，测线应在每 5 或 10 条线的端点及线上每 10 或 20 个测点处标注一个点线号。还应包括物化探参数的量值曲线、异常编号、已完成和正在施工的异常查证工程、重要控制点、方位物及其它重要地理要素；简要的地质、矿产内容。

参数剖面平面图的空间比例尺应一致，即沿剖面方向和垂直剖面方向的比例尺应当一致。一般按实际工作比例尺绘制，保持相邻基本点距在 0.2~1cm 范围内，线距在 1~4cm 范围内。

参数比例尺一般采用算术比例尺,并且同一张图上,一般只采用一种参数比例尺。当参数变化幅度过大而且频繁时,可以采用对数比例尺;当局部范围内参数值过大时,可以局部缩小参数比例尺,但改变比例尺的范围应加“框”,并在技术说明中加以说明。采用算术比例尺时,要根据参数的精度高低、异常背景地段的干扰水平和异常的特点来确定参数比例尺的大小,一般是使由误差引起的曲线跳动压缩在1mm以内,这就是选择参数比例尺的原则。

画参数曲线时,应用直线连接两相邻量值点(量值点两侧留空),当个别点的参数值过大时,可将曲线尖端截去,改用锯齿线连接,并在截去处标注参数值。

## 6.参数平面图

参数平面图是用等值线或量值图形符号矢量符号等表示物化探参数在平面上变化特征的图件。当在同一张平面图上表示两种或两种以上物化探参数及相应的地质内容时,称为综合平面图。大比例尺的电法面积性的剖面工作,通常都要绘制有关参数的等值线平面图。它常以同比例尺简化地质图为底图,能较直观地反映电场平面分布特点,并能反映出异常与地质构造的相互关系。下面主要介绍等值线平面图。

等值线平面图的构制方法:①在按工作比例尺所绘制的测网(标出测线、测点)布置图上,先在每个测点位置标明该点所观测的参数值,然后,按以下规则勾绘等值线。②勾绘等值线应同时考虑异常特点、观测精度及干扰水平,同时还应适当考虑测区的地质情况,不能单纯追求数据上的合理。③电参数的等值线通常取等差或等比间距,要求其最小间距至少应为实达观测精度的三倍;同一地区中相同方法或装置的等值线间距应该一致。④等值线的位置应根据邻近各测点的参数数值,按距离内插确定,可在定点和观测误差限度内适当移位,使相邻等值线位置协调;数值点可适当舍取,等值线可在精度范围内适当偏移,使之更圆滑、更合理。

## 7.参数剖面图

参数剖面图是用参数量值曲线量值线段等值线矢量符号等表示沿剖面线断面或工作路线的参数变化特征的图件。当在同一张剖面图上表示不同方法或同一方法多种参数,以及相应的地形、地质内容时,称为综合剖面图。

参数剖面图的内容应包括:位置坐标轴及其点号和方位、参数坐标轴及其分划、参数名称、代号及单位、参数量值曲线或矢量符号,相应的观测技术条件(如装置大小及形式等)。

参数剖面图的位置坐标轴一般作为横坐标轴,参数坐标轴为纵坐标。用剖面线右

端的方位表示剖面线的方位[即：将剖面线位于  $0^{\circ}$ （包括  $0^{\circ}$ ）顺时针转至  $180^{\circ}$ （不含  $180^{\circ}$ ）范围内的一端置于图的右端]，并将方位数值标注于相应地形剖面的右端上方；当剖面是折线或把几段不相接的剖面绘成一条完整的剖面时，应在转折点或破折点处绘出符号，并在相应的地形线的上方标注该点左侧一段剖面的右端方位。

参数剖面图的空间比例尺（测点位置的坐标比例尺），一般根据参数沿剖面变化的平稳程度和剖面上该测点的间距确定，使图上相邻基本点距在  $0.2\sim 1\text{cm}$  范围内。参数比例尺一般用算术比例尺，其大小应根据参数的精度高低、异常背景地段的干扰水平及异常的特点选择。将由误差引起的曲线跳动压缩在  $1\text{mm}$  以内。

对于综合剖面图来说，它不但应包括地形、地质剖面和探矿工程，还应包括进行过的不同物化探方法或不同装置、极距的电剖面法成果资料、电极接地点及测深点位置、地形线下的电测深  $\rho_s$  或  $\eta_s$  等值线断面图、以及解释推断成果、建议的异常查证工程等。

## 8. 电测深曲线图

电测深曲线是电测深工作的基本图件，要求逐点绘制，并装订成册。曲线绘制在  $6.25\text{cm}$  双对数坐标纸上，纵坐标为  $\rho_s(\Omega m)$ ，横坐标为  $\frac{AB}{2}(m)$ 。绘制曲线时，按实测数据点图，并以直线分段连接（直线段两头留空）测量电极距相同的  $\rho_s$  观测值，即将小  $MN$  所测的  $\rho_s$  值连在一起，大  $MN$  所测的  $\rho_s$  值另外连在一起，画完后应存在有脱节点。曲线的首端和尾端应分别注明相应供电电极距的  $\rho_s$  值。

在电测深曲线上方应标明测深点的点线号、高程、电极排列方向、最大及最小供电电极距、日期。定量计算后，应将视参数曲线的类型、量板的编号和理论曲线参数、特征点及解释过程使用的辅助线等注在图上。

经过定量解释的电测深曲线，应沿  $AB/2$  轴以相同比例尺绘出由解释推断所得的电性柱状图；用量板法解释时，应注明所用量板编号和理论曲线参数；经消差或圆滑处理的实测曲线应以虚线绘制。

不同测点的电测深曲线应不绘在同一图中的同一坐标系内，但十字测深的两条曲线及测深曲线对比图不受此限。

## 9. 推断成果图

推断成果图是表示物探工作解释推断成果和结论建议的图件，可分为推断平面

图、推断剖面图、推断立体图等。其绘制方法是在参数平面图和参数剖面图的基础上加绘有关地质内容以及解释推断结果（地质体的分布、走向、形态大小产状等）。并且建议进一步工作的地段、工作方法，使用的工程手段及位置、编号等。

## § 1.6 物探成果报告的编写和成果的推断解释

物探工作项目（包括生产工作项目和试验工作项目）野外工作结束后，必须及时编写成果报告。对于学生的实习来说，实习野外工作结束后，每个学生都必须独立地及时编写实习报告。实习报告是评定学生实习成绩的重要依据之一，实习报告不通过，实习不能及格。本节阐述实际物探报告的编写、审批过程，报告的编写内容，以及物探资料的解释方法和原则。

### 一、物探成果报告的编写过程及审批

#### （一）报告的编写过程

##### （1）编写报告的准备

成果报告的准备工作的准备工作，应与野外工作同时开始，应当长期地、有计划、有目的地、系统地收集编写报告所需的资料，应在整个工作过程中通过经常的观察试验、分析推敲、反复酝酿，逐步形成成果报告中的初步论点。坚决防止事先不收集地质资料，不进行实地的地质观察，而在编写前凑证据，凭主观的推断想象做结论。

##### （2）资料的收集、整理

成果报告必须以验收合格的第一、二类资料为依据，其使用的地质或其他成果应当是最新的，同时根据技术设计及解释工作需要绘制相应图件。

##### （3）组织报告编写

当资料收集、整理完毕后，由队的技术负责组织有关人员讨论报告编写的有关问题，广泛听取各方人员对各章、节的意见和建议，对有争论的问题要充分酝酿，必要时补作实地地质观察研究，进一步进行异常检查研究，查证有关问题，以取得正确、合理看法，在此基础上分工编写，其中重要章节由技术负责人亲自撰写。

##### （4）报告的定稿

报告各章节及正式图件完成后，应由技术负责人审查，最后统一定稿。

#### （二）报告的编写要求及审批

##### （1）报告编写的要求

1. 报告应全面反映设计书规定任务的完成情况、投资使用情况和所取得的成果。

应在全面深入地掌握实际材料的基础上分析并概括其特征和规律，做出有依据、可靠的推断，提出有作用的、合理的建议，最后应附有表示工作情况和成果的表格和图件。

2.报告要立论严谨、依据充分、观点明确；对主要任务和关键总是不应回避，对直观现象和间接推论，对已证实的事实和未证实的推断，均应明确区别，不应含混。

3.编写者应参照报告编写内容，结合实际情况，合理地组织报告的内容和取材。要求结构合理、章节紧凑、逻辑严密、层次分明、重点突出。文字应力求简洁，配以合适的图件、表格，以便形象、生动地说明问题。报告中所用名词术语、编号、符号、格式等必须统一，标点符号应正确、目录应齐全。

4.报告中的附图应按设计及第五节要求编制。图件的选配和每张图的结构应经过精心设计；图件应有明确分工，不互相重复；图面应清楚醒目、繁简得当，便于综合研究。

## (2) 报告的审批

1.报告的审查批准一般由直接上级或任务下达单位进行，也可由受委托的单位进行。

2.报送审查的报告，应当内容完整（包括附件、插图等），字迹清楚；图件齐全、清晰、内容和形式符合第五节图件编制要求。否则，审批单位可拒绝审查。

3.成果报告凡属于下列情况之一者都不予批准：

①.所用资料不可靠或残缺不全，无法据此作出正确的分析和解释推断者。

②.所做工作的原始资料大部分为第三类资料，因而按规定属于不具备编写成果报告的条件者。

③.综合研究不充分，对设计书规定要解决的主要问题没有提出明确的结论和建议者。

④.概念不清，推理错误，结论建议基本上不正确者。

⑤.报告本身未能全面反映设计书规定的任务完成情况和所取得的成果者；报告本身质量不合格（如章节不清、文理不顺，前后矛盾，图件设计中有重大缺点或错误）者。

4.评价成果报告的根本标准是在实现最大限度地取得地质效果和完成设计任务时的经济效益这一根本要求方面，报告所反映的工作在技术上所达到的水平。

5.报告被审查批准后才能作为正式的技术资料归档保存。

## 二、物探成果报告的编写内容

物探成果报告要求叙述完整，特别着重物探工作的任务、工作的物理前提条件、工作的方法技术、质量评价、解释推断的方法和依据，以及结论和对今后工作的建议等。然而，学生参加教学实习的主要目的是通过实践掌握野外物探工作的基本方法和技术以及对资料的初步解释推断方法，因此，教学实习的编写报告的重点应放在野外工作方法与技术方面。

## （一）报告正文

### （1）序言

序言作为报告的开头，应简明扼要地概述与完成设计书中的地质任务有关的情况，使阅读者对报告所涉及的物探工作任务、工区条件、物探工作的进行和完成情况得到全面了解。

#### 1.工作目的和任务

简述本工区电法工作的具体任务、目的和意义,所使用的物探方法及各方法投入的主要依据、各方法的具体任务以及物探方法和地质、探矿工程的配合关系。

#### 2.工区的一般自然地理和经济地理情况

主要简述与物探工作有关的情况，并论述其对物探工作的影响。具体包括：

①工区的地理坐标及所属行政区划。

②通往工区及工区内的交通情况。

③工区的地形特点，绝对高度及相对高差、水系、森林、农田、沼泽、流砂等的分布情况。

④工区的气候特点，包括雨量、雨季、气温、风量、风季、冻土期等。

⑤工区内及其附近的城镇及工矿企业的分布情况，与工作有关的设施(如电力网)的分布情况。

⑥生活物质的供应情况。

#### 3.物探工作的完成情况

包括接受任务及组队日期、队的组织情况、主要仪器设备、开工日期、收工日期、投资工作量的完成情况等，可列表说明。

### （2）工区地质和地球物理特征

应着重介绍与物探工作任务、方法技术以及对观测结果进行解释推断关系有密切关系的地质和地球物理特征，为成果报告的后叙内容的论述打下基础。

1.工区以往进行过的地质、物探及测绘工作情况和研究程度，以及对这些工作的

评价。

## 2.工区的地质特征

①地层：简述工区地层特征，其中与工作任务有关的应详细分层描述，包括其时代、岩性、厚度、分布等特点。

②构造：简述工区的区域及局部构造，说明其种类、产状、分布、时代及工作任务的关系，与任务有关的构造应详细描述。

③岩浆岩：简述工区的岩浆岩的特点，其中与工作任务有关的应详细分类描述。

④矿产：着重描述与工作任务有关的矿产种类、矿床类型、矿体形状、大小、产状、赋存空间、矿石特点及已知矿点的分布等。

⑤水文地质：说明与工作任务有关的水文地质特点，如含水层、隔水层、地下水的分布及成分等。

⑥第四纪覆盖：说明工作地区第四纪覆盖层的分布范围、性质、厚度等特点及其与工作的关系。

## 3.工区地球物理特征

①根据以往工作和本队工作的资料，列举与工作任务有关的岩（矿）石的各种物性参数。说明测量物性的方法和手段以及技术措施和精度，为资料的解释推断提供依据。

②根据物性参数结合工区的地质特征，按从已知到未在的原则，分析各种地质构造、地质体上可能产生的地球物理场特点（包括强度、形状、范围、变化等），及其在观测结果中可能反映的特点，从而建立起解释推断所必需的各种正演问题概念。

③分析工区内地质、地形及人工设施等不利因素及干扰源可能给物探工作带来的不利影响和干扰特征。说明减少不利影响，避免或压制干扰的措施。

### （3）工作方法技术及质量评价

要求介绍工作中所采用的具体方法技术，论述其合理性及所取得资料的正确性及精确性。

#### 1.野外工作

①所采用的各种物探方法（包括每种方法的各分支方法，甚至分支方法的各种变种）所要解决的具体地质问题。根据方法试验结果资料及其它有关资料说明采用综合物探方法（或某种物探方法）解决所承担任务的有效性和合理性。

②说明所采用的具体野外工作方法技术，包括物探、测地、地质等工种的测区布

置、测网选择、仪器设备、观测方法技术、质量要求等各个方面。根据技术试验结果及其它有关资料论述所采用方法技术的合理性。

③说明所采取的各种保证野外工作质量的措施。质量检查工作情况（包括检查方法、检查量、检查点分布情况等）。根据质量检查结果及其有关资料说明野外观测结果的质量（包括完整性、可靠性、精确度等）。

④说明各种物探方法之间以及物探方法和地质、探矿工程及测绘工作之间的配合关系和配合程序，说明所采取的保证合理密切配合的措施。

## 2.室内资料整理

①说明除解释推断外的其它各项室内工作方法，包括对野外或室内观测数据或原始记录、图的检查、验收、整理、计算、观测结果的各种校正图件的一般绘制方法等。

②说明所采取的各种保证室内资料整理质量的措施及对室内资料整理工作质量的评价。

### （4）解释推断

要求系统地介绍通过物探野外观测及室内资料整理结果所得到的各种地球物理场的分布特征；说明对这些场的解释推断方法及解释推断结果，并说明解释推断结果的质量。

①分类描述所观测到的各种地球物理场及其特征，这时应先说明分类的原则及依据。

②定性解释各种地球物理场时，应先说明所采用的定性解释方法及依据，然后阐明引起各种地球物理场的地质原因（或可能的地质原因）或非地质原因（如天然场的存在、变化或人工设施等）。

③定量解释各种地球物理场，得出有关地质构造或地质体的某些定量资料。

④综合各种地球物理场的解释结果作出各种推断地质结论。

⑤讨论所有解释推断的可靠程度以定量解释结果的精确程度。对已用钻探等手段验证过的物探异常，应叙述其验证情况，并以此评价定性、定量解释结果的可靠程度。如果验证未达到预期目的，应探讨解释推断失误的原因。

### （5）结论与建议

要求全面地、总结性地提出通过本项目物探工作所得出的主要地质结论和方法技术结论，提出对本工区下阶段地质、勘探及物探等工作的建议。

1.工作成果：论述所取得的各项地质成果，按设计书规定的地质任务提出工作地

区的有关地质结论及评价，说明未解决的或未得出肯定结论的地质问题。

2.方法技术：按地质效果和经济效果评价所采用的物探方法技术以及综合普查勘探方法的合理性，提出主要的经验教训。

3.对今后工作的建议：详细而又具体地提出今后在本地区进一步工作的建议，包括这些工作的意义、具体任务、方法手段、施工位置和范围、配合程序以及应注意的问题等。

## （二）报告附图和附表

报告附图应根据工作任务选择，一般应包括工作布置图、实际材料图、工作程度图、各种有关地质图件、各种物探观测结果图件、各种推断成果及施工建议图件、各种说明仪器性能及工作质量的图件等。

报告附表是指为了清楚表达野外工作任务的详细情况而编制的特定表格，如野外实习组织一览表、主要仪器装备一览表、物探工作计划完成情况一览表等。

## 三、物探资料的解释推断原则和方法

物探资料的解释推断在物探成果报告中占有十分重要的位置，它是把物探资料转化为地质资料的必不可少的步骤。任何物探资料，只有经过解释推断转化为地质资料，才能最好地在地质工作中发挥作用。

### （一）物探资料解释推断的原则

#### （1）紧密结合地质，综合研究物探资料

物探方法是研究地质问题的间接手段，是为地质目的服务的，因此，物探方法必须和地质紧密结合。在电法资料进行解释时，必须密切结合地质资料，除了利用已有资料外，还应进行现场尤其是异常区的观察研究，了解地质环境及地形的实际分布。不断修正自己的观点，注意防止主观性和片面性。

此外，还应合理地利用其它物、化探方法资料，充分利用各个方法的优势，努力缩小电法异常多解性范围。

#### （2）由已知到未知

对电法资料的解释通常从地质情况已知的地段开始，利用已知区电法异常与地质环境之间的关系和规律来指导未知区的工作，或由某些特征与已知相似或不相似来推测未知区的可能情况。

#### （3）由简单到复杂

解释物探资料一般从反映比较明显、规律性较强、所处地质条件比较简单、易于

解释的异常入手，积累经验，然后解释反映不明显、规律性较差和地质条件比较复杂的异常。进行综合物探工作的地区，应先对单一方法资料进行解释，然后进行综合解释。有干扰的区段，应先从没有干扰（或干扰不大）的简单、明显的异常着手，然后研究因干扰而复杂化的异常或叠加异常。

#### （4）点面结合

先由全区（面）着眼，根据异常特征及所处地质环境，对异常作初步分类，从中选出有代表性的异常（点）作深入细致的解释推断工作，取得经验，指导一般。

#### （6）及时、不断地解释推断

从取得部分电法资料开始就着手进行资料分析。随着实际资料的积累，逐步深化对异常和地下地质情况的认识，本着实践、认识，再实践、再认识的原则，去伪存真，以期得到比较切合实际的结论。

### （二）物探资料解释推断的步骤和方法

物探资料的解释推断，通常按确认异常、定性解释和定量解释的顺序进行。

#### （1）确认异常

在物探工作中，通常把观测到的场划分为正常场和异常场两类。所谓正常场就是由电性参数均一的岩石所决定的地球物理场；所谓异常场则是具有一定的规模的相对于正常场的物理场偏差。正常场和异常场都会受到干扰场影响而复杂化。干扰可以是地质成因的，如岩石物性不均匀、局部地形等，称为地质噪声；也可以是非地质成因的，如场的短期变化、游散电流、人工设施等。因此，从正常场（背景）上划分出与调查目标有关的异常，是解释推断首先需要解决的问题。

视参数的背景值原则上应根据测区内电场的特点和特定异常的清晰程度，并结合地质条件确定。

根据正常场范围内  $n$  个实际观测值  $f_i$  与正常场平均值（背景值）  $f_b$  之差，可以求出正常场的标准离差

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (f_i - f_b)^2}, \text{ 式中 } f_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i$$

通常把偏离背景值  $3\sigma_z$  的数值定为异常下限。

异常下限可定为偏离背景值三倍标准离差（ $3\sigma_z$ ）。但是在划分异常时，不能仅根据观测到的地球物理场偏离背景值是否大于三倍标准离差而定，考虑测点、测线间

的延续性有重要意义，即不能根据单个点地球物理场值的偏差确定异常。

## （2）定性解释

定性解释的主要任务是确定异常的性质，即查明引起异常的原因。由于物探工作的主要任务是解决地质问题，定性解释首先是确定异常是否有价值，即是否与有意义的地质体相关联，因而定性解释也称为地质解释。定性解释除确定异常的性质外，对有意义的异常体，还要确定其大致形状、走向、倾向、分布范围、埋深等，并作出相应的解释推断图件。

### 1.研究单一方法的异常

先研究单一方法的异常，再研究综合方法的异常，是贯彻由简单到复杂的解释原则的具体体现。

①详细研究测区内岩、矿石的物性资料和地质特征，结合地质原因已查明地段的物探资料，建立起测区各类地质体上可能产生的地球物理场特征的概念（正演概念）。

②根据各种实测参数图详细研究异常特征。异常特征指的是异常形状、走向、范围、强度、梯度、正负值分布和稳定性等。在详细研究异常特征的基础上按异常特征对异常进行分类。

③在已分类的异常中选择有代表性的异常进行深入分析，取得经验，再行推广；必要时可以做一些半定量或定量解释，以判断异常体的规模和产出情况是否与实际符合或所解释的原因是否能产生实际观测到的异常特征。

### 2.综合研究各物探方法的异常

采用综合物探方法的一个目的就是消除或减少物探异常地质解释的多解性。在进行综合物探方法工作的地区，都应当对物探异常进行综合解释。在进行综合解释时，先分析各种综合图件，根据在分布范围上有内在联系的各物探方法异常自身特征和相互关系进行综合方法异常分类，然后对各类异常按从已知到未知，由简单到复杂，点面结合等原则进行解释。由于对每个综合异常都可以从所采用的物探方法的物性基础角度和地质情况去认识，就有可能得到单一的地质原因解答，或至少使多解性大大减少。

### 3.密切结合地质资料

这一原则应贯彻于物探资料解释的全过程，从已知到未知的解释原则就是这种结合的体现之一。

①在定性解释时，总是将物探资料和地质资料进行对比分析，并且把室内分析研

究结果和野外实地调查结合起来,如在激发极化法异常解释中常出现的与探测对象无成因或空间联系的石墨化、黄铁矿化、磁铁矿化等这类干扰,目前尚无通用、行之有效判别方法,只有通过实地调查,结合其他物化探资料进行对比分析,才能得到解决。

②在大面积覆盖区,可根据需要和可能,选择少量有代表性的异常,用山地工程揭露或用钻井验证,以了解解释推断结果是否合理,总结规律,指导未知区工作。这是异常的检查研究之最有效的手段,但是耗费也大。

③如果物探方法的解释结果与地质推论之间有矛盾,要尊重地质与物探各方法的基础理论及已掌握的第一手资料,核实情况,探求矛盾的原因,切不可牵强附会。只有采取科学的态度和合理的分析方法进行地质解释,才可能取得较满意的地质效果。

### (3) 定量解释

定量解释一般是在定性解释的基础上进行。定量解释的目的主要是确定有意义异常体的赋存情况。如推断异常体的几何形态、产状要素、埋深情况,以便为布置山地工程或为地质勘探工作提供依据,或配合勘探工程查明矿产储量,减少勘探工作量。有时,定量解释用来确定层参数(如测深法),进一步查明引起异常的地质原因。

#### 1. 定量解释对资料的要求

①解释剖面(或曲线)的观测精度较高。

②解释剖面(或曲线)应尽可能符合解释计算公式或方法的预设条件。如使用二度体定量计算公式或二度反演程序,就要求异常体满足二度体要求;并且要求解释剖面垂直异常体走向并大致通过异常中部。

③解释剖面(或曲线)应完整,异常的背景场比较平稳,异常曲线较圆滑,特征点明显,形态较简单。

④进行电测深定量解释时(量板法)要求测区内有较好的电性标志层、地电断面简单、电性分界面倾角小于 $20^\circ$ 、测区地形平坦、断裂构造少见、测区或测区附近有一定数量的已达电性标志层的钻孔及相应的测井资料。

#### 2. 正确使用定量解释方法

由定量解释对资料的要求可知,某些定量解释方法对地质体产出条件要求严格,否则解释结果将产生很大误差。但野外实际上很难遇到一个与理论所假定的条件相一致的地质体,所以,为了减少计算误差,我们应选择那些实用性较强、稳定性较好的解释方法,而在地质体产出条件了解比较清楚,或者根据曲线特征对地质体产出条件估计有把握而且干扰很小时,可以选用那些特定的解释方法,这样它们能给出准确的

结果。

综上所述,在电法勘探中通常是作半定量解释,只是对那些地电条件简单的情况,如水平层大地上的电测深资料,才进行定量解释。

## 第三章 浅层地震勘探

### 一、教学实习目的和要求

- 1、巩固和加深学生对课堂理论教学内容的理解。
- 2、初步了解地震野外工作方法技术和装备，初步进行野外生产各种工作技术的基本训练。
- 3、学会浅层折射资料的整理和解释。
- 4、学会浅层反射资料的常规处理和构造解释。
- 5、培养学生理论联系实际、事实求是的作风，严肃认真的工作态度。

通过本次温泉教学实习使学生基本掌握浅层地震勘探工作的方法技术。包括工作方法选择，野外数据采集，室内数据处理与图示，资料的地质解释与报告编写等四大部分。通过实习使学生具备初步的浅层地震勘探工作能力。

### 二、教学实习内容

本次地震教学实习内容为浅层地震折射波工作的野外作业和室内资料整理解释；浅层反射波工作的野外作业和室内资料整理解释。其内容为：

- 1、工区地质、地球物理概况；
- 2、测线布置及观测系统；
- 3、浅层地震仪的操作；
- 4、野外施工技术；
- 5、地震资料的整理与解释。

### 三、工作量

- 1、折射波法：通过完成一条完整的剖面测量及资料处理结合工区已知地质资料给出合理的地震地质解释。（1周）
- 2、反射波法：通过完成一条完整的剖面测量及资料处理结合工区已知地质资料给出合理的地震地质地层及构造解释。（1周）
- 3、报告编写。（2天）

### 四、方法介绍

- 1、折射波法；
- 2、反射波法。

## § 2.1 折射波法

### 一、浅层地震折射波外业工作

外业工作是地震勘探的关键环节，为取得较好的资料，必须重视测线的布置，观测系统的选择，激发与接收条件以及仪器工作参数的选择，这些内容一般都要通过实验确定，然后投入生产。

#### 1、测线布设

测线的布设取决于任务书的要求、测区的地形与地震地质条件，要因地制宜以最少的工作量完成任务书的要求。测线方向应尽可能地垂直地层或构造的走向，并与地质钻探的测线、其它物探方法的测线重合，以利于各种资料的分析对比和相互补充验证。

本次实习，在实习基地地震测区布设一条400米长的剖面，该剖面测线经过已知的 $F_2$ 及 $F_5$ 构造。

#### 2、观测系统

折射波法观测系统，一般采用相遇或相遇追逐的观测系统，地震地质条件复杂时，则采用重复相遇追逐观测系统。排列长度应保证相遇时距曲线至少有四个检波点以上出现目的层的初至折射波。要求追逐跑点的震源 $K>$ 时距曲线中交点横坐标 $X_C$ 。

本次教学实习折射波采用相遇追逐观测系统（见图3-1），时距平面图和综合平面图如图中（a）（b）所示。图中 $O_2, O_3$ 为整个检波器排列的两个端点炮， $O_1, O_4$ 为两个追逐炮。排列长度46米，追逐点距离10米。

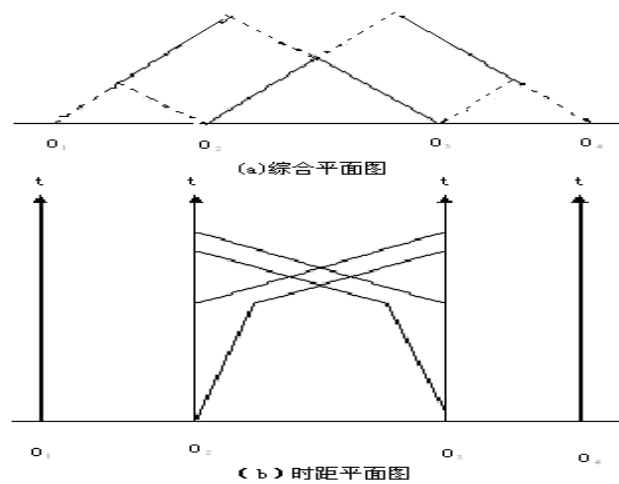


图3-1 相遇追逐观测系统

#### 3、激发与接收

激发点的表层浮土应予以清除，锤击时，要求锤击铁板时间短促。接收点一般采用10~60Hz固有频率的检波器，工作时要平稳垂直并准确地紧埋在地面接收点的位置上，地面接收点的位置在检波器埋设前应先清除浮土及周围杂草，检波器与电缆正确连接。防止漏电、短路、接触不良、极性反接等情况。

仪器的参数选择，应依据噪声背景、激发接收条件、地震地质条件因素，加以综合考虑。

本次教学实习采用38Hz固有频率的检波器，18磅大锤作为震源。

#### 4、仪器设备

R-24浅层地震仪一台，大缆二根，带引线的38Hz检波器各24个，12V可充电电池两块，触发开头一个，50米以上长导线两根，18磅大锤两把，铁板两块，皮尺或测绳两根，地质锤两把，野外记录本一本，仪器检修工具一套。

#### 二、野外施工

1、人员安排：浅层地震教学实习每小组5-8人，其分工为：仪器操作员1人、捶击员2个、其它为电缆铺设和检波器埋置人员。

2、电缆铺设和检波器布设：在实习场地，按测线方向，第一步布好皮尺或测绳；第二步铺设电缆，两根电缆铺设有前后之分，铺设时要求注意；第三步检波器埋设，每隔2m埋设一个检波器（注意：检波器非常灵敏，必须轻拿轻放，以避免强震动；另外在埋置检波器时，应用地质锤将检波器埋设处的杂草或腐殖土铲除，挖出一个小坑，将检波器埋直、埋紧，切忌用地质锤敲或用脚踩）。联接电缆和检波器（注意：电缆和检波器的接口有宽窄区别）。

3、开机：将电缆、导线与仪器联接，在实习指导老师检查确认无误后，开机进行数据采集前的参数设置。

4、噪声检测：将光标移置do-server进入测量子菜单，按3键,进行噪声检测及检波器埋设情况的检测，对检测结果进行分析，并给出处理结果。

5、数据采集：从仪器处引出两条触发线分别引向第一个检波器处，另一条引向第24道检波器处，进行O2,O3端点炮的激发测量。

第一步：联接好O2炮，在确认连线联接好后，将光标移置do-server进入测量子菜单：a) 首先按0键清除内存内容。b) 按4键进入采集：这时要求捶击员进行地震波的激发，激发地震波时，要求布设电缆及检波器的人员不要走动，以免引起干扰信号，地震波的激发，要求捶击员用18磅大锤猛击在铁板上，激发后，仪器操作员查看屏幕

上的数据是否满意，若不满意，则按CLR键重新激发，若满意则可进行叠加数据，直至达到满意的叠加次数。c)按F<sub>1</sub>再按6键将文件存盘。同时在记录本上记录文件号、测点位置等情况。

第二步：连接好O3炮，在确认连线连接好后，将光标移置do-surver进入测量子菜单：a)按0键清除内存内容。b)按2键设置测量位置。c)按4键进入采集：采集同第一步。

第三步：完成了O2,O3端点炮的测量后，将从仪器处引出的两条触发线向后延长30米或40米进行O1，O4追逐炮的测量。测量步骤同第二步。

完成4个炮点采集后，可进行下一段的测量工作，即将整套设备延测线移动46米并重复步骤1、2、3、4、5，直到测完整条测线。

## 6、野外工作注意事项

(1)、注意保持仪器清洁，避免受到剧烈碰撞，每天收工后，应及时对仪器和微机的电源充电。

(2)、检波器应避免受到剧烈震动，不工作时，要把其引线夹子短路，禁止拖拉引线和电缆线，除仪器操作人员外，不得乱动仪器。

(3)、仪器操作人员应在现场及时分析地震记录，若不符合要求，应查明原因，及时重测。

(4)、记录人员要及时记录每炮工作参数。包括工程名称，测线号，工作方法，仪器型号，记录编号，文件号以及各种参数选择，工作日期等。

(5)、工作分：布线组、仪器组、检波器组、震源组。工作时由操作员统一指挥，工作期间，各就各位，分工协作。实习期间，同学轮流担任布线、仪器操作员、检波工、放炮工。

## 三、浅层地震折射波室内工作

折射波资料处理采用计算机进行自动化解释，但解释员必须了解和掌握解释的方法与步骤。

1、数据处理：资料处理采用 $t_0$ 差数时距曲线法进行数据处理。

数据处理过程如下：a)预处理：预处理主要是对测量记录文件进行参数设置，b)初至波时间人工拾取，c)绘制时距曲线：在时距曲线类型选择下选择相遇追逐观测系统，用光标修改时距曲线的时间数据，直到变成满意的一组时距曲线为止，最后保存，d)确定交点，计算有效速度 $V_e$ ，e)计算折射层速度。

2、利用 $t_0$ 差数时距曲线法分段处理计算出对应的地下基岩速度，将各数据存盘。

3、在AutoCAD制图软件下，将上述计算的结果数据进行制图，要求依据工程勘探规范对基岩进行分类。

#### 四、资料的地质解释与报告编写

1、资料的地质解释：依据收集到的地质资料，结合波速情况，作出合理的地质地震解释。

#### 2、报告编写：

报告编写一般包括 6 部分内容：

第一部分，目的和任务；

第二部分，地质和地球物理特征；

第三部分，方法技术；

第四部分，资料处理方法与原理；

第五部分，地质地震解释；

第六部分，结论与建议。

## § 2.2 反射波法

### 一、浅层地震反射波外业工作

外业工作是地震勘探的关键环节，为取得较好的资料，必须重视测线的布置，观测系统的选择，激发与接收条件以及仪器工作参数的选择，这些内容一般都要通过实验确定，然后投入生产。

#### 1、测线布设

测线的布设取决于任务书的要求、测区的地形与地震地质条件，要因地制宜以最最少的工作量完成任务书的要求。一般遵循：

(1) 测线最好为直线。这时垂直切面为一平面，所反映的构造形态比较真实。相反，如果测线为弯线，则在资料处理中往往把一个共反射面元内反射的地震记录道进行叠加处理，尤其当地下界面倾斜或地质构造比较复杂时，这种叠加处理不利于提高记录的分辨率。

(2) 主测线应尽量垂直岩层或构造的走向。这样做的目的是最大限度地控制构造形态，利于地震资料的分析与解释。

(3) 测线应尽可能与其它物探测线或钻探勘探线相一致。这样便于综合分析解释物探资料和地质资料。若测区有已知钻孔，测线应尽可能通过已知钻孔。

(4) 测线的疏密程度应根据地质任务的要求、探测对象的大小及复杂程度等因素来确定。

本次实习，在实习基地地震测区布设一条400米长的剖面，该剖面测线经过已知的F<sub>2</sub>及F<sub>5</sub>构造。

## 2、观测系统

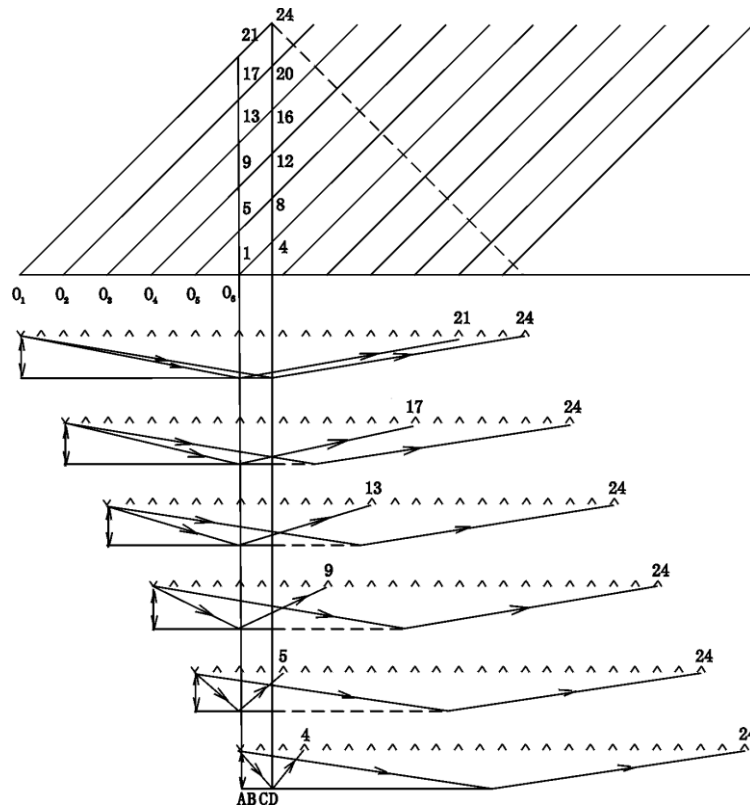


图3-2 单边放炮6次覆盖观测系统平面图

浅层反射波地震勘探常采用多次覆盖观测系统，多次覆盖技术的应用是为了压制多次反射波之类的特殊干扰波，以提高地震记录的信噪比。本次反射波法地震勘探采用单边放炮，六次覆盖观测系统。如上图所示，炮点位于排列的端点，有一定的偏移距。

## 3、激发与接收

激发点的表层浮土应予以清除，锤击时，要求锤击铁板时间短促。接收点一般采用大于60Hz固有频率的检波器，工作时要平稳垂直并准确地紧埋在地面接收点的位置上，地面接收点的位置在检波器埋设前应先清除浮土及周围杂草，检波器与电缆正确连接。防止漏电、短路、接触不良、极性反接等情况。

仪器的参数选择，应依据噪声背景、激发接收条件、地震地质条件因素，加以综

合考虑。

本次教学实习采用 100Hz 固有频率的检波器，18 磅大锤作为震源。

#### 4、仪器设备

R-24浅层地震仪一台，大缆二根，带引线的100Hz检波器各24个，12V可充电电池两块，触发开头一个，50米以上长导线一根，18磅大锤一把，铁板一块，皮尺或测绳一根，地质锤两把，野外记录本一本，仪器检修工具一套。

#### 二、野外施工

1、人员安排：浅层地震教学实习每小组5-8人，其分工为：仪器操作员1人、捶击员2个、其它为及电缆铺设和检波器埋置人员。

2、电缆铺设和检波器布设：在实习场地，按测线方向，第一步布好皮尺或测绳；第二步铺设电缆，两根电缆铺设有前后之分，铺设时要求注意；第三步检波器埋设，每隔2m埋设一个检波器（注意：检波器非常灵敏，必须轻拿轻放，以避免强震动；另外在埋置检波器时，应用地质锤将检波器埋设处的杂草或腐殖土铲除，挖出一个小坑，将检波器埋直、埋紧，切忌用地质锤敲或用脚踩）。联接电缆和检波器（注意：电缆和检波器的接口有宽窄区别）。

3、开机：将电缆、导线与仪器联接，在实习指导老师检查确认无误后，开机进行数据采集前的参数设置。

4、噪声检测：将光标移置do-server进入测量子菜单，按3键,进行噪声检测及检波器埋设情况的检测，对检测结果进行分析，并给出处理结果。

5、数据采集：从仪器处引出一条触发线距第一个检波器有一定距离（偏移距通过实验确定）处进行激发测量。

联接触发线，在确认连线联接好后，将光标移置do-server进入测量子菜单：a) 首先按0键清除内存内容。b) 按4键进入采集：这时要求捶击员进行地震波的激发，激发地震波时，要求布设电缆及检波器的人员不要走动，以免引起干扰信号，地震波的激发，要求捶击员用18磅大锤猛击在铁板上，激发后，仪器操作员查看屏幕上的数据是否满意，若不满意，则按CLR键重新激发，若满意则可进行叠加数据，直至达到满意的叠加次数。c)按F<sub>1</sub>再按6键将文件存盘。同时在记录本上记录文件号、测点位置等情况。

完成数据采集后，可进行下一段的测量工作，即将头两道检波器移到最后位置，其它连线循序移动位置即可。重复上述步骤，直到测完整条测线。

## 6、野外工作注意事项

(1)、注意保持仪器清洁，避免受到剧烈碰撞，每天收工后，应及时对仪器和微机的电源充电。

(2)、检波器应避免受到剧烈震动，不工作时，要把其引线上的夹子短路，禁止拖拉引线和大缆线，除仪器操作人员外，不得乱动仪器。

(3)、仪器操作人员应在现场及时分析地震记录，若不符合要求，应查明原因，及时重测。

(4)、记录人员要及时记录每炮工作参数。包括工程名称，测线号，工作方法，仪器型号，记录编号，文件号以及各种参数选择，工作日期等。

(5)、工作分：布线组、仪器组、检波器组、震源组。工作时由操作员统一指挥，工作期间，各就各位，分工协作。实习期间，同学轮流担任布线、仪器操作员、检波工、放炮工。

### 三、浅层地震反射波室内工作

地震反射波室内工作是一个较复杂的过程，它包括，从野外记录数据的读取，反射波旅行时间的校正，干扰波的压制及消除，叠加速度的取得，叠加剖面的获得等等许多环节。一般而言，反射波数据处理常规的方法包括：

本次实习资料处理采用勘查技术与工程教研室自编的反射波数据处理软件进行数据处理。采用时距剖面图显示结果。在其它作图软件下给出地质地震解释。

勘查技术与工程教研室自编的反射波数据处理软件系统包括四大部分，即预处理、常规处理、参数分析系统、结果显示。其中预处理包括坏道充零、直达波切除、面波切除、抽道选排；常规处理包括一维滤波、二维滤波、动校正、静校正、均衡、水平叠加；参数分析系统包括一维频谱分析、二维频谱分析、速度分析。

1、预处理：处理废炮、坏道、切除直达波、声波、进行抽道集等。

2、参数分析：一维频谱分析、二维频谱分析、速度分析。

3、常规处理：滤波、动校正、静校正、水平叠加。

4、图示。

### 四、资料的地质解释与报告编写

1、资料的地质解释：依据收集到的地质资料，结合波速情况，作出合理的地质地震解释。

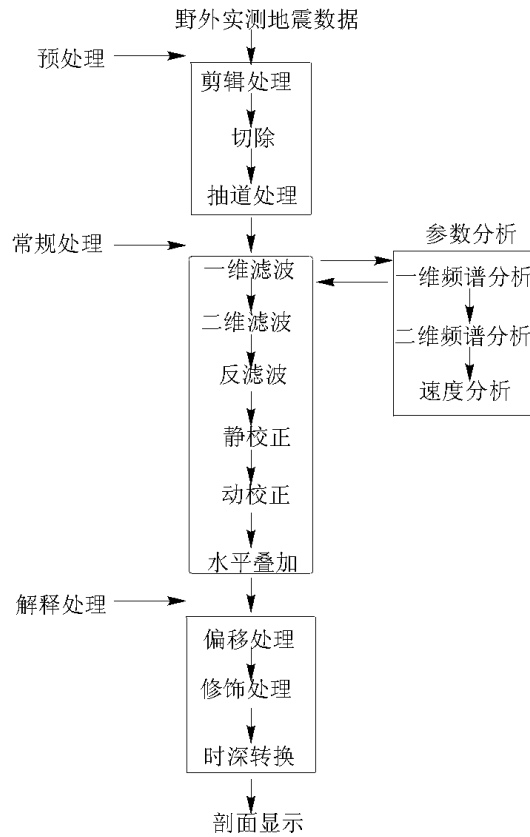


图3-3 数据处理流程

## 2、报告编写：

报告编写一般包括 6 部分内容：

第一部分，目的和任务；

第二部分，地质和地球物理特征；

第三部分，方法技术；

第四部分，资料处理方法与原理；

第五部分，地质地震解释；

第六部分，结论与建议。

## 第四章 重力勘探

### （一） 实习目的

通过本次实习使每个同学都能掌握重力勘探野外工作的各个环节，培养学生的野外工作能力和实际动手能力，培养学生吃苦耐劳，为地质事业献身的精神；使学生理论联系实际，进一步巩固专业知识，提高应用理论知识解决实际问题的能力。

### （二） 实习内容

实习任务为进行工作比例尺为 1: 500 的重力面积详查，通过对一个小山包地形进行重力测量，要求每个学生以工作人员的身份，参加重力野外测量的全部过程，整个实习环节包括：技术设计、野外施工、室内资料整理、成果图示、初步解释和成果报告的编写等全部过程。

### （三） 重力勘探实习方法技术要求

#### 1、 工作设计

- （1） 总体设计应以实习任务为依据，由实习小组负责人组织编写。其内容包括地质任务、任务部署、工区划分、面积、勘探比例尺、工作量、质量要求以及呈交的主要成果图件和总结报告期限。
- （2） 实习应以任务书为依据，由重力队队长或解释组技术负责人完成。应在明确本队地质任务及其意义的基础上，对工区进行全面踏勘并收集有关地质、地球物理、物性参数及测绘资料后编写。主要内容包括地质任务、地质及地球物理条件、工作方法与技术、工作安排。
- （3） 技术设计应附的图件有：工区交通图、基线及普通线计划分布图、物性综合柱状图；已做的主要地质、地球物理成果图。
- （4） 测线的布设应按下列原则：a) 根据地质任务，结合地质、地表条件及以往的物化探工作情况，对测区范围合理规划，并兼顾到资料的完整性和布点、施工的方便性。B) 测线的总方向应垂直已知异常或探测对象的走向，并尽量与已有的地震、电法剖面重合或平行。

#### 2、 仪器准备

- （1） 灵敏度：Z S M型仪器的光线灵敏度调至 1 6 ~ 2 0 格。水准器：石英弹簧仪器最后所测水泡曲线的极值点偏离其正确位置不超过一小格（水平角螺丝 1 / 3 2 圈）。

- (2) 仪器性能试验应按下列规定进行：a. 静态试验应在环境温度变化小于 3℃，周围干扰小的室内进行。仪器置平后，每隔 30 min 读一次数，连续观测一昼夜以上；石英弹簧仪器的掉格率一般小于  $0.10 \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} / \text{d}$ ；b. 动态混合零点掉格试验应有意识选择在不同的工作条件下进行，以便观察仪器不同的适应特点。c. 仪器一致性试验：工区内使用两台以上仪器工作时，要进行一致性对比；试验点数应在 10 个以上，要求点间重力差较大，点距与实际工作点距相当；如果动态混合掉格试验满足上述要求，也可利用其试验结果确定一致性，仪器一致性不低于测点观测均方误差，仪器一致性用下式计算：

$$\varepsilon_y = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^m \lambda_i^2 / (m-n)}$$

式中： $\varepsilon_y$ ——仪器一致性， $10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ； $\lambda_i$ ——某仪器在某相邻点之增量与各台仪器平均增量差 ( $i=1, 2, \dots, m$ )， $10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ；

### 3、重力资料采集

#### (1) 重力普通线的布设和观测原则

- 地形平缓地区呈直线布设，整体上应与构造线垂直。
- 普通点一般采用单次观测法。每个工作单元首尾必须连接基点。
- 闭合基点时间的长短，可视仪器的性能而定，高精度重力测量应在 2~3h 内联基点；
- 多日观测的单元之间，应有三个以上连接点，连接点的观测顺序应与前一日相同。连接点间两次相对差不大于 2 倍仪器观测精度。

#### (2) 测地工作(本次实习不做要求，按教师提供的地形图进行地改)

#### (3) 密度测定工作

岩石标本的采集应按下列要求进行：

- 尽量保持岩石标本的天然湿度，及时进行密度测定。
- 致密或有孔隙的岩石，一般利用密度计测定其密度。
- 疏松的多孔隙岩石要涂上石蜡，用天平测定其密度。计算公式如下：

$$\rho_y = \frac{P_1}{(P_3 - P_2) - (P_2 - P_1) / \rho_s}$$

式中： $\rho_y$ ——岩石密度， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$\rho_s$ ——石蜡密度， $0.9 \text{ g/cm}^3$ ；

$P_1$ ——标本在空气中称得的质量，g；

$P_2$ ——标本涂蜡后称得的质量，g；

$P_3$ ——封蜡标本在水中的质量，g；

(说明：本测区为第四纪覆盖，标本采集困难，要求同学掌握密度测定方法，本次实习用中间层法确定密度)

#### (4) 质量检查和评价

普通点观测结果的质量应通过独立检查观测来评定。检查点应均匀分布在工作单元之中部；检查率不低于5%。检查观测采用不同不同操作员、不同日期进行。检查观测多于一次时，用下式计算：

$$\varepsilon'_s = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^{m_\alpha} \omega_i^2 / (m_\alpha - n_\beta)}$$

式中： $\omega_i$ ——第*i*点某次观测值与各次观测平均值之差 ( $i=1, \dots, m_\alpha$ )， $10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ；

$m_\alpha$ ——检查点总观测次数。

## 4、资料整理及数据处理

### (1) 资料整理的基本内容

#### a. 零点位移校正

早晚两次在基点上仪器测得的重力变化值就是该时间段重力仪的零点位移值

$$\delta g'_t = (s_{t_2} - s_{t_1}) \cdot C$$

式中： $s_{t_1}$ 、 $s_{t_2}$ 分别为 $t_1$ 和 $t_2$ 时刻测晚基的读格；C为重力仪的格值。

仪器每分钟的零点位移率为

$$K = \frac{\delta g'_t}{t_2 - t_1} = \frac{(s_{t_2} - s_{t_1}) \cdot C}{t_2 - t_1}$$

若某一个普通重力测点的测量时间为 $t_k$ ，则这个点的零点位移校正值为

$$\delta g_t = -K(t_k - t_1)$$

故该点的重力观测值为。

$$\Delta g_k = \Delta g'_k + \delta g_t$$

式中： $\Delta g'_k$ ——没有做零点校正前的重力观测值： $\Delta g'_k = (S_k - S_{t_1}) \cdot C$ 。其中  $S_k$  为某一测点重力仪的读格。

注意： $\delta g_t$  有可能是正，也有可能是负。当  $s_{t_2} > s_{t_1}$  时， $\delta g_t$  为负值，表示重力仪的零点位移在增加，应从  $\Delta g'_k$  中减去零点位移值。当  $s_{t_2} < s_{t_1}$  时， $\delta g_t$  为正值，表示重力仪的零点位移是减小的，应从  $\Delta g'_k$  中加上零点位移值。

#### b. 布格重力异常值的求取

**地形校正：**要求采用扇形分区的地形校正方法。制作量板时取  $n=8$ ， $R=0, 2, 10, 50m$ 。T 仅作 50m 范围内的近区地形校正。

采用量板在地形图上取得各点相对高程以后，可根据公式

$$\delta g_T = \frac{2\pi G \delta}{n} \left( R_{i+1} - R_i + \sqrt{R_i^2 + h^2} - \sqrt{R_{i+1}^2 + h^2} \right)$$

$$\Delta g_T = \sum \delta g_T$$

计算每一点的地形校正值，计算工作可利用计算机来进行。式中：

$\delta g_T$ ——一个扇形柱体对测点的地形校正值；

$\Delta g_T$ ——测点的地形校正值。

**中间层校正：**由于测区面积小，地形较平缓，故采用近似计算中间层校正值公式

$$\Delta g_\delta = -0.419\delta \cdot h \quad g \cdot u$$

式中： $\delta$ ——中间层密度，单位  $g/cm$ ；

$h$ ——测点相对基点的高程，单位：米。

当测点高于基点时  $h$  取正号，反之取负号。

**高度校正：**采用下式计算高度校正值。

$$\Delta g_h = 3.08h \quad g \cdot u$$

式中  $h$  的意义同上。

若将中间层校正与高度校正合并进行，称为“布格校正”，即

$$\Delta g_b = (3.086 - 0.419\{\delta\}_{g/cm^3})\{h\}_m \quad g \cdot u$$

纬度校正忽略不计。

**布格重力异常：**对观测值进行地形校正，布格校正后获得的（纬度校正不计），即

$$\Delta g_\beta = \Delta g_K + \Delta g_T + \Delta g_b$$

就是我们最后要求取的相对布格重力异常。

#### c. 图示

**剖面图：**作图时，要求比例尺与测区工作比例尺相同；参数比例尺（纵比例尺）的选取原则是使异常明显，但不至于跳跃为佳；剖面上应注明剖面方向、比例尺、图例等。具体布置应参照作图规范。

**平面剖面图：**绘制时用折线联点。为避免各剖面曲线过于重迭穿插，应适当选取参数比例尺，一般不得曲线超过三个线距。

**平面等值线图：**等值线间距视异常精度及异常大小来适当选择。

### （四）实习报告要求

（一）本测区重力测量技术设计报告（每人一份），并附实际材料图象每小组 2~3 人一份）。

（二）成果报告，即教学实习重力勘探成果报告。每人一份，并需附以下图件和资料。

1. 布格重力异常剖面图（1：500）
2. 布格重力异常平面图（1：500）
3. 布格重力异常平面剖面图（1：500）
4. 仪器性能检查、试验、调节记录表
5. 野外测量原始数据

## 第五章 磁法勘探

磁法勘探（简称磁法），是通过观测和分析岩层的磁性及磁场特征，来研究地质构造及其分布形态和找矿的。在所有勘探方法中，它是发展最早，应用广泛的一种方法。磁法不仅可用于固体矿产的普查，也常用于石油天然气的普查和不同比例尺的地质填图及构造研究。

### （三） 实习目的

通过本次实习使每个同学都能掌握磁法勘探野外工作的各个环节，其中包括工作设计、仪器操作、数据采集、资料整理、地质解释及报告的编写。

### （四） 实习内容

磁测工作区位于抚州温泉余山水库附近，测点位置海拔：北纬：28° 00.746′，东经：116° 12.665′，高 98m），每个学生以工作人员的身份，参加磁测生产的全部过程，即从技术设计、野外施工、室内资料整理、成果图示、初步解释和成果报告的编写。

### （五） 磁法勘探方法技术要求

磁法勘探是通过观测和分析岩层的磁法场特征，来研究地质构造及其分布形态和找矿的。磁法勘探不仅可用于固体矿产的普查与详查，也可用于石油天然气的普查和不同比例尺的地质填图及构造研究。

#### 1、测区的位置及地球物理概况

测区的位置与测区的布置：测区位于抚州温泉的余山水库地区，基线布置在靠水库的余山上，测线方向 135°，线距为 20 米，测点距为 10 米，共有 10 条测线。

#### 2、野外测量的工作方法、技术

##### （1） 仪器设备：

①实习使用高精度质子磁力仪。正式工作之前，应对所有用于工作的仪器的性能进行现场检验，以了解工作性能，观测点不少于 20 个，其中少数点要较强的异常场上。各仪器的观测结果之间无明显系统误差，全部仪器的观测均方误差值不大于正式工作时设计均方误差的二分之一。

##### ②对于仪器的性能要进行检查标定：

##### 仪器的调试：

在工作开始和结束时，以及工作期间每隔一定时间，都应对仪器的性能进行测

试，保证它们满足设计和规范要求。

#### A、探头高度试验

a) 按测区范围大小，在工区内选择一条(或若干条)长约 100m，对浅层干扰有代表性的典型剖面，点距 3~5m，用 1m，1.5m，2m，2.5m，四个不同探头高度各进行一次往返观测。

b) 分别计算四个不同高度的均方根误差，以探头高度为横坐标，以均方根误差为纵坐标，绘出误差随高度变化曲线。通常随高度增大，观测误差趋于减小并接近一恒定值，据此可选出接近恒定值的最佳探头高度。

C) 探头高度一经确定，必须在全区内保持不变，其误差不超过探头高度的 1/10。

#### B、噪声水平的测定

a) 当有三台以上的磁力仪同时工作时，可选择一磁场平稳而又不受人文干扰场影响的地方，将各仪器的探头置于此区，探头间距离应在 20m 以上。各仪器作秒级同步的日变观测，取 100 个左右的观测值按下计算每台仪器的噪声均方根误差值：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^w (\Delta x_i - \overline{\Delta x_i})^2}{w-1}}$$

式中： S-----噪声均方根误差值， nT；

$\Delta x_i$ -----第 i 时观测值  $x_i$  与起始观测值  $x_0$  的差， nT；

$\overline{\Delta x_i}$ -----所有仪器同一时间观测差值的平均值， nT；

w----- 观测值总个数。

b) 当仪器不足三台时，用单台仪器在上述磁场平稳地区作日变连续观测百余次。

读书间隔 5~10s，按 7 点求滑动平均值：

$$\overline{x_i} = \frac{1}{7}(x_{i-3} + x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2} + x_{i+3})$$

由下式计算仪器的噪声均方根误差值：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^w (x_i - \overline{x_i})^2}{w-1}}$$

式中：  $x_i$ -----i 时刻的观测值， nT；

$\overline{x_i}$ -----i 时刻的滑动平均值， nT；

### C、观测误差的测定

选择浅层干扰小且无人文干扰场影响的地方，并要求观测路线穿过有十多 nT 弱磁异常变化的地区。沿线观测点不小于 50 个，参与生产的各台磁力仪都在这些点上作往返观测，各观测值经日变改正后，按下式计算每台仪器的观测均方根误差：

$$\varepsilon_{\text{观}} = \sqrt{\frac{\sum_{p=1}^N \delta_p^2}{2N}}$$

式中：  $\varepsilon_{\text{观}}$  ----- 仪器观测均方根误差，nT；

$\delta_p$  ----- 某仪器第 p 点前后观测值之差，nT；

$N$  ----- 测点数。

各仪器的系统误差应小于 1nT。否则应予校正或送厂重新校准。

#### (2) 野外工作方法

为了提高观测精度，控制观测过程中仪器零点位移及其它因素对仪器影响，并将观测结果换算到统一的水平，在磁测工作中要建立基点，日变观测站等。

##### ① 基点选择遵循以下原则：

- 1) 基点应位于正常磁场内。
- 2) 磁场的水平梯度和垂直梯度较小，在半径 2 米及高差 0.5 米范围内，磁场变化不超过设计总均方误差数值的五分之一。
- 3) 附近没有磁性干扰物，并远离建筑物和工业设施（如铁路，厂房等）。
- 4) 所在地点能长期不被占用，有利于标志的长期保存。
- 5) 为了工作方便，基点一般建立在非磁性的沉积岩区或较厚的地区，在野外工作之前选定。

##### ② 基点与测点观测：

- 1) 每个闭合观测单元的观测，必须始于基点终于基点。
- 2) 如果遇到长剖面时，如一天没能结束工作并回到基点进行观测，须在当日观测的剖面末端设 2-3 个连接点。次日观测从重复各连接点的观测开始，并于剖面观测结束后返回基点观测。
- 3) 观测时，工作人员必须携带磁性物件和其它有磁性的设备应离开测点一定距

离，这个距离可通过检测确定。以不影响观测结果为原则。

- 4) 观测时，如遇有事故（为仪器受震），仪器性能可能发生突然变化时，应回到震前测过的几个点（点位要准确）上做重复观测。必要时应回到基点工作，重复观测，以检查仪器性能，当确认仪器才、性能正常时，方可继续观察。
- 5) 测点观测还应做到：
  - a) 当相邻两测点间相差较大时，或当有值得注意的地质现象时，须加点。
  - b) 当相邻测线的异常特征不一致时，须加线。
  - c) 当测区边缘发现可能有意义的异常或值得注意的地质现象时，须追踪。
  - d) 注意异常研究，观察异常特征（范围，强度、梯度等）与出露的地质现象（如岩性变化）记于备注栏内，必要时，再测岩石磁性或采集标本。
  - e) 遇有磁性干扰物（如铁路、厂房、井场表磁性的岩块或岩石堆等）时，须合理移动点位，避开干扰（应备注）。
  - f) 操作及记录时，操作人员身上不应有任何磁性物体。避免外界各种人为因素磁性干扰，仪器读后用立即关闭，搬运仪器过程中要避免剧烈震动。

### ③ 日变观测：

在高精度磁测时，设立日变观测站，以便消除地磁场周日变化和短周期扰动等影响，这是提高磁测质量的一项重要措施。对日变观测的具体要求如下：

- 1) 在环境有得于提高观测精度，无磁性干扰。
- 2) 所有仪器灵敏度高、性能稳定、温度系数和零点位移小。
- 3) 认真观测，尽量提高观测精度。
- 4) 应作少量的昼夜连续观测，以了解仪器性能和日变特征。
- 5) 将观测结果绘制成图，以便作日变改正用。

### ④ 质量检查与评价：

质量检查的目的是了解野外所获得异常数据的质量是否达到了设计的要求。这是野外工作阶段贯彻始终的重要环节。质量检查与评价的具体要求是：

- 1) 检查工作要尽可能按同点位，不同日期，不同仪器，不同人员进行。以容易产生质量问题的薄弱环节和质量可疑地段为重点，检查点分布宜大致均匀。
- 2) 要同时采取三种方法进行：
  - a) 在平稳磁场上大致均匀地抽若干点进行检查，计算均方误差。
  - b) 在异常磁场上抽若干剖面进行系统检查，计算平均相对误差，绘制质量对

比曲线图。

- c) 检查磁场剖面图上原始观测时注明原因或未作过重复观测的所有略变点，了解是否有观测错误存在。不计算误差。不计入检查工作量。

上述以第一种检查方法为主，第二种方法的工作时需依工作性质和异常多少而定，异常较少时需不少于原检查工作量的 5%，异常较多时宜为总检查工作量的 30—50%。稳场检查点数要大于总测点数的 3%，绝对数不少于 30 个点。异常场检查点数为总检查点数的 5—10%

### 3、成果图和地质资料解释

- (1) 观测结果的整理计算：

要求计算磁异常：

$$\Delta T_a = T_{\text{观}} - T_{\text{基}} + \delta T_{\text{日}}$$

式中： $T_{\text{观}}$ ——磁场观测值；

$T_{\text{基}}$ ——基点磁场观测值；

$\delta T_{\text{日}}$ ——日变校正值。

- (2) 图件的整理、绘制

要求用 Surfer 和 Graphic 软件绘制分别绘制磁异常平面等值图和平面剖面图。

### (六) 实习报告编写提纲

#### 第一章 序言

- 1、实习日期、地点、测区自然交通条件
- 2、测区地质及地球物理概况
- 3、实习任务完成情况

#### 第二章 野外施工技术设计

- 1、实习地质任务
- 2、工作比例尺及测网
- 3、各项精度要求的确定

#### 第三章 测量的工作方法、技术

- 1、施工前仪器的准备
- 2、测点观测与质量检查

#### 第四章 观测数据的整理

- 1、各项设计的精度要求
- 2、测点观测数据的整理与计算
- 3、异常图示（剖面与平面）

#### 第五章 测量结果的解释

- 1、异常的质量评价
- 2、异常特征的描述
- 3、异常的定性、定量解释

#### 第六章 结束语

- 1、实习的收获、体会与不足
- 2、对以后教学实习工作的建议

## 第六章 放射性物探

为了加强实践性教学环节，培养学生的实际工作能力，更好地体验野外生活，经历放射性详查工作的全过程，而安排此次实习。实习地点安排在临川县温泉乡境内，桐山庙—青莲山一带。

### 一. 目的要求

这次实习是在老师的指导下，学生通过完成一定面积的详查任务和资料综合整理工作。初步掌握放射性详查找矿的野外及室内一整套工作方法，并获得生产技能的实际锻炼，为毕业实习和今后的生产实践打下基础。具体要求如下：

1. 了解工作区的地质情况，包括地层构造矿化特征，能够辨认出该区的主要岩性和找矿标志。
2. 学会按不同比例尺布置测网，掌握地面测量的方法。
3. 掌握 FD-3017，FD-3013 等放射性测量仪器的标定及三性检查。
4. 初步学会放射性测量工作成果报告的编写及各种图件的绘制。

### 二. 实习内容

1. 1: 2000 的 详查
2. 1: 2000 射气测量
3. 1: 5000 城市 $\gamma$  照射量率普查

实习工作量由实习老师根据具体情况确定。

### 三. 野外工作方法

#### (一) 野外工作方法

#### 1. 详查

##### 1) 测网布置

详测主要采用面积测量。首先应按选定的比例尺布置测网，10×20 的测网表示 20 米一条测线，10 米一个测点。

基线应平行于测区内主要构造或地层走向，测线垂直或斜交主要构造和地层走向。

基线用经纬仪森林罗盘仪或测绳测定，测线垂直基线布置。实习中采用罗盘

定向，用测绳和地形校正板定距离。利用花杆和明显的地形地物作为罗盘定向的标志物。

- 2) 详查沿布置的测线按比例尺所规定的点距测量，遇到异常点加密点距。沿测线测量过程中，要照顾测线两侧（不超过测线距）以免漏掉异常。
- 3) 射气测量。打孔后将取样器放入孔中，取样四周要踩紧，以免大气加入而影响测量结果。工作中要注意抽气系统是否漏气。遇到有水的地方，要避免将水抽入仪器中，其它方法与 详查相同。
- 4) 质量检查：可采用自检，互检，专门检查等方式进行。检查工作量一般不少于总工作量的 10%。本次实习中采用自检， 详查、射气测量每组各检查本组有异常或有怀疑的一条测线，注意：检查的测点数不能少于总工作量的 10%。

#### (二). 资料整理

- 1) 详查、射气测量当天测的数据，应在当天登到正规实际材料图上并上墨。
- 2) 背景值及异常值的确定（见教科书或数据处理书）
- 3) 按标准图件的规定，进行有关图件的绘制。
- 4) 图件上色原则：地层由新到老。放射性场由低到高，颜色由浅到深，一般偏高场为淡黄色，高场为淡蓝色，异常场为红色。

#### 四. 实习应提交的图件和总结报告

##### (一) 提交的图件

1. 1: 2000 详查实际材料图（每组一份）
2. 1: 2000 详查相对等值图（每人一份）
3. 1: 2000 射气实际材料图（每组一份）
4. 1: 2000 射气测量等值图（每人一份）
5. 1: 5000 城市 普查实际材料图（每人一份）
6. 1: 5000 城市 普查相对等值图（每人一份）
7. 有关仪器“三性”检查和数理统计的相应图件（每人一份）

##### (二) 总结报告（每人一份）

实习总结报告包括以下几部分内容：

### （1）前言

这部分主要是简述工作区所处的交通位置，经济地理状况，本区的地质情况。包括主要的构造，岩性，围岩蚀变，矿化特征，找矿标志，放射性地球物理参数以及前人的工作成果等等。

### （2）物探工作方法

该部分主要叙述开展各种物探方法的依据。测网及线、点距、野外和室内工作的技术要求及实施情况。

### （3）工作质量评述（评价）

这部分主要阐明所完成的各种工作的数量、质量情况。仪器的工作状态。测网比例尺及实际测网的精度等。对所完成的工作及取得的成果的质量作出客观评价。

### （4）成果解释及其地质推断

该部分主要对所获得的资料、成果从不同方面进行分析研究、解释推断，对异常场产生的原因提出自己的见解和认识。

### （5）结束语

该部分主要是指出实习存在问题及建设。