

普通高等教育
勘查技术类教材

工程与环境地球物理实习教材

GONGCHENG YU HUANJING DIQIUWULI SHIXI JIAOCAI



刘四新 薛建 易兵 刘菁华 主编

地质出版社

普通高等教育勘查技术类教材

工程与环境地球物理 实习教材

刘四新 薛建 易兵 刘菁华 主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

全书共分4部分。第1部分为工程与环境地球物理教学实习大纲;第2部分为工程与环境地球物理实习指导,是全书的重点,包括高密度电阻率法、地下管线探测、探地雷达、放射性测量、地微动测量、桩基质量检测、地震波速测井和面波勘探8个方面;第3部分为实习报告提纲;第4部分为附录,主要介绍教学实习使用到的物探仪器的软件、硬件操作步骤。

本书编写过程中,致力于阐明基本理论,注意相关知识和实践的紧密结合,力争反映工程与环境地球物理的各个主要方面。力图通过本实习使学生得到严格的训练,以拓宽其实际动手能力和分析问题、解决问题的能力,为以后的职业生涯奠定基础。

本书适合勘察技术与工程专业(应用地球物理方向)和其他相关专业本科生的教学实习,也可供其他相关专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程与环境地球物理实习教材 / 刘四新等主编. —北京:地质出版社, 2012. 6

ISBN 978-7-116-07730-0

I. ①工… II. ①刘… III. ①地球物理勘探—实习—高等学校—教材①环境物理学—地球物理学—实习—高等学校—教材 IV. ①P631-45②X14-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 125816 号

责任编辑:李丛蔚 祁向雷

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

咨询电话:(010) 82324519(办公室) 82324565(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地质印刷厂

开 本:787mm×1092mm¹/16

印 张:11

字 数:265千字

印 数:1—1000册

版 次:2012年6月北京第1版

印 次:2012年6月北京第1次印刷

定 价:20.00元

书 号:ISBN 7-116-07730-0

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

工程与环境地球物理的实习教学,做为地球物理专业实习教学的重要环节,已经运行多年,取得了显著的效果。然而,长期以来,实习过程中缺乏合适的实习教材,这在一定程度上影响了实习过程的实施。本教材就是在这种思想的指导下产生的。

工程与环境地球物理学是一门应用性很强的学科,只有课堂上的理论教学是不够的,更需要通过实践才能真正理解和全面掌握。工程与环境地球物理教学由课堂教学和实习教学两大部分组成,实习教学是课堂理论教学的延续和补充,它弥补了课堂教学中看不见摸不到的东西,弥补了课堂教学中学不到的知识,而这些知识又恰恰是生产实践中所必须具备的。因此,教学实习对理论与实际相结合的专门人才的培养至关重要。

工程与环境地球物理是应用地球物理勘探的重要方面,主要用于解决工程与环境中的地质问题。近年来,随着工程与环境物探在理论研究、方法技术以及仪器研究上的成熟,其应用的领域不断扩大,在浅层工程地质、建筑工程质量评价、灾害地质监测等方面都有着广泛的应用。

本实习指导书最初于2004年编成,经过7年的实习教学试用、修改与完善,正式交付出版。由于工程与环境地球物理教学实习是应用地球物理教学实习的一个组成部分,其实习内容相互衔接,但不重复,因此,本书中对《应用地球物理教学实习指导》中已有的环节不予重述。

本实习教材力争使课堂的理论教学与野外生产密切结合,在侧重实践应用的基础上,对所涉及的理论、应用和使用的仪器设备都作了一定的阐述。从技术方法上分为高密度电阻率法、地下管线探测、探地雷达方法、地微动测量、桩基质量动测、地震波速测井、地震面波勘探和放射性测量。这些方法技术是工程与环境地球物理勘探经常用到的,作为每个学生都要完整地参加这些方法的教学实习。在实习中,每个学生都应认真阅读实习教材,虚心学习,勤学好问,一丝不苟,通过实习培养自己独立分析问题和解决问题的能力,在实际中丰富和充实自己,为今后工作奠定基础。

本书第1部分由刘四新、薛建编写;第2部分第1章由李宏卿、王元新编

写；第2章由易兵编写；第3章由薛建编写；第4章由刘菁华编写；第5章由易兵、薛建编写；第6章由刘四新编写；第7章由薛建、刘四新编写；第八章由王者江编写。第3部分由刘四新编写。第4部分附录1、附录2由李宏卿编写；附录3由易兵编写；附录4、附录8由薛建编写；附录5由鹿琪编写；附录和6、附录7由刘菁华编写。全书由刘四新、薛建统稿完成。实习过程中，可以按教材教学，也可根据实际情况选择使用。

在教材编写过程中得到吉林大学地球探测科学与技术学院刘财院长、杜晓娟副院长、应用地球物理实验教学中心主任潘宝芝教授的大力支持，在此一并表示感谢。

本书在编写过程中，引用国内外许多学者、专家的研究成果、图件和文字资料，在此表示衷心感谢。由于我们经验不足、水平有限、时间仓促，书中难免有疏漏和不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2012年1月于长春 地质宫

目 录

第1部分 工程与环境地球物理实习大纲	(1)
1.1 实习的目的及要求	(1)
1.2 实习主要内容	(1)
1.3 实习报告编写	(3)
1.4 实习时间安排	(3)
1.5 实习考核方法	(4)
第2部分 工程与环境地球物理实习指导	(5)
2.1 高密度电阻率	(5)
2.1.1 方法原理	(5)
2.1.2 高密度电阻率法探测装置及其探测效果比较	(9)
2.1.3 数据采集	(11)
2.1.4 数据处理与解释	(17)
2.1.5 高密度实习	(21)
2.2 地下管线探测	(22)
2.2.1 地下管线探测概述	(22)
2.2.2 频率域电磁法	(24)
2.2.3 管线探测仪器	(30)
2.2.4 野外工作方法	(33)
2.2.5 数据处理与报告编写	(40)
2.2.6 地下管线探测实习	(41)
2.3 探地雷达	(42)
2.3.1 探地雷达的方法原理	(42)
2.3.2 野外数据采集	(48)
2.3.3 数据处理与成果解释	(52)
2.3.4 探地雷达探测实习	(56)
2.4 放射性测量	(59)
2.4.1 地面 γ 能谱测量技术	(59)
2.4.1.1 方法原理	(59)
2.4.1.2 野外工作前的仪器的准备	(61)
2.4.1.3 野外工作方法	(67)
2.4.1.4 室内资料整理	(68)
2.4.1.5 资料的解释	(70)
2.4.2 FD-3017 RaA 测氦技术	(70)
2.4.2.1 RaA 测氦方法原理	(71)

2.4.2.2	野外工作前的仪器的准备	(71)
2.4.2.3	野外工作方法	(72)
2.4.2.4	数据的处理与解释	(73)
2.4.3	放射性方法在工程与环境调查中的运用实习	(74)
2.4.3.1	对城市隐伏活断层的探测	(74)
2.4.3.2	FD-3017 测氦法对地下采空区的探测	(75)
2.5	地微动测量	(77)
2.5.1	地微动原理与应用	(77)
2.5.2	野外数据采集	(82)
2.5.3	数据处理及解释	(83)
2.5.4	地微动测量实习	(86)
2.6	桩基无损检测	(87)
2.6.1	桩基的类型和质量问题	(87)
2.6.2	锤击法原理	(88)
2.6.3	数据采集	(91)
2.6.4	资料处理和解释	(92)
2.6.5	桩基质量检测实习	(95)
2.7	地震波速测井	(97)
2.7.1	地震波速测井原理与应用	(97)
2.7.2	野外数据采集	(100)
2.7.3	数据处理与解释	(102)
2.7.4	地震波速测井实习	(103)
2.8	面波勘探技术	(107)
2.8.1	方法技术原理	(107)
2.8.2	野外数据采集	(107)
2.8.3	面波数据处理	(108)
第3部分	实习报告提纲	(115)
第4部分	附录	(117)
4.1	高密度电阻率法测量系统	(117)
4.1.1	DUK-2A 型高密度电阻率法测量系统	(117)
4.1.2	E60D 型高密度测量系统	(118)
4.2	RES2DINV 高密度反演软件	(122)
4.2.1	RES2DINV 安装和初始化	(122)
4.2.1	反演一般步骤	(122)
4.3	RD8000PXL 地下管线探测仪使用说明	(123)
4.3.1	RD8000 接收机	(123)
4.3.2	Tx1, Tx3 和 Tx10 发射机	(125)
4.3.3	RD8000 操作说明	(127)
4.3.4	使用附件	(129)
4.3.5	RD8000PXL 主要技术指标	(129)
4.4	SIR-3000 的使用和系统参数	(129)
4.4.1	SIR-3000 型探地雷达的使用	(129)

4.4.2	SIR-3000 的系统参数	(133)
4.4.3	SIR-3000 的采集菜单	(134)
4.4.4	SIR-3000 的天线参数	(135)
4.5	RADAN 探地雷达数据处理软件说明	(138)
4.5.1	数据处理流程	(138)
4.5.2	数据处理步骤	(138)
4.6	HD-2002 型便携式伽马能谱仪使用说明	(147)
4.6.1	仪器的构成及用途	(147)
4.6.2	HD-2002 便携式 γ 能谱仪基本原理	(147)
4.6.3	HD-2002 便携式 γ 能谱仪特点	(148)
4.6.4	HD-2002 便携式 γ 能谱仪技术指标	(148)
4.6.5	仪器的操作方法	(149)
4.7	FD-3017 RaA 测氡仪使用说明	(155)
4.7.1	FD-3017 RaA 测氡仪的结构	(155)
4.7.2	主要技术指标	(155)
4.7.3	FD-3017 RaA 测氡仪的原理	(156)
4.7.4	野外土壤氡浓度测量操作方法	(157)
4.8	浅层工程地震仪的操作	(159)
4.8.1	Se2404 型工程地震仪的操作	(159)
4.8.2	NZ-24 型工程地震仪的操作	(161)
参考文献及资料		(166)

第1部分 工程与环境地球物理实习大纲

1.1 实习的目的及要求

1. 实习目的

工程与环境地球物理教学实习是勘察技术与工程（应用地球物理方向）专业和地球物理学专业本科教学的重要组成部分，是重要的实验教学环节，是对课堂教学的延伸和补充。

通过教学实习，将理论与实际联系起来，培养学生的动手能力和独立分析问题解决问题的能力，学习并掌握野外工作方法、仪器的原理和操作及资料处理和地质解释方法，进一步巩固课堂学习的理论知识，为今后从事工程与环境地球物理工作打下基础。

2. 实习基本要求

一般要求学生在学完《电法勘探基本原理与方法》、《放射性与地热勘探》、《地震勘探原理与方法》、《电法数据处理与解释》、《地质学基础》、《计算机技术基础》、《计算机应用基础》等课程后方能进行应用地球物理教学实习。

本教学实习对学生的具体要求如下：

(1) 学习了解根据实际工程勘察任务设计野外施工的方法。

(2) 学习和掌握各种仪器的基本原理、结构和基本操作流程以及常见故障的排除方法。

(3) 学习根据实际地质情况，结合所用方法和当地地形地貌特点，针对特定的探测目标，布置合理的测线和测点的方法。

(4) 独立（或分组）完成实验区内的数据采集工作，较准确地获取各物理点的数据，培养实际工作能力。

(5) 认真填写各种观测记录，确保实测数据真实可靠，教育和培养学生树立严谨的科学态度、实事求是的工作作风。

(6) 掌握各种方法的数据处理流程，完成各实验区野外数据的处理工作，完成各种成果图件的绘制。

(7) 通过分析各种物探图件，掌握物探异常的特征，圈定异常范围，做出合理的地质解释。

(8) 编写实习报告。

1.2 实习主要内容

要求学生学习相应的行业技术规范、选择相应地球物理方法的原则，学习野外施工设



计的内容和方法。

1. 高密度电阻率法

(1) 掌握 DUK-2A 型高密度电法测量系统, 包括 DZD-6A 多功能直流电法仪和多路电极转换器的工作原理、性能和基本操作方法; 掌握 E60D 高密度电阻率法测量系统的工作原理、性能和基本操作方法。

(2) 掌握该测量系统各种装置的工作模式。

(3) 掌握各种数据处理方法和图件绘制。

(4) 确定异常范围并进行定性解释, 编写实习报告。

2. 地下管线探测

(1) 掌握雷迪 RD8000 金属管线仪的工作原理和操作方法。

(2) 掌握频率域电磁法—充电法、感应偶合法、夹钳法和示踪法的工作原理和工作方法。

(3) 掌握地下管线定量解释(位置和埋深)的方法, 完成部分管线的测量工作。

(4) 学会资料的一般整理和成图方法。

(5) 编写管线探测成果报告。

3. 探地雷达探测

(1) 掌握探地雷达的基本工作原理和 SIR-3000 型探地雷达的基本操作方法。

(2) 学习探地雷达的野外工作方法。

(3) 了解一些特殊地质模型形成的探地雷达特征图像。

(4) 开展建筑结构物检测、公路结构分层、地下管线探测、人防工程探测和浅层岩性分层的探地雷达方法实习。

(5) 掌握探地雷达剖面分析方法和地质解释方法, 编写探测成果报告。

4. 放射性勘探

(1) 掌握伽马能谱仪器和阿尔法测量仪器的基本原理和野外工作方法。

(2) 开展伽马能谱和阿尔法测量实习。

(3) 完成实习资料整理和实习报告编写。

5. 地微动测量

(1) 掌握地微动测量的方法原理、仪器原理和操作方法。

(2) 掌握地微动的数据采集与处理方法。

(3) 开展地微动测量方法实习。

(4) 完成地微动测量的资料解释。

6. 桩基无损检测

(1) 掌握桩基质量检测的基本原理和桩基检测的施工方法。

(2) 了解桩基缺陷类型和各类型缺陷桩的反射波特征。

(3) 开展桩基检测实验, 判断桩身质量并划分出桩身质量类别。

(4) 编写桩基检测报告。

7. 地震波速测井技术

(1) 了解地震波速测井的基本原理和野外工作方法。

(2) 掌握纵、横波初至波的识别、提取及波速计算方法。

(3) 掌握纵、横波波速测井成果图表的绘制。

8. 面波勘探技术

(1) 了解面波勘探的基本原理和野外工作方法。

(2) 掌握面波勘探数据处理方法, 包括预处理、频散曲线提取和速度反演等步骤。

(3) 掌握面波数据的解释方法。

1.3 实习报告编写

参加教学实习的学生, 需按照相关要求对各种方法技术完成独立的实习报告。按方法技术原理、野外施工技术、数据处理流程、实习成果和地质解释几方面内容组织。

要求报告中计算和整理的图表应正确无误, 绘制的各种处理和成果图件清晰美观, 编写的报告内容丰富, 图文并茂, 语言精练, 章节安排合理, 论据、概念清楚, 重点突出, 资料处理方法得当, 地质解释合理, 结论建议正确, 并有独立分析问题能力。

1.4 实习时间安排

根据学校 2009 版教学计划, 工程与环境地球物理教学实习安排在校内进行, 为期两周。根据各种地球物理方法的施工特点和工作顺序, 同时考虑现有仪器的情况, 将施工设计和讲课统一进行, 之后按高密度电法、探地雷达探测、地下管线探测、放射性测量、地微动测量、桩基质量检测、地震波速测井、地震面波勘探为 8 个大组, 学生按组轮流循环实习。具体安排见表 1.1。

表 1.1 工程与环境地球物理实习时间安排

序号	方法	天数	具体内容
1	工程与环境地球物理实习内容讲座	1	情况介绍、任务下达、施工设计、安全教育、高密度电法、探地雷达探测、地下管线探测、放射性勘探、地微动测量、桩基质量检测、地震波速测井、地震面波勘探八种实习内容讲授
2	高密度电法	1.5	野外电极装置布设, 各种装置的数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
3	探地雷达探测	1.5	针对不同问题, 利用各种频率天线进行雷达数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
4	地下管线探测	1.5	地下管线野外数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
5	放射性勘探	1.5	放射性勘探野外数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
6	地微动测量	1.5	地微动野外数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
7	桩基质量检测	1.5	桩基质量检测野外数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
8	地震波速测井	1.5	地震波速测井野外数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
9	地震面波勘探	1.5	地震面波勘探野外数据采集, 共一天; 数据处理与解释半天
10	报告编写	1	教师提出报告要求, 学生根据要求, 编写实习报告



1.5 实习考核方法

根据平时考查和实习报告确定学生教学实习综合成绩。

考查应根据学生对实习的态度、独立分析、解决实际问题的能力、参加实习的数量和质量来评定，每种实习方法都对每一个学生按百分比给出一个成绩。

实习结束后，每个学生须编写实习报告，报告由各方法指导教师流水作业批阅，给出一个百分制成绩。

最后，根据学生考查成绩、实习报告成绩，按百分制给出学生的实习成绩。

第2部分 工程与环境地球物理实习指导

工程与环境地球物理实习共分8部分内容,相互独立,分步骤进行。

- 1 高密度电阻率
- 2 地下管线探测
- 3 探地雷达
- 4 放射性测量
- 5 地微动测量
- 6 桩基无损检测
- 7 地震波速测井
- 8 面波勘探技术

教学实习内容完全按照生产的形式进行,各个方法根据自身特点选择不同的场地或工区。学生以工作人员的身份,参加工程与环境地球物理有关的实习活动。

2.1 高密度电阻率

2.1.1 方法原理

高密度电阻率法是一种阵列式勘探方法,野外观测时只需将全部电极置于测点上,然后利用程控电极转换开关和微机工程电测仪实现数据的自动采集,微机对采集的数据进行处理并绘制出地电断面电性分布成果图。高密度电阻率勘探技术的应用将电法勘探的智能化程度大大向前迈进了一步。由于高密度电阻率法具有采集速度快、图像直观等特点,在工程与环境地质勘查中发挥着重要的作用。

2.1.1.1 高密度电阻率法特点

高密度电阻率法与常规电阻率法相比较有以下特点:

- 1) 电极布设一次完成,减少了因电极设置而引起的故障和干扰,为野外数据的快速采集和自动测量奠定了基础。
- 2) 能有效地进行多种电极排列方式的扫描测量,因而可获得较丰富的关于地电断面结构特征的地质信息。
- 3) 野外数据采集实现了自动化或半自动化,不仅采集速度快,而且避免了由于手工操作所出现的错误。
- 4) 对资料进行反演处理,通过彩色分阶显示使地质异常更加突出,更加直观。
- 5) 与传统的电阻率法相比,高密度电阻率法效率高,信息丰富,解释方便。

2.1.1.2 基本原理

- (1) 场所满足的偏微分方程式



高密度电阻率法是以岩土体导电差异为基础的电探方法,研究在施加电场作用下地中传导电流的分布规律。在求解简单地电条件的电场分布时,通常采取解析法,根据给定的边界条件解以下偏微分方程:

$$\nabla^2 U = -\frac{1}{\sigma} \delta(x-x_0) \delta(y-y_0) \delta(z-z_0) \quad (2.1.1)$$

式中 x_0 、 y_0 、 z_0 为源点坐标,当 $x \neq x_0$ 、 $y \neq y_0$ 、 $z \neq z_0$ 时,即当只考虑无源空间时,(2.1.1) 式变为拉氏方程:

$$\nabla^2 U = 0 \quad (2.1.2)$$

解 (2.1.2) 式,实际上就是要寻找一个和该方程所描述的物理过程诸因素有关的场函数。由于坐标系的限制,解析法能够计算的地电模型是非常有限的。因此,在研究复杂地电模型电场分布时,主要还是采用了各种数值模拟方法。对于二维地电模型,我们选用了二维有限元方法;对于三维地电模型,我们采用了面积分方程法。两种方法的基本原理及计算中的有关问题详见参考文献。

(2) 三电位电极系

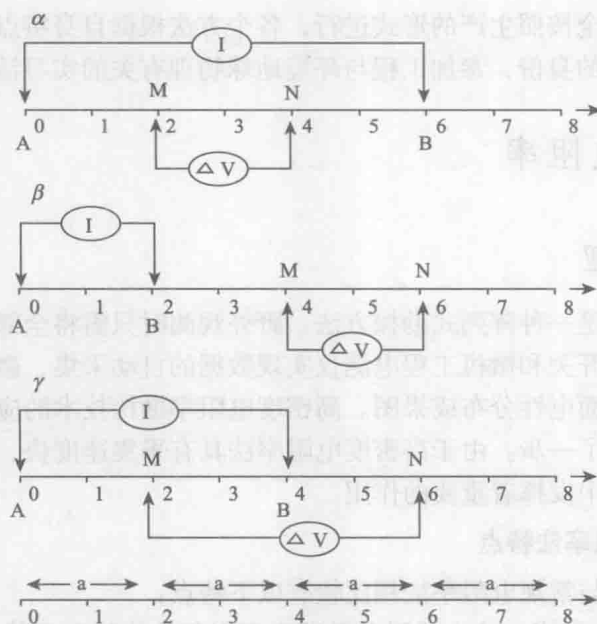


图 2.1.1 三电位电极系

点距 $x=1\text{m}$, 极距 $a=2 \cdot x$, 隔离系数 $n=2$

三电位电极系是将温纳四极、偶极及微分装置按一定方式组合后构成的一种统一测量系统。该系统在实际测量时,只须利用电极转换开关便可以将每 4 个相邻电极进行组合,从而在一个测点便可获得多种电极排列的测量参数。三电位系统的 3 种电极排列方式 (α 、 β 、 γ) 如图 2.1.1 所示。当点距设为 x 时,三电位系统的电极距为 $a=n \cdot x$ ($n=1, 2, 3, \dots, 15$), n 为隔离系数。为了方便,我们将上述 3 种电极排列方式依次称为 α 排列、 β 排列及 γ 排列。显然,这里对某一测点的 4 个电极按规定作了 3 次组合。

根据上述3种电极排列的电场分布,可以算出3者之间视电阻率关系式,

$$\rho_s^\alpha = \frac{1}{3}\rho_s^\beta + \frac{2}{3}\rho_s^\gamma \quad (2.1.3)$$

式中 ρ_s^α 、 ρ_s^β 、 ρ_s^γ 分别为 α 、 β 、 γ 3种排列的视电阻率。可见,3者之间具有一定的内在关系,当已知其中任意两种排列的视参数时,通过上述关系便可计算第三者。

(3) 视参数及其特点

1) 视电阻率参数

根据上述三电位电极系的概念,显然视电阻率参数及其计算公式依次为:

$$\rho_s^\alpha = 2\pi\alpha \frac{\Delta U^\alpha}{I}; \rho_s^\beta = 6\pi\alpha \frac{\Delta U^\beta}{I};$$

$$\rho_s^\gamma = 3\pi\alpha \frac{\Delta U^\gamma}{I}。$$

式中, α 为三电位电极系的电极距。如上所述,当点距为 x 时, $\alpha = n \cdot x$ ($n=1, 2, 3, \dots, 15$)。由于一条剖面地表测点总数是固定的,因此,当极距扩大时,反映更大的勘探深度的测点数将依次减少。我们把三电位电极系的测量结果置于测点下方深度为 α 的点位上,于是,整条剖面的测量结果便可以表示成一种倒三角形二维断面的电性分布,见图2.1.2所示。

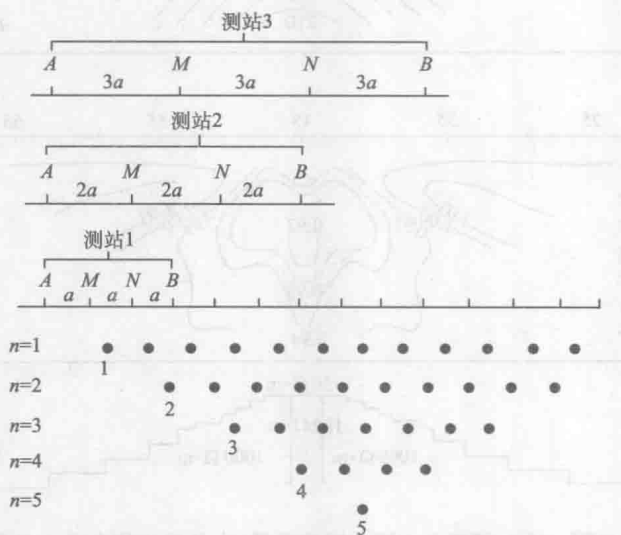


图2.1.2 高密度电阻率法测点分布示意图

对于温纳四极排列,也可增设无穷远极,从而增加联合三极测深的测量方式,相应的视电阻率参数的计算公式为: $\rho_s^A = 4\pi\alpha \frac{\Delta U^A}{I}$; $\rho_s^B = 4\pi\alpha \frac{\Delta U^B}{I}$ 。联合三极测深的测量结果,既可用于视电阻率参数的图示,也可用于视比值参数的图示。

2) 视比值参数

高密度电阻率法的野外观测结果除可以绘出相应电极排列的视电阻率断面图外,根据需要还可以绘制两种视比值参数图。其中一类比值参数是以联合三极测深的观测结果为基



础, 其表达式可以写成:

$$\lambda(i, i+1) = \frac{\rho_s^A(i)}{\rho_s^B(i)} \cdot \frac{\rho_s^A(i+1)}{\rho_s^B(i+1)} \quad (2.1.4)$$

式中 $\rho_s(i)$ 及 $\rho_s(i+1)$ 分别表示剖面上相邻两点的视电阻率值, 我们把计算结果示于第 i 点与 $i+1$ 点之间。若令:

$$F^A(i) = \frac{\rho_s^A(i)}{\rho_s^B(i)}, F^A(i+1) = \frac{\rho_s^A(i+1)}{\rho_s^B(i+1)}, \text{ 则 } \lg \lambda(i, i+1) = \lg F^A(i) - \lg F^A(i+1), \text{ 而 } \lg F^A \text{ 曲}$$

线的差商为 $\frac{1}{\Delta x} [\lg F^A(x_1) - \lg F^A(x_1 + \Delta x)]$ 。令 $\Delta x = 1$, 则 $\lg \lambda$ 即为 $\lg F^A$ 曲线的差商,

或者说 $\lg \lambda$ 描述了歧离带曲线沿剖面水平方向的变化率。图 2.1.3 为表征比值参数旨在反映地电结构能力方面所作的模拟实验, 视电阻率断面图只反映了基底的起伏变化, 而 λ 比值断面图却同时反映了起伏基岩中的低阻构造。

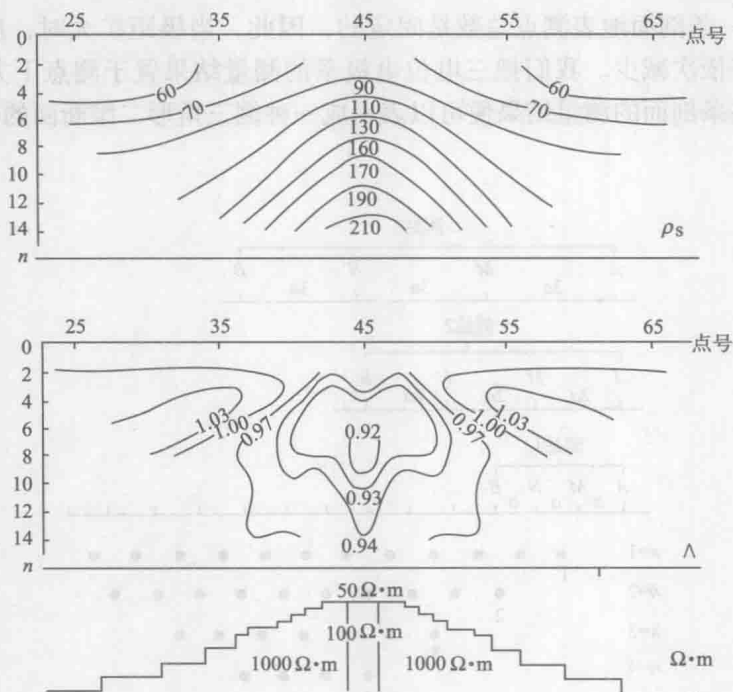


图 2.1.3 在同一地电模型上方视电阻率参数 ρ_s^A 及视比值参数 λ 的断面等值线图

另一类比值参数是直接利用三电位电极系的测量结果并将其加以组合而构成的。考虑到三电位电极系中三种视参数的分布规律, 我们选择并设计了以偶极和微分两种电极排列的测量结果为基础的一类比值参数, 该比值参数的计算公式如下:

$$T(i) = \frac{\rho_s^B(i)}{\rho_s^A(i)} \quad (2.1.5)$$

式中 ρ_s^B 和 ρ_s^A 分别为 β 和 γ 电极排列的视电阻率值。由于这两种电极排列在同一地电体上, 所获得的视参数总是具有相反的变化规律, 因此用该参数所绘制的比值断面图, 在反

映地电结构的分布形态方面远较相应排列的视电阻率断面图要清晰和明确。

2.1.2 高密度电阻率法探测装置及其探测效果比较

高密度电法的探测中,探测装置很多,而且其探测的能力和探测效果不同。图2.1.4为高密度电阻率法中常用的10种电极装置的示意图。这10种装置为二极装置(PP)、单极-偶极装置(PD)、半温纳装置(HW)、温纳- α 装置(WN)、施伦贝尔装置(SC),偶极-偶极装置(DD)、温纳- β 装置(WB)、温纳- γ 装置、移动中梯装置(GD)和中点电势参考测量装置(MPR)。图中等值线是它们的敏感度。从图可见二极装置最简单,其他装置都可利用二极装置线性进行组合而获得。但其缺点是要有两个无穷远极,给野外工作带来了困难。另外无穷远极的增设,给测量数据带来干扰。半温纳装置是三极装置的一个特例,即 $n=1$ 时,三极装置就变为半温纳装置。而温纳 β 又是偶极偶极装置的一个特例,温纳装置是施伦贝尔装置的一个特例。

通常情况下,在高密度电阻率测量中,极距 a 越大或隔离系数 n 越大,探测深度越大。极距 a 越小或隔离系数 n 越小,具有更好的水平分辨率和较浅的探测深度。以上的10种装置其探测能力和解决问题的能力具有一定的差异,我们做如下的简述,供读者应用时参考。

1) 二极装置(pole-pole (PP))

它是简单的装置,易于自动采集数据,采用互易(交换电流和电位电极测量)方法,在现场容易检查数据质量,不过要设置两个无穷远极,限制了其应用。其测量数据信噪比与其他装置相比属中等。由于具有两个无穷远极,大地电流将对测量形成干扰。成像分辨率最低。

2) 三极装置(pole-dipole (PD))和半温纳装置(half-Wenner (HW))

这两种装置只具有中等的异常效应和相对低的信噪比,但探测结果分辨率比PP、SC和WN更好。半温纳装置比普通三极装置可以获得较好的信噪比,但空间分辨能力稍微降低,这是由于通过增加电位电极距离加强了信号强度,有效地减少了噪声干扰。这两种装置采用一个无穷远极限制了其应用。

3) 温纳装置(Wenner- α (WN))和施伦贝尔装置(Schlumberger (SC))

由于它们的电场分布和测量方式的相似性,这两种装置拥有类似的探测能力。与其他装置相比,其主要优点在于确定深度较精确。作为SC方法的特例,WN一般噪声干扰小,并且也优于PD、HW、DD和WB装置(除了在窄岩墙情况下)。但是,WN装置的空间分辨率比PD、HW、SC和DD等装置的分辨率差。SC装置尽管信噪比相对降低,却可以提供更好的成像分辨率。

4) 偶极-偶极装置(dipole-dipole (DD))和温纳- β 装置(Wenner- β (WB))

一般地,偶极-偶极装置与其他装置相比具有较强的异常响应,但噪声相对较大。因此,与温纳- β 、温纳- α 装置和温纳 γ 相比,测量结果信噪比较低。但都是对称电极装置,易于开展正常和互易测量,有利于质量控制。偶极-偶极装置探测结果分辨率可与三极装置的结果相当,优于其他装置,特别是在圈定垂直和倾斜结构具有较高的分辨率。温纳 β 是偶极-偶极装置的一个特例,与偶极-偶极装置相比具有较高的信噪比,但空间分辨率较低。