

高等学校“十三五”规划教材

资源与工程 地球物理勘探

—— (第2版) ——

周俊杰 主编 杜振川 副主编



化学工业出版社

高等学校“十三五”规划教材

资源与工程 地球物理勘探

—— (第2版) ——

周俊杰 主编 杜振川 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是高等学校“十三五”规划教材。全书共计7章,着重介绍了资源和工程勘探中常用的重力、磁法、电法和地震勘探基本原理、野外工作方法、数据处理与地质解释,兼顾岩土工程领域浅层地下管线物探测量、桩基无损探测和地质雷达的原理、基本技能等方面内容,注重结合实际工程。同时,本书结合研究热点,介绍了重、磁综合应用,地震地层学等内容,并附有复习思考题,供学生使用。

本书可以作为高等院校“资源勘查工程”、“勘察技术与工程”和“地质工程”等非物探专业的教材,也可以供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

资源与工程地球物理勘探/周俊杰主编.—2版.—北京:
化学工业出版社,2017.12
高等学校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-31116-0

I. ①资… II. ①周… III. ①地球物理勘探-高等学
校-教材 IV. ①P631

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第297988号

责任编辑:陶艳玲
责任校对:宋夏

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印装:高教社(天津)印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张20 $\frac{1}{2}$ 字数529千字 2018年5月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:55.00元

版权所有 违者必究

第 2 版前言

本教材是在 2008 年李世峰、金瞰昆、周俊杰编著的《资源与工程地球物理勘探》的基础上修编而成。在修编中,一方面保留原版教材的内容和体系,另一方面结合自身的教学、科研经验,广泛收集国内外相关教材、资料和应用实例,突出实践效果,注重解决实际工程地质问题。在这样的修编原则上,对原版的章节和体系做了适当调整与改动,在内容上进行了部分更新、填补、删减和调整,把重力勘探、磁法勘探放在了最前面,增加重、磁联合勘探方法解决地质问题,电法勘探章节中增加了常用的瞬变电磁法勘探内容,地震勘探中在地震的综合解释中增加了地震与地质之间的联系,通过地震相分析解决资源与工程地质问题,在其他物探方法中增加了地质雷达探测技术等内容。同时,针对教材中的公式所用参数进行了说明。

本书以重力、磁法、电法、地震勘探为主,兼顾岩土工程领域常用的地下管线及地下埋设物探测、桩基无损探测和探地雷达等基本理论、基本技能方面的内容。每种勘探方法与手段,注重实例分析。本书可以作为高等院校非物探专业的教材,也可以供相关工程技术人员参考。

本书由周俊杰、杜振川、孙鹏飞、金瞰昆负责修订。编写分工如下:第一、二章由孙鹏飞编写,第三、第四章的第一~四节由周俊杰编写,第四章的第五、六节和第六、七章由杜振川编写,第五章由金瞰昆编写。全书由周俊杰统稿,杜振川审定。

本书的出版得到河北省本科教学综合改革试点——资源勘查工程项目、河北省煤炭资源综合开发与利用协同创新中心(2011 计划)、河北省资源勘测研究重点实验室和中国矿业大学(北京)联合资助,同时,对第一版的作者的支持表示衷心感谢!

由于编写人员水平有限,有关的内容和编排难免有不妥之处,望广大读者批评指正。

编 者

2017 年 12 月

第 1 版前言

地球物理勘探简称为物探。

随着我国市场经济的不断发展,地球物理勘探行业方兴未艾,地质资源、水文地质、岩土工程勘察等方面有了较大发展,利用物探方法解决地质问题一直是重要的发展方向,对拥有物探技术的工程技术人员需求日益增多。然而,适合非物探专业的学生、广大技术人员使用的综合物探书籍较少。为此,编著此书以飨读者。

长期以来,地球物理勘探为适应国民经济发展的需求,在不断地加强基础、拓宽专业领域。笔者也不例外,在长期从事非物探专业的物探课程教学及科研实践中不断加强教学改革,为适应现代勘查技术的需求,工作中迫切需要地球物理勘探方面的系统教材,为勘探事业的壮大和发展起到一定的作用,满足教学与科研的需求。本书是在《工程物探》讲义的基础上,经广泛的调研和讨论,特别是征求生产单位意见,在“河北省资源勘测研究(重点)实验室”、河北省“矿产普查与勘探(重点)学科”的大力支持下完成的。

本书以电、磁、地震、重力勘探为主,兼顾岩土工程领域常用的地下管线及地下埋设物探测、桩基无损探测等基本理论、基本技能方面的内容。其指导思想是面向非物探专业的广大工程技术人员,满足“资源勘查工程”、“勘察技术与工程”专业的教学大纲要求,在阐述物探基础理论、基本工作方法的同时,着重考虑地质应用,介绍各种勘探方法的原理、工作方法、应用条件、解释基础、实际应用,剔除不必要的公式推导,以解决资源与工程实际问题为目的。本书可以作为高等院校非物探专业的教材,也可以供有关工程技术人员参考。

全书共分七章,其中的第一、三、五、六、七章由李世峰教授编写,第二章由周俊杰讲师编写,第四章由金瞰昆教授编写。全书由李世峰教授统稿、金瞰昆教授审定。

本书的出版得到河北省资源勘测研究重点实验室资助,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,文中不当和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者
2007 年 11 月

目 录

绪论	1
第一节 物探方法及分类	1
第二节 发展简史	3
第三节 资源与工程物探的应用	5
第四节 工程物探方法选择的原则	7
第五节 物探工作的一般流程	9
思考题	11
第一章 重力勘探	12
第一节 概述	12
第二节 重力场、重力异常及重力勘探的应用条件	13
一、地球的形状及大地水准面	13
二、岩石、矿石的密度	14
三、重力异常	15
四、重力勘探的应用条件	17
第三节 重力仪器、重力勘探的野外工作方法	18
一、重力测量仪器的类别	18
二、重力测量的野外工作方法	22
三、测量结果的改正及图示	24
第四节 重力异常的解释	25
一、重力异常的解释	25
二、重力勘探反演计算	29
思考题	30
第二章 磁法勘探	31
第一节 概述	32
一、计算磁性体磁场的意义和条件	32
二、地球磁场	33
三、静力学基本知识	36
四、岩石的一般磁性特征	39
五、影响岩石磁性的主要因素	39
六、研究岩、矿石磁性的意义	41
第二节 地面磁测仪器	41

第三节 磁测方法与要求	47
一、测区的选择	47
二、野外磁测	48
三、磁测精度评价	49
四、磁测数据的整理	50
五、磁测数据的图示	51
第四节 磁异常的解释	52
一、定性解释	52
二、定量解释	58
三、磁力勘探反演计算	61
第五节 重力和磁法勘探的综合应用	62
一、重、磁勘探在深部构造中的应用	62
二、重、磁勘探在区域地质调查中的应用	63
三、重力勘探在石油、天然气勘查中的应用	65
四、重、磁勘探在固体矿产勘查中的应用	65
思考题	67
 第三章 电法勘探	68
第一节 电阻率法基本知识	69
一、岩石的电阻率及影响因素	69
二、稳定电流场的基本规律	75
第二节 电剖面法	89
一、概述	89
二、电剖面法野外工作技术	89
三、联合剖面法	91
四、对称四极剖面法	100
五、中间梯度法	100
六、偶极剖面法	103
七、电阻率剖面法几个问题讨论	103
第三节 电测深法	106
一、基本原理	106
二、电测深资料解释	115
三、综合实例	123
第四节 自然电场法	127
一、概述	127
二、自然电场产生的原因	127
三、自然电场的野外工作方法	129
四、自然电场的应用	129
第五节 充电法	132
一、概述	132
二、工作方法	133
三、充电法的实际应用	134

第六节 激发极化法	137
一、激发极化现象和各种测量参数	138
二、激发极化效应的机制问题	141
三、激发极化法的应用	144
第七节 高密度电法	146
一、基本原理	147
二、系统组构	151
三、野外工作方法	151
四、高密度电法资料处理	158
五、三维高密度简介	160
六、高密度电法实际应用	161
第八节 瞬变电磁法	163
一、基本原理	164
二、测量方法	164
三、瞬变电磁剖面法	164
四、瞬变电磁测深法	170
思考题	174
 第四章 地震勘探	 175
第一节 概述	175
一、分类	175
二、应用	175
三、发展简史	175
第二节 地震勘探理论基础	177
一、理想介质和黏弹性介质	177
二、地震波运动学和动力学特征	177
第三节 地震勘探仪器	184
一、震源	184
二、地震仪	186
三、检波器	188
第四节 地震波理论时距曲线	189
一、直达波时距曲线	189
二、反射波时距曲线	189
三、折射波时距曲线	196
四、绕射波及特殊地层时距曲线	199
第五节 地震勘探的野外工作方法	200
一、测网布置	200
二、试验工作	200
三、地震信息的激发	201
四、地震信息的接收	201
五、组合法	203
六、多次覆盖法	207

七、地震信息采集中参数的设计	215
八、低速带资料的采集	217
第六节 地震资料的整理	218
一、地震信息的数字处理	219
二、速度信息的提取——叠加速度谱	228
三、水平叠加处理与剖面的显示	230
四、水平叠加时间剖面的取得	230
五、叠加偏移处理	232
第七节 地震资料的解释	234
一、地震反射层位的地质解释	234
二、时间剖面的对比	238
三、地震解释中可能出现的各种假象	242
四、地震反射资料的构造解释	243
五、地震构造图的绘制	250
六、地震反射信息的地震地层解释	253
七、三维地震资料解释	262
八、煤田地震勘探工程实例	268
思考题	274
 第五章 声波与瑞雷波勘查	 275
第一节 声波勘查	275
一、概述	275
二、声波仪的基本原理	275
三、声波勘探在工程地质中的应用	277
第二节 瑞雷波勘探	279
一、概论	279
二、瑞雷波法的基本原理	281
三、仪器设备	282
四、工作方法	282
五、应用	284
思考题	288
 第六章 其他物探方法	 289
第一节 桩基无损检测	289
一、高应变动力测桩	289
二、低应变动力测桩	290
三、应用实例	291
第二节 地下管线探测	293
一、概述	293
二、探测方法与解释	294
第三节 地质雷达探测	297
一、基本原理	298

二、测量方式	299
三、主要的设备	300
四、资料处理	300
五、雷达图像解译技术	300
六、应用实例	301
思考题	302
第七章 综合物探方法及应用概要	303
第一节 物探方法的一般特点	303
一、物探方法的特点	303
二、综合应用物探方法应注意的问题	304
三、物探资料综合解释的基本原则	304
四、不同地质调查阶段物探方法的合理运用	305
第二节 资源与工程勘探中综合物探方法的应用	306
一、在多金属矿中应用	306
二、工程地质调查中物探方法的应用	308
思考题	312
参考文献	313

绪 论

“物探”，即地球物理勘探的简称，是地质学与物理学相结合的一门边缘科学。

随着社会、经济的不断进步，工农业建设正在蓬勃发展，在水文地质、农田水利、岩土工程勘察、矿产资源勘查等方面的地质勘查已成为地质调查任务。物探能够快速地完成勘测任务、提供地质资料，因此，应用非常广泛，如水源、堤坝渗漏、桥梁、港口、厂房、建筑地基、低品位矿产勘查等，都需要提供快速、准确的地质资料。

物探主要是用物理方法来勘测地壳上部岩石、构造等来澄清地质问题，寻找有用矿产的新兴科学，是根据地质体的物理性质差异，借助一定装置和专门的仪器来探测其物理量分布规律（水平、垂直），为进一步钻探提供重要依据。因此，决不能把物探与地质、水文地质、工程地质分割开来。如电法中探测到某深度有低阻体，可能有多种解释：水、铁矿体、含矿岩体等。随着计算机技术和仪器的智能化发展，探测技术有了很大进步，也取得了丰硕成果。在山东的沂蒙山区、河西走廊、黄河平原等地区找水，工程上的地下管线探测、桩基检测等都有了长足进步。

物探是通过观测和研究各种地球物理场的变化来解决地质问题的一种勘查方法，其优点是具有透视性、高效率、低成本等，同时也存在一定的限制性、多解性等缺点。定量解释建立在一定规则形状物理模型计算的基础上，有关地质体深度、产状及规模大小等数据，依靠反演法求得。

第一节 物探方法及分类

1. 地球物理勘探分类

地球物理勘探分为力、热、声、光、电、放几大类。

① 力：重力、磁力、地震勘探、核磁共振等。

② 热：建立热场参数，在石油、地热寻找和灾害防治方面都有重要作用，如煤层自燃产生热、地热、热红外探测遥感等。

③ 声：声波勘探，根据声波的传播来探测地质体。

④ 光：激光仪等，红外-遥感-激光。

⑤ 电：电法勘测。

除此以外，还有放射性探测，如 U、Rn、Po 等方法。

2. 应用地球物理的三个方向

应用地球物理方向包括：工程和环境地球物理技术，地球物理信号处理和智能化解释系统，地球物理仪器研制的智能化，防爆型仪器研究。

工程和环境地球物理技术包括层析成像技术（CT），解决工程、水文和环境问题。实际工程项目（图 0-1）包括：

① 煤矿井下五小（小断层，小构造，火成岩侵入体，陷落柱，小夹矸）；

② 岩土工程（地质勘查、桩基检测、地下溶洞、老窑探测、地下管道探测）；

- ③ 考古调查及研究；
- ④ 地下废渣、污染物调查；
- ⑤ 寻找含水层及基岩深度；
- ⑥ 煤层火烧区检测；
- ⑦ 线状工程路基病害检测；
- ⑧ 城市环境调查等。

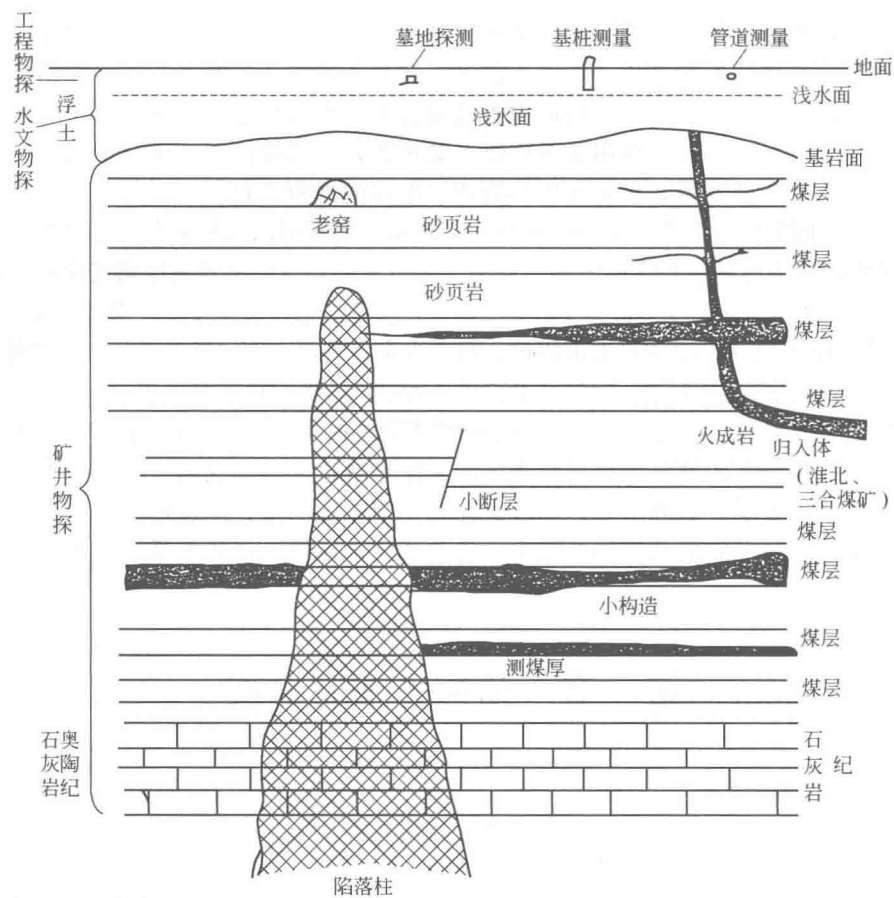
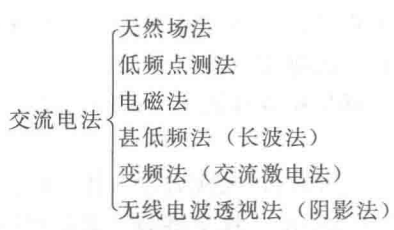


图 0-1 岩土工程、地基、桩基、管道、老窑、古墓、矿层探测示意图

3. 探测方法分类

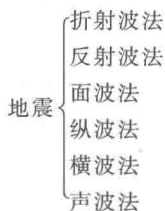
探测方法常用电法探测和地震探测两大类。根据场源、装置不同，每一类又可以细分为若干种探测方法。如电法探测又可以分为交流电法、直流电法，还可以再分。地震探测又可以分为反射波法、折射波法等。

(1) 电法探测分类





(2) 地震探测分类



第二节 发展简史

2004年6月6日至11日，在武汉召开了环境与工程地球物理国际研讨会，包括中国、美国、加拿大、瑞典、日本、法国、韩国等20多个国家和地区的近300名环境与工程地球物理研究人员提交了科研论文，包含大量的环境与工程地球物理的应用实例和解决问题的方法，说明了工程地球物理的应用领域在不断地扩大，内容涵盖了工程建设、水资源和地热资源勘查、灾害评价与预测、环境污染检测和监测、施工质量检测、考古研究等，并且向生态农业、生物生长监测等方面发展，与人们日常生活和国家发展结合更加紧密。环境与工程地球物理勘查中曾经存在的许多疑难问题，得到了较好的解决或获得了解决的具体思路和方法，如水库水坝的渗漏问题、夹心墙的检测问题、隧道的超前预报问题、活断层探测等。

从应用的目标来说，工程地球物理探测的主要目标也在发生变化，趋势是从常规的地层界面探测或目标物定位等逐渐向确定地层和目标物的属性方向发展，例如，采用高分辨率浅层地震方法配合井中地球物理资料，不仅应用于沉积物的界面划分，还利用地球物理资料分析沉积物的属性，提供地层的水文地质学信息，解决含水量、孔隙度等参数，极大地提高了地球物理方法在水文地质调查中的作用。另一个引人注目的应用实例是采用综合地球物理方法对秦皇陵进行考古研究，秦皇陵是中国，也是世界的一大重要文化遗产，我国地球物理学家在考古研究中，不仅确定了秦始皇陵的存在性，还清晰地确定了地下地宫的位置、陪葬坑以及深部逃逸通道等，初步的验证结果说明了探测的正确性，其研究成果也将极大地促进考古地球物理的应用和发展。

在运用的方法技术方面，传统方法与新方法、新技术并重，如直流电阻率方法、高密度

电法、激发极化方法、浅层地震等应用,取得了较好的效果。新的方法技术如采用 CSAMT 方法进行洞穴探测(胡祥云,2004)、采用电磁法进行地质灾害评价(何兰芳,2004),以及多道面波技术的应用。GPS 技术和可视化技术等新技术紧密地与地球物理结合,可以更加直观、准确地解决环境与工程中的问题。

从方法的研究和发展来看,新方法、新技术大量涌现,使得工程地球物理更加富有朝气,如多道面波技术(MASW)、瞬变电磁技术(TEM)、层析成像技术(CT)等反映出具有探测速度快、成像精度高的优点,在工程地球物理中具有巨大的应用前景。

电法和电磁法获得了长足的发展,取得了许多新成果,同时又开辟了新的研究领域,例如,分布式高密度电阻率/激发极化的开发成功,提高了测量的效率和增加测量的信息,同时也提出了复杂地形条件下任意测量极距的探测结果三维处理和成像解释技术的研究。昌彦君、罗延钟(2004)等将激发极化方法和电磁法研究成果结合起来,提出了时间谱电阻率方法(TSR):测量激发电流关断后的时间谱,分别提取地下介质的激发响应和电磁响应,应用于解决各种地质问题。一些重要的电磁法,如 CSAMT、MT、EM(EH—4)方法在环境和工程领域发挥重要的作用。航空电磁法也发展很快,测量稳定性和测量精度都有很大的提高,其应用包括探测海水入侵范围和边界、区域水资源评价等方面。

探地雷达(GPR)方法经过近 30 年的发展,方法技术逐渐成熟起来。从目前的发展趋势来看,在探地雷达传统应用领域得到加强的同时,又出现了一些新的应用领域,如多维探测,阵列天线的探测,方向性的探测,高分辨、大深度的探测等。

重磁方法在工程地球物理中应用有待拓展,但在金属矿勘探中起着重要作用。由于重磁多分量梯度测量技术的解释和快速准确定位技术的发展,特别是梯度测量和张量测量提供了丰富的信息,重磁方法在环境与工程中的作用越来越明显,例如,在沉船探测、秦皇陵考古研究等方面都具有重要的应用效果。高精度重磁探测在低品位矿开发中具有不可替代的作用。

资源与工程地球物理的发展也促进了数据处理、正反演解释和成像技术的发展。频谱分析、小波分析和统计方法广泛应用于数据的去噪和弱信号的提取。反射地震和探地雷达资料的偏移成像等,采用包括解析、有限元、有限差分等方法,研究介质从各向同性向各向异性介质的方向发展,正演拟合也逐步趋于真实的介质,反演方法也从线性方法向非线性方法发展。但从目前的软件分析来看,还有很大的发展空间,如多道面波技术的频散曲线反演主要是一维,还没有二维反演方法和软件;电磁法的反演也大多集中在一维和二维,广泛应用的三维反演软件很难见到;浅层反射地震和探地雷达很少有商业的反演软件。

我国在建国初期就成立了工程物探、水文物探和环境物探的相关部门。经过几十年的发展,相关部门还保留了相应的机构,但作为学术组织和学科的建设,逐渐将水文、工程、环境物探融合成为环境与工程地球物理,研究的内容也有较大的扩展和增加。对于传统的三个方向,在我国占主导地位的是工程地球物理,主要表现在大型和特大型工程的开工建设,需要进行大量的探测和质量检测工作,在工程地球物理方面的投资也较大。而我国的干旱和半干旱国土面积达到 52%,水文物探方向主要目标是找水,在西部大开发战略中,要建设和开发西部,找水和水资源的评价是非常重要而关键的一环。资源地球物理是一个越来越受到重视的方向,具有巨大的发展潜力。我国改革开放以来,经济得到了巨大的发展,随着钢铁、航空航天及高科技的发展,矿石短缺也是不争的事实,过去认为是“废石”,现在已成为有价值的矿产,国家和地方都注意到这个问题,需要大量的物探工作来开辟新的资源。在进行开发的同时,也要注重环境的保护和灾害的治理,实现可持续发展,这成为资源地球物理发展的一个重要契机,也是地球物理人员为国家服务的最好的时机。

1. 发展阶段

在世界范围内,水文物探经历了 20 世纪 50、70 年代两个大的发展时期,其特点是水文、工程物探的投资产量大幅度增加,尤其是工程物探的投资更快,每年以 20% 的速度增长。我国发展与国际发展大致相当,从 20 世纪以来,经过四个发展阶段:

第一阶段 40~50 年代 找水

第二阶段 60~70 年代 找水与管理

第三阶段 80~90 年代 找水、管理与治水

第四阶段 90~现在 智能化

2. 特点

① 技术方法不断增加,由第一阶段的几种发展到现在几十种;

② 仪器设备迅速现代化,实现了“三化”(小型化、轻便化、自动化),达到了“三高”(高灵敏度、高分辨率、高倍噪化),发展了“三多”(多通道、多参数、多功能);

③ 范围扩大,应用水平提高,由浅部到深部,从松散层到各类构造,由国内到国外,成井率不断提高;

④ 勘探量不断增加,水文物探 1:50 万~1:5 万并列性调查已覆盖大部分国土面积,大比例尺 1:2.5 万~1:1 万水文物探普查已达到相当面积,完成多个供水项目物探,目前开发大西北水文物探和资源物探又在加大力度,如沙漠找水、国家“305 计划”等。

3. 工程物探发展

1996 年度原地矿部统计资料,完成工程物探和桩基检测项目 459 个,年总产值达到 10 亿元,比 1995 年增长 30%。

① 地下管线探测,完成了大城市普查工作(包括电缆),在市政建设方面有了较大发展;

② 地下障碍物探测,包括防空洞、老桩基等埋设物探测有了长足进步;

③ 基坑施工、软土地基及其他灾害监测、工程质量无损检测等投入小、见效快的行业迅速发展。

从发展前景来看,常规物理方法的发展主要是提高探测深度、广度、分辨能力及新仪器的使用,新物理参数的使用;高频技术、微波技术、激电参数测定,如 η 、 ρ 、 D 、 J 、 T 等;地热勘探中对岩石力学参数的测定;工程勘探中对 E 、 k 、 λ 等的测定。其次是如何提高物探工作的速度和效率,如航空探测、遥测、综合物探的运用等。

第三节 资源与工程物探的应用

1. 探测条件

物探不同于钻探,在使用上要正确理解其含义。因此,利用物探方法解决各种地质问题时,必须有一定的地球物理条件才能取得满意的效果。这些条件主要如下。

(1) 地质目的体与围岩物理性质的差异程度

有关未知地质目标(如构造、各种岩石的接触带、构造破碎带、金属矿体等)和周围岩石(围岩、上覆和下伏岩层)的物理性质(密度、磁化率、电阻率、极化率、热导率等)的最充分的信息,对于评价任何一种地球物理方法的适用性都有特别重要的意义。这类信息适用于地质勘探过程的所有阶段。

不同的地球物理方法对目的体与围岩物理性质的差异程度的要求是不同的。例如,在寻找

大多数金属矿时，为了有效地应用重力勘探，要求矿石和围岩的密度差异为 $0.3\sim0.4\text{g/cm}^3$ ；对于解决构造问题，甚至有 0.1g/cm^3 （级次）的差异就够了；而对磁法和电法勘探来说，矿石和围岩的磁化率和电阻率必须相差几倍到几十倍。例如，对感应法电法勘探来说，岩石和矿石的电阻率比值应当为 100 左右。

岩石的物理性质除了取决于矿物成分与结构外，还与岩石形成的条件以及内力和外力对岩石的后期改造作用有关。

在普查金属矿床时，研究热液交代作用对岩石物理性质的影响具有特别重要的意义。这些作用经常使围岩的物理性质产生很大的变化，因而可作为金属矿区内的一种找矿标志。例如，完全蛇纹石化的超基性岩的密度大约降低 0.8g/cm^3 （表 0-1）。

表 0-1 岩石密度随蛇纹石化强度增大的变化

蛇纹石化强度/%	密度 $\sigma/(\text{g/cm}^3)$	蛇纹石化强度/%	密度 $\sigma/(\text{g/cm}^3)$
0	3.30	60	2.83
10	3.23	70	2.80
20	3.15	80	2.67
30	3.06	90	2.58
40	2.95	100	2.50
50	2.91	—	

硅化和糜棱岩化使岩石密度急剧减小。钠长石化一方面对密度较低的岩石（凝灰砂岩、凝灰粉砂岩）实际上没有影响，另一方面则使致密岩石如辉长岩的密度急剧减小，从 2.85 降到 2.64g/cm^3 。强钠长石化花岗闪长岩的孔隙度是 $4.5\%\sim6.5\%$ ，而未蚀变花岗闪长岩的孔隙度是 $0.7\%\sim1.5\%$ 。

蛇纹石化和滑石菱镁片岩化使孔隙度增大。变质岩和侵入岩的糜棱岩化使孔隙度明显增大（达 $2\sim4$ 倍）。在一般情况下，孔隙度增大是大多数热液交代作用的特征，在这种情况下通常是密度减小；磁化率既可能增高，也可能降低。由于机械风化和化学风化等地表风化作用以及主要由于地表水的作用，岩石成分及其物理性质有很大变化，可同时观测到磁化强度、密度、电阻率和弹性波传播速度的降低以及天然放射性强度的变化。

在对测区的目的体与围岩的物理性质的差异程度进行分析前，需收集测区岩矿石的物性参数，收集测区岩矿石物性参数方法有三种途径。一是收集该地区已有的物性数据；当缺乏已知资料时，还可以采用下述两种途径：或是采集标本进行实验室物性测量，或是在测区选择露头好的地区进行实地测量。由于岩石物理性质取决于多种地质因素（时代、埋藏深度、变质作用等），即使相同的岩性组合，其物理性质在不同地区有很大差别，所以在使用区域岩石物性资料时应当十分慎重，必须对测区的地质情况加以足够考虑。

(2) 引起异常的目的体的几何参数

待查目的体的异常不仅取决于目的体与围岩的物性差异，也取决于目的体的几何参数（规模、形状、产状及其空间的相互位置）。

当几个目的体靠得很近时，目的体相对距离决定着异常特征。当几个目的体形成只有一个极值整体异常时，那么应用这一地球物理方法无法将几个异常体区分开来。当同样大小、强度一致的相距为 $2l$ 的两个水平圆柱处在同一深度 H 时，对磁场垂直分量，区分开两个圆柱的条件是 $2l>0.82H$ ；对垂向微商为 $2l>0.64H$ 。对两个相距为 l 的垂直极化球体，沿着通过球心剖面的自然电位异常表明，随着两个球体之间距离靠近，自然电位异常由两个极值组成的异常合并为只有一个极值的异常（图 0-2）。

(3) 能正确区分干扰场带来的异常

地球物理测量仪器在接收目的体的信号的同时也接收到与目的体无关的干扰。引起干扰的原因有三类：一是地质成因，二是非地质成因，三是测量误差。只有当来自目的体的测量信号大于干扰时，才能保证应用地球物理解决地质问题的成功。

(4) 克服多解性带来的偏差

2. 拟解决问题

尽管物探方法具有许多应用先决条件，但高速度和低成本性的特点仍然是被广泛采用的重要勘探手段，概括起来在资源与工程领域可以解决如下问题。

- ① 测定覆盖层、风化层厚度及基岩面起伏状态；
- ② 探测断层、裂隙带、溶洞、采空区等地质体的空间分布；
- ③ 测定岩石的动弹性参数，利用波速划分岩石、建筑场地类型、地基土的分层与评价；
- ④ 滑坡、泥石流的探测、路基病害及水库渗漏评价；
- ⑤ 地下管线、不明埋设物分布探测；
- ⑥ 地下水资源的勘察与评价；
- ⑦ 矿产资源的勘查与评价；
- ⑧ 利用伟晶岩脉探测，评价微量金属矿床的空间分布；
- ⑨ 桩基无损探测及建筑物常时微动观测。

据以上介绍可以看出，资源与工程物探应用是十分广泛的，可以预见，随着经济和科学技术的不断发展，物探工作的应用深度、广度都将不断发展，新的仪器设备、探测方法、新参数将会不断涌现，定量解释将会更加完善和准确。

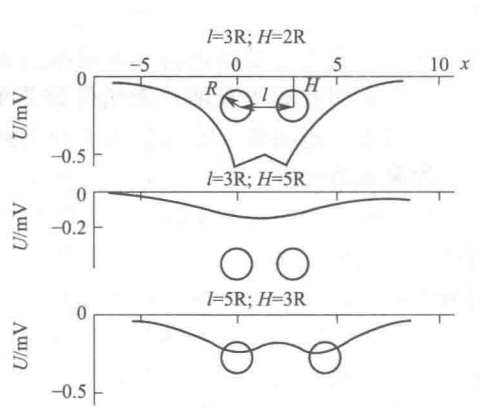


图 0-2 两个均匀极化球体上的电位曲线

第四节 工程物探方法选择的原则

地球物理方法的合理应用不仅取决于所解决的地质任务，还必须考虑高效与低耗两个因素。目前地球物理勘查方法有几十种，在地质任务和总经费确定之后，究竟选用哪几种地球物理方法，哪些方法为主要方法，哪些方法为配合方法，这就是地球物理测量工作设计的主要内容。总的说来，地球物理方法的选择应遵循“地质效果、工作效率、经济效益”三统一的原则。

1. 能取得明显地质效果为目标

地质任务不同，投入物探方法不同，工作要求也不同。

(1) 地质任务的类型和性质

① 地质任务类型。地质任务可分为基础地质、地质填图、矿产勘查、工程地质和水文地质以及环境地质问题等。地质任务类型不同，投入物探方法不同，工作要求也不同。例如，若地质任务为深部基础地质问题，一般需投入深地震测深、重、磁测量和大地电磁测深；若地质任务为工程地质时，一般需投入各种地面电法、浅层地震等。

② 地质任务性质。如果地质任务为矿产勘查时，应考虑勘查对象是固体矿产，还是石