

地球物理方法 在地下水探测中的应用

龙
凡
◎
著



白山出版社



●责任编辑：宋 杰 ●装帧设计：赵连志 姜桐彤 ●责任校对：李国宽

定价：50.00 元

ISBN 978-7-80687-465-3



9 787806 874653 >

地球物理方法

在地下水探测中的应用

龙 凡◆著

白山出版社

图书在版编目(CIP)数据

地球物理方法在地下水探测中的应用/龙凡著. —沈阳:白山出版社,2007.4

ISBN 978-7-80687-465-3

I. 地… II. 龙… III. 地球物理勘探—应用—地下水—水文地质勘探 IV. P641.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 038747 号

出版发行:白山出版社

地 址:沈阳市沈河区二纬路 23 号

邮 编:110013

电 话:024-23088689

责任编辑:宋 杰

装帧设计:赵连志 姜桐彤

责任校对:李国宽

印 刷:沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

幅面尺寸:185mm×260mm

印 张:17.75

字 数:440 千字

版 次:2007 年 8 月第一版

印 次:2007 年 8 月第一次印刷

印 数:1~1000 册

书 号:ISBN 978-7-80687-465-3

定 价:50.00 元

序

近年来全球水资源日趋严峻,水已经成为不可替代的战略资源,是国民经济建设和国防建设的重要保障条件。在我国三北干旱地区,必须合理地开发利用地下水以解决工、农、牧业生产和生活用水,而地球物理勘探(简称物探)则是寻找地下水资源的有效手段,其中包括研究岩石电学性质及电场、电磁场变化的电法勘探;研究岩土弹性力学性质的地震勘探;研究岩石磁性及地磁场的磁法勘探;以及研究岩石天然放射性的放射性勘探。这些方法的实际应用,为水文地质工作提供了大量的重要资料,尤其是在第四系覆盖地区,对研究区域地质构造、含水层的分布,指导钻探和成井等方面都发挥了重要作用。

该专著的作者龙凡结合自己30多年来的工作实践,对水文物探的方法技术、探测仪器、资料解释和找水地质成果进行了综合系统的研究,成绩斐然。

1.应用物探理论在不同地质条件下探测地下水,已经建立起了地质、物探、钻探三位一体的野外的最佳工作模式,将单一找水方法发展为综合物探找水方法,有效地加快了勘探工作速度,降低了工作成本,提高了水文地质工作质量。

2.针对复杂地质条件下找水的需要,自主研发了多功能水源侦察仪等三种物探仪器系列,将常规的间接找水方法发展为具有直接找水特点的激电方法,有效地解决了复杂地形条件下实时快速采集物性参数和数据处理、成果图示等问题。

3.确定了物探资料分析解释的“三个基本原则”,合理运用电反射系数(K)法,对第四系含水层埋深和基岩埋深进行计算求解,对各地层尤其是含水岩层界面进行划定;采用数理统计、相关分析以及通过线性回归分析等方法对含水层厚度、单井涌水量和区域水量进行计算预报;采用半衰时参数直接划分含水层,确定地下水埋深,估算单井涌水量,有效地提高了物探资料地质解释的可靠性和定量解释的精度。

4.总结了不同地质条件下物探找水的规律,在已知区建立起了各类储水构造的地质-物性模型,为物探资料的地质解释提供了充分的依据,从而缩小了物探找水的靶区,提高了物探找水的准确性和钻井命中率。

5.取得了一系列的找水成果:

(1)水文方面:系统地完成了东北西部赤峰和辽西干旱地区21幅1:20万水文地质普查物探工作,作为全国1:20万综合水文地质普查的重要组成部分,获国家科技进步二等奖;完成了赤峰西部高平原6850Km²的1:10万牧区供水水文地质勘察物探工作,获优秀勘察成果一等奖;出色地完成了600余项边防部队供水和工农业用水的地下水勘察任务,分别获军队和

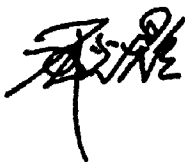
地矿部优秀工程勘察一、二等奖。

(2)地热方面:运用综合物探方法成功地寻找到赤峰克旗、宁城,河北丰宁、大庙,辽宁汤上屯、凌源等地的地下热水,获地矿部优秀勘察成果一等奖。

(3)环境物探方面:应用结合地质地球物理方法在辽西、赤峰、吉西、沈阳周边的高氟病区探测到深层地下水,打成防氟井74眼,获军队优秀工程勘察一等奖。

专著作者龙凡是中共十四大代表、一等功臣、军队杰出专业技术人才、全国优秀科技工作者,国家有突出贡献中青年专家。他是我国地球物理工作者在国防战线上的一位杰出代表。为此,我很高兴为此专著撰写序言,同时相信该专著的出版将为水文物探的发展起到积极的推动作用。希望龙凡百尺竿头再上一层楼,为我国地球物理事业作出更大贡献。

中 国 科 学 院 院 士
中 国 地 球 物 理 学 会 名 誉 理 事 长
中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院院长



2007 年 3 月

前言

水,既是生命的摇篮,又是生命存在的必要条件,是社会经济发展的重要因素。我国东北属干旱半干旱地区,确保工农业生产、国防建设和人民群众生活对水的需求,提高水的保障能力,是振兴东北的一个大课题。

1974年,我有幸从辽宁地质局选调到部队从事国防供水、野战给水和东北干旱地区水文地质普查、工农牧业供水地下水勘察物探工作。30多年来,我和战友们奋战在塞北高原和白山黑水之间,广泛地应用地球物理方法,有机地与地质、钻探结合,主持完成了14万平方公里的1:20万综合水文地质普查,6850Km²的1:10万供水水文地质勘察和1:5万边防军民饮水、防氟改水地下水探测及地热勘探的物探工作,为国家提交了24份水文地质勘察物探报告,17份专项地下水探测技术报告,并探索出适应于北方干旱地区不同地质条件下物探找水的新途经、新规律。今天,这一研究成果以专著形式出版,是我们军区一代代给水官兵艰苦奋战的结晶。特以此专著献给那些流过辛勤的血汗、悲喜的泪水,默默奉献出了青春年华,甚至生命的可敬的战友们。

物探方法是水文地质普查勘探和探测地下水的重要手段,具有其他勘探手段无法比拟的透视性、成本低、效率高等独特优点,但也具有其方法应用的条件性、资料解释的多解性等特点。为此,我们在广泛应用于干旱地区水文地质普查,尤其是山区复杂地质条件下的地下水探测中,既注重努力搞清工作区的地质情况、物性特征、干扰水平等诸条件,有效地应用相适应的物探方法;又结合勘察的实际,研制出分辨能力高、探测深度大、抗干扰能力强的新型探测仪器系列,在野外探测中发挥出重要作用;同时,深入研究物探资料分析解释的新途径。在山区复杂地质条件下的地下水探测中,探索出从“多解”中获取正确的“单一解”的有效方法。在已知区建立各类储水构造的地质-物性模型,总结出不同地质条件下物探找水的规律,有效地提高了物探资料解释的准确率,地质解释资料为普查勘探设计提供了充分依据,仅21幅1:20万水文地质普查就有效地减少了近300个钻孔工作量;为断面地下水储量计算和水文地质综合研究提供了可靠的资料,配合地质钻探确定了67处大型供水水源地。

在1:10万牧区供水水文地质勘察中,大面积地开展电测深方法,尤其是在资料解释中采用电反射系数(K)法和回归分析法,查明了勘探区内盆地的构造形态和第四系含水层的分布、埋深、厚度和地下水运动规律,为勘探区地下水储量计算提供了可靠的依据资料。

在边防干旱山区的地下水探测中,应用激电方法取得了理想的地质效果,其半衰减时St曲线的高值异常直观地反映出各类含水构造的位置、埋深,尤其是通过大量的实践资料总结出异常值与背景值之比与涌水量存在着正比定量关系,并应用回归直线法计算预测单井涌水量,使物探资料的定量解释有了新突破。

在地热勘探和防氟改水的深层地下水探测中,综合物探方法发挥出特殊作用,取得了突出

前 言

的地质效果。赤峰克旗热水、辽西汤上屯热水的探测成果和辽西、吉西等地高氟病区地下水探测成果就是其中典型实例。

本专著图件绘制统编韩天成、文字打印孙锋。在研究和编写过程中,总参军训和兵种部工程兵局领导及科研处,沈阳军区军训和兵种部领导及工化处给予了全力支持,军区工程科研设计院、军区给水工程团领导给予了大力的帮助。本研究成果得到总参工程兵科研四所杨秀敏院士和中国地质大学李金铭教授审阅修订并主持通过了总参组织的技术鉴定,在此一并表示感谢。在本专著即将出版之际,我以沉痛的心情缅怀我十分敬佩的战友、本书的责任编辑之一、白山出版社原副社长周凤鸣同志。凤鸣同志于2007年3月7日因病去世,留给我们是无尽的思念。

作 者

2007年3月

目 录

序	刘光鼎(1)
前言	(1)
第一章 水文物探方法理论与技术	(1)
第一节 水文物探方法分类及主要特点	(1)
一、主要水文物探方法的分类	(1)
二、水文物探方法的主要特点	(1)
第二节 水文物探方法的基本原理与方法技术	(3)
一、电阻率法的基本原理	(3)
二、电阻率法的方法技术	(8)
三、激发极化法	(22)
四、电测井	(28)
五、声频大地电场法	(33)
六、磁法勘探	(33)
第三节 主要物探仪器设备	(34)
一、DSZ-1 型多功能水源侦察仪	(35)
二、高密度电阻率探测仪	(36)
三、声频大地电场探测仪	(37)
第二章 常规物探方法在东北地区西部 1:20 万水文地质普查中的应用	(39)
第一节 研究工作区概况	(39)
一、地理位置及工作范围	(39)
二、地形地貌	(39)
三、水文气象	(41)
第二节 地质及水文地质	(42)
一、地层与构造	(42)
二、水文地质	(44)
第三节 地球物理特征	(45)
一、山间谷地、山间盆地、山前扇裙含水层电性特征	(47)
二、河谷阶地电性特征	(48)
三、河间平原电性特征	(49)
四、滨海海积平原区电性特征	(50)
五、冰水冲湖积高平原电性特征	(52)
第四节 物探工作任务和方法技术	(54)

一、物探工作任务及工作布置	(54)
二、实物工作量	(54)
第五节 主要物探地质成果	(57)
一、各河间平原第四系松散堆积层厚度、地层岩性和含水层分布	(57)
(一) 西拉沐沦河河间平原沙漠区第四系含水层的确定	(57)
(二) 辽西走廊沿海平原第四系含水层的确定	(65)
(三) 山前倾斜平原含水层的确定	(91)
二、各河谷阶地、山间谷地和山间盆地砂砾石含水层的边界条件	(94)
(一) 西拉沐沦河河谷阶地	(94)
(二) 查干沐沦河河谷阶地	(95)
(三) 老哈河河谷阶地	(99)
(四) 大兴安岭山系山间谷地和山间盆地	(101)
(五) 燕山山系、辽西丘陵山间谷地和山间沟谷	(107)
三、内蒙古高平原第四系厚度、岩性和含水层的分布	(110)
(一) 高平原东北部的白音昆地测区基地起伏和第四系含水岩层分布	(112)
(二) 高平原东北部五星台牧场断陷盆地边界及含水层分布	(112)
四、内蒙古冰水湖积高平原和辽西滨海平原咸、淡水的分布	(112)
(一) 内蒙古克旗湖积高平原咸、淡水划分	(112)
(二) 辽西滨海平原咸、淡水的划分	(118)
五、查干沐沦河古河道的分布	(124)
第六节 1:20 万水文地质普查中物探工作的作用	(128)
一、物探工作的作用及实施步骤	(128)
二、断面地下水储量的计算	(131)
第三章 电测深法在克旗西部地区 1:10 万牧区供水水文地质勘察中的应用	(135)
第一节 地质及水文地质概况	(137)
一、地层与构造	(137)
二、水文地质概况	(137)
第二节 地球物理特征	(137)
第三节 资料的定量解释和主要地质成果	(146)
一、定量解释	(146)
(一) 组合量板法求第四系厚度、含水层埋深	(146)
(二) 电反射系数法求潜水埋深和基岩顶板埋深	(146)
(三) 回归分析法求潜水埋深和粘性土层百分含量	(151)
二、主要地质成果	(157)
(一) 断陷盆地边界构造特征	(157)
(二) 断陷盆地基底变化特征	(159)
(三) 地下水埋深及运动规律	(161)

(四)地下水赋存分布特征	(161)
三、结束语	(162)
第四节 电测井	(163)
一、电性参数	(163)
二、方法与技术	(164)
三、地质剖面划分	(164)
第四章 综合物探方法在山区找水中的应用	(171)
第一节 山区基岩含水条件	(171)
一、基岩地下水的特征	(171)
二、基岩裂隙的分类	(172)
三、构造裂隙发育与岩石性质及岩性组合的关系	(176)
四、断层及其有关的裂隙发育带	(177)
五、风化裂隙的发育特征	(179)
六、岩溶的发育特征	(180)
第二节 山区松散沉积层孔隙水的含水条件	(181)
一、山间河谷储水条件	(181)
二、山间洼地(盆地)储水条件	(182)
三、冲洪积扇及冲洪积锥储水条件	(182)
四、山前冲洪积扇储水条件	(182)
五、古河道储水条件	(182)
六、山前坡洪积扇裙储水条件	(182)
七、山前倾斜平原储水条件	(182)
第三节 山区物探找水的方法技术	(183)
一、收集掌握工作区已知地质、水文地质资料	(183)
二、现场勘察	(183)
三、因地制宜、有的放矢地展开物探工作	(183)
第四节 基岩地下水储水构造物性特征	(183)
一、基岩山区电阻率法找水的效果和规律	(184)
(一)构造裂隙、张性断裂破碎富水带地电模型	(184)
(二)构造裂隙压性、压扭性断裂旁侧富水带地电模型	(188)
(三)侵入接触储水构造地电模型	(188)
(四)侵入岩脉储水构造地电模型	(190)
(五)风化裂隙储水构造地电模型	(191)
(六)成层岩层储水构造地电模型	(193)
二、不同地层岩性条件下综合物探方法找水的效果和规律	(195)
(一)磁法与联合剖面法在隐伏花岗岩体裂隙水探测中的应用效果	(195)
(二)声频大地电场法与联合剖面法在压性断层上的探测效果	(197)

第五节 山区松散沉积层储水构造物性特征	(198)
一、山间河谷第四系松散层储水构造地电模型及找水规律	(198)
二、山前冲洪积扇储水构造地电模型	(202)
三、山前坡洪积扇储水构造地电模型	(202)
四、山间谷地及山前倾斜平原砂砾石储水构造地电模型	(205)
五、山间沟谷中含水砂砾石地电模型	(207)
六、第四系玄武岩层底砂砾石孔隙储水构造地电模型	(207)
第六节 高密度电阻率法在山区基岩地下水探测中的应用效果	(210)
第七节 激电法在山区找水中的应用	(211)
一、花岗岩地区储水构造激电异常特征	(212)
二、砂、页岩层间裂隙储水构造激电异常特征	(217)
三、玄武岩构造裂隙储水构造激电异常特征	(219)
四、灰岩裂隙及岩溶储水构造激电异常特征	(219)
五、石英岩裂隙储水构造激电异常特征	(221)
六、第四系松散层下部含水砂砾石储水构造激电异常特征	(222)
七、各类储水构造的 η_s 、St 异常特征	(224)
八、激电 St 异常对储水构造水量的反映——利用回归直线法预测单井涌水量	(224)
九、激电 St 曲线对水位埋深的反映	(226)
第五章 综合物探方法在地热勘探中的应用	(228)
第一节 物探地热勘探任务和方法技术	(228)
一、工作任务和常用方法	(228)
二、物性参数及特征	(229)
三、工作布置	(229)
第二节 赤峰克旗地热勘探	(230)
一、地质及构造概况	(230)
二、断裂构造的确定及其对地下热水富集与运移的影响	(232)
三、第四系砂砾石层中次生层状热水分布范围的确定	(235)
四、次生层状热水的封闭条件	(237)
五、热水涌出基岩位置的确定	(237)
第三节 辽西汤上屯地热勘探	(238)
一、地质、水文地质及构造概况	(238)
二、热水构造带的圈定及产状分析	(240)
三、热水出露条件的推断	(242)
四、热水分布范围的圈定	(243)
五、结束语	(245)
第四节 辽西兴城地热勘探	(245)
一、地质、地貌及构造条件	(245)

目 录

二、热水构造带的圈定及产状分布	(246)
三、热水出露条件	(248)
四、热水分布范围	(248)
第五节 辽西凌源地热勘探	(249)
一、地质及构造概况	(249)
二、断裂构造带位置形态及产状的确定	(249)
三、热水出露条件	(250)
四、热水分布范围的确定	(250)
第六节 大庙地热勘探	(253)
一、地质概况	(253)
二、断裂构造带的圈定	(253)
三、热水的影响范围	(256)
四、结束语	(257)
第六章 电测方法在水环境物探中的应用	(258)
第一节 高氟地下水的地电特征	(258)
一、高氟水区地下水的基本情况	(258)
二、高氟地下水的形成条件和富集规律	(258)
三、以电测方法寻找开发深层地下水是防氟改水的有效措施	(260)
第二节 高铁地下水的地电特征	(265)
主要参考文献	(268)

第一章

水文物探方法理论与技术

第一节 水文物探方法分类及主要特点

水文地质勘察是研究地下水的一门科学,地质、物探、钻探是进行该项研究的三种主要手段。其中,以研究不同物理场空间分布规律为基础的物探方法,种类繁多,应用领域十分广泛。在水文地质勘察中,主要应用地面电法、电测井、磁法等综合物探方法进行地下水探测和地热勘探。

一、主要水文物探方法的分类

表 1-1-1 中列出了主要水文物探方法的类别并指明了它们的应用范围。

二、水文物探方法的主要特点

各类物探方法,尤其是地面物探方法都具有透视性、效率高、成本低等方面的优点,但也都具有局限性、条件性、解释结果多解性的缺点。在实际工作中,运用综合物探方法最大限度地发挥其各自的优点,克服各自的缺点,可提高物探工作的地质效果,为水文地质勘察、地下水探测提供客观反映地质构造的可靠资料。

概括起来,物探方法具有以下四个特点:

1. 透视性。各种物探方法都是通过观测地下地质体在地面产生的物理场空间分布规律,来推断地质情况,达到地质勘探的目的。相对于用肉眼观察和钻机钻探手段了解地层深部构造来说,显然有类似透视性质的特点。

在水文物探中,常用的磁法、自然电场方法和声频大地电场法都是测量天然场的被动源方法。深部构造的地下磁性体的磁场能穿过表层,就像光线通过透明的玻璃一样,穿过覆盖层的障碍,被地面的物探仪器观测到;深部构造的电流场,也可通过覆盖表层物质的媒介作用而被探测到。除这些天然场外,更大量使用的是由人工激发的物理场(主动源)进行探测的方法。在水文物探中,主要采用直流电法,它可从不同方向,不同范围,由近及远,由浅入深对地下存在电性差异的地质体进行“立体探测”,从而获得地下地质构造和地下水分布“立体填图”的效果,并由此指导勘探工程的布置,最大限度地减少昂贵的勘探工作量。同时直接布设水源井钻孔位置,有效地提高找水和成井的准确度。

2. 效率高。这是相对常规的地质勘探手段而言的。在各类比例尺的水文地质普查、勘察

和勘探中,总要按相应比例尺和一定的网度钻孔勘探,除了劳动强度大、成本高外,还很费时间,一个钻孔的施工,少则几天,多则一个月甚至更长时间。而按相应比例尺和一定网度进行物探工作,每个物理观测点一般只需几秒至几分钟,就是电测深点最多也只需十几分钟观测,而且装备轻便,机动性强,成本很低。由此可见,高效率、低成本的物探方法在水文地质普查、勘察和水源勘探中的广泛应用,是实现水文地质工作现代化的重要方面。

表 1-1-1 主要水文物探方法的分类及应用范围

类别	场的性质	方法名称			应用范围
地面电法	天然场	自然电场法	电位法		探测地下水流向及地下水与地表水的补给关系、次生层状热水分布范围
			梯度法		
		声频大地电场法			探测岩性接触带、构造破碎带
	人工场	电阻率法	电测深法	对称四极电测深	划分近水平层位、确定含水层厚度、埋深;探测基岩埋深,查明构造、风化壳厚度;圈定地下热水范围,划分咸淡水分界线
				三极电测深	
				环形电测深	
			电剖面法	联合剖面法	追索断裂破碎带,探测基底起伏,寻找古河道,追索各种高低阻陡倾斜地电体及接触面,查明岩溶发育带
				对称四极剖面法	
				中间梯度法	
		高密度电阻率法	温纳装置	探测岩溶发育带,追索断裂构造,划分岩层	
			对称四极装置		
	激发极化法	激电测深法	探测寻找和确定含水岩层埋深,厚度及分布,对储水量进行定量预报		
		激电剖面法			
电测井	人工场	电阻率测井	普通电阻率测井	划分钻井剖面,确定岩石电阻率参数	
			微电极系测井	详细划分钻井剖面,确定渗透性地层	
			井液电阻率测井	确定含水层位,估计水文地质参数,划分咸淡水分界	
	天然场	自然电位测井			确定渗透层,划分咸淡水界面,估计地下水电阻率
热测井	天然场	温度测井			探测热水层,测定地温梯度,确定井内出水位置
磁法	天然场	地面磁测			研究地球的天然磁场,寻找具有磁性差异的地质体,追索圈定赋水花岗岩风化裂隙带和断层破碎带

3. 条件性。各类物探方法的应用,都必须具备充足的前提和条件。否则,盲目使用,不但不能取得正确可靠的物探地质成果,还会造成人力、物力、财力的极大浪费。其条件主要有三:

(1) 物性差异。被探测对象与围岩必须有明显的物性差异,没有物性差异,就不能产生物性异常;没有物性异常,则无以开展物探工作。

(2) 勘探深度。被探测对象的规模与埋深比例不能太大。即使被探测地质体与围岩有很大的物性差异,但由于其规模相对埋深太小,场强随距离的加大而衰减,使得在地面产生的物理场强度可能无法被现有仪器探测到。

(3) 干扰因素。所应用的物探方法只反映被探测地质体的物性特征,其他不同地质体若有相同的物性特征,也都会产生类似异常被探测到而形成干扰,混淆了预测对象,使物探工作条件和资料分析解释大大复杂化,这也是下面要论述的“多解性”。

从以上三个方面的物探条件来看,物探方法的确具有很大的局限性。正是基于对此问题

的充分认识,在干旱地区的水文地质勘察,尤其是山区复杂地质条件下的地下水探测中,我们一方面努力搞清工作区的地质情况、物性特征、干扰水平,在诸条件具备时大胆地应用相应的物探方法;另一方面加强研制分辨能力高、探测深度大、抗干扰能力强、适应范围广的新型探测仪器,在实际工作中取得了重大成果。

4. 多解性。

其一,所观测到的物理场物性异常来源不唯一。如前述“干扰因素”中阐述的,不同地质体,由于有相同的物(电)性特点,反映为同一异常物(电)性层;同一地质层,由于湿度、颗粒等因素不同而反映为几个不同异常物(电)性层,从而给资料分析解释带来很大难度。山区地下水探测和地热勘探中,地质条件往往都比较复杂,加之地形条件和接地条件差的影响,很多地质任务用单一的物探方法去区分异常是很困难的,这个问题只有采用综合物探方法,综合研究各方面资料,方可在一定程度上得以解决,即使这样,也不可能要求得到地质上直接观测所得到的那种程度的地质结论。

其二,异常体参数定量推断不唯一性。比如常规电阻率方法的电测深三层断面的定量解释中存在的等值现象。当中间层厚度太大时,对 H 型和 A 型曲线存在纵向电导 S_2 ($S_2 = h_2/\rho_2$) 等价现象,对 K 型和 Q 型曲线存在横向电阻 T_2 ($T_2 = \rho_2 h_2$) 等价现象,而使定量解释得不到 h_2 的单解值。只有在掌握中间层电阻率 ρ_2 的条件下,才可以得到 h_2 单值的解答。由于物性资料带有一定的误差,这种所谓确定的解答也是相对的,所以有时电测深资料定量解释的误差达到 20% ~ 50%。

物探工作的最终目的是通过观测到的地下地质体物性信息,分析解释为地质结论、地质成果。物探资料的定性分析和定量解释准确与否,一方面靠先进的、科学的分析解释方法,另一方面在很大程度上依靠分析者的经验,这个经验一般有两种:分析者本身在实践工作中长期积累总结出来的“直接经验”;他人(前人)工作规律总结出的“间接经验”。因此,在山区复杂的地质条件下的地下水探测中,如何从“多解”中获取正确的“单一解”,并由此总结出不同地质条件下物探找水的规律,是我们研究工作中的又一重点。激电半衰减时找水方法的应用,综合物探方法的应用,电反射系数(K)法的应用,数理统计回归分析法及其他新参数的应用,为提高资料定性分析、定量解释的可信度和准确率起到了重要作用。

第二节 水文物探方法的基本原理与方法技术

一、电阻率法的基本原理

电阻率法是以研究地下地质体的电阻率差异为基础的电法勘探方法,是干旱地区水文地质勘察中采用的主要方法。无论从原理、技术还是仪器设备,都是最为成熟的方法。在地质、物性、地形条件较为具备的前提下,应用该方法执行各类水文地质勘察任务,都取得了显著的地质效果。

(一) 岩石的电阻率

在地下地质体的物性参数中,电阻率 ρ 是岩石重要的电学参数,它表征岩石不同的导电特性。其物理量的意义是:当电流在一种岩石层中均匀分布时,它的电阻率在数值上等于该岩层

单位立方体所呈现的电阻。简而述之,岩层电阻率 ρ 表示为,电流通过长度为 1m, 截面积为 1m^2 的岩层时所受到的阻力(电阻),其单位为欧姆·米($\Omega \cdot \text{m}$)。

电阻率法则是依据不同岩层电阻率的差异来间接找水的,所以了解不同岩层在自然条件下电阻率的大小及其各种影响因素是一个首要问题。

一般地,岩石的电阻率愈高,导电性愈差,甚至不导电;反之,电阻率愈低,则导电性愈好。含有盐的水和多数金属硫化物是良导体,而大部分造岩矿物,基本上是不导电的,之所以有的岩石能导电,是因为岩石的孔隙或裂隙中的水导电。因此,岩石的电阻率基本上由矿物成分与结构、岩石的孔隙和裂隙发育程度以及孔隙裂隙中水的含量、水的矿化度等因素决定的。在应用电阻率法找水中要逐一了解对岩石电阻率的各种影响因素,从中找出主次关系及一般规律,才能取得理想的勘探效果。

(二) 岩石电阻率与矿物成分的关系

表 1-2-1 为构成岩石的各种矿物的电阻率变化范围。除了少数硫化物、石墨和某些金属氧化矿物外,其他所有的造岩矿物(如石英、长石、云母、方解石等)的电阻率都很高,有的高达 $10^8 \Omega \cdot \text{m}$ 以上。在水文地质电测工作中经常遇到的沉积岩和部分火成岩,正是由这类高电阻的造岩矿物构成的。研究和工作实践表明,绝大多数岩层电阻率与其所含矿物成分的关系并不很大,而主要是取决于岩层孔隙中具有高电导性、低电阻率的水分的多少。只有在含有很多石墨或碳化程度很高的煤系地层的岩层,才出现低电阻的干扰。

表 1-2-1 构成岩石的各种矿物的电阻率变化范围

矿物名称	电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	矿物名称	电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)
石英	$10^{12} \sim 10^{14}$	黄铁矿	$10^{-4} \sim 10^{-3}$
长石	$10^{11} \sim 10^{12}$	黄铜矿	$10^{-3} \sim 10^{-1}$
白云母	$10^{10} \sim 10^{11}$	磁铁矿	$10^{-4} \sim 10^{-2}$
方解石	$10^7 \sim 10^{10}$	菱铁矿	$10^1 \sim 10^3$
硬石膏	$10^7 \sim 10^{14}$	无烟煤	$10^{-4} \sim 10^{-2}$
褐铁矿	$10^6 \sim 10^8$	石墨	$10^{-6} \sim 10^{-4}$

(三) 三大岩类的电阻率特征

地下地质体是由各类岩石组成的,而岩石又是由各种矿物组成的。由于影响岩石电阻率变化的因素很多,因此,各类岩石电率的变化范围很大。尽管如此,三大岩类之间的电阻率还是有较大差别的,见表 1-2-2。

此外,第四系地层主要岩性的电阻率变化也有较大的范围,如砾石 $2 \times 10^1 \sim 2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{m}$; 砂层 $2 \times 10^0 \sim 2 \times 10^3 \Omega \cdot \text{m}$; 粘土 $10^0 \sim 2 \times 10^1 \Omega \cdot \text{m}$ 。

(四) 水的电阻率特征

自然状态下水的电阻率变化范围见表 1-2-3。

表 1-2-2 三大岩类的电阻率对比

名称	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5
火成岩						
变质岩						
粘土						
软页岩						
硬页岩						
砂						
砂岩						
多孔隙灰岩						
致密灰岩						