



普通高等教育“十二五”规划教材
高等职业院校重点建设专业系列教材

水文地质勘察技术

主 编 杨绍平 邵虹波
主 审 阳光辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材
高等职业院校重点建设专业系列教材

水文地质勘察技术

主 编 杨绍平 邵虹波

副主编 张 恒 闫 胜

王子忠 高大勇

主 审 阳光辉



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材结合《供水水文地质勘察规范》(GB 50027—2001)、《水利水电工程水文地质勘察规范》(SL 373—2007)等相关专业技术规范的要求,介绍了目前国内在水文地质勘察工作中的主要工作流程与技术方法。教材编写过程中以项目引导、任务驱动模式展开。全书分为4个项目12个任务,4个项目分别是水文地质勘察基本方法、供水水文地质勘察、水利水电水文地质勘察、地下水污染调查与评价。

本教材结合高等职业教育教学特点,在教学内容、教学手段和教学模式等方面做了改进,在重点章节中穿插工程实例,以加深学生对知识点的掌握,提高学生解决实际工程问题的能力。

本教材适合大中专院校的在校学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

水文地质勘察技术 / 杨绍平, 邵虹波主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 7

普通高等教育“十二五”规划教材 高等职业院校重点建设专业系列教材

ISBN 978-7-5170-3391-2

I. ①水… II. ①杨… ②邵… III. ①水文地质勘探—高等职业教育—教材 IV. ①P641. 72

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第163059号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 高等职业院校重点建设专业系列教材 水文地质勘察技术
作 者	主编 杨绍平 邵虹波 主审 阳光辉
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11.75印张 278千字
版 次	2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本教材结合高等职业教育教学特点，在教学内容、教学手段和教学模式等方面作了改动。教材编写过程中以项目引导，任务驱动形式展开，在项目中穿插工程实例，以加深学生对生产实践技能的掌握，培养学生解决实际工程问题的能力，目的是培养在水文地质勘察一线工作的高素质、实用型人才。

本教材在编写过程中得到四川省水利水电勘测设计研究院向彬教授级高级工程师及勘察分院副院长李叶高级工程师、四川省交通运输厅交通勘察设计研究院地质专业总工代绍述高级工程师、中电集团成都勘测设计研究院地质处施裕兵教授级高级工程师、四川沃土项目投资管理有限公司赵大金高级工程师、四川名扬勘察设计咨询有限公司张炯董事长及陈聪高级工程师、成都市勘测测绘研究院刘宏高级工程师、四川省乐山市水利电力建筑勘察设计院勘察负责人高大勇高级工程师、四川省地质工程勘察院副院长阳光辉高级工程师、西南交通大学地球科学与环境工程学院副院长胡卸文教授、成都理工大学环境与土木工程学院许模教授等专家的支持并提出宝贵意见，在此表示衷心感谢。

在编写过程中，本教材大量引用了有关专业文献和资料，未在书中一一注明出处，在此对有关文献的作者表示感谢。由于编者水平有限，编写时间过于仓促，对于教材中存在的疏漏和不足，敬请使用者批评指正。

编者

2015年5月

目录

前言	
绪论 (课程介绍)	1
项目 1 水文地质勘察基本方法	4
任务 1.1 野外资料调查收集	7
1.1.1 水文地质测绘	7
工程实例——水源地水文地质测绘	18
1.1.2 水文地质物探及遥感技术	20
工程实例——物探在水文地质调查中的应用	32
1.1.3 水文地质钻探	32
1.1.4 水文地质试验	48
工程实例——抽水试验	56
工程实例——压水试验	64
1.1.5 岩、土、水样采集及相关要求	73
1.1.6 地下水监测	77
任务 1.2 室内数据资料整理分析及报告编写	82
1.2.1 各水文地质试验数据整理及参数求取	82
1.2.2 岩、土、水样数据整理分析	87
1.2.3 水文地质勘察图件及报告编制	89
项目 2 供水水文地质勘察	97
任务 2.1 供水水文地质勘察方法	97
2.1.1 供水水文地质勘察总则	97
2.1.2 供水水文地质测绘	101
2.1.3 供水水文地质勘探	104
工程实例	106
任务 2.2 地下水资源分类、评价与资源保护	107
2.2.1 地下水资源的特点与分类	107
2.2.2 地下水资源评价	109
2.2.3 地下水资源保护	115
工程实例	116
任务 2.3 供水水文地质勘察的成果整理	116

2.3.1	文字部分	116
2.3.2	主要附件	117
项目 3	水利水电水文地质勘察	118
任务 3.1	水库区的水文地质勘察	119
3.1.1	影响水库渗漏的地质因素	120
3.1.2	拟建水库渗漏的水文地质勘察	124
3.1.3	渗漏病险水库除险加固阶段的水文地质勘察	126
	工程实例	129
任务 3.2	库区浸没的水文地质勘察	130
3.2.1	水库浸没造成的灾害	130
3.2.2	库区浸没发生的条件	131
3.2.3	库区浸没水文地质勘察	131
任务 3.3	坝(闸)址区水文地质勘察	133
3.3.1	拟建大坝坝址的水文地质勘察	133
3.3.2	坝基砂土液化及主要勘察手段	137
任务 3.4	岩溶区水文地质勘察	137
3.4.1	勘察内容	137
3.4.2	勘察方法	140
3.4.3	岩溶区水库渗漏问题评价	141
	工程实例	142
项目 4	地下水污染调查与评价	143
任务 4.1	地下水污染调查	143
4.1.1	地下水污染调查概述	143
4.1.2	地下水污染基础调查内容与技术方法	144
任务 4.2	样品采集	153
4.2.1	样品采集要求	153
4.2.2	采样准备	154
4.2.3	样品采集方法	155
4.2.5	样品保存与送检	156
4.2.5	现场重复样、空白样、加标样质量控制	158
任务 4.3	地下水污染评价	158
4.3.1	地下水污染评价概述	158
4.3.2	地下水污染评价内容及要求	159
附录 1	非稳定流抽水试验资料的整理——降深比值法	160
附录 2	生活饮用水卫生标准 (GB 5749—2006) (部分摘选)	165
附录 3	农田灌溉水质标准 (GB 5084—92) (部分摘选)	171
附录 4	地下水样的保存、容器的洗涤和采样体积	173
	参考文献	175

绪论（课程介绍）

1. 水文地质勘察的概念、内容与任务

水文地质勘察指为查明水文地质条件、开发利用地下水资源或其他专门目的，运用各种勘探手段而进行的水文地质工作。一般在水文地质普查的基础上进行，采用较大的比例尺，如供水水文地质勘探、水利水电水文地质勘探、矿床水文地质勘探、地热水文地质勘探等。在工作中一般要投入较多的勘探工程量。与工程的设计阶段相适应，专门性的水文地质勘探常可分为初步勘探和详细勘探两个阶段，每一阶段工作的结果都要提交专门性的水文地质勘探报告和有关的图件。本课程是一门综合性和实用性很强的水文地质勘察方法原理和技术课程，是水文地质工程地质专业、地下水科学与工程专业、水文与资源工程专业、地质工程等专业的核心课程之一。本课程主要包括水文地质勘察基本方法、供水水文地质勘察、水利水电水文地质勘察、地下水污染调查与评价四部分。

(1) 水文地质勘察基本方法。主要介绍水文地质勘察的基本技术方法，即地质、地貌、地下水露头及地表水体的调查测绘、与地下水有关的环境地质问题；水文地质剖面实测方法；水文地质物探方法；水文地质钻孔布置原则及钻探方法；水文地质试验方法；岩、土、水样采集相关要求；室内数据资料整理分析及报告编写阶段。

(2) 供水水文地质勘察。主要介绍地下水资源的分类及特点；地下水水质评价及地下水资源量计算；地下水资源开发、利用与管理的相关法律、法规及地方政策；地下水开发利用途径、水源地的选取、取水构筑物的选择及设计。

(3) 水利水电水文地质勘察。讨论渗漏的地质分析（渗漏通道分析、漏水通道连通性分析），水库渗漏水文地质勘察手段的选取；坝（闸）址区岩土体渗透结构类型划分及渗透性分区；防渗、排水工程设计及应用。

(4) 地下水污染调查与评价。地下水污染源及污染途径调查；地下水污染监测手段及样品采集要求；地下水污染评价。

本课程的基本任务是使学生学会水文地质勘察的基本方法，在具体工作中能合理选择工作方法和布置工作量，能分析和解决实际问题，培养学生的生产、科研能力和解决实际问题的能力。

2. 我国水文地质勘察工作的发展概况

我国是世界上最早寻找、调查、开发利用地下水的国家之一，开发利用地下水的历史悠久。上海市郊青浦河段发现的直筒形水井，距今已有 6000 多年，是迄今为止我国发现的最古老的水井。浙江余姚河姆渡井，据¹⁴C测定，有 5700 多年的历史，属新石器时代中期所建。这都充分说明我国凿井开采利用地下水的历史久远。

在凿井技术方面，据记载，四川在公元前 250 年左右已在广都（今成都附近双流一带）凿井开采卤水制盐。280 年，在江阳（今四川自流井一带）有彝族人梅泽，凿一井自

喷卤水,便称之为“自流井”,这是世界上最早开凿的自流井。到宋朝(11世纪中叶),创造了“冲击式顿钻凿井法”,大大促进了我国古代凿井技术的发展。1835年,四川自贡燊海井打至1001.42m深,为世界上第一口超1000m深井,钻入三叠系嘉江灰岩中,大规模地开发了自流井中的天然气和卤水资源。

秦汉时廊道元的《水经注》中,列举了全国温泉41处,明末记载温泉500余处,明朝学者李时珍在《本草纲目》中按成分对泉进行了分类等。从上述史实可以看出,我国开发利用地下水的历史最悠久。

新中国成立前,我国仅有极少数的地质工作者,做了少量的水文地质调查与凿井工作。上海于1860年开始凿深井,到1921年有深井22口,年开采量在30万t以上,北京的几口自流井开凿于1920年前后,深30.48m左右,自溢,水质好。但真正运用地质科学的理论与方法,进行地下水的调查研究,开端于20世纪30年代。谢家荣在1929年发表了《钟山地质与南京井水供给的关系》。1933年,朱庭枯等人在南昌附近、王钰等人在河南做过农田灌溉用水的调查,写有《江西南昌附近之地下水》和《河南安阳、林县、淇县、睿显一带地下水》两册报告。傅健1935年发表了《陕西西安市地下水》,梁文郁于1948年写有《兰州附近水源地质之研究》等调查报告。

新中国成立后,我国的水文地质工作得到了迅速发展,即水文地质学。20世纪50年代为初始阶段(或创业阶段)。主要工作是适应经济建设的需要,建立水文地质、工程地质队伍,兴建大专院校和建立科研机构。水文地质学逐步成为一门独立的应用地质科学。进行了一些大中城市的供水水文地质工作,勘探建设了一批水源地,满足急需。

20世纪60年代为开创和前期阶段。主要在东部几个大平原上开展了农田供水和土壤改良的水文地质工作,尤其是华北平原开展了大规模的抗旱打井运动,即60年代农业水文地质学的开创阶段。另外,20世纪60年代,我国还对上海市许多水矿床进行了水文地质勘探工作,开展了基岩山区的水文地质调查工作,开展了上海市由于过量抽水引起地面沉降的研究,编制出版了各种“勘察规范”和“图系”,出版了一些结合我国实际的水文地质教材和专著,60年代后期的“文化大革命”,使水文地质工作严重受阻。1978年出版了《中华人民共和国水文地质图集》。20世纪70年代,也是环境水文地质学的开创阶段,在该时期,区域环境水文地质的研究、污染环境水文地质的研究、地下水资源开发负环境效应的研究,环境水文地球化学或医学环境水文地质的研究得到广泛应用和发展。

20世纪80年代主要为综合研究阶段,同时,也是水资源水文地质学的开创阶段。该时期,在水文地质勘探与试验方面,加强了深部钻探和各种物探工作,一些地区应用同位素技术开展了地下水的人工补给研究。在水文地质计算方面,广泛应用了电子计算机技术,采用了非稳定流数值法,建立了各种物理模型及数学模型,在大面积地下水和局部浅层地下水资源评价方面,取得了可喜的成绩。矿床及矿井水文地质工作取得很大进展,大部分矿区都进行了水文地质勘探,基本上杜绝了较大灾害性的突水事故,矿床水文地质调查方法、分类、涌水量预测等方面均有较大创新或突破。全国性的地下水动态观测网初具规模,建立了相应的数据库,开展了一流环境水文地质工作,改水防病取得明显成效,在较多项目中采用系统工程理论和最优化技术,开展了地下水资源管理模型的研究工作台(如石家庄市、河北平原等)及水质模型的研究(山东济宁市等)。

另外, 20 世纪 80 年代, 国家还加强了环境保护和水资源的立法工作, 先后颁发了《中华人民共和国水污染防治法》(1984 年颁布, 1996 年修正)、《中华人民共和国水法》(1988 年颁布, 2002 年修正)、《中华人民共和国环境保护法》(1989 年) 等法规, 做到依法治水。

20 世纪 90 年代, 开始进入地下水资源科学管理、保护和优化开采的新阶段。地下水资源评价和管理工作深入开展。实行了“三水”(地下水、地表水、降水)的综合评价与管理, 人工调蓄地下水资源的工作得到进一步加强, 深入开展环境地质的调查研究, 初步走上了“依法治水、依法管水”的轨道。对北京等 25 个重点城市和京、津、唐等 8 个重点经济区地下水资源开发利用和 7 个主要城市到 2000 年的水资源环境做了大量科研和调查工作, 先后完成了全国地下水资源分区评价与总汇, 全国水文地质区划等工作, 地下水资源管理和优化开采取得明显成效, 矿泉水及热矿水的开发利用取得明显的经济效益。90 年代也是信息水文地质学的开创阶段, 为保证提供建立模型所需要的大量水文地质信息, 就必须建立相应的信息—检索系统和数据库。例如, 河南省环境水文地质总站开发的“河南省地下水资源数据管理系统”和“地下水均衡观测数据处理系统”等, 均运行良好。国土资源部全国地质环境监测总站, 于 1997 年建立了全国水文地质信息数据库系统。

20 世纪末 21 世纪初, 水文地质工作向立体化和纵深方向发展, 并得到了全方位的广泛应用, 在水文地质理论、应用、技术广泛等方面均有较大发展, 初步形成了现代水文地质科学体系。尤其是在水资源的科学管理、节约用水、水污染防治、水资源的优化配置和合理开发利用等方面取得较大进展, 获得丰硕成果, 信息技术得到广泛应用, 完成覆盖全国 960 万 km^2 和 40 多个重点城市、汇集 1017 个图幅的 1:20 万区域水文地质图数字化建设, 建成全国性 1:20 万数字区域水文地质图空间数据库。

新中国成立以来, 我国水文地质获得了巨大的发展。由单一工种向多工种、多方法、多手段和综合化方向发展, 由定性描述到定量评价, 由水文地质普查到综合研究, 由稳定流计算发展到非稳定流及数值法, 由单一勘察目的到考虑综合利用, 由盲目开采到优化开采和科学管理, 在水文地质科学理论和实践的诸多方面, 已步入世界先进行列。已基本形成了具有多个分支学科的现代水文地质学科科学体系。

由于地下水与地表水是具有统一联系的一个整体, 因此, 今后水文地质工作的发展趋势是: 应加强地下水、地表水的综合调查研究和统一规划, 把地下水的研究与全球环境变化结合起来。探讨如何从技术、经济、设计、行政、法律等方面合理开发、利用、保护和科学管理地下水资源, 使地下水资源得到永续利用。同时“多 S”技术、同位素技术、地下水三维数值模拟、非线性技术等新技术方法将得到广泛使用, 成为水文地质工作的有效工具, 研究手段更加多样化、综合化。新的理论和技术的应用, 会使地下水研究向信息化、数字化方向发展, 极大地提高水文地质研究成果的实用性和可操作性。

总之, 今后水文地质工作将与时俱进, 在社会主义现代化建设中发挥更大的作用, 作出更大的贡献。

项目 1 水文地质勘察基本方法

【教学目标】

1. 掌握《区域水文地质调查规范》有关要求。
2. 掌握水文地质勘察工作方法及手段。
3. 掌握地质、地貌调查、地下水露头和地表水调查方法。
4. 掌握水文地质钻孔布置原则、钻探过程中水文地质条件的观测与岩芯编录要点。
5. 基本掌握物探方法在水文地质勘察中的应用。
6. 掌握相关水文地质试验方法与技术要求。
7. 基本掌握水文地质勘察报告编制要求。

【引导项目】

《某电厂厂区和灰场区的水文地质勘察》，通过环境水文地质资料收集、水文地质调查和补充勘探，明确划分该项目区所在的水文地质单元及其边界条件，分析建设项目区在该水文地质单元的位置关系及相应的地下水补给径流排泄条件，给出该单元地下水水质水位变化动态、地下水开发利用情况，通过渗水试验和勘探孔抽水试验，给出包括气带与含水层相关的水文地质参数、各含水层间的水力联系等。

通过水文地质勘察，建议在电厂厂区和灰场区水文地质单元各布置 2~3 眼地下水勘探孔，并进行抽水试验，以获得相关水文地质参数，其孔深控制在揭露并贯穿该水文地质单元主要的潜水含水层（注：若潜水含水层厚度大于 30m，孔深可不揭穿）。勘探孔应留作地下水长期观察孔。通过水文地质调查，给出该水文地质单元（电厂厂区和灰场区周边）地下水水位监测点数不少于 10 个（已有并使用的地下水井），并提供水文地质单元内一个连续水文年的枯（10 月—次年 2 月）、平（4—5 月）、丰（6—9 月）水期水位观测资料和水质监测资料。利用水文地质单元已有水井时，应给出井深和成井时间等数据。

为使地下水能得到合理开发利用，或为了防止地下水对某个工程（如大坝、基坑、建筑物基础、隧道等）造成危害，都需要对调查区进行水文地质勘察。地下水勘察目的是查明调查区内的水文地质条件，了解其地下水的形成、赋存条件、运动特征以及水质情况，为地下水的开发利用或防治提供依据。

水文地质调查所采用的主要技术手段或工种主要有 10 种，即水文地质测绘、水文地质物探、水文地质钻探、水文地质实验、地下水监测、室内实验分析、同位素技术在水文地质调查中的应用、全球定位系统（GPS）的应用、遥感（RS）技术的应用、地理信息系统（GIS）的应用等。近年来，航卫片地质水文地质解译、GPS、GIS、地下水同位素测试技术等新的技术方法已应用于水文地质调查中，大大提高了水文地质调查的精度和工作效率。

水文地质勘察主要在野外进行,工作的结果需要提交水文地质勘察报告并附有相应的图件。根据目的、任务、要求和比例尺的不同,水文地质勘察可分为综合性的水文地质普查和专门性的水文地质勘探两类。

水文地质勘察通常是按普查、详查两个阶段进行的,但由于我国很多地区的供水水源地在开采之前从未进行过专门的水文地质普查与详查工作,在开采过程中出现或多或少需要研究和解决的具体问题,形成了开采阶段的水文地质勘察。因而,我国的水文地质勘察分为普查、详查和开采三个阶段。

1. 普查阶段

普查阶段是一项区域性的、小比例尺的勘察工作。在普查阶段一般不需要解决专门性的水文地质问题,其目的只是查明区域性的水文地质条件及其变化规律,为各项国民经济建设提供规划资料。在普查阶段,要求查明区域内各类含水层的赋存条件、分布规律,地下水的补给、径流和排泄,地下水的水质、水量等。

在普查阶段,通常进行水文地质测绘工作,其比例尺的选择应根据国民经济建设的要求和水文地质条件的复杂程度来确定,通常选用1:20万(或1:25万),在严重缺水或工农业集中发展地区也可采用1:10万。我国的1:20万的水文地质普查已完成了700余万 km^2 ,编制出版了许多图幅的1:20万的水文地质图。到1980年,苏联已完成1:20万的区域水文地质调查750万 km^2 。到1970年,美国已进行过地下水资源调查的面积约占国土面积的2/3。美国地质调查局(USGS)发布了题为“直面明日挑战”的十年科学战略(2007—2017年),其中提出的六大战略性科学方向之一就是美国水资源普查——“美国未来所需淡水资源的定量研究、预测和保障”,报告详细阐述了水资源普查的战略方向、具体行动以及对未来的展望等内容。

2. 详查阶段

详查阶段一般都应在水文地质普查的基础上进行。在这个阶段的工作中,需要为国民经济建设部门提供所需的水文地质依据。例如,为城镇或工矿企业供水、为农田灌溉供水、为矿山开采等。详查的面积除了农田灌溉供水外,一般都比较小。采用的比例尺通常是1:5万~1:2.5万。

详查的任务除了查明基本的水文地质条件外,还要求对含水层的水文地质参数、地下水动态的变化规律、各种供水的水质标准以及开采后井的数量和布局,提出切实可行的数据,并预测出将来开采后可能出现哪些水文地质问题(如海水入侵、水质恶化)和工程地质问题(如地面沉降、岩溶塌陷等)。

3. 开采阶段

开采阶段的水文地质勘察工作,是根据开采过程中出现的水文地质和工程地质问题来确定具体任务的。这些问题,有的是因为在开采前从未进行过水文地质勘察工作而必然要发生的;有的则是因为以前的勘察工作精度不够高,数据不可靠,不能准确作出预测。比如,在详查阶段,由于比例尺太小,不能满足基坑排水设计的需要,还需要更准确地了解本场地的水文地质条件,需要补充勘察和实验。又比如,在供水水文地质工作中,由于井距不合理导致水井间严重干扰,地下水降落漏斗不断扩大及由此引发的地面沉降、水量枯竭、水质恶化等,都属于开采阶段应该解决的水文地质问题。

开采阶段的比例尺应大于 1:2.5 万。由于它带有研究的性质和地下水系统的区域性,所以不一定开展更小比例尺精度的全面勘察工作,而是针对开采后出现的问题作具体分析,然后选择不同的勘察方法加以解决。

上述各阶段的具体勘察方法及工作内容,可参见表 1.1。普查阶段和详查阶段的技术指标可分别参见表 1.2 和表 1.3。运用这些具体指标时,还应注意结合当地的水文地质条件,适当地增减工作量。

表 1.1 水文地质勘察各阶段的工作方法

勘察阶段 工作内容	普查阶段	详查阶段	开采阶段
水文地质测绘	比例尺 1:10 万~1:20 万	比例尺 1:2.5 万~1:5 万	比例尺 >1:2.5 万
水文地质物探	以航空物探成果为主,地面物探在局部重点地区进行;点线结合	以进行详细的地面物探为主,线网结合;并配合钻探和试验进行专门性的物探工作	以井下物探为主,并结合勘探工作进行专门性物探模拟试验
水文地质钻探	钻探工作为单孔和控制性基准钻,了解不同深度的含水层	以勘探线网为主,勘探深度以地下水开采层位为主	充分利用开采井孔资料进行综合研究
水文地质试验	单孔抽水为主,必要时进行多孔抽水试验	抽水孔数在基岩地区占钻孔总数 80% 以上;在岩性变化不大的松散地层抽水孔占 30%~50%;在变化较大的松散地层占 50%~80%。要进行必要的群孔、分层和干扰抽水试验	除进行群孔、干扰抽水试验外,选择典型地段进行人工回灌试验
水文地质参数测定及地下水资源评价	根据经验数据,所搜集的资料和部分实测资料,估算地下水的资源量	大部分为实测的参数。根据实测的参数初步评价地下水资源	数据全部为实测,并根据开采井的水量和水位观测资料,进行水文地质参数的计算与地下水资源评价
地下水动态长期观测	以访问为主,实测枯水期的地下水动态	布置长期观测网,观测时间要求不少于一个水文年,并进行简易入渗观测	布置长期观测网,观测时间要求不少于 3 个水文年;进行地下水动态预报
实验室工作	以水质的简分析为主,进行部分岩样、土样的鉴定和孢粉分析	水质的简分析和部分的全分析;进行少量的岩石水理性质测定	除水质分析外,进行岩样、土样水理性质的测定

表 1.2 1:25 万水文地质调查主要技术定额

地区类别	观测路线 /(km/100km ²)	观测点 /(个/100km ²)	水点占观测 点比例/%	勘探钻孔数 /(个/100km ²)	水质分析 /(组/100km ²)	
平原地区	简单地区	10~40	5~20	40~60	0.1~0.5	2~10
	中等地区	20~50	10~30	—	0.1~0.7	5~15
	复杂地区	30~60	20~50	—	0.2~1.0	10~20

续表

地区类别		观测路线 (/km/100km ²)	观测点 (/个/100km ²)	水点占观测 点比例/%	勘探钻孔数 (/个/100km ²)	水质分析 (/组/100km ²)	
干旱地区	山区	简单	5~30	5~20	20~40	0~0.2	1~10
		复杂	20~50	10~30	—	0.1~0.4	5~15
	戈壁平原	简单	5~20	2~10	20~50	0.1~0.3	1~5
		复杂	10~30	5~20	—	0.2~0.4	5~10
	细土平原	简单	20~50	10~30	30~50	0.2~0.4	5~15
		复杂	25~60	15~50	—	0.3~0.6	10~25
黄土地区	黄土丘陵	20~50	15~40	20~40	0.2~0.8	5~15	
	黄土塬区	10~40	10~30	30~50	0.1~0.6	10~15	
	河谷平原	15~45	15~35	40~60	0.4~1.0	15~30	
滨海地区	滨海平原	20~60	20~50	40~60	0.2~2	5~20	
	丘陵台地	15~50	15~40	20~40	0.1~1.0	5~15	
	岛屿	30~80	20~60	20~40	不定	5~15	
基岩地区	河谷平原	20~60	20~35	40~60	0.2~1.0	5~20	
	复杂山区	15~50	15~30	20~40	0.1~0.5	2~10	
	简单山区	15~30	5~20	20~40	0~0.3	1~5	
岩溶地区	裸露区	40~80	30~50	40~60	0~1	5~20	
	覆盖区	10~60	5~30	30~70	0.5~3	1~15	
	埋藏区	10~50	5~20	20~70	0~0.5	1~5	

注 已进行过 1:20 万或更大比例尺的区域水文地质调查地区, 观测路线和观测点工作量可减少 20%~50%。应用遥感解译, 观测点数量可根据解译效果减少 10%~20%。

表 1.3

水文地质详查阶段的技术指标

单位: 个/100km²

比例尺	水文地质点	机井和民井抽水试验	水样	勘探孔
1:5 万	30~60	6~10	15~30	3~6
1:2.5 万	100~200	10~20	30~50	8~15

任务 1.1 野外资料调查收集

1.1.1 水文地质测绘

水文地质测绘是为了解水文地质条件, 而进行的一种以地面观察测绘为主的野外工作。其工作内容是按一定的路线和观察点对地貌、地质和水文地质现象进行详细的观察记录, 在综合分析所有观察、测绘、勘察和试验等资料的基础上, 编制出测绘报告和水文地质图。

水文地质测绘是以地面调查为主, 对地下水和与其有关联的地质、地貌、地表水等现象进行现场勘察、描述、测量、记录和制图的一项综合性水文地质工作。水文地质测绘是

水文地质勘察的基础,通过观察、记录及填绘各种界线与现象,以及室内的进一步分析整理,最终编制出从宏观和三维空间上反映区内水文地质条件的图件及相应的测绘成果。

进行水文地质测绘时,要求有相同比例尺的地质图作为底图,如无地质图或已有地质图的精度不合要求时,则要同时进行地质测量,这时称为综合性地质—水文地质测绘,此种测绘所用地形底图的比例尺,一般要求比最终成果图比例尺大一级。

水文地质测绘的目的是通过对调查区内地质、地貌、第四纪地质、地下水露头和地表水状况的观察分析,了解岩性、构造、地貌以及水文、地质构造、气象与地下水的关系,通过综合分析研究,初步确定主要含水层的位置和地下水的补给、径流及排泄的关系。

水文地质测绘的任务是:①调查研究地层的空隙性及含水性,确定调查区内的主要含水层或含水带及埋藏条件,隔水层的特征与分布;②查明区内地下水的基本类型及各类型地下水的分布特征、水力联系等;③查明地下水的补给、径流、排泄条件;④各种构造的水文地质特征;⑤概略评价各含水层的富水性,区域地下水资源量和水化学特征;⑥论证与地下水有关的环境地质问题;⑦了解区内现有地下水供水、排水设施以及地下水开采情况。

水文地质测绘的主要内容为:①地质调查;②地貌及第四纪地质调查;③地表水的调查;④地下水露头的调查;⑤地植物及自然物理地质现象的调查;⑥与地下水有关的环境地质调查。

1.1.1.1 准备工作时期

水文地质测绘准备时期的工作,主要体现在宏观方面,包括对调查区相关资料的收集、对即将开展的勘察工作工作量的确定及现场踏勘工作,具体工作内容如下。

- (1) 收集与熟悉测绘区自然地理、地貌、地质及水文地质资料。
- (2) 确定各项工作量,对测绘点,测绘路线作出合理安排。
- (3) 对航卫片进行解释。
- (4) 现场踏勘,建立地层层序,确定标志层。
- (5) 按照“规范”编制各项技术要求、工作规程和成果标准,制定有关的规章制度。

1.1.1.2 野外工作时期

水文地质测绘方法具体就是水文地质填图,大致分为下列几个步骤:确定控制性剖面、路线测绘及水文地质编图。进入工作区开始填图之前,应从工作区有代表性和控制性的典型剖面开始工作,这样就可以在填图之前,就某些基本问题统一认识和工作方法,确定重点调查的目标。典型剖面研究的基本内容如下:

- (1) 查明地层层序、厚度、年代及其接触关系,确定标志层。
- (2) 了解各类地层的岩石成分、岩性变化与构造特点,了解岩石裂隙的发育特征。
- (3) 分析岩石的成分和透水性对地下水化学成分的影响。
- (4) 研究岩层产状、地貌条件及其与地下水的循环关系;研究地下水露头和有关的物理地质现象,并对地下水的补给、径流、排泄特点作出分析。
- (5) 校核已有的地质图、地质剖面图及其他资料。

控制性剖面的研究方法,在基岩裸露的山区,可以通过实测露头来完成。在第四纪冲积物发育地区,根据已有钻孔、水井及物探资料来解决。如果研究区缺少这种资料,亦可

借用相邻地区条件相似的钻孔资料, 或者补打少量钻孔进行控制性剖面的测绘。

路线测绘是水文地质测绘成图的重要阶段, 路线测绘方法的实质就是在工作区范围内布置一定数量的观测线, 由这些观测线控制测绘范围, 并填绘此范围内的水文地质平面图。在进行路线的垂直方向上, 适当进行追索观察, 注意各个方向上的地质现象的变化, 将这些现象按地质制图法则填绘在平面地形图上。

编图是水文地质测绘的最后一道工序, 也叫地质测绘的内业整理, 是体现测绘成果的重要阶段, 因而非常重要, 一般都在现场进行, 以便在需要补充或修正时进行实地调查。本阶段应编绘的主要图件有如下:

1) 地质图, 是水文地质测绘的基础, 可以援引别人成果, 但在测绘中要根据自己的需要进行校订和补充。

2) 第四纪地质及地貌图。表示第四纪沉积物的时代、成因、岩性、地貌形态及主要的物理地质现象。

3) 综合水文地质图。表示含水层(组)的分布及其富水性, 重要的和有代表性的水点, 地下水位标高和埋深, 地下水化学成分类型和矿化度以及水文地质分区界线等, 综合水文地质图应辅以相应的水文地质剖面图。

4) 地下水水点分布图。地下水的天然露头和人工露头, 如泉、井、钻孔等, 除地下水水点分布图外, 还应附上详细的水点调查统计表。

5) 地下水的水位、水质以及水温、水量的动态变化曲线图。

6) 水文、气象等要素综合过程曲线图。

7) 钻孔、管井等深孔的钻孔柱状图。

8) 水文地质测绘实际材料图。图上应标明所有工作量和位置, 包括观测点、观测线、物探的勘探点或剖面、钻孔、水井、取样位置以及长期观测点等。

水文地质测绘外业结束后, 有时为突出某些内容还可编制相应的图件, 如地下水埋藏深度图、地下水等水位线图、地下水水化学图等。

除上述图件外, 还应编写水文地质测绘报告。主要内容包括: 绪言、自然地理、地貌及第四纪地质、地层及地质构造、水文地质概况、专门水文地质问题、进一步应解决的问题及勘探布置建议、结论及下段工作意见。具体详见本书项目 2 中任务 2.3 的内容。

水文地质测绘关于测绘精度的要求, 主要是通过图幅的比例尺大小和描绘的精确度来反映。不同比例尺填图的精确度, 取决于地层划分的详细程度和地质界限描绘的精度, 以及对工作区的地质、水文地质现象的研究和了解的准确度、需阐明的详细程度。

(1) 测绘填图时所划分单元的最小尺寸, 一般规定为 2mm, 即大于 2mm 的相应比例尺的闭合地质体, 宽度大于 1mm、长度大于 4mm 的构造线, 长度大于 5mm 的构造线均应标示在图上。

(2) 地层单位: 为了保证精度, 岩层单位不宜太大。以 1:5 万比例尺为例, 褶皱岩层厚度不得超过 500m, 缓倾斜岩层厚度不超过 100m。岩性单一时可适当放宽。

(3) 根据不同比例尺的要求, 规定了在单位面积内必须有一定数量的观测点及观测路线(表 1.4)。以 1:5 万的地形图为例, 一般每隔 1~2cm 需要布置一条观测线, 每隔 0.5~1cm 应布置一个观测点。条件简单者可以放宽一倍。观测点的布置应尽量利用天然露

头。当天然露头不足时,可布置少量的勘探点,并选取少量的试样进行实验。

表 1.4 水文地质实地调查的观测点数及观测路线长度

测绘比例尺	地质观测点数/(个/km ²)		水文地质观测点数 /(个/km ²)	观测路线长 /(km/km ²)
	松散层地区	基岩地区		
1:10万	0.10~0.30	0.25~0.75	0.10~0.25	0.50~1.00
1:5万	0.30~0.60	0.75~2.00	0.20~0.60	1.00~2.00
1:2.5万	0.60~1.80	1.50~3.00	1.00~2.50	2.50~4.00
1:1万	1.80~3.60	3.00~8.00	2.50~7.50	4.00~6.00
1:5000	3.60~7.20	6.00~16.00	5.00~15.00	6.00~12.00

观测线的布置应:①从主要含水层的补给区向排泄区,即水文地质条件变化最大的方向布置;②沿能见到更多的井、泉、钻孔等天然和人工地下水露头点及地表水体的方向布置;③所布置的观测线上应有较多的地质露头。

水文地质点应布置在泉、井、钻孔和地表水体处、主要的含水层或含水断裂带的露头处,地表水渗漏地段等重要的水文地质界线上,以及布置在能反映地下水存在与活动的各种自然地理的、地质的和物理地质现象等标志处。对已有取水和排水工程也要布点研究。

(4) 为了达到所规定的精度要求,一般在野外测绘填图时,采用比例尺较提交的成果图大一级的地形图为填图的底图,如要进行1:5万比例尺的水文地质测绘时,可采用1:2.5万比例尺的地形图作为外作业的底图。外作业填图完成后,再缩制成1:5万比例尺图件作为正式提交的资料。

如果只有适合比例尺的地形图而无地质图时,应进行综合性地质—水文地质测绘。

水文地质测绘是一项综合性的调查研究工作,主要内容如下。

1. 地质调查

地下水的形成、类型、埋藏条件、富水性等都严格地受到当地的地质条件的制约,因此地质调查是水文地质测绘中最基本的内容,地质图是编制水文地质图的基础。但水文地质测绘中对地质的研究与地质测绘中对地质的研究是不同的:水文地质测绘中对地质的研究目的在于阐明控制地下水的形成和分布的地质条件,也就是要从水文地质观点出发来研究地质现象。因此,在水文地质测绘中进行地质填图时,不仅要遵照一般的地质划分的原则,还必须考虑决定含水条件的岩性特征,允许不同时代的地质合并,或将同一时代的地质分开。

(1) 岩性调查。岩性特征往往决定了地下水的含水类型、影响地下水的水质和水量,如第四纪松散地层往往分布着丰富的孔隙水;火成岩、碎屑岩地区往往分布着裂隙水,而碳酸岩地区则主要分布着岩溶水。对于岩石而言,影响地下水水量的关键在于岩石的空隙性,而岩石的化学成分和矿物成分则在一定程度上影响着地下水的水质。因此,在水文地质测绘中要求对岩石岩性观察的内容如下:

1) 观测研究岩石对地下水的形成、赋存条件、水量、水质等诸多影响因素。

2) 对松散地层,要着重观察地(土)层的粒径大小、排列方式、颗粒级配、组成矿物及其化学成分、包含物等。

3) 对于非可溶性坚硬岩石,对地下水赋存条件影响最大的是岩石的裂隙发育情况,因此,要着重调查和研究裂隙的成因、分布、张开程度和充填情况等。

4) 对于可溶性坚硬岩石,对地下水赋存条件影响最大的是其岩溶的发育程度,因此要着重调查和研究岩石的化学、矿物成分、溶隙的发育程度及影响岩溶发育的因素等。

(2) 地层调查。地层是构成地质图和水文地质图的最基本要素,也是识别地质构造的基础。在水文地质测绘中,研究地层的方法如下:

1) 如测区已有地质图,在进行水文地质测绘时,首先要到现场校核和充实标准剖面,再根据其岩性和含水性,补充分层(把地层归纳为含水岩组和隔水岩组)。

2) 如测区还没有地质图,就需要进行综合性地质—水文地质测绘。在进行测绘时,首先要测制出调查区的标准剖面。

3) 在测制或校核好标准地层剖面的基础上,确定出水文地质测绘时所采用的地层填图单位,即要确定出必须填绘出的地层界限。

4) 野外测绘时,应实地填绘出所确定地层的界限,并对其做描述。

5) 根据测区内地层的分布及其岩性,判断区内地下水的形成、赋存等水文地质条件。

(3) 地质构造调查。地质构造不仅对地层的分布产生影响,它对地下水的赋存、运移等也起很大作用。在基岩地区,构造裂隙和断层带是最主要的储水空间,一些断层还能起到阻隔或富集地下水的作用。在水文地质测绘中,对地质构造的调查和研究重点如下:

1) 对于断裂构造:要仔细地观察断层本身(断层面、构造岩)及其影响带的特征和两盘错动的方向,并据此判断断层的性质(正断层、逆断层、平移断层),分析断裂的力学性质。调查各种断层在平面上的展布及其彼此之间的接触关系,以确定构造体系及其彼此之间的交截关系。对其中规模较大的断裂,要详细地调查其成因、规模、产状、断裂的张开程度、构造岩的岩性结构、厚度、断裂的填充情况及断裂后期的活动特征;查明各个部位的含水性,以及断层带两侧地下水的水力联系程度;研究各种构造及其组合形式对地下水的赋存、补给、运移和富集的影响,如研究区内存在地下热水,还要研究断裂构造与地下热水的成因关系。断层的水文地质分类见表 1.5。

表 1.5 断层水文地质分类

类 型		水文地质特征	断层性质	两盘岩性
按富水程度划分	富水断层	断裂带具有较大储水空间,能够汇集两盘岩层中的地下水,断裂带地下水丰富	各种力学性质断层	厚层半脆性可溶岩
			张性及张扭性断层	厚层半脆性岩层
	储水断层	断裂带透水性较好,两盘岩层透水性较差,断裂带多形成脉状含水带	张性及张扭性断层	脆性和硬柔性岩层
无水断层	断裂带和周围岩层透水性较差	各种力学性质的岩层	软塑性岩层	
按导水性划分	导水断层	断裂带透水性强,能使不同含水层发生水力联系	张性和张扭性断层	脆性半脆性岩层及夹有柔性岩层的互层结构
	阻水断层	(1) 构造岩或充填的岩脉透水性差,使两盘含水层无水力联系; (2) 断层断距大,使两盘含水层与阻水层接触	(1) 压性、压扭性断层; (2) 各种性质断层	(1) 脆性半脆性岩层; (2) 脆、柔岩层互层