



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

矿山水文 地质

主 编 王秀兰 刘忠席

煤炭工业出版社

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

矿山水文地质

主 编 王秀兰 刘忠席

煤炭工业出版社
·北 京·

内 容 简 介

本书是全国煤炭高职高专矿山地质类“十一五”规划教材之一。

本书共分十二章。前四章简要介绍了水文地质基础知识,叙述了地下水的形成与赋存、地下水的物理性质和化学成分、地下水的埋藏分布特征、地下水运动的基础理论;第五章叙述了矿区水文地质勘探程序、勘探手段及水文地质资料收集、整理的工作方法;第六章到第十章叙述了矿井水文地质工作方法、矿井涌水量预计、矿井充水条件、矿井突水预测及矿井水的防治方法;第十一章叙述了矿区供水水源的调查及评价方法;第十二章叙述了采矿活动对矿区地质环境的影响、危害及危害防治方法。

本书是煤炭高等职业技术学院、高等专科学校矿山地质类专业的教材,也可作为成人高等教育、职工大学、中等专业学校和技工学校矿山地质类专业的教材,同时可作为有关矿山地质工程技术人员和矿山企业经营管理人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

矿山水文地质/王秀兰,刘忠席主编. —北京:煤炭工业出版社,2007.9

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3124-4

I. 矿… II. ①王…②刘… III. 矿山-水文地质-高等学校:技术学校-教材 IV. P641.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 091337 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京京科印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 787mm×1092mm^{1/16} 印张 18^{1/4} 插页 1
字数 444 千字 印数 1—6,100
2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷
社内编号 5924 定价 38.00 元
(附光盘一张)

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

**全国煤炭高职高专
矿山地质专业“十一五”规划教材
编 审 委 员 会**

主 任:魏焕成

副主任:李北平 宋永斌 王正荣 王 强

秘书长:蔚永宁

委 员:(按姓氏笔画为序)

王秀兰 叶启彬 刘国伟 李东华

李红晓 李荣义 吕志彬 吴文金

陈春龙 陈贵仁 郑瑞宏 周丽霞

董秀桃

前 言

为适应我国煤炭工业建设和发展的需要,进一步加快煤炭高等职业教育教学改革的步伐,满足高技能紧缺人才培养的要求,中国煤炭教育协会和中国矿业大学(北京)教材编审室组织编写了全国煤炭高职高专“十一五”规划教材,《矿山水文地质》就是其中之一。在编写过程中,按照高职高专教育的培养目标和要求,遵循“基础理论以必需、够用为度,突出实践应用,以培养能力为主”的原则,回避了大量的系统理论,加强了实践性教学环节,融入了实训内容,突出了应用性人才培养的特点,注重实际应用,力求使学习者学得快、用得上。

本教材具有以下特色:

1. 内容覆盖了矿区水文地质勘探、矿井涌水量预计、充水条件分析、矿井突水及其预测评价、矿井水的防治、矿区供水及矿区环境水文地质,覆盖面广,适用性强。
2. 教材的编写和审稿由高职院校具有丰富实践经验和教学经验的双师型教师承担完成,充分体现工学结合的教学改革思路。
3. 书中部分地吸纳了最新的成熟的被EI检索的科研成果,强化了计算机技术应用的实训内容。
4. 书中根据国内矿山水文地质条件现状,选择了具有代表性的实例。
5. 为方便使用,本书附有配套教学与资料光盘。

本教材是按90学时编写的。其中课堂讲授70学时,实训(包括生产现场实训及室内实验等)20学时。根据高职高专人才培养的地域化特征及当地矿山水文地质条件复杂程度,使用中可酌情在70~90学时范围内确定各自的总学时,并相应调整教学章节的学时及讲授内容。有些知识性、资料性的内容可作为自学部分安排。

本书由王秀兰、刘忠席任主编,魏学琳、李垚任副主编。具体编写分工如下:山西煤炭职业技术学院王秀兰、辽源职业技术学院刘忠席编写绪论、第四、七、十一章;长治职业技术学院魏学琳、重庆工程职业技术学院粟俊江编写第一、二、三、五章;淮南职业技术学院李垚、王光扣编写第六、八、九、十、十二章。全书由王秀兰、刘忠席统一修改定稿。

在编写过程中,参考了现有的本、专科教材和相关研究成果。在此,编者对被引用参考的本、专科教材的所有作者表示衷心的感谢!

本书内容较多,由于各部分篇幅的限制,有些问题叙述得还不够充分。同时,由于编者水平所限,书中不当之处在所难免,恳请读者予以指正。

编 者
2007年5月

目 录

绪 论	(1)
第一章 地下水的形成与赋存	(5)
第一节 地下水的形成	(5)
第二节 地下水的赋存	(10)
第三节 含水层与隔水层	(17)
思考题	(23)
第二章 地下水的物理性质及化学成分	(24)
第一节 地下水的物理性质	(24)
第二节 地下水的化学成分	(26)
第三节 地下水化学成分的 formation 和变化	(30)
第四节 地下水化学成分的研究方法	(35)
思考题	(37)
第三章 地下水类型及其特征	(38)
第一节 不同埋藏条件下的地下水	(38)
第二节 不同含水介质中的地下水	(46)
思考题	(55)
第四章 地下水的运动	(56)
第一节 水力学基础知识	(56)
第二节 地下水运动的基本概念	(57)
第三节 渗流基本定律	(59)
第四节 地下水在均质各向同性含水层中的稳定运动	(61)
第五节 地下水流向集水井的稳定运动	(65)
第六节 地下水向完整井的非稳定运动	(71)
实训 1 地下水运动规律分析技能训练	(75)
第五章 矿区水文地质勘探	(77)
第一节 矿区水文地质勘探阶段与工作方法	(77)
第二节 矿区水文地质测绘	(78)
第三节 矿区水文地质钻探	(82)
第四节 矿区水文地质试验	(90)
第五节 地下水动态观测	(99)
第六节 矿区水文地质勘探成果	(101)
实训 2 水文地质测绘、钻探、试验实训	(105)
第六章 矿井水文地质工作	(108)
第一节 矿井水文地质类型的划分	(108)
第二节 矿井水文地质补充调查、勘探	(112)
第三节 矿井水文地质工作方法	(116)
实训 3 矿井水文地质工作方法	(127)

第七章 矿井涌水量预计	(128)
第一节 水文地质比拟法	(129)
第二节 回归分析法	(130)
第三节 涌水量曲线方程法	(135)
第四节 解析法	(139)
第五节 水均衡法及其他方法简介	(149)
实训 4 矿井涌水量预计	(153)
第八章 矿井充水条件	(156)
第一节 影响矿井充水的自然因素	(156)
第二节 影响矿井充水的人为因素	(167)
第三节 矿井充水条件分析	(169)
实训 5 矿井充水条件分析	(170)
第九章 矿井突水及其预测评价	(171)
第一节 矿井突水征兆	(171)
第二节 采掘活动对煤层顶板岩层的破坏及顶板突水预测评价	(173)
第三节 采掘活动对底板岩层的破坏及底板突水预测评价	(177)
第四节 突水预测实例	(182)
实训 6 矿井突水危险性分析及预测	(190)
第十章 矿井水的防治	(192)
第一节 矿区地面防水	(192)
第二节 井下防水	(194)
第三节 疏干降压	(204)
第四节 矿井排水	(208)
第五节 注浆堵水	(210)
实训 7 矿井防治水方案	(218)
第十一章 矿区供水	(219)
第一节 矿区需水量的确定	(219)
第二节 矿区供水水源地的选择	(221)
第三节 矿区供水水质评价	(228)
第四节 地下水资源评价	(235)
第五节 地下水资源开采	(241)
思考题	(245)
第十二章 矿区环境水文地质	(246)
第一节 环境水文地质研究方法简述	(246)
第二节 区域地下水位持续下降	(253)
第三节 岩溶地表塌陷	(255)
第四节 地面沉降	(259)
第五节 地下水水质恶化	(261)
第六节 酸性矿井水	(265)
思考题	(268)
附录	(269)
附录 1 某矿区水文地质勘探报告	(269)

附录 2 $Q-s$ 曲线方程选取与建立的计算机程序	(278)
附录 3 井函数标准曲线[$W(u) \sim 1/u$ 标准曲线]	(280)
参考文献	(281)

绪 论

矿山水文地质是研究地下水与矿产资源开发有关的理论、方法及其应用的科学。它是在研究地下水埋藏分布特征和运动规律的基础上,研究在矿产资源的开发过程中,如何有效地防治地下水对矿产资源开发的危害,如何合理地利用地下水资源。

一、矿山水文地质的基本任务

矿山水文地质的基本任务是研究和解决地下水对矿山生产的危害及预防治理方法、矿区地下水资源的综合开发利用与水资源保护等。

1. 矿山水害的防治

我国矿产资源丰富,自然地理条件和水文地质条件复杂。以开发煤炭资源为例,煤炭资源受到地下水的威胁,在一定程度上影响了煤炭资源的开发。目前,全国煤矿遭受水害威胁的储量高达 250 亿 t, 主要分布在约占全国产量 50% 的华北地区石炭二叠纪煤田。

地下水进入矿井中,轻则恶化生产劳动环境,增加吨煤成本,重则危害矿井安全,甚至淹没井巷、造成人身和财产的重大损失。对于位于岩溶水位以下煤层,在煤炭资源的开发过程中,地下水的威胁更为严重。如湖南煤炭坝矿区 1975 年矿井排水量达 18 万 m^3/d , 平均每采 1 t 煤就需排水 133 m^3 ; 又如河北开滦范各庄煤矿 1984 年 6 月 2 日由于采掘过程中揭露了导水陷落柱将奥陶系岩溶水引入矿井,仅 21 h 就淹没了整个矿井,而后涌水渗入相邻矿井,迫使邻矿停产,同时还威胁到其他相邻两矿井的安全,使之处于半停产状态,造成直接和间接经济损失达 40 亿元,影响产煤近 1 000 万 t。

对于以地下开采矿产资源为主的矿区,一个重要的矿山安全问题就是矿井突水危害。以煤矿为例,一方面我国许多煤田的水文地质条件十分复杂,深部奥灰含水层富水性强、水压高;另一方面煤田浅部煤层开采后遗留了大量采空积水区,随着矿井向深部延伸,在煤层开采过程中不可避免地受到上、下含水体的威胁。据不完全统计,自 1956 年至 1994 年,我国北方开采山西组与太原组煤层,来自煤层夹层灰岩和基底奥灰岩岩溶水的底板突水就有 1 300 次,其中淹井 200 余次,造成的经济损失达几十亿元;2000 年以来全国煤矿发生的重大水害事故则开始表现为采空积水透水事故多发的特点。

矿产资源开采过程中的大量疏排水,一方面引起区域地下水位大幅度下降,造成矿区供水水源地的破坏,另一方面引起大面积地面沉降、开裂和塌陷。因此,研究和解决地下水对矿产资源开发的威胁,正确估算威胁矿井安全的地下水疏降的经济性和合理性,防止地表塌陷,合理处理矿井水排放,避免和减少对生态环境造成破坏,是矿山水文地质的基本任务。

2. 地下水资源的利用与保护

矿产资源的开发必须首先查清矿区地下水源的类型,然后对地下水资源作出评价。一方面要合理利用矿区地下水作为供水水源,另一方面应把矿区排水与供水结合起来,达到既能排除矿井水害威胁、又能合理利用地下水资源的目的,改变采矿怕水、矿区供水盼水的局

面。保护地下水资源,防止矿山地质环境破坏,也是矿山水文地质的基本任务。

水是人类赖以生存不可缺少的宝贵资源,地下水水质良好,分布广泛,动态稳定及便于利用,对人民生活及工农业生产具有重要的意义。地下水作为一种宝贵的资源为人类所用,这是其有利的一面,但地下水同时还是影响矿产资源开发安全以及使矿山生态环境发生变化的不利因素。

在矿产资源开发过程中,为了保证矿井生产安全,避免矿井突水事故的发生,要进行矿井疏排水工作。而矿井疏排水的结果,往往引起矿区及其附近地下水、地表水的疏干,从而破坏矿区生态环境系统的天然平衡状态,造成矿区范围内耕地破坏、植被退化及土地沙化;特别是过量疏排中、深部地下水,又造成矿区地面沉降、岩溶塌陷、环境恶化现象,给矿区及附近工农业生产及居民生活造成严重影响。如四川省眉山芒硝矿大洪山矿区,1995年3月22日在413巷道打炮眼,打穿上部含水层,造成矿井涌水,同时附近的陶家湾风井也因穿过该含水层而突水。通过矿井疏排水,虽维持了矿井生产,但却使矿区及附近一定范围内的地表水和地下水遭到疏干,严重影响了矿区及附近居民的生产及生活用水,恶化了矿区生态环境。

二、矿山水文地质研究的内容

矿山水文地质研究的内容与矿产资源开发的可持续性相适应。目前,矿山水文地质研究的内容主要有以下几方面:

1. 研究矿山水文地质基础理论

地下水是在多种自然因素和人为因素综合作用下形成的。水文地质的基础理论研究地下水在周围环境(岩石圈、大气圈、水圈以及人类活动)影响下,数量和质量在时间和空间上的变化规律、地下水运动规律及动态变化规律。

2. 研究矿区水文地质勘探手段及矿井水文地质工作方法

矿区水文地质条件不同,表现出的水文地质主要问题也不相同,因此,水文地质勘探时所采用的勘探手段和方法也应有所侧重。在各勘探阶段通过不同的水文地质测绘、勘探和试验等工作手段,查明含水层的特征、分布范围、厚度大小、埋藏条件、富水性、地下水补径排特征等,为矿区的总体规划或矿井设计、建设和生产提供水文地质依据。在系统整理、综合分析矿区水文地质勘探成果和矿井建设、生产各阶段所获得的水文地质资料和经验教训的基础上,研究保证矿井安全生产的水文地质工作方法及手段。

3. 研究矿井涌水量预计方法

预计矿井涌水量是矿井建设和生产中一项非常重要的工作。矿井直接或间接充水含水层的性质及渗透通道特征是决定矿井涌水量的根本因素,开采方式和方法对矿井涌水量有重要的控制作用。查明自然条件下矿区水文地质单元的特征,根据矿床的开采方案概化矿井内外边界条件、充水因素和开采时的水动力特征,研究建立矿井水文地质模型及数学模型,分析开采过程中井巷涌水量的变化趋势,解算数学模型,给出涌水量预计结果,为矿井防排水设计提供依据。

4. 研究矿井充水条件、矿井突水的预测方法及矿井水的防治方法

矿山水文地质不仅研究矿井充水条件及采矿活动对矿井充水条件改变的影响,还研究在矿井建设和生产过程中,矿井突水的可能性、突水预测评价方法以及矿井水的防治方法。

矿井充水水源和通道是矿井水形成的必备条件。矿井的充水水源不同、充水通道和充

水程度的差异,决定了矿井水的涌入方式、水量大小和动态变化特征。在矿井建设和生产过程中,影响矿井充水的因素多、控制矿井充水的条件复杂。当井巷、工作面与强含水水体接近或沟通时可能发生矿井突水事故。矿井突水的发生除决定于突水点附近的地质、水文地质条件外,还与采掘活动对井巷围岩的破坏有关。矿井水的防治工作是在分析研究矿井充水条件和矿井涌水量预计的基础上,根据充水水源、通道和水量大小的不同,分别采取不同的针对性防治措施。矿井水的防治方法主要有地面防水、井下防水、疏干降压、矿井排水和注浆堵水等。

5. 矿区供水及矿区环境水文地质

随着矿山建设和生产的迅速发展,矿区生产和生活用水量日益增长。在地下水开采过程中,只有开采量和补给量达到动态平衡,才能实现资源的“补偿”。如果开发利用方案或手段不符合客观实际,造成地下水过量“开采”,发展下去就会造成地下水资源的破坏,从而影响矿区的正常生产、生活。矿区地下水资源管理的关键是提高矿区水资源利用率,实现矿井水的资源化,保证矿山建设的正常发展。

地下水具有环境要素的性质。各种污物的介入、降水对矿山废弃物的淋滤,可能引起矿区地下水的污染;矿区长期高强度的疏降、排水或供水水源地过量开采,可能造成区域性地下水位持续下降,甚至造成水源枯竭、引起地面沉降、岩溶地表塌陷等矿区环境地质问题。保护地下水资源、保护环境是矿区环境水文地质工作的重要研究内容。

三、矿山水文地质工作的发展

随着生产和科学技术的蓬勃发展,矿山水文地质研究的内容越来越广泛。我国矿产资源开发正向着水文地质条件复杂的大水区、隐蔽区和干旱缺水地区发展。矿山水文地质研究解决被大水包围的呆滞资源储量的问题。矿山水文地质条件越复杂,需要解决的新问题就越多,矿山水文地质研究的内容就越丰富,从而使矿山水文地质理论得到进一步发展和提高。

仍以煤矿为例,我国重要的煤产地中约有 60% 的煤矿不同程度地受到底板岩溶承压水的威胁,受水害的面积和严重程度均居世界各主要产煤国的首位。特别是我国华北型煤田的煤层底板突水问题更为严重。目前,不少矿井已进入深部开采,有些矿井下组煤的开采标高已超过 $-1\ 000\text{ m}$,煤层底板承受奥灰岩溶水水压值已达到 $2.0\text{ MPa}\sim 6.5\text{ MPa}$ 。此外,下组煤层与其下伏的奥灰岩溶含水层之间的隔水层厚度在有些矿区只有 $10\text{ m}\sim 20\text{ m}$,突水机率大增,对矿井开采构成了严重的威胁。

为了适应矿产资源开发的需要,我国矿山科技工作者及现场生产技术人员经过不懈地努力,在煤层底板突水的机理及突水预测研究方面取得了可喜的进展。我国对矿井突水规律方面的研究始于 20 世纪 60 年代,当时统计了峰峰、焦作、淄博和井陘等矿区与突水密切相关的水压和底板隔水层厚度资料,并将其比值即突水系数作为预测矿井突水与否的依据,这是我国广大第一线生产技术、科研工作者从长期大量的突水实际资料统计分析中得出的一个规律性认识。20 世纪 70 年代中后期,人们发现利用突水系数进行突水预测结果不理想。究其原因,是由于突水系数中未考虑一个根本性的问题——矿压对底板的破坏深度。为此,煤炭科学研究总院西安分院水文所考虑了矿压破坏因素,又提出了修正的突水系数公式。20 世纪 80 年代初期我国矿山科技工作者及现场生产技术人员结合生产实践,又提出了“下三带”的观点,后经过几年的综合观测,并结合相似材料模拟有限元分析等研究工作,

最终上升到理论高度,即“下三带”理论。“下三带”理论比较符合煤层采动条件下底板破坏突水的规律,在生产实践中得到了较为广泛的应用。北京煤炭科学研究总院、中国矿业大学、煤炭科学研究总院西安分院等科研人员还结合断裂力学、岩体原位测试技术等理论及方法,提出了采动应力场与承压水运动场的“耦合作用效应理论”,底板岩体移动的“零位破坏”“原位张裂”等理论,并结合现代力学与计算机技术对矿山顶底板突水机理及预测进行研究,并取得了一定的成果。此外,在矿山水文地质工作者和科研人员的共同努力下,矿井水的疏、排、堵技术,高压注浆加固底板及帷幕技术也有了一定的突破和发展。这些研究成果和实用技术的发展,对减少矿山水害事故的发生,改善矿山开采安全状况、发展矿山水文地质理论及方法起到了重要的作用。

随着地质勘探的新手段、新技术、新方法的创新、投入和发展,随着矿山水文地质工作者驾驭科学技术的手段和技能的不断加强,能够及时收集大量资料,采用自动监测等手段,形成丰富的资料数据库,通过计算机去伪存真的筛选,趋势分析处理,使资料更全面更可靠,水文地质工作也逐步由定性分析向定量评价方向发展,也由被动防范的单一任务向主动出击变害为利的综合利用方向发展,由区域化向网络化方向发展,逐渐全面地认识自然条件下矿山水文地质特征和采矿活动中矿山水文地质的动态规律,这无疑对矿山安全生产有着重要的现实意义。

第一章 地下水的形成与赋存

第一节 地下水的形成

一、自然界的水循环及水均衡

1. 水在自然界的分布

地球表面积约 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$, 其中海洋面积约 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$, 占地球表面积的 70.5%, 加上大陆河湖及冰雪覆盖, 整个地球约有四分之三被水覆盖, 故有“水之行星”之称。

地球上的水体体积约占地球质量的 1%, 这些水在不同的物理条件下, 以气态、液态、固态的形式存在于大气圈、地球表面及地壳之中。

分布于全球水圈的总水资源量约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。其中, 海洋中的水约为 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$, 占全球水资源总量的 96.5%; 陆地上的水约为 $0.48 \times 10^8 \text{ km}^3$, 占水资源总量的 3.5%; 大气圈中的水仅 $1.29 \times 10^4 \text{ km}^3$, 占水资源总量的 0.001%。在陆地的水资源中, 有 $0.35 \times 10^8 \text{ km}^3$ 为淡水, 占全球水资源总量的 2.53%, 其中近 70% 的淡水分布在冰川、永久积雪和永久冻土中, 且约占淡水资源的 30% 的地下淡水尚有许多处于地下深处, 目前人类暂时均无法利用; 与人类生活关系最密切的河湖水占淡水资源的 0.266%, 浅层地下水占全球总资源量的十万分之七。

2. 自然界的水循环与水均衡

自然界中的水在太阳辐射热及地心引力作用下, 不断运动和转化着, 始终处于一种动态平衡中。水在太阳辐射热的作用下, 从海面、河湖表面、岩土表面及植物叶面不断蒸发, 变成水汽上升到大气层中。大气水被气流转移, 在适当条件下, 水汽凝结成液态或固态的水, 以各种不同的形式(雨、露、霜、雪、雹)降落到地面。降水一部分就地蒸发, 一部分沿着地表流动, 形成地表径流汇入河流、湖泊、海洋; 另一部分渗入地下成为地下水。地下水在径流过程中一部分又以蒸发的形式升至大气层中, 一部分再度排入河、湖、海洋。这种蒸发、降水、径流的过程在全球范围内每时每刻都在不断地进行着, 形成了自然界的水循环(图 1-1)。

自然界的水循环可分为大循环和小循环。在全球范围内, 水分从海洋表面蒸发, 上升的水汽随气流转移到陆地上空, 以降水的形式降落到陆地表面, 又以地表径流及地下径流的形式汇入大海之中, 称为大循环。蒸发、降水、径流仅发生在海洋内部或陆地内部的水循环称为小循环。由于各种水体在自然界中所处的位置、存在的形式和数量不同, 其循环更替期也各不相同, 有的长达数千年, 有的仅需几天(表 1-1)。循环于自然界的水, 其水量无时无刻不在发生变化, 但根据质量守恒定律, 在任一区域的任一时段内, 收入的水量与支出的水量遵循一定的数量关系, 这就是水量均衡原理。水均衡是水循环的数量描述。对于全球来说, 多年平均蒸发量之和等于多年平均降水量之和。

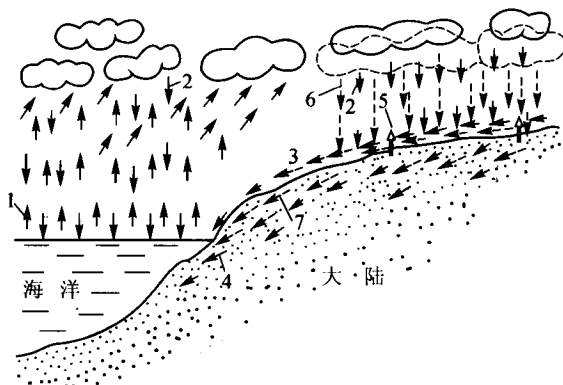


图 1-1 自然界中水循环

- 1—海洋面上的蒸发;2—部分降到海洋,部分降到陆地上的大气降水;
3—来自海洋的大气降水沿着地表流回海洋;4—来自海洋的大气降水以地下径流的方式流回海洋;
5—陆地上的蒸发;6—由陆地上蒸发所形成的大气降水,降落到陆地上;
7—由陆地蒸发形成的大气降水渗入地下,以径流的方式流入海洋

表 1-1 自然界各种水体的循环更替期

水体类型	循环更替期	水体类型	循环更替期
海洋	2 500 a	湖泊	17 a
深层地下水	1 400 a	沼泽	5 a
极地冰川	9 700 a	土壤水	1 a
永久积雪高山冰川	1 600 a	河川水	16 d
永冻带底冰	10 000 a	大气水	8 d
		生物水	几小时

全球多年平均降水量与多年平均蒸发量相等,并不意味着任何地区的多年平均降水量与蒸发量都相等。实际上随着纬度的变化,各地的降水量与蒸发量存在着很大的差异。通过区域水量均衡的研究,可以了解水分循环的各个环节和要素,了解区域水资源现状,掌握地区间水资源丰缺情况,为平衡地区间水量、进行区间调水提供依据。

二、气象因素和水文因素对地下水形成的影响

地下水是自然界水循环的一部分,是大陆上水资源的重要组成部分。地下水的补给、径流、排泄又组成了其本身的循环。地下水的补给来源、补给量的大小,以及地下水水位的高低、水质的好坏等,很大程度上取决于气象、水文条件。

1. 影响地下水形成的气象因素

决定大气物理状态的气象因素包括气温、气压、湿度、降水、蒸发等。大气的物理状态称为天气。某一区域天气的平均状态称为这一区域的气候。对地下水发生显著影响的是变化迅速的气象因素,这些因素中以气温、湿度、降水及蒸发的影响最大。

1) 气温 大气中具有一定的温度称为气温。一切天气变化,主要是由气温条件不同而引起的。气温的变化会直接影响地下水温度的变化,水温变化又会使地下水中的气体成分发生变化。

2) 湿度 大气中水汽的含量称为空气的湿度。湿度的表示方法有绝对湿度和相对湿

度两种。

绝对湿度:指某一时刻空气中水汽的含量。空气中绝对湿度变化很大,主要受气温、地表性质等因素的影响。在温暖地带、辽阔水面和潮湿土壤区上空,绝对湿度较大;在气温低的地区,绝对湿度则很小。

空气中可能容纳水汽的数量和温度有密切关系。温度越高,可能容纳水汽的数量就越多,反之越少。某一温度下,空气中可能被容纳的水汽数量称为饱和水汽含量。不同温度饱和水汽含量见表 1-2。

表 1-2 不同温度下饱和水汽含量

温度	$t/^{\circ}\text{C}$	-30	-20	-10	0	10	20	30
湿度	E/mm	0.4	1.0	2.2	4.6	9.2	17.5	31.9
	$M/(\text{g}/\text{m}^3)$	0.5	1.1	2.4	4.8	9.4	17.3	30.4

注: E 表示饱和水汽压力, M 表示饱和水汽含量。

绝对湿度只能说明某一时刻空气中水汽含量的多少,而不能说明空气中的水分是否达到饱和。

相对湿度:指某一时刻空气中水汽张力与同一时刻的饱和水汽张力之比。

空气绝对湿度不变,当气温下降时,则相对湿度增加。即绝对湿度不变时,相对湿度与气温的变化成反比。当相对湿度达到 100% 时,说明空气中水汽已达到饱和状态。空气中水汽达到饱和时的温度称为露点。气温低于露点,多余水汽就要凝结形成降水。

3) 降水 当空气的温度低于露点时,空气中多余的水汽就要凝结,以液态或固态形式降落到地表形成降水。降水量以水层厚度(mm)表示。如某一地区年降水量为 1 000 mm,即表示降落到该地区的水量平铺在一个平面地区上,该水层的厚度为 1 000 mm。

大量降水渗入地下,对地下水的补给最为普遍,它是地下水最重要的补给来源。大气降水补给作用的强弱取决于两个方面:一是大气降水的强度及延续时间,二是当地的渗入条件,如地表岩石的透水性、地形、植被等。如单位时间内所降下的雨量大,延续时间长,则可能补给的地下水量就多;当渗入条件好时,如地表岩石透水性好,地形平坦,植被良好,则渗入作用就强,补给地下水量就多。

降水入渗量以水层厚度(mm)表示,渗入强度以下渗率(mm/h)表示。

我国幅员辽阔,地势复杂,各地区降水分布极不相同。总得来说,由沿海向内陆地区雨量逐渐减少。南方降水量大于北方,山区降水量常比附近平原区多。如在台湾的中央山脉地区年平均降水量在 3 000 mm 以上,长江流域年降水量在 1 000 mm 以上,黄河流域多为 500 mm,西北地区在 250 mm 以下,塔里木盆地不足 50 mm,新疆若羌地区的年降水量不足 5 mm,是我国最干旱的地区。

4) 蒸发 水在常温下由液态变为气态的过程称为蒸发。自然界的蒸发可以在水面、岩石土壤表面和植物叶面上进行。根据蒸发性质的不同,可以分为水面蒸发、土面蒸发、叶面蒸发三种。蒸发量以水层厚度(mm)表示。

5) 气压 空气的重量构成气压。任一高度上的气压,是指在静止大气中,单位面积所承受大气柱的重量。各地气压的差异引起空气运动,冷暖空气交锋就形成降雨。气压的变化还可影响地下水位升降,从而引起泉水流量变化。如气压下降,泉水流量有增加的现象。

上述各种气象资料,可以从各地气象站收集到。这些资料在进行水文地质调查时都是

(1) 气候因素。气候是影响地表径流最主要的因素。一般潮湿系数越大,其地表径流越好。如我国西北、内蒙古地区,蒸发量大于降水量,潮湿系数远远小于1,这些地区地表径流就小,有许多河流在冬季处于干涸状态;我国东南部降雨量大于蒸发量,潮湿系数远远大于1,因而水系发育。降水特点不同,所形成的地表径流性质也不同。在短时内降下大雨或暴雨,可使地表径流骤增。由于我国大部分地区降水集中于夏季,因此河流汛期也在夏季。春季我国东北及西北高山区融雪,也可以造成较大的地表径流,这就是所谓的春汛。

(2) 地形和植被因素。地形切割剧烈、坡度陡峻的地区,降雨可很快形成地表径流;在地形切割较弱,特别是当斜坡被灌木丛及树林所覆盖时,可阻滞地表径流,使地表径流显著减少。

(3) 地表岩石的透水性。地表岩石透水性大,有利于降水渗入地下,使地表径流减少,地下径流增加。如我国云贵地区石灰岩岩溶发育,地表有很多大的岩溶洞穴,为降水渗入地下创造了极有利的条件。在这些地区常可见到许多断头河,地表径流明显地减少。

(4) 流域面积。在流域面积大、河流支流多的地区,一旦降雨,水量可以分配到各支流中去,降雨时河水涨落影响的幅度就不会太大;反之,流域面积小,支流少,又没有湖泊可以调节水量,一遇降水,地表径流量就会急剧增加,河水涨落幅度大,甚至造成洪水泛滥。

(5) 人为因素。人造林及防护林带能吸收大气降水,使地表径流减少;修建水利工程,可以调节、控制地表径流。如我国南水北调工程,就是因为北方(长江以北)地表径流量小,南方(长江以南)地表径流量大(占全国总径流的3/4),故将长江丰富的地表径流资源以人工运河方式调往北方,以改善北方径流不足,增加农业灌溉面积;修筑梯田可减少地表径流、阻挡水土流失、增加降雨入渗、增强地下水径流等。

3) 河流补给类型 河流主要依靠大气降水及地下水补给。

(1) 大气降水补给类型。可分为雨水补给、雪水补给、冰水补给及混合补给等几种。

① 雨水补给类型。主要是在潮湿温暖季候风控制的地区,终年很少冰雪。如我国华南的一些河流属于此类型。这些河流河水位随降雨多少而涨落,汛期多在夏季。

② 雪水补给类型。主要是在寒冷地带,这些地区冬季很长,每逢春季融雪,雪水补给河水而引起春汛。我国没有单纯靠雪水补给的河流,东北地区河流主要是受雪水及雨水的补给,因而每年河水有两次洪峰,一次春季,一次夏季。

③ 冰水补给类型。在有冰川分布的高山地区,在夏季冰川融化时补给河流,如我国西南及西北的一些高山河流,就是由冰水补给的。

④ 混合补给类型。单纯雨水、雪水、冰水补给的河流是很少的。流域面积很大的河流,往往是在河流上游可能由雪水及冰水融化补给,在中下游则为雨水补给。如我国的长江、黄河、黑龙江等河流均属混合补给类型。

(2) 地下水补给类型。多数的河流都接受地下水补给。特别是在河流的上游,河谷深切、含水层裸露,使地下水以泉的形式排泄于河流,成为河流的补给水源。一条河流流量的大小,往往可作为评价该地区含水层蓄水能力强弱的依据。如枯水期河水流量大,说明该地区含水层蓄水能力强,地下水资源丰富。

三、地下水的分类

1. 按地下水的起源分类

按地下水起源不同,可将地下水分为渗入水、凝结水、埋藏水、再生水和岩浆水等类型。