

矿井防治水

KUANGJING FANGZHISHUI

李华奇 主编



煤炭工业出版社

矿 井 防 治 水

主 编 李华奇
副 主 编 刘鹏程 雒有成
参编人员 张喜传 冯海贵 徐长安 屈 扬

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井防治水 / 李华奇主编. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2012

ISBN 978-7-5020-4001-7

I. ①矿… II. ①李… III. ①矿井水-防治 IV. ①TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 023176 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

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 10 插页 1

字数 231 千字 印数 1—3 000

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

社内编号 6824 定价 30.00 元

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

内 容 提 要

本书从介绍我国矿井防治水概况入手，简要介绍了地下水的基本知识以及矿井的充水条件，详细介绍了矿井水文地质观测和基础资料、矿井水文地质调查与勘探、矿井水治理措施等内容，最后介绍了底板水防治技术及矿井井下水害事故应急救援。

本书可作为中职院校矿井水害防治课程的教学用书，也可作为煤矿职工的水害防治培训用书。

前 言

近年来，随着煤炭工业的快速发展，矿井开采深度的不断加大，尤其是随着开采方法的不断改进，现代化采矿设备的大面积应用，采掘机械化程度的快速提高，年开采量的不断增加，在开采过程中承受的水压也越来越大，煤矿水害事故产生的条件、威胁程度及水害形成机理都在发生变化。老空水、底板水等事故频发，特别是由水害造成的群死群伤的特别重大事故时有发生，给国家和人民带来的经济损失和人身伤亡极为惨重，矿井水害防治越来越受到各级政府和矿山企业的高度重视。我国煤矿水文地质条件极为复杂，煤矿水文地质人才缺乏，对矿井水文地质的研究深度不够，从而造成水文地质的预测预报难度很大，甚至出现严重错误。为减少矿井水害，我们应在新技术、新设备不断应用的基础上，认真做好矿井水文地质工作，准确作出预测预报，合理使用防治措施，确保煤矿安全生产。

本书在此背景下，参考我国各类矿井水害防治的理论和实践，结合我国职业教育的特点编写而成，具有以下特点：

第一，内容翔实。

第二，理论联系实际，实用性强，注重实际操作。

第三，内容最新，本书吸纳了我国在防治水方面的最新成果。

第四，内容深浅适中，既有法规的明确要求，也有矿井突水的成因分析，更有大量的实际操作，适合职业教育的特点。

本书由河南理工大学高等职业学院李华奇任主编并统稿，其编写了第一章、第四章、第五章；河南理工大学高等职业学院的刘鹏程、雒有成任副主编，分别编写了第二章和第八章；河南煤化新乡焦煤陈召一矿张喜传编写了第七章；河南理工大学高等职业学院的冯海贵编写了第三章、屈扬编写了第六章、徐长安编写了第九章。

在本书编写过程中，得到有关单位、领导和专家的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请批评指正。

目 次

第一章 我国矿井防治水概况	1
第一节 煤矿防治水现状	1
第二节 加强矿井水文地质工作	4
第三节 我国煤矿水害的主要类型及特点	5
第二章 地下水的基本知识	8
第一节 水的循环与地下水的来源	8
第二节 岩石中的孔隙与水在岩石中的存在形式	17
第三章 矿井的充水条件	32
第一节 矿井充水水源及其特点	32
第二节 矿井充水的通道及其特征	38
第三节 矿井水文地质类型划分与矿井充水程度的表示方法	41
第四章 矿井水文地质观测及基础资料	52
第一节 矿井水文地质观测	52
第二节 地面水文地质观测	55
第三节 井下水文地质观测	56
第四节 矿井防治水基础资料	57
第五章 矿井水文地质调查与勘探	64
第一节 水文地质补充调查	64
第二节 水文地质补充勘探	65
第三节 地面水文地质补充勘探	66
第四节 井下水文地质勘探	68
第五节 矿井水的探放	73
第六章 矿井水治理措施	86
第一节 防隔水煤(岩)柱的留设	86
第二节 矿井排水系统	96
第三节 矿井疏水降压	97
第四节 矿井水地表截流与井下截流	106

第七章 矿井注浆堵水	109
第一节 注浆堵水施工.....	109
第二节 注浆参数的选择.....	115
第三节 注浆堵水材料.....	117
第四节 注浆设备.....	125
第五节 注浆施工中的疑难问题及处理方法.....	128
第六节 注浆堵水各论.....	130
第八章 底板水防治技术	134
第一节 矿井底板水透水机理分析.....	134
第二节 矿井透水安全性评价及防治思路.....	140
第九章 矿井井下水害事故应急救援	145
第一节 矿井水害事故应急救援预案.....	145
第二节 矿井应急救援培训和演习.....	150
参考文献	152

第一章 我国矿井防治水概况

第一节 煤矿防治水现状

一、矿井水害的基本特点

我国是世界上最大的产煤国，煤炭产量比整个欧洲国家煤炭产量的总和还要多。但是，随着我国煤矿开采规模的迅速扩大，开采深度的不断增加，开采时所承受的水压越来越大。从目前来看，由于我国煤矿水文地质条件极为复杂，地表水、老空水、冲积层水和底板水等类型的水害齐全，无论是水害面积、类型，还是水害的严重程度，都是世界罕见的，随着煤矿开采深度的加大，全国各煤矿企业浅层煤基本开采完毕，大多进入中深层及深层开采，矿井防水压力巨大，矿井水造成煤矿企业成本剧增，甚至出现重大及特大事故，损失相当惨重，我国已成为煤矿水灾危害最严重的国家之一。近年来，煤矿井下突水事故呈增加趋势。据不完全统计，2007—2008年全国发生水害事故122起，死亡518人。其中，重大以上（10人以上）水害事故11起，死亡190人。2009年，我国煤矿可查事故共110起，死亡、失踪864人。其中，透水事故21起，死亡125人。同时，我们注意到我国华北地区受底板承压水威胁的矿区较多，由于该区奥陶系灰岩富水性强、水压高、补给水源区域广、隔水层薄，而区内断裂构造及陷落柱较发育，致使华北地区煤矿重特大突水事故多发。其中，太行山东麓的各矿区在开采石炭、二叠纪煤层时，频繁发生突水事故。特别是当煤层底板隔水层太薄或断层破碎带削弱了底板隔水层强度，而无法承受底板水头压力时，导致突水次数增多，突水强度增大。此外，许多矿区奥陶系喀斯特溶洞发育，使上覆岩层陷落或裂隙发育，塌陷裂隙把喀斯特水突然导入矿井引发突水事故，其后果往往是灾难性的。另外，由于大量乡镇煤矿无序开采，导致矿井之间的隔水煤（岩）柱遭到破坏，使得废弃矿井中的积水瞬间溃入矿井造成严重灾害的现象近年来迅速增加。

近年来，虽然国家安全生产监督管理总局对矿井水害防治工作监管力度加大，但是矿井生产和建设规模迅速扩张，而矿井水害防治技术的发展却远不能适应矿井生产与防治水工作的需求，重特大事故数量并没有降下来，煤矿突水事故、死亡人数及经济损失不降反升，特别是特大型矿井突水事故频繁发生。

通过对我国一些突水事故的调查与分析，总结出我国煤矿水害事故有如下特点：

(1) 从煤矿性质上来讲，水害事故多发生在乡镇煤矿及一些规模小、防治水制度不完善的煤矿。

(2) 从发生地点上来讲，掘进工作面是发生透水事故的主要地点，在我们统计的56起较大透水事故中，45起发生在掘进工作面，重特大水灾事故多是底板高压突水和老空突水事故。

(3) 从水害趋势上来看,近年来,随着开采深度的增加,矿井水事故明显增加,在过去10年共发生各类矿井水事故1400起,死亡6000余人,而矿井防治水的人才十分缺乏,已经不能满足煤矿发展建设的需要。

(4) 从水害的成因分析上来看,存在现场对老空、断层及陷落柱的水文地质性质认识不深,对隐蔽型导水构造的探知能力不够,防治水技术力量和管理水平较差,防水煤岩柱留设不合理,预测预报方面投入不够,造成对井下水文地质条件不清,探放水措施不落实,在生产过程中破坏了防隔水煤(岩)柱,防治水工程质量较差,水害应急预案不健全,监管和管理不到位等问题。

(5) 突水事故的高发期往往出现在煤炭工业的快速发展期,矿井超设计能力生产往往是水灾事故孕育和发生的根本原因。

二、矿井水防治现状

近年来,国家安全生产监督管理总局、各省市煤矿安全监察局、各级煤炭行业管理部门及煤炭企业已经把矿井水害防治工作列入重要议事日程,对矿井防治水工作提出了更高的要求。各矿区必须对水害防治工作进行全方位整改,进一步完善矿井水害防治措施,建立健全水害防治机构;各煤炭企业必须设专职主要管理人员主抓矿井水害防治工作;各煤矿必须健全矿井水文地质图件、水文地质台账;必须按相关法律、法规、规程及标准要求建立专业的探放水队伍,配备探放水技术装备;必须建立完善的矿井主排水系统,并保证其可靠性;制定年度和季度水害防治计划、汛期防洪计划,为防治水工作做好充分的思想准备、物质准备和组织准备。

在防治过程中,认真贯彻“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的防治水方针,确立了以疏放结合的带压开采为主的防治水策略。近几年大力开展注浆改造方面的研究,部分矿区在底板改造方面取得了重大研究成果,并逐步得到了推广应用。

从我国各矿区水害防治工作的全局来看,还存在明显的不足,主要表现在矿井水害防治专业技术人员严重缺乏,对水害防治工作的重大问题研究深度不够;少数煤矿对水害防治工作的认识不够深入,投资力度不够,安全技术措施制定不规范,落实不到位;各矿区水文地质工作不够规范,缺少强有力的专业技术措施,尽管有些煤矿建立了水文地质图件、水文地质台账等,但由于日常的矿井地质工作和水文地质工作不够规范,因此对矿井水文地质的变化情况掌握不够,对未来水灾隐患预测不够;对矿井主要的突水水源、各含水层的涌水特性、用水量及突水压力认识模糊,甚至对矿井的正常涌水量与最大涌水量等最基本的参数认识模糊,对带压开采所存在的潜在危险认识不足;个别煤矿由于井田勘探程度不够,对井田内的地质构造掌握不清,对矿井的突水机理、容易发生突水的区域、矿井涌水量随季度的变化规律、承受水压的大小认识不足;相当一部分煤矿的排水系统和次级排水系统还不够完善,所配备的排水设备能力偏小,综合排水能力达不到水害防治要求;主排水系统安全设备存在缺陷,相当一部分乡镇煤矿的主排水管路没有实现并联,个别煤矿主排水系统没有实现双线路供电;矿井主水仓不符合《煤矿安全规程》要求,部分煤矿主要水仓容量不够,个别煤矿没有建立副水仓,水仓淤煤没有得到及时清理,水仓的有效容积没有得到充分发挥;相当一部分矿井没有按要求进行每年一度的水泵联合试运转演习,对主排水系统的实际排水能力掌握不够;一些煤矿没有坚持“预测预报、有疑

必探、先探后掘、先治后采”的防治水原则，物探工作基本没有进行，钻探工作不够规范，探水过程中的安全技术措施不够完善，存在盲目掘进、盲目开采的现象；部分矿区注浆堵水工作开展得不够及时，注浆堵水技术普及率太低，专业技术人员短缺，水灾治理不够及时，造成了很大的经济损失。

三、矿井水防治技术发展所面临的问题

根据矿井水事故的特点、产生的原因及目前矿井生产对水害安全防范技术的基本要求，目前我国在矿井水防治技术方面所面临的基本问题和关键技术是预测预报问题。

1. 对深部开采条件下矿井底板水突出机理不清的问题

多年来沿用的突水系数理论是在浅、中部煤炭资源小尺度工作面开采过程中总结的经验理论，而深部开采的围岩应力条件、矿压扰动和开采破坏条件都与浅、中部开采有很大的不同，如果沿用原有的突水系数理论来指导大埋深、高水压、高应力、综合机械化开采条件下的矿井水灾防治工作，必然会给生产和安全带来隐患。为此，有必要通过现场观测与实验研究、理论计算与分析，以及室内物理与数学模拟等，研究在新的地质与水文地质及综合机械化开采条件下，煤层底板水的突出机理和控制因素，为有效实施底板水的预测预报提供理论依据。

2. 对煤层底板隔水层隔水性能复杂性的认识问题

水量、水源和导水通道是矿井突水的3个基本要素，过去的研究成果主要集中于水量和水量，而对突水通道的研究工作较少，特别是对煤层底板隔水层隔水性能的研究较少。随着开采深度的增加，深部疏水降压难度增大，深入认识煤层底板隔水层的隔水性能，进而有效利用隔水层的自然隔水能力，对减少或防止底板突水尤为重要。因此，有必要通过对煤层底板隔水层的节理裂隙发育程度、岩石力学性质、由于开采而引起的矿山压力对煤层底板的扰动破坏、水岩相互作用机理及它们之间的相互关系进行深入分析，提出煤层底板隔水层防高压突水的综合评价理论和方法，为充分利用隔水层的阻隔水性能，开采深部煤炭资源，提供水文地质基础材料。

3. 煤层底板水害监控预警技术与装备问题

根据对矿井底板水突出机理及主要控制因素的研究成果，利用突水信息原位采集技术、突水因素适时检测技术、突水因素远程监控技术、突水信息动态分析和人工智能判别技术，直接从矿井突水的前兆因素入手，利用现代信号检测、数据传输和模式识别技术，通过适当的传感器直接检测突水前兆因素的各项参数变化，研究确定矿井突水的发生条件和预报方法，建立矿井水灾自动检测预报预警系统，开发相应设备，实现矿井水害的临灾预报。

4. 对重大水灾事故快速处理的技术问题

矿井突水淹井后，应快速判别水源、水量、水压、水温、水质等情况，利用注浆技术对出水点的快速封堵及被淹矿井快速恢复等关键技术。

第二节 加强矿井水文地质工作

一、做好矿井防治水要准确了解区域水文地质条件

针对矿井主要水文地质问题及其水害类型，做到有的放矢，从区域着眼，立足矿区、矿井，把矿区、矿井水文地质条件和区域水文地质条件有机地结合起来进行统一、系统的分析研究，确保区域控制、查明矿区及井田区域内的水文地质条件。在了解水文地质条件时要把握地下水具有系统性、动态性的特点；工作中应注意树立动态勘探、动态监测和动态分析的矿井水文地质工作理念。

二、要做好矿井水文地质调查与勘探工作

在矿井水文地质条件调查与勘探方法的选择上，应坚持重点突出、综合配套的原则。在勘探工程的布置上，应立足于井上下相结合，采区和工作面应以井下调查与勘探为主，配合适量的地面调查与勘探。对区域地下水系统，应以地面调查与勘探为主，配合适量的井下调查与勘探。无论是地面调查与勘探，还是井下调查与勘探，都应把调查与勘探工程的短期试验研究和长期动态监测研究有机地结合起来，达到调查与勘探工程的整体空间控制和长期时间序列控制。应重视水文地质测绘和井上下简易水文地质观测与编录等基础工作，应把矿井地质工作与水文地质工作有效地结合起来。专门水文地质试验（包括化学检测与示踪试验、岩石力学性质试验、突水因素监测试验及其相关的计算分析）是定量研究和分析矿井水文地质条件的重要方法。水文地质调查与勘探工程的布置应尽量构成对调查与勘探区地质与水文地质有效控制的剖面，既要控制地下水的补给、径流、排泄条件，又要控制开采后地下水系统与径流可能发生的变化，特别是导水通道的形成与演化。

三、做好矿井水的抽放水试验工作

进行抽放水试验时，主要放水孔宜布置在主要充水含水层的富水段或强径流带上，必须有足够的观测孔（点），观测孔布置必须建立在系统管理、研究各勘探资料的基础上，根据试验目的、水文地质分区情况、矿井涌水量计算方案等要求确定。应尽可能利用地质勘探钻孔、地下水天然或人工露头作为观测孔。通过抽放水试验，了解矿井地下水通道的发育程度及连通性。

四、重视新技术新方法的引进与应用，加强地球物理勘探工作

矿井防治水的核心是对矿井水文地质条件的了解和掌握，地球物理勘探技术为我们对矿井水文地质的了解和掌握提供了很好的途径。我们要跟踪科技前沿，加强地球物理勘探工作；适时进行知识更新，提高技术素质；加强新老物探技术配合和综合应用；不断开展新技术新方法的试验研究，重视和加强地球物理勘探资料的室内处理、解释和分析工作；充分利用直流电法、地质雷达技术、面波探测技术、层析成像技术、高密度电阻率法、瞬变电磁等方法，了解和掌握含水层、隔水层的厚度、岩性、抗张强度，隔水层的隔水性能，以及裂隙、断层、陷落柱等构造的位置、面积、连通性、含水性、水压、水量、水质等信

息；应着重于对地下水系统和构造的宏观控制，并为专门水文地质试验和防治水工程设计提供条件和基础信息，为矿井水的预测预报、防治措施的选择提供技术支持。

第三节 我国煤矿水害的主要类型及特点

通过对我国煤矿曾发生过的所有水害案例的系统分析研究，可以总结出八种主要煤矿水害类型。

一、地表山洪水害

在有地表水体分布的地区，如常年有水的河流、湖泊、水库、塘坝等，因煤矿井下防水煤（岩）柱留设不当，当井下采掘工程发生冒顶或沿断层带坍塌导水时，地表水将大量迅速灌入井下，类似水害事故曾多次发生。尤其是在一些平时长期无水干沟或低聚水区，多年来平安无事，未引起人们的注意和重视。当突遇山洪暴发，洪水泛滥，会使某些早已隐没的古井筒、隐蔽的岩溶漏斗、浅部采空坍塌裂缝，甚至某些封孔不良的钻孔，由于洪水的侵蚀渗流而突然陷落，造成地面洪水大量倒灌井下，或沿某些强充水含水层的露头强烈渗漏，造成水害事故。在特定条件下，有时可冲毁工业广场，直接从生产井口灌入井下，使井下工作人员无法撤出。这种水害往往来势突然且迅猛，一时无法抗拒，可造成重大损失。例如，河南省三门峡支建煤矿 2007 年 7 月 29 日 8 时 30 分发生矿井透水事故，造成井下 70 人被困。因此，煤矿生产有一条重要经验，即防水重于排水，防重于治。只有事先做好调查分析，从最坏处着想，做好预防工作，才能真正保证矿井的安全生产。

二、第四系松散孔隙含水层和第三系含水砂砾层水害

我国大部分煤矿目前主要开采中生代侏罗纪和古生代石炭二叠纪地层中的煤炭。新生代第四系松散孔隙充水含水层及第三系充水含水砂砾层往往成不整合覆盖在这些煤系地层之上。它直接接受大气降水和展布其上的河流、湖泊、水库等地表水体的渗透补给，形成在剖面和平面上结构极其复杂的松散孔隙充水含水层。这些含水层长年累月地向其下伏的煤层和煤层顶底板充水含水层及断层断裂带渗透补给，其水力联系的程度因彼此间接触关系的不同和隔水层厚度及其分布范围的不同而变化。同时，还会因各类钻孔封孔质量的不同而引起水力联系的变化。这些变化往往导致有关充水含水层的渗透性和采空区垮落断裂带的导水强度难以真实判断，因而采掘工作面往往会发生涌水量突然增大的异常现象，情况严重时就会造成突水淹井事故。在一些特定条件下，甚至可能造成水与流砂同时溃入矿坑的恶性事故。例如，1963 年 7 月徐州新河煤矿 502 工作面突然溃入孔隙地下水、流砂和黄泥，淤塞巷道 1200 m，停产达 58 天。另外，生产实践还表明，在一些第四系松散孔隙含水层沉积厚度较大的地区，由于长期疏降地下水，松散含水层多孔介质有效应力增加，含水层被压缩，使穿过这一地层的井筒产生严重的变形破坏，引发另一类型的矿区地质灾害。

三、煤层顶板充水含水层水害

煤系地层中一般包括多层可采煤层，其中有的可采煤层厚度很大，在这些煤层顶板之

上往往沉积有多层充水含水层，有的甚至是强岩溶充水含水层，如南方型龙潭组煤系的顶板就是长兴灰岩。由于厚煤层与多煤层的重复采动和断层裂隙塌陷滑移程度不同，采动导水断裂带发育高度和部位也随之变化，这些常使煤层顶板充水含水层中未查明的一些富水带中的地下水突然泄入采掘工作面造成重大水害事故，有时甚至淹没整个采区或工作面或整个生产水平。如果这类充水含水层在隐伏露头部位得到第四系松散孔隙含水层地下水或在露头部位得到地表水或大气降水的强烈补给，并且它们位于煤层采动导水断裂带影响范围之内，只要开采煤炭资源就无法躲避时，其水害的预防和治理就更加复杂困难，个别情况下甚至可能造成大量煤炭资源无法开采，或开采后经济效益极不合理。

四、老窑积水透水水害

所谓老窑水，是指年代久远且采掘范围不明的老窑积水、矿井周围缺乏准确测绘资料的乱掘小窑积水或矿井本身自掘的废巷采空区水。这种水储集在采空区或与采空区相连的煤岩或岩石巷道内，水体的几何形状极不规则，不断推进的生产矿井采掘工程与这种水体的空间关系错综复杂，难以分析判断。而这种水体又十分集中，压力传递迅速，其流动与地表水流相同，不同于含水层中地下水的渗透。采掘工程一旦意外接近便可突然喷出，发生通常所说的透水事故。事实表明，即使只有几立方米的老窑水，一旦喷出，也可能造成人员伤亡事故。水量较大的老窑水则可毁矿伤人。这种水体不但存在于地下水资源丰富的矿区，也可能存在于干旱贫水的煤矿区，是煤矿生产普遍存在的一种水害。

五、煤层底板承压充水含水层水害

煤层底板承压充水含水层水害是我国煤矿水害频率最高、危害程度最大的一种灾害，曾多次造成突水淹井或淹整个生产水平的恶性事故，淹采区或淹采煤工作面的次数更多。像山东淄博、肥城，河南焦作、鹤壁，河北开滦、峰峰、邯郸，湖南涟邵、煤炭坝，广西合山等矿山，各种特定条件下的底板突水事故多达几十次甚至数百次。究其原因就是我国主要煤矿床的基底沉积了巨厚的碳酸盐岩岩溶充水含水层〔如华北型煤田的奥陶系（甚至包括寒武系）碳酸盐岩和华南型煤田的茅口灰岩〕，这些碳酸盐岩分布范围广，露头或隐伏在第四系松散孔隙含水层下的面积大，能接受大气降水和地表水或孔隙地下水的强烈补给，一次大的降水过程，几乎可以补给回填其长期疏排消耗形成的地下水疏降漏斗。由于煤层的倾伏，随着开采水平的延深，作用于煤层底板的充水含水层水压越来越大，煤层底板相对隔水层的厚度及其岩性组合在剖面上复杂多变，断裂裂隙的发育程度各不相同，采动矿压作用于煤层底板的强度及其对生产的影响和破坏也因地而异。因此，煤层底板突水条件事前很难分析查明，即使做了探查分析和判断，也常常发生意料之外的情况，故煤层底板突水的概率较高，稍一疏忽就会出现底板水害事故。这是我国煤矿床水文地质研究领域目前未能圆满解决的一个难题。

六、岩溶陷落柱水害

众所周知，1984年6月开滦范各庄矿在回采相距底板奥陶系灰岩还有200余米的7号煤层时，由于煤系地层在地质历史时期中不断向奥灰溶洞垮落，形成了一个短轴为46m、长轴为67m的椭圆形岩溶陷落柱，柱体冒落高度达200m，直达7号煤层顶板。该岩溶

陷落柱冒落的岩块充填疏松,沟通了煤系与奥灰强充含水层的水力联系,结果发生了突水量高达 $2053 \text{ m}^3/\text{min}$ 的恶性突水淹井事件,损失巨大,在世界采矿史上留下了令人难以置信的案例。这种水害,赋存条件孤立而隐蔽,事前难以勘察和发现,防治难度极大。这类水害事故在我国其他矿区也曾多次发生,只是突水水量较范各庄矿略小。

七、断层破碎带突水水害

断层破碎带突水水害既可与老窖水发生联系,也可与煤层顶板含水层或地板承压含水层甚至与地表水体发生水力联系而引起,是煤矿水害类型中最普遍的一类。它可以沿断层走向很长一段范围内普遍含(导)水而引发水害,也可以是很局部的一小段甚至是一个点导水而引发突水,更有甚者,原始状态是不含(导)水的,但在采动条件下而引起顶板导水裂隙意外提高上限或底板岩体裂隙发生活化从而转化为导水断层而突水。例如,开滦赵各庄矿九东工作面滞后 12 年的突水事故(突水量达 $50 \text{ m}^3/\text{min}$),淄博南定矿 -300 m 水平大巷突水 $20.17 \text{ m}^3/\text{min}$,肥城国家庄矿 1993 年 1 月 5 日 22 时 30 分 7 号煤层 -210 m 水平北大巷 $549.5 \text{ m}^3/\text{min}$ 的大突水,这些突水事故是出人意料的案例。国家庄矿的这次突水,7 号煤层以下 47 m 的太原统四灰含水层水位已降到 -180 m 以下,在突水掘进工作面以外仅 76 m 处有 5 个打透四灰的钻孔证实确已疏干,并且在其下伏的五灰岩和奥水含水层中,没有发现向上导升补给的任何迹象,但当掘进工作面揭露落差仅 1.2、1.5 和 2 m 的 3 条小断层后,即发生了距离 69 m 以下奥灰水的突水,仅 5.5 h 就淹没了 -210 m 水平,8.5 h 淹没了 -70 m 水平的主泵房,全井迅速淹没后,7 天后又淹没了与此相邻的隆庄矿 -120 m 水平,15 天后又淹没了南高余矿的 -80 m 水平,使 3 个被淹没矿井的水位迅速上升到 +31 m 标高,与奥灰区域水位相一致。根据堵水钻孔资料初步分析看来,这次事故是距巷道迎头以外 65 m 的一条落差 20 m 的断层(倾角变小 20 余度)在巷道底板与上述 3 条小断层相交引起的。此类水害的防治和治理是非常困难和复杂的。

八、地表滑坡和井上下泥石流灾害

地表滑坡和井上下泥石流灾害发生的前提条件是有层间软滑的黏土层、疏松破碎的断层带、黏土充填的节理裂隙等软弱结构面,但要形成灾害,还是与地表、地下的工程活动密切相关。分布在高、中山区(如四川、贵州、云南等地区)的一些煤矿,此类灾害十分突出,造成的危害也很大。解决这类灾害问题的方法,既要从水文地质角度去研究,也要从工程地质和工程的角度去探讨分析。

第二章 地下水的基本知识

第一节 水的循环与地下水的来源

一、地球上的水

地球是一个富水的行星。地球上的水不仅存在于大气圈、地球表面、岩石圈和生物圈中，也存在于地球深部的地幔乃至地核中。

关于地球上水的起源，曾有多种假说。目前普遍接受的想法是，组成地球水圈的水（包括地表水与地下水）是在原始地壳形成以后，在整个地质时期内从地球内部不断逸出而起源的。

地球各个层圈水的分布状况及其存在状态都有很大差别，可以区分为浅部层圈水与深部层圈水两大部分。

从大气圈到地壳上半部属浅部层圈水。其中，分布有大气水、地表水、地下水及生物体中的水，这些水均以自由态水分子的形式存在，以液态为主，也呈气态与固态存在。

据联合国教科文组织资料，不包括生物体中的水与矿物中的水，浅部层圈中水的总体积约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。若将这些水均匀平铺在地球体表面，水深约为 2718 m。但其中咸水约占 97.47%，淡水只占 2.53%。各类水体的体积及比例见表 2-1。

表 2-1 地球浅部层圈水的分布

水 体		体积/ km^3	比例/%
大气水		12900	0.001
地表水	海洋	1338000000	96.5
	冰川和永久积雪	24064000	1.74
	湖泊	176400	0.013
	沼泽	11470	0.0008
	河流	2120	0.0002
地下水	包气带水	16500	0.001
	饱水带水	23400000	1.7
	永久冻土带固态水	300000	0.0002
合 计		1385983390	100

表 2-1 中未包括生物圈的水及矿物结合水。人体构成中水平均占 70%，植物体的水分含量可高达 90% 以上。矿物结合水是指矿物结晶内部及其间的水，如沸石水、结晶水、结构水等。三基矾石 $Al_4[(OH)_{10}SO_4] \cdot 36H_2O$ 含矿物结合水按质量比为 65%，其他如正长石为 17%，黑云母为 48%。整个地壳矿物组成中矿物结合水含量可达 $4.2 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。矿物结合水在一定温度下从矿物中释出成为自由态的水 (H_2O)，与其他水体相互转换。

地球深层圈水分布于地壳下部直到下地幔这一范围内。在地壳下部深 15 ~ 35 km 处，地温达 400 °C 以上，压力也很大，这里的水不可能以普通液态水或气态水的形式存在，而成为被压密的气水溶液。

关于地幔的含水量，有关学者通过不同方式得到的结论基本一致。认为未经去气作用的地幔物质含 5% ~ 7% 的水。假定地幔总质量为 $4 \times 10^{27} \text{ g}$ ，其中熔融物质占 25%，则地幔软流层中所含的水分总量约相当于现代海洋水总量的 35 ~ 50 倍。据推测，在极高的温压下，这里的水电离为 H^+ 及 OH^- ，甚至进一步电离为 H^+ 及 O^{2-} 。当软流层的岩浆沿通道上升，温压降低时，氢、氧离子将结合为自由态的水 (H_2O) 而析出。

地球深层圈中特殊高压高温下的离解状态的水及地壳矿物内部的结合水，均是以非自由态存在的水。传统的观点未将这些水纳入地球水圈之内，这是值得商榷的。首先，存在于地球各层圈的水具有共同的来源。其次，目前已有许多证据说明，地球深层圈的水和矿物结合水均与地球浅层圈中自由态的水相互转化，地球各层圈中以各种形式存在的水是一个相互联系、相互转化的整体。在成岩、成矿、岩浆、变质等过程乃至地球形变过程中，深层圈的水及矿物结合水都发挥着重要的不可忽视的作用。我们认为，广义的水圈应当包括地球各层圈中以各种不同状态存在且相互转化的所有的水。

二、自然界的水循环

自大气圈到地幔的地球各个层圈中的水构成一个系统，这一系统内的水相互联系、相互转化的过程即是自然界的水循环。

自然界的水循环按其循环途径长短、循环速度的快慢及涉及层圈的范围，可分为水文循环和地质循环两类，如图 2-1 所示。

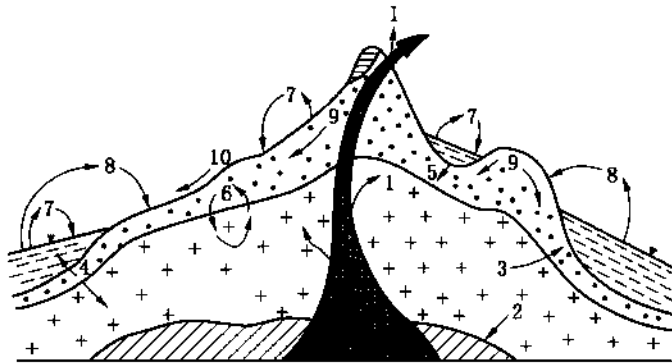
1. 水文循环

水文循环是发生于大气水、地表水和地壳岩石空隙中的地下水之间的水循环。水文循环的速度较快，途径较短，转换交替比较迅速。

水文循环是在太阳辐射和重力共同作用下，以蒸发、降水和径流等方式周而复始进行的。平均每年有 577000 km^3 的水通过蒸发进入大气，通过降水又返回海洋和陆地。

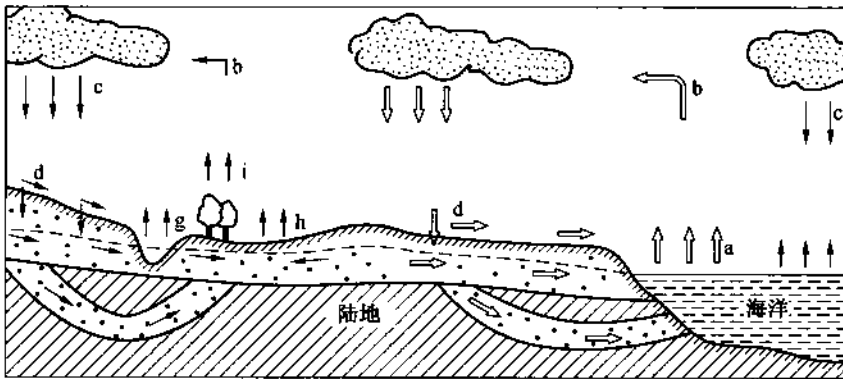
地表水、包气带水及饱水带中浅层水通过蒸发和植物蒸腾而变为水蒸气进入大气圈。水汽随风飘移，在适宜条件下形成降水。落到陆地的降水，部分汇集于江河湖沼形成地表水，部分渗入地下。渗入地下的水，部分滞留于包气带中（其中的土壤水为植物提供了生长所需的水分），其余部分渗入饱水带岩石空隙之中，成为地下水。地表水与地下水有的重新蒸发返回大气圈，有的通过地表径流或地下径流返回海洋。水文循环的过程如图 2-1 中的 7~10 及图 2-2 所示。

水文循环分为小循环与大循环。海洋与大陆之间的水分交换称为大循环。海洋或大陆内部的水分交换称为小循环。通过调节小循环条件，加强小循环的频率和强度，可以改善



1—来自地幔源的初生水；2—返回地幔的水；3—岩石重结晶脱出水（再生水）；4—沉积成岩时排出的水；5—和沉积物一起形成的埋藏水；6—与热重力和化学对流有关的地内循环；7—蒸发和降水（小循环）；8—蒸发和降水（大循环）；9—地下径流；10—地表径流

图 2-1 自然界的水循环



a—海洋蒸发；b—大气中水汽转移；c—降水；d—地表径流；e—入渗；f—地下径流；g—水面蒸发；h—土面蒸发；i—叶面蒸发（蒸腾）

图 2-2 水文循环示意图

局部性的干旱气候。目前人力仍无法改变大循环条件。

地壳浅表层水分如此往复地循环转化，乃是维持生命繁衍与人类社会发展的必要前提。一方面，水通过不断转化而使水质得以净化；另一方面，水通过不断循环水量得以更新再生。水作为资源不断更新再生，可以保证在其再生速度水平上的永续利用。大气水总量虽然小，但是循环更新一次只要 8 天，每年平均更换约 45 次。河水的更新期是 16 天。海洋水全部更新一次需要 2500 年。地下水根据其不同埋藏条件，更新的周期由几个月到若干万年不等。

2. 地质循环

地球浅层圈和深层圈之间水的相互转化过程称为水的地质循环。

上地幔的高温熔融的塑性物质（软流圈）的大规模对流，驱动着地壳板块的不断移动。在软流圈上升流区，上地幔熔融物质进入地壳或喷出地表时，地幔岩中的水分也随之