

高等教育“十三五”规划教材

矿井水害与防治

KUANGJING SHUIHAI YU FANGZHI

刘伟韬 主编



KUANGJING SHUIHAI YU FANGZHI

 煤炭工业出版社

高等教育“十三五”规划教材

矿井水害与防治

刘伟韬 主编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井水害与防治/刘伟韬主编. --北京:煤炭工业出版社, 2016
高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5020-4996-6

I. ①矿… II. ①刘… III. ①煤矿—矿井水灾—灾害防治—高等学校—教材 IV. ①TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 215780 号

矿井水害与防治(高等教育“十三五”规划教材)

主 编 刘伟韬
责任编辑 尹忠昌
编 辑 康 维
责任校对 孔青青
封面设计 盛世华光

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010-84657898 (总编室)
010-64018321 (发行部) 010-84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京玥实印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 14¹/₄ 字数 342 千字

版 次 2016 年 2 月第 1 版 2016 年 2 月第 1 次印刷

社内编号 7842 定价 28.00 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,电话:010-84657880

内 容 提 要

根据高等院校课程教学大纲的要求,针对煤炭行业生产的实际情况,严格依照国家相关法律法规及规程规定的要求编写了本书。本书围绕影响煤矿安全生产的矿井水害问题,在总结我国煤矿水害特点、水害类型、水害区域划分的基础上,重点分析了我国煤矿矿井的充水条件,包括充水水源、充水通道以及充水强度,介绍了矿井水文地质类型及矿井涌水量预测方法,详细论述了矿井水害的防治技术与方法以及常用的矿井水文物探技术,最后介绍了矿井突水事故发生后的处理与救援方法。

本书可供高等院校采矿工程、安全工程、地质工程及土木工程等相关专业的本科生和研究生作为教材使用,也可供从事水害防治、水文地质、工程地质和地下工程等专业的管理人员及现场工程技术人员参考。

编 委 会

主 编 刘伟韬

副主编 尹立明 常西坤 申建军 于师建 孙文斌

前 言

矿井水害是煤矿开采过程中的主要灾害之一,我国许多煤田的水文地质条件复杂,煤层开采过程中受到多种水体的威胁,矿井突水问题已经严重影响和制约了高产、高效矿井的建设和发展。近年来随着煤矿开采深度和开采强度的逐步加大,随之而来的安全隐患和安全事故也不断增多,安全形势十分严峻。目前,造成人身伤亡的煤矿事故中,矿井突水(特别是华东地区)事故仍然占有较大比例。如果不及时采取相应的防治对策,不仅突水事故将持续增加,还会使一大批受突水严重威胁的矿井提前报废,预计每年影响产量可达80~100 Mt,将严重制约国民经济的发展。矿井突水事故的发生,轻者使工作面关闭停产,造成矿井接续紧张,矿井排水费用急增,严重影响矿井正常生产,重者可能会造成淹井事故,危及国家财产和人民生命安全。近几年来,全国煤矿水害事故依然频发。2013年3月,黑龙江省龙煤集团鹤岗分公司振兴煤矿发生溃水溃泥事故,造成18人死亡。2013年12月22日,河南大峪沟煤业集团炭煤矿东翼采煤队南上山掘进工作面发生透水事故,造成7人死亡,9人受伤,直接经济损失1510万元。2014年4月,云南省曲靖市下海子煤矿发生透水事故,造成21人遇难。据统计,在过去的5年里,全国有300多个矿井由于突水被淹没,死亡1360多人,经济损失高达600多亿元人民币。采空区、老空(窑)积水突入矿井以及底板高承压水通过导水构造突入矿井引发的水害事故占水害事故总量的85%以上。众多突水事故的发生不仅造成了重大的经济损失和人员伤亡,也造成了不利的社会影响。

本书对矿井水害进行了系统论述,在总结我国煤矿水害特点、水害类型、水害区域划分的基础上,重点分析了我国煤矿矿井的充水条件,包括充水水源、充水通道以及充水强度,介绍了矿井水文地质类型及矿井涌水量预测方法,详细论述了矿井水害的防治技术与方法以及常用的矿井水文物探技术,最后介绍了矿井突水事故发生后的处理与救援方法。本书可供高等院校采矿工程、安全工程、地质工程以及土木工程等相关专业的本科生和研究生作为教学用书,也可供煤炭行业及相关矿业管理部门从事水害防治、水文地质、工程地质和地下工程等相关专业的管理人员及现场工程技术人员参考。

在本书的编写过程中，刘伟韬担任主编并负责第一、二、三章的编写工作，第四章由常西坤编写，第五章由尹立明编写，第六章由于师建编写，第七章由孙文斌编写。申建军负责图件清绘并参与了部分章节的编写工作，刘伟韬对全书进行了统稿。

在此，向为本教材的编写提供素材的人员，以及书中所引用成果的专家、学者表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中涉及的内容仍有许多需要在实践中进一步完善，书中难免有不足和错误之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

编 者

2015年2月于青岛

目 次

第一章 矿井水害概述	1
第一节 矿井水害基本概念	1
第二节 矿井水害特点及原因分析	2
第三节 矿井水害区域分布特征	9
第四节 矿井水害类型及主要特征	12
第五节 矿井防治水工作主要内容和基本原则	17
思考题	20
第二章 矿井充水条件分析	22
第一节 矿井充水水源	22
第二节 矿井充水通道	32
第三节 矿井充水因素分析	38
思考题	56
第三章 矿井水文地质类型及涌水量预测	58
第一节 矿井水文地质类型	58
第二节 矿井涌水量预测	64
第三节 影响矿井涌水量的因素	68
思考题	71
第四章 矿井水害防治方法	73
第一节 地表水害防治	73
第二节 顶板水害防治	84
第三节 底板水害防治	102
第四节 老空(窑)水害防治	113
思考题	121
第五章 矿井水害防治技术	123
第一节 安全煤(岩)柱留设技术	123
第二节 井下探放水技术	136
第三节 疏水降压技术	152
第四节 带压开采技术	159

第五节 注浆堵水技术.....	165
第六节 井下载水技术.....	176
第七节 预防巷道滞后突水技术.....	178
思考题.....	184
第六章 矿井水文物探技术.....	186
第一节 矿井直流电阻率法.....	186
第二节 无线电波透视法.....	194
第三节 矿井瞬变电磁法.....	202
思考题.....	208
第七章 矿井突水事故处理与救援.....	209
第一节 矿井突水预测.....	209
第二节 矿井水害事故处理.....	214
第三节 矿井水害事故救援.....	216
思考题.....	218

第一章 矿井水害概述

水害是煤矿的主要灾害之一，易发生群死群伤的事故。矿井在建设和生产过程中，常常会受到水害的影响，轻则影响正常生产，给安全管理带来困难，重则淹井伤人，往往会造成严重的经济损失甚至人身伤亡事故。随着近年来我国煤矿开采规模的不断扩大，开采深度不断增加，开采时所承受的水压越来越大，煤层底板承受岩溶承压水的水压已达 6 ~ 7 MPa，而开采煤层与其下伏的灰岩岩溶含水层之间的隔水层厚度一般只有 20 ~ 50 m，突水的概率大增。1984 年开滦范各庄矿特大突水事故最大涌水量高达 2053 m³/min，造成经济损失近 5 亿元；损失煤炭产量近 8.5 Mt；2005 年广东梅州大兴煤矿“8·7”特别重大透水事故，由于老空（窑）水透水事故造成井下 121 人遇难；2010 年发生在内蒙古乌海市骆驼山煤矿的“3·1”特别重大透水事故，由于巷道掘进过程中底板水突出，造成井下 32 人遇难；2013 年 3 月，黑龙江省龙煤集团鹤岗分公司振兴煤矿发生溃水溃泥事故，造成 18 人死亡；2013 年 12 月 22 日，河南巩义市大峪沟煤业集团炭煤矿东翼采煤队发生透水事故，造成 7 人死亡；2014 年 4 月云南省曲靖市下海子煤矿发生透水事故，造成 21 人遇难。据统计，在过去的 5 年里，全国有 300 多个矿井由于突水被淹没，死亡 1360 多人，经济损失高达 600 多亿元人民币。采空区、老空（窑）积水突入矿井以及底板高压水通过导水构造突入矿井引发的水害事故占水害事故总量的 85% 以上。

目前我国受水害威胁的矿井有 8000 多处，其中受水患威胁比较严重的矿井有 3000 多处，受水害威胁的煤炭产量大约为 1.5×10^9 t，占总产量的 60%，开采过程中的水害威胁严重影响了各矿区的安全生产，影响到矿井的正常接替，阻碍煤炭企业的发展。矿井水害已成为影响煤矿安全生产的重大问题之一，水害防治工作已经成为各矿区保证安全生产所必须面对的重大研究课题之一。

第一节 矿井水害基本概念

一、基本概念

1. 矿井水

凡是在矿井开拓、采掘过程中，渗入、滴入、淋入、流入、涌入和溃入井巷或采掘工作面的任何水源水，统称矿井水。

2. 矿井突水

凡因煤矿井巷、采掘工作面与含水层、被淹巷道、地表水体或含水的裂缝带、溶洞、溶穴、陷落柱、煤层顶板垮落带、构造破碎带等接近或沟通而突然产生的出水事故，称为矿井突水。

3. 矿井涌水

在矿井建设和生产过程中,各种类型的地下水进入采掘工作面的过程称为矿井涌水。矿井涌水的形式有缓慢的进入,也有突然的涌入。后者因水量大、来势快,又称矿井突水,造成的危害极大。

4. 矿井水害

凡影响煤矿生产、威胁采掘工作面或矿井安全的、增加吨煤成本和使煤矿井下局部或全部被淹没的矿井水,都称为矿井水害,也称为矿井水灾。

当矿井涌水超过正常排水能力时,就会发生矿井水害。矿井水害的危害极大,不仅可能淹没采掘工作面、巷道,甚至可能淹没整个矿井,造成作业人员的伤亡事故。

二、矿井水害对煤矿安全生产的影响

矿井水害是煤矿五大灾害之一,在煤矿生产建设过程中,经常会遇到水的威胁。矿井水害轻者会增加煤炭企业负担,影响经济效益;重者会直接危害职工生命安全,给国家财产造成损失。矿井水害对煤矿安全生产的影响具体表现在以下几个方面:

(1) 如果矿井排水系统不畅通,涌水任意流放,巷道或采掘工作面到处是泥水,必然恶化煤矿井下作业环境,不利于文明生产;

(2) 由于矿井水的影响,可能造成煤层顶板淋水,使巷道内空气的湿度增加,造成顶板破碎,对劳动条件及生产效率影响很大;

(3) 由于矿井水的存在,在生产中必须进行排水,水量越大,安装排水设备和排水用电费用就越高,不仅增加煤炭生产成本,也给煤炭企业管理工作增加一定的难度;

(4) 由于矿井水的存在,对金属设备、钢轨和金属支架,均会产生腐蚀作用,缩短生产设备的使用寿命;

(5) 当井下突然涌水或其水量超过矿井排水能力时,轻者会造成矿井巷道或采区被淹,给生产带来严重影响,重者矿井被淹,造成作业人员和国家财产的重大损失;

(6) 由于矿井受到各类水体的威胁,为保证安全就需要留设各类防水安全煤(岩)柱,影响煤炭资源的充分利用,有的煤炭资源甚至无法开采。

第二节 矿井水害特点及原因分析

一、我国煤矿水害事故的基本特点

2006—2014年全国煤矿事故及水害事故发生情况见表1-1。

通过对我国煤矿突水事故的调查与分析,根据“十一五”以来煤矿发生的众多水害事故案例,得出我国煤矿水害事故具有以下七个方面的特点。

1. 重特大水害事故后果严重、影响巨大

2006—2014年全国煤矿发生死亡10人以上重特大水害事故41起,死亡714人,平均每年发生5起左右,安全状况没有得到明显改善。2008年、2010年发生在国有重点煤矿和中央企业的3起特别重大突水事故,造成了重大的人员伤亡和财产损失,也在国内外造成了巨大的社会影响。

表 1-1 2006—2014 年全国煤矿事故统计表

年 度	全国煤矿 事故情况		水 害 事 故 情 况							
			全国水害事故		3~9 人		10~29 人		30 人以上	
	起数	死亡人数	起数	死亡人数	起数	死亡人数	起数	死亡人数	起数	死亡人数
2006	2945	4746	99	417	40	213	4	68	1	56
2007	2421	3786	63	255	28	146	3	56		
2008	1954	3215	59	263	17	81	7	99	1	36
2009	1616	2631	47	166	16	77	4	54		
2010	1403	2433	38	224	13	60	4	67	2	70
2011	1201	1973	44	192	16	78	6	85		
2012	779	1384	24	122	8	50	5	57		
2013	604	1067	17	86	11	54	2	28		
2014	413	777	20	88	7	37	2	38		
合计	13336	22012	411	1813	132	668	37	552	4	162

2. 重特大水害事故多是底板高承压水突出和老空（窑）区突水事故

目前不少矿井已进入深部开采，有些矿井开采标高已超过 -1000 m，未来一段时期，千米深井将成为我国煤炭行业的主力军。我国已经探明的煤炭资源中，约占 50% 的煤炭埋深超过 1000 m，山东省千米深井煤炭资源储量已经占到总储量的四成多。隶属于山东能源集团的孙村煤矿已有上百年开采历史，目前采深达到 1501 m，是亚洲最深的煤矿。深部煤层底板承受岩溶承压水的水压异常增大，突水的机率增大，淹井事故也逐年上升。

老空（窑）水主要是指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弃采空区积水或年代久远且采掘范围不明的老空（窑）积水。这种水贮集在采空区或与采空区相连的煤层或岩石巷道内，水体的几何形状极不规则，不断推进的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，采掘工程一旦接近便可突然喷出。如果对此类水体认识不足、重视程度不够、探放水措施不力，就会造成老空（窑）水事故多发的不利局面。

3. 煤矿水文地质工作仍存在诸多薄弱环节

一些煤矿企业水文地质情况探测不清，图纸实测、填绘不及时，不准确。采空区范围不准，积水区域不明，企业却依然冒险组织生产。山西吕梁市现保留有矿井 400 个，部分煤矿企业水文地质情况不清。

除了自身水文地质不清，原依附在大型矿井旁边的小煤矿水文地质也不清。一些关闭的小煤矿要么没有留下任何水文地质资料，要么留下的情况与井下实际不符，其开采边界、分布范围、积水空间不清楚。2006 年 3 月 18 日，山西省吕梁市临县胜利煤焦有限公司樊家山井在整顿期间违法组织生产，发生 1 起特大透水事故，死亡 28 人。事故的直接原因是樊家山坑口在发现有透水预兆后，没有落实“有疑必探”，掘进时冒险爆破，导致挡水结构突发式破坏，贯通本矿约 $1.6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的老空（窑）积水。

4. 部分煤矿水害防治措施落实不到位

大多数小煤矿没有建立水害防治规章制度,对《煤矿防治水规定》中要求的“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”水害防治“十六字原则”和“防、堵、疏、排、截”5项水害综合治理措施流于形式。2006年7月15日,贵州省安顺市紫云县偏坡院煤矿发生1起特大透水事故,18名矿工遇难。事故发生前,主管部门和该矿矿长都知道近在咫尺的雷打石煤矿(已关闭)有老空(窑)积水这一重大隐患,也标注在偏坡院煤矿采掘工程图纸上;6月,紫云县县委书记就此问题专门到该矿提出要求;7月13日,该县煤矿安全监察部门也下达了停产整顿通知书,明确指出“邻近老空(窑)积水,需要排除隐患”,矿长签了字,但却没有落实。事故发生后,矿长逃逸,矿上隐瞒事故不报,同时威胁13名脱险人员不得透露消息。

5. 部分煤矿仍有非法违规和超层越界开采现象

部分煤矿开采过程中的超层越界和非法生产仍然比较普遍,特别是一些非法开采的小煤矿,围聚在国有大型矿井田范围内,疯狂蚕食着国有资源,有的甚至连国有大型矿井的保安煤柱也给偷采了。有的国有大矿井田范围内的小煤矿开采范围和开采煤层没有界定清楚,存在着资源交叉、矿界重叠等现象。如山西省汾西矿业集团高阳煤矿周边小煤窑多达42个,这些小煤窑迂回交叉,不仅将高阳煤矿蛀蚀得千疮百孔,而且给防治水工作带来极大困难;四川省广能集团井田范围内,也存在着小煤矿越界开采问题,严重威胁着广能集团部分矿井的安全生产。

6. 部分煤矿防排水体系不完善

部分煤矿井下水仓、水泵、排水管路、供电系统不健全,配备标准低,不符合《煤矿安全规程》要求。有的小煤矿甚至用煤电钻代替探水钻进行探、放水工作,引发水害事故。很多煤矿虽然配备了探、放水钻机,但由于技术人员不到位,同时又怕增加生产成本,实际并未使用。贵州省安顺市紫云县偏坡院煤矿“7·15”特大透水事故前,矿上已经购买了2台探水设备,但却一直闲置着,设备被用来应付检查。

另外,部分煤矿没有应急预案,没有配备相应的应急救援排水设备,更没有进行应急救援演练,一旦发生水害事故,只能束手无策,等待救援。如山西省柳林县郭家山煤矿,编制的应急预案极不规范,表述不准确,根本不具备可操作性,纯粹为了应付检查,更没有防治水机构和探放水队伍的建设。

7. 煤矿防治水专业技术人员存在短缺现象

目前,煤矿地质、水文地质、测量等专业人才严重匮乏。部分煤矿是靠多年从事煤炭生产的老工人指导生产,而水文地质专业人员奇缺,防治水工作“无人管、不会管、管不好”情况严重。就连区(县)级煤矿安全管理部门,也没有1名水文地质方面的技术人员,无法科学合理地指导煤矿企业安全生产。已经发生的很多起老空(窑)透水事故,透水前都有明显的征兆,由于煤矿地质和水文地质人员缺乏,从业人员没有防治水害的专业知识,不仅不能识别明显的透水预兆,而且还违章指挥,使煤矿水害防治工作更加困难。

二、我国煤矿水害事故防治现状

近年来,国家煤矿安全监察局、各省市煤矿安全监察局以及各级煤炭行业管理部门、

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。

各矿区对水害防治工作进行了全方位整改,完善矿井水害防治措施,建立水害防治组织机构;健全矿井水文地质图、水文地质台账;建立专业的探放水队伍,配备探放水装备;建立完善的矿井主排水系统;制订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准备工作。

从我国各矿区水害事故防治工作的全局来看,还存在明显不足,主要表现在:

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 尽管有些煤矿建立起了水文地质台账、水文地质图等,但由于日常的矿井地质工作和水文地质工作不够规范,对矿井水文地质的变化情况掌握不够,对水害隐患预测不够。

(5) 对矿井的主要突水水源、各含水层的涌水特性、涌水量及突水压力认识模糊,甚至对矿井的正常涌水量和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。

(6) 个别煤矿由于井田勘探不够准确,对井田内的地质构造掌握不清,对矿井突水机理、容易发生突水的区域、矿井涌水量随季度的变化规律、承压水认识不足。

(7) 相当一部分煤矿主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。

(8) 主排水系统安全设备存在缺陷,相当一部分乡镇煤矿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回路供电。

(9) 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。

(10) 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。

(11) 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,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。

(12) 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,专业技术人员缺乏,水害治理不够及时,造成了很大的经济损失。

三、煤矿水害事故频繁发生的原因

通过对近年来我国煤矿水害事故发生的特点及基本规律可以看出,煤矿水害频发的主要原因表现在以下六个方面。

1. 对采矿工程所诱发的突(透)水事故防范措施不到位

由于对采矿工程所诱发的突(透)水事故防范措施不到位,引发了多起突水事故的

发生。例如对采空区积水及关闭废弃的小煤窑积水特征及其潜在的透水危险性认识不足,矿井关闭过程中的水文地质工作及其关闭后对地下水活动条件的预测预报和监测监控不到位,导致对废弃矿井采掘空间分布情况及其积水淹没情况不清楚;部分资源基本枯竭的小矿井,为维持生产,违法超(深)层越界开采甚至开采防、隔水煤柱,在不清楚相邻矿井地质资料的情况下,也不进行探放水工作;还有一些矿井,在采掘工程平面图上弄虚作假,将井下超层越界开采区域和存在水患的采掘工作面进行封闭伪装,掩盖真实采掘活动。防水煤(岩)柱留设不足、破坏防水煤(岩)柱或缺乏必要的防水煤(岩)柱,就会在巷道掘进过程中直接或间接揭露采空区积水最终造成矿井透水灾害。该类型水灾突发性强,冲击力强,往往造成瞬间淹井和惨重的人员伤亡。

2. 现有的针对隐蔽型导水构造的超前精细探查预测技术与装备不足

现有的技术与装备对于隐蔽型导水构造的探查能力还存在不足。隐蔽型导水构造是指无明显的地表出露和地质显现特征,发育于岩层内部的较小规模的地质构造,主要包括隐伏断层、局部构造破碎带、岩溶陷落柱等,它们是沟通矿区充水水源与矿井采掘空间的主要导水通道,在矿井采掘过程中必须超前探知该类隐伏导水构造并进行必需的治理和防范措施后才能予以揭露和通过。大量来自掘进巷道前方的突水事故说明对该类导水构造的探测预报和防治不到位,探测工程不足或探测精度不够,造成掘进巷道与隐伏导水构造相通,形成矿井突水灾害。

3. 煤矿水害防治技术、装备落后,防治水技术力量薄弱

据统计,90%以上的透水事故都有透水征兆,但由于煤矿地质和水文地质的技术人员缺乏,矿井没有防治水害的专业知识,不能识别明显的透水征兆,在透水征兆十分明显的情况下,仍违规组织生产,使本可避免的重特大透水事故在同一地区或不同地区重复发生,导致作业人员伤亡或整个矿井被淹。部分煤矿(特别是乡镇小煤矿)缺乏专门的矿井水文地质专业人员和必需的矿井水害探测防治装备,对矿井水害防治的重要性认识不到位,在矿井水文地质条件不清的条件下盲目生产是导致矿井水害事故发生的根本原因。

4. 防水煤(岩)柱的留设不合理,造成断层或其他含水体水突(透)入矿井

对于一些大型导水断裂,由于断层两盘的牵引裂隙广泛发育,该类断层(断层带)除了具有导水性质外,其断裂带本身就是一个含水体,有些断层两盘的导水裂隙十分发育,且具有一定的宽度,在断层防水煤(岩)柱留设过程中,往往只考虑了掘进工作面到断层面的距离而忽视了断层两侧导水断裂带的存在,从而导致了因防水煤(岩)柱留设不足而诱发的矿井水害。由于断层面或断层牵引形成的断裂带导水引发的矿井突水灾害在矿井突(透)水事故中占有很大比例。

5. 对底板突水机理、突水前兆信息认识不足

我国矿井水文地质工作者对华北地区矿井的突水机理已经做过研究,提出了多种突水机理理论,例如“下三带”理论,“原位破裂”理论,“岩水应力关系”理论和“递进导升”理论。这些理论中都没有很好地将突水机理和突水前兆信息联系起来,也没有很好地将形成机理与数学模型、监测技术进行有机的结合,造成应用上的困难。因此长期以来,底板突水的评价一直以突水系数为主,单一而且过于简单的评价方法使得评价难以准确,难以真正指导生产。

6. 探放水措施不力、未进行探放水或者违章探放水

由于我国乡镇煤矿经多次治理整顿、资源整合和关闭,许多废弃矿井没有留下详细的地质资料,其开采边界、分布范围、积水空间不清楚,已成为正在开采煤矿的主要水害隐患。同时部分老矿井早期开采资料丢失或不全,导致深部开采时浅部采空区积水成为隐患。多数乡镇煤矿没有防治水专业人员和专职探放水队伍,在掘进和采煤过程中,没有进行探放水工作,或者违章用煤电钻代替专用探水钻机进行探放水工作,由此导致透水事故的频发。

四、矿井安全生产对水害防治技术的基本要求

随着我国煤炭工业的快速发展,煤矿技术装备水平迅速提高,大量的新技术、新成果、新方法得到了广泛的推广与应用,煤矿安全生产对防治水技术提出了新的要求,主要表现在以下几个方面:

(1) 矿井水文地质条件的探查和水文地质信息的分析与管理技术,必须满足现代化矿井建设与生产在时间与空间方面的要求。

(2) 煤层顶、底板含水导水构造的探测精度和探测深度,必须满足现代化矿井巷道采掘构造在速度和空间尺度方面的要求。

(3) 矿井充水因素的预测预报,必须实现实时性和定量性。

五、水害治理对策与措施

根据我国煤矿水害事故特点、产生的原因及目前矿井生产对安全保障技术的基本要求,煤矿水害防治的基本对策主要包括以下五个方面。

1. 加强对矿井采空区及关闭废弃矿井的研究,做好废弃矿井及老空(窑)积水诱发煤矿水害的预防工作

(1) 加强矿井采空区及关闭废弃矿井空间结构、分布及其充水条件的探测与预测预报研究。重视对废弃矿井关井前后的水文地质演化规律与发展趋势预测研究,建立矿井关闭后地下水恢复及其淹没过程与充水特征的监测监控系统,掌握废弃矿井的水文地质动态。

(2) 开展必要的关井安全技术条件、地质灾害和环境影响评价研究。我国已逐渐进入矿井关闭的高峰阶段,这项工作显得更加迫切和必要。评价研究的主要内容:预测关井后地下水流场及水位回弹情况,评价其水位回弹过程中可能产生新的水文地质问题及其对相邻矿井的影响;预测水位回弹后可能产生的环境与地质灾害问题;建立废弃矿井水情变化监测系统和信息数据库,实现对废弃矿井在关闭前、关闭过程和关闭后的全程监控。

(3) 开展废弃煤矿边界、水文地质条件的探查工作。废弃煤矿多为地方小矿,绝大多数无明显矿界、无图纸、无文字记录,有的破坏防隔水煤(岩)柱,给大型矿井的采掘安全造成很大威胁。山西左云“5·18”矿难、广东大兴“8·7”矿难等特别重大灾害就是因为废弃矿井的边界不清或采矿活动中人为破坏防隔水煤(岩)柱造成的。据调查,在我国山东、山西、江苏、河南、河北、湖北、广西、云南、贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等省都存在这样的问题,所以开展废弃煤矿边界的探查具有广泛的意义。

(4) 开展对废弃煤矿水情的监测。废弃煤矿的边界和水文地质条件查清以后还要对

其进行水位、水质监测和对其防水煤(岩)柱的应力、变形、电阻率等进行监测。随着电子技术的发展,这些监测技术已经成为可能。如果在开采过程中对已知地段或可疑地段进行监测,则可以避免许多重特大灾害的发生。

2. 加强对现代采矿条件下煤层隔水岩层的防突水效应研究,做好防水煤(岩)柱留设不足造成的水害事故预防工作

矿井突水应具备三个基本要素,即水量、水源和导水通道。过去的研究成果主要集中于水量和水源,而对突水通道的研究较少开展,特别是对煤层顶底板隔水层的防突水效应研究成果更少。随着现代深部开采,疏降难度加大和对水资源保护日益重视,深入认识和研究煤层顶底板隔水层的防突水效应,进而有效利用隔水层的自然防突水能力,显得尤为重要。因此有必要通过对煤层顶底板隔水层的地质构造和岩石力学结构、采动扰动破坏机理、水岩相互作用机理及它们之间相互关系的研究,提出煤层顶底板隔水层防高压水侵入和突出的综合评价理论和方法,充分利用隔水层的防突水效应,为安全回采深部煤炭资源提供水文地质安全保障。

各类防水煤(岩)柱是存在于矿井采掘区与导含水构造之间的安全隔水层,防水煤(岩)柱的留设尺寸必须严格按照《煤矿防治水规定》中的规定,在认真分析矿井水文地质条件的前提下经过计算确定。在防水煤(岩)柱计算时要考虑导含水构造的水文地质性质、产状、与煤层的相对位置、与煤层开采后垮落带与裂缝带的位置关系、导含水构造的地质影响带宽度、水压大小及煤(岩)柱的综合阻水能力等因素,要在确保最容易被突破的薄弱位置安全的前提下,逐级反算煤(岩)柱的留设尺寸,切勿简单地计算采掘工作面到导含水构造之间的距离。

3. 加强现代采矿条件下矿井底板水突出机理研究,做好由于底板突水机理认识不足或对突水评价方法不准确导致的水害事故预防工作

煤层底板突水是一个底板岩层内应力、渗流等诸多因素的作用过程,突水机理应该能够反映底板破裂、变形等突水前兆。根据观测和实验,煤层的导水裂隙是由下而上发展的,煤层底板突水是承压水沿导水裂隙向上突入矿井的结果。因此突水的数学模型中应包含断裂力学和损伤力学模型,导升裂隙的上方是损伤带,突水实质上是导升高度的递进发展过程。

多年来沿用的防治矿井水突水系数理论是根据浅中部煤炭资源在小尺度工作面开采过程中总结出的经验理论,而现今开采已延展至深部,深部的围岩应力条件、矿压扰动和开采破坏条件都与浅中部有很大不同。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害防治工作,必然会给生产和安全带来误导。因此,有必要通过现场观测试验、理论计算分析和室内物理与数值模拟,研究在现代开采地质与水文地质条件下,采用综合机械化开采,煤层底板水的突出机理和控制因素,为有效实施底板水的监测监控和适时预报预警提供理论依据。

4. 加强对隐伏导水构造精细探查技术与装备研发,做好由于技术装备落后、安全管理薄弱引起的水害事故预防工作

在充分调查研究和总结现有地质探查技术与装备在防治水方面的效能基础上,借鉴相关学科的技术进步与研究成果,针对目前矿井水文地质条件,特别是隐伏导水构造长距离、高精度探查方面存在的问题,研究、开发新的隐伏导水构造精细探查技术与装备。重