

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

矿井水灾防治

王国际 黄小广 高新春 编著



Kuangjing Shuizai Fangzhi

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

矿井水灾防治

编 著 王国际 黄小广 高新春
参 编 赵广兴 张树良 郭军杰

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书为煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材,主要介绍了矿井水灾概况、矿井充水条件、矿井突水机理、矿井涌水预测、矿井水灾防治技术、煤矿注浆堵水技术、立井地面预注浆、立井工作面预注浆、立井井壁后注浆、井下巷道注浆技术等内容。

本书可作为高等职业技术教育及技术培训相关专业的教材,亦可供广大采矿工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿井水灾防治/王国际,黄小广,高新春编著. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2008. 5
全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 81107 - 712 - 4

I. 矿… II. ①王…②黄…③高… III. ①煤矿—矿山水
灾—预防—高等学校;技术学校—教材②煤矿—矿山水
灾—处理—高等学校;技术学校—教材 IV. TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 155826 号

书 名 矿井水灾防治
编 著 王国际 黄小广 高新春
责任编辑 吴学兵 周丽 何戈
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
经 销 新华书店
开 本 787×1092 1/16 印张 26.25 字数 655 千字
版次印次 2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷
定 价 45.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主任:李增全

副主任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘书长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 矿井通风与安全专业编审委员会成员名单

主任:仵自连

副主任:景国勋 王国际 张天驹

委员:(按姓氏笔画为序)

王永才 王永祥 王德银 仝洪昌

刘一新 刘玉洲 余明高 郑小欢

袁东升

前 言

2000年以前,在我国矿业类主体专业(如本科类的采矿工程、安全工程,专科类的煤矿开采技术、矿井通风与安全、安全技术管理等专业)的教学计划中,并没有将矿井水灾防治作为一门课程来安排,而是将相关内容在矿井通风与安全这门课程中作为一章向学生讲授,讲授时间一般为4~6个学时。近年来,随着煤炭工业的迅速发展,矿井开采深度不断加大,开采过程中承受的水压越来越大,尤其是随着采煤方法的改革,采掘机械化程度快速提高,矿井生产能力不断加大,矿井水灾事故产生的条件、威胁程度以及水灾形成的机理都在发生着很大的变化,煤矿水灾事故频发,给国家和人民带来的经济损失和人身伤亡极为惨重,矿井水灾的防治越来越受到高度重视。在矿业类主体专业的教学计划中将矿井水灾防治专门作为一门课程,增加授课学时,培养懂得矿井水灾防治专门知识和技能的高素质人才,对于减轻矿井水灾危害,保证矿井安全生产具有重要意义。

本书是根据教育部、国家安全生产监督管理总局教育协会的有关指示精神,组织具有多年从事矿井水灾防治工作经验的教师和专家共同编写的,适合矿业类主体专业本、专科层次的学生使用,可以作为煤矿安全培训教材,也可以供煤矿安全监察部门、煤炭行业管理部门以及煤炭企业的工程技术人员参考,计划学时为40学时。从本课程理论体系和技术的完整性考虑,书中部分章、节理论性较强,且有一定难度,专科层次的学生使用时可以选修。全书共分十二章,系统介绍了矿井水灾防治的专门知识和相关技术。前四章主要介绍矿井水文地质学基本知识,其中第一章、第二章由永煤集团安检局局长张树良高工编写,主要介绍我国矿井水灾防治概况,并从矿井充水水源、充水通道及充水强度等方面分析了矿山水害产生的条件及主要影响因素;第三章、第四章由河南工程学院郭军杰讲师编写,主要介绍不同充水水源的突水机理和矿井涌水量预测的基本理论与方法;第五章、第十二章由河南工程学院赵广兴副教授编写,系统介绍了矿井水灾防治的主要途径和基本方法以及注浆堵水工程管理的的基本手段;第六章、第七章由河南理工大学成人教育学院副院长黄小广教授编写,主要介绍矿井注浆堵水技术的基本理论、注浆材料和注浆设备以及立井井筒地面预注浆的方案设计、注浆参数、注浆工艺等;第八章、第九章由河南工程学院高新春副教授编写,介绍立井工作面预注浆和井筒壁后注浆的方案设计、注浆参数和注浆工艺等;第十章、第十一章由河南工程学院安全工程系主任王国际教授编写,介绍井下巷道注浆技术以及华北地区开采二、煤时的煤层底板注浆加固改造技术。为了便于学生学习和工程技术人员参考,在矿井注浆堵水实用技术的几章中,编入了大量的工程成功案例,以更为直接地证明注浆堵水技术的实用性和有效性。

在本书写作过程中得到了多位专家、学者的指导,参考了大量同行的学术成果,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

2007年12月

| | |
|-----------------------------|-----|
| 目 录 | |
| 第一章 中国煤矿水灾概况 | 1 |
| 第一节 煤矿水灾及其防治现状..... | 1 |
| 第二节 中国煤矿水灾的区域性特征..... | 5 |
| 第三节 矿井水灾的基本类型..... | 6 |
| 第四节 矿井水文地质工作的主要内容和技术方法..... | 7 |
| 思考题..... | 14 |
| 第二章 矿井充水条件 | 16 |
| 第一节 充水水源..... | 16 |
| 第二节 涌水通道..... | 22 |
| 第三节 充水强度..... | 25 |
| 第四节 矿井水文地质类型..... | 27 |
| 思考题..... | 28 |
| 第三章 矿井突水机理 | 29 |
| 第一节 矿井突水..... | 29 |
| 第二节 断层突水机理..... | 37 |
| 第三节 底板破坏型突水机理..... | 53 |
| 第四节 滑动构造与底板突水..... | 63 |
| 思考题..... | 80 |
| 第四章 矿井涌水预测 | 81 |
| 第一节 矿井涌水预测..... | 81 |
| 第二节 矿井涌水量估算方法..... | 93 |
| 思考题..... | 120 |
| 第五章 矿井水灾防治技术 | 121 |
| 第一节 地面防治水..... | 122 |
| 第二节 井下防治水..... | 123 |
| 第三节 井下探放水..... | 131 |
| 第四节 井下疏放水..... | 141 |
| 第五节 矿井突水事故的处理..... | 150 |
| 思考题..... | 155 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 第六章 煤矿注浆堵水技术 | 156 |
| 第一节 注浆技术的发展、现状与研究方向 | 156 |
| 第二节 注浆基本理论..... | 157 |
| 第三节 注浆材料..... | 190 |
| 第四节 注浆设备与机具..... | 201 |
| 思考题..... | 202 |
| 第七章 立井井筒地面预注浆 | 204 |
| 第一节 概述..... | 204 |
| 第二节 施工方案选择..... | 205 |
| 第三节 注浆孔的布置..... | 208 |
| 第四节 注浆方式和注浆段高..... | 209 |
| 第五节 注浆工艺及其作业..... | 213 |
| 第六节 注浆施工中的疑难问题及处理方法..... | 227 |
| 第七节 立井地面预注浆工程实例..... | 229 |
| 思考题..... | 236 |
| 第八章 立井工作面预注浆 | 237 |
| 第一节 概述..... | 237 |
| 第二节 止浆垫与隔水岩段的设计..... | 238 |
| 第三节 止浆垫的施工..... | 244 |
| 第四节 预注浆布孔方案的确定..... | 247 |
| 第五节 钻孔注浆..... | 249 |
| 第六节 立井工作面置换注浆..... | 255 |
| 第七节 立井工作面预注浆工程实例..... | 257 |
| 思考题..... | 269 |
| 第九章 立井井壁壁后注浆 | 271 |
| 第一节 概述..... | 271 |
| 第二节 普通混凝土井壁壁后注浆..... | 272 |
| 第三节 复式壁后注浆..... | 283 |
| 第四节 特种井壁壁后注浆..... | 291 |
| 思考题..... | 307 |
| 第十章 井下巷道注浆技术 | 308 |
| 第一节 概述..... | 308 |
| 第二节 巷道掘进工作面超前预注浆技术..... | 309 |
| 第三节 井下巷道后注浆..... | 323 |
| 第四节 井下防水构筑物后注浆..... | 345 |

| | |
|-----------------------------|------------|
| 第五节 盾构施工的壁后注浆····· | 350 |
| 第六节 井下巷道动水注浆····· | 353 |
| 思考题····· | 356 |
| 第十一章 煤层底板注浆加固技术····· | 357 |
| 第一节 概述····· | 357 |
| 第二节 注浆加固层位的确定····· | 358 |
| 第三节 底板注浆加固方案的确定····· | 361 |
| 第四节 底板加固注浆工程实例····· | 381 |
| 思考题····· | 384 |
| 第十二章 注浆工程管理····· | 385 |
| 第一节 概述····· | 385 |
| 第二节 注浆工程的统计、检查与验收····· | 386 |
| 第三节 注浆工程施工招、投标及合同管理····· | 387 |
| 第四节 注浆工程的监理····· | 390 |
| 第五节 注浆工程安全管理····· | 396 |
| 第六节 注浆工程费用····· | 398 |
| 思考题····· | 402 |
| 参考文献····· | 403 |

第一章 中国煤矿水灾概况

第一节 煤矿水灾及其防治现状

一、我国煤矿水灾事故的基本特点

凡影响矿井正常生产、威胁采掘工作安全、增加吨煤成本以及使矿井局部或全部被淹的矿井水带来的灾害统称为矿井水灾。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。近年来,煤矿井下突水事故呈增加趋势,轻者影响矿井正常生产,造成经济损失;重者造成矿井局部或全部被淹,甚至造成重大的人员伤亡事故,我国煤矿已成为受水灾危害最严重的国家之一。据不完全统计,在过去的 20 多年里,有 400 多个矿井被水淹没,死亡 2 300 多人,经济损失高达 400 多亿元人民币。底板高压水通过导水构造突入矿井、采空区及老窑积水突入矿井的水灾事故占水灾事故总数的 85% 以上。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。

由于煤炭企业规模迅速扩张,1986~1995 年、2000~2003 年期间是我国煤矿水灾最为严重的时期,当时华北各矿区以及广东、广西、湖南、山西等矿区连续发生了多起灾难性突水淹井事故。

2004 年以来,由于国家安全生产监督管理局对矿井水灾防治工作监管力度的加大,我国煤矿水害事故呈现出逐年减少的趋势,但重特大事故数量并没有降下来。随着科学技术的进步,煤矿生产与建设过程中的装备、工艺和技术都有了极大的提高,矿井生产和建设规模迅速扩张,而矿井水灾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,从而形成了某些矿区煤矿突水事故、死亡人数及经济损失的反弹和上升,特别是特大型矿井突水事故频繁发生。

通过近年来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 重特大水灾事故增多,事故后果严重,社会影响面大。
- ② 重特大水灾事故多是底板高压突水和老空突水事故。

③ 大的水灾事故主要发生在华北型煤田。

④ 水灾事故与矿井防治水措施落实不到位有着密切的关系。在近期发生的突水事故中 70%~80% 的矿井防治水措施落实不到位,矿井水灾防治技术人员缺乏,安全管理水平低下。

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。

煤矿突水事故所造成的经济损失是巨大的。例如,我国永城、井陘、淄博、郑州等矿区均发生过突水量在 $50 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上的重大突水事故,各矿区总排水量均大于 $500 \text{ m}^3/\text{min}$ 。吨煤排水成本为 10~40 元,占原煤成本的 10%~30%。年排水费高达数千万元,部分矿区由于排水费用过高,长期亏损,严重影响到企业的发展。开滦范各庄矿 1984 年特大突水事故造成经济损失近 5 亿元,损失煤炭产量近 8.5 Mt。据统计,目前我国受水害威胁的矿井有 2 000 多处,核定生产能力占总产量的 40% 以上。其中受水患威胁比较严重的矿井有 500 多处,煤炭产量 7 亿多吨,占总产量的 30%,这种局面严重影响到各矿区的安全生产,影响矿井的正常接替,阻碍煤炭企业的发展。我国的一些主要矿区,如焦作、峰峰、邯郸、邢台、井陘、淄博、肥城、韩城、郑州、永城等矿区受水威胁的储量占矿井总储量的 60% 以上。因此,不迅速解决水灾事故上升的问题,将会出现矿区煤炭产量下降的趋势。此外,目前不少矿井已进入深部开采,有些矿井开采标高已超过 $-1\ 000 \text{ m}$,最深的已达 $-1\ 200 \text{ m}$ 。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 10~20 m,突水的几率增大,淹井事故也逐年上升。由此可见,水灾已成为影响煤矿安全生产的重大问题之一,水灾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。

二、我国煤矿水灾事故防治现状

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以及煤炭企业已经把矿井水灾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,各矿区对水灾防治工作进行了全方位整改。例如,进一步完善矿井水灾防治措施,建立、健全水灾防治组织机构,各煤炭企业必须设专职主要管理人员主抓矿井水灾防治工作;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;制定年度和季度水灾防治计划、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。

受底板灰岩水威胁的华北各矿区在水灾防治策略方面基本上理清了思路,认真贯彻“预测预报、有疑必探、先探后掘、先治后采”的防治水原则,确立了以疏放结合的带压开采为主的防治水策略,肥城、焦作、永城及郑州等矿区近几年大力开展了对二₁煤底板进行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。例如,焦作矿区 2002 年以来连续 5 年不间断地改造加固二₁煤底板,使得全矿区矿井涌水量下降了 50% 以上,每年节约排水费 1 000 多万元,彻底扭转了长期亏损的被动局面,为企业的发展作出了重大贡献。

从我国各矿区水灾防治工作的全局来看,还存在有明显不足的问题,主要表现在矿井水灾防治专业技术人员严重缺乏,对水灾防治工作的重大问题研究深度不够;少数煤矿对水灾

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;尽管有些煤矿建立起了水文地质台账、水文地质图件等,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、涌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灾防治要求;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。

由于存在以上不足,近年来,我国煤矿重特大水灾事故时有发生,矿井水灾防治工作任务任重道远。

三、煤矿水灾事故频繁发生的根本原因

造成矿井水灾频发的主要原因是水灾防治技术手段推广应用不够,防治水资金投入不足,矿井水文地质基础工作薄弱等。尽管我国煤矿防治水技术的实验研究条件和水灾探查治理装备比较先进,但由于我国煤矿水文地质条件复杂,水灾较为严重,长期以来我国政府和广大科技人员为煤矿水灾防治工作付出了艰苦的努力。目前我国的煤矿防治水技术处于世界领先水平。在长期与煤矿水灾事故斗争的过程中,以中国煤炭科学研究总院西安分院及有关高校和科研院所为代表的防治水科研队伍,研发形成了较为系统完善的、适合我国国情的煤矿水灾防治技术、方法和相关的仪器装备。但由于生产企业在市场经济条件下没有及时调整好快速增长的生产方式与安全配套的防治水技术和措施之间的协调关系,致使矿井水灾防治技术难以满足矿井的满负荷甚至超负荷生产要求。许多煤炭企业在 1997~2000 年期间因效益不好,造成高素质专业水文地质人才流失,企业的防治水技术与管理人员数量不足,加上规范化监管力度不够,使得现有的防治水技术和手段没有得到充分的应用,造成矿井基础水文地质工作力度不够。

防治水技术手段落后,矿井水灾条件预测的准确度不能满足现代机械化生产的要求,是造成矿井水害的根本原因。近年来,煤矿开采方式有了很大改进,开采深度和工作面开采空间尺度不断增大,致使水灾产生的条件、水灾威胁的程度以及水灾形成的机理都发生了较大的变化,而目前我国防治水技术和水害预测评价的理论基础仍然以 20 世纪 50 年代苏联的相关理论和我国 20 世纪 80 年代所积累的防治水经验及其相关研究成果为主。矿井水灾防治作为一门实践性很强的学科,其特定历史阶段的研究成果具有极强的时间效应对特定的采矿方式与采矿环境的适应性。历史所形成的传统的防治水技术措施已经不能完全满足

新形势下现代化矿井建设与生产的要求,矿井生产的安全高效与防治水技术发展水平的相对落后必然会造成突水淹井事故数量的上升。

没有研制出对含水构造和涌水通道进行准确探查的技术与装备,造成了对矿井导水通道的位置、分布、含水性、导水性等的探测不准确。所制定的防范措施不到位,缺少针对性,是导致灾难性水灾事故的直接原因。水源、水量、导水通道是煤矿水灾产生的三大因素,矿井水文地质工作的核心内容就是要查明这三大因素。含水层对水源和水量起决定性作用,其补给和排泄条件具有区域性和面状分布的特点,因此往往是易于查明和预测分析的,但导水通道(断层、陷落柱、不良封闭钻孔等)具有显著的局部性和难以预测性,大多数灾害性突水事故都起因于对导水通道的不可预知性。煤矿水灾存在最为普遍、突水灾害最为严重、突水因素最为隐蔽、水害安全最难预知的莫过于华北型奥陶系岩溶水通过断层或陷落柱突水,而我国目前拥有的矿井水文地质条件探查技术与设备对于断层和陷落柱等导水构造的探查精度和超前探测距离都不能满足现代化矿井对防治水工作的基本要求。

越层越界等非法开采的人类活动所诱发的突水条件和水害隐患,是造成老空、老窑突水的根本原因。近年来,政府对乡镇煤矿进行资源整合,大量小煤矿被关闭,部分国有煤矿因资源枯竭而关闭,使得生产矿井周边形成了新的水源和涌水通道。由于没有对矿井关闭可能诱发生产矿井水文地质条件恶化的危险度进行系统评价,没有采取切实可行的水害监测和防范措施,缺乏关闭矿井相关工程和技术资料的系统整理,对废弃矿井突水条件的认识及防范措施准备不足,因此频繁发生灾难性的突水事故,而且这类事故呈现出明显的上升趋势。更感沉痛的是该类水灾事故的涌水水源和涌水通道是人类自己的行为造成的。

矿井水灾条件的适时监控与预报技术装备的落后,造成了工作面采煤过程中对孕育和发展过程中的水灾隐患未能提前预测预报,这是导致特大型突水灾害的重要因素。因此,研制更加有效、更加精确的矿井水文地质条件预测预报技术装备,并加以推广应用,实现对影响矿井水灾的关键因素进行适时监控和分析,提前制定切实可行的防范措施,是避免突发性水灾事故发生的关键性措施。

四、矿井安全生产对水灾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工作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,必须实现适时性和定量性。

五、煤矿水灾防治技术发展所面临的问题

根据我国煤矿水灾事故的特点、产生的原因及目前矿井生产对水灾安全防范技术的基本要求,煤矿水灾防治技术所面临的基本问题和关键技术有以下几点:

1. 加强对现代采矿条件下矿井底板水突出机理的研究

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出的经验理论,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试验研究、理论计算与分析及室内物理与数学模拟等,研究在新的地质与水文地质条件下、在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. 加强对现代采矿条件下煤层底板隔水层隔水性能的研究

水量、水源和导水通道是矿井突水的三个基本要素,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工作较少,特别是对煤层底板隔水层的隔水性能的研究较少。随着开采深度的增加,深部疏水降压难度加大,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,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、水岩相互作用机理以及它们之间相互关系的研究,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防、隔水性能,开采深部煤炭资源,提供水文地质基础资料。

3. 加强对导水构造探查技术与装备的研发

在充分调查研究和对现有地质探查技术与装备充分了解的基础上,借鉴相关学科的最新技术与研究成果,针对目前矿井水文地质条件,特别是隐伏导水构造远距离、高精度探查方面存在的问题,研究开发新的探查技术与装备。重点研究以水源和导水构造为主的高精度、远距离快速物探技术与装备,从而提高矿井突水条件的探查精度和空间距离。

4. 加强对煤层底板水灾监控预警技术与装备的研究

根据对矿井底板水害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监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,建立矿井水灾自动监测预报预警系统,开发相应装备,实现矿井水害的临突预报。研究开发矿井水害监控预警技术与装备,以实现矿井突水前兆的适时监控、水灾控制信息的过程与动态分析以及水害发生时的即时预警。

5. 加强对重大水灾事故快速处理技术与装备的研究

重点研究矿井突水淹井后突水水源的快速判别,利用注浆技术对出水点的快速封堵以及被淹矿井快速恢复等关键技术。

第二节 中国煤矿水灾的区域性特征

根据我国各矿区的不同水文地质特征、矿井涌水特点、水灾事故发生频率以及水灾事故对矿井生产的危害程度,可将我国煤矿划分为以下6个矿井水灾区。

1. 华北石炭二叠系岩溶裂隙水灾区

该区位于阴山构造带以南,昆仑—秦岭构造带东段以北,贺兰构造带以东地区,属亚湿润、亚干旱气候区。区内各矿区开采煤层由于受到底部寒武系、奥陶系、石炭系灰岩岩溶裂隙含水层以及二叠系砂岩承压裂隙含水层的影响,矿井突水频繁,水量大,水压高,轻者影响

生产,重者造成矿井局部或全部被淹,甚至造成重大水灾事故,经济损失严重,给安全生产带来严重威胁。

2. 华南晚二叠统岩溶水水灾区

该区位于昆仑—秦岭构造带东段以南,川滇构造带以东地区,属湿润气候区,年降水量为 1 200~2 000 mm。区内各矿区开采煤层顶、底板灰岩厚度大,岩溶裂隙发育,多溶隙、溶槽、溶洞等喀斯特现象,矿井突水频繁,水量大,多数矿井正常涌水量可达 2 000~5 000 m³/h。突水常引起地面严重塌陷,井下黄泥突出,堵塞井巷,雨季水灾事故明显增多,严重威胁到矿井安全生产。

3. 东北侏罗系裂隙水水灾区

该区位于阴山构造带以北地区,属湿润—亚湿润气候区,年降水量为 400~800 mm。该区开采煤层顶、底板岩层富水性较弱,矿井水一般不影响生产,部分矿区受地表水和第四系松散层水的危害较重,有时可造成淹井事故。

4. 西北侏罗系裂隙水水灾区

该区位于昆仑—秦岭构造带西段以北,贺兰构造带以西地区,属干旱气候区,局部为亚干旱区,年降水量为 25~100 mm。该区严重缺水,存在供水问题,仅少部分地区有地表水和老窑水构成的煤矿水灾。

5. 西藏—滇西中生代裂隙水水灾区和台湾第三系裂隙、孔隙水水灾区

这两个区中新生代煤田储量仅占全国储量的 0.1%,水文地质条件比较简单,水灾也不严重。

由上可见,我国矿井水灾主要分布在华北和华南两个地区,矿井水文地质条件极为复杂,水灾十分严重。另外,第四系水、地表水所造成的水灾,不同程度地存在于各大类型区域内。其中黄淮平原煤田第四系冲积层厚度可达 500~800 m,表土层中流沙层厚度可达 400 m 左右,且富含水,第四系潜水可造成严重的矿井水灾事故,在开采过程中,流砂溃入并淹没矿井的事故较多。例如,淮北矿区 20 世纪 80 年代曾经发生过采煤工作面顶板突然发生冲积层水溃入,流砂和黄泥淤塞巷道,造成重大的淹井事故。

第三节 矿井水灾的基本类型

造成矿井水灾的水源有大气降水、地表水、地下水和老窑水。地下水按储水空隙特征又分为孔隙水、裂隙水和岩溶水等。由于造成矿井水灾事故的充水水源可能是单一的,也可能是由两种以上水源构成的,故矿井水灾类型是按某一种水源或以某一种水源为主命名的,一般分为地表水、老窑水、孔隙水、裂隙水和岩溶水五大类。其中岩溶水灾又按含水层的厚度细分为薄层灰岩水灾和厚层灰岩水灾两类。

1. 地表水水灾

地表水水灾的水源是大气降水及地表水体(江河、湖泊、水库、坑塘、泥石流等)。水源通过井口、开采形成的冒裂带、岩溶塌陷坑、断层带及封闭不良钻孔充水或导水进入矿井。发生此类水灾的实例有:因特大暴雨、山洪、泥石流冲毁工业广场,洪水从井口直接溃入井下的贵州省山脚树煤矿;因工作面超限回采,破坏冲积层下防隔水煤柱,导致冲积层水和地表水溃入采煤工作面的江苏青山泉煤矿;由于主、副井口标高低于当地历年最高洪水位,遇到特

大暴雨形成山洪暴发,洪水溃入乡镇煤矿井下,间接危及国有煤矿,造成全矿被淹的河南义马矿区的李沟煤矿等。

2. 老窑水水灾

老窑水水灾的水源是老窑、小窑、废巷及采空区积水。当巷道接近或遇到老窑积水区时,往往在短时间内涌出大量老窑水,来势凶猛,具有很大的破坏性,常造成恶性事故。如江苏徐州权台煤矿、山东枣庄煤矿、河南登峰红旗煤矿等都发生过老窑水突水,造成重大经济损失和人员伤亡事故。

3. 孔隙水水灾

孔隙水水灾的水源是第三系、第四系松散层中的孔隙水。当煤层被第四纪松散含水的流砂层、砂层、砂砾层、卵石层所覆盖,在接近浅部煤层风化带开采时,隔水煤柱留设不够,往往是冒落带直接涉及松散层,或是松散层底部存在含水层;开采前水文地质情况不清,没有按含水层下回采条件留设煤柱,回采后水、砂、泥溃入井下;超限出煤,破坏煤岩柱或在煤岩柱中开拓巷道、硐室,破坏了隔水煤岩柱的完整性;长时间渗水,冒顶坍塌,使冲积层水或流砂、流泥溃入井下,淤塞巷道甚至造成淹井。

4. 裂隙水水灾

裂隙水水灾的水源为砂岩、砾岩等裂隙含水层的水。这种水灾多发生在华北地区开采二叠纪山西组煤层、侏罗纪煤层以及华南地区开采侏罗纪的煤层中。这些煤层顶部常有厚层砂岩和砾岩,裂隙发育,富含承压裂隙水,如与上覆第四纪冲积层和下伏奥陶系含水层有水力联系时,可导致大的突水事故以及建井时期发生淹井事故。若砂岩层缺乏补给水源时,则涌水很快变小甚至疏干。发生过此类水灾的矿井有徐州大黄山煤矿、郑州告成煤矿、鹤壁十矿等。

5. 薄层灰岩岩溶水水灾

薄层灰岩岩溶水水灾的水源主要是华北石炭二叠纪煤田的太原群薄层灰岩岩溶水。这种水灾多发生在河南、河北、山东、江苏。这些地区太原群煤层的顶、底板均有薄层灰岩含水层存在,如 $L_1 \sim L_4$ 、 $L_7 \sim L_8$ 等,多以降压开采为主。一般情况下,这些含水层是可以疏干的,但是,当这些薄层灰岩含水层与上部地表水体发生水力联系时或被地质构造切割,造成垂向的导水通路和横向与厚层灰岩含水层对接,发生水力联系时,这些含水层的富水性便大大增加。因此,在具有强水源补给和接近导水通道的部位,常发生较大灾害性突水事故。

第四节 矿井水文地质工作的主要内容和技術方法

一、矿井水文地质工作的主要内容

在煤矿建设与生产活动中,难免会直接或间接地触动或揭露地下含水层,为保证矿井安全生产,减少水灾事故的发生,必须查明矿井水文地质条件及其地下水与矿井建设和生产活动之间的关系,这就构成了矿井水文地质勘探的主要任务和內容。为不同目的在不同阶段所进行的矿井水文地质勘探的任务和目的有所不同。

(一) 区域水文地质工作的主要内容

① 查明和控制矿区区域水文地质条件,确定矿区所处的水文地质单元的位置,详细查

明矿区发育的主要含水层及其各个含水层地下水的补给、径流和排泄条件,区域地下水对矿区的补给关系,矿区地表水系和气象因素与地下水的相互关系及对开采的影响。

② 详细查明矿区含(隔)水层的岩性、厚度、产状、分布范围、边界条件、埋藏条件,含水层的富水性,矿床与顶底板含水层之间隔水层的厚度及稳定性。着重查明矿区主要充水含水层的富水性、渗透性、水位、水质、水温、动态变化以及地下水流场的基本特征,特别是要查明矿床顶底板隔水层所承受的静水头压力,确定矿区水文地质边界位置及其水文地质性质。

③ 详细查明矿区或附近对矿井充水有较大影响的构造破碎带的位置、规模、性质、产状、充填与胶结程度、风化及溶蚀特征、富水性和导水性及其变化、沟通各含水层以及地表水之间相互补给关系的程度,分析构造破碎带及其可能诱发的引起突水的地段,提出开采中对含、导水构造的防治方案原则性建议。

④ 详细查明对矿床开采有影响的地表水的汇水面积、分布范围、水位、流量、流速及其季节性动态变化规律,历史上出现的最高洪水位、洪峰流量及淹没范围。详细查明地表水对井巷可能的充水方式、地段和强度,并分析论证其对矿床开采的影响,提出开采过程中对地表水的防治方案原则性建议。

⑤ 对于煤层与含(隔)水层多层相间的矿区,应详细查明开采煤层顶、底板主要充水含水层的水文地质特征和隔水层的岩性、厚度、稳定性和隔水性,不同含水层之间的水力联系情况,断裂与裂隙发育程度、位置、导水性以及沟通各含水层的情况,分析不同的采矿方式对隔水层可能造成的破坏情况。当深部有强含水层或采区地表有水体时,应查明主要充水的中间含水层从底部或地表获得补给的途径和部位。

⑥ 对已有多年开采历史的老矿区,应重点调查废弃矿井、周边地区小煤窑、已经采掘的老空区的分布位置、范围、埋藏深度、积水和塌陷情况,与地表及其他富含水的含水层之间的水力联系情况;大致圈定采空区,估算积水量,提出开采中对老空水的防治措施建议。

⑦ 在水文地质条件勘探的基础上,应根据矿井采掘条件和矿井采掘规划,建立矿井涌水量预测预报模型,选择适合矿井水文地质条件的涌水量预测和计算方法,对全矿井涌水量、分水平涌水量、分采区涌水量进行计算预测。在条件许可的情况下还应对矿井可能形成的突水水量进行分析评估,为矿井防排水系统和能力设计提供基础资料。

⑧ 对于深部开采的矿井,应详细查明主要充水含水层的富水性及导水断裂破碎带向深部的变化规律。

(二) 矿井水文地质工作的主要内容

① 查明采区或工作面范围内含水层的富水性、补给条件及其重点富含水区段的分布规律及其控制因素。

② 查明采区或工作面范围内存在的小规模隐伏导水构造,如断层、裂隙发育带、喀斯特陷落柱等。当勘探区存在底板高压水含水层时,还应查明高压水在底板隔水层中的原始导升高度及其分布。当勘探区存在顶板第四系含水层时,应查明第四系底部存在的古冲沟、剥蚀冲刷带及其分布规律。

③ 查明采区或工作面范围内顶、底板隔水层厚度、岩性及其组合规律、稳定性、综合阻抗水压的能力及其所承受的实际水压力。

④ 根据工作面回采条件(采厚、采宽、推进速度、采煤方法等)和岩石力学性质,计算分析回采过程中和回采完成后对顶底板隔水层的破坏特征和破坏程度。