

Kuangjingshui Fangzhi

矿井水防治

王秀兰 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

矿井水防治

王秀兰 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书分析了矿井水害形成的主要条件,阐述了矿井水防治基础工作及预测矿井涌水量的方法,系统地介绍了防治顶板水、底板水、老空水、断层水及陷落柱水的措施及方法,剖析了不同类型矿山水害事故案例。本书可供矿山生产、建设部门从事矿井水防治的工程技术人员及矿山生产管理人员参考,也可作为高等院校相关专业教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿井水防治/王秀兰著. —徐州:中国矿业大学出版社,2010.4

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0637 - 4

I. ①矿… II. ①王… III. ①煤矿—矿山水灾—防治
IV. ①TD745

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第043558号

书 名 矿井水防治
著 者 王秀兰
责任编辑 何戈 张岩
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
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 850×1168 1/32 印张 12.5 字数 325 千字
版次印次 2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷
定 价 38.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

我国矿山水文地质条件复杂。矿产资源的开采常受到地表水、顶板水、底板水、老空水等各种类型的水害威胁,矿井水害长期以来成为困扰矿山生产安全的重大隐患。矿井水害事故对矿山正常生产,特别是对高产高效现代化矿井影响极大。矿井水害轻者影响和恶化矿山工人的劳动环境,增加矿井的排水设施及排水费用,重者会发生淹井事故,造成生命和财产的重大损失,因此,对矿井水害进行防治具有重要和迫切的现实意义。

矿井水害防治一直受到党和政府的高度重视。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》中,能源、水资源与矿产资源、公共安全等领域都涉及水害的问题,把重大生产事故预警与救援列入“公共安全”重点领域中的优先主题,重点研究开发矿井突水等灾害预警与防控技术。《国家安全生产科技发展规划煤矿领域研究报告(2004—2010)》重点任务中,从基础研究、重点科技攻关研究、示范工程都把矿井水害防治作为重要方面。国家《安全生产“十一五”规划》把遏制煤矿重特大事故作为首要任务,强调要加强对矿井水害等主要灾害的预测预报与防治。

在党和政府的高度重视下,在矿井水防治研究领域的专家、学者和矿山安全科技工作者的努力下,我国矿井水害防治工作已经从早期主要受前苏联和匈牙利研究的影响,到目前在水文地质条件勘察、突水机理研究、水害探测预测监测技术等方面取得了长足进展,各类水害防治技术方法也得到发展,形成了留设防水矿(岩)柱、强排疏干、带压开采、注浆封堵、防渗及隔水层改造等一系列适应不同水文地质条件、不同类型水害的防治方法。

但是,由于受多种因素的影响,矿山防治水专业技术人才缺

乏,矿井防治水工作“无人管、不会管、管不好”情况严重。为适应矿山安全生产的要求,满足矿井防治水现场工作的需求,本书以注重现场实用性为出发点,以《煤矿安全规程》、《矿井水文地质规程》、《煤矿防治水条例》、《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》等有关技术标准为依据,以矿井水害防治的“预测预报,有疑必探,先探后掘,先治后采”十六字原则和不同类型的水害防治措施、方法为主线,介绍了矿井水害形成的主要条件、矿井水防治的基础工作内容和矿井涌水量预测方法,分别对矿井地表水、顶板水、底板水、老空水、断层水及陷落柱水的防治措施、方法进行了介绍。部分防治水措施、方法还以现场实例的形式给出,在矿井突水因素分析及防治水措施部分,均有现场实例介绍,便于矿山地质、水文地质技术人员在矿井防治水现场工作时进行参考与借鉴。期望本书能对矿井水防治工作起到积极的指导作用。

在本书的编写过程中,得到了部分矿井水防治研究领域的学者、专家的指导,如华北科技学院尹尚先教授,煤炭科学研究总院西安研究院水文所刘其声高级工程师等。本书的编写工作还得到了矿山生产现场技术人员的热情帮助与关心。写作过程中,参考了大量同行的学术与工作成果,在此一并向他们表示深深的感谢。

由于作者水平所限,书中谬误之处在所难免,敬请读者批评指正。

王秀兰

2009年12月

作者简介

王秀兰 女,1957年1月出生,江苏省金坛市人。1984年毕业于太原理工大学(原太原工学院)水文地质专业,获学士学位。现任山西煤炭职业技术学院地测工程系副教授,高级工程师,高级考评员。主要从事矿山水文地质条件勘查、矿井水防治与利用、矿山安全评价等教学与研究工作,参与或负责完成多部矿井地质报告及矿山安全评价报告,在国家级和省级刊物上发表数十篇专业论文。2007年被山西省煤炭学会评为“山西省煤炭科技专家”,2008年获国家一级安全评价师、注册安全工程师资格,2009年被山西省教育厅、山西省教科文卫体工会联合会评为山西省高职高专院校“双师型”教学名师,2009年被山西省劳动竞赛委员会授予个人一等功。

目 录

1 概述	1
1.1 我国矿井水害的主要类型及特点	2
1.2 矿井水害的防治	4
1.3 矿井突水的一般征兆	5
1.4 不同水源的突水特点	8
2 矿井水害形成的主要条件	12
2.1 矿井充水水源	13
2.2 矿井充水通道	22
2.3 矿井充水程度	26
2.4 矿井突水水源的分析与判断	33
2.5 矿井突水因素分析实例	40
3 矿井水防治的基础工作	63
3.1 矿井水观测工作	63
3.2 矿井涌水量测定方法	72
3.3 矿井排水系统及排水设施、设备	80
4 矿井涌水量预测	96
4.1 水文地质比拟法	96
4.2 解析法	98
4.3 相关分析法	103
4.4 涌水量曲线方程法	106

4.5	矿井突水量的估算	114
4.6	矿井涌水量预测实例	117
5	地表水的防治	122
5.1	地表防渗措施及防渗工程	122
5.2	不同地区地表水综合防治措施	135
5.3	地表水的防治实例	137
6	顶板水的防治	143
6.1	矿层顶板涌水因素分析及预测	143
6.2	顶板水的防治措施	158
6.3	顶板水的防治实例	175
7	底板水的防治	189
7.1	矿层底板突水因素分析	189
7.2	矿层底板突水预测及带压开采安全度评价	196
7.3	底板水的防治措施	213
7.4	底板水的防治实例	228
8	老空水的防治	242
8.1	老空积水的调查及积水量的估算	242
8.2	老空积水的探放	244
8.3	防治老空积水的其他措施	258
8.4	老空水的防治实例	262
9	断层水的防治	287
9.1	断裂带充水特征	287
9.2	断层水的防治措施	301

目 录

9.3 断层水的防治实例	319
10 陷落柱水的防治	342
10.1 岩溶陷落柱的充水特征.....	342
10.2 导水陷落柱的防治措施.....	353
10.3 导水钻孔的防治措施.....	360
10.4 陷落柱水、钻孔水的防治实例	366
参考文献	387

1 概述

矿井水害是指在矿山建设和生产过程中,不同水源的水通过一定途径进入矿井,并对矿山建设和生产带来的不利影响和灾害。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,我国许多煤田的水文地质条件复杂,浅部有浅层含水层和煤层开采后遗留的大量老空积水区,深部有富水性强、水压高的奥灰含水层。因此,随着矿井向深部延伸,在煤炭资源开采过程中不可避免地受到上、下含水体的威胁。据有关资料统计,在煤矿的生产过程中,由于矿井突水造成 10 人以上的死亡事故约占煤矿总事故量的 10% 左右,几乎与瓦斯突出造成的事故量相当,并且近年有逐渐增加的趋势。矿井水害事故对煤矿正常生产,特别是对高产高效现代化矿井影响极大,若发生水害,一旦停产就会造成巨大的经济损失。有效遏制矿井水害事故的发生,已成为保障矿井安全生产的十分迫切的需要。

新中国成立以来,矿井水害防治受到党和政府的高度重视。《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》中,在能源、水资源与矿产资源、公共安全等领域都涉及水害与水资源的问题,把重大生产事故预警与救援列入“公共安全”重点领域中的优先主题,重点研究开发矿井突水等灾害预警与防控技术。《国家安全生产科技发展规划煤矿领域研究报告(2004—2010)》重点任务中,从基础研究、重点科技攻关研究、示范工程都把水害防治作为重要方面。国家《安全生产“十一五”规划》中把遏制煤矿重特大事

故作为首要任务,强调要加强对矿井水害等主要灾害的预测预报与防治。

随着矿井开采水平的延深和开采范围的扩大,水文地质条件复杂、水压较高的矿井受底板奥灰岩溶承压水的威胁将越来越严重。据有关资料统计,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。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 m,煤层底板承受的奥灰岩溶水水压已达到2.0~6.5 MPa。在有些矿区,下组煤层与其下伏的奥灰岩溶含水层之间的隔水层厚度只有10~20 m,突水几率大增,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的努力,在生产实践中,不断创新、总结和完善矿井水防治技术和方法,这些实用技术和方法的发展,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技术方法起到了重要的作用。

1.1 我国矿井水害的主要类型及特点

我国矿井水害主要有以下几种类型。

(1) 地表水水害

在有地表水体分布的矿区,当井下采掘后发生顶板冒落产生导水裂隙带、矿层上覆岩溶裂隙或断层等导通与地表水的水力联系时,地表水会大量迅速灌入井下。此外,山洪暴发、地表水体的堤坝坍塌时,地表水从矿井井口涌入,也会发生矿井水害事故。这种类型水害具有很大的隐蔽性和突发性,一旦发生,往往造成大量水、泥、砂溃入井下,容易造成重大损失。

(2) 矿层顶板水害

当矿层顶板为含水层或距矿层顶板不远的上覆岩层为含水层时,含水层水可以通过断层、裂隙等天然导水通道或采掘形成的导水裂隙带涌入矿坑。由于厚矿层和多矿层的重复采动和断裂带塌陷滑移的程度不同,采动导水裂隙带发育高度和部位也随之变化,常使矿层顶板充水含水层水突然泄入采掘工作面,造成矿层顶板水害,严重者会淹没整个工作面、采区甚至矿井。

如我国煤矿主要开采上古生界石炭—二叠系和中生界侏罗—白垩系地层中的煤炭,第四系松散孔隙含水层和第三系砂砾含水层往往呈不整合超覆于这些煤系地层或沉积基底岩层之上。这些含水层水通过煤层或基岩露头带不断地向其下的煤层和煤层顶、底板岩层渗透补给,在采掘过程中,会发生矿井涌水量陡然增大的现象,情况严重时会造成水、溃砂,甚至淹井。

(3) 矿层底板水害

这是我国矿山开采发生频率最高,危害程度最大的一种灾害。矿层底板突水会导致淹没整个生产水平、矿井,甚至造成重大人员伤亡事故。最典型的如华北石炭—二叠煤系,其基底为巨厚的奥灰或寒灰岩溶含水层。由于煤层的倾斜,随着开采的延伸,作用于煤层底板的水压越来越大,而煤层与奥灰含水层之间的隔水层的厚度及其岩性在剖面上复杂多变,岩溶、断裂的发育程度各不相同,加之采掘工程引起的围岩应力转移,使作用于底板的强度和对其产生的影响及破坏也因地而异。因此,煤层底板突水机理复杂,预先查明的难度大,造成的矿井突水概率较高。

(4) 老空积水水害

老空积水主要储集在矿井周边小矿采空区、矿井本身的采空区或与采空区相连的巷道内。老空水体的几何形状不规则,矿井采掘工程与这种水体的空间关系错综复杂,并且由于历史的原因往往缺乏甚至没有可靠的技术资料,水情难以准确分析判断。这

种积水体分布集中,水压传递迅速,采掘工作面一旦接近或揭露,老空积水便可突然喷出,发生透水事故。老空积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矿区,是矿山开采过程中普遍存在的一种水害。事实表明,即使只有几立方米的老空积水,一旦喷出,也可能造成人员伤亡。

(5) 断层破碎带水害

这种类型的水害既可能与矿层顶板含水层或底板含水层发生水力联系,也可能与老空水发生水力联系,断层破碎带一方面为矿井涌、突水提供导水通道,另一方面提供充水水源(断层破碎带含水),是矿山水害类型中最为普遍的一类。它可以沿断层走向很长一段范围内普遍导水而引发水害,也可以是局部的一小段甚至一个点导水而诱发突水。此类水害的预防和治理的难度较大且复杂。

(6) 岩溶陷落柱水害

我国华北石炭—二叠煤系地层的基底存在巨厚的奥陶系、寒武系灰岩含水层。在漫长的地质历史过程中,灰岩由于地下水的运动常形成巨大的岩溶溶洞,当溶洞上覆岩层垮塌后,便形成岩溶陷落柱。由于岩溶水水源丰富,水压高,岩溶陷落柱又具有隐蔽性,一旦矿山采掘工程接近或揭露,就可能形成灾难性突水水害。该种类型的水害赋存条件孤立而隐蔽,事前难以探查发现,防治难度较大。

1.2 矿井水害的防治

矿井水的防治工作是在分析研究矿井充水条件和预计矿井涌水量的基础上,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。矿井突水的发生除取决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。矿井水害的防治工作是建立在查明矿井水文地质条件基础上的,只有查明矿井水文地质条件,才能针对性地采取防、探、疏、堵、截的方法予以有效防治。

矿井水害的防治方法主要有井下探放水、疏水降压、注浆截堵、留设防水矿岩柱等。在矿井水文地质条件不清的情况下,任何防治水工作都有一定的盲目性,达不到预期的效果。在矿井防治水工作中应坚持“以防为主,防治结合”的方针,在查明矿井水文地质条件的基础上,按照当前与长远、局部与整体、地面防治与井下防治、水害防治与水资源利用相结合和先简单后复杂、先地面后井下的原则,层层设防、统筹规划,采取技术上可靠、经济上合理的防治水综合措施,以将矿井水害的损失降低到最小。

1.3 矿井突水的一般征兆

矿井在井巷开拓或矿床开采期间,由于影响和破坏了矿层围岩或顶、底板含水层而造成水体瞬时溃入矿井称为矿井突水。矿井突水常以点状形式出现,根据突水量的不同,突水点等级可划分为以下四种:

小突水点: $Q \leq 60 \text{ m}^3/\text{h}$ (Q ——突水量)

中等突水点: $60 < Q \leq 600 \text{ m}^3/\text{h}$

大突水点: $600 < Q \leq 1\,800 \text{ m}^3/\text{h}$

特大突水点: $Q > 1\,800 \text{ m}^3/\text{h}$

矿井突水的过程取决于水文地质及采掘现场条件。一般突水可归纳为两种情况,一种是突水量小于矿井最大排水能力,地下水形成稳定的降落漏斗,迫使矿井长期大量排水(图 1-1)。另一种

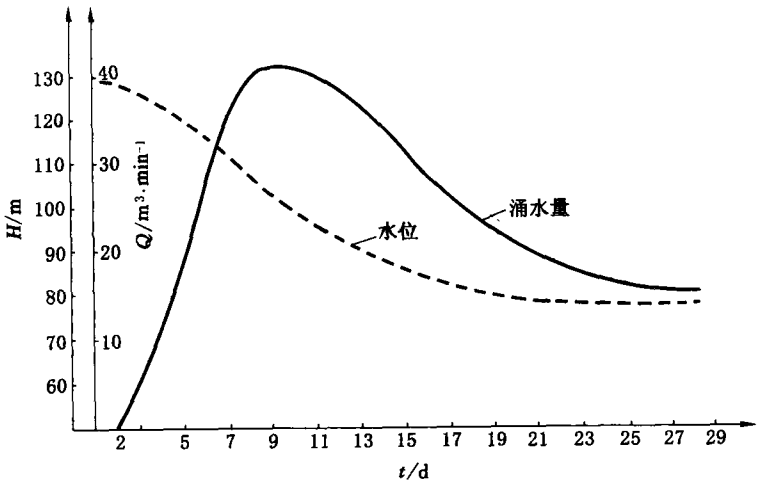


图 1-1 某矿 2701 工作面突水曲线图

是突水量超过矿井的最大排水能力,造成矿井淹没(图 1-2)。

各种类型的突水,事前都可能出现不同的征兆。煤矿矿井突水的一般征兆有以下几种。

(1) 煤壁“挂汗”

具有一定压力的水透过煤岩体的微细裂隙而在采掘工作面煤岩壁上凝结成水珠的现象称为煤壁“挂汗”。突水征兆中的“挂汗”与其他原因造成的“挂汗”有所不同。突水征兆中顶板“挂汗”多呈尖形水珠,有“承压欲滴”之势;而煤炭自然发火征兆中的“挂汗”为水蒸气凝结于煤岩壁上所致,多为平形水珠;另外,井下空气中的水分遇到低温的煤岩体时,也可能凝结成水珠。区别“挂汗”现象是否为突水征兆的方法是剥离一层煤壁面,仔细观察所暴露的煤壁面上是否潮湿,若潮湿则是突水征兆。

(2) 工作面气温变低,煤壁发凉

1 概 述

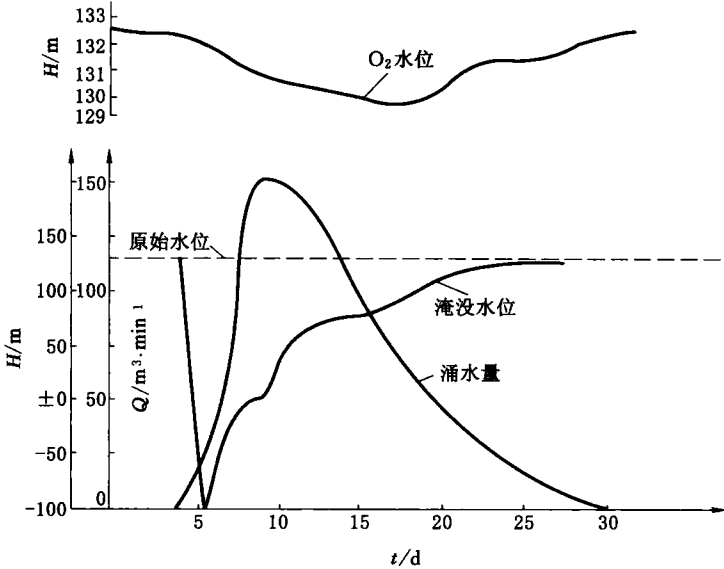


图 1-2 某矿 1532 工作面突水淹井过程曲线图

水的导热系数比煤岩体大,所以采掘工作面接近积水区域时,空气温度会下降、空气变冷,人进去后有凉爽、阴冷的感觉。煤岩体的含水量增大时,其导热率增大,所以用手摸煤岩壁有发凉的感觉。但应注意,受地热影响较大的矿井,地下水的温度较高,当采掘工作面接近积水温度较高的积水区时,煤岩壁的温度和空气的温度反而会升高。

(3) 工作面出现雾气

当采掘工作面气温较高时,从煤岩壁渗出的积水就会被蒸发而形成雾气。这往往预示着煤岩壁前方或侧面不远处有含水体。

(4) 工作面煤岩壁发出“嘶嘶”水叫声

含水层或积水区内的高压水在向煤岩壁裂隙挤压时,与煤岩

壁摩擦会发出“嘶嘶”的声响。有时还能听到“哗哗”的空洞泄水声,这是突水的危险征兆,若是在煤巷中掘进,突水即将发生。

(5) 煤层变得发潮、发暗、松软

原本干燥、光亮的煤层由于水的渗入,变得潮湿、黯淡。如果挖去表面一层,里面仍如此,说明附近有积水。

(6) 工作面矿压增大,发生冒顶、片帮及底鼓

由于矿山压力显现,高压地下水常会软化、泥化塑性岩层而使其变形,造成冒顶、片帮及底鼓的现象。当出现这种现象时,高压地下水将沿冒顶、底鼓裂隙突出形成突水。

1.4 不同水源的突水特点

(1) 工作面顶板冲积层水的突水特点

① 突水部位开始出现发潮、滴水。滴水逐渐增大,仔细观察可发现水中有少量细砂。

② 发生局部冒顶,水量突增并出现流砂。流砂常呈间歇性,水色时清时浊。总的趋势是水量、砂量逐渐增加,直至流砂大量涌出。

③ 发生大量溃水、溃砂。这种现象说明采掘作业已影响到地表,会导致地面出现塌陷坑。

(2) 工作面底板灰岩含水层突水特点

① 工作面压力增大,底板鼓起,底鼓量有时可达 500 mm 以上。

② 工作面底板产生裂隙,并逐渐增大。

③ 沿裂隙或帮壁向外渗水。随着裂隙的增大,水量增加,当底板渗水量增大到一定程度时,帮壁渗水可能停止,此时水色时清时浊(底板活动时水变混浊,底板稳定时水色变清)。

④ 底板破裂,沿裂缝有高压水喷出,并伴有“嘶嘶”声或刺耳