

文章编号:0253-9993(2013)03-0378-06

浅谈矿井水害立体防治技术体系

张志龙¹,高延法¹,武 强¹,魏思民²

(1. 中国矿业大学(北京)力学与建筑工程学院,北京 100083;2. 华北水利水电学院 资源与环境学院,河南 郑州 450011)

摘 要:基于矿井水害的防治技术及系统性、动态性等特点,论述矿井水害发生的根本原因及构建矿井水害立体防治技术体系的重要性,分析了矿井水害立体防治技术体系、构成及立体性、技术体系性分类特点,按立体空间位置及软件措施、危险程度及控制措施、系统的影响要素等特征进行几种分类方法的论述,重点给出了影响因素分类系统中矿井地表水害防治技术子体系、地下水害立体防治技术子体系等分类、特点及适用范围,并将立体防治技术在北皂矿井海下采煤水害防治研究中进行了体系构建、分类及防治技术综合实例应用,取得了较好的效果。

关键词:矿井水害;立体防治;技术体系

中图分类号:TD745 **文献标志码:**A

Discussion on the technical system of solid prevention and control on mine flooding

ZHANG Zhi-long¹, GAO Yan-fa¹, WU Qiang¹, WEI Si-min²

(1. School of Mechanics and Architectural Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China; 2. College of Resources and Environment, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: Based on the systematic and dynamic characteristics of mine water disasters prevention technologies, this paper discusses the fundamental courses of flooding in mines, and the importance of establishing a three-dimensional flood prevention and control system. It also analyzes the three-dimensional flood prevention and control system, its structure and dimensionality, as well as its technical system classification features. On the basis of stereo space location and software measures, the degree of risk and its control measures, the system impact factors, the paper discusses several classification methods, in particular, presents the key influence factors of the classification system of mine surface water disasters prevention and control sub-system, underground water disasters prevention and control technologies, such as three-dimensional sub-system classification, its characteristics and applicable scope. This paper also investigates the structure and classification of the three-dimensional control system in the Beizao mine, in combination with practical applications of comprehensive prevention and control technologies, and a positive result is achieved.

Key words: mine flood; solid control; technological system

矿井水害防治技术研究及应用已进行多年,但重大水害事故还时有发生^[1-3],关键是多数矿井水害防治仅局限于眼前利益,是被动的、临时的水害防治,是“头痛医头、脚痛医脚”的防治方法,已有矿井水害防治技术不能系统得到应用,缺乏整体的、系统的^[4]、预见性^[5]的战略水害防治思想和技术体系,为了从根本上解决矿井水害的防治问题,笔者提出了矿井水

害立体防治技术体系的概念。矿井水害立体防治技术体系包括防治的立体空间体系和技术体系。矿井水害的发生区域是以围岩体与人类采矿的相互影响、相互作用的地质体系统的一部分^[1],是一个立体空间体系;技术体系是一个系统的理论指导体系,是由若干理论研究、水害源头的探查^[6]、预防、减灾、治理^[7]等技术子体系组成。目前水害治理技术多采用

收稿日期:2012-09-28 责任编辑:韩晋平

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2007CB209405);国家自然科学基金资助项目(40572149);教育部重大科学技术培育研究资助项目(2004-295)

作者简介:张志龙(1969—),男,安徽天长人,高级工程师,博士后。E-mail:zhangzhl1080@163.com

远离水害区、水体,是暂时的局部治理平衡状态,但水害源仍在蓄积能量,一旦条件成熟,水害还会发生,水害治理缺乏宏观、立体的防治技术体系指导。

矿井水害立体防治体系的研究,应用系统理论原理与立体空间体系相结合方法^[2,5],从水害立体空间防治体系的宏观框架去协调矿井生产体系和矿井水害诱发体系中各组成要素之间的关系,使矿井水害的防治体系在外界环境中发挥最佳效果,使矿井水害的破坏、损失和影响减小到最低点^[8-11],是矿井水害防治的重大突破,具有重要的现实和理论意义。

1 矿井水害立体防治技术体系

1.1 立体防治技术体系

矿井水害立体防治技术体系是指以围岩体的立体空间为研究框架,以围岩体、含水层、矿井施工面或矿井的某一空间位置为研究对象^[9,12],研究矿井水害或相关矿井水害探查、防治、治理等的技术、方法、工程、措施等若干要素按照特定结构方式相互联系成的,具有特定矿井水害防治功能的统一整体。

矿井水害立体防治技术体系,是空间立体体系,是技术体系,矿井水害是一个动态的过程,防治技术体系的整体联系也是在动中进行的,随着时间的推移而发展变化;水害防治技术体系是矿井水害防治的独立体系,是矿井安全生产的子体系,具有立体性、目的性、集合性、相关性、整体性、动态性等特征。

1.2 矿井水害立体防治技术体系框架构成

体系框架构成包括矿井水害立体勘探探查体系、井巷生产系统等体系、矿井立体防排水体系、矿井水文地质数据库体系、矿井水害立体致灾要素体系、矿井水害立体预防体系、地表水害立体防治体系、矿层顶板立体水害防治体系^[13]、矿层底板立体水害防治体系^[14]、矿井水害应急预案体系等(图1)。

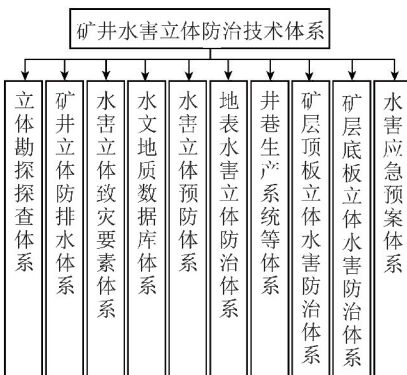


图1 矿井水害立体防治技术体系结构

Fig. 1 Structure diagram of the three-dimensional control technique system of the mine flood

矿井水害立体防治技术体系构成:在空间上,主要研究矿井水害水源、矿井水文地质条件探查、矿井水文地质条件^[15]及矿井水害分类、矿井水文地质条件及矿井水害评价、矿井水害治理;在水害防治实施步骤上,是矿井水害条件分析→矿井涌水量预计→矿井水害防治规划→矿井水害防治方法与措施的制定→矿井水害工程实施等。

1.3 矿井水害立体防治技术体系分类

矿井水害立体防治技术体系按照不同的标准和研究目的将有不同分类,依据不同的分类进行矿井水害防治,将得到不同的效果。

(1)按矿井水害立体空间位置及软件措施进行分类,分为:矿井水害理论研究技术、综合立体勘探技术、管理与软件设施技术、含水层(水体)水害防治技术、顶板砂岩裂隙含水层防治技术、含水层上开采水害防治技术、断裂水害防治技术、陷落柱治理技术等子体系(图2)。

(2)按矿井水害危险程度及控制措施进行分类,分为:水害预防技术、水害防治封堵技术、水害防治疏降技术、排水技术、截流技术等^[5](图3)。

(3)按矿井水害孕育、发生、发展的内部要素影响,外部影响系统及影响要素的关系进行矿井水害防治体系分为:水害勘探探查体系、井巷生产系统等体系、矿井立体防排水体系、矿井水文地质数据库体系^[16]、水害立体致灾要素、水害立体预防体系、地表水害立体防治体系、矿层顶板立体水害防治体系、矿层底板立体水害防治体系、水害应急预案体系等(图4)。

2 典型空间立体水害防治技术子体系

2.1 矿井地表水害防治技术体系

矿井地表水害防治技术是在空间垂直剖面上研究分析空中极端性气候形成的水害防治→山区到平原泥石流的水害防治→江、河、湖、海水溃入地下的水害防治;在水平剖面上,主要研究区域和矿井的补给、径流、排泄对地表及地下水环境系统影响形成的矿井地表水害防治;形成一个矿井地面水害防治体系(图5)。

2.2 地下水害立体防治技术体系

矿井地下水害立体防治技术:在空间垂直剖面上,主要为矿层顶板水害防治技术^[17]、矿系地层水害防治技术、矿层底板水害防治技术等;在空间平面上,主要是水文地质边界补给、径流、排泄对矿井造成水害危险性的防治技术、导通多层矿系和含水层(体)的大型断裂构造的防治技术等;矿井地下水害防治的机理理论研究;矿井地下水害立体防治技术的系统设计与研究等(图6)。

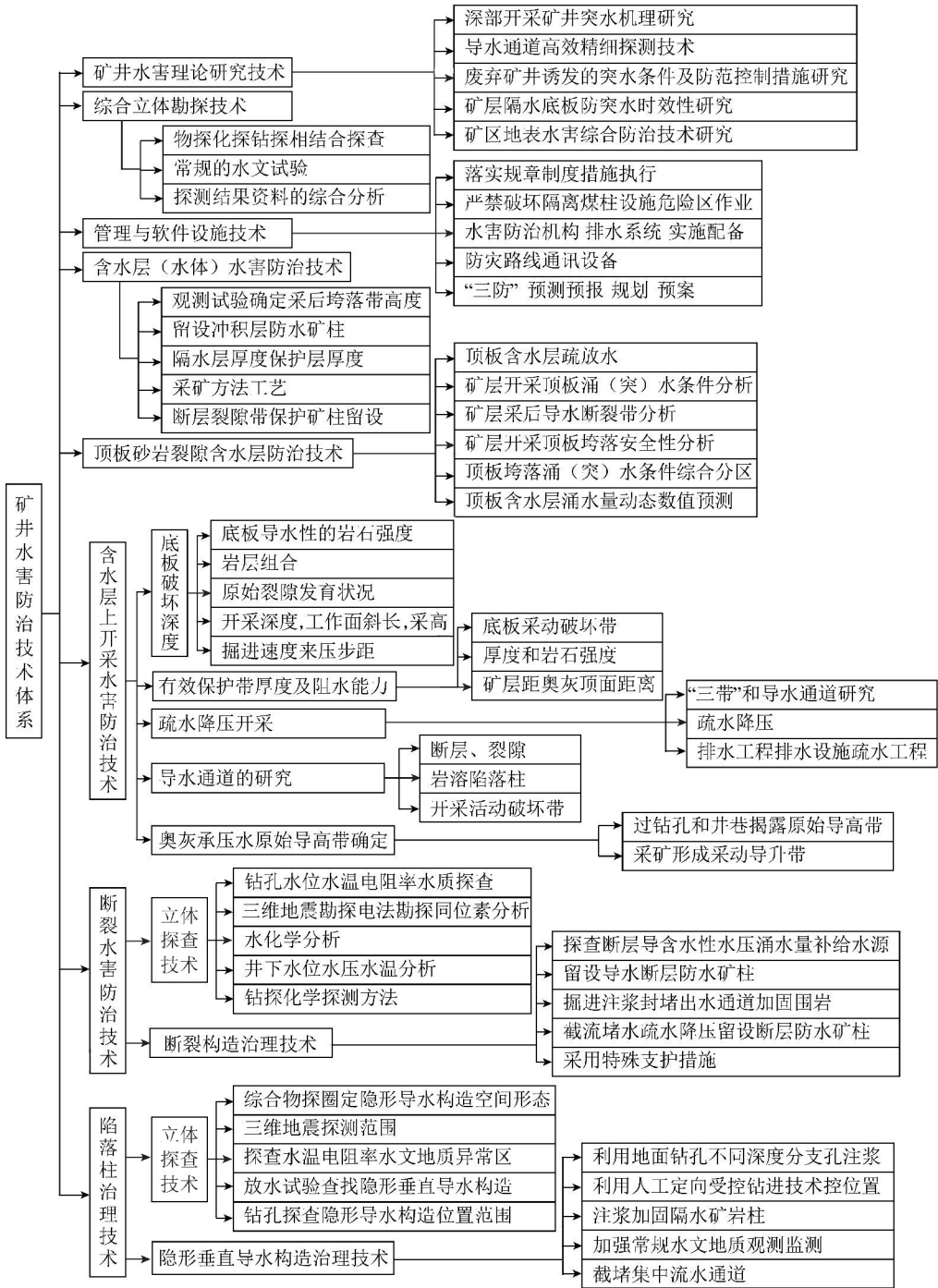


图2 基于立体空间位置及软件措施矿井水害防治技术体系分类结构

Fig. 2 Structure chart of the mine flood control technique system classification according to the three-dimensional space position and software measure

3 水害立体防治技术体系在海下采煤中的应用实例

3.1 矿井水害简介

龙矿集团北皂矿井位于龙口矿区西北部,是滨临渤海南岸的走向北东~近东西的一对矿井,倾角 $5^{\circ}\sim 21^{\circ}$,单斜构造,井田北部渤海海域内,海水水深 $0\sim 12\text{ m}$,海域区内共施工钻孔4个。北皂矿井在进

行海下开采前,应用水害立体防治技术体系进行试采研究,在立体空间上,研究近海的地表水体、季节性的大气降雨和海水;在防治技术上,研究危险区隔离系统技术、控制矿层底板导水裂隙带高度技术、海水下开采在线监控技术和开采导水通道控制技术。以在线监控平台为基础,结合监控硬件和现场施工为对象,于2005-06-18在海域下试采,到2005-08-15初采工作面第1次试采成功,实现了水害立体防治技术

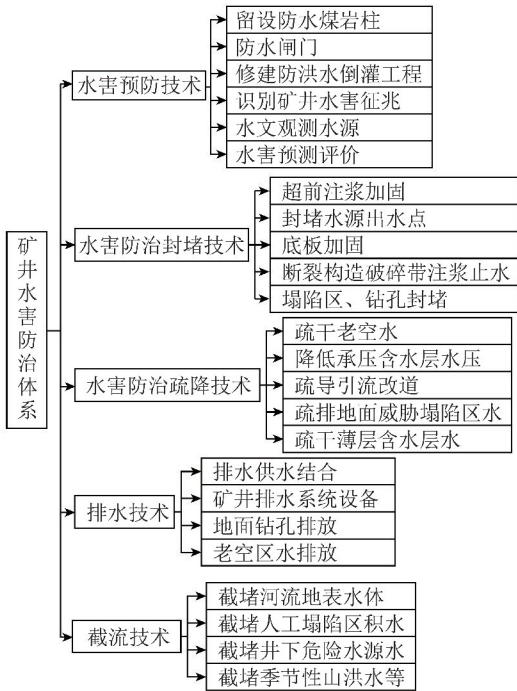


图3 基于水害控制技术矿井水害分类结构

Fig. 3 Structure chart of the mine flood classification according to the degree of hazard and control technology

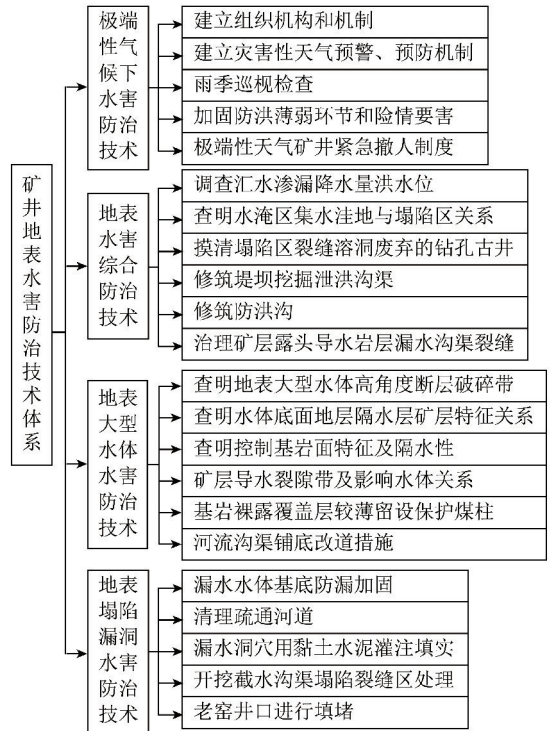


图5 矿井顶板水害防治技术结构

Fig. 5 Structure chart of the ore ledge roof water trouble control technique

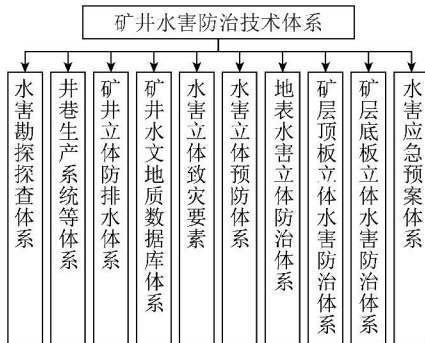


图4 基于系统影响要素的矿井水害防治技术体系分类结构

Fig. 4 Structure chart of the mine flood control technique system classification according to the system influence essential factor

体系在海水下采矿的成功应用。

3.2 水害立体防治体系的应用研究

北皂矿井海下煤炭开采的水害防治技术是一个庞大的系统,主要立体防治技术有:

(1)水害危险区隔离系统技术。在防治体系中,为控制海水和地表水的溃入,在北皂矿井海域与陆地之间在通向海域的3条暗斜井上部分别布置一道防水闸门,实现分区隔离开采;在海域-350 m水平设立独立的排水系统,-350 m水平的涌水经东风井直排地面,用分区隔离开采,完善井下排水系统进行海下开采水害防治。在试采过程中,验证了该技术的可行性。

(2)控制矿层底板导水裂隙带高度技术。在防治体系中,为控制导水通道,选择海域首采区埋藏最深的块段的H2101工作面(图7),实测监控采矿活动造成的上覆围岩移动而形成的裂隙带高度;在北皂矿井H2102综放工作面,实测终采线一侧矿层的平均采厚 $M=3.6\text{ m}$,H2102工作面覆岩导水裂隙带的高度(图8, h_s 、 h_x 分别为垮落裂隙带的上限和下限高度) $H=30\text{ m}$;H2102工作面的导水裂隙带高度与采厚之比为: $30/3.6\approx 8.3$ 倍。此技术得到的实测数据充分保证了试采成功。

(3)海水下开采在线监控技术。在立体防治技术体系中,关键是海水入渗的预警,利用水情自动监测系统对北皂矿开采矿层上部含水层水压、水位、水温、流量等遥测数据(图9),通过水位、水压等的预警阈值和水质指标及数据库的功能进行海下开采水害防治。在试采过程中,得到了充分应用,取得了很好的效果。

(4)海下开采导水通道控制的水害防治技术。在立体防治技术体系中,利用三维地震等方法对首采工作面落差14 m的CF1断层水文地质条件、SF-12断层富水性进行控制,结果显示:断层带干燥无水,在上部存在一近陷落柱状的地质体,利用井下直流电法和音频电透对其进行了探测,探测区段顶板泥岩夹泥灰岩的相对富水区发育,异常区域主要发育在泥岩

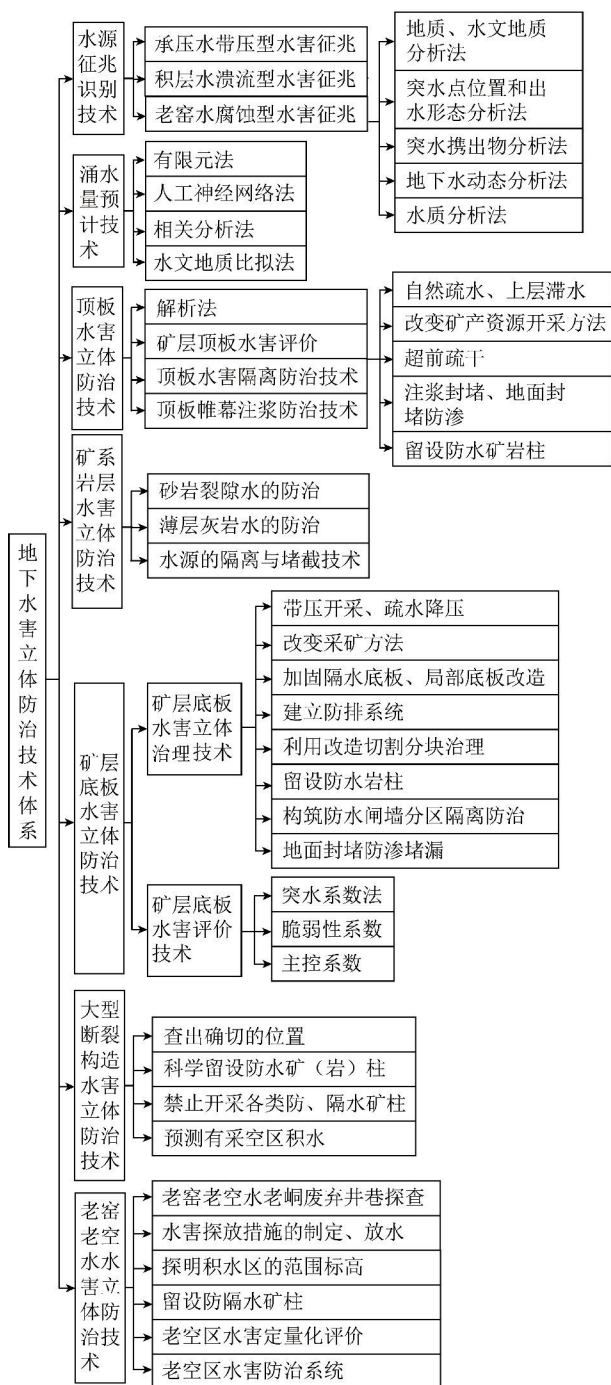


图 6 地下水害立体防治技术体系结构

Fig. 6 Structure chart of the underground water trouble the three-dimensional control technique system

夹泥灰岩层段,与上部煤 1 油 2 和泥灰岩的水力联系较弱,两处可靠异常的富水性不强;SF-12 断层在 -350 大巷 EG67 点前 60 m 处揭露,落差 20 m 左右,岩层十分破碎,断层带宽 0.4 m,断层带附近有 2 ~ 3 m³/h 断层水,顶板局部出现少量淋水,化验水源为煤 2 底板砂岩水,断层在纵向上无水力联系,断层多数是不导水的,但存在局部富水现象。通过研究,保证了试采的安全运行。



图 7 H2101 工作面钻孔布置

Fig. 7 Horizontal drawing of drill hole arrangement in H2101 working face

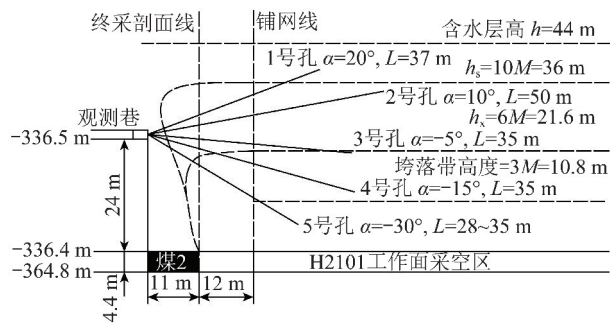


图 8 导水裂隙带高度观测剖面(A, 1:500)

Fig. 8 Sectional drawing A of the high observation numerical value of the ore ledge roof rock destroyed (1:500)

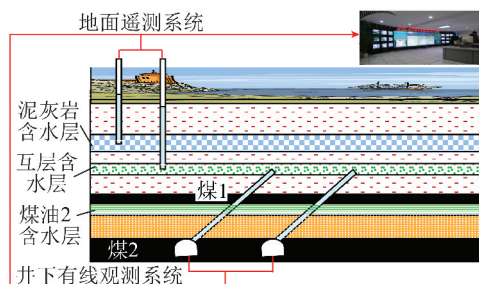


图 9 水情自动监测记录系统

Fig. 9 Equipment and system of the water state automatic monitoring record

3.3 总 结

水害立体防治技术体系的研究在龙矿集团北皂矿的海下采煤中,初步取得成功,证明此技术体系是可行的。但此技术在不同区域、不同矿井及不同基础条件和复杂程度的应用还存在许多不确定因素,在立体空间上,影响因素多,如何利用软件实施对防控硬件的联合发挥作用;在防治技术上,如何对各个分体系进行联合监控、控制等,都需要继续研究。如何利用在线监控平台,充分开发研究立体空间的软硬件和技术体系相结合的系统工程是后续工作的重点。

4 结 论

(1) 讨论了矿井水害防治技术的系统性和动态

性,发生灾害根本原因及构建矿井水害立体防治技术体系的重要性,体系构建及立体性、技术体系性分类特点。

(2)总结了矿井水害立体防治技术体系特征及划分矿井水害立体勘探探查体系、矿井立体防排水体系、矿井水文地质数据库体系等子体系,给出了矿井水害立体防治技术体系的分类方案,论述了按矿井水害立体空间位置及软件措施将矿井水害立体防治技术体系划分子体系的具体分类及特点,按水害危险程度及控制措施划分子体系和按矿井水害系统的影响要素划分子体系的分类结果。

(3)提出了典型矿井水害防治技术体系中的矿井地表水害防治技术子体系、地下水害立体防治技术子体系划分分类、特点及适用范围。

(4)对北皂矿井海下采煤水害等进行矿井水害立体防治技术体系实例应用研究,并取得试采成功。

参考文献:

- [1] 董书宁. 对中国煤矿水害频发的几个关键科学问题的探讨[J]. 煤炭学报,2010,35(1):66-71.
Dong Shuning. Some key scientific problems on water hazards frequently happened in China coal mines[J]. Journal of China Coal Society,2010,35(1):66-71.
- [2] 黎汝发,黎祖明. 国有煤矿防治水面临的新问题及对策[J]. 煤炭科学技术,2003,31(9):27-29.
Li Rufa, Li Zuming. New problems and countermeasures of water prevention and control in state owned coal mines[J]. Coal Science and Technology,2003,31(9):27-29.
- [3] 武强,赵苏启,李竞生,等.《煤矿防治水规定》编制背景与要点[J]. 煤炭学报,2011,36(1):70-74.
Wu Qiang, Zhao Suqi, Li Jingsheng, et al. The preparation background and the main points of rule of mine prevention and cure water disaster[J]. Journal of China Coal Society,2011,36(1):70-74.
- [4] 诸云强,宫辉力,赵文吉,等. 地下水空间分析系统的设计与实现[J]. 地学前缘,2003,10(3):276.
Zhu Yunqiang, Gong Huili, Zhao Wenji, et al. Groundwater spatial analysis design and realization of the system[J]. Earth Science Frontiers,2003,10(3):276.
- [5] 黄存捍,冯涛,王卫军,等. 基于分形和支持向量机矿井涌水量的预测[J]. 煤炭学报,2010,35(5):806-810.
Huang Cunhan, Feng Tao, Wang Weijun, et al. Mine water inrush prediction based on fractal and support vector machines[J]. Journal of China Coal Society,2010,35(5):806-810.
- [6] 刘峰. 矿井水害水源的水文地球化学探测技术[J]. 煤田地质与勘探,2007,35(4):62-64.
Liu Feng. Hydrogeochemistry survey technology of mine groundwater hazard source[J]. Coal Geology & Exploration,2007,35(4):62-64.
- [7] 卫文学,卢新明,施龙青. 矿井出水点多水源判别方法[J]. 煤炭学报,2010,35(5):811-815.
Wei Wenxue, Lu Xinming, Shi Longqing. Identification method of multi-water source of mine water inrush[J]. Journal of China Coal Society,2010,35(5):811-815.
- [8] 殷和平,疏志明. 安庆铜矿综合治水工程及其评价[J]. 地质灾害与环境保护,2002,13(2):32-35.
Yin Heping, Shu Zhiming. Comprehensive harnessing water project and evaluation of the Anqing copper mine[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation,2002,13(2):32-35.
- [9] 王卫军,赵延林,李青锋,等. 矿井岩溶突水灾变机理[J]. 煤炭学报,2010,35(3):443-448.
Wang Weijun, Zhao Yanlin, Li Qingfeng, et al. Disaster mechanism of Karst water bursting in mine[J]. Journal of China Coal Society,2010,35(3):443-448.
- [10] 张国中. 矿井水灾防治中探水与透水事故处理的几个问题[J]. 煤炭技术,2002,21(8):35-36.
Zhang Guozhong. Several problems about dealing the accident of exploring water and permeating water in mine flood prevention[J]. Coal Technology,2002,21(8):35-36.
- [11] 张庆功,冯超. 矿井突水综合治理技术的研究与应用[J]. 山东煤炭科技,2005(3):69-70.
Zhang Qinggong, Feng Chao. Mine water inrush comprehensive treatment technology research and application[J]. Shandong Coal Science and Technology,2005(3):69-70.
- [12] 王发民,石永泉,韩永昌. 大孔隙岩溶地层的有效钻孔堵漏方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007(3):15-17.
Wang Famin, Shi Yongquan, Han Yongchang. The effective leaking stoppage for great in Karst stratum[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling),2007(3):15-17.
- [13] 孟广勤,修德深,宋纯忠. 矿体顶板灰岩井下注浆堵水技术[J]. 水文地质工程地质,1998(3):57-60.
Meng Guangqin, Xiu Deshen, Song Chunzhong. Ore body roof limestone borehole grouting water plugging technology[J]. Hydrogeology & Engineering Geology,1998(3):57-60.
- [14] 杨潮进. 地采金属矿山透水事故预防探讨[J]. 有色金属(矿山部分),2008(2):52-54.
Yang Chaojin. Discussion on prevention of water inrush in underground metal mines[J]. J. Nonferrous Metals (Mining Section),2008(2):52-54.
- [15] 靳德武. 煤矿水害防治中的综合水文地质分析方法[J]. 煤田地质与勘探,1998(2):52-54.
Jin Dewu. The comprehensive analysis method of hydrogeology in controlling coal mine water hazard[J]. Coal Geology & Exploration,1998(2):52-54.
- [16] 王以芬. 应用水化学方法防治矿井突水[J]. 山东科技大学学报(自然科学版),1990(1):11-17.
Wang Yifen. The application of hydrochemistry method on the prevention of mine sudden flooding[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science),1990(1):11-17.
- [17] 李树忱,冯现大,李木才,等. 矿井顶板突水模型试验多场信息的归一化处理[J]. 煤炭学报,2011,36(3):447-451.
Li Shuchen, Feng Xianda, Li Shucai, et al. The normalization process of the multi-field information from a coal mine water-inrush model test[J]. Journal of China Coal Society,2011,36(3):447-451.