

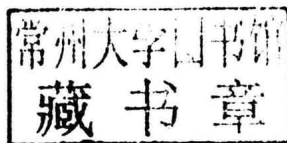
2013 煤炭技术与装备发展论坛 优秀论文集

主编◎汤家轩

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

2013 煤炭技术与装备发展论坛 优秀论文集



中国矿业大学出版社

内容提要

本书收录了 2013 煤炭技术与装备发展论坛评选出的 100 篇优秀论文,内容涉及煤炭地质资源保障、煤矿开采、煤矿安全与数字矿山建设以及煤炭清洁高效转化等煤炭开发和加工利用过程,是近几年来广大煤炭行业科技工作者的最新研究成果,也代表了未来一段时期煤炭科技的发展方向。

本书共包括四大专业领域:煤矿地质、煤矿开采、煤矿安全与数字矿山、煤炭清洁转化与伴生资源综合利用。

本书可供从事煤炭生产与加工利用的高校、科研院所、煤炭管理部门和煤炭生产企业的科研、工程技术人员使用参考,也可供矿业类高校学生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

2013 煤炭技术与装备发展论坛优秀论文集/汤家轩

主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2014. 1

ISBN 978-7-5646-2223-7

I. ①2… II. ①汤… III. ①煤炭开采—工业发展—中国—文集 IV. ①F426.21-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 013555 号

书 名 2013 煤炭技术与装备发展论坛优秀论文集

主 编 汤家轩

责任编辑 章 毅 付继娟 张 岩

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 889×1194 1/16 印张 39.75 字数 1200 千字

版次印次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价 120.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

编 委 会

编 委 会 主 任：王显政

编委会副主任：梁嘉琨 路耀华 赵岸青 彭建勋 姜智敏
孙之鹏 田 会 解宏绪 刘 峰 王虹桥

编 委 会 成 员：张 宏 汤家轩 郭 黎 孙守仁 陈养才
王战军 张绍强 高晓芬

主 编：汤家轩

副 主 编：高晓芬

主 要 执 笔 人：李绪国 强 辉

前 言

新中国煤炭工业经过 60 多年的开发建设,特别是改革开放 30 多年来的发展,为发展能源工业、保障国民经济发展作出了巨大贡献。进入新世纪以来,在经济迅速发展的带动下,我国原煤产量快速增长,由 2000 年的 10.80 亿 t 上升到 2012 年的 36.6 亿 t,年均每年增长 2.15 亿 t。由于我国经济发展对煤炭有着极大的依赖性,稳定的煤炭供应已成为保障我国国民经济安全运行的基石。

在煤炭产量快速增长的同时,煤炭科技进步步伐加快,一系列安全、高效、绿色开采关键技术与成套装备及示范工程建设取得了重大成果,形成了较为科学的开采理念,矿工安全健康的工作环境初步形成,煤炭行业健康发展的趋势初步确立。

但客观地讲,我国的煤炭科技装备与国际先进水平还存在较大差距。主要表现为:在技术方面,深部开采技术瓶颈日益凸显;煤与瓦斯突出、冲击地压、热害等灾害防治技术未从根本上得到解决;西部生态环境脆弱地区煤炭资源开发与环境保护关键技术亟待突破;煤炭转化和洁净利用新技术的研究和开发与国外差距较大;以可视化远程遥控技术和智能化工况监控为代表特征的煤矿自动化、信息化技术研发刚起步。

在装备研发方面,煤矿大型机械化、自动化装备的可靠性和材料性能研究薄弱,成套装备可靠性低,与国外有明显差距;关键部件仍依赖进口;综采、综掘成套装备技术性能和可靠性不能满足煤炭安全、高效、绿色开发的要求。

我国煤炭资源赋存条件多种多样,采用与资源条件相适应的工艺和装备,提高开采技术水平,减少资源浪费和降低带来的环境灾害势在必行。

为推动煤炭行业科技进步,中国煤炭工业协会于 2013 年 10 月在北京举办了 2013 煤炭技术与装备发展论坛,此次论坛由中国煤炭工业协会煤炭工业技术委员会承办。作为论坛活动的重要组成部分,煤炭工业技术委员会专门面向全国煤炭行业开展了优秀论文征集活动,共涉及煤炭地质资源保障等 9 大专业领域、52 项技术与装备的研究方向,全面反映了煤炭行业重大技术发展情况和已经取得的成果。煤炭行业广大科技工作者积极投稿,特别是兖州矿业集团、河南能源化工集团等煤炭生产企业对此次论文征集活动高度重视,专门组织技术人员撰写论文。最终共征集论文 520 篇,其中煤炭一线生产企业投稿的论文占到论文总数的 79.8%。经过专家评审,最终评选出 100 篇优秀论文,其中,作者来自煤炭生产一线的有 74 篇,占优秀论文总数的 74%,充分反映了煤炭生产企业广大技

术人员的水平。煤炭生产一线广大工程技术人员直接参与煤炭生产、加工、利用的全过程,对遇到的科技问题有着更深刻的体会,实践经验丰富,测量、观察、总结出来的技术数据相对更加真实、准确、可靠,这些经验总结和技术积累将为广大高校、科研院所工作者进行理论分析和继续深化研究提供宝贵资料。

由于本次论文征集时间紧,论文整体质量有待于进一步提高。在以后的活动中,欢迎广大煤炭科技工作者积极参与,及时宣传自己的科技成果,一起为煤炭行业的科技创新工作贡献出自己的一份力量。

编委会

2014 年 1 月于北京

目 录

煤 矿 地 质

邯邢矿区岩溶地下水水环境保护煤矿开采技术·····	赵庆彪	(3)
纵向电导在直流电测深资料解释中的应用·····	刘金涛,周万勇,姜杰	(9)
霍尔辛赫井田煤体结构空间展布预测·····	张跃铮,韩颖,申秀颀,等	(16)
演马庄煤矿突水微震监测预警技术的应用·····	赵麦来,王飞,王尧	(21)
兴隆庄煤矿暗斜井开拓水害防治·····	岳尊彩,李士强,赵连涛,等	(31)
黄陵矿区红石岩煤矿充水因素分析及矿井水害防治·····	王英,牟来艳,高午,等	(39)
极复杂水文矿井岩巷过断层的水害治理经验·····	黄建飞	(46)
小煤矿特大隐蔽突水通道探测技术与应用效果·····	王社荣,卫兆祥,李云英,等	(53)
翟镇井田西翼奥灰含水层突水危险性评价·····	王迎,徐学芹	(58)
水文动态监测技术在防治相邻矿井老空水害中的应用·····	高树磊,翟所宏	(63)
二级套管技术在陈四楼煤矿防治水工程中的应用·····	沈冰,张安康,马振海	(68)
大面积老空水治理技术在鹤煤十矿的实践·····	冯科技	(72)
永夏矿区二 ₂ 煤层底板含水层注浆改造设计实践·····	陈旺明	(75)
兴隆庄矿综放工作面地表沉陷规律实测研究·····	岳尊彩,于德亮,高明章,等	(81)
3 _上 703 工作面出水机理与防治研究·····	苗传靠,郜普涛,吴瑞叶,等	(88)
河南偃龙矿区二 ₁ 煤层底板巷道滞后突水防治方法及实践·····	任金武,王锐涛	(95)
陈家山煤矿延安组砂岩含水层对煤层开采的影响·····	刘新利	(101)
瞬变电磁法在矿井防治水中的应用·····	杨国勇,高树林,冯波,等	(105)
焦坪矿区玉华煤矿矿井充水因素分析·····	王英,方刚,范立民,等	(109)
山西复杂条件下的三维地震勘探技术的应用·····	赵禄顺	(115)
浅议裂隙对煤体力学强度的影响·····	刘亮,孙振军	(121)
便携式矿井地质探测仪在煤层探测中的应用·····	杨希瑞	(125)

煤 矿 开 采

煤矿巷道底板预应力锚注加固机理及应用·····	张辉,康红普	(133)
特厚煤层大采高综放面矿压及顶板破断特征分析·····	李化敏,蒋东杰,李东印	(140)
千万吨矿井安全高效综采装备技术·····	王国法,李明忠	(146)

深部煤巷纵横钢带联合支护对比研究及机制分析·····	倪兴华	(153)
深井泥岩顶板回采巷道破坏特征及支护设计·····	张和	(159)
谢一矿 51 采区煤层群开采关键保护层卸压规律数值模拟研究 ·····	郑群,李俊斌,侯俊领	(166)
兖州矿区厚煤层开采河道防治技术与实践 ·····	张连贵,郑辉	(174)
煤矿锚索支护初始锚固力值的确定·····	杨福辉	(180)
绿色开采工艺在伊敏露天矿的应用 ·····	李树学,张波	(185)
优化爆破工艺合理提高块煤率·····	朱瑞起	(191)
柳巷煤矿坚硬顶煤顶板水力致裂控制技术·····	杨海楼	(194)
综掘技术在软岩工程圆形巷道施工中的应用·····	王吉凯,任立军,周帅	(200)
邢台矿建筑物下充填开采沉陷规律的研究·····	赵晓江	(205)
大倾角工作面平行过老巷关键技术研究与应用 ·····	匡中文,顾振宇,白长江,等	(213)
新型大采高采煤机设计·····	苗艳才	(218)
煤矿用防爆胶轮车敏感性参数分析与研究·····	王晓,韩霏,仇卫建	(223)
大采高工作面推进速度对煤壁片帮影响分析·····	张军鹏,张亮,王东攀	(228)
糯东煤矿保护层薄煤层综采关键技术研究与应用 ·····	王浣尘,何志龙	(233)
浅埋深煤层群下行开采底板卸压规律研究 ·····	陈冰,刘国通	(241)
主井防重斗下放保护装置的设计制作与应用 ·····	李玖洋,李艳辉,李强,等	(245)
组合支护无人工巷旁充填沿空留巷技术研究 ·····	杨绿刚,郭海书	(252)
矿用混凝土湿喷系统设备在新安煤矿的应用·····	李安国,刘含东,黄西亮	(257)
压力试验机控制系统的变论域模糊 PID 算法研究 ·····	郭爱军	(263)
孤立、条件复杂块段综采工艺创新与实践 ·····	李金海,刘佳明,李慧	(268)
EBZ300 硬岩掘进机设计探讨 ·····	杨春海	(275)
柔掩工作面过向斜轴开采工艺研究及应用 ·····	黄正平,李虎,高维智	(280)
超前探测预注浆加固技术在陈四楼煤矿采区大巷过断层的应用·····	田君,孙兴建,沈冰	(285)
矿井提升系统经济运行特性分析 ·····	李玉瑾,张保连	(292)
“两软一硬”煤层巷道顶板空顶原因及支护技术研究·····	穆磊,王炎棕,刘国通	(296)

煤矿安全与数字矿山

矿用快速自动复位防爆门抗爆强度实验研究·····	游浩	(303)
大直径高位钻孔瓦斯抽放技术在特厚煤层矿区的应用 ·····	段会军,郝世俊,林来彬,等	(313)
煤矿安全生产光纤综合监测预警系统 ·····	马俊鹏,吴文明,孙亚军,等	(318)
沙曲近距离突出煤层群无煤柱开采立体抽采关键技术研究·····	李进鹏	(331)
“三软”单一煤层水力冲孔卸压增透机理探讨 ·····	冯文军,苏现波,王建伟,等	(343)
煤矿瓦斯自动隔(抑)爆技术发展展望·····	徐伟伟	(349)
瓦斯抽采钻孔修复技术与装备 ·····	苏现波,刘晓,马保安,等	(354)

红柳林煤矿煤层自燃灾害气体指标试验研究·····	陈小绳	(360)
孔壁瓦斯动态涌出规律的实验研究·····	张飞燕,韩颖	(364)
易自燃复采煤层火区漏风汇分析与研究·····	朱红青,于树江,郝玉泽,等	(372)
煤矿物联网的研究现状及展望·····	韦延方,郑征,朱冬梅,等	(377)
“松软低透”煤层底板岩巷水力冲孔治理瓦斯新技术·····	程东全,孙飞	(381)
采区两层煤开采冲击地压防治技术探讨·····	闫宪洋,王中财,卞景强,等	(387)
高温矿井掘进巷道热害综合治理技术研究·····	王保齐,阮国强	(394)
基于救生舱的监测机器人主—从控制策略研究·····	王裕清,邓乐,秦玉鑫,等	(399)
变压吸附法富集分离低浓度瓦斯的实验研究·····	竹涛,陆玲,戴亚中,等	(407)
工作场所高血压人群的综合防治与疗效跟踪·····	刘星,吴寿岭,梁洁,等	(412)
复杂厚煤层采掘工作面油型气防治技术的应用·····	马功社	(419)
邻近工作面瓦斯抽采技术研究与应用·····	左鑫,王德象,郭占通,等	(430)
宣东煤矿低透气性松软突出煤层深孔施工技术研究·····	任乃俊,朱帅虎,冯世梁	(437)
演马庄矿 22111 顶板抽采巷水力压裂消突技术研究与应用·····	王飞,王尧	(442)
喷浆除尘装置设计与应用·····	邵光磊,刘焕石,唐耀勇	(451)
基于煤矿企业员工安全意识和测评系统的构建·····	唐福钦	(455)
无线传感技术在煤矿瓦斯监测系统中的应用·····	陈洲,冯德清	(458)
基于 IMOS 平台的视频联网系统改造·····	高长勇,林治峰,刘营营,等	(465)
GNSS 边坡监测系统在伊敏露天矿的应用·····	于大鹏	(470)
矿山物联网技术及其在智慧矿山建设中的应用·····	付贵祥,李学恩,张长江	(474)

煤炭清洁转化与伴生资源综合利用

屯兰矿煤层气与煤炭一体化协调开发技术·····	焦治平	(481)
油页岩干馏炉提高油产率技术方案的研究·····	高健	(494)
选煤厂无线点检系统振动监测技术研究·····	刘卫东,符福存	(500)
井下跳汰高效排矸工艺系统研究与应用·····	杜小河,杨明	(506)
煤基多联产技术及其研究进展·····	吴建民,孙启文,张宗森,等	(512)
负载和分散型催化剂对煤油共炼产物的影响·····	崔建方,王亚涛	(519)
煤矿综采工作面设备冷却水循环系统研究·····	刘大同	(525)
煤矿井下岩石源热泵应用及经济性分析·····	张国安	(530)
高等级公路采动变形多源监测和沉陷治理技术·····	史衍让,张广君,唐存彬	(537)
高矿化度矿井水处理及再生利用技术研究·····	李海江	(542)
煤层气井井底流压计算方法分析·····	周诗维,李晓平,周军,等	(547)
饱和蒸汽褐煤提质技术对锡盟褐煤的适用性分析·····	张丽早,王少华,张超,等	(557)
宽馏分煤焦油加氢改质生产轻质燃料油的工艺研究·····	郭朝晖,余喜春,朱方明,等	(563)

应用 SZ 提质技术,促进褐煤资源的分质分级利用	常士玖	(571)
我国选煤技术装备的发展	程宏志,李山文	(577)
原煤预先脱泥效果对重介选煤系统影响的研究.....	袁玉国,刘志华,王克雷	(583)
配煤优化问题的模型及求解性质的探讨.....	屈国强	(587)
邢台矿选煤厂煤泥干燥系统及设备优化研究	任瑞峰,高伟	(592)
充填工艺在煤矿开采沉陷治理中的研究与应用.....	王兴雨,高树磊,翟所宏	(599)
袁店二矿太阳能及余热综合利用研究和应用.....	丁金虎,刘立群,韩晓东	(604)
兴隆庄煤矿矸石充填开采技术研究	于德亮,岳尊彩,刘康,等	(613)
铁法煤田煤层气地面立孔抽采技术.....	曹士滢	(618)

煤矿地质

邯邢矿区岩溶地下水水环境保护煤矿开采技术

赵庆彪

(冀中能源集团有限责任公司 河北邢台 054000)

摘 要 文章总结了河北邯邢矿区 10 多年来在煤系基底奥陶系石灰岩强含水层水环境保护开采方面的技术经验,通过不断地深入研究,在地质及水文地质预测、超前探查、井田分区评价、煤层底板改造、快速建造“阻水墙”、建造陷落柱“堵水塞”和充填开采技术等方面取得了很大的技术进步和成效,积累了较为丰富的实践经验,取得了良好的环境、安全和社会经济效益,为华北型煤田水环境保护开采提供了有益的技术借鉴。

关键词 煤系基底;岩溶地下水;强含水层;水环境;保护开采技术

河北省是水资源极度匮乏的省份,人均水资源保有量只有 $302 \text{ m}^3/\text{人}$,是全国人均保有量的 13.8%,缺水已严重影响到了工农业生产和人民生活。而煤矿开采不可避免地对矿井乃至矿区的地下水环境产生扰动或者一定的损害,据统计,全国煤矿每采一吨煤,平均要扰动影响 2.54 m^3 地下水资源。因此,研究如何减小煤矿开采对地下水环境的影响,特别是对主要含水层或强含水层予以保护性开采是非常必要的,具有十分重要的现实意义。邯邢煤田是典型的华北型煤田,下组煤开采方面已有 30 年的开采实践,近几年坚持“超前主动、区域治理、全部改造、带压开采”,在岩溶地下水水环境保护开采方面积累了一整套技术经验,取得了很好的环境和社会效益。

1 邯邢矿区地质及水文地质条件

1.1 煤层赋存特征

邯邢煤田含煤地层均为石炭系、二叠系含煤地层。5# 煤(包括 1#~5# 煤层)以上为上组煤,以下(包括 6#~10# 煤层)是下组煤。其中主采煤层 2#、9# 煤层为全区可采煤层,2# 煤位于山西组地层下部,厚度 $2.42\sim 9.46 \text{ m}$;9# 煤位于太原组地层下部,厚度 $3.12\sim 10.16 \text{ m}$,9# 煤下距奥灰顶界 $29.0\sim 39.70 \text{ m}$ 。

1.2 地质及水文地质条件

煤田范围内主要有八个含水层,煤层开采对水环境影响比较大含水层有:

(1) 大青灰岩含水层(VI)。该层为 8# 煤层的直接顶板,厚度一般在 $2.14\sim 10.52 \text{ m}$;局部富水性强,为岩溶裂隙水,可疏干。

(2) 本溪灰岩含水层(VII)。厚度为 $1.5\sim 8.21 \text{ m}$,埋藏深度在 $200\sim 600 \text{ m}$ 。本层为局部富水溶洞裂隙水,属承压含水层,水面标高基本与奥灰水标高相同。

(3) 奥陶系灰岩含水层(VIII)。厚度 $600\sim 800 \text{ m}$,多以溶蚀裂隙、溶孔和小型溶洞为主。富水性极强。根据岩性与含水性划分为三组八段,四、五、六、七段为主要富水段。因此,在开采下组煤时,易受基底奥陶系岩溶灰岩水威胁,特别是导(含)水陷落柱、断层突水等,对水环境影响最大。

作者简介:赵庆彪(1957—),男,辽宁海城人,教授级高工,博士,冀中能源集团有限责任公司总工程师。通讯地址:河北省邢台市中兴西大街 191 号,冀中能源集团有限责任公司综合办。E-mail:qingbiaozh@163.com。

2 超前预探技术及评价方法

2.1 区域预测方法

陷落柱突水具有隐蔽性、突发性强的特点,开展煤田岩溶陷落柱成因机理,发育、分布规律的定性宏观预测研究具有重要的理论意义和实用价值。通过对邯邢煤田陷落柱发育条件的全面分析,提出了岩溶陷落柱宏观预测指标体系,根据人工神经网络和模糊评判基本原理,建立了地下水渗流三维有限差分数值分析模型。结合放水试验动态分析等方法,进行了岩溶陷落柱分布的宏观定性预测。采用专家评议和层次分析法,对每一单元进行陷落柱发育量化评价,以地理信息系统为平台,建立矿井地质构造基础数据库,开发矿井开采地质条件定量评价系统。岩溶陷落柱分布规律预测属宏观预测,还要通过三维地震资料精细解释以及电法、重力、电磁、地震法等物探手段,圈定陷落柱异常,为钻探定位提供依据。

通过上述综合分析预测,在邢台矿区其中 6 个矿井发育有陷落柱,共发现 102 个陷落柱,如葛泉井田陷落柱发育区 8 个,发现陷落柱有 78 个,大多数成群沿向斜、断层呈条带密集发育。

2.2 超前探测技术应用研究

地质及水文地质勘探物探、化探和钻探等。对于井下物探,如电法、瑞利波、地质雷达、TSP 等探测技术,在井下超前探测方面都取得了较好效果。近几年发展起来的井下瞬变电磁测技术,其测距可达 300 m,在保护水资源环境和杜绝恶性突水事故方面发挥了较重要作用。该项技术首次提出巷道多角度、多切面电磁探测方法,具有定向性好,对水敏感,控制范围大,且简便简便,预测较准确,丰富了我国井下物探技术。

通过加大供电电流,降低发射频率,优化探测参数,多参数对比解释等改进措施,减少了井下干扰因素,形成了一套实用的现场施工及室内资料分析方法。

2.3 煤层底板脆弱性评价方法

目前提出的几种突水判据和理论包括:突水系数法、突水临界指数法、“下三带”理论、原位张裂和零位破坏理论、板模型理论、关键层理论、突变理论、突水优势面理论等。煤层底板突水脆弱性是指煤层底板突水的风险性,它利用地理信息系统(GIS)和人工神经网络(ANN)耦合技术来对矿井奥灰突水进行脆弱性评价。合理地选取影响底板突水的主控因素,对预测神经网络模型和评价结果的准确性起关键作用。经研究一般选取以下 8 个因素作为煤层底板突水预测的主控因素:① 奥灰强含水层水压;② 奥灰强含水层富水性;③ 奥灰含水层顶部古风化壳厚度;④ 本溪灰岩厚度;⑤ 区域内构造密度(褶皱和断层);⑥ 断层断距(落差大于 1.0 m);⑦ 有效隔水层厚度;⑧ 矿压破坏带以下脆弱岩层的厚度。

以上 8 项主控因素根据 BP 神经网络模拟,确定影响底板突水的各主控因素的权重系数。底板突水脆弱性指数(FC)可用下面公式表示:

$$FC = \sum S_i \times I_i$$

式中 FC——底板突水脆弱性指数;

S_i ——第 i 个主控因子的相对权重;

I_i ——第 i 个主控因素量化值归一化后的值。

脆弱性指数愈大,煤层底板突水的可能性也就愈大。根据网络模型计算出的脆弱性指数进行统计分析确定分为四个等级,即安全区、过渡区、较脆弱区、脆弱区。当然,还需对底板突水脆弱性分区进行检验,当预测区域实际与分区拟合率未达到 90% 以上,则需修订评价模型。并且引入参数灵敏度分析方法,结果各主控因素敏感度分析与所定的各主控因素对底板突水影响的定性和定量分析是相符的。通过在章村矿三井应用研究,经对比分析,预测基本符合实际情况,为下组煤开采防止底板突水,保护奥陶系水环境提供了比较可靠的参考依据。

3 下组煤带压开采底板注浆改造加固技术

邯邢地区煤田基底奥灰水极为丰富,水位难以疏降,多利用有一定厚度底板有效隔水岩层实施带压开采。邢台矿区下组煤(9#煤)与奥陶系灰岩顶面距离一般在30.0~35.0 m,其岩性组成为铝土、砂岩、煤、泥岩等岩性,具有一定的阻水抗压能力。深部大青灰岩水一般以疏为主,奥灰水以预防为主。对于本溪灰岩,若富水性强,则采用注浆改造变含水层为弱含水层或隔水“关键”层。当底板隔水层有效保护厚度的阻隔水能力小于实际水头值时,就要采取煤层底板注浆改造,消减或消除承压水导升裂隙,减少煤层底板采动破坏深度等措施,甚至可利用奥灰顶部(八段)风化充填特征,增加底板承压保护层有效厚度。

由于水资源环境保护与安全开采是统一体,全面改造9#煤底板,既基本保护了煤系基底奥陶系水资源环境,又实现了下组煤的安全带压开采。

利用岩溶富水平面分区,垂直分带规律,先易后难选择开采顺序,在区域和开采水平摆布上,尽可能避开强迳流区和富水带以及地质水文地质异常区域。总体技术路线如下:

(1) 采用物、钻探等手段探清隔水层薄弱、富水区段和潜在的导水通道,如陷落柱、断层等,并进行全面注浆改造,提高隔水层有效厚度和完整性,增强阻水性能。

(2) 利用钻探工程,进行水量、水压、水温“三量”测试,计算隔水层带压系数,定量评价阻水性能。

(3) 采用多手段测试采动底板岩层破坏深度试验,分析与采煤工作面参数间的关系。

(4) 利用原位应力测试技术,对突水可能性进行预测。

(5) 在保水开采过程中,利用监测系统进行突水监测和预报。

现邯邢矿区有5个矿井开采下组煤,开采规模已达到300万t/a以上,承压水头达到2.0~2.8 MPa。由于采用煤层底板全部注浆改造措施,取得了较好的技术经济和环境效果。在煤巷掘进中,对底板探测钻孔采取“见水必注”的措施,实现了掘进面前方底板加固,保障掘进安全。

4 综合注浆法快速建造“阻水墙”技术

2003年4月12日,位于东庞矿南翼二水平(-480 m)的2903工作面下巷掘进中,突遇隐伏的导水陷落柱而突水(高峰值 $Q>74\ 451\text{ m}^3/\text{h}$)致矿井被淹。为尽早恢复矿井,治理工程分两期,一期为封堵过水巷道,建造“阻水墙”工程,先恢复生产,同时进行陷落柱探查;二期为封堵陷落柱治理工程,以根治水患。经科学施工,仅用125天取得堵水成功,225天全面恢复了矿井生产。该项工程在煤矿堵水史上封堵巷道埋深最深(580 m),奥灰水压最高(5.0 MPa)。在煤巷中封堵巷宽4.5 m,巷高3.5 m,2号煤硬度仅为0.188 MPa的条件下,建造长约105 m,抗压5.0 MPa以上的“阻水墙”,在我国煤炭系统尚属首次。

沿2903工作面下巷轴线方向,在突水点外5~110 m从地面往井下巷道施工注浆钻孔8个,突水口外5 m为 G_1 孔,以外每15 m布置一个钻孔,钻孔深度581 m(以进入巷底2 m为准),终孔孔径不小于110 mm。布置的钻孔用于骨料充填和注浆封堵,在巷内至少形成105 m长的“堵水墙”封堵过水巷道。如图1所示。

建造分为四个阶段:

第一阶段首先选择3个钻孔进行旋喷注浆施工,通过注入高压水泥浆液,强行切割周围骨料,使水泥浆液与骨料充分混合,形成3个相对孤立的截断过水断面混凝土结石体。

第二阶段在旋喷注浆孔之间进行充填注浆,将旋喷结石体之间



图1 “阻水墙”设计示意图

的空隙充填,形成一连续的阻水墙。

第三阶段为升压注浆阶段,主要对阻水墙与巷道周边围岩的接触面,以及岩石裂隙进行注浆加固,一方面增强阻水墙与围岩黏接力,提高抗挤出与抗水流冲刷能力。另一方面,注浆封堵了顶底板裂隙,可以防止突水绕流。

第四阶段为引流注浆阶段,阻水墙基本形成情况下,井下基本为静水状态。为了检验堵水效果,封堵残留小的过水通道,在矿井试验排水期间,利用 G_2 孔进行注浆,对出水口附近进行注浆封堵。

建造“阻水墙”封堵工程采用先进的定向钻进技术,共施工 28 个钻孔,全部命中巷道。不同的注浆工艺相对于不同的注浆阶段,实现不同的工程目标,四种注浆工艺的有序排列组合形成了完整的“阻水墙”建造技术。

在综合注浆建造“阻水墙”技术中施喷注浆是其关键核心技术,这也是在埋深 580 m,断面达 15.75 m^2 煤巷中首先应用该项技术获得了成功。

5 突水陷落柱“堵水塞”建造技术

东庞矿 2903 工作面特大型突水陷落柱“堵水塞”治理工程经历了陷落柱探查、治理工程施工和质量与堵水效果检验三个阶段后获得了成功,保护了东庞井田基底水环境。

与以往大型奥灰陷落柱透水治理工程相比,该陷落柱规模较大,2 号煤以下堵水塞段的陷落柱截面积达 3546 m^2 (含裂隙带)。在松散破碎的陷落柱中建造堵水塞,首先要研究出一套适合复杂地层的定向分支钻(造)孔工艺,制定科学合理的注浆工艺。矿井恢复后,如何定量评价封堵效果是以往类似工程尚未解决的问题。“阻水塞”封堵设计如图 2 所示。

通过结合井上、下钻探,物探及抽放水试验综合立体勘探技术,在定向钻探、注浆工艺控制、单孔结束标准和堵水效果评价等方面进行了大胆创新,取得了新的技术突破。

(1) 大量采用分支造孔技术。由于采用先进的螺杆钻具定向、随钻测斜与防斜纠偏钻探工艺,使钻进方向始终处于受控状态,确保钻机按设计参数施工。

(2) 根据陷落柱空间特征及工程地质条件,确立了分段注浆工艺,提出了旋喷充填、升压、引流及加固注浆四个阶段,不同阶段给出了相应的注浆控制标准,使得注浆过程科学有序。

(3) 首次提出了钻孔注浆吸水率结束标准。建立了注浆钻孔分序分段注浆的吸水率结束标准。该标准优点是考虑了受注层段的水压力、压水孔口压力、受注层段长度等因素,其结果不受浆液性能的影响,所测结果能够与岩面的透水性相对应,直观地反映了钻孔的注浆效果。

(4) 提出了定量评价堵水塞注浆效果的方法。通过在井下施工放水钻孔、疏放堵水塞上的陷落柱残留水,计算补给量,定量评价堵水效果。

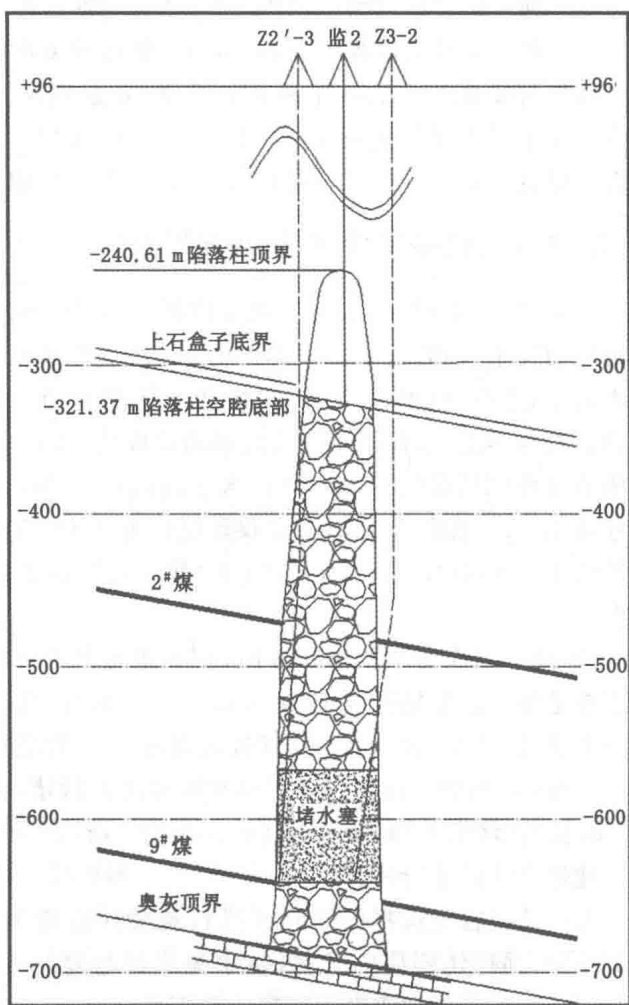


图 2 陷落柱“堵水塞”设计剖面图

这在国内陷落柱治理工程堵水效果检测中是首次应用,为陷落柱堵水效果评价提供了一种可靠的办法。

6 综合机械化充填采煤技术

综合机械化充填采煤技术是一种全新的采煤方法,其原理是在采煤的同时,将不同的充填材料密实充填到采空区支撑顶板,减小矿压显现和底板破坏深度,增加底板隔水层有效厚度,阻止矿井水涌出,从而保护煤系基底强含水层水环境不受大的扰动。按充填材料有矸石固(散)体、高水、矸石膏体等,这里以固体充填材料作简要介绍。

6.1 综合机械化固体充填采煤主要装备

6.1.1 核心装备充填液压支架

支架顶梁中部设计铰接点,形成前后顶梁结构。支架前部是一个典型的四连杆结构,后部是一个反四连杆结构,由于整个顶梁对顶板的主动支撑,支架空间大,为充填工作提供了充足的空间,如图3所示。支架后部悬挂充刮板输送机,该输送机每隔一个中部槽有一液压控制的卸料孔,可将输送的充填材料自动卸入采空区,输送机能力达250 t/h,可为高效充填提供足够充填材料。

6.1.2 密实推压装置

支架的底部安装密实推压装置,该装置可上下、前后摆动,推力达126 kN,能快速将落入采空区的充填材料推压密实支撑顶板。

6.2 高效投料系统

为解决大量充填材料从地面回入井下,依据气、固两相流理论,并通过大量试验,得到大垂深固体(散体)充填材料在输送管路中的运移参数,研发了大垂深固(散)体投料系统,解决了350~800 m垂深条件下,固体充填料投放对储存设施的冲击及破坏问题。

6.3 充填工艺

采煤机割一刀后,充填材料在地面自动混合,经大垂深投料系统,运到支架后部的充填刮板输送机,打开卸料孔,从机尾向机头方向依次充填,推压密实装置使充填料密实接顶后,关闭所有卸料孔,停止充填工作,依次循环。

充填采煤一体化工艺实现了两种工艺在空间上分开,时间上平行,使综合机械化充填采煤技术达到了规模化生产。

6.4 技术经济效益

郭二庄矿二坑是开采下组煤矿井,2911充填工作面位于一采区,开采9#煤,煤厚平均3.8 m。工作面倾斜长度80 m,走向长度1 050 m。9#煤到奥灰的平均间距为33.5 m。采用充填开采下组煤取得了较好的技术经济效益。

(1) 采空区充填后,初次来压和周期来压强度大大降低,矿压显现明显减小。

(2) 在工作面进行了底板破坏深度探测,破坏深度降低了20%~50%,相对增加了底板隔水层厚度,底板阻水能力得到加强。

(3) 采空区经密实充填后,封堵了出水通道,有利于防止采空区滞后出水。

7 结语

邯邢矿区近10多年来,在保护煤系基底奥陶系石灰岩水环境方面形成了一整套比较成熟的保护开采技术,既安全开采了宝贵的煤炭资源,又保护了煤田基底强含水层水环境不受大的扰动,环境、社会效



图3 充填采煤液压支架结构示意图