深井强突出煤层揭煤下向钻孔瓦斯抽采成套技术

单 佳 勇
(安徽理工大学,安徽 淮南 232001)

摘 要: 为解决顾桥矿-943—-1 000 m北翼二水平回风斜巷及深部进风井井筒在穿过6煤时的瓦斯涌出异常问题,针对深井存在的煤层松软、透气性低、地应力高、瓦斯压力和瓦斯含量高等特点,提出在顶板巷施工下向穿层钻孔,配套使用掏穴、全程套管跟管钻进、快速封孔等工艺,并进行了现场应用。结果表明:回风斜巷揭6煤措施孔共抽采瓦斯17.2万m^3,揭煤区域预抽率45.3%,揭煤区域原始瓦斯压力5.18 MPa,残余瓦斯压力0.22 MPa,原始瓦斯含量10.24 m^3/t,残余瓦斯含量5.06 m^3/t,残余瓦斯压力和瓦斯含量均未超过国家规定和该矿区的临界值。该技术也成功应用于深部进风井井筒揭6煤,大幅度缩短了工期,实现了深井强突出煤层的安全高效揭煤。

关键词: 深井揭煤; 瓦斯预抽; 防突措施; 下向钻孔
中图分类号: TD712 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2015)01-0066-04

Completed gas drainage technology with downward borehole for high outburst seam opening in deep mine

SHAN Jia-yong
(*Anhui University of Science and Technology, Huainan* 232001, *China*)

Abstract: In order to solve the gas abnormal problem occurred when air retuning gateway in No. 2 Level of -943—-1 000 m North Wing of Guqiao Mine and deep air intake shaft passed through No. 6 seam, according to the soft seam, low permeability, high geostress, high gas pressure and high gas content features of the deep mine, the downward passed through strata borehole was provided for the construction of the roof gateway, including the cutting, full length casing drilling, rapid borehole sealing and other techniques and were applied to the site practices. The results showed that the downward boreholes in No. 6 seam of the air retuning gateway had drainaged gas of 172 000 m^3 and the pre-drainage rate in the seam opening area was 45.3%. An in-situ gas pressure of the seam opening area was 5.18 MPa, the residual gas pressure was 0.22 MPa, the in-situ gas content was 10.24 m^3/t, the residual gas content was 5.06 m^3/t. Neither the residual gas pressure nor the gas content was over the critical value of the state and the mining area. The technology was also successfully applied to open No. 6 seam in a deep mine air intake shaft, the construction period was highly reduced and the safety and high efficient seam opening in high outburst seam in deep mine was realized.

Key words: seam opening in deep mine; gas pre-drainage; outburst prevention measures; downward borehole

0 引 言

矿井煤与瓦斯突出是煤体在地应力、瓦斯和煤的物理力学性质3个方面因素综合作用下发生的一种严重灾害[1-2]。随着煤炭开采逐渐向深部延伸,影响煤层瓦斯的主要因素都随深度变化而发生本质变化,深井(石门)揭穿强突出煤层的防突工作难度大、耗时长,煤层渗透率和孔隙率降低、瓦斯含量逐渐增大,严重影响矿井生产安全,因此采取正确的消突措施非常必要[3-5]。揭露煤体后,原始煤体的平衡状态是否被破坏决定是否会发生突出,即煤层内储存的弹性潜能、瓦斯内能及煤岩自重位能能否克服煤层强度的阻力,破碎煤体后将煤体抛出。未揭露煤层前采取区域消突

收稿日期: 2014-09-08; **责任编辑:** 王晓珍 **DOI:** 10.13199/j.cnki.cst.2015.01.016
作者简介: 单佳勇(1981—),男,安徽亳州人,工程师。Tel:18909645011,E-mail:rebackatonce@163.com
引用格式: 单佳勇. 深井强突出煤层揭煤下向钻孔瓦斯抽采成套技术[J]. 煤炭科学技术,2015,43(1):66-69.
SHAN Jia-yong. Completed gas drainage technology with downward borehole for high outburst seam opening in deep mine[J]. Coal Science and Technology,2015,43(1):66-69.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

措施就是破坏所揭煤区域的原始煤体的平衡状态,使煤体与瓦斯重新建立新的无突出性平衡状态。一些适用于浅部的防突技术在深部开采应用时效果不佳[6]。现应用较多的深部揭煤技术耗时长,不能保证工期; 而深部的地质条件及环境复杂,开采保护层、水力压裂增透、爆破增透等技术无法广泛应用。如何提高下向钻孔抽采效果是国内瓦斯治理的难点。因此,笔者通过研究顾桥矿在深井强突出煤层揭煤时,针对地应力大、瓦斯压力大及含量高、煤层松软特点所采取的揭煤安全措施,总结出了深井强突出煤层揭煤下向钻孔抽采成套技术,该套技术包括掏穴增透、"两堵一注"新型快速封孔工艺、全程套管跟管钻进工艺、延孔沉渣和压风吹孔工艺等,为矿井安全高效揭煤提供技术支撑。

1　矿井概况

顾桥矿井位于潘谢矿区中西部,井田面积大,煤层埋藏深,经鉴定为瓦斯突出矿井。主要可采煤层为 13-1、11-2、8、6-2、1 煤。全井田划分 2 个生产水平开采。其中,一水平标高为-780 m,采用上、下山开采,下山采至-850 m; 二水平标高-950 m,采用上、下山开采,下山采至-1 000 m。-943—-1 000 m 北翼二水平回风斜巷和深部进风井井筒是顾桥矿二水平延伸关键线路工程,两者均准备揭 6 煤(包括 6-2 煤和 6-3 煤),揭煤标高-965 m 左右,两揭煤地点相距 130 m。6-2 煤为二叠系下统下石盒子组第二含煤段,煤层倾角为 1°~3°,以粉末状为主、少量碎块状,煤层瓦斯压力为 5.18 MPa 左右,煤厚约 4.3 m,瓦斯含量 10.24 m^3/t,测得地应力 25~30 MPa; 6-3 煤厚约 0.6 m,煤层倾角 5°~9°,6-3 煤在 6-2 煤之上与 6-2 煤法距 6.1 m,瓦斯含量 3.9 m^3/t,瓦斯压力 0.6 MPa,6-3 煤距顶板 19.10~8.20 m 以上为厚 10.90 m 的细砂岩; 6-2 煤底板岩性: 距底板 0~0.90 m 以下为厚 0.90 m 的砂质泥岩; 距底板 0.90~8.00 m 以下为厚 7.10 m 的细砂岩和砂质泥岩互层。区内煤层间距、煤厚基本正常,煤层对比基本清楚,没有地层倾角剧变等构造现象。

2　深井强突出煤层揭煤下向钻孔抽采技术

2.1　技术方案

穿层钻孔适用于松软低透气性突出煤层的瓦斯抽采[7-8],在-943—-1 000 m 北翼二水平回风斜巷顶板做顶板抽采巷,施工下向穿层钻孔,对 6-2 煤进行区域消突。根据所揭煤层的情况选择一整套技术方案进行试验: 一是采用掏穴增透增加排渣,清除孔内煤岩粉; 二是采用"全程套管跟管钻进工艺"解决因煤层松软、钻屑量大、易堵孔造成钻不到位和抽采管下不到底的问题; 三是使用"两堵一注"新型快速封孔工艺、增大套管抽采面积; 四是采取延孔沉渣和压风吹孔排水,解决下向钻孔孔底淤积水、煤岩粉的问题; 五是对顶板抽采巷存在围岩破碎的问题,采取注浆加固措施等。

2.2　方案实施过程

2.2.1　巷道布置

结合所揭煤层顶底板岩性、施工钻孔数量、抽采钻孔密封、措施孔施工等因素,选择距-943—-1 000 m 北翼二水平回风斜巷所揭 6-2 煤法距 16~19 m 施工顶板抽采巷,巷道长 127 m,断面宽×高为 4.2 m×4.3 m,采用锚网喷支护,直墙半圆拱型断面。巷底施工 300 mm 厚地坪,坡度 0.5%。巷道地压大、围岩破碎时,对巷道和底板进行注浆。

2.2.2　措施孔设计与措施实施情况

1) 措施孔设计、施工及考察结果。措施孔控制到巷道两帮轮廓线外不少于 15 m、控制范围的外边缘到待掘巷道轮廓线最小距离不少于 7 m。共设计 31 组 501 个下向抽采措施孔(图 1),钻孔工程量 22 km; 后期增加 26 个掏穴钻孔,按照"掏穴优先,后续补充"的原则,从每组措施孔中选择 2 个进行掏穴,掏穴卸压后,在其卸压范围依次施工其他钻孔,若孔内钻屑量异常进行补充掏穴。

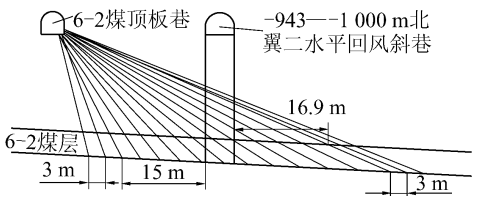


图 1　下向抽采措施孔示意

施工措施孔设备为 4 台 ZDY3200S 钻机、ø89 mm 肋骨钻杆、ø113 mm 复合片钻头、ø94 mm 复合片钻头和 ø260 mm 掏穴钻头。初始施工钻孔工艺为: 倾角较大的钻孔,采用 ø113 mm 复合片钻头和 ø89 mm 肋骨钻杆施工至穿过 6-2 煤进入底板不小于 1 m 处终孔; 倾角较小的钻孔,先用 ø94 mm 复合片钻头和 ø89 mm 肋骨钻杆施工,起钻后用

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

ø113 mm 复合片钻头扩孔至孔底。

该处地应力大、煤层粉碎、平均煤粉量大于 150 kg/m(使用 ø113 mm 钻头施工),排渣补偿导致钻孔无法成孔,需要多次透孔,埋钻、断钻事故频繁发生。采取掏穴增透工艺前,共施工 249 个钻孔,累计发生埋钻、断钻事故 11 起,喷孔 12 起,钻孔施工处的瓦斯传感器显示瓦斯浓度最大值达 1.17%,施工台效仅 1 659 m/(台·月),严重制约揭煤工期。

为解决上述问题,采用掏穴工艺扩大孔径,通过扰动煤体,人工导流煤层内的煤与瓦斯,以达到释放煤体储存的弹性潜能的目的[9]。掏穴工艺用 ø260 mm 双翼掏穴扩孔钻头,钻孔过煤时进行扩孔钻进。该钻头是由 1 根钻头体主轴、2 个翼片、翼片与主轴连接轴、PDC 复合片及前置导向体组成,采用 PDC 复合片作为岩石切屑刀具,利用液体喷射原理,在软岩层段先慢速回转后开泵,借用一定泵压产生的射流缓慢打开双翼,将钻孔直径从 133 mm 扩至 260 mm。双翼掏穴扩孔钻头在煤层段进行扩孔搅动钻进时,扩大的孔洞给膨胀的煤体留有缓冲空间以进行破碎,破碎后的煤体与释放出来的高压瓦斯混合后通过钻孔排出,进入大容量的气渣分离器。增大气渣分离桶的容量能有效分离钻孔喷出的气渣[10]。

施工过大量钻孔的煤体的透气性会发生变化,其变化受施工钻孔时喷出的煤量影响[11],而掏穴工艺增加钻孔通透性。经统计,11 个孔共掏出煤量 9 815 kg,平均每孔 892 kg。掏穴工艺有效释放了地应力,煤层透气性增加,卸压效果明显。在施工掏穴钻孔后,其卸压范围内的其他钻孔未发生埋钻、断钻。钻孔台效从原来的 1 659 m/(台·月)提高到 2 217 m/(台·月)。

2) 套管护壁工艺。由于 6-2 煤松软、钻屑量大,易发生堵孔,采用套管护壁[12-13]工艺。普通工艺在取出钻杆、钻头后再人工送入抽采管,钻孔会出现不同程度的垮孔现象,抽采管很难下到孔底。因此,采用了“全程套管跟管钻进工艺”,在煤层施工钻孔时换用脱芯式钻头施工,钻孔施工至设计深度后,将抽采管同筛管结构连接并同悬挂装置一起组装,在组装完成后,由施工人员将其通过钻杆内孔送入,推开钻头脱芯可进到孔底,开动钻机导出钻具,拉动抽采管使孔底悬挂装置打开,使悬挂装置挂住孔壁防止随起钻退出(图 2)。

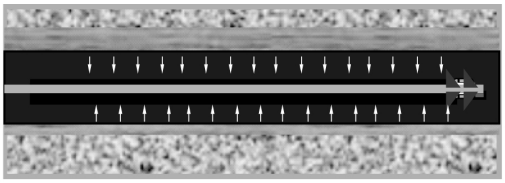


图 2　套管护壁工艺

为提高抽采效果,抽采管选用拉丝套管,增大套管抽采面积,将 PVC 拉丝管改换为拉丝铁管,使套管抽采面积增加 8 ~ 10 倍。

3) 新型快速封孔工艺。使用“两堵一注”新型快速封孔工艺进行封孔。新型封孔器由注浆管、瓦斯管、爆破阀、囊袋构成(图 3),其工作原理:将新型封孔器下入孔内后向孔内注封孔水泥浆,浆液首先充入里外口囊袋,当注浆压力达 1.5 ~ 1.8 MPa 时,注浆管中间的爆破阀被高压浆挤爆,浆液充填抽采管与孔壁间腔体及钻孔周边裂隙[14-15],浆满时浆液由返浆管流出,封堵返浆管,继续注浆至压力稳定在 2 MPa 以上,注浆结束。

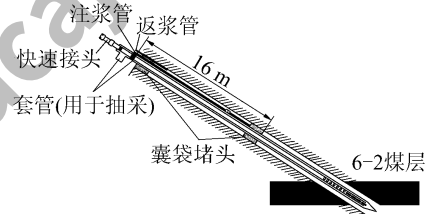


图 3　“两堵一注”封孔工艺

已测得施工钻孔地点巷道松动圈半径为 11 m,应力集中峰值点深度为 15.2 m,选择封孔深度 16 m。高压浆液能够进入孔壁缝隙,冷凝后固结钻孔及周围岩体,固结后致密性较好,能较好地实现钻孔周边裂隙区域的封堵,有效阻止空气通过孔壁裂隙进入负压抽采管内,保证抽采效果。向孔内送入空囊袋比送入带药囊袋遇到的阻力小,原封孔工艺采用聚氨酯先堵里端,再堵外端,堵好后再接管注浆,新工艺只需注浆,工序简捷,原工艺在注浆封孔时,里堵头易受压破裂漏浆,浆液填满整个钻孔,致使钻孔报废,新工艺里堵头能耐高压,在注浆时不会被挤裂漏浆,原工艺所用化学材料较水泥昂贵得多。新工艺封孔耗时 1 h,原工艺耗时 2 ~ 3 h,新型快速封孔工艺大幅提高了封孔效率。

4) 下向钻孔内渣水处理工艺。下向抽采孔易被水渣填充,影响瓦斯流动通道,解决方法有:①加深钻孔 2 m 的方法,使孔内渣下沉至孔底;②向拉丝铁管内下 ø12.5 mm 压风管至煤层底界线处,并将

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net

ø12.5 mm 压风管通过定时控制装置接入矿井压风系统,根据人工设定的程序定时向孔内送压风进行孔内排水,使孔内水平面始终低于煤层底界线。实践表明采取以上 2 种方法能够确保孔内畅通,煤层释放出来的瓦斯被充分抽采。

2.3　应用效果分析

2013 年 11 月 2 日—12 月 25 日未施工掏穴钻孔前,共施工 249 个措施孔,平均瓦斯体积分数 12%,平均瓦斯抽采纯量 1.1 m^3/min。

2013 年 12 月 25 日开始采取掏穴措施后,考察 112 个措施孔(包括 12 个掏穴钻孔)显示,平均瓦斯体积分数稳定在 30% 左右,平均瓦斯抽采纯量 1.312 m^3/min。

根据在线监测结果分析,采取掏穴和普通钻孔相结合的工艺使平均瓦斯体积分数稳定在 30% 左右,是未掏穴前的 2.5 倍,增幅达 150%,平均瓦斯抽采纯量为 0.212 m^3/min。

截至 2014 年 2 月 5 日,北翼二水平回风斜巷揭 6-2 煤措施孔完成抽采时抽采瓦斯量 17.2 万 m^3,预抽率 45.3%。揭煤处瓦斯压力从 5.18 MPa 降至 0.22 MPa,小于煤层残余瓦斯压力指标临界值 0.74 MPa[16];瓦斯含量 10.24 m^3/t 降至 5.06 m^3/t,小于煤层残余瓦斯含量指标临界值 8 m^3/t[16],该处揭煤已顺利结束。

3　现场应用

将在-943—-1 000 m 北翼二水平回风斜巷总结出来的成套技术应用于深部进风井筒。-943—-1 000 m 北翼二水平回风斜巷与深部进风井井筒为同一地质构造单元,相距 130 m,同为揭 6-2 煤,选取 15 个措施孔作为掏穴卸压钻孔直接施工。下套管时,靠近井筒荒径外的第 3、4 圈措施孔过煤段下钢管,兼做金属骨架使用,金属骨架能够有效防止掘砌过煤期间冒落[17-18]。

3 台钻机自 2014 年 1 月 4 日开钻,其中单个钻孔最大掏屑量达 10.28 t。掏穴后,其他措施孔施工及下套管较容易,提高了钻机台效,每天可施工 6 ~ 8 个孔。合茬抽采期间干管平均瓦斯体积分数稳定在 40% 以上。原计划测压、打钻、预抽工期 90 d,实际 60 d 施工结束并且区域瓦斯预抽效果评价合格,工期提前 30 d。

4　结　　论

采用深井强突出煤层揭煤下向钻孔抽采成套技术成功地避免了顾桥矿-943—-1 000 m 北翼二水平回风斜巷和深部进风井井筒穿过 6 号煤层过程中出现瓦斯异常,缩短了揭煤工期,对安全高效揭穿深井强突出煤层有很好的保障作用。采取新型快速封孔器封孔效率提高了 150%,解决了因注浆压力大致使里堵头裂漏的难题;采用本套技术和普通钻孔相结合的方法起到了卸压增透的效果,不仅解决了高地应力下钻屑多、易堵孔的难题,而且提高了施工效率,钻机台效由 1 659 m/(台·月)提高到了 2 217 m/(台·月);下向钻孔内渣水处理工艺和相关瓦斯抽采措施保障了瓦斯抽采效果。

参考文献:

[1] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社,1992.

[2] 何学秋. 含瓦斯煤岩流变动力学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社,1995.

[3] 袁　亮. 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社,2004.

[4] 刘　健,刘泽功,石必明. 低透气性突出煤层巷道快速掘进的试验研究[J]. 煤炭学报,2010,35(1):85-88.

[5] 虎维岳. 深部煤炭开采地质安全保障技术现装与研究方向[J]. 煤炭科学技术,2013,41(8):1-5,14.

[6] 胡千庭,赵旭生. 中国煤与瓦斯突出事故现状及其预防的对策建议[J]. 矿业安全与环保,2012,39(5):1-6.

[7] 王春光,张东旭. 深部煤矿开采瓦斯综合治理技术研究[J]. 煤炭科学技术,2013,41(8):11-14.

[8] 方良才. 淮南矿区瓦斯卸压抽采理论与应用技术[J]. 煤炭科学技术,2010,38(8):56-62.

[9] 潘　峰,叶　青,李国旗,等. 工作面打钻诱导突出机理分析及其预防措施[J]. 煤炭科学技术,2011,39(12):44-47,79.

[10] 龙建明,陈久福,李文树,等. 穿层预抽钻孔气水渣分离装置的研制与应用[J]. 煤炭科学技术,2013,41(12):46-49.

[11] 浑宝炬,周红星. 水力诱导穿层钻孔喷孔煤层增透技术及工程应用[J]. 煤炭科学技术,2011,39(9):46-49,80.

[12] 牛多龙. 松软低透性煤层顺层钻孔全程套管预抽瓦斯技术[J]. 煤炭科学技术,2013,41(5):90-92,116.

[13] 周松元,雷丰蜻,桂建飞,等. 松软煤层严重喷孔部位钻进工艺[J]. 煤矿安全,2012,43(3):41-44.

[14] 杨　磊,朱昱辰,李义敬,等. 瓦斯抽采钻孔径向膨胀渗透封孔技术研究[J]. 煤炭科学技术,2013,41(10):60-63.

[15] 李宝富,魏向志,任永康,等. 煤层巷道底板动态破坏机理及控制技术[J]. 煤炭科学技术,2013,41(10):34-37.

[16] 国家煤矿安全监察局. 防治煤与瓦斯突出规定[M]. 北京: 煤炭工业出版社,2009.

[17] 蔡寒宇,魏国营,辛新平. 石门短导硐快速揭煤防突技术研究及应用[J]. 河南理工大学学报,2007,26(5):489-482,515.

[18] 李永强,涂经辉. 导硐揭煤技术初探及实践[J]. 煤炭工程,2011(10):26-27,30.

中国煤炭期刊网 www.chinacaj.net