

基于节能环保理念的井田边界厚煤层单巷掘进技术

王庆雄

(神华神东煤炭集团有限责任公司 哈拉沟煤矿, 陕西 神木 719315)

摘要:针对哈拉沟煤矿 22413 综采工作面沿井田边界掘进存在厚煤层浪费及通风、探放水和边界采空区积水排放困难等问题,采用单巷掘进、大功率(2×45 kW)通风机通风、应急通风设施、千米定向钻探和清污分离等技术,以实现节能环保及安全高效掘进。结果表明:采用单巷掘进,可多回收煤炭资源约 28 万 t,并大幅降低了巷道支护成本;将调车硐间距调整增加 20~30 m,减少约 13%的调车硐进尺,降低万吨掘进率。通过设计钻探硐室、采用千米定向钻机钻探,能够满足巷道掘进与钻探平行作业;通过合理设置通风系统、施工应急设施,确保了掘进通风安全。采用清污分离方法,回收利用了采空区积水,缓解了矿区水资源紧张局面。

关键词:井田边界;厚煤层;单巷掘进;提高回采率;千米定向钻探;清污分离;节能环保

中图分类号:TD78.2

文献标志码:B

文章编号:0253-2336(2017)S2-0072-05

Single lane tunneling technology of thick coal seam mining at field boundary based on concept of energy saving

WANG Qingxiong

(Halagou Coal Mine, Shenhua Shendong Coal Group Corporation Limited, Shenmu 719315, China)

0 引言

我国煤炭资源丰富,主要采用长壁法回采,该回采方法需留设巷道保护煤柱造成了资源损失。为此,许多矿区应用单巷掘进技术以提高资源回采率^[1-4]。哈拉沟煤矿 22413 回风巷沿井田边界掘进,掘进区域煤层厚普遍大于 5 m,巷道设计长度 2 378 m。为提高回采率,降低巷道支护成本,采用单巷掘进技术。根据已有实践,单巷掘进长距离通风问题比较突出,部分矿井通过选择合理的局扇型号和风筒,解决风筒连接处漏风问题、提高风筒悬挂质量等措施,解决了单巷通风困难^[5-8]。井田边界掘进必须提前进行探放水,部分矿井通过采取长钻孔探放水技术、“三位一体”综合探放水技术等,解决了边界探放水问题^[9-12]。

根据实践资料,结合开采条件,22413 回风巷单巷掘进主要存在通风、探放水、采空区积水排放困难等问题。单巷掘进设计及施工中,哈拉沟煤矿在保证安全的前提下,充分考虑节能环保,以做到安全、

节能、环保和绿色开采,提出了大功率(2×45 kW)通风机通风、设置应急通风设施、千米定向钻机探放水等技术。为进一步提高煤炭资源回采率,设计将调车硐、水仓和移变硐室布置在工作面内,并增大调车硐间距。22413 回风巷边界为苏家壕煤矿采空区,采空区积水量约 48.22 万 m³,且化验结果表明采空区水质较好,为减少矿井污水处理量和外排量、缓解神东矿区水资源紧张压力,设计采用清污分离方法将采空区水引至净水厂处理后供矿区生活用水。在采取清污分离措施时,充分利用巷道落差和已有管路,减少了抽排水电能消耗和管路铺设费用。通过采取一系列措施,22413 回风巷掘进实现了安全、节能环保,开采经验可为类似条件矿井巷道掘进提供借鉴。

1 掘进工作面概况

1.1 巷道掘进条件

22413 回风巷采用单巷掘进,巷道长 2 378 m、宽 5.6 m、高 4.0 m。掘进区域东南侧为三不拉煤矿

空车行走速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	7.5
重车行走速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	5.5
充电机型号	LA-10C
铲斗容积/ m^3	3.28
最大卸载高度/mm	1 244
电压	128VDC
转弯内径/m	3.58
转弯外径/m	7.09
生产厂家	DBT

5) GP460/150 破碎机技术特征:

卸载能力/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	460
料斗容积/ m^3	6.51
破碎等级/mm	最大 300
质量/t	28.06
总装机功率/kW	150
供电电压/V	660
牵引速度/($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	15.32
生产厂家	太原煤科院

6) DSP-1080/1000 带式输送机技术特征:

外形尺寸/mm	3 994×2 451×1 697
供电电压/V	660
运输带规格/mm	1 000×8
传动滚筒个数	2
总装机功率/kW	160
输送能力/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	630
传动滚筒直径/mm	630
生产厂家	西北煤矿机械二厂

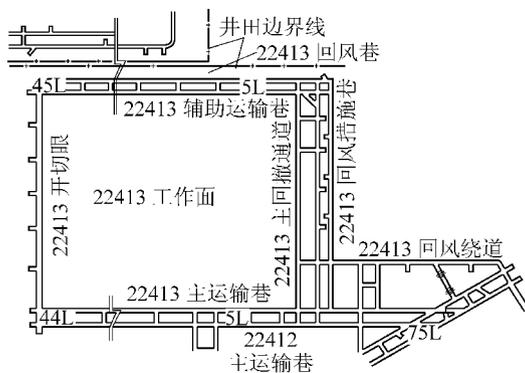


图3 22413回风巷原巷道布置设计

车宽度小,为方便调车,将调车硐设计为与巷道成 80° 夹角,并在锐角侧施工 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的抹角。为便于后期22413综采工作面回采过调车硐空巷,将调车硐设计高度由 4.0 m 调整为 4.3 m 。

根据通风管理要求,在巷道掘进时,22413回风巷侧需设置水仓及临时变电所,将水仓、移变硐室均布置在工作面内。水仓施工要求:与巷道夹角 60° ,巷道宽 5.6 m ,巷道高度 3.8 m ,垂直深 8 m ,水仓容量 35 m^3 ;水仓沿底掘进,水仓每 $1\ 000\text{ m}$ 设置一个,水仓位置选择巷道底板低洼处施工;距水仓口 2 m 处施工4套起吊水泵锚索;水仓口施工挡墙,挡墙宽 $1\ 000\text{ m}$,高 1.2 m 。变电所施工要求:与巷道夹角 60° ,巷道宽 5.6 m ,巷道高度 3.8 m ,垂直深 8 m ;施工地点:在布置移变点的联巷处施工,例如20L为移变点,即在20—21号调车硐中间施工移变硐室。为防止二次采动造成顶板离层,水仓及变电所顶板全断面挂顶网、打锚杆支护。

22413回风巷底板偏软,遇水易软化,单巷掘进期间,无法施工巷道混凝土底板工程,若沿底掘进,软化后的底板严重影响辅助运输行车。根据钻孔可知,22413回风巷掘进方向煤厚普遍大于 5 m ,设计采用留设底煤的办法解决底板软化问题。煤层赋存稳定时,每个掘进循环 10 m ,每个循环探一次底煤厚度,底煤留设厚度控制在 $300\sim 500\text{ mm}$,确保底煤不被破坏而导致底板软化。

2.2 单巷掘进通风

22413回风巷掘进相邻采空区封闭时间较长,可能存在大量有毒有害气体,工作面一旦与采空区误贯通,会造成有害气体涌出,对人员安全造成威胁。同时,单巷掘进距离较长(掘进长度 $2\ 378\text{ m}$),漏风节点多,通风阻力大。为确保掘进期间人员安全,矿内采取了一系列措施。

1)合理设计局部通风系统。由于22413回风巷

2 井田边界厚煤层单巷掘进技术

2.1 单巷掘进设计、施工

22413综采工作面靠近井田边界原计划双巷掘进,分别布置22413回风巷和22413辅助运输巷两条巷道,井田边界保护煤柱 20 m ,巷道间煤柱 15 m ,如图3所示。由于井田边界煤层较厚,普遍在 5 m 以上,采用双巷掘进需设置 15 m 的巷道煤柱,浪费煤炭资源约 18万 t 。为提高回采率,降低巷道支护成本,确定采用单巷掘进技术,如图1所示。

为进一步提高边界厚煤层回采率,将22413回风巷调车硐设计在工作面内,保护了井田边界煤柱的完整性。以往设计调车硐间距均为 $50\sim 60\text{ m}$,为减少调车硐无效进尺,将调车硐间距调整为 $70\sim 80\text{ m}$ 。单巷掘进时,由于巷道内布置了带式输送机,行

为长距离单巷掘进,针对工作面存在的供风距离长,使用风筒多,漏风节点多,通风阻力大等困难,选取了2×45 kW的局部通风机,选择了直径1 000 mm的风筒,每节风筒均使用风筒接口器,以减少无效漏风,确保工作面风量满足要求;风机实现“三专两闭锁”及双风机双电源自动切换,杜绝出现无计划停风。

2)提前准备应急局部正压通风系统。在22413回风巷单巷掘进的全风压进、回风口处施工应急设施,如图4所示。在图中1号、2号、3号处分别施工行人风门、行人风门、带调节窗的行人风门,正常情况行人、行人风门保持常开状态,一旦工作面与采空区发生贯通,工作面人员通过喊话器通知皮带机头岗位工立即关闭应急设施,同时配合大功率高压力的局部通风机供风,使工作面区域形成正压系统,以减少贯通处有害气体的涌出,为人员避灾提供有力条件。

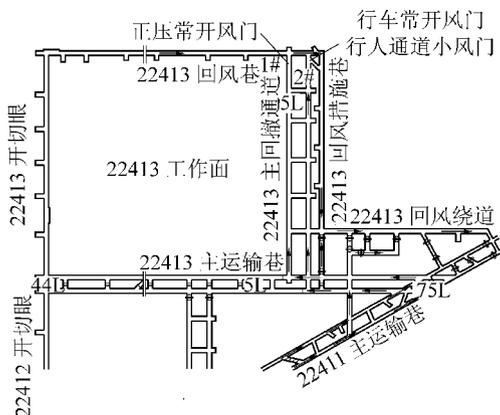


图4 22413回风巷通风应急设施布置

3)增加传感器设置,有效提高监控力度。在22413回风巷掘进工作面及回风侧增设氧气传感器,保证及时发现氧气异常情况;设置风筒传感器,实时监控工作面供风情况;在煤机、梭车、锚杆机吊挂瓦斯、一氧化碳、氧气便携仪,保证及时发现有毒有害气体。

4)全面安装应急自救装置。在距工作面20 m范围设置一组压风自救和供水施救系统,主要为煤机司机和梭车司机应急使用;在距工作面40 m范围内设置一组压风自救和供水施救系统,数量满足工作面最多人数使用;22413回风巷每隔200 m设置一组压风自救和供水施救系统;压风自救和供水施救随工作面逐渐延伸。一旦发生贯通事故后,应急自救装置可为避灾人员提供有效的安全保障。

2.3 千米定向钻机探放水

由于22413回风巷位于井田边界,东侧为苏家

壕采空区,苏家壕煤矿采空区积水较大,22413回风巷掘进须先探后掘。为减小探放水施工对掘进工作的影响,使用千米定向钻机进行超前探测。设计在22413回风巷施工定向钻孔5个,单孔进尺650 m,每隔530 m施工一次,120 m的重合距离保证了钻探工程与巷道掘进互不影响。单巷掘进时,在同一工作面端头掘进和探放水工作不能同时进行,钻探时需停止掘进,降低掘进效率,影响矿井生产。为解决单巷掘进与钻探平行作业的问题,同时满足钻探钻场设备安放、人员操作空间及行人空间,钻采设备包含钻机、钻杆、水箱等配件,设计了钻探硐室,如图5所示。在22413回风巷靠采空区侧掘进钻探硐室,硐室宽5.6 m,高3.8 m,设计角度与巷道夹角60°,掘进5.6 m后再拐25°,再掘进5 m到位。该硐室设计充分考虑钻探的设计角度,及硐室开口掘进时的掘进角度,利用锐角三角煤柱的管理同时满足硐室开口便利,适宜钻探要求。



图5 22413回风巷钻探硐室施工

2.4 边界采空区水回收利用

苏家壕煤矿靠近22413回风巷掘进区域采空区积水量约48.22万m³,22413回风巷4号调车硐正对钻探硐室处采用定向千米钻提前钻探疏放水时,观测发现采空区水水质清澈,若将采空区水全部按照污水外排,势必增大井下污水处理厂工作量,且增大矿井水外排量,降低矿井水利用率。笔者通过取样化验,结果表明该采空区水样各项水质指标基本合格,水质达标,见表1。

因此,决定采取清污分离的方法将苏家壕煤矿采空区水回收利用。

在22413回风巷4号调车硐正对钻探硐室探放水孔处安装DN200PE管路到22413回风措施巷水仓,如图6所示。利用22411回风巷道原已安装好的DN200排水管路,在总回大巷处与DN200清水管路对接,直接将采空区水排往22405采空区,经采空区过滤直达22401采空区,由地面哈拉沟净水厂处理供矿区生活用水。充分利用积水采空区与泄水巷道以及水仓高差,采空区水直接流至水仓,可节约排

水设备及电力消耗。

表1 采空区水质检验结果

检验项目	标准限值	检验结果
总大肠菌群/(CFU·100mL ⁻¹)	不得检出	检不出
菌落总数/(CFU·mL ⁻¹)	≤100	10
色度(铂钴色度单位)	≤15	7
浊度(NTU-散射浊度单位)	≤1	0.22
嗅和味	不得有异味、异嗅	无
肉眼可见物	不得含有	无
pH	6.5~8.5	7.48
六价铬/(mg·L ⁻¹)	≤0.05	<0.004
氟化物/(mg·L ⁻¹)	≤1	0.483
氯化物/(mg·L ⁻¹)	≤250	7.106
硝酸盐氮/(mg·L ⁻¹)	≤10	0.078
硫酸盐/(mg·L ⁻¹)	≤250	54.181
挥发酚类/(以苯酚计,mg·L ⁻¹)	≤0.002	<0.002
阴离子合成洗涤剂/(mg·L ⁻¹)	≤0.3	<0.05
耗氧量/(mg·L ⁻¹)	≤3	1.68
氨氮/(mg·L ⁻¹)	≤0.5	0.304
硫化物/(mg·L ⁻¹)	≤0.02	<0.02
溶解性总固体/(mg·L ⁻¹)	≤1 000	500
总硬度/(以CaCO ₃ 计,mg·L ⁻¹)	≤450	224
二氧化氯/(mg·L ⁻¹)	≥0.1	0.22



图6 22413回风巷清污分离管路安装

3 经济、环保及社会效益分析

3.1 经济效益分析

1) 通过采用单巷掘进技术,可减少掘进2 378 m巷道,按照3 300元/m掘进单价计算,可节省掘进费用784.74万元。

2) 单巷掘进、将调车硐布置在工作面内,可多回收煤炭资源约28万t,按照200元/t利润计算,可增加利润5 600万元。

3) 通过设计钻探硐室、采用千米定向钻机钻探,减少影响巷道掘进约660 m,按照钻探定额单价723元/m,共计节约费用47.7万元。

4) 采用清污分离方法可供应饮用水约10万m³,按照3元/方计算,增加收益30万元;利用巷道高差直流排水,可节约排水电费上万元;利用原巷道排水系统排水,节约按照管路约6 800 m,按照DN200管路安装费用38.57元/m计算,可节约费用26.2万元。

综上所述,通过采取井田边界厚煤层长距离单巷掘进技术,可产生经济效益约6 490万元。

3.2 环保、社会效益分析

1) 采取单巷掘进、将调车硐布置在工作面内,可增加煤炭资源回采率;采取单巷掘进技术、增加调车硐间距,减少约13%的调车硐进尺,降低万吨掘进率。

2) 通过清污分离方法,将采空区水排至哈拉沟净水厂处理后作为矿区生活饮用水,不仅能减少矿井水处理厂运行压力,而且减少了矿井水外排量,增加了矿井水利用率。

4 结论

1) 井田边界厚煤层长距离单巷掘进技术包括:单巷掘进设计、施工;长距离单巷掘进通风技术;千米定向钻机探放水;边界采空区水回收利用等。采用单巷掘进技术,能够提高煤炭资源回采率、降低万吨掘进率、降低掘进成本;通过设计钻探硐室、千米定向钻机钻探,能够满足巷道掘进与钻探平行作业,不影响巷道掘进效率。

2) 通过采取一系列通风措施,掘进工作面与采空区一旦发生误贯通后,可以及时采用正压通风系统,杜绝或减少贯通点采空区有害气体的涌出,降低工作面人员危险性,为人员避灾提供安全保障,为后期灾害的处理提供有力条件。

3) 通过采取清污分离方法,将采空区水排至哈拉沟净水厂处理后作为矿区生活饮用水,为矿区供应约10万m³饮用水,缓解了矿区水源紧张局面。充分利用积水采空区与泄水巷道以及水仓高差,实施自流;充分利用现有管路,快速形成排水系统,疏放积水,消除隐患。

4) 井田边界厚煤层长距离单巷掘进技术已在22413回风巷成功应用,产生经济效益约6 490万元,并产生了良好的社会、环保效益,实现了绿色开采,为今后类似条件下井田边界厚煤层长距离单巷掘进提供宝贵经验。

(下转第81页)

工作面“三直两平”,必须保证支架达到初撑力,跟机拉架,接顶良好,及时打出护帮板;对于顶板破碎的地方采取带压拉架、超前移架的措施,防止出现倒架、咬架现象,确保工作面顶板的稳定。

参考文献:

- [1] 王安,伊茂森.神东煤炭分公司煤层及其顶底板岩层工程分类[R].鄂尔多斯:神东煤炭分公司,2003.
- [2] 黄庆享.浅埋煤层长壁开采顶板结构及岩层控制研究[M].徐州:中国矿业大学出版社,2000
- [3] 钱鸣高,缪协兴,许家林,等.岩层控制的关键层理论[M].徐州:中国矿业大学出版社,2013:10-42.

(上接第76页)

参考文献:

- [1] 匡铁军.特厚煤层大采高综放工作面端部覆岩活动规律研究[J].煤炭科学技术,2016,44(6):188-193.
- [2] 汪腾蛟.新型高效单巷快速掘进系统应用及改进技术[J].煤炭科学技术,2014,42(5):121-124.
- [3] 贺安民.连采机掘进半煤岩巷效率及工艺优化研究[J].煤炭工程,2013(S1):29-31.
- [4] 涂兴子,吕庆刚.煤层单巷长距离掘进施工的问题及对策[J].煤炭科学技术,2003,31(5):5-6.
- [5] 闫广祥,常晓红.龙泉煤矿单巷掘进长距离通风技术探讨[J].煤炭技术,2015,34(11):205-207.
- [6] 李浩荡,张庆华,张淑同.掘进工作面大断面超长距离通风技

- [4] 钱鸣高,石平五.矿山压力与岩层控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [5] 李宁波,宋选民.保德矿81304综放工作面压架机理分析与防治对策[J].煤矿安全,2013,44(12):211-213.
- [6] 罗文.浅埋大采高综采工作面未采压架冒顶处理技术[J].煤炭科学技术,2013,41(9):122-125,142.
- [7] 鞠金峰,许家林,朱卫兵,等.大柳塔煤矿22103综采面压架机理及防治技术[J].煤炭科学技术,2012,40(2):4-7,31.
- [8] 鞠金峰,许家林.浅埋近距离煤层出煤柱开采压架防治对策[J].采矿与安全工程学报,2013,30(5):323-330.
- [9] 宁宇.大采高综采煤壁片帮冒顶机理与控制技术[J].煤炭学报,2009,34(1):50-52.

术研究[J].矿业安全与环保,2010,37(6):78-79,86.

- [7] 王绪友.掘进工作面局部通风机长距离通风技术[J].山东煤炭科技,2006(2):34-36.
- [8] 李新.长距离独头巷道掘进的通风技术研究[J].矿业安全与环保,2012,39(2):45-46.
- [9] 赵俊杰.老空区积水“三位一体”综合探放水技术[J].山东煤炭科技,2016(9):159-161.
- [10] 张存乾,赵建国,屈永利.顶板老窑水危险源矿井直流电法探测技术与应用[J].矿业安全与环保,2010,37(1):30-32,35.
- [11] 杨宝忠.浅谈煤矿长钻孔探放老空积水技术[J].能源与节能,2015(12):145-146.
- [12] 于洋.煤矿深孔放水孔在井下探放水中的应用[J].煤矿现代化,2015(6):54-56.