

大断面岩巷快速过陷落柱技术实际应用

牛永红 邢奇凯

(山西兰花科技创业股份有限公司望云煤矿分公司)

摘 要:望云煤矿 15#煤北翼轨道大巷断面为 4.62m×5.30m 岩巷掘进工作面,担负着整个矿井北翼的运输任务,巷道在开拓过程中遇一 62m×51m 的陷落柱。为实现快速掘进保证巷道采掘进度,通过优化爆破设计和支护参数,利用“锚网喷+U 型钢架”联合支护的形式快速通过了陷落柱,保证了北翼轨道大巷的顺利掘进,为矿井采掘有效衔接提供了有利保证。

关键词:大断面岩巷;陷落柱;联合支护;一次全断面爆破

1 望云煤矿北翼轨道大巷情况简述

望云煤矿 15#煤层煤尘无爆炸性,自燃发火倾向等级为 II 级,属自燃煤层。北翼轨道大巷为全岩巷道,设计掘进长度约 1062m,开拓生产系统形成后,可满足矿井北部采区巷道掘进时的通风、辅助运输等需求。巷道为直墙半圆拱断面,宽 5.3m,高 4.65m,断面 21.63m²,沿煤层底板岩巷掘进,工作面瓦斯绝对涌出量预计为 0.53m³/min,主要水害类型为原 3#煤层采空区水、顶板太原组 K2、K3 灰岩水、构造水,水文情况为中等。掘进至 135m 处时工作面迎头矸石开始混乱,凿岩机施工炮眼和支护锚杆时卡钻严重,经地质部门钻探施工,发现前方为大小约 62m×51m 的陷落柱。

2 陷落柱特征及巷道支护机理分析

2.1 陷落柱特征

陷落柱是可溶性岩石在地下水的作用下形成的溶洞,使煤系地层在重力作用下产生坍塌的自然现象。塌陷体剖面形态为大多椭圆柱状,剖面呈上大下小的漏斗状。

(1)陷落柱边缘岩层互相夹杂,岩层混乱,较为破碎,常夹杂泥沙等。

(2)陷落柱分布区域较大,边缘岩体强度较弱,附近岩体不稳定^[1-2],从附近实际陷落柱揭露来看,存在弱含水性。

(3)陷落柱内存在泥岩等岩体,遇水极易风化变形,岩体强度降低。

(4)陷落柱内部为暴露的岩体层状结构,围岩稳定性相对较强。

2.2 根据陷落柱围岩特性选择合理支护形式

(1)陷落柱边缘岩层互相夹杂,岩层混乱,较为破碎,若支护不及时极易风化导致顶板垮落,经研讨后决定采用“锚网喷+U型钢架”组合支护。

(2)陷落柱内部为暴露的岩体层状结构,围岩稳定性相对较强。故决定采用“锚网支护”,掘进一定距离后统一进行喷浆^[3]。

(3)对陷落柱顶板较破碎时,采取6300mm锚索“2-1-2”加强支护,顶板较为完整时锚索“2-0-2”进行加强支护^[4]。

3 快速通过陷落柱的实际应用

3.1 爆破参数设计

初期施工时,考虑到陷落柱边缘多为粉砂岩、泥岩,岩石较为松软、破碎,如单个作业循环进尺较大且支护不及时,顶板垮落将会给安全造成不利影响,因此,采用小循环爆破,设计炮眼深度为1.2m,二个小班一个循环(一班爆破,一班支护出矸,),经过3天生产实践,往往2个小班不能完成1m循环,3个小班时间有富裕,从施工最初的8m-10m来看,开拓速度慢,自第12m开始,发现巷道顶板、卡钎现象都有所好转,便尝试加深炮眼深度,改为2.2m,但必须加

大周边眼数,以保证爆破成型效果和顶板完好程度。

3.2 炮眼布置及爆破设计

为保证爆破效果及成型质量,经不断试验,按每排1m设计炮眼,实行两掘一锚作业方式,掏槽眼2.4m,于巷道中下部共设置4个,角度为靠近中心70°,掏槽眼距1200mm,周边眼由原来的25个,增加为36个,但装药量适当减少。具体炮眼布置图如下:

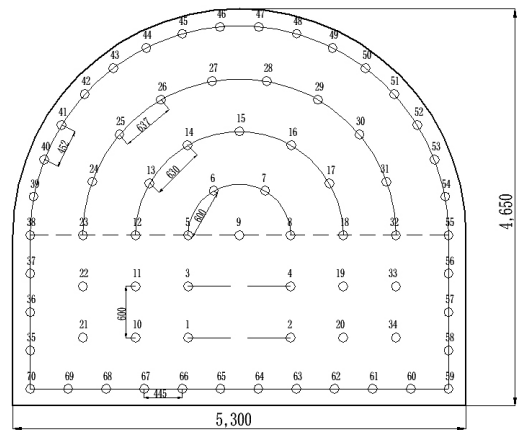


图1 炮眼布置图

钻眼时,采用CMM2-24液压双臂钻车, $\varphi 22\text{mm}\times 1.2\text{m}$ 六角中空钢钎配合45#钻头进行钻眼施工,选用煤矿三级乳化炸药和1-4段毫秒延期电雷管,炮眼分类及装药量如下表1所示,爆破方式为正向一次全断面起爆。

3.3 支护参数设计

顶锚索布置:锚索规格 $\varphi 17.8\times 8300\text{mm}$,采用“2-0-2”布置,间距1800mm,排距2000mm,并用锚

表1 炮眼分类及装药量

序号	炮眼编号	炮眼名称	眼深/mm	装药量				角度/(°)		联线方式	爆破顺序
				眼数	孔装药量/卷	总装药量/卷	总装质量/kg	水平	竖直		
1	1-4	掏槽眼	2600	4	4	16	4.8	70	90	串联	I
2	5-20	辅助眼	2400	16	3	48	14.4	90	90		II
3	21-34	辅助眼	2400	14	3	42	12.6	90	90		III
4	35-70	周边眼	2400	36	2	72	21.6				IV
合计				70		178	53.4				

具配合300×300×16mm的钢托板和长250mm的14#槽钢梁进行固定。锚固方式为端头锚固,锚固剂型号MSCKa2335/MSZ2360,一支快速,两支中速,锚固长度为1550mm。安装结束后,等待30min后,装上托盘、锚具,用张拉千斤顶张拉锚索至设计预紧力为120kN,后卸下千斤顶。

顶锚杆间距900mm,排距1000mm,锚杆以半圆拱形巷道圆心为起点向拱墙呈放射性打设,每排8根;帮锚杆布置:锚杆间距800mm,排距1000mm,巷帮两侧每排各3根,最下端锚杆距底300mm,安设角度均与巷帮垂直布置。锚杆采用高强螺纹钢锚杆 $\phi 20 \times 2100$ mm,锚杆固定采用树脂加长锚固,锚固剂型号MSCKa2335/MSZ2360,一支超快速,一支中速,锚固长度950mm;采用6#钢筋网护顶,网格100mm×100mm,网片2000×1200mm,采用搭接方式联网,搭接长度为200mm,用14#铅丝双丝双扣,双排隔孔相联,扭结三圈以上。锚杆螺纹钢锚杆 $\geq 250N \cdot m$,锚固力 $\geq 100kN$ 。

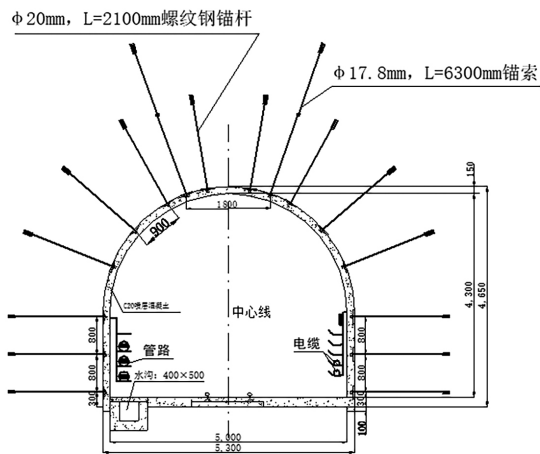


图2 陷落柱巷道支护布置图

3.4 注浆加固技术

巷道从自135m处遇见陷落柱,145m处顶板较好,卡钎现象稍有改观,实行“两掘一锚”掘进至163m处时,巷道支护时有黄水流出,锚杆机出现卡顿现象,锚杆(索)预紧力达不到规定要求。经钻孔

窥视,发现在灰岩顶板中形成了众多不规则分布的黄泥入侵空洞层,使之变为含多软弱夹层的岩溶区多空洞黄泥入侵复合顶板。顶板空洞层和黄泥入侵软弱夹层对顶板围岩的结构完整性以及岩体的强度都有很大的弱化作用,致使锚杆(索)在上部较软夹层内容易丢失,锚固剂和粘结于黄泥周围时,达不到扭矩力要求,锚固效果较差,未能使破碎岩石和老顶形成完整支护体,长时间在采动应力和岩层含水的作用下顶板岩层容易发生破坏。

后经相关技术人员查验资料及相关矿井技术借鉴^[5],提出采用浅部低压渗透封隙注浆+深部高压注浆的加固方式进行加固支护。该技术能够及时封闭浅部漏浆通道,充填破碎围岩裂隙和空洞,将破碎围岩胶结成连续的整体结构,显著提高破碎围岩的内聚力和抗拉强度,提高深部岩体的注浆效果。注浆加固原理见图3。

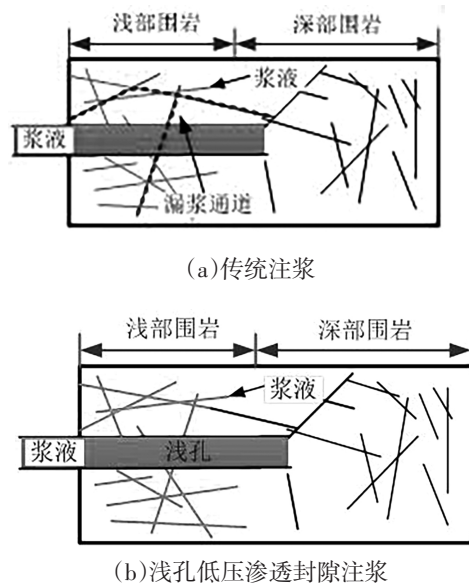


图3 注浆技术方案对比图

3.5 注浆设计参数

注浆材料采用近纳米级预应力注浆复合料(FZY-I型),粒度为2.0~1.5 μm ,扩散性能良好,凝固性能可控,该材料具有高流动性、高渗透性、凝固速度可控、强度高、膨胀力大、阻燃、抗静电等特性。现

场施工操作简单,可用水泥基注浆设备进行注入施工。该材料按照水灰比0.4~0.7的比例配制成浆液,然后用水泥基注浆设备,通过注浆钻孔注入到破碎煤岩体的裂隙内。在一定注浆压力的作用下,浆液在破碎煤岩体裂隙中流动、渗透,并通过化学反应产生分子的膨胀力和粘结力,在浆体凝固后产生二维预应力加固效果,形成的预应力加固体和凝结体的整体强度大于母岩强度1~1.5倍,对一般破碎煤体的加固强度可达15~20MPa。

注浆锚杆,在巷道顶板拱形断面内8根锚杆中的3#、6#锚杆使用22mm×2400mm注浆锚杆,搭配22mm×8300mm注浆锚索,其他支护材料和规格和原支护材料一致。根据工程类比结果,综合考虑煤矿井下施工条件、浆液固结强度及材料消耗成本等因素,确定采用微纳米级预应力注浆复合材料(FZY-I型)通过注浆锚杆、锚索对顶板进行注浆,推荐水灰比为0.4~0.6。注浆压力2.0~3.0MPa。注浆方式为排间间隔注浆,即1、3、5排……先注浆,2、4、6排……后注浆。注浆泵采用ZBQ-20/3气动注浆泵,注浆压力不小于2.0MPa。

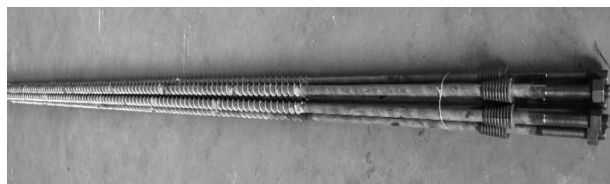


图4 注浆锚杆预应力注浆锚杆

使用FZY-I型复合材料注浆后,检测其他正常支护锚杆预紧力及拉拔力,发现还有少量扭矩力达不到250N·m,但已保证在150N·m以上,为保证巷道支护质量,在巷道架设“U”型钢架架棚,使用木楔、道木等将钢架和顶板贴紧帮实,为保持钢架稳定,钢架架棚腿用水泥浇筑基础,规格为300mm×300mm×200mm,钢架与钢架之间采用拉条连接,架棚后铺设一层钢筋网,其规格为φ6mm×1200mm×2000mm,网格为100mm×100mm,巷道表面喷涂混凝土层,厚度

不低于150mm。巷道注浆及“U”型钢架支护如图5。

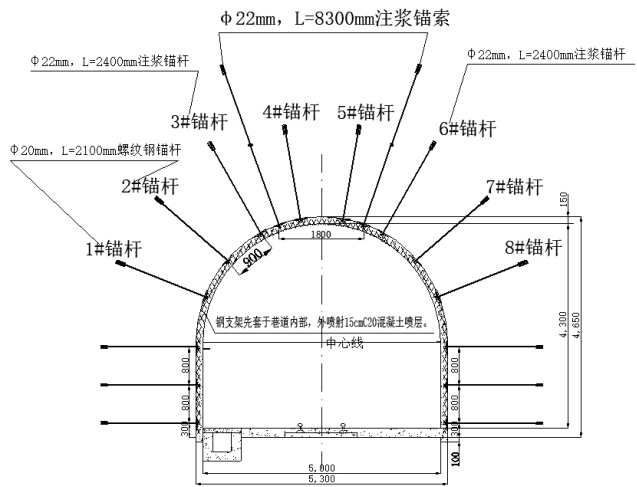


图5 注浆锚索及钢架、喷浆支护图

3.6 支护效果验证

为验证“锚网索+注浆+U型可缩支架”支护方案的可靠性,在该区域巷道中部布置监测站,监测巷道周边收敛量,采用十字布点法,监测记录巷道表面任意两点间距离变化情况,用普通钢带尺测量顶、底板的相对移近量值和两帮的相对移近量值,为工程稳定状况评价及后期修改设计提供依据。

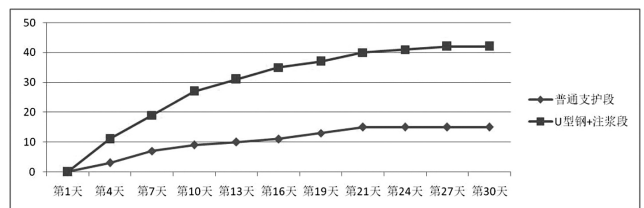


图6 围岩位移变化图

从监测图可以看出,巷道顶底板位移量主要发生在工作面掘进16~19天内,围岩巷道变形碎时间逐步增加,顶底板最大位移量近43mm,30天后,顶底板及两帮位移量逐渐减少,从位移监测数据来看,“锚网索+注+U型可缩支架”支护方案使得陷落柱区域163m—189m处巷道围岩变形量处于合理范围之内,能够满足工作面永久支护的要求。

(下转第9页)

5.5 安全架构

整个系统设计、建设与设备选型,遵循国家《信息安全等级保护管理办法(试行)》中第三级监督保护级标准。系统总体安全设计包含软件系统安全、物理安全、通信安全、安全审计等主要部分。软件安全主要是操作系统安全、数据库数据安全、病毒防护等内容。物理安全主要集中在防火墙、数据交换通道、VPN等对象的安全策略以及提供对整个系统的安全审计平台。

5.6 数据架构

在生产控制网络(控制环网)使用工业组态软件集成各底层生产监控系统,实现远程监控功能,以便总调度员和各专业调度员实施了解现场生产情况,控制生产设备、供电开关的开停。通过单向数据传送程序,实时生产数据跨过网闸传输到归档服务器,集成到煤矿安全生产调度系统中展示给Web浏览用户,结合调度员录入的调度管理数据,产生经营管理所需的分析报表,为管理决策提供依据。

通过采集生产过程中的关键数据,实现设备的

数据管理和分析。对数据进行筛选,分析和计算可以方便生成生产过程中的数据报表,随时查询生产过程中各个阶段的生产数据。并通过数据报表,曲线,对比图,饼图,方块图,柱状图,趋势图等多种形式体现,更便于管理人员和操作工或工程师的理解,和了解生产情况。

6 结语

更安全、更节能、更高效是矿井不变的主题。数据互联、融合与分析在矿井的应用也必然要落实到这三个主题上,唐安煤矿智能综合管控平台通过大数据分析算法,提取数据特征,对大数据进行深度关联分析,找到矿井更加节能、安全、高效的具体可执行方法,辅助矿井科学化、准确化、精细化管理。以智能监控平台、信息化数据为基础,以特征信息为主线,打通了信息关联,并对数据进行了分析。为智能化矿山建设奠定了基础。

(上接第28页)

4 结语

本文针对望云煤矿轨道大巷施工过程中通过改进爆破参数设计、循环作业方式等加快陷落柱掘进速度,并在遇见支护质量不达标情况下,通过施工注浆锚杆、锚索形成高强度假顶,强度达到要求后,再在巷道设“U”型钢架棚及喷射混凝土与围岩形成密闭空间,并通过围岩巷道观测实际效果验证,符合巷道永久支护标准,为后续该矿快速通过陷落柱等构造支护方式提供了借鉴。

参考文献:

- [1]张诚.基于反射波法勘探的陷落柱结构分析[J].山西焦煤科技,2014,38(11):40-43.
- [2]武文清,李冲.隐伏陷落柱探查与治理技术研究与应用[J].煤炭与化工,2016,39(12):31-34.
- [3]杨百顺,王东升,高俊.三软煤层复合顶板留小煤柱沿空掘巷锚网带索支护技术[J].矿业研究与开发,2018,38(01):75-79.
- [4]李晓明.复杂地质条件下煤矿掘进支护技术应用[J].山西焦煤科技,2015(增刊1):99-101.
- [5]张云峰.超前预注浆技术在工作面过陷落柱技术解析与实践[J].煤矿现代化,2019(6):192-194.