

工作面超前支护技术研究与实践

杨利利

河南焦煤能源有限公司九里山矿, 河南 焦作 454350

[摘要] 九里山矿是严重的单一低透气性煤与瓦斯突出矿井, 通过底抽巷穿层钻孔冲煤预抽煤层瓦斯, 取得良好的效果, 但破坏原有的煤层结构, 煤巷掘进过程中, 遇见冲煤空洞, 冲煤空洞造成煤墙松软、片帮, 支护困难。通过采用底抽巷超前注浆充填冲煤空洞, 有效的避免煤层顶板空洞造成锚固剂无法进入煤层底板, 支护效果差等难题, 加强支护强度, 提高支护效率。

[关键词] 冲煤空洞; 超前注浆; 充填; 支护

DOI: 10.33142/aem.v5i8.9457

中图分类号: TD322

文献标识码: A

Research and Practice on Advanced Support Technology for Working Faces

YANG Lili

Jiulishan Mine of He'nan Coking Coal Energy Co., Ltd., Jiaozuo, He'nan, 454350, China

Abstract: Jiulishan Mine is a serious single low permeability coal and gas outburst mine. The pre extraction of coal seam gas through bottom drainage tunnels and layer drilling has achieved good results, but it has damaged the original coal seam structure. During the coal tunnel excavation process, a coal flushing hole is encountered, causing the coal wall to become soft and fragmented, making it difficult to support. By using advanced grouting in the bottom extraction tunnel to fill the coal flushing cavity, it effectively avoids problems such as the inability of anchoring agents to enter the coal seam floor and poor support effect caused by the coal seam roof cavity, strengthens support strength, and improves support efficiency.

Keywords: coal flushing cavity; advanced grouting; filling; support

1 技术研究背景及意义

我国煤与瓦斯突出灾害严重, 高瓦斯及煤与瓦斯突出矿井占国有煤矿总数的 56.4%, 我国煤炭产量有 36% 的煤采自突出煤层。我国煤炭资源大部分埋藏深, 煤炭赋存条件复杂, 自然灾害比较严重, 超过 95% 都是井下开采。随着国民经济的快速健康发展和对煤炭需求量的逐步增加、矿井的服务年限也在不断增加。近年来, 随着老矿井开采深度的不断增加和新建矿井的开采集中在煤层深部, 煤层中的瓦斯压力随着深度的不断增加逐渐增高, 瓦斯含量也逐渐增大、地应力也逐渐升高。开采的难度逐渐加大, 煤层赋存的地质条件越来越复杂, 瓦斯突出、瓦斯爆炸事故经常发生, 突出次数越来越多, 造成的灾害也日益严重。我国煤矿安全生产形势非常严峻, 瓦斯问题已成为制约我国煤炭行业快速发展的关键。

九里山矿是严重的单一低透气性煤与瓦斯突出矿井。通过底抽巷穿层钻孔冲煤预抽煤层瓦斯, 取得良好的效果, 但破坏原有的煤层结构, 煤巷掘进过程中, 遇见冲煤空洞, 严重影响煤巷掘进速度。水力冲孔的实质就是: 首先利用高压水射流破碎煤体在一定时间内冲出大量煤体, 形成较大直径的孔洞, 从而破坏煤体原应力平衡状态, 孔洞周围煤体向孔洞方向发生大幅度位移, 促使应力状态重新分布, 集中应力带前移, 有效应力降低; 其次煤层中新裂缝的产生和应力水平的降低打破了瓦斯吸附与解吸的动态

平衡, 使部分吸附瓦斯转化成游离瓦斯, 而游离瓦斯则通过裂隙运移得以排放, 大幅度地释放了煤体及围岩中的弹性潜能和瓦斯膨胀能, 煤层瓦斯透气性显著提高; 最后, 高压水润湿了煤体, 煤体的塑性增加, 脆性减小, 可降低煤体中残存瓦斯的解吸速度。水力冲孔过程冲出了大量瓦斯和一定数量的煤炭, 因此在煤体中形成一定的卸压、排放瓦斯区域, 在这个安全区域内, 破坏了突出发生的基础条件, 起到了有效的防治突出效果。

为解决穿层钻孔造成的冲煤空洞, 避免支护措施不当影响煤巷掘进支护问题, 造成巷道不断返修, 甚至出现前掘后修的现象, 增加巷道施工成本, 因此, 利用抽采管超前注水泥浆充填冲煤空洞, 从而有效的避免了煤巷掘进过程中支护问题, 降低巷道施工成本。

2 矿井概况及地质特征

九里山矿位于焦作市区东部, 井田面积 18.50km²。1970 年建井, 1983 年投产, 设计能力 90 万吨/a, 核定生产能力 100 万吨/a, 保有资源储量 11263.29 万 a, 剩余可采储量 6189.97 万 a, 剩余服务年限 44.2a。矿井主采二叠系山西组二₁煤层, 煤层厚度为 0-12.93m, 平均厚度为 5.36m。

1607 工作面位于九里山矿 16 采区东翼中部, 北邻 1605 工作面(回采结束), 南邻 1609 工作面(尚未送巷), 西邻 16 采区下山保护煤柱, 东侧紧邻 16 采区与 21 采区

边界阻隔水煤(岩)柱。

2.1 顶底板岩性特征

直接顶为粉砂岩,灰黑色,粉粒,层状,粉砂质成分,含植物叶部化石;老顶为中粒砂岩,该岩性特征:灰-深灰色,成分以石英为主,层面具少量白云母片及炭质薄膜。

直接底为泥岩,黑色,致密,泥质成分,富含植物化石;老底为 L_9 灰岩,该岩性特征:深灰色,块状,夹方解石细脉,物理力学性质:自然密度平均为 $3198\text{kg}/\text{m}^3$,抗拉强度平均为 8.42MPa 。

2.2 地质构造

根据三维地震物探结果、周围地质钻孔、地面抽采井资料及底抽巷实揭地质资料综合分析:该工作面回采区域内地质条件相对简单,二₁煤层倾向 140° ,倾角 $11\sim 16^\circ$,平均 14° ,整体呈单斜构造,受马坊泉断层影响,工作面里段存在褶曲,煤层产状产生变化。

2.3 水文地质

(1)该地区水文地质条件相对简单,主要受 L_8 灰岩含水层影响, L_8 灰岩厚约 7.2m ,距煤层底板约 23.2m 。

(2)顶板水:在掘进过程中顶板可能会有少量滴、淋水,对巷道掘进安全无影响。

(3)底板水:该掘进工作面直接充水含水层为 L_8 灰岩含水层,该含水层厚约 7.2m ,根据 16 下部车场水文观测孔资料及工作面标高推算,该工作面 L_8 灰岩含水层水位 -235m ,水压为 $0.72\sim 1.42\text{MPa}$,巷道最小隔水层厚度约为 23.2m ,经计算安全隔水层厚度 3.14m ;间接充水含水层为 L_2 灰岩含水层,该含水层厚约 12m ,该处 L_2 灰岩含水层水位 $+24\text{m}$,水压为 $3.82\sim 4.52\text{MPa}$,巷道最小隔水层厚度约为 74m ,经计算安全隔水层厚度 5.7m ;间接充水含水层为 O_2 灰岩含水层,根据 16081 车场水文观测孔资料及工作面标高推算,该处 O_2 灰岩含水层水位 $+79\text{m}$,水压为 $4.58\sim 5.28\text{MPa}$,巷道隔水层厚度约为 95m ,经计算隔水层厚度 6.2m ;安全隔水层厚度均小于实际隔水层厚度。

2.4 瓦斯地质

(1)根据通防部门提供瓦斯资料:该掘进区域瓦斯原始含量 $24.46\text{m}^3/\text{t}$,压力 2.08MPa 。

(2)该区域煤层整体为单斜构造,煤层直接顶为粉砂岩,直接底为泥岩,瓦斯赋存条件较好,瓦斯压力较大。

(3)二₁煤层埋深在 $381.6\sim 414.3\text{m}$ 之间,覆盖层厚度较大、埋藏较深,有利于瓦斯赋存。

(4)1607 工作面原始煤层瓦斯含量为 $24.46\text{m}^3/\text{t}$,原煤瓦斯压力约为 2.08MPa ,煤层瓦斯吸附常数 $a=38.6\text{m}^3/\text{t}$, $b=0.782\text{MPa}$,煤的灰分 $A_d=15.83\%$,挥发分 $V=7.11\%$,水分 $W=0.81\%$ 。顶分层工作面回采前已对全煤厚采取了区域防突措施(穿层钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯和穿层+顺层钻孔预抽回采区域煤层瓦斯)及防突措施效果检验,经评判该工作面范围内全煤厚瓦斯预抽效果达标。

表 1 16007 工作面煤层特征情况及瓦斯地质特征参数表

指标	单位	参数	备注
煤层厚度(最小~最大/平均)	m	7.5~10/8.4	
煤层倾角(最小~最大/平均)	($^\circ$)	倾角 $11\sim 16^\circ$ / 14°	
煤层硬度	f	<1	
煤层层理(发育程度)		不发育	
煤层节理(发育程度)		不发育	
煤层埋深	m	385.79~404.8m	
原始煤层瓦斯压力	MPa	2.08	
原始煤层瓦斯含量	m^3/t	24.46	
煤层透气性系数	$\text{m}^2/\text{MPa}^2 \cdot \text{d}$	$\lambda = 0.2\sim 0.457\text{m}^2/(\text{MPa}^2 \cdot \text{d})$	
煤层自然倾向性		无自然倾向	
绝对瓦斯涌出量	m^3/min	0.59	
煤尘爆炸指数		无爆炸危险性	
地温	$^\circ\text{C}$	23.67	

3 注浆方案

3.1 注浆孔的选择

1607 工作面回风巷里段、切眼及运输巷利用底抽巷抽采钻孔对掘进区域煤层冲煤空洞及裂隙进行注浆充填。根据 1607 工作面底抽巷抽采钻孔布置、实钻图及冲煤量等有关参数,考虑巷道掘进宽度以及两帮影响范围,注浆穿层钻孔选择以掩护煤巷掘进区域的过煤钻孔,确定掘进影响区域需要注浆充填钻孔。

3.2 注浆料的选择

注浆料采用单液水泥浆,水灰比 1:1,注浆压力为 2.0MPa 。

3.3 注浆方式的选择

注浆方案采用远距离注浆:1607 回风巷及切眼注浆。注浆泵稳设在 16061 车场,通过注浆管直接连接抽采孔注浆充填;1607 运输巷注浆。注浆泵稳设在 16051 车场,通过注浆管直接连接抽采孔注浆,注浆泵型号 3ZB9/5-22 充填。

注浆管的选择:为了利用底抽巷抽采管路对冲煤空洞充填水泥浆,避免后期煤巷掘进过程中的支护难题。但底抽巷抽采管路是外径 40mm 的塑料管,注浆泵出浆管的外径为 25mm ,无法实现管路连接。为解决此问题,利用废旧的抽采管路连接阀,一端通过内部的锥形接头连接直径 40mm 的抽采管,另一端采用内径 40mm 的内丝螺母与直径 25mm 的快速接头焊接而成,从而达到快速连接,为底抽巷超前注浆充填节约了时间,提高了劳动效率。

底抽巷抽采管与注浆泵出浆管的不同直径,自制的管路连接装置由两部分组成,主要包括抽采截门、转换弯头。主要是通过塑料抽采管抗压强度低,分析了注浆压力影响

因素,制定了管道连接方式;通过连接装置,使注浆管与抽采管的快速连接,实现了底抽巷快速注浆,注浆管快速连接装置如图1所示。



图1 注浆管快速连接装置

3.4 注浆实施情况

1607 回风底抽巷 1 月 31 日四点班至 2 月 15 日零点班分别在 1607 回风底抽巷、1607 中间底抽巷、1607 切眼底抽巷和 1607 运输底抽巷里段对煤层冲煤空硐超前注浆,注浆压力均按照 2MPa 控制。共计注浆量 436 吨,311 孔,注煤巷长 420m,单孔注浆量 1.4 吨/孔,每米巷道注浆量 1.04 吨/m。具体注浆量如下:

1607 回风巷底抽巷超前注浆分回风底抽巷和中间底抽巷两段注浆。计划注浆 305m,已注浆 305m;计划注浆 210 个孔,已注浆 210 个孔;共注水泥 7180 袋(359 吨),平均每米注浆 23.5 袋(1.18 吨)。

1607 切眼底抽巷计划注浆 40m,已注浆 40m;计划注浆 30 个孔,已注浆 30 个孔;共注水泥 535 袋(26.75 吨),平均每米注浆 13.38 袋(0.67 吨)。

1607 运输底抽巷计划注浆 255m,已注浆 75m;计划注浆 191 个孔,已注浆 71 个孔(目前暂停注浆);共注水泥 1005 袋(50.25 吨),平均每米注浆 13.4 袋(0.67 吨)。

4 注浆期间的探索

4.1 注浆压力

抽采管的额定压力为 1.6MPa(厂家提供数据),前期按照 1MPa 进行注浆。为了提高注浆量,达到更好的充填效果,逐步探索抽采管的承压能力,尝试逐步提高注浆压力至 2.5MPa,最终达到 3MPa。后经矿领导开专业会讨论,最终定为 2MPa 能达到最好的充填效果。

4.2 操作流程

依据钻探队注浆经验,制定了底抽巷注浆流程。同时安装两路注浆管理,依次交替注浆。

4.2.1 注浆工艺流程

施工准备→管线防护→连接注浆管路→开泵注浆→观察注浆情况→停止注浆→关闭注浆口阀门→打开注浆泵卸压阀→拆除注浆泵与注浆管路→清洗设备。

4.2.2 开泵前

连接好两路注浆管,一用一备。关闭一组注浆孔,打开另外一组注浆管路泄压阀。待泄压阀流出浆液后,关闭泄压阀,观察注浆压力表;待压力表达达到 2MPa 后,打开另一个注浆截门。同时关闭注浆截门,关闭控制截门阀门,打开泄压阀泄压;拆掉连接管并安装下一个注浆孔。

4.2.3 管线防护

对注浆位置前后 5m 范围内的电缆、小线、设备等用旧风筒布(编织袋)进行遮盖或将其移至不受注浆影响位置。

4.2.4 试泵

安设注浆泵,连接风水管路、注浆管路,用清水试注浆泵及注浆管路,确保注浆系统运行良好。

4.2.5 压力调整

操作人员密切注意泵的压力和吸浆量的变化,随时与前方观察人员联系。配浆施工人员应保持浆液不吸空,随时观察泵的吸浆情况,保持配比适中。注浆时,应随时检查巷壁变化情况,以防将支护体压裂,人工控制浆液流量,使压力达到终压。

4.2.6 浆液调整

注浆过程中,若始终不上压且无跑浆现象,应该适当加大浆液浓度;若压力上升快,应该适当降低浆液浓度。观察注浆情况,达到设计压力 20 分钟后停止注浆。

4.2.7 跑浆处理

注浆期间,观察注浆孔前后相邻钻孔是否存在跑浆现象,出现跑浆时,主要采用下述方法进行处理:一是应及时用水泥掺和速凝剂进行封堵;二是对大面积跑浆时可进行间歇式注浆和提高浆液浓度;三是对于顶板破碎带,跑冒浆液比较严重的,采用自制手动单缸气动注浆泵先浅部注浆封闭围岩,再利用双液浆深部注浆,保证浆液扩散范围和注浆压力。

4.2.8 清洗

单孔达到停注标准时,为防止浆液在管路中胶凝,停注前要用清水 5 分钟冲洗管路、注浆泵等,然后关闭注浆孔口阀门。

4.2.9 注浆结束后

必须将注浆区域卫生打扫干净,不得影响整体巷道卫生情况。

4.3 施工安全措施

(1) 施工前必须进行敲帮问顶,并对施工地点周围的支护情况认真检查,确认安全后方可施工。施工地点必须悬挂便携式瓦斯检测报警仪,便携式瓦斯检测报警仪应悬挂在工作地点下风侧 3-5m 范围内、距顶板不大于 300mm,距帮不得小于 200mm 处。若风流中瓦斯浓度超过 1.0% 或发现瓦斯异常,必须立即停止工作,撤离人员,并向矿调度室和区队值班汇报,待查明原因,采取措施进行处理。当甲烷浓度在 1.0% 以下后,方可继续施工。

(2) 司泵人员应密切注意注浆泵的压力和吸浆量的变化,并随时与观察人员联系;注浆人员应保持浆液不吸空,并保持浆液配比协调;在注浆过程中,要互相配合,统一指挥,密切注意压力表的变化。压力过高时,要及时卸压,防止崩管伤人事事故的发生;高压注浆软管,两端要固定牢固,防止脱落伤人;注浆过程中要注意观察,注浆

可能引起巷道发生片帮、顶板掉矸等情况,出现异常应立即停止注浆进行处理;注浆完毕后,应及时用清水清洗泵及管路,并码放整齐;如浆液不慎溅到皮肤或眼睛内,应立即用清水冲洗。

5 项目创新点

利用抽采钻孔超前充填煤层空洞,有效的解决了巷道在掘进过程中,冲煤空洞影响巷道支护效果。

提高了煤巷掘进速度。

6 项目应用情况

底抽巷超前充填项目在 1607 回风、中间、切眼及运输底抽巷里段得以实施。

截至目前,1607 回风巷已掘 62m。掘进过程中,未出现煤层空洞影响巷道掘进,锚索预紧力达到设计要求。

经现场使用取得效果的支护良好。

7 效果评价

通过底抽巷超前注浆项目的实施,有效地增加巷道支

护效果,提高支护强度,降低巷道的维修率,增加了巷道掘进效率,掘进进尺由原来的 1.8m/天,增长为 2.7m/天,掘进进尺增加 33.3%,提高巷道掘进速度,减少人工投入,取得良好的经济效益。

【参考文献】

- [1]曹新奇,马立强,杨明福,等.大倾角煤层工作面端头支护及超前支护技术[J].煤炭科学技术,2012(7):2.
- [2]何富连,薄云山,李通达,等.浅埋坚硬煤层工作面超前支护技术研究[J].煤炭工程,2014,46(7):4.
- [3]李建华,王剑.工作面跨采巷道超前支护技术研究[J].煤矿开采,2006,11(1):2.
- [4]李天龙.工作面超前支护区自承压支护技术研究[J].煤,2022(8):31.

作者简介:杨利利(1975.4—)男,汉,籍贯:安徽宿州,学历:本科,毕业于河南理工大学,专业:采矿专业,职称:工程师。