

化学注浆加固在掘进巷道出水点防治中应用

马 杰 (华阳新材料科技集团有限公司二矿, 山西 阳泉 045008)

摘 要: 巷道围岩出水会弱化围岩强度, 不仅增加围岩变形量而且会给巷道掘进安全带来威胁。为此, 文中对导致 15303 运输巷出水原因进行分析, 并提出采用化学浆液封堵导水裂隙并加固围岩。现场应用后, 巷道顶板淋水问题得以有效解决, 同时巷道后续掘进过程中未出现出水问题, 实现了巷道安全掘进以及围岩有效控制。

关键词: 化学注浆; 掘进巷道; 导水裂隙; 巷道淋水; 注浆封堵

随着浅部煤炭资源逐渐枯竭, 矿井采掘逐渐向深部区域发展, 煤炭回采过程中面临地质构造发育、水文地质条件复杂、瓦斯涌出量增加以及其他动力灾害等, 给煤炭开采以及回采巷道掘进等带来制约^[1~2]。水是引起矿井安全事故发生的主要因素之一, 现阶段矿井防治水一般采用疏排、注浆封堵导水裂隙等方式, 其中注浆封堵可改善隔水层性质、提高岩层稳定性, 在矿井水害防治中应用较为广泛^[3~5]。井下注浆封堵材料可大致分为无机类(水泥类)、有机类(化学高分子类)两种, 其中无机类浆液受到自身结构以及性能影响, 存在注浆止水效果不明显等问题^[6]。山西某矿 15303 运输巷在掘进过程中遇到顶板淋水问题, 依据顶板淋水点水文地质资料, 综合分析现有的防水注浆加固材料, 提出使用化学浆液对运输巷围岩漏水点进行封堵, 达到强化围岩稳定性、封堵导水裂隙以及提高巷道使用安全保障性等目的。

1 工程概况

山西某矿为设计产能 500 万 t/a 大型现代化矿井, 矿井井田开采面积为 45.3km², 现阶段矿井生产主要集中在 15# 煤层。15# 煤层埋藏深度介于 248~390m, 平均埋深为 305m。15303 工作面开采 15# 煤层, 采面埋深均值为 278m, 设计走向长、倾向斜长分别为 1586.8m、238m, 采用综合机械化开采工艺, 全部垮落法管理顶板。采面开采范围内 15# 煤层赋存稳定, 煤层厚度均值为 3.89m, 倾角 3~7°, 煤层硬度 2~5, 煤层顶底板以灰岩、泥岩、粉砂岩为主(表 1)。

表 1 15# 煤层顶底板岩性

项目	岩性	厚度 /m	特征描述
基本顶	K ₂ 灰岩	5.78~8.39	深灰色、质地坚硬、含方解石
直接顶	泥岩	0.57~2.62	质地紧密、黑色、遇水软化
直接底	砂质泥岩	1.57~6.13	层理发育、灰色、内含蒙脱石等黏土
基本底	粉砂岩	4.15~6.59	灰白色、质地坚硬、层理发育

15303 工作面回采巷道断面均为矩形, 采用锚网索控制围岩, 其中 15303 运输巷在掘进至 650~730m 范围

时, 受到复合地质构造影响下, 顶板裂隙水沿着裂隙向巷道涌出, 最大涌出量可达到 12.6m³/h。巷道顶板出水会弱化围岩支护体系强度同时软化顶底板岩层, 导致围岩承载能力以及强度降低等问题, 恶化巷道环境。因此, 需要针对性防治巷道出水问题。

2 巷道出水因素分析

15303 运输巷掘进后会破坏巷道原有应力平衡, 从而在围岩中产生新的裂隙, 从而导致巷道围岩中裂隙与充水水源产生联系通道, 导致巷道出水问题。具体归结起来巷道出水因素为有围岩性质、地质构造、巷道断面等。

2.1 巷道围岩性质

巷道开挖掘进后, 在一定范围内会导致巷道围岩出现临空面, 在覆岩作用力以及构造应力等综合作用下, 围岩出现一定的位移及变形; 当围岩位移及变形量达到一定程度后, 岩层会出现离层、垮落等从而在内部形成导水通道。众多研究成果表明, 坚硬及半坚硬岩层在应力作用下出现破裂、碎胀变形, 形成利于水体流动的通道, 更有利于水源向掘进空间涌出。

2.2 地质构造

15303 运输巷为矩形断面, 巷道顶板承载能力较低同时在巷道帮角位置更容易产生应力集中; 在地质构造作用下巷道围岩完整性降低, 掘进后产生的应力集中更容易导致围岩出现导水裂隙。

2.3 巷道断面大

巷道顶板岩层弯曲变形量随着巷道宽度增加而增大。15303 运输巷宽度达到 5.0m, 巷道顶板弯曲变形整体较大, 加之顶板为抗弯以及抗剪能力较弱的泥岩, 从而会导致顶板下沉量增加。

3 巷道出水点封堵

3.1 化学浆液封堵机理及性能

3.1.1 封堵机理

向 15303 运输巷出水点注入一定量的化学浆液, 化学浆液在注浆压力作用下向围岩中的孔隙、裂隙等扩散。化学浆液胶结后可改善围岩力学性质以及完整性, 封堵原有的导水裂隙。同时化学浆液相对于无机浆液具有凝结时间可调、渗透能力强以及胶结强度更高的优点, 可满足运输巷出水点封堵需要。

3.1.2 化学浆液性能

在 15303 运输巷出水点使用的化学浆液为聚氨酯/硅酸盐复合浆液, 主要成分包括有主剂、促进剂、扩链剂、乳化剂等构成, 主剂由聚醚、异氰酸酯、硅酸盐等构成; 扩链剂由两个及以上的官能团组成, 可与主剂结合构成聚合物单体; 促进剂主要用以促进主剂、扩链剂间聚合反应并可调节反应时间; 乳化剂可分散容易并增加混合后溶剂均一性。具体出水点封堵采用的化学浆液配比见表 2。

表 2 化学浆液配比表

原料	硅酸盐	异氰酸酯	聚醚	MOCA	表面活性剂	三乙烯二胺
功能	主剂	主剂	主剂	扩链剂	乳化剂	促进剂
占比(质量比)/%	50	16~49.3	10	0.5~1.0	0.3~1.2	0.3~0.8

按照表 2 所示配比构成化学注浆材料中 A、B 两种组分, 其中 A 组分构成以硅酸盐、聚醚、乳化剂等为主; B 组分以异氰酸酯、扩链剂等高分子有机物为主。在注浆时加固 A、B 两种组分按照一定配比混合均匀即可。混合后的化学浆液颜色呈淡黄色, 同时无异味以及有害气体挥发, 具有较强的渗透性、流动性以及可注性等优点; 化学浆液中 A、B 两组分混合均匀后, 浆液凝结时间可根据现场需要进行控制, 具体时间范围在 15~300s。同时现场注浆使用的化学浆液具有较好的阻燃特征。

3.2 出水封堵钻孔布置

根据 15303 运输巷出水段围岩地质条件以及现场化学浆液注浆加固需要, 决定使用风钻机施工注浆钻孔对围岩导水裂隙进行封堵; 同时在巷道掘进前方布置超前加固钻孔对前方 8.0m 范围进行加固, 加固完成后允许掘进 5.0m 以便保留 3.0m 保护距离。具体运输巷内注浆加固钻孔布置(见图 1), 在迎头布置 6 个注浆钻孔, 钻孔孔深均为 8.0m, 封孔长度控制在 1.5~2.0m, 具体钻孔布置参数为: 在巷道顶板布置 1~3 号注浆钻孔, 钻孔孔深 8.0m, 方位角 270°、倾角 30°、孔径 42mm; 在巷道左右两帮布置 4~5 号、6~7 号注浆孔, 方位角均为 240°、倾角均为 0°, 钻孔孔深均为 8.0m、孔径均为 42mm。

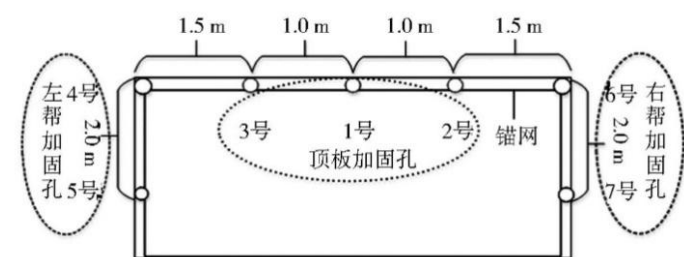


图 1 注浆封堵钻孔布置示意图

根据巷道出水点围岩条件、煤岩体承载能力以及岩

体最小抵抗面情况, 封堵注浆浆液有效扩散半径设计为 2.0m。同时出水点封堵钻孔布置参数可根据现场条件进行调整, 实现出水点高效封堵。注浆钻孔采用矿井风煤钻施工, 孔径为 42mm, 注浆采用双液启动注浆泵, 注浆压力控制在 2MPa 以上; 注浆浆液使用长度 3~5m、 $\phi 19\text{mm}$ 高压管。

3.3 出水封堵注浆流程

①在出水点以及超前注浆点配备专用注浆设备及双液注浆泵, 并对设备进行安装调试; 采用专用搅拌泵将化学浆液中 A、B 两组分混合均匀, 并经由双液注浆泵、高压软管等将化学浆液泵送至注浆封堵钻孔内;

②封堵浆液胶结凝固时间与现场注浆温度有密切关联, 根据现场温度以及注浆封堵需要, 合理调整注浆浆液配比将浆液凝固时间控制在合理范围内。出水点封堵现场应根据需要合理控制注浆速度、注浆量;

③在注浆间隙, 为避免注浆管路出现堵管, 可用 A 浆液充满整个管路以及混合头。在注浆结束后, A 组分管路用水冲洗、B 组分管路以及双液注浆泵泵体等使用机油或者专用清洗液清洗。

4 总结

①为降低 15303 运输巷出水段给巷道正常掘进以及围岩控制影响, 提出采用专用化学浆液对出水点进行封堵, 不仅可达到充填导水裂隙目的而且可提升围岩整体强度以及稳定性;

②根据现场围岩条件对封堵钻孔布置参数以及注浆浆液参数进行设计, 通过在出水点布置注浆钻孔以及掘进迎头布置超前注浆钻孔, 可避免已掘进段以及巷道掘进过程中出水情况发生。对巷道注浆加固后, 巷道出水点顶板淋水问题得以解决, 同时巷道掘进过程中未再出现涌出问题, 给后续巷道围岩控制以及高效掘进创造良好条件。

参考文献:

- [1] 李晓飞, 陈桢宇, 赵兴东. 化学浆堵水与支护在高压含水破碎段的研究应用 [J]. 金属矿山, 2021(06):146-149.
- [2] 许宏杰. 大桥沟煤业水文地质充水因素及涌水量分析 [J]. 中国矿山工程, 2021, 50(01):72-75.
- [3] 李赛玉. 某矿井充水因素分析及防突水措施管理 [J]. 中国矿山工程, 2020, 49(03):71-73.
- [4] 李毅龙. 注浆加固技术在巷道掘进施工中处理出水点的实践 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2019(12):140+146.
- [5] 王强, 鲍远堂, 焦昊, 杨鹏飞. 巷道顶板注浆加固防水技术的应用实践 [J]. 现代矿业, 2019, 35(04):181-183+189.
- [6] 刘亚勋. 双液交替注浆在煤矿巷道堵水工程中的应用研究 [D]. 淮南: 安徽理工大学, 2016.

作者简介:

马杰 (1985-), 男, 汉族, 山西孟县人, 2010.07 毕业于山西大同大学, 本科, 电气助理工程师, 教育技术学(网络工程方向)。