

极破碎围岩淋水泵房巷道支护技术的应用研究

贾冲涛

(冀中能源股份有限公司章村矿, 河北 邢台 054100)

摘要 煤矿主要排水泵房一般设计布置在围岩稳定的岩层内, 采用锚网喷支护。章村矿 26 下部区域泵房为采区泵房, 受限于地质条件因素, 其巷道及相关巷道设计布置在破碎不稳定围岩内, 且受较大淋水影响, 传统支护方式已不能满足要求。为保证泵房巷道长期稳定的使用, 须对其进行加强支护及治水。根据围岩性质的变化和淋水情况, 不断更新变化支护方式。施工期间, 除采取加密锚杆(索)支护、缩短喷浆滞后距离等方式外, 还采取了注化学浆加固堵水、深浅孔注水泥浆加固、配水巷 U 型钢加固支护、特殊 U 型钢支护等措施。通过长期观测, 巷道治水效果良好、围岩变化较小, 完全满足了采区泵房巷道长期使用要求。

关键词 采区泵房; 极破碎围岩; 淋水; 深浅孔注浆; 特殊 U 型钢支护

中图分类号: TD82

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)03-0010-03

1 概述

1.1 研究的背景与意义

井工煤矿主要排水泵房巷道(包括泵房、壁龛、小井、配水巷、水仓等)一般设计布置在围岩稳定的岩层内, 采用锚网喷支护即可满足使用要求, 即使有一部分泵房巷道处于围岩相对不稳定岩层或埋深较深的, 采取注浆加固的方式也可以解决问题。而对于位于极破碎围岩内、穿过煤层、淋水较大的泵房巷道支护并无较完善的解决方案, 本文则致力于研究解决遇到的上述问题, 建立数学力学模型, 提出合理的支护方案, 保证泵房巷道支护强度和施工安全, 进一步提高围岩加固效果, 改善软岩巷道控制面貌, 满足泵房巷道使用期限要求, 给其它井工煤矿遇到相同或相似条件时提供一些参考意见或建议, 具有较好的应用前景^[1]。

1.2 工程地质条件

章村矿是一个百年老矿, 开采水平不断延伸, 正在施工的 26 采区下部区域作为上一采区的接替采区, 承担着矿井未来持续发展的重任。26 采区下部区域可采煤层为 2# 煤和 2 下 # 煤, 两组煤的层间距在准备巷道下半段最小仅为 4m, 且两组煤中间岩层多为砂质泥岩及少量的粉砂岩和细砂岩, 布置在 2# 煤层的巷道, 极易产生巷道底鼓现象; 2# 煤直接顶为复合顶板, 夹有多层煤线, 软硬互层, 穿越岩层主要岩性为砂质泥岩及粉细砂岩, 层理极为发育, 分层厚度为 0.1m~1.0m, 且岩石结构松软, 煤层顶板张性裂隙发育, 岩石较破碎。2# 煤顶板砂岩含水, 巷道有淋水现象, 对巷道施工产生较大影响。

掘进回采巷道前, 必须将 26 采区下部区域泵房巷道施工完成。由于 26 采区下部区域两条准备下山巷道设计布置于 2# 煤层中, 在末段 40m 范围破 2# 煤顶板岩层掘进, 而与之相连的泵房巷道开口位置设计布置在 2# 煤层顶板中, 标高 -442.86m~-447.86m, 埋藏深度为 620m, 埋藏较深, 压力较大, 且受煤层倾角和泵房巷道设计标高的起伏, 巷道掘进过程中, 2# 煤逐渐从底板显现进入巷道中, 并逐步上升到巷道顶板中, 使得泵房巷道大部分处于围岩破碎的条件下。2# 煤顶板砂岩水在泵房巷道内淋水量最大达到 50m³/h, 且水沿围岩裂隙不断渗透, 给巷道施工支护带来很大的困难^[2]。

1.3 研究方法

结合以往巷道掘进经验, 根据巷道围岩变化情况、淋水情况, 制定可靠的支护方案, 主要采取加密锚杆(索)支护、缩短喷浆滞后距离、注浆加固、U 型钢及特殊 U 型钢支护及联合支护等方法, 对不同巷道进行最优支护选择, 并通过长期观测结果以验证支护的效果。

2 支护方案

泵房巷道各设计支护参数为: 泵房主要巷道及水仓半圆拱断面规格为宽 × 高 = 4.7 × 4.4m, 壁龛半圆拱断面规格为宽 × 高 = 2.4 × 2.3m, 配水巷半圆拱断面规格为宽 × 高 = 2.2 × 2.4m, 吸水井宽 × 深 = 2.2 × 5.6m, 以上巷道均采用锚网喷联合支护。经过力学计算, 锚杆选取 Φ22mm 左旋螺纹钢锚杆, 长度 2.4m, 间排距 0.8m, 锚索选取 Φ21.8mm 锚索, 长度 8.3m, 间排距 1.2 × 1.3m, 树脂药卷选取 CK2335、Z2360 配合使用, 钢带梁采用 Φ14 圆钢制作。

2.1 锚杆(索)加密支护

泵房巷道按照以上支护参数进行支护后,围岩相对稳定段巷道可满足支护强度要求,但当 2# 煤层逐渐从巷道底板显现后,顶板及两帮一周内在锚杆中间开始出现明显的位移,并出现网兜。为保证支护强度,将锚杆间排距缩小为 $0.7 \times 0.7\text{m}$,在巷道两帮顺巷补打一道帮锚索。在壁龛及吸水井施工中,除加密锚杆索外,还将钢带梁组合为“十”字交叉状使用。通过该措施的落实,顶板及两帮位移得到有效控制。

2.2 缩短喷浆滞后距离

喷浆即喷射混凝土,其作用是可以填补巷道表面的空隙、坑洼等,在表面形成一层整体的致密的浆体,进一步增强了巷道支护的强度,还可起到防止锚网支护遇水或在潮湿空气环境中腐蚀损坏的作用,对锚网支护是一个很有效的补充,喷浆体同时还具有一定的可塑性,允许巷道一定的变形量而自身不开裂,与锚网支护可实现长期共同作用。根据以往长期喷浆的经验,要起到上述作用,达到经济实用的效果,巷道喷层总厚度确定为 100mm。设计中喷浆工作要求在整个泵房巷道施工完后再作业,而根据实际围岩的变化情况,施工时要求喷浆滞后迎头距离不超过 30m,以尽快完成喷浆支护作业,减少巷道变形量^[3]。

2.3 注化学浆加固及堵水

配水巷从第一个吸水井开始施工,此时 2# 煤层(厚度 1.5m)上端大致处在配水巷顶板位置,当配水巷掘进至第三个吸水井处时,煤层下端已进入配水巷顶板上约 0.5m 的位置,且煤层底板岩性为砂质泥岩,各吸水井之间的壁厚也仅有 4m,导致锚杆、锚索多数失效,补强的工字钢支护在两天时间内也变形失效。通过对现场情况分析,锚杆(索)工字钢联合支护,已不能满足需求,故决定对壁龛、吸水井、配水巷围岩先采取注化学浆加固。

2.3.1 注浆工艺及钻孔布置

注浆材料为煤矿加固煤岩体用聚氨酯材料,规格型号为 JGPU, A、B 组分均为成品,按 1:1 的体积比进行混合后注入煤岩体中。注浆泵为 ZZQ-0.36/12 型气动注浆泵。注浆管采用 4 分铁管制作,每节 1.0m,两端车扣,使用接头相互连接。

工艺顺序:标孔-钻孔-安装注浆管-封孔-准备浆液-开泵注浆-凝固-检查注浆质量-验收。

钻孔按照每 1.6m 布置 7 个注浆孔,顶板 3 个,两帮各 2 个,顶板孔仰角 45° ,两帮孔水平斜向前偏移 45° ,孔深 3.5m~4m。现场注浆时,技术人员对注浆孔

布置、孔深、角度以及封孔长度可适当调整。注浆范围要大于巷道变形区域,同时涵盖锚杆锚固端长度。

2.3.2 注化学浆施工要求

注浆施工前,观察围岩结构确定最佳注浆层位;对局部注浆浆液渗透效果较差区域,必须补打注浆孔补充注浆,坚持多打孔少注浆为原则。实行限压、限量注浆。注浆孔注浆终压控制在 2MPa 之内原则上单孔注浆量不超过 15 组。注浆时,注浆眼及顶帮端面出现浆液时立即停止注浆;顶帮端面出现掉渣及片帮等异常情况时立即停止注浆,在观测无异常确保安全的前提下方可再注浆。注浆施工出现少量跑漏浆时,减缓注浆速度,用棉纱或封孔器等封堵通道口,并进行慢速间歇注浆。在施工中要确保浆液混合的均匀性,确保两种液体压送比例为 1:1。

2.3.3 注浆效果

注浆后巷道顶板围岩较为稳定,岩体在浆料作用下已被填充、粘结成为一体,改善了岩体力学性能,即提高裂隙的粘结力和内摩擦角,增大岩体内部块间相对位移的阻力,围岩强度相比注浆前有了很大提高。同时由于注浆料填充了围岩裂隙,顶板淋水得到有效治理,水量由 $15\text{m}^3/\text{h}$ 减少为 $3\text{m}^3/\text{h}$,并集中引至指定地点,将顶板砂岩水对泵房巷道的影响减小到最少。

2.4 配水巷 U 型钢加强支护及特殊 U 型钢支护

2.4.1 U 型钢加强支护

配水巷每 1.5m 注化学浆后,按照每 0.5m 打一排锚杆,每 1.0m 施工 3 根点锚索,每 0.5m 下一架 U 型钢逐排进行施工。经研究分析,采用三心拱 36U 型钢支架,其具有以下优点:一是断面形状合理、断面有效利用率高。三心拱形 U 型钢支架结构设计较为平缓,与巷道本身半圆拱断面切合度高,通过少量的棚木可达到良好的承载条件。其断面合理,可满足机轨合一巷道、管路电缆敷设等断面需求,断面有效利用率高。二是支架既有刚性又有一定的可塑性。当巷道变形支架承压后,起到了阻止巷道进一步变形或减缓变形的作用;支架连接件卡缆布置在支架曲率半径大的弧线上,承压压力达到极限后,可以滑动一定行程,避免支架承压过大而损坏失效。因此设计采用了 36U 型钢支架。同时各 U 型钢支架间用两个同型号钢材制作的连接撑子,连接成一个整体,形成整体承压的状态,杜绝了个别 U 型钢因局部压力而造成支架倾斜倾倒的现象^[4]。

2.4.2 特殊 U 型钢支护

配水巷 U 型钢支架按照 0.5m 排距支设完成后,在 2 号吸水井处,U 型钢左侧部分影响到水泵吸水笼头的

安装及维护,需将其拆除,为减少对支护强度的影响,经研究分析,制作了特殊U型钢进行支护。原理为将原U型钢左半部分拆除,在中间位置支设特制的支腿,通过卡缆与原U型钢剩余部分相连。工字钢柱腿长3200mm,下端焊接一400×400×12mm(长×宽×厚)的钢制托板,上端开月牙口紧密焊接一1000mm长U型钢短梁,U型钢短梁弧度与图中指定位置原U型钢顶梁弧度一致,U型钢短梁两端用卡缆与原U型钢梁卡牢,顺巷卡缆之间用铁撑子连接,工字钢柱腿之间用两道夹板及铁撑子连接。选择合适位置施工顺巷锚索配14#槽钢梁,将拆除U型钢的剩余部分顶梁、柱腿托住,具体如图1所示。

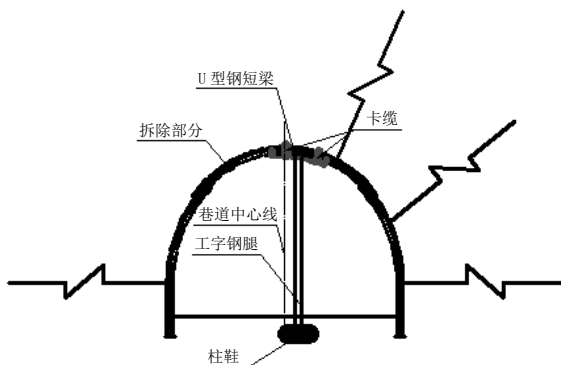


图1 特殊U型钢示意图

该特制U型钢支腿顶端焊接了1.2m长的U型钢,与拆除部分弧度一致,方便与原U型钢用卡缆连接成一个整体,可与原U型钢共同承受来自顶板的压力,支腿倾斜一定角度,可承受原U型钢传来的巷帮的压力,虽不能与完整U型钢相比,但仍满足了支护需求,经长期观测,特殊U型钢未发生明显变形,巷道也没有发生明显的位移。

2.5 注水泥浆加固

为提高26下部区域泵房巷道围岩体整体强度和围岩自身的承载能力,采取注水泥浆对其顶板、两帮和底板进行加固。

2.5.1 钻孔布置

顶板、两帮浅孔孔深3m,深孔孔深8m,排距均为3m,深浅孔交替布置;底板注浆孔孔深3m,排距3m;以上钻孔均垂直顶底板布置。

2.5.2 注水泥浆施工要求

注浆泵选用ZBQ-15/5气动注浆泵,配套供风管口径为 $\Phi 19\text{mm}$,出浆管口径为 $\Phi 19\text{mm}$,出浆高压管20m。注浆孔深度可根据现场围岩情况进行调整,采用深浅部耦合注浆方式,先施工浅部注浆孔进行浅部岩层注

浆,后施工深部注浆孔并注浆。所有注浆孔均通长下注浆管,注浆管外露150mm,下管后对注浆管外壁用堵漏材料封堵严密,避免注浆时从孔口跑浆。注浆管均采用内径不小于 $\Phi 15\text{mm}$ 铁管制作,两端车扣,使用接头相互连接,下管后对注浆管丝扣段进行保护。注浆孔角度误差不超过 5° ,间距误差不超过100mm。注浆原材料采用标号425#水泥,注浆时水泥浆液配比应遵循由稀到浓的原则,压力稳定后可将水灰比逐渐提高,水灰比应控制在 $(0.65\sim 0.85):1$ 。浅部注浆孔注浆终压2MPa,深孔注浆终压6MPa。水玻璃浓度一般应控制在10~20Be,水泥浆与水玻璃之比应控制在 $1:(0.1\sim 0.3)$ ^[5]。

2.5.3 注水泥浆效果

深浅孔交替注水泥浆后,其良好地流动性,进一步填充围岩裂隙,使之形成一个整体。通过长期观测,注水泥浆后,泵房巷道围岩无明显位移。

3 支护效果监测

在泵房巷道内设置围岩观测点,间距3m一组,每天观测记录一次。在观测点处,巷道顶底板最大移近量196mm,最大移近速度为2.2mm/d,两帮最大移近量为103mm,最大移近速度为2.0mm/d。由此可见,采取加固措施后,巷道稳定性好,有效控制了巷道变形。

4 结论

章村矿26采区下部区域泵房巷道处于极破碎围岩大淋水巷道内,采取了加密锚杆(索)、缩短喷浆距离、注化学浆加固堵水、深浅孔交替注水泥浆加固、U型钢及特殊U型钢加固等措施,主动与被动支护相结合,内外共同控制,提高了泵房巷道围岩的稳定性,成功控制了变形,延长了泵房巷道的使用年限,保证了整个采区的有序安全生产。多种加固支护方案可为其它矿井面对相同或相似条件时提供参考与帮助。

参考文献:

- [1] 刘涛.大断面巷道支护技术应用[J].机械管理开发,2022,37(07):237-238,252.
- [2] 赵延龙.松软破碎围岩巷道支护技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(14):192-193.
- [3] 马跃,段春雷,王正伟.巷道支护技术在煤矿井下掘进中的应用研究[J].煤炭新视界,2023(01):94-96.
- [4] 王光勋.浅谈沿空掘进巷道支护技术的应用[J].内蒙古煤炭经济,2022(03):133-135.
- [5] 郝旭.煤矿巷道支护技术的探讨[J].石化技术,2020,27(01):215,217.