

复杂地质条件下金矿建设工程深部巷道支护体系优化与实践

王亚州

青海山金矿业有限公司, 青海 海西州 816100

[摘要]复杂地质条件下, 金矿建设工程里深部巷道支护体系面临大量挑战, 诸如岩层稳定性缺失、高水压以及温湿状态变化等因素, 对支护体系进行优化可有效增进巷道稳定性, 守护矿山安全开采, 推动工程向前迈进, 对支护设计的理论基础、数值模拟技术、创新材料运用以及工程实践经验深度分析, 设计了一套应对复杂地质环境的支护体系优化办法, 该方案在巷道开凿期间实现了风险把控, 更为相似的工程积累了宝贵实践经验与技术保障。

[关键词]金矿; 部巷道; 支护体系; 优化设计; 复杂地质条件

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16626

中图分类号: TD353

文献标识码: A

Optimization and Practice of Deep Tunnel Support System in Gold Mine Construction Engineering under Complex Geological Conditions

WANG Yazhou

Qinghai Shanjin Mining Co., Ltd., Haixi Prefecture, Qinghai, 816100, China

Abstract: Under complex geological conditions, the deep roadway support system in gold mine construction projects faces numerous challenges, such as the lack of rock stability, high water pressure, and changes in temperature and humidity. Optimizing the support system can effectively enhance roadway stability, safeguard mine safety during mining, and promote engineering progress. Through in-depth analysis of the theoretical basis, numerical simulation technology, innovative material application, and engineering practice experience of support design, a set of optimization methods for the support system to cope with complex geological environments has been designed. This scheme has achieved risk control during roadway excavation and accumulated valuable practical experience and technical support for similar projects.

Keywords: gold mine; department lane; support system; optimize design; complicated geological conditions

引言

金矿的开采是技术复杂、风险程度高的一项工程, 深部巷道建设显得尤其关键, 矿山的安全性及开采效率和深部巷道支护体系紧密相连, 尤其处于复杂地质条件之际, 面临岩层稳定性差、高水压等挑战, 优化支护体系乃确保巷道稳定性的关键举措, 并且对工程进展与安全生产意义重大, 文章回顾起金矿深部巷道支护的研究现状, 探究了支护体系优化的必要性, 进而提出契合复杂地质条件的优化举措, 意在为同类工程给予实践指引与理论支撑。

1 复杂地质条件下金矿深部巷道支护的难点与挑战

1.1 地质条件对巷道稳定性的影响

复杂地质条件显著左右着金矿深部巷道的稳定性, 岩层构造往往呈现不规则状态, 且有裂隙或断层, 这些因子会引起巷道壁面的不稳定问题, 乃至出现巷道塌方和局部滑动, 地震活动密集的地区让这一问题更棘手, 地震产生的震动有概率引起岩层变动, 直接影响到巷道支护的实际效果, 含水层的存在使地下水的渗透变成巷道支护的另一个隐患, 水分渗透加快了巷道结构腐蚀的步伐, 甚至有引发泥浆化现象的几率, 让施工难度及支护风险上升。

1.2 深部巷道开挖的物理化学问题

深部巷道实施开挖作业期间, 经受高温高压环境的重重挑战, 处在矿山的幽远深处, 鉴于地层的压力偏高, 开挖范围往往会出现岩层破裂、裂缝拓展等难题, 加之高温让巷道里的温度过高, 这给施工人员和设备造成了极大困扰, 地下水渗透让此问题的状况进一步加重, 由于水流的存在, 支护材料的腐蚀风险有所上升, 更会诱发巷道的结构出现变形, 巷道支护材料务必要有较高的抗水性、耐高温及抗压能力, 温差和湿度的变化对支护材料的影响同样不可漠视, 剧烈的温湿度改变会造成材料膨胀或收缩, 干扰巷道支护的长久稳固性。

1.3 现有支护技术的局限性

诸多金矿深部巷道依然采用常规支护技术, 诸如钢支撑、喷射混凝土之类, 虽说这些传统方法能在短期内赋予一定稳定性, 但于复杂地质环境面前往往发挥的效果有限, 不能高效应对持续变化的地质情形, 尤其是于高压、高温或者湿度偏大的环境条件里, 传统支护手段往往遇到材料老化、支撑能力短缺等状况, 引发巷道出现不同程度的扭曲或塌毁, 鉴于技术手段及材料的局限, 传统支护技术难以达成深部巷道长期开采要求, 存在一定的潜在安全相关

隐患。

2 金矿深部巷道支护体系优化的理论基础与方法

2.1 支护体系优化的理论基础

以力学原理和材料科学的结合为基础形成了金矿深部巷道支护体系优化的核心理论,支护系统设计的根本原则在于保障巷道在施工及长期使用时的稳定、安全与经济,支护体系要恰当平衡强度、稳定性与耐久性的比重,杜绝单一维度的过度强化,强化强度过度或许会造成支护结构刚性过大,无法契合地层的细微变动,进而影响到其整体稳定性。若单纯着眼于稳定性及耐久性,或许会让支护系统变得过度复杂且成本高昂,优化设计应全面顾及岩层压力、地下水渗透、地质条件变化等多方面情况,制定一种合乎情理的支护设计方案,进而实现长期有效且低维护的巷道支护状况。

2.2 数值模拟与现场测试方法

伴随科技不断进步,作为优化金矿巷道支护体系的重要工具,数值模拟技术崛起,采用数值模拟措施,设计阶段能对巷道支护结构开展多方面的分析与预见,进而评估其在复杂地质情形下的实际表现,数值模型可对多种地质因素对巷道的影 响进行模拟,诸如岩层的厚度值、地震产生的振动、地下水的流动态等,为支护方案的升级提供数据支撑。设计者可借助数值模拟的动态调整能力,依据现场数据开展优化调整,缓解不确定性造成的风险压力,现场测试方法是对设计方案进行验证及实时反馈,采用如地质雷达、位移传感器般的高科技装置,对巷道的变形、位移及应力分布状况开展实时监测,及时识别问题,接着调整支护手段,依靠现场测试与数值模拟数据相整合,能生成完整的支护体系评估及优化机制,进而增强巷道支护的安全系数与有效性。

2.3 支护材料的创新与选择

处于金矿深部巷道支护体系优化的进程当中,材料创新意义重大不容小觑,传统的钢支撑和混凝土喷射材料,在复杂地质环境下已暴露出缺陷,研发新型支护材料成了关键环节,新材料应拥有较强的抗腐蚀、抗压及适应能力,以适应高温、高湿及存在水的环境,某些复合材料呈现出自修复的能力,能在裂缝形成之际自动完成修补,延长支护结构的服役寿命,高分子材料找到了高强度与轻量化的平衡,缓解施工面临的负担,减少资源的无谓消耗。

3 深部巷道支护体系优化的工程实践案例分析

3.1 金矿深部巷道的支护体系设计与实施

在一处金矿深部巷道的开挖工程里,设计刚开始就采用了常规的钢支撑与混凝土喷射支护手段,当开挖深度逐步上升,巷道支护显著地体现出不稳定情形,尤其是在高压、高温以及地下水发生渗透的复杂地质条件里,项目团队依靠数值模拟技术对支护系统做了优化设计处理,加入复合材料、高强度钢支撑,增强支护结构的持久稳定性。

就高湿度的环境情形而言,采用了具备抗腐蚀能力的支护材料,同时借助合理的施工工艺维持了支护结构的密闭,杜绝了水的渗透现象,显著增强了巷道的稳定性,凭借现场监测数据,对支护系统实施实时反馈及调整,保证了开挖作业的顺利开展,评估的结果证实,优化后的支护体系大幅提升了矿山安全水平,让事故出现的概率减小,而且使支护结构的使用寿命得以延展。

3.2 典型复杂地质条件下的成功经验

处于某金矿深部开采项目期间,矿区频繁出现地震活动,且坐落于断层带区域,岩层稳定性欠佳,项目团队依据地震影响对支护体系实施了专项优化设计,采用弹性支撑系统及主动支护技术,切实缓解了地震波对巷道结构形成的影响,支护系统里,钢支撑跟碳纤维复合材料相组合,提升了结构抵御地震的能力。通过地质勘探发现,矿区的某些区域呈现高湿度和高温的复杂环境,传统支护材料受此影响面临着严峻挑战,项目组采用了拥有自修复能力的高分子材料,借助喷射技术强化了巷道的表面防护层,抑制了水对巷道的侵蚀,依靠这一整套的优化手段,该项目成功战胜了复杂地质条件,在巷道开挖进程中,稳定性一直良好,促成生产顺利稳步开展。

3.3 工程中遇到的问题与解决方案

在金矿深部巷道开挖期间,项目团队同样碰到了一些实际难题,尤其在支护结构局部出现失败的情况下,在一些特定地段,因岩层呈现出不均匀特质,支护结构的某些区段未能抵御岩层的变形压力,引发局部区域的塌方,项目组进行了一番深度分析,经分析得知支护结构设计有一定局限,尤其是在部分岩性差异极为明显之处,支撑力有所匮乏。为处理此项难题,团队对出现失败的区域做了局部加固,增添了支护层的厚度数值,同时采用了强度更高的钢支撑与加固的喷射混凝土层,提升了支护结构整体的承载本领,处于施工实施阶段,团队不断地把现场数据予以反馈,实时对支护设计做以调整,来应对不断演变的地质情形,这些技术升级有效阻止了类似问题的再次产生,进而保障了巷道得以安全开挖。

4 金矿深部巷道支护体系的优化设计方案

4.1 支护结构设计的多重目标优化

开展金矿深部巷道支护结构设计,需综合兼顾安全性、经济性与可持续性三方面的要求,从安全维护的角度说,支护结构必须维持矿井的稳定性,预防因地质状况变化或外力施加造成的坍塌事故,就经济合理性而言,支护设计需把控材料及施工成本,让投资达到合理水平;当安全得到有效保证时,优先挑选成本低廉、施工便捷的材料与技术。若要符合可持续性,支护结构须有长久的使用寿命,可以承受矿山运营中不断演变的地质及环境条件,支护层的复合设计原则逐步成为优化方案焦点,也就是把不同的材料与结构形式加以组合,增进支护体系的综合水平,采

取钢筋混凝土和碳纤维复合材料融合的支护方案,不仅可提高支护层的强度及耐久性,又能缩减成本且提升施工效率。

4.2 改进的支护方法与施工技术

为解决复杂地质条件引发的挑战,设计并应用新型支护结构成为优化方案里的关键方向,采用纳入更多灵活与适应属性的做法,采用可对其进行调节的支撑结构和增强型混凝土喷射层,以适应各类岩层和地下水情形,就材料这一维度而言,把现代高分子材料与复合材料结合起来,优化了支护结构的抗压强度、抗腐蚀能力及自修复的能力。施工进程里的风险管控极为关键,在实施施工的阶段,实时监测岩层的变化以及支护结构的受力情形,可预先判定潜在风险并采取恰当措施,在高压的环境或者水害地带,能临时让支护结构的密封能力变强,阻止地下水的渗透现象,进而减少因水分过多引起的支护材料损坏或者失效。

4.3 支护体系监测与动态调整方案

为保障支护体系稳定且长期有效,实时监控技术的采用成为不可或缺的一环,现代传感器、地质雷达以及位移监测仪器可实时采集巷道里的应力、位移、温湿度等数据,实时为支护设计给予反馈内容,设计人员可借助这些监测数据及时找出问题并作出调整,以此防止支护结构在未触发预警状态时就出现破坏。长期监测支护效果并构建反馈机制也是极为关键,借助对支护结构开展长期跟踪式监测,可进一步检验支护设计的有效性,且于实际运用中持续优化完善方案,若发现部分地段支护效果不理想,团队在后续的开挖当中,可调整支护结构或对材料进行增强,保障巷道长久的稳定性与安全性。

5 金矿深部巷道支护体系优化的未来发展方向与展望

5.1 新材料与新技术的应用前景

跟随着科技的进步步伐,金矿深部巷道支护体系的改良将更多依靠新材料跟新技术的应用,高性能支护材料研发是未来支护体系发展的关键走向,具有自愈合能力的材料、纳米复合材料以及超高强度钢筋等,也许会成为未来支护结构的核心组成部分,这些材料不光提高了巷道支护的强度及耐久性,也能于复杂地质环境里维持出色的稳定性。通过智能化监控与自动化技术的结合,可进一步改善巷道支护的安全性及效率,经由传感器、实时数据的分析以及自动化管控手段,可实时监测支护结构状态然后自动调节,由此达成更精确的风险把控与实时反馈,显著削减人为差错与突发意外几率。

5.2 未来金矿巷道支护体系的挑战与机遇

面对矿山开采深度逐步加深的现实,金矿巷道支护体

系将承受极端地质条件引起的重大障碍,这无疑将是未来优化工作的核心焦点。在极端的高温高压及地质环境复杂多变的地层之内部,传统支护技术未能实现既定目标值。未来支护设计需增强其适应性与灵活性之展现能力,应对地质与矿区环境的波动性波动起伏不定。挖掘深度不断上升,支护技术突破迎来了新的发展机遇,特别是对智能化、环保型支护材料及长效抗压结构的迫切需求日益凸显。

5.3 对金矿开采行业的影响

优化金矿深部巷道支护体系,将给整个金矿开采行业带来深远影响,支护体系得到优化会大大推动矿山安全生产进程,降低事故出现几率,保障矿工的生命无虞,凭借提升支护结构的稳固度,能有效阻止地质灾害引起的灾难性事故,增进矿山的综合安全性及生产成效。优化支护体系在成本控制方面有着积极意义,采用既高效又经济的支护材料与智能化监控技术,不但可令材料和人工成本下降,还可让巷道支护的可用寿命变长,降低维护的频次,缩减长远的开采费用,优化支护体系的创新成就将拉动金矿开采行业整体技术水平上涨,助力行业技术进步及资源的合理节约。

6 结语

优化金矿深部巷道支护体系,对保障矿山安全、实现高效开采及推动环境保护意义重大,综合思考地质条件、材料创新以及技术优化等要素,能够极大提高支护结构的稳定状况与耐用时长,减小事故产生的几率,还可降低开支,伴随新材料与新技术的持续应用,支护体系会朝着智能化、环保及高效大步迈进,为应对深部开采引出的挑战,行业要不断引领技术革新,提升支护设计跟施工的灵活适应水平,为金矿开采行业的可持续发展增添新动力。

[参考文献]

- [1]王楠.基于综合围岩分级的三山岛金矿深部工程稳定性研究[D].辽宁:东北大学,2021.
- [2]陈斌.烂泥沟金矿巷道围岩变形特性及钢管混凝土支架支护技术研究[D].贵州:贵州大学,2021.
- [3]侯元将.基于统一强度—承压环理论的深部巷道支护作用机理及应用研究[D].贵州:贵州大学,2023.
- [4]李桐.中空注浆锚杆对深部软岩巷道控制作用研究[D].贵州:贵州大学,2023.
- [5]王兴亚.焦家金矿深部巷道围岩稳定性控制优化研究[J].黄金,2025,46(4):25-29.

作者简介:王亚州(1989.5—),男,毕业院校:大连理工大学,学历:本科,专业:土木工程,单位:青海山金矿业有限公司,职务:果洛龙洼分矿总工程师,职务年限:14年,职称:中级工程师(2018年)。