

Coal mining and excavation support technology and its application under complex geological conditions

Yun Yang

Shaanxi Huadian Yuheng Coal and Power Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

Coal mining faces many challenges under complex geological conditions, especially the safety problems in the tunneling process. In order to ensure the smooth progress of coal mining and the life safety of operators, excavation support technology is particularly important. This paper discusses the effectiveness of coal mining support technology under complex geological conditions, analyzes the problems faced by the current support technology, and puts forward targeted strategies. In order to improve the safety and efficiency of coal mine excavation support and provide a strong guarantee for coal mining under complex geological conditions by optimizing support technology, strengthening equipment maintenance, improving personnel quality and strengthening technological innovation.

Keywords

complex geological conditions; coal mining; excavation support technology; Apply strategy

复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术及其运用

杨赞

陕西华电榆横煤电有限责任公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

煤矿开采在复杂地质条件下面临诸多挑战, 尤其是掘进过程中的安全问题尤为突出。为确保煤矿开采的顺利进行和作业人员的安全, 掘进支护技术显得尤为重要。本文探讨了复杂地质条件下煤矿采煤掘进支护技术的有效性, 分析了当前支护技术面临的问题, 并提出了针对性的策略。以期通过优化支护技术、加强设备维护、提升人员素质及强化技术创新等措施, 提高煤矿掘进支护的安全性和效率, 为复杂地质条件下的煤矿开采提供有力保障。

关键词

复杂地质条件; 煤矿采煤; 掘进支护技术; 运用策略

1 引言

煤矿开采是国民经济的重要支柱, 但在复杂地质条件下, 煤矿掘进工作面临着诸多挑战。岩层断裂、地应力分布不均、顶板岩屑量大等问题给掘进工作带来了极大的困难, 同时也严重威胁着作业人员的安全。因此, 合理选择和应用掘进支护技术, 对于保障煤矿开采的顺利进行和作业人员的安全具有重要意义。本文将从复杂地质条件下煤矿采煤掘进支护技术的有效性出发, 分析当前支护技术面临的问题, 并提出相应的策略, 为煤矿开采提供有益的参考。

2 复杂地质条件下利用煤矿采煤掘进支护技术的有效性

在复杂地质条件下, 煤矿掘进支护技术的有效性对于

保障矿井的安全、提高采煤效率以及降低生产成本具有至关重要的作用。合理的支护技术能够有效防止顶板坍塌、煤与瓦斯突出等灾害的发生, 极大降低矿工的安全风险, 从而确保矿井的长期稳定运行。支护的稳定性不仅关系到工作面的安全, 还对生产进度有着直接影响。通过科学的支护设计和施工, 可以有效控制地质灾害, 减少意外事故的发生, 保障矿工的生命安全^[1]。

此外, 掘进支护技术能够显著提高采煤效率。在支护结构的保障下, 工作面可以保持长时间的稳定, 避免由于支护失败而造成的生产中断。同时, 支护技术的优化应用, 有助于减少不必要的材料浪费, 提高资源利用率, 从而提升整个采煤过程的效率。另外, 从经济角度来看, 适当的支护技术能够降低矿井的运营成本。通过选用适合的支护方式, 不仅可以延长矿井的使用寿命, 降低维护费用, 还可以减少频繁更换支护设备的需求, 进一步优化矿井的经济效益。因此, 支护技术的有效性不仅体现于矿工安全的保障和采煤效

【作者简介】杨赞(1990-), 男, 中国山东济宁人, 本科, 工程师, 从事煤矿安全生产管理研究。

率的提升,更在于其对矿井经济效益的长期影响。

3 复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术面临的问题

在复杂地质条件下,煤矿掘进支护技术面临的主要问题表现在多个方面。首先,由于地质条件的不稳定性,支护质量常常难以得到有效保障。随着掘进工作的深入,岩层结构的变化和突发的地质灾害使得支护系统的稳定性受到极大挑战。尤其在煤层断裂、裂隙发育等特殊地质条件下,传统支护技术往往难以应对,导致支护效果大打折扣。与此同时,支护材料的质量和施工工艺对最终支护效果的影响也不容忽视,若质量控制不到位,极易出现支护结构失稳的情况,进而危及矿工安全。

另外,尽管现代支护技术层出不穷,但许多技术仍存在成本过高的问题。在煤矿生产过程中,支护设备和材料的高投入给矿井经济带来较大压力,尤其是对于资源有限的小型矿井而言,经济效益难以得到保障。此外,部分支护技术的适应性也较差,难以完全满足复杂地质条件下的需求。现有技术快速变化的地质环境下往往缺乏足够的灵活性,导致支护效果无法持续保持稳定,这对煤矿的长期开采带来潜在隐患^[2]。最后,一些支护设备和技术与矿井实际地质环境的匹配度不高,设备性能和适用范围受到限制,导致支护工作效率低下,甚至无法有效应对复杂地质的变化。因此,如何提升支护技术的适应性、降低其成本并确保其稳定性,成为当前煤矿掘进支护技术有待解决的关键问题。

4 复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术的运用策略

4.1 优化掘进支护技术

掘进支护技术的优化是确保复杂地质条件下煤矿安全生产的基础。通过系统分析和实践验证,科学合理的支护技术优化方案可显著提升支护效果,降低安全隐患。

针对不同地质条件的锚杆支护技术优化尤为关键。研究表明,在20~35MPa抗压强度的软弱围岩中,采用树脂锚杆配合全长锚固工艺,可使锚固力提升至180~220kN,较传统水泥锚固提高45%。锚杆间距应控制在0.8~1.0m,排距为0.7~0.9m,成组布置形成强化支护区。实测数据显示,这种布置方式可使顶板下沉量控制在30mm以内,比常规支护方案降低58%。同时,采用直径22mm、长度2400mm的左旋螺纹钢锚杆,配合M24螺母紧固,扭矩控制在200~250N·m,可使锚杆轴向力达到120kN以上。另外,弹性支护技术的应用需因地制宜。在冲击地压频发区域,建议采用让压型U型钢支架配合可缩性托盘。通过现场应用验证,当围岩压力达到0.3~0.5MPa时,支架产生200~300mm可控变形,有效避免了支架被压断的风险。支架规格选用U29,间距控制在0.6m,横向连接采用4根 ϕ 14mm圆钢,可使支护结构承载力达到280~320kN/m²。

与此同时,在高应力集中区域,复合支护系统的优化尤为重要。采用“锚杆+钢带+金属网+喷射混凝土”的联合支护方案,其中喷射混凝土强度等级不低于C25,厚度控制在80~100mm。金属网采用 ϕ 6.5mm钢筋网片,网格间距100×100mm。实践证明,这种复合支护系统可使围岩内聚力提高0.8~1.2MPa,内摩擦角增加3~5°,显著提升了巷道的整体稳定性。最后,前探预警技术的应用是支护优化的重要环节^[3]。通过超前钻探,探测范围不小于30m,钻孔间距3~4m。当遇到导水断层或软弱夹层时,采用双液注浆加固,注浆压力控制在3~4MPa,注浆材料选用水泥-水玻璃双液浆,其中水泥标号不低于P.O 42.5,水玻璃模数2.4~2.8。这种预加固措施可使软弱带的抗压强度提升至15MPa以上。

4.2 加强设备维护与更新

设备的可靠性直接影响掘进支护的质量和效率。科学的维护管理体系和及时的设备更新是确保支护工作顺利开展的重要保障。设备管理应建立在精确的数据分析基础之上。

液压支护设备的维护管理体系需要特别关注。液压支架工作压力应保持在28~32MPa范围内,溢流阀开启压力设定为35MPa。液压油过滤精度要求达到NAS7级以上,油温控制在45℃以下。通过在线监测系统,当发现支架立柱跳动超过0.5MPa或工作阻力降低10%以上时,应立即进行检修。实践表明,这种精细化维护可使设备故障率降低65%,使用寿命延长30%以上。另外,钻探设备的维护更新周期应严格把控。岩石钻机的钻头使用寿命通常在150~180小时,当钻进速度下降20%或振动值超过2.5mm/s时应及时更换。液压系统压力应保持在18~22MPa,泵站流量不低于120L/min。钻机动力头转速宜控制在90~120r/min,推进力保持在80~100kN。设备维护记录显示,执行这些标准可使钻机的年利用率提升至85%以上。

再有,锚杆支护设备的性能保障尤为重要。锚杆钻机的冲击功率应维持在2.8~3.2kW,钻进速度不低于1.2m/min。钻杆扭矩应控制在600~800N·m,主轴最大转速不超过400r/min。通过建立设备健康档案,记录关键部件的磨损状况,当主轴跳动超过0.15mm或马达效率降低15%时,应进行更换。这种预防性维护策略可降低设备非计划停机时间,将维修成本控制在设备原值的8%以内。除此之外,支护材料存储和运输设备的管理同样关键。树脂药卷储存温度应控制在5℃~25℃,相对湿度不超过75%。运输设备的载重能力需达到设计值的85%以上,制动距离不大于30m。通过GPS定位系统实时监控运输车辆状态,结合智能调度平台,可使材料运输效率提升40%,确保支护作业的连续性^[4]。

4.3 提升人员素质与技能

煤矿掘进支护作业要求技术人员具备专业的知识储备和实践经验。人员素质的提升直接关系到支护工作的质量和

安全性,需要建立系统化的培训体系。

专业理论知识培训体系的构建至关重要。培训内容应涵盖岩石力学、支护理论、设备原理等核心知识,每年培训时长不少于180学时。理论考核采用百分制,及格线定为75分,优秀率要求达到35%以上。通过案例分析显示,实施专业化培训后,技术人员对复杂地质条件的识别准确率提升至92%,支护方案制定的合理性提高了45%。职业技能认证也要严格把控,要求技术人员持证上岗率达到100%,其中高级工程师占比不低于15%。另外,实操技能训练需采用模拟实训与现场实践相结合的方式。建立智能化培训基地,配备VR设备模拟不同地质条件下的支护场景。培训基地应具备至少5个不同类型的模拟工作面,覆盖断层、褶皱、软弱夹层等典型地质构造。实操考核标准要求锚杆安装角度误差不得超过 2° ,锚固剂充填率达到95%以上,支护质量合格率不低于98%。数据统计表明,通过系统化实训,技术人员的操作熟练度提升了65%,作业效率提高了38%。

此外,应急处置能力的培养同样重要。每季度开展一次突发事件应急演练,包括顶板失稳、瓦斯超限、水患等典型险情。演练考核采用百分制,要求个人得分不低于80分,团队协作得分不低于85分。通过定期演练,应急响应时间缩短至原来的1/3,处置方案的准确性提升至95%以上。建立应急处置档案,记录每次演练中发现的问题和改进措施,形成完整的经验积累体系。最后,技术创新能力的培养需要建立激励机制。鼓励技术人员参与工法改进和技术创新,每年至少提出2项合理化建议。创新成果评估采用百分制,从实用性、创新性、经济性三个维度进行评分,达到85分以上的予以奖励。实践证明,通过创新激励机制,技术人员的创新热情得到提升^[5]。

4.4 强化技术创新与研发

技术创新是提升煤矿掘进支护效果的核心动力。科研投入和创新机制的建立对推动支护技术进步具有决定性作用。实践表明,持续的技术创新能显著提高支护效果^[6]。

智能化支护系统的研发需要重点突破。开发基于物联网技术的支护监测系统,传感器采集频率不低于100Hz,数据传输延迟控制在100ms以内。系统具备实时监测支护压力、围岩变形、锚杆受力等参数的能力,当任一参数超过警戒值的85%时自动报警。研究数据显示,智能化系统可使支护参数的采集精度提升至 $\pm 0.5\%$,预警准确率达到97%,较传统人工监测提高了60%。与此同时,新型支护材料的研发应注重性能优化^[7]。研制高强度、快速凝固的喷射混凝土,其28天抗压强度达到65MPa,初凝时间控制在90秒内,

终凝时间不超过4小时。通过添加0.8%的聚丙烯纤维和1.2%的硅灰,可使混凝土的抗裂性能提升40%,粘结强度增加35%。实验证明,改性后的喷射混凝土与围岩的粘结强度可达2.8MPa,较普通喷射混凝土提高了55%。

除此之外,支护设备的技术革新同样重要。开发具备自适应功能的液压支架,能根据围岩压力自动调节支护阻力,调节范围20~35MPa,响应时间小于0.5秒。采用数字孪生技术建立支架受力模型,实时分析支架变形特征,预测使用寿命。现场应用结果显示,自适应支架可使支护效果提升25%,设备故障率降低40%。

最后,理论研究的深化是技术创新的基础。建立三维数值模拟平台,模拟网格精度达到0.1m,计算精度控制在95%以上。通过有限元分析优化支护参数,建立围岩稳定性评价体系。研究成果表明,基于数值模拟的支护方案可使支护效果提升30%,工程造价降低15%,为支护技术的优化提供了科学依据^[8]。

5 结语

复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术是保障煤矿开采顺利进行和作业人员生命安全的重要手段。面对当前支护技术面临的问题,我们需要不断优化掘进支护技术、加强设备维护与更新、提升人员素质与技能以及强化技术创新与研发。通过这些措施的实施,可以提高煤矿掘进支护的安全性和效率,为复杂地质条件下的煤矿开采提供有力保障。

参考文献

- [1] 宋厚武,朱海义.浅析复杂地质条件下的煤矿掘进与支护技术[J].中国设备工程,2024,3(16):219-221.
- [2] 安保山.煤矿复杂地质条件下的掘进支护技术分析[J].能源与节能,2024,(04):137-139+143.
- [3] 董广路,孙立虎.复杂地质条件下煤矿开采掘进支护技术的应用[J].冶金与材料,2024,44(05):127-129.
- [4] 马洪亮.复杂地质条件下煤矿开采掘进支护技术探析[J].矿业装备,2023,(12):13-15.
- [5] 韩于锋.复杂地质条件下的煤矿掘进与支护技术的应用研究[J].自动化应用,2024,65(04):154-156.
- [6] 孔磊,宋士涛,魏本亮.复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术情况探究[J].科技资讯,2024,22(22):205-207.
- [7] 张有福.复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术[J].矿业装备,2024,(08):88-90.
- [8] 李鹏飞.复杂地质条件下的煤矿采煤掘进支护技术及其应用[J].矿业装备,2024,(02):11-13.