

复杂地质条件下采矿工程中 巷道支护技术的优化

●赵立新 吴金泽



[摘要] 本文探讨了复杂地质条件下采矿工程中巷道支护技术的现状及其优化需求。首先,分析了复杂地质条件对巷道支护带来的挑战,包括支护结构的稳定性、材料的适应性,以及施工效率等方面的问题。其次,针对这些需求,提出了支护结构设计、施工工艺和监测评估技术的优化方案,重点强调了支护形式、材料选择、施工技术及设备的创新。同时,分析了支护技术的经济性与可持续性,结合国内外成功案例进行了技术应用的探讨。最后,提出了技术实施与推广的关键问题和未来发展趋势。

[关键词] 复杂地质条件;巷道支护;技术优化

在采矿工程中,巷道支护是确保矿山安全生产的重要环节。随着矿山开采深度的增加和地质条件的复杂化,传统的巷道支护技术的应用面临诸多挑战。复杂地质条件,如软弱围岩、断层、裂隙等,不仅增加了支护结构的安全风险,还影响了施工效率。因此,如何在复杂地质条件下进行巷道支护技术优化,提升支护结构的稳定性和安全性,成为当前采矿工程中的重要课题。

Q 复杂地质条件下的巷道支护现状分析

在复杂地质条件下,采矿工程的巷道支护面临诸多挑战。首先,围岩的复杂性,如软弱岩层、断层带和裂隙等,使得传统的支护方法难以满足安全与稳定的要求。由于地质条件的不可预见性,支护结构往往存在不均匀受力和变形问题,造成巷道坍塌或变形严重。其次,现有的支护材料大多未能有效适应复杂地质环境,导致材料的耐久性和承载能力不足,增加了维修频率和成本。此外,施工工艺在复杂地质条件下也面临难题,常规的施工方法和设备效率低下,施工周期长,安全风险高。

Q 复杂地质条件下巷道支护的优化需求

(一)支护结构的稳定性与安全性要求

在复杂地质条件下,巷道支护的稳定性与安全性是确保工程顺利进行的关键因素。首先,巷道所处的地质环境常常存在软弱夹层、断裂带、地下水等不利因素,这些都可能

导致巷道变形、塌方或局部破坏。因此,支护结构必须具备足够的承载能力与抗变形能力,以应对各种外部荷载和地质变化。支护结构不仅要能够有效支撑周围岩土体,还需具备较强的自适应能力,以应对岩体的非均匀性和复杂性。其次,支护结构的安全性要求要在设计过程中充分考虑应力分布、材料特性以及施工过程中的风险控制。采用先进的监测手段,如地质雷达和应力传感器等,可以实时监测支护结构的变形情况,及时采取修复措施,防止安全事故的发生。

(二)支护材料与技术的适应性要求

在复杂地质条件下,支护材料与技术的适应性是影响支护效果和工程进度的核心因素。复杂地质环境常常呈现出岩土层的不均匀性和不稳定性,传统支护材料如钢支撑、混凝土衬砌等可能无法满足不同地质条件下的安全需求。因此,支护材料必须具备优良的力学性能、耐久性和抗渗性,以应对不良地质环境带来的各种挑战。例如,在软弱地层中,需要使用具有较高抗拉强度和柔性好的支护材料,如钢网和喷射混凝土等;而在硬岩区,则可以采用高强度的预应力锚杆和钢支撑等。在技术方面,支护方案应根据地质条件的不同而灵活选择,如采用地质雷达技术对地层进行实时监测,或利用数值模拟技术优化支护结构设计。此外,随着新型材料和技术的不断发展,智能支护系统逐渐得到应用,如通过传感器监测支护材料的受力情况并自动调节支护强度,这样不仅提高了支护的适应性,还能够在复杂地质环境下实现高效施工。

(三)支护方法与施工效率的优化需求

在复杂地质条件下,支护方法的选择与施工效率密切相关。首先,支护方法需要根据具体地质条件和工程规模进行优化设计,以实现安全与高效并重。在软弱地质或松软土层中,采用传统的锚杆加喷射混凝土或钢支撑方法可能无法保证巷道的长期稳定,这时就需要结合注浆技术和地质强化措施。对于断裂带、含水层等特殊地质环境,采用注浆、超前支护技术和地基加固技术,可以有效提高支护效果。此外,支护施工中常常面临时间紧、任务重的挑战。因此,优化施工工艺和提高施工效率至关重要。采用现代化施工机械设备,如液压支架、自动化喷浆设备等,可以有效减少人工操作,加快施工速度。同时,施工过程中的及时监控和调整,也是保证施工效率和支护质量的关键。通过合理的施工调度和精细化管理,可以在保证安全的前提下,提高施工效率,缩短工程周期,降低成本。

(四)经济性与可持续性的考量

巷道支护的经济性与可持续性,是工程设计与实施中的重要考量因素。在复杂地质条件下,支护工程往往需要大量投入,包括材料、设备、人工等费用。因此,如何优化资源利用,降低成本,同时确保支护效果和安全性,是一个重要课题。首先,经济性要求合理选择支护材料和施工工艺,避免浪费。例如,使用具有较高性价比的支护材料,结合现代化施工方法,可以在保证安全性的基础上有效控制成本。其次,施工过程中应注重合理配置设备和资源,通过精细化管理提高施工效率,减少施工时间,从而降低工程总体费用。此外,支护工程的可持续性要求在设计和施工中充分考虑环境保护和资源循环利用。例如,在支护材料的选择上,应优先使用环保型、可回收的材料,减少对环境的负面影响。在施工过程中,应避免过度开发和对生态环境的破坏,采取必要的防护措施。此外,随着绿色技术的进步,未来巷道支护技术的可持续性,还将更加注重能源的节约、污染的减少和资源的合理利用,以推动地下工程行业的可持续发展。

Q 采矿工程中复杂地质条件下巷道支护技术优化方案

(一)支护结构设计优化

1.支护形式的选择与优化

在采矿工程中,复杂地质条件对巷道支护形式的选择与优化提出了较高要求。不同的地质条件决定了巷道所需的支护形式。因此,支护形式的合理选择,是保障工程安全与稳定的关键。对于较为松软的土层或含水层,通常采用喷射混凝土和锚杆支护相结合的方式,这种支护形式能有效增强支护体的整体稳定性,并适应地层变形的需要。对于坚硬岩层或岩溶地质,则可以选用钢支撑、预应力锚杆等高强度支护形式,确保支护结构在承受较大压力时不发生失

稳。值得注意的是,支护形式的优化不仅依赖于地质条件,还与施工进度、经济性和施工工艺密切相关。通过引入数值模拟和监测技术,可以对不同支护形式进行实时分析,及时调整支护方案,提高支护的适应性和效果。此外,采用分段支护和超前支护等技术,也能有效应对突发地质变化,提高巷道的稳定性和安全性。

2.支护材料的选用与改进

在复杂地质条件下,巷道支护材料的选用与改进,是提高支护效果、延长巷道使用寿命的关键。传统的支护材料如钢筋混凝土、木材和钢支撑在一定条件下能够满足支护需求,但随着地质条件的不断变化,尤其是在软弱地层、断裂带和高水位区域,传统材料往往不能有效应对持续的地质压力和变形。因此,选择合适的支护材料至关重要。在软弱地质或松软土层中,可采用高强度喷射混凝土、纤维增强混凝土和聚合物注浆材料,这些材料不仅具有较强的粘结力和抗压性,还能有效减少水分渗透,增强支护结构的耐久性。对于高强度岩层和断裂带等特殊地质条件,可以选用预应力锚杆、钢支撑及高性能复合材料,这些新型材料能提高支护的强度和稳定性,并能够适应地层的动态变化。近年来,随着高分子材料和智能材料的应用,巷道支护材料的性能得到了显著提升。例如,智能材料可以通过自适应功能实时调整支护结构的强度,从而应对地质环境的变化。

(二)支护施工工艺的优化

1.施工技术的改进与创新

在复杂地质条件下,支护施工工艺的优化尤为关键,施工技术的改进与创新可以显著提高支护效果与施工效率。传统的支护施工技术在面对地质条件突变或特殊环境时,常常存在施工速度慢、质量难以保障等问题。因此,亟需对施工技术进行改进与创新,以适应不同地质环境的要求。一方面,智能化支护施工技术的引入,成为优化施工工艺的重要方向,如通过无人机、遥感技术和传感器等高科技手段,对巷道地质进行实时监测,动态调整施工方案。另一方面,超前支护技术也得到了广泛应用,尤其是在软弱地层、破碎带等地质条件下,通过注浆、预加固等措施,能够有效提高巷道的稳定性,防止发生塌方和变形。

2.施工设备的选择与应用

在复杂地质条件下,支护施工设备的选择与应用,对施工效率和质量起着决定性作用。巷道支护通常面临严峻的地质环境挑战,如软弱土层、断裂带、水文条件复杂等,这要求施工设备具备高效能、适应性强、操作精确等特点。首先,针对软弱地层和松散岩土,可以选择液压支架、喷浆机和自动化注浆设备,这些设备能够提供高效、精确的支护支持,确保巷道支护结构的稳固性和适应性。同时,采用高效的锚杆钻孔设备、钢支撑安装设备和大功率液压机具,

能够有效提高支护安装的精度与速度,尤其在复杂地质条件下,设备的精密程度直接影响到支护效果。对于复杂的高应力、高水位环境,传统设备可能难以胜任,而智能化、自动化设备的引入则成为一种趋势。

(三)支护监测与安全评估技术优化

1.支护效果的实时监测技术

在复杂地质条件下,巷道支护效果的实时监测是确保工程安全与稳定的关键环节。随着监测技术的不断进步,现代化的实时监测系统能够精准跟踪巷道支护结构的变化情况,包括支护结构的变形、应力分布以及地层压力等。常见的监测技术包括基于光纤传感器、应变计、位移传感器等的自动化监测系统,这些设备可以实时采集巷道支护的各项数据,并通过数据传输平台进行集中处理与分析。此外,结合地质雷达与激光扫描技术,能够深入分析巷道内外的地质结构,及时发现潜在的隐患区域,如岩层位移、水流渗透等,进而采取相应的措施进行修复。现代监测系统还具有预警功能,当监测数据超过设定阈值时,系统可以自动报警,提醒施工人员及时采取措施,避免因支护失效引发的灾难性事故。实时监测技术不仅为支护设计提供了数据支持,还能根据巷道支护的实际情况,动态调整施工方案,优化支护结构的使用效果,提高整体安全性和经济效益。

2.支护结构稳定性的评估方法

支护结构的稳定性评估是确保巷道安全的重要环节,其准确性直接影响到支护方案的优化与调整。传统的稳定性评估方法多依赖于理论计算和经验公式,这些方法虽然可以为支护设计提供一定的参考。但在复杂地质条件下,由于地质环境的多变性和不可预测性,常常存在较大的不确定性。因此,采用更加精确和灵活的评估方法显得尤为重要。随着科技的进步,现代评估方法引入了数值模拟技术,尤其是有限元法和离散元法,这些方法能够深入模拟巷道支护与围岩相互作用的复杂过程,精确预测不同工况下支护结构的应力与变形行为。通过建立精确的物理模型,这些数值方法可以帮助工程师全面了解支护结构在不同地质条件下的力学表现,进一步优化设计方案,确保支护结构的长期稳定性和安全性。此外,随着监测技术的不断发展,基于实时监测数据的稳定性评估方法逐渐成为主流。通过在巷道支护结构中安装传感器,实时采集应力、位移、温度等

参数,并将这些监测数据输入计算模型进行动态分析,可以及时了解支护结构的稳定性变化情况。实时监测数据能够提供工程实施过程中最直接的信息,帮助及时发现潜在的危险,并对支护结构的安全进行预警,避免发生突发性事故。结合专家系统与人工智能算法的应用,稳定性评估方法也变得更加智能化。通过智能算法,能够自动分析监测数据,识别出支护结构可能存在的隐患,并为工程人员提供有效的优化方案。这种智能化的评估方法不仅提高了评估的准确性,也使得巷道支护的安全性得到了更为全面的保障。

Q 结束语

本文对复杂地质条件下的巷道支护技术进行了深入分析,提出了多项优化措施,包括支护结构设计、施工工艺改进,以及实时监测技术的应用。随着技术的不断发展,未来支护技术将更加注重经济性、可持续性和安全性。同时,实施这些优化方案还需克服技术推广、人员培训等方面的挑战。通过不断创新和优化,采矿工程中的巷道支护技术将能够更好地应对复杂地质条件的挑战,保障矿山的安全高效运行。

参考文献

- [1]赵红亮.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术[J].石化技术,2020,27(01):57-58.
- [2]霍兵.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术应用[J].内蒙古煤炭经济,2019(24):224,226.
- [3]张彦松.试析复杂地质条件下的煤矿巷道掘进支护工艺[J].内蒙古煤炭经济,2019(22):216,218.
- [4]梁洪山.复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术应用分析[J].中国新技术新产品,2019(22):91-92.
- [5]杨健.复杂地质条件下煤矿掘进支护技术应用研究[J].中国设备工程,2019(20):193-195.

作者简介:

赵立新(1972—),男,满族,辽宁沈阳人,本科,工程师,沈阳焦煤股份有限公司红阳二矿,研究方向:煤炭生产技术。

吴金泽(1991—),男,汉族,辽宁沈阳人,本科,工程师,沈阳焦煤股份有限公司红阳二矿,研究方向:煤炭生产技术。