

煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术措施探析

文 / 蔡建 陕西日升矿业工程有限责任公司

摘要：煤炭资源的开采工程在复杂环境下进行，面临多重风险，其中巷道掘进与支护技术的应用至关重要。本文通过详细探讨了影响矿井采掘施工及支护工艺的几个关键因素，包括地面压力、地质情况、围岩环境等。针对这些因素，提出了煤矿采矿工程巷道掘进技术和支护措施的要点，包括编制巷道掘进施工方案、强化装备物资管理、编制支护工艺规程以及优化支护技术方法。通过合理的规划和科学的施工管理，可以提高矿井开采工程的质量和安全性，降低潜在风险，确保工程的可持续发展。

关键词：采矿工程；巷道掘进；支护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.118

引言

煤炭资源是世界各国能源的重要组成部分，煤矿采掘工程作为开采和运输煤炭资源的主要方式之一，扮演着至关重要的角色。然而，煤矿采掘工程常常在地质条件复杂和多变的环境中进行，面临各种风险。巷道掘进与支护技术作为连接开采工作面和运输通道的关键部分，对确保煤炭资源的安全运输至关重要。本文旨在探析煤矿采矿工程巷道掘进技术和支护措施的要点，以提高煤矿工程的综合效益和确保资源的顺利开采。

一、巷道掘进与支护技术应用的重要性

煤炭资源的开采在复杂的环境条件下进行，具有显著的危险性。为确保煤炭资源的有效开发，必须在开采前制定精确的工艺计划，全面考虑开采地区的实际情况，以应对潜在的风险。在这一背景下，巷道掘进与支护技术的应用显得至关重要。

巷道在煤矿工程中扮演着关键的角色，它是开采工作面与运输通道的重要连接部分，直接关系到煤炭资源的顺利开采和安全运输。然而，煤矿地质条件的多样性，包括地质构造异常、岩石力学性质的差异、冒顶现象、地压等不确定因素，使得巷道开挖面临极高的风险。特别是冒顶事故可能导致严重的后果，包括生命安全风险和生产中断^[1]。因此，通过合理应用巷道掘进与支护技术，事故风险可以显著降低，从而确保煤矿工程的顺利进行。巷道掘进与支护技术的重要性体现在多个方面。巷道的稳定性和安全性直接关系到煤炭资源的有效开采和安全运输。支护技术的应用可以有效预防巷道坍塌、岩石冒顶等意外事件，确保采矿工作的连续进行，减少生产中断，从而提高生产效益。其次，巷道掘进与支护技术的应用有助于降低采矿中的事故风险。考虑到煤矿环境的复杂性和多变性，及其对人员和设备的潜在威胁，合理的巷道掘进与支护技术能够提供重要的安全保障。支护结构的建设和巷道设计的科学性都有助于减少煤矿事故的发生，确保员工的安全。

二、影响矿井采掘施工及支护工艺的几个因素

（一）地面压力

在煤矿开采工程中，地面压力是一个关键的因素，它对隧道开挖和支护技术的效能产生显著影响。主要表现在岩石位移的改变以及地应力的增加。当地面压力增大时，岩体的位移也会相应增大，从而对支护工具造成变形，从而威胁到煤矿采掘工程的顺利进行。

地面压力的变化会对煤矿工程施工产生多重影响，包括地下巷道和隧道的稳定性、支护结构的完整性以及人员和设备的安全。因此，了解地面压力分布并采取相应的支护措施是确保煤矿采掘工程的顺利开展计划的重要一步^[2]。为了应对地面压力的变化，煤矿开采工程需要采用合适的支护工具和工艺，以确保隧道和巷道的稳定性。同时，必须对地下地质条件进行充分的调查和分析，以制定有效的地应力管理策略，以减少地应力对煤矿采掘工程的不利影响，确保矿山安全和高效的开采。

（二）地质情况

煤矿开采工程的地质情况常常复杂多变，且常难以获得全面的资料，这对煤矿巷道掘进和支护工作的质量产生显著影响。同时，巷道掘进过程中可能面临多种地质难题，如断层、陷落柱、老空水、破碎带等，这些问题会极大增加巷道掘进施工的难度，严重威胁生命安全。因此，为确保煤矿采掘工程的安全和有效进行，必须对开采区域的地质环境进行深入分析，并制定因地制宜的规划策略。地质情况的复杂性要求采矿人员充分了解地下地质特征，包括地层分布、断层位置、岩石性质和水文地质条件等。通过全面的地质勘察和数据收集，可以为巷道掘进和支护工作提供重要的依据。此外，针对不同地质特点，应制定灵活的施工计划，采取适当的支护措施，以降低地质因素对施工作业的影响。地质情况在煤矿采掘工程中起着至关重要的作用，其复杂性和不确定性需要采矿人员采取适当的措施，以确保矿山施工的顺利进行，并最大程度地减少潜在风险，特别是对生命

安全的威胁。因此，因地制宜的规划和深入的地质分析是煤矿采掘工程成功的关键因素。

（三）勘察围岩环境

围岩环境对巷道稳定和采矿工作的成功起着关键作用。在正式启动开采前，规划人员需要进行详尽的围岩状况勘察，以明确围岩的状态，并据此制定巷道掘进工作计划。特别是在围岩较为脆弱的区域，容易发生冒顶事故，因此必须特别关注地基承载力问题。一旦发现潜在安全隐患，必须采取锚杆技术等方式对围岩进行加固。此外，考虑到围岩环境的影响，应根据围岩的硬度确定支护的强度，选择合适的支护方式和支护材料。围岩环境的复杂性需要采矿人员制定灵活的支护计划，以确保巷道的稳定性和采矿工作的成功进行^[3]。围岩环境的勘察是煤矿采掘工程中不可或缺的环节。通过深入了解围岩的状况，并采取合适的支护措施，可以最大程度地减少巷道掘进过程中的风险，确保煤矿采掘工程的安全和高效进行。因此，围岩环境的勘察和支护计划的制定至关重要，对矿山的可持续发展具有重要意义。

三、煤矿采掘工程巷道掘进技术和支护措施要点

（一）编制巷道掘进施工方案

在隧道掘进的施工工作中，提前制订合理的巷道掘进施工方案至关重要。这一方案的制定需要强化地质勘察，多方面的工作，以保证工程的可行性和规范性。在这个阶段，全程的技术监管是必不可少的，以确保对工程的具体状况有一个清晰的认识。

在地质勘察阶段，必须进行前期的准备工作，以确保掘进工艺的可行性。这包括充分理解工程的实际需要，掌握相关的参数，并重点记录受力的围岩强度参数、结构特性参数等。同时，必须获取相关的数据信息，如应力幅值等^[3]。通过记录、分析和汇总这些数据，建立数据模型，以确保地质勘探数据能够起到支撑和保障的作用，增强地质勘探工作的综合性和标准化效果。在地质勘察阶段，关键是确保各种参数的完整信息，以便编制工程施工的开挖计划。这需要综合分析工程项目的地质条件，制定出高效率、高可行性的开挖施工方案。以大断面连续掘进为例，需要运用专业的挖掘设备设施来实现挖掘工作。可以采用间接运输处理方案，或者在基础条件和建设环境稳定的情况下，采用连续运输处理方案。如果在施工过程中采用了整体机械化开挖的方法，那么就必须要有一套完整的设备，如输送机组合掘进机和通风除尘设施。在选择挖掘机型号时，必须确保挖掘机的型号与工程的实际需要相符合，以提高整个项目的实施效率。因此，编制巷道掘进施工方案必须综合考虑地质情况、设备选型、施工流程等多方面因素，以确保工程的顺利进行。这一前期工作的充分准备对于巷道掘进施工工作

的成功至关重要，可以降低风险，提高施工质量，确保煤矿采掘工程的顺利推进。

（二）强化装备物资管理

在煤矿开采工程的巷道开挖过程中，科学管理设备设施和支护材料至关重要，以确保掘进的高效性，规范施工活动，以及维持施工进度合理性。在巷道规划设计阶段，必须根据煤矿开采工程的施工需求，科学管理相关的作业设施和支护材料，并合理利用相关的施工设备和支护材料。

特别是在与针孔爆破相匹配的情况下，需要合理控制炮眼的深度，以确保符合相关规范，以满足煤电钻的开采深度标准要求。强化对工作设施和支护材料的管理，应采用降尘技术和通风技术，对机械通风设备进行规范管理，以提高施工安全性和效率。在煤矿巷道的施工过程中，由于施工环境条件和地质条件的多样性，设备和设施的配置会有所不同。因此，在管理机械设备时，必须基于对施工环境和条件的充分分析，强调施工过程的规范性管理。为此，建立合理的管理计划是至关重要的，以确保通风设备能够充分发挥其作用，从而提高工作环境的通风和降尘效果。此外，定期进行故障排查和质量检验，由专业人员进行操作、维修和管理，以预防操作失误可能引发的风险。这些措施将有助于保证全矿井采掘工程的安全性和高效性。强化装备物资管理是确保矿山施工工程的安全、高效进行的重要一环，对于规范矿山施工活动和最大程度减少潜在风险至关重要。

（三）编制了一套支护工艺规程

在运用支护技术时，必须明确关键要点，以提高矿井开采工程建设的质量，降低潜在的安全风险，以确保围岩的安全性。随着采掘活动的进行，围岩应力逐渐累积，导致围岩强度的改变，降低了围岩的强度，进一步加大了矿井开采的安全风险。

在对围岩的受力分析中，如果应力值超出规范强度指标，岩体破坏可能发生。当应力值等于强度指标时，会产生极限平衡，而当应力参数明显小于强度时，说明整个生产环境相对稳定和安全。图1中的松散圈理论分析表明，在支护设计时，应基于松弛圈理论，选择合适的支护方案。随着松弛圈面积的增大，相应的支护难度也增加。因此，根据松动圈的具体条件，在支护方案的选择上应考虑不同情况。当松动圈大于150cm时，应采用组合拱加锚网的方法。当松动圈在40—150cm范围内时，应采用锚杆支护工艺或锚网支护，并根据悬索理论确定支护参数。对于松动圈在0—40cm范围内的情况，应采用喷砼支护技术以确保安全性^[4]。在制定和规划矿井开采工程的巷道支护方案时，必须充分考虑各种因素，并根据现场实际情况制定切实可行的支

护工艺规程。这将有助于提高施工质量,降低潜在风险,确保矿井开采工程的顺利进行。支护工艺规程的编制

和执行是矿山工程中关键的一环,能够确保开采工程的安全性和高效性。

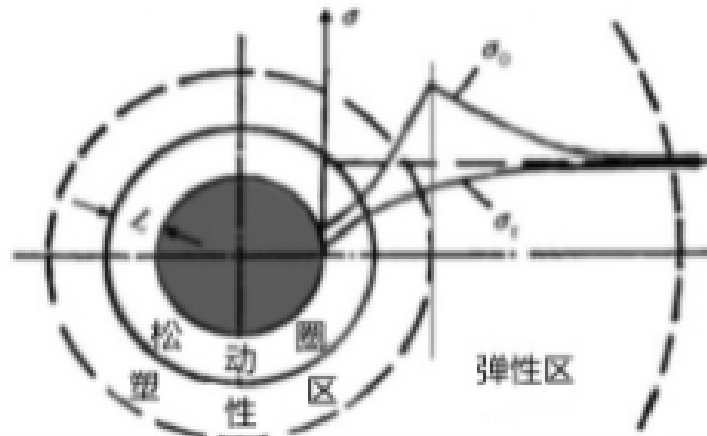


图1 松动圈理论

(四) 优化支护技术方法

在矿井采掘工程中,合理的支护是至关重要的,以确保巷道的稳定性和安全性。在采用锚杆支护技术时,它已成为一种常用的支护方式,具有出色的支护效果,能够提高巷道围岩结构的承载能力、稳定性和适应性。对于已受损的巷道结构,锚杆支护技术可用于修复。在使用混凝土支护工艺时,必须避免裂隙的产生,通过锚杆进行局部区域的修补,控制裂隙的大小,降低了巷道损伤的风险。如果发生巷道浮石,可采用锚杆支护法进行处理,以减少冒顶的危险,确保生产安全。锚杆支护技术有效地解决了巷道底臃问题,缩短了工作面顶板位置,减少了冒顶的可能性。基于此,提出了一种新型的永久支护方法,即采用混凝土材料实现永久支护,并结合喷锚网技术,以确保矿井的安全和周边岩层的稳定。在进行间距处理时,施工人员需对锚固进行喷涂标记,并按照规范的工序和工艺要求处理混凝土。混凝土灌注完成后,需安装和处理钢筋网,并在表层进行混凝土覆盖,以确保支护效果的稳定性。为了提高井壁的稳定性和强度,必须调整井壁的厚度,以避免坍塌等意外事件^[4]。棚式支护是采煤前采用的一种支架工艺,其优化的目标是通过金属支架来增强支护的刚度,以改善支护效果。在使用时,应根据围岩状况进行概要设计,掌握围岩移动情况,并确定目标指标参数。项目中拟采用概率分析和数据分析等方法,精确获得巷道围岩位移的数值,结合顶板和底板岩层的抗压强度等数据,确定支护结构的工作阻力和受力状态,对支护间距进行评价。根据特定情况,可优化巷道支护技术方案,采用可伸缩式锚杆或高强度锚杆进行一次支护,巷道变形量较大时,可进行二次支护,包括锚索支护与注浆加固。在二次支护施工中,使用全长锚固锚索和锚索桁架,注浆孔深度为2.5米。在高位应力区域,可采用可伸缩U

型钢支架进行支撑。采用锚索钢带支护与喷锚网支护,需将巷道内压力控制在底板以下,采用二次或三次起底以确保生产安全。例如,煤矿项目A采用间距结构进行顶板支护,锚索布置为1米×0.9米。采用柔性喷浆法,在后30米处进行开挖,增加后期起底工作量,确保整个工程的施工安全,提高了支护效果的可靠性。支护技术方法的优化有助于提高巷道稳定性和安全性,减少可能的风险。

结语

煤矿资源开采一直伴随着高风险,尤其在多变地质环境下。为确保煤炭资源的安全开采和运输,巷道掘进与支护技术的应用至关重要。本文强调了几个关键因素,包括地面压力、地质情况、围岩环境等,它们直接影响巷道的稳定性和安全性。针对煤矿采矿工程的复杂环境和风险,合理的巷道掘进与支护技术应用是确保煤炭资源的安全开采和顺利运输的关键。通过全面的地质勘察、科学的支护工艺规程和精细的管理,可以降低风险,提高施工质量,确保矿山工程的可持续发展。这些措施在矿山工程中具有重要意义,对煤矿采矿工程的成功起到至关重要的作用。

参考文献

- [1] 李春风. 采矿工程施工技术应用探究——巷道掘进与支护技术[J]. 2020.
 - [2] 郭晓辉. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J]. 化工中间体, 2022(007): 000.
 - [3] 郝卓琦. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护应用研究[J]. 工程技术研究(百科), 2022(1): 78-80.
 - [4] 解红伟. 煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术的应用研究[J]. 中国科技投资, 2020, 000(033): 170, 175.
- 作者简介: 蔡建(1970.05),男,江苏省徐州市人,本科,采矿中级工程师,研究方向: 矿山技术管理。