

复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化

常进贝

陕西永陇能源开发建设有限责任公司, 陕西 宝鸡 721599

摘要： 本文探讨了复杂地质条件下回采巷道施工与支护技术的优化策略。文章分析了高地应力、岩体破碎、水害等复杂条件对巷道施工与支护的影响，并针对沿空留巷技术面临的挑战进行了研究。文章提出了施工技术优化策略，包括钻爆法、掘进机械和施工组织与管理的优化；同时，也提出了支护技术优化策略，包括支护材料创新、支护结构设计优化和支护施工工艺优化。最后，文章指出，复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化是一个系统工程，需要不断研究、实践和总结，以提升我国煤矿安全生产水平。

关键词： 复杂条件；回采巷道；施工技术；支护技术；优化策略

Optimization of Mining Roadway Construction and Support Technology under Complex Conditions

Chang Jinbei

Shaanxi Yonglong Energy Development and Construction Co., Ltd, Shaanxi, Baoji 721599

Abstract： This paper discusses the optimization strategy of the construction and support technology of back-mining roadway under complex geological conditions. The article analyzes the influence of complex conditions such as high geostress, rock fragmentation and water damage on the construction and support of the roadway, and conducts a research on the challenges faced by the technology of leaving the roadway along the air. The article puts forward construction technology optimization strategies, including optimization of drilling and blasting method, digging machinery, and construction organization and management; meanwhile, it also puts forward support technology optimization strategies, including innovation of support materials, optimization of support structure design, and optimization of support construction process. Finally, the article points out that the optimization of the construction and support technology of back mining roadway under complex conditions is a systematic project, which needs to be continuously researched, practiced and summarized in order to improve the level of safe production of coal mines in China.

Keywords： complex conditions; mining roadway; construction technology; support technology; optimization strategy

引言

回采巷道的施工与支护技术，是煤矿安全生产中的一项核心工程，它不仅关乎巷道的稳定性与生产效率，更是矿工生命安全的重要保障。在复杂的地质条件下，如软岩、高地应力、破碎带等地质环境中，回采巷道的构建与维护面临着更为严峻的考验。这些条件对施工技术提出了更高的要求，需要更为精细和科学的策略来应对。

因此，深入研究并优化复杂地质条件下回采巷道的施工与支护技术，不仅是对工程技术的提升，更是对煤矿安全生产责任的深刻践行。这样的研究具有重大的现实意义，它能够有效提高煤矿安全生产的整体水平，保障矿工的健康与安全，同时促进煤矿生产的持续与稳定。

一、复杂条件下回采巷道施工与支护技术分析

回采巷道是煤矿生产中的重要部分，其施工与支护技术的选择和应用直接关系到煤矿的安全生产和经济效益。在复杂条件下，如高地应力、岩体破碎、水害等地质条件下，回采巷道的施工与支护面临更大的挑战。本文将对这些复杂条件下的回采巷道施工与支护技术进行分析和探讨。

(一) 高地应力对施工与支护的影响

高地应力是在地下深处，受上覆岩层重量和构造应力共同作用，岩体内部产生的应力状态。我国在交通系统高速发展的推动下，从 80 年代末就有学者开始针对高地应力岩体方面进行研究^[1]。这种应力状态对回采巷道的施工与支护产生了显著影响：高地应力会导致岩体发生变形和破坏，这不仅增加了巷道维护的难度，还提高了支护成本；高地应力的存在降低了巷道的稳定性，

容易引发片帮、冒顶等事故，这对煤矿的安全生产构成了威胁；高地应力还会影响巷道的施工速度和效率，使得施工过程更加困难且风险增加。

在深地开采过程中，高地应力是一个不可忽视的自然因素。这种应力状态是由地壳深处的岩层重量与地质构造运动共同作用形成的，对回采巷道的施工与支护带来了极大的挑战。这种围岩往往具有较大的围岩变形、支护变形、破损和间隙侵入的现象，严重影响正常施工^[2]。此外，高地应力的存在降低了巷道的稳定性，容易引发片帮、冒顶等事故，对煤矿的安全生产构成了威胁。高地应力还会影响巷道的施工速度和效率，使得施工过程更加困难且风险增加。

（二）岩体破碎对施工与支护的影响

岩体的结构面是指岩体内部具有方向性、延展性、厚度较小的面状或片状地质界面（节理），结构面的存在破坏了岩体结构的完整性，使岩体的稳定性下降^[3]。岩体的破碎往往是由内而外的结果，是地质历史长期作用的见证。地质构造的变迁、爆破作业的震动以及地下水的侵蚀等多重因素，共同作用于岩体，激活了其内部的裂隙和节理，逐渐削弱了岩体的整体性。这种破碎状态对于回采巷道的施工与支护提出了更高的要求。

在破碎岩体中施工巷道，无疑增加了开挖的难度和施工的风险。岩体的不稳定性可能导致塌方和冒顶等事故的发生概率上升，这对矿工的安全构成了直接威胁。同时，破碎岩体的支护工作更为复杂，需要更加精细和强化的措施，这无疑增加了支护的成本和难度。此外，岩体的破碎还会对巷道的施工速度和效率产生不利影响，使得施工过程更加缓慢，风险也随之增大。

（三）水害对施工与支护的影响

水害是煤矿巷道施工与支护中常见的问题，其根源复杂多样，包括地下水位的上升、地表水的渗入，以及老空积水等因素^[4]。这些因素相互作用，导致巷道施工过程中出现涌水、淋水等现象，给施工与支护带来了严峻挑战。

水害的发生对岩体的强度和稳定性产生不利影响，进一步增加了巷道的维护难度和支护成本。同时，水害的存在也会影响巷道的施工速度和效率，使得施工过程更加困难且风险增加。此外，水害还可能导致巷道内设备的损坏和人员的伤亡，对煤矿的安全生产构成了严重威胁。

（四）沿空留巷技术面临的挑战

沿空留巷技术是煤矿开采中的一项关键工艺，旨在提升煤炭资源的回收率并保障矿井安全生产。该技术通过在采空区边缘预留一条通道，以此支撑顶板，减少顶板下沉现象，防止顶板坍塌带来的安全隐患，并为后续工作面的开采提供必要的通道与空间。

尽管如此，沿空留巷技术的应用面临着一系列挑战：技术实施的复杂性，要求精确控制巷道的宽度和位置，以及对顶板进行有效管理；其次是安全风险的提升，由于掘进工作面环境靠近采空区，容易受到诸如水害、火灾、瓦斯突出、矿压等动态变化的影响；再次是经济成本的上升，因为需要额外的支护材料和人力资源；此外，该技术可能对地下水文条件造成影响，引发环境问

题^[5]；矿压控制也变得更为复杂，需要精确的矿压监测和有效的控制策略；巷道的维护和修复工作量大，且维护周期漫长。

二、沿空留巷技术研究

沿空留巷技术是一种在煤矿生产中应用广泛的技术，其主要目的是为了高煤炭资源的回采率，降低资源浪费，同时提高生产效率和经济效益。本文将围绕沿空留巷技术的原理、应用现状进行探讨。

（一）沿空留巷技术原理

沿空留巷技术，作为一种先进的矿山工程技术，其核心在于在煤层开采过程中，巧妙地在采空区边缘保留一定宽度的煤柱。这些煤柱起到了至关重要的作用，它们像是一道坚固的屏障，有效地支撑着顶板，减缓了顶板的下沉速度，从而确保了巷道的稳定性^[6]。这种技术的应用，不仅显著降低了巷道的维护频率和成本，而且大幅提高了煤炭资源的回采率，实现了资源的最大化利用，减少了不必要的浪费。沿空留巷技术的实施，是对煤炭资源开采效率与环境保护的一种平衡，体现了煤矿生产中对科学与技术深度融合的追求，对推动煤矿产业的可持续发展具有重要意义。

（二）沿空留巷技术应用现状

沿空留巷技术在我国煤矿产业中已经生根发芽，被众多矿山企业采纳并内化为提升生产力的关键策略。通过这种技术的巧妙运用，煤矿企业不仅显著提升了煤炭资源的回采比例，实现了资源价值的最优化，还有效降低了生产成本，增强了企业的市场竞争力。更为重要的是，沿空留巷技术的广泛应用，推动了整个煤矿行业向高效、节约、环保的生产模式转变，为行业的可持续发展注入了新的活力，展现了科技进步在传统产业升级中的巨大推动作用。

三、回采巷道施工与支护技术优化策略

随着科技的进步和煤矿开采条件的多样化，对施工与支护技术的要求也越来越高。为了适应这些挑战，需要对现有技术进行不断地优化和创新。本文将探讨回采巷道施工与支护技术的优化策略。

（一）施工技术优化

1. 灾害治理优化

根据地面三维地震勘察、对掘进工作面采用瞬变电磁法探测等探测手段，使用千米钻机等技术，超前施工掘进工作面前方及受威胁区域的探放水、地质探查、瓦斯抽放等钻孔；在已回采工作面上方对应的地面范围施工水文长观孔及放水孔；安装微震监测、矿压监测等监测监控设备，事实掌握掘进巷道的动态变化情况，出现险情征兆及时发出预警信号；以上对灾害治理采取的方法，从而减少矿井灾害对施工巷道的威胁，提升巷道安全施工及掘进速度。

2. 掘进机械优化

掘进机械在回采巷道施工中扮演着至关重要的角色，其优化

策略主要围绕提高效率和安全性展开。采用先进的掘进机械，如盾构机和连续采煤机，这些设备能够显著提升掘进效率，同时减少对人力的依赖，降低安全风险。掘进机械的自动化和智能化是优化的重要方向，通过运用现代控制技术，实现机械的自动化运行和智能化控制，从而提升施工的效率 and 精度。针对不同的地质条件，对掘进机械进行适应性改造，如增强机械的稳定性和提高切割能力，以确保机械在不同环境下的高效作业^[9]。这些策略的实施将极大提升掘进机械的性能和施工效率。

3. 施工组织与管理优化

施工组织与管理对于保障施工过程的顺利进行具有至关重要的作用，其优化策略主要涵盖以下几个方面：通过科学的施工组织，根据具体的施工任务和地质条件，合理安排施工流程，以减少施工中的交叉干扰，从而提升施工效率。实施严格的质量管理，建立完善的质量管理体系，对施工过程进行全面的监控，确保施工质量符合标准要求。采用信息化管理手段，利用物联网、大数据等信息技术，实现对施工过程的实时监控和管理，以此提高施工的精准度和效率。这些策略的综合应用将有助于提升施工组织与管理的整体水平，确保工程项目的顺利进行和高质量完成。

(二) 支护技术优化

1. 支护材料创新

支护材料的创新对于提升支护效果至关重要，其优化策略主要涉及以下几个方面：研发新型的高强度高刚度支护材料，如高强度锚杆和新型钢支架，这些材料能够提高支护结构的稳定性，适应高地应力和复杂地质条件。推广复合材料的广泛应用，例如玻璃钢锚杆和碳纤维支架，这些材料具有轻质高强、耐腐蚀等优点，不仅能够提高支护效果，还能降低支护成本^[6]。发展新型注浆材料，如超细水泥和化学浆材，这些材料能够提高注浆加固的效果，增强岩体的稳定性。这些创新策略的实施将有效提升支护材料的功能性和经济效益，为回采巷道的施工提供更加坚实的保障。

2. 支护结构设计优化

为了提高支护效果，支护结构设计的优化显得尤为重要，其策略主要包括以下几点：采用复合支护结构，将多种支护方式相

结合，例如锚杆支护与注浆加固的联合应用，能够显著提升支护效果，并适应不同地质条件的需求。优化支护参数设计，根据具体的地质条件和施工要求，合理确定支护参数，如锚杆间距、锚固长度等，以确保支护效果的优化。推广预应力锚索技术的应用，这种技术能够在岩体内部形成有效的应力场，从而提高岩体的整体稳定性，尤其适用于大跨度、高地应力的巷道支护。这些优化策略的综合应用将有助于提升支护结构的设计水平和支护效果，确保施工的安全和效率。

3. 支护施工工艺优化

为了确保支护效果，支护施工工艺的优化至关重要，其策略主要包括以下几点：采用先进的施工设备，如全自动锚杆钻机和注浆泵，这些设备能够提高施工效率，并保证施工质量^[10]。优化施工流程，合理安排施工步骤，减少施工中的交叉干扰，从而提升施工效率。加强施工人员的培训，提高他们的技术水平，以确保施工质量符合标准要求。这些优化策略的综合应用将有助于提升支护施工工艺的整体水平，确保施工过程的安全、高效和高质量完成。

结束语

概括来说，复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化是一个涉及多个方面的系统工程。本文针对我国煤矿复杂条件下回采巷道施工与支护技术的现状，分析了存在的问题，并从理论上提出了相应的优化措施。

本文的研究成果对于提高我国煤矿复杂条件下回采巷道施工与支护技术水平具有一定的指导意义。然而，由于煤矿地质条件的复杂性和多样性，本文的研究还存在一定的局限性。在今后的研究中，可以进一步探讨不同地质条件下回采巷道施工与支护技术的适应性，以及智能化、自动化施工技术在回采巷道施工中的应用，为我国煤矿安全生产提供更加有力的技术支持。

总之，复杂条件下回采巷道施工与支护技术优化是一个长期、艰巨的任务。通过不断研究、实践和总结，相信我国煤矿复杂条件下回采巷道施工与支护技术水平将得到进一步提高，为我国煤矿安全生产和可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 马洪卓. 高地应力软岩隧道支护技术研究 [D]. 西南交通大学, 2021.DOI:10.27414/d.cnki.gxnu.2021.001181.
- [2] 李慧. 高地应力软岩隧道锚杆支护技术及参数优化研究 [D]. 西安科技大学, 2020.DOI:10.27397/d.cnki.gxaku.2020.000359.
- [3] 王昊, 姜滔男, 冯云鹏, 等. 破碎岩体中盾构施工掌子面安全系数计算方法研究 [J]. 隧道建设 (中英文), 2023, 43(S2):302-309.
- [4] 管瑜熙. 基于数值计算的浅埋采煤巷道场地稳定性研究 [J]. 山西建筑, 2021, 47(23):59-62.DOI:10.13719/j.cnki.1009-6825.2021.23.020.
- [5] 霍文. 采煤工作面煤层注水防尘施工参数优化及应用 [J]. 中国矿山工程, 2021, 50(04):47-49.DOI:10.19607/j.cnki.cn11-5068/xf.2021.04.012.
- [6] 刘京强, 付浩. 回采巷道掘进过断层技术研究 [J]. 中国矿山工程, 2020, 49(06):57-59.DOI:10.19607/j.cnki.cn11-5068/xf.2020.06.018.
- [7] 马清水, 赵相钟, 宋振骥, 等. 回采巷道稳定性风险评判模型设计与系统应用 [J/OL]. 煤矿安全, 1-11[2024-06-27].https://doi.org/10.13347/j.cnki.mkaq.20231009.
- [8] 张随喜. 山浪矿浅埋煤层开采围岩力学变化特征与控制技术研究 [D]. 中国矿业大学 (北京), 2020.DOI:10.27624/d.cnki.gzkb.2020.000155.
- [9] 韩永春, 刘广宇. 回采巷道联合支护降低采动影响 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2018, (18):130-131+147.DOI:10.13487/j.cnki.imce.012831.
- [10] 葛连义. 平煤二矿回采巷道过老巷贯通技术 [J]. 山东工业技术, 2018, (11):83.DOI:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2018.11.071.