

机械化上向水平分层充填法在地下开采中的安全管理与技术创新

刘再道

中核韶关锦原铀业有限公司 广东 韶关 512000

摘要：地下开采中，机械化上向水平分层充填法以其高效安全特性备受关注。本文重点探讨其安全管理与技术创新。在安全管理方面，通过风险评估、预防措施制定、安全监测与应急响应机制建立等措施，确保安全生产。在技术创新方面，设备与技术升级、智能化技术应用以及环保资源利用等方面的探索，大幅提升采矿效率。加强安全管理与技术创新，不仅提高生产效率，更夯实了矿业可持续发展的基石。

关键词：机械化上向水平分层充填法；地下开采；安全管理；技术创新

1 机械化上向水平分层充填法概述

机械化上向水平分层充填法，又称上向水平分层充填采矿法，是一种广泛应用于现代矿业的高效采矿技术。该方法的核心在于将矿体在垂直方向上划分为若干水平或微倾斜的分层，并利用机械化设备自下而上逐层进行回采作业。在回采过程中，每一分层被开采完毕后，随即进行充填工作，以维护矿山的稳定性并创造持续开采的条件。机械化上向水平分层充填法的实施过程严谨而有序。通过精确的测量和规划，确定矿体的结构参数和分层位置。利用凿岩台车、铲运机等无轨自行设备，在采场内进行高效的凿岩、崩矿和出矿作业。崩落的矿石通过机械运输设备转运至溜矿井，实现矿石的快速收集与运输。随着每一分层的开采完毕，立即进行充填作业，充填材料的选择与应用对于维持矿山稳定性和提高资源利用率至关重要。常用的充填材料包括干式充填、水力充填和胶结充填等，这些材料能够有效地支撑采空区，防止地表沉陷和岩层移动。充填体的强度和稳定性也能够满足采矿设备的运行要求，确保采矿作业的持续进行。在充填过程中，机械化设备发挥着关键作用，通过自动化控制系统和精确的机械操作，充填材料能够均匀地分布在采空区内，实现高效、精确的充填作业。机械化设备还能够有效地减少人工参与，降低劳动强度，提高生产效率^[1]。机械化上向水平分层充填法具有显著的技术优势。它能够实现矿石损失和贫化的较小化，有效提高资源利用率。其次，该方法适用于各种厚度的矿体，具有高度的灵活性和适应性。采用充填法处理采空区，有利于地表和上覆岩层的保护，减少地表沉陷和岩层移动的风险。机械化设备的运用使得回采工艺更加简单高效，便于实现机械化作业和自动化控制，进

一步提高生产效率。

2 地下开采中充填法的重要性

地下开采中充填法的重要性不容忽视，它不仅是保障矿山安全生产的关键手段，也是实现资源可持续利用和环境友好型开采的重要途径。第一，充填法对于矿山安全生产具有至关重要的作用，在地下开采过程中，随着矿石的采出，会形成大量的采空区。这些采空区如果不及时进行有效处理，就会引发地表沉陷、岩层移动等地质灾害，严重威胁矿山的安全生产。而充填法通过及时对采空区进行充填，能够有效地支撑采空区，防止地表沉陷和岩层移动，从而确保矿山的安全稳定。第二，充填法有助于实现资源的可持续利用，在开采过程中，通过合理的充填设计和管理，可以最大程度地减少矿石的损失和贫化，提高矿石的回采率。同时，充填材料的选择和应用也能够对矿石资源进行充分利用，减少资源的浪费。这不仅有助于延长矿山的开采寿命，还能够为矿山企业带来更大的经济效益。第三，充填法还是实现环境友好型开采的重要手段，在充填过程中，可以选择使用环保型的充填材料，如掘进废石、尾砂、炉渣等工业废弃物，这些材料不仅能够有效支撑采空区，还能够减少采矿过程中对环境的影响。充填法还能够减少废石和尾矿的排放，降低对生态环境的破坏，实现矿业发展与环境保护的和谐共生。

3 机械化上向水平分层充填法在地下开采中的技术原理

机械化上向水平分层充填法在地下开采中的技术原理，是结合现代机械技术与采矿工程学的精华，通过精准控制和高效作业，实现矿山的安全、高效开采。该方法的核心在于将矿体在垂直方向上划分为若干个水平

或微倾斜的分层，每一分层作为一个独立的回采单元。机械化设备在这里扮演至关重要的角色，利用高效的凿岩、装药和爆破设备，对每一分层进行精确的崩矿作业，确保矿石的有效崩落。通过铲运机、装载机等无轨设备，将崩落的矿石快速、高效地转运至溜矿井或提升系统，实现矿石的连续开采和运输^[2]。在矿石开采的同时，充填工作同步进行。充填材料的选择至关重要，它既要具备足够的强度和稳定性，以支撑采空区并防止地表沉陷，又要易于运输和堆放，以适应机械化作业的需求。常用的充填材料包括尾砂、炉渣、废石等，它们经过破碎、混合等预处理后，通过管道或输送带输送至采空区进行充填。充填过程中，机械化设备再次发挥了关键作用，通过精确的控制系统和机械操作，充填材料能够均匀、密实地填充在采空区内，形成稳定的充填体。这不仅能够有效支撑采空区，防止岩层移动和地表沉陷，还能够为后续的采矿作业提供安全的工作环境。机械化上向水平分层充填法还注重采矿与充填的协同作业，通过合理的采矿顺序和充填策略，可以最大限度地减少矿石的损失和贫化，提高资源利用率。充填体的存在还能够对矿山地压进行有效控制，保持矿山的稳定状态。

4 机械化上向水平分层充填法在地下开采中的安全管理

4.1 安全风险评估和预防措施

安全风险评估是地下开采安全管理的首要任务，在机械化上向水平分层充填法的应用中，安全风险评估贯穿于整个开采过程。需要对矿体的地质条件、岩层稳定性、地下水情况进行全面分析，评估可能存在的安全风险。针对开采过程中可能遇到的片帮冒顶、机械故障、爆破事故、炮烟中毒等风险，制定详细的预防措施。这包括但不限于定期检查和维护机械设备、合理设计爆破参数、建立气体监测系统。还需对充填材料的安全性进行评估，充填材料的选择应符合环保要求，不得含有有毒有害物质。充填材料的运输、储存和使用过程中，也需采取相应的安全措施，防止发生泄漏、爆炸等事故。在预防措施方面，除了制定严格的安全操作规程外，还应加强员工培训，提高员工的安全意识和操作技能。建立健全的安全管理体系，明确各级管理人员的安全职责，确保安全管理工作的有效实施。

4.2 安全监测和应急响应机制

安全监测是确保机械化上向水平分层充填法安全实施的重要手段，在开采过程中，应建立全方位的安全监测系统，对矿山的各个关键部位进行实时监控。这包括但不限于对岩层位移、地下水变化、气体浓度等参数的

监测。通过实时数据分析，可以及时发现潜在的安全隐患，为采取相应措施提供依据。建立有效的应急响应机制也至关重要。在发生突发事件时，应急响应机制能够迅速启动，组织人员和设备进行救援和处置。这要求企业必须制定详细的应急预案，明确各部门的职责和协作方式。还应定期进行应急演练，提高员工的应急处理能力^[3]。在应急响应过程中，还需注重信息的及时传递和沟通。通过建立有效的通讯系统，确保在紧急情况下能够迅速传递信息和指令，协调各方力量共同应对突发事件。

4.3 安全文化建设和员工参与

在机械化上向水平分层充填法的应用中，应注重培养员工的安全意识和责任感。通过举办安全知识讲座、开展安全宣传活动等方式，提高员工对安全管理的认识和重视程度。建立激励机制，对在安全生产中表现突出的员工进行表彰和奖励，激发员工参与安全管理的积极性。员工参与是安全管理不可或缺的一环，企业应鼓励员工积极参与到安全管理工作中来，提出改进意见和建议。通过建立员工反馈机制，及时收集和处理员工的意见和建议，不断完善安全管理措施。还可以通过开展安全竞赛、设立安全建议箱等方式，激发员工的创造性和主动性，共同推动安全管理工作的深入开展。安全文化建设还需要从制度层面进行保障，企业应制定完善的安全管理制度和操作规程，明确各级管理人员的安全职责和权力。加强对安全管理制度的宣传和执行力度，确保各项制度得到有效落实^[4]。

机械化上向水平分层充填法在地下开采中的安全管理涉及多个方面。通过加强安全风险评估和预防措施、建立安全监测和应急响应机制、推进安全文化建设和员工参与等措施的实施，可以有效提升地下开采的安全管理水平，保障员工的生命安全和企业的稳定发展。这也需要企业持续投入和努力，不断完善和优化安全管理措施，以适应不断变化的市场环境和技术要求。在具体实践中，企业还应根据自身的实际情况和特点，制定符合自身需求的安全管理方案。通过不断的探索和实践，逐步建立起一套科学、高效、实用的安全管理体系，为地下开采的可持续发展提供坚实保障。政府和社会各界也应加强对地下开采安全管理的关注和支持，通过制定相关政策法规、加强监管力度、提供技术支持等方式，共同推动地下开采安全管理工作的进步和发展。

5 机械化上向水平分层充填法的技术创新

5.1 设备与技术升级

在机械化上向水平分层充填法的实践中，设备与技术的升级是推动其不断创新的关键动力。传统的采矿设

备往往存在效率低下、能耗高等问题，而现代化的采矿设备则更加注重高效、环保和智能化。近年来，随着采矿技术的不断进步，新型凿岩设备、高效装药设备以及智能化爆破系统等技术得到了广泛应用。这些新设备和技术不仅提高凿岩和装药的效率，还降低能耗和粉尘排放，大大改善工作环境。新型铲运机和输送设备的应用，也极大地提高了矿石的转运速度和效率，降低了运输成本。在充填技术方面，也取得了显著的进步。传统的充填方式往往存在充填不均匀、密实度不足等问题，而现代充填技术则更加注重充填材料的选择和充填工艺的优化。新型充填材料不仅具有更好的力学性能和稳定性，还能够更好地适应采矿现场的实际情况。自动化充填系统的应用，也实现了充填作业的连续化和智能化，提高了充填效率和质量。

5.2 智能化技术应用

智能化技术的应用是机械化上向水平分层充填法技术创新的又一重要方向。随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展，智能化采矿已经成为矿业发展的必然趋势。在机械化上向水平分层充填法的实践中，智能化技术主要体现在以下几个方面：（1）是通过物联网技术实现设备的远程监控和故障诊断，提高设备的可靠性和维护效率；（2）是利用大数据技术对采矿过程进行实时分析和优化，提高采矿效率和资源利用率；（3）是借助人工智能技术实现采矿作业的自动化和智能化，降低人工成本和安全风险^[5]。具体来说，通过应用智能感知和监控技术，可以实现对采矿设备的实时监控和预警，确保设备的安全运行。利用智能决策支持系统，可以根据实时数据对采矿过程进行动态调整和优化，提高采矿效率。通过智能机器人和自动化系统的应用，还可以实现采矿作业的无人化操作，进一步降低人工成本和提高安全性。

5.3 环境保护与资源利用

随着环保意识的日益增强和资源短缺问题的日益突出，矿业企业越来越注重在采矿过程中实现环境保护和

资源的高效利用。在环境保护方面，机械化上向水平分层充填法通过采用环保型充填材料和优化充填工艺，减少采矿过程中对环境的影响。通过加强废水处理、废气排放控制等措施，降低采矿活动对环境的污染。还通过植被恢复、水土保持等措施，积极修复采矿造成的生态环境破坏。在资源利用方面，机械化上向水平分层充填法注重提高资源的回收率和利用率。通过优化采矿工艺和参数，减少矿石的损失和贫化；通过加强废石和尾矿的综合利用，实现资源的最大化利用。还积极探索新的资源利用途径，如利用采矿废石进行建筑材料生产等，进一步拓展资源利用的领域。

结束语

随着科技的不断进步和矿业发展的需求，机械化上向水平分层充填法的安全管理与技术创新将持续推进。未来，期待通过更加深入的研究和实践，不断优化和完善这一采矿技术，使其在保障安全生产、提高资源利用率、促进环境保护等方面发挥更大的作用。同时，我们也呼吁矿业企业和社会各界共同关注和支持地下开采的安全管理与技术创新工作，共同推动矿业行业的健康、可持续发展。

参考文献

- [1]王浪.上向水平分层充填采矿法的优化研究[J].工程技术研究.2022.004(002):142-143.
- [2]李海磊.刘正祥.姚树标.机械化上向水平分层充填采矿法在金矿的应用实践[J].数字化用户.2022.028(009):248-250.
- [3]马生徽.刘俊.赵鹏飞.铜绿山矿上向分层充填法数值模拟及充填体强度优化[J].采矿技术.2022.022(002):167-170.
- [4]余学文.张增胜.陈仁敏.高进.分段空场嗣后充填法与上向水平分层充填法在萨热克铜矿的联合应用[J].世界有色金属.2020.(20):55-56.
- [5]朱获天.王沉.罗来和.夏国进.基于层次分析和模糊数学法的采矿方法优选[J].矿业工程研究.2020.35(04):13-19.