

井下采矿技术和井下采矿的发展趋势

朱太云

中国水利水电第十四工程局有限公司 云南 昆明 650000

摘要：井下采矿技术是在地表以下进行矿产开采的关键技术，主要包括长壁开采、深井开采和缓倾斜矿体开采等类型。随着科技进步，智能化开采、绿色开采成为井下采矿的重要发展趋势。智能化设备、传感器与物联网技术的应用提升了开采效率和安全性，而充填开采、保水开采等绿色技术则减少了环境破坏。未来，井下采矿将更加注重技术创新与人才培养，推动行业向更加安全、高效、环保的方向发展。

关键词：井下采矿技术；井下采矿；发展趋势

引言：我国是一个矿产资源相对丰富的国家，但矿山地域地理气候特征复杂，采矿难度大且安全隐患多。随着矿产资源的不断开采，传统采矿技术已难以满足现代矿业的需求。井下采矿技术作为矿产资源开采的重要方式，其进步与发展对于提高采矿效率、保障人员安全、推动矿业可持续发展具有重要意义。本文将探讨井下采矿技术的现状及特点，分析其中存在的问题，并展望井下采矿技术的未来发展趋势。

1 井下采矿技术概述

1.1 井下采矿的基本概念与特点

井下采矿是指在地表以下进行的矿产开采活动。由于多数矿产资源深埋地下，井下采矿成为获取这些资源的主要方式。其特点是作业环境复杂多变，受地质条件、设备性能、开采深度等多重因素影响。此外，井下采矿还存在较高的安全风险，需要严格的安全管理和技术措施来保障作业人员的生命安全。

1.2 井下采矿的主要类型

井下采矿技术根据开采条件、矿体形态等因素，主要分为长壁开采、深井开采和缓倾斜矿体开采等几种类型。长壁开采适用于煤层较厚、地质条件稳定的矿区，其开采效率高，但设备投资较大。深井开采则面临岩层压力增大、地下水丰富、高温等挑战，需要采用特殊的支护、排水和降温技术。缓倾斜矿体开采则主要针对倾斜角度较小的矿体，其开采难度较大，需要精细的巷道布置和开采工艺。

1.3 各类采矿技术的适用范围及优缺点分析

长壁开采技术因其高效性，在煤层条件适宜的矿区得到广泛应用，但设备维护成本高且对地质条件敏感。深井开采技术适用于深层矿产资源开采，但技术难度和安全风险均较高，需要高度的技术水平和严格的安全管理。缓倾斜矿体开采技术虽然开采难度较大，但能有效

利用矿产资源，对地质条件适应性较强。然而，这类开采方式往往存在巷道支护困难、开采效率低等问题。

2 井下采矿关键技术分析

2.1 长壁开采技术

(1) 技术原理与应用实例。长壁开采技术是目前煤矿开采中应用最广泛的一种技术，其核心原理是通过工作面不断推进，以长壁工作面为单位进行煤炭资源的开采。这一技术主要依赖于采煤机、刮板输送机和液压支架等关键设备。采煤机在工作面上切割煤层，煤炭通过刮板输送机运送到顺槽，再由顺槽的运输设备运至井口。液压支架则用于支撑工作面顶板，确保作业安全。应用实例方面，我国的许多大型煤矿，如神华集团、兖矿集团等都广泛采用长壁开采技术。这些煤矿通过引入先进的采煤设备和智能化控制系统，实现了高效、安全的开采。(2) 操作简便性与作业效率分析。长壁开采技术的操作简便性较高，工人通过控制采煤机和液压支架等设备即可完成开采作业。同时，这一技术的作业效率也显著提升，特别是在大型煤矿中，采用长壁开采的工作面通常能达到较高的日产量^[1]。(3) 安全性保障措施。为确保长壁开采的安全性，通常采取以下措施：首先，对工作面顶板进行实时监测和支护，防止顶板垮落；其次，加强通风管理，确保工作面有足够的新鲜空气；最后，引入智能监控系统，实时监测作业过程中的异常情况，并采取措施进行干预。

2.2 深井开采技术

(1) 深井开采面临的挑战。深井开采面临的主要挑战包括岩层压力增大、用水量增加、温度控制困难等。随着开采深度的增加，岩层压力逐渐增大，给巷道支护和设备选型带来了更大的挑战。同时，深井开采通常需处理大量的地下水，增加了开采成本和难度。此外，深井开采还面临高温环境，影响工人健康和设备寿命。

(2) 泄压、抽水、降温等关键技术措施。为应对深井开采的挑战,通常采取以下关键技术措施:一是通过合理的巷道布置和支护设计来泄压,确保巷道稳定性;二是引入高效的抽水设备,将地下水抽出并妥善处理;三是采用制冷设备或通风系统来降低井下温度,创造适宜的工作环境。(3) 深井开采的安全生产管理体系。深井开采的安全生产管理体系主要包括:建立严格的安全管理制度和操作规程,确保工人遵守安全规定;加强安全教育和培训,提高工人的安全意识和操作技能;定期进行安全检查,及时发现并处理安全隐患;引入先进的安全监控系统,实时监测井下安全状况。

2.3 缓倾斜矿体开采技术

(1) 矿岩条件稳定性分析。缓倾斜矿体开采前,需对矿岩条件进行稳定性分析。这包括评估矿岩的物理力学性质、地质构造特征以及开采过程中可能遇到的地质灾害等。通过稳定性分析,可以制定合理的开采方案,确保作业安全。(2) 分层填充采矿法、爆力运搬空场采矿法等技术应用。针对缓倾斜矿体,通常采用分层填充采矿法或爆力运搬空场采矿法等技术。分层填充采矿法是将矿石开采后,利用废石或尾砂等填充物进行回填,以维持采空区的稳定性。爆力运搬空场采矿法则是通过爆破将矿石破碎并运送到指定位置,同时利用爆破产生的能量对采空区进行压实^[2]。(3) 采矿方案设计与实施要点。采矿方案的设计需考虑矿体形态、地质条件、开采规模以及设备选型等因素。实施时,需严格按照设计方案进行作业,同时加强现场管理和监控,确保开采过程的稳定性和安全性。此外,还需定期评估开采效果,及时调整方案以适应实际情况的变化。

3 井下采矿技术的发展趋势

3.1 智能化开采

(1) 智能化设备的应用。智能化开采已成为井下采矿技术的重要发展趋势。随着技术的不断进步,智能采煤机、无人驾驶运输系统等智能化设备正在逐步应用于实际开采中。这些设备不仅能够根据煤层状况自动调整开采参数,还能实现无人驾驶和智能调速,大大提高了开采效率和安全性。(2) 传感器与物联网技术在开采过程中的作用。传感器与物联网技术在井下采矿过程中发挥着重要作用。通过在设备、巷道等关键位置安装传感器,可以实时监测开采过程中的各种参数,如设备运行状态、煤层厚度、瓦斯浓度等。这些数据通过物联网技术传输到地面控制中心,为决策者提供准确、实时的信息支持,确保开采过程的安全性和高效性^[3]。(3) 实时监控与远程控制技术的发展前景。实时监控与远程控制

技术是智能化开采的重要组成部分。通过远程监控,地面控制中心可以实时监测井下开采过程,并根据需要对设备进行远程调控。这种技术的应用不仅提高了开采效率,还降低了工人的劳动强度和安全风险。未来,随着技术的不断发展,实时监控与远程控制技术将实现更加智能化、高效化的应用。

3.2 绿色开采

(1) 充填开采技术与固体废弃物的处理。绿色开采是井下采矿技术的另一重要趋势。充填开采技术是一种有效的绿色开采方式,它利用固体废弃物(如煤矸石、粉煤灰等)作为充填材料,对采空区进行充填,以减少地表塌陷和固体废弃物的堆放。这种技术不仅解决了废弃物的处理问题,还提高了开采效率。(2) 保水开采与矿区生态修复。保水开采技术旨在保护地下水资源,减少对水资源的破坏。通过合理的开采设计和水资源保护措施,可以实现开采过程中的水资源保护。同时,矿区生态修复也是绿色开采的重要组成部分。通过植被恢复、土壤改良等措施,可以恢复矿区的生态环境,实现可持续发展。(3) 绿色开采技术的环保效益分析。绿色开采技术的应用带来了显著的环保效益。首先,它减少了地表塌陷和固体废弃物的堆放,降低了对环境的破坏。其次,通过保水开采和生态修复措施,保护了地下水资源和生态环境,实现了资源的可持续利用。最后,绿色开采技术还有助于提高企业的社会责任感和公众形象,为企业可持续发展奠定基础。

3.3 深部开采技术创新

(1) 深部地质条件下的巷道支护与瓦斯抽采技术。随着开采深度的增加,深部地质条件下的巷道支护和瓦斯抽采技术成为亟待解决的技术难题。巷道支护技术需要不断创新,以适应深部地压、高地温等复杂地质条件。同时,瓦斯抽采技术也需要不断改进,以提高抽采效率和安全性。(2) 矿井降温技术的研发与应用。深部开采面临高温热害问题,矿井降温技术的研发与应用至关重要。通过研发新型制冷设备、优化通风系统等措施,可以有效降低矿井温度,改善作业环境。这些技术的应用将有助于提高深部开采的安全性和效率。(3) 深部开采的安全与效率提升策略。深部开采的安全与效率提升需要采取综合措施。首先,加强巷道支护和瓦斯抽采等安全技术的研发与应用;其次,优化开采设计和工艺流程,提高开采效率;最后,加强安全管理和培训,提高工人的安全意识和操作技能^[4]。

3.4 多元化与协同发展

(1) 煤炭气化、液化技术的发展。煤炭气化、液化

技术是实现煤炭清洁利用的重要途径。通过气化或液化处理,可以将煤炭转化为气体或液体燃料,提高煤炭的利用效率和环保性能。这些技术的发展将有助于推动井下采矿技术的多元化和清洁化发展。(2) 新能源在采空区的应用。新能源在采空区的应用是井下采矿技术协同发展的重要方向。通过在采空区建设新能源发电站等设施,可以实现能源的循环利用和可持续发展。这些设施的建设将有助于减少对传统能源的依赖,提高能源利用效率。(3) 井下采矿与新能源、新技术的协同发展路径。井下采矿与新能源、新技术的协同发展路径需要不断探索和创新。通过引入新技术和新设备,推动井下采矿技术的智能化、绿色化和高效化发展;同时,加强新能源的应用和研发,实现能源的循环利用和可持续发展。这种协同发展路径将有助于推动井下采矿技术的全面升级和转型。

4 井下采矿技术面临的挑战与对策

4.1 安全生产问题与对策

井下采矿技术面临的首要挑战是安全生产问题。由于井下环境复杂,存在瓦斯爆炸、煤尘爆炸、顶板垮落等多种安全隐患,因此确保安全生产至关重要。针对这一问题,应采取以下对策:首先,加强安全管理,建立健全安全生产规章制度,明确各级人员的安全职责,确保安全生产责任制落到实处。其次,提升设备可靠性,定期对井下设备进行维护和检修,确保设备处于良好运行状态。同时,引入智能化监控系统,实时监测井下安全状况,及时发现并处理安全隐患。此外,还应加强安全教育和培训,提高工人的安全意识和操作技能,确保他们具备应对突发事件的能力。

4.2 环境保护与可持续发展

井下采矿活动对矿区生态环境造成了一定程度的破坏,如何实现环境保护与可持续发展成为亟待解决的问题。为应对这一挑战,应推广绿色开采技术,如充填开采、保水开采等,减少对环境的破坏。同时,加强矿区

生态修复工作,通过植被恢复、土壤改良等措施,恢复矿区的生态环境。此外,还应建立完善的矿区环境监测体系,实时监测矿区环境质量,确保开采活动符合环保要求。通过这些措施的实施,可以推动井下采矿技术向更加环保、可持续的方向发展。

4.3 技术创新与人才培养

井下采矿技术的不断创新是推动行业发展的关键。然而,当前井下采矿技术仍存在诸多技术瓶颈,需要加大科研投入进行突破。为此,应建立产学研合作机制,加强科研机构与企业的合作,共同攻克技术难题。同时,培养高素质专业人才,通过高校、职业院校等渠道,培养具备专业知识和实践经验的井下采矿技术人才。此外,还应加强国际交流与合作,引进国外先进技术和管理经验,推动井下采矿技术的国际化发展。通过这些措施的实施,可以不断提升井下采矿技术的创新能力和核心竞争力。

结束语

井下采矿技术作为矿业领域的核心,其不断创新与升级是矿业可持续发展的关键。面对日益复杂的开采环境和更高的安全环保要求,井下采矿技术需持续向智能化、绿色化迈进。未来,我们期待看到更多高效、安全的采矿技术应用,以及更广泛的绿色开采实践。通过技术创新与人才培养,井下采矿将实现更高效、更环保、更安全的开采模式,为矿业的长远发展注入新的活力。

参考文献

- [1]李传伍.煤矿井下采矿技术存在问题及优化措施[J].内蒙古煤炭经济,2022,(21):130-131.
- [2]梁旭.井下采矿技术及井下采矿的发展趋势探究[J].能源与节能,2021,(12):149-150.
- [3]刘永飞.煤矿井下采矿技术及设备研究[J].内蒙古煤炭经济,2021,(06):67-68.
- [4]李旭.煤矿井下采矿技术存在问题及优化措施探讨[J].内蒙古煤炭经济,2021,(03):30-31.