

节能减排

DOI:10.16643/j.cnki.14-1360/td.2025.04.079

现代化采矿工艺技术的效率与环保研究

蔡国强

(中铁十九局集团矿业投资有限公司呼伦贝尔分公司, 内蒙古 呼伦贝尔 021400)

摘要: 随着煤矿开采条件的复杂化, 传统的采矿方法已难以满足现代化煤矿开采的需求, 尤其在安全性和环保方面面临巨大挑战。分析了采矿工程中存在的技术问题和环保问题, 突出了技术更新的迫切性和环境保护的必要性。通过引入空场采矿、崩落采矿、溶浸采矿、充填采矿等技术, 研究展示了现代化采矿工艺技术的应用效果。这些技术通过优化资源开采流程、提高资源利用率和减少环境污染, 极大地提升了采矿作业的安全性和经济效益。

关键词: 现代化采矿工艺; 采矿工程; 煤矿开采; 开采效率; 环境保护; 资源利用率

中图分类号: TD823

文献标志码: A

文章编号: 2095-0802-(2025)04-0084-03

Efficiency and Environmental Protection of Modern Mining Technology

CAI Guoqiang

(Hulun Buir Branch, China Railway 19th Bureau Group Mining Investment Co., Ltd., Hulun Buir 021400, Inner Mongolia, China)

Abstract: With the coal mining conditions become increasingly complex, traditional mining methods are no longer able to meet the needs of modern coal mines, especially facing huge challenges in terms of safety and environmental protection. The technical difficulties and environmental issues faced in the mining process were analyzed, highlighting the urgency of technological updates and the necessity of environmental protection. The application effect of modern mining technology in solving the above problems was demonstrated through the introduction of open pit mining, collapse mining, solution leaching mining, backfill mining, and rock reinforcement technology. The application of these technologies greatly enhanced the safety and economic efficiency of mining operations by optimizing resource extraction processes, improving resource utilization, and reducing environmental pollution.

Key words: modern mining technology; coal mine engineering; coal mining; mining efficiency; environmental protection; resource utilization rate

随着社会的发展, 煤矿采矿效率、质量和安全性成为煤炭产业重点关注的核心指标。在此背景下, 现代化采矿工艺技术得到了广泛应用, 有效推动了煤炭产业朝着机械化、自动化、智能化的方向发展, 同时显著降低了采矿过程中的安全风险。现代化采矿工艺技术的应用不仅提升了采矿效率, 还通过减少资源浪费和环境污染, 提高了矿业活动的可持续性。此外, 为响应国家对生态环境保护的政策要求, 现代化采矿工艺技术的应用还特别注重减少对环境的负面影响。通过采用多样化的高效采矿技术, 煤矿工程在确保操作安全的同时保护了生态环境, 促进了资源的合理利用。

本文分析了采矿工程中存在的主要技术问题和环保问题, 通过详细介绍空场采矿、崩落采矿、溶浸采矿、充填采矿等现代化采矿技术, 展示了这些技术在

实际中解决采矿问题时的应用成效^[1]。

1 采矿工程中存在的问题

1.1 技术问题

随着中国工业的快速发展, 特别是在煤矿开采领域, 技术进步使得煤矿开采从传统的人工作业过渡到机械化开采。当前, 机械化采矿技术已广泛应用于众多矿区, 但随着开采条件变得日益复杂, 如开采深度加大和围岩条件恶劣, 现有的技术面临极大的挑战。这种情形迫切要求采矿技术朝自动化、智能化方向发展, 以适应更高的安全和效率标准。传统采矿技术已不能较好地满足现代化煤矿的开采需求, 尤其是在开采难度大和围岩不稳定的区域。此外, 煤矿开采中常见的技术问题如瓦斯管理、水害处理及维持采空区稳定等, 都需要通过引入先进技术和设备来解决^[2]。

收稿日期: 2024-06-12。

作者简介: 蔡国强 (1983—), 男, 湖南益阳人, 本科, 高级工程师, 主要从事采矿方面的研究。

1.2 环保问题

煤矿开采活动经常导致严重的环境污染和生态破坏。以往为追求经济增长，环境保护常被忽视，导致生态平衡遭到破坏。开采作业中常出现的环境问题包括山体崩塌、滑坡、地面塌陷以及有毒有害气体的排放等。此外，煤矿生产会破坏地表植被，降低生物多样性，污染水体，对周边居民生活产生显著影响^[3]。瓦斯超标的矿区极易发生瓦斯爆炸等事故，对环境和人员安全构成严重威胁。煤矿开采还会产生大量煤矸石，若不能合理处置这些煤矸石，将使环境状况进一步恶化。

2 现代化采矿技术基本特征和应用必要性

2.1 现代化采矿技术的基本特征

现代化采矿技术具有多个基本特征，其应用旨在提升采矿的效率、质量和安全性，同时满足煤矿企业在不同作业环节的具体需求。这些技术支持灵活的人员调整，允许煤矿企业根据矿区的具体特点进行科学的人员配置。这一做法考虑到了矿区人员的流动性和矿区条件的多样性，确保工程团队不仅具备必要的专业技能，还能适应不断变化的工作环境^[4]。此外，现代化采矿技术还必须根据开采的具体条件进行更新，以应对不断变化的地质和技术挑战。这要求煤矿企业不断地评估和优化采矿技术，确保采矿活动在效率 and 安全性上能达到最优。采矿技术的选择和应用需紧密结合当前的地质情况和技术发展，通过持续的技术创新和调整，提高资源的开采率和经济效益。

2.2 现代化采矿技术应用的必要性

煤炭属于一种不可再生资源，高效和可持续地开采煤炭至关重要。引入现代化采矿技术，通过提高采矿效率和质量，不仅可以减少资源浪费，还可以对煤矿企业的经济效益和安全运营产生积极影响。这些技术的应用使得采矿作业更为精确，从而减少对环境的破坏，降低安全事故发生的风险，为作业人员的安全提供更好的保障。此外，现代化采矿技术的应用还可以解决因技术落后而引起的环境问题，如地表破坏和污染物排放，支持煤矿向绿色、低碳发展转型^[5]。

3 现代化采矿技术的具体应用

3.1 空场采矿技术

近年来，空场采矿技术因其具有高效率 and 高质量等优势在煤矿开采中被较多地采用。应用该技术时主要将开采区域分为矿柱和矿房 2 部分，以提高资源的开采效率。在实际操作中，首先对矿柱区域进行开采，以确保支撑结构的稳定性，随后再转向矿房区域进行开采。若开采区域的地质结构不稳定，便集中开采矿

房区域，同时采取适当的围岩和矿柱支护措施，以增强安全性。开采完成后，对采空区的处理尤为关键。通过科学的方法对采空区进行充填或搭建支架，可以有效防止地下空间的塌陷及地表下沉，从而降低环境 and 安全风险。此外，应用空场采矿技术时还可以根据矿区特定条件灵活调整开采策略，提升采矿的经济性和可持续性。

3.2 崩落采矿技术

通过应用崩落采矿技术，煤矿企业能够在开采初期有效地识别并降低风险，增强采矿工作面的稳定性，从而避免因技术方面的不足或操作错误而引发的安全事故。崩落采矿技术主要包括无底柱分段崩落和有底柱分段崩落 2 种形式，这 2 种技术有其各自适用的地质条件和开采条件。无底柱分段崩落技术适用于地质条件稳定的矿区，无需底柱即可进行连续开采；而有底柱分段崩落技术则需要根据底柱的高度、形状和横断面尺寸来计划和实施，确保开采区域的稳定性和安全性。此外，崩落采矿技术还可细分为分层崩落、阶段崩落和自然崩落，每种方法都需要根据具体的矿区条件 and 安全需求来选择。分层崩落允许在多个水平层次上同时进行开采，适合多层次的矿体；阶段崩落则侧重于逐步开采，每个阶段完成后再移至下一层；自然崩落则更多地依赖地质自然条件，通常用于地质条件较为复杂的矿区。图 1 为无底柱分层崩落技术的施工示意图。

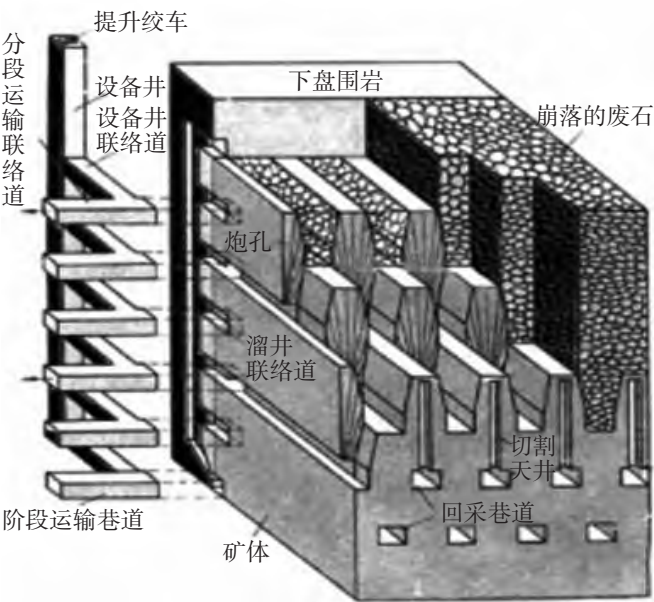


图 1 无底柱分层崩落技术的施工示意图

3.3 溶浸采矿技术

溶浸采矿是一种借助矿物的物理和化学性质来实现资源开采的技术。应用该技术时，通过向矿层或矿堆注入特定的溶浸液，注入的液体在物理和化学反应的作用下，将固态矿物转化为可通过其他手段收集的

液态或气态。此过程不仅优化了采矿流程，降低了传统开采的复杂性，还显著减少了对环境的破坏，符合国家对煤炭行业可持续发展的战略需求。在实施溶浸采矿前，必须进行详细的地质勘探，掌握地下矿物的类型和分布情况，这一步骤是化学试剂选择和工艺参数设定的基础。只有准确掌握了矿床的地质特征，才能有效设计溶浸流程。溶浸采矿技术尤其适用于地表开采困难或开采成本过高的矿床，例如深层位矿物或环境敏感区域。它允许

从地下矿床中直接提取有价值的矿物，而不需要进行大规模的地表挖掘作业，从而极大地减少了景观破坏和生态影响。此外，溶浸采矿技术在提高资源回收率方面表现突出，通过精确控制化学过程，可以最大限度地提取目标矿物，减少副产品和废物的生成。这种技术的高效性不仅体现在提高采矿效率上，还体现在其对环境保护的贡献上，帮助煤矿企业在经济效益与环境保护之间找到平衡点。图 2 为溶浸采矿技术示意图。

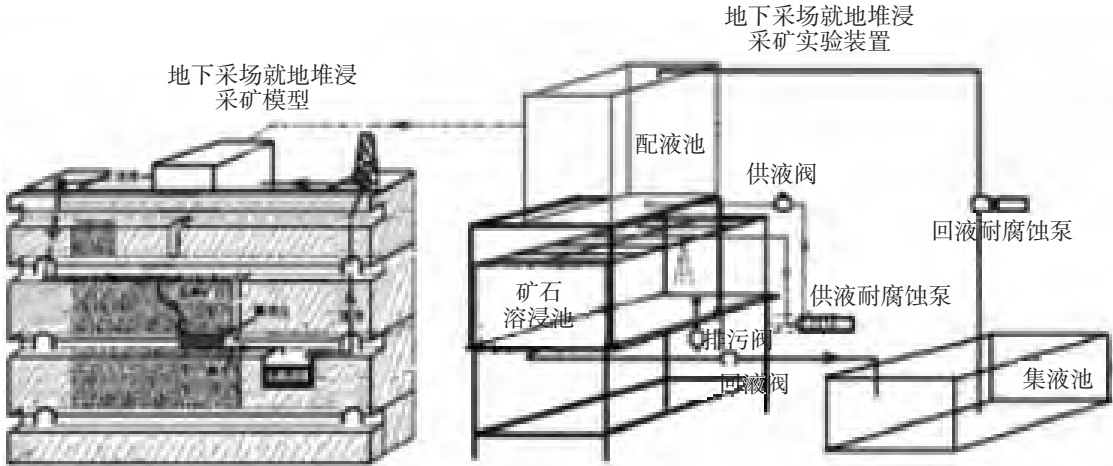


图 2 溶浸采矿技术示意图

3.4 充填采矿技术

应用充填采矿技术时，通过使用不同材料对采空区进行充填，可以有效增强采矿后区域结构的稳定性。根据具体的矿体结构和开采方向，可以选择干式充填法、水砂充填法、胶结充填法等多种充填方法。干式充填法是利用传输带系统将砂石等固体材料直接输送至采空区进行充填。此方法确保了充填作业的简便性，然而其操作成本较高，充填效率相对较低，并且工艺流程复杂。水砂充填法则是通过将炉渣、尾砂及碎石等材料混合

后，利用重力作用或泵送技术进行充填。这种方法虽然能有效地减少地表沉降，但排水处理的成本较高，且充填量受限。胶结充填法则是一种更高效的充填方法，通过将石灰、水泥与尾砂等材料混合后形成膏状物，再通过管道泵送至采空区进行充填。这种方法的优势在于充填速度快、充填量大，极大地提高了充填效率。然而，此方法的实施会受到尾砂供应的限制，需要确保持续的原材料供应来维持充填作业的开展。图 3 为采煤机充填开采工艺图。

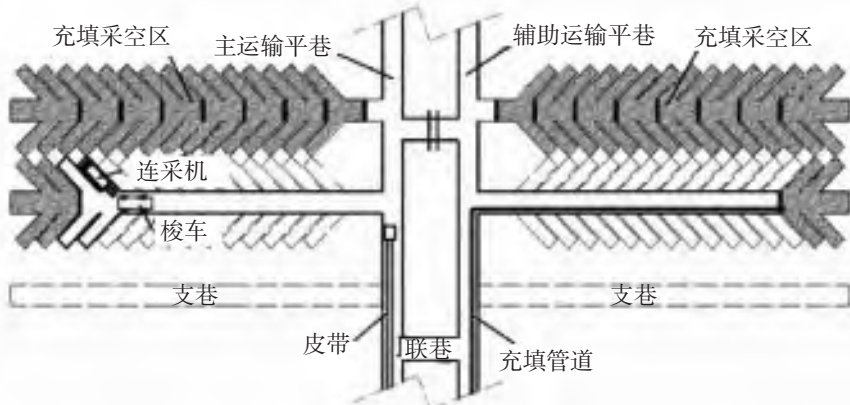


图 3 采煤机充填开采工艺图

4 结束语

详细分析了不同的现代化采矿技术在实际应用中的优势与挑战，探讨了它们在提高煤矿开采效率、安

全性及环保性方面发挥的关键作用。随着技术的不断进步，煤矿开采已逐渐从传统方法转向更高效、更安全、更环保的现代化技术。

(下转第 126 页)

功能在低频时可以提高变频器的输出电压,以补偿定子电阻上电压降引起的输出电压降低和定子电流中无功分量的增加,这可以保证变频器为三相异步电机供电时的电机磁通量保持不变,从而在低频时也能维持较高的转矩输出 n 。

其中,涉及的计算如下:

$$K_f = 60/p, \quad (1)$$

$$A_m = \frac{3p^3 U_e K^2 I^2 n_e}{76400 \pi^2 f^2 k_m P_e}, \quad (2)$$

式中: p 为三相交流异步电机的极对数; U_e 为三相交流异步电机额定电压的数值,单位 V; K 为电机启动电流倍数; I 为电机定子额定电流的数值,单位 A; n_e 为电机额定转速的数值,单位 r/min; k_m 为电机启动转矩倍数; P_e 为电机额定功率的数值,单位 kW。

将电机参数代入式 (1),可得出 $A_m = 2.856$, $k_f = 30$ 。在 Simulink 仿真环境中,将模糊逻辑过程控制功能块与 MATLAB 中建立的 .fis 文件链接,建立仿真框图,仿真结果如图 3 所示。

此系统在大约 5 s 的时间内迅速达到并维持在一个稳定的运行状态,全程未显现出任何超调迹象。据此评估通风机保护器设计反应迅速,可以满足实际掘进需求。

2.3 系统实验

通过模拟掘进巷道内瓦斯体积分数的动态变化过程,进而实时监测并记录通风机转速随瓦斯体积分数变化而自动调整的情况。

实验结果表明,随着瓦斯体积分数的增大,通

风机转速相应地自动调高,以应对体积分数变化,确保瓦斯的有效安全排放。

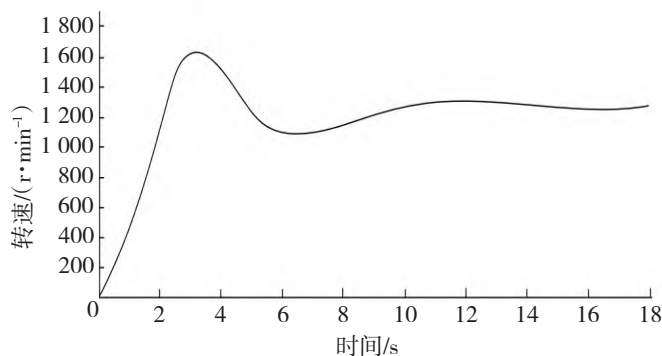


图 3 仿真结果图

实验结果证明,最终通风机保护机制设计对于瓦斯积聚问题的解决效果符合预期。

3 结论

1) 采用模糊控制法来对瓦斯体积分数控制器进行调控,使用 MATLAB 对其进行仿真实验,输出量 U 曲线整体光滑平整,证明瓦斯模糊控制器控制流程设计合理。2) 通过在 Simulink 仿真环境中对通风机智能调速控制系统进行模拟实验,得出 5 s 内的稳定运行状态,验证了保护器设计反应迅速。3) 通过对掘进工作面的模拟和对瓦斯体积分数、转速的记录,得出瓦斯体积分数与转速的关系,即通风机转速与瓦斯体积分数呈正相关,证明通风机保护器可以解决瓦斯积聚问题。

参考文献:

- [1] 贾俊峰.煤矿井下局部通风机风筒保护装置研究[J].能源与节能,2024(7):281-283.
- [2] 李博.煤矿局部通风机智能控制保护器软硬件设计与实践[J].矿业装备,2024(1):174-176.
- [3] 胡飞.煤矿局部通风机智能控制保护系统的设计[J].自动化应用,2023,64(15):106-108.
- [4] 韩林浩.浅谈井下局部通风机的风筒保护装置[J].矿业装备,2023(7):184-185.
- [5] 李品.基于 DSP 矿井局部通风机智能控制保护器设计与试验[J].矿业装备,2023(6):180-182.
- [6] 杜鹏.矿井局部通风机智能控制保护器的设计及应用研究[J].矿业装备,2023(4):198-200.

(编辑:刘晓芳)

(上接第 86 页)

现代化采矿技术的应用不仅优化了资源的开采过程,减少了环境破坏,还提高了作业安全性和经济效益。通过应用空场采矿技术、崩落采矿技术、溶浸采矿技术、充填采矿技术等多种现代化先进采矿技术,

煤矿企业能够更有效地应对地质挑战 and 市场需求。在这些技术的应用下,煤矿企业在实现资源的高效利用与环境保护之间建立起了桥梁,确保了采矿活动的可持续进行。

参考文献:

- [1] 张千.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探讨[J].石河子科技,2024(1):19-20.
- [2] 王琳.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2023(18):154-156.
- [3] 王超.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的运用研究[J].世界有色金属,2022(1):21-23.
- [4] 张庆元.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用研究[J].能源与节能,2023(9):145-147.
- [5] 吕林奎.现代化煤矿工艺技术在采矿工程中的应用[J].矿业装备,2023(7):19-21.

(编辑:刘晓芳)