

基于数字矿山的采矿设计与优化方法研究

王 鑫

内蒙古建筑材料工业科学研究设计院有限责任公司河南分公司 河南 郑州 450000

摘 要：随着信息技术的飞速发展，数字矿山概念应运而生，为采矿设计与优化提供了全新的思路和方法。本文旨在探讨基于数字矿山的采矿设计与优化方法，通过分析数字矿山的关键技术及其在采矿设计与优化中的应用，提出一套科学、高效的采矿设计与优化策略，以期提高矿山开采效率、降低运营成本、保障安全生产。

关键词：数字矿山；采矿设计；优化方法；三维建模；物联网；大数据；人工智能

1 数字矿山关键技术概述

1.1 三维建模技术

三维建模技术是数字矿山的基础和核心，它通过激光扫描、无人机航拍、地面摄影测量以及地质勘探等多种手段，全面、精确地获取矿山的地形、地质构造、矿体分布、设备布局等数据。这些数据经过处理和分析后，可以构建出矿山的三维模型。这个三维模型不仅具有高度的真实感和可视化效果，能够直观展示矿山的空间结构和地质特征，如地层、断层、矿脉等，还为采矿设计提供了准确的空间参考。设计师可以在三维模型中进行虚拟开采、模拟爆破、规划运输路线等操作，从而优化开采方案，提高开采效率。此外，三维模型还可以用于矿山的资源评估，准确估算矿藏量和品位分布；用于环境监测，实时掌握矿山环境的变化情况；以及用于灾害预警，提前预测和防范可能发生的地质灾害，为矿山的可持续发展提供有力支持。

1.2 物联网技术

物联网技术通过部署传感器网络，实现了矿山环境的全面感知。这些传感器可以实时监测设备运行参数（如温度、压力、转速等）、环境数据（如空气质量、温湿度、噪音等）以及人员位置信息。这些数据通过无线网络传输到数据中心，为采矿设计与优化提供了丰富的数据源。物联网技术的应用，使得矿山管理更加智能化和精细化。管理人员可以实时了解设备的运行状态，及时发现并处理故障，避免生产中断。同时，通过监测环境数据，可以及时发现潜在的安全隐患，如瓦斯浓度超标、温度异常等，采取相应措施防止事故发生。此外，物联网技术还可以实现人员定位和跟踪，确保人员安全，提高矿山作业的安全性。

1.3 大数据与云计算技术

大数据与云计算技术是数字矿山数据处理和分析的重要工具。矿山生产过程中产生的数据量庞大且复杂，

包括地质数据、设备数据、环境数据、生产数据等。这些数据蕴含着丰富的信息和规律，但传统的数据处理方法难以应对如此海量的数据。大数据技术的应用，可以挖掘数据背后的规律和趋势，为采矿决策提供科学依据。通过数据分析，可以预测矿体的分布、设备的故障率、生产效率的变化等，从而优化开采方案、设备维护计划和生产计划。例如，通过对历史生产数据的分析，可以找出影响生产效率的关键因素，进而提出改进措施；通过对设备运行数据的监测和分析，可以预测设备的故障时间，提前进行维修或更换。云计算平台则提供了强大的数据存储、管理和分析能力。通过云计算平台，可以实现矿山数据的集中存储和共享，避免数据孤岛和重复建设^[1]。同时，云计算平台还提供了丰富的数据处理工具和算法，使得数据分析更加高效和准确。此外，云计算平台还具有良好的扩展性和灵活性，可以根据矿山的需求进行定制化的开发和部署。例如，可以根据矿山的实际需求，开发特定的数据分析模块或应用，提高数据处理的针对性和实用性。

1.4 人工智能技术

人工智能技术，如机器学习、深度学习等，能够模拟人类智能进行数据处理和分析，是数字矿山中的另一项关键技术。在采矿设计与优化中，人工智能技术可以发挥重要作用。一方面，人工智能技术可以辅助预测地质条件变化。通过对历史地质数据的学习和分析，人工智能可以建立地质条件变化的预测模型，为采矿设计提供准确的地质信息。例如，可以预测矿体的延伸方向、厚度变化等，为开采方案的制定提供科学依据。另一方面，人工智能技术可以用于设备故障预警。通过对设备运行数据的实时监测和分析，人工智能可以识别出设备运行的异常模式，提前预警可能的故障发生，从而避免生产中断和设备损坏。此外，人工智能技术还可以优化开采方案。通过对开采过程中的各种因素进行综合考虑

和分析,人工智能可以提出最优的开采方案,提高开采效率和资源利用率。例如,可以优化爆破参数、运输路线等,降低开采成本 and 环境影响。

2 基于数字矿山的采矿设计与优化方法

2.1 精确地质建模与资源评估在数字矿山框架下,精确地质建模与资源评估是采矿设计与优化的首要步骤。利用先进的三维建模技术,结合详细的地质勘探数据,如地质钻探记录、地球物理勘探结果、地球化学分析结果等,可以构建出高度精确的地质模型。这一模型不仅准确反映了矿山的空间结构,如地层层序、断层分布、矿脉走向等,还细致描绘了矿体的形态、厚度、品位等关键特征。数字孪生技术的引入,为地质建模赋予了新的生命力。通过数字孪生技术,可以实时模拟地质条件的变化,如地层压力、地下水流动、岩浆活动等,从而预测矿体未来可能的演变趋势。这种动态模拟能力,使得资源开采潜力的评估更加准确可靠。结合市场需求、开采技术条件、环境保护要求等多方面因素,可以对矿产资源的经济价值和可持续性进行全面评估,为后续的采矿设计提供坚实的科学依据。

2.2 智能化开采方案制定

在精确地质建模的基础上,智能化开采方案的制定成为提升开采效率、降低运营成本的关键。物联网技术在矿山中的广泛应用,为实时获取设备运行参数和环境数据提供了可能。通过部署在矿山各处的传感器,可以实时监测采矿设备的运行状态,如挖掘机的挖掘速度、运输车辆的行驶轨迹、通风系统的风量等;同时,也可以实时获取环境数据,如矿井内的温度、湿度、氧气浓度等。人工智能技术的引入,为这些海量数据的处理和分析提供了强大的工具。通过机器学习算法,可以对开采条件进行深入分析,识别出影响开采效率的关键因素。例如,可以通过分析历史开采数据,找出开采顺序与开采效率之间的关系,从而优化开采顺序;可以通过模拟不同爆破参数下的破碎效果,确定最佳的爆破方案;还可以通过分析运输路径与运输成本之间的关系,规划出最经济的运输路线^[2]。智能化开采方案的制定,不仅考虑了开采效率的提升,还充分关注了运营成本的 control。通过优化开采过程,减少不必要的浪费和重复劳动,可以显著降低开采成本;通过合理规划运输路线,减少运输过程中的能耗和磨损,可以进一步降低运营成本;通过实时监测设备运行状态,及时发现并处理潜在故障,可以避免因设备故障导致的生产中断和损失。

2.3 实时生产调度与优化

在数字矿山的运营管理中,实时生产调度与优化是

确保生产过程稳定性和高效性的关键环节。这一过程的实现,深深依赖于大数据和云计算技术的强大支持。大数据技术的应用,使得矿山能够实时采集到海量的生产数据。这些数据涵盖了采矿设备的运行状态、生产线的产出效率、原材料的消耗情况、以及人员的作业进度等多个方面。通过高效的数据传输网络,这些数据被实时上传至云端服务器,为后续的分析 and 处理提供了坚实的基础。云计算技术则承担了对这些海量数据的处理和分析任务。利用强大的计算能力和先进的数据分析算法,云计算平台能够对生产数据进行深度挖掘,揭示出生产过程中的潜在规律和问题。比如,通过对设备运行状态数据的分析,可以预测出设备的故障趋势,为设备的维护和更换提供提前量;通过对生产线产出效率的数据分析,可以找出影响产出效率的瓶颈环节,为生产流程的优化提供方向。基于大数据和云计算技术的支持,矿山可以实现对生产过程的动态调度和优化。当发现设备故障趋势时,可以及时调整设备的使用计划,避免因设备故障导致的生产中断;当发现生产流程中的瓶颈环节时,可以对生产流程进行优化调整,提高生产线的整体产出效率;当原材料消耗出现异常时,可以及时调整开采计划,确保原材料的供应稳定性。

2.4 安全风险预警与应急响应

矿山作业的安全性是矿山运营管理重中之重。为了确保矿山作业的安全性,数字矿山采用了物联网技术和人工智能技术相结合的安全风险预警与应急响应系统。物联网技术在矿山环境参数和设备状态的实时监测中发挥了重要作用。通过在矿山各处部署传感器,可以实时监测到矿井内的温度、湿度、氧气浓度等环境参数,以及设备的运行状态、温度、压力等关键指标。这些数据通过物联网网络实时传输至云端服务器,为安全风险预警提供了基础数据支持。人工智能技术则承担了对这些监测数据的分析和预测任务。利用机器学习算法和深度学习模型,人工智能系统能够对监测数据进行深度挖掘,识别出潜在的安全风险。比如,通过对设备状态数据的分析,可以预测出设备的故障可能性;通过对环境参数数据的分析,可以预测出矿井内可能发生的瓦斯突出、透水等安全事故。一旦发现异常情况,安全风险预警系统会立即触发预警机制,通过短信、邮件、声光报警等多种方式向相关人员发出预警信号。同时,应急响应预案也会被自动启动,指导相关人员进行紧急疏散、设备关闭、救援抢险等应急操作。这样,即使在突发事件发生时,也能够最大限度地减少人员伤亡和财产损失,确保矿山作业的安全性。

3 案例分析：某大型露天铜矿的数字矿山实践

3.1 案例背景

某大型露天铜矿，作为国内重要的铜资源生产基地，面临着资源高效开采、运营成本控制 and 安全生产等多重挑战。为了应对这些挑战，该铜矿决定引入数字矿山技术，通过数字化、智能化的手段，全面提升矿山的开采效率、运营管理水平和安全生产能力。

3.2 三维模型构建与资源评估

首先，该铜矿利用数字矿山技术，构建了矿山的三维模型。通过无人机航拍、激光雷达扫描等先进手段，获取了矿山的地表地貌数据。同时，结合地质勘探数据，如地质钻探记录、地球物理勘探结果等，对矿山的地下结构进行了精确建模。这一三维模型不仅准确反映了矿山的空间结构，如地层层序、断层分布等，还细致描绘了矿体的形态、厚度、品位等关键特征。基于这一三维模型，该铜矿进行了精确的资源评估。通过数字孪生技术，实时模拟了地质条件的变化，预测了矿体未来可能的演变趋势。同时，结合市场需求、开采技术条件、环境保护要求等多方面因素，对矿产资源的经济价值和可持续性进行了全面评估。这一评估结果为后续的采矿设计提供了坚实的科学依据，确保了资源的合理开发和高效利用。

3.3 智能化开采方案制定与优化生产调度

在精确资源评估的基础上，该铜矿制定了智能化的开采方案。通过物联网技术，实时获取了采矿设备的运行状态和环境数据，如挖掘机的挖掘速度、运输车辆的行驶轨迹等。利用人工智能技术，对这些海量数据进行了深入分析，识别出了影响开采效率的关键因素。例如，通过优化开采顺序，提高了资源的回收率；通过模拟不同爆破参数下的破碎效果，确定了最佳的爆破方案；通过分析运输路径与运输成本之间的关系，规划出了最经济、高效的运输路线。同时，该铜矿还利用大数据和云计算技术，实现了生产调度的实时优化。通过实时监测生产线的产出效率、原材料的消耗情况等数据，及时发现了生产过程中的瓶颈环节和潜在问题。利用云

计算平台的强大计算能力，对这些数据进行了深度挖掘和分析，为生产流程的优化和改造提供了方向和建议。这一优化过程不仅提高了开采效率，还显著降低了运营成本，提升了矿山的整体经济效益^[3]。

3.4 安全风险预警与应急响应系统

在安全生产方面，该铜矿引入了安全风险预警与应急响应系统。通过物联网技术，实时监测了矿井内的环境参数和设备状态，如温度、湿度、氧气浓度、设备温度、压力等。利用人工智能技术，对这些监测数据进行了实时分析和预测，识别出了潜在的安全风险和隐患。例如，通过预测设备的故障趋势，提前进行了设备的维护和更换；通过监测环境参数的变化，及时发现了矿井内可能发生的瓦斯突出、透水等安全事故的风险。一旦发现异常情况或潜在风险，安全风险预警系统会立即触发预警机制，通过多种方式向相关人员发出预警信号和应急指令。同时，应急响应预案也会被自动或手动启动，指导相关人员进行紧急疏散、设备关闭、救援抢险等应急操作。这一系统的引入，有效保障了矿山作业的安全性，减少了安全事故的发生和损失。

结束语

基于数字矿山的采矿设计与优化方法，通过集成应用现代信息技术，实现了矿山数据的实时采集、处理和分析，为采矿设计与优化提供了全新的思路和方法。未来，随着技术的不断进步和应用场景的拓宽，数字矿山将在矿业领域发挥越来越重要的作用。同时，我们也期待更多的矿山企业能够积极拥抱数字矿山技术，共同推动矿业行业的智能化、绿色化、可持续化发展。

参考文献

- [1]虞云林,侯克鹏,程涌,等.基于概率积分法和FLAC3D数值模拟法的地下采矿对露天采场影响分析[J].现代矿业,2020,36(2):131-134,153.
- [2]卢央泽,李丽君.基于Bentley软件推广地下采矿三维协同设计分析与探讨[J].矿山工程,2019,7(1):P.91-97.
- [3]马秋,李小武,何皇兵.某铅锌矿山采矿方法优化选择[J].有色金属设计,2019,46(1):10-15+19.