

露天矿山天地空一体化智能监测与预警技术

柴茂琦

准格尔旗准格尔矿区星达工贸有限公司宝通煤矿 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要：露天矿山天地空一体化智能监测与预警技术，集成了卫星遥感、无人机监测与地面传感等多种技术手段，实现对矿山地质环境、开采活动及生态恢复情况的全方位、高精度监测。该技术通过大数据分析机器学习算法，构建预警模型，及时预测并预警地质灾害、安全隐患等潜在风险，为矿山企业和监管部门提供科学决策支持。该技术的实施，不仅提升矿山安全监管水平，还有助于促进矿山可持续发展与生态环境保护。

关键词：露天矿山；天地空一体化；智能监测；预警技术

引言：随着露天矿山开采规模的扩大与生态环境保护要求的提高，传统监测手段已难以满足对矿山地质环境、开采活动及生态恢复的全面、实时监测需求。因此，露天矿山天地空一体化智能监测与预警技术应运而生，该技术通过整合卫星遥感、无人机监测及地面传感等多种技术手段，实现对矿山环境的全方位、高精度监测与预警，为矿山安全生产、生态修复及可持续发展提供有力保障。

1 天地空一体化技术在矿山监测中的应用趋势

天地空一体化技术在矿山监测中的应用趋势呈现出显著的增长和深化。随着科技的进步和矿山安全、环境保护意识的提升，传统的监测手段已经难以满足当前对矿山全面、准确、实时的监测需求。天地空一体化技术应运而生，并在矿山监测中发挥着越来越重要的作用。天地空一体化技术结合了卫星遥感、无人机航拍、地面监测等多种手段，实现了对矿山地质环境、矿产资源开发利用、生态修复等多方面的全方位监测。这种综合性的监测方式不仅可以提高监测的准确性和效率，还可以帮助矿山企业及时发现和解决潜在的安全隐患，保障矿山的安全生产。天地空一体化技术在矿山监测中的应用不断向智能化、自动化方向发展，通过利用大数据、云计算、人工智能等先进技术，可以对监测数据进行深度挖掘和分析，实现矿山地质环境变化的预测和预警。这不仅有助于矿山企业提前采取措施防范地质灾害等风险，还可以为矿山生态修复和矿产资源合理利用提供科学依据。随着我国对矿山地质环境保护和生态修复的重视程度不断提高，天地空一体化技术在矿山监测中的应用也将更加注重环保和可持续发展。通过监测矿山地质环境的变化，及时发现和治理矿山开采带来的生态问题，促进矿山地质环境的恢复和改善，实现矿产资源的可持续利用^[1]。未来，天地空一体化技术在矿山监测中的

应用还将不断拓展和创新。随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，相信天地空一体化技术将在矿山监测中发挥更加重要的作用，为矿山的安全生产、生态修复和可持续发展提供更加全面、准确、实时的技术支持。

2 露天矿山监测与预警技术的现状

2.1 传统监测手段的局限性

当前，露天矿山监测的传统手段主要包括人工巡检、地面传感器监测等。这些手段在一定程度上能够获取矿山的基本信息，但存在明显的局限性。人工巡检不仅耗时费力，而且受限于人力和视野范围，难以做到全面、实时的监测。地面传感器虽然能够实时监测某些特定参数，但安装和维护成本较高，且覆盖范围有限，对于大面积露天矿山的全面监测显得力不从心，传统监测手段在数据处理和分析方面也存在不足，难以实现对矿山地质环境变化的精准预测和预警。

2.2 遥感监测技术的发展

遥感监测技术，特别是卫星遥感和无人机航拍技术的快速发展，为露天矿山监测提供了全新的解决方案。卫星遥感技术能够实现对矿山的宏观监测，通过高分辨率卫星图像捕捉矿山地质环境的变化情况，为矿山的生态修复、矿产资源评估等提供重要数据支持。无人机航拍技术则以其灵活性高、成本低、监测范围广等优势，成为露天矿山监测的重要手段之一。通过无人机搭载高分辨率相机和传感器，可以实现对矿山的近距离、高精度监测，为矿山的安全生产和生态修复提供实时、准确的信息。

2.3 地面监测系统的现状

地面监测系统作为露天矿山监测的重要组成部分，其现状也在不断优化和完善。传统的地面传感器正在向智能化、网络化方向发展，通过物联网技术实现数据的远程传输和实时监测。随着大数据、云计算等技术的应

用,地面监测系统的数据处理和分析能力得到了显著提升,地面监测系统仍面临一些挑战,如传感器布置位置的选择、数据传输的稳定性以及监测数据的准确性等。

3 露天矿山天地空一体化智能监测技术

3.1 技术架构与原理

露天矿山天地空一体化智能监测技术是一种集卫星遥感、无人机监测和地面监测于一体的综合监测体系。其技术架构主要包括三个层次:天基监测层、空基监测层和地基监测层。天基监测层主要利用卫星遥感技术,通过高分辨率卫星影像捕捉矿山地质环境的变化情况;空基监测层则通过无人机搭载高分辨率相机和传感器,实现对矿山的近距离、高精度监测;地基监测层则利用地面传感器和人工调查手段,对矿山地质环境进行实时监测和数据分析。该技术的原理在于,通过多源数据的融合和协同处理,实现对露天矿山地质环境的全面、准确、实时监测。天基、空基和地基三个层次的数据相互补充、相互验证,提高了监测数据的可靠性和准确性。利用大数据、云计算等先进技术,对监测数据进行深度挖掘和分析,实现对矿山地质环境变化的预测和预警,为矿山的安全生产、生态修复和可持续发展提供科学依据^[2]。

3.2 关键技术分析

3.2.1 卫星遥感技术

卫星遥感技术是露天矿山天地空一体化智能监测技术的重要组成部分。通过高分辨率卫星影像,可以实现对矿山的宏观监测,捕捉矿山地质环境的变化情况。卫星遥感技术具有监测范围广、数据获取周期短、数据精度高等优点,为矿山的生态修复、矿产资源评估等提供重要数据支持。在露天矿山监测中,卫星遥感技术主要用于监测矿山的地质构造、地形地貌、植被覆盖、水体分布等关键要素。通过对比分析不同时间段的卫星影像,可以揭示矿山地质环境的变化趋势,为矿山的规划和治理提供科学依据。卫星遥感技术还可以用于监测矿山的开采活动,及时发现和制止非法采矿行为,保护我国矿产资源和生态环境。

3.2.2 无人机监测技术

无人机监测技术是露天矿山天地空一体化智能监测技术的另一项关键技术。无人机以其灵活性高、成本低、监测范围广等优势,成为露天矿山监测的重要手段之一。通过无人机搭载高分辨率相机和传感器,可以实现对矿山的近距离、高精度监测,为矿山的安全生产和生态修复提供实时、准确的信息。在露天矿山监测中,无人机监测技术主要用于监测矿山的边坡稳定性、地质灾害隐患、植被恢复情况等关键要素。通过无人机倾斜

摄影技术,可以生成高精度的三维模型,对边坡的变形、裂缝等特征进行提取和分析,为边坡稳定性的评估和治理提供科学依据。无人机还可以搭载多光谱相机和水质监测传感器等设备,监测矿区的植被覆盖情况和水质状况,为矿山的生态修复提供数据支持。

3.2.3 地面监测技术

地面监测技术是露天矿山天地空一体化智能监测技术的基础。地面监测技术主要通过安装地面传感器和人工调查手段,对矿山地质环境进行实时监测和数据分析。地面监测技术具有数据准确、实时性强等优点,能够直接反映矿山地质环境的变化情况。在露天矿山监测中,地面监测技术主要用于监测矿山的位移、应力、地下水位等关键参数。通过安装位移传感器、应力传感器等设备,可以实时监测矿山的变形和应力变化情况,为边坡稳定性的评估和治理提供数据支持。通过人工调查手段,可以获取矿区的植被覆盖情况、土壤类型和侵蚀程度等信息,为矿山的生态修复提供科学依据。

3.3 数据处理与分析方法

露天矿山天地空一体化智能监测技术涉及多源数据的融合和协同处理。为了确保监测数据的准确性和可靠性,需要采用科学的数据处理与分析方法。首先,需要对天基、空基和地基三个层次的数据进行预处理,预处理包括数据清洗、格式转换、坐标统一等步骤,以确保不同来源的数据能够相互匹配和协同处理。其次,需要采用多源数据融合技术,将天基、空基和地基三个层次的数据进行融合。融合过程中需要考虑不同数据源之间的互补性和冗余性,以确保融合后的数据具有更高的准确性和可靠性。另外,需要对融合后的数据进行深度挖掘和分析。这包括数据可视化、特征提取、模式识别等步骤。通过数据可视化技术,可以将监测数据以直观的方式呈现出来,帮助用户快速了解矿山地质环境的变化情况。通过特征提取和模式识别技术,可以从监测数据中提取出关键信息,为矿山的规划和治理提供科学依据。最后,需要建立预警模型,对矿山地质环境的变化进行预测和预警,预警模型可以基于机器学习、深度学习等先进技术构建,通过对历史数据的训练和学习,实现对未来矿山地质环境变化的预测和预警。预警模型可以帮助矿山企业及时发现和解决潜在的安全隐患,保障矿山的安全生产^[3]。

4 露天矿山智能预警系统

4.1 预警系统架构与功能

露天矿山智能预警系统是基于大数据、云计算、物联网等先进技术构建的综合预警平台,旨在实现对露天

矿山地质环境、安全生产、生态修复等多方面的实时监测与预警。该系统架构主要包括数据采集层、数据处理与分析层、预警模型构建层、预警信息发布层以及用户交互层。在数据采集层,系统通过卫星遥感、无人机监测、地面传感器等多种手段,全面收集露天矿山的地质环境、开采活动、生态恢复等关键信息。这些数据经过预处理后,被送入数据处理与分析层进行深度挖掘和关联分析,提取出对预警决策有价值的信息。数据处理与分析层是预警系统的核心,它利用大数据技术和机器学习算法,对收集到的数据进行清洗、整合、特征提取和模式识别,形成对矿山地质环境变化、开采活动风险、生态恢复效果等方面的全面认知。预警模型构建层基于数据处理与分析层的结果,构建适用于露天矿山的预警模型。这些模型能够基于历史数据和实时数据,预测矿山地质灾害、安全隐患、生态破坏等潜在风险,并设定相应的预警阈值。预警信息发布层负责将预警信息及时、准确地传达给相关用户和部门。系统通过短信、邮件、APP推送等多种方式,确保预警信息能够迅速到达,为矿山企业和监管部门提供及时、有效的决策支持。用户交互层为系统用户提供了直观、易用的操作界面。

4.2 预警模型与算法

露天矿山智能预警系统的预警模型是基于机器学习算法构建的。在预警模型的构建过程中,系统采用了多种机器学习算法,如支持向量机、随机森林、神经网络等。这些算法能够处理高维数据、非线性关系和不确定性,适用于露天矿山复杂多变的监测环境。为了提高预警模型的准确性和可靠性,系统还采用了数据增强、特征选择、模型集成等技术手段。数据增强通过增加数据的多样性和丰富性,提高模型的泛化能力;特征选择通过筛选对预警决策有价值的信息,降低模型的复杂度;模型集成通过组合多个模型的预测结果,提高整体的预测精度。预警系统还考虑了不同预警指标之间的关联性和相互影响,构建了多维度的预警模型。这些模型能够综合考虑多个因素,实现对矿山地质灾害、安全隐患、生态破坏等潜在风险的全面预警。

4.3 预警系统的应用效果评估

露天矿山智能预警系统的应用效果评估是确保系统

有效性和可靠性的重要环节。预警准确性是评估预警系统性能的关键指标,通过对比预警系统的预测结果与实际发生的地质灾害、安全隐患等事件,可以评估预警系统的准确性。评估结果表明,预警系统能够准确预测矿山地质灾害和安全隐患的发生,为矿山企业和监管部门提供了及时、有效的决策支持^[4]。预警及时性是评估预警系统响应速度的重要指标,系统通过实时监测和预警信息发布,能够在第一时间将预警信息传达给相关用户和部门。评估结果表明,预警系统的响应时间较短,能够在短时间内将预警信息传递给相关人员,为及时采取措施提供了有力保障。系统稳定性是评估预警系统长期运行效果的重要指标,评估过程中,对预警系统的运行状况进行了持续监测和记录,包括数据采集、处理、分析、预警信息发布等各个环节。评估结果表明,预警系统能够稳定运行,没有出现明显的故障或异常现象。用户满意度是评估预警系统用户体验的重要指标,通过问卷调查、用户反馈等方式,收集了用户对预警系统的意见和建议。评估结果表明,用户对预警系统的整体满意度较高,认为系统操作简便、预警准确、响应及时,为矿山的安全生产和生态修复提供了有力支持。

结束语

综上所述,露天矿山天地空一体化智能监测与预警技术的研发与应用,标志着矿山监测预警领域迈入了一个全新的发展阶段。随着技术的不断进步和应用的深入,该技术将为矿山安全生产、生态修复及可持续发展提供更加精准、高效的解决方案,助力矿业行业实现绿色、智能、可持续的发展目标。

参考文献

- [1]赵鑫,高志远.露天矿山电气智能化技术研究[J].矿山技术,2018,30(2):98-102.
- [2]刘占中,陈善成,李慧颖.露天矿绿色智能矿山系统建设研究[J].当代化工研究,2023(2):185-187.
- [3]王忠鑫,赵明,赵丹丹,等.露天煤矿绿色矿山建设支撑保障体系[J].露天采矿技术,2021,36(3):1-7.
- [4]孙健东,张瑞新,贾宏军,等.我国露天煤矿智能化发展现状及重点问题分析[J].煤炭工程,2020,52(11):16-22.