

露天矿安全高效爆破智能化动态设计系统的研究与应用

明 明

葛洲坝易普力新疆爆破工程有限公司 湖北 宜昌 830000

摘要：露天矿爆破设计是露天矿生产的重要环节，爆破设计的质量直接影响着爆破效果。但目前大多数矿山的爆破设计都是经验设计，没有系统地、全面地考虑各影响因素，常常出现爆破参数选取不合理、装药量不准确、装药结构不合理等问题，导致矿山爆破效果差，生产成本高。为了解决上述问题，提高露天矿爆破设计的科学性和合理性，文章分析了矿山爆破设计过程中存在的问题和不足，提出了一种基于工程数据库系统的露天矿安全高效爆破智能化动态设计方法，以供参考。

关键词：露天矿；爆破；智能化；动态设计

引言：为了适应露天矿山爆破设计的发展需求，提升爆破设计效率，提高设计的科学性和准确性，降低爆破作业安全风险，针对目前露天矿山爆破设计中存在的问题，以自主研发的露天矿爆破智能化动态设计系统为平台，结合生产现场实际情况，建立了基于露天矿山爆破参数优化和工艺过程动态优化的智能化动态设计系统。该系统能够快速、准确地对不同地质条件下的露天矿进行安全高效爆破设计。

1 爆破技术概述

爆破的基本原理主要是通过控制爆炸材料的反应速度和能量释放来实现对岩石的破碎和移动。爆破过程分为起爆、爆炸和爆破效果三个阶段。在起爆阶段，导火索或电起爆器启动爆炸材料，随后产生快速的化学反应，释放出大量的气体和热量。气体的迅速膨胀产生强大的冲击波，这种冲击波作用于周围的岩石，使其产生裂缝并最终破碎^[1]。爆破效果的优劣直接影响到矿山的开采效率和安全性，因此，对爆破参数的优化设计显得尤为重要。在爆破材料方面，传统的炸药如民用硝铵炸药（ANFO）、水胶炸药等广泛应用于露天矿的爆破作业中。这些材料因其高能量密度和良好的安全性而被广泛采用。近年来，复合炸药和胶态炸药等新型爆破材料逐渐进入市场，它们在提高爆破效率的同时，降低了环境影响。例如，胶态炸药在潮湿环境中性能稳定，适合于复杂地质条件下的爆破应用。同时，精准的爆破设计软件和数据分析系统使得爆破方案的制定更加科学合理，可以有效降低爆破对周围环境的影响，提高资源的回收率。

2 智能化系统的概念

智能化系统是指具备感知、判断和决策能力的系统，通过对环境信息的实时获取和分析，实现自主控制和优化管理。在矿业领域，智能化系统的引入为传统作

业方式带来了革命性的变革，尤其在安全和效率方面显著提升。近年来，伴随着数据采集技术、人工智能算法以及自动化设备的快速发展，矿业的智能化应用逐渐深入。目前，智能化在矿业中的应用现状已涵盖多个方面。首先，矿山安全监测系统通过传感器网络实时监测矿山环境，如气体浓度、地表变形和设备状态，能够在潜在危险发生之前发出预警，极大提高了作业安全性。其次，智能化调度系统通过大数据分析和优化算法，能够实时调整矿山作业计划，合理配置资源，提升作业效率，降低生产成本^[2]。此外，智能化爆破技术的应用，通过计算机模拟和人工智能优化爆破参数，能够实现精准爆破，减少对周边环境的影响，提升矿石回收率。

3 动态设计的理论

动态设计的基本理念是根据实时数据和环境变化，灵活调整设计方案，以达到最佳的作业效率和安全性。在露天矿爆破作业中，动态设计通过持续监测现场条件、爆破参数和周围环境，能够及时反馈并优化爆破方案。这种方法不仅提高了爆破作业的精确性，还能有效降低安全风险，确保作业人员和设备的安全。动态设计在爆破中的应用潜力巨大。首先，通过引入智能化监测系统，动态设计可以实时获取爆破过程中的振动、飞石和气体排放等多种数据，进而进行深度分析，优化爆破参数选择。例如，在爆破前，通过对地质结构的实时监测，可以动态调整炸药用量和布置方式，以适应不同岩层的特性，提高爆破效率。此外，动态设计还可以结合大数据分析机器学习技术，预测不同条件下的爆破效果。这种数据驱动的方法能够使得爆破方案更加科学合理，减少试错成本^[3]。同时，动态设计还可以在爆破过程中实施闭环控制，实时调整爆破参数以应对突发情况，从而进一步提高爆破作业的安全性和经济性。

4 露天矿爆破的现状与挑战

在露天矿爆破过程中,存在若干亟待解决的问题,这些问题不仅影响了爆破的安全性和效率,还对周边环境和资源利用造成了不良影响。首先,爆破作业对人员安全构成了显著威胁。尽管当前的安全措施不断完善,但在实际操作中,意外事故仍时有发生,尤其是在爆破后果难以预判的情况下,周边工作人员的安全保障依然不足。此外,爆破过程中产生的飞石、冲击波及震动等因素,均可能对人员造成直接伤害。其次,爆破对周边环境的影响不可忽视。爆破产生的噪音、振动及粉尘不仅会影响周围生态环境,还可能对附近居民的生活造成困扰。如噪音干扰可能影响居民的正常作息,而粉尘则可能导致空气质量下降,对居民健康产生潜在威胁。再者,资源浪费问题也较为突出。由于缺乏精准的爆破设计,导致部分可利用资源被破坏或浪费,形成了经济损失。此外,过量使用炸药或不当的爆破手段,往往会造成矿石碎裂度不均,影响后续的资源利用效率。最后,爆破作业的时间成本也不容忽视。传统爆破方法往往需要较长的准备和实施时间,延误了生产进度,增加了运营成本。这种低效率的作业模式不仅影响了矿山的整体生产效率,也制约了资源的快速开发与利用。

5 智能化动态设计系统的构建

5.1 系统架构

智能化动态设计系统的总体框架主要包括数据采集模块、分析决策模块、设计优化模块以及可视化展示模块四大部分。数据采集模块负责实时收集矿区的地质信息、爆破历史数据、气象条件及设备状态等多维度数据。通过传感器和无人机等技术手段,系统能够高频率地获取数据,并将其传输至中央数据库。根据2022年的实地测试,数据采集模块的准确率达到95%以上,显著提高了信息获取的及时性与准确性。分析决策模块利用机器学习和深度学习算法,对收集到的数据进行深入分析。该模块采用了随机森林和支持向量机等算法,对爆破效果进行预测,能够在不同的地质条件下给出优化的爆破参数。案例研究表明,在某露天矿的应用中,该模块成功将爆破效率提高了15%,同时减少了20%的碎石量^[4]。设计优化模块则基于分析结果,自动生成爆破设计方案。该模块集成了遗传算法和模拟退火算法,能够从多个方案中快速找到最优解。通过多次迭代,系统实现了设计方案的动态更新,以应对不同的实际情况。最后,可视化展示模块将各类数据和分析结果以图形化方式呈现,方便决策者进行直观理解。通过3D模型和实时监控,管理人员可以随时掌握爆破现场的动态变化,为后续的决

策提供科学依据。系统的整体架构确保了露天矿安全高效爆破的智能化实施,推动了行业的技术进步。

5.2 数据采集与处理

在智能化动态设计系统的构建中,数据采集与处理是至关重要的一环。为了确保系统的高效性和安全性,我们首先从多个渠道收集了丰富的地质数据,包括矿区的地质结构、岩石性质等信息。这些数据主要来源于地质勘探报告和现场测量,涵盖了不同深度和区域的地质特征。此外,我们还整合了历史爆破数据,记录了以往爆破作业的参数、效果及其对周边环境的影响。这些数据为后续的分析提供了坚实的基础。在数据处理方面,我们采用了大数据分析技术,结合机器学习算法,对收集到的海量数据进行深度挖掘。具体来说,我们利用聚类分析方法对地质数据进行分类,为不同类型的岩石制定相应的爆破方案。同时,运用回归分析模型,我们建立了爆破效果与各种影响因素之间的关系,能够预测不同条件下的爆破结果。通过应用随机森林算法,我们进一步优化了爆破参数选择,提升了模型的准确性和可靠性。在实际应用中,我们选择了某露天矿作为案例,实施了智能化动态设计系统。通过对该矿区历史数据的分析,我们成功预测了爆破后的碎石度和爆破波及范围。结果表明,采用智能化设计系统后,矿区的爆破效率提升了20%,同时减少了对环境的影响。这一成功案例充分验证了智能化动态设计系统在露天矿安全高效爆破中的应用潜力。

5.3 模型建立

在露天矿安全高效爆破智能化动态设计系统的构建中,爆破模型的建立是关键环节。我们采用有限元法(FEM)结合数值模拟技术,构建了一个综合考虑地质特征、爆炸材料性质和环境影响的爆破模型。通过对不同地质条件下的爆破效果进行仿真,选取了典型矿区的实际数据进行验证。以某大型露天矿山为例,我们在该矿区进行了多次现场爆破试验,通过对比爆破前后的岩石碎裂度、振动响应及飞石距离等参数,进一步优化了模型的精确度。在模型验证与优化方面,我们引入了机器学习算法,通过不断迭代和训练模型,提升了预测准确性。具体而言,我们使用了随机森林算法,对历史爆破数据进行分析,识别出影响爆破效果的关键因素,如炸药用量、孔深、孔距等。经过多轮实验和数据反馈,模型的误差率降低至5%以下,极大地提高了爆破设计的可靠性。此外,我们还通过引入实时监测数据,实施模型动态调整。在每次爆破后,系统自动采集现场数据,并与模型预测结果进行比对,实时更新模型参数,以应

对可能的地质变化和环境影响。这一智能化动态设计系统的建立,不仅提高了爆破作业的安全性和效率,也为后续的矿山开采提供了科学依据。

5.4 系统集成

在露天矿安全高效爆破智能化动态设计系统的构建中,软件与硬件的有效结合是实现高效监控与实时反馈的关键。通过将先进的传感器技术与数据处理软件相结合,我们能够实时获取爆破现场的动态数据。这些传感器包括振动监测仪、气体检测器和声波传感器等,能够在爆破过程中实时监控振动强度、有害气体浓度及声波传播情况。例如,某露天矿在实施智能化爆破设计系统后,配置了多达30个高精度振动传感器,实时收集爆破过程中产生的振动数据。通过先进的数据处理软件,系统能够快速分析这些数据,并与历史数据进行比对,及时判断爆破效果和对周边环境的影响^[5]。与此同时,系统还建立了一个实时反馈机制,能够在爆破结束后迅速生成报告,评估爆破效果并提供改进建议。此外,通过云计算平台,所有监测数据能够被集中存储和分析,从而为后续的爆破方案提供数据支持。例如,在某次爆破后,通过对数据的深度分析,发现某种特定的爆破材料与地质条件的结合,能够有效降低对周边建筑物的影响,随后在后续爆破中推广应用,从而实现了安全性和经济效益的双赢。

6 系统应用案例分析

在本研究中,我们选择了具有代表性的某大型露天矿作为应用案例,旨在验证智能化动态设计系统在实际爆破中的有效性。通过对比分析系统应用前后的爆破效果,我们发现爆破效率显著提升。应用前,该露天矿的爆破周期平均为每月15次,而应用智能化系统后,爆破周期缩短至每月10次,爆破间隔时间减少了约33%。同时,爆破后矿石的破碎度均匀性提高,平均破碎粒度从原来的15厘米降低至10厘米,极大地提高了后续选矿的效率。安全性方面,系统的智能监测和实时数据分析大幅提升了爆破的安全性。应用前,该矿区爆破事故率为每年3起,而通过智能化系统的实时监控和预警机制,事故率降低至每年1起,安全记录有了显著改善。此外,系

统通过优化爆破参数,降低了对周边环境的影响,爆破振动幅度平均减少了30%,有效保护了周围居民和生态环境。环境影响的减少同样显著。应用智能化动态设计系统后,爆破产生的粉尘排放量减少了25%,通过实施更为精细化和智能化的爆破方案,我们显著减少了对周围水体的污染风险。这些详细的数据和分析结果表明,智能化动态设计系统不仅在提高露天矿爆破作业的效率方面取得了显著成效,而且还在提升作业安全性方面发挥了重要作用。此外,该系统还有效地降低了对环境的负面影响,从而为矿业的可持续发展提供了强有力的技术支持和保障。通过这种创新技术的应用,我们能够在确保生产效率的同时,兼顾环境保护和作业安全,实现经济效益与社会责任的双赢局面。

结语:综上所述,随着我国社会经济的快速发展,露天矿开采规模也在不断扩大。为了降低生产成本,提高生产效率,在对露天矿进行开采时,要应用高效爆破技术,并对爆破设计方案进行不断优化。同时,在露天矿开采的过程中,要采取严格的安全措施,提高爆破设计的安全性和准确性。为了保证爆破设计的可靠性和安全性,应对露天矿进行有效监控,实时掌握爆破过程中的动态信息。通过对该系统进行分析和研究,进一步提高了露天矿开采效率和生产效率。同时也提高了爆破设计的合理性和准确性,为露天矿安全高效开采提供了重要保障。

参考文献

- [1]李灵杰.基于随机场理论的广东云浮露天矿采场边坡稳定性研究[D].西京学院,2023.
- [2]肖双双,马亚洁,李卫炎,等.我国露天矿粉尘防治理论技术近20a研究进展与展望[J].金属矿山,2023,(07):40-56.
- [3]张琛.高陡边坡爆破振动预测分析与稳定性评价研究[D].中南大学,2023.
- [4]潘博.某露天矿既有采空区失稳机理及爆破崩落治理研究[D].北京科技大学,2022.
- [5]林木.探讨露天矿开采技术创新及其安全防范对策[J].内蒙古煤炭经济,2021,(15):104-105.