

复杂地质条件下露天矿台阶爆破参数优化与效果分析

程良堂

中国葛洲坝集团易普力股份有限公司墨竹工卡分公司 西藏 拉萨 850000

摘要: 在复杂地质条件下进行露天矿台阶爆破, 参数优化与效果分析至关重要。本文通过深入研究地质条件对爆破效果的影响, 提出了针对性的爆破参数优化策略。通过调整孔径、孔深、炸药量等关键参数, 有效提高爆破效率, 降低大块率和根底率。同时对爆破效果进行全面分析, 为后续爆破作业提供科学依据。

关键词: 复杂地质条件; 露天矿; 台阶爆破; 参数优化; 效果分析

1 复杂地质条件下露天矿台阶爆破基础

1.1 露天矿台阶爆破原理

露天矿台阶爆破原理是基于炸药在岩石中产生的应力波和高温高压气体作用, 以达到破碎岩石的目的。这种爆破方法通常用于露天矿山开采, 通过预先设计好的台阶形式, 利用深孔或浅孔钻机在岩石中钻孔, 然后装入炸药进行起爆。起爆后, 炸药在岩石中产生的应力波和高温高压气体迅速扩散, 使岩石产生裂隙并破碎成适合铲装和运输的块度。露天矿台阶爆破具有爆破效率高、成本低、劳动强度低、安全环保等优点, 是露天矿山开采中不可或缺的重要工序。

1.2 复杂地质条件对台阶爆破的影响

复杂地质条件对露天矿台阶爆破效果具有显著影响。地质条件中的断层、节理、层理及裂隙等弱面, 是影响爆破质量的主要因素。在爆破过程中, 这些弱面的存在会严重阻碍爆炸应力波的传播, 加剧应力波能量的衰减^[1]。由于这些构造黏结力很小, 有的甚至没有黏结力, 当爆炸应力波斜向射到这些结构面上时, 应力波在结构面上的切向分量将有可能导致岩层的相对滑动, 进一步减弱用于破碎岩石的能量。最终, 由于爆破后的高温高压气体过早地沿弱面泄漏, 导致大块和根底的增多, 从而影响铲装和运输设备的生产效率和矿山的生产成本。

2 露天矿台阶爆破参数优化模型构建

2.1 爆破参数概述

爆破参数在露天矿台阶爆破设计中扮演着至关重要的角色, 它们是决定爆破效果优劣以及后续开采工作能否顺利进行的关键因素。爆破参数涵盖了多个方面, 包括但不限于孔距、排距、孔径、孔深、炸药量、装药结构以及起爆方式等。每个参数都对爆破效果产生着深远的影响。例如, 孔距和排距的设置直接影响着爆破后岩石的块度和均匀性, 合理的孔距和排距能够确保岩石被

充分破碎, 同时减少大块和粉末的产生。孔径和孔深则决定了炸药的装药量和爆破所能释放的能量, 过大的孔径和孔深可能导致炸药浪费, 而过小的则可能无法达到预期的爆破效果。炸药量和装药结构的选择则直接关系到爆破的威力和效率, 合理的炸药量和装药结构能够确保爆破能量的充分释放, 提高爆破效率。而起爆方式的选择则影响着爆破的安全性和可控性, 合理的起爆方式能够确保爆破过程的顺利进行, 同时减少安全事故的发生。

2.2 优化模型构建

为了实现露天矿台阶爆破参数的最优化, 需要构建一套科学、合理的优化模型。该模型应以爆破效果为目标函数, 通过量化指标如大块率、根底率以及爆破效率等, 来评估爆破效果的优劣。将各种爆破参数作为决策变量, 通过调整这些参数的值, 来寻求最优的爆破方案。在构建模型时, 还需要充分考虑地质条件、设备状况、安全要求等实际约束条件。地质条件如岩石的硬度、节理发育情况等, 会对爆破效果产生直接影响, 因此需要在模型中予以考虑。设备状况则决定了爆破作业的可行性和效率, 如钻机的钻孔能力、炸药的装填方式等, 都需要在模型中予以体现。安全要求则是爆破作业中不可忽视的一环, 必须确保爆破过程的安全性, 避免安全事故的发生。通过综合考虑这些因素, 可以构建出一套既符合实际需求, 又具有可操作性的优化模型, 为爆破参数的选择提供科学依据, 提高爆破设计的准确性和可靠性。

2.3 优化算法选择

在构建了露天矿台阶爆破参数的优化模型后, 需要选择一种合适的优化算法进行求解。目前, 常见的优化算法包括遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等。这些算法各有其独特的优点和适用场景。遗传算法具有全局搜索能力强、鲁棒性好等优点, 特别适用于解决复杂的多目标优化问题。在露天矿台阶爆破参数优化中, 如

果存在多个相互冲突的目标（如同时追求最小的大块率和最高的爆破效率），遗传算法能够提供一个较好的解决方案。粒子群算法则具有收敛速度快、易于实现等特点，特别适用于连续或离散的优化问题。在爆破参数优化中，如果决策变量是连续的（如孔径、孔深等），或者可以离散化（如装药结构的选择），那么粒子群算法可能是一个较好的选择。模拟退火算法则是一种基于概率的优化算法，能够在一定程度上跳出局部最优解，寻找到全局最优解^[2]。在选择优化算法时，需要根据具体问题的特点和需求进行综合考虑，选择最适合的算法进行求解。

3 复杂地质条件下露天矿台阶爆破参数优化策略

3.1 爆破参数选择与初选方法

在复杂地质条件下进行露天矿台阶爆破，爆破参数的选择显得尤为关键。地质条件的复杂性，如岩石的多样性、断层和节理的发育程度、地下水的存在等，都会对爆破效果产生显著影响。因此在选择爆破参数时，必须充分考虑这些地质因素。初选爆破参数时，通常会依据经验公式和类似工程的实践数据。这些经验公式和实践数据是基于大量实验和现场观测得出的，具有一定的可靠性和适用性。由于地质条件的复杂性和多变性，仅凭经验公式和实践数据往往难以准确确定最优的爆破参数。因此在初选参数时，还需要结合具体的地质勘察报告和现场实际情况，对参数进行适当调整。具体来说，可以根据岩石的硬度、密度、节理发育程度等地质特征，来初步确定孔径、孔深、炸药量等参数。还需要考虑爆破作业的安全性和经济性，确保所选参数既能够满足爆破效果的要求，又能够保证作业的安全性和经济性。在初选参数的过程中，还可以利用计算机模拟技术进行辅助分析，通过模拟不同参数下的爆破效果，来进一步验证和优化所选参数。

3.2 参数优化模型构建

为了更准确地确定复杂地质条件下的露天矿台阶爆破参数，需要构建一套科学的参数优化模型。该模型应能够充分考虑地质条件、爆破效果、作业安全性和经济性等多个方面的因素，通过数学方法和计算机技术，对爆破参数进行优化求解。在构建参数优化模型时，首先需要明确目标函数。目标函数是描述爆破效果与爆破参数之间关系的数学表达式，它可以是爆破效率、大块率、根底率等指标的函数。然后需要确定决策变量，即需要优化的爆破参数，如孔径、孔深、炸药量等。接下来，还需要考虑约束条件，如地质条件的限制、设备能力的限制、安全规定的限制等。在构建了参数优化模型

后，可以利用数学优化方法，如线性规划、非线性规划、整数规划等，对模型进行求解。通过求解模型，可以得到一组最优的爆破参数，这些参数能够在满足约束条件的前提下，使目标函数达到最优值。

3.3 优化算法与求解方法

在参数优化模型的求解过程中，要选择合适的优化算法。由于复杂地质条件下的露天矿台阶爆破参数优化问题通常属于非线性、多变量、多约束的复杂优化问题，因此我们需要选择具有全局搜索能力、收敛速度快、鲁棒性好的优化算法。常见的优化算法包括遗传算法、粒子群算法、模拟退火算法等。遗传算法通过模拟自然选择和遗传机制，对解空间进行全局搜索，具有较强的全局优化能力。粒子群算法通过模拟鸟群、鱼群等群体的行为，对解空间进行快速搜索，具有收敛速度快、易于实现等优点。模拟退火算法则通过模拟金属退火过程，对解空间进行概率性搜索，能够在一定程度上跳出局部最优解，寻找到全局最优解。在选择优化算法时，要根据具体问题的特点和需求进行综合考虑。对于复杂地质条件下的露天矿台阶爆破参数优化问题，可以尝试使用遗传算法或粒子群算法进行求解。在求解过程中，还需要注意算法的参数设置和收敛性判断，以确保求解结果的准确性和可靠性^[3]。

4 复杂地质条件下露天矿台阶爆破效果分析

4.1 爆破效果评估指标与方法

在复杂地质条件下进行露天矿台阶爆破，爆破效果的评估是至关重要的一环。为了准确、全面地评价爆破效果，要建立一套科学的评估指标与方法体系。首先，爆破效果的评估指标应涵盖多个方面，包括爆破效率、大块率、根底率、爆破震动、飞石距离以及爆破安全性等。爆破效率是衡量爆破作业快慢和炸药利用率的重要指标，通过计算实际爆破的岩石量与所用炸药量的比值来得到。大块率和根底率则直接反映了爆破后岩石的破碎程度，大块率过高会增加后续破碎和装运的成本，而根底率过高则会影响挖掘机的作业效率。爆破震动是评估爆破对周围环境和设施影响的重要指标，通过测量震动波的速度、加速度和频率等参数来进行分析。飞石距离则是衡量爆破安全性的重要指标，过远的飞石距离可能会对人员和设备造成威胁。在评估方法上，可以采用现场观测、实验室测试、数值模拟等多种手段。现场观测可以直接获取爆破后的岩石破碎情况、飞石距离等数据，是评估爆破效果最直观的方法。实验室测试则可以对爆破后的岩石样品进行详细的物理力学性质分析，为评估爆破效果提供更为准确的数据支持。数值模拟则可

以通过建立爆破模型,模拟不同爆破参数下的爆破过程,为优化爆破参数和预测爆破效果提供有力工具。

4.2 实际案例分析

为了更具体地说明复杂地质条件下露天矿台阶爆破效果的分析过程,可以选取一个实际案例进行分析。某露天矿山地质条件复杂,岩石硬度高、节理发育,且存在多处断层。在进行台阶爆破时,采用了深孔爆破技术,并根据地质勘察报告和现场实际情况,初步确定了孔径、孔深、炸药量等爆破参数。爆破后,通过现场观测和实验室测试,对爆破效果进行评估。评估结果显示,爆破效率较高,但大块率和根底率也相对较高。通过进一步分析,发现这是由于地质条件复杂,岩石中存在多处弱面,导致爆破能量在传播过程中衰减较快,未能充分破碎岩石。同时,爆破震动和飞石距离也在可接受范围内,但仍有进一步优化的空间。针对评估结果,对爆破参数进行了调整,增加炸药量,优化装药结构,并采用更为先进的起爆方式。调整后再次进行爆破,评估结果显示,大块率和根底率明显降低,爆破效率进一步提高,爆破震动和飞石距离也得到有效控制。

4.3 爆破效果影响因素分析

在复杂地质条件下进行露天矿台阶爆破,爆破效果受到多种因素的影响。除了地质条件本身外,还包括爆破参数的选择、炸药的质量、装药结构的设计、起爆方式的选择以及施工操作的规范程度等。地质条件是影响爆破效果的最主要因素之一。岩石的硬度、密度、节理发育程度等都会直接影响爆破能量的传播和岩石的破碎程度。在进行爆破设计时,必须充分考虑地质条件的影响,合理选择爆破参数和炸药类型。爆破参数的选择也是影响爆破效果的重要因素,孔径、孔深、炸药量等参数的设置都会直接影响爆破能量的释放和岩石的破碎效果。因此在进行爆破设计时,必须根据具体的地质条件和爆破要求,合理选择爆破参数。炸药的质量和装药结构的设计也会对爆破效果产生重要影响,优质炸药能够提供更稳定的爆破能量,而合理的装药结构则能够确保爆破能量的充分释放和均匀分布。起爆方式的选择也是影响爆破效果的重要因素之一,不同的起爆方式会对爆破能量的传播和岩石的破碎程度产生不同的影响。在进

行爆破设计时,必须根据具体的爆破要求和地质条件,选择合适的起爆方式。最后,施工操作的规范程度也会对爆破效果产生重要影响。规范的施工操作能够确保爆破过程的顺利进行和爆破效果的最大化。因此在进行爆破作业时,必须严格遵守操作规程和安全规范,确保施工过程的安全性和有效性。

5 复杂地质条件下露天矿台阶爆破安全管理

在复杂地质条件下进行露天矿台阶爆破,安全管理是确保作业顺利进行和保障人员设备安全的关键环节。由于地质条件的复杂性和多变性,爆破作业面临着诸多不确定因素和潜在风险^[4]。必须加强安全管理,制定严格的安全规章制度和操作规程,并确保所有作业人员都经过专业培训,熟练掌握安全知识和技能。同时,要对爆破作业现场进行全面的安全检查和评估,及时发现并消除安全隐患。在爆破过程中,要严格按照爆破设计方案进行作业,遵守安全操作规程,确保爆破能量的控制和释放符合安全要求。还要加强应急管理和事故处置能力,制定应急预案,定期进行应急演练,提高应对突发事件的能力。只有这样,才能确保复杂地质条件下露天矿台阶爆破作业的安全顺利进行。

结束语

本文深入研究了复杂地质条件下露天矿台阶爆破的参数优化与效果分析,提出了一系列切实可行的优化策略。通过实践验证,这些策略有效提升了爆破效果,为露天矿开采提供了有力支持。展望未来,将继续深化研究,探索更多创新方法,为露天矿爆破作业的安全高效进行贡献更多智慧和力量。

参考文献

- [1]尹国栋.探讨露天矿深部开采边坡稳定性分析与治理[J].世界有色金属,2024,(10):223-225.
- [2]郭廷亭,赵周能,门宇航.多风化层灰岩露天矿开采终了边坡稳定性的影响因素分析[J].矿业研究与开发,2023,43(12):79-85.
- [3]马传贤.露天矿深孔台阶松动爆破效果影响因素分析及优化措施[J].露天采矿技术,2024,39(04):1-4.
- [4]李杰,赵明生,杜炼.露天矿山边坡预裂爆破导向空孔技术研究及应用[J].矿业研究与开发,2022,42(09):14-21.