

复杂地质条件下的精确爆破控制技术研究

王质彬 郭卫东 傅永和

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]自 20 世纪以来, 爆破技术已被广泛应用于矿业与基础设施建设领域。在复杂的地质条件下, 传统的爆破方法往往会引发振动超标、飞石伤害及地下水污染等问题。随着对安全性与环境保护要求的不断提高, 精确爆破控制技术应运而生。通过优化设计与精确控制各项参数, 该技术最大限度地减少不利影响, 从而确保爆破作业的高效、安全进行。

[关键词]复杂地质; 精确爆破; 控制技术

DOI: 10.33142/ec.v8i4.16322

中图分类号: U455.4

文献标识码: A

Research on Precise Blasting Control Technology under Complex Geological Conditions

WANG Zhibin, GUO Weidong, FU Yonghe

Xinjiang Xuefeng Blasting Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Since the 20th century, blasting technology has been widely used in the fields of mining and infrastructure construction. Under complex geological conditions, traditional blasting methods often cause problems such as excessive vibration, flying stone damage, and groundwater pollution. With the continuous improvement of safety and environmental protection requirements, precise blasting control technology has emerged. By optimizing design and precisely controlling various parameters, this technology minimizes adverse effects to ensure efficient and safe blasting operations.

Keywords: complex geology; precise blasting; control

引言

随着矿业和隧道工程的不断进步, 爆破技术作为高效施工中不可或缺的一部分, 已逐渐成为关键技术。在复杂的地质条件下, 如何有效控制爆破振动、飞石以及对环境的影响, 已成为提升安全性与施工效率的核心因素。精确爆破控制技术应运而生, 目标是通过精细调控爆破过程, 减少对环境的干扰以及人员的潜在危害, 从而确保施工的质量与安全。深入分析了精确爆破控制技术在复杂地质条件下的应用与挑战, 特别探讨了其在露天矿采掘及隧道掘进中的实际应用, 为技术的优化与发展提供理论依据与支持。

1 爆破控制技术基础

爆破技术作为一种不断发展的新兴技术, 伴随着科学技术的进步, 广泛应用于矿物开采、隧道掘进等工程领域, 核心原理通过爆炸物产生的轰击波, 瞬间摧毁妨碍施工的障碍物, 极大提升施工效率并缩短工程周期。通过合理的爆破控制, 既能清除岩石、土壤等障碍物, 也能有效减少对周围环境的影响, 确保工程顺利进行。在我国, 爆破技术主要依赖雷管、导爆管、导爆索等起爆器材, 通过精确控制起爆时差, 使硝化甘油、硝酸铵、水胶等爆炸物产生不同爆炸效果, 这些技术通过释放强大的能量, 在瞬间破坏岩层, 迅速清除障碍物, 极大提高矿业开采效率。尽管这一技术已经得到了广泛应用, 实际操作中仍存在一些技术瓶颈, 尤其是在复杂地质条件下, 爆破效果的不确定性以及对环境的潜在影响, 给爆破控制技术带来了更大的挑战。

在实际工程中, 为提高采掘效率, 采用了多种爆破控制技术。但由于我国爆破技术起步较晚, 现有技术仍处于较低水平, 且操作对专业知识要求较高, 技术较为复杂。操作不当可能导致严重事故, 给周边人员和财产安全带来威胁。因此, 爆破技术的研究与创新显得尤为重要。通过科学的设计、严格的操作规范及高效的控制方法, 能够有效确保矿业开采的安全性及高效性, 减少因技术缺陷引发的安全隐患。

2 露天矿精确爆破控制技术

2.1 爆破振动与飞石控制技术

在露天矿的爆破作业中, 爆破振动与飞石是两个关键的安全与环境控制问题。冲击波在岩体中传播, 导致的爆破振动可能对周围建筑物、地下设施及环境产生不良影响; 而飞石则是由于爆炸能量过快释放或爆破参数不当所致的碎片飞散现象。飞石不仅威胁周围人员的生命安全, 还可能引发严重的财产损失, 有效控制这两项因素, 已成为露天矿精确爆破控制技术中的核心任务。为了有效地控制爆破振动, 在爆破设计阶段, 必须进行精准地计算与优化。通过合理选择爆破药量、起爆方式及起爆时差, 可以显著降低震动波的强度。复杂地质条件下, 振动的传播路径与衰减特性往往存在显著差异, 因此, 地质勘查数据的充分利用显得尤为重要。此外, 分段起爆和延时起爆技术的应用, 可以确保爆炸能量逐步释放, 从而避免因瞬时集中爆炸能量而产生过强的震动。至于飞石的控制, 药量布置与

孔距设计的精准性尤为关键。若药量过大,飞石的飞散范围将扩展;若药量过小,则可能导致爆破效果不理想,精确调整每个爆破孔的药量,能够确保飞石的飞散范围控制在安全范围内。为进一步降低飞石的风险,采取如限飞网、爆破围栏等物理屏障,也能有效减少飞石的飞行距离,保障周围环境与人员的安全。

2.2 地下水与气体排放控制技术

在露天矿的爆破作业中,地下水与气体排放的控制是确保环境安全与保护的关键因素。爆破作业可能破坏地下水系统的平衡,且有害气体的排放也可能对生态环境以及周围居民的健康和生活质量构成严重威胁。由此,采取有效的技术手段来管理地下水变化与气体排放,已成为露天矿作业中不可忽视的重要挑战。地下水控制的核心在于防止爆破作业对水文地质环境的破坏,在露天矿的开采过程中,地下水流动路径与水位往往会发生改变,这可能导致水资源浪费或水质污染。因此,在爆破前,进行全面的水文地质勘察显得至关重要,尤其是了解水源的分布及其流动规律。基于这些数据,爆破设计应相应调整,例如合理规划爆破孔的位置与深度,以避免与地下水层的直接接触,进而减少对水文环境的影响。此外,通过设置排水系统或采取封堵措施,也可有效防止地下水渗透干扰爆破区域。对于气体排放的控制,关注的重点是爆破过程中产生的有害气体,如氮氧化物、一氧化碳等。这些气体不仅会威胁作业人员的健康,还可能严重污染大气环境。在此过程中,精确的爆破控制技术至关重要,通过优化药量与起爆方式,能够控制爆炸能量的释放,从而有效减少有害气体的产生。除此之外,采用封闭式爆破技术或使用环保型爆炸药物,也是一种减少气体排放的有效手段,这不仅有助于降低大气污染,还能显著提升作业环境的安全性。

2.3 爆破裂缝与地质结构的控制

在露天矿的爆破作业中,裂缝的形成及地质结构的破坏是影响爆破效果与安全性的关键因素。岩体中的天然裂缝与复杂的地质结构直接影响爆破波的传播、能量的分布以及矿石的破碎效果。因此,如何有效控制裂缝的扩展以及地质结构的破坏,已成为提高爆破精度与确保作业安全的关键所在。爆破设计必须在充分考虑岩层的力学特性及裂缝的分布状况的基础上进行。地质结构的不同特性对爆破波的传递与能量吸收有显著影响,尤其在裂缝密集的区域,爆破作业往往会导致裂缝进一步扩展,从而影响岩体的稳定性。为此,地质勘探及岩体分析成为制定爆破方案的基础工作,通过精确识别岩层的裂缝分布、断层位置及其强度特性,可以优化药量、起爆时差及孔布置,进而有效减少裂缝扩展的风险。精确设定爆破参数也能有效控制裂缝的形成与扩展,合理选择药量及起爆顺序,避免能量的集中释放,有助于防止局部裂缝的过度发展。分段爆破技术的应用,使爆破能量得以分散,减少了能量对岩体的

集中冲击,从而有效控制裂缝扩展的范围。合理控制震动波及裂缝的扩展,能够确保爆破后岩体的稳定,达到预期的破碎效果。对于复杂地质条件下的岩体,还可通过加固支护或预裂爆破等技术手段进一步抑制裂缝的扩展及岩体的失稳。这些方法与先进的监测技术相结合,能够实时跟踪爆破作业后裂缝的变化,从而及时调整后续作业方案,确保作业的顺利进行。

2.4 精确爆破设计方法与优化

精确爆破设计是确保露天矿爆破作业高效、安全的关键环节。目标不仅是最大化爆破效果,减少资源浪费,还要尽量减少对环境的负面影响,尤其是在振动、飞石及有害气体排放方面。为了实现这一目标,精确爆破设计必须综合考虑岩体的性质、爆破参数及地质条件等多种因素,并科学优化各项技术参数,以达到精确控制的效果。爆破设计的首要任务是依据矿区的地质条件进行详细的勘察与分析,岩层的力学性质、裂缝分布以及断层特征等,都会直接影响爆破效果。通过对岩石的力学性质测试及地下结构的探测,设计师能准确评估所需的爆破能量及其对岩体的潜在影响。基于这些数据,设计师能够合理选择药量、爆破孔位置及布置方式、起爆时差等关键参数,从而确保爆破效果的最优化。随着科技的不断进步,现代爆破设计越来越依赖于数值模拟技术。通过计算机仿真,爆破过程中能量的释放、冲击波的传播及岩石的破裂等情况得以精确模拟,这项技术使设计师能够提前预测爆破效果,避免潜在的安全隐患^[1]。例如,通过模拟不同药量与起爆方式的组合,设计师能够评估出最佳的爆破方案,在有效破碎岩石的同时,尽量避免对周围环境造成过大的扰动。另外,爆破孔的合理布置同样是优化爆破设计的重要环节。合理的孔距、孔深以及药量分布,有助于避免爆破能量的集中释放。为了确保能量的均匀分布,设计师会根据岩体类型、厚度以及破碎效果等因素,对设计方案进行调整。分段爆破技术作为一种常用的优化手段,通过将爆破过程分阶段进行,逐步释放爆炸能量,从而有效降低振动、飞石及裂缝的产生。在实际应用中,精确爆破设计还需结合操作经验与现场反馈进行优化,面对不可预见的地质变化或技术难题,设计方案必须具备足够的灵活性。通过对爆破后振动波形、裂缝发展等情况进行实时监测,设计人员可以及时调整后续爆破参数,确保作业顺利进行。

3 复杂地质条件下的爆破设计与实施

3.1 爆破设计原理与流程

复杂地质条件下的爆破设计是一个涉及多个环节的系统性过程,涵盖了从地质勘探到爆破实施的各个方面,核心目标在于通过科学计算与精准控制,将爆破能量最大限度地作用于目标区域,同时尽量减少对环境及周围岩体的影响。为达成这一目标,设计人员必须综合考虑岩石的力学特性、地质构造、爆破技术以及设备配置等多种因素,

以确保爆破效果的最大化,同时保障作业的安全性与高效性。在爆破设计的初期,地质勘探与分析是至关重要的一步,对矿区地质条件的深入调查,能够为设计人员提供岩石种类、硬度、裂缝分布、地下水位等关键数据,这些信息直接影响药量、孔距、孔深以及爆破方式的选择。特别是在复杂地质条件下,岩层的变化可能对爆破效果产生较大影响,尤其是当岩体中存在断层或裂缝时,爆破能量的传播往往变得不均匀^[2]。因此,对岩体结构的深入理解,成为制定有效爆破设计的基础。紧接着,爆破参数的选择与优化环节至关重要,设计人员依据地质勘探的结果,选取适当的起爆药剂与起爆设备,并根据实际情况确定药量、孔距、孔深等关键参数。优化爆破设计的目的,不仅是提升破碎效率,还要有效控制振动与飞石,避免对周围环境造成过度影响。在复杂地质条件下,通常通过分段爆破、延时起爆等技术手段分散爆炸能量,减少岩体受冲击的程度,从而确保爆破的精确性与安全性。现代爆破设计逐渐依赖于数值模拟与仿真技术。通过计算机仿真,爆破过程中能量传播与振动波的传播等因素可以提前被模拟与预测,这为优化爆破方案提供了宝贵的数据支持。这项技术有助于发现潜在的安全隐患,如振动超标、裂缝扩展等问题,从而为后续设计的优化提供依据。在仿真过程中,设计人员可以根据不同的起爆方式与参数调整,找到最适合现场地质条件的爆破方案。管理论设计与仿真结果为爆破作业提供了坚实的基础,但现场实施仍需根据实际情况进行灵活调整。现场环境的复杂性以及不可预见因素,要求设计方案具备高度的灵活性。爆破作业结束后,效果评估与数据反馈也非常关键,及时调整后续作业方案,能够确保每次爆破都能达到预期效果,从而不断优化整个爆破过程。

3.2 地质条件与爆破设计的关系

地质条件在爆破设计中占据核心地位,直接影响着爆破作业的效果与安全性。在复杂的地质环境中,岩体的硬度、结构、裂缝分布等因素不仅决定了爆破能量的传播方式,还深刻影响了破碎效果以及后续岩石的稳定性。因此,准确评估地质条件,并将其综合纳入爆破设计的全过程,便成为了确保精确控制与优化爆破效果的关键。岩体的类型与强度是爆破设计的基本要素,不同类型的岩石,如砂岩、石灰岩、花岗岩等,具备各自独特的物理力学特性。硬度、抗压强度与韧性等方面的差异,意味着所需爆破能量及爆破方式的差异^[3]。例如,硬岩通常需要较高的爆破能量才能有效破碎,而软岩则要求的能量较少。因此,基

于地质勘探结果,爆破设计师需合理调整爆破参数,确保所用爆破能量与岩体的实际需求相匹配。地质构造的复杂性同样对爆破效果产生深远的影响。矿区内存在的断层、褶皱、裂缝等不规则地质结构,会直接影响爆破能量的传递与分布。若爆破作业区域存在断层或裂缝,爆破能量的传递可能会受到阻碍或发生偏向,从而导致破碎效果的不均匀,甚至可能引发意外的地质灾害。因此,在爆破方案中,设计人员必须充分考虑这些因素,并通过合理设计爆破孔距、起爆时差等关键参数,确保爆破能量的均匀释放,提升爆破效果的稳定性。地下水的存在也是影响爆破设计的重要因素,高水位的地下水层可能导致爆破能量的部分散失或使其不稳定,进而影响爆破效果的达成。若矿区存在较高的地下水位,设计师通常需采取特别的技术措施,如降低爆破药剂的湿度、调整孔深与孔距,甚至使用水胶炸药等技术,以保证爆破效果的有效性。通过这些技术手段,爆破能量能够更为有效地传递,减少水分对爆破效果的干扰,从而实现更加理想的破碎效果。

4 结语

复杂地质条件下的精确爆破控制技术,在矿业及工程建设领域中已占据了至关重要的地位,它对提高作业效率、安全性及环境友好性具有深远的影响。本研究对爆破控制技术的基本原理进行了深入探讨,并分析了在露天矿中的实际应用。主要集中在爆破振动、飞石、地下水排放等方面的控制方法,同时阐述了不同地质条件对爆破设计的深刻影响。随着科技的不断进步,精确爆破技术正朝着智能化、精细化的方向发展。进一步的技术创新与完善已迫切需要,以应对在复杂环境中遇到的挑战。在未来,精确爆破技术将在推动矿业可持续发展、提升工程安全性等方面,发挥更加关键的作用。

[参考文献]

- [1] 李兰彬. 露天矿复杂环境深孔精确控制爆破实践[J]. 现代矿业, 2022, 38(4): 110-112.
 - [2] 龙跃聪. 浅谈采矿工程中爆破技术的发展与应用[J]. 世界有色金属, 2021(12): 43-44.
 - [3] 李祥龙, 张其虎, 王建国, 等. 地下爆破精确延时逐孔起爆减振试验研究[J]. 黄金科学技术, 2021, 29(3): 401-410.
- 作者简介: 王质彬(1993.4—), 毕业院校: 大连理工大学, 所学专业: 土木工程, 当前工作单位: 新疆雪峰爆破工程有限公司, 职称级别: 助理工程师。