

煤矿深孔爆破技术优化与应用研究

傅永和 祁瑞祥 王质彬

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 煤矿开采作为我国能源产业的基础, 其开采效率对能源供应保障及经济发展具有重要影响。深孔爆破技术, 作为一种高效的矿山开采方法, 通过精确的设计与操作, 能够显著提升爆破质量, 减少资源浪费, 并确保作业的安全性。根据《爆破安全规程》规定, 当炮孔直径超过 50mm 且深度超过 5m 时, 便可认定为深孔爆破。随着煤矿开采深度的加大, 传统爆破技术逐渐难以应对复杂地质条件的挑战。深孔爆破技术则能够根据矿山的地质特点, 采用更加精细的爆破设计, 从而有效降低爆破过程中可能出现的风险, 优化资源的利用效率。针对深孔爆破技术进行系统优化的研究, 不仅具有显著的学术价值, 而且对煤矿行业实现安全、高效及绿色发展也具有深远的影响。

[关键词] 煤矿; 深孔爆破技术; 技术优化

DOI: 10.33142/ec.v8i4.16323

中图分类号: TD823

文献标识码: A

Research on Optimization and Application of Deep Hole Blasting Technology in Coal Mines

FU Yonghe, QI Ruixiang, WANG Zhibin

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

Abstract: As the foundation of Chinese energy industry, coal mining has a significant impact on energy supply security and economic development due to its mining efficiency. Deep hole blasting technology, as an efficient mining method, can significantly improve blasting quality, reduce resource waste, and ensure operational safety through precise design and operation. According to the "Blasting Safety Regulations", when the diameter of the blasting hole exceeds 50mm and the depth exceeds 5m, it can be considered as deep hole blasting. With the increasing depth of coal mining, traditional blasting techniques are gradually unable to cope with the challenges of complex geological conditions. Deep hole blasting technology can adopt more refined blasting design based on the geological characteristics of the mine, effectively reducing the risks that may occur during the blasting process and optimizing the efficiency of resource utilization. The research on systematic optimization of deep hole blasting technology not only has significant academic value, but also has a profound impact on achieving safe, efficient, and green development in the coal mining industry.

Keywords: coal mine; deep hole blasting technology; technical optimization

引言

随着煤矿开采技术的持续进步, 深孔爆破技术作为一种核心的土石方爆破方法, 已被广泛应用于矿山作业中。通过精确调控爆破参数、优化药量配比与孔距设计, 该技术在提升煤矿开采效率与安全性方面发挥了关键作用。深孔爆破不仅能够有效减少碎石, 提升破碎质量, 而且显著降低了施工成本, 成为矿山开采中不可或缺的技术支撑。随着煤矿生产规模的不断扩大以及技术要求的日益提高, 传统爆破技术在实际应用中面临着诸如安全隐患、低作业效率及环境影响等新挑战。如何优化深孔爆破工艺、提升其在煤矿开采中的综合应用效果, 已成为当前研究与实践中的重点问题。

1 煤矿深孔爆破技术概述

深孔爆破技术作为煤矿开采中常用的土石方爆破施工方法, 具有重要的应用价值。根据《爆破安全规程》规定, 炮孔直径超过 50mm, 且深度超过 5m 的爆破作业被认定为深孔爆破。与传统爆破方法相比, 深孔爆破在提升爆破效果、提高施工效率及保障安全方面展现出显著优势。在实际操作中, 通常需要预先设计阶梯式钻孔并精确布置

药包, 这样的设计不仅确保了爆破后碎片的均匀分布, 还能通过一次爆破有效为后续铲装作业奠定基础, 从而大幅提升施工顺畅度与工作效率。深孔爆破要求对爆破参数进行精确计算, 特别是炸药量和药量分布。每个环节的控制都至关重要, 必须确保炸药装填质量与稳定性, 以实现预期的爆破效果。这些精确要求使深孔爆破技术在煤矿开采中展现出更高的爆破质量, 不仅有助于有效控制成本, 还能降低潜在的安全隐患, 满足现代煤矿安全生产的高标准。在一些矿区, 较为陡峭的坡度要求针对不同的地形和地势制定个性化的爆破方案。深孔爆破技术采用分阶开采的方式, 使得爆破作业更加具有针对性, 从而提高了作业的效率与精度。通常, 爆破作业遵循自上而下的顺序进行, 不仅有效降低了爆破过程中可能出现的风险, 还能确保已爆破区域的安全性。工作人员应尽量缩短在爆破后的区域停留时间, 以保障安全。在深孔爆破实施前, 必须对钻孔进行全面检查, 确保孔位、角度与深度符合设计要求, 且孔内通畅无阻。任何发现的阻塞或异物应及时清理, 以确保炸药装填顺利进行。装药过程中, 通过结合自动化与人工

操作的方式，可以确保炸药的质量稳定，装药高度精确。同时，在装药前要进行孔内通畅性检测，避免因堵塞影响装药进度。填塞环节则采用钻孔岩粉与黏土等材料，以保证填塞长度符合设计标准，从而提升爆破效果和作业安全性。

2 煤矿深孔爆破技术优化

2.1 爆破参数与设计优化

深孔爆破技术在煤矿开采中作为一项重要的土石方爆破方法，展现出其独特的应用价值。根据《爆破安全规程》规定，若炮孔的直径超过 50mm，且深度大于 5m，则可视作深孔爆破。与传统爆破方式相比，深孔爆破技术在爆破效果、施工效率及安全性方面具备显著的优势。实际操作中，常需对钻孔设计进行阶梯式处理并精准布置药包，这一精细设计不仅能够确保爆破碎片的均匀分布，还能通过一次爆破为后续铲装作业提供有效支持，从而显著提高施工效率与作业顺畅度。精确计算爆破参数，尤其是炸药量与药量分布的设计，是深孔爆破技术的一大关键要求。每一个环节的精准控制，保证了炸药装填的稳定性，进而实现理想的爆破效果。深孔爆破技术所需的高精度控制，使得煤矿开采中的爆破质量大大提升，不仅有效降低了安全隐患，还能够控制成本，满足煤矿安全生产的高标准要求。在矿区较陡的地形中，实施定制化的爆破方案显得尤为重要，深孔爆破通过分阶开采的方式，确保了爆破作业的精准与高效。一般采用自上而下的爆破顺序，这样不仅能有效降低作业过程中的风险，还能确保爆破后区域的安全。因此，在爆破后区域的停留时间应尽可能缩短，以确保操作人员的安全。实施深孔爆破前，钻孔的各项参数必须经过严格检查，包括孔径、角度与深度，并确保孔内无任何障碍物。如果发现异物或堵塞，应及时清理，以确保炸药装填过程顺利进行。在装药过程中，结合自动化与人工方式，可确保炸药的质量稳定，且装药高度精准。此外，在装药前进行孔内通畅性测试至关重要，避免因孔内堵塞而导致进度延误。填塞时，通常选择岩粉与黏土作为填塞材料，以确保填塞长度符合设计要求，从而提升爆破效果及作业安全性。

2.2 药量配比与爆破顺序优化

在煤矿深孔爆破作业中，药量配比与爆破顺序的优化直接关系到爆破效果与施工安全。合理配比药量不仅能够确保爆破作业的高效性，还能保障作业过程的安全性；科学设计爆破顺序则有助于合理控制能量释放，优化岩石破碎效果，最大程度地减少震动与飞石带来的危害。药量配比的优化是深孔爆破中的核心环节，若药量配置不足，爆破效果可能不尽如人意，无法达到预期的破碎效果；相反，药量过多则会导致过度爆破，从而增加震动与飞石的风险，甚至可能对周围环境和设施造成损害。在设计药量时，需综合考虑岩层硬度、开采深度以及所需破碎块的大小等多重因素。通过精确计算药量与孔径、药包密度、岩石抗压强度等之间的关系，能够为每个炮孔精确确定所需药量。

现代深孔爆破设计通常依赖计算机模拟与试验数据，不断优化药量配比，确保爆破效果达到最佳。爆破顺序的优化同样在深孔爆破中占据重要地位，合理的爆破顺序能够有效控制能量的释放方式，避免不必要的能量浪费与结构损坏。传统的同步起爆方式通常会导致爆破波集中释放，这种方式容易引发过度震动与飞石，甚至可能对矿山结构造成破坏。而采用分阶爆破及自上而下的起爆顺序，可确保爆破能量逐步释放，减少震动与冲击力的集中，提升每个炮孔的破碎效率，避免爆破力的重叠或干扰。每一层岩石都能得到充分破碎，从而提高整个作业的效果。在爆破顺序优化过程中，微差起爆技术发挥了至关重要的作用，精确控制每个炮孔的起爆时间能够实现炮孔之间的时间间隔，从而使爆破波错位传播，减少震动集中效应，这一技术不仅提升了爆破效果，还增强了作业安全性，有效避免了同步爆破可能带来的安全隐患。

2.3 爆破孔距与孔径的优化设计

在煤矿深孔爆破作业中，爆破孔距与孔径的优化设计是确保爆破效果与施工安全的关键。合理的孔距与孔径设计不仅有助于提高岩石破碎效率，还能有效控制震动与飞石的风险，减少能量浪费，从而为矿山开采提供坚实的基础。孔距设计需要考虑多种因素，包括岩层特性、开采方式及爆破目标。若孔距设置过小，爆破过程中容易产生能量叠加，进而引发震动加剧与飞石风险的增加，甚至可能导致局部过度爆破，造成能量的浪费^[1]。相反，孔距过大会影响爆破效果，使岩层无法有效破碎，进而影响铲装与运输作业的效率。因此，孔距应基于岩石性质、开采深度与药量等因素进行精确计算。通常，软岩层可以适当增大孔距，而硬岩层则应缩小孔距，从而确保能量能够集中作用于破碎区域，达到最佳效果。孔径设计同样至关重要，直接决定了炸药的装填量与能量释放的均匀性。孔径过小时，炸药填充量不足，无法达到理想的爆破效果，导致岩层破碎不充分，破碎块料偏大，不利于后续处理。孔径过大时，虽然炸药量增加，但能量分布不均，可能引发不必要的震动与飞石，甚至浪费炸药资源。因此，孔径设计应综合考虑炸药量、孔壁稳定性及开采工艺要求，通常通过试验与数值模拟来确定最佳孔径范围，以最大化爆破效果。孔距与孔径的优化设计并非孤立进行，而是需相互配合，综合考虑不同开采区域的岩层特性与开采方法。只有通过精确配合，两者设计才能确保每个爆破点的最大效能，避免能量过度集中或浪费。通过合理设计，爆破力能够得到有效分布，从而提升岩石破碎效率，减少不必要的资源浪费，确保作业顺利进行。

3 煤矿深孔爆破技术的优化与实施策略

3.1 爆破工艺的优化与实施

煤矿深孔爆破工艺的优化与实施是矿山开采高效、安全及经济的重要环节。通过不断改进爆破工艺，不仅能够

显著提高破碎效果,还能有效降低作业风险,提升整体作业效率。优化爆破工艺的核心在于科学配置并合理调整各项爆破参数,以确保矿石的精确破碎,同时控制成本与减少环境影响。在爆破工艺优化过程中,爆破孔径、孔距及炸药量的合理设计是至关重要的。根据矿石的硬度、层理结构以及矿山地质特性,优化这些参数可以大大提高爆破效果^[2]。例如,合理设计孔径与孔距能够最大化爆破能量的利用,避免因参数不当而造成资源浪费。同时,炸药类型与配比的调整,应依据不同地质条件,以确保炸药威力与所需破碎效果的匹配,从而进一步提升整体爆破效果。爆破顺序与起爆方式的改进,也是工艺优化中的重要内容。传统爆破多采用简单的顺序爆破方式,而分层爆破、分阶段爆破以及微差起爆等现代方法,已经在实践中证明了其更高的效率。这些先进的爆破技术能够有效减少震动、飞石及裂纹的产生,提高爆破精度。合理的起爆设计能够均匀释放炸药能量,避免某一阶段爆破过强,造成矿石破碎不均或资源浪费。在优化爆破工艺的过程中,安全与环保措施也需特别关注。借助先进的监测技术与数据分析手段,对爆破过程中的各项参数进行实时监控,作业方案可以根据实际情况及时调整,以应对突发状况。加强对飞石、震动以及有害气体排放的监控,是实现绿色开采与安全生产的必然要求,有效降低矿工及周围环境的影响。机械化与自动化技术的应用为爆破工艺的优化提供了有力支持。通过自动化装药及无人机监测等先进技术,爆破作业的精度与安全性得到了显著提升,尤其在高风险和复杂环境下,机械化操作不仅提高了作业效率,还有效降低了因人为操作失误所带来的安全隐患。

3.2 深孔爆破技术优化的实际效果

深孔爆破技术优化的实际成效体现在多个方面,不仅提高了爆破效率,也显著改善了安全性与经济性。通过技术精细化的优化,深孔爆破不仅能实现更精确的破碎效果,还能够有效降低开采过程中的潜在风险,同时减少资源浪费,最终实现更高的经济回报。爆破效率的提高是技术优化最直接的体现之一,关键参数如孔径、孔距和药量配比等在优化设计中得到了精准调整,从而使矿石的破碎效果更加理想,这不仅减少了因碎石过大或过小所需的二次处理需求,还确保了后续环节(如铲装、运输等)的高效顺畅,大幅提升了生产效率。爆破顺序和起爆方式的合理安排,确保了矿石的均匀破碎,减少了不规则碎片的产生,

进一步推动了开采效率的提升^[3]。在安全性方面,优化后的深孔爆破技术也带来了显著的改善,通过精确设计的爆破工艺,震动、飞石以及空气冲击波等不良影响得到了有效抑制,显著降低了因爆破不当可能引发的安全隐患。例如,微差起爆技术与分层爆破方法的应用,能够精确控制能量的释放,避免对矿工及周围环境的危害。此外,监测与反馈机制的引入,使得作业过程中的潜在风险可以实时识别,并采取有效措施进行应对,确保了安全管理的有效性。在经济性方面,技术优化同样表现出了显著优势。通过优化炸药的使用,避免了浪费,矿石利用率得到了有效提升,直接降低了开采成本。精准的药量控制,不仅减少了资源浪费,还有效减少了因破碎效果不理想而导致的二次破碎成本。优化爆破工艺还降低了设备的损耗及维修频率,从而有效减少了长期运营中的维护成本。随着技术的进步,现代深孔爆破不仅提高了矿石破碎质量,还最大限度地减少了环境影响。飞石飞溅范围、震动幅度、噪音和废气排放等都得到了精确控制,爆破过程中的环境负担有效减轻。这些改进措施使煤矿开采更符合当今环保标准,推动了煤矿行业向绿色可持续发展转型。

4 结语

煤矿深孔爆破技术在矿山开采过程中扮演着至关重要的角色。通过爆破参数的精细化优化、药量配比的调整以及孔距设计的合理配置,技术的提升不仅显著提高了爆破效率,而且有效降低了安全风险,并在成本控制方面取得了显著成效。尽管当前技术已展现出较好的应用效果,仍需进一步融入智能化与自动化技术,以提升精确性、提高作业效率,并减少环境负担。随着新技术的不断创新与应用,深孔爆破技术将在煤矿行业的高效与可持续发展中提供更加坚实的支撑。

[参考文献]

- [1] 尹宏昌,李成林,王凤祥. 煤矿井下深孔爆破技术的应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济,2024(17):133-135.
 - [2] 扬毅,董广路. 浅析煤矿掘进过程中的中深孔爆破技术[J]. 冶金与材料,2024,44(2):112-114.
 - [3] 于海连. 露天煤矿深孔爆破技术分析[J]. 内蒙古煤炭经济,2023(3):11-13.
- 作者简介:傅永和(1997.11—),毕业院校:西北工业大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:新疆雪峰爆破工程有限公司,职称级别:助理工程师。