

矿山开采爆破参数优化的施工实践研究

史志远

焦作煤业（集团）新乡能源有限公司 河南 新乡 453600

【摘要】矿山开采中爆破参数的合理性直接影响开采作业的安全性、效率及成本控制。本文以矿山开采爆破参数优化的施工实践为研究对象，通过分析不同爆破参数在实际施工中的应用效果，明确合理优化孔深、孔距、装药量等关键参数，可有效降低爆破振动对周边岩体的破坏，减少矿石大块率，提升铲装运输效率，同时降低爆破材料消耗成本。研究结合具体矿山施工案例，验证了爆破参数优化方案的可行性与实用性，为矿山开采爆破施工提供科学参考，助力矿山实现安全高效低成本开采目标。

【关键词】矿山开采；爆破参数优化；施工实践；开采效率；安全控制

DOI:10.12417/2811-0722.25.12.012

引言

矿山开采作业中，爆破环节作为矿石开采的关键工序，其参数设置与后续开采作业的顺利推进密切相关。当前部分矿山在爆破施工中，因参数设计缺乏针对性，常出现爆破后岩体稳定性下降、矿石块度不均、资源浪费等问题，不仅影响开采进度，还增加安全隐患与运营成本。深入探究爆破参数优化的施工实践方法，能够针对不同矿山地质条件、开采规模及作业要求，制定适配的参数方案，解决现有施工中存在的实际问题，为矿山开采行业提升整体施工水平奠定基础，推动矿山开采向更安全、高效、经济的方向发展。

1 矿山开采爆破施工现存问题分析

矿山开采爆破施工中，地质条件对爆破效果影响关键，不同区域岩体硬度、裂隙发育程度、岩层结构差异显著。但部分矿山确定爆破参数时，未充分开展地质勘察，仅依过往经验或通用标准设孔深、孔距等，致参数与实际地质条件不匹配。如岩体硬度高且裂隙少区域用松软岩体的小孔深，炸药能量不足使岩体破碎不充分，出现大量大块矿石；裂隙发育区域用大孔距，易致爆破能量不均，加剧岩体裂隙扩展，降低稳定性，增加坍塌风险。矿石大块率高的问题也与参数不合理相关，装药量不足或孔距过大时，炸药能量难充分破碎岩体，产生超铲装设备处理能力的大块矿石，需二次破碎，耗人力物力时间，延误进度降效率，还可能引发飞石、振动等安全隐患。爆破振动虽不可避免，但参数不当如装药量过大、起爆顺序不合理，会使振动超安全标准，损害矿山巷道、边坡等结构，还可能影响周边居民区与设施，引发纠纷甚至致开采暂停，造成经济损失。

2 矿山开采爆破关键参数确定与影响因素分析

（1）爆破关键参数的种类及核心作用界定

矿山开采爆破施工的关键参数包含孔深、孔距、排距、装药量及起爆顺序，各参数均发挥核心作用。孔深决定炸药在岩体中的作用深度，合理设置可确保炸药能量充分作用于目标岩层，避免欠挖或超挖。孔距与排距影响炸药能量分布均匀性，适宜参数能让相邻炮孔爆炸能量叠加，实现岩体均匀破碎，减

少大块矿石。装药量决定爆破能量大小，过少致岩体破碎不充分，过多则增振动、飞石风险且浪费炸药。起爆顺序通过控制炮孔起爆时间调节能量释放，合理设置可降低振动强度、提升破碎效果，保障施工安全。

（2）地质条件对爆破参数的影响机制分析

地质条件对爆破参数的影响贯穿于参数设计与应用全过程，不同地质特征会从多个方面改变爆破参数的作用效果。岩体硬度方面，硬度较高的岩体需要更大的爆破能量才能实现有效破碎，因此需对应增加装药量或减小孔距，以确保炸药能量足以克服岩体的抗压强度；岩体裂隙发育程度不同，对炸药能量的传递与消耗也存在差异，裂隙较多的岩体易导致炸药能量泄漏，此时需适当调整孔深与装药量，减少能量损失；岩层结构的完整性同样影响爆破参数选择，对于层理发育的岩层，需根据岩层走向与倾角调整炮孔布置方向及孔距，避免爆破后岩层沿层理面滑落，保障开采作业安全，若忽视地质条件对爆破参数的影响，将导致参数设计失去科学性，无法达到理想的爆破效果。

（3）开采规模与作业要求对爆破参数的制约作用

矿山的开采规模与作业要求从实际应用角度对爆破参数选择形成制约。在大型矿山开采中，由于开采面积大、矿石需求量多，需采用大规模的爆破作业方式，此时孔距、排距可适当增大，同时配合合理的装药量与起爆顺序，以提高单次爆破的矿石产量，满足大规模开采需求；而小型矿山或狭窄采场，受空间限制，爆破作业规模较小，需减小孔深与孔距，控制装药量，避免爆破能量对采场周边结构造成破坏。从作业要求来看，若矿山对矿石块度要求较高，需降低大块率以适应后续加工设备需求，则需减小孔距、优化装药量，确保岩体充分破碎；若矿山更注重开采进度，需缩短爆破间隔时间，提升作业效率，则需在保证安全的前提下，优化起爆顺序，减少爆破准备与等待时间，使爆破参数与开采规模及作业要求高度适配。

3 矿山开采爆破参数优化方案设计

（1）基于地质勘察数据的参数初步设计方法

开展矿山开采爆破参数优化，首先需通过详细的地质勘察获取准确数据，为参数初步设计提供依据。地质勘察工作需采用钻探、物探等专业技术手段，全面采集开采区域的岩体密度、抗压强度、裂隙分布、岩层厚度等地质信息，并建立地质数据库。在参数初步设计阶段，依据地质数据库中的岩体硬度数据确定初始装药量范围，对于硬度较高的岩体，初始装药量取值偏向上限，反之则偏向下限；根据岩层厚度与岩体完整性确定孔深，确保孔深能够穿透目标开采岩层，同时避免穿透下方不稳定岩层；结合岩体裂隙分布情况，初步设定孔距与排距，裂隙密集区域适当减小孔距，以弥补能量泄漏问题，通过这种基于地质勘察数据的设计方法，使初步参数方案具备一定的科学性与针对性，为后续优化调整奠定基础。

（2）结合施工实践经验的参数调整策略

在初步参数方案的基础上，结合矿山过往爆破施工实践经验进行参数调整，是提升参数合理性的重要环节。收集矿山历史爆破施工记录，分析不同地质条件下过往参数的应用效果，总结成功案例中的参数设置规律与失败案例中的问题所在。若过往在某一类似地质区域采用特定孔距参数时，出现大块率过高问题，则在本次参数调整中，可适当减小孔距；若某一装药量参数应用时，爆破振动未超标且破碎效果良好，则可将该参数作为参考依据，结合本次地质条件细微差异进行微调。借鉴同类型矿山的先进施工经验，参考其在相似开采规模与地质条件下的参数设置方案，对初步设计的参数进行补充调整，使参数方案更贴合实际施工需求，提高参数优化的效率与准确性。

（3）引入数值模拟技术的参数优化验证

引入数值模拟技术对初步设计与调整后的爆破参数方案进行验证，能够提前预测爆破效果，减少实际施工中的试错成本。采用专业的爆破数值模拟软件，如 FLAC3D、ANSYS 等，根据地质勘察数据构建与实际开采区域相符的三维地质模型，将设计的爆破参数（孔深、孔距、装药量、起爆顺序等）输入模型中，模拟爆破过程中炸药能量的释放、岩体应力分布、振动传播规律及岩体破碎效果。通过模拟结果分析参数方案存在的问题，如若模拟显示爆破振动强度超标，则需减少装药量或优化起爆顺序；若模拟显示岩体破碎不均，则需调整孔距或装药量。根据模拟结果对参数方案进行多次修正与优化，直至模拟爆破效果达到安全、高效、经济的目标，确保优化后的参数方案在实际施工中具备可行性与可靠性。

4 矿山开采爆破参数优化方案的施工实践应用

（1）具体矿山工程概况与参数应用前期准备

选取某大型煤炭矿山作为实践应用对象，该矿山开采区域以煤层及顶底板岩层为主，煤层厚度 3-5m，顶底板岩体硬度中等，部分区域受地质构造影响裂隙发育，主要开采煤炭，设计开采规模为年开采量 150 万吨，对煤炭块度要求为最大块

度不超过 600mm，爆破振动需控制在 0.15cm/s 以内。在参数应用前期，开展全面的准备工作，一方面，组织技术人员对开采区域进行再次地质复核，重点确认煤层赋存状态、顶底板岩性及裂隙分布等地质数据的准确性，同时对参与施工的人员进行参数优化方案培训，使其熟悉优化后的参数设置、操作流程及安全注意事项；另一方面，准备符合参数要求的爆破材料，如根据装药量需求定制不同规格的煤矿许用炸药，检查起爆器材的性能，确保器材质量达标，此外，布置振动监测设备，在开采区域周边及周边敏感点设置监测点，实时监测爆破振动数据，为后续参数调整提供数据支持。

（2）优化参数在爆破施工中的具体实施步骤

在爆破施工实施过程中，严格按照优化后的参数方案开展作业。第一步，根据设计的孔深、孔距与排距，采用专业的钻孔设备进行炮孔施工，施工过程中安排技术人员全程监督，确保炮孔位置、深度与角度符合参数要求，对钻孔偏差超标的炮孔及时进行整改；第二步，按照设计的装药量，由专业人员进行炸药装填作业，装填过程中控制炸药装填密度，避免出现漏装、超装现象，同时在炮孔底部与顶部设置堵塞物，确保堵塞长度与质量，减少炸药能量泄漏，且装填过程中实时监测瓦斯浓度，若浓度超标立即停止作业；第三步，根据优化的起爆顺序，连接起爆网络，采用毫秒延期起爆技术，按照预设的时间间隔依次起爆不同排的炮孔，起爆前对起爆网络进行多次检查，确保网络连接牢固、可靠，同时撤离爆破区域所有人员与设备；第四步，起爆完成后，待爆破区域瓦斯浓度降至安全范围且岩体稳定，组织人员进入现场检查爆破效果，记录煤炭块度、煤层顶底板破坏情况等数据，并与监测设备采集的振动数据、瓦斯数据进行汇总分析。

（3）施工实践中参数动态调整与问题解决

在优化参数的施工实践过程中，需根据实际爆破效果与监测数据进行参数动态调整，及时解决出现的问题。若某次爆破后，通过现场检查发现煤炭大块率超出预设标准，结合振动监测数据未超标的情况，分析原因可能为装药量不足或孔距偏大，此时适当增加装药量或减小孔距，并在后续爆破作业中应用调整后的参数；若监测数据显示爆破振动接近安全限值，分析可能是起爆顺序不合理导致振动叠加，随即调整起爆间隔时间，改变起爆顺序，降低振动叠加效应。在遇到突发地质变化，如开采区域出现新的断层或裂隙带（可能导致煤层厚度变化或瓦斯异常涌出）时，暂停爆破作业，重新开展局部地质勘察，根据新的地质情况调整孔深、孔距等参数，避免因地质变化导致爆破事故。通过这种动态调整机制，确保优化后的参数方案始终适应实际施工条件，保障爆破施工持续稳定进行。

5 矿山开采爆破参数优化实践效果评估与应用推广建议

(1) 爆破施工安全与效率指标改善情况评估

优化爆破参数应用后，爆破振动强度得到有效控制，远低于安全限值，开采区域周边岩体稳定性明显提升，以往可能出现的巷道变形、边坡坍塌等安全隐患不再发生，作业人员与设备安全获得可靠保障，安全事故发生概率大幅下降。在效率方面，爆破后矿石大块率显著降低，无需花费大量时间进行二次破碎作业，铲装设备能够更高效地运转，单次爆破作业的矿石产出量有所增加，开采周期相应缩短，矿山整体开采进度加快，充分满足了既定生产需求，直观体现出爆破参数优化的实际价值。

(2) 开采成本控制效果与经济收益分析

优化后的爆破参数对成本控制起到积极作用，炸药及雷管等起爆器材的消耗减少，直接降低了爆破材料方面的投入；矿石大块率降低使得二次破碎所需的人力与设备投入减少，铲装运输效率提升也减少了设备待机时间和燃油消耗，进一步压缩了运营成本。在经济收益上，开采效率提升保障矿山能按时完成生产任务，矿石产量稳定提升，且矿石因破碎均匀质量有所改善，销售时具备一定优势，综合来看，矿山整体经济收益实现大幅增长，成本控制成效与经济效益提升均十分显著。

(3) 爆破参数优化方案的应用推广条件与建议

爆破参数优化方案的应用推广需要满足特定条件，矿山需具备开展详细地质勘察的能力，通过勘察获取精准地质数据，为参数设计提供坚实基础；还需拥有专业技术人员与施工队伍，确保相关人员掌握参数优化的设计方法、施工技术及监测手段；一定的资金支持也必不可少，用于购置所需的勘察设备、监测仪器及爆破材料，保障优化方案顺利落地。在推广层面，可加强行业内技术交流与培训，组织矿山企业参与相关技术研讨会并邀请专家授课，提升行业整体技术水平；推动矿山与科研机构合作，结合各矿山实际情况定制适配的参数优化方案；建立完善的参数优化效果评估体系，为方案推广提供科学支撑，助力更多矿山实现安全、高效、经济开采。

6 结语

本文通过对矿山开采爆破参数优化的施工实践研究，明确了爆破参数优化对提升矿山开采安全、效率及降低成本的重要意义。研究过程中分析了当前矿山爆破施工存在的问题，探究了关键参数的影响因素，设计并实践应用了参数优化方案，同时评估了优化效果。结果表明，合理优化爆破参数能够有效解决矿山爆破施工中的实际问题，为矿山开采提供科学可行的技术方案。后续矿山开采过程中，可结合技术发展与实际需求，进一步完善参数优化方法，推动矿山开采技术持续进步，为矿山行业的可持续发展提供有力支撑。

参考文献：

- [1] 陈宇航,刘思远.金属矿山开采中爆破参数优化的实践研究[J].矿业工程,2023,21(2):45-48.
- [2] 赵文博,孙佳琪.基于地质条件的矿山爆破参数设计与优化[J].中国矿业,2022,31(5):132-135.
- [3] 李雨桐,周浩然.数值模拟技术在矿山爆破参数优化中的应用[J].爆破,2023,40(3):78-82.
- [4] 王梓丞,张欣怡.矿山爆破施工中参数动态调整策略与实践[J].采矿技术,2022,22(4):98-101.
- [5] 刘浩宇,陈雨薇.矿山爆破参数优化对开采成本与效率的影响分析[J].矿产保护与利用,2023,43(1):112-115.