

露天深孔爆破爆破振动对周边环境的影响及防治措施

史柏林 好燕飞 王明君

内蒙古生力中伟爆破有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘 要：随着露天深孔爆破在矿山开采、基础设施建设等领域的广泛应用，其产生的爆破振动对周边环境的影响日益受到关注。本文阐述了露天深孔爆破技术的基础原理，分析了爆破振动对周边建筑物、构筑物及自然环境的影响，介绍了爆破振动监测技术，并从爆破参数优化、减振技术应用、建筑物保护和安全管理等方面提出了相应的防治措施，旨在为减少爆破振动危害、实现爆破作业与周边环境的和谐共生提供理论支持和实践指导。

关键词：露天深孔爆破；爆破振动；周边环境；防治措施

引言：露天深孔爆破作为一种高效的岩土破碎手段，在众多工程领域发挥着关键作用。然而，爆破过程中产生的振动波会向周围介质传播，可能对周边的建筑物、构筑物以及自然环境造成不同程度的破坏和干扰。近年来，随着城市化进程的加速以及人们对生态环境质量要求的提高，深入研究露天深孔爆破振动对周边环境的影响并制定有效的防治措施，已成为爆破工程领域亟待解决的重要课题。这不仅关系到工程建设的顺利推进，更关乎社会的可持续发展和人民群众的生命财产安全。

1 露天深孔爆破技术基础

1.1 露天深孔爆破的定义与特点

露天深孔爆破是指在露天环境下，钻凿深度大于5m、孔径大于50mm的炮孔，装入大量炸药进行爆破的方法。其具有爆破规模大、效率高、成本相对较低等优点，能够在短时间内完成大量土石方的开挖或破碎作业，适用于大型矿山开采、水利水电工程建设、公路铁路路基开挖等项目。然而，这种爆破方式也伴随着较强的爆破振动、飞石、空气冲击波等有害效应，其中爆破振动对周边环境的影响范围较广且潜在危害较大。

1.2 爆破参数与设备选择

爆破参数的合理确定是保证爆破效果和控制爆破振动的关键。主要爆破参数包括孔径、孔深、孔距、排距、炸药单耗等。孔径和孔深根据工程规模和岩石性质选择，较大的孔径和合适的孔深有利于提高爆破效率。孔距和排距的确定需考虑岩石的可爆性和爆破破碎要求，通过合理的间距布置可以实现岩石的充分破碎并减少爆破振动的叠加。炸药单耗则要根据岩石硬度、爆破方式以及预期的爆破效果进行调整，避免因炸药用量过大而导致爆破振动超标。

爆破设备主要包括钻孔机械、装药设备和起爆系统。钻孔机械的选择应满足孔径和孔深的要求，同时具

备高效、稳定的性能，常见的有潜孔钻机、牙轮钻机等。装药设备应能保证炸药的准确装填和合理分布，提高装药质量和安全性。起爆系统则要求可靠、精确，能够实现多段起爆，以控制爆破振动的峰值和持续时间，常用的起爆系统有导爆管雷管起爆系统和电子雷管起爆系统，其中电子雷管起爆系统在精确控制起爆时间和降低爆破振动方面具有显著优势。

1.3 爆破振动产生的机理

爆破振动是炸药在岩石中爆炸后，爆炸能量以应力波的形式在岩石介质中传播，并引起周围介质质点振动的现象。当炸药爆炸时，瞬间释放出的高温高压气体产物对周围岩石产生强烈的冲击作用，使岩石产生压缩、拉伸和剪切变形，形成初始应力波。该应力波包括纵波（P波）、横波（S波）和表面波（Rayleigh波），其中表面波能量衰减相对较慢，对地表建筑物和环境的影响较大。应力波在传播过程中，由于岩石介质的阻尼作用和能量的散射，其强度逐渐衰减，但在传播到一定距离后仍可能对周边环境产生不可忽视的振动影响。

2 爆破振动对周边环境的影响

2.1 对建筑物与构筑物的影响

爆破振动传递到建筑物和构筑物时，可能引起结构的振动响应。当振动强度超过建筑物的允许振动阈值时，会导致墙体开裂、门窗变形、屋顶损坏等结构破坏现象，严重影响建筑物的安全性和稳定性。对于一些年代久远、结构脆弱的古建筑或民用建筑，其抵抗爆破振动的能力更为有限，更容易受到损害。此外，长期反复的爆破振动作用还可能使建筑物内部的装修、设备等受到损坏，影响其正常使用功能。

2.2 对自然环境的影响

爆破振动对自然环境的影响主要体现在对地质体稳定性和生态系统的干扰上。强烈的爆破振动可能引发山

体滑坡、崩塌等地质灾害,尤其是在地质条件复杂、岩石破碎的区域,这种风险更为突出。此外,爆破振动还会对周边的植被、土壤和野生动物栖息地造成一定程度的破坏,影响生态系统的平衡和生物多样性。例如,振动可能导致树木根系松动、土壤结构破坏,从而影响植被的生长和发育;同时,野生动物可能会因受到惊吓而逃离栖息地,干扰其正常的觅食、繁殖等行为。

3 爆破振动监测技术

3.1 监测设备与方法

在爆破振动监测工作中,所运用的主要设备包括振动传感器、数据采集仪以及信号传输线。振动传感器作为感知爆破振动信号的关键部件,一般被安置于建筑物、地面或者岩石表面等关键节点处。就其类型而言,常见的有速度传感器和加速度传感器,在实际操作中,需依据监测的特定目的以及监测对象的独特性质,审慎选择最为适配的传感器类型。数据采集仪则承担着对传感器所采集到的振动信号进行放大、滤波、模数转换以及存储等重要功能,其采样频率的精准度和精度水平必须达到爆破振动监测所规定的严格要求,只有这样才能确保所采集数据的有效性与可靠性。而信号传输线的作用在于搭建起传感器与数据采集仪之间的桥梁,保障信号在两者之间能够稳定、顺畅地传输,避免因信号中断或失真而影响监测结果的准确性。

监测方法方面,通常采用定点监测与多点监测相互配合的模式。定点监测主要将目光聚焦于爆破区域周边那些具有重要意义的建筑物、构筑物或者敏感目标,通过设置固定的监测点,对其振动响应情况展开长期、持续的监测,以便精准把握这些关键对象在爆破过程中的振动状态变化。多点监测则是在爆破区域的周围,按照不同的距离和方向精心布置多个监测点,以此全面、系统地掌握爆破振动的传播规律以及衰减特性,为后续的爆破设计以及振动控制工作提供更为详尽、精准的数据支撑,从而帮助技术人员更好地了解爆破振动在不同区域的表现,进而制定出更为科学合理的应对策略。

3.2 监测数据的处理与解释

一旦完成监测数据的采集工作,接下来就需要对这些数据进行深入的处理和细致的分析,从而从中提取出具有实际应用价值的有用信息。首先要进行的是对原始数据的预处理工作,这主要包括去噪和滤波等操作,其目的在于尽可能地去除那些夹杂在数据中的干扰信号,进而有效提高数据的质量和纯净度。在完成预处理之后,便需要通过对振动波形的深入分析,精准确定振动的各项关键参数,例如振动的峰值、主频以及持续时间

等。在此基础上,结合相关的爆破振动安全标准以及建筑物的结构特性等因素,对爆破振动给周边环境所带来的影响程度进行科学、客观的评估。

例如,在实际操作中,可以将监测到的振动峰值与建筑物所允许的振动速度进行逐一对比,以此来明确判断建筑物是否处于安全的状态之下;同时,通过对振动主频的深入分析,能够进一步了解振动是否有可能引发建筑物结构的共振现象,从而提前做好相应的防范措施,确保建筑物的安全稳定。这种对监测数据的严谨处理和科学解释,为爆破工程的安全实施提供了重要的理论依据和数据支持,有助于在保障工程进度的同时,最大程度地降低爆破振动对周边环境的不利影响。

3.3 监测结果的应用

监测结果于爆破工程意义重大。一方面,通过对监测数据的分析反馈,可精准优化爆破设计参数,依据数据所示合理增减炸药用量、科学调整起爆顺序与时间间隔,有效降低爆破振动强度,契合周边环境安全标准,最大程度减轻对周边环境与建筑物的潜在危害。另一方面,其为爆破作业安全管理筑牢根基,一旦监测到振动值趋近或超出预设阈值,便能及时采取防护举措甚至暂停作业,保障环境与人员安全。从长远看,长期积累的监测数据能为同类工程提供宝贵经验,推动爆破工程技术进步,在保障效益同时注重环保,助力行业迈向安全、高效、环保之路,实现工程与环境和諧共生。

4 防治爆破振动影响的措施

4.1 爆破参数的优化

合理优化爆破参数对于降低爆破振动影响极为关键。在确保能够达成工程预期爆破破碎效果的前提下,适度削减炸药的单耗量,防止因炸药使用过量而引发过于强烈的振动。对孔距、排距以及起爆顺序进行科学合理的规划与调整,积极采用微差爆破技术,精准把控各段起爆之间的时间间隔。例如,当采用逐孔起爆模式时,将起爆时间间隔精准控制在几毫秒至几十毫秒的范围内,如此一来,先后起爆的炮孔所产生的振动波便能够相互干扰、彼此抵消,进而成功降低振动的峰值。这种通过精细调整爆破参数来降低振动的方法,能够有效减少爆破振动对周边环境的不良影响,是一种从源头上控制爆破振动危害的有效举措,为爆破作业的安全与环保提供了有力支持。

4.2 减振技术的应用

在控制爆破振动方面,除了对爆破参数进行优化之外,运用各种减振技术也能够进一步减轻振动的影响程度。例如,在爆破区域的周边设置减振沟和减振屏障。

减振沟的构建方式是挖掘一定深度和宽度的沟槽,然后在其中填充如砂、锯末等质地松软的材料。当振动波传播至减振沟时,其传播路径会发生改变,能量分布也会随之调整,振动波会在沟内产生反射、折射以及散射等现象,从而消耗掉部分能量,使得传播到周边环境的振动强度得以减弱。而减振屏障则主要是借助其对振动波的阻挡以及反射功能,降低振动波的传播效率。另外,还可以采用预裂爆破、光面爆破等先进技术,在爆破区域的边界打造出预裂面或者光面。这样,当爆破振动波传播到边界时,就会发生反射和折射,从而有效减少对边界外环境的影响,为周边环境构筑起一道坚实的防护屏障。

4.3 建筑物与构筑物的保护

对于处于爆破影响范围内的各类建筑物和构筑物,采取切实有效的保护措施至关重要。对于一般性的建筑而言,可以在其基础的周围设置隔振沟或者隔振垫。隔振沟的工作原理与前面所提到的减振沟相似,都是通过改变振动波的传播路径来减少振动的传递。而隔振垫则通常采用橡胶、弹簧等具有弹性的材料制作而成,其主要作用是缓冲和吸收振动能量,进而达到保护建筑物的目的。对于那些具有重要价值的古建筑、历史遗迹或者结构较为敏感的建筑物,就需要采取更为专业的加固措施。比如,对墙体、梁柱等关键结构部位进行加固处理,以此增强其抗震以及抗振的性能。与此同时,在开展爆破作业之前,必须对建筑物进行全面、详细的结构检测与评估工作,根据检测评估的结果制定具有针对性的保护方案,并且在爆破过程中要持续加强对建筑物的实时监测,只有这样,才能确保建筑物在爆破活动中的安全,最大程度地减少爆破振动对其造成的损害。

4.4 爆破作业的安全管理

强化爆破作业的安全管理工作是有效防治爆破振动影响的重要保障。首先,应当建立一套完善且健全的爆破作业安全管理制度,并且严格执行爆破作业人员持证上岗的制度要求,以此确保每一位参与作业的人员都具备扎实的专业知识和熟练的操作技能。在爆破设计的

初始阶段,必须进行全面、充分的现场勘察以及环境评估工作,在此基础上制定出科学合理的爆破方案,并且该方案需要经过专家的严格论证以及审批流程。在爆破施工的实际过程中,务必要严格按照既定的设计方案以及操作规程进行作业,同时要进一步加强对爆破器材的管理和使用工作,确保整个爆破作业的安全可靠性。此外,还要积极加强与周边居民和单位的沟通与协调工作,及时、准确地告知他们爆破作业的具体时间、地点以及相关的安全注意事项,从而争取到社会各界的理解与支持,共同努力做好爆破振动的防治工作,营造一个安全、稳定、和谐的爆破作业环境。

结语

露天深孔爆破振动对周边环境的影响是一个复杂的工程问题,涉及爆破技术、力学、地质学、环境科学等多个学科领域。通过深入了解爆破振动的产生机理、传播特性以及对周边环境的影响规律,采用先进的监测技术和科学有效的防治措施,可以在保证工程建设顺利进行的同时,最大限度地减少爆破振动对周边建筑物、构筑物和自然环境的危害。在未来的爆破工程实践中,应不断加强技术创新和管理创新,推动爆破工程向更加安全、高效、环保的方向发展,实现工程建设与环境保护的协调共进,为经济社会的可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1]张义平,翟翔,池思安.露天矿深孔爆破振动对周边道路影响及减震措施[J].岩石力学与工程学报,2020,39(S2):3733-3742.
- [2]杨军,谢兴华,汪旭光.露天深孔爆破振动对周边建筑物损伤评估及防治技术研究[J].工程爆破,2020,26(3):1-6.
- [3]陈鹏万,池思安,张晓龙.露天矿深孔爆破振动对地下管线影响的研究[J].工程爆破,2021,27(4):39-44.
- [4]王晓雷,刘殿书,张程程.露天矿深孔爆破振动安全判据与防治措施研究[J].中国安全生产科学技术,2021,17(2):123-128.
- [5]刘军,于亚伦,李小双.露天深孔爆破振动对周边建筑物安全影响分析[J].金属矿山,2022,(4):174-180.