

露天矿山爆破振动影响因素及控制措施的研究

孔慧芳

栾川龙宇铝业公司 河南 洛阳 471500

摘要：随着社会的不断发展和人民生活水平的提高，我国对矿产资源的需求也在不断增加。露天矿山作为矿产资源开采的主要形式之一，其开采效率与安全性直接关系到国家的经济发展和社会稳定。在露天矿山的开采过程中，爆破作为一种常用的技术手段，虽然极大地提高了开采效率，但其产生的爆破振动也对周围环境、设施及人员安全构成了严重威胁。因此，对露天矿山爆破振动的影响因素及控制措施进行深入研究，具有重要的现实意义。

关键词：露天矿山；爆破振动；影响因素；控制措施

引言：露天矿山爆破振动是开采过程中不可避免的现象，其产生机理复杂，主要源于炸药在介质内的爆炸过程。这一过程释放出巨大的能量，形成冲击波、应力波和弹性地震波，对周围环境产生深远影响。为确保开采活动的顺利进行和人员安全，必须深入研究爆破振动的产生机理、影响因素及有效控制措施。本文将探讨炸药类型、炮孔直径、爆破段数、起爆方式和地质条件等因素对爆破振动的影响，并提出相应的控制措施，以期露天矿山爆破作业提供理论指导和实践参考。

1 爆破振动产生机理

爆破振动，作为露天矿山开采中不可或缺的一环，其产生机理复杂且影响深远。这一现象的根本原因在于炸药在介质内的爆炸过程，它释放出的巨大能量是振动产生的源泉。当炸药被引爆后，其内部化学反应迅速进行，释放出大量的热能、光能以及机械能。这些能量在极短的时间内集中释放，形成强烈的冲击波。冲击波是爆破振动中最先产生且能量最大的一部分，它直接作用于炸药周围的介质，如岩石、土壤等，造成介质的破碎和位移。冲击波在传播过程中，会逐渐衰减并转化为应力波和弹性地震波。应力波是介质内部质点间相互作用的结果，它传递着爆炸产生的压力和张力，使介质内部产生形变和破裂。而弹性地震波则是由于介质在受到冲击波和应力波作用后，产生的弹性振动。这种振动以地震波的形式在介质中传播，其速度和方向受介质性质的影响。爆破振动对周围环境的影响主要体现在地震波的传播上。地震波在传播过程中，会遇到不同的介质界面和障碍物，从而产生反射、折射和绕射等现象^[1]。这些现象使得地震波的能量在传播过程中逐渐衰减，但同时也对周围的建筑物、设施以及人员安全构成了威胁。因此，在露天矿山开采过程中，必须采取有效的控制措施来降低爆破振动的影响，确保开采活动的顺利进行和人员安全。

员安全。

2 爆破振动影响因素

2.1 炸药类型

爆破种类也是造成爆破振动的主要原因，因为爆破的性能，包括爆速、密度、波阻抗力等，都与介质中冲击波的衰减程度有关。当爆破所产生的冲击波压强远大于岩体抗压强度时，则爆破地震波在扩散过程中就会产生巨大影响，从而导致冲击波的能量衰减得比较迅速。这是因为，当冲击波压力过高时，岩石会被迅速粉碎，导致冲击波能量在岩石破碎过程中大量消耗。试验表明，当炸药波阻抗值与岩体的波阻抗值接近时，炸药的爆炸能量有效利用率更大，即可引起更大的爆破振动。这是因为，当炸药波阻抗与岩体波阻抗匹配时，炸药爆炸产生的能量能够更有效地传递给岩石，使岩石产生更大的破碎和位移。在爆破工程对爆破振动有要求时，应选择与岩体波阻抗相差较大的炸药，以提高爆破效率并降低振动影响。此外，炸药的种类和性能也会影响爆破振动的频率和持续时间。例如，高爆速炸药产生的冲击波压力大、传播速度快，但振动持续时间较短；而低爆速炸药则产生的冲击波压力较小、传播速度较慢，但振动持续时间较长。在选择炸药时，应根据具体工程需求和地质条件进行综合考虑。

2.2 炮孔直径

(1) 炮孔直径对爆破振动强度也有显著影响。炮孔直径的大小决定了炸药与岩石的接触面积和爆炸能量的传递效率。一般来说，炮孔直径越大，炸药与岩石的接触面积越大，爆炸能量传递越充分，爆破振动强度也就越大。(2) 炮孔直径还影响着爆破地震波的传播特性。大直径炮孔产生的地震波频率较低、波长较长，传播距离较远；而小直径炮孔产生的地震波频率较高、波长较短，传播距离较近。在选择炮孔直径时，应根据爆破区

域的地质条件、周围环境以及爆破需求进行综合考虑。

(3) 炮孔直径还与测点的爆心距密切相关。爆心距是指测点与爆源之间的距离,它决定了爆破振动在传播过程中的衰减程度。一般来说,爆心距越大,爆破振动在传播过程中的衰减越明显;而爆心距越小,爆破振动则越强。在进行爆破设计时,应合理确定炮孔直径和爆心距,以控制爆破振动的强度。

2.3 起爆方式

起爆方法对爆破振动强度的影响作用很大,合理的起爆方法能够有效利用自由面来削弱震动,进而降低阻力线,使得孔距系数得以提升。当岩体在炸药作用下破裂时,巨大的能量会从自由面迅速扩散,促使岩体碎裂,这一过程会在一定程度上减弱爆破的振动强度。在爆破实践中,齐发爆破、微差爆破和逐孔起爆是几种常用的起爆方式。齐发爆破通过同时引爆所有炸药,虽然能产生较低的振动频率,但振动强度却相对较大。相比之下,微差爆破和逐孔起爆则采用了更为精细的控制方式。微差爆破通过分段起爆,而逐孔起爆则是逐一引爆各个炮孔,这两种方式都能有效地降低振动强度和频率,从而减轻对周围环境的扰动^[2]。因此,在选择起爆方式时,必须充分考虑具体工程的实际需求以及地质条件的复杂性。不同的起爆方式各有其适用场景和优势,只有结合实际情况进行综合分析,才能制定出最为合理的起爆方案。这不仅能确保爆破作业的高效完成,还能最大限度地减少对周围环境和结构物的影响。

2.4 地质条件

地质因素也是影响爆炸后破裂振动速度的主要原因,露天矿场爆破将影响区岩体内的孔洞、空隙度、节理构造、风化情况等,各种因素也将影响爆炸破裂后岩体的破坏速度。一般来说,地质状态越坚硬,爆破振动的幅值越低,主频越高,振动持续时间也更短暂。岩石的坚硬程度决定了其抗压强度和抗剪强度,从而影响了爆破振动的传播特性。在坚硬岩石中,爆破振动传播速度较快、衰减较慢;而在松软岩石中,爆破振动传播速度较慢、衰减较快。因此,在进行爆破设计时,应充分考虑地质条件的影响,选择合适的炸药类型、炮孔直径、爆破段数和起爆方式。

3 露天矿山爆破振动控制措施

3.1 采用微差爆破

微差爆破,又称毫秒爆破,是一种通过精确控制炸药起爆时间差,实现分段依次起爆的技术。这一技术的核心在于,利用毫秒级的时间差,将待起爆的炸药分成几个部分,使每部分炸药在相邻部分爆炸后产生的自由

面上进行爆破。这种方式可以有效增加自由面的个数,从而加大爆破振动传播过程中的能量损耗,减小应力波的叠加,达到控制爆破振动的目的。在实施微差爆破时,应根据地质条件、炸药性能及爆破需求,合理确定分段间隔时间和起爆顺序。一般来说,在地质完好、岩性坚硬、炸药威力强、爆源与测点间距离小的情况下,分段间隔可以适当缩短,以充分利用前一段爆炸产生的自由面,提高爆破效率;反之,在地质条件复杂、岩性松软、炸药威力较弱或爆源与测点间距离较大的情况下,则需要适当延长间隔时间,以确保每段炸药都能在最佳时机起爆,达到最佳的降振效果。此外,微差爆破还能有效减小飞石距离,降低爆破对周围环境的破坏风险。在露天矿山爆破作业中,微差爆破已成为一种广泛应用的控制技术。

3.2 限制一次起爆药量

在露天矿山开采过程中,爆破振动的控制是确保作业安全、减少对周围环境和设施影响的重要环节。其中,限制一次起爆药量作为一项关键策略,发挥着举足轻重的作用。当设计药量超出安全允许的一次起爆药量时,我们必须采取分次爆破的方式。通过将一次起爆药量控制在安全范围内,我们可以有效地降低爆破振动的强度和传播范围。这一措施的核心在于减小单次爆破的规模,从而减轻对周围环境和设施的冲击。在复杂环境中进行多次爆破作业时,我们应谨慎行事。首先,从确保安全的一次起爆药量开始进行试爆,这是为了确保我们的爆破方案在实际操作中是可行的,同时也是为了收集数据,以便对后续的爆破作业进行调整和优化。然后,我们可以逐步增加药量,但在这个过程中,必须密切关注爆破振动对周围环境和设施的影响。一旦发现任何异常或不妥,应立即停止作业,并对药量进行调整,以确保作业的安全进行^[3]。此外,我们还需要根据爆破作业的具体情况和需求,合理确定分次爆破的次数和间隔时间。这需要我们充分考虑地质条件、炸药性能、周围环境以及被保护对象的特性等多种因素。通过科学合理的规划和设计,我们可以达到最佳的爆破效果和降振效果,从而确保露天矿山开采作业的顺利进行。

3.3 预裂爆破或开挖减振沟槽

预裂爆破和开挖减振沟槽是二种比较好的减振技术,预裂爆破是在开挖爆破体的被保护区内,通过预先钻取单排或双排防振孔(孔内不装药),然后再通过预先形成的裂隙,吸收或消散挖掘爆破体的振动能量,从而达到减振效果。防振孔的口径通常宜选在35-65mm,孔间距不大于25mm,具体尺寸和间距应根据地质条件

和爆破需求进行确定。实践表明, 预裂爆破的降振率可达30%-50%, 对于保护周围环境和设施具有重要意义。开挖减振沟槽则是在爆破体和被保护对象之间, 挖掘一定深度和宽度的沟槽, 以阻断爆破振动的传播路径, 减小振动对被保护对象的影响。这一措施在建筑物拆除爆破中尤为适用, 可以有效控制邻近爆破点的建筑物、地下管道、电缆等不受爆破和塌落振动的影响。在实施预裂爆破和开挖减振沟槽时, 应充分考虑地质条件、爆破规模及被保护对象的特性, 合理确定防振孔或沟槽的尺寸、间距和位置, 以确保降振效果。

3.4 爆破设计优化

在爆破设计中, 应充分考虑地质条件、爆破方法、自由面大小与个数、爆源与测点距离、炸药性能等因素, 通过合理设计爆破参数, 达到降低爆破振动、提高爆破效率的目的。可以采用以下优化措施: (1) 选用低密度、低爆速的炸药: 低密度、低爆速的炸药产生的冲击波压力较小, 传播速度较慢, 可以减小爆破振动的强度和传播范围。这类炸药还能降低飞石距离, 减小对周围环境的破坏风险。(2) 减小装药直径: 减小装药直径可以降低爆压峰值, 延长作用于介质的时间, 从而有效控制爆破振动峰值。(3) 采用空腔条形和不耦合的药包: 空腔条形药包和不耦合药包能够改变炸药爆炸时产生的应力波传播方式, 使应力波在传播过程中发生反射、折射和绕射等现象, 从而减小爆破振动的强度和传播范围。(4) 合理确定爆源与测点距离: 爆源与测点距离是影响爆破振动的重要因素, 在爆破设计中, 应根据地质条件、爆破规模及被保护对象的特性, 合理确定爆源与测点距离, 以减小爆破振动对被保护对象的影响。(5) 充分利用自由面: 在爆破设计中, 应充分考虑自由面的大小和个数, 通过合理布置炮孔和炸药, 充分利用自由面减小振动, 提高爆破效率。

3.5 爆破振动监测

爆破振动监测是控制爆破振动的重要环节, 通过监

测爆破作业过程中产生的振动波形、振幅、频率等参数, 可以及时了解建筑物、设施设备和边坡坡面在爆破振动作用下的动力响应, 为安全分析提供较为准确的依据。在爆破振动监测中, 应选用先进的监测仪器和设备, 确保监测数据的准确性和可靠性。还应根据爆破作业的具体情况和需求, 合理确定监测点的位置和数量, 以全面反映爆破振动对周围环境和设施的影响。通过爆破振动监测, 可以及时发现爆破设计中存在的问题和不足, 针对性地进行优化和改进^[4]。例如, 可以根据监测结果调整炸药类型、药量、炮孔布置等参数, 以达到最佳的爆破效果和降振效果。还可以根据监测结果评估爆破作业对周围环境和设施的影响程度, 为后续的环境保护和设施维护提供有力支持。

结语

露天矿山爆破振动对周围环境、设施及人员安全构成了严重威胁, 必须采取有效的控制措施。通过选择合理的炸药类型、炮孔直径、爆破段数和起爆方式, 限制一次起爆药量, 采用预裂爆破或开挖减振沟槽, 优化爆破设计, 以及进行爆破振动监测, 可以显著降低爆破振动带来的危害, 确保露天矿山开采的顺利进行和人员安全。随着采矿业的不断发展和爆破技术的不断进步, 爆破振动控制措施将更加精细化和智能化, 为露天矿山的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1]张全龙,张才文.露天矿山爆破振动影响与控制对策分析[J].中国金属通报,2020(22):224-225.
- [2]莫豹.露天矿山爆破振动影响因素及控制措施的研究[J].中国金属通报,2020(11):242-243.
- [3]李继业.露天矿山爆破振动影响因素研究[J].世界有色金属,2022(12):156-158.
- [4]肖泮江.露天矿山爆破振动危害与防治措施探讨[J].中国金属通报,2023(24):121-123.