

探讨爆破工程中影响爆破效果的因素

梁海

广西冠桂爆破科技有限公司 广西南宁 530299

摘要: 爆破工程中, 爆破效果受多种因素影响。岩石因素包括可变性、强度、各向异性、裂隙及物理特性等; 炸药因素涉及能量利用率、爆轰压力、爆炸压力、波阻抗匹配和耦合情况; 爆破技术因素有自由面利用、炮孔布置、装药结构、起爆顺序和堵塞工作; 地形条件如复杂地形、特殊地貌等也会产生影响。为提升爆破效果, 可优化炸药选择、合理利用自由面、改进爆破技术以及充分考虑地形条件, 以实现更好的爆破成效。

关键词: 爆破工程; 影响因素; 爆破效果

引言

爆破工程在矿山开采、建筑拆除、基础设施建设等众多领域发挥着关键作用。其成效不仅关系到工程进度与质量, 还影响着成本控制与安全保障。然而, 爆破过程受诸多条件制约, 从岩石特性到炸药性能, 从爆破技术到地形状况, 每个环节都可能对最终效果产生显著影响。深入探究这些影响因素, 对于提高爆破作业的精准性和有效性, 降低潜在风险, 实现资源的高效利用和工程的顺利推进, 具有重要的现实意义。

一、爆破工程的基本原理

爆破工程是利用炸药爆炸释放的能量对介质做功, 以达到预定工程目标的作业, 在矿山开采、土石方施工、建筑物拆除等领域广泛应用。其基本原理涉及炸药爆炸、能量传递和介质破碎等多个方面。炸药爆炸是爆破工程的基础, 数码电子雷管内置微型处理芯片, 能接收并处理来自外部控制设备的指令, 精确控制起爆时间和延迟时间。炸药在雷管的作用下, 在一定条件下发生快速化学反应, 瞬间释放出大量的热量和气体, 形成高温、高压的爆轰产物。例如, 常见的工业炸药爆炸时, 化学反应速度极快, 通常达到每秒数千米至数十千米。爆炸产生的能量以冲击波和气体的形式向周围介质传播, 冲击波是一种在介质中快速传播的压力波, 具有强大的破坏力。当冲击波作用于岩石等介质时, 会使介质产生压缩、拉伸和剪切等应力。在应力的作用下, 介质内部的结构发生变化, 产生裂纹和破碎。同时, 爆炸产生的高温、高压气体产物会迅速膨胀, 进一步推动介质的破碎和抛掷。介质的破碎过程是一个复杂的力学过程, 在岩石爆

破中, 根据岩石的破坏特征, 由内向外可大致分为三个区^[1]。靠近炸药的区域是压缩(粉碎)区, 在强大的冲击波作用下, 岩石被强烈压缩和粉碎, 形成一个空腔, 该区域消耗了大部分爆炸能量。往外是破裂区, 岩石在冲击波和爆生气体的共同作用下, 产生径向和环向裂隙, 岩石结构被破坏。最外层是震动区, 爆炸应力波衰减为地震波, 岩石不会发生破坏, 但会发生弹性变形。为了实现理想的爆破效果, 需要综合考虑多种因素。在爆破设计中, 要根据工程要求、地质条件和介质特性等, 选择合适的炸药类型、数码电子雷管参数和爆破方法, 确定合理的爆破参数, 如炮眼间距、炸药用量等。同时, 还需采取必要的安全措施, 确保爆破作业的安全进行。

二、影响爆破效果的因素分析

(一) 岩石因素

在爆破作业中, 岩石因素是影响爆破效果的核心要素, 其特性的差异会给爆破结果带来显著不同。(1) 岩石可变性: 不同地层、风化及节理等岩体特征会影响炮眼位置与起爆顺序。小区域内同种岩石也会因风化、埋藏深度不同, 破裂应变有别。若爆破设计不考虑这些, 易造成能量浪费, 出现过度碎裂或破碎性差的情况, 增加挖掘成本。(2) 岩石强度: 岩石动态抗压强度远大于动态抗拉强度, 爆炸时拉力断裂在新断裂面中占比大。低动态抗压强度的岩石, 爆炸能量多消耗在孔附近岩石破碎变形; 高动态抗压强度的岩石, 更多应变能用于形成裂纹网络。(3) 岩石各向异性: 岩石各向异性导致同一环境不同方向强度有差异, 冲击波传播畸变, 影响动应力场, 且原生层强度低时易开裂。(4) 岩石裂隙: 应力波遇裂隙反射, 使药包与裂隙面间岩石击碎更均匀,

但裂隙面外岩层因应力衰弱难破碎，易留大块。(5) 岩石物理特性：岩石的硬度、密度等物理特性影响爆破难度，硬度大、密度高的岩石更难爆破，需调整爆破参数。

(二) 炸药因素

炸药是爆破工程中释放能量的关键物质，其性能的各项指标对爆破效果起着决定性作用。(1) 炸药能量有效使用率：炸药爆炸产生的能量，在作用于不同方面时分配不均。通过优化技术手段，提高对岩层的破碎效果，能够使炸药能量得到更有效的利用，从而提升爆破的整体效益。(2) 爆轰压力：爆轰压力的大小直接影响着对岩层的冲击程度。适当的爆轰压力可以使岩层达到理想的破碎状态，但若压力过大，会导致爆炸源周围的岩层过度粉碎，造成能量的浪费，影响爆破效果。(3) 爆炸压力：爆炸压力在爆破过程中持续时间较长，特别是在针对软性岩层进行爆破时，对其进行有效控制至关重要。合理的控制措施能够延长爆炸压力的有效作用时间，增强岩层的碎裂效果。(4) 炸药波阻抗匹配：炸药与岩层的波阻抗匹配程度，决定了爆轰压力向岩层传递能量的效率。技术人员需要根据爆破区域的岩层特性，选择与之匹配的炸药，以提高能量传递效率。(5) 炸药与岩层耦合情况：炸药包与岩层孔壁之间的耦合系数，会影响爆轰波的传递和作用效果。耦合系数不合理，可能导致岩层破碎不充分或过度破碎，因此需要根据实际情况进行调整。

(三) 爆破技术因素

在爆破作业中，爆破技术因素方面存在诸多问题影响着爆破效果。自由面利用上，部分爆破工程未能充分创造或利用自由面。施工人员可能因缺乏对现场地形和地质条件的深入分析，未采取有效措施增加自由面数量或扩大其面积，导致岩石夹制作用强，炸药能量消耗在克服岩石阻力上，破碎效果不佳。炮孔布置不合理现象较为常见。一些爆破设计未根据岩石特性和爆破目标精准确定炮孔间距、排距和深度，造成炮孔分布不均，部分区域能量集中过度破碎，部分区域能量不足难以破碎^[2]。装药结构选择不当，施工人员可能未充分考虑岩石性质和爆破要求，随意选择装药方式，使得炸药能量释放和传播不符合预期，降低了能量利用率。起爆顺序安排缺乏科学性，起爆顺序混乱会使岩石无法按预期破碎和移动，易产生大块岩石，增加后续处理难度，甚至可能引发安全隐患。堵塞工作也常被忽视，堵塞长度不足、堵塞材料选择不合适或堵塞不密实，都会导致爆炸气体过早逸

出，缩短爆炸压力作用时间，影响爆破效果。

(四) 地形条件因素

在爆破工程中，地形条件因素存在诸多问题影响爆破效果。地形复杂多样增加了爆破设计难度，如在山区，山体起伏大、坡度变化复杂，难以准确确定炮孔的位置、深度和角度，可能导致炸药能量分布不均，部分区域岩石破碎过度，而部分区域破碎不充分。特殊地形对爆破振动传播影响大，像山谷地形，爆破振动波可能在山谷内多次反射、折射和聚焦，使振动强度在局部区域异常增大，不仅可能对周边建筑物和设施造成损害，还会影响爆破效果的均匀性。地形的不规则性影响岩石的夹制作用，在凸形山包或凹形垭口等地形中，岩石的夹制情况与平坦地形不同，若爆破设计未充分考虑，会导致炸药能量不能有效作用于岩石破碎，出现大块率增加的问题。复杂地形给爆破器材运输和施工操作带来困难，狭窄的山谷、陡峭的山坡等地形，使得器材运输不便，施工人员难以准确到达预定位置进行钻孔、装药等操作，影响爆破施工的质量和效率。

三、提升爆破效果的措施

(一) 优化炸药选择

合理选择炸药是提升爆破效果的关键环节。(1) 匹配岩石特性：不同岩石的硬度、密度、裂隙等特性差异明显，应根据岩石的具体情况选择合适的炸药。对于坚硬岩石，需选择爆炸威力大的炸药；而对于较软岩石，可选用威力适中的炸药，以实现炸药能量与岩石破碎需求的良好匹配。(2) 考虑爆破环境：爆破环境对炸药的选择也有重要影响。在人口密集区域或对振动、噪音有严格要求的环境中，应选择低振动、低噪音的炸药；在有水的环境中，则需选用抗水性能好的炸药。(3) 关注炸药性能指标：炸药的爆速、爆压、猛度等性能指标直接影响爆破效果。应根据爆破目标和要求，选择性能指标合适的炸药，确保炸药能够充分发挥其能量，提高破碎效率。(4) 控制炸药成本：在满足爆破效果的前提下，要综合考虑炸药的成本。选择性价比高的炸药，既能保证爆破质量，又能降低工程成本，提高经济效益。(5) 结合新型药剂：新型药剂往往具有高效、安全、环保等优点。可将新型药剂与炸药合理结合使用，进一步提升爆破效果，同时减少对环境的影响。

(二) 合理利用自由面

合理利用自由面是提升爆破效果的重要手段，在爆破工程中具有不可忽视的作用。自由面的存在能极大减

少岩石的夹制作用,让爆炸能量更高效地用于破碎岩石。当炸药爆炸时,自由面还能使压应力波反射成为拉应力波,这种转换能够促进岩石的进一步破碎。因此,充分认识自由面的作用是合理利用它的前提。在爆破设计阶段,应依据地形地貌条件创造性地增加自由面。例如在露天爆破中,可采用预先爆破的方法,为后续爆破作业创造更多的临空条件。同时,合理确定自由面与炮孔的相对位置也十分关键。增大炮孔装药在自由面的投影面积,有利于爆破应力波产生反射拉伸破坏作用,从而显著提高岩石的破碎程度。针对不同数量的自由面,要灵活调整爆破参数。当自由面数量增多时,可适当减少炸药用量。这样不仅能降低工程成本,还能减少爆破振动等危害,保障周边环境和设施的安全。在实际施工过程中,对自由面状态的实时监测和评估必不可少。一旦发现自由面存在大脚跟、裂隙、溶洞以及软夹层等现象,必须及时采取针对性的解决措施。比如对于大脚跟可进行二次破碎,对于裂隙和溶洞可进行填充处理,以保证爆破效果的稳定性和可靠性。

(三) 改进爆破技术

为了切实提升爆破效果,对爆破技术进行改进十分必要。(1) 优化炮孔设计:依据爆破现场的岩石特性与预期爆破效果,合理规划炮孔的位置、深度和角度。确保炮孔布局科学,使炸药能量在岩石中均匀传播,提高岩石破碎的效率和质量。(2) 精准把控起爆:数码电子雷管为精确控制起爆时间提供了可能。通过精心设置起爆顺序和时间间隔,让岩石在爆破过程中充分破碎和移动,减少大块岩石的产生,降低后续处理成本。(3) 调整装药方式:根据岩石的硬度、结构等因素,选择合适的装药结构。不同的装药方式能使炸药能量以不同形式释放,更好地适应岩石特性,增强爆破效果。(4) 保证堵塞质量:采用合适的堵塞材料对炮孔进行封堵,确保堵塞紧密。良好的堵塞能防止爆炸气体过早逸出,延长爆炸能量作用时间,提高炸药能量利用率。(5) 运用智能监测:借助先进的监测设备,实时掌握爆破过程中的各项参数。根据监测数据及时调整爆破方案,实现爆破效果的动态优化。

(四) 考虑地形条件

在爆破作业里,地形条件是影响爆破效果的重要因

素,需谨慎对待。对于平坦开阔地形,这种地形自由面条件好,爆破时岩石移动和破碎受的约束小。可合理扩大爆破规模,采用多排孔微差爆破技术,让岩石充分破碎和抛出,提高爆破效率。在起伏较大的山地,地形复杂会使岩石应力分布不均。要先对地形进行详细勘察,依据山体坡度、高度等调整炮孔深度、角度和装药量。对于坡度大的区域,适当减小装药量,防止岩石过度抛掷造成危险。在山谷或峡谷地形中,爆破振动易在狭窄空间内聚集和放大^[9]。使用数码电子雷管精确控制起爆时间,采用分段微差爆破,减少振动叠加,降低对周边环境的影响。遇到有水体的地形,如河流、湖泊附近,要考虑水对爆破的影响。选用防水性能好的炸药,避免炸药受潮失效,同时防止爆破飞石落入水中引发安全问题。在有建筑物或设施的地形进行爆破时,要根据与建筑物的距离和方向,严格控制爆破参数,确保建筑物和设施的安全。

结语

未来科技发展将为爆破工程带来更多革新机遇,不断探索新方法与技术势在必行。一方面,利用大数据和人工智能对爆破过程进行模拟和分析,能精准预测爆破效果,提前调整参数,提高爆破精准性。另一方面,研发新型环保炸药,降低对环境的影响,同时提高炸药能量利用率,增强爆破高效性。此外,借助先进的传感器和监测系统,实时掌握爆破现场的各项数据,及时发现并处理安全隐患,提升爆破工程的安全性,从而为矿山开采、建筑施工等各类工程建设提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 孙云军, 赵雷, 王文乾, 等. 探讨爆破工程中影响爆破效果的因素[J]. 现代盐化工, 2023, 50(5): 58-60+31.
- [2] 赵文明. 爆破工程中影响爆破效果的因素探究[J]. 华东科技(综合), 2020(12): 99-100.
- [3] 李健华, 郑团利. 浅析爆破工程中影响爆破效果的因素[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2022(6): 131-133.