

复杂地质条件下工地施工爆破技术的适应性分析

姬 瑶

山西江阳工程爆破有限公司 山西 太原 030041

摘 要：本文聚焦于复杂地质条件下工地施工爆破技术的适应性研究，复杂地质涵盖地质结构多样、岩土性质特殊及水文地质不确定性，对施工安全、质量和进度构成挑战。文章概述了浅孔、深孔、预裂、光面、定向及控制爆破等爆破技术，并探讨了在此类地质条件下爆破参数的选择优化、效果预测评估、安全管理及风险控制。另外，还分析了岩溶地质、软弱夹层和断层破碎带对爆破效果的具体影响，并提出地质勘察、方案设计、安全控制及效果评估与优化等适应性策略。

关键词：复杂地质条件；工地施工；爆破技术；适应性分析

引言：复杂地质条件对工地施工爆破技术的实施构成了严峻挑战，其多样性、特殊性和不确定性要求爆破技术必须具备高度的适应性和灵活性。本文旨在深入探讨复杂地质条件下工地施工爆破技术的适应性，通过分析不同类型爆破技术的特点及其在复杂地质条件中的应用，提出相应的适应性策略，以期为保障施工安全、提高工程质量和进度提供理论参考和实践指导，推动爆破技术在复杂地质条件下的科学应用与持续发展。

1 复杂地质条件概述

1.1 复杂地质条件的定义

复杂地质条件是指在工程建设区域内，地质结构、岩土性质、水文地质等条件呈现出多样性、特殊性和不确定性，给工程施工带来较大难度和风险的地质环境。这类地质条件往往具有多种不良地质现象并存的特点，如岩性复杂多变、地层结构破碎、地下水丰富且分布不均、存在特殊岩土体（如膨胀土、湿陷性黄土）等。从地质结构角度看，复杂地质区域可能存在大量断层、褶皱等构造，导致岩体完整性遭到破坏；在岩土性质方面，软硬岩层交替出现、岩体强度差异大等情况较为常见；水文地质条件复杂则表现为地下水位高、含水层渗透性强，或存在承压水等，这些因素相互交织，共同构成了复杂地质条件。

1.2 复杂地质条件对施工的影响

复杂地质条件给工地施工带来多方面的严重影响，在施工安全方面，破碎的地层结构和不稳定的岩土体容易引发塌方、滑坡等地质灾害，威胁施工人员的生命安全。例如，在断层破碎带区域进行隧道爆破施工时，岩体极易在爆破振动作用下发生坍塌，掩埋施工设备和人员。在工程质量方面，复杂地质条件可能导致爆破效果难以控制，岩石破碎不均匀，影响后续工程的基础稳定

性。如在岩溶地区爆破，溶洞的存在会使爆破能量大量散失，造成岩石破碎不充分，给基础浇筑带来困难，降低工程质量。在施工进度上，为应对复杂地质条件，施工单位往往需要采取特殊的施工工艺和技术措施，这会增加施工工序，延长施工周期。比如在软弱夹层地段，为防止爆破引发地层滑动，需先进行地层加固处理，再实施爆破，导致施工进度大幅滞后^[1]。同时，复杂地质条件还会显著增加施工成本，包括特殊施工设备的购置、加固材料的使用以及处理地质灾害的费用等。

2 常见爆破技术类型

2.1 浅孔爆破与深孔爆破

浅孔爆破是指炮孔直径小于75mm、深度小于5m的爆破方法。其特点是操作简单、灵活，适用于小型工程或地形复杂、大型设备难以进入的区域。在浅孔爆破施工中，通常采用手持式凿岩机钻孔，装药方式多为人工装药，爆破规模较小。由于炮孔较浅，爆破产生的振动和飞石相对容易控制，但单位岩石的钻孔工作量较大，效率较低。深孔爆破则是炮孔直径大于75mm、深度大于5m的爆破技术。该方法一般采用潜孔钻机或牙轮钻机钻孔，具有爆破效率高、一次爆破方量大、成本较低等优点，常用于矿山开采、大型土石方工程等。然而，深孔爆破对钻孔精度要求较高，且爆破振动和飞石影响范围较大，需要采取严格的安全防护措施。

2.2 预裂爆破与光面爆破

预裂爆破是在主爆区爆破之前，沿设计轮廓线先爆出一条具有一定宽度的贯穿裂缝，以缓冲、反射开挖爆破的振动波，控制其对保留岩体的破坏影响，使之获得较平整的开挖轮廓。预裂爆破的关键在于合理选择爆破参数，如炮孔间距、装药量、装药结构等，以确保预裂裂缝的形成。光面爆破则是在主爆区爆破后，沿设计轮

廓线进行的控制爆破,通过精确控制爆破作用,使开挖面形成平整的壁面。与预裂爆破不同,光面爆破是在主爆区爆破之后实施,其目的是减少爆破对保留岩体的扰动,提高开挖面的平整度和美观度。光面爆破同样对爆破参数的选择和施工工艺要求较高,需要保证炮孔的平行度和装药量的均匀性。

2.3 定向爆破与控制爆破

定向爆破是利用爆破作用原理,将大部分爆岩朝着预定方向抛掷堆积的一种爆破方法。通过合理设计药包的布置、装药量以及起爆顺序,使岩石按照设计的方向抛掷,常用于道路修筑、填海造地等工程。定向爆破对地形条件和工程要求有一定限制,需要充分考虑地形地貌、地质条件以及周围环境等因素,以确保爆破效果符合预期^[2]。控制爆破是指通过采用一定的技术措施,严格控制爆破能量和规模,使爆破的声响、振动、飞石、倾倒方向、破坏区域以及破碎物的散坍范围在规定限度以内的爆破方法。该方法广泛应用于城市建筑拆除、矿山开采中的边坡稳定控制等领域,其核心在于运用微差爆破、毫秒爆破等技术,精确控制爆破产生的有害效应,保障周围环境的安全。

3 爆破技术在复杂地质条件下的适应性分析

3.1 爆破参数的选择与优化

在复杂地质条件下,爆破参数的选择与优化至关重要。炮孔间距的确定需要综合考虑岩石性质、地质结构以及爆破方法。在破碎岩层中,为避免爆破能量过度分散,炮孔间距应适当减小;而在坚硬完整的岩体中,可适当增大炮孔间距。装药量的计算则要依据岩石的可爆性、炮孔直径和深度等因素。对于软弱岩体,装药量过大容易导致岩体过度破碎和坍塌,装药量过小则无法达到预期的爆破效果;在坚硬岩体中,需要足够的装药量才能破碎岩石。装药结构、起爆顺序等参数也需要根据地质条件进行调整。例如,在有地下水的区域,应采用防水炸药和合适的装药结构,防止炸药受潮失效;在断层破碎带附近,合理安排起爆顺序可以减少爆破振动对断层的影响。

3.2 爆破效果预测与评估

爆破效果预测是在爆破施工前,运用理论计算、数值模拟等方法,对爆破后的岩石破碎程度、抛掷距离、振动强度等进行预估。在复杂地质条件下,由于地质因素的不确定性,爆破效果预测难度较大。目前,常用的预测方法包括经验公式法、有限元数值模拟法等。经验公式法是根据以往类似工程的经验数据,建立爆破参数与爆破效果之间的关系公式进行预测;有限元数值模

拟法则是通过建立地质模型和爆破模型,模拟爆破过程中的应力、应变和位移等,预测爆破效果。爆破效果评估是在爆破施工后,对实际爆破效果进行检测和分析,判断是否达到预期目标。评估指标主要包括岩石破碎块度、爆堆形状和尺寸、爆破振动强度、飞石距离等。通过对比预测结果和实际效果,总结经验教训,为后续爆破施工提供参考。

3.3 安全管理与风险控制

复杂地质条件下的爆破施工存在较高的安全风险,必须加强安全管理与风险控制。首先,要建立完善的安全管理制度,明确各级人员的安全职责,加强对施工人员的安全教育培训,提高安全意识和操作技能。其次,在爆破施工前,需要对施工现场进行详细的安全检查,排除安全隐患。例如,检查炮孔布置是否符合设计要求、爆破器材是否完好等。在爆破过程中,要严格遵守爆破安全规程,设置警戒区域,防止无关人员进入,采取有效的防护措施,如设置挡石墙、覆盖防护网等,减少爆破飞石和振动对周围环境的影响^[3]。另外,还应制定应急预案,明确在发生安全事故时的应急处理流程和措施,确保能够及时、有效地应对突发事件。

4 复杂地质条件对爆破效果的影响分析

4.1 岩溶地质条件下的爆破效果影响

岩溶地区的特点是地下溶洞、溶沟、溶槽等发育广泛,岩石完整性差,给爆破施工带来诸多难题。在岩溶地质条件下进行爆破,炸药爆炸产生的能量会通过溶洞等通道迅速散失,导致岩石破碎不充分,出现大块石和根底现象。同时,溶洞的存在还会改变爆破应力波的传播路径,使爆破作用不均匀,影响爆破效果的可控性。爆破振动可能会引发溶洞顶部坍塌,造成安全事故。例如,在某岩溶地区的公路路基爆破施工中,由于溶洞的影响,部分区域岩石未被有效破碎,不得不进行二次爆破,增加了施工成本和工期。

4.2 软弱夹层地质条件下的爆破效果影响

软弱夹层是指在坚硬岩层中存在的强度较低、稳定性较差的岩层或土层。在软弱夹层地质条件下爆破,软弱夹层会吸收和衰减爆破应力波,降低岩石的破碎效果。爆破振动还可能导致软弱夹层产生滑动或变形,引发边坡失稳等地质灾害。而且,软弱夹层的存在会使爆破后的岩石破碎块度不均匀,影响后续的装运和施工进度。比如,在矿山开采中,当遇到软弱夹层时,爆破后的矿石中大块石含量增加,需要进行二次破碎,降低了开采效率。

4.3 断层破碎带地质条件下的爆破效果影响

断层破碎带区域的岩石破碎、松散,裂隙发育,岩体完整性遭到严重破坏。在断层破碎带附近进行爆破,爆破振动容易导致破碎带进一步松动和坍塌,增加施工安全风险。同时,断层破碎带会改变爆破应力波的传播特性,使爆破能量难以有效传递到岩石中,影响岩石的破碎效果。断层破碎带中的地下水可能会对炸药性能产生影响,降低爆破威力。在某隧道爆破施工中,由于穿越断层破碎带,爆破后出现了严重的塌方事故,造成了巨大的经济损失和工期延误。

5 复杂地质条件下爆破技术的适应性策略研究

5.1 地质勘察与爆破方案设计

在复杂地质条件下开展爆破施工,详细准确的地质勘察是基石。工程前期,需综合运用多种勘察手段。钻探如同为大地“抽血化验”,能直接获取地下岩土样本,精准测定岩土层深度、厚度及物理力学性质,为后续分析提供基础数据。物探则像给大地做“B超”,地震勘探、电法勘探等方法可大面积、快速探测地下地质异常,明确溶洞、断层等不良地质现象的大致位置与规模。地质测绘通过实地观察测量,绘制详细地质图,清晰呈现地形地貌、地层岩性等信息。通过这些手段,查明溶洞形态、充填情况,断层走向、倾角及破碎带宽度,软弱夹层层位、厚度与力学性质等。在爆破方案设计时,要充分考虑地质因素。岩溶地区因溶洞影响炸药能量传播,可采用分层爆破、间隔装药技术,使能量均匀作用,提高利用率。软弱夹层地段,先注浆加固增强其力学性能,再实施爆破。同时,运用数值模拟技术优化方案,模拟不同参数下的爆破效果,预测问题并及时调整,确保爆破效果满足工程需求。

5.2 爆破安全控制措施

复杂地质条件下,加强爆破安全控制是施工关键。施工过程中,严格执行安全管理制度是保障安全的基本准则。对爆破器材的管理需贯穿运输、储存和使用全流程。运输时,选用符合安全标准的车辆,配备防护设施,防止碰撞摩擦引发事故。储存于专用仓库,具备良好的通风、防火、防潮条件,分类存放并设置明显标识。使用中,严格按操作规程领用、发放和使用。采用电子雷管、高精度起爆系统等先进技术和设备,能精确控制起爆时间和炮孔起爆顺序,提高爆破准确性和安全性。加强对爆破振动、飞石等有害效应的监测和控制,在施

工现场设置多个监测点,利用专业设备实时监测振动强度和飞石距离,依据监测结果及时调整爆破参数。加强施工现场安全防护,设置醒目的安全警示标志,划定安全警戒范围,为施工人员配备安全帽、防护服等防护用品,确保施工人员和周围群众安全^[4]。

5.3 爆破效果评估与优化

建立科学合理的爆破效果评估体系,对爆破施工后的效果进行全面评估至关重要。评估指标涵盖岩石破碎块度、爆堆形状、爆破振动等方面。分析岩石破碎块度,可判断爆破是否达到预期破碎效果,过大块度会增加后续铲装和运输成本,过小则产生过多粉料影响工程质量。爆堆形状反映爆破能量分布,合理形状利于后续施工。爆破振动是评估安全性的重要指标,过大振动可能损害周边建筑物和地下管线。根据评估结果总结经验教训,优化调整爆破技术和参数。若岩石破碎块度不符合要求,可调整炮孔间距和装药量,减小间距增加爆破密集度,调整装药量改变能量释放强度。若爆破振动过大,采用微差爆破、分段爆破技术降低振动强度。同时,加强对爆破施工过程的记录和分析,建立爆破施工数据库,详细记录每次爆破的参数、地质条件、效果等信息,为后续类似工程提供参考借鉴。

结束语

综上所述,复杂地质条件下的工地施工爆破技术需综合考虑地质结构、岩土性质和水文地质条件等多方面因素。通过科学的地质勘察、合理的爆破方案设计、严格的安全控制措施以及有效的爆破效果评估与优化,能够确保爆破施工的安全、质量和进度。未来,随着技术的不断进步和创新,复杂地质条件下的爆破施工技术将更加成熟和完善,为各类工程建设提供更加可靠的技术支持。

参考文献

- [1]杜文博.复杂地质条件下综采工作面回撤工艺探索[J].矿业装备,2022,(02):104-105.
- [2]卓文.浅析复杂地质条件下井下采煤技术[J].矿业装备,2022,(05):40-41.
- [3]王磊.基于信息技术的地质系统地质机械开发研究[J].中国信息界,2024,(09):36-38.
- [4]李希栋,周翔龙.智能自动化技术在地质机械中的应用[J].造纸装备及材料,2024,53(05):31-33.