

光面爆破技术在隧道施工中的应用

马绒康 普选

西南林业大学土木工程学院

DOI: 10.12238/jpm.v5i9.7210

[摘要] 该文以光面爆破技术在宝石山炭质板岩隧道工程中的应用为研究对象, 系统分析了光面爆破技术在炭质板岩隧道工程中的应用方法及效果。结合现场情况对光面爆破参数进行设计, 最终确定了炮孔深度 L , 炮孔直径 D , 周边孔间距 E , 周边眼抵抗线 W 等参数。采用光面爆破方案取得良好的效果, 减少了爆破对围岩的扰动, 岩面光滑, 轮廓线较完整, 未出现明显的超欠挖现象, 炮孔利用率为 90% 以上, 半孔率达到 87%。提高了爆破准确性、保障施工安全和节约人力资源等方面的效果。

[关键词] 光面爆破技术; 炭质板岩; 隧道工程; 应用方法

Application of smooth surface blasting technology in tunnel construction

Ma Rongkang, Pu Xuan

School of Civil Engineering, Southwest Forestry University

[Abstract] With the application of smooth blasting technology in Baoshi Mountain charcoal stone tunnel engineering, the application method and effect of smooth blasting technology in charcoal stone tunnel engineering are systematically analyzed. According to the field situation, the smooth blasting parameters were designed, and the gun hole depth L , gun hole diameter D , peripheral hole spacing E , and peripheral eye resistance line W were finally determined. The smooth blasting scheme is adopted to achieve good results, which reduces the disturbance of the surrounding rock. The rock surface is smooth, the contour line is complete, and there is no obvious overexcavation phenomenon. The utilization rate of the gun hole is more than 90%, and the half hole rate reaches 87%. It improves the accuracy of the blasting, guarantees the construction safety and saves the human resources.

[Keywords] smooth blasting technology; carbonaceous slate; tunnel engineering; application method;

引言

随着技术进步和工程需求的增长, 传统的爆破方法已经被更为精细和环保的技术所代替。光面爆破, 作为一种高效的控制爆破技术, 其在隧道开挖中获得广泛的应用。其主要目的是通过合理的炮孔布置和药量配置, 控制断面的超欠挖, 降低施工成本, 减少对围岩的扰动, 确保施工安全和工程质量 [1]。光面爆破技术的核心在于准确控制爆破参数, 实现隧道开挖过程中岩石的有序破裂, 确保最后形成的立面光滑, 符合设计规范。这不仅降低了隧道衬砌的施工难度, 同时减少了修补成本, 提高了施工效率。本研究旨在为隧道施工中的爆破作业提供理论依据和实践指南, 为更为安全、高效、环保的隧道施工贡献力量。

1 隧道工程概况

宝石山隧道是云南省大保高速老营至板桥段改线工程项目的特长隧道之一, 起讫桩号为左幅 ZK6+985~ZK10+134, 全长 3532.159 米, 右幅 ZK6+650~K10+095, 全长 3441.356 米, 为

一座双向四车道分离式隧道。其中左幅 III 级围岩 766.159 米, IV 级围岩 2451 米, V 级围岩 315 米。隧道区主要属于构造剥蚀、溶蚀中山地貌区, 地形起伏大, 隧道最大埋深为 232 米, 纵坡为 -1.35%, 隧道围岩多为炭质板岩, 采取进出口两头掘进施工。

2 光面爆破技术概述

2.1 光面爆破技术基本原理

光面爆破技术, 是一种在爆破工程中常用的控制爆破方法, 用来保护某些需要保留的岩石或建筑物的结构完整性。这种技术在采矿、建筑、拆除以及隧道和道路施工等领域有着广泛的应用。其原理可以从以下几个角度来解释:

(1) 应力波叠加原理:

当钻孔中的炸药爆炸时, 爆炸产生的应力波往四面八方传播, 利用精确控制的起爆网络, 确保相邻炸药孔中产生的应力波在特定位置相互抵消或叠加, 减少向保护岩面传递的能量。通过控制爆破顺序和延迟时间, 使得应力波在预定岩面后相遇

并相互削弱,降低对岩面的破坏,从而在控制爆破区域形成平整的岩面。这种方法要求对爆破过程的应力波行为进行精准预测和调控^[1]。

(2) 爆破能量控制原理:

通过精细调整炸药装药量、孔距、延序列等参数,实现爆破能量的精准控制。必要的能量被用于岩石的破碎和裂纹的形成,而多余的能量则被限制以避免过度破坏岩体。通过这种方法,爆破后形成的岩面更加光滑、整洁,满足工程对岩体质量的精确要求。

(3) 裂纹控制技术:

通过在岩石上预先钻制一系列平行或成特定形状的孔,然后依据设计的顺序填充炸药并爆破,可以在岩体中精确引发并控制裂纹的扩展。目标是获得一个光滑且延伸有序的断面,而非不受控制的碎裂。

2.2 光面爆破技术优势

传统的爆破技术可能会对剩余的岩石表面产生不必要的裂纹和损伤^[2],相较于传统爆破工艺,光面爆破主要有以下技术优势:

(1) 精确控制爆破边界:光面爆破技术采用小孔径、小装药量以及精确的延时爆破,可以更准确地控制爆破的范围,从而保证爆破的边界平整、光滑,降低了对周边岩体或结构的破坏。这一点对于保护周边环境和结构具有重要意义。

(2) 减少振动和噪音:由于光面爆破使用更细致的爆破方案和装药量,相比于传统的爆破工艺可以大幅度减少爆破引起的振动和噪音,这有助于降低对环境的影响,特别是在城市或敏感地区进行爆破作业时,减少对周边居民和建筑物的影响。

(3) 提高爆破效率和安全性:光面爆破技术通过详细的计划和优化的装药设计,可以提高爆破的效率,减少爆破作业的次数。同时,较小的装药量和精确的爆破控制可降低意外发生的风险,从而提高整体的爆破安全性。

3 光面爆破参数设计

(1) 炮孔深度 L

炮孔深度是光面爆破设计的关键参数之一。通常,炮孔深度会略大于最终希望形成的切割面宽度,以保证足够的爆破能量集中于光面形成区域。合理的选择炮孔深度可以提高爆破效率,并减少过度振动与控制飞石,还可减少松散节理面的产生。

结合现场围岩情况和施工情况等,最终确定辅助孔和周边孔深度为 3.5 米,掏槽孔深度 4.0 米。循环进尺 3.2 米。

(2) 炮孔直径 D

炮孔直径的选择直接关系到装药量、孔间距、排间距、顶面控制以及爆破所需的能量集中度等。宝石山隧道采用 YT28 气腿式凿岩机钻孔,钻孔直径约为 42mm。

(3) 周边孔间距 E

周边孔间距是一个重要的参数,孔间距太小可能导致临近岩体的不必要损坏,孔间距过大则可能不足以产生所需的断面。在实际工程中周边孔孔径通常按式(1)计算。

$$E = (12 \sim 20)d \quad (1)$$

式中: E 为周边孔间距 (cm); d 为炮孔直径 (cm)。代入式(1)计算出结果,且结合现场情况最终选择周边孔间距

为 50cm。

(4) 周边眼抵抗线 W

周边眼抵抗线,即光爆层厚度,其大小直接影响到爆破面的质量。合理配置抵抗线长度,使其不仅能够确保能量足以破碎岩石,还要控制爆破波在达到光面时的能量,以避免光面产生过多裂纹或不规则破碎,影响爆破效果与开挖进展。抵抗线可通过式(2)计算。

$$W = (10 \sim 15)d \quad (2)$$

式中: W 为周边眼抵抗线 (cm); d 为炮孔直径 (cm)。代入式(2)计算出结果,通过预实验及已有的工程经验综合确定光爆层厚度 W 取值为 65cm。

(5) 炸药单耗量 q

周边孔的单孔装药量一般较小,以确保能够控制爆破裂纹的传播,减少对光面的不良影响。同时,需要考虑药型、药柱长度和炮孔直径,以实现高效能量转化,避免过度爆破和不完全爆破。结合工程经验,隧道掘进的炸药单耗量一般是 0.6~2.5kg/m³,现场围岩以 IV、V 级为主,故 q 应取小值,取 q=0.6kg/m³。

(6) 装药结构

周边孔采用空气间隔不耦合装药,其他孔采用连续装药。此次爆破依据前文爆破参数,孔径为 42mm,药卷直径为 32mm,因此不耦合系数为 1.3,能够满足设计要求。

(7) 起爆顺序

采用导爆索按具体施工要求将各分段炸药及周边孔每个炮孔之间进行连接。起爆顺序按掏槽孔→辅助孔→周边孔→底板孔顺序^[2]。

4 光面爆破设计与施工

结合现场实际情况,该工程采用三台阶开挖法,具体爆破设计如下:

(1) 掏槽形式选择。该工程采用楔形双掏槽。光面爆破中楔形掏槽起着至关重要的作用,主要用于形成初期的自由面,为后续的炮孔提供破碎所需的卸荷方向和空间^[3]。采用楔形掏槽进行爆破时,炸药的能量能够更有效地向掏槽空间内集中,从而减少对周围岩体的损伤,同时控制裂纹的传播方向和范围,确保爆破质量并且楔形掏槽技术能够有效降低爆破震动、飞石和噪声等不良影响。通常掏槽孔深度比其余炮眼深度长,该隧道掏槽孔深 4.0m,其余孔深 3.5m。

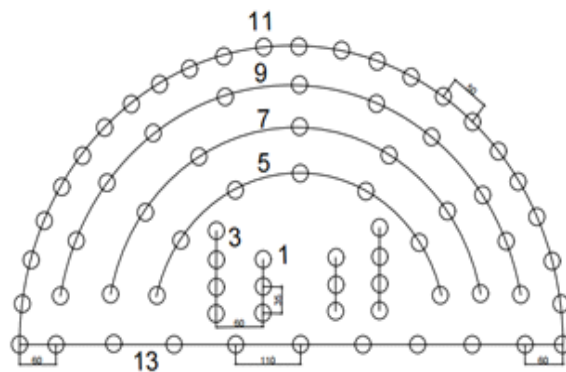


图1 上台阶炮孔布置图

电气测试, 确保安装质量符合要求。

3.4 变压器安装技术

变压器的安装位置应远离易燃易爆物品, 确保通风良好, 便于操作和维护。变压器的基础应坚固、平整, 能够承受变压器的重量和运行时的振动。变压器应使用专用的安装支架或底座固定, 确保在运行过程中不会发生移位或倾斜。固定件应牢固可靠, 能够承受变压器的重量和运行时的力矩。变压器的输入输出电缆应严格按照电气接线图进行连接, 确保相序正确, 接线端子紧固, 避免因接触不良导致的过热或火灾。在安装过程中, 应对变压器的绝缘性能进行检查, 包括绝缘电阻测试和耐压测试, 确保变压器的绝缘性能符合要求。变压器的外壳和金属部件应可靠接地, 接地线应选用足够截面积的铜线, 并确保接地连接的牢固性。对于油浸式变压器, 应确保冷却系统的管道连接正确, 油位适当, 油质清洁。对于干式变压器, 应确保冷却风扇和通风口畅通无阻。变压器应配备合适的保护装置, 如过载保护、短路保护、温度保护等, 以确保变压器的安全运行。安装完成后, 应对变压器进行全面的检查, 包括接线是否正确、固定是否牢固、保护装置是否完好等, 并进行必要的电气测试, 确保安装质量符合要求。

结束语

上接第 171 页

(2) 炮孔布置。该工程设计了七对掏槽孔, 其中三对为掏槽孔, 两对为扩槽孔。扩槽孔和掏槽孔协同作用, 扩槽孔用于放大掏槽孔创造的自由面, 共同优化能量传递, 引导裂纹扩展, 确保爆破效果和控制光面质量。具体炮孔布置如图 1 所示, 各炮孔爆破参数如表 1 所示。

表 1 炮孔爆破参数

炮孔名称	炮孔深度/m	每孔装药量/Kg	雷管段数/段
掏槽孔	4.0	1.8	1、3
辅助孔	3.5	1.2	5、7、9
底板孔	3.5	1.2	11
周边孔	3.5	1.2	13

5 光面爆破效果

隧道采用光面爆破设计方案后成型效果较好, 爆破后的岩面近似平滑, 炮眼利用率达 90%以上, 周边孔半孔率达到了 87%, 无需或只需很少的二次修整, 降低了工程成本和提高施工效率。运用先进的起爆系统和合理的起爆顺序, 有效控制了爆破产生的振动波和飞石。通过精确的爆破设计和药量控制, 可以按预定的设计轮廓精确地爆破岩石, 未出现明显的超欠挖现象, 从而满足工程对隧道断面精度的要求。通过控制爆破, 减少了对岩体的不必要破坏, 有利于隧道的稳定性和后续工程的进行。

电气安装在电气工程建设中占据着举足轻重的地位, 通过对电气安装问题的深入分析, 我们可以发现, 无论是设计、材料还是施工过程中的问题, 都需要通过科学的管理和技术创新来解决。电气安装技术的不断进步, 不仅能够提高工程的质量和效率, 还能够确保电气系统的安全稳定运行。

[参考文献]

- [1]孙若豪. 电气工程建设中电气安装问题及安装技术解析[J]. 电气技术与经济, 2023, (03): 147-149.
- [2]李嘉馨. 电气工程建设中的安装问题与对策[J]. 科技创新与应用, 2020, (18): 135-136.
- [3]胡瀚中, 韩宝明. 研究电气工程建设中的电气安装问题及安装技术[J]. 装备维修技术, 2020, (02): 150.
- [4]张玲. 研究电气工程建设中的电气安装问题及安装技术[J]. 低碳世界, 2019, 9(08): 123-124.
- [5]杜成海. 电气工程建设中电气安装问题及安装技术研究[J]. 通讯世界, 2019, 26(06): 163-164.
- [6]张营, 王金瑞. 电气工程建设中电气安装问题及安装技术[J]. 山东工业技术, 2019, (11): 196.
- [7]何顺海. 电气工程建设中电气安装问题及安装技术[J]. 居舍, 2018, (36): 53+117.

6 结论

本文以宝石山隧道工程为背景, 进行了光面爆破技术在炭质板岩隧道中的应用研究, 主要研究结论如下:

(1) 通过结合炭质板岩特性与该隧道工程具体情况, 对光面爆破参数进行设计, 最终确定了周边孔和辅助孔深度为 3.5m, 掏槽孔深度为 4.0m, 炮孔孔径为 42mm, 周边孔孔距为 50cm, 周边孔抵抗线为 65cm。

(2) 采用光面爆破技术方案, 取得了较好的工程应用效果, 爆破后的岩面较为平滑, 轮廓线较完整, 没有明显的超欠挖现象, 炮孔利用率为 90%以上, 半孔率达到 87%。

(3) 通过精确的爆破设计和药量控制, 有效控制了超挖与欠挖现象, 减小了对围岩的扰动, 有效控制了爆破产生的振动波和飞石, 既节约了施工成本, 且保障了工程的安全和周边环境。

[参考文献]

- [1]王林. 光面爆破技术在隧道施工中的应用研究[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(06): 149-151.
- [2]王刚. 公路隧道光面爆破技术研究及应用[J]. 工程建设与设计, 2019(18): 74-75.
- [3]吴从师, 徐荣文, 张庆彬. 自由面对爆破振动信号能量分布特征的影响[J]. 爆炸与冲击, 2017, 37(06): 907-914.