

# 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术

李丹丹

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000

**[摘要]** 水利水电工程施工中, 现场条件限制常常需要运用隧洞钻孔爆破技术进行施工。爆破作业方式的合理运用可以提高隧洞钻孔施工效率, 同时增强施工质量。因此, 隧洞钻孔爆破技术水平对于水利水电工程的质量、施工安全以及建设成本等方面具有重大影响。为了优化隧洞钻孔爆破技术工艺和提高其在隧洞施工中的应用水平, 需要对其进行系统分析。文中针对隧洞钻孔爆破技术进行了概述, 并提出了应用策略, 这不仅对于水利水电工程具有重要的作用, 还可以为水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术的应用提供有益的借鉴。

**[关键词]** 隧洞钻孔; 爆破技术; 水利水电工程施工

DOI: 10.33142/hst.v6i8.10139

中图分类号: TV542

文献标识码: A

## Tunnel Drilling and Blasting Technology in Water Conservancy and Hydropower Engineering Construction

LI Dandan

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

**Abstract:** In the construction of water conservancy and hydropower projects, the use of tunnel drilling and blasting technology is often required due to site conditions. The reasonable use of blasting operation methods can improve the efficiency of tunnel drilling construction and enhance construction quality. Therefore, the level of tunnel drilling and blasting technology has a significant impact on the quality, construction safety, and construction cost of water conservancy and hydropower projects. In order to optimize the tunnel drilling and blasting technology process and improve its application level in tunnel construction, it is necessary to conduct a systematic analysis. The article provides an overview of tunnel drilling and blasting technology, and proposes application strategies. This not only plays an important role in water conservancy and hydropower engineering, but also provides useful reference for the application of tunnel drilling and blasting technology in water conservancy and hydropower engineering construction.

**Keywords:** tunnel drilling; blasting technology; construction of water conservancy and hydropower engineering

### 引言

水利水电工程是我国基础建设的重要一环, 由于我国地质结构复杂, 增加了这类工程的施工难度和复杂性。部分工程会使用隧洞钻孔爆破工艺。因此, 施工人员需要针对具体情况制定科学的方案, 确保在不影响工程质量的前提下达到预期的爆破效果, 为后续施工提供支持。对于水利水电工程中隧洞钻孔爆破技术的应用非常重要。受土质和环境因素的影响, 隧洞施工经常出现问题, 导致施工进度受阻, 相关工作无法有效开展。为确保工程顺利进行, 需采用隧洞钻孔爆破技术, 并合理选择爆破材料和设备进行现场钻孔爆破施工, 保证后面的工作顺利进行, 达到水利水电工程施工要求。但是因为爆破技术本身存在一定的风险, 如果准备不当或安全防范措施不及时保障, 将会对工程施工设备造成极大的毁坏风险, 故此施工单位在进行隧洞钻孔爆破施工时应特别注意<sup>[1]</sup>。

### 1 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术

#### 1.1 技术简介

隧洞钻孔爆破法是一种在隧洞掌子面通过钻孔、装药、起爆而破碎岩石以达到向前掘进的技术<sup>[2]</sup>。隧洞掌子面上

的布孔, 按其作用分为掏槽孔、辅助孔和周边孔。掏槽孔主要是打开临空面, 是控制循环进尺的关键, 一般分斜孔掏槽和直孔掏槽两大类<sup>[3]</sup>。辅助孔是掏槽成型后扩大洞挖的主要手段, 带有台阶爆破的性质。周边孔控制隧洞的轮廓, 多用预裂爆破法和光面爆破法。为了保证施工安全, 钻孔爆破作业必须按照设计进行, 并且需要严格控制各项参数, 包括炮眼布置、数目、深度和角度、装药量和装药结构、起爆方法和起爆顺序等, 以正确指导钻爆施工, 达到预期的效果。

#### 1.2 技术应用管理流程

对于隧洞钻孔爆破技术的技术应用管理流程, 可以从事前、事中、事后三个方面进行分析<sup>[4]</sup>。在事前管理方面, 施工单位需要对工程具体情况进行详细了解, 包括地质条件、岩体特性、施工环境等因素, 以便针对性地选择适用的技术和设备, 并制订相应的施工方案。同时, 我们还要充分考虑安全、质量、可行性、成本投入等情况, 做好充分的准备工作, 包括相应的材料、设备、人员、防护措施等<sup>[5]</sup>。在事中管理方面, 施工单位需要严格遵守相关规定和标准, 按照制订的方案进行操作。同时, 还要加强现场

的监督和检查,确保每一个环节都符合规范要求,避免出现一些不必要的问题。在爆破过程中,还需要及时处理一些突发情况,以保证施工顺利进行。至于事后管理方面,需要对爆破效果进行检查和分析,包括爆破后的岩体状况、是否达到预期的爆破效果等。通过总结经验和不足,对施工方案进行改进和完善,以提高下一次施工的效果和安全性。在水利水电工程项目施工过程中,隧洞钻孔爆破技术应用管理应注重实际,坚持实事求是的原则,实行全面的事前、事中和事后管理。通过优化技术应用和管理流程,可以提高隧洞钻孔爆破作业的效率 and 品质,更好地满足水利水电工程项目的施工需求<sup>[6]</sup>。

## 2 隧洞钻孔爆破技术的实践应用策略

### 2.1 孔位布置

隧洞钻孔爆破技术的孔位布置需要综合考虑岩体特性、工程设计要求、施工条件、安全管理和环境保护等多个方面因素,进行具体分析和合理布置,以确保施工过程中的安全性和可靠性,同时满足工程设计要求和环境保护需要。在布置钻孔爆破孔位时,首先需要确定钻孔面积,并制定相应的孔位设计方案。在平洞施工剖面上,炮眼主要分为掏槽眼、辅助眼和周边眼三种类型。掏槽眼可以分斜眼掏槽和直眼掏槽两种,掏槽眼布置于断面中央偏下部,斜眼掏槽必须严格控制钻眼方向和相互距离,布置较复杂;直眼掏槽不受围岩软硬和开挖断面大小限制,较为普遍。辅助眼位于掏槽眼和周边眼之间,布置时应考虑岩层层理、节理等自然因素,一般垂直于工作面布置,辅助眼数目一般占总数的 1/2 左右。周边眼沿隧洞周边布置,外插斜率一般为 0.03~0.05,眼底正好落在隧洞轮廓线内边缘附近。在布置钻孔爆破孔位时,需要根据工程需要、围岩状况等多种因素综合确定各种孔位的具体位置和参数,并且注意降低移动频率、加强测量和选择合适的充填方式以保证爆破效果和施工安全。

### 2.2 测量和用药

在隧洞钻孔爆破技术中,测量和用药策略是两个非常重要的环节。测量时,针对隧洞钻孔爆破施工,主要使用经验公式法和类比分析法,测算挖掘工作面的炮孔数目和间隔距离,同时基于此准确界定药量和开挖深度。根据隧洞大小合理选择配套出渣方式。用药量的设计是隧洞钻孔爆破技术的关键环节之一,它直接影响到爆破的效果和成本。在进行用药量设计时,必须充分考虑多方面的因素,以达到既满足爆破效果又尽量降低成本的目标。常规用药量计算公式为:

$$Q = qV = qLSn \quad (1)$$

其中:  $Q$  为不同排的炮尺装药量,  $q$  为施工时用药量,  $V$  为进尺体积,  $L$  为钻孔深度,  $S$  为断面开挖总面积,  $n$  为炮孔有效使用率。爆破过程中产生的巨大震动还会对隧洞的岩体结构产生影响,使其发生松动。因此,计算松动圈半径并将其作为最小抵抗线是至关重要的。松动圈半径

的大小取决于岩体的性质、爆破的药量、爆破的距离以及震动速度等因素。松动圈半径计算公式为:

$$RP = \left[ \frac{\nu \rho S_t}{1 - \nu} \right]^{\frac{1}{a}} \gamma_b \quad (2)$$

其中,  $R$  为松动圈半径,  $P$  为应力波初始径向应力,  $a$  为应力波衰减的数值,  $\rho$  为炸药密度,  $S_t$  为岩体的抗拉强度,  $\gamma_b$  为炮孔的半径,  $\nu$  为泊松比。

根据式(2)的可以计算出炮孔间距。由于炮孔方向应与最小抵抗线不可位于同一方向,操作时可使炮孔与最小抵抗线之间形成  $45^\circ \sim 75^\circ$  夹角。为了合理计算每个炮孔实际使用的炸药量,可利用公式(3)进行计算。

$$D = etghwn_c / \sqrt{1 + n_c^2} \quad (3)$$

其中,  $D$  为施工时炮孔实际使用炸药的数量,  $e$  为换算系数,  $t$  为炮孔装填系数,  $g$  为炮孔被堵塞的系数,  $l$  为炮孔深度,  $w$  为最小抵抗线,  $n_c$  为炮孔深度对炸药装填量影响系数。

### 2.3 事故预防及处理措施

工程钻爆是高风险施工,存在发生塌方事故的风险<sup>[7]</sup>。因此,在施工前,必须制定明确的安全操作规程和制度,规范施工过程中的各项安全标准和要求,并设立安全检查小组对施工现场进行日常巡查和检查。同时,应定期对施工现场的设备或设施进行检查和标识,及时消除各类事故隐患。在钻爆施工过程中,了解地质情况及岩层特性,根据地质情况选用钻机确保钻机与地质相适应。严格控制钻孔施工过程,杜绝出现操作失误。严格执行钻进施工规程,合理控制钻进速度,及时清理钻渣,加强钻孔的支护和加固。在卡钻事故发生时,可以采取强力回转、起下钻法等办法,使钻具松动,在钻具卡钻的地方产生震击效果,达到解卡的目的。在可能的事故发生前应先制定好应急救援预案,在隧洞塌方发生时采取合理的措施将损失和伤亡降至最低需要迅速启动应急救援预案、快速准确地定位、保持通讯畅通、遵循安全操作规程、加强现场监测、及时营救被困人员、清理现场和恢复生产等措施。只有全面细致的救援措施才能最大程度地减少人员伤亡和财产损失。

## 3 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术应用的保障措施

为了保障水利水电工程中隧洞钻孔爆破技术的优质高效安全地应用,并降低潜在问题发生率,以下保障措施值得关注。

### 3.1 加强施工前的勘察投入

在实施钻孔爆破技术过程中,需要加强施工前的勘察投入,通过勘察,可以深入了解隧洞周围的地质条件、岩层结构、地下水位等环境因素,为制定合理的钻孔爆破方案提供依据。通过对施工环境的勘察,可以针对具体情况制定合适的钻孔爆破方案,并调整爆破参数,以最大限度地减少对周围环境和建筑的影响。准确的勘察数据可以帮

助制定更加安全的钻孔爆破技术方案,从而降低施工风险,减少安全事故的发生。勘察内容包括地质结构勘察、岩层结构勘察、地下水位勘察、岩层稳定条件勘察等方面。在勘察过程中,需要综合考虑多种因素,对施工环境进行全面深入的分析,以确保钻孔爆破技术的顺利实施和施工安全。

### 3.2 提高施工人员的专业素质和责任意识

作业人员的专业素质和综合素质直接决定了钻孔爆破施工的质量和安全性。具备专业素质和较高综合素质的作业人员能够更好地理解和执行钻孔爆破设计方案,遵守安全操作规程,减少安全事故发生的概率,从而保障施工的顺利进行。具备专业素质和较高综合素质的作业人员能够更好地理解和掌握钻孔爆破技术和施工设备操作方法,能够提高施工效率,缩短施工周期,减少人力和物力资源的浪费。提升作业人员的素质和加强爆破作业的安全性是水利水电钻孔爆破过程中的关键环节。施工方应采取严格筛选作业人员、加强培训和教育、建立激励机制、实施安全制度和采用先进的技术和设备等措施来提升作业人员的素质和加强爆破作业的安全性。

### 3.3 保证相关材料和设备的质量合规

为了确保钻孔爆破技术的实施质量,通过严格把关和全面检查,可以确保用于钻孔爆破工作的材料和设备符合设计要求和相关标准,避免因材料和设备的质量问题而影响爆破效果或引发安全事故。钻孔爆破技术对设备的性能和可靠性要求很高,因此全面检查设备可以确保其工作状态良好,避免设备故障或不良运行带来的影响。这也有助于提高钻孔的精度和效率,降低废孔率等。钻孔爆破技术实施过程中存在一定的安全风险,因此需要对安全防护设备和设施进行检查,确保它们能够在关键时刻有效地发挥作用,保护作业人员的安全。同时可以及时发现材料和设备存在的问题,并在工作开始前进行处理和解决,避免在实施过程中出现问题而造成不必要的损失和延误。全面检查可以减少在实施过程中因材料和设备问题而造成的停工和维修时间,提高工作效率,同时也可以降低因替换或维修设备等产生的额外成本。这些措施的实施将有助于提高钻孔爆破技术的实施质量,降低问题的发生,为水利水电工程的顺利推进提供有力保障。

### 3.4 采用新技术强化设计效果

在水利水电工程中,可根据实际工作需求进行技术研发,积极引入先进技术如水压聚能爆破技术、深孔台阶爆破法、松动爆破法等,水压聚能爆破技术具有保护环境、提高炸药利用率、降低烟尘、提高施工效率和经济效益等

优点。同时,该技术对钻孔的要求较高,需要精确控制炮孔的深度、角度和间距等参数,以达到最佳的爆破效果。还可以将新技术相互结合使用,进一步提高隧道钻孔爆破技术的应用效果,优化钻孔爆破技术应用流程,提升技术应用水平。优化新技术是提高隧道钻孔爆破技术应用效果的重要手段,需要根据工程实际情况选择适合的技术,以达到提高施工效率、降低成本、保障安全的目的。

## 4 结束语

隧洞工程项目不断发展规模、数量增多和日趋繁杂的施工环境,对钻孔爆破技术有了更高的水准要求。为提升钻孔爆破技术使用效果,务必全面了解其特性,科学选择合乎工程实际的钻孔爆破技术种类,制订实施措施并严格遵守工程施工技术标准。因此,有关单位在实施水利水电项目隧洞钻孔爆破施工过程中,应重视工程施工技术方案策划工作同时结合施工现场的需求进行管理,实行有效对策从而降低爆破钻孔作业工程成本。除此之外,要加强工程项目技术工作人员的专业素养和担当意识,保证有关材料和设备的质量符合规定。与此同时,要运用新技术提升整体效果,保证爆破技术运用的品质、安全性和可靠性。

### [参考文献]

- [1]陈优挺. 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(1): 141-144.
- [2]张国庆. 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术分析[J]. 建材发展导向, 2022, 20(16): 157-159.
- [3]黄勇, 刘大军. 钻孔爆破技术在水利水电工程隧洞施工中的应用[J]. 治淮, 2022(8): 41-42.
- [4]李智勇. 钻孔爆破技术在水利水电工程隧洞施工中的应用[J]. 工程机械与维修, 2022(3): 60-62.
- [5]薛俊斌. 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术[J]. 河南科技, 2022, 41(7): 63-66.
- [6]曾健. 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术研究[J]. 工程建设与设计, 2021(21): 83-85.
- [7]唐经华. 隧洞钻孔爆破技术在水利水电工程施工中的应用分析[J]. 四川水泥, 2020(11): 135-136.
- [8]牛瑞祥. 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术分析[J]. 农业科技与信息, 2020(8): 124-125.
- [9]邵继铎. 水利水电工程施工中隧洞钻孔爆破技术研究[J]. 科技风, 2020(6): 142.

作者简介: 李丹丹(1986.3—), 毕业院校: 河海大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前工作单位: 中国水利水电第十一工程局有限公司, 职务: 基础分局技术质量科科长, 职称级别: 高级工程师, 研究方向: 水利水电施工领域。