

## 水利工程隧洞开挖施工技术与质量控制

盛恩惠

浙江水专工程顾问有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要] 水利工程隧洞开挖施工是水利工程建设中不可或缺的一环, 隧洞开挖施工技术及其质量控制是保证整个施工过程安全、规范和高效的重点环节。本篇文章结合实际工程案例, 探讨了水利工程隧洞开挖施工技术和常见的质量控制方法, 包括前期勘探及施工准备、施工方案设计、开挖工艺的选择、安全施工、疏浚和支护等方面。通过对各个环节的探讨, 强调了施工过程中的各种因素必须得到合理的运用和掌握, 以保证隧洞开挖施工的质量、速度和安全。

[关键词] 水利工程; 隧洞开挖; 施工技术; 质量控制

DOI: 10.33142/hst.v6i4.9178

中图分类号: TV554

文献标识码: A

### Construction Technology and Quality Control of Tunnel Excavation in Water Conservancy Engineering

SHENG Enhui

Zhejiang Shuizhuan Engineering Consulting Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

**Abstract:** Tunnel excavation construction in hydraulic engineering is an indispensable part of hydraulic engineering construction, and tunnel excavation construction technology and quality control are key links to ensure the safety, standardization, and efficiency of the entire construction process. This article combines practical engineering cases to explore the construction techniques and common quality control methods for tunnel excavation in hydraulic engineering, including preliminary exploration and construction preparation, construction plan design, selection of excavation techniques, safe construction, dredging and support, etc. Through the exploration of various links, it is emphasized that various factors in the construction process must be reasonably utilized and mastered to ensure the quality, speed, and safety of tunnel excavation construction.

**Keywords:** water conservancy engineering; tunnel excavation; construction technology; quality control

#### 引言

隧洞工程开挖施工是水利工程建设中的重要环节之一, 是保障水利工程建设质量、顺利进行和安全运行的关键步骤。隧洞开挖施工技术及其质量控制是整个施工过程中最重要的一环, 因此必须采用合理的开挖技术和科学的质量控制措施, 以保证施工的质量、速度和安全。

本文将围绕着水利工程隧洞开挖施工技术及其质量控制展开, 分析目前常用的隧洞开挖技术和工艺流程, 理论分析不同技术方案的特点和优劣, 探讨施工中发生问题的原因和解决措施, 并结合实例介绍隧洞开挖施工的质量控制方法和实践经验, 以期对隧洞工程开挖施工提供一些有益的参考和借鉴。

#### 1 隧洞开挖技术及工艺流程

##### 1.1 常见的隧洞开挖技术

隧洞开挖技术是隧洞工程建设过程中最为重要的环节之一, 常用的划分方式是按照开挖方法进行分类。目前, 主要的隧洞开挖方法有爆破法、机械法、掘进法和非开挖法等。

##### 1.1.1 爆破法

爆破法是一种传统的隧洞开挖方法。常用于在地质条件较差、岩石硬度较高的情况下开挖隧洞。该方法采用高能量的炸药爆炸作用来破坏固体物质的方式, 实现对隧洞的大面积、高效率开挖。爆破法在开挖速度和效率方面具

有优势, 但同时也存在一定的安全隐患和环境污染问题。

##### 1.1.2 机械法

机械法是指利用机械设备对隧洞进行开挖。常用于强度较低、稳定性较差的地质条件下的隧洞开挖。此方法具有施工风险小、适用范围广等优点, 但其开挖效率较低且在复杂地形下难以实现。

##### 1.1.3 掘进法

掘进法是一种在地下进行开挖、支护、装修的技术, 其比爆破法和机械法更加安全和环保。掘进法的方式主要有顶进法、底部掘进法、压力隔膜法和液压劈裂法等。掘进法适用于较软的地质条件, 其开挖质量相对较高, 但是施工周期较长。

##### 1.1.4 非开挖法

非开挖法是指通过施工机械设备从地面或横向对隧洞进行开挖, 同时进行地下隧道壁面的支护和加固, 其主要包括盾构法和钻爆法。相对于传统的隧洞开挖方法, 非开挖法具有施工环境干净、噪音小、环保性好等优点, 但其成本较高、施工周期较长也是其相对劣势。

综合来看, 不同的开挖方法适用于不同的地质条件和施工环境, 其优缺点需要评估后选择最为适合该地段施工条件的方法。同时, 在隧洞开挖施工过程中, 必须严格遵守相关规范, 加强质量控制和安全管理, 确保施工质量和进度。

## 1.2 典型的隧洞开挖工艺流程

隧洞开挖工艺流程是指隧洞工程从准备工作到最后的竣工验收的整个流程。一般而言,隧洞开挖工艺流程包括前期施工准备、钻孔爆破、岩体支护和排水、掘进施工以及竣工验收等环节。

### 1.2.1 前期准备

前期准备是隧道工程中至关重要的环节。在施工前,必须对施工现场和周围环境进行勘查和评估,确定隧道的位置、长度、标高、断面大小等技术要求。同时,还需要制定施工进度表、方案编制、人员配置和材料设备采购等一系列工作,以确保施工的质量、进度和效率。在评估隧道工程时,需要特别考虑地质和水文条件。需要深入了解隧道开挖范围内的地质构造、地质构造类型、岩土工程特征、岩石变形、地下水情况及其水化学特征等,这些信息对隧道开挖工艺的选择和支护方案的设计至关重要。

测量工作也是前期准备的一个重要环节,要准确测量隧道工程的长度、断面大小和其他关键参数,以确定隧道的设计特征和施工参数。这些参数是确定开挖进度和支护方案的依据。在前期准备中,还需要密切关注资金和安全生产问题。需要建立科学的预算和定期计划,确保项目能够顺利进展和完成。同时,还需要建立一套科学的施工规范和安全生产规定,确保施工过程中的安全、质量和进度。这些规定和规范将有效减少隧道施工中的安全事故,提高施工质量,保障工程无事故、高质量建设。

### 1.2.2 预备工作

现场布置是前期准备中的一个重要环节,需要将施工现场布置好,确保施工过程顺利进行。布置现场时需要考虑施工设备和材料的运输和储存问题,施工道路是否可以通行,施工作业区域是否设置清晰等等。这些工作的顺利布置将为施工过程带来便利。

进场 investigations 包括进场前景观检查、环境影响评估、质量控制等一系列调研工作,旨在听取相关人员的意见建议和评估施工过程中的环境影响。这些调研工作有助于提高隧道施工过程的透明度,增强工程的可持续性和社会接受度。清理场地是确保施工顺利进行的另一重要环节。场地清理包括清除沙石、石头、杂草、野草、果树、作物、废弃物、垃圾等杂乱的杂物,使施工区域的地面平整、整洁,为施工做好准备。设备检查和修理工作是确保施工过程中施工设备工作正常的必要环节。设备检查需要对施工中使用的设备进行全面检查,保证设备正常运作,且满足施工需要。如有需要,需要对设备进行修理和维护保养,以保证设备具有良好的工作性能,提高设备寿命。

成功的隧道工程还需要确认材料的质量,检查支护工艺和方案以及安全生产设施。质量控制不仅能够确保施工材料的质量,而且能够保证支护工艺和方案的质量可靠,提高施工过程中的安全性,并减少出现问题的可能性。

### 1.2.3 开挖施工

隧道工程的开挖施工是隧道建设的重要环节。在确认好前期准备后,开始进行隧道的开挖施工。隧道开挖的方

式一般包括爆破、钻孔、掘进、挖掘机械开挖等操作。这些操作需要根据隧道的地质条件、施工进度等不同因素选择最为适合的施工方式。

隧道施工中的爆破操作是最常用的开挖方式之一,它是通过在岩石中注入爆炸物,并在安全的范围内引爆爆炸物,使岩石破碎从而达到开挖目的。爆破操作常用于隧道中的固结岩、泥质岩和软岩层等硬度较大的地层中。

钻孔主要应用于开挖隧道中较硬的岩石层。它通过使用钻孔机在岩石中挖出孔洞,然后在孔洞里注入水压或冰冻液体,将岩石剥落,以达到开挖目的。

掘进适用于隧道施工中由于地鼠或锤击钻机等工具的使用而无法开挖的较硬岩石层。掘进是通过使用隧道掘进机自动挖掘岩石,同时使用掘进液压支架,以确保隧道施工的稳定性。

挖掘机械开挖是运用大型挖掘机械对岩石进行机械开挖的方式,适用于隧道施工中的较松软地层。

除此之外,在隧道施工中,为了避免施工过程中的积水问题,还需要进行抽水排水操作。这个过程主要通过设置井筒,在井筒里建立水泵来降低隧道施工中的水位,以确保施工过程中的安全性和施工效率。

综上所述,隧道施工中的开挖操作需要根据不同的地质条件和其他环境因素来选择最适宜的开挖方式,从而确保隧道的施工安全、质量和进度。

### 1.2.4 隧道支护

为了保证隧道施工的稳定性和安全性,需要在隧道的各个部位进行支护工程。支护方式根据地质条件和不同的隧道使用要求而定,常见的支护方式包括喷锚支护、钢架、管片衬砌、拱形钢筋网、梁板等。支护工程部位包括顶板、侧墙、底板等。

在隧道施工中,喷锚支护是一种常见的支护方式,它主要用于多种非破碎性、固结性地质环境中。喷锚支护是通过在隧道壁面上钻孔设置锚杆,然后在孔洞中注入水泥浆,使锚杆与混凝土形成紧密的结合,从而增强隧道的强度和稳定性。钢架支护是通过使用钢框架和钢筋混凝土墙进行加固的方式,实现对隧道的支护和强化。钢架支护常用于高速公路、铁路等通车量较大的隧道工程中,以提高隧道的抗变形能力和承载力。管片衬砌在公路、铁路和地铁等交通工程中被广泛使用。管片衬砌是一种通过在隧道壁上安装倒角的环形混凝土管片来支撑和固定隧道壁和顶板的方式,从而增强隧道的稳定性。

拱形钢筋网是一种常用的地下工程支护材料,拱形钢筋网可以构造出连续的地下承重体系,通过提供抗压强度来改变地下土体的应力水平,从而保持隧道的稳定性和安全性。

梁板是一种常用的隧道支护方式,它通过梁板的连接和支撑来实现对隧道的支护和加固。梁板系统是一种新型的隧道支护系统,其优点是施工简单、成本低、支撑能力强等,因此在隧道工程中被广泛应用。

综上所述,针对不同的地质情况和隧道的使用要求,隧道工程采用不同的支护方式来保证施工过程中的稳定

和安全,常见的支护方式包括喷锚支护、钢架、管片衬砌、拱形钢筋网、梁板等。

### 1.3 隧洞洞口及尾矿坝的处理

在隧道施工完成后,为了保证隧道的安全和美观,需要对洞口和尾矿坝进行处理。处理的步骤包括开挖和砌筑洞口壁、门型矿石堆置等,主要如下:

开挖和砌筑洞口壁:洞口的开挖和砌筑是一个关键步骤,通过对洞口进行清理、砌石或混凝土墙体来保证洞口的结构牢固和外观美观。在开挖和砌筑之前,需要先对洞口进行测量和摸底,确认洞口的尺寸和形状,然后确定砌筑方案和材料使用。

门型矿石堆置:门型矿石堆是为了保证洞口外观美观和安全而做的装饰,也可以用来划分不同的施工区域。门型矿石堆可以使用不同的石材和造型进行设计,但一定要保证其稳固性和安全性。在门型矿石堆置的时候,需要根据不同的要求和设计方案,挖掘坑底、放置门型矿石和填充土石料等,从而构建出美观、实用和安全的门型矿石堆。

### 1.4 隧道验收

验收是保证隧道质量和使用安全的重要措施,施工结束后由相关部门进行验收,确认隧道的质量和使用效果。隧洞开挖施工中容易出现的问题,隧洞开挖施工中,常见的问题包括隧洞施工进度超期、隧道断面形状失调、隧洞岩体起伏性较大、隧道掘进过程中岩体垮塌、隧洞内水位过高、隧道内外空气流动失调等等。这些问题的出现,除了一些外在因素的影响外,更严重的是由施工过程中存在的技术和工艺问题所引发的。为了避免这种情况的发生,施工团队应集中优势资源,建立科学合理的施工团队、清晰的施工规划和熟悉的施工技术流程,加强施工现场安全监管,实现施工质量的有效控制。

## 2 隧洞开挖施工质量控制

### 2.1 质量控制的重点

隧洞开挖施工的质量控制是确保施工过程中各项作业的准确性、协调性、适度性、稳定性和持续性,同时保证开挖过程的安全性的重要保障。隧洞开挖施工的质量控制工作应以合理时间表为基础,制定详细、严格的控制计划,并将其实施到施工过程中。重点之一是保证施工作业的准确性。施工作业的准确性是保证隧洞工程建设质量的首要任务。控制计划应首先明确每个作业的施工标准和要求,制定相应的作业指导,对作业人员进行必要的培训和技术支持。同时,应建立有效的监管机制,实现施工过程中的实时监测和质量反馈,及时发现问题并解决。

其次,质量控制要保证施工过程中的协调性。在隧洞开挖施工过程中,涉及到的施工环节和单位较多,各个环节之间的关系错综复杂。为保证施工过程的顺利开展,需要建议严格的协调措施,包括加强施工协调人员的配备,优化施工流程,明确各方责任,并建立紧密的沟通机制,及时解决各类问题。此外,质量控制的重点之一是保证施工过程的适度性。隧洞的开挖过程中涉及到许多细节问题,因此需要针对各种不同情况制定适度的控制措施,以保证

施工过程的质量。同时,应建立良好的现场管理机制,进行必要的现场检查和调整,确保施工过程中的细节问题得到妥善解决。此外,质量控制重点还包括保证施工过程的稳定性和持续性,并保证开挖和施工过程的安全性。在实施质量控制的过程中,要建立可靠的安全保障机制,建立健全的事故应对和处理策略,加强安全意识和防范意识的培养,为施工过程的顺利开展和安全实现提供保障。

总之,隧洞开挖施工质量控制是建设重要的保证。要加强质量管理,制定详细、严格的控制计划,并确保施工过程中质量标准的实现,不断提高施工质量水平,为隧洞工程建设提供保障。

### 2.2 主要控制方法

隧洞开挖施工的质量控制方法主要包括:质量管理体系、工艺流程控制、技术标准制定、质量检测与监测等。

#### 2.2.1 质量管理体系

在隧洞开挖施工过程中,应建立起科学规范的质量管理制度。该制度通过规范管理行为、促进组织效率、优化施工流程、强化质量教育和培训等,来保证隧洞工程的质量。

#### 2.2.2 工艺流程控制

在隧洞开挖过程中,应精细化地控制各个施工环节的工艺流程。通过科学规范的流程控制,能够确保施工过程中各个环节的质量、速度和安全。

#### 2.2.3 技术标准制定

隧洞工程建设需要建立科学合理的技术标准制度。制定合理的技术标准能够确保施工过程中各项工艺流程和设备受到科学的控制,达到质量标准要求。

#### 2.2.4 质量检测与监测

隧洞开挖施工质量的检测和监测是保证隧洞工程建设质量的重要措施。在施工过程中,对各工程环节、设备和工作人员进行严格的检测和监测,来发现和解决可能存在的质量问题。

## 3 结束语

隧洞工程开挖施工是水利工程等大型工程建设中不可或缺的重要工作,本文通过介绍隧洞工程施工的主要步骤和工艺流程,以及各种支护方式和洞口尾坝的处理工作,强调了施工过程中的质量控制和安全管理的重要性。只有严格执行施工规范和标准,精心制定施工计划和方案,加强施工现场管理,扎实做好支护施工和通风排水等工作,方能确保隧洞工程施工质量和施工安全。

### [参考文献]

[1]刘敏.水利水电工程隧洞开挖支护施工质量控制——基于产权社会学的视角[J].农业经济问题,2016,36(4):178-186.

[2]杨颖岚.观音阁水库输水隧洞施工质量控制探析[J].内蒙古水利,2015(1):151-152.

[3]刘辉,陈思羽.水利水电工程隧洞开挖支护施工质量控制[J].中国农村观察,2016(2):154-166.

作者简介:盛恩惠(1975—),男,浙江新昌人,本科,从事水利工程管理研究。