

# 浅埋隧道开挖过程中的支护设计与安全控制

王明亮

云南省交通投资建设集团有限公司, 云南 昆明 650000

**[摘要]**文中主要探讨了浅埋隧道开挖过程中的支护设计与安全控制,结合云南文山某在建一级疏港公路工程,重点分析浅埋隧道施工关键技术问题。文章首先介绍了浅埋隧道开挖过程中的支护作用,接着分析了施工中的安全控制措施,包括支护结构的选择、施工流程的优化以及应急处理方案。最后,文章通过案例分析,提出有效的安全控制方法和工程管理建议,确保隧道施工的安全性和稳定性。

**[关键词]**浅埋隧道; 支护设计; 安全控制; 施工管理; 疏港公路

DOI: 10.33142/aem.v7i2.15749 中图分类号: U455.4 文献标识码: A

## Support Design and Safety Control during Shallow Buried Tunnel Excavation Process

WANG Mingliang

Yunnan Communication Investment & Construction Group Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

**Abstract:** This article mainly discusses the support design and safety control during the excavation process of shallow buried tunnels, and focuses on analyzing the key technical issues of shallow buried tunnel construction in conjunction with a first-class dredging highway project under construction in Wenshan, Yunnan. The article first introduces the supporting role during the excavation process of shallow buried tunnels, and then analyzes the safety control measures during construction, including the selection of supporting structures, optimization of construction processes, and emergency response plans. Finally, the article proposes effective safety control methods and engineering management suggestions through case analysis to ensure the safety and stability of tunnel construction.

**Keywords:** shallow buried tunnel; support design; safety control; construction management; Shugang highway

### 引言

浅埋隧道的开挖与支护设计直接影响工程质量与施工安全,不仅要满足稳定性和耐久性的要求,还需考虑施工中的环境适应性以及对施工进度的影响。本文结合实际案例,针对浅埋隧道开挖过程中面临的挑战,探讨了合理的支护设计方案和安全控制措施,以期对浅埋隧道支护设计和安全控制提供借鉴。

### 1 浅埋隧道开挖与支护设计概述

#### 1.1 浅埋隧道开挖的基本特点

浅埋隧道是指埋深较浅的隧道,通常位于地下水位以下或者仅有较薄的覆盖层。其开挖过程具有一定的复杂性和特殊性。一方面,浅埋隧道开挖时对周围土体的扰动较大,同时需面对地下水或软弱土层等特殊情况,容易引发地表沉降、边坡滑塌等问题,因此对支护结构和施工技术提出了较高要求。另一方面,浅埋隧道一般涉及较为复杂的地质条件,施工过程中可能会遇到软弱层、断层、岩溶等不利因素,这些因素会影响开挖的稳定性和安全性,因此需要提前评估地质情况并制定相应的支护方案。

#### 1.2 支护设计的基本原则与要求

浅埋隧道的支护设计必须确保隧道在开挖过程中有足够的稳定性,避免因支护结构不足导致隧道塌方或变形。支护设计的基本原则包括以下几点:一是适应性原则,

即支护设计要根据不同的地质条件、地下水位、开挖方式等因素灵活调整。二是安全性原则,支护结构需能够抵抗开挖过程中产生的外部荷载,如土压力、水压力、建筑物或交通荷载等。三是经济性原则,即支护设计应在保证安全性的基础上,尽可能选择经济实用的支护结构和施工方式,以减少施工成本。四是可操作性原则,设计时应考虑施工难度和工期要求,确保支护结构在实际施工中可行。

#### 1.3 支护设计影响因素分析

浅埋隧道支护设计的影响因素主要包括地质条件、地下水位、开挖方式和施工工期等。地质条件是支护设计的首要考虑因素,土层的类型、强度以及地下水的分布状况都会直接影响支护结构的选型。例如,遇到松软或不稳定土层时,需要选择加固措施,如注浆或加设锚杆支护等。地下水位也是关键因素,过高的地下水位可能导致支护结构的承载能力下降,因此在支护设计中需考虑排水系统的设置。开挖方式对支护结构的影响也不容忽视,如采用分部开挖时,需要对掌子面加固、锁脚锚杆等支护系统进行设计。

### 2 支护结构的选择与设计

#### 2.1 常见支护结构类型与适用范围

在浅埋隧道开挖过程中,支护结构的选择需要根据地质条件、施工方法和周围环境等因素进行合理的配置。常

见的支护结构类型包括以下几种:

**喷射混凝土支护:**这种支护方式适用于开挖面较小,土层较为稳定的隧道。喷射混凝土可以快速形成坚固的支护结构,适合用作临时支护或永久支护,尤其在较为软弱的土层或围岩条件下,可以有效避免隧道的塌方和不均匀沉降。**钢支撑与钢架支护:**钢支撑和钢架支护一般用于软弱土层或地质条件较差的区域。钢支撑具有较强的承载能力,能够抵抗较大的土压力和水压力,并可有效减少隧道开挖过程中对周围环境的影响。钢架支护则适用于大断面隧道的支护,能够提供较强的稳定性。**土钉支护:**土钉支护适用于软弱土层、松散砂土或较薄的覆盖层。在此类条件下,土钉支护可以通过打入土层的钢筋或钢管来加固土体,从而提高其承载力和稳定性。该支护方式结构简洁、施工方便,适用于中小断面隧道。**管棚支护:**管棚支护主要用于地质条件复杂或水位较高的区域。

## 2.2 支护结构设计中的关键技术

支护结构设计中的关键技术包括以下几方面:

**土体压力分析:**支护设计的核心在于对土体压力的准确分析。土体的水平压力、垂直压力以及地下水压力等因素,直接决定了支护结构的选择和设计参数。因此,准确计算土体压力,并根据开挖深度、土质和周围环境的不同,选择合适的支护结构是非常重要的。

**支护结构的稳定性分析:**在支护设计中,必须考虑到支护结构的稳定性,确保其能够长期稳定地支撑隧道。稳定性分析主要通过计算支护结构在开挖过程中受到的荷载,包括土压力、水压力以及地震等外部荷载,确保支护结构不会发生位移、变形或塌方。

**变形控制:**支护设计必须考虑到隧道的变形问题,尤其是在软弱土层中,过大的变形可能导致支护结构失效,甚至影响隧道的整体稳定性。设计时应考虑合理的支护间距和支撑强度,以控制支护结构的变形,确保隧道结构的安全。

**施工顺序的优化:**合理的施工顺序有助于减少支护结构的损坏和变形,确保施工过程中的安全性和施工质量。例如,采用分段施工和渐进开挖的方式,可以有效避免突发情况的发生,并保持支护结构的稳定性。

## 2.3 支护设计选型及考量因素

项目实施过程中在选择支护设计方案时,需综合考虑以下因素:

**地质条件:**不同的地质条件要求采用不同类型的支护结构。在软弱土层或高地下水位地区,需要选择抗水能力强、稳定性好的支护结构;而在硬岩或稳定土层条件下,喷射混凝土等轻型支护结构可能更为合适。

**施工工期与成本:**在安全性与成本之间做出平衡。在确保施工安全的前提下,选择施工工期短、成本较低的支护结构是主要考虑因素。例如,在施工进度较紧的情况下,

可能会优先选择预制构件或能快速安装的支护结构,以节省时间和成本。

**周围环境和影响:**还需考虑支护结构对周围环境的影响,如对邻近建筑物、交通设施或地下设施的影响。如果施工区域临近集镇密集区或存在重要设施,需选择低噪音、低振动的支护方式,避免对周围环境造成不良影响。

**施工技术要求:**不同的支护结构需要不同的施工技术,应根据实施单位的技术力量和设备条件,选择适合的支护方案。

## 3 浅埋隧道施工中的安全控制措施

### 3.1 施工过程中风险识别与控制

浅埋隧道施工过程中的风险较为复杂,必须进行全面的风险识别与分析,以确保施工过程的安全性。风险识别的第一步是对隧道开挖区域的地质条件进行详细勘察,包括土层类型、地下水位、断层、裂隙以及可能存在的软弱岩层等因素。通过这些数据,可以预测可能发生的地质灾害,例如土体不稳定、开挖面塌方或地下水渗透等。施工过程中,地下水的控制也是一项重要风险。高地下水位可能导致施工面不稳定,甚至发生涌水事故。需根据水文地质条件,制定排水方案,采用管棚支护、止水帷幕等方法降低地下水对施工的影响。除了自然风险,施工过程中还应考虑人为因素的风险,如施工工人操作失误、设备故障等。

### 3.2 支护施工过程中的安全技术措施

支护施工过程中的安全技术措施对于确保隧道稳定性至关重要。在支护施工过程中,最关键的安全技术措施是支护结构的合理设计和实施。首先,支护结构必须按照设计要求严格施工,确保支护材料和支撑系统的强度和稳定性。例如,在进行喷射混凝土支护时,必须确保混凝土喷射的均匀性与强度,避免局部薄弱区的产生;对于钢支撑支护,需要严格按照设计规范安装,确保每一段支撑的承载力。应采用分阶段开挖、分段支护的施工方式,避免一次性开挖过大造成地面沉降或隧道结构不稳定。此外,开挖过程中要严格控制开挖面的坡度和土体压力,避免因压力集中而导致支护失效。还应根据不同地质条件选择合适的支护类型,如在较为松软的土层中使用土钉支护,或者采用管棚支护来控制地下水。

### 3.3 工程质量监控与应急管理

工程质量监控和应急管理是保障隧道施工安全的重要环节。在工程质量监控方面,各参建单位应建立严格的质量管理体系,包括从材料采购、施工工艺到最终验收的全程质量控制。所有支护材料必须符合设计规范要求,施工工艺需严格按照设计标准执行。在应急管理方面,各参建单位必须制定详细的应急预案,特别是针对突发情况如大规模塌方、地下水涌入等。应急预案应明确各类紧急情况的应对流程、责任分配及资源调度,确保在事故发生时能够迅速响应并采取有效措施。此外,施工现场应配备充

足的应急救援设备和人员,包括生命探测仪、应急排水系统、应急通信设备等,以保障事故发生时能够迅速进行人员疏散和抢救。为了提高应急响应能力,各参建单位还应定期组织应急演练,检验预案的可行性和应急反应的速度,确保施工人员熟悉应急操作流程,提高应急处置能力。

#### 4 案例分析与施工管理建议

##### 4.1 案例分析:云南文山某在建一级疏港公路工程隧道施工

该隧道施工项目位于港口周边的交通繁忙区域,为双车道一级公路标准,施工管理过程中面临诸多挑战,包括复杂的地质条件、地下水渗透以及下穿交通流量较大的既有公路和村民自建房屋。为确保施工安全和顺利进行,在支护设计上采取了多种措施。

针对地质条件较为复杂的情况,选用了喷射混凝土、注浆小导管和钢支撑组合的支护方式。为了有效应对地下水的问题,采用了喷射混凝土、管棚支护与复合式衬砌相结合的方式,在隧道开挖面周围建立了完整的水控制系统。同时,施工过程中严格按照分段开挖的原则,确保每一段开挖后的支护都能得到及时安装,以防止突发风险的发生。施工期间,通过实时监测技术,对开挖面及支护结构的变形、土压力等进行动态监控,及时调整施工方案,确保了隧道的安全施工。最终,该隧道顺利贯通,工程质量符合设计标准,施工期内没有发生重大安全事故。

##### 4.2 施工管理中的问题与解决方案

在该隧道施工过程中,施工管理也暴露出一些问题,主要体现在以下几个方面:

**施工协调不足:**由于施工现场交通繁忙,且隧道开挖施工影响到周围建筑物和交通流通,施工单位在协调方面存在一定困难,尤其是交通组织不当导致的施工干扰。解决方案:加强施工前期的协调工作,提前与相关部门沟通,优化施工进度计划和交通管理方案,合理安排施工时段,尽量避开高峰期。同时,加强对现场交通的实时监控与调度,确保交通流畅并减少施工干扰。**地下水控制难度大:**尽管在施工设计中采取了多项水控制措施,但由于地下水渗透性较强,围岩遇水变得极其松软,对施工进度产生了影响。解决方案:提升地下水控制技术,如采用洞内外观察、位移监测、水文监测等手段,增强对水文地质条件的监测。采取水泥注浆、复合式衬砌排水系统和机械排水辅助等措施,加强支护结构的防水设计,确保水位变化时能

迅速采取有效措施。施工人员安全意识薄弱:在部分施工环节中,工人对于安全操作规程的执行不到位,导致局部施工存在安全隐患。解决方案:加强施工人员的安全教育与培训,定期组织安全演练,确保每一位工人都能熟悉安全操作规程。在施工过程中严格执行安全标准,并设立专职安全员进行监督检查。

##### 4.3 未来浅埋隧道施工中的安全与支护管理优化建议

未来的浅埋隧道施工在安全和支护管理上可以进一步优化。首先,针对复杂的地质和水文条件,应加强对地质勘察和地下水监测的投入,提前识别潜在风险,为施工方案的调整提供依据。采用更先进的监测设备,如地质雷达、传感器等,实时监控隧道的结构变形和土体压力,确保支护结构的稳定性。项目管理应更加注重全过程的协同管理。在支护设计方面,应根据不同地质条件和施工环境,选择更加灵活和高效的支护系统。例如,在软弱土层中,可以进一步改进土钉支护与喷射混凝土的结合方式,提升支护结构的承载能力与耐久性;在水文条件复杂的区域,则可以利用更多的先进水控技术,如深层止水帷幕、主动水位控制系统等。施工人员的安全培训和应急管理仍是未来施工管理中不可忽视的部分。

#### 5 结语

浅埋隧道的支护设计与安全控制是确保隧道施工安全和质量的关键。本文通过对支护设计与安全控制措施的深入探讨,提出了施工过程中的技术要求和管理建议。未来,随着技术的进步,应结合实际工况,优化支护设计方案,并加强安全监控和应急管理,确保隧道工程的顺利完成,为高质量完成工程建设提供有力支撑。

#### [参考文献]

- [1]叶亦文. 软弱围岩浅埋隧道施工方法研究[J]. 工程技术研究, 2023, 8(21): 38-40.
  - [2]杨宗瑜. 浅埋软岩隧道下穿既有公路施工安全控制技术浅析[J]. 四川水泥, 2023(3): 202-204.
  - [3]吕玉超. 公路下方浅埋隧道施工技术分析[J]. 交通世界, 2022(10): 110-111.
  - [4]任鹏慧. 浅埋隧道施工技术[J]. 交通世界, 2017(18): 74-75.
- 作者简介:王明亮(1992.10—),北京交通大学,工程管理专业硕士,当前就职单位:云南省交通投资建设集团有限公司,职称级别:工程师。