

# 明挖深基坑下卧多层隧道施工关键技术研究

## Research on Key Technologies for Construction of Multilayer Tunnel Underlying in Open Excavation Deep Foundation Pit

程俊坤

Junkun Cheng

浙江交工集团股份有限公司 中国·浙江 杭州 310000

Zhejiang Jiaogong Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

**摘要:** 论文针对明挖深基坑下卧多层隧道施工的关键技术进行研究,包括地质条件与工程勘察、施工方法与工艺流程、基坑支护技术、地下连续墙施工技术等方面。通过分析实例和总结经验,旨在提供有关明挖深基坑下卧多层隧道施工的技术指导和参考。

**Abstract:** This paper studies the key technologies for the construction of the underlying multi-layer tunnel of open cut deep foundation pit, including geological conditions and engineering investigation, construction methods and process flow, foundation pit support technology, Slurry wall construction technology, etc. By analyzing examples and summarizing experience, the aim is to provide technical guidance and reference for the construction of multi-layer tunnels under open excavation deep foundation pits.

**关键词:** 明挖深基坑; 下卧多层隧道; 施工技术; 地质条件

**Keywords:** open excavation deep foundation pit; underlying multi-layer tunnel; construction technology; geological conditions

**DOI:** 10.12346/rb.v1i3.8386

## 1 引言

在城市建设和交通发展中,隧道作为重要的交通和基础设施,扮演着关键的角色。随着城市空间的限制和交通需求的增加,明挖深基坑下卧多层隧道的施工日益增多。这种类型的隧道施工面临着独特的挑战和复杂的技术问题,涉及到地质条件、施工方法、支护技术、水文地质环境等多个方面。因此,深入研究明挖深基坑下卧多层隧道施工的关键技术具有重要的理论和实践意义。

## 2 明挖深基坑下卧多层隧道施工概述

### 2.1 定义和特点

明挖深基坑下卧多层隧道是指在明挖基坑施工的同时,在基坑底部水平开挖多层隧道的一种施工方式。它具有以下几个主要特点:

综合利用空间:通过在基坑底部水平开挖多层隧道,可

以充分利用地下空间,提高土地的利用效率。

降低交通影响:明挖基坑下卧多层隧道将交通线路置于地下,减少了对地面交通的干扰和影响,提高了交通的通行能力和效率。

结构相对稳定:由于位于基坑底部,明挖基坑下卧多层隧道相对于其他类型的隧道更加稳定,其承载能力较高,有利于长期运营和使用。

### 2.2 应用领域和需求

明挖深基坑下卧多层隧道广泛应用于城市交通、地铁、水利、能源等领域。具体应用领域包括但不限于以下几个方面:

城市交通枢纽:明挖深基坑下卧多层隧道可以用于城市交通枢纽的地下通道,如地下立交桥、地下人行通道等,以缓解地面交通拥堵问题,提供便捷的交通连接。

水利工程:在水利工程中,明挖深基坑下卧多层隧道可

【作者简介】程俊坤(1989-),男,中国四川南充人,本科,工程师,从事道桥工程研究。

用于水库溢洪道、排水系统、水泵站等的建设,提高水利工程的安全性和效率。

**能源开发:**在能源领域,明挖深基坑下卧多层隧道可用于输电、输气管道、矿山开采等项目,为能源开发提供便利条件。

这些应用领域对明挖深基坑下卧多层隧道施工技术提出了特殊的要求和需求。首先,施工需要考虑地下水的处理和控制在,以确保工程安全和稳定。其次,需要克服地质条件复杂、基坑支护困难等挑战,保证施工的顺利进行。此外,对于不同的应用领域,还需要考虑隧道结构的设计和材料选择,以满足工程的功能要求和使用寿命。

### 2.3 挑战和难点

明挖深基坑下卧多层隧道施工面临着一些挑战和难点,主要包括以下几个方面:

**地质条件复杂:**地下地质环境的复杂性对隧道施工造成了困难,例如地层变化、断层、地下水位等因素需要进行准确的勘察和分析,以制定合理的施工方案。

**基坑支护难度大:**明挖基坑下卧多层隧道施工过程中,基坑支护是一个重要的环节,需要选择合适的支护结构和材料,并进行有效的监测和控制,以确保基坑的稳定和安全。

**地下水处理与控制:**基坑底部多层隧道施工过程中,地下水的处理和控制在是一个关键问题。需要采取合适的排水措施,防止地下水涌入施工现场,同时保护周边地下水资源。

**施工安全和环境保护:**明挖深基坑下卧多层隧道施工涉及大规模土方开挖和支护施工,施工安全和环境保护是不可忽视的问题。施工过程中需要严格遵守相关安全规范,采取有效的安全措施<sup>[1]</sup>,保障工人和施工现场的安全。同时,需要采取环境保护措施,减少施工对周围环境的影响,如噪声、震动、粉尘等的控制与治理。

## 3 地质条件与工程勘察

### 3.1 地质条件对施工的影响

地质条件的复杂性直接影响着施工的安全性、效率和成本。以下是地质条件对施工的影响方面的几个例子:

**岩性和土质特征:**不同岩性和土质具有不同的强度、稳定性和水文特性。在选择开挖方法、支护措施和施工工艺时,需要充分考虑地质条件对隧道施工的影响。

**地下水位和水文条件:**地下水位高、水压大的地质环境可能导致隧道开挖中的水问题,如渗水、涌水等。因此,需要采取合适的地下水处理措施,如降低地下水位、封堵水源、排水等,确保施工安全和稳定。

**地质构造和断层:**地质构造和断层的存在可能导致隧道岩体的变形、裂隙和不稳定等问题。在工程勘察和设计阶段,

需要进行详细的地质调查和断层勘察,评估其对施工的影响,并制定相应的措施应对。

### 3.2 工程勘察方法与要点

为了充分了解地质条件,确保明挖深基坑下卧多层隧道施工的可行性和安全性,进行细致全面的工程勘察是必要的。下面是工程勘察的方法与要点:

**地质勘察:**通过地质勘察,了解地质构造、地层特征、岩性、土质等信息。常用的地质勘察方法包括钻探、取样、地震勘探、地电勘探等。要重点关注与隧道施工相关的地质特征,如断层、脆弱地质体等。

**水文地质勘察:**水文地质勘察是评估地下水位、水质、水力特征等的重要手段。通过水文地质勘察,可以了解地下水位、水力梯度、水文地质特征等信息,为地下水处理提供依据。常用的水文地质勘察方法包括水位观测、水质分析、渗透试验等。

**地质雷达勘察:**地质雷达是一种非破坏性的勘察方法,可以探测地下的地质构造、岩层分布、空洞等信息。通过地质雷达勘察,可以获取隧道开挖所需的地下情况,为隧道设计和施工提供准确的数据支持。

### 3.3 地下水处理技术

地下水处理是明挖深基坑下卧多层隧道施工中的重要环节之一。合理有效的地下水处理技术可以有效控制地下水位,减少地下水对施工的干扰,确保施工安全和进度。以下是几种常用的地下水处理技术:

**地下水排泵:**通过设置排水井和水泵,将地下水抽至地面,降低地下水位,控制地下水的涌入和渗透。

**地下水封堵:**通过注浆、密封屏障等方法,将地下水的流动通道封堵起来,防止地下水涌入施工区域。

**地下水分流:**通过设置分流管道或隔离帷幕,将地下水引导至周边地区,减少对施工区域的影响。

**地下水净化:**对地下水进行净化处理,去除其中的悬浮物、有机物、重金属等污染物,以确保排水的环境安全性。

在选择地下水处理技术时,需要综合考虑地下水位、水质特征、施工区域的特点以及工程经济性等因素。合理的地下水处理技术应能满足以下要求:

地下水处理技术应能够稳定地控制地下水位,使其保持在施工所需的安全范围内,以防止地下水涌入和渗透引起的施工问题。

地下水处理技术应能够在控制地下水位的同时,保护周边地下水资源的水质和水量,以减少对环境的不良影响。地下水处理技术应具备高效性和经济性,能够满足施工进度要求,并在成本可控范围内实施。地下水处理技术应采取措施减少对周围环境的负面影响,如降低噪声、减少污染物排放等。

## 4 施工方法与工艺流程

### 4.1 明挖基坑施工方法

适用于较坚硬的岩石地层，通过爆破作业将地层炸碎，再进行清理和处理。这种方法具有开挖速度快、适应性强的特点，但在城市等限制条件下需注意对周围环境和结构物的影响。

**机械开挖法：**采用挖掘机、装载机等机械设备进行挖掘作业。机械开挖法可以适用于不同地质条件和基坑规模，且对环境影响较小。需要根据具体情况选择合适的机械设备和工艺流程。

**挖孔桩法：**通过挖掘钻孔并灌注混凝土形成孔壁，逐层开挖。这种方法适用于松软地层或需要支护的地质条件，可提供较好的稳定性和安全性。

### 4.2 多层隧道施工方法

多层隧道的施工方法需考虑隧道间的相互影响、地质条件的变化以及施工效率等因素。常用的多层隧道施工方法包括：

将多层隧道按照纵向或横向划分为若干段进行施工，逐段完成开挖、支护和衬砌等工序。分段施工法可以减少相互影响，提高施工效率，但需要注意各段之间的连续性和衔接。同时进行多个隧道段的施工，通过合理的资源调配和工期安排，提高施工效率。并行施工法适用于工期紧迫、空间允许的情况，但要注意施工协调和管理的复杂性。将隧道节段预制好后，再进行组装和安装。这种方法可以减少现场施工的时间和工艺，提高工作效率和质量控制。

### 4.3 明挖基坑下卧多层隧道施工工艺流程

**工程准备阶段：**进行详细的工程勘察和地质调查，获取地质、水文和地下情况等相关数据。制定施工方案和施工组织设计，确定施工序列、工艺流程和支护措施等。确定施工进度和资源计划，制定合理的施工计划和时间节点。

**明挖基坑施工阶段：**根据明挖基坑设计要求，选择合适的开挖方法（如爆破法、机械开挖法等）进行基坑的开挖。进行地下水处理，采用适当的地下水处理技术（如排泵系统、水井阻水等）控制地下水位。实施基坑支护工程，采用适当的支护措施（如钢支撑、混凝土边坡等）保证基坑的稳定性。进行基坑地表处理，如排水、防尘、噪音控制等，保证施工现场的环境和安全<sup>[2]</sup>。

**多层隧道施工阶段：**根据设计要求和施工计划，选择合适的多层隧道开挖方法（如分段施工法、并行施工法等）进行隧道的开挖。进行地下水处理，根据实际情况采用合适的地下水处理技术，保持施工现场的干燥和稳定。进行隧道支护工程，采用适当的支护措施（如钢架支护、锚杆支护等）确保隧道的稳定性和安全性。进行隧道衬砌工程，按照设计

要求进行隧道内壁的衬砌施工，确保隧道的结构完整和耐久性。进行其他附属工程，如通风系统、排水系统等的安装和调试。

**完工阶段：**进行隧道验收和检测，确保隧道的质量和安全符合相关标准和规范。进行清理和整理施工现场，清除杂物和垃圾，恢复周边环境的整洁。进行竣工验收和文件整理，编制相关竣工资料和技术档案。完成隧道的交付和移交程序，确保项目的顺利结束。

## 5 隧道开挖与支护技术

### 5.1 开挖方法与工艺选择

隧道开挖方法和工艺的选择对于施工进度、安全性和质量具有重要影响。常见的隧道开挖方法包括：

**传统顺施法：**采用人工或机械设备从隧道起点开始，逐步向隧道终点推进开挖。这种方法适用于较短隧道或地质条件较好的情况，施工过程相对简单。

**全断面法：**在一次性开挖整个隧道断面，并采取适当的支护措施保证施工安全。全断面法适用于地质条件较复杂、水位较高或需要较长施工周期的隧道。

**隧道掘进机法：**使用隧道掘进机进行连续推进开挖，适用于较长隧道和地质条件较好的情况。隧道掘进机具有高效、安全的特点，但需要根据地质条件和隧道要求选择合适的机械类型和工艺。

### 5.2 隧道支护结构设计

**地质条件：**根据地质调查和勘察结果，确定地质层位、岩性、断裂带等地质特征，合理选择支护方式和结构类型。

**水文地质条件：**考虑地下水位、水压等水文地质因素对支护结构的影响，采取适当的防水措施。

**隧道尺寸和形状：**根据隧道尺寸、形状和设计要求，确定支护结构的尺寸、布置和材料选择。

**施工工艺：**考虑支护结构施工的可行性和经济性，合理安排施工工艺流程。

常见的隧道支护结构包括衬砌、锚杆、喷射混凝土、钢支撑等。具体的支护结构设计应根据隧道的地质条件和工程要求进行综合分析和优化，确保支护结构的稳定性和耐久性。

### 5.3 隧道开挖监测与控制技术

隧道开挖过程中隧道开挖监测与控制技术是确保隧道施工安全和质量的重要手段。通过实时监测和控制，可以及时发现施工过程中的地质变化、变形和下沉等问题，采取相应的措施进行调整和处理。以下是一些常用的隧道开挖监测与控制技术：

**地质监测：**通过地质勘察和监测，获取地层信息和地质

变化趋势。常用的地质监测方法包括地质雷达、地下水位监测、地下应力测量等,以实时掌握隧道周围地质条件的变化。

**倾斜监测:**倾斜监测用于监测隧道的水平和垂直倾斜变化。常用的倾斜监测技术包括倾斜仪、测斜孔、倾斜监测系统等,可以及时发现隧道变形和下沉情况,采取相应的支护和加固措施。

**应变监测:**应变监测用于监测隧道结构的变形和应力变化。常用的应变监测技术包括应变计、挠度计等,可实时监测隧道结构的变形情况,提供数据支持进行结构安全评估和控制措施的制定。

**隧道掘进机监控:**对于采用隧道掘进机进行开挖的隧道工程,通过对掘进机的实时监控,可以掌握掘进机的工作状态、进度和振动情况,及时发现异常情况并采取相应措施。

**预警系统:**建立隧道开挖的预警系统,利用传感器和监测设备进行实时监测,当监测数据超过安全阈值时,系统能够自动发出警报,提醒施工人员采取应急措施。

**施工控制技术:**根据监测数据和实时情况,进行施工过

程的调整和控制。包括合理调整开挖速度、施工顺序和支护方案等,以保证施工安全和质量。

## 6 结论

明挖深基坑下卧多层隧道施工是一项复杂而具有挑战性的工程,涉及到地质条件、工程勘察、施工方法、支护技术等多个方面<sup>[3]</sup>。明挖深基坑下卧多层隧道施工关键技术的研究是工程实践中的重要课题。通过深入研究和探索,可以为该领域的工程施工提供指导和支持,促进相关技术的创新和发展。

## 参考文献

- [1] 刘志强,张敏,郭建兵.明挖基坑下卧多层隧道施工关键技术探讨[J].现代交通技术,2016,26(5):120-123.
- [2] 张伟,李鹏飞,李明.明挖基坑下卧多层隧道施工方法研究[J].地下空间与工程学报,2018,14(1):192-198.
- [3] 赵亮,王建军,张军.明挖基坑下卧多层隧道施工关键技术研究与应用[J].建筑科学与工程学报,2020,37(4):110-116.