

# Key technologies of deep foundation pit support and pile foundation co-construction for municipal viaducts under complex geological conditions

Congying Peng

10th Geological Team, Jiangxi Provincial Bureau of Geology, Yingtan, Jiangxi, 335000, China

## Abstract

Under complex geological conditions, the deep foundation pit support and pile foundation co-construction of municipal elevated bridges face technical challenges such as difficult deformation control of the foundation pit, poor stability of pile foundation construction, and complex construction process coordination. Traditional construction methods struggle to ensure the safety and stability of the support structure and pile foundation in complex geology. To address these issues, this paper focuses on deep foundation pit support and pile foundation co-construction under complex geological conditions, establishing a collaborative technology system for foundation pit support and pile foundation construction. This effectively enhances the safety and stability of deep foundation pit support and pile foundation construction, providing technical support for efficient construction under complex geological conditions of municipal elevated bridges.

## Keywords

complex geology; municipal viaduct; deep foundation pit support; pile foundation construction; coordinated construction; key technology

# 复杂地质条件下市政高架桥深基坑支护与桩基协同施工关键技术

彭聪颖

江西省地质局第十地质大队, 中国·江西 鹰潭 335000

## 摘要

复杂地质条件下市政高架桥深基坑支护与桩基协同施工面临基坑变形控制难、桩基施工稳定性差和施工工序衔接复杂等技术难题,传统施工方法在复杂地质中难以保证支护结构与桩基的安全稳定。为解决这些问题,本文围绕复杂地质条件下深基坑支护与桩基协同施工,构建了基坑支护与桩基施工的协同技术体系,进而有效提升了深基坑支护与桩基施工的安全性和稳定性,为市政高架桥复杂地质条件下的高效施工提供了技术支持。

## 关键词

复杂地质; 市政高架桥; 深基坑支护; 桩基施工; 协同施工; 关键技术

## 1 引言

市政高架桥作为城市交通骨干设施,在复杂地质条件下施工面临诸多技术挑战,尤其是深基坑支护与桩基施工过程中,地质条件复杂多变,土层结构松散、地下水位高以及软弱地基等问题增加了施工难度。深基坑支护与桩基施工关系到结构安全和施工质量,并直接影响桥梁的整体稳定性。复杂地质条件下常规施工技术难以有效应对地质变形和桩基质量控制问题,亟需研究并提出针对复杂地质环境的深基坑支护与桩基协同施工关键技术。

**【作者简介】**彭聪颖(1990-),男,中国江西宜春人,本科,工程师,从事土木工程(桥梁工程方向)研究。

## 2 深基坑支护施工关键技术

### 2.1 支护结构施工顺序控制技术

复杂地质条件下深基坑支护施工过程中,常见的施工顺序控制方法包括“分层分段开挖与支护同步施工”,即基坑开挖从上至下分层进行,每层土方开挖后立即安装支护结构,避免大面积开挖导致土体变形。对于不同地质条件,施工顺序有所差异:软弱土层或饱和黏土中采用“分层支护+预加固”技术,即在开挖前先对基坑周边土体进行注浆加固,增强土体稳定性。对于富水地层,支护结构应优先施工并采用地下连续墙或钢板桩先行构筑防渗帷幕,避免地下水渗透引起基坑失稳。施工过程中需设置位移监测点和沉降监测点,实时监测支护结构和周边土体的变形,并利用数据分

析判断支护结构的受力情况,必要时调整施工顺序。支护结构的施工顺序控制应在施工前采用有限元方法模拟基坑开挖过程中支护结构的受力状态和位移分布,进而凭借模拟结果确定最优施工顺序。

## 2.2 支护结构变形监测与动态调整技术

复杂地质条件下,支护结构变形监测采用多种传感器和监测设备,包括位移监测、沉降监测和倾斜监测等。位移监测可采用全站仪结合棱镜测量支护结构水平位移,沉降监测采用水准仪或沉降传感器布置在支护结构顶部和关键部位,倾斜监测安装倾角传感器实时监测支护结构的倾斜变化。监测数据经过无线传输系统实时上传至监控中心,并采用数据分析软件进行实时计算和预警处理。监测结果应与设计容许变形值进行对比,一旦监测值接近或超过警戒值时,立即启动动态调整技术。动态调整技术包括加固支护结构、增加临时支撑、调整开挖顺序或暂停开挖。加固支护结构可增加钢支撑、内支撑或喷射混凝土提高结构刚度,临时支撑采用钢管支撑或拉锚杆固定,保证支护结构稳定。

## 2.3 复杂地质条件下防渗与排水技术

复杂地质条件下深基坑施工中,对于地下水位较高且渗透性强的砂层或碎石层,采用地下连续墙或高压旋喷桩构建防渗帷幕,连续墙厚度取为0.6-1.0米。防渗材料可选择高性能防水混凝土或聚氨酯防水涂层,对于渗透性较强的岩层可采用帷幕灌浆技术在围护结构周边布置灌浆孔并注入水泥-水玻璃双液浆液形成防渗帷幕。排水技术与防渗措施配合使用,基坑内常采用“明排水+降水井”组合排水技术。明排水在基坑底部沿基坑周边布置集水沟和集水井,集水沟宽度一般为0.3-0.5米,深度为0.5-0.8米,集水井间距视地下水量确定。降水井布置在基坑外围,采用潜水泵降水,降水深度始终保持低于基坑底面至少1.0米。排水过程中利用水位监测井实时监控地下水位变化,避免过度降水引起周边地层沉降。

# 3 桩基施工关键技术

## 3.1 桩基成孔施工稳定性控制技术

桩基成孔施工稳定性控制技术是保证桩基成孔质量和施工安全的重点,尤其在复杂地质条件下,成孔过程中易出现孔壁坍塌、塌孔和渗水等问题。为保证成孔施工的稳定性,应根据地层特性选择合理的成孔工艺和设备,对于软弱土层和砂性土层,优先采用正循环回转钻进和泥浆护壁工艺,利用泥浆形成的泥皮有效抵抗孔壁坍塌压力。泥浆密度根据地下水位和土层类型确定,取值范围为1.1-1.2 g/cm<sup>3</sup>,泥浆粘度应控制在18-22 s,砂含量小于4%,pH值控制在8-10之间。施工中采用自动泥浆比重计和黏度计实时监测泥浆性能参数,保证泥浆在成孔过程中始终保持稳定的护壁效果。对于地下水位高且渗透性强的砂层或碎石层,成孔前可在孔壁外侧采用注浆加固技术,形成稳定的护壁结构,并在成孔过

程中保持孔内水头高于地下水位至少1.0米。成孔设备的钻进速度根据地层硬度和稳定性控制,软弱土层应采用慢速钻进,硬质岩层则可适当提高钻速。

## 3.2 桩基垂直度与成桩质量保障技术

成孔施工过程中,钻机垂直度采用自动水平仪和电子倾斜仪实时监测,钻杆偏移控制在1.5‰以内,超限时应立即校正。成孔完成后采用垂直度检测仪或激光测斜仪对孔内垂直度进行检测,检测数据应记录并与设计垂直度容许偏差进行比对,不符合要求的孔洞应重新施工。成桩过程中,混凝土灌注采用导管灌注法或泵送灌注法,导管应垂直于孔口,灌注过程中导管埋深应保持在1.0-2.0米。为防止灌注过程中桩体断桩或混凝土离析,水灰比控制在0.4-0.5,坍落度控制在180-220 mm。灌注完成后采用超声波成孔检测仪或低应变反射波检测技术检测桩体完整性,检测内容包括桩身缺陷、孔隙和夹泥等问题,不符合质量标准的桩基应进行补桩或重新施工。

## 3.3 桩基施工过程中的泥浆处理与清孔技术

桩基施工过程中,泥浆处理包括泥浆制备、性能调控和废浆处理三个环节。泥浆制备应根据地层渗透性和水头压力选择合适的泥浆材料,常用材料包括膨润土、聚合物泥浆和水泥浆液,其中膨润土泥浆适用于一般土层,聚合物泥浆适用于高渗透性砂层,水泥浆液适用于孔壁加固。泥浆性能应符合施工要求,密度应保持在1.1-1.2 g/cm<sup>3</sup>,黏度控制在18-22 s,pH值为8-10,砂含量小于4%。泥浆在施工过程中采用自动泥浆处理设备循环使用,泥浆池设有分离装置,经过振动筛、离心机和沉降罐分离泥浆中的渣土。泥浆处理后可重复利用,废浆应采用专用车运至指定场地进行无害化处理。清孔技术是成桩前保证孔底无沉渣的重要手段,常用的清孔方法包括正循环清孔和反循环清孔。正循环清孔采取泥浆泵将泥浆自孔底吸出,反循环清孔则采取气举反循环或双泵反循环方式实现泥浆清除。清孔结束后采用清孔度检测器或测深探头检测孔底沉渣厚度,沉渣厚度应小于50 mm。

# 4 深基坑支护与桩基协同施工技术

## 4.1 协同施工顺序与施工衔接技术

深基坑支护与桩基施工在复杂地质条件下,协同施工顺序与施工衔接技术的核心在于合理安排支护与桩基的施工时序,保证支护结构在施工过程中始终处于稳定状态,桩基施工对支护结构不会产生不利影响。具体实施中,应根据基坑尺寸和地质条件将基坑划分为若干分区,采用“分区分段同步施工”模式,即在某一区域完成支护结构安装并达到设计强度后,立即进行该区域的桩基施工。施工顺序从支护结构刚度较高区域向刚度较弱区域逐步推进,如基坑四周的支护结构优先施工,保证周边支护结构形成稳定的围护体系。桩基施工过程中控制桩基成孔施工的振动和扰动,成孔设备与支护结构保持安全距离,钻机安装减振装置并在钻进

过程中实时监测支护结构的变形,一旦桩基施工在支护结构内侧进行时,优先采用低扰动工艺,如反循环钻进或静压桩技术,减少成孔过程中的土体扰动。桩基施工顺序应与支护结构变形监测相结合,根据支护结构监测数据动态调整桩基施工顺序,一旦支护结构变形超过预警值时,暂停相邻区域桩基施工并采取加固措施。为保障施工衔接的紧密性,支护结构与桩基应利用施工节点合理连接,在支护结构与桩基之间设置止水帷幕或柔性连接层,保证水土不流失,防止基坑内外土体变形相互影响。施工前应基于三维数值模拟分析支护结构与桩基的相互作用,模拟不同施工顺序下的支护结构变形和桩基受力,确定最优协同施工方案。

#### 4.2 基坑支护变形对桩基施工影响控制技术

深基坑支护结构在开挖和受力过程中不可避免地会产生变形,而这种变形如果超出设计范围,将明显影响桩基施工的稳定性和安全性,尤其是在复杂地质条件下,支护结构变形可能引发桩基位移、倾斜或受力异常。为有效控制支护结构变形对桩基施工的影响,应在支护结构施工完成后立即开展变形监测,监测点布置在支护结构顶部、中部及周边土体,监测内容包括水平位移、竖向沉降和倾斜角度,监测设备采用全站仪、位移传感器和倾角仪,数据实时传输至监控中心并使用自动化监测软件动态分析变形数据。基于监测数据,建立支护结构-桩基-土体三维数值模型并采用反演分析方法确定支护结构变形对桩基的影响范围和程度,以及计算桩基在支护结构变形下的附加应力和位移分布,并利用模型预测变形发展趋势。桩基施工过程中应根据支护结构变形情况动态调整桩基施工参数,如支护结构变形较大区域采用低扰动的静压桩或旋挖成孔工艺,避免高振动成孔对支护结构产生附加扰动。为进一步降低支护变形对桩基的影响,可在桩基施工区域周边布设抗滑桩或柔性隔离层,利用柔性隔离层吸收支护结构变形传递的应力。施工前应结合支护结构变形监测结果,制定基坑支护变形控制预案,包括支护结构加固措施、桩基施工顺序调整以及动态监测预警方案,保证支护结构变形始终处于可控范围,桩基施工不受支护结构变形影响<sup>[1]</sup>。

#### 4.3 支护与桩基施工动态监测与联动调整技术

复杂地质条件下,深基坑支护与桩基施工动态监测与

联动调整技术,实时监测支护结构和桩基施工过程中各关键参数,及时识别潜在风险,并借助联动调整措施保证支护与桩基施工始终处于安全状态。动态监测系统应覆盖支护结构的水平位移、沉降和倾斜监测,以及桩基施工的成孔垂直度、桩身完整性和桩基承载力监测,监测设备包括全站仪、激光位移传感器、水准仪和超声波成桩检测仪,监测数据经过无线传输系统实时传输至监控中心<sup>[2]</sup>。监控中心配置自动化监测软件,使用数据分析和趋势预测模型实时监测支护结构和桩基施工状态,并在监测数据超过预警阈值时自动触发报警。联动调整技术包括支护结构加固、桩基施工顺序调整和桩基施工工艺优化,一旦支护结构监测数据显示变形过大时,立即采取在支护结构周边增设预应力锚杆或喷射混凝土加固等加固措施。当监测数据表明支护结构变形影响桩基施工质量时,应暂停桩基施工并利用数值模拟分析确定最佳施工顺序,避免桩基在受力不均区域施工。桩基施工过程中应实时监测桩基成孔垂直度和桩身完整性,对于垂直度偏差超标的桩基应立即纠正,对于桩身检测显示缺陷的桩基应立即采取补桩或灌浆修复措施<sup>[3]</sup>。为保证联动调整措施的有效性,应在施工前建立支护与桩基施工联动调整预案,明确监测预警阈值、调整措施和责任分工并定期进行应急预案演练,保证监测数据超限后可以快速响应和联动调整。

## 5 结论

本文围绕复杂地质条件下市政高架桥深基坑支护与桩基协同施工技术展开研究,并借助支护结构施工顺序控制、支护结构变形监测与动态调整、复杂地质下的防渗透与排水、桩基成孔稳定性控制、垂直度与成桩质量保障以及支护与桩基协同施工技术体系的构建,实现了支护结构与桩基施工的同步稳定。

### 参考文献

- [1] 刘雄礼.探析公路桥梁桩基施工技术及混凝土的质量控制[J].汽车周刊,2025,(04):217-219.
- [2] 杨涛.天水市罗家沟大桥主塔基坑施工工艺比选分析[J].工程建设,2017,49(03):90-92.
- [3] 钟胜华,胡畅.岩溶淤泥地质条件下深基坑地基处理实例[J].东方电气评论,2008,(03):38-47.