

Discussion on Construction Technology and Quality Control of Deep Foundation Pit Geotechnical Engineering in Urban Rail Transit

Qiang Li Guoping Cheng Lisheng Hao Yicun Wang Bin Wang

Beijing Urban Rail Transit Deep Foundation Pit Geotechnical Engineering Key Laboratory of Beijing Urban Construction Survey and Design Institute Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

As a critical component of urban infrastructure development, deep foundation pit engineering in urban rail transit systems directly impacts project timelines and safety through construction techniques and quality control. With the continuous expansion of urban rail transit networks, deep foundation pit construction now faces heightened technical requirements and more complex geological conditions. This paper examines the geotechnical engineering techniques for urban rail transit deep foundation pits, analyzes key technologies including foundation pit support, excavation, and dewatering, and provides detailed quality control measures. Effective prevention and control strategies are proposed to address common quality issues encountered during construction.

Keywords

Urban rail transit; Deep foundation pit; Geotechnical engineering; Construction technology; Quality control

城市轨道交通深基坑岩土工程施工技术与质量控制探讨

李强 程国平 郝丽生 汪一村 王斌

北京城建勘测设计研究院有限责任公司城市轨道交通深基坑岩土工程北京市重点实验室, 中国·北京 100000

摘要

城市轨道交通深基坑工程作为城市建设中的重要组成部分, 其施工技术和质量控制直接影响工程的进度与安全。随着城市轨道交通规模的不断扩大, 深基坑施工面临着更高的技术要求和更为复杂的地质环境。本文主要探讨了城市轨道交通深基坑岩土工程的施工技术, 分析了基坑支护、开挖、降水等关键技术, 并对质量控制措施进行了详细阐述。针对施工中常见的质量问题, 提出了有效的防范和控制策略。

关键词

城市轨道交通; 深基坑; 岩土工程; 施工技术; 质量控制

1 引言

城市轨道交通作为解决大城市交通拥堵问题的重要手段, 其建设规模逐年增大, 深基坑施工在轨道交通建设中占据了重要地位。深基坑工程通常用于地下车站、通道以及地下设备设施的建设, 其施工技术和质量控制要求极为严格。深基坑施工面临的最大挑战是复杂的地下地质条件和施工环境的不可预见性, 如何确保施工过程中的安全性、施工质量和施工进度, 已成为业内亟待解决的难题。随着技术的进步, 新的施工方法和质量控制措施不断涌现, 为解决这些问题提供了新的思路。

【作者简介】李强 (1987-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 工程师, 从事岩土工程施工管理研究。

2 城市轨道交通深基坑工程概述

2.1 城市轨道交通深基坑的定义与特点

城市轨道交通深基坑工程通常是指为建设地下车站、隧道以及其他地下设施而开挖的基坑。深基坑工程通常具有较大的开挖深度, 涉及的土体、岩体复杂多样, 施工过程中对周围环境、地质条件以及水文条件要求较高。由于基坑开挖的深度较大, 因此在施工过程中需要特别注重基坑的稳定性和支护系统的设计, 以避免发生坍塌或渗水等事故。此外, 基坑的开挖作业还需要精确控制, 以减少对周围建筑物、道路的影响。因此, 深基坑施工技术不仅需要解决开挖和支护的问题, 还要考虑到地下水控制、地质环境的变化以及施工过程中的安全风险。

2.2 深基坑在轨道交通中的应用背景与重要性

随着城市人口不断增长, 轨道交通成为解决城市交通拥堵的关键手段。城市轨道交通的建设往往需要在城市核心

区或交通枢纽位置进行，而这些区域的地下空间通常已经被各种地下管网和建筑物占据。因此，轨道交通工程的建设往往依赖于深基坑开挖技术，通过在有限的空间内进行地下施工来确保轨道交通设施的顺利建成。深基坑技术的应用能够有效地利用地下空间，减少对地面交通的干扰，提高施工效率。此外，随着轨道交通的快速发展，深基坑工程在城市轨道交通项目中占据越来越重要的地位，合理设计和施工深基坑不仅有助于提升工程的建设效率，也有助于减少施工过程中对周边环境的影响，确保工程安全和质量^[1]。

3 城市轨道交通深基坑岩土工程的施工技术

3.1 基坑支护结构设计与施工技术

基坑支护结构的设计与施工是深基坑工程中至关重要的环节。支护结构的主要作用是确保基坑开挖过程中周围土体或岩体的稳定，防止发生坍塌或过度变形。支护系统通常根据地质条件、基坑深度、周围环境等因素进行设计。常见的支护结构形式有钢板桩支护、地下连续墙支护、喷锚支护等。在城市轨道交通深基坑工程中，由于周围环境复杂，采用地下连续墙支护较为常见，具有较好的抗渗性和抗侧移性。施工过程中，支护结构的质量要求极高，尤其是在基坑开挖初期，要确保支护结构的施工精度，以便充分发挥其稳定作用。

3.2 基坑开挖技术及工艺流程

基坑开挖是深基坑工程中最关键的施工环节之一，涉及的技术要求较高。基坑的开挖工艺通常根据土质类型、基坑深度和周围环境来确定。一般而言，深基坑的开挖采用分层开挖和分段支护的方式进行，确保每一层的开挖深度符合设计要求。在施工过程中，需要对开挖面的稳定性进行严格控制，避免出现过大的水平位移或不均匀沉降，特别是在复杂地质条件下，施工难度更大。开挖技术要求施工人员严格按照施工计划进行操作，确保开挖顺序、支护结构的安装、降水措施等各环节的衔接合理。整体工艺流程上，要求施工各环节精密配合，尤其是开挖过程中的土方运输、支护施工、降水处理等均需要科学安排。

3.3 降水技术及地下水控制方案

在城市轨道交通深基坑施工中，地下水的控制是一项重要的技术难题，尤其是在地下水位较高的地区。降水技术的目的是将基坑区域内的地下水位降至安全范围，以保证基坑开挖的顺利进行。常用的降水方法有井点降水、深井降水、管井降水等。在选择降水方案时，需要根据基坑的深度、周围土层的渗透性、地下水的水文地质条件等因素进行综合考虑。在井点降水时，通过布置多个降水井，利用水泵将地下水排出，从而降低基坑区域内的水位；而深井降水则通过深井泵的持续抽水，进一步加深降水深度，确保施工区域的干燥环境。为了防止降水过程中周围环境产生影响，还需加强周围建筑物的沉降监测，确保降水方案不会导致地面沉降

或建筑物损害。在施工过程中，应注意控制降水的强度和周期，避免过度降水引发地质灾害或影响土体结构的稳定性。此外，降水过程中应定期对地下水的水质、水量进行监测，确保基坑施工的安全性与稳定性。

4 城市轨道交通深基坑施工中的质量控制

4.1 质量控制的基本原则与目标

质量控制是深基坑施工的重要组成部分，旨在确保施工过程中的每个环节都能达到设计标准与安全要求。质量控制的基本原则是预防为主，全面检查，控制关键环节。首先，基坑施工中的每一个阶段都需要经过严格的质量检查，特别是在支护结构的施工和基坑开挖过程中。根据数据显示，基坑支护系统的质量问题占基坑工程质量问题的40%，而开挖过程中出现的问题占25%。为此，施工单位应根据项目的复杂性制定详细的质量控制目标，这些目标包括支护结构的稳定性、开挖的精度以及施工现场的安全管理。质量控制的目标应通过定期的质量检查与监控来实现，确保所有施工工艺都符合设计要求，避免因工艺不规范导致的质量事故。有效的质量控制不仅能减少质量缺陷的发生，还能提高工程的安全性和可靠性^[2]。

4.2 施工阶段的质量控制措施

在深基坑施工过程中，质量控制措施需要贯穿整个施工阶段。首先，在基坑支护施工阶段，必须确保支护结构的设计、施工材料以及安装工艺符合规范要求。支护结构的安装质量直接影响基坑的稳定性和安全性，施工过程中要严格控制支护结构的变形量，确保不超过设计标准。其次，在基坑开挖阶段，质量控制应注重开挖深度的精确控制，避免过度开挖或不均匀开挖导致基坑失稳。开挖作业应分层进行，确保每层开挖后的支护措施及时到位，防止出现支护失效或位移问题。根据施工数据分析，基坑开挖过程中存在约20%的工程因开挖不当导致质量事故，因此对开挖工艺、支护施工、地下水控制等环节必须实施严格的质量监督。同时，监测技术的应用也是质量控制的重要措施，通过安装变形监测仪器对支护结构的位移、沉降进行实时监控，确保施工安全和质量。

4.3 基坑施工中的质量问题与防范对策

深基坑施工中常见的质量问题主要集中在基坑支护失稳、开挖过度、地下水渗漏等方面。基坑支护失稳的主要原因是支护结构设计不当或施工不规范，这可能导致基坑壁坍塌、土体滑移等问题。根据研究数据显示，支护结构问题约占基坑质量问题的35%。另外，基坑开挖过程中，若没有严格控制开挖深度和支护进度，容易导致开挖过度、支护不及时，甚至引发基坑周围环境的不稳定。地下水渗漏问题是深基坑施工中普遍存在的质量难题，特别是在水位较高的地区，地下水的控制不足可能导致基坑无法保持干燥环境，影响施工进度和安全。为此，防范对策应包括强化支护结构的

设计和施工质量、加强开挖过程中的监控和管理、完善地下水控制措施。此外,通过加强施工人员的技术培训,提高质量意识、定期进行质量检查和评审,也有助于有效预防质量问题的发生,图 1 为基坑施工中的质量流程展示。

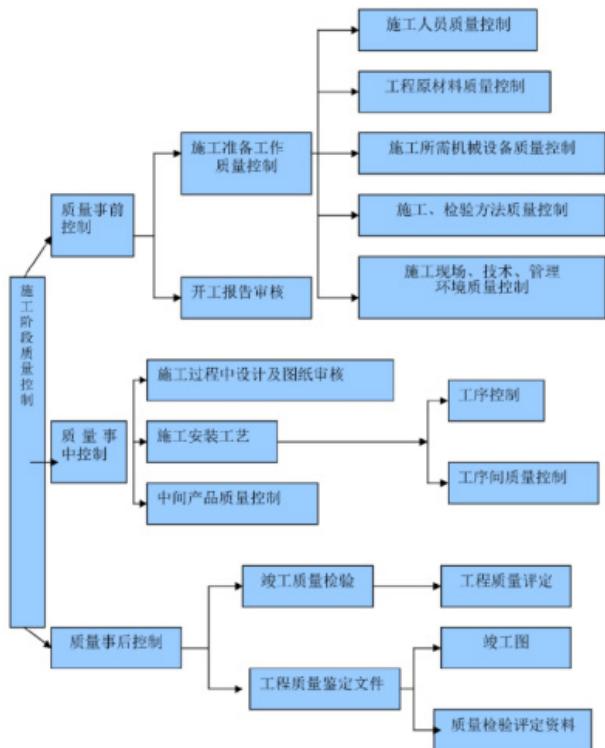


图 1 基坑施工中的质量流程展示

5 城市轨道交通深基坑施工的风险管理与安全控制

5.1 施工风险的识别与评估方法

深基坑施工风险管理是确保工程安全的关键环节。首先,施工风险的识别需要对基坑周围环境、地质条件、施工工艺等方面进行全面评估。通过对地质勘察报告的分析,识别出可能的地质风险点,如软弱土层、断层等,预判其对基坑施工的影响。其次,基坑开挖过程中的风险评估应结合监测数据,分析施工过程中支护结构可能出现的失稳风险、地下水渗透风险以及周边建筑物沉降风险等。数据显示,地质条件复杂的地区,基坑施工的风险发生概率高达 30%。因此,施工前应制定详细的风险评估报告,并结合具体施工阶段进行动态评估,确保及时发现潜在风险并采取应对措施。风险评估的过程还应借助计算模型和数值模拟技术,提前模拟不同情况下基坑的响应,优化风险管理方案。

5.2 安全控制措施与监测技术

在深基坑施工过程中,安全控制措施和监测技术的有效应用至关重要。安全控制措施包括对施工现场的全面检查、施工人员的安全培训以及安全防护设施的配置。基坑施

工时,安全防护设施如临时支护、坡度控制等,需要根据基坑的实际情况进行科学设计和施工,以确保施工人员的安全。在施工阶段,要实施分阶段的安全评估,及时发现潜在的安全隐患。监测技术的应用可以有效提高施工的安全性,尤其是在基坑支护系统、开挖深度以及地下水控制等关键环节。通过设置变形监测、位移监测、地下水位监测等设备,实时监控基坑的变化,确保任何异常情况都能第一时间得到反馈和处理。此外,使用智能监控系统对施工过程中的关键数据进行分析与预警,可以大大降低施工风险^[3]。

5.3 施工事故的预防与应急响应方案

施工事故的预防与应急响应是保障基坑施工安全的重要环节。事故预防的关键在于施工前的充分准备工作,包括详细的施工方案、风险评估报告、应急预案的编制等。施工过程中,确保每个环节都严格按照安全操作规程进行,施工人员需定期接受安全培训,提高安全意识,及时发现并处理安全隐患。数据显示,基坑施工中的安全事故大多发生在不规范操作和施工监控不足的情况下。对于基坑施工中的常见事故,如支护结构失稳、基坑渗水等,应制定应急响应预案,确保发生事故时能够及时采取应对措施。应急响应方案应包括事故报告、应急处置、人员疏散等内容,并进行定期演练,确保应急处理能力的提高。通过建立完善的应急响应机制,施工单位可以迅速应对突发事故,最大限度地减少损失和人员伤亡^[4]。

6 结语

在城市轨道交通深基坑施工中,技术的精细化和质量控制的严格性是确保工程顺利推进的关键。通过对基坑支护、开挖、降水等施工技术的精确管理,可以有效避免施工中的质量问题和安全隐患。此外,深基坑施工中的风险管理与安全控制同样重要,必须综合考虑地质条件、地下水位变化以及施工过程中的各类风险,制定详尽的防范与应急措施。随着技术的发展和管理手段的提升,智能监控系统的应用为施工安全提供了有力保障。未来,深基坑施工将更加注重技术创新与环保措施的融合,推动轨道交通项目在高效、安全的基础上不断向前发展。通过持续优化施工工艺与质量控制策略,可以最大限度地保障城市轨道交通工程的安全、顺利完成,为城市发展和交通建设贡献更多的力量。

参考文献

- [1] 段嘉仪,徐梦瑶.城市轨道交通信息化建设与安全管理的综合研究[J].建材世界,2025,46(02):121-124.
- [2] 张可晨.城市轨道交通深基坑开挖过程变形控制方法研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(06):52-54.
- [3] 金岳灵.邻近城市轨道交通线路的深基坑工程施工管控研究[J].建筑科技,2025,9(02):14-17.
- [4] 王同华.软弱地层地铁深基坑施工邻近建筑物微变形控制技术[J].都市快轨交通,2025,38(01):129-135.