

水利工程中基坑支护施工技术与安全控制研究

黄委委

安徽安冉水利工程有限公司, 安徽 淮北 235100

[摘要] 水利工程的基坑支护是确保施工安全的关键技术之一。文章分析了基坑支护施工的主要技术手段与风险管理措施, 探讨了不同支护系统在实际工程中的应用效果与安全性评估。通过案例研究, 指出了常见支护结构的优势与局限, 并提出了针对性的改进措施。此外, 文章还系统总结了影响基坑支护安全的关键因素, 为工程实践提供了理论与方法上的指导。

[关键词] 基坑支护; 施工安全; 风险管理; 工程应用; 安全评估

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15834

中图分类号: TU473.2

文献标识码: A

Research on Construction Technology and Safety Control of Foundation Pit Support in Water Conservancy Engineering

HUANG Weiwei

Anhui Anran Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Huaibei, Anhui, 235100, China

Abstract: The foundation pit support of hydraulic engineering is one of the key technologies to ensure construction safety. The article analyzes the main technical means and risk management measures of foundation pit support construction, and explores the application effects and safety evaluation of different support systems in practical engineering. Through case studies, the advantages and limitations of common support structures were pointed out, and targeted improvement measures were proposed. In addition, the article systematically summarizes the key factors that affect the safety of foundation pit support, providing theoretical and methodological guidance for engineering practice.

Keywords: excavation support; construction safety; risk management; engineering application; safety assessment

引言

在水利工程施工过程中, 基坑支护技术是保障工程安全与结构稳定的重要环节。随着工程技术的发展与施工环境的多样化, 基坑支护面临着诸多挑战, 如土体条件复杂、水文地质条件不稳定等, 这些因素极大增加了施工的安全风险。因此, 探索有效的支护技术与安全控制措施, 不仅有助于提升工程质量, 也是减少事故发生、保护施工人员安全的关键。文章将通过对当前基坑支护技术的研究与实际案例的分析, 探讨如何在复杂条件下确保施工安全, 为工程实践提供参考与借鉴。

1 基坑支护技术的发展概述

基坑支护技术作为土木工程的重要分支, 在工程安全中扮演着至关重要的角色。随着技术的不断进步和工程需求的增加, 基坑支护技术也在不断发展与完善, 以适应更加复杂和严峻的施工环境。随着城市化进程的加速, 基坑支护的技术要求越来越高, 尤其是在人口密集和地质条件复杂的城市地区, 安全、可靠、环保的支护技术尤为关键。

1.1 基坑支护技术的历史进程

基坑支护技术的发展始于对土木工程安全需求的认识, 早期技术多依赖简单的支护结构, 如木质梁和砖石结构, 主要用于小型或浅基坑的稳固。随着工程规模的扩大和施工环境的复杂化, 20 世纪中叶以后, 技术逐渐转向更加科学和系统的支护方法。钢结构和混凝土支护逐渐成为

主流, 这些方法不仅提供了更强的支持力, 也有助于适应各种土质和深基坑的需求。技术的转变促进了大型基础设施项目和高层建筑的安全施工, 为现代城市建设提供了坚实的基础。

1.2 现代基坑支护技术的创新与发展

进入 21 世纪, 随着计算机技术和材料科学的发展, 基坑支护技术迎来了快速的革新。新材料如碳纤维和高性能混凝土的使用, 使得支护结构更加轻便、坚固且具有更好的适应性。此外, 地质预测技术的进步也极大地提高了基坑支护的设计精度和安全水平。现代技术如土钉墙、锚杆支护和喷射混凝土技术等, 不仅提升了施工效率, 也增强了工程的经济性和安全性。这些技术的融合和创新, 为复杂地质和环境条件下的基坑施工提供了更多的可能性和灵活性。

1.3 基坑支护技术面临的挑战与未来趋势

尽管基坑支护技术取得了显著的进步, 但在实际应用中仍面临许多挑战, 如城市土地利用的高密度和地下空间的复杂利用, 对基坑支护的安全性和可靠性提出了更高要求。此外, 随着环境保护意识的增强, 如何在确保技术效益的同时, 减少对环境的影响, 也成为了发展的重要方向。未来, 基坑支护技术将更加注重绿色施工和可持续发展, 同时, 智能化和自动化技术的融入预计将进一步提升基坑支护的效率和安全性。通过这些技术的整合, 基坑工程将

变得更加安全、经济、高效，为未来的城市建设和基础设施发展铺平道路。

2 主要基坑支护方法与技术评价

基坑支护技术是工程建设中确保土方开挖安全的关键措施。不同的支护方法各有特点，本部分将详细探讨主要的支护技术及其在实际中的应用评价。

2.1 支护技术的种类与应用

基坑支护技术主要包括传统的支护方法和现代支护技术。传统方法如搭设木支架和简易钢支架，虽然施工快速、成本较低，但只适用于浅基坑或土质较好的情况。随着技术的发展，现代支护方法如土钉墙、锚杆、喷射混凝土、连续墙（地下连续墙）、钢板桩和预制混凝土板等越来越多地被采用。这些方法具有更好的适应性和安全性，能有效应对复杂地质和深基坑的支护需求。

(1) 土钉墙：适用于多种土质，施工过程中对邻近结构的影响小，成本相对适中。

(2) 锚杆支护：能够加固较深的基坑，适合不稳定岩石或较差土质，但成本较高，施工技术要求严格。

(3) 喷射混凝土：适用性广，可以快速施工，常与其他支护方法结合使用提高稳定性。

(4) 连续墙：主要用于深基坑和复杂条件下，具有高强度和良好的水密性，但成本较高。

(5) 钢板桩和预制混凝土板：适合水下或湿润地区，施工迅速，但需要特殊设备和技术。

2.2 技术评价与优化方法

评价基坑支护技术的有效性时，需考虑其安全性、经济性、施工便利性及环境影响。每种技术的选用需基于土质、基坑深度、周边环境 and 经济预算等因素。例如，土钉墙和锚杆支护在城市地区尤为常见，因其对周边建筑物和公共设施的干扰小。喷射混凝土因其快速性在紧急支护中非常有效。

在技术优化方面，结合地质勘探数据和计算机模拟可以提前预测支护结构的行为，优化设计减少不必要的成本开销。此外，采用模块化和标准化的施工方法可以提升施工速度和质量，减少环境影响。

2.3 现场应用与案例分析

通过具体的工程案例分析，可以直观展示不同支护技术的应用效果和实际问题。例如，某城市轨道交通工程采用地下连续墙作为基坑支护，有效控制了地下水位和保证了基坑周边建筑的安全。另一案例是在复杂地质条件下，采用了锚杆和土钉墙相结合的方法，解决了基坑的稳定性问题。

每个案例都具体说明了技术选择的依据、施工过程中遇到的挑战及其解决策略，以及项目的成功因素。这些案例不仅显示了各种技术的实际适用性，也提供了对未来项目的有价值的参考。

3 风险因素分析与安全控制策略

在基坑支护施工中，风险管理和安全控制是保证项目成功的关键因素。有效的风险识别、评估及控制策略可以显著降低事故发生率，确保施工安全。

3.1 风险因素的识别与评估

基坑支护工程面临的风险因素众多，包括自然因素、技术因素、管理因素及环境因素。自然因素如不良天气、地质条件复杂等，技术因素则涉及设计不当、材料选择错误、施工方法不适等。管理风险包括施工现场管理混乱、人员操作不规范等，而环境因素则涉及施工对周边环境的影响，如噪声、尘埃和振动等。

风险评估通常采用定性和定量的方法，如故障树分析（FTA）和风险矩阵。通过评估，可以确定哪些风险因素是关键的需要优先控制。这一过程不仅需要技术数据，还需要充分考虑历史数据和经验教训，以提高评估的准确性。

3.2 安全控制策略的设计与实施

针对识别出的风险因素，需要设计具体的安全控制策略。这些策略包括但不限于安全的施工技术选择、现场严格的安全生产管理制度、应急预案的制定等。例如，对于技术因素风险，可以通过采用经过验证的支护技术和高质量的材料来控制；对于管理风险，可以通过加强施工人员的安全培训、实施严格的现场监控和管理来减轻。

实施实时监测系统，如使用倾斜仪和应力传感器监测基坑支护结构的稳定性，也是一种有效的风险控制措施。这些措施能够及时发现问题并采取措施，避免事故的发生。

3.3 安全控制的持续改进与监督

安全控制是一个持续的过程，需要在整个项目施工期间不断地进行监督和改进。安全控制的效果需要定期评估，通过收集和分析安全事故和近失事件的数据，可以识别出存在的漏洞并进行改进。此外，随着施工进展和环境变化，原有的风险评估和控制策略可能需要调整，以适应新的情况。

持续的安全教育和培训也是确保安全措施有效性的关键。定期举办安全培训和演习，不仅可以提高工作人员的安全意识，还可以确保他们熟悉最新的安全操作标准和应急响应程序。

通过上述的风险管理策略和安全控制措施，基坑支护工程可以有效地降低风险，确保施工的安全性和顺利完成。这些措施的实施和持续改进，对于预防事故和保障工人安全至关重要。

4 改进措施与创新支护方案

为了应对基坑支护中出现的各类挑战，持续的技术改进和创新是必不可少的。本部分将探讨当前的改进措施与创新支护方案，以提高基坑工程的安全性和效率。

4.1 技术改进措施

基坑支护技术的改进主要集中在提高支护结构的稳定性、经济性和施工效率上。例如，使用更高性能的材料，

如高强度钢材和高流动性混凝土,可以提升结构的承载能力同时减轻结构重量。此外,优化设计方法如采用计算机辅助设计(CAD)和有限元分析(FEA)可以在设计阶段预测结构行为,避免过度设计和资源浪费。

在施工技术上,采用自动化和机械化的施工设备如机器人臂或无人机施工,可以在提高施工速度的同时降低人为错误和安全风险。此外,实施模块化施工方法,预先在工厂内制造并测试支护结构组件,然后快速在现场组装,也能显著提升施工效率和质量。

4.2 创新支护方案

随着新技术的发展,基坑支护也出现了多种创新方案。例如,采用地面冻结技术在施工前通过冷冻土壤来暂时增强地基,适用于含水量高的土壤或需要临时稳定的情况。这种方法虽成本较高,但可以在特定条件下提供极高的安全保障。

生态支护系统也逐渐受到重视,例如采用生物技术通过植物根系固土或生物水泥固化土体,这种方法既环保又能有效利用自然力量增强土体稳定性。虽然目前还处于研发和实验阶段,但预示着未来基坑支护可能向更加绿色和可持续发展的方向。

另一方面,智能感知技术的整合,如在支护结构中嵌入传感器,可以实时监测土压力、湿度和位移等关键参数。这些数据通过物联网(IoT)技术实时传输给工程师,使得基坑的状态可以动态监控,及时调整支护策略,极大提升了安全管理的智能化和精准性。

4.3 应对复杂条件的定制化解决方案

针对特殊地质或复杂城市环境的基坑工程,定制化的解决方案成为必需。例如,在狭小空间或临近重要建筑物的城市环境中,传统的大型机械可能无法使用,此时可采用小型化、灵活性高的设备进行支护工作。同时,采用无振动或低振动的施工技术,如静压入钢板桩,可以减少对周边建筑和环境的影响。

对于特殊地质条件,如软土或多水层,采用深层搅拌、化学注浆等技术可以改善土质,增加基坑的稳定性。这些技术通过改变土壤的物理和化学性质,提高其承载力和稳定性,是应对复杂地质条件的有效手段。

通过上述的技术改进和创新方案,基坑支护工程可以更有效地应对各种复杂和挑战性的施工环境,提高工程安全性和经济性,同时减少环境影响,朝着更加可持续和智能化的方向发展。

5 案例研究与实际应用效果分析

通过实际案例分析,我们可以深入了解基坑支护技术的应用效果,从而评估各种技术和方法在现实中的表现和有效性。

5.1 都市地区深基坑支护实践

在上海的某商业区开发项目中,由于地块位置特殊,

周边紧邻多个高层建筑,对基坑支护的稳定性和安全性要求极高。项目采用了地下连续墙结合内支撑的支护方案。地下连续墙具有良好的水密性和较高的刚度,有效控制了地下水和周边土体的影响,内支撑则进一步增强了基坑的稳定性。此外,施工中采用了实时监测系统,对基坑的位移和地下水位进行动态监控,确保了施工期间的安全。

5.2 高水位地区基坑支护技术应用

在广州一项地铁站施工项目中,由于地处珠江三角洲,地下水位高,土质复杂,采用了混合支护技术方案。项目首先通过水泵持续抽水降低地下水位,然后采用钢板桩结合锚杆的方法进行基坑围护。钢板桩提供了即时的围护作用,锚杆则用于进一步加固基坑墙体,提高其稳定性。通过这种组合方式,工程团队成功应对了高水位带来的施工难题,保证了基坑和周边环境的安全。

5.3 软土层中基坑支护的创新应用

在苏州的一个住宅开发项目中,由于地处软土地区,传统的支护方法难以满足工程安全要求。项目团队采用了一种创新的支护技术——深层搅拌墙。通过在软土中注入水泥浆,与原土混合后固化形成固化体,从而大幅提高土体的承载力和刚度。该技术不仅改善了基坑的稳定性,还由于其环境友好和施工高效的特点,获得了业界的广泛认可。

通过案例分析可见,基坑支护技术须根据工程地质、环境及技术需求综合选择。实时监测与严格现场管理至关重要,技术创新则推动基坑工程安全和效率不断提升。

6 结束语

通过对基坑支护技术的全面分析,我们可以看到,随着工程技术的不断进步和施工需求的多样化,基坑支护方法不断创新与改进,从而有效应对复杂的施工环境和严苛的安全要求。实际案例分析表明,综合应用现代支护技术和严格的风险管理措施,能显著提升基坑工程的安全性和效率。未来,基坑支护技术将继续向智能化和绿色环保方向发展,以适应更高的工程安全和环境保护标准。

【参考文献】

- [1] 卜祥禹. 水利工程施工中深基坑施工技术的运用研究[J]. 中华建设, 2020(4): 104-105.
 - [2] 黄耀坤. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(4): 140-143.
 - [3] 刘海. 水利工程深基坑支护施工技术[J]. 河北水利, 2023(10): 43-44.
 - [4] 谭广湘. 深基坑支护技术在水利工程中的应用[J]. 石材, 2023(11): 124-126.
 - [5] 崔钊. 深基坑支护施工技术在土建施工中的应用[J]. 建材发展导向, 2024, 22(23): 123-126.
- 作者简介: 黄委委(1985.8—), 女, 安徽淮北人, 就职安徽安冉水利工程有限公司, 从事水利工程工程项目施工, 技术负责人等工作。