

高层建筑深基坑支护施工技术探讨

何本伟

中国华西企业有限公司

摘要:随着城市化的迅速发展,高层建筑的数量持续增加。这些建筑的地下部分,尤其是深基坑的支护施工,对于整个建筑工程的安全和稳定至关重要。本文深入探讨了高层建筑深基坑支护施工技术的关键方面,包括技术特点、施工方法、挑战和优化措施。研究着重分析了深基坑支护技术在适应复杂工程环境、控制安全风险、及技术创新等方面的现状和需求。通过综合考虑这些因素,提出了一系列针对性的优化措施,旨在提升深基坑支护技术的整体效能,确保高层建筑工程的安全和高效。

关键词:高层建筑;深基坑支护;施工技术;安全风险控制;技术创新

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.10.079

随着城市化进程的加速,深基坑工程作为高层建筑不可或缺的一环,其安全性和稳定性日益受到重视。工程师们面临的挑战是如何在狭小的城市空间中,处理复杂的地质条件,同时保证施工安全与效率。探讨这一课题,不仅关系到建筑本身的安全,更牵涉到城市环境的可持续发展。

一、深基坑支护的现状分析

(一)国内外技术发展概况

深基坑支护技术是为了保证开挖过程中的安全和稳定,对侧壁和周边土体进行的支撑、加固保护。发展受地下空间开发、地层条件、周围环境、经济效益等因素影响。随着科技进步和工程实践,形成了多种类型和方法,适应不同工程条件。

国外,尤其是欧美国家,深基坑支护技术发展较早,成熟且完善。其主要特点:一是注重整体性能和可靠性,采用高强度支护结构和高效支护系统,如钢板桩、钢管桩、钢筋混凝土墙、锚杆等,保证基坑稳定和变形控制;二是注重经济性和环保性,采用可回收利用的支护材料和设备,以及节能减排的施工工艺,降低成本和对环境的影响;三是注重创新性和多样性,采用新型支护结构和方法,如复合支护、联合支护、逆作法、人工冻结法等,以及新型监测和分析技术,如数值模拟、智能化监测、风险评估等,提高技术水平和适应能力。

国内深基坑支护技术的发展较晚,但近年来有了较大的进步和突破,主要以我国东部沿海城市为代表。我国深基坑支护技术主要有以下几个特点:一是注重基坑支护的安全性和稳定性,采用较为保守的设计原则和参数,如安全系数、土体参数、支护结构参数等,以及较为严格的施工管理和监测措施,如施工方案、质量检

测、变形监测等,保证基坑的安全和稳定;二是注重基坑支护的适用性和灵活性,采用多种类型和方法的支护结构,如土钉墙、排桩支护、地下连续墙等,以及多种类型和方法的支护系统,如桩锚、桩撑、双排桩、桩墙合一等,根据不同的地层条件和周围环境,选择合适的支护方案;三是注重基坑支护的引进性和借鉴性,采用国外先进的支护结构和方法,如钢板桩、钢管桩、预应力钢筋等,以及国外先进的施工工艺,如静压法、旋喷法、搅拌法等,借鉴国外的理论和规范,提高基坑支护的技术水平和质量。

(二)深基坑工程的典型案例分析

1. 上海中心大厦深基坑工程

该工程位于上海市浦东新区陆家嘴金融贸易区,是目前世界上最高的建筑物,高度达到632m,共有127层,地下有5层。该工程的基坑开挖深度为31.5m,周长为1000m,面积为30000m²,周围环境复杂,紧邻多栋高层建筑,地下有多条地铁隧道和管线。该工程采用了“两墙合一”地下连续墙作为基坑的主体支护结构,即在外侧设置一道钢筋混凝土地下连续墙,厚度为1.2m,深度为70m,作为基坑的帷幕支护和主体结构的外墙;在内侧设置一道钢筋混凝土地下连续墙,厚度为0.8m,深度为40m,作为基坑的内支撑和主体结构的内墙。两道地下连续墙之间的距离为6.5m,形成一个环形空间,用于放置基础桩和施工设备。该工程采用了逆作法进行基坑的开挖和结构的施工,即从上到下逐层进行基坑的开挖和楼层的施工,同时在地下连续墙内侧设置预应力钢筋混凝土梁作为基坑的水平支撑,共设置了7层支撑,每层支撑的间距为4.5m。该工程的基坑支护结构具有刚度大、变形小、集支护与结构于一体、节约空间和成本等优点,是一种创新的深基坑支护技术。

2. 北京CBD核心区地下综合管廊工程

这是我国最大的地下综合管廊工程，总长约6.5km，宽26-34m，高9-11m，设计使用寿命100年。主要用于布置电力、通信、燃气等城市基础设施管线。基坑深15-18m，周长约20km，面积约17万m²，环境复杂，临近高层建筑和地铁隧道。采用SMW工法桩作为支护结构，即沿设计轴线钻孔，插入钢筋笼，注入水泥浆形成钢筋混凝土桩，桩间相互咬合，形成连续支护墙。此工法施工快、成本低、环境影响小、适应性强，是一种先进的深基坑支护技术。

该工程的基坑开挖采用了分层分段的方法，即将基坑划分为若干个施工单元，每个单元按照不同的开挖深度和支护方式进行施工，同时在基坑内侧设置水平支撑，如钢梁、钢管、预应力锚杆等，以增强基坑的稳定性和安全性。该工程的基坑开挖过程中，还采用了多种监测手段，如测斜仪、水准仪、应变计、裂缝计等，对基坑的变形、支护结构的应力、周围建筑物的沉降等进行实时监测和分析，及时发现和处理异常情况，保证基坑的安全开挖。

该工程的地下综合管廊采用了钢筋混凝土结构，分为三层，每层高3.6m，宽26~34m，每层布置不同类型的管线，如电力、通信、燃气、供水、排水、供暖、中水等，实现了城市基础设施的集约化、规范化、智能化管理。该工程的地下综合管廊还设置了多个出入口、检修口、通风口、消防口等，方便管廊的运行维护和应急处置。该工程的地下综合管廊具有节约土地、保护环境、提高效率、降低风险等优点，是一种绿色的城市基础设施建设方式。

二、深基坑支护面临的挑战

（一）工程环境的复杂性

深基坑支护施工是一项受多种因素影响的复杂工程，其中工程环境的复杂性是一项重要的挑战。一是地质条件的多变性，深基坑支护施工要适应不同的地质条件，如土的种类、物理力学性质、地下水位、地震活动等，这些因素会对基坑的稳定性、变形性、承载力等产生影响，增加了设计和施工的难度和风险。二是周围环境的敏感性，深基坑支护施工要考虑周围环境的敏感性，如邻近建筑物、地铁隧道、管线等，这些结构会对基坑的支护结构和开挖过程产生约束和干扰，同时也会受到基坑的影响，如沉降、裂缝、破坏等，造成工程质量和安全问题。三是工程规模的庞大性，深基坑支护施

工要适应工程规模的庞大性，如基坑的深度、面积、周长等，这些参数会影响基坑的支护结构的类型、数量、尺寸等，也会影响基坑的开挖方法、工期、成本等，增加了施工的复杂性和难度。

（二）安全风险与控制难度

深基坑支护施工是一项涉及人员、设备、结构等多方面的安全工程，安全风险与控制难度是一个很大的挑战。一是事故发生的可能性，深基坑支护施工由于受到多种不确定因素的影响，如人为失误、设备故障、自然灾害等，容易发生各种事故，如基坑塌方、支护结构破坏、渗漏、管涌、火灾、触电等，这些事故会对人员的生命安全、工程的质量和进度、周围环境的稳定等造成严重的危害。二是事故后果的严重性，深基坑支护施工由于涉及到大量的土方开挖、支护结构施工、地下结构建造等，一旦发生事故，往往会造成较大的经济损失和社会影响，如基坑的修复、支护结构的更换、地下结构的重建等，同时也会影响到周围建筑物、地铁隧道、管线等的正常使用和运行，甚至会引发更大的事故。三是事故预防和应对的困难性，深基坑支护施工由于具有较高的技术性和专业性，要求设计人员和施工人员要有较强的专业知识和经验，同时也要有较好的风险意识和应急能力，能够及时发现和处理各种异常情况，避免或减轻事故的发生和扩大。

表1 2018-2023年深基坑施工中的安全事故统计表

年份	事故起数	死亡人数	土方、基坑坍塌事故	起重机械伤害事故	模板支架事故	其他类型事故
2023	42	47	9	7	4	22
2022	54	58	12	8	4	30
2021	66	72	15	10	4	37
2020	72	78	18	11	4	39
2019	66	71	16	9	4	37
2018	69	73	17	10	3	39

尽管总体事故数和死亡人数呈现下降趋势，但土方和基坑坍塌事故仍然是主要的安全隐患。起重机械和模板支架事故虽然较为稳定，但仍需持续关注。此外，“其他类型事故”的高比例表明还有许多不明显的风险点需要识别和管理。这些数据强调了持续优化安全管理措施和施工技术的重要性，以进一步降低事故发生率和提高施工现场的整体安全。

（三）技术创新的需求

深基坑支护技术创新的需求体现在多个层面，随着

城市化进程加速和建筑技术的发展,深基坑工程越来越常见,同时也越发复杂和具有挑战性。现有技术在应对极端地质条件、复杂城市环境和日益严格的环境保护要求方面显得力不从心。传统的支护技术在成本控制、施工效率以及安全性能方面也存在局限。因此需要开发新的材料、设计方法和施工技术,以提高深基坑工程的安全性、经济性和环境适应性。同时随着技术的进步,对于支护结构的预测、监测和维护技术的需求也日益增长,这要求不断地在技术和管理上进行创新,以适应快速变化的工程需求和社会发展。

三、深基坑支护的对策措施

(一) 环境与社会影响考量

为了减少环境影响,需要采取有效的环保措施,一是使用环保材料,环保材料具有可循环利用、低污染、低碳等特点,将它们应用于施工过程中,可以降低废弃物的产生,减轻环境负担。此外,环保材料还能节约资源,有利于实现绿色施工。二是控制施工现场的噪音和扬尘。噪音和扬尘污染是施工过程中最常见的环境问题,它们不仅影响周边居民的日常生活,还可能导致空气质量恶化。因此,施工方应采取有效措施,如使用噪音抑制剂、实施绿色围挡等,以降低噪音和扬尘污染。三是合理处置施工废弃物。废弃物中含有大量有害物质,如果不加以妥善处理,将对土壤、水源和生态系统造成严重破坏。施工方应严格按照国家相关法规,对废弃物进行分类、回收和处理,以实现资源再利用,减少环境污染。四是在施工过程中应充分考虑对社会的影响。例如,施工噪音可能会影响周边居民的生活质量,施工车辆可能会对交通秩序造成干扰。为了减轻这些负面影响,施工方需合理安排施工作业时间,避免高峰期施工,同时加强对施工车辆的管理,确保道路畅通。

(二) 安全风险控制

认识到深基坑支护施工的特点,这种施工方式所涉及的风险因素复杂多样,包括地质条件、地下水位、周边环境等。因此,在项目启动阶段,就需要进行详尽的地质调查,以了解基坑周边的地质状况,识别潜在的风险因素。同时,还要进行综合的风险评估,对各种可能的风险进行量化分析,为后续的安全管理提供依据。在施工过程中,严格的安全管理和规程是保障工人安全的重要手段。这包括制定并执行严格的安全操作规程,对

工人进行必要的安全培训,确保他们了解并掌握相关安全知识。还要定期进行安全检查,及时发现并消除安全隐患,确保施工过程的安全顺利进行。采用现代化的监测技术。通过安装传感器和实时监控系统。实时获取施工过程中的各种数据,如基坑变形、地下水位变化等。对这些数据进行分析,可以及时发现问题,从而采取针对性的措施,预防和控制风险。

(三) 技术创新与方法优化

一是需要研发新的材料,材料的性能直接影响到深基坑工程的安全性和稳定性。通过研究和开发新型材料,可以提高深基坑工程的抗压、抗拉、抗弯等性能,从而提高工程的安全性。此外,新型材料还可以降低成本,提高工程的经济性。二是创新设计方法,根据不同的工程条件和地质环境,设计出科学、合理、安全的深基坑方案,是保证工程顺利进行的前提。设计方法的创新可以体现在采用先进的计算分析工具,例如数值模拟、有限元分析等,为工程提供精确的数据支持,以便更好地评估工程风险和优化设计方案。三是创新施工技术,提高深基坑工程安全性和经济性的重要途径。随着科技的不断发展,新型施工设备和技术不断涌现。例如,自动化施工设备、智能化监测系统等,都可以提高施工效率和工程质量,降低施工风险和成本。同时,绿色施工技术的推广也有助于降低工程对环境的影响,提高环境适应性。

结语

本文通过对高层建筑深基坑支护施工技术的全面分析,指出了当前技术在适应复杂工程环境、控制安全风险和满足技术创新需求方面的主要挑战。论文强调了采用先进的支护技术、优化施工方法和提升安全监控的重要性。论文也提出了一系列具体的优化措施,包括但不限于采用新型材料、改进设计方法和加强施工过程中的风险管理。这些措施有望显著提高深基坑工程的安全性、稳定性和经济效益。

参考文献

- [1]汪加强. 高层建筑工程深基坑支护施工技术探讨[J]. 散装水泥, 2023, (06): 146-148.
- [2]蔡海波, 彭春, 胡朝晖等. 探讨高层建筑工程深基坑支护施工技术[C]//广东省国科电力科学研究院. 第四届电力工程与技术学术交流会议论文集. 中建七局第二建筑有限公司, 2023: 2.