

土木工程深基坑支护设计与施工技术研究

齐 超 王亚如

德州市公路事业发展中心宁津分中心 山东 德州 253400

摘 要：随着城市化进程的加速，深基坑支护技术成为土木工程中不可或缺的关键技术。本文深入探讨了深基坑的定义、特点及其支护的概念与作用，详细分析了支护结构的设计原则、类型选择及设计流程。同时，文章还研究了深基坑支护的主要施工技术，包括施工前准备、具体支护技术及施工监测与质量控制。最后，针对支护中常见的土体位移、地下水控制及结构稳定性问题，提出了相应的对策与建议。

关键词：土木工程；深基坑支护设计；施工技术

引言：随着现代城市建设的快速发展，深基坑工程在高层建筑、地铁、地下空间开发等领域扮演着重要角色。深基坑支护作为确保基坑稳定性和周边环境安全的关键技术，其设计与施工技术直接关系到工程的安全、质量和成本。本文旨在综合探讨深基坑支护的设计与施工要点，分析当前技术的发展现状与趋势，为工程实践提供理论参考和技术支持，推动土木工程领域的持续进步与发展。

1 深基坑支护概述

1.1 深基坑的定义与特点

深基坑，作为大型建筑工程中重要的基础部分，通常指开挖深度较大、对支护结构要求较高的基坑。这类基坑在大型地下工程如地铁、地下商场、高层建筑地下室等项目中广泛存在。深基坑的开挖深度往往超过常规基坑，其土体抗力复杂多变，极易受到地下水、施工荷载、周边环境等多重因素的影响。基坑侧壁土体在开挖过程中，易产生侧向位移，进而威胁基坑稳定性和周边环境安全。

1.2 深基坑支护的概念与作用

深基坑支护是指为保证地下结构施工及基坑周边环境的安全，对深基坑侧壁及周边环境采用的支挡、加固与保护的措施。它旨在防止土体变形、松动和破坏，确保基坑开挖过程中的稳定性。同时，支护结构还能有效阻挡地下水和外部环境的入侵，防止因水土流失导致的基坑塌方等安全问题。通过科学的支护设计与施工，可以确保基坑工程的顺利进行，保障周边建筑物、地下管线等设施的安全。

1.3 深基坑支护技术的发展现状

随着城市化进程的加速和地下空间开发需求的增加，深基坑支护技术得到了快速发展。传统支护技术如钢板桩、水泥搅拌桩等，已难以满足现代工程对基坑稳

定性、安全性和环保性的高要求。因此，现代支护技术应运而生，如复合土钉墙、新型地下连续墙、排桩支护等。这些新技术在支护效果、施工速度、成本控制等方面具有显著优势，已成为当前深基坑支护领域的主流技术。同时，国内外深基坑支护技术的发展趋势也呈现出绿色化、智能化和高效化的特点。随着材料科学、信息技术等领域的不断进步，未来深基坑支护技术将更加注重环保、节能和智能化监测预警系统的研发与应用。

2 深基坑支护设计方法

2.1 支护结构设计原则

（1）安全性、经济性、可行性原则。安全性是支护结构设计的核心原则。支护结构必须能够承受基坑开挖过程中产生的各种荷载，包括土体自重、地下水位变化产生的静水压力和动水压力、施工荷载等，确保基坑及周边环境的安全。经济性原则要求支护结构在满足安全性的前提下，尽量降低成本，提高工程的经济效益。可行性原则则强调支护结构的设计应基于现有的施工技术、设备条件及工程经验，确保设计能够顺利实施。（2）考虑基坑尺寸、土质、水位等因素。基坑的尺寸、土质条件和地下水位是影响支护结构设计的关键因素。基坑的深度、宽度和形状决定了支护结构的规模和复杂程度。土质条件包括土层的分布、力学性质、含水量等，这些都会影响支护结构的选择和稳定性分析。地下水位的高低和动态变化会影响支护结构所承受的水压力，从而影响其整体稳定性。因此，在支护结构设计前，必须进行详细的地质勘察，准确掌握基坑及周边环境的实际情况。

2.2 支护类型选择

（1）水平支撑与垂直支撑的选择依据。水平支撑和垂直支撑是深基坑支护中常用的两种支撑类型。水平支撑主要适用于较浅的基坑，通过水平方向的支撑结构来

抵抗侧壁的土压力。它施工简单,成本较低,但对于较深的基坑,其稳定性可能不足。垂直支撑则适用于较深的基坑,通过垂直方向的支撑结构提供足够的刚度和承载力。垂直支撑通常具有更好的稳定性,但施工难度和成本也相对较高。因此,在选择支撑类型时,需要根据基坑的深度、土质条件、施工条件及成本预算等因素进行综合考虑。(2)锚杆支护、桩支撑、钢板桩支撑、钢构支撑等支护方式的适用条件。锚杆支护适用于土层稳定、基坑深度较大的情况。它利用锚杆将支护结构与土体紧密结合,提高整体稳定性。桩支撑则常用于软土地层,通过桩的侧摩阻力和端承力来支撑基坑侧壁。钢板桩支撑以其施工速度快、刚度大的特点,适用于需要快速封闭基坑侧壁的情况。钢构支撑则适用于基坑形状复杂、支撑要求高的场合,如圆形、椭圆形基坑等^[1]。在选择支护方式时,需要综合考虑基坑的实际情况、施工条件、工期要求及成本预算等因素。

2.3 支护结构设计流程

(1)地质勘察与资料收集。地质勘察是支护结构设计的基础工作。通过现场勘察、取样分析等手段,获取基坑及周边环境的详细地质资料,包括土层的分布、力学性质、含水量、地下水位等。同时,收集相关法律法规、技术标准及类似工程经验等资料,为设计提供全面可靠的依据。(2)设计方案制定与评估。在地质勘察和资料收集的基础上,结合工程实际情况,制定初步的支护设计方案。设计方案应综合考虑基坑尺寸、土质条件、地下水位、施工条件及成本预算等因素。通过力学分析、数值模拟等手段对设计方案进行初步评估,验证其安全性、经济性和可行性。若评估结果不满足要求,则需对设计方案进行调整和优化^[2]。(3)支护结构验算与优化。支护结构验算是确保设计安全性的重要环节。验算内容包括支护结构的承载力、变形控制、稳定性以及防水性能等。通过详细的力学计算和分析,验证支护结构在各种工况下的安全性能。若验算结果显示支护结构存在不足,如承载力不足、变形过大等,则需进行优化设计。优化设计可能包括增加支护结构的强度、调整支护类型或布置方式、加强防水措施等。

3 深基坑支护施工技术

3.1 支护施工前准备

(1)施工现场周边环境勘察。在施工开始前,必须对施工现场周边环境进行细致的勘察。这包括了解周边建筑物的结构类型、基础形式、地基承载力等信息,以及地下管线的布置、材质、管径等细节。这些信息对于评估基坑开挖对周边环境的影响至关重要,也是制定合

理支护方案的基础。(2)水文岩土结构勘察与评估。水文岩土结构勘察是支护施工前不可或缺的环节。通过钻探、取样、试验等手段,了解基坑开挖范围内的土层分布、岩性、力学性质、含水量以及地下水位等信息。这些信息对于确定支护类型、计算支护结构尺寸、制定防水措施等具有决定性作用。同时,还需评估土层中可能存在的软弱夹层、不良地质现象等对支护结构稳定性的影响。(3)制定施工计划与安全措施。在掌握现场环境和岩土结构信息的基础上,制定详细的施工计划。施工计划应包括基坑开挖的顺序、支护结构的施工流程、材料设备的供应安排等内容。同时,根据基坑的实际情况和支护类型,制定相应的安全措施,如设置安全围挡、配备应急设备等,确保施工过程的安全进行。

3.2 主要支护施工技术

(1)土钉支护技术。土钉支护是一种经济有效的支护方式,适用于土层稳定、基坑深度不大的情况。土钉支护的关键环节包括土钉的制作、成孔、送入土钉以及喷射混凝土等。土钉的制作应保证钢筋的直径、长度和间距符合设计要求。成孔时,需控制孔径和孔深,确保土钉能够顺利送入。喷射混凝土时,应保证混凝土的厚度、强度和粘结性,以提高支护结构的整体稳定性。

(2)护坡桩支护技术。护坡桩支护适用于土层较软、基坑深度较大的情况。其施工步骤包括钻孔、注浆、骨料与钢筋笼放置以及连续灌注等。钻孔时,需控制孔径和孔深,确保注浆管的顺利插入。注浆时,应选择合适的注浆材料和注浆压力,保证浆液的均匀分布和土层的加固效果。骨料与钢筋笼的放置需符合设计要求,确保支护结构的强度和刚度。连续灌注时,应控制灌注速度和灌注量,防止浆液流失和空洞产生^[3]。(3)其他支护技术。除了土钉支护和护坡桩支护外,还有其他多种支护方式,如锚杆支护、钢板桩支护等。锚杆支护通过锚杆将支护结构与土体紧密结合,提高整体稳定性。钢板桩支护则以其施工速度快、刚度大的特点,适用于需要快速封闭基坑侧壁的情况。这些支护方式的施工要点各不相同,但都需要严格控制施工质量,确保支护结构的稳定性和耐久性。

3.3 施工监测与质量控制

(1)支护结构变形、应力监测。在施工过程中,必须对支护结构进行变形和应力监测。变形监测可以及时发现支护结构的位移和沉降情况,为调整施工方案提供依据。应力监测则可以了解支护结构内部的受力状态,判断其是否处于安全状态。监测数据应及时整理和分析,为施工决策提供科学依据。(2)及时调整施工

方案,确保支护效果。根据监测结果和现场实际情况,及时调整施工方案。如发现支护结构变形过大或受力异常,应立即采取措施进行加固或调整施工顺序。同时,还需加强施工管理,确保施工质量和安全措施的实施。通过科学严谨的施工监测和质量控制手段,可以确保深基坑支护施工的安全、稳定和高效进行^[4]。

4 深基坑支护中的常见问题与对策

4.1 土体位移与变形控制

(1) 原因分析与预防措施。土体位移与变形是深基坑支护中常见的问题之一,其主要原因包括基坑开挖过程中的土体卸载效应、支护结构刚度不足、地下水位的波动以及周围荷载的变化等。为了防止土体位移与变形,可以采取以下预防措施:首先,优化支护结构设计,提高支护结构的整体刚度和稳定性;其次,严格控制基坑开挖的顺序和速率,避免土体卸载效应对支护结构产生过大的影响;此外,加强地下水位的监控和排水措施,减少水对土体的影响;最后,对周边荷载进行监测和控制,防止其变化对基坑稳定性造成不利影响。

(2) 应急处理方案。如果土体位移与变形超过允许范围,应立即采取应急处理措施。首先,应停止基坑开挖,并对已开挖部分进行加固处理;其次,对支护结构进行补强,如增加支撑数量、调整支撑位置或加强支护材料的强度等;此外,还可以采用土体加固技术,如注浆加固、深层搅拌加固等,提高土体的整体强度和稳定性。在处理过程中,应密切监测土体的位移和变形情况,确保处理效果达到设计要求。

4.2 地下水控制

(1) 排水法的应用与注意事项。地下水控制是深基坑支护中的关键环节。排水法常用的有井点降水法和明沟排水法。井点降水法适用于地下水位较高、渗透性较好的地层,通过设置降水井来降低地下水位。明沟排水法则适用于地下水位较低、渗透性较差的地层,通过开挖排水沟和集水井来排除地表水和地下水。在应用排水法时,应注意排水量、排水速率和排水时间的控制,避免对周围环境和建筑物造成不利影响。(2) 防水措施与效果评估。除了排水法外,还应采取防水措施来防止地下水对支护结构和基坑稳定性的影响。常见的防水措施有防水帷幕、注浆防水和防水涂料等。防水帷幕通过在基坑周围设置连续的水泥浆帷幕来隔绝地下水;注

浆防水则通过注浆孔向土体中注入水泥浆或其他防水材料来形成防水层;防水涂料则用于支护结构表面的防水处理。防水措施的效果评估应通过现场试验和监测来进行,确保防水效果达到设计要求。

4.3 支护结构稳定性分析

(1) 承载力极限状态与正常使用极限状态的控制。支护结构的稳定性分析是确保其安全性的关键。承载力极限状态是指支护结构在极限荷载作用下不发生破坏或失稳的状态;正常使用极限状态则是指支护结构在正常使用条件下能够满足各项性能要求的状态。为了控制支护结构的稳定性,应分别对承载力极限状态和正常使用极限状态进行计算和分析,确保支护结构在各种工况下都能保持稳定和安全。(2) 支护结构稳定性验算方法。支护结构稳定性验算方法包括理论计算、数值模拟和现场试验等。理论计算是基于力学原理和支护结构的设计参数进行的;数值模拟则是利用计算机模拟支护结构的受力状态和变形情况;现场试验则是通过在实际工程中设置监测点来监测支护结构的变形和应力情况。这些方法可以相互补充和验证,确保支护结构的稳定性分析和验算结果更加准确可靠。

结束语

综上所述,土木工程深基坑支护设计与施工技术是一项综合性强、技术难度高的工程任务。通过科学合理的设计、精细严格的施工以及全面的监测与控制,可以有效确保深基坑工程的稳定性和安全性。未来,随着材料科学、信息技术的不断进步,深基坑支护技术将向更加绿色、智能、高效的方向发展。本文的研究为深基坑支护工程提供了有益参考,期待更多创新技术涌现,共同推动土木工程领域的繁荣发展。

参考文献

- [1]郑贵日.土木工程施工中深基坑支护施工技术[J].工程建设与设计,2024,(14):166-167.
- [2]崔建敏.关于土木工程中深基坑支护施工技术的探究[J].建材发展导向,2024,(09):80-81.
- [3]杨国涛.土木工程房屋建设中深基坑支护技术的应用[J].砖瓦,2024,(08):68-70.
- [4]刘雄.土木工程房屋建设中深基坑支护技术的规范应用探究[J].城市建设理论研究,2024,(21):214-215.