

建筑施工技术中的深基坑支护技术探讨

章梦川

上海建工四建集团有限公司 上海 201103

摘要：文章深入探讨了建筑施工技术中的深基坑支护技术，阐述深基坑支护的重要性及其面临的技术挑战。分析土钉墙、排桩、地下连续墙等常见支护类型的适用条件与施工要点，并强调监测技术在确保支护结构安全中的关键作用。通过系统梳理施工流程与质量控制措施，为深基坑工程的安全实施提供了技术参考。

关键词：建筑施工；深基坑；支护技术

1 深基坑支护技术概述

1.1 深基坑的定义

深基坑是指为进行地下工程（如地下室、地铁车站、地下管廊等）施工而开挖的深度较大、周边环境复杂的基坑工程。其深度通常根据工程需求、地质条件及区域规范确定，一般超过5米（具体标准因国家或地区而异，如中国《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》将开挖深度超过5米的基坑列为重点监管对象）。深基坑工程具有开挖范围广、地质条件复杂、周边环境影响显著等特点，需综合考虑土体稳定性、地下水控制及周边建筑物保护等因素。其施工不仅涉及土方开挖，还需结合支护结构、降水措施及监测技术，以确保工程安全与周边环境稳定。

1.2 深基坑支护的作用

深基坑支护是保障地下工程安全施工的核心技术，其主要作用包括：（1）土体稳定与变形控制。通过支护结构（如桩锚支护、地下连续墙、内支撑体系等）抵抗土体侧向压力，防止基坑坍塌或滑移，同时限制周边土体变形，避免地面沉降或隆起；（2）地下水控制。结合止水帷幕、降水井等措施，阻隔地下水渗透，降低基坑内水位，为干作业创造条件，同时防止因地下水作用导致的土体失稳；（3）周边环境保护。通过精确设计与施工，减少对邻近建筑物、地下管线及道路的影响，避免因基坑开挖引发的次生灾害^[1]；（4）施工安全保障。为施工人员及机械设备提供安全的作业空间，降低坍塌、淹埋等事故风险；（5）工程经济性优化：合理支护设计可减少土方开挖量、缩短工期，并降低对周边环境的修复成本，实现工程效益最大化。

2 建筑施工技术中常见深基坑支护技术类型

2.1 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术是一种原位土体加筋技术，它通过在基坑边坡中植入土钉，并在边坡表面铺设钢筋网后喷

射混凝土面层，形成一种复合型的土体支护结构。这种技术主要适用于地下水位较低的黏土、砂土、粉土地基，且基坑深度一般在15米以内。土钉墙支护技术的施工特点包括：施工设备较简单，比用挡土桩锚杆施工简便；施工速度较快，能够节省工期；造价相对较低，经济性优越。其工作原理是依靠土钉与周围土体的粘结作用，以及喷射混凝土面层的整体刚度，来共同抵抗土体的侧向压力和水压力。土钉墙支护技术的施工过程通常分为两个阶段：一是土钉的植入和注浆，二是钢筋网的铺设和混凝土的喷射。在土钉植入阶段，需要根据设计要求的间距和深度，在基坑边坡中钻孔并植入土钉，然后注入水泥浆以增强土钉与土体的粘结力。在钢筋网铺设和混凝土喷射阶段，则需要在边坡表面铺设钢筋网，并喷射一定厚度的混凝土面层，以形成整体的支护结构。土钉墙支护技术的优点在于其结构轻巧、柔性大，能够适应一定的土体变形，同时具有良好的抗震性和延性。然而它也存在一定的局限性，如对土层的天然凝聚力或胶结力有依赖，且容易受到地下水位变化的影响，在设计和施工过程中，需要充分考虑这些因素，并采取相应的措施来确保支护结构的安全性和稳定性。

2.2 排桩支护技术

排桩支护技术是通过在基坑四周设置一系列竖直的灌注桩或预制桩，并将它们有序地排列成排，从而为基坑侧壁提供稳固的支持与保护。排桩支护技术的优点在于其强大的挡土能力、高承载力以及出色的稳定性。它对周围建筑物和地下设施的影响相对较小，能够确保施工过程中的安全性。排桩支护技术还可以根据工程需求进行灵活设计，如采用悬臂式、拉锚式、内撑式或锚杆式等不同的支护结构形式。排桩支护技术的施工过程相对复杂，需要严格按照设计要求进行桩体的施工和布置。在桩体施工过程中，需要确保桩体的垂直度、桩长和桩径等参数符合设计要求，以保证桩体的承载力和稳

定性。在桩体布置方面,则需要根据基坑的形状、规模和地质条件等因素进行合理安排,以确保支护结构能够均匀地承受土体的侧向压力。排桩支护技术也存在一些不足,如施工成本相对较高、施工所需空间较大,以及打桩过程中可能产生的噪音和振动等问题。因此在设计和施工过程中,需要充分考虑这些因素,并采取相应的措施来降低施工成本、减少施工对周边环境的影响。

2.3 地下连续墙支护技术

地下连续墙支护技术是一种用专用机械于泥浆护壁的条件下,在地面以下成槽并分槽段浇筑而成的、连续的钢筋混凝土地下墙体。地下连续墙支护技术的施工过程主要包括导墙施工、泥浆制备、成槽施工、混凝土水下浇筑和接头施工等步骤。在导墙施工阶段,需要修筑导墙以护槽、定位、承重和蓄浆;在泥浆制备阶段,需要配制合适的泥浆以保护槽壁稳定;在成槽施工阶段,则需要使用成槽机械分段挖槽;在混凝土水下浇筑阶段,则需要使用导管法浇筑混凝土;在接头施工阶段,则需要采用合适的接头形式将各槽段连接成整体^[2]。地下连续墙支护技术的优点在于其墙体刚度大、防渗性能出色,能够有效地抵抗土体的侧向压力和水压力。它还可以贴近施工,并可用作刚性基础,为地下结构的施工提供便利。地下连续墙对土层的适用范围很广,在软土地层、中硬地层、密实的砂砾层以及岩石地层中都可施工。然而地下连续墙支护技术也存在一些不足,如造价相对较高、施工难度较大,需要专业的设备和操作人员。因此在设计和施工过程中,需要充分考虑这些因素,并采取相应的措施来降低造价、提高施工效率和质量。

2.4 SMW工法桩支护技术

SMW工法桩支护技术,全称Soil Mixed Wall,也可称为型钢水泥土搅拌(桩)墙,是一种独特的地下工程施工技术。其核心工艺在于通过三轴搅拌桩钻机在原地层中切削土体,同时注入低压水泥浆液与土体充分搅拌,形成隔水性优越的水泥土柱列式挡墙。在水泥土浆液硬化之前,再插入型钢,从而完成这一高效的施工工艺。SMW工法桩支护技术的优点在于其施工时基本无噪声,对周围环境影响小;结构强度可靠,凡是适合应用水泥土搅拌桩的场合都可使用;挡水防渗性能好,不必另设挡水帷幕;可以配合多道支撑应用于较深的基坑;在一定条件下可代替作为地下围护的地下连续墙,且费用相对较低。SMW工法桩支护技术的施工过程主要包括水泥土搅拌、加筋材料铺设、搅拌桩成型和养护等环节。其中,水泥土搅拌是关键环节,需要控制好配合比和施工顺序。在搅拌桩成型后,还需要进行养护以确保其强度

和稳定性。在基坑工程施工完成后,还需要拔除H型钢以进行回收利用。SMW工法桩支护技术主要适用于填土、淤泥质土、粘性土、粉土、砂性土、饱和黄土等地层且深度小于15米的基坑支护。它常与支撑或锚索体系配合使用,以形成完整的支护结构。在淤泥、泥炭土、有机质土及地下水具有腐蚀性和无工程经验的地区,则需要通过现场试验确定其适用性。SMW工法桩支护技术以其独特的施工工艺和优越的性能,在深基坑支护领域得到了广泛的应用和推广。它不仅能够有效地抵抗土体的侧向压力和水压力,还能够确保施工过程中的安全性和稳定性,其经济性和环保性也使得它成为了一种具有广阔发展前景的深基坑支护技术。

3 建筑施工技术中的深基坑支护监测技术

3.1 监测内容与目的

深基坑支护监测是确保基坑施工安全、周边环境稳定及支护结构有效性的关键环节。其核心内容包括:支护结构变形监测,通过测量桩顶水平位移、墙体挠度、支撑轴力等参数,评估支护结构的受力状态与稳定性,防止因变形过大导致结构失效。周边环境监测,监测基坑周边地表沉降、建筑物倾斜、地下管线变形及道路开裂等,及时预警施工对周边环境的影响,避免次生灾害。地下水动态监测,观测水位变化、渗流速度及孔隙水压力,分析地下水对土体稳定性的影响,为降水措施调整提供依据。土体应力与位移监测,通过埋设土压力盒、测斜仪等设备,掌握土体内部应力分布及位移规律,优化支护设计参数。

监测的主要目的在于:风险预警;通过实时数据捕捉异常变化,提前预判支护结构失稳、周边土体坍塌等风险。动态反馈;为施工参数调整(如开挖速度、支撑拆除时序)提供数据支持,实现信息化施工。安全评估;验证设计合理性,积累工程经验,为后续类似项目提供参考。

3.2 监测方法与设备

深基坑支护监测需结合多种技术手段与专业设备,确保数据采集的准确性与时效性;(1)水平位移监测:通过高精度全站仪测量测点坐标变化,或利用GNSS实时动态差分技术(RTK)实现毫米级位移监测,适用于大范围、长周期监测。埋设于支护结构内部或周边土体中,监测深层水平位移,分辨率可达0.01mm,适用于复杂地质条件下的变形分析。(2)沉降监测:采用二等水准测量规范,定期观测基准点与监测点的高程变化,精度可达 $\pm 0.5\text{mm}$,适用于地表及建筑物沉降监测。通过连通管原理实现多点相对沉降监测,适用于自动化连续观

测^[3]。(3)应力与内力监测:应变计与轴力计,安装于支撑、锚杆等构件内部,测量轴力、弯矩等力学参数,结合温度补偿技术消除环境干扰。土压力盒,埋设于支护结构与土体接触面,监测土压力分布,为支护结构优化设计提供依据。(4)地下水监测:实时监测地下水位及孔隙水压力变化,指导降水井运行与排水措施调整。

(5)自动化监测系统:集成传感器、数据采集仪与云平台,实现数据实时传输、自动分析与异常报警,显著提升监测效率与响应速度。

3.3 监测数据分析与预警机制

监测数据的科学分析与预警是保障基坑安全的核心环节:第一数据处理与趋势分析:采用时序分析、回归分析等方法,剔除噪声数据,提取变形与应力变化趋势,建立预测模型(如灰色理论、神经网络)。结合地质勘察报告与数值模拟结果,对比实测数据与理论值,评估支护结构工作状态。第二、预警阈值设定:根据设计规范、工程经验及周边环境敏感程度,设定分级预警阈值(如黄色预警:累计位移达设计值的60%;红色预警:位移速率超过3mm/d)。对关键参数(如支撑轴力、水位变化)实行“双控”管理,即同时限制绝对值与变化速率。第三、预警响应机制:建立“监测-分析-预警-处置”闭环流程,一旦触发预警,立即启动应急预案,如暂停开挖、加强支撑或启动回灌措施。通过BIM平台或可视化系统,直观展示监测数据与风险等级,辅助决策层快速响应。第四、信息化施工优化:基于监测结果动态调整施工方案,例如优化开挖顺序、调整支撑拆除时序或补充注浆加固,实现安全与效率的平衡。深基坑支护监测技术通过多手段协同、数据驱动决策,为复杂环境下的基坑工程提供了可靠的安全保障。未来随着物联网、人工智能技术的发展,监测系统将向智能化、实时化方向演进,进一步提升工程风险防控能力。

4 深基坑支护施工流程与质量控制

深基坑支护施工是保障地下工程安全的关键环节,其流程需严格遵循系统性、动态性原则,质量控制则贯穿全过程。施工流程通常包括:前期准备→支护结构施工→降水与土方开挖→监测与动态调整→验收与后期维

护。前期准备阶段需完成地质勘察、支护设计审核及施工方案编制,重点核查周边环境敏感点(如管线、建筑物)与地质条件(如地下水、土层稳定性),确保设计参数与现场实际匹配。支护结构施工是核心环节,需根据支护类型(如桩锚、地下连续墙、土钉墙等)规范操作^[4]。施工过程中需同步埋设监测元件(如测斜管、应变计),为后续监测提供数据支撑。降水与土方开挖需分层分段进行,遵循“先撑后挖、限时支撑”原则。降水系统应提前启动,维持坑内水位低于开挖面0.5~1.0m,避免渗流破坏。开挖过程中需动态监测支护结构变形及周边沉降,及时调整开挖参数或增设临时支撑。

质量控制要点包括:对钢筋、混凝土、止水材料等严格抽检,确保符合设计要求;关键工序(如桩体浇筑、锚杆张拉)需旁站监督,杜绝违规操作;支护结构隐蔽前需联合设计、监理单位进行验收,留存影像资料;根据实时监测结果(如位移、沉降速率)动态调整施工节奏,超预警值时立即停工排查。后期维护阶段需对支护结构进行定期巡查,修复裂缝、渗漏等缺陷,并持续监测至地下结构施工完成。通过全流程标准化管控与数据驱动的动态调整,可有效降低深基坑施工风险,保障工程安全与周边环境稳定。

结束语

深基坑支护技术是保障地下工程安全、促进城市地下空间高效利用的关键。随着城市化进程的加速,深基坑工程将面临更复杂的地质与环境条件。未来,应持续加强支护技术的创新研究,优化施工流程,强化监测预警机制,以确保深基坑工程的安全、高效与可持续发展。

参考文献

- [1]王喆.市政工程中深基坑支护技术及其施工安全管理探讨[J].中国住宅设施,2023(05):166-168.
- [2]仕坦.市政工程深基坑支护施工关键技术研究[J].建筑与预算,2023(03):55-57.
- [3]郭青.市政工程深基坑支护施工关键技术探讨[J].建筑工人,2022,43(10):37-40.
- [4]黄志刚.建筑工程深基坑支护施工关键技术[J].中国高新科技,2022(17):81-82.