

钻孔灌注桩在基坑支护施工中的应用

申厚史航

中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司 河北 保定 071000

摘要：钻孔灌注桩是基坑支护常用形式，具有无振动、噪音小等优势，适配多种地质条件，承担挡土、防渗等作用。本文阐述其在基坑支护中的结构形式，涵盖单排悬臂式等多种类型，分析设计要点。详细介绍施工工艺，包括施工准备、钻孔、清孔等环节。剖析质量影响因素，如地质、设备等，提出针对性控制措施，旨在为钻孔灌注桩在基坑支护施工中的科学应用提供参考。

关键词：钻孔灌注桩；基坑支护；施工工艺；质量控制

引言：在城市建设中，基坑支护工程至关重要，关乎周边建筑与地下管线安全。钻孔灌注桩凭借独特优势，成为基坑支护常用方案。其自20世纪40年代在美国问世，我国60年代初应用后技术日益成熟。它能适配多种复杂地质，与多种构件协同构建稳固支护体系。深入研究其在基坑支护施工中的应用，对保障施工安全、提升工程质量意义重大。

1 钻孔灌注桩概述

钻孔灌注桩是一种通过钻孔机械在设计桩位成孔，放入钢筋笼后灌注混凝土形成的就地灌注桩，作为基坑支护工程中常用的支护形式，凭借其独特优势被广泛应用于各类建筑工程领域。该工艺最早于20世纪40年代在美国问世，我国自60年代初开始应用，历经数十年发展，施工技术已日趋成熟完善。其核心特点是无振动、无挤土、噪音小，对周边建筑物和地下管线影响较小，适配硬塑、软塑黏性土及砂砾层等多种复杂地质条件^[1]。在基坑支护中，钻孔灌注桩主要承担挡土、抗倾覆和防渗作用，通过与冠梁、腰梁、锚杆等构件协同工作，构建稳固的支护体系，有效控制基坑变形，防止坍塌事故发生，为基坑内部施工提供安全可靠的作业环境，是高层建筑、地下工程等基坑支护中的优选方案之一。

2 钻孔灌注桩在基坑支护中的结构形式与设计要点

钻孔灌注桩在基坑支护中的应用效果，核心取决于合理的结构形式选择与科学的设计参数把控，二者直接决定支护体系的稳定性、安全性和经济性，需结合基坑深度、地质条件、周边环境及工程造价综合考量。

2.1 常见结构形式

钻孔灌注桩在基坑支护中的常见结构形式主要分为四大类，各类形式适配不同工程场景，各具特点。一是单排悬臂式钻孔灌注桩，无需设置锚杆或内支撑，结构简洁、施工便捷，适用于基坑深度较浅（通常不超过6

米）、地质条件较好、周边无重要建筑物的场景，但悬臂式结构抗倾覆能力有限，深度过大易产生较大变形。二是双排桩结构，由前后两排灌注桩及冠梁、连梁连接形成门式框架，刚度大、抗侧移能力强，适用于基坑深度较大、土质较差的情况，可有效减少基坑变形。三是桩锚式结构，由钻孔灌注桩与锚杆协同工作，锚杆提供水平拉力平衡土压力，适用于基坑深度大、周边场地狭窄，无法设置内支撑的场景，兼顾稳定性和施工便利性。四是组合式结构，结合上述两种或多种形式，如双排桩+锚杆、单排桩+止水帷幕，适用于地质复杂、周边环境敏感、防渗要求高的基坑工程，可充分发挥各类结构的优势，满足复杂工况下的支护需求，确保支护体系稳定可靠。

2.2 设计要点

钻孔灌注桩基坑支护的设计要点需围绕安全性、适用性和经济性展开，重点把控六大核心内容。桩径与桩长设计，桩径通常选用600-1200mm，需根据土压力大小、抗倾覆需求确定，桩长需穿透软弱土层，嵌入中风化岩层或坚硬土层一定深度，确保桩端承载力满足要求。桩距设计，一般控制在1.5-3倍桩径，间距过大易导致挡土效果不足，间距过小则增加工程造价，需结合桩径和土压力优化调整。混凝土强度设计，支护桩混凝土强度等级不低于C30，确保桩身具备足够的抗压、抗弯强度，抵御土压力和水压力作用^[2]。钢筋笼配置，主筋选用HRB400级钢筋，间距均匀布置，箍筋采用螺旋式或焊接式，端部设置加强箍，确保钢筋笼刚度和整体性，满足抗剪、抗弯要求。冠梁与腰梁设计，冠梁需与桩顶牢固连接，腰梁设置在桩身适当位置，增强桩体整体性，传递和分散土压力。防渗设计，若基坑周边地下水丰富，需在灌注桩外侧设置止水帷幕，防止地下水渗透导致基坑涌水、管涌。

3 钻孔灌注桩在基坑支护中的施工工艺

钻孔灌注桩在基坑支护中的施工工艺是一个系统性流程,遵循“准备-钻孔-清孔-钢筋笼安装-混凝土灌注”的顺序逐步推进,各工序衔接紧密、相互影响,每一道工序的施工质量都直接决定最终支护效果。

3.1 施工准备

施工准备是钻孔灌注桩基坑支护施工的前提,需全面落实各项准备工作,为后续施工奠定坚实基础,确保施工顺利推进,避免因准备不足导致施工延误或质量问题,准备工作主要涵盖四大方面。场地准备,清理施工区域内的障碍物、杂物,平整场地,修整施工便道,确保钻机、吊车等大型设备顺利进场和移动;对场地进行压实处理,防止设备作业时发生沉降,影响钻孔精度。设备准备,选用适配工程地质的钻孔钻机、泥浆循环系统、吊车等设备,进场前进行全面检修、调试,确保设备性能良好、运行正常;配备备用设备和零部件,应对施工中可能出现的设备故障。测量放线,根据施工图纸和现场基准点,采用专业测量仪器精准放出桩位中心线,设置十字护桩并做好保护,护桩需牢固可靠,直至工程完工,确保桩位偏差符合规范要求(通常不大于50mm)。材料与技术准备,进场的钢筋、混凝土、泥浆原料等材料需进行质量检测,合格后方可使用;组织施工人员进行技术交底,明确施工工艺、质量标准和安全注意事项,熟悉施工图纸和设计要求,确保施工人员规范操作。

3.2 钻孔施工

钻孔施工是钻孔灌注桩施工的核心工序,直接决定桩孔质量,需严格把控钻进参数、垂直度、孔径和孔深,适配不同地质条件调整施工方法,确保桩孔符合设计要求。施工时首先进行护筒埋设,选用壁厚6mm的钢板护筒,内径比钻头大100-200mm,埋设时以桩中心为圆心,人工开挖比护筒大20mm的土坑,护筒底口埋入密实土层0.5m左右,外侧填粘土分层夯实,平面位置偏差不大于2.5cm,垂直度偏差不大于0.5%。钻孔时选用适配地质的钻机,注入泥浆形成护壁,泥浆采用循环系统回收利用,钻进过程中控制进尺速度,松散土层放缓进尺,确保孔壁稳定。钻进过程中认真填写钻孔记录表,尽量连续成孔,避免中途停顿,如需停顿需将钻头提离孔底至少3m,防止钻渣沉淀埋钻。钻孔过程中定期检测孔径和垂直度,发现缩颈、孔斜等问题及时处理,钻孔至设计深度后,采用检孔器检查孔道畅通情况,确保孔径、孔深符合设计标准。

3.3 清孔施工

清孔施工是钻孔灌注桩施工的关键保障工序,目的是清除孔底沉渣、淤泥和浮土,降低沉渣厚度,确保桩端与持力层紧密结合,提高桩体承载力,避免因沉渣过多导致桩体沉降过大、支护失效。清孔需在钻孔达到设计深度、经检孔合格后立即进行,遵循“及时清孔、彻底清孔”的原则,分为初次清孔和二次清孔两个阶段。初次清孔在钻孔完成后进行,采用换浆法或抽浆法,通过泥浆循环将孔底沉渣携带至孔外,调整泥浆指标,使孔底沉渣厚度初步满足规范要求。二次清孔在钢筋笼安装、导管布设完成后进行,由于钢筋笼和导管安装过程中会有部分沉渣掉落孔底,需再次清孔,确保沉渣厚度符合设计标准(端承桩不大于50mm,摩擦桩不大于100mm)。清孔过程中需持续检测泥浆比重、粘度和含砂率,控制泥浆指标在合理范围,清孔合格后立即进行混凝土灌注,避免间隔时间过长导致孔底再次积渣,影响清孔效果和桩体质量。

3.4 钢筋笼制作与安装

钢筋笼制作与安装作为保障钻孔灌注桩抗弯、抗剪能力的核心工序,其重要性不言而喻。必须严格按照设计图纸要求,精准控制钢筋规格、间距、长度以及安装精度,以此确保钢筋笼具备足够的刚度和良好的整体性,有效避免出现变形、偏移等影响工程质量的问题。钢筋笼采用现场平地制作的方式。主筋选用强度高、性能稳定的HRB400级钢筋,采用焊接工艺进行连接。焊接时,接头需错开布置,严格把控焊接质量,保证每一处焊缝都坚实可靠。箍筋加工要求圆顺,半径精准无误,与主筋通过绑扎或焊接的方式固定牢固,在端部设置加强箍,进一步增强钢筋笼的整体性。为加快施工进度,钢筋笼一次加工至设计长度^[1]。制作完成后,要进行全面细致的质量检测,重点检查钢筋规格、间距、焊接质量等关键指标,只有各项指标均合格后,方可进行安装。安装时,使用25t吊车,每个钢筋笼设置三个吊点。起吊至一定高度后在空中倒转竖立,平稳地吊入桩孔内,整个过程要小心谨慎,避免钢筋笼碰撞孔壁。钢筋笼定位后,在孔口进行焊接固定,防止混凝土灌注时发生浮笼现象。同时校正钢筋笼轴线位置和垂直度,确保其中心与桩孔中心精准重合,偏差严格控制在规范要求范围内。

3.5 混凝土灌注

混凝土灌注是钻孔灌注桩施工的最终环节,直接决定桩体密实度和强度,需严格把控灌注流程和质量控制点,防止出现断桩、夹泥、蜂窝、麻面等质量缺陷。灌注前需再次校核钢筋笼标高、孔深、孔底沉渣厚度及泥

浆指标,检查无坍孔现象后,方可开盘灌注。混凝土采用商品混凝土,强度等级符合设计要求,灌注前检查混凝土坍落度和和易性,确保满足水下灌注要求。灌注采用导管法水下灌注,导管接头采用丝扣式,安装前在地面试拼,并进行水密、承压和接头抗拉试验,编号标示长度。导管安装时位置居中、轴线顺直,下口距孔底0.3-0.5m。灌注时首批混凝土需保证足够数量,确保导管埋入混凝土深度不小于1.0m,灌注过程中连续进行,采用混凝土输送泵泵送混凝土,控制灌注速度均匀。每次起管前,用探测锤在两个方向测量混凝土面高度,准确控制导管埋深,避免埋深过浅导致断桩、过深影响灌注效率,灌注面高出设计桩顶0.5-1.0m,确保桩头质量,灌注完成后及时清理桩头多余混凝土。

4 钻孔灌注桩在基坑支护施工中的质量控制

钻孔灌注桩在基坑支护的质量控制是保障基坑施工安全的核心,贯穿施工全过程,需坚持“预防为主、全程管控、重点突出”的原则,全面把控各工序质量。质量控制的核心是明确质量影响因素,针对性制定防控措施,及时发现和整改施工中的质量隐患,确保每一道工序都符合规范和设计要求。

4.1 质量影响因素分析

钻孔灌注桩在基坑支护施工中的质量影响因素较多,主要分为五大类,各类因素相互关联,任一环节出现问题都可能影响桩体质量和支护效果。一是地质条件因素,复杂地质如流沙层、淤泥层、大粒径卵石层,易导致钻孔过程中出现坍孔、缩颈、孔斜等问题,影响桩孔质量;地下水水位过高、水压过大,易引发孔壁坍塌、涌水,同时影响混凝土灌注质量。二是设备因素,钻机性能不佳、泥浆循环系统故障,会导致钻孔精度不足、泥浆指标失控;吊车、导管等设备损坏,会影响钢筋笼安装和混凝土灌注的连续性,易引发质量缺陷。三是材料因素,钢筋规格不符、焊接质量不合格,会降低钢筋笼强度和整体性;混凝土坍落度、和易性不达标,会导致桩体密实度不足,出现蜂窝、麻面甚至断桩;泥浆原料质量差,会影响护壁效果,导致孔壁坍塌。四是施工工艺因素,钻孔速度过快、护筒埋设不规范、清孔不彻底、导管埋深控制不当等,都会直接影响桩孔质量

和桩体强度。

4.2 质量控制措施

针对钻孔灌注桩基坑支护施工中的各类质量影响因素,需制定针对性的质量控制措施,贯穿施工全过程,确保施工质量可控。施工前详细勘察地质条件,针对复杂地质制定专项施工方案,如流沙层采用加大泥浆比重、放缓进尺等措施;做好地下水控制,采用降水或止水帷幕降低地下水位,避免水压过大引发坍孔。进场设备需全面检修调试,配备备用设备,定期维护保养;材料进场严格检测,钢筋、混凝土、泥浆原料等合格后方可使用,严禁不合格材料进场^[4]。钻孔阶段规范护筒埋设,控制钻进速度和泥浆指标,定期检测孔径、垂直度;清孔阶段严格执行二次清孔,确保沉渣厚度达标;钢筋笼制作安装前检查钢筋规格和焊接质量,安装时校正位置并固定牢固;混凝土灌注阶段控制导管埋深,确保灌注连续,检测混凝土坍落度。加强施工人员技术培训和交底,规范操作流程;建立完善的质量检测体系,各工序完工后及时检测,如桩位偏差、沉渣厚度、桩体强度等,检测不合格立即整改。建立质量责任制,明确各岗位职责,加强现场巡查,及时发现和整改质量隐患,确保支护体系稳定可靠,保障基坑施工安全。

结束语

钻孔灌注桩在基坑支护施工中优势显著,合理选择结构形式、科学设计参数、规范施工工艺及严格质量控制,是保障支护体系稳定安全的关键。施工各环节紧密相连,需全程精细管控。未来,随着建筑行业发展,钻孔灌注桩技术将不断完善,为基坑支护工程提供更可靠支撑,推动建筑工程质量迈向新高度。

参考文献

- [1]张航.旋挖钻孔灌注桩技术在深基坑支护中的应用[J].中国建筑金属结构, 2025,24(19):78-80.
- [2]权凡,张庆.混凝土钻孔灌注桩支护体系在深基坑工程中的应用[J].砖瓦, 2024(10): 144-146,150.
- [3]张道通.深基坑支护工程中钻孔灌注桩技术应用[J].江苏建筑, 2022(z2): 57-59,64.
- [4]张建.钻孔灌注桩在深基坑支护结构中的应用[J].中国新技术新产品, 2022(1): 114-116.