

建筑工程土建施工中桩基础技术的应用探究

赵增强

中国能源建设集团湖南火电建设有限公司 湖南长沙 410000

摘要：桩基础技术作为建筑工程土建施工中的关键支撑技术，直接影响建筑物的稳定性与安全性。本文系统分析了桩基础技术的定义、分类、适用条件及设计原则，结合预制桩、灌注桩、静压桩与旋挖桩等核心施工技术的工程应用，探讨了新技术（如智能监测）、新材料（如高性能混凝土）及新工艺（如数字化施工）的创新发展方向。研究表明，桩基础技术的科学应用与创新优化对提升建筑工程质量、缩短工期及降低成本具有重要意义。

关键词：桩基础技术；预制桩；灌注桩；施工技术；创新应用

一、桩基础技术概述

（一）桩基础的定义与分类

桩基础是建筑工程中用于传递上部结构荷载至深层稳定土层或岩层的重要基础形式，其核心由桩体与承台构成，通过桩侧摩阻力或桩端阻力实现荷载的有效分散。从成桩方法角度划分，桩基础可分为预制桩与灌注桩两大类：预制桩通过工厂化生产形成标准构件（如混凝土方桩、管桩），采用锤击、静压或振动等方式沉入土中，具有施工速度快、质量可控的优势，适用于地质条件相对均匀且对工期要求较高的工程；灌注桩则通过现场钻孔（如旋挖、冲击成孔）或沉管后浇筑混凝土形成桩体，其适应性更强，可灵活调整桩径与长度，尤其适用于复杂地质条件（如岩溶、卵石层）或需嵌入基岩的工况。根据受力特性差异，桩基础进一步细分为端承桩与摩擦桩：端承桩以桩端土层承载力为主，适用于坚硬持力层；摩擦桩则依赖桩侧与土体的摩擦力传递荷载，多用于软弱土层或中密砂层。

（二）桩基础技术的适用条件

桩基础技术的适用条件紧密关联工程地质特征、结构需求及环境约束，其核心在于通过桩体将荷载传递至稳定地层，从而解决地基承载力不足或变形控制难题。在软弱土层（如淤泥、淤泥质土）或高压缩性填土区域，桩基础可有效穿透不良地层，将荷载传递至深层硬土或岩层，避免过量沉降；对于高层建筑、大跨度桥梁等对差异沉降敏感的结构，桩基础通过调整桩长、桩径及布桩方式，实现沉降的均匀控制，保障结构安全。在地震多发区，桩基础凭借其较大的侧向刚度与延性，可增强结构的抗震性能，减少地震作用下的倾覆风险。此外，

地下水位较高或存在流砂、溶洞等特殊地质条件时，桩基础通过固结土体或跨越不良地层，确保施工可行性与长期稳定性。城市密集区采用桩基础可减少了对周边既有建筑的影响，而沿海或腐蚀性环境中，通过选用耐腐蚀材料（如钢管桩、PHC管桩）或增加防护层，可延长桩基础使用寿命。

（三）桩基础设计原则与规范

桩基础设计需遵循多项原则与规范，以确保工程的安全性及经济性。设计时应充分考虑地基条件，确保桩的承载力不超过其特征值，同时控制桩基础的沉降在建筑物允许范围内。对于坡地、岸边的桩基，需进行稳定性验算，以防滑坡或冲刷。此外，设计还需遵循《建筑桩基技术规范》等相关标准，根据建筑规模、功能及地质条件确定设计等级，进行竖向与水平承载力计算，以及软弱下卧层验算等。通过科学合理的设计，桩基础能有效分散荷载，保障建筑物稳定，同时兼顾施工可行性与经济性。

二、桩基础施工关键技术 in 建筑工程中的应用

（一）预制桩施工技术

预制桩施工技术是建筑工程中常用的基础处理方法，其核心在于通过工厂化生产标准桩体，再运至现场采用锤击、静压或振动等方式沉入指定位置。在施工过程中，需严格控制各项参数以确保施工质量。例如，混凝土预制桩的强度等级通常不低于C30，主筋数量与直径需根据桩的断面大小及吊装需求配置，一般配备4至8根，直径在12至25毫米之间。箍筋直径为6至8毫米，间距不超过200毫米，并在桩顶和桩尖处加强配筋。桩的节长度需满足桩架的有效高度、制作场地条件及运输装卸

能力，一般不超过27米，必要时可适当延长至30米，超过时需分段预制并在打桩时接长。接桩时，焊缝应连续且饱满，不得存在夹渣、气孔等缺陷，焊接后需自然冷却一段时间以确保强度。沉桩过程中，需根据地质条件选择合适的桩锤与打桩方法，遵循“重锤低击”原则，以减少桩头破损风险并提高能量传递效率。同时，需严格控制打桩速度，避免桩周土体因来不及固结而产生较大孔隙水压力。通过精确控制施工参数与工艺流程，预制桩施工技术能够有效保障桩基础的承载力与稳定性，为建筑物的安全使用提供坚实基础。

（二）灌注桩施工技术

灌注桩施工技术是桩基础工程中应用广泛的一种方法，其通过现场成孔并浇筑混凝土形成桩体，适应性强且施工灵活。施工过程中，需根据地质条件、桩径及桩长等参数选择合适的成孔工艺，如钻孔灌注桩、沉管灌注桩等。以钻孔灌注桩为例，成孔时通常采用旋挖钻机或冲击钻机，旋挖钻机适用于黏性土、粉土等土层，成孔速度快且孔壁稳定性好；冲击钻机则适用于碎石土、岩层等坚硬地层，通过冲击破碎土体或岩石形成桩孔。桩孔直径一般根据设计承载力确定，常用范围为600至2000毫米，桩长则依据地质勘察报告及建筑物荷载要求，短则数米，长可达数十米。清孔是灌注桩施工的关键环节，需确保孔底沉渣厚度不超过50毫米，以保证桩端承载力。钢筋笼的制作与安装需严格遵循设计要求，主筋间距偏差不超过 ± 10 毫米，箍筋间距偏差不超过 ± 20 毫米，且钢筋笼下放过程中需避免碰撞孔壁导致塌孔。混凝土浇筑时，导管埋入混凝土深度应控制在2至6米之间，超灌高度不小于1米，以确保桩顶混凝土强度。对于水下混凝土灌注，需严格控制混凝土配合比，坍落度宜为180至220毫米，以保证混凝土的流动性和和易性。

（三）静压桩与旋挖桩技术

静压桩与旋挖桩技术是桩基础施工中两种高效且适应性强的成桩方法，各自凭借独特的工艺特点与参数控制保障工程质量。静压桩技术通过压桩机的自重及配重，将预制桩逐节压入土中，适用于软土、黏土等地质条件。施工过程中，压桩力需根据桩型、桩长及地质报告动态调整，一般控制在桩身极限承载力的80%至90%，避免超载导致桩身破损。压桩速度建议不超过2米/分钟，以确保桩周土体充分固结，减少孔隙水压力积聚。对于端承桩，终压标准以桩端进入持力层深度或压桩力骤增为主；摩擦桩则以设计标高控制为主，同时校核压桩力是

否满足设计要求。静压桩施工无振动、低噪声，对城市密集区尤为适用，但需注意接桩质量，焊接接头需冷却8分钟以上方可继续压桩。旋挖桩技术则通过旋挖钻机配备的伸缩钻杆及旋挖斗，快速切削土体成孔，尤其适用于硬塑黏土、砂卵石层及中风化岩层。成孔直径范围通常为800至2500毫米，深度可达50至80米，钻进效率较传统钻机提高数倍。钻进过程中需根据地层变化调整钻压与转速，例如黏性土中钻压宜控制在10至25千牛，转速15至30转/分钟；岩层中则需增大钻压至50至80千牛，转速降至5至10转/分钟。清孔后孔底沉渣厚度需严格控制在50毫米以内，钢筋笼下放后需二次清孔。混凝土灌注时导管首次埋深应不小于1.5米，后续埋深保持2至6米，超灌高度不小于0.8米。旋挖桩技术成孔质量高、施工速度快，但需防范塌孔风险，尤其在地下水丰富的砂层中需采用泥浆护壁或套管跟进工艺。

三、桩基础技术的发展与创新

（一）新技术的应用

新技术在桩基础施工中的运用给桩基础施工造成显著改变，以智能化和自动化的方式促进施工精度和施工效率的提高。智能监测技术已经成为控制桩基础施工质量的关键手段，在物联网传感器的辅助下，对桩身应力、沉降、倾斜等数据进行实时获取，施工团队可以对施工参数进行动态调整，从而避免了常规事后探测的滞后。以超长灌注桩为例，可以将分布式光纤传感器植入混凝土内，对浇筑时温度变化和应力分布进行全程监控，防止水化热引起裂缝风险。引入BIM技术则使桩基础设计三维可视化和协同优化成为可能，工程师可以通过对不同地质条件下桩-土共同作用进行仿真，提前发现潜在冲突，优化桩位布置以降低施工阶段返工率。另外，自动化施工设备的使用显著减少了手工操作的误差。例如，智能旋挖钻机配备的自动调平系统和深度控制模块可以确保成孔的垂直度偏差小于0.5%，孔径误差控制在 ± 20 毫米以内。在数字化施工的领域中，基于大数据的桩机操作系统能够通过分析过去的施工数据，自动生成最佳的钻进参数组合，例如在砂卵石地层中自动匹配钻压、转速和泥浆比重，从而使成孔效率提高30%以上。结合无人机的倾斜摄影和激光扫描技术，可以迅速地创建施工场地的高精度数字地形模型，从而为桩基础的设计提供毫米级的地形数据。同时人工智能算法对桩基承载力的预测也显示出了潜能，通过地质参数，桩型尺寸和施工工艺等数据的输入，该模型能够快速输出承载力的

预测值并将误差率限制在允许范围内。绿色施工技术也是创新的重点，如使用低噪音静压桩机搭配环保型泥浆材料以减少土壤和地下水污染，同时减轻施工扰民。这些新技术融合应用在提高桩基础施工质量和安全性的同时，也促进建筑行业朝着智能化和可持续化发展。

（二）新材料的应用

新材料的应用为桩基础工程带来了性能提升与功能拓展，显著增强了桩体的耐久性、承载能力及环境适应性。高性能混凝土通过掺加纤维材料（如碳纤维、聚丙烯纤维）与高效减水剂，显著提升了桩身的抗裂性与抗渗性，尤其适用于海洋环境或化学腐蚀地层，其氯离子渗透性较普通混凝土降低60%以上。纤维增强复合材料（FRP）桩，如玻璃纤维或碳纤维增强塑料桩，凭借轻质高强、耐腐蚀的特性，在沿海软土区及盐碱地工程中逐步替代传统钢桩，重量仅为同规格钢桩的四分之一，使用寿命却延长至50年以上。此外，微生物诱导碳酸钙沉积（MICP）技术通过向土体注入特定菌群，促使碳酸钙结晶填充桩周孔隙，形成生物加固层，有效提升桩侧摩阻力，在砂土或粉土地层中可提高承载力达20%。纳米材料改性混凝土则通过添加纳米二氧化硅或纳米黏土，改善了混凝土的微观结构，使其抗压强度提高15%至30%，同时降低收缩徐变效应。这些新材料的应用不仅突破了传统桩基础材料的性能瓶颈，还为复杂地质条件下的工程难题提供了创新解决方案。

（三）新工艺的探索

新工艺的探索为桩基础施工开辟了更高效、环保的技术路径，推动了行业技术迭代。预制桩拼装技术通过工厂化生产标准化桩段，现场采用机械连接或胶接方式快速组装，大幅缩短施工周期，尤其适用于城市地铁等工期紧张项目，单桩拼装时间较传统方式减少40%以上。旋挖扩底桩工艺利用可伸缩扩孔器在桩端形成扩大头，显著提升端承力，在硬塑黏土层中承载力增幅可达30%，同时减少桩长与混凝土用量。此外，数字化预制桩技术结合3D打印与智能养护系统，实现桩身钢筋笼与混凝土的精准成型，强度均匀性误差控制在3%以内。在环保领域，泥浆固化再利用工艺通过添加固化剂将废弃泥浆转

化为填筑材料，减少固废排放达90%，并降低新材料采购成本。微型桩群桩技术则通过小直径桩密集布置，形成复合地基，适用于狭窄场地或既有建筑加固，施工振动小且对周边环境影响低。这些新工艺通过技术创新与流程优化，不仅提升了桩基础施工效率与质量，还契合了绿色建筑理念，为行业可持续发展注入新动能。

结论

桩基础技术的发展与创新显著提升了建筑工程的安全性、经济性与可持续性。通过优化设计原则与规范应用，结合预制桩、灌注桩、静压桩及旋挖桩等多样化施工技术，工程人员能够灵活应对复杂地质条件与荷载需求，确保桩基础承载力与变形控制满足设计要求。新技术的应用，如智能监测、BIM协同与自动化施工设备，进一步提高了施工精度与效率，降低了人为误差与环境干扰。新材料如高性能混凝土、纤维增强复合材料及纳米改性材料的引入，则增强了桩体的耐久性与适应性，延长了结构使用寿命。新工艺的探索，如预制桩拼装、旋挖扩底与泥浆固化技术，在缩短工期、节约资源的同时减少了施工对周边环境的影响。未来随着数字化、智能化与绿色化技术的深度融合，桩基础工程将朝着更高效、更环保的方向持续演进，为建筑行业高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 霍红伟, 顾跃跃. 建筑工程土建施工中桩基础技术的应用探究[J]. 中国设备工程, 2023(19): 269-271.
- [2] 李瑞. 建筑工程土建施工中桩基础技术的应用探究[C]// 建筑科技发展论坛. 中国智慧工程研究会, 2024.
- [3] 林晓. 建筑工程土建施工中桩基础技术应用探究[J]. 现代工程科技, 2023, 2(21): 91-94.
- [4] 唐日峰. 建筑工程土建施工中桩基础技术的应用探究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(4): 4.
- [5] 楼佳珍. 建筑工程土建施工中桩基础施工技术的应用[J]. 中国住宅设施, 2024(2): 178-180.