

房屋建筑工程中预制管桩施工技术研究

张伟

中国建筑集团有限公司 北京 100037

摘要：随着城镇化进程的持续推进，房屋建筑工程正向高层化、规模化、绿色化方向加速演进，基础工程作为建筑结构安全的核心保障，其施工技术水平直接决定建筑整体稳定性与使用寿命。预制管桩凭借工业化生产的标准化优势、施工周期短的效率优势、承载性能优的结构优势，已成为房屋建筑工程中的主流技术选择，在住宅、商业综合体、工业厂房等各类建筑项目中得到广泛应用。预制管桩通过工厂预制形成环形截面构件，经吊运、沉桩、接桩等工序与地基形成可靠受力体系，利用桩身混凝土的抗压强度与桩周土的摩阻力、桩端土的支撑力共同承担建筑荷载，其技术原理围绕“构件标准化生产—精准化沉桩—一体化受力”的核心逻辑展开。本文立足工程实践与教学需求，从技术原理、施工要点、问题解决、教学应用四个层面展开系统研究，力求为房屋建筑工程中预制管桩施工技术的创新发展与高效传承提供新思路。

关键词：房屋建筑工程；预制管桩；施工技术要点

Research on Prefabricated Pipe Pile Construction Technology in Housing and Civil Engineering

Wei Zhang

China State Construction Engineering Corporation Limited, Beijing, 100037

Abstract: With the continuous advancement of urbanization, housing construction projects are rapidly evolving toward higher floors, larger scales, and greener practices. As the core guarantee for building structural safety, the construction technology of foundation engineering directly determines the overall stability and service life of buildings. Prefabricated pipe piles, leveraging the advantages of standardized industrial production, efficient short construction cycles, and superior load-bearing structural performance, have become the mainstream technical choice in housing foundation engineering. They are widely applied in various construction projects such as residential buildings, commercial complexes, and industrial plants. Prefabricated pipe piles are formed into ring-section components through factory prefabrication, then reliably connected to the foundation through processes like hoisting, pile sinking, and jointing. The pile body concrete's compressive strength, along with the frictional resistance of surrounding soil and the supporting force of end-bearing soil, collectively bear the building load. Their technical principles revolve around the core logic of "standardized component production—precise pile sinking—integrated load-bearing." Based on engineering practice and teaching needs, this study systematically explores four aspects: technical principles, construction essentials, problem-solving, and teaching applications, aiming to provide new insights for the innovative development and efficient transmission of prefabricated pipe pile construction technology in housing projects.

Keywords: Housing construction engineering; Prefabricated pipe piles; Key points of construction technology

引言

在城市建设提质增效的时代背景下，房屋建筑工程对基础结构的承载能力、稳定性、耐久性提出了更为严苛的要求。基础工程作为建筑与地基之间的关键连接纽带，其技术选型与施工质量直接关系到建筑主体的安全运营，甚至影响建筑的使用寿命与使用功能。预制管桩作为一种工业化生产的桩基构件，以其成型质量稳定、施工效率高、材料损耗低、承载性能可靠等突出特点，逐步取代传统现场浇筑桩基，成为高层住宅、商业建筑、工业厂房等各类房屋建筑工程的优选方案。基于此，深入剖析预制

管桩施工的技术原理与核心特性，细化梳理施工全流程技术要点，精准破解常见施工难题，对于推动预制管桩施工技术的规范化应用、提升房屋建筑工程质量、培养高素质技术人才具有重要的理论价值与实践意义。

1 预制管桩施工技术的核心机理

预制管桩是通过工厂标准化生产，采用高强度混凝土、预应力钢筋等材料制成的环形截面桩基构件，其施工技术的核心机理围绕“构件受力适配—地基荷载传递—结构稳定协同”展开。从力学原理来看，预制管桩沉入地基后，通过桩身与桩周土体之间

的侧摩阻力、桩端与持力层之间的端承力共同承担建筑竖向荷载，同时凭借桩身的抗弯、抗剪性能抵御水平荷载与地震作用，形成“桩—土协同受力”的稳定体系^[1]。在沉桩过程中，无论是静压法产生的挤压力，还是锤击法释放的冲击能，其核心作用都是克服土体对桩身的阻力，使管桩精准嵌入设计持力层，且需控制沉桩过程中的力学参数，避免因受力过大导致桩身损伤或受力不足影响沉桩效果。从材料与结构特性来看，预制管桩的环形截面设计兼具高强度与轻量化优势，既能通过混凝土的抗压性能承受竖向压力，又能借助环形结构的力学特性分散应力，减少桩身开裂风险；预应力钢筋的植入则进一步提升了桩身的抗裂性能与刚度，使管桩在吊运、沉桩及使用过程中能够抵御更大的外力作用。

2 房屋建筑工程中预制管桩施工的关键技术把控

2.1 施工前期准备的精细化管控

施工前期准备是预制管桩施工质量的基础保障，核心围绕“勘察精准化、方案科学化、材料优质化、现场规范化”推进。地质勘察需突破表层勘察局限，采用分层钻探、原位测试与室内土工试验结合的方式，全面探明地层分布、岩土力学性质、地下水位及流向，重点查清硬层埋深、软弱夹层、地下障碍物等关键因素，为设计与施工方案提供精准依据。施工方案需遵循“因地制宜”原则，结合勘察结果、建筑荷载与现场条件，科学选择沉桩方法（静压法/锤击法）、设备型号、管桩参数及接桩方式，同步制定挤土效应、桩身损伤等风险的防控预案。材料管控贯穿生产、运输、进场全流程，管桩出厂需附带质量检验报告，进场后逐根检查外观缺陷与尺寸偏差，不合格构件坚决退场。现场需平整压实场地保障设备运行稳定，合理规划管桩堆放与吊运路径减少损伤，同时调试施工设备，确保压力传感器、能量监测装置等仪器精准有效。

2.2 施工过程的核心技术实施

2.2.1 管桩吊运与堆放的力学平衡控制

管桩吊运与堆放的核心是通过力学平衡控制避免桩身损伤，保障构件完整性。吊运时需根据管桩长度与重量选择适配方式：短桩采用两点吊法，长桩选用三点吊或四点吊法，吊点间距经力学计算确定，确保桩身弯矩不超过允许值。吊运设备需匹配额定荷载，吊具用柔性材料包裹避免硬性接触，起吊与下放过程平稳缓慢，严禁急停急转以防惯性力产生裂缝。堆放需遵循“分层堆放、受力均匀”原则，场地铺设碎石垫层或钢板增强承载力，堆放层数一般不超3层，上下层对齐并在两侧设木楔固定防止滚动碰撞。不同规格、批次的管桩需分区堆放并标识，避免混用；堆放时间不宜过长，长期堆放需采取覆盖防护措施，防止混凝土风化与钢筋锈蚀^[2]。

2.2.2 管桩沉桩施工的精准参数调控

沉桩施工是核心环节，关键通过精准参数调控确保管桩垂直

沉入设计持力层，减少周边环境扰动。沉桩方法需适配地质条件：静压法适用于黏性土、粉土等软土地层，控制压桩力（依勘察数据与承载力计算确定）与沉桩速度（1—2m/min），避免压力过大致桩身断裂，减少挤土效应；锤击法适用于砂土、碎石土等密实地层，控制锤击能量（逐步递增）与频率，通过贯入度判断沉桩效果，达标且桩端进入持力层深度符合规范后方可停止。垂直度控制需安装双向监测仪，配合经纬仪实时观测，确保偏差不超过0.5%；沉桩初期缓慢下沉并及时调整机位，偏差超标时通过调整支腿高度等方式纠偏，严禁破坏性纠偏。

2.2.3 管桩接桩技术的一体化衔接

接桩技术核心是实现上下节管桩一体化衔接，保障接头强度、刚度与密封性。常用焊接接桩与机械接桩两种方式：焊接接桩需先对齐上下节管桩，桩心偏差不超过2mm，清理接头坡口铁锈油污后对称施焊，焊接层数不少于2层，控制电流与速度避免混凝土开裂，焊缝冷却至常温后再沉桩；机械接桩需确保接头端板平整清洁，锁扣或螺栓精准对接后用专用工具紧固，必要时涂抹密封胶防地下水渗入。无论何种方式，接桩位置均需避开受力集中区域，距离桩端控制在桩长1/3—2/3范围内。

2.3 施工后期质量检测与验收的严格把控

施工后期质量检测与验收是工程合格的最后防线，核心通过科学检测验证桩基承载性能与完整性。检测遵循“全面覆盖、重点抽检”原则，含桩身完整性与桩端承载力检测：完整性采用低应变反射波法，复杂项目补充高应变法，判断桩身裂缝、断裂等缺陷；承载力采用静载试验法，试桩数量不少于总桩数1%且不低于3根，采用慢速维持荷载法加载观测，确保数据准确。验收需依据设计文件、规范与检测报告，核查桩位偏差（群桩≤100mm、单排桩≤50mm）、垂直度、桩长、桩径等指标，同时核验管桩合格证、勘察报告、施工记录等完整资料，确保质量可追溯，验收合格后方可进入后续基础垫层施工^[3]。

3 预制管桩施工技术的常见问题与创新解决路径

3.1 常见施工问题的成因剖析

3.1.1 桩身倾斜与断裂的多因素诱发

桩身倾斜与断裂是预制管桩施工中最常见的质量问题，其成因复杂多样，主要涉及地质、设备、操作、材料四个方面。地质条件不均匀是重要诱因，若施工区域地层软硬交替、存在软弱夹层或地下障碍物，管桩沉桩过程中易因受力不均导致桩身倾斜；若障碍物未能提前探明，管桩撞击障碍物后可能直接引发桩身断裂。施工设备精度不足也会导致问题发生，桩机支腿不平整、垂直度监测仪器失准，会使沉桩过程中桩身初始角度偏差逐渐放大，最终导致倾斜；而静压桩机压力过大、锤击桩机锤击能量失控，则可能超过桩身承载极限，引发桩身断裂。操作不当是导致桩身倾斜与断裂的直接原因，沉桩顺序不合理、桩机移动时碰撞已沉

管桩、接桩时上下节桩对齐偏差过大等，都会破坏桩身受力平衡；吊运过程中吊点选择不当、堆放时层数过多或支撑不稳，也可能导致管桩在使用前就已产生隐裂，沉桩过程中受外力作用后进一步扩展为断裂。

3.1.2 沉桩困难与超沉的症结所在

沉桩困难与超沉问题的出现，核心症结在于地质勘察偏差与施工方案不当。沉桩困难主要表现为管桩难以沉入设计深度，其原因主要包括：地质勘察数据不准确，误判了持力层埋深或地层密实度，导致选择的沉桩方法与设备功率不足；施工区域存在未探明的坚硬夹层或地下孤石，阻挡管桩下沉；软土地基中沉桩速度过快，土体挤压密实，形成“假极限”，导致管桩难以继续下沉。超沉则是指管桩沉桩深度超过设计要求，主要发生在软土地基或不均匀地层中。软土地基的承载力较低，管桩沉入后可能因土体压缩变形导致桩端继续下沉；若设计时对土体沉降量预估不足，或沉桩过程中锤击能量过大、静压压力过高，可能导致管桩穿透持力层，进入下部软弱地层，引发超沉问题^[4]。

3.2 创新解决策略与实践应用

3.2.1 施工技术的优化改进与创新

针对桩身倾斜与断裂问题，创新采用“三维动态校正技术”，在沉桩过程中通过高精度传感器实时采集桩身倾斜数据，结合智能控制系统自动调整桩机支腿高度与沉桩角度，实现倾斜偏差的动态校正；同时，优化管桩生产工艺，采用高强度纤维混凝土替代传统混凝土，提升桩身抗裂性能与韧性，在桩身关键部位增设加固箍，增强桩身抗冲击能力。对于沉桩困难问题，开发“地质预处理+精准沉桩”组合技术，针对坚硬地层或地下障碍物，采用钻孔引孔法提前破除障碍或松动土体，降低沉桩阻力；引入液压静压桩机的智能压力调节系统，根据沉桩过程中的贯入度变化自动调整压桩力，避免盲目加大压力导致桩身损伤。针对桩端承载力不足问题，创新应用“桩端注浆加固技术”，在管桩沉入设计深度后，通过预设的注浆管向桩端持力层注入水泥浆，形成扩大头状的加固体，增大桩端受力面积，提升端承力；优化接桩技术，采用新型高强度机械接头，提高接头连接强度与密封性，确保受力传递顺畅；同时，改进沉渣清理工艺，采用高压射水结合吸泥机的方式，彻底清除桩端沉渣，保证桩端与持力层紧密接触。

3.2.2 质量管理与控制的全流程优化

构建“全流程数字化质量管理体系”，实现预制管桩施工质量的精准管控。在材料管理环节，建立管桩质量追溯系统，将管桩生产、运输、进场、检测等信息录入数字化平台，实现质量信息可追溯；进场检测采用“双检制度”，除常规外观与尺寸检测外，增加超声波检测，精准识别桩身内部缺陷。在施工过程管控环节，引入BIM技术构建桩基施工模型，模拟沉桩顺序、桩位布置等关键环节，提前规避施工冲突；采用物联网技术实时监测施

工设备运行参数、桩身垂直度、沉桩速度等数据，一旦出现参数异常，系统自动发出预警，确保施工过程符合规范要求。在人员管理方面，建立“技能培训+实操考核”常态化机制，通过案例教学、现场观摩、模拟操作等方式提升施工人员专业技能；针对关键工序设立“质量责任人制度”，明确各环节质量管控职责，确保责任到人^[5]。

3.2.3 复杂地质条件的适配技术方案

针对不同复杂地质条件，制定差异化的技术适配方案。在软土地基中，采用“排水固结+隔振沉桩”技术，通过设置塑料排水板加速土体排水固结，降低挤土效应；选用静压法沉桩，并在桩机周边设置隔振沟，减少沉桩振动对周边环境的影响；同时，优化桩间距与沉桩顺序，避免土体过度挤压导致桩位偏移。在岩溶地质区域，采用“桩端溶洞探测+填充加固”技术，通过地质雷达提前探测桩端下方溶洞分布情况，对小型溶洞采用水泥浆填充，对大型溶洞采用碎石+水泥浆复合填充，确保桩端有稳定的支撑基础；选择高强度管桩，并增加桩端厚度，提升管桩对复杂地质的适应性。在回填土地基中，采用“分层压实+桩基加密”技术，先对回填土进行分层压实处理，提升地基承载力，再通过加密桩间距、缩短桩长的方式，增强桩基与土体的协同受力性能；沉桩过程中采用“慢沉慢压”工艺，确保管桩与周边土体充分接触，提升侧摩阻力。

结语

预制管桩施工技术作为房屋建筑工程的核心技术之一，其规范化应用与创新发展对提升建筑工程质量、缩短施工周期、降低工程成本具有重要意义。未来，随着建筑工业化、智能化水平的不断提升，预制管桩施工技术将向更高效、更环保、更智能的方向发展，其在复杂地质条件下的适配性将进一步增强，技术体系将更加完善。本文的研究成果可为房屋建筑工程中预制管桩施工技术的实践应用与教学改革提供参考，助力建筑行业高质量发展。

参考文献

- [1] 谭文龙.房屋建筑钢筋混凝土预制桩施工技术分析[J].居业,2022,(12):178-180.
- [2] 黄国飞.混凝土预制管桩静压沉桩施工技术分析[J].江西建材,2022,(09):300-301+304.
- [3] 赵阳.试析房屋建筑工程中梁柱节点混凝土预制施工技术与应用[J].价值工程,2022,41(23):105-107.
- [4] 张栋栋.房屋建筑钢筋混凝土预制桩施工技术研究[J].居业,2022,(01):47-49.
- [5] 唐林东,陈锐,蒋辉,等.房屋建筑工程的预制桩基施工技术[J].建筑结构,2020,50(S2):906-909.