

房建工程桩基础施工技术优化与安全风险管理 管理体系构建研究

刘明瓚

广东 珠海 519000

DOI:10.61369/ADA.2026010071

摘 要： 房屋建筑工程桩基础施工中，钻孔灌注桩和预制桩是主要技术，这两种技术都有各自适用的场景，也都存在优点与不足。目前传统工艺存在效率不高、质量不稳定、安全风险较大等状况。通过引入智能装置、BIM、模块化预制桩等优化措施，结合安全风险管理体系（包括风险识别、评估模型、应急响应），实现技术优化和安全管理深度交融，提高施工效率与安全特性。

关 键 词： 房建工程桩基础施工；技术优化；安全风险管理体系

Research on Optimization of Pile Foundation Construction Technology for Housing Construction Projects and Construction of Safety Risk Management System

Liu Mingzan

Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract： In the construction of foundation for housing engineering projects, bored cast-in-place piles and precast piles are the main technologies. Both of these technologies have their own applicable scenarios and possess advantages and disadvantages. Currently, the traditional methods have issues such as low efficiency, unstable quality, and high safety risks. By introducing intelligent devices, BIM, modular precast piles, and other optimization measures, combined with a safety risk management system (including risk identification, assessment models, and emergency response), the integration of technical optimization and safety management is achieved, thereby enhancing construction efficiency and safety characteristics.

Keywords： pile foundation construction in building engineering; technical optimization; safety risk management

引言

房建项目桩基础是承担上部结构荷载的主要部分，其施工工艺与安全管控直接影响工程品质与施工安全。目前传统桩基础施工存在效率不高、质量不稳定、安全风险明显等状况，像灌注桩塌孔概率高、预制桩挤土效应造成周边隐患，还有机械操作不合规导致安全事故频繁发生，限制行业的高质量进步。2021年颁布的《十四五建筑业发展规划》清晰提出推动智能建造和建筑工业化协同进步、加强施工安全风险管控的要求，为桩基础施工技术改进与安全管理体系搭建提供政策引导。在这样的背景下，探寻桩基础施工技术的优化途径，搭建技术和安全深度融合的管控体系，对于提高施工效率、确保工程安全、促进建筑业转型升级有重点要的意义。本研究专注钻孔灌注桩和预制桩技术特点，分析现存的问题，给出技术优化的策略，并且整合安全风险管理体系，目的是为房建工程桩基础施工提供科学的支撑。

一、房建工程桩基础施工技术现状分析

（一）桩基础主流技术概况

房建项目桩基础建造以钻孔灌注桩与预制桩为主要。钻孔灌注桩通过机械进行钻孔，清孔之后灌注混凝土并插入钢筋笼，依靠桩身摩擦力与桩端承载力来传递荷载，适用于软土地层以及复

杂地质状况，其适应性较强，不过施工周期较长，且容易出现塌孔或者缩颈的情况^[1]。预制桩在工厂完成预制后，通过锤击或者静压的方式沉入地基，其承载依靠挤土效果和桩端阻力，适合均匀地质条件，施工效率较高，不过挤土效应或许会对周边产生影响。两种技术应根据地质状况、荷载情况以及环境条件综合进行选用。

（二）施工技术面临的问题与风险

房屋建筑工程桩基础施工存在明显问题与风险。部分工程仍然依靠人工挖孔桩这类传统工艺，效率不高成桩周期延长超过30%，桩身垂直度偏差超出规范1.5倍的占比达到12%^[2]。灌注桩泥浆护壁成效不稳定，软土地层的塌孔比例高达8%，容易引发安全方面的事故。大型桩机的拆装缺少标准化的操作流程，机械倾覆类事故在安全事故总数里占比达25%，并且安全意识较为淡薄，使得风险有所加剧。另外工程施工监测技术运用不够，主要参数的实时监测缺失，后期处理费用增加约40%。这些难题对工程的进度、质量和安全构成威胁，迫切需要开展技术优化与风险管理工作。

二、桩基础施工技术优化策略探究

（一）优化方向与目标设定

优化的方向以及目标设定要紧密贴合房建工程桩基础施工的主要需求，从技术效率、资源运用和质量管控等方面着手。提高机械化程度是重要方向，通过引入智能旋挖钻机、自动化钢筋笼加工装置等，取代传统手工操作，降低人为偏差，提高施工精准度与效能^[3]。降低资源消耗要关注材料和能源两个方面，优化混凝土的配合比例来减少水泥使用量，选用低能耗的施工装备并科学规划施工进度，降低电力和燃油的消耗。质量稳定性的提高可通过标准化的施工工艺、实时监测手段等，降低桩身存在的缺陷、垂直度偏差这类问题。具体优化目标确定为：机械化作业比例提高到85%以上，混凝土损耗占比控制在3%以内，桩身完整性检测合格比率达到98%，施工工期相较于传统工艺缩减15%，为后续安全风险管理体系搭建提供技术支持。

（二）优化方法与实践应用

在桩基础施工的优化进程里，新型技术属于主要路径。智能化钻孔装置通过传感器和自动控制体系实时监控钻进参数，自动调节策略，某高层工程项目运用后成孔垂直度误差把控在0.3%以内，效率提高25%^[4]。BIM技术通过三维方式整合地质和施工数据，实现桩位的可视化模拟效果，某商业综合体依靠此技术使现场返工量降低30%。模块化预制桩工艺运用工厂标准化制造、现场迅速拼接，某保障房工程施工时长减少40%。这些实践显示，技术改革可确实解决效率不高、质量波动较大等难题，为桩基础施工提供可推广的途径。

三、安全风险管理体系的框架设计

（一）安全风险的识别与评估

1. 桩基础施工安全风险因素分析

房建项目桩基础施工的安全风险因素可从施工环境、作业操作、技术方法等方面进行识别。地质状况不稳定（像软土、岩溶、地下水位异常情况）容易引发塌孔、桩身倾斜现象，这和土体力学特性以及渗流作用存在关联。高处作业的隐患大多源自钢筋笼起吊、桩顶操作等流程，作业人员防护未到位或者平台不稳固容易导致坠落。另外机械操作有误（例如桩机垂直度出现偏差）以及材料质量存在缺陷（例如钢筋笼焊接不牢固）会引发桩体断裂等风险^[5]。对上述机制开展系统分析，能够为风险评估与

管控提供根据。

2. 风险评估模型构建

对于房建项目桩基础施工的复杂情形，要搭建定量风险评估模型，从而实现科学的安全风险等级界定。可运用专家评议法并结合风险矩阵法，把施工风险根据发生概率和后果严重程度开展二维分级，经由多轮专家评分来明确各风险因素的权重以及等级阈值。同时将典型事故（像塌孔、断桩、钢筋笼上浮等）当作分析对象，梳理其直接原因与基本事件，对各风险因素的影响程度进行量化。两种方式能够结合运用，前者用来明确风险因素的优先次序，后者用于分析事故的因果逻辑关系，最终建立多方面的风险评估模式，实现风险等级的精确划分，为后续风险管控措施的制定提供数据支撑^[6]。

（二）风险管理策略的制定

1. 预防性控制措施设计

安全风险管理体系的方案设计以风险辨认、评价、处理为核心逻辑，搭建包括施工全流程的动态管控机制，通过确定风险分级准则与责任主体，形成风险清单、评估矩阵、应对方案的闭环管理流程。预防性控制措施设计重点于操作规范性以及人员能力的提高，经由制定标准化的施工流程，清晰界定钻孔、清孔、混凝土灌注等环节的技术参数和质量控制主要要点，并且建立分级培训体系，针对作业人员开展地质识别、设备操作、应急处理等专项培训，加强风险预判和处置能力。相关研究显示，标准化的操作流程能够使人为失误风险降低超过30%，并且系统性的培训可以明显提高团队应对突发风险时的协同效率^[7]。

2. 应急响应机制构建

安全风险管理体系的方案设计要以风险辨认、评估和控制作为核心，整合技术与管理方面的协同机制，保证房建工程桩基础施工整个周期的风险可管可控性^[8]。应急响应体系搭建要关注迅速响应和资源整合效能，规划分级响应流程，确定从事故报告、现场处理到后期复原的全流程责任主体，并且创建跨部门的资源调度平台，整合施工单位、监理方以及外部救援力量的设备和人员资源，保证事故发生后能够在最短时间内启动预案，减少工程中断造成的损失。比如针对桩基塌孔事故的应急计划要包括即时支护手段与备用材料的快速调配机制，以此保障施工的连续性和人员的安全。

四、技术优化与安全风险管理体系整合构建

（一）整合模型的系统性框架

1. 体系框架的核心原理

在技术优化与安全风险管理体系的整合搭建过程中，整合模型的系统性框架核心准则要根据系统理论，阐明桩基础施工技术优化和安全风险管理的关联关系。安全风险管控通过风险辨认、评定和管控，减少施工进度里的安全隐患。二者并非孤立存在，技术改进或许会改变原本的风险方案，而安全风险管理的需求又反过来推动技术改进，例如针对基坑开挖风险，要优化支护技术参数来提高稳定性。系统理论里的整体性准则引导框架设计，注重技术优化和安全风险管理的相互融合，比如在桩身混凝土强度的优化工作中，要同时评估材料变更给施工荷载风险带来的影响，保证技术改进不会引发新的安全隐患^[9]。

2. 关键要素的配置分析

在技术优化和安全风险管理体系的整合过程里，主要要素的配置要根据桩基础施工的实际情形来开展。数字化监控体系需包含施工参数即时收集、5G低时延传输以及风险预警算法，通过机器学习识别异常数据^[10]。标准化作业模块应包括作业流程准则、差异化操作指南以及和预警信号关联的应急方案。各要素通过统一的数据接口实现互操作，建立数据采集、风险识别、作业调整闭环。在可行性方面，要根据场地状况（像地下水位、土层分布情况）开展适配性调整，例如在软土地层增添桩周土压力监测，同时加强沉桩速率管控，以保证配置符合工程的实际需要。

（二）实施路径与管理策略

1. 技术优化嵌入安全管理的路径

技术优化嵌入安全管理的途径要以施工流程作为载体，把风险管控融入到技术优化的环节当中。针对塌孔、断桩、机械倾覆等风险，通过技术参数动态调节实现预控：旋挖钻成孔时期根据地雷达数据自行优化钻压和转速，防止孔壁不稳固；混凝土灌注阶段结合导管理深传感器把控拔管速度与坍落度，减小断桩风险。依靠物联网搭建技术参数、风险状态关联机制，当参数偏离安全阈值时自动发出预警并推送调整策略，实现技术提高和风险降低同步开展。

2. 组织结构与责任机制调整

在技术优化和安全风险管理体系的整合搭建过程中，组织结构以及责任机制的调整要根据房建工程桩基础施工的技术特点和安全风险防控要求来进行。设计的管理组织体系需突破传统职能部门的界限，建立以项目总工程师为核心的技术与安全协同中心，在横向方面整合施工技术、安全管理、质量监督等相关部门，在纵向方面贯通决策层、执行层和作业层，形成技术、安全双主线的矩阵式结构。要建立跨部门的常态化沟通机制以及联合检查体系，保证技术优化方案的调整能够及时反馈到安全管理方面，安全风险的动态变动也能够反向促进技术参数的迭代升级。通过组织架构的协同规划与责任界限的清晰划分，实现技术优化和安全风险管理的深度融合，为桩基础施工的高效且安全开展提供组织支撑。

（三）体系运行与绩效评价

1. 运行机制的实施设计

运行机制的施行设计要围绕房建工程桩基础施工的技术特点与风险特性，搭建数据监测、反馈循环以及控制措施的闭环体系。数据监控模块需融合施工参数和风险指标，通过物联网传感器实时收集桩位偏差、成孔垂直度、混凝土灌注压力等技术数据，并且同步监测地质条件突变、机械故障预警等安全风险数据，建立包括施工全流程的动态数据库。反馈循环体系要依靠

BIM技术建立可视化系统，把监测数据和预设技术规范、风险临界值开展实时对比，若数据超出临界值，系统会自动启动预警并推送到项目管理界面，保证技术偏差与风险隐患可以及时识别。控制措施的设计要针对不同的风险等级来制定分级响应预案，例如针对桩身垂直度偏差超标的技术难题，开启钻机参数调节与孔壁加固的技术改进措施；针对基坑坍塌风险，执行支护结构补强与降水方案调整的应急管控。

2. 评价指标体系的构建

评估指标体系的搭建应紧密贴合房建工程桩基础施工技术优化和安全风险管理的主要目标，建立多方面、可量化的指标方案。技术优化方面可设置技术改良效率指标，包含新型施工工艺（如旋挖钻成孔技术）的运用覆盖率、成桩质量达标率、施工周期缩减率以及材料损耗下降率，通过对比优化前后的参数变动体现技术改良的实际成效。安全风险管控方面应纳入安全事件发生比率，具体分为一般事故、较大事故以及重大事故的年度发生次数与伤亡比例，同时衡量风险识别精准率、隐患整改实现率以及应急响应时长，以此展现体系对风险的防控效能。另外要结合工程的经济性指标，例如优化之后施工成本的节约比率、设备利用效率的提高幅度等，全方位衡量该体系的综合效益。指标挑选要兼顾数据可获取状况与行业规范，运用层次分析法来明确各指标的权重，保证评价成果能够客观体现体系在房建工程桩基础施工里的实际效用，为后续体系的迭代和推广提供支撑。

五、总结

总结部分先对桩基础施工技术优化的主要成果进行梳理，包括通过地质条件适配性的桩型挑选模型、施工参数动态调控算法以及新型环保材料的运用，这些成果明显缩短施工时长并减少材料损耗。在安全风险管理体系搭建领域，通过建立风险识别矩阵以及动态评估模型，再结合实时监测数据实现风险的预先预警和闭环管理控制，确实降低施工事故的发生概率。研究的创新意义在于把技术优化和安全管理充分融合，建立起技术、管理双驱动的房建工程桩基础施工方案，既提高施工效能，又加强安全特性。在推广应用过程里，提议通过行业标准的更新以及案例示范来促使成果得以落地，并且强化施工人员的培训，以此保障技术与管理体系能够有效实施。后续研究能够深入推进智能监控技术的整合运用，研究AI算法于风险预估里的精确性，并且融合BIM技术实现施工全流程的数字化管控，进一步提高桩基础施工的智能化管理程度与安全保障水准。

参考文献

- [1] 武润香. LH高速公路施工安全风险管理体系研究 [D]. 太原理工大学, 2023.
- [2] 柴国范. 基于灰色关联分析法的地铁施工安全风险管理体系研究 [D]. 长安大学, 2023.
- [3] 李英娟. 苹果容器大苗移栽建园的关键技术优化研究 [D]. 西北农林科技大学, 2022.
- [4] 刘志鹏. 威海绿轴春和里一期项目施工安全风险管理体系研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2022.
- [5] 周文财. 基于虚实特征融合的营运客车设计安全风险管理体系研究 [D]. 长安大学, 2022.
- [6] 刘文莉. 高层房屋建筑工程施工安全风险管理体系研究 [D]. 兰州交通大学, 2013.
- [7] 周志强. 地铁施工监测技术与安全风险管理的探讨 [J]. 中国科技纵横, 2022(12): 108-110.
- [8] 代春艳. 铁路营业线施工安全风险的精细化管理 [J]. 中国新技术新产品, 2013(17): 174-174.
- [9] 孙利民, 潘志文, 吕世超, 等. 智能制造场景下工业互联网安全风险与对策 [J]. 电信网技术, 2021, 047(008): 24-29.
- [10] 陈保国. 建筑施工管理中流水施工技术应用的措施分析 [J]. 住宅与房地产, 2016(30): 130.