

# 深基坑工程对紧邻文保建筑影响的施工控制策略研究

李胜利

英泰克工程顾问(上海)有限公司 上海 200040

**摘要:** 为应对深基坑工程对紧邻文保建筑可能造成的结构扰动与安全风险, 本文以典型工程项目为依托, 系统研究了深基坑施工阶段的控制策略与文保建筑保护技术。研究内容涵盖围护结构设计优化、安全监测体系构建和特殊工况下的动态调整方案, 并结合文保建筑施工前检测、过程中监测与施工后稳定性评估来构建出一套完整的保护控制体系。结果表明了以风险预判为基础的施工控制策略与多维度实时监测系统可降低基坑施工对文保建筑的影响。

**关键词:** 深基坑工程; 文保建筑; 施工控制; 结构监测

## 引言

城市化进程的加快使城市核心区地下空间开发需求日益增长, 深基坑工程在轨道交通、地下商业和地下管廊等建设中广泛应用。部分基坑工程建设区域往往毗邻具有历史、艺术与科研价值的文物保护建筑, 其地基基础老化、结构抗扰动能力弱对施工过程中的振动、变形和水位扰动等外部干扰极为敏感。一旦控制不当易引发裂缝扩展、结构沉降乃至倾斜破坏, 造成不可逆的文物损伤影响了城市文化遗产的延续性。本文聚焦深基坑工程与文保建筑共存条件下的施工控制策略, 围绕围护结构优化、安全监测布控和动态调整机制及文保建筑全过程保护措施展开系统探讨旨在提升城市地下建设过程中的文化遗产保护水平兼顾了工程效益与历史建筑安全。

## 一、项目背景与文保建筑现状

上海市静安区N070501单元22-02地块商住办项目位于城市核心区, 建筑总面积约15.4万平方米, 地下部分近5万平方米, 基坑开挖深度大且体量复杂。项目东侧紧邻一座早期排架杯基结构的文保建筑T3号楼的墙体以传统砌体为主, 其基础为独立杯基且抗扰动能力较弱。该建筑与基坑最小间距不足3米并处于基坑施工扰动最强影响带, 现状检测已发现开裂和沉降等问题, 结构安全面临挑战。地质条件表现为典型上海软土, 其承载力低, 施工扰动易传导至相邻建筑。项目围护采用复合支

护体系, T3侧专设卸载缓冲带来增强扰动吸收能力。文保建筑布设独立监测系统实时采集倾斜、裂缝和位移等数据建立了全过程动态预警与施工联动机制。施工前已完成T3建筑结构评估与三维建模, 施工后将开展沉降残余检测与稳定性复核来形成了保护评估闭环。

## 二、深基坑工程施工控制要点

### (一) 基坑围护设计与施工方案优化

基坑围护结构作为深基坑施工中抵御土体侧压力与水压的重要屏障, 其设计需兼顾力学性能、止水能力与变形协调性<sup>[1]</sup>。项目地处上海典型软土区, 土体压缩性大、渗透性高, 围护体系需具备较高刚度及止水连续性。项目采用钻孔灌注桩+高压旋喷桩复合围护结构, 并辅以双道钢筋混凝土支撑和围檩体系。在T3文保建筑侧专设卸载缓冲区, 借助降低主动土压力传导路径减小支护体系变形峰值。设计阶段依据文保建筑与基坑最小间距进行非线性有限元分析, 对支护结构的刚度匹配与传力路径进行迭代优化, 重点控制建筑侧位移低于可接受阈值(<8mm)。施工方案采取阶段性开挖与分区支撑同步实施方式, 避开文保建筑基础薄弱区设置集中卸荷段。在围檩钢筋配置中设置加强钢筋与加腋构造, 提升节点承载能力并限制非线性变形发展, 围护桩间采用止水帷幕连续注浆接缝来保证整体止水闭合性<sup>[2]</sup>。现场施工严格控制钻孔垂直度与桩底持力层深度, 混凝土浇筑过程实行分段监测与强度养护来保证桩体均匀受力。旋喷桩施工中控制浆液压力在标准区间内(16~18MPa), 实时采集喷浆速率与桩径一致性数据, 用以校核止水效果。

### (二) 基坑施工过程中的安全监测与风险控制

本项目周边结构还临近中环高架, 其基础结构对

**作者简介:** 李胜利(1971.7-), 男, 汉族, 上海人, 硕士研究生, 注册监理工程师, 注册安全工程师, 研究方向: 深基坑工程; 文保建筑; 施工控制; 结构监测。

侧向扰动同样敏感。安全监测系统采用分层嵌套布设模式，包括支护结构水平位移、桩体轴力和坑底隆起与周边建筑物沉降五大维度。文保建筑T3号楼布设独立健康监测系统，监测内容包括墙体裂缝扩展、倾斜角变化与振动响应并接入施工调度系统来实现动态告警联动。监测数据采集频率保持在15分钟级，关键节点布设光纤应变计与自动全站仪联合观测，保证数据的实时性与精度。基坑变形监控指标与预警等级划分严格参照《建筑基坑工程监测技术规范》与《上海市深基坑工程安全管理办法》。达到预警I级值即联动停工核查机制，并由设计、施工和监理与监测四方联合审议调整施工参数如表1。

表1 基坑变形监控指标与预警等级划分表

监控项目	正常值控制标准 (I级)	预警值 (II级)	危险值 (III级)
支护体水平位移 (mm)	≤ 10	> 10且≤ 20	> 20
围护桩顶部沉降 (mm)	≤ 8	> 8且≤ 15	> 15
基坑周边地表沉降 (mm)	≤ 12	> 12且≤ 25	> 25
文保建筑沉降 (mm)	≤ 3	> 3且≤ 5	> 5
文保建筑倾斜 (‰)	≤ 0.5	> 0.5且≤ 1.0	> 1.0

在基坑开挖阶段同步分析内力与变形曲线拟合结果，及时调整支护体系受力节点工序，避免结构构件超载运行。每日监测数据经由信息平台自动生成风险分布图，施工调度人员依据图示结果合理安排施工区域与机械荷载分布来强化动态风险源控制。

### (三) 特殊工况下的应急措施与调整策略

在复杂交叉作业和多源扰动背景下，深基坑施工不可避免存在超设计荷载、局部涌水和支护失稳等特殊工况<sup>[3]</sup>。应急机制设立以风险分级响应为核心，以“结构

响应—数据异动—策略执行”三阶触发为执行路径。文保建筑侧作为一级保护区预设了一套结构卸载与应力重分布措施。典型应急工况中，如监测系统发现建筑侧支护桩变形速率超过警戒值，现场立即执行同步支撑加载计划，动态加设钢支撑或钢撑拱，并在桩—土界面布设双液注浆系统进行止水与土体加固。若出现局部围护桩开裂或喷浆不连续，施工单位按预设图纸启动段落闭合与加喷系统，保证止水屏障连续。若突发暴雨或地表回渗引发基坑底部突涌，现场同步采用降水井分区抽水与止水帷幕中注浆处理，控制坑底水头高度低于反滤临界值。所有应急处理措施以数据为决策依据，现场预设多路径处置流程图，并由总监理工程师牵头执行跨专业联合响应。各类应急事件处理后需进行全过程记录并完成影响评估与处置修正报告，反馈至设计与施工逻辑修正闭环中。

## 三、文保建筑的保护措施

### (一) 施工前的文保建筑结构检测与评估

项目区位紧邻T3号文保建筑，该建筑结构为早期排架杯基形式，基础浅且刚度弱使其耐扰动能力差，且与基坑间距不足3米，属于典型高风险影响目标。为确定文保建筑的结构状态与干扰敏感性，施工启动前组织开展结构健康状态检测与变形响应能力评估。检测采用高分辨率激光扫描与三维建模技术，对建筑立面裂缝、结构节点位移和基础沉降痕迹进行数字归档与建模分析，结合静力加载试验与点荷试探测，量化墙体与柱网整体刚度分布及薄弱区域的承载响应如图1。

依据检测数据，建立数字化有限元分析模型，模拟周边土体扰动对建筑沉降、倾斜与裂缝扩展的影响路径。在模型仿真中引入基坑不同工况条件下的支护刚度、卸

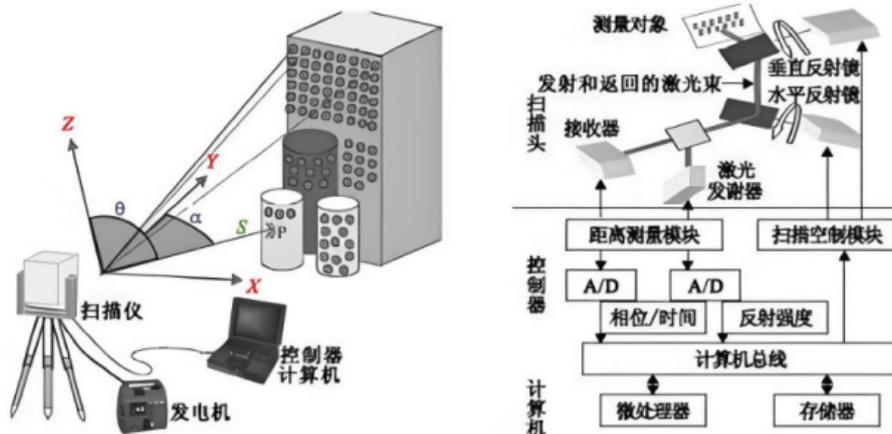


图1 高分辨率激光扫描运行

载路径与扰动应力场，并以此为基础完成扰动阈值分区与保护等级划分。在保护策略制定中，根据建筑不同部位的结构脆弱性，对应设定不同干扰限制标准，其中基础沉降控制阈值限定在3mm内，建筑侧向位移控制不超过6mm，墙体裂缝宽度变化阈值不超过0.2mm。完成建筑结构安全性评估报告后，由第三方结构鉴定机构出具稳定性结论与专项保护建议，作为后续施工组织与监测部署的依据。

## （二）施工中文保建筑的监测与保护技术

深基坑开挖对T3文保建筑施加的扰动以沉降、侧移和基底隆起传导为主，需构建高精度实时监测系统实施全过程动态管理。监测体系分为主控系统 with 反馈机制两部分，主控系统以自动全站仪、光纤应变计和裂缝宽度传感器与倾角仪为核心设备，其覆盖建筑关键构件与节点，监测频率设定为10分钟级周期来保证数据连续性与异常反应的及时识别。关键部位布设裂缝监测点位安装了电阻应变片同步记录墙体拉应力变化。基础底部加设静力水准仪，监测沉降发展趋势，并与基坑支护桩体的水平位移数据形成联动数据对照。监测数据实时上传至数据中心，系统内嵌动态预警算法，基于变化速率与累计值双重判断机制设定三级预警等级。其公式如下：

$$R(t) = \left| X(t) - X_0 \right| + k \cdot \left| \frac{\Delta X}{\Delta t} \right|$$

其中， $R(t)$ 表示当前时刻的综合预警值， $X(t)$ 为当前监测值（如沉降、位移等）， $X_0$ 为初始基准值， $\frac{\Delta X}{\Delta t}$ 单位时间内的监测值增量（即变化速率）， $k$ 表调整系数，用于平衡速率与累计值的权重。

当 $R(t) \leq 10$ 为I级（正常），当 $10 < R(t) \leq 20$ 为II级（预警）， $R(t) > 20$ 为III级（危险）。触发一级预警时立即通知施工方停止相应作业段施工，启动应急响应流程。结构响应数据与施工日志实现自动定时对比，一旦发现施工扰动与结构异常响应之间存在高相关性，施工组织将及时调整作业方式、机械功率与卸载节奏。

## （三）施工后的修缮与稳定性评估

在深基坑施工完成并进入主体结构施工阶段后，对T3文保建筑的结构稳定性进行复检与修缮性评估。依据

基坑全周期内监测数据对照原始结构状态模型，分析其沉降趋势、倾斜变化轨迹与裂缝扩展范围形成了完整扰动响应曲线<sup>[4]</sup>。数据拟合结果显示，文保建筑基础区域在开挖中后期曾出现最大2.7mm的非均匀沉降，但在二道支撑施工后趋于稳定，说明支护结构与卸载设计具有良好调控效果。结构倾斜未突破1/1000安全极限，未发现新增结构性裂缝，原有裂缝变化控制在0.12mm范围内则处于可接受状态。针对已监测到的构件应力集中区，组织结构专家与文物保护技术人员现场联合评估，决定实施微创性修缮。裂缝部位采用低压注浆封闭处理，所用修复材料需满足可逆性与文物兼容性要求；柱脚与承台交界部采用纤维增强聚合物片材外包约束，提高局部抗剪强度并抑制疲劳裂纹发展；对因混凝土剥蚀暴露钢筋位置进行碳化深度测定，并在合格范围内实施封闭性表层防护。施工结束后，项目团队形成文保建筑保护完整档案并将数据上传至区域历史建筑信息平台备案，保障数据可追溯性与后续运维监测参考价值。

## 结论

本项目深基坑施工过程中针对T3号文保建筑制定了全过程控制策略，借助前期结构评估、分阶段动态监测与应急干预机制控制了沉降、位移和裂缝扩展等风险指标来实现了工程建设与历史建筑安全的同步保障。技术路径覆盖设计、施工与修缮全周期来建立了结构响应可预测、干预手段可执行和保护成效可评估的系统模型，为城市密集区内深基坑工程提供了稳定可靠的文保协同控制范式。

## 参考文献

- [1] 王成. 民用建筑工程深基坑土方开挖施工技术的优化和实践[J]. 中国建筑装饰装修, 2025, (04): 120-122.
- [2] 金仁菊. BIM技术支持下的泵站工程深基坑支护防渗方法[J]. 建材发展导向, 2025, 23(04): 76-78.
- [3] 孙丰安. 高层建筑工程深基坑开挖支护技术探究[J]. 城市开发, 2025, (04): 144-146.
- [4] 丁军明. 建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理[J]. 居业, 2025, (02): 171-174.