

DOI: 10.7672/sgjs2026070053

# 静压桩施工数据自动采集系统研发与实践\*

张潮<sup>1</sup>, 陈祎飞<sup>2</sup>, 韩磊<sup>2</sup>, 李拙民<sup>3</sup>

(1. 杭州市会展新城开发建设有限公司, 浙江 杭州 310000; 2. 中建八局浙江建设有限公司, 浙江 杭州 310000;  
3. 中国建筑第八工程局有限公司, 上海 201200)

**[摘要]** 静压桩因其低噪声、无振动、挤土效应小等优点, 已成为华东地区高层住宅地基处理的首选桩型。然而, 传统人工记录方式存在数据失真、追溯困难、验收效率低等问题, 难以满足精细化施工与信息化管理的需求。基于工程实例, 研发了一套集成北斗高精度定位、多传感器融合与边缘计算技术的静压桩施工数据自动采集系统, 实现了桩长、压桩力、垂直度、桩顶标高、接桩焊缝质量等43项关键指标的自动采集, 其中81%为全自动获取, 19%为项目统一填报, 采集精度达 $\pm 1\text{cm}$ , 数据完整率达100%。通过“APP+云平台”的闭环管理模式, 系统可一键生成施工记录表、桩位偏差表、检验批验收表等资料。

**[关键词]** 桩基础; 静压桩; 自动采集; 北斗定位; 智能建造; 边缘计算

**[中图分类号]** TU753.3

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2026)07-0053-03

## Development and Practice of Automatic Data Collection System for Static Pile Driving

ZHANG Chao<sup>1</sup>, CHEN Yifei<sup>2</sup>, HAN Lei<sup>2</sup>, LI Zhuomin<sup>3</sup>

(1. Hangzhou Exhibition New City Development Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000, China;  
2. China Construction Eighth Engineering Division Zhejiang Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang 310000, China;  
3. China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Shanghai 201200, China)

**Abstract:** The static pressure pile has become the preferred pile type for foundation treatment of high-rise residential buildings in East China due to its advantages of low noise, no vibration, and small squeezing effect. However, the traditional manual recording method has problems such as data distortion, difficult traceability, and low acceptance efficiency, which make it difficult to meet the needs of refined construction and information management. Based on an engineering example, an automatic data acquisition system for jacked pile construction is developed, which integrates Beidou high-precision positioning, multi-sensor fusion, and edge computing technology. It realizes the automatic acquisition of 43 key indicators, such as pile length, pile pressure, verticality, pile top elevation, and pile weld quality. Among them, 81% are fully automatic acquisition, 19% are project unified filling, the acquisition accuracy is  $\pm 1\text{cm}$ , and the data integrity rate is 100%. Through the closed-loop management mode of “APP + cloud platform,” the system can generate construction record forms, pile position deviation forms, inspection and acceptance forms, and other data in one click.

**Keywords:** piles; static pressure pile; automatic acquisition; Beidou positioning; intelligent construction; edge computing

## 0 引言

静压桩施工质量直接关系到建(构)筑物的长

期安全与稳定性。传统施工管理模式依赖人工记录与经验判断, 存在数据录入随意性大、终压标准主观性强、验收资料后补导致数据链条断裂等问题, 严重制约了施工质量的可靠性与可追溯性。随着建筑业朝着智能化、信息化方向转型, 如何利用现代信息技术实现桩基施工全过程的“可视、可测、

\* 中建八局浙江建设有限公司科研课题: 复杂多变岩体间异形建筑群高效建造技术研究与应用

[作者简介] 张潮, 副总经理, 高级工程师, E-mail: 41301073@qq.com

[收稿日期] 2025-11-20

可追溯、可管控”已成为行业发展的必然趋势。本文以会展新城安置房五期二号地块 EPC 工程为依托,系统阐述了静压桩施工数据自动采集系统的整体架构、关键技术、实施过程与应用效果,旨在为同类工程的信息化建设提供理论参考与实践借鉴。

## 1 工程概况

会展新城安置房五期二号地块位于杭州市萧山区,总建筑面积约 34 万  $m^2$ ,由 32 栋 14 层住宅、2 栋 6 层办公楼及配套组成,地下 1 层,结构形式为框架剪力墙结构。桩基设计采用  $\phi 600$  预应力高强混凝土管桩(PHC600AB130),桩长 42~51m,单桩竖向抗压承载力特征值 2 600kN,总桩数 7 703 根。项目地处钱塘江冲海积平原,属典型软土地区,地层条件复杂,静压桩施工质量控制难度较大,对施工过程的精确监测与数据可靠性提出了更高要求。

## 2 系统总体架构

静压桩机数据自动采集系统采用“端-边-云-用”4 层协同架构,实现从数据采集到智能应用的闭环管理,如图 1 所示。

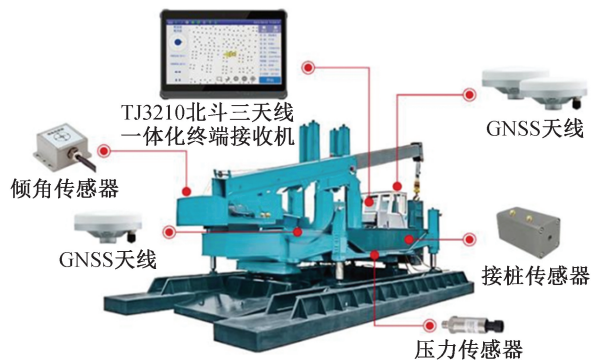


图 1 静压桩机数据自动采集系统

Fig. 1 Automatic data acquisition system of static pile driver

1)感知层:集成北斗三天线一体化终端、倾角传感器、压力传感器、激光对射传感器、超声波传感器、霍尔电流传感器等 10 类硬件设备,实现对施工过程中多物理量的实时同步采集。

2)边缘层:基于 TJ3210 高性能采集控制器,实现数据就地解算与预处理,支持毫米级位移、千牛级压力、 $0.01^\circ$ 级倾角的高频采样,有效降低数据传输负载与云端处理压力。

3)网络层:采用 4G/5G 与北斗短报文双链路冗余通信机制,确保在网络信号不稳定或中断情况下数据的本地缓存与断点续传,保障数据包的完整性与时效性。

4)平台层:依托北京天玑物联网平台,实现多源数据的清洗、融合、存储与智能分析,通过阈值判

断与异常检测算法,实现施工质量的实时预警与闭环管控。

5)应用层:面向施工、监理、项目管理等多类用户,提供桩基施工 APP、资料自动生成客户端与 Web 可视化驾驶舱,支持“采集-分析-归档-决策”一体化流程。

## 3 关键技术

### 3.1 北斗高精度三维定位

针对桩机施工过程中强烈振动导致的传统 RTK 定位信号波动问题,系统采用北斗三天线定向技术,在基线长度 2m 条件下实现航向角精度  $0.09^\circ$ 、平面定位精度 1cm、高程精度 2cm 的稳定输出。通过部署本地差分基站并结合自主研发的 Kalman 滤波融合算法,有效抑制多路径误差与随机噪声,将定位随机误差降低 42%,为桩位偏差与垂直度控制提供可靠的空间基准。

### 3.2 压桩力全域校准

在液压主油路串联 CYYZ31A 高精度压力传感器(量程 0~100MPa,非线性度 0.05%FS),实时监测压桩过程中的油压变化。通过建立“油压-压桩力”分段线性标定模型,并引入油温与油黏度补偿机制,实现压桩力的动态校准与误差控制,系统整体力值测量精度达到  $\pm 1\%$ FS,满足规范对终压控制的严格要求。

### 3.3 桩长双冗余测量

针对传统桩长测量中易出现的“假桩长”问题,系统融合激光对射计数与超声波实时测距双通道数据。激光对射传感器通过挡光次数累计计算送桩器下压行程,超声波传感器实时测量桩顶至地面的高差,双通道数据在边缘控制器中进行融合解算与校验,自动识别送桩器与管桩的差异,确保桩长测量误差小于 5cm。

### 3.4 资料一键生成

系统内置符合 GB 50202—2018《建筑地基基础工程施工质量验收标准》及地方规程的 9 类施工与验收表格模板。云平台根据设计参数与实时采集数据,自动执行抽样规则计算、数据填充、电子签章嵌入等操作,生成可直接归档的标准化 PDF 文件,并无缝对接江苏省、浙江省等地方资料管理系统,实现施工资料的实时性、合规性与可溯源性统一。

## 4 现场实施过程

系统现场实施遵循“快速部署、智能配置、实时监控、闭环处置”的原则。

1)设备快速安装:采用磁吸底座与快插电气接口,实现传感器在桩机上的非破坏性安装与快速拆

装,单台桩机传感器部署时间控制在 30min 以内。

2) 参数智能配置:通过 APP 扫描设备二维码,自动绑定桩机编号、工程信息、施工班组等元数据,并同步下载设计桩长、终压标准、允许偏差等参数。

3) 过程可视化监控:压桩过程中,APP 界面实时显示“深度-压力-垂直度”动态曲线,超限区域以红色高亮标识,操作人员可根据提示进行实时纠偏。

4) 异常智能预警与闭环处置:当系统检测到压力骤降、垂直度偏差超过 1/100、接桩超时等异常工况时,平台在 10s 内将预警信息推送至监理与项目管理人员手机端,支持现场即时复核与处置,形成“监测-预警-处置-验证”的闭环管理机制。

## 5 应用效果分析

### 5.1 数据采集效率

系统自 2024 年 4 月 28 日上线至 2024 年 7 月 4 日,累计完成 749 根工程桩的施工数据采集,生成原始数据 1.2GB。自动生成施工记录表、桩位偏差表各 749 份,检验批验收表 15 份,资料一次性通过率 100%,较传统人工整理模式效率提升约 90%。

### 5.2 质量提升效果

通过实时监测与纠偏功能,桩位偏差一次验收合格率由 92.3% 提升至 99.1%;垂直度超标桩占比由 3.8% 下降至 0.4%;未出现终压承载力不足桩,避免了后续补桩或加固,直接节约成本约 48 万元。

### 5.3 管理效益

1) 人力成本节约:每个施工班组减少专职记录员 2 名,项目累计节约人工成本约 12 万元。

2) 管理效率提升:监理旁站时间由平均每桩 30min 缩短至 5min,整体管理用工减少 15%。

3) 数据资产化:所有施工数据与验收资料均以结构化形式存储于云端,每根桩生成唯一身份二维码,为后期运维、改造、质量追溯乃至工程索赔提供了完整、可信的数据资产。

## 6 存在问题与改进方向

1) 复杂环境定位稳定性:北斗信号在地下室、深基坑等遮挡严重区域易衰减或中断。下一步计划融合 UWB 超宽带室内定位技术,构建“北斗+UWB”异构定位网络,实现全场景无缝覆盖。

2) 视觉识别环境适应性:焊缝质量 AI 识别模型在夜间或光线不足条件下识别精度下降。拟引入红外主动补光系统,并结合边缘计算单元(TPU)加速推理,提升模型在复杂光照下的鲁棒性。

3) 多桩型适配性:当前系统主要针对 PHC 管桩开发,对方桩、H 型钢桩等异型桩的接桩形式与工艺差异适配不足。后续将研发模块化传感器夹具与

可配置算法框架,实现系统的快速适配与扩展。

## 7 推广应用

自 2024 年 9 月起,该系统已在长三角地区平湖润泽国际信息港项目(2 131 根方桩)成功推广应用,关键参数自动采集率稳定在 78% 以上。2024 年 10 月,灌注桩版本研发工作正式启动,计划新增孔深、泥浆密度、沉渣厚度等灌注桩关键指标采集模块,逐步形成覆盖“预制桩+灌注桩”的全系列桩基施工信息化解决方案。

## 8 结语

1) 研发了国内首套集成北斗高精度定位、多传感融合与边缘计算技术的静压桩施工数据自动采集系统,实现了施工全过程关键参数的实时、精准、自动获取与闭环管控。

2) 系统在大型安置房项目中成功应用,在提升工程质量、降低施工成本、优化管理流程等方面效益显著。

3) 本研究形成的技术体系与实施路径,可为方桩、灌注桩等其他桩型的信息化施工提供可复制、可扩展的技术范式,对推动我国地基基础工程领域的数字化转型与智能化升级具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 韩建伟,梁伟英.基于 GNSS 定位技术的静压桩桩机智能引导控制系统研究[J].广东土木与建筑,2022,29(5):19-21.  
HAN J W, LIANG W Y. Research on the intelligent localization control system for static pile driver based on GNSS [J]. Guangdong architecture civil engineering, 2022, 29(5): 19-21.
- [2] 蒋文超.建筑桩基础静压桩施工技术研究[J].四川建材,2018,44(8):246,250.  
JIANG W C. Study on construction technology of static pressure pile for building pile foundation [J]. Sichuan building materials, 2018, 44(8): 246, 250.
- [3] 蔡德钧,朱宏伟,叶阳升,等.铁路路基工程信息化技术[J].铁道建筑,2020,60(4):28-33.  
CAI D G, ZHU H W, YE Y S, et al. Information construction of railway subgrade engineering [J]. Railway engineering, 2020, 60(4): 28-33.
- [4] 文竹,徐宏.铁路有砟轨道铺轨机自动巡航走行定位技术研究[J].施工技术(中英文),2024,53(24):117-120,133.  
WEN Z, XU H. Automatic cruise running and positioning technology of railway ballasted track laying machine [J]. Construction technology, 2024, 53(24): 117-120, 133.
- [5] 郑海源,缪易辰,潘文,等.桩基检测技术研究进展[J].施工技术(中英文),2024,53(1):4-10.  
ZHENG H Y, MIAO Y C, PAN W, et al. Research progress of pile foundation detection technology [J]. Construction technology, 2024, 53(1): 4-10.
- [6] 刘高波.高层建筑桩基础静压桩施工技术探讨[J].建设科技,2016(13):153.  
LIU S B. Discussion on static pressure pile construction technology of pile foundation in high-rise building [J]. Construction science and technology, 2016(13): 153.