 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i4.9987

Research on Quality Supervision and Management Throughout the Entire Process of Pile Foundation Engineering Construction

Hui Chen

Middling Coal Jiangnan Construction Development Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

This article focuses on the quality supervision and management system throughout the entire process of pile foundation construction, taking the pile foundation project of the Pearl River Delta hub (Guangzhou New) Airport as an example to systematically elaborate on the practical path of quality control. Firstly, the article expounds on the core connotation of whole-process quality supervision and management. Subsequently, it specifically analyzes the practice of quality supervision and management throughout the entire construction process, taking large and complex pile foundation projects such as the T1 terminal area and the North Terminal Area of the Pearl River Delta hub (Guangzhou New) Airport as examples. By establishing a three-level control process of "self-inspection by the construction unit, cross-inspection, and supervision and acceptance" as well as emergency response measures, common quality issues such as excessive sediment thickness, inclined rock and deviated holes, and concrete pouring blockages have been effectively addressed. The research shows that implementing strict supervision and management throughout each process, including rotary drilling for hole formation, reinforcement cage processing, and underwater concrete pouring, is a key guarantee for achieving excellent goals in pile foundation engineering and ensuring the long-term stability of major airport structures.

Keywords

pile foundation engineering; whole-process quality supervision; rotary drilling cast-in-place pile; complex geology; supervision and management

桩基础工程施工全过程质量监督管理研究

陈辉

中煤江南建设发展集团有限公司，中国·广东 广州 510000

摘　要

本文聚焦桩基础工程施工全过程质量监督管理体系，以珠三角枢纽（广州新）机场桩基工程为实例，系统阐述了质量管控的实践路径。文章首先阐述了全过程质量监督管理的核心内涵，随后，专门结合珠三角枢纽（广州新）机场T1航站区及北航站区等大型复杂桩基工程实例，深入剖析了施工全过程质量监督管理实践。通过构建“施工单位自检、交叉互检、监理验收”的三级管控流程及应急处置措施，有效解决了沉渣厚度超标、斜岩偏孔、混凝土浇注堵管等质量通病。研究表明，将严格的监督管理贯穿于旋挖成孔、钢筋笼加工、水下混凝土灌注等每一道工序，是实现桩基工程优良目标、确保机场重大工程结构长治久安的关键保障。

关键词

桩基础工程；全过程质量监督；旋挖灌注桩；复杂地质；监督管理

1 引言

桩基础工程承担着将上部荷载有效传递至地基持力层的重任，其施工质量的优劣是决定工程整体安全性与使用寿命的关键因素。尤其是在现代大型公共基础设施建设中，桩基往往呈现出体量巨大、桩径多样、入岩深度深、承载力要求高的显著特点，使得质量监督管理的难度呈指数级上升。当前，《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2024）等新标准的实施，对施工工艺控制和监督检验提出了更为严苛的要求。本文旨在通过剖析具体案例，探索一套科学、严谨、高效的桩基工程质量管理体系，为同类重大工程提供理论与实践的双重借鉴。

2 桩基础工程施工全过程质量监督管理的理论框架

桩基础工程施工全过程质量监督管理的理论框架，其核心内涵在于“全过程、全覆盖、全要素”的有机统一[1]。所谓全过程，即建立从施工准备、施工实施到竣工验收的“事前预控、事中监控、事后验控”全链条管控体系，实现对质量形成过程的动态跟踪。全覆盖则强调落实建设单位、勘察、设计、施工、监理、监测等六方主体的质量责任，以便在其

【作者简介】陈辉（1987—），男，中国甘肃威武人，本科，工程师，从事桩基础工程施工研究。

中形成多方协同的监管合力；全要素聚焦于人、机、料、法、环五大影响维度的精细化管控。该理论框架在珠三角枢纽机场桩基工程中彰显了重要的实践价值，借助事前预控手段有效规避了因沉渣超标等问题导致的返工补强，实现了降本增效的显著经济效益。

3 工程概况与项目特点

3.1 工程基本情况

珠三角枢纽（广州新）机场桩基工程涵盖 T1 航站楼、北航站区等单体，总灌注桩 928 根，桩径 0.8~2.2m（最大 2.2m），桩长约 65m，采用 C40/C45 水下混凝土，持力层为中风化变质砂岩。工程体量巨大、桩型多样、承载力要求高，工期仅 53 日历天。其中，工程总灌注桩数量为 928 根，桩长 670m，采用直径为 D0.8、D1.0、D1.2、D1.4、D1.6、D1.8、D2.0、D2.2 的旋挖桩成孔灌注桩，桩身采用 C40、C45 水下砼，桩体主筋采用 HRB400 钢筋，主筋保护层厚度 55mm，桩端持力层为中分化变质砂岩。

3.2 工程地质与水文地质特征

场区地质条件复杂，具有典型的多层结构特征。地表广泛分布第四系人工填土层（素填土、杂填土），厚度 1.9~6.6m，局部达 10~35m，回填时间短、密实度不均，对旋挖钻机行走稳定性和孔壁稳定性构成威胁。其下为第四系坡洪积层以及基岩全风化、强风化带，岩性以变质砂岩、云母片岩、千枚岩为主，全风化层遇水易软化崩解，强风化层节理裂隙发育，施工过程中易发生塌孔、漏浆。

3.3 施工环境

北航站区工程桩与既有高铁隧道筏板基础净距仅 1.0m，且打桩作业面高出隧道顶 5.0m，施工振动、土体位移及钻孔扰动对隧道结构安全构成潜在威胁，需严格控制钻进参数与泥浆护壁效果。场地经高铁建设回填整平，但回填土成分复杂、固结时间短，地基承载力需经压实检测方可满足大型旋挖机（360-460 型）及履带吊（55-75t）行走要求。

4 基于项目实例的施工全过程质量监督管理实践

4.1 施工准备阶段质量监督管理

4.1.1 勘察与设计文件的联合审核

珠三角枢纽机场桩基工程地质条件复杂，监督管理的首要任务是对勘察报告进行联合审核，重点核查中风化持力层埋深、岩层完整性及地下水腐蚀性等级（H1~H2）。通过组织建设、勘察、设计、监理、施工五方责任主体对广湛机场 1 号隧道地质报告、省院房建部分详勘钻孔布置图等 7 份设计文件进行会审，明确桩端持力层为中风化变质砂岩，入岩深度不少于 3m，并针对构造破碎带分布区（DK85+180~DK86+100）的桩位，要求超前钻逐桩验证。

4.1.2 专项施工方案的审核与论证

针对北航站区 250 根大直径桩（1.8m/2.2m，桩长约 65m）及临铁施工（距高铁隧道最近仅 1.0m）的特殊要求，监督管理部门严格审核《旋挖灌注桩专项施工方案》。重点论证以下内容：一是分级扩孔工艺；二是临铁施工保护措施；三是超大超深桩钢筋笼吊装方案，方案经专家论证通过后方可实施，并作为全过程监督的技术依据。

4.2 施工实施阶段质量监督管理

4.2.1 成孔质量监督

孔位控制采用 RTK+ 全站仪双重放样，护筒埋设中心偏差严格控制在 10mm 以内，护筒采用 10mm 钢板制作，直径比设计桩径大 200mm，高度 5m，埋设后十字交叉法复核。孔径与垂直度监督利用旋挖钻自带测量系统结合人工检测，确保垂直度偏差≤ 1%，桩径允许偏差 ±50mm。针对斜岩地层，监督落实“回填片石 + 筒钻吊打”纠偏措施。孔深控制以超前钻资料为依据，每钻进 100~500mm 捞取渣样，由地勘、监理共同确认入岩。泥浆性能动态监控，比重控制在 1.10~1.25，黏度 18~28s，含砂率≤ 8%，配备专职实验员每 2 小时检测一次，确保护壁效果。

4.2.2 钢筋笼制作与吊装质量监督

本工程钢筋笼主筋采用 HRB400 钢筋，直径涵盖 28mm、25mm、22mm 等规格，总用量 5235t，机械连接套筒 65000 个。制作阶段监督主筋间距（±10mm）、箍筋间距（±20mm）、钢筋笼直径（±10mm）及机械连接接头质量，同一截面接头数不超过 50%，声测管采用 D57×3 钢管，总长 60450m，监督其卡套式连接、密封注水及每 2~3m 绑扎固定，防止堵塞。吊装阶段监督 50t 履带吊四点起吊工艺，吊筋悬挂牢固，防止灌注过程中钢筋笼上浮。

4.2.3 混凝土浇筑质量监督

本工程桩身混凝土采用 C40/C45 水下商品混凝土，总用量 64900m³。监督重点包括：一是二次清孔，采用气举反循环工艺，确保沉渣厚度≤ 50mm；二是首灌方量控制，桩径 2.2m 桩首灌料斗不小于 5.0m³，导管距孔底 300~500mm，首灌埋深≥ 1.0m；三是连续浇筑保障，要求现场待罐车不少于 8 台方可开浇。

4.3 竣工验收阶段质量监督管理

这一阶段需严格执行“一桩一档”资料审核与实体检测双重监督。施工资料涵盖成孔记录、泥浆检测记录、钢筋笼隐蔽验收记录、混凝土试块强度报告（每根桩不少于 1 组）等，确保过程可追溯。实体检测严格按《建筑基桩检测技术规范》（JGJ106-2014）执行：声波透射法抽检比例≥ 20%，钻芯法抽检≥ 10%，静载试验抽检不少于总桩数 1% 且不少于 3 根。检测前监督声测管注水畅通、桩头平整处理，检测过程全程旁站。对检测发现的缺陷桩，监督扩大检测及处理方案落实，确保桩基工程达到国家优良标准 [2]。

5 主要存在问题及成因分析

5.1 地质复杂性与隐蔽工程监管的盲区

珠三角枢纽机场桩基工程地质条件极为复杂，地层分

布呈现显著的多层性与不均性。尽管施工前进行了超前钻勘察，但受钻孔间距限制，局部构造破碎带、溶洞及软弱夹层的分布仍存在不确定性，导致成孔过程中突发漏浆、塌孔的风险难以完全预见。

5.2 超大超深桩施工精度控制的难点

在成孔阶段，钻杆总长达 70 余米，随着孔深增加，钻杆柔性变形加剧，垂直度偏差控制难度呈指数级上升。尽管采用旋挖钻自带垂直度监测系统，但在斜岩地层进行钻进时，仍易发生偏孔，现场对接时上下节同心度偏差难以完全消除，偶尔出现接头错位的现象，需吊出重放，增加施工风险。

5.3 多单位交叉作业下的协调障碍

本工程参建单位众多，主要障碍体现在：一是工序衔接不畅，成孔验收合格后，钢筋笼吊装、混凝土浇筑需紧密配合，但受限于监理验收人员调配、罐车运输调度，常出现成孔后长时间等待，导致孔壁浸泡、沉渣增厚；二是信息传递滞后，各分包单位之间缺乏统一的数字化信息共享平台，施工记录、检测数据仍以纸质传递为主，监理签认周期长，隐蔽工程验收有时滞后于实际施工进度。

6 创新优化策略

6.1 实施关键工序双保险监督，强化隐蔽工程过程管控

针对沉渣厚度、钢筋笼安装、声测管有效性等隐蔽工程监管盲区，推行“旁站 + 影像”双保险监督模式。在二次清孔工序中，监理人员全程旁站，并拍摄清孔前后孔底影像，影像资料作为隐蔽工程验收的必要附件，确保沉渣厚度 ≤ 50mm。钢筋笼制作与安装阶段，实行焊接质量“实名制”管理，每节钢筋笼焊接完成后，焊工粘贴二维码标识，扫码可查操作人员信息及焊接时间，实现责任到人。此外，声测管安装完毕后立即注水试压，压力不低于 0.5MPa，稳压 10 分钟无渗漏方可通过验收，杜绝因声测管堵塞导致的检测失效问题。通过过程影像留痕与责任追溯，显著提升了隐蔽工程的可控性。

6.2 推行“分级验收 + 动态纠偏”的过程管控机制，提升工序衔接效率

就成孔后长时间等待、工序衔接不畅等问题，创新建立“分级验收 + 动态纠偏”过程管控机制。将传统的一次性终孔验收调整为“分级验收、分段确认”模式，在成孔过程中设置关键节点验收，如入岩界面确认、终孔深度复核、清孔效果检查等，分阶段由监理、地勘、施工三方联合签认，按照这种方式能够避免因单次验收集中、人员调配紧张导致的施工停滞。同步建立工序动态调度平台，由现场质量管理人员实时掌握成孔、钢筋笼吊装、混凝土运输等关键资源状态，提前预警衔接节点，确保成孔验收合格后 2 小时内启动钢筋笼下放、4 小时内完成混凝土开浇，最大限度减少孔壁浸泡时间，进而可以有效控制沉渣增厚风险。该机制通过细化验收节点、强化工序调度，显著提升了多单位交叉作业下的协同效率，进一步降低了因工序脱节引发的质量隐患。

6.3 完善协同监管与责任追溯体系

一是建立“线上摇号 + 现场核验”的选桩机制，检测桩位由系统随机抽取，抽签过程全程录像，杜绝人为干预，采取这种方式能够确保检测的公正性与代表性。二是推行“五方责任主体联合验收制”，在成孔验收、钢筋笼隐蔽验收、混凝土开盘鉴定等关键节点，要求建设、勘察、设计、施工、监理五方现场会签，还需要要求验收意见实时上传平台，形成电子记录，避免出现事后补签、代签的现象。三是建立质量责任终身追溯档案，还需要专门将每根桩的施工记录、检测报告、影像资料、验收签证等全部归集，扫码即可查阅全生命周期质量信息 [3]。

7 结语

综上，本文以珠三角枢纽机场桩基工程为实例，系统构建了覆盖“事前预控、事中监控、事后验控”的全过程质量监督管理体系。实践表明，通过超前钻与设计文件联合审核、分级扩孔工艺论证、RTK 定位与泥浆动态监测、气举反循环清孔及超声波 - 钻芯法双重检测等系列措施，有效解决了复杂地质条件下超大超深桩施工的斜岩偏孔、沉渣超标、钢筋笼上浮等质量通病，实现了 928 根灌注桩Ⅰ类桩占比 93.3% 的优良目标。未来进行相关研究的过程中，应进一步推动 BIM、AI 识别等数字化技术与质量监管深度融合，以便能够构建智能化的监管平台，最终实现质量风险的自动预警与闭环处置，从而为重大基础设施工程的高质量发展提供技术支撑。

参考文献

[1] 王涛,韩许龙.上软下硬地质中建筑工程钻孔灌注桩施工技术分析[J].中国建筑金属结构, 2025(10).

[2] 耿介,申铁军.基于全寿命周期的高速公路建设技术创新与管理——以桥隧工程技术为例[J].河南建材, 2024(6):33-35.

[3] 黄雅儿.建筑工程旋挖灌注桩基础施工质量与技术控制要点研究[J]. 2025.