

桩基承载力不足在焦炉工程中的成因与对策

李治奇¹, 李军², 李海湖³, 李育红⁴, 李果绵⁵

1. 加拿大多伦多凯谛思设计公司, 加拿大 多伦多 M4V 2Y7

2. 鞍钢集团公司教育培训中心, 辽宁 鞍山 114000

3. 鞍山市人民政府办公厅, 辽宁 鞍山 114000

4. 鞍钢铁西医院新华门诊部, 辽宁 鞍山 114000

5. 中冶焦耐(大连)工程技术有限公司, 辽宁 大连 116085

DOI:10.61369/ERA.2026100002

摘 要 : 焦炉工程荷载集中、结构整体性强, 沉降管控标准严格, 桩基承载力不达标会破坏炉体稳固, 降低设备安装精度, 威胁后续生产运行安全。立足焦炉桩基施工现状, 梳理地质勘察疏漏、设计参数偏差、成桩管控松懈、检测信息滞后等问题, 落实勘察复核工作, 调整桩型与持力层选型, 做好施工动态监测, 构建检测整改闭环。推行全程质量管控, 削减桩基承载隐患, 增强焦炉基础结构稳固性和耐久性能。

关 键 词 : 焦炉工程; 桩基承载力; 地质勘察; 施工质量; 承载力检测

Causes and Countermeasures of Insufficient Bearing Capacity of Pile Foundations in Coke Oven Projects

Li Zhiqi¹, Li Jun², Li Haihu³, Li Yuhong⁴, Li Guomian⁵

1. Kaitis Design Company, Toronto, Canada M4V 2Y7

2. Education and Training Center of Ansteel Group Company, Anshan, Liaoning 114000

3. General Office of the People's Government of Anshan City, Anshan, Liaoning 114000

4. Xinhua Outpatient Department, Angang Tiexi Hospital, Anshan, Liaoning 114000

5. Zhongye Jiaonai (Dalian) Engineering Technology Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116085

Abstract : Coke ovens feature concentrated engineering loads and highly integrated structural configurations, requiring stringent settlement control standards. Failure to meet pile foundation bearing capacity requirements may compromise furnace stability, compromise equipment installation accuracy, and jeopardize subsequent operational safety. Based on current practices in coke oven pile foundation construction, this study identifies issues including deficiencies in geological surveys, deviations in design parameters, lax pile installation control, and delayed inspection data. Measures include implementing survey verification procedures, optimizing pile types and bearing layer selection, conducting dynamic construction monitoring, and establishing a closed-loop inspection and rectification system. By enforcing comprehensive quality control throughout the process, potential bearing capacity risks are mitigated, thereby enhancing the structural stability and durability of coke oven foundations.

Keywords : coke oven engineering; pile foundation bearing capacity; geological investigation; construction quality; bearing capacity testing

引言

焦炉工程基础承载炉体、煤塔、熄焦及配套设备多重荷载, 桩基承载力决定结构沉降水平与生产运行安全。场地地层杂乱、水位波动、设计参数取值偏差、成桩工艺管控疏漏, 桩基承载力缺陷频繁出现。隐患得不到快速排查处置, 就会产生不均匀沉降、基础开裂、设备安装错位, 结合病害形成原因, 梳理焦炉桩基承载力短板对应的防控及治理手段。

一、焦炉工程桩基承载控制的基础条件

（一）焦炉荷载特征对桩基稳定性的要求

焦炉工程为荷载密集、结构连贯、服役年限长久的工业建筑项目，桩基承接炉体自重，还要抵御炉柱、炉顶设备、煤塔、推焦车轨道与配套管廊带来的复合荷载。焦炉主体大多为长条布局，基础受力沿轴线连续分布，局部桩基承载力不足会改变承台与基础梁的受力格局，拉大区域沉降差值^[1]。炉体投入使用后常年处在高温工况，热胀形变、机械震动、生产荷载波动都会抬高基础稳定的门槛。桩基设计不能只核算单桩竖向承载力，兼顾群桩相互影响、桩体土体协同受力、水平力传导以及沉降协同管控。焦炉基础抵御不均匀沉降的能力偏弱，细微沉降差值都会干扰砌体施工质量，破坏炭化室密闭性，改变轨道安装标高。承载力验算需要配合沉降指标同步把控，合理选定桩径、桩长、桩距与承台刚度，把上部荷载平稳传导至稳固持力层，桩基稳定管控不只覆盖竣工阶段，延伸到烘炉升温、正式投产与常年生产各个阶段，桩基承载体系要预留充足安全余量，拥有良好的形变适应能力^[2]。

（二）场地地层变化对承载参数的影响

焦炉工程场地大多处在大型工业厂区内，地层状况会被原始地形、回填作业、地下水流动以及周边已建工程干扰，土层厚薄错落、软硬交错，夹层零星分布，持力层顶面起伏不定。桩基各项承载数值选取依托地质勘察资料，勘探点位布设稀疏或是钻探深度不足，会低估软弱土层厚度，误判持力层连续程度，桩端阻力与桩侧摩阻力取值脱离现场实际^[3]。焦炉基础承受荷载偏大，桩端嵌入持力层深度、桩周土体稳固程度与地下水环境都有严格标准，场地分布淤泥质土、粉细砂、松散填土以及扰动土层时，桩身外侧摩阻力会大幅缩减，成桩工序还会产生缩颈、孔壁坍塌、底部沉渣过厚等质量缺陷^[4]。水位起伏会破坏钻孔孔壁，干扰混凝土浇筑施工，土体有效应力随之改变，各项承载指标出现浮动。不少场地岩层埋深落差悬殊，同一片施工区域桩长参差不齐，设计环节没能摸清地层突变边界，部分桩端无法嵌入稳定持力层。各项承载指标要结合静载试验、低应变检测、钻芯检测与施工台账灵活调整，不能仅凭初步勘察数据敲定桩基实际承载力。

（三）勘察设计施工衔接中的控制要求

焦炉工程桩基承载力管控要让勘察、设计、施工、检测紧密衔接，各环节信息沟通不到位会进一步加剧结构承载隐患。勘察环节整理出炉基布设所需的地层剖面、水位数据、持力层埋深、土力学参数以及不良地质范围，为桩型选定与承载力核算准备基础资料^[5]。设计环节把勘察数据转化成各项桩基技术指标，敲定单桩承载力数值、桩端嵌入岩层深度、沉降限值与检测数量，地层起伏较大区域补充验算条款。现场作业严格遵照图纸把控桩位孔径、孔身垂直度、孔底沉渣、钢筋安放以及混凝土浇筑工序，工艺失误会破坏桩体完整度与桩端支撑条件。施工台账摒弃流于表面的填报模式，如实记录钻进深度、岩层变动、成孔故障、泥浆参数与混凝土用量，给质量评定留存原始资料。检测环节把静载试验、声波检测、低应变及钻芯检测结果同步给到技术人员，承

载力不足、桩体破损、孔底沉渣超标的桩位分批次整改。各工序信息互通要形成完整闭环，实际地层和勘察报告存在出入、试桩数据达不到预期或是施工质量起伏明显，及时改动桩体长度、补充地质勘探、调整施工方法或是加固桩基，保障焦炉基础整体承载体系满足安全生产标准。

二、焦炉工程桩基承载力不足的形成因素

（一）地质勘察深度不足引起参数偏差

钻探深度不足会降低焦炉桩基承载力核算结果的准确度，焦炉基础承受荷载大，沉降管控标准严格，桩端必须嵌入稳定持力层足够深度，勘察钻孔没能钻透软弱夹层，或是无法探明持力层起伏走势，设计人员会把稳定性偏弱的土层当作合格持力层。不少工业厂区经过回填碾压、长期堆载与地下管线改造，浅层土体遭大范围扰动，少量钻孔数据无法完整展现地层连续状态^[6]。勘察点位间距过大，软弱土透镜体、含泥砂层、废弃旧基础以及富水地带容易被忽略，桩侧摩阻力、桩端阻力与土体压缩模量取值脱离现场实情。数值出现偏差会高估单桩承载能力，桩长、桩径、桩距与承台构造方案随之不合理，桩基预留安全余量不足。焦炉基础抵御不均匀沉降的能力偏弱，地层资料残缺会低估各区域桩基受力差距，出现局部沉降过度集中的问题。试桩样本也会失去代表性，试桩点位避开复杂地层，检测数据无法代表整片场地桩基实际承载性能。勘察布孔要贴合基础荷载分布与关键设备点位适当加密，配合原位测试、土工试验以及施工开挖获取的数据，综合研判持力层土质、厚度起伏与地下水带来的干扰。

（二）桩型持力层选择不当削弱承载效果

桩型和持力层挑选失误会限制桩基原有承载能力，焦炉基础长期承受高度集中的荷载，选定桩型要兼顾竖向承载力、沉降限值、施工条件与结构耐久度。厚层软土地层选用承载力余量偏小的桩体结构，桩身侧阻力难以正常生成，桩端无法抵达密实稳定土层，继而出现承载力不够、沉降超标的工程问题。持力层埋设深度偏小，桩端停留在土质松软、压缩变形大、层厚起伏不定的地层，焦炉长期运行荷载会让土体持续压缩变形^[7]。持力层埋设过深会提升施工难度与工程成本，缺少技术经济对比会造成桩体长短参差不齐，破坏群桩共同受力状态。各类桩体适配地层的条件各不相同，钻孔灌注桩可用于高荷载区域，对孔壁稳固程度与孔底沉渣管控标准严苛。预制桩施工速度更快，挤土作用、入土阻力以及地下障碍物都会制约施工效果，桩体类型和持力层搭配失衡，会延缓桩端阻力发挥，造成桩体受力失衡，承台沉降无法保持一致。煤塔、炉体、轨道基础荷载大小各不相同，统一桩型与持力层标准无法适配各个结构区块的受力条件。结合地层承载力、施工机具条件、检测数据以及沉降管控指标选定桩型与持力层，划分区域制定有区别的基础设计方案。

（三）成桩工艺控制薄弱导致质量离散

成桩工艺管控不到位，会让单体工程内部各桩基质量产生显著差异，干扰桩基整体的承载稳定性能。焦炉工程桩基布设数量多，整体施工工期相对紧张，现场管控侧重施工进度而弱化工序

标准落实,成孔清孔、钢筋笼安置、混凝土浇筑等核心施工环节均会产生不同程度的质量偏差。钻孔灌注桩施工阶段,泥浆的多项性能指标把控失衡,孔壁稳固状态遭到破坏,现场易出现孔壁坍塌、桩径收缩、孔底沉渣堆积过厚的施工问题。孔底残渣清理不彻底,桩端和底层持力层之间会形成软弱隔离层,桩端承载效能无法完全释放,静载检测过程中会出现沉降数值骤增的情况^[9]。钢筋笼下放安装时定位偏移、保护层厚度不达标或构件上浮,会改变桩身受力结构,降低桩基长期使用的稳定性。混凝土浇筑作业对导管埋设深度、浇筑连贯性与物料和易性有着严苛标准,桩体断裂、泥浆掺杂、物料分层、浇筑停滞等问题,都会损坏桩身结构的完整度。不同施工班组、机械设备及场地地层环境,会让桩长把控、孔径规整度、混凝土填充系数出现明显偏差。质量参差不齐的桩基会在群桩结构中隐藏各类施工缺陷,短期内不会显现异常状况,在焦炉长期投产运行后,会随着荷载传导与地基沉降逐步暴露问题。

三、焦炉工程桩基承载风险的治理路径

(一) 强化勘察复核与设计参数校正

勘察复核工作聚焦焦炉基础主要受力区块,核对炉体、煤塔、轨道及大型设备下部地层能否满足承载标准,原始勘察文件不能只当作固定的计算依据,施工前期复勘数据、试桩检测结果与现场开挖情况都可以用来重新研判地层状态。持力层埋深起伏大、软夹层分布广、地下水活跃或是回填土层厚薄不均的地段,适当增加勘探点位,补充现场原位试验与室内土工检测,重新核定桩端阻力、桩侧摩阻力、土体压缩模量以及沉降计算各项参数。设计数值调整贴合焦炉荷载集中、沉降管控严苛的工程特点,不直接照搬周边项目经验数据,也不会仅凭单个勘探点位划定整片区域桩基技术指标。试桩实测数据偏离预先设计数值,逐条梳理偏差成因,区分地层起伏、施工质量缺陷或是计算公式取值带来的误差,再修改桩长、桩径、嵌岩深度与安全储备系数。数值修正兼顾各个结构区块受力区别,高荷载地段、地层突变地段以及沉降严控地段实行分区设计,让桩基承载水平贴合上部结构实际受力条件^[9]。

(二) 完善成桩过程监测与检测反馈

成桩全过程质量监测覆盖测量放线、钻孔成孔、孔内清理、钢筋笼安放、混凝土浇筑以及桩体质量检测全部工序。桩位偏

移、钻孔深度不够、孔身倾斜超标、孔底沉渣堆积过厚、泥浆各项指标失控都会降低桩基实际承载力,施工现场要落实关键工序台账记录与现场旁站监管制度。钻机钻进跟随地层变动调整作业参数,碰到砂层、软弱夹层、地下水喷涌或是孔壁坍塌隐患,完整标注异常点位与处置手段,避免隐蔽病害被后续施工工序掩盖。清孔作业结束后仔细核对孔底沉渣厚度、泥浆含砂比例与实际孔深,保证桩端岩体和持力层紧密咬合。混凝土浇筑把控导管埋设深度,保持浇筑不间断,管控混凝土坍落度与充盈系数,夹泥、断桩、骨料分离与桩径收缩这类桩体破损都会直接破坏桩身完整程度。检测工作不能只出具书面报告,低应变、声波透射、钻芯取样、静载试验数据要和单桩施工档案一一对应,追溯质量缺陷出现的施工环节。检测结果不合格的桩体,结合缺陷类型、埋藏深度、对承载力的影响程度以及结构重要等级逐项核查,必要时增补高应变检测或者静载复验。

(三) 推动补桩加固与质量闭环管理

推动桩基补强加固工作,需以实际承载力核验结果与整体结构安全评测作为前置依据,杜绝在病害成因模糊、影响区间未明确的状态下采用单一固化处理手段。针对现场承载力不达标的桩基,可依托现场静载检测曲线、地基沉降变化规律、桩身结构完整度数据以及承台实际受力状态,精准区分病害根源为桩端支撑失效、桩身结构破损、桩体埋设长度欠缺或群桩协同受力性能不足。桩基承载力偏差幅度偏小、结构缺陷处于浅层位置时,可依托桩体病害修复、桩端后置注浆、承台局部补强的手段优化桩基受力状态,提升整体承载能力。桩基缺损问题突出或持力层选型存在偏差的工况下,可增设新桩体、拓展承台受力面积、增设结构托换体系或重新规划基础受力传递路径^[10]。补强桩体的方案设计需要规避原有桩体位置与地下管线设施,协调新旧桩体的受力配比,规避施工扰动破坏原有成型桩基结构。

四、结束语

焦炉工程桩基承载力问题,源于勘察、桩型选型、持力层判定、成桩工艺及检测等多项因素。摸清场地地层实况、校准设计参数、把控成桩各道工序,可规避承载偏差与沉降隐患。勘察复核、施工监测、桩基补强及闭环管理,能够稳固桩基体系,保障焦炉基础安全,后续工程细化地质勘察工作,整合施工、检测及加固数据,保障焦炉长期平稳运行。

参考文献

- [1] 许美. 基于规范建议桩基参数与实测桩基参数的钢管桩基承载力对比分析 [J]. 江西建材, 2025, (11): 267-271.
- [2] 侯海成, 于洋. 基于知识图谱的桩基施工知识管理及应用 [C]// 中国土木工程学会土力学及岩土工程分会, 中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会, 建筑安全与环境国家重点实验室, 国家建筑工程技术研究中心. 桩基工程技术进展 2025. 中国建筑工业出版社, 2025: 268-273.
- [3] 赵浩宇. 建筑桩基承载力及完整性检测分析 [J]. 北方建筑, 2025, 10(5): 124-129.
- [4] 白添中, 邵圣娟. 焦炉煤气部分氧化制氨合成气的工程计算方法比较 [J]. 煤炭与化工, 2026, 49(4): 153-160.
- [5] 李伟峰, 燕亚宾, 董盼娜. 焦炉煤气中硫化物脱除技术的研究与工程实践 [J]. 化工管理, 2025, (26): 52-55.
- [6] 郭海俊, 黄榆翔, 方菁菁. 焦炉烟气二氧化碳捕集纯化工程施工技术 [J]. 安装, 2023, (7): 19-22.
- [7] 吴静, 聂宜文, 颜世广, 等. 焦化厂焦炉烟气净化工艺选择及工程实践 [J]. 绿色矿冶, 2023, 39(5): 53-57.
- [8] 杨懿, 谢锦鸿. 大型焦炉高效绿色建造关键技术 [J]. 安装, 2023, (S1): 38-39.
- [9] 安玉磊, 孙乾. 与焦炉煤气协同的冶金低碳化探索 [J]. 鞍钢技术, 2025, (6): 38-44.
- [10] 徐勋达, 胡璐, 潘威. 高含硫焦炉煤气湿式氧化法脱硫技术应用探讨 [J]. 环保科技, 2025, 31(6): 45-48.