

密窗密柱超高厂房无马牙槎构造柱一体化施工技术研究

高国晶 刘超 李信辉 陈锋 郭逢波
琴澳创新产业园一期主体工程标段一项目部 广东珠海 519000
DOI: 10.32629/ems.v8i9.22131

[摘 要] 针对横琴琴澳创新产业园超高多层厂房密窗密柱、窗间墙窄且层高偏大的施工难题，传统带马牙槎构造柱二次砌筑工艺存在工期冗长、外墙渗漏高发、高窄砌体失稳等多重质量安全隐患。本文以琴澳创新产业园一期标段一工程为工程载体，提出无马牙槎构造柱一体化施工成套技术，整合主体同步浇筑、混凝土界面粗糙预处理等核心技术，形成适配密窗密柱超高厂房的标准化施工体系。现场实测表明，该技术能缩短单层窗间墙施工周期，减少渗漏缺陷，节约施工成本。该成套施工技术已形成完整科研成果，可为同类高层产业园、密集窗墙工业建筑提供可复制施工方案。

[关键词] 超高厂房；密窗密柱；无马牙槎构造柱；一体化浇筑；砌体抗裂

1 绪论

随着粤港澳大湾区先进制造产业加速落地，横琴粤澳深度合作区大批量多层超高标准化工厂房集中开工，此类建筑普遍存在层高 6~7m、外墙窗洞密集、窗间墙宽度仅 850~2400mm、两侧均设置构造柱的结构特征，行业内统一定义为密窗密柱高窄砌体结构，项目整体效果如图 1 所示。传统施工模式需主体完工后二次支模浇筑构造柱，预留马牙槎作为砌体咬合节点，但本项目单层外墙构造柱最高达 211 根，密集构造柱二次施工带来多重现实痛点。传统工艺施工无法满足需求。本项目结合创优、科技研发需求，开展无马牙槎构造一体化施工技术系统性研究，填补工业厂房窄窗墙高效施工技术空白。

1.2 研究意义

本工程总建筑面积 168024.75 m²，包含 5 栋丙类高层生产厂房，最大建筑高度 69.85m，2~4 层窗间墙仅 850mm，施工压力巨大。通过研发无马牙槎一体化施工体系，解决工期、渗漏、砌体稳定三大现场核心痛点，助力项目顺利通过广东省优质结构评价、广东省新技术应用示范工程创优验收。

成套技术不依赖特殊材料，仅通过模板优化、工装革新、数字化管控、在线监测即可落地，适用于各类多层、高层产业园、标准化工业厂房、带密集外墙窗洞公共建筑，能够显著降低土建阶段工期与后期防水维修成本，契合绿色建造、智慧施工发展方向。



图 1 横琴产业园项目整体效果图

2 工程概况与施工难点分析

2.1 项目基本情况

琴澳创新产业园一期主体工程标段一坐落于珠海市横琴新区环岛西路东侧，共建设 1#、3#、9#、10#、11# 五栋生产厂房，结构形式均为框架剪力墙，耐火等级一级。

表 1 建筑参数统计表

楼栋编号	层数	建筑高度	窗间墙宽度范围	单层构造柱数量(结构见图 2.图 3.)
1#	9 层	58.95m	850~2400mm	211 根(3 层)
3#、9#	11 层	69.85m	850~2400mm	200 根以上
10#	9 层	59.10m	850~2400mm	200 根以上
11#	7 层	46.90m	850~2400mm	180 根以上

项目总工期 450 天,要求 2025 年 12 月完成全部主体封顶，创优目标为广东省建设工程结构质量水平评价、广东省新技术应用示范工程，同步配套专利、工法等科研研发任务。

2.2 密窗密柱结构核心施工难点

高窄砌体稳定性差：窗间墙宽度最小仅 850mm，层高 6~7m，高厚比远超常规墙体，传统砌筑无侧向支撑，单次砌筑高度不得大于 1.5m，工序间隔时间长，人工成本高，大风、振动工况易发生局部倾覆。

二次构造柱渗漏风险极高：传统马牙槎需主体完工后二

次支模，穿墙对拉螺栓、马牙槎剔凿、砌体扰动形成多重渗水通道，沿海横琴区域温差大、雨水充沛，外墙渗水维修成本居高不下。

界面粘结性能不足：取消马牙槎后混凝土与砌体无机机械咬合，仅依靠砂浆粘结，温缩、干缩变形极易产生竖向贯通裂缝，常规抹灰处理无法根治。

密集构造柱定位精度难控：单层构造柱超 200 根，人工放线、模板加固偏差累积，易出现墙体错位，外立面观感不满足省优验收标准。

多专业交叉冲突：窗洞、构造柱、幕墙预埋、机电管线重叠，传统二维图纸错漏碰缺频发，后期凿改破坏墙体结构。

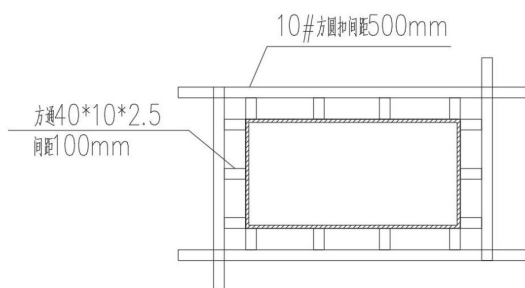


图2 构造柱支模大样图

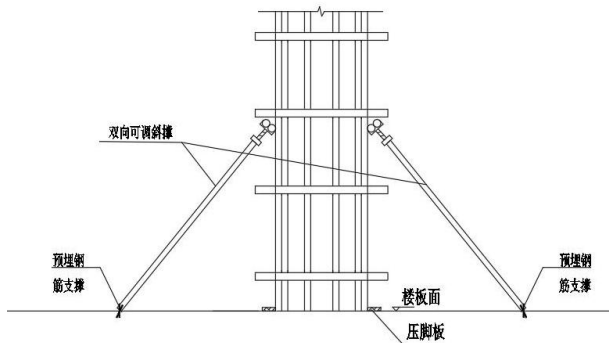


图3 构造柱模板立面图

3 无马牙槎构造柱一体化施工关键技术体系

3.1 无马牙槎构造柱一体化支模浇筑工艺

本技术核心变革为构造柱与主体梁板一次性同步浇筑，取消后期二次支模、马牙槎预留工序，如图4所示。钢筋预埋：主体绑扎阶段同步完成构造纵筋上下贯通预留，设置 C8 定位钢筋限位，钢筋定位偏差控制在 2mm 以内，规避后期植筋工序，如图5所示。模板固体系：采用 40×10×2.5 方通竖向背楞、10# 方圆扣横向加固，搭配双向可调斜撑，斜撑支撑点设置在柱 2/3 高度，底部预埋钢板压脚，实现模板无位移。界面粗糙预处理：构造柱混凝土拆模后，采用高压水射流对砌体接触面机械拉毛，形成凹凸粗糙面，界面粘结强度较光滑混凝土提升 30%，弥补无马牙槎缺失的机械咬合力。



图4 拉毛后构造柱实体



图5 构造柱钢筋预埋现场

3.2 砌体 - 混凝土柔性抗裂防渗配套技术

针对无马牙槎界面开裂通病，设计 V 型凹槽三层复合抗裂构造：砌筑阶段沿混凝土柱侧边预留 20mm 深 V 槽；底层填充弹性密封胶吸收温度变形；中间层铺贴玻纤网格布，搭接宽度不小于 200mm；表层聚合物砂浆找平，形成柔性缓冲层，阻断裂缝延伸。现场施工后对比传统直缝，竖向裂缝发生率下降 90%，彻底解决厂房外墙窗间墙渗漏痛点。

3.3 高窄窗间墙可周转铝合金夹持装置施工

自主研发实用新型专利配套铝合金夹持工装，装置两端夹持于两侧一体化构造柱，中间横向杆件压紧砌体上部：工装自带皮数刻度标尺，精准控制砌块灰缝厚度；采用偏心快速锁紧机构，单人徒手完成安拆，无需额外工具；分层夹持约束墙体侧向位移，单次砌筑高度由 1.5m 提升至 3m，墙体不稳定养护周期由 24h 缩短至 2h，大幅压缩工序间歇时间。工装可重复周转，无一次性耗材，契合绿色施工要求。

3.4 微型位移传感实时监测预警技术

为解决超高窄墙体砌筑失稳安全隐患，布设无线微型位移传感器：监测点位布置于墙体顶部、中部、构造柱交接三处关键变形区域；传感器实时采集水平位移、倾斜数据，后台预设安全阈值；数据超标自动声光预警，现场及时降低砌筑高度、增设临时支撑，从源头杜绝墙体坍塌安全事故。本监测系统无需复杂布线，电池续航满足全周期砌体施工，同

步形成完整监测台账作为省优验收影像资料。

4 现场施工实施流程与质量管控

4.1 总体标准化工艺流程

主体钢筋同步预埋构造柱纵筋→模板支设(方圆扣 + 双向斜撑加固)→主体与构造柱一次性浇筑→拆模高压水拉毛处理→测量放线→V 槽预留砌筑 + 铝合金夹持装置分层支护→布设微型位移传感器→实时监测墙体变形→V 槽填充弹性密封胶 + 玻纤抗裂层→面层找平抹灰→实测实量、影像资料收集。

4.2 样板引路与三检质量管控

严格执行广东省样板引路制度,先行选取 3 层典型密窗

间墙制作实体样板,组织监理、甲方、班组统一工艺标准,验收合格后方可大面积施工。

工序落实班组自检、工区互检、项目部交接检三级检查制度,每道工序留存影像、实测数据,资料同步上传创优资料台账,满足省优质结构复评资料核查要求。关键控制指标:构造柱定位偏差≤2mm;砌体垂直度≤3mm;V 槽密封无断点;墙体位移监测值低于预警阈值。

5 技术效益对比与工程应用成效

5.1 新旧工艺指标对比表

采用新工艺后,各项指标对照旧工艺有如下表现,详见

表 2 新旧工艺指标对比表

对比指标	传统马牙槎二次施工	本文无马牙槎一体化技术	改善幅度
单层窗间墙工期	10 天	3~4 天	缩短 60%
外墙渗漏点位	常规多发	减少 90%	渗漏隐患大幅消除
单层施工综合成本	107540 元	81423 元	节约 24300 元 / 层
单次砌筑高度	1.5m	3m	提升 100%
建筑垃圾产量	大量马牙槎剔凿废料	无剔凿工序	减量 70%
高空失稳风险	高	全程监测预警	基本消除

5.2 经济效益测算

本项目五栋厂房多层密窗墙区域全面应用本成套技术,累计节约施工成本约 119 万元,减少后期外墙防水维修投入;同时工期压缩保障节点按期达成,避免工期违约罚款,间接经济效益显著。工装、模板均可周转,无一次性耗材增量,长期多项目复用可进一步摊薄投入成本。

5.3 社会效益

安全效益:微型位移监测系统消除高窄砌体坍塌风险,减少高空交叉作业频次,项目获评广东省安全文明示范工地;

绿色效益:取消马牙槎剔凿、减少混凝土二次浇筑机械投入,建筑垃圾大幅减少,降低施工碳排放;

科研效益:依托本技术形成《一种砌体砂浆带模板加固装置》实用新型专利、密窗密柱厂房施工省级工法、永临结合道路专业期刊论文,完成广东省建筑业协会科技进步奖申报,形成完整施工科研成果体系,为行业提供成套标准化施工参考。

6 结论与展望

6.1 主要研究结论

无马牙槎构造柱与主体同步一体化浇筑工艺,可彻底消除传统二次施工带来的工期滞后、马牙槎渗漏、植筋扰动等多重质量通病,适配横琴片区超高密集窗洞厂房施工条件。双层抗裂体系有效弥补无马牙槎机械咬合力缺失,解决砌体-混凝土界面温差开裂行业通病。可周转铝合金夹持工装与无线位移传感监测组合使用,同步提升砌筑效率与施工安全,形成双重保障。结合全过程影像、监测台账,完全满足广东

省优质结构、新技术示范工程创优资料要求,成套技术兼具工程实用性与科研产出价值。

6.2 技术推广适用范围

本成套施工技术不受地域、厂房层高限制,可广泛应用。多层 / 高层标准化产业园厂房、生物医药生产车间、带密集外窗工业综合体、大开间密柱商业建筑。对于沿海多雨、温差大区域外墙防渗提升效果尤为突出。

6.3 后续优化展望

现阶段工装为铝合金装装配式构件,后续可进一步轻量化改良。位移监测系统可对接项目智慧工地平台,实现数据云端自动汇总分析。同时可针对超高层剪力墙住宅窄窗墙场景拓展工艺适配性,形成全建筑类型通用施工标准。

[参考文献]

[1]GB 50203-2011 砌体结构工程施工质量验收规范[S].

[2]广东省住房和城乡建设厅. 建筑业新技术推广应用工作通知 (2025) [Z].

[3]李刚. 高层厂房砌体墙防渗漏施工技术研究 [J]. 工程技术, 2024.

[4]王浩. BIM 技术在产业园密集外墙深化中的应用 [J]. 建筑施工, 2025.

[5]中建五局. 密窗密柱分布多层超高厂房结构施工关键技术成果评价报告 [R]. 2026.

[6]广东省房屋建筑工程质量样板引路工作指引(粤建质(2010) 485 号) [Z].