

轻量化建造平台在房屋建筑工程中的应用

杨 毅 林俊涵 陈 威 许玉锋

中建海峡建设发展有限公司 福建福州 350015

摘 要：建筑工业化已成为行业转型升级的核心方向，旨在解决传统施工模式下的效率低下、质量不稳定、安全隐患突出等问题。轻量化建造平台为建筑行业带来了新的变革。本文通过将轻量化建造平台应用到实际房屋建筑工程中，通过对其智能建造平台基础及主体安装、类工厂化建设-防护顶棚系统设计及装备集成-外墙喷涂机器人应用研究，为建筑行业的轻量化、智能化转型提供了切实可行的技术路径和实践参考。

关键词：轻量化；建造平台；房屋建造

一、工程概况

位于福州市晋安区某项目，框剪结构，建筑面积共101000.06m²，地上共7栋住宅，1#、2#楼26层、3#、5#楼21层、6#楼25层、7#、8#楼26层，6栋一层附属楼，上部建筑物面积共81247.08m²。

二、轻量化建造平台系统

轻量化建造平台系统是一种基于模块化设计、数字化协同和智能化管理的建筑工业化解决方案，旨在通过标准化构件、高效装配技术和智能调度管理，实现建筑工程的快速部署、资源优化和低碳施工。

1. 架体介绍

架体宽度：桥架架宽：0.7m；挂架架宽：0.6m；架体高度：11.32m；主体与装饰装修施工均可升降；桥架下挂架布置3道脚手板，桥架上挂架布置1道脚手板；架体步高：2m；架体底盘1道翻板；操作层离结构距离：桥架300mm；挂架350mm；3层同时施工允许荷载

2kN/m²，2层同时施工允许荷载3kN/m²；架体提升方式：整体提升。

提升机功率：6×2.2kw/机位；提升速度：0-3m/min；单机位提升额定载重：13t（含架体自重）；采用电脑智能化控制技术，实现速度闭环、位置闭环双闭环控制；采用传感器控制每个机位荷载，当荷载超过设定值±15%时报警，超过±30%时停机，实现了全智能化自动控制；单个机位架体自重：4.5t（不含平台）；附着支座竖向间距：每2个建筑层高安装一道附着支座；防坠装置：每个机位安装2个防坠安全器；附墙支座与建筑物连接方式：采用强度8.8级、直径M24穿墙螺杆；每次提升层数：主体结构施工：1层（可2层），装饰装修施工：依施工需要；防坠安全器制动距离：0.2m-0.3m。（见图1）

2. 同步控制

轻量化建造平台控制系统主要分为两个部分，主控

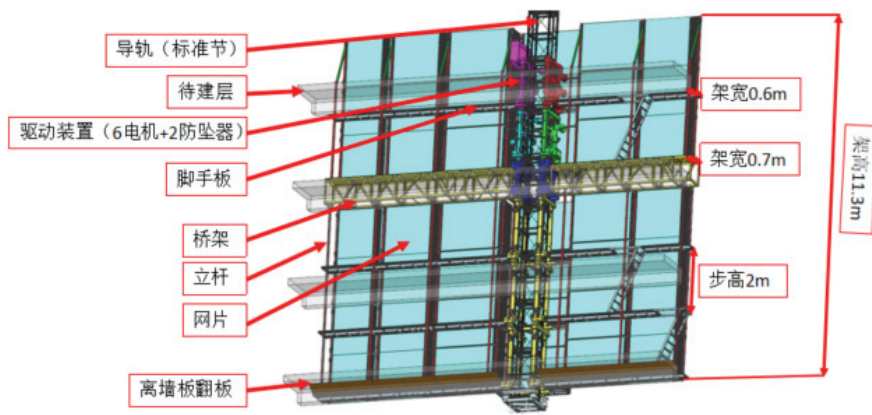


图1 架体立面示意图

制柜与副控制柜。主控制柜为命令接收端与逻辑控制端，配有控制系统PLC。副控制柜为命令执行端与电机驱动端，配有驱动系统变频器。通过速度闭环、位置闭环双闭环控制，使得每个机位架体升降高度同步。

3.防坠控制

轻量化建造平台借鉴传统施工架体，采用双控防坠安全器来实现防坠控制。

(1) 双控防坠安全器机械工作原理: 防坠安全器通过齿轮轴上的齿轮与机位导轨齿条啮合, 随架体运行, 保证架体出现不正常超速运行时及时制动, 将架体制停。

(2) 双控防坠安全器多点同步触控工作原理: 针对多导轨的大型施工建造平台, 多点同步触控安全器群中的任意一台安全器触发后, 其余安全器会在 50ms 的延时效内同步触发, 保证建造平台各单元之间实现平稳制动。

4. 超载保护装置

通过在上挂架套架（安装电机）与桥架套架直接安装四个传感销轴，桥架套架承受平台载荷重量，平台载荷重量的变化将转换为销轴形变电信号大小，控制系统检测到建造平台超载时，系统立即输出报警，禁止运行。

5.防冲顶控制

防冲顶装置即在机位导轨顶部安装安全节。安全节没有齿条,可以保证建造平台各立柱不会出现冒顶的情况。

6. 限位控制

机位导轨底部安装有下限位碰块和下极限碰块, 双重保障防止架体下行时蹶底。机位导轨顶部安装有上限位碰块和上极限碰块, 双重保障防止架体上行时冲出导轨。

7. 安全计算

采用有限元分析方法对轻量化建造平台桥架和架体构架、套架、导轨标准节和附着支座、基础底座等进行分析,结果符合设计要求。

三、轻量化建造平台在施工中的应用

轻量化建造平台以项目6#楼应用为例。

主体进度：7层；建造平台：完成智能建造平台主体安装（动力升降系统+上防护架系统+水平空间桁架+下挂架系统），覆盖3.5个施工层，满足建筑主体施工操作与防护需求。

1. 施工准备

(1) 项目部共召开平台研发应用相关会议近20次。其中,设计类研讨会议3次、装备集成应用拓展会议3次、标准化试点交流会议2次、示范应用与精益建造专题会议2次。

(2) 2024年9月,组织进场施工筹备交底:明确组织分工与管理监督机制,同时,部署进场安装工艺、解析施工重难点以及施工过程控制方面技术要点、注意事项、常规问题解决方案等。

(3) 同年10月, 组织同步控制电控系统操作交底;

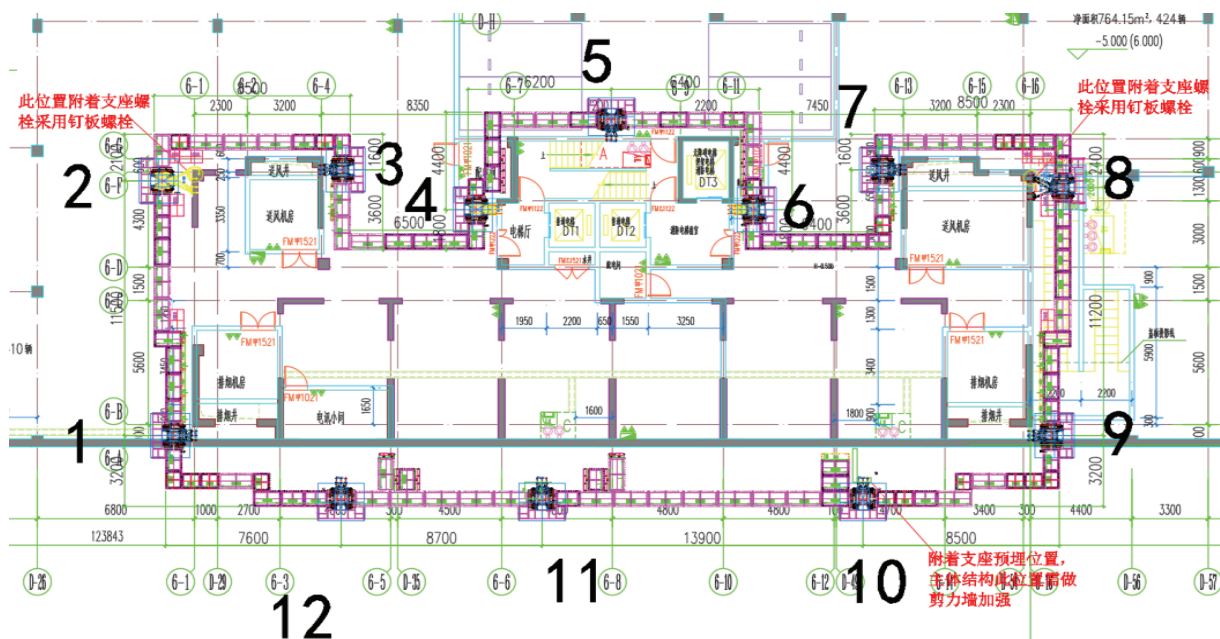


图2 基础安装示意图

对整套控制系统的面板控制、参数设置、单机控制，多机联动，以及常见控制问题解决与注意事项，进行详细交底。组织建造平台首次提升安全技术交底：组织管理人员分工，协调监督并做提升前工作重要讲话。

2. 基础安装

共设置12个机位，1-9号机位在地下室顶板上（预制基础做法），其中1、9号机位局部在地下室外墙外，8、10-12号机位在地下室外墙外冠梁位置（现浇）。（见图2）

（1）1#承台基础做法：在地下室外墙上，有2100*700mm部分是在地下室以外，该区域在做地下室顶板时同步做2100*700mm的挑板；机位基础采用预制承台，承台混凝土强度不低于C30。

（2）9#基础承台做法：9#承台架北侧有个高950mm的台阶，承台位于台阶底部，尺寸为1700*1700*400mm。在地下室外墙上，有1700*500部分是在地下室以外，该区域在做地下室顶板时同步做挑板；机位基础采用预制承台，承台混凝土强度不低于C30。

（3）南侧10#、11#、12#基础平台做法：承台位于地下室顶板以外，基础施工阶段管桩和冠梁作为地下室支护，计划在冠梁顶部现浇2400*2100mm平台，优化直接现浇至回填土面层，避免基础积水以及二次回填问题。

（4）基础定位：12个机位，呈现1-7、8、9、10-12四个不同的基础高低差，施工主控制线就纵横两条，如何精准定位以及桥架闭合是该施工的两大重难点。

（5）基础吊装：预制基础重达3.3吨，7号机位的基础吊装趋近QTZ125的吊装承载极限，辅助25T吊车采用双机台吊的方式辅助吊装，采用钉板螺栓代替对通长螺杆，避免危险作业的风险。

3. 架体安装

安装流程：放置预制基础—安装基础架（工厂集成）→安装桥架→安装动力总成（工厂集成）→安装上防护架（闭合与调试）→安装下挂架。

（1）桥架闭合：以8号机位为起点，逆时针（8-1-12-10）进行桥架拼装，安装上防护架，进行11个驱动总成联动并调试，提升至9号机位统一水平面闭合，局部偏差通过顶托+预制基础微调。

（2）变形复核：对架体悬臂结构挠度测量，下挠14mm，满足水平架体悬挑端最大挠度值 ≤ 2 倍悬挑长度的1/400（29.5mm）且 ≤ 40 mm的要求，架体5次提升，相邻机位高低差均在1cm自动纠偏。

（3）垂直度复核：前后倾斜：顶托+附着丝杆；左右倾斜：顶托+附着丝杆+手拉葫芦，两层一次调垂直，控制12个机位垂直度偏差全部在1‰内。

4. 类工厂化建设—防护顶棚系统设计

通过平台顶部加设自动伸缩防护顶棚，伸缩雨棚在立面上呈一斜角，避免积水在雨棚上堆积；雨棚与滑动件连接，使其能够在导向绳在滑动，通过链条驱动末端滑动件，实现雨棚的闭合和开启。（见图3）

5. 装备集成—外墙喷涂机器人

系统方案设计：采用双层单导轨引智能喷漆机器，设备整体结构由三部分组成：上下单轨式导引车、高压喷涂机构以及整机控制系统。

①精确灵活的运动定位控制功能；②精细化喷涂控制功能；③人机协同多模控制功能；④涂料液位监测报警功能。

轨道导引承重车采用上下双轨组合形式，双层导引

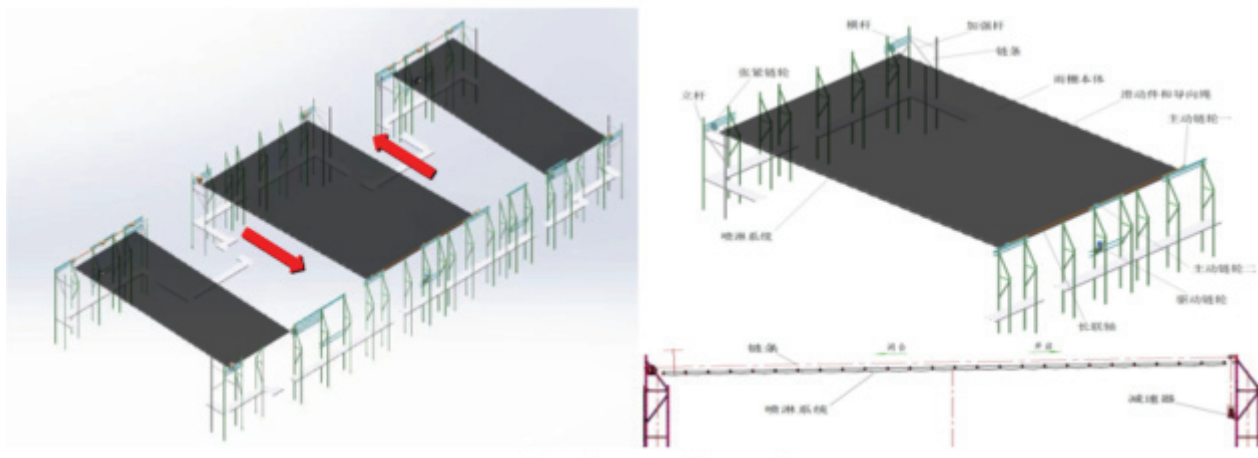


图3 防护顶棚系统组成图

保证设备整体运行平稳,不会倾覆,单轨形式可增强其转弯顺滑性,提高弯道通过能力。

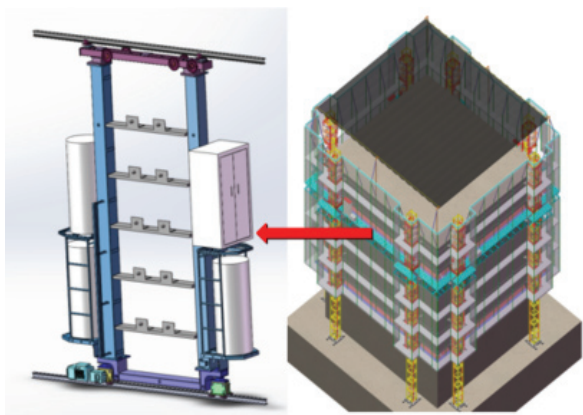


图4 外墙喷漆整体方案图

6. 架体拆除

将建造平台下降至底部,拆掉与拔杆干涉的架体零部件,将拔杆吊装安装到架体上,通过拔杆拆除机位标准节及附着支座,高度降至25T吊车覆盖范围后,采用25t吊车继续拆卸架体。待塔吊拆除,施工电梯位置架体拆除避让施工电梯后,轻量化建造平台即可下降至地面辅助装饰装修施工。平台需拆除时,可将平台下降至最低位置,吊装辅助配合拆卸架体:

(1) 依次拆除下挂架网片→松开下挂架立杆支座连接螺栓→下挂架体→下挂架套架;

(2) 下降架体至最低位置,依次拆除上挂架顶部两道网片及立杆拉杆→上挂架脚手板→上挂架内立杆;

(3) 安装拔杆:通过吊装将拔杆安装至桥架上;

(4) 拆除标准节、附着支座、电缆导向装置:将架体提升至一定高度后,借助拔杆,从上往下拆除标准节和附着支座,并将拆卸下来的标准节和附着支座放置桥架上,下降桥架至最低位置后,将标准节和附着支座吊

放至地面上。拆除标准节的同时拆除附着支座和电缆导向装置;

(5) 依次拆除上挂架网片和立杆→吊装辅助拆除剩下零部件。

结论

轻量化建造平台在房屋建筑工程中的应用具有以下优点:

1. 多功能:既能用于主体阶段施工,又能用于装饰阶段施工,还能用于城市更新外墙施工;

2. 爬升速度快:一次安拆,多功能作业,升降速度为3.8米/分钟,是爬架升降效率30倍,是同类造楼机升降效率的100倍;

3. 重量轻:其构件大量采用355高强钢和铝合金,总重量是同类产品的1/2;

4. 安拆速度快:全装配安拆,大幅提高安拆效率,降低安拆人工成本,比爬架复杂,反而更快;

5. 更安全:采用齿轮齿条爬升技术,相较电动葫芦及液压方式,设备运行更安全。

参考文献

[1] 张建平, 刘强, 王静. 基于BIM的智能建造技术在工程施工中的应用研究[J]. 土木工程学报, 2020, 53(4): 1-12.

[2] 刘占省, 徐瑞龙, 王竞超. 智慧工地系统架构与关键技术[J]. 施工技术, 2021, 50(2): 1-6.

[3] 中国建筑业协会. 中国智慧工地发展报告2022[R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2022.

[4] 住房和城乡建设部. 关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见[Z]. 2020-07-28.