

附件 2

恒申集团总部大楼

一、基本情况

(一) 项目概况

恒申集团总部大楼位于福州市长乐区航城街道和谐路东侧，清醮路南侧，凯歌路北侧地块。本工程总建筑面积为42972.70平方米，其中地上建筑面积24103.47平方米，地下建筑面积18869.23平方米。地上13层，主要功能为商业和写字楼，地下2层，主要功能为车库及设备用房。本工程上部建筑形体以“协同合作，循环永续”设计理念，将四个体块穿插堆叠，通过悬挑与体块的错动，形成了塔楼的主体。总建筑高度68.85m，为高层建筑，采用全装配（少墙）钢框架体系。本项目于2023年4月通过装配式建筑设计阶段评审，目前项目处于竣工验收阶段。



图 1 恒申集团总部大楼效果图

(二) 装配式建筑主要技术指标

本工程采用全装配（少墙）钢框架体系以及双钢板混凝土组合筒体剪力墙，应用全专业 BIM 一体化协同设计以及可追溯管理系统，装配率为 78%，达到《福建省装配式建筑评价管理办法（试行）》（闽建〔2020〕4 号）规定的二星装配式建筑标准。

(三) 参建单位

建设单位：恒申控股集团有限公司

设计单位：福建省建筑设计研究院有限公司

施工单位：中建科工集团有限公司

监理单位：福建省中福工程建设监理有限公司

深化设计单位：中建钢构广东有限公司

部品部件生产单位：中建钢构广东有限公司

二、项目应用的装配式建造技术及特点

(一) 全装配（少墙）钢框架体系

我国目前处于建筑业节能减排、结构优化、产业转型升级期。近年来，国家及各级地方政府轮番出台了装配式建筑的产业政策，全国上下出现推广建造装配式建筑的热潮。现阶段，预制混凝土和钢结构是两种主流的装配式结构。相较于装配式混凝土结构，经过精心设计的钢结构建筑具有“轻，快，好，省”的优点，装配式程度高，是天然的装配式建筑。同时装配式钢结构建筑是一种高性能、高效率、低能耗、低排放的绿色低碳建筑结构，具有节地、节能、节水、节材、工业化程度高等特点，具有明显的绿色循环低碳的生态效果，符合绿色建筑及向智能制造数字化转型国家发展战略。

本项目结构体系为全装配（少墙）钢框架体系。框架柱主要为矩形钢管混凝土柱，局部为箱型钢柱；框架梁及次梁

均为型钢梁；筒心内钢板剪力墙采用的是双钢板混凝土组合剪力墙；楼梯为钢楼梯；楼板采用免支撑的钢筋桁架楼承板。上部结构施工过程中无需搭设模板，钢构件均在工厂加工完毕，现场实现了楼板免支模免支撑快速拼装，有效减少项目施工工期。

(二) 一种 L 形双角码装配加劲的双钢板混凝土组合剪力墙 (ZL 2021 2 2426274.5)

本项目筒心内剪力墙采用的是双钢板混凝土组合剪力墙。如何确保外包钢板和内填混凝土形成整体，防止两者相互分离，并确保施工往钢板墙内浇捣混凝土时，对钢板侧壁产生的压力不使钢板往外鼓曲、变形，是双钢板组合剪力墙设计的关键点。为了解决上述问题，提高生产效率，实现机器自动焊接，减少能源消耗，降低现场施工的复杂程度，降低工人的劳动强度，现提出一种 L 形双角码装配加劲的双钢板混凝土组合剪力墙。

L 形双角码装配加劲的双钢板混凝土组合剪力墙，外包钢板与混凝土的连接采用 L 形角码焊接，解决钢板组合剪力墙的钢板与混凝土的连接。同时两片外包钢板也通过 L 形角码装配时对扣连接成一体，受到向外的力或施工中液态混凝土压力时，L 形角码对扣可以承当这个向外的拉力，解决了混凝土浇捣时爆板的安全问题。但是装配时钢板外受到向内的压力时，对扣角码会松开无法受力，钢板容易向内变形，钢板的间距和装配好钢板墙的厚度没有得到控制。因此，同时还发明了一个装置，用于限制两块钢板的间距以确保剪力墙的厚度，该装置由高强度的钢筋加工弯成马凳筋，如图 2 所示，装配时可以向内压发生变形让角码便于对扣，松开马凳筋回弹使得角码扣紧，保证钢板的设计间距及墙厚度。

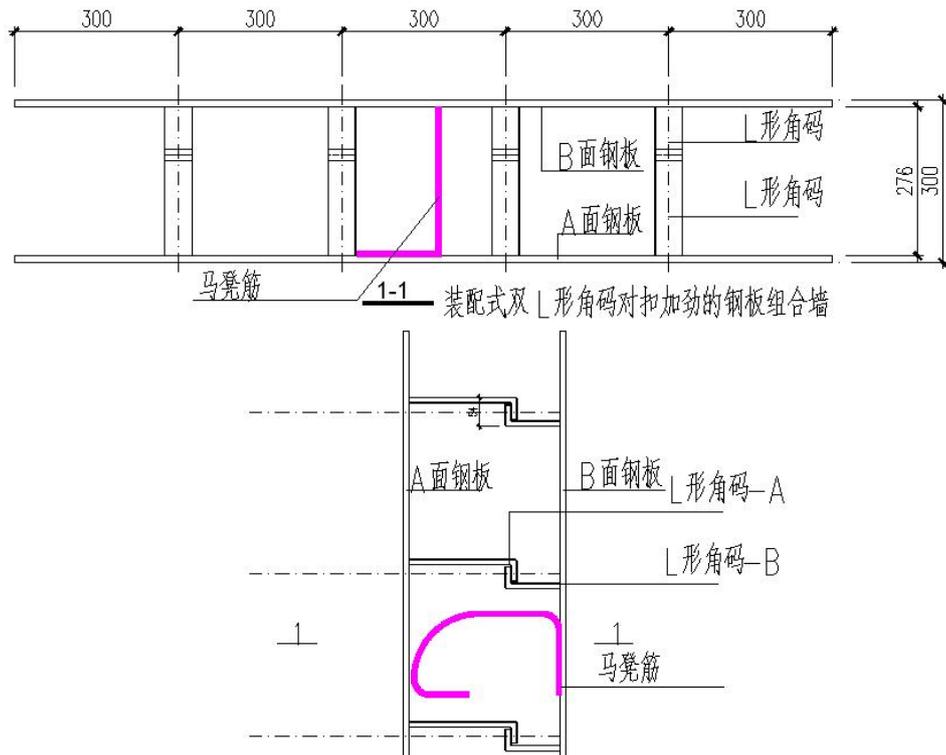


图 2 L 形双角码装配加劲的双钢板混凝土组合剪力墙示意图

钢板与 L 形角码的焊接可以采用人工或焊接机器人自动化生产。现阶段，成熟的工业自动焊接机器人设备很多，设备经过简单改造，双 L 形角码扣合装配加劲的双钢板剪力墙在工厂自动化生产，可以大幅度提高生产效率。

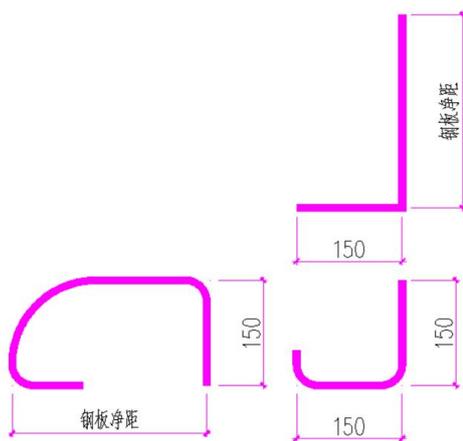


图 3a 马凳筋三视图

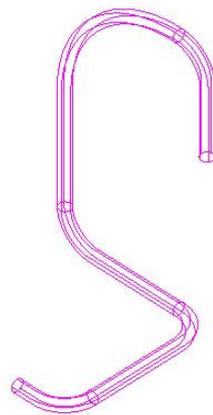


图 3b 马凳筋透视图

(三) 钢筋桁架楼承板的应用

本项目上部各层楼板均采用钢筋桁架楼承板。钢筋桁架

楼承板以钢筋为上弦、下弦及腹杆连接成钢筋桁架，钢筋桁架与底板通过电阻点焊连接成整体进行组合承重。钢筋桁架楼承板直接支撑在钢梁上，本身既是混凝土楼板的受力筋，也是楼板混凝土楼板的模板，同时可承受施工过程中的混凝土自重及施工荷载，节省搭设支撑、支模及拆模的人工，减少了人工费用，加快了施工进度，对降低经济成本和增加效率有很好的作用。此外，钢筋桁架楼承板实现了在工厂钢筋下料、成型和定尺，钢筋废料少，现场也实现了免模免支撑，可有效减少施工垃圾，绿色环保。

（四）全专业 BIM 一体化协同设计

本项目机电管线错综复杂，采用全专业 BIM 一体化协同设计，在设计阶段，建立了建模细度达到 LOD3.0 的全专业 BIM 模型，提供详细的节点设计 BIM 模型及碰撞检查报告，大大缩短了深化设计时间，减少了深化设计的错漏碰缺；施工阶段提供与装配式主体结构、装配式围护墙、装饰装修相关的深化设计 BIM 模型，建模细度达到 LOD4.0，实现构件安装零碰撞、机电管线安装零碰撞，提高施工效率，减少返工，节约成本的目的，为本项目装配式建筑建造管理提供助力。

（五）可追溯管理系统

本项目采用的可追溯管理系统，实现了钢结构模型的自动化处理，系统支持多种设计模型及数据（如 Tekla, Revit 等）的导入，且导入后模型信息无漏误。采用该系统可进行构件信息查看，可查询构件的基本信息，包括构件编号、构件名称、材质、几何尺寸、合同批次、生产批次等。

系统可进行可视化工期管理，支持 Project 文件导入，可直接动画模拟工程建造全过程。自动关联 Navisworks，实现

4D 深度施工模拟及流程碰撞分析，可以对施工方案可行性进行分析修改，并实时反馈修正结果，存储数据。平台在三维模型和进度的基础上，引入成本信息，实现工程量自动计算、成本自动分析、成本核算的功能，还能智能生产分析表格，进行成本预警，实现与 Excel 的双向关联。基础系统自带型材套料功能，可自动完成套料，并生成采购清单，支持第三方板材套料软件（SinoCam），可自动完成截面拆分和板材套料。

系统构件了过程数据采集框架，实现了条码解决方案。构件制作完成时，在构件上喷绘二维码，通过扫描二维码，查看构件尺寸、重量、加工、检验等信息，方便运输、安装过程重查看构件的信息，提高安装效率，便于构件溯源。



图 4 条码跟踪框架应用

三、项目实施情况

（一）全装配（少墙）钢框架体系

本项目采用全装配（少墙）钢框架体系，钢构件在加工厂制作，现场进行安装。其中筒心内钢板剪力墙采用的是双钢板混凝土组合剪力墙，每层核心筒有 4 组钢板剪力墙，每组由 5 面剪力墙组成。加工厂制作时将一组钢板组成一个整体，成型一个 C 型构件，现场直接进行核心筒整体吊装。



图 5 钢板剪力墙整体组焊



图 6 钢板剪力墙整体吊装

该做法减少了大量的现场竖向焊缝，提高焊接质量的同时大幅减少了工期。

本项目采用的全装配（少墙）钢框架体系，由于核心筒

也是钢结构构件，核心筒钢构件安装完成后直接进行外框构件安装，不受核心筒混凝土凝期的制约，实现了高层建筑的快速安装。



图 7 全装配（少墙）钢框架体系现场快速安装

(二) 一种 L 形双角码装配加劲的双钢板混凝土组合剪力墙

本项目的双钢板剪力墙连接键采用的是 L 形双角马，构件加工时分别在单侧钢板墙上逐个焊接角马，由于 L 形双角码连接键在水平方向上约束少，有一定的调节空间，有效解决了角马水平安装位置误差和焊接变形造成双钢板墙无法组装的问题。L 形双角码装配加劲与传统钢筋穿孔塞焊做法相比，减少了大量的组焊工作，大幅减短了构件加工工期。

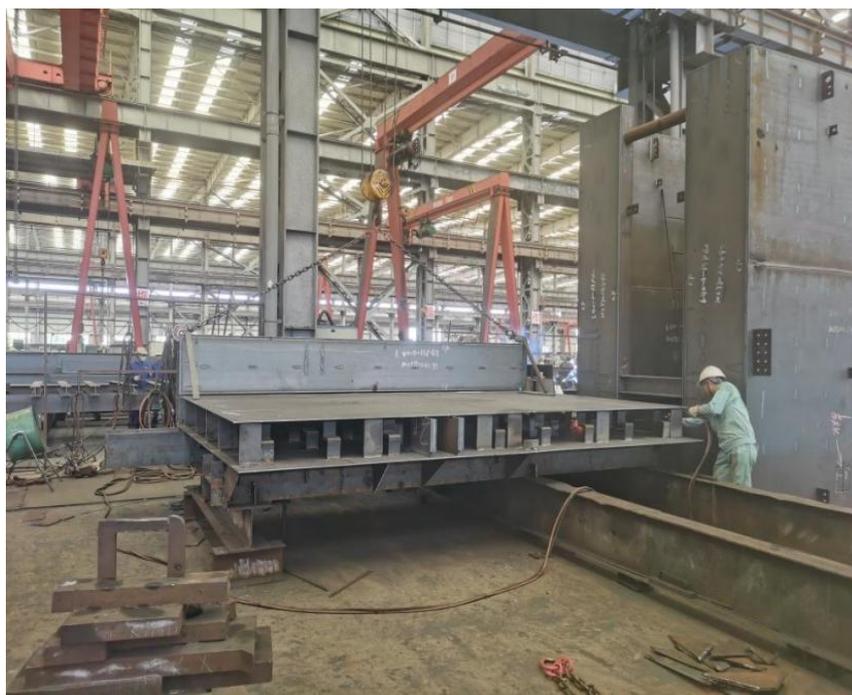


图 8 L 形双角码装配加劲钢板墙组焊

(三) 钢筋桁架楼承板的应用

本项目地上部分楼板均采用钢筋桁架楼承板，桁架板使用面积约 30000 m²。钢筋桁架楼承板在钢框架施工完成后即进行插入施工，楼承板施工完成后，仅需绑扎单向面筋即可进行混凝土浇筑。钢筋桁架楼承板在加工厂预制完成，现场直接进行铺设，无需搭设脚手架、模板，降低施工成本的同时提高了工效。



图 9 钢筋桁架楼承板施工

（四）全专业 BIM 一体化协同设计

本项目机电管线标高多变、空间关系复杂，为确保工程工期和工程质量，避免因各专业设计不协调和设计变更产生的“返工”等经济损失，运用全专业、全过程 BIM 技术，施工前先根据施工图纸，利用 BIM 技术进行图纸“预装配”，提前解决机电管线“打架”、净空不足等问题，基本实现施工中机电管线一次成型，减少了因变更和拆改带来的损失，极大提升效率，缩短工期，节约项目成本。

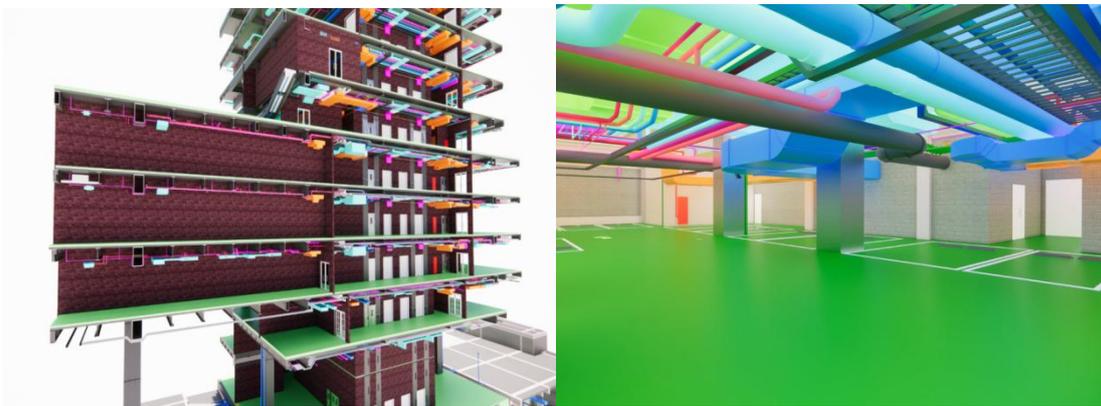


图 10 机电管线 BIM 示意图

（五）可追溯管理系统

本项目钢结构采用中建科工 BIM 管理平台（操控端命名为：“中建钢构 BIM 基础系统”），包含模型自动化处理、钢结构数字化建造、资源集约化管理、工程可视化管理、现代化终端应用五大功能。

该平台以钢结构全生命周期数字化管理为理念，总体思路是以产品工位信息化管理为基础，采用现代物联网数据采集手段，通过打造集成的 5D 平台，搭建钢结构全生命周期的数字化管理桥梁，最终实现可视化成本及工程进度管理。

钢结构全生命周期数字化管理该平台重要优势通过信息化手段对钢结构建造的“四个阶段”——设计、采购、制作、安装进行管理，达到为企业和项目降本增效的目的。

四、应用成效

（一）全装配（少墙）钢框架体系应用成效

本工程采用的全装配（少墙）钢框架体系减少了施工成本，显著降低了施工工期。地上部分 14 层钢结构仅用了 60 天完成施工，相比传统劲性核心筒+外框结构，减少 20% 的施工成本，降低 30% 的工期。

（二）双钢板混凝土组合剪力墙应用成效

本工程采用的 L 形双角码装配加劲的双钢板混凝土组合剪力墙，由于该连接结构简单，降低了构件的组焊难度，构件加工周期由原来的 30 天缩短为 18 天，大幅缩短了工期。

（三）钢筋桁架楼承板应用成效

本工程采用的钢筋桁架楼承板，免模免支撑，绿色环保，施工便捷，成本低。每层楼板施工工期缩短了 25%，施工成本降低 30%。

（四）全专业 BIM 技术应用成效

全专业 BIM 技术应用，拉通了设计、生产、施工的信息共享，打造出涵盖全生命周期数字化管理平台。本工程机电管线安装基本实现一次性成型，就基于全专业 BIM 技术的应用，与传统的工艺相比，安装更为精准高效，避免了大量的管线拆改，工期缩短了 10%，节约了大量的人力物力。