

装配式框架结构“钢牛腿支承+免支撑”快速施工工法研究

李翔, 姜首杰

(上海华新智慧装备科技有限公司, 上海 201799)

摘要 装配式框架结构领域的“钢牛腿支承+免支撑”快速施工工法属于创新建造技术, 这种工法将钢牛腿用作预制梁的临时支座, 可完成楼盖系统的免支撑施工, 提高施工效率。本文依托华新·中交数字智造港二期项目展开梳理, 分析该工法应用过程中的关键技术要点, 旨在减少传统支撑系统投入的材料和人工, 压缩项目工期, 保障施工质量和安全, 为类似装配式框架结构项目提供参考。

关键词 装配式框架结构; 钢牛腿支承; 免支撑施工; 吊装工艺; 精度控制

中图分类号: TU767

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.12.002

0 引言

在建筑工业化发展过程中, 装配式建筑拥有节能环保、施工高效等特点, 逐步成为建筑行业重要发展方向。在传统装配式框架结构楼板施工时, 往往需要搭设大量模板支撑模式, 伴随材料消耗大、工序复杂、工期较长等问题。华新·中交数字智造港二期项目针对这些情况, 创新采用“钢牛腿支承+免支撑”快速施工工法。该工法优化节点设计, 调整吊装工艺, 完成预制梁板快速安装, 省去传统支撑系统。本文结合该项目实践, 梳理该工法的技术原理、施工流程以及实际应用效益, 为同类工程积累理论参考与实践经验。

1 “钢牛腿支承+免支撑”快速施工工法体系概述

1.1 工程概况

华新·中交数字智造港二期项目坐落于上海市青浦区, 总建筑面积 63 007.58 平方米, 包括 10 栋研发楼和生产楼, 项目地下室使用框架-剪力墙结构, 地上主体为框架和框架-剪力墙混合模式, 各个单体均按装配式建筑标准施工, 预制率不低于 40%, 核心预制构件有预制梁、预应力混凝土双 T 板和预制楼梯, 双 T 板最大跨度 24.9 米, 单件最大吊重 7.49 吨。工程规模和结构特点, 让“钢牛腿支承+免支撑”工法得到实际应用的典型场景。

1.2 基本原理

该工法核心是利用预先固定在现浇柱上的钢牛腿, 承受预制梁荷载, 可以作为永久支座, 也可以作为临

时支座, 取消传统楼板施工中使用的满堂支撑架。预制梁吊装完成后, 直接搁置在钢牛腿上, 接下来施工预应力双 T 板, 让板材直接支承在预制梁的挑耳上方, 最终形成完整的水平受力模式。这种支承方式传力路径清晰, 各个节点受力明确, 能完成楼盖结构施工的“免支撑”作业, 简化现场工序。

1.3 适用范围与特点

此工法适用范围明确, 可用于柱网布置规整、竖向荷载清晰的工业厂房、停车场、各类公共建筑框架结构, 施工过程省去支模与拆模环节, 整体施工速度提高, 工期压缩幅度大, 施工过程可节约脚手架、模板类材料, 也可减少对应人工投入。项目整体投入更低, 现场作业空间更为开阔整洁, 支撑模式带来的空间拥挤问题消除, 安全隐患数量降低。预制构件由工厂完成生产, 工程质量可保持均匀统一, 生产与安装环节均可管控。

2 钢牛腿节点设计与施工关键技术

2.1 钢牛腿节点设计

深化设计阶段, 钢牛腿选用 Q235B 钢材制作, 构造由 20 毫米厚正立面板、16 毫米厚上平面板、12 毫米厚竖向加劲板焊接而成, 焊缝高度不低于 10 毫米, 具体尺寸及形状如图 1 所示。钢牛腿通过 $\phi 22$ 对拉螺栓和混凝土柱连接, 螺栓两端使用双螺帽防松, 设计过程中, 钢牛腿顶面标高要和预制梁底标高完全对应, 是保证预制梁平稳安装的首要条件。钢牛腿的平面定位和标高定位都要依照审核完成的深化设计图纸展开,

作者简介: 李翔(1987-), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 道路桥梁。

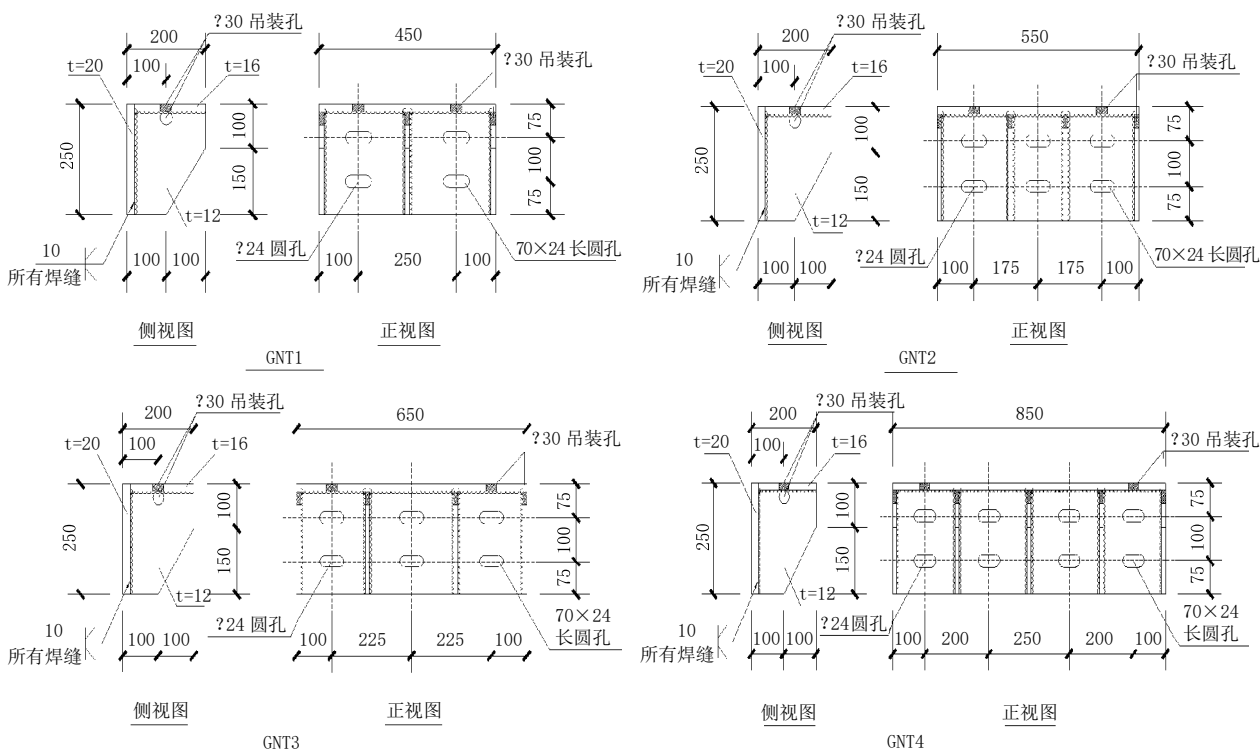


图 1 钢牛腿节点尺寸及形状图

微小偏差都会改变后续构件安装质量，危及结构安全，以钢牛腿为核心的节点设计，可提供可靠竖向支承，为快速施工留出技术空间^[1]。

2.2 钢牛腿精准预埋与安装技术

现浇柱模板安装校正完成后，施工人员参照预制梁定位图，在柱模板上精确放出钢牛腿安装位置和对拉螺栓孔位，再用专业工具钻孔，穿入 $\phi 25$ PVC 套管，柱体混凝土浇筑完成，模板拆除后，立刻进行钢牛腿安装作业。安装阶段，需要二次核对定位线，调整不同厚度垫片，保障牛腿顶面标高契合设计要求。最后用专用工具拧紧 $\phi 22$ 对拉螺栓，加装双螺帽锁定，规避螺栓松动。在整个作业流程中，测量作业和现场施工需配合到位，将每个钢牛腿的位置误差控制在规定区间以内，楼层后浇混凝土强度达到设计值的 75% 以上，才可依照预定顺序拆除钢牛腿，拆除作业保持缓慢平稳，防止冲击楼面结构。

2.3 质量控制与验收标准

钢牛腿安装完成后，要检测平面位置和顶面标高，检测为专项内容，各项偏差值必须符合现行规范要求。在实际施工过程中，质检人员借助精密仪器测量牛腿安装精度，重点核对和设计标高的吻合程度，装配式混凝土结构技术规程中有明确规定，预制构件安装时，

中心线位置偏差控制范围在 5 毫米以内，该标准可直接用于钢牛腿的安装验收^[2]。对拉螺栓的紧固程度、双螺帽防松措施的实际效果、焊缝质量，都属于必须检查的关键项目，每完成一道工序，相关人员都要及时填写质量记录，整理出可追溯的验收文件，使工程质量始终处于可控范围^[3]。

3 预制梁、板免支撑吊装工艺与精度控制

3.1 施工流程

预制梁板免支撑吊装工艺落地，需遵循严谨施工流程，流程从基层清理测量放线开始，施工人员在完工的结构层上，精准弹出轴线和控制线。进入钢牛腿复核阶段，要确认前期安装的支承系统位置符合设计要求^[4-5]，接下来进行预制梁吊装作业，把预制梁平稳放置在钢牛腿上方，完成初步校正。进行双 T 板吊装工序，让双 T 板两端板肋准确落在预制梁挑耳位置，主要水平构件全部就位后，立刻绑扎梁柱节点区域钢筋，封堵模板，最后铺设叠合层钢筋，浇筑节点混凝土，形成完整受力模式，整个流程各环节衔接紧密，任意环节施工质量，都会直接改变整体结构安装精度和结构安全性能。

3.2 预制梁吊装与就位

预制梁吊装作业需采用专业吊装方案，使用 2 根直径 26 毫米的钢丝绳分别挂设于预制梁预埋的吊环上。

起吊时应保证钢丝绳与水平面的夹角控制在45度至60度之间,以确保受力合理。当预制梁缓慢起吊离开地面50厘米至100厘米时,需暂停上升检查构件稳定状态,确认无异常后方可继续提升。吊装过程中应由专人统一指挥,做到缓起匀升慢落,保持构件稳定不偏斜。当预制梁吊装至安装位置上方时,操作人员需利用牵引绳调整方位,缓慢降落使梁端准确对准钢牛腿支承点。就位后立即检查支座接触情况,必要时通过微调整垫片保证梁体平稳。

3.3 双T板吊装与搁置

双T板采用4根6米长、直径26毫米的钢丝绳吊装,吊点按设计布置,水平夹角不小于45°。起吊前检查吊具与预埋吊环连接,确认四点均匀受力,防止偏载。构件缓慢离地,观察平稳后匀速提升,吊装全程塔吊运行平稳。就位时,在距作业层50厘米处暂停,用牵引绳调整方向,使纵肋对准预制梁挑耳并避开竖向钢筋,缓慢下落确保板肋准确搁置,实测搁置长度符合设计要求。跨度超4米的板在运输堆放时增设中间支点防变形,板缝采用8毫米厚钢板焊接,焊缝宽不小于6毫米,保证结构刚度,体现对构件保护与连接质量的重视。

3.4 安装精度控制系统

每层施工前,用全站仪、水准仪放线,弹出轴线、边线及标高控制线。竖向构件如墙板安装后,立即设置可调节斜支撑(调节范围±100毫米),配合水准仪、吊线锤和靠尺检测。以墙边线为基准,先调短支撑对齐平面位置,再调长支撑校正垂直度,确保偏差符合规范。每层完工后,用激光水平仪复测外墙板垂直度,防止误差累积。依据《装配式混凝土结构技术规程》(JGJ1-2014),中心线偏差≤5毫米,标高及接缝宽度偏差≤±5毫米,通过测量、调整、复核的闭环管理,保障结构安装质量与整体性能。

4 工程应用与效益分析——以华新·中交项目为例

4.1 工法应用实施

华新·中交数字智造港二期项目,应用钢牛腿支承结合免支撑吊装工法时,各项操作符合专项施工方案提出的组织要求。吊装作业启动前,项目团队完成详尽的施工技术交底、安全交底,管理人员、作业人员均可充分理解工艺流程、质量控制要点。施工阶段,现场投入4台塔吊,完成全部10栋单体的全部吊装作业。项目团队依照构件进场规划,依次安排预制梁,双T板的运输、安装。在吊装作业推进过程中,项目团队重点确认钢牛腿标高复核结果,核对预制构件进

场验收信息,校正构件就位位置,每一项关键环节都有专人跟进,构件吊装完成后,项目团队检测安装精度,调整偏差数值,保障每一片预制梁、每一块双T板均可准确定位,节点区域后浇混凝土浇筑前,完成隐蔽工程验收,这套工法可在实际操作中平稳推进,结构安全也获得保障。

4.2 效益对比分析

免支撑工艺采用可重复使用的钢牛腿替代传统满堂支架,虽需增加钢牛腿的预制(含钢材采购、焊接及防腐)与安装成本,但该投入通过多次周转摊销后,其费用远低于传统支撑体系的租赁及人工支出,显著降低了措施项目总成本。施工阶段应用该工艺,可省去支撑搭设拆除环节,加快标准层施工节奏,压缩项目整体施工时长,作业空间得到优化,场地拥挤情况减少,安全文明施工管理可顺利推进。此外,工厂批量生产预制构件,构件质量稳定。现场安装环节,平整度、尺寸偏差均可控制在规范允许范围内(中心线偏差≤5毫米),工程整体质量得到保障,工业化建造的技术经济优势得到清晰展现。

5 结束语

装配式框架结构“钢牛腿支承+免支撑”快速施工工法通过创新的节点设计与精细化的吊装工艺,有效解决了传统施工中支撑系统复杂、工期长等问题。华新·中交项目的成功应用表明,该工法在提升施工效率、降低成本、保障工程质量方面具有显著优势。未来,可进一步结合BIM技术深化施工模拟与精度控制,推动该工法在更广泛工程项目中的应用。同时,针对复杂结构形式及高抗震设防要求,仍需加强相关节点的力学性能研究,以提升工法的适用性与可靠性。

参考文献:

- [1] 钱斌,毛小勇.装配式钢牛腿偏心受压力学性能试验与有限元分析[J].科学技术与工程,2021,21(21):9050-9058.
- [2] 李龙,李建军,尹倩倩,等.新型摩擦基钢牛腿支撑系统在柱置换中的应用研究[J].城市建筑,2025,22(10):206-209.
- [3] 刘伟.钢牛腿+贝雷桁架支撑体系的设计及应用[J].云南水力发电,2023,39(03):164-169.
- [4] 钱斌.装配式钢牛腿抗震性能研究[J].江苏建筑,2021(02):36-38.
- [5] 吴钊毓.改进型装配式钢牛腿抗火性能研究[D].苏州:苏州科技大学,2021.