

厂房预应力双 T 板及倒 T 梁装配式施工技术

郎占鹏*

建泰建设有限公司, 广东 珠海 519000

DOI:10.61369/ETQM.2026040012

摘 要 : 珠海平沙电子电器产业园项目位于金湾区高栏港装备制造区, 是珠海市 5.0 产业新空间示范项目, 体量大, 单位工程多, 工期紧迫, 采用常规现浇混凝土厂房, 难以满足交付时间要求。经综合分析, 厂房楼面结构采用预制梁、预制双 T 板全免支撑装配式框架结构体系。经实践研究表明, 采用此全免支撑装配式框架结构体系, 应用效果显著。由于无内支撑模架体系, 在一层结构叠合层施工完成后, 即可插入维护结构和安装工程的施工, 缩短的施工工期; 通过大量采用预制构件, 提高了主体结构外观质量; 施工过程中无内支撑, 节约了大量架体、模板等周转材料及搭拆人工费, 符合节能环保的绿色施工理念。

关 键 词 : 工业上楼; 高层工业厂房; 装配式; 预应力双 T 板

Prefabricated Construction Technology for prestressed Double T-plates and Inverted T-beams in Factory Buildings

Lang Zhanpeng*

Jiantai Construction Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract : The Zhuhai Pingsha Electronic and Electrical Industry Park project is located in the Gaolan Port Equipment Manufacturing Zone of Jinwan District. It is a demonstration project of the 5.0 industrial new space in Zhuhai City, with a large volume, multiple unit projects, and a tight schedule. It uses conventional cast-in-place concrete factories, which are difficult to meet the delivery time requirements. After comprehensive analysis, the floor structure of the factory adopts a prefabricated beam and prefabricated double T-plate fully unsupported prefabricated frame structure system. Practical research has shown that the use of this fully unsupported assembled frame structure system has significant application effects. Due to the lack of internal support formwork system, after the completion of the construction of the first layer of structural composite layer, the maintenance structure and installation engineering can be inserted, shortening the construction period; By extensively using prefabricated components, the appearance quality of the main structure has been improved; During the construction process, there is no internal support, which saves a lot of turnover materials such as scaffolding and formwork, as well as labor costs for erection and dismantling, in line with the green construction concept of energy conservation and environmental protection.

Keywords : industrial upstairs; high rise industrial buildings; prefabricated; double-T plate type slab

平沙电子电器产业园项目是珠海市“产业第一”部署首批示范项目, 从开工到交付工期仅半年, 工期紧迫。由于项目工期紧, 为了满足交付要求, 施工前期策划采用以装配式结构为主的结构体系, 实现全过程免水平支撑施工, 楼面叠合层施工完, 即可插入二次结构及机电安装施工, 没有模架系统拆除的技术间歇, 缩短了整体工期, 一举解决了项目施工过程中的进度、质量、绿色施工等难题。

预制双 T 板装配式施工流程一般为: 图纸深化、工厂生产→首层现浇框架柱施工→二层预制梁安装→二层双 T 板安装→梁柱节点部位钢筋模板施工→二层叠合层施工→二层现浇框架柱施工→重复以上工序至屋面结构施工完成。现浇框架柱施工及预制构件安装是施工过程中的关键工序。

本文介绍珠海平沙电子电器产业园预应力双 T 板及倒 T 梁装配式施工技术, 解决预制构件设计、生产、运输、吊装问题, 并探讨装配式厂外立面围护结构选型问题。

一、工程概况

平沙电子电器产业园项目位于珠海市金湾区三虎大道西侧、番禺珠江钢管珠海有限公司北侧。地块东测为珠江钢管厂便道，西侧为海堤便道，北侧为中铁大桥局便道（此便道与用地红线间为规划市政道路）。项目占地面积约31.7万㎡，总建筑面积约73.7万㎡。项目总共包含34个单体,其中厂房A（小厂房）16栋、厂房B（中厂房）8栋，厂房C（大厂房）4栋宿舍、食堂、仓库、综合站房等共计6栋，建筑信息见表1。

表1 建筑信息表
Tab. 1 Building information table

名称	栋数	层数	首层层高 (m)	标准层层高 (m)	单层面积 (m ²)
厂房A	16	6	7.99	6	2543
厂房B	8	4	7.99	6	5287
厂房C	4	4	7.99	6	11819

其中厂房A和厂房B结构设计采用现浇混凝土框架柱、预制预应力混凝土倒T梁、预制预应力混凝土双T板的结构形式，厂房C采用现浇混凝土框架结构，柱网间距为8.7m×10.5m。A型厂房预制构件数约882件（每层双T板72块；每层预制梁75根）。B1型厂房预制构件数约1048件（二层双T板28块，三~屋面每层双T板156块；二层预制梁108根，三~屋面层预制梁148根）。B2型厂房预制构件数约1216件（每层双T板156块；每层预制梁148根）。预制构件合计数量23168件。预制梁最大重量为10.29T（0.4m×0.75m×10.5m），双T板最大重量为7.98T（宽度2.75m，跨度10.5m），典型构件参数见表2，典型双T板截面见图1。

表2 典型预制构件参数
Tab. 2 Typical prefabricated component parameters

构件名称	尺寸（宽×高×跨度）	体积（m ³ ）	重量（T）
双T板	2.75×10.5	3.26	7.98
	2.75×8.7	2.58	6.63
预制梁（倒L）	0.4×0.75×8.7	3.05	7.46
	0.4×0.75×10.5	3.68	9.00
预制梁（倒T）	0.4×0.75×8.7	3.48	8.53
	0.4×0.75×10.5	4.20	10.29

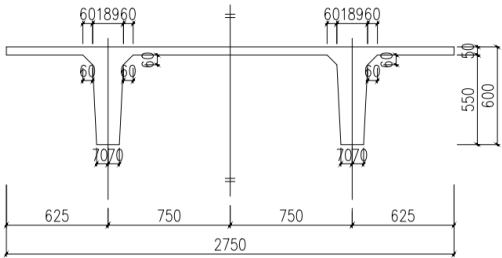


图1 典型双T板截面图
Fig. 1 Typical cross section of double T-plate

二、特点及难点

- 1.本工程预制梁最大重量为10.29T，自重较大，且属于多层多跨结构，安装最顶层中间跨构件时，对起吊机械设备要求较高。
- 2.本工程是多层厂房，不同于常规单层厂房吊装，施工过程

中现浇框架柱、预制构件吊装、楼面叠合层施工要穿插进行，安全管理工作尤为重要。

3.本工程为群体厂房，厂房与厂房之间场地狭小，构件在场地内的运输和堆放协调难度大。

4.安装精度高，为了保障预制梁能顺利安装到柱帽上，对现浇框架柱的定位、垂直度、标高要求较高，同时预制梁吊装时要求框架柱混凝土强度要达到要求。

5.本工程构件数量多、工期短，构件的生产、运输、场地内周转协调难度大。

三、设计关键技术分析

本工程为EPC模式，在设计前期，项目部与设计单位、建设单位及相关领域的专家根据厂房特点情况进行现场勘察、技术研讨、加工厂考察、现场实际场地策划等方面进行准备。经过反复研究技术、成本、施工、安全等方面情况，提出了免支模装配式建造施工方案。

本工程框架柱采用现浇钢筋混凝土柱，框架梁采用预应力倒T梁、倒L梁,楼面结构采用预应力双T板。使用预制预应力叠合梁，构件工厂预制，免除现场大面积模板工作，减少现场湿作业量，现浇柱牛腿支撑，可免设梁支撑；构件安装速度快，节点处理安全简单，加快工期。预应力双T板是板、梁结合的预制预应力钢筋混凝土承重构件，由宽大的面板和两根窄而高的肋组成。预应力双T板采用了高强钢筋和混凝土，承载力高、经济性好，有利于减轻结构自重，节约钢筋及混凝土用量；采用预应力技术，适合于大板跨的功能需求；耐久性好、承载可靠。双T板目前国际上最为广泛使用的预应力混凝土板类预制构件。

（一）框架柱、预制梁、双T板同步设计优化

本项目一共有24栋装配式厂房，其中16栋A型厂房、8栋B型厂房。在设计和深化过程中结合结构特点和便于构件制作和安装的原则将24栋厂房划分为A1~A16、B1/3/5/7、B2/4/6/8划分为三类，各种类构件根据结构特点进行拆分。相同类型的构件类型在深化过程中尽量将预制梁、双T板优化成几个种类，同时将柱、梁和板的钢筋进行系统的排布，绘制深化结构图，从而通过深化便于标准化的生产、安装和质量管控，典型柱网及双T板平面布置见图2。

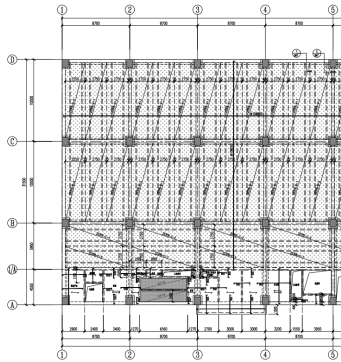


图2 典型柱网及双T板平面布置
Fig. 2 Typical column grid and double T-plate layout

（二）预制梁、双 T 板 BIM 可视化

结合本项目实际情况，采用 BIM 技术三维模拟：模具安装固定、预应力构件形状、钢筋布置、预应力钢筋张拉、预埋件预埋、混凝土浇筑、构件养护等详细的生产工艺，以及养护完成后车辆转运等待构件起吊位置、构件的脱模吊装、转运运输路线、运往的施工车间等，保证项目可行性、安全性。

（三）框架柱与预制梁、预制梁与双 T 板连接节点优化

在深化图设计过程中对于梁、板、柱的连接节点结合受力和便于施工的特点进行节点的设计优化。根据框架柱与预制梁连接的特点，在柱与梁的连接处设计柱帽，框架柱与预制梁连接节点见图 3；在主梁和次梁的连接部位设置加腋板和搭接处理节点；在梁与双 T 板的搭接处设置凸出节点和连接板，双 T 板与主梁连接节点见图 4。

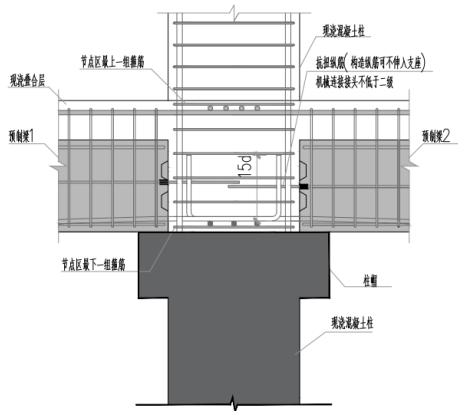


图 3 框架柱与预制梁连接节点

Fig. 3 Connection nodes between frame columns and prefabricated beams

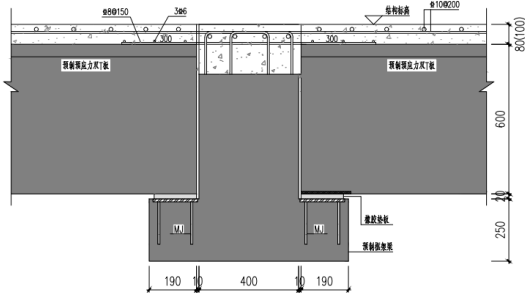


图 4 双 T 板与主梁连接节点

Fig. 4 Connection node between double T-plate and main beam

四、施工部署

A 型厂房每栋为 1 个施工区，每层分为 2 个施工段，2 个施工段之间组织流水施工。每栋配置 20 套柱钢模板。B 型厂房每栋为 1 个施工区，每层分为 3 个施工段，3 个施工段之间组织流水施工。每栋配置 25 套标准柱钢模板，外加 5 套变形缝处专用柱钢模板。

本工程施工程序：图纸深化、工厂生产→首层框架柱施工→二层预制梁安装→二层双 T 板安装→梁柱梁板连接节点部位封模→二层叠合层施工→二层框架柱施工→重复以上工序至屋面结构施工完成。

现浇框架柱、框架柱柱帽强度、预制梁及双 T 板吊装等是影

响连续性施工的关键因素。结合实际工况，增加现浇框架柱、构件吊装关键工序单日工作时长，对标准层进行 9 d / 层的施工进度是合理的，标准层施工进度计划横道图如图 5 所示。

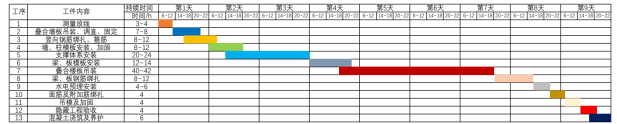


图 5 标准层施工进度计划横道图

Fig. 5 Bar chart of standard layer construction schedule

五、施工准备

（一）构件运输

预制构件的运输，主要分为两段运输：从构件厂出来到工地的运输；从现场中转场到施工现场的运输。预制构件采用高压蒸汽，24 小时强大达到 100%，即可出厂运输。

（二）构件进场验收

预制构件进场前应具有：产品合格证，预制构件混凝土强度报告等，且预制构件的外观不应有明显的损伤、裂纹。

预制构件进场时，预制构件明显部位必须注明生产单位、构件型号、质量合格标志；预制构件外观不得存有对构件受力性能、安装性能、使用性能有严重影响的缺陷，不得存有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差。

六、吊装施工

（一）机械选型

经选型比较后，本项目 A 型厂房及 B1 到 B4 厂房区域采用塔吊进行预制构件吊装，塔吊拟采用型号 W600 塔吊 6 台，STT603 塔吊 3 台，XGT600 型号塔吊 9 台，T8042 型号 2 台，ZTT8041 型号 2 台。以代表性的 A1 和 A5 厂房为例进行吊重分析：A1 和 A5 采用两台塔吊进行预制构件吊装，型号为徐工 XGT600，安装臂长 50m，起吊半径内最小起吊重量为 12T，吊装性能满足要求（见图 7）。

B5 到 B8 区域采用履带吊进行预制构件吊装，共设置 6 台 280 吨履带吊。履带吊位于厂房两侧进行吊装，中间跨主梁距厂房边 17.4m，距履带吊中心约 33.5m，屋面高 26m，此区域履带吊额定起重能力为 11.8t，大于最重构件重量 9.5t（见图 8）。

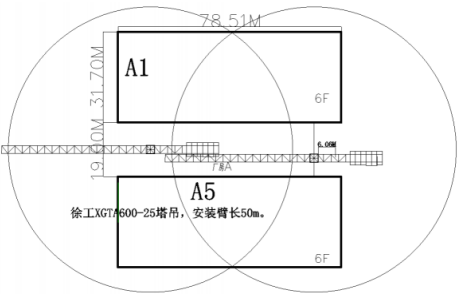


图 7 典型塔吊吊装平面布置图

Fig. 7 Typical tower crane hoisting layout plan

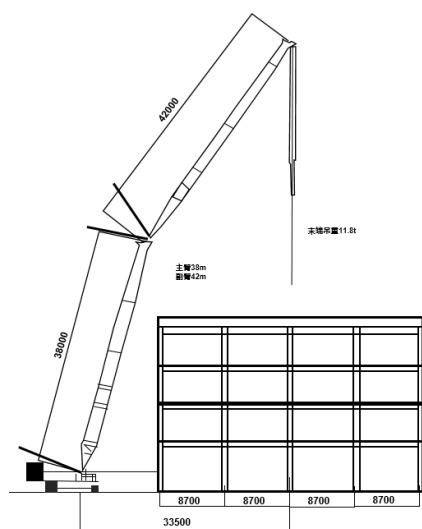


图8 典型汽车吊吊装平面布置图

Fig. 8 Typical layout plan for truck crane hoisting

(二) 预制梁吊装

柱子砼强度达到吊装要求→预制构件成品运输到位→成品卸货安放→预制梁安装。

1) 所有预制构件吊装前应检查预埋在构件内的吊环等是否完好无损,规格、型号、位置是否正确无误,然后进行试吊,试吊高度为离地300mm,稍作停顿,沿四周检查一圈,确认吊装连接是否可靠以及构件有无变化,一切正常后再正式起吊。

2) 预制构件吊装时,在构件合适位置(比如预留吊点)设置牵制溜绳,以便于控制构件的方向。

3) 叠合梁吊装过程中,在作业层上空500mm处略作停顿,根据叠合梁位置调整叠合梁方向进行定位。吊装过程中注意避免叠合梁上的预留钢筋与柱头的竖向钢筋碰撞,叠合梁停稳慢放,

以免吊装放置时冲击力过大导致损坏;

4) 叠合梁落位时,首先保证梁中心线与柱中心十字线对齐,调节叠合梁进入柱截面的有效长度,确保每侧达到1cm。

5) 叠合梁落位后,对梁底标高进行复测,同时使用水平靠尺的水平气泡观察叠合梁是否水平,如出现偏差,及时对叠合梁进行调节,确保标高和平整度控制在安装误差内。

6) Y向叠合梁落位前,需对其两侧牛腿下方支墩尺寸、间距、顶部标高及平整度进行逐一复核,同时Y向叠合梁两侧牛腿下部支墩混凝土强度等级需达到设计强度的90%。叠合梁落位后,需仔细观察Y向叠合梁与柱牛腿、叠合梁两侧牛腿下方支墩间的空隙及叠合梁自身的稳定性,如发现明显空隙,需采用木模板或高标号砂浆及时进行垫实,确保Y向叠合梁落位稳定可靠^[4]。

七、结论

平沙电子电器产业园项目中A1~A16、B1~B8#厂房采用装配式框架结构,其中楼板和梁分别采用预应力双T板、预应力预制梁,本工艺实现了全过程免支撑,加快了楼板施工进度,同时由于无内支撑主体结构施工完一层后即可进行二次结构和后续安装作业的施工,缩短了工期。大量预制构件采用工厂预制,提高了主体结构的质量,降低了主体结构通病防治率,同时免支撑体系节约大量的周转材料,符合绿色建造的理念。本工艺的使用取得了较好的效益,充分发挥了全免撑装配式整体式框架结构体系高层工业厂房的示范作用。由于本项目的外墙采用砌体结构,砌体施工时仍需搭设外架,在以后装配式厂房的推广应用,将重点研究厂外墙维护结构的装配式施工,实现外墙维护结构的装配式及免外操作架的施工方式。

参考文献

- [1]钱永久,杜彦良.交通土建结构长寿命安全保障的途径分析[J].中国工程科学,2017,19(6):6-11.(QIAN Y J, DU Y L. Analysis on ways of guaranteeing the safety of civil structures in traffic systems during long service lives[J]. Strategic study of CAE, 2017, 19(6): 6-11.)
- [2]CARRIÓN F J, QUINTANA J A, CRESPO S E. SHM of a stayed bridge during a structural failure, case study: the Rio Papaloapan Bridge[J]. Journal of civil structural health monitoring, 2017, 7(2): 139-151.
- [3]LIU Y F, NIE X, FAN J S, et al. Image-based crack assessment of bridge piers using unmanned aerial vehicles and three-dimensional scene reconstruction[J]. Computer-aided civil and infrastructure engineering, 2020, 35(5): 511-529.
- [4]刘宇飞,樊健生,孔思宇,等.多视角几何三维重建法识别工程结构缺损与变形[J].工程力学,2020,37(9):103-111.(LIU Y F, FAN J S, KONG S Y, et al. Detection of structural defect and deformation based on multi-view geometric three-dimensional reconstruction method[J]. Engineering mechanics, 2020, 37(9): 103-111.)