

大跨度超高钢桁架屋盖体系吊装技术

朱召 樊涛 王天娇 鲁凤龙 周春宏

中建一局集团建设发展有限公司

摘要: 钢桁架屋盖体系在高科技电子厂房当中的应用非常广泛。但同时大跨度钢结构桁架的安装施工需要进行严格的质量控制,以确保桁架吊装的稳定性和安全性,因此本文对大跨度钢结构桁架的施工技术进行研究。

关键词: 洁净厂房; 大跨度; 钢桁架吊装; 施工技术

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.05.232

一、大型洁净厂房工程特点分析

(1) 传统的钢桁架高空安装技术主要有两种方法,一种方法为采用塔吊直接吊装就位,该方法受塔吊自身因素以及环境因素影响较大;另一种方法为采用在需要安装的钢桁架下方搭设满堂脚手架作为安装钢桁架的临时支撑体系,该临时支撑体系在安装钢桁架全过程中承担结构自重及施工荷载,并通过现场拼装完成钢桁架的安装。由于需要搭设临时支撑体系,对工程施工进度以及施工成本影响较大,同时过多的高空拼装相比地面拼装,在焊接质量、成品尺寸等方面均较难保证,对工程施工质量造成影响。

(2) 上述两种吊装方式均不满足厂房项目的成本以及工期要求,我司历经多个项目履约经验,在本项目采用结构内预留施工通道+钢桁架地面拼装+大型履带吊整体吊装钢桁架的施工方式,并且取得了很好的效果。

(一) 工程背景

宁波灵芯微电子产业园一期项目位于浙江省宁波市浙江省宁波市北仑区项目规划一期用地面积约182280平米,总建筑面积为148471.66平米,1#生产厂房主要包括生产区及测试区组成。1号建筑长度为219.6m,宽度为132.6m,高度为25.74m(生产区)、29.85m(测试区),无地下室,生产区地上四层,结构类型为框剪+钢桁架。测试区地上六层,结构类型为框剪。生产区L30层为华夫板层,L40层为钢桁架结构,屋面为铺设Deck板后浇筑混凝土。测试区地上六层、屋面层,均为混凝土框架结构。

钢结构工程主要为1号建筑钢桁架屋面,屋面整体尺寸为201.6m×132.6m;屋面共计66榀桁架,分为高跨、中跨及低跨三种形式,其中高跨的跨度为27m,中跨及低跨的跨度为48m,桁架最重为50t。

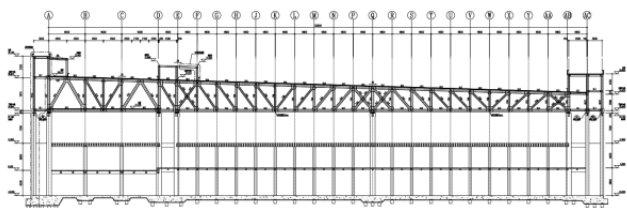


图1 屋面钢桁架立面图

(二) 重难点分析

(1) 屋面钢桁架跨度为48m和27m,单榀桁架最重为50t,桁架矢高5.048m~8.925m,桁架运输超宽,构件运输超限且大跨重型桁架现场施工困难。

拟将48m跨度桁架长度方向分为3段,所有钢柱脚与上部立杆为一个整体,钢柱预留牛腿,相邻钢柱之间的桁架为散件运至现场后地面拼接成整榀桁架后采用400t履带吊吊装。

(2) 桁架拼装完成后呈梯形,单榀最大重量为50t,采用1台400t履带吊进行整体吊装,梯形桁架重心偏离桁架中心,除构件卸车吊耳外,需合理设置4个吊点位置,吊耳受力宜相近,吊耳设计应满足相应点位受力需求。吊装作业时,须先进行试吊,确保钢丝绳承受的拉力相等。

(3) 钢桁架构件均为H型,在筏板上卧拼焊接时,H型翼缘均需立焊且焊接量较大,现场需制定相应管理措施,保证焊缝质量。

(4) 桁架下部净空7.39m,桁架间分布大量水平钢梁,需大面积高空作业,需制定相应高空安全防护措施,保证施工人员作业安全。桁架间水平钢梁均为铰接,桁架吊装前,在桁架上弦设置安全绳立杆并拉设安全绳,桁架下弦设置安全绳挂环并拉设安全绳。桁架与钢柱对接节点设置操作挂篮,焊接人员于挂篮内焊接作业。钢柱绑扎钢爬梯并设置防坠器,施工作业人员通过现场配备的升降车进入作业面或通过局部设置的钢斜梯上至作业面。

二、钢结构施工综合技术

(一) 施工总体部署

根据现场施工条件,主厂房结构内预留施工通道,对钢桁架进行分段,桁架散件加工运至现场后,在预留通道内完成拼装,拼装完的桁架为27m、48m、48m,由400t履带吊完成上述三跨桁架安装。剩余钢梁由塔吊配合的方式进行本工程钢结构屋面施工。

1. 深化准备

根据施工图确定钢构件重量范围:

(1) 桁架分段及重量:

48m跨度钢桁架长度方向每榀上下弦杆分为3段, 27m跨度钢桁架长度方向每榀上下弦分为2段; 桁架端柱和中柱根据桁架节点预留; 腹杆及竖杆均为散件。桁架间次梁及其余次构件不分段

(2) 次梁及支撑

桁架间次梁最重为3t, 水平支撑及垂直支撑最重为0.7t, 塔吊臂端吊重3.5t, 1#生产厂房布置4台塔吊, 塔吊70m覆盖范围内即可独立安装就位。

(3) 桁架端柱及桁架中柱

桁架柱不分段, 最重构件为7t, 由80t汽车吊进行安装就位。

2. 施工部署

(1) 在结构施工期间, 首层筏板施工完毕后F-P轴之间预留屋面钢结构吊装通道, 除通道区域外上部结构继续施工, L30层华夫板施工完毕后, 优先启动A3, A6, A12, B1, B4, B7, B10区域高大柱施工, 确保前锋线屋面桁架有序吊装, 前锋线区域高大柱施工完成后待达到设计强度后开始钢结构吊装施工。

(2) 区域划分: 钢结构屋面整体安排一家劳务, 由23轴向东西两侧分两家班组进行施工, 其中班组A区域划分12个流水段(P1区); 班组B区域划分12个流水段(P2区)。钢结构施工期间施工分区如下:



图2 钢结构施工流水段示意图

(3) 钢桁架总体跨度132m, 吊装时分为三跨, 高跨桁架跨度27m, 中跨桁架跨度48m, 低跨桁架跨度48m, 每跨桁架整体吊装。高跨桁架加工时上下弦杆均分为两段, 腹杆及斜腹杆分为散件运至现场; 中跨及低跨桁架加工时上线弦杆均分为三段, 腹杆及斜腹杆分为散件运至现场; 构件运至现场后, 拼装为27m、48m整榀吊装。先安装高跨27m桁架, 再安装低跨48m桁架, 最后安装48m中跨桁架, 拟计划上2台400t履带吊, 分别从中间向东西方向进行吊装作业。

(4) 根据结构分布和施工工期要求, 将生产厂房钢结构施工从23轴按东西方向划分为2个区域同步进行安装, 各流水线由独立吊装设备进行吊装施工。屋面桁架采用整体拼装后整榀吊装一次就位的方法安装, 东西两区各配备1台400t履带吊, 筏板浇筑完成后, 预留生产区P~F轴区域、测试区F~M轴区域为钢桁架吊装通道, 通道内履带吊行走区域铺设木模板及路基箱, 分段后的桁架使用板车转运至通道内拼装区域, 随后用50t汽车吊完成拼装, 完成后使用400t履带吊吊装, 桁架安装完成后, 使用塔吊安装次梁及水平支撑, 随后铺设楼承板浇筑混凝土, 随屋面封闭进度在室内华夫板上使用升降车进行涂装工程。

(5) 整体施工流程为: 根据桁架施工顺序, 塔吊配合汽车吊超前安装桁架端部钢柱→钢柱柱脚灌浆→桁架构件进场由板车转移至筏板预留通道拼装场地, 桁架间次梁及水平支撑构件由塔吊直接吊至华夫板上相应区域→汽车吊卧拼桁架→400t履带吊将桁架整体就位→塔吊安装桁架间钢梁等构件→桁架柱脚与钢梁之间焊接及螺栓安装采用升降车进行施工。

(二) 方案制定与实施

1. 预留通道准备

钢结构施工在筏板预留吊装通道, 生产区通道范围为P轴~F轴/1轴~43轴, 测试区通道范围为M轴~H轴/43轴~46轴, 生产区通道宽度为38m, 测试区通道宽度为29.4m; 通道范围内上部混凝土结构暂不施工, 待钢桁架安装完成后施工。

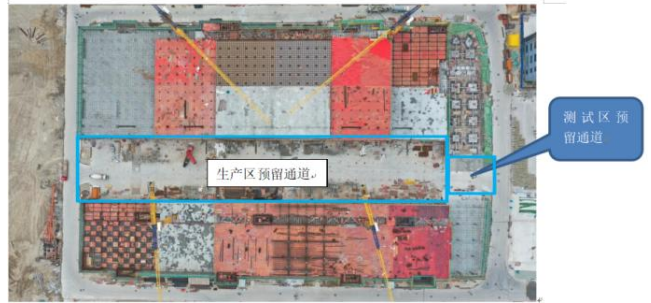


图3 钢结构施工预留通道

筏板面上履带吊行走区域铺设路基箱, 路基箱下方铺设钢板, 搭设成履带吊作业通道, 以保证履带吊的安全作业。主通道满铺20mm钢板, 钢板上铺设20mm厚路基箱(路基箱规格5m×1.8m); 除主通道外的履带吊行走路线根据行走顺序倒运铺设同规格路基箱及钢板; 其中铺设钢板主要是对筏板进行成品保护, 铺设路基箱主要是为了均布履带吊在吊装作业时对筏板产生的荷载。构件以及钢板/钢板倒运采用平板车及叉车。

2. 桁架拼装

拼装场地布置：现场拼装场地的布置采取就近原则拼装，便于主吊机吊装。本次考虑到拼装的安全性及高效性问题，计划采用卧式拼装。充分利用卧胎便于地样放线、起拱控制、作业高度低、效率高等特点，保证本工程的施工进度。

拼装胎架：现场拼装以筏板为操作平台，筏板上直接架设拼装胎架，并通过水准仪调整水平度，加设钢板调节水平度。胎架采HW300*300*10*15型钢。

3. 构件吊装验算

1) 吊点设置

27m跨度屋面桁架，采用两点吊装的方式；48m跨度屋面桁架，采用四点吊装的方式，为保证钢丝绳达到预期的均匀受力状态，其中1、2吊耳共用一根钢丝绳，3、4吊耳共用一根钢丝绳，1、2吊耳和3、4吊耳对称分布，因此两根钢丝绳承受的拉力相等，避免钢丝绳出现受力不均匀的现象：

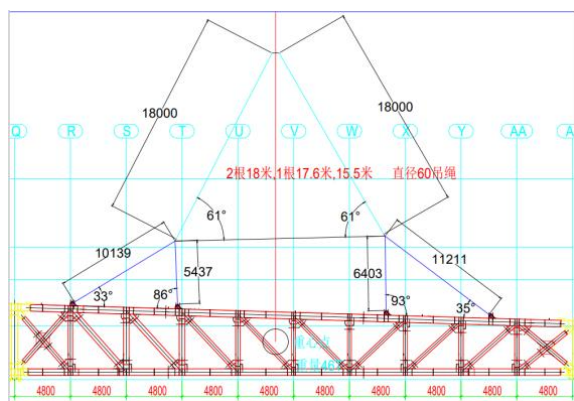


图4 48m桁架吊装吊绳放样图2

2) 吊装工况

本项目拟选用400t履带吊作为主吊机来完成桁架的安装，400t履带吊吊装桁架高跨与低跨时，中心点站位在预留通道K轴。即大臂圆心点位于K轴，桁架拼装完毕后最大重量为50t；桁架起吊高度为26m，吊装半径为48m。

此时400t履带吊工况为：36m主臂+48m副臂，主臂角度75°，吊重69.5t，构件重量50t，满足吊装需求。

汽车吊主要用于桁架钢柱吊装、构件卸车及桁架拼装。

桁架钢柱重量最重为7t，拟选取80t汽车吊进行桁架柱安装。汽车吊站位位置上部结构未安装，不涉及抗臂可能，根据《钢结构施工规范》和80t汽车吊性能，汽车吊主臂44m，作业半径11m时，起重为10.4t，大臂高度约为42.6m，桁架柱顶距地面最大30m，吊绳高度

约6m， $30+6=36m < 42.6m$ ，故吊装高度满足施工需求。

4. 桁架安装流程

首先安装桁架端部钢柱，再安装中柱及中柱之间的托架：

然后安装屋面桁架及稳定桁架，使其成为稳定的整体：

用汽车吊/塔吊完成钢梁的安装

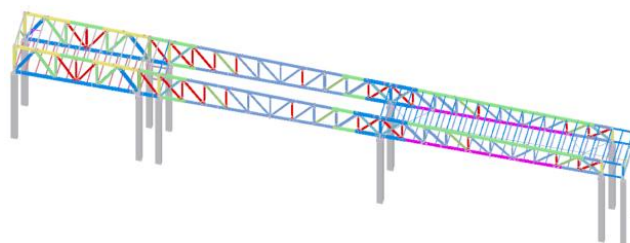


图5

在完成焊接、螺栓终拧、油漆补涂等工序后，开始Deck板的铺设。相邻两榀桁架安装完毕后采用C12槽钢临时连接作为固定措施。

(三) 实施效益总结

1. 管理效益

生产厂房屋面钢结构整体吊装施工工法减少了高空吊装及焊接作业，提高了屋面钢结构的整体质量，同时大大降低了高空作业的风险。

2. 经济效益

通过地面拼装、整体吊装，加快了屋面钢结构的整体施工进度，保证施工场地的快速移交，取得了良好的经济效益。

本项目在塔吊选型时，钢结构影响因素较小，只需满足次梁上楼及吊装就位即可，主要考虑土建施工，选型主要因素为覆盖范围、混凝土浇筑及吊次。因而大大降低塔吊型号，塔吊拆除时间可根据土建实际流水段完成时间确定，无需等钢结构全部完成后再进行拆除，因而极大程度上减少了塔吊租赁费用。

参考文献

- [1] 中国钢结构协会. 建筑钢结构施工手册[M]. 北京: 中国计划出版社, 2002.
- [2] 张伯熙. 钢结构工程施工技术措施[M]. 北京: 经济科学出版社, 2005.
- [3] 范登超、朱宝良、隋炳强. 大型履带式起重机楼面作业在电子厂房项目中的应用研究[J]. 施工技术, 2018, 47; 306-310.
- [4] 张笑冬、丛辉、邓文瑶, 等. 成都京东方洁净厂房大跨度屋面钢结构施工技术[J]. 施工技术, 2019, 48(10); 25-29.