

某高层建筑转换层钢桁架构件加工及预拼装技术

郭 鹏

(赤峰恒明房地产开发有限公司, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要:超高层建筑转换层钢桁架结构复杂,制作精度要求高,加工难度大。为提高钢桁架构件的加工精度,确保构件的顺利安装,文章以某超高层钢桁架层为例,详细介绍了钢桁架构件的加工工艺及预拼装技术,列举了构件生产加工及预拼装过程中的重点难点,并提出对应的解决方案。结果表明:钢桁架构件施工过程中加强在下料、组装、焊接等阶段的质量控制,并在预拼装阶段采用技术手段加以校核,可以有效保证钢桁架构件的加工质量。本文成果可为其他类似结构加工工艺及预拼装方案的制定提供一点参考。

关键词:钢桁架; 加工工艺; 预拼装; 质量控制

中图分类号:U445.4

文献标识码:A

文章编号:1673-8993(2024)09-0055-05

doi:10.13402/j.gcjs.2024.09.121

Processing and pre-assembly technology of steel truss components of the transfer floor in a high-rise building

GUO Peng

(Chifeng Hengming Real Estate Development Limited Company, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China)

Abstract: The steel truss structure of the transfer floor in super high-rise buildings is complex, with high precision requirements and high processing difficulty. In order to improve the machining accuracy of steel truss components and ensure their smooth installation, this article takes a super high-rise steel truss layer as an example to introduce the machining process and pre-assembly technology of steel truss components in detail, lists the key and difficult points in the production and pre-assembly process of components, and proposes corresponding solutions. The results indicate that strengthening quality control in the stages of cutting, assembly, and welding during the construction of steel truss components, and using technical means for verification during the preassembly stage, can effectively ensure the processing quality of steel truss components. The results of this article can provide some references for the development of other similar structural processing techniques and pre-assembly plans.

Key words: steel truss; processing technology; pre-assembly; quality control

近年来,随着钢桁架在高层建筑结构中的大量应用,大型复杂钢桁架结构也被越来越多地应用于钢结构建筑中。由于桁架层的结构较为复杂,对构件加工精度要求较高,加工制作存在一定难度,在制作过程中对构件加工工艺的选择及质量控制显得尤为重要。为了有效检验构件的精度,通常在构件生产加工结束后采用预拼装的方式进行构件精度的校核,不仅可以准确发现预拼装构件存在的问题,

还可以保证构件在施工现场的顺利安装^[1-3]。本文以某超高层建筑转换层为例,通过阐述转换层钢桁架在生产加工及预拼装中采取的技术措施,明确构件制作过程中的重点及难点,以期对高层钢结构构件加工过程的质量控制提供一点参考。

1 项目概况

某超高层建筑为地上41层,地下3层,建筑总

收稿日期:2024-02-21

作者简介:郭 鹏(1989—),男,工程师,从事建筑工程施工技术研究工作。

高度为 206 m。塔楼采用下部框架-核心筒结构、上部核心筒-支托桁架结构体系，塔楼核心筒-3~16 层、26~40 层劲性柱截面形式为 H 型和箱型，17~25 层核心筒劲性柱截面形式为箱型；塔楼外框柱数量范围为 4~16 根，主要截面形式为十字型和箱型，17~40 层均为箱型柱。16、29 层为转换桁架层，且 29 层转换桁架下部塔楼北侧钢柱设置有断开受力节点，结构受力情况复杂，钢桁架平面如图 1 所示，构件类型如表 1 所示。其中 HJL 为桁架梁、HJC 为桁架斜撑、HJZ 为桁架立柱。

表 1 构件类型

构件编号	截面尺寸	材质	所属位置
HJC	600×900×90×90	Q390GJC	悬挑转换桁架
HJL1	600×800×35×35	Q345B	环桁架
HJL2	600×900×60×60	Q390GJC	悬挑转换桁架
HJL3	600×900×90×90	Q390GJC	悬挑转换桁架
AZ1	600×600×90×90	Q390GJC	核心筒暗柱
JXG	1 000×450×35×50	Q345B	外框劲性杆
AZ2	600×600×60×60	Q390GJC	核心筒暗柱

2 构件加工制作重点

为防止转换层钢桁架构件出现质量缺陷，影响结构的受力性能，对原材料、组装、焊接、预拼装等关键环节进行质量控制。

(1) 原材料质量控制。建筑桁架层构件以箱型、十字型、H 型构件为主，进场时，需要进行严格验收。根据《中厚钢板超声波检验方法》(GB/T 2970—2004) 规定，钢板进场时，厚度小于 50 mm 的高建钢及厚度不小于 30 mm 的 Q345B 材质钢板按三级探伤要求进行超声波检测；厚度 50 mm 及以上钢板按二级探伤要求进行超声波检测。

(2) 牛腿安装控制。建筑 16~17 层伸臂桁架节点区域的钢柱主体和牛腿均存在变截面，主体变截面范围内的牛腿腹板零件为弯扭零件。牛腿节点区作为构件的主要承重部位，零件板厚往往较大，如何在合适预热温度下对小尺寸、超厚板零件进行折弯是构件加工过程的难点。

(3) 焊接过程控制。建筑钢柱、桁架梁、桁架撑的组立焊缝均采用全熔透一级焊缝，且钢柱节点牛腿数量多、焊接量大，如何控制焊接变形成为加工制作阶段的重点内容之一^[4]。另外，由于桁架层的加工阶段处于冬季，构件焊接过程中的焊前预热与焊后保温也需要重点关注^[5]。

(4) 预拼装控制。构件预拼装质量将直接影响构件能否在施工现场顺利安装完成，因此控制预拼装过程也是构件制作环节的重点。将整个预拼装过程进行严格把关控制，并且制定详尽的预拼装方案及纠偏措施，从而保证构件加工精度满足施工现场安装要求。

3 桁架层加工工艺

3.1 零部件下料

3.1.1 零件切割

控制下料精度是确保构件成品质量的关键。在零件下料前，根据板厚、下料方式的不同制定合理的零件下料精度，并根据不同板厚的下料试验结果，确定零件下料手工气割和机械切割的精度控制范围。

3.1.2 零件预热

由于转换层钢桁架构件加工阶段处于冬季，且牛腿最大板厚较大(90 mm)，构件牛腿折弯时

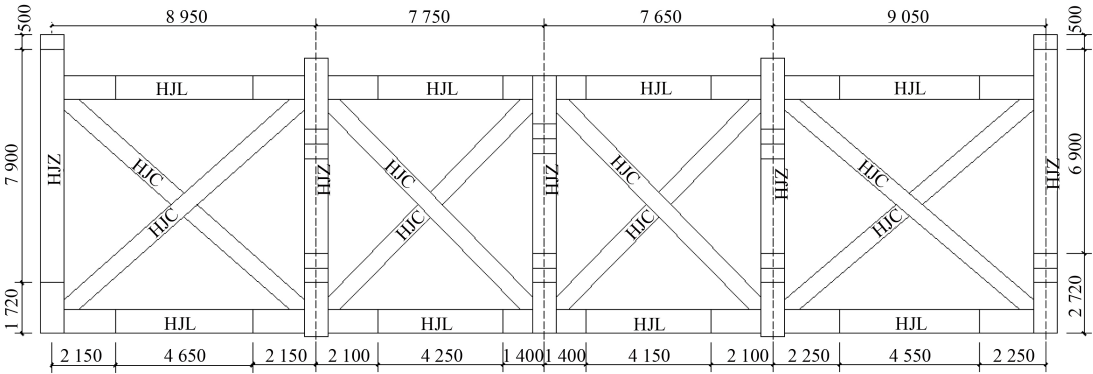


图 1 钢桁架平面

mm

需要进行预热压弯试验,以确定压弯前是否需要对待折弯板进行预热以及预热温度的确定。

根据图纸构件零件板厚度,选择对 40、60、90 mm 板厚零件进行压弯试验。其中前两者分别在不加热、加热到 250 ℃ 的情况下进行;90 mm 板厚零件则进行 3 组试验,每组 3 个样板,分别为压弯前不预热、压弯前预热到 250、350 ℃。试验结果表明:40、60 mm 板厚零件在不加热、加热到 250 ℃ 等情况均未发生断裂现象。而 90 mm 板厚零件,压弯前不预热的 3 块试板压弯时两块直接断裂,剩下 1 块在压弯过程中未断裂,当静置一段时间后,出现裂缝;压弯前预热到 250 ℃ 的 3 块试板在压弯过程中全部压断;压弯前预热到 350 ℃ 的 3 块试板均未出现压断及裂缝现象。预热及压弯过程如图 2、3 所示。



图 2 压弯前预热



图 3 零件压弯

综上,对于厚度 90 mm 的板材进行压弯前需要进行适当预热;钢板的弯曲性能并不随预热温度的升高而增强;对于本项目 90 mm 厚板的压弯预热温度可以暂定为 350 ℃。

3.1.3 零件折弯

为确保板材压弯质量,根据零件预热试验结果,对桁架层其他零件的压弯制定工艺交底如下。

(1) 当环境温度低于 10 ℃ 时,70 mm 及以上厚度钢板压弯前需进行预热。预热折弯前建议使用与拟压弯零件同批次钢板进行 4 组预热压弯试验,预热温度分别为 50 ~ 100 ℃、100 ~ 250 ℃、250 ~

350 ℃、350 ~ 450 ℃。压弯试验时,试件折弯角应比图纸零件最大折弯角大 10°。压弯结束后,淘汰所有引起压裂压断的预热温度,在剩余预热温度中挑选最低温度范围作为此批零件的压弯前预热温度。

(2) 压弯零件的坡口开设需由技术熟练人员完成,避免在零件压弯范围内出现切割缺陷。

(3) 70 mm 及以上厚度板材压弯时需过程质量检验员旁站进行预热温度的监控。

3.2 箱型构件焊接

3.2.1 箱型构件隔板电渣焊

箱型构件隔板电渣焊要点如下。

(1) 焊道清理及预热:采用火焰加热的方法由电渣焊孔的底部开始向上预热,去除孔洞内的水、油及其他杂质。

(2) 焊接过程:采用反光镜观察渣池情况并适时添加焊剂。若渣池内火花飞溅,说明焊接处装配间隙过大,此时应加入适量焊剂;观察红色熔池的位置,根据熔池中心点与焊道两侧的位置情况,调节摆动丝管。

(3) 焊道引出:焊道顶端用铜衬块将熔池引出,引出高度约为 30 mm;焊接结束后,割除铜衬块并将构件表面打磨平整。

(4) 隔板电渣焊:电渣焊衬板装配时,衬垫板顶部至焊槽底部的宽度不应小于 25 mm,并与盖板装配侧留 2 ~ 4 mm 端铣余量;待电渣焊衬板与隔板装焊后,进行整体端铣,再装焊盖板。所有电渣焊隔板铣平后的高低差应保证在 0.5 mm 之内。电渣焊施工如图 4、5 所示。



图 4 电渣焊

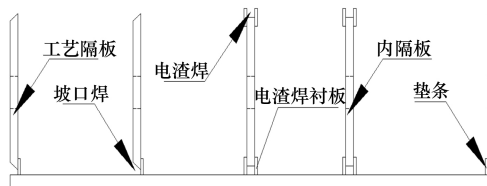


图 5 隔板焊接方式

3.2.2 构件埋弧焊

桁架层构件主体焊接时采用埋弧焊焊接，焊接过程主要控制内容：1) 焊前详细了解焊接参数及工艺要求；2) 检查焊接轨道，并在焊道上预行走，如发现轨道有变形、突弯、棱边凹槽，应及时修补或更换轨道；3) 埋弧焊焊道间焊渣需用钢铲、钢刷清理，防止有机物混入焊剂；4) 盖面时根据坡口的宽度确定焊道数，采用直径为 5 mm 的焊丝，单道焊缝宽度一般不超过 25 mm；5) 焊后检查焊缝的观感质量是否符合要求，并用焊缝量规检查焊缝尺寸，最后进行构件焊缝的探伤。

3.2.3 焊接质量控制

桁架层在焊接过程中及焊接后会产生较大的焊接残余应力，因此需要对焊接接头加热到母材 AC1 线以下一定的温度(550 ~ 650 ℃)并保温一段时间^[6]；同时，需要对构件进行焊前预热、焊后保温，以保证构件的加工质量^[7]。

4 桁架层预拼装

4.1 方案比选

(1) 方案 1：整体预拼装。待所有构件加工完成后，根据现场安装图纸在制作厂内将桁架所有构件进行预拼装。优点：1) 桁架预拼装精度高，现场施工质量得以保障；2) 可以直观地发现构件连接处存在的问题，有利于问题的解决。缺点：1) 需投入大量支撑胎架、大型机械设备；2) 需要大面积的拼装场地。

(2) 方案 2：弦杆和腹杆预拼装完成后安装牛腿。完成弦杆和腹杆的拼装后，采用坐标法进行牛腿定位安装，然后利用全站仪进行节点坐标数据的采集录入，最后采用计算机软件模拟的方式对结构进行坐标拟合^[8]。优点：场地占用较少，在车间即可完成预拼装。缺点：1) 对测量仪器精度和测量人员技术水平的要求较高；2) 不能直观反映构件连接处的问题。

综上，结合制作厂的实际情况，选择整体拼

装法。

4.2 预拼构件整体情况

选择双轴桁架层进行预拼，整榀桁架采用卧拼法，投影尺寸为 10.27 m × 35.32 m。对轴线桁架柱、弦杆、腹杆进行整面预拼。双轴桁架为标准平面桁架，桁架卧倒后的钢柱标高相同，弦杆、斜腹杆标高相同，如图 6 所示。

4.3 具体实施方案

4.3.1 预拼装准备工作

(1) 构件标识：构件的安装中心线、定位控制线、构件号等关键点需标注完整，以便于预拼装核对、施工。

(2) 地样线：按布置图在预拼装场地划设地样线，划出桁架高度、宽度两个方向的外轮廓线、柱外轮廓线等，同时划出胎架线。

(3) 胎架：采用具备足够承载力的结构作为预拼装胎架，同时为省去预压工序，建议使用前期使用过的预拼装胎架。采用水准仪检查胎架模板标高，发现偏差及时调整，确保胎架的水平误差不大于 1.0 mm；准备若干个调整垫片，以备调节因承载引起的胎架变形。胎架设置后，需经专职检验员认可后方可投入使用。

(4) 理论数据：运用钢结构设计软件 Tekla Structure 建立桁架层理论模型，获得构件关键位置的理论位置坐标，用于与实测坐标值进行对比^[9]。

4.3.2 精度控制

为确保预拼装过程的构件精度达到要求，构件拼装结束后进行桁架测量，具体要求如表 2 所示。其中 L 为构件跨度，mm； h 为构件高度，mm。

表 2 构件预拼装精度 mm

项目类型	允许偏差	检测设备
预拼装单元总长度	0 ~ 3	钢尺、全站仪测量
预拼装单元矢高	$L/1500$ 且 ≤ 10	拉线及钢尺测量
接头错边	0 ~ 2	焊缝量规测量
预拼装单元扭曲	$h/200$ 且 ≤ 5	吊线、拉线及钢尺测量
对角线	5	钢尺、全站仪测量

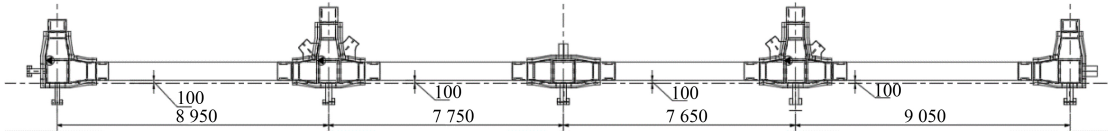


图 6 构件布置

mm

4.4 预拼装过程

(1) 地面基准线划线: 胎架设置时应充分考虑构件焊接收缩, 上、下弦之间应适当加大收缩余量的设置间隙。采用吊线锤、全站仪等设备根据预拼装构件的竖向投影尺寸在平台上划出钢柱、弦杆、腹杆外轮廓投影线等, 同时划出胎架模板设置的位置线。

(2) 钢柱定位: 将钢柱构件吊装至胎架进行定位, 并以地样线为基准进行检查, 确保钢柱本体对准钢柱外轮廓投影线、钢柱牛腿对准弦杆及腹杆外轮廓线。

(3) 桁架组装定位: 钢柱定位后, 将桁架下弦、桁架上弦、腹杆依次吊装至胎架, 并确保各相对位置、坡口间隙、调整错边等。同时, 检测上弦杆与地面的垂直度、构件标高、平面定位尺寸, 检查各接口位置的对接尺寸和间隙, 并将构件固定在胎架上^[10]。

(4) 数据采集、纠偏: 对桁架各控制点坐标进行数据采集、汇总, 并与设计的理论数据进行对比, 对有出入的控制点查找原因、进行调整, 并形成相关的数据记录。

(5) 预拼后矫正: 经纠偏后, 若测量结果仍超过允许误差, 则需进行矫正, 矫正以火焰矫正为主。

4.5 预拼装效果

转换层钢桁架预拼装完成后进行各项成果检测, 如预拼装单元总长度尺寸偏差、预拼装单元矢高、接头错边等。检测合格后在构件接头位置进行合线标记, 标注合线编号。标记采用钢印形式, 在腹板中线位置, 距端头 100 mm。预拼装效果如图 7 所示。



图 7 桁架预拼装效果

5 结 语

本文以某超高层建筑转换层钢桁架为例, 详

细阐述了构件在零件下料、构件焊接等方面的工艺要点, 重点介绍了钢桁架在预拼装时采取的技术措施。大型钢桁架的加工制作需要对工艺及质量进行全流程监控, 重点包括构件主体焊接的质量和变形控制、构件焊接的焊前预热与焊后保温、隔板电渣焊的焊接质量控制、扭弯零件扭弯前的预热及预热温度的确定等, 每一个工序过程控制的严谨与否都对构件精度及质量有直接影响。构件预拼装要制定详尽的预拼装方案, 通过构件坐标理论值和实测值的比较, 发现构件存在的制作误差, 并对构件问题进行纠偏, 保证构件的顺利安装。

参考文献:

- [1] 汪大绥, 包联进. 我国超高层建筑结构发展与展望[J]. 建筑结构, 2019, 49(19): 11-24.
- [2] 高占阳, 袁霓绯, 李洪光, 等. 装配式高层钢结构住宅现状及发展瓶颈研究[J]. 钢结构(中英文), 2019, 34(5): 56-60.
- [3] 钟棉卿, 梁莎莎. 浅谈超高层建筑结构现状与未来[J]. 建材与装饰, 2017, (44): 87.
- [4] 韩佩. 基于 BIM 的超高层建筑复杂钢结构施工技术研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2020.
- [5] 陈宏达, 贾成亮, 彭志勇. 双曲复杂钢结构制作工艺研究与应用[J]. 建筑技术, 2023, 54(17): 2064-2066.
- [6] 高占远, 郭彦林. 大型或复杂钢结构焊接残余应力与变形研究进展[J]. 建筑科学与工程学报, 2016, 33(5): 108-119.
- [7] 付小敏, 来井满, 曹晓鹏, 等. 国家会议中心二期项目高强厚板低温焊接工艺试验研究[J]. 建筑技术, 2023, 54(5): 540-543.
- [8] 李明坤. 异形组合结构超高层伸臂桁架数字化模拟拼装技术研究[J]. 中国水运(下半月), 2022, 22(12): 23-24.
- [9] 王强强, 苏英强, 赵切, 等. 基于结构仿真分析与三维激光扫描的钢结构数字化预拼装技术[J]. 施工技术(中英文), 2022, 51(10): 135-138.
- [10] 陈军. 超高层建筑装配式钢结构加工与安装技术要点分析[J]. 居舍, 2021(31): 79-81.