

栓焊钢塔立式预拼装技术研究

穆长春

(中铁宝桥(扬州)有限公司, 江苏 扬州 225107)

摘 要 钢塔节段制造完成后一般情况下都需要进行预拼装, 通过预拼装可以验证钢塔接口的匹配性; 检验钢塔制造线形, 为钢塔制造精度管理系统提供实测数据; 安装匹配件及工装, 为现场安装恢复工厂预拼状态提供条件。本文介绍了钢塔预拼装的三种方式, 分析了各自的优缺点, 提出钢塔立式预拼装关键工艺技术, 旨在为解决立式预拼的难题提供参考, 使预拼要求各项精度指标得到很好的控制, 为现场快速高质量安装提供保障, 从而获得显著的经济效益和社会效益。

关键词 钢塔; 水平预拼装; 虚拟预拼装; 立式预拼装

中图分类号: U445.4

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.06.012

0 引言

钢塔预拼装目前有三种方式: 水平预拼装、虚拟预拼装、立式预拼装。水平预拼装又称卧式预拼装, 预拼装的姿态和现场是成 90° 关系, 目前也是钢塔采取比较普遍的方式; 虚拟预拼装又称数字预拼装, 通过三维激光扫描仪完成钢塔实体结构的扫描, 形成初始点云数据, 采用专用处理软件进行处理形成每个节段的数字模型, 在专用软件上进行节段匹配连接, 最后进行数据分析, 形成预拼装的报告, 立式预拼装与桥位现场的工况完全一致, 但所需资源配置要求高, 以往钢塔预拼装采用的比较少, 为此, 本文对三种方式的优缺点进行归纳和总结, 为后续项目预拼装方式的选取提供帮助, 同时重点对钢塔立式预拼装技术进行详细介绍^[1]。

1 预拼装方案对比分析

钢塔节段的特点为几何尺寸及重量大, 预拼装方案选择上需综合考虑工期要求、结构特点、施工成本、施工场地、起重设备等条件, 最终选择合理可行的预拼装方案, 表1列出了三种预拼装的优缺点。

2 立式预拼装关键技术研究

2.1 预拼装支撑设计

不管是采用1+1还是2+1方式立式预拼装钢塔的重量叠加后非常大, 全部荷载传递到地面, 地面承载力必须满足要求, 尤其是控制不均匀沉降, 保证预拼过程中轴线不发生偏移, 理论上可以设计为支橇形式或地平台形式, 支橇为独立受力, 没有形成整体, 容易发生不均匀沉降, 将预拼装支撑设计为地平台是比

较合理的, 地平台不仅与地面接触面大而且整体性好且刚度大, 可降低地面承载力要求^[2]。同时地平台进行机加工保证地平台的整体平面度, 可以提高施工效率, 顶面高程精度控制在2 mm以内, 平台上布置的纵横向基准线精度偏差不超过1 mm。

2.2 预拼装施工平台设计

钢塔立式预拼装高度大, 施工过程中需考虑四周施工使用的临时平台, 平台需满足每轮不同高度的预拼装要求, 而且方便施工, 并保证安全, 安全施工平台采用模块化结构, 平台之间设计法兰板通过高强螺栓连接, 方便拆卸, 施工平台至少设计上下各一条通道, 平台四周与钢塔的距离控制在200~400 mm为宜, 平台踏步周全布置踢脚板, 踢脚板高度不小于180 mm, 施工平台必须进行受力计算(由于竖向高度大, 必须考虑风荷载作用)^[3]。

2.3 钢塔节段翻身方案

钢塔节段制造采用卧式(水平)进行拼装, 预拼装前需进行翻身 90° , 达到桥位安装姿态, 目前翻身主要有两种方式: 方式一是“空中翻身”, 方式二是“拖拉翻身”。拖拉翻身需要设计专用翻身工装配合翻身, 翻身过程中容易对钢塔壁板局部应力过大发生变形的情况; 空中翻身过程中不涉及与其他结构接触, 只需对空中翻身过程中各个角度下节段翻身的应力及变形进行有限元分析, 建议计算按照 0° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° 分别计算, 验算时不仅要吊耳位置进行受力分析, 同时还要对钢塔本身变形和受力情况进行验算, 全部满足规范及标准要求, 才能进行翻身施工^[4]。

表 1 三种预拼装方案优缺点

预拼装方案	优点	缺点	主要资源配置
水平预拼装	<ol style="list-style-type: none"> 1. 对试装设备能力要求较低 2. 试装技术难度较小 3. 试装成本较低 4. 施工速度快, 工期较短 5. 安全风险小 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 无法检测部分关键点, 不利于整体节段精度控制 2. 无法指导完善单节段快速拼装方案 3. 需要的场地大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 运梁平车或起重设备 2. 支撑橇
立式预拼装	<ol style="list-style-type: none"> 1. 验证的关键点全面 2. 与桥位现场工况一致, 对单节段快速拼装有重要的指导作用 3. 有利于保证总体工期 4. 更直观 5. 更易达到验证目的 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 对试装设备能力要求较高 2. 试装成本较高 3. 预拼过程中安全风险高 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 起重设备(满足起升高度) 2. 施工平台 3. 支撑橇或地平台
虚拟预拼装	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不受场地限制 2. 节约资源 3. 提高效率 4. 安全性高 5. 降低成本 6. 缩短工期 7. 避免二次变形 8. 提供可视化报告 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 缺乏实物感受 2. 依赖技术设备 3. 需要专业人员操作 4. 可能存在技术难题 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 计算机 2. 三维激光扫描仪 3. 模型处理软件

2.4 预拼装节段就位

将制造合格的首节段摆放在立式预拼装专用底座设计位置, 通过符合精度要求的水准仪和全站仪进行检测, 确保侧壁板四个面上的测控点的高差在 1 mm 以内, 塔段轴线偏离度控制在 $\leq H/10\ 000$ 且小于 5 mm 以内, 相邻节段轴线错位不大于 1 mm, 达到要求后, 将各块体使用专用工装与地平台锁死, 吊装上一层钢塔节段, 保证两节段相对塔柱轴线的偏差满足设计及规范要求, 采用临时拼接板进行临时固定, 确保钢塔吊装过程中的安全。

2.5 预拼装节段调整

根据定位的第一个钢塔节段基准, 修正预拼装检测基准, 并以此进行后续预拼装节段定位检测。若发现后续节段定位存在偏差, 设计专用调整工装, 工装通过壁板的螺栓孔进行栓接, 减少焊后再拆除的工作

量, 最后利用千斤顶进行微调精确定位, 预拼装节段调整后, 应重新进行检测, 确保各塔段定位符合预拼装精度要求^[5]。

2.6 预拼装测量

预拼装测量一般采用经纬仪或全站仪进行测量, 为保证钢塔预拼装测量施工的可操作性, 且为方便各单位采用相同测量基准进行数据比对分析, 在钢塔预拼装场地周围提前布设可视的永久点, 提前采集坐标原点及各测控点坐标。施工前根据图纸理论数据编制测量表格, 施工时现场可根据测量数据立即判断钢塔尺寸偏差(见表 2)。且各单位(施工、监理、监控等)测量均以同一套坐标系为基准, 方便数据比对及偏差分析。

1. 立式预拼装检测对环境的要求。立式预拼装由于高度大, 需在室外进行, 而我们的钢塔预拼装对温度比较敏感, 假如参与预拼的节段内外壁板的温差为 2

表 2 钢塔立式预拼装检查项目及允许偏差

项目	允许误差	测量方法	备注	
预拼高度 (L)	$\pm 2 \times N$	钢尺	N — 塔段数量	
钢塔节段间预拼装	横向垂直度	$H \times 1/10\ 000$	全站仪	H — 塔段高度
	纵向垂直度	$H \times 1/10\ 000$	全站仪	H — 塔段高度
	连接板错边量	1.5 mm	钢板尺	
节段相对塔柱轴线的偏差(接头处)	≤ 1.0	全站仪	桥轴线和垂直于桥轴线两个方向测量	

℃,按3个10.8 m节段预拼计算,温差引起的变化量为 $\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L = 1.2 \times 10^{-5} \times 2 \times 32400 = 1 \text{ mm}$,因此,节段预拼装检查时必须选择温度稳定时段,用点温计测量节段各个部位温度,要求环境温度与节段及节段间的温度差值不超过2℃为宜。

2. 钢塔预拼高度采用钢尺+弹簧秤+磁力座进行检测,测量后考虑修正值,得出最终高度值;错边量采用钢板尺+塞尺直接测量;轴线及垂直度检查采用全站仪进行,检测示意图见图1,钢塔四个面都进行测量,测量后的最终测量数据采用两对面取平均值^[6]。

2.7 桥位安装测点及对位线布设

钢塔测点设计要满足钢塔测量需要,同时也要满足监控及桥位安装的需求,测点每个单独的测量面至少设计一个测点,另外,为方便现场安装检查,预拼装检查后在两节塔段接口部位划出桥位安装对位线,对位线采用钢针刻划并打样冲眼,具体见图2,划线偏

差小于0.5 mm,后续作业注意对样冲眼的保护,方便桥位安装时核查安装。

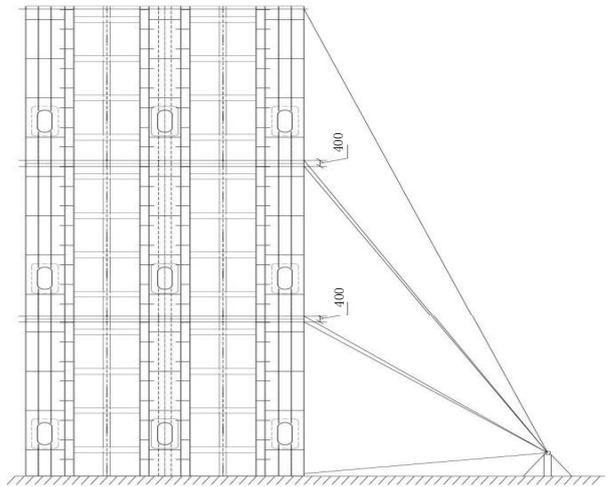


图1 钢塔预拼测量示意图

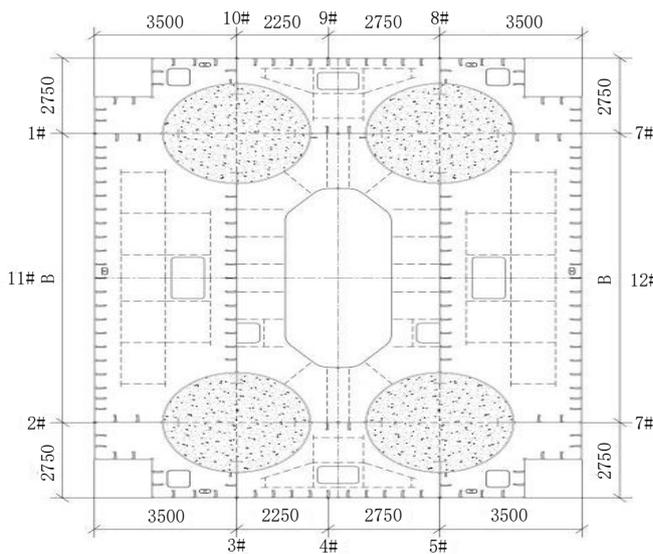
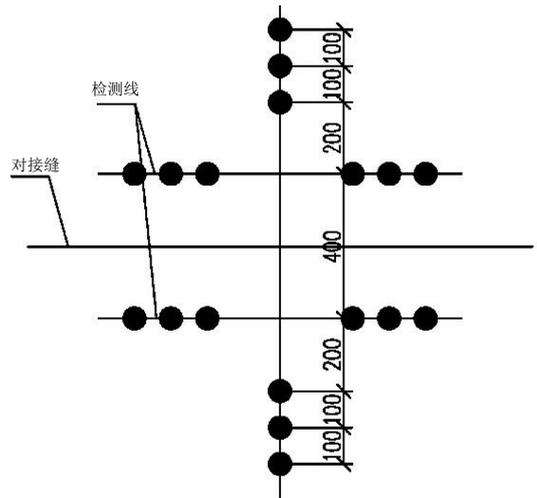


图2 钢塔测点及对位线示意图



3 结束语

本文通过对钢塔预拼装的三种常用方式进行比较分析,充分论述了各自的优缺点,对于后续钢塔预拼装的采取方案选择提供技术支持。同时,通过对立式预拼装施工技术的研究与验证,为保证立式预拼装的安全实施提供了实践依据,各项精度指标得到很好的控制,为钢塔立式预拼提供了技术保障,也为钢塔的预拼方式提供了新的选择。

参考文献:

[1] 陈光保,杨彪.南京长江三桥钢索塔立式匹配预拼

装测量技术[J].勘察科学技术,2008(01):47-51.

[2] 张永利,顾碧峰.钢塔节段水平预拼装关键技术研究[J].中国工程科学,2010(04):48-52.

[3] 张宁,刘志刚.大型桥梁钢塔加工制作工艺[J].钢结构,2010,25(08):49-52.

[4] 王岁利,马增岗.马鞍山长江公路大桥钢塔柱水平预拼装施工技术[J].钢结构,2013(06):68-72.

[5] 李军平.节段间“金属接触+高强螺栓”联合受力钢塔柱的线形控制技术[J].城市道桥与防洪,2023(03):57-60.

[6] 郭祺,杨振龙,冀小伟.重型钢构件虚拟预拼装技术研究[J].建筑施工,2021(09):1786-1788.