

钢桁架桥施工质量控制要点

黄 川

上海洪铺钢结构工程有限公司 上海 201411

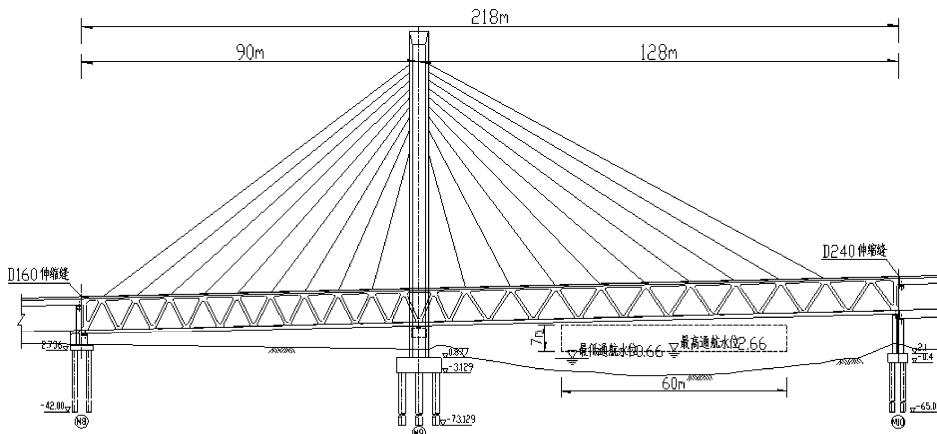
摘要: 伴随着我国经济的迅猛发展, 城市道路日趋拥堵, 钢桁架具有可提供上下双层立体交通、综合用钢量较少、可高效利用空间的特点, 逐渐显现出了其特有的优势。但钢桁架桥施工工序较繁琐, 对制作及安装要求较高。本文结合湖州市风荷桥主桥钢桁架桥施工情况, 从深化设计及节段划分、原材料控制、钢桁架加工、钢桁架现场安装及焊接、钢桁架涂装五个方面论述钢桁架施工质量控制要点, 以便同类工程施工参考。

关键词: 钢桁架、加工、安装、质量

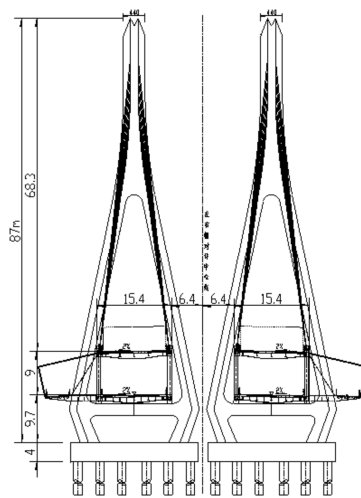
1 工程概况

风荷桥主桥钢桁架, 里程桩号M8~M10, 一联两跨(90m+128m=218m)连续钢桁架结构, 左右幅双幅布置, 采用单塔(砣)双索面双层钢桁架斜拉桥M9墩处为塔位, 半漂浮体系。中跨(M9~M10, 128m)一跨跨越西苕溪

(龙溪港(长湖申线)为Ⅲ级航道, 通航净空60×7m, 通航水位最高2.66m); 边跨(M8~M9)跨径90m, 其下为规划绿地。上层桥面连接主线高架6条车道, 下层桥面连接地面辅道6条车道, 人非机动车道悬挑于下层桥面外侧。钢结构工程量约7000吨, 主结构材质为Q345qD¹¹。



风荷桥结构立面示意图



风荷桥主墩塔柱立面示意图

主桥车行道横坡为双向2%（双幅）；外挑人非混行道横坡为单向2%。

主桁梁采用等高度三角桁，主跨节间长度12m，边跨节间长度9m，主桁中心高度9m，高跨比为1/14.222，主桁横向中心距14.55m，宽跨比为1/8.797。桥梁上下层行车道宽13.75m（含防撞护栏），桁架外侧外挑5m人非混行道。

主塔采用宝塔形，桥塔纵桥向厚5m，横桥向塔柱尺寸从横梁处2.8m变化至塔顶处4.4m，桥塔底部横桥向宽4m。横梁以上桥塔采用空心截面，横梁以下桥塔采用实心截面。上塔身壁厚70cm，中塔身壁厚60cm。承台厚度为4m，单个承台下设18根直径1.8m钻孔灌注桩。

单幅桥梁共设置18对空间斜拉索，呈扇形布置。边跨拉索在主梁上的锚固点间距为9m，主跨拉索在主梁上的锚固点间距均为12m；拉索在主塔上锚固点竖向间距均为2m。斜拉索采用双层热挤PE护套半平行钢丝拉索体系，锚具采用与拉索规格相对应的冷铸锚。

考虑结构构造特点、施工场地情况、吊装变形控制、运输条件限制、起重设备能力、经济效益等因素，本项目需采用搭设支架分段吊装工艺^[2]。

2 原材料控制

根据设计图说明、加工详图，编制原材料采购清单，对钢板的技术要求、交货状态特别留意，采购钢板的规格充分考虑材料的套料，对于异形零件板采用双定尺钢板，降低损耗的同时，也减少焊缝数量。以降低原材料损耗，同时尽量减少规格，便于采购和管理，依据材料用量，按照相关标准和规范对钢板原材料、焊材、油漆见证取样，及时进行复验，严格材料管理制度，做到分类堆放、标识明确、专料专用，用料具备可追溯性。

3 深化设计及节段划分

钢桁架桥制造前根据结构特征、预制场地条件、起重能力、吊装工况、运输条件确定节段划分后进行加工详图深化设计。

3.1 钢桁架出厂节段应尽可能采用大节段以减少现场接头数量。

3.2 钢桁架节段的纵向分段位置应尽可能避开节点及临时支点位置，应与支点位置保持足够距离，横向桥面与桁架连接部位设置牛腿便于桥面搭接。

3.3 根据监控指令中的预拱度值进行加工图的细化及构件预制。

3.4 钢桁架各节段对接处顶、底及腹板接缝位置应相互错开200mm以上。

3.5 钢桁架节段间现场拼接位置应尽可能设置在厚、

薄板对接处，或者确保现场拼缝位置距离厂内施工的厚、薄板对接位置不小于1000mm。

3.6 节段划分长度、宽度主要考虑航道通航净宽要求、运输条件以及工况验算进行确定，结合工程特点，构件分段采用水运。

3.7 边跨、中跨均设置合拢段，合拢段长度方向均预留足够的余量。^[3]

4 钢桁架加工

4.1 一般规定

钢板下料前应按规定预处理，预处理包括辊平、除锈、除尘及车间底漆等工序，预处理完成后，对钢板的牌号、规格、炉号等信息进行移植。钢材的下料与加工应遵照施工图和工艺文件。

4.2 下料

零件板切割使用数控等离子切割机进行精密切割，精度达到1mm。

4.3 零件矫正

对零件下料时受热及搬运导致的变形可采用冷矫正及热矫正，矫正后零件表面不应有明显的凹痕和损伤。

4.4 工厂、工地拼接位置应避免“十”字焊缝。

4.5 对构件焊缝坡口尺寸及方向需制定相应标准。

4.6 工厂加工时将结构分为桁架、桥面、挑臂类型构件分别整体出图。且尽可能多构件整体上胎制作。

4.7 桁架桥制作时，对焊接收缩的掌控要精准，以确保锚点坐标及锚面角度偏差值在设计及规范允许的范围内（ $\pm 2\text{mm}$ ）。

4.8 分段制作时预拼不少于3个节段，控制工厂拼装精度。

5 钢桁架现场安装及焊接

5.1 支座安装

支座安装前，足数检查支座锚栓孔位、孔深，支座垫石顶面高程等，确保支座顺利安装。

确保支座规格型号、安装方向与设计图相符。

控制支座顶标高及平整度，可采取支座下钢板与垫石之间采用后浇筑的方式，精调支座上钢板顶面标高和平整度后，灌注密实砂浆保证无空隙。

5.2 钢桁架吊装

本项目岸上节段吊装采用450吨履带吊，水中节段吊装采用350吨浮吊。

吊装前对临时支架进行验收，包括基础形式、布置均要求与方案一致，各控制点标高严格按照监控指令进行控制。合理选择吊具及绳索型号。^[4]

首片钢桁架定位是整个桁架桥安装中最关键的过

程，直接影响到桥梁线型效果以及工程的整体质量。在吊装定位前，先将桁架片段中心线、端头线放样在盖梁与支架上，桁架中心线与设计中心线重合，误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内。后调节桁架片的里程坐标，再保证桁架片的铅垂度。

首片桁架就位后的抗倾覆是关键，采取的措施是：桁架下部与盖梁设置限位，顶部与上层盖梁进行锚固，并使用葫芦配合 $\phi 22$ 钢丝绳在端部对拉，用以克服风荷载对桁架的水平侧向推力。



桁架片稳定措施

吊装桥面时，按照分段吊装顺序逐一吊装下桥面、上桥面，并使用临时码板将大接头固定牢固。

5.3 吊装精度控制

本项目桁架桥单幅共设置18对空间斜拉索，呈扇形布置，吊装过程中对桁架标高、直线度、锚点坐标、锚面角度进行实时控制，在满足控制要求的情况下，方可定位。在吊装过程中对支架体系进行沉降观测，如出现沉降，需使用千斤顶装置，纠正标高。



主体结构吊装完成影像

5.4 焊前准备

钢桁架定位后各构件焊缝坡口间隙应满足规范要求，现场焊缝焊接顺序为：先焊接桁架与桥面的一节分段中桥面系与桁架牛腿的对接焊缝，后焊接桥面与桥面间的对接焊缝；纵肋嵌补段可以同时施工，先焊接对接焊缝，后焊接角焊缝；最后再焊接与后一大节段间桁架、桥面对接焊缝，焊接作业均采用对称焊接，减少焊

接应力对构件的不均匀收缩。^[5]

5.5 焊缝磨修和返修焊

a) 焊接所用的引熄弧板，应待焊缝冷却后，方可割除，且需要离开母材5mm以上，焊缝端面应打磨齐平。

b) 焊脚尺寸、焊波或余高等超规范规定上限值的焊缝及小于1mm且超差的咬边应修磨匀顺。所有表面的修磨均应沿主要受力方向进行，使磨痕平行于主要受力方向。

c) 进行射线探伤的焊缝，当发现超标缺陷时，应在原检测位置向两侧延伸加倍进行检查，若仍有一处不合格，则延至全长。返修焊缝应按原焊缝质量要求检验，同一部位的返修焊不宜超过两次。

d) 焊接缺陷宜采用碳刨清除，在清除缺陷时应刨出利于返修焊的坡口，并采用砂轮磨掉坡口表面的氧化皮，露出金属光泽。焊接裂纹的清除范围除应包括裂纹全长外，尚应由裂纹端外延50mm。

6 钢桁架涂装

涂装要按照设计及规范要求采购材料，复验合格方可使用，从根本上保证各项指标符合标准，人员素质方面，施工部门严格管控力度，积极落实管理措施，确保施工与技术交底内容一致，涂装材料管理及操作人员应岗前考核和岗位培训，综合素质达标，取得上岗资质后方可进行施工作业。

6.1 涂装基本方法

a) 工厂对钢材进行预处理，除锈等级达到（GB/T8923-88）Sa2.5级，表面粗糙度应达到40~70。除锈后在4小时内进行涂装无机硅酸锌底漆一度，漆膜厚度为20um作为车间工艺底漆。所有的涂装工作，包括表面处理工作和车间底漆的施工均应根据设计要求进行。除非因为条件限制而不得不采用涂刷、空气喷涂方式。应尽可能采用无气喷涂方式。

b) 工地现场除锈，工地焊缝附近及破损部位可采用动力工具打磨除锈，要求达到（GB/T8923-88）St3级。

c) 边跨混凝土桥面段顶面和剪力钉均不得涂装，浇筑混凝土桥面板施工前应进行除锈、防腐蚀处理；

d) 涂装应在天气晴朗、4级（不含）以下风力时进行，夏季应避免阳光直射。涂装时构件表面不应有结露，涂装后4h内应采取防护措施。

e) 表面清洁处理工艺流程：

① 为增强漆膜与钢材的附着力，应对钢结构表面进行拉毛、清洁处理，然后涂装。

② 清洁工艺流程：先用压缩空气吹除表面粉粒，再用无油干净的棉纱布抹净。

③ 表面清洁应符合下列要求：

项目	清洁要求
油脂	除油干燥不留痕迹
水分、盐分	表面清洁干燥
肥皂液	表面清洁干燥
焊接烟尘	用手指轻摩擦, 不见有烟尘跌落
白锈(锌盐)	用手指轻摩擦, 不见有烟尘跌落
粉笔记号	用手指轻摩擦, 允许可见痕迹
专用油漆记号	不必清除
未指定油漆记号	用铲刀等工具清除
漆膜破损	肉眼看不见
其他损伤	用干净纱布抹净, 允许留下可见痕迹

6.2 涂装质量要求

a) 涂装体系、涂层干漆膜总厚度应符合设计要求。当规定层数达不到最小干漆膜总厚度时, 应增加涂层层数。

b) 涂装遍数应符合设计要求, 每一层的最小厚度不应小于设计要求厚度的90%, 涂装干膜总厚度不得小于设计的要求厚度。

c) 涂装前钢材表面不得有焊渣、灰尘、油污、水和毛刺等。钢材表面除锈等级和粗糙度应符合设计要求。

d) 钢结构表面涂装后, 要求油漆表面无漏涂、气孔、裂纹及较明显的流挂、刷痕和起皱; 面漆颜色与规定颜色无差异; 面漆表面无干喷雾颗粒。^[6]

6.3 检测方法

干膜厚检测, 箱体外表面90%测点测定的漆膜厚度应大于或等于规定值, 其余10%测点测定的漆膜厚度不能小于规定膜厚的90%; 箱体内部表面85%测点测定的漆膜厚度应不低于规定值, 其余15%测点测定的漆膜厚度不能小于要求膜厚的85%。

结束语

本文结合湖州市内环(北线)快速化改造工程二标段 EPC 总承包项目风荷桥主桥钢桁架桥工程技术准备、厂内加工、现场施工等方面, 主要从加工图设计及分段划分、原材料管控、钢桁架加工、钢桁架现场安装及焊接、钢桁架涂装五个方面论述了钢桁架质量施工要点, 为同类工程施工提供借鉴和参考依据。

参考文献:

- [1] 《钢结构焊接规范》GB50661-2011 工程焊接2012年第1期(总第17期);
- [2] 《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50-2011延安职业技术学院学报;
- [3] 《涂装前钢材材料表面锈蚀等级和除锈》GB8923-88
- [4] 《涂装前钢材表面粗糙度等级的评定》GB / T13288-91;
- [5] 《公路工程质量检验评定标准》JTG F80-1-2017
- [6] 《钢结构桥梁防腐涂装存在的问题及建议分析》高学英, 全面腐蚀控制, 2017年12期