

# Research on the Manufacturing Scheme of Steel Main Beam Components for Xiangshan Port Bridge

Li Ye

China Communications Second Highway Engineering Bureau Science & Technology (Wuhan) Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430416, China

## Abstract

This paper focuses on the manufacturing scheme of the steel main beam components of Xiangshan Port Bridge and conducts an in-depth analysis of its entire process. From the multi-dimensional preparation of construction, to the pre-treatment, cutting and fine manufacturing of each unit (top plate, bottom plate, etc.) of component manufacturing, and then to the links of segment assembly, protection and shipment, the key processes and quality control points are elaborated in detail. Through the research on the technical logic, operation norms and collaborative relationships of each process, the scientificity and feasibility of the manufacturing plan are clarified, providing process references and technical references for the manufacturing of similar bridge steel components, and helping to improve the manufacturing level and engineering quality of bridge steel structures.

## Keywords

steel main beam; Component manufacturing; pretreatment

## 象山港大桥钢主梁构件制造方案研究

叶立

中交二航局科工(武汉)有限公司, 中国·湖北武汉 430416

## 摘要

本文聚焦象山港大桥钢主梁构件制造方案, 深入剖析其全流程。从施工准备的多维度筹备, 到构件制造的预处理、下料及各单元件(顶板、底板等)精细制造, 再到节段组装、防护与发运等环节, 详细阐述关键工艺与质量把控要点。通过对各工序技术逻辑、操作规范及协同关系的研究, 明晰制造方案的科学性与可行性, 为同类桥梁钢构件制造提供流程借鉴、技术参考, 助力提升桥梁钢结构制造水平与工程品质。

## 关键词

钢主梁; 构件制造; 预处理

## 1 引言

象山港大桥建设中, 钢主梁构件制造是关键环节。其质量与工艺直接关乎桥梁性能与安全。本文基于钢主梁制造流程, 深入研究构件制造方案, 梳理各工序要点, 助力提升制造水平, 为象山港大桥及同类工程提供借鉴, 推动桥梁建设技术发展。

## 2 工程概况

宁波至象山市域(郊)铁路工程跨象山港大桥项目自南山隧道(不含)开始, 向南从鄞州区咸祥镇里蔡村和外蔡村之间的农田通过, 跨过沿海中线以及象山港北岸海塘, 继续向南于甬莞高速象山港大桥东侧 50m(主桥桥面净距)并

行跨象山港进入象山境内, 跨越象山港南岸海塘及 Y598 兵西段, 终点在象山县贤庠镇小蔚庄附近接庄溪大山隧道(不含), 线路全长 8.276km。全线均为桥梁, 跨海段桥梁长 7621m, 其中主通航孔桥长 1376m, 海中引桥 4734m; 陆域桥梁 1511m。

## 3 钢主梁总体制造方案

根据本桥钢主梁结构特点, 拟采用“钢板预处理→数控切割下料→U肋、底板零件折弯→单元件加工→钢箱梁节段分 9 轮 N+1 整体组装和预拼装→涂装→运输至桥址”的总体加工方案。

## 4 钢主梁的施工工艺流程

见图 1。

## 5 钢主梁构件制造方案

在桥梁建设的宏大工程中, 钢梁构件制造是极为关键

【作者简介】叶立(1985-), 男, 中国湖北武汉人, 本科, 工程师, 从事桥梁工程研究。

的环节，它如同桥梁的“骨骼”塑造，直接关乎桥梁的整体质量与性能。以下依据给定工艺流程，对构件制造展开细致且全面的描述。

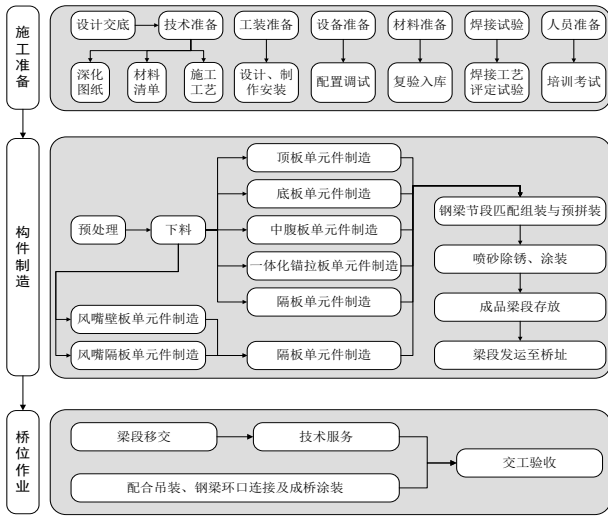


图 1

### 5.1 预处理环节

预处理是构件制造的起始基础步骤，其重要性不言而喻。这一阶段，主要是对用于制造钢梁构件的原材料进行全方位准备。钢材在进厂后，需先进行外观检查，查看是否有裂纹、锈蚀、变形等缺陷，只有符合质量标准的钢材才能进入后续流程。随后，会进行抛丸或喷砂等表面处理工艺，通过机械冲击力或磨料的磨削作用，去除钢材表面的氧化皮、铁锈、油污等杂质，使钢材表面达到一定的清洁度和粗糙度，为后续的涂装、焊接等工序创造良好条件。同时，还会根据钢材的材质和使用要求，进行必要的矫正处理，采用机械矫正或火焰矫正等方法，将钢材的变形控制在允许范围内，确保后续下料及加工精度<sup>[1]</sup>。

### 5.2 下料流程

下料是构件制造的关键工序之一，它决定了后续各单元件的基本形状和尺寸精度。此环节会依据深化设计后的图纸，精准计算各构件所需钢材的规格、尺寸及数量。以顶板单元件、底板单元件、中腹板单元件等各类单元件制造所需的钢材下料为例，操作人员会将钢材的相关参数输入数控系统，设备便能按照预设程序，精确切割出符合尺寸要求的钢板、型钢等原材料。对于一些复杂形状的构件，还需借助计算机辅助编程，确保切割轮廓的准确性。而且，下料过程中要严格控制切割质量，注意切割面的平整度、垂直度，及时清理切割产生的熔渣、毛刺等，为后续的单件制造提供高质量的“毛坯”材料，若下料出现尺寸偏差或切割面质量问题，影响后续一系列加工及组装环节。

### 5.3 各单元件制造

#### 5.3.1 顶板单元件制造

顶板作为钢梁的重要组成部分，承受着桥面的部分荷

载并参与结构受力。在完成下料后，进入顶板单元件制造阶段。首先要对切割好的顶板钢板进行二次精细加工，可能涉及边缘铣边处理，通过铣边机将钢板的边缘加工成符合焊接要求的坡口形式，常见的有V形、U形坡口等，这是为了保证后续焊接时焊缝的质量和熔深，让顶板与其他构件之间的连接更牢固。之后，会根据设计要求，进行顶板上的各类附件、加强筋等的装配与焊接。加强筋的布置要严格按照图纸，通过点焊等临时固定方式定位后，再进行焊接，焊接过程中要控制焊接参数，如电流、电压、焊接速度等，避免因焊接热输入不当导致顶板变形<sup>[2]</sup>。

#### 5.3.2 底板单元件制造

底板单元件制造与顶板有相似之处，也有其自身特点。下料后的底板钢板同样要进行坡口加工、清理等前期处理。底板在钢结构中承担着传递荷载、维持结构稳定的作用，所以其厚度、材质等往往有严格要求。在制造时，对于底板上的开孔（如用于检修、排水等功能的孔洞），要采用数控钻孔设备精准加工，保证孔的位置、直径、垂直度等符合设计，孔边缘要进行倒角、去毛刺处理，防止应力集中。底板的拼接焊接也是关键，若为拼接钢板组成的底板，焊接时要制定合理的焊接顺序，比如采用分段退焊、对称焊接等工艺，减小焊接变形。

#### 5.3.3 中腹板单元件制造

中腹板是钢梁的主要受力腹板之一，连接着顶板和底板，承受着较大的剪力和弯矩。中腹板单元件制造时，下料后的钢板要先进行校平处理，保证腹板的平整度。对于中腹板上的加劲肋（如纵向加劲肋、横向加劲肋），其安装精度要求极高，因为加劲肋的作用是提高腹板的抗屈服能力。加劲肋的下料要精准，装配时采用定位工装，确保加劲肋与腹板的垂直度、间距等符合设计。焊接加劲肋时，要注意焊接电流的选择，避免因电流过大烧穿腹板或电流过小导致焊接不牢固。同时，中腹板的焊接变形控制难度较大，由于腹板面积大、焊缝多，容易产生波浪变形、角变形等。可采用刚性固定、反变形法等工艺措施，在焊接前对腹板进行预变形设置，或者在焊接过程中使用辅助工装将腹板固定，焊接后及时进行火焰矫正或机械矫正，通过测量仪器实时监控变形情况，直至中腹板单元件的各项形位公差满足设计及规范要求，为钢梁的整体受力性能提供保障。

#### 5.3.4 一体化锚拉板单元件制造

一体化锚拉板在钢结构中承担着特殊的受力功能，往往与拉索等部件连接，传递拉力。其制造工艺严谨且精细。首先，锚拉板的下料要严格按照设计的形状和尺寸，由于其受力的重要性，对钢材的材质检验会更加严格，需进行力学性能测试、探伤检测等，确保所用钢材质量可靠。下料后的锚拉板要进行边缘加工，去除尖锐棱角，防止应力集中。锚拉板上的锚孔加工是关键环节，通常采用数控镗床等高精度设备，保证锚孔的位置精度、孔径公差、孔的圆柱度等，因

为锚孔的精度直接影响拉索的安装及受力传递。锚拉板的焊接（若有拼接或与其他部件连接）要采用合适的焊接材料和焊接工艺，控制焊接热影响区，避免在锚拉板上产生过大残余应力。焊接完成后，要对锚拉板进行整体探伤检测，采用超声波探伤、磁粉探伤等手段，检查焊缝及母材是否存在内部缺陷，确保一体化锚拉板单元件在后续钢梁节段组装及桥梁运营中，能安全、可靠地传递拉力。

### 5.3.5 隔板单元件制造

隔板在钢梁内部起到分隔、支撑的作用，提高钢梁的整体刚度和稳定性。隔板单元件制造时，下料后的隔板钢板要进行切割、开孔等加工。隔板上的开孔要满足钢梁内部管线穿设、人员通行等需求，开孔的形状（如圆形、矩形）和尺寸要精准，孔边缘要光滑。隔板的装配焊接要注意与其他构件的连接关系，对于与顶板、底板、腹板连接的部位，要加工出合适的坡口，保证焊接质量。隔板的平面度控制也很重要，若隔板存在翘曲变形，会影响钢梁内部的空间结构，导致其他部件安装困难或影响整体受力。所以在制造过程中，会采用工装夹具将隔板固定，焊接时采用合理的焊接顺序，减小变形，焊接后通过测量工具检查平面度，及时矫正，使隔板单元件能有效发挥其在钢梁结构中的支撑分隔作用。

### 5.3.6 风嘴壁板与风嘴隔板单元件制造

风嘴是钢梁为应对风荷载等特殊受力及满足空气动力学要求设置的部件，风嘴壁板和隔板单元件制造有其独特性。风嘴壁板的外形通常为曲线或复杂折线形状，下料时需采用精准的放样和切割工艺，利用数控切割设备结合三维建模技术，确保壁板的外形尺寸准确。风嘴壁板的曲面加工可能需要采用冷弯或热弯工艺，对于钢材的弯曲变形要严格控制，通过模具和压力设备，将壁板加工成设计要求的曲面形状，同时保证曲面的光滑度和曲率一致性。风嘴隔板单元件制造与一般隔板类似，但要注意与风嘴壁板的适配性，其安装位置和角度要符合空气动力学设计，在装配焊接时，要保证风嘴壁板与隔板之间的连接牢固，焊缝质量可靠，防止在桥梁运营过程中因风荷载作用出现开裂等问题<sup>[3]</sup>。

### 5.4 后续关联工序衔接

各单元件制造完成后，进入钢梁节段匹配组装与预拼装环节。这是对前期单元件制造质量的一次综合检验与整

合。将制造好的顶板、底板、中腹板、锚拉板、隔板、风嘴等单元件，按照钢梁节段的设计图纸，在专门的拼装胎架上进行组装。胎架要具备足够的刚度和精度，保证各单元件的安装位置准确。组装时，先进行定位基准的设置，以关键单元件（如中腹板）为基准，依次安装顶板、底板、隔板等部件，通过点焊、螺栓临时固定等方式，将各单元件连接成一个整体的钢梁节段。预拼装过程中，要使用测量仪器（如全站仪、水准仪）对钢梁节段的整体尺寸、形位公差（如节段的长度、宽度、高度，各部件之间的角度、间距等）进行全面检测，发现单元件制造或组装过程中的偏差，及时进行调整、矫正，确保钢梁节段在后续喷砂除锈、涂装及发运至桥址后的安装质量。

喷砂除锈、涂装工序是对钢梁构件及节段的防护处理。喷砂除锈能进一步去除钢梁表面在制造、组装过程中产生的锈迹、油污等，采用石英砂、金刚砂等磨料，通过压缩空气喷射到钢梁表面，使钢梁表面达到 Sa2.5 级及以上的除锈标准，形成粗糙且干净的表面，利于涂层的附着。涂装则是根据桥梁的使用环境和设计要求，选用合适的防腐涂料（如环氧富锌底漆、环氧云铁中间漆、聚氨酯面漆等），按照规定的涂装工艺（如喷涂、刷涂）和涂层厚度进行施工，每道涂层施工后要进行干燥、检测，保证涂层的附着力、厚度均匀性等符合标准，为钢梁提供长期有效的防腐保护，延长其使用寿命。

## 6 结论

总之，钢梁构件制造从预处理到各单元件精细加工，再到节段组装、防护等环节，环环相扣、紧密关联，每一步都需严格把控质量，遵循科学合理的工艺规范，才能打造出高质量、高性能的钢梁构件，保障桥梁工程的品质与安全。

### 参考文献

- [1] 彭梦鸽.基于灰色理论的悬浇连续梁施工挠度分析与预测[J].中外公路,2018(06)
- [2] 秦照付,徐伟.钢桁斜拉桥施工控制的线形误差分析[J].交通科技,2018(06)
- [3] 张清华,黄灿,卜一之,李乔.大跨度钢斜拉桥制造误差的传播及其效应特性[J].西南交通大学学报,2015(05)