

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.09.042

L 形肋桥面板单元-上隔板组装制造工艺研究

张鹏飞, 赵 星
[中铁山桥(南通)有限公司, 江苏 南通 226000]

摘 要:张靖皋长江大桥南航道桥采用桥跨为 2 300 m+717 m 的双塔双跨钢箱梁悬索桥,北航道桥采用主跨 1 208 m 双塔单跨钢箱梁悬索桥;钢箱梁桥面板单元预采用纵向 L 形肋-苹果形孔槽口的正交异性钢桥面板构造。为了满足上隔板槽口与 L 形加劲肋间的组装间隙要求,提出了钢箱梁桥面纵向 L 形肋板单元与苹果形孔槽口上隔板组装制造工艺,以期为类似板单元与隔板组装提供参考。
关键词:桥梁工程;钢箱梁;L 形肋板单元;苹果形槽孔;组装
中图分类号: U443.3 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2024)09-0180-04

1 工程概况

张靖皋长江大桥工程位于澄通河段如皋沙群段,江阴长江大桥与沪苏通长江大桥之间;路线起自如皋石庄镇西侧与沪陕高速公路交叉处,向南经石庄工业园、如皋港区后,于如皋华泰重工厂区处进入长江,设置主跨 1 208 m 的北航道桥跨越长江如皋中汊,经靖江民主沙岛后,设置跨 2 300 m 的南航道桥跨越长江主江航道,于张皋汽渡西侧登陆,向南沿现状及规划 259 省道布线,先后跨越南沿江公路、港丰公路、规划金港专用铁路,止于张家港疏港高速公路晨阳互通处,路线全长 29.849 km。

张靖皋长江大桥效果图见图 1。

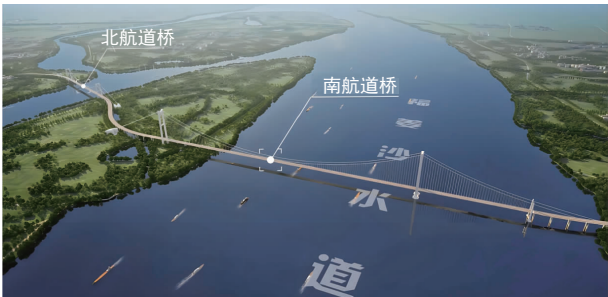


图 1 张靖皋长江大桥效果图

项目全线采用高速公路标准建设,跨江段双向 8 车道、设计速度 100 km/h;南、北接线为双向 6 车道、设计速度 120 km/h。跨江段工程采用桥梁过江方案,跨江段全长约 7.9 km;南航道桥采用桥跨为

2 300 m+717 m 的双塔双跨钢箱梁悬索桥,北航道桥采用主跨 1 208 m 的双塔单跨钢箱梁悬索桥,引桥采用标准跨径 70 m 的预应力混凝土连续箱梁桥;钢箱梁采用增加气动措施的扁平流线型整体式断面,桥轴线处梁内净高 4.5 m,全宽(含风嘴)51.7 m^[1]。

张靖皋长江大桥钢箱梁截面图见图 2。

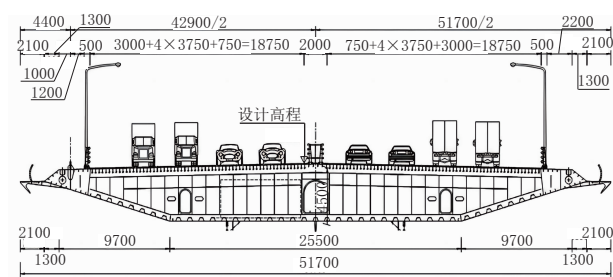


图 2 张靖皋长江大桥钢箱梁截面图(单位:mm)

2 L 形肋板单元-上隔板组装制造工艺难点分析

为了改善常规正交异性钢桥面板的疲劳开裂问题,张靖皋长江大桥钢箱梁桥面板单元采用新型半开口纵肋正交异性钢桥面板结构^[2-5]。相较于 U 肋、板肋板单元可落于隔板的槽口中(见图 3),L 形肋板单元-上隔板组装(见图 4)难度在于以下几点:

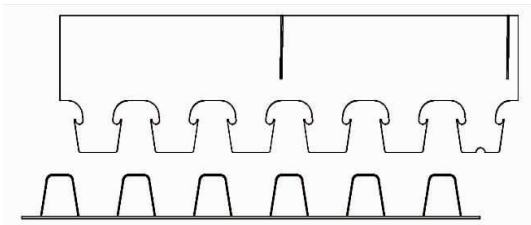


图 3 U 形肋-上隔板组装示意图

收稿日期: 2024-03-11
作者简介: 张鹏飞(1997—),男,学士,助理工程师,从事钢结构桥梁制造工作。

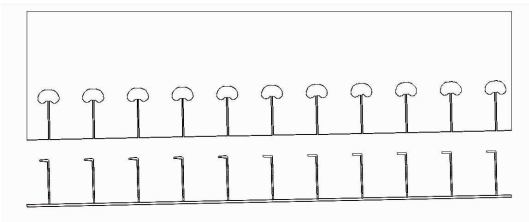


图 4 L 形肋 - 上隔板组装示意图

(1)隔板槽口为苹果形孔,顶端槽孔窄小,桥面纵向 L 形肋板单元与苹果形孔槽口上隔板组装时无法直接落入。

(2)组装精度要求高,槽口与 L 形肋的匹配精度须在 2 mm 以内。

(3)最内侧的上隔板与板单元边缘的距离较远:L 形肋板单元长度为 16 m,布置有 13 根 L 肋,最内侧上隔板与板单元边缘的距离有 7 m。

在上隔板苹果形孔槽口不变的情况下,上述难点只能在 L 形肋上进行结构变化,或者直接通过推移上隔板到指定位置的方式来解决。

3 L 形肋板单元 - 上隔板组装制造工艺方案选择和可行性论证

根据 L 形肋板单元 - 上隔板组装制造工艺难点的分析,提出了两种方案。

方案一:采用 L 形肋底端切除组装口的方法进行组装,如图 5 所示。在偏离上隔板组装位置 250 mm 处,将 L 形肋底端切除 20 mm 的组装口,从而减少上隔板的组装推移距离,组装完成后将切割下来的 L 形肋底端焊接回切口处,打磨匀顺并进行探伤检查。

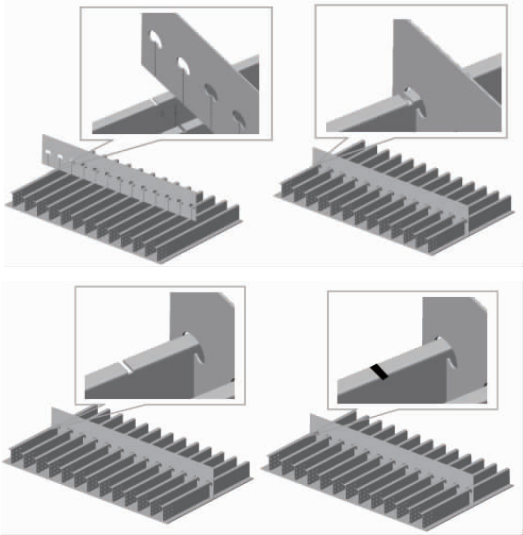


图 5 L 形肋底端切口组装方案示意图

方案二:采用上隔板沿 L 形肋桥面板端头一次性推入的方法进行组装,如图 6 所示。首先在桥面板单元 L 形肋的两侧铺设厚度为 0.1 mm 的铁皮,用磁

铁每隔 2 m 距离进行磁吸固定;然后在铁皮表面涂抹润滑黄油,上隔板苹果形孔槽口与铁皮直接接触,使用外力将上隔板一次性推入。

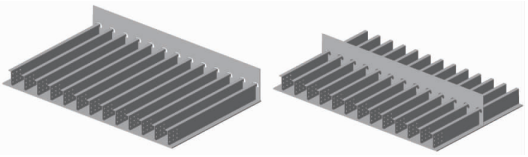


图 6 上隔板沿 L 形肋桥面板端头一次性推入组装方案示意图

两种方案论证表见表 1。

表 1 L 形肋板单元 - 上隔板组装制造工艺方案论证表

方案类型	优势	劣势
方案一 [6-7]	1. 组装推移的距离小,组装难度相对较低 2. 组装工时耗时短,有利于缩短工期	1. 切割下来的 L 形肋底端需要焊接回切口处,焊接后需要探伤,增加了探伤成本和质量风险 2. 焊接后局部的硬度高于母材,在长时间的交变载荷作用下,有出现裂痕的隐患,且每隔 3.2 m 需要切除 1 个组装口,致使隐患点颇多
方案二	1. L 形肋母材不会有损坏,一次性安装无需对 L 形肋进行探伤,无此处的探伤成本和质量风险 2. 因无需 L 形肋底端切除组装口后回焊,成型的桥面板单元的焊接应力更低,板单元平整度控制较容易	1. 上隔板需要一次性通过 13 根 L 形肋并推移 7 m,且槽口与 L 形肋的匹配精度在 2 mm 以内,单根 L 形肋与槽口的组装精度将更高,组装难度大 2. 铁皮、黄油为消耗品,长时间使用将涉及更换和补足,增加了组装成本

综上所述,从钢箱梁桥面的耐久性应用角度、质量隐患风险和成本的综合考虑,最终选择了质量风险和组装成本较低的方案二。但是,方案二的组装精度要求较高,为控制精度,需要对该方案所涉及的重点内容进行进一步研究。

4 所选方案的重点内容

在 L 形肋板单元与上隔板组装的结合位置所涉及的构件和工装是此次方案的重要控制项,也是组装工艺方案的重点内容。其一是 L 形肋桥面板单元的定位组装精度;其二是上隔板单元隔板苹果形孔槽口的下料精度;其三是 L 形肋板单元与上隔板组装工装和方案设计。

L 形肋板单元 - 上隔板组装制造工艺方案示意图见图 7。

4.1 L 形肋桥面板单元组装精度控制

L 形肋桥面板单元是钢箱梁结构载荷直接承受者,其加工精度影响以下几方面:(1)钢箱梁的几何尺寸、线形;(2)钢箱梁桥面平面度、耐久性;(3)L 形

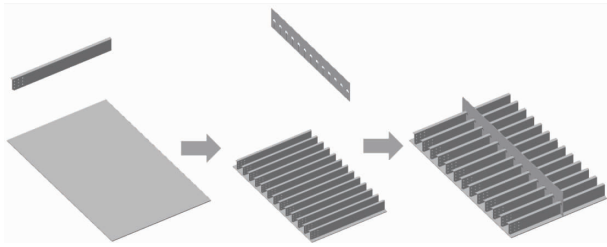


图7 L形肋板单元-上隔板组装制造工艺方案示意图

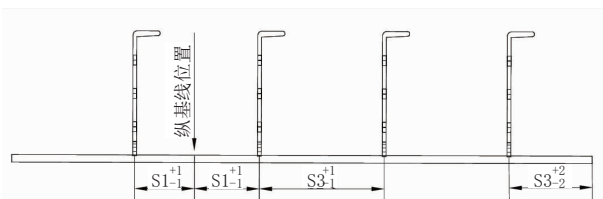
肋板单元与上隔板组装难度。

采取的措施包括:

(1)采用激光切割机进行精准下料,预留长度、宽度方向焊接收缩量 and 机加工余量。

(2)下料完成后,严格控制桥面板平面度、L形肋直线度,桥面板用赶板机赶平。L形肋板先用调直机调直消除旁弯。桥面板板边1 m的平面度不超过1 mm,其余位置不超过2 mm;L形肋板端头向中间7 m的旁弯不超过2 mm。

(3)在专用L形肋桥面板单元组装机器人胎架上进行组装、焊接。根据制造规范要求,在隔板位置和端部位置的板肋间距、板肋与纵基线间距允许偏差 ± 1 mm,其余位置允许偏差 ± 2 mm,如图8所示^[8]。另外还要满足上隔板槽口与L形肋板单元上L形肋的匹配精度在 ± 2 mm以内等限定要求,且板肋与上隔板、L形肋与上隔板的组装方法一是落入,二是从端部推移到位,因此设定L形肋间距、L形肋与纵基线间距允许偏差均为 ± 1 mm,同时增加L形肋与桥面板组装定位焊的数量。



S1: 板肋与纵基线间距允许偏差; S2: 板肋间距允许偏差; S3: 其余位置允许偏差

图8 L形肋桥面板单元组装精度控制示意图

(4)板单元拼装焊接完成后,放拼装定位基线、打样冲眼。

4.2 上隔板下料精度控制

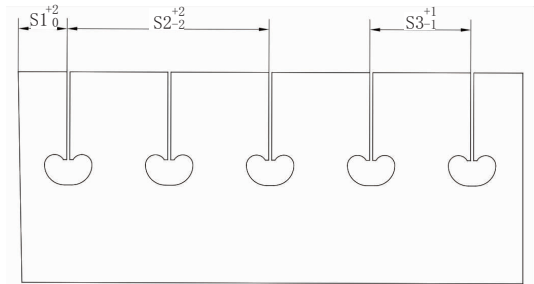
隔板是钢箱梁的内胎,其下料精度的控制影响以下几方面:(1)钢箱梁成品的合格率;(2)钢箱梁的几何尺寸;(3)L形肋板单元与上隔板组装难度。

采取的措施包括:

(1)隔板主板采用数控水下等离子切割机精切,进行精准下料,预留长度、宽度方向焊接收缩量 and 机加工余量,其长度允许偏差为 ± 2 mm,宽度允许偏差

为 ± 1 mm。

(2)确保苹果形孔槽口的位置精度,其槽口与板边的允许偏差为0~2 mm,任意两槽口间距允许偏差为 ± 2 mm,相邻两槽口间距允许偏差为 ± 1 mm,如图9所示。



S1: 槽口与板边的允许偏差; S2: 任意两槽口间距允许偏差; S3: 相邻两槽口间距允许偏差

图9 上隔板苹果形孔槽口下料精度控制示意图

4.3 L形肋板单元-上隔板组装工艺

L形肋板单元与上隔板小间隙采用平推组装的工艺方案,如图10所示。方案采用隔板平移组装工装,保证隔板平移时各槽口间的拉力均衡,确保隔板不发生较大变形,致使槽口与L形肋的摩擦增大。为此,在L形肋表面铺设厚度为0.1 mm的铁皮,铁皮外表面涂抹黄油,以降低上隔板与L形肋间摩擦力,同时确保L形肋表面不发生摩擦损伤。L形肋板单元-上隔板组装工装布置和设计如下。

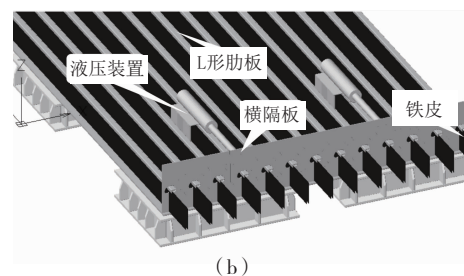
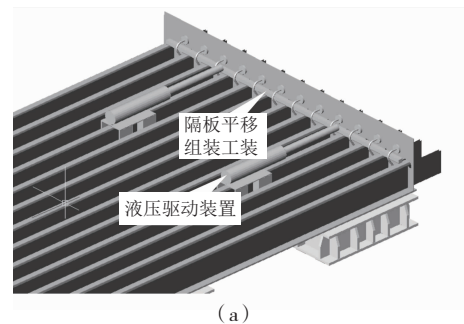


图10 L形肋板单元-上隔板组装工装布置和设计示意图

(1)根据L形肋板单元长度为16 m,布置有13根L形肋,上隔板最大推移距离为7 m,组装前在L形肋两侧铺设宽度为270 mm、长度为7.2 m的薄铁皮,并保证铁皮不滑动;每隔2 m用磁铁附在铁皮表面固定,并在铁皮表面附着黄油。

(2)上隔板平移组装工装包含 2 个牵引点和12 个磁吸点,2 个牵引点与带有磁吸的液压缸铰接,12 个磁吸点在隔板 13 个槽口间布置,通过液压缸下磁吸位置的后移和液压缸连续工作,实现隔板在 L 形肋板单元上的滑移,直至达到预定组装位置。

5 结 语

张靖皋长江大桥钢箱梁桥面 L 形肋桥面板单元制造采用了国内先进板单元焊接设备和自主设计的苹果形孔槽口上隔板组装工装。本文分别探讨了 L 形肋桥面板单元组装精度控制、上隔板下料精度控制、L 形肋板单元-上隔板组装工艺,提出了每道工艺的重要控制项点;从钢箱梁桥面的耐久性应用角度、质量隐患风险和成本的综合考虑,通过方案对比,确定了最终组装制造工艺方案。所讨论的内容可以为类似板单元与上隔板组装提供重要参考,为 L 形肋板单元-上隔板组装制造工艺在钢箱梁中的应

用起到推广作用。

参考文献:

[1] 王仁贵.张靖皋长江大桥南航道桥设计创新[J].东南大学学报(自然科学版),2023,53(6):979-987.
[2] 张清华,卜一之,李乔.正交异性钢桥面板疲劳问题的研究进展[J].中国公路学报,2017,30(3):14-30,39.
[3] 张华,范泽平,王磊.我国正交异性钢桥面板 U 肋焊接创新之路[J].金属加工,2017(16):46-49
[4] 王仁贵,欧阳,徐秀丽,等.新型半开口纵肋正交异性钢桥面板疲劳性能试验研究[J].桥梁建设,2018,48(6):64-69.
[5] 李枝军,王浩,王仁贵,等.基于 3D-DIC 的正交异性钢桥面板横隔板开口处疲劳性能试验研究[J].东南大学学报(自然科学版),2019,49(6):1116-1123.
[6] 田克平.《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范》实施手册[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2022.
[7] 卜一之,王一莹,崔闯.新型正交异性钢桥面板关键部位疲劳性能研究[J].世界桥梁,2015,43(5):20-24.
[8] 杨长春.城市轨道交通桥梁正交异性钢桥面板足尺模型疲劳试验研究[D].重庆:重庆交通大学,2022.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com