



大型全焊钢桁梁桥焊接顺序及变形控制

吴玉柱 刘壮

【摘要】 本文介绍了孟加拉国PADMA大桥由二拼到桁拼再到整体拼装的组焊过程中，通过对中厚板的全断面焊接制定合理的焊接顺序和控制变形的工艺方法，解决了箱型环口焊缝焊接时产生扭曲变形及收缩量过大等问题，在获得优质稳定焊缝质量的同时，保证了整桥的制造精度。

关键词： 大型；钢桁梁；全断面焊接；变形控制；焊接顺序

近年随着钢板材质及设计制造水平的提高，以及后期维护成本的考虑，全焊结构的钢桁梁桥更广泛地应用于国内外的铁路以及公铁两用桥梁建设中。由于全断面焊接过程中易产生残余应力，从而造成焊后扭曲变形及收缩，将会严重影响钢桁梁的拼装线形和整体几何尺寸。因此依靠科学合理的焊接顺序来控制焊接变形，使桥梁在架设后的实际线形极度接近理论线形，进而减小因制造和拼装偏差而产生的安装应力，提高桥梁的安全系数，成

为大型全焊接钢桁梁制造技术的关键。

1. 概述

孟加拉国帕德玛大桥主桥（以下简称帕德玛大桥）由41孔跨度为150m的板桁组合梁组成，其桥式布置为如图1所示。本桥主梁为整体节点全焊钢桁梁

结构，主桁采用无竖杆的三角桁式，横向两片桁布置。上层公路桥面采用混凝土板结构，通过剪力钉与上弦杆相连接，其宽度为20.65m，且每孔两端上弦节点处设连接横梁。下层铁路桥面采用纵、横梁结构，横梁在节点处与下弦杆连接，横梁之间横向设置

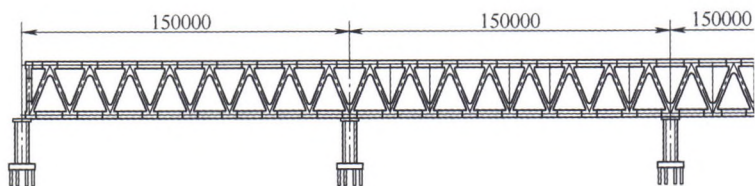


图1 钢桁梁立面

（2）试验选用的CHW—70C实芯焊丝化学成分和力学性能与母材HG70D钢相匹配，且CO₂气体保护焊焊接接头结合性能良好，表明CHW—70C焊丝与母材HG70D匹配性良好，试验所用的焊接工艺是合理可行的。

参考文献：

- [1] 李亚军. 高强度结构钢的焊接性与液压支架结构强度的研究[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29 (3) : 12-14.
- [2] 周振丰. 焊接冶金学[M]. 北京：机械工业出版社，1996：15-16.

- [3] 任芝兰，邓彬. HG70低合金高强钢的焊接冷裂纹敏感性及其焊接预热温度的拟定[J]. 热加工工艺, 2009, 38 (23) : 152-154.

作者简介：李林、杨永强，
中铁山桥集团有限公司。

MW 20170504

4根纵梁（见图2）。

2. 组焊流程与焊接材料

（1）组焊流程 当杆件由国内运输至孟加拉国桥址的拼装场后，以每150m跨钢桁梁为一个制造单位。每跨的拼装及焊接共分为三个阶段（见图3）：①二拼阶段，即组焊弦杆与节点的环口，使两部分成为一个弦杆单元。②桁拼阶段，即组焊弦杆单元与斜杠成为小桁片单元。③立拼阶段，即将每个小桁片单元立起后与横梁等连接件组焊成150m整垮节段。

（2）焊接材料 焊接材料与具体焊接参数如附表所示。

3. 焊接顺序

（1）二拼阶段 由于本桥不同位置板厚变化较大（20~100mm），所以很容易产生焊接变形，同时焊后拱度值公差要求在±2mm内，因此二拼阶段采用两侧焊缝立位对称施焊的原则。使用的焊接材料为药芯CO₂气体保护焊，焊丝牌号SQJ501NiL（φ1.2mm）。

当接头板厚≤40mm（指组合中较薄板）时，先对称焊接箱型杆件的两条立位对接焊缝①。然后将杆件翻身90°，对称焊接箱型杆件的盖板和底板立位对

接焊缝②；当接头板厚>40mm时，为避免焊缝因填充量大而造成收缩量过大，需在焊缝①填充约30%时翻身，待焊缝②完成翻身后，再完成焊缝①的余下填充焊道（见图4）。

（2）桁拼阶段 在组装胎架上拼装上、下弦杆和斜杠完成后，所有环口均使用马板固定位置，焊前对桁片拱度及线型测量，达到要求后方可进行焊

接。以150m跨中四桁片中的一片为例，焊接顺序如下：首先焊接下弦环口①，上弦环口②。然后焊接斜竖杆环口③和④。环口③焊缝打底之后，即开始环口④的焊接作业。最后焊接斜杆环口⑤和⑥。环口⑤焊缝打底之后，即开始环口⑥的焊接作业（见图5）。

桁拼焊接过程中，具体每个环口的焊接顺序如下（见图6）：先对两条立缝①进行打底焊（药芯CO₂气体保焊），再对两条平缝②③进行打底焊（实芯CO₂气保护焊），打底焊缝厚度

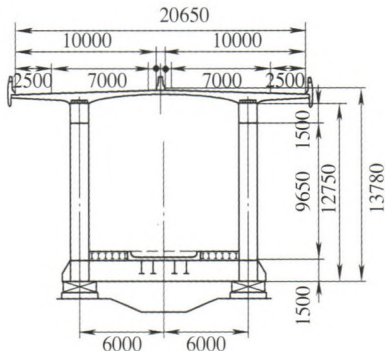


图2 钢桁梁横断面

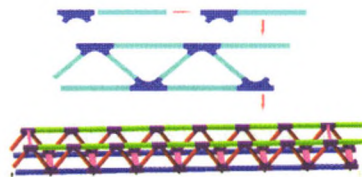


图3 单跨150m钢桁梁的组焊流程

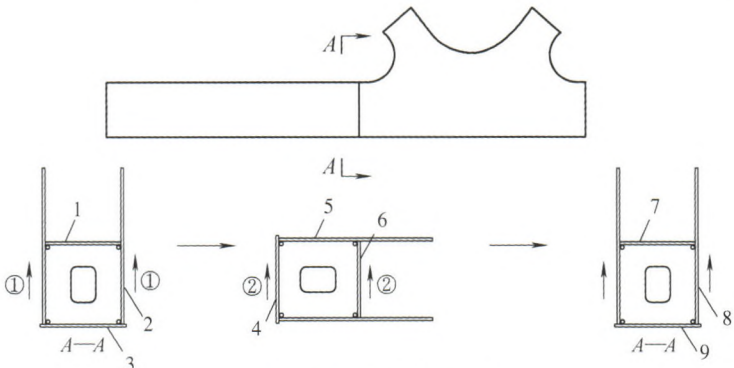


图4 杆件二拼的焊接顺序

1、4、6、7.盖板 2、5、8.腹板 3、9.底板

焊接材料与焊接参数

焊材类型	牌号	直径/mm	对应标准	应用位置	焊接参数				生产厂家
					焊接电流/A	电弧电压/V	焊接速度/cm·min ⁻¹	热输入/kJ·mm ⁻¹	
焊条	CHE58—1	3.2/ 4.0	ISO 2560	定位焊	120~190	22~26	6.6~23.0	0.55~3.59	四川自贡大西洋
埋弧焊丝	CHW—S3	5.0	ISO 14171	箱型外侧平焊	580~750	28~33	30.0~60.0	1.62~4.95	四川自贡大西洋
埋弧焊剂	CHF101	—	ISO 14174	箱型外侧平焊					四川自贡大西洋
药芯焊丝	SQJ501NiL	1.2	ISO 17632	立位焊缝	170~240	25~30	7.0~14.0	1.46~4.94	天津三英
气保焊 实心焊丝	HTW—58	1.2	ISO 14341	平位焊缝	220~320	28~34	16~44	0.67~3.26	常州华通

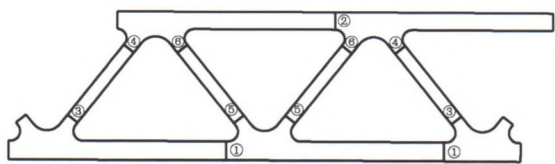


图5 桁拼整体焊接顺序

不得小于12mm，同时持续焊接两条立焊缝①直至完成。箱外平缝③打底完成后，暂停焊接，并做好改用埋弧焊方法填充盖面的准备工作，同时持续焊接箱内平缝②。待箱内平缝②的熔敷金属厚度超过板厚的2/3后，即可开始采用埋弧焊方法焊接箱外平缝③，同时继续焊接箱内平缝②，直至全部完成。

(3) 立拼阶段 在立拼胎架上拼装东、西桁片及横梁后，所有环口均使用马板固定位置，焊前对整垮的拱度及线型测量，达到要求后方可进行焊接。桁片间环口的焊接顺序如下（见图7）：①对称焊接横梁与桁片的环口焊缝。②对称焊接下弦环口焊缝。③对称焊接上弦环口焊缝。④对称焊接斜杆与下弦的环口焊缝。

4. 变形控制

在组装过程中，每条焊缝均在箱型的外侧使用马板定位来控制焊接变形，马板厚度为30mm，采用双面角焊缝固定，焊脚 $\geq 6\text{mm}$ （见图8）。

5. 预留焊接收缩量

对于全焊接结构桥梁，焊接变形和焊接收缩势必会对结构最终成品尺寸造成影响，因此必

须对其进行合理的控制，特别是对不等厚对接的全熔透焊缝的收缩量的控制。通过现场试验及以往经验，对于 $\leq 40\text{mm}$ 钢板对接，其焊缝的平均收缩量为4mm；对于40~70mm钢板对接，其焊缝平均收缩量为5~6mm。因此在杆件组装定位的过程中，杆件与杆件间通过预留焊接收缩量的方法，控制结构的整体长度满足要求。

6. 结语

本项目总结以往的桥梁制造经验结合孟加拉帕德玛桥现场实

际情况，制定了科学合理的焊接顺序，并总结摸索出了杆件收缩变形的控制方法，在钢桁梁拼装焊接过程中将焊接收缩变形控制在标准范围之内，解决了箱型厚板全断面焊接产生扭曲变形等问题，在得到质量可靠稳定的焊接结构的同时，保证整桥的制造精度和制造效率。焊后各项拼装线形和几何尺寸均达到了标准要求，顺利通过了监理和业主的验收认可。

通过此桥的制造经验，不仅为全焊接钢桁梁桥的焊接方法及焊接顺序提供了借鉴，而且为国内外类似工程提供了参考。

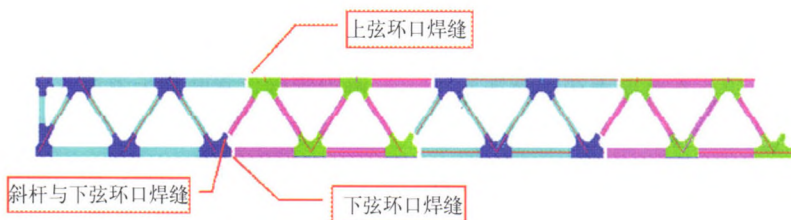


图7 立拼环口焊接顺序

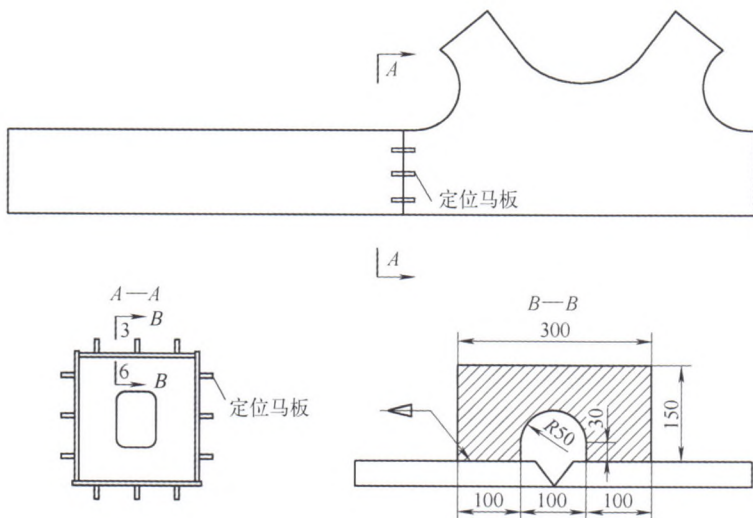


图8 定位马板的尺寸及布置

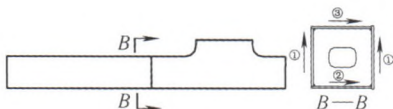


图6 桁拼环口焊接顺序

作者简介：吴玉柱、刘壮，中铁山桥集团有限公司。

MW 20170504