

# 梅山春晓大桥水中引桥整体节段制作与拼装技术

杨翠屏, 邢扬

(中铁山桥集团有限公司, 河北 秦皇岛 066205)

**摘要:** 以浙江宁波梅山春晓大桥水中引桥拼装工程为依托, 按照分块起拱的基本原理, 探讨如何在节段制作时通过调整桥梁拱度曲线修正杆件的设计尺寸; 同时介绍了水中引桥拼装胎架线形的设计方法和整体节段连续匹配拼装方案。

**关键词:** 桥梁; 引桥; 预拱度; 胎架线形; 整体节段; 连续匹配拼装

中图分类号: U445.47

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)02-0154-03

## 1 工程背景

浙江宁波梅山春晓大桥主桥长 496 m, 为三跨连续中承式双层钢桁拱桥, 主跨 336 m。水中引桥

为(3×72) m 连续桁架叠合梁(见图 1), 主桁为全焊结构, 桁式为三角形桁架, 两片主桁倾斜布置, 采用整体节段架设方案, 即将一个节间的弦杆、腹杆、上层桥面、下层桥面连接成一个吊装单元(见图 2)。

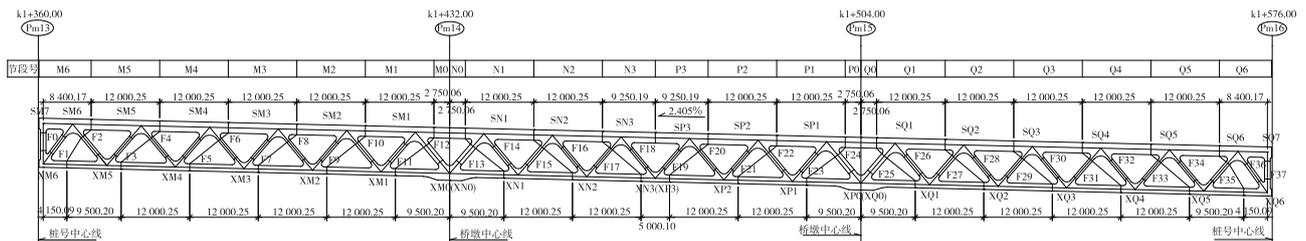


图 1 水中引桥节段划分示意图(单位: mm)

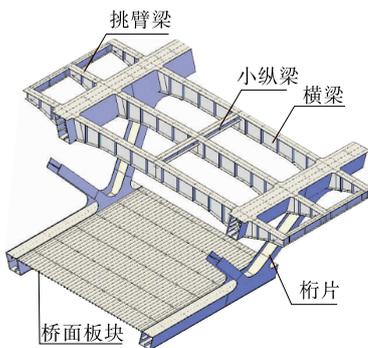


图 2 水中引桥节段直观图



图 3 预拱度二次抛物线示意图(单位: mm)

从理论上讲, 对于图 4 所示桁梁桥, 可通过上下弦杆尺寸变化使桁梁节段与拱度曲线拟合, 由此按照图 5 所示分块起拱方式, 通过调整节段间的拼接缝和合理的错边吻合效应实现拼装过程中对竖向预拱的控制。

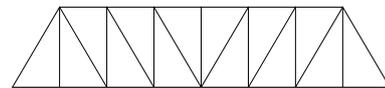


图 4 未设置预拱度的钢桁梁

## 2 预拱度设置

由于设计图中尺寸是理论状态下的数据, 工厂制作时, 除需考虑设计桥梁本身的拱度曲线(成桥线形)外, 还应考虑焊接变形、温度变化等因素, 预拱度按二次抛物线建立数学模型进行计算, 与设计给定的拱度曲线叠加, 并依据经验对设计数值作适当修正。图 3 为预拱度的二次抛物线模型。

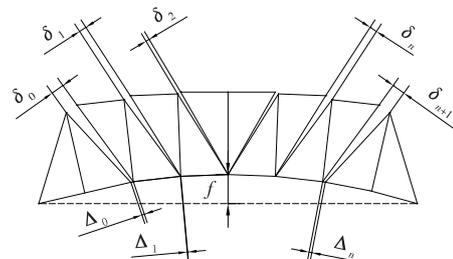


图 5 分块预拱度设置法示意图

根据上述预拱度设置基本原理,对水中引桥按拱度曲线进行拟合,结果见图 6。从中可见:起拱后下弦伸长值均小于 1 mm,可通过拼装时的焊接间隙来调整;上弦各节点间沿弦杆方向的伸长变化较大,在施工设计及杆件制造时按弦杆方向伸缩值对设计值进行修正,节段连续匹配拼装时在错边量允许偏差内进行调整,实现杆件间对接的吻合。

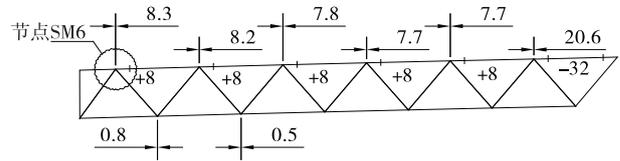


图 6 起拱后的水中引桥杆件伸缩值(单位:mm)

### 3 节段拼装胎架线形的确定

在水中引桥拼装胎架设计时,通过控制设置预

拱度的安装(拼装)线形使安装后成桥线形与设计要  
求线形吻合。图 7 和表 1 为成桥与安装线形及各节  
点坐标值。

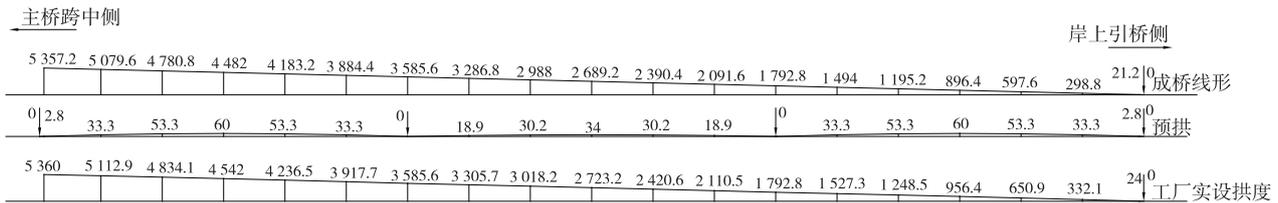


图 7 成桥与安装线形示意图(单位:mm)

表 1 节点坐标值

节点坐标值			节点坐标值		
节点编号	成桥坐标	安装坐标	节点编号	成桥坐标	安装坐标
XM6	850,5 357.2	850,5 360.0	XP2	120 000,2 390.4	120 000,2 420.6
XM5	12 000,5 079.6	12 000,5 112.9	XP1	132 000,2 091.6	132 000,2 110.5
XM4	24 000,4 780.8	24 000,4 834.1	XP0(XQ0)	144 000,1 792.8	144 000,1 792.8
XM3	36 000,4 482.0	36 000,4 542.0	XQ1	156 000,1 494.0	156 000,1 527.3
XM2	48 000,4 183.2	48 000,4 236.5	XQ2	168 000,1 195.2	168 000,1 248.5
XM1	60 000,3 884.4	60 000,3 917.7	XQ3	180 000,896.4	180 000,956.4
XM0(XN0)	72 000,3 585.6	72 000,3 585.6	XQ4	192 000,597.6	192 000,650.9
XN1	84 000,3 286.8	84 000,3 305.7	XQ5	204 000,298.8	204 000,332.1
XN2	96 000,2 988.0	96 000,3 018.2	XQ6	215 150,21.2	215 150,24.0
XN3(XP3)	108 000,2 689.2	108 000,2 723.2			

连续匹配拼装节段制作时,按照安装线形控制拱度,并考虑工艺间隙,确定将上弦杆、下弦杆、腹杆

摆在在相应位置,保证下弦节点位置不变,调整各杆件间对接处轴线的错边均匀性(见图 8)。

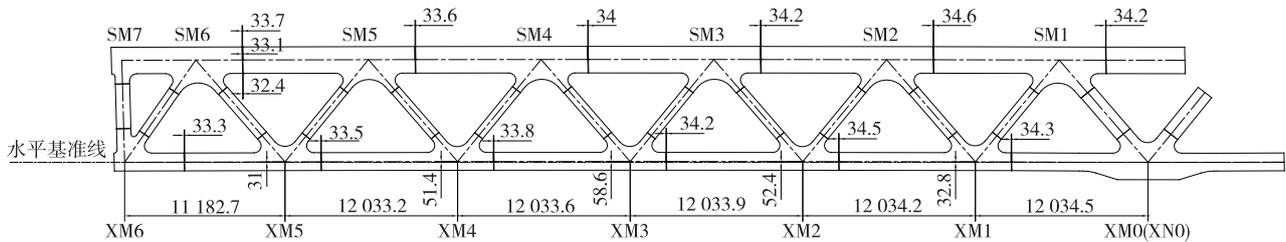


图 8 拼装胎架示意图(单位:mm)

图 8 所示节段间弦杆间隙均为弦杆中心线间隙,实际上由于竖向起拱,该间隙并非规则矩形(见图 8 中 SM6 与 SM5 间隙值)。该间隙通过焊缝调

整,节段间腹杆与弦杆间的焊缝同理。  
由此得出表 2 所示水中引桥连续匹配拼装胎架实际节点坐标值。

表2 节点胎架坐标值 mm

节点编号	胎架节点坐标	节点编号	胎架节点坐标
XM6	0.0,0.0	XP2	48 164.1,30.2
XM5	11 182.7,31.0	XP1	60 198.1,18.9
XM4	23 215.9,51.4	XP0(XQ0)	72 232.3,0.0
XM3	35 249.5,58.6	XP0(XQ0)	0.0,0.0
XM2	47 283.4,52.4	XQ1	12 032.9,32.8
XM1	59 317.6,32.8	XQ2	24 033.9,52.3
XM0(XN0)	71 352.1,0.0	XQ3	36 067.5,58.6
XM0(XN0)	0.0,0.0	XQ4	48 101.3,51.4
XN1	12 033.2,18.9	XQ5	60 135.6,30.9
XN2	24 066.7,30.2	XQ6	71 319.8,0.0
XN3(XP3)	36 100.3,34.0		

#### 4 节段拼装方案及线形控制

水中引桥节段拼装采用多节段连续匹配拼装方案,施工顺序为桁片及桥面板块拼装→节段拼装。

(1) 桁片拼装按照整体弦杆就位→腹杆拼装→焊接→检测、解体的顺序进行,严格控制桁高、对角线差等关键指标(见图9)。

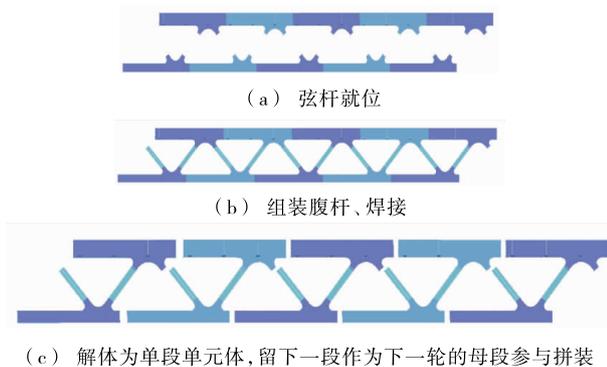


图9 桁片的拼装

(2) 桥面板块拼装按照横梁就位→桥面板单元拼装→焊接的顺序进行,组装胎架上设置横梁定位板模拟弦杆,保证其连接精度,依据桥面板块组焊总结的数据预留焊接收缩量 and 焊接反变形(见图10)。

(3) 整体节段拼装。在钢梁主桁片、钢桥面分别拼装完成后,在节段拼装胎架上进行连续匹配节段拼装与焊接。首段按照下层桥面板块就位→两侧桁片拼装→上层横梁拼装→小纵梁拼装→挑臂梁拼装的顺序进行,后续节段按照两侧桁片就位→下层桥面板块拼装→上层横梁拼装→小纵梁拼装→挑臂梁拼装依次推进,连续匹配拼装完成后按节段解体

发运至工地进行桥上对接安装(见图11)。

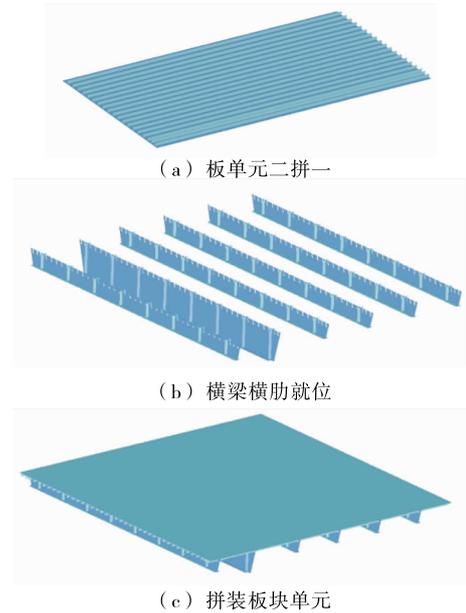


图10 桥面板块的拼装

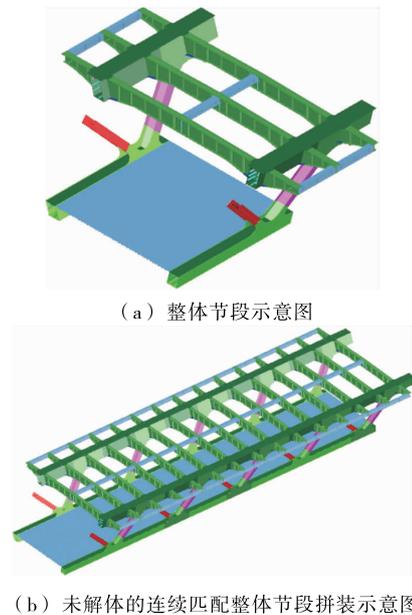


图11 整体节段的拼装

为保证钢桁梁节段制造过程中线形准确,每轮次节段下胎后重新对胎架进行检测,确认合格后方可进行下一轮次预拼。定位与测量时要避免日照的影响,宜在日出前或阴天进行,以免在日照下胎型与桁片存在温度差而造成不均匀热膨胀影响拼装时定位和尺寸精度。桁片组装时,腹杆与上弦杆用限位档角限位,不能点焊,待腹杆与下弦杆焊缝完成后再

(下转第160页)

- Structures, 2016, 119.
- [26] Emilio Bastidas-Arteaga, Mauricio Snchez-Silva, Alaa Chateaneuf, et al. Coupled reliability model of biodeterioration, chloride ingress and cracking for reinforced concrete structures[J]. Structural Safety, 2008, 30.
- [27] Giorgio Barone, Dan M Frangopol. Life-cycle maintenance of deteriorating structures by multi-objective optimization involving reliability, risk, availability, hazard and cost[J]. Structural Safety, 2014, 48.
- [28] Quanwang Li, Cao Wang, Bruce R Ellingwood. Time-dependent reliability of aging structures in the presence of non-stationary loads and degradation [J]. Structural Safety, 2015, 52.
- [29] Liu Yuefei, Lu Dagang, Fan Xueping. Reliability updating and prediction of bridge structures based on proof loads and monitored data[J]. Construction and Building Materials, 2014, 66.
- [30] Xiaogang Zhang, Wei-ping Zhang, Xiang-lin Gu, et al. Time-dependent probability assessment for chloride induced corrosion of RC structures using the third-moment method[J]. Construction and Building Materials, 2013, 38.
- [31] Bassem Saassouh, Zoubir Lounis. Probabilistic modeling of chloride-induced corrosion in concrete structures using first- and second-order reliability methods [J]. Cement & Concrete Composites, 2012, 34.
- [32] Caio Gorla Nogueira, Edson Denner Leonel. Probabilistic models applied to safety assessment of reinforced concrete structures subjected to chloride ingress[J]. Engineering Failure Analysis, 2013, 31.
- [33] Vu K A T, Stewart M G. Structural reliability of concrete bridges including improved chloride-induced corrosion models[J]. Structural Safety, 2000, 22(4).
- [34] Stewart M G, Al-Harthy A. Pitting corrosion and structural reliability of corroding RC structures; experimental data and probabilistic analysis[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2008, 93(3).
- [35] Stewart M G, Suo Q. Extent of spatially variable corrosion damage as an indicator of strength and time-dependent reliability of RC beams [J]. Engineering Structures, 2009, 31(1).
- [36] Bhargava K, Mori Y, Ghosh A. Time-dependent reliability of corrosion-affected RC beams (Part 1): estimation of time-dependent strengths and associated variability[J]. Nuclear Engineering and Design, 2011, 241(5).
- [37] Marano G C, Quaranta G, Mezzina M. Fuzzy time-dependent reliability analysis of RC beams subject to pitting corrosion[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2008, 20(9).
- [38] Liang M-T, Wu J-H, Liang C-H. Multiple layer fuzzy evaluation for existing reinforced concrete bridges[J]. Journal of Infrastructure Systems, 2001, 7(4).
- [39] Zhang R, Mahadevan S. Reliability-based reassessment of corrosion fatigue life[J]. Structural Safety, 2001, 23(1).

收稿日期: 2016-10-09

\*\*\*\*\*  
(上接第 156 页)

定位焊接, 保证在下弦节点焊接时腹杆在长度方向上有自由伸缩的空间, 减少焊接收缩对桁高的影响。

## 5 结语

杆件实际制作与节段连续匹配拼装时对关键点进行测量, 结果显示上述增加预拱度修正弦杆长度的方法、连续匹配拼装胎架线形的设计方法和拼装线形的控制方法合理, 所积累的经验 and 数据可为类似项目的拼装制造提供参考。

### 参考文献:

- [1] TB 10002.2-2005, 铁路桥梁钢结构设计规范[S].
- [2] 万明坤. 钢桁梁起拱方法的探讨[J]. 长沙铁道学院学报, 1981(1).
- [3] 曾永平, 陈天地, 袁明, 等. 大跨度铁路钢桁梁斜拉桥预

拱度设置[J]. 铁道工程学报, 2010, 32(4).

- [4] 李绍龄. 三角形钢桁梁的预拱方法[J]. 铁道标准设计, 1995(9).
- [5] 陈绍游. 大跨度钢箱梁的制作与分段吊装技术研究与应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2005.
- [6] 洗尚钧. 钢箱梁连续梁桥制造线形关键技术研究[J]. 科学技术与工程, 2013, 28(13).
- [7] 吕建峰. 整体节点钢桁梁桥设计、制作细节问题及有关标准的探讨[J]. 钢结构, 2013(3).
- [8] 杨汉桥. 东新赣江特大桥钢桁梁整体节点制造工艺[J]. 桥梁建设, 2010(4).
- [9] 蔡禄荣. 大跨度钢桁梁拱桥预拱度设置及拼装误差理论[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [10] 黄鑫, 罗章智, 成宇海. 重庆朝天门长江大桥主桁试拼装精度控制方法研究[J]. 世界桥梁, 2009(2).

收稿日期: 2016-11-14