

# Key Technology of Main Arch Rib Construction of Zhaolongba River Bridge

Xiaoyu Wu

First Engineering Co. Ltd., China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group, Dalian Liaoning  
Email: 719698432@qq.com

Received: Nov. 27<sup>th</sup>, 2019; accepted: Dec. 23<sup>rd</sup>, 2019; published: Dec. 30<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Combined with the installation and construction of 225 m main arch rib of concrete filled steel tube arch in deep valley, the construction experience of smooth closure of main arch rib is introduced in detail. By configuring the corresponding hoisting equipment and formulating the feasible implementation scheme, the influence of the difficulty of segment assembly construction, high safety risk and high climate adverse factors can be effectively solved, and the assembly linearity and installation accuracy of the main arch rib can be ensured, which can provide a good reference for the construction of similar projects in the future.

## Keywords

Up-Bearing Steel Pipe Arch, Deep Valley Terrain, the Main Arch Rib, Pre-Assembly, Buckling and Hoisting

---

# 找龙坝河特大桥主拱肋施工关键技术

吴小雨

中铁建大桥工程局集团第一工程有限公司, 辽宁 大连  
Email: 719698432@qq.com

收稿日期: 2019年11月27日; 录用日期: 2019年12月23日; 发布日期: 2019年12月30日

---

## 摘要

结合深谷地形上承式钢管混凝土拱225 m主拱肋的安装施工, 详细地介绍了主拱肋顺利合龙的施工经验, 通过配置相应的吊装设备及制定可行的实施方案, 有效解决节段拼装施工难度大、安全风险高、气候不利因素的影响, 确保了主拱肋拼装线性和安装精度, 可为今后类似工程施工提供很好的借鉴。

## 关键词

上承式钢管拱, 深谷地形, 主拱肋, 预拼装, 扣挂吊装

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 工程概况

### 工程简介

找龙坝河特大桥是位于银川至北海高速公路建始(陇里)至恩施(罗针田)段的一座整体式桥梁, 全长 356.95 m, 主桥为上承式钢管混凝土拱, 拱跨 225 m, 矢高 45 m, 矢跨比 1/5, 拱上桥跨共 15 孔, 单孔跨径为 16 m, 建始岸引桥为 2~40 m, 恩施岸引桥为 1~30 m, 纵坡位于由 0.55%和-0.54%直线坡组成的凸型竖曲线内, 平面位于直线段内本桥主跨为大跨钢管混凝土上承式拱桥, 施工工艺复杂, 科技含量高, 是整个建恩高速的重点工程、难点工程、控制性工程。其总体布置如图 1 所示。

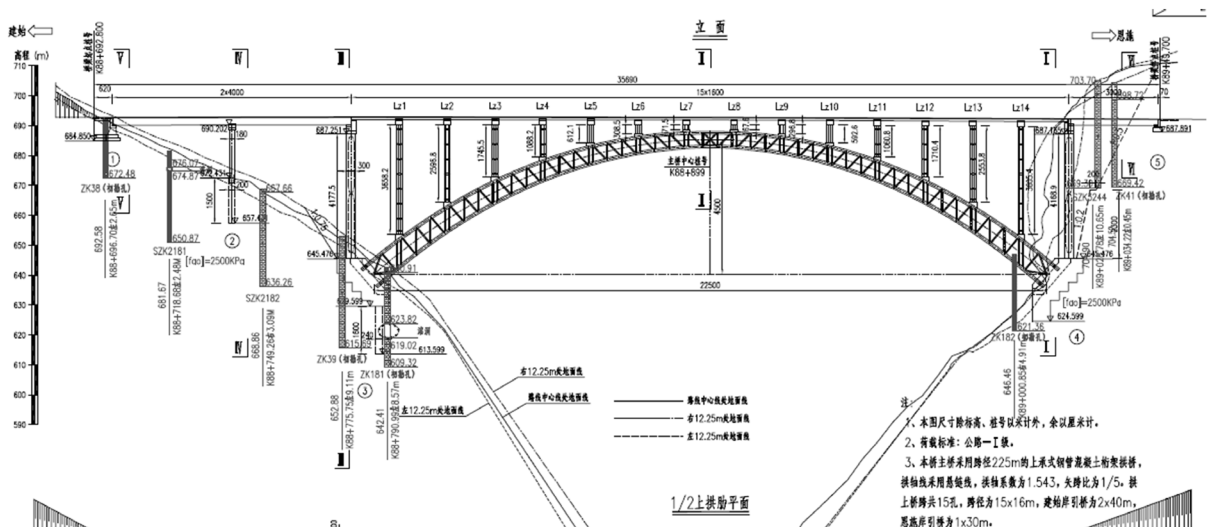


Figure 1. The overall layout of zhaolongba river bridge

图 1. 找龙坝河特大桥总体布置图

拱肋构件在工厂加工并进行预拼, 以散件运抵桥梁现场, 在拼装场地上复拼为大节段后吊装就位, 从拱脚至拱顶共划分为 11 个节段, 全桥共分 44 个节段, 在拱顶设 60 cm 的合龙段, 节段宽度均为 5.5 m, 最大高度为 8.5 m, 最大长度为 16.2 m, 最大重量为 48.7 t。

## 2. 总体施工方案

主拱肋以涂装散件的形式运输到现场预拼场地, 卧拼装组装成立体分段后采用 3 + 1 节段进行立拼装, 液压平板车运输至缆索吊下方(恩施侧), 由缆索吊机直接起吊安装, 节段间采用“先栓后焊、焊栓结合”的原则连接。主拱肋单榀吊装, 采用扣索固定及定位, 由两岸向跨中逐节段安装、逐节段扣挂, 单个节

段吊装完成后进行扣索安装及固定,使用扣索拉力调整节段标高,调整定位完成后方可进行下一节段吊装,直至跨中合龙。

### 3. 施工工艺流程

缆索起重机安装、调试,扣锚体系安装施工→拱脚铰座精确定位固定→拱肋预拼完成,恩施岸、建始岸吊装首节段拱肋(1a、11a),临时固定→吊装首节段拱肋(1b、11b),完成首节段吊装→安装扣、锚索→扣、锚索同步对称分级张拉至设计索力(监控提供),拱肋标高调整→铰轴及拱脚处斜管内灌注微膨胀砼,养护达到设计强度→依次安装 2~6 节段主拱肋、平联、K 撑、扣锚索及焊接拱肋环缝嵌补段(根据监控数据调整每节段的拱肋线性)→拱脚封铰砼施工,养护达到设计强度→安装 7~10 节段主拱肋、平联、K 撑、扣锚索及焊接拱肋环缝嵌补段(根据监控数据调整每节段的拱肋线性)→主拱合龙嵌补段吊装并焊接→焊接、焊缝检测报验→拆除扣锚索[1][2][3][4]。

### 4. 工地预制拼装

工地拼装场地设置在找龙坝河特大桥恩施侧张家岩大桥后方高速公路路基上,施工场地全长 387 m,其中 115 m 长度区域用于主拱肋片体拼装及立柱片体拼装组装,86 m 长度区域用于主拱肋立拼装及立柱拼装场地。工地拼装时采用节段匹配的方式进行制造,卧拼装时按 3+1 节段进行匹配制造,拼装矫正报检合格后方可进入立拼装施工,立拼装时同样按照 3+1 节段进行匹配制造。根据安装顺序卧立拼装轮次按:ZL-1~4 分段→ZL-11~14 分段→ZL-21~24 分段→ZL-31~34 分段→ZL-4~7 分段→ZL-14~17 分段→ZL-24~27 分段→ZL-34~37 分段→ZL-7~10 分段→ZL-17~20 分段→ZL-27~30 分段→ZL-37~40 分段的顺序进行制造。拼装矫正报检合格后方可进入安装施工。

### 5. 主拱肋吊装施工

#### 5.1. 铰座及主拱加强钢筋笼安装

根据拱肋轴线坐标推算出拱脚座面上缘及下缘四点坐标,然后进行精确放样。根据此四点来控制拱座的平面位置,用水准仪控制四点标高。拱脚在预埋拱座上就位后,再对其轴线及分段点标高进行校核、调整,使其符合设计要求。根据预埋主拱钢管中心位置,定位安装定位钢板,钢筋笼由缆索吊吊装,人工配合送入预埋钢管内。

#### 5.2. 首节段吊装

用一套缆索起重机上 2 个吊点吊运拱脚段至拱座预埋件处,采用倒链配合、人工拖拉调整拱肋的横向偏位,使拱肋的铰管顺利入槽,准确对位,然后利用临时码板将主拱肋与预埋主管临时焊接,为保证首节段安装的安全性及稳固性,采用钢丝绳将首节段扣定到交界墩上,缆索吊机松钩取下吊点,完成首节段吊装。其节段施工吊装图如图 2 所示。

#### 5.3. 后续节段吊装

首节段吊装完成后,将其与拱脚临时铰连接,并在铰轴圆管及主拱靠拱脚处的两根斜管内灌注 C50 微膨胀混凝土,待混凝土强度达到 90%后,进行后续节段吊装。

拱肋分节段由缆索吊机从两侧往跨中进行单幅悬臂拼装,逐节段安装、逐节段扣挂,直至跨中合龙,节段间采用“先栓后焊、焊栓结合”的原则连接。拱肋节段就位后,先进行初步定位,安装内法兰高强螺栓,挂设扣锚索并进行初张拉,然后缆索吊机松钩,同步分级张拉扣、锚索至设计索力(30%→70%→100%),精调线形后焊接节段间接头焊缝。



**Figure 2.** Construction drawing of zhaolongba bridge section hoisting  
**图 2.** 找龙坝桥节段吊装施工图

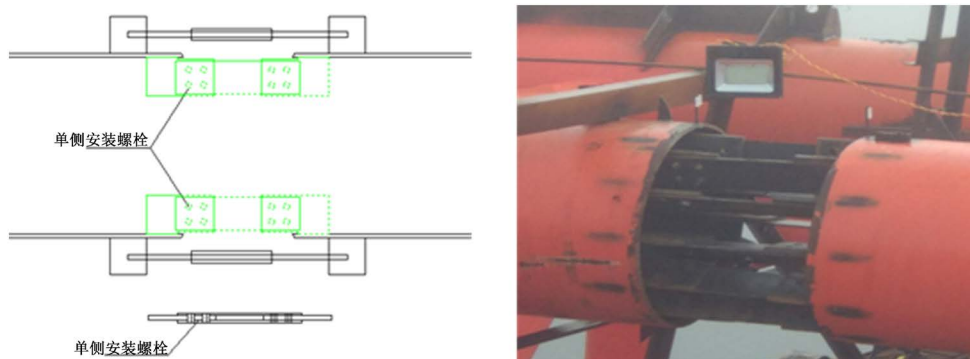
吊装完成 1~6 节段主拱肋及横连、K 撑后，为保证主拱肋悬臂安全，将 4 节段以下所有接头焊接完成后，进行封铰施工，尽快将拱脚弦管与拱座预埋管焊接，将铰轴与铰座焊牢，使铰初步封固，然后在拱座预留槽浇注早强混凝土，使拱肋尽快转变为无铰拱，待封铰混凝土强度达到 90%后，吊装后续节段直至合龙完成[5] [6] [7]。

#### 5.4. 封铰施工

主拱圈第 6 节段吊装完成、将 4 节段以下所有接头焊接完成后，即可进行封铰作业。首先焊定铰轴，再将拱脚弦管与拱座预埋管焊接，使铰初步封固；然后在拱座预留槽浇注早强砼，使拱肋转变为无铰拱。由于此处混凝土高度较大，方量较大，厚度较薄，浇筑时加强温控措施，防止此处出现裂缝。

#### 5.5. 合龙施工

优化主拱肋合龙方案，原设计管内限位板+夹板栓接形式控制要求精度高，施工难度大，栓接孔位误差为 2 mm。因此决定采用焊接形式代替栓接，即采用管内限位板焊接连接钢板进行临时合龙，然后外包钢板焊接进行最终完整合龙。其主拱圈合龙施工图如图 3 所示。



**Figure 3.** Construction drawing of main arch closure  
**图 3.** 主拱圈合龙施工图

安装完成两岸第 11 节段后，根据监控单位确定的最佳线形，通过管外焊接限位槽钢及设置对角倒链等设备，对管体线形及轴线进行精确调整对位，然后将最佳线形时刻的温度、湿度进行确定并不间断监控，保证两次一样的温度、湿度时刻，拱肋变化参数一致。然后根据确定的时段，利用连接钢板与两端 11 节段内预设限位板焊接，实现瞬时合龙抵抗温度升高产生的应力影响，然后精确匹配合龙口，采用外包钢板形式进行焊接，完成最终合龙施工。

合龙工艺流程：建始侧、恩施侧 11 节段吊装完毕(提前在管内焊接限位钢板)→焊接 11 节段以下主弦管外包板→精调合龙口及拱肋线形→安装定位钢管→监控测量并根据监控数据进行精确调整→最终下达指令焊接→焊接连接钢板实现瞬时锁定→等待升温时进行监控量测，满足相关要求后精确配切合龙口→焊接外包钢板实现最终合龙。

## 6. 扣锚索松扣卸载

主拱肋合龙后，即可对扣锚索进行松扣卸载(全部卸载，不保留原设计 10%)。松扣顺序为：由跨中 10#索开始，两岸同步对称分级松扣。扣锚索拉力分 5 级松扣，每级放松 1/5，依次从 10 号→1 号各松一级。松扣过程中，各扣索放松一级，暂停 20 分钟后，测试相关数据，经有关各方确认后，再进行第二级放松循环。拆除全过程加强测量观测，详细记录观测数据，并与监控单位的观测数据对比、分析，最终确定扣锚索拆除后拱圈各项数据变化情况满足设计要求。

## 7. 结束语

通过配置相应的吊装设备及制定可行的实施方案，找龙坝河特大桥主拱肋顺利合龙，经第三方检测单位检测钢管拱拼装线性及精度满足设计规范要求，为后续上部拱上立柱、钢盖梁安装施工奠定了坚实的基础。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50017-2003 钢结构设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50205-2001 钢结构工程施工质量验收规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JTG/T F50-2011 公路桥涵施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50026-2007 工程测量规范[S]. 北京: 中国计划出版社出版, 2008.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ276-2012 建筑施工起重吊装安全技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ82-2011 钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T11345-2013 焊缝无损检测超声检测技术、检测等级和评定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.