

Design and Research of Long-Span Tied Arch Continuous Beam Arch Rib Pulling Temporary Structure

Tiancong Su

University of Shenyang, Shenyang, Liaoning, 110044, China

Abstract

The common construction methods of high-speed railway concrete tied arch continuous beam arch crossing expressway include in-situ assembly method, vertical rotation method, ectopic assembly and horizontal push method, etc. the steel pipe arch is assembled at different bridge positions and then continuously dragged in place, which can avoid the safety risks such as support erection, arch rib hoisting and arch rib welding above the expressway. At the same time, the construction period is about 50 days ahead of the in-situ assembly method. Based on the temporary structure design and construction experience of Beijing-Guangzhou Bridge (72+128+72) m, this paper introduces in detail the key technology of arch rib dragging temporary structure design of long-span concrete long-span tied arch continuous beam.

Keywords

ectopic assembly; drag; arch ribs; temporary structure

大跨度系杆拱连续梁拱肋拖拉临时结构设计研究

苏天聪

沈阳大学, 中国·辽宁 沈阳 110044

摘 要

高速铁路混凝土系杆拱连续梁拱肋跨高速公路常用施工方法有原位拼装法、竖转法、异位拼装平推法等, 选择异桥位拼装钢管拱肋后采用连续拖拉就位的方法, 可避免高速公路上方进行支架搭设、拱肋吊装、拱肋焊接等安全风险, 同时较原位拼装法提前工期约50d。论文依托京广特大桥(72+128+72)m连续梁拱肋拖拉施工临时结构设计及施工经验, 对大跨度混大跨度系杆拱连续梁拱肋拖拉临时结构设计关键技术进行详细介绍。

关键词

异位拼装; 拖拉; 拱肋; 临时结构

1 引言

京广特大桥 128m 简支拱位于直线上, 拱轴线采用二次抛物线理论计算跨度 $L=128\text{m}$, 矢高 21.333m , 矢跨比 $1/6$ 。横桥向设置两道拱肋, 拱肋中心间距 12.8m 。拱肋采用哑铃形钢管混凝土截面。钢管直径 1.0m (壁厚 $\delta=16\text{mm}$), 拱肋全高 3.0m , 腹板宽 0.6m , 上下两钢管中心距 2m , 拱脚处局部加宽到 1.0m , 上下钢管及腹腔内灌注补偿收缩混凝土。两幅拱肋中心距 12.8m , 拱肋上下钢管之间连接缀板 $\delta=16\text{mm}$ 。吊间距距 6.0m , 中跨共设 18 对吊杆, 每侧 18 根, 第一处吊杆距离支点 13m , 其余吊杆中心间距均为 6m 。

京广特大桥在 JGDK5+712.04 处上跨越京港澳高速公路、卢沟桥南路, 交叉角度为 $79^\circ 41'$, 京港澳高速为双向六车道, 卢沟桥南路单向 2 车道。高峰期车流量可达到

4200 辆/小时。

2 拱肋拖拉临时结构设计关键技术

2.1 支架设计

拱肋临时支架立柱采用 8 组 $\Phi 630\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的钢管桩作支架, 立柱的位置根据钢管拱分节位置进行设计, 为保证支架有较好的刚度, 立柱横向间距尽量取小值 (距梁边 50cm)。

因钢管立柱桁架高度达 50m , 为增加支架稳定性, 立柱之间设置横联和纵联, 纵横联采用 $530\text{mm} \times 10\text{mm}$ 钢管进行焊接而成。同时, 桥面位置邻近桥梁翼缘板位置的两根钢管采用 20 槽钢和桥面预埋钢筋进行连接, 增加稳定性^[1]。

2.2 滑移系统设计

2.2.1 轨道设计

轨道走行路径位于曲线上, 以京广 36 号~39 号墩中轴线和 42 号~43 号墩中轴线为直线段, 两直线相交后, 转角为 $2^\circ 53' 44''$, 采用 $R=1500$ 圆曲线进行过渡。

【作者简介】苏天聪 (1999-), 男, 中国山东泰安人, 在读硕士, 从事土木水利研究。

拖拉轨道设计为两组共4根60钢轨,两组轨道中心间距6m,每组轨道由2根60钢轨组成,间距50cm。钢轨下设置15cm厚C40混凝土基础(加钢筋网),宽1.0m,混凝土基础表面预埋5mm厚薄钢板以便于固定上部钢轨,钢轨采用压板进行焊接牢固,避免拖拉过程中钢轨偏压倾覆。

考虑到拖拉就位前拱肋的线型和高程需要调整,在轨道基础混凝土浇筑时,对于靠近成桥就位前12.5m范围内对轨道高程进行精准控制,拱肋平推到位后,减少调节的工作量,降低施工风险^[2]。

2.2.2 走行轮组设计

全桥前后左右共4组滑行装置,每组设置4个滑行小车,每组小车设置2个轮组,全桥共设置32个轮子,轮子采用厂家定做,轮子允许承载力根据最不利荷载工况进行计算(30.7t)。轮箱顶部底座位置设置转向销轴,销轴与轮箱连接桁架采用销轴连接,钢板之间涂润滑油,故轮箱及其滑移系统即可根据曲线自由转向,实现曲线桥钢管拱整体滑移。

2.3 临时拱脚设计

临时拱脚支架自下而上为型钢桁架、4组双拼56工字钢分配梁、10组贝雷片横梁。因两组钢管拱间距为12.8m,而临时轮箱支座间距仅有6m,在安装第一节拱时,两边临时支座受力不平衡,会出现倾覆现象,需在临时拱座横向贝雷梁和简支梁翼缘板间每侧各设置3根20t倒链,以约束安装第一节拱时的不平衡力。贝雷片横梁的高度设计需考虑拱脚预埋钢管的高度,避免影响拖拉走行^[3]。

临时拱脚锚箱为钢板焊接而成的空间组合结构,底板为厚20mm钢板,通过M27高强螺栓与拱脚支座横向贝雷梁连接。侧板为20mm钢板,传递拱脚水平力,其上设置张拉作业孔和贝雷片连接牛腿,临时拱座上部采用U形抱箍及高强螺栓通过摩擦力克服钢管拱的下滑力,将钢管拱上下拱肋固结。拱座和拱肋一侧设置4道焊缝,每道焊缝长度60cm。

2.4 拱肋横向连接体系设计

2.4.1 贝雷片系梁设计

为保证拖拉过程中整体结构稳定性,拱肋每侧设置2组贝雷片,间距45cm,左右侧共四组。为方便分节对称拼装,在支架上设置牛腿,每侧共设置8个牛腿,牛腿采用16槽钢焊接而成。

走行过程中采用 $\phi 28$ 钢丝绳对贝雷片进行悬吊在锚箱上,间距12m一道。为确保左右两组贝雷梁横向稳定,纵向贝雷梁横联采用I16工字钢桁架进行连接,共设置4道,布置间距:18+18+6+18+19m。

2.4.2 钢绞线设计

在拼装支架顶节拆除后,每肋钢管拱两端均有向外延伸的张力,故每肋钢管拱提前采用钢绞线承受其水平拉力,根据计算每个拱肋使用一束19-15.24钢绞线进行对拉。临时拱座支架对拉钢绞线及压重贝雷梁安装完成后,采用2台

500t千斤顶,两侧同步、对称张拉拱脚对拉钢绞线,张拉时分五级(10%、20%、50%、80%、100%)缓慢进行,同时采用拱顶标高进行校核张拉力,直至张拉至拱顶标高开始变形为止^[4]。

①上下钢管合龙。

合龙时,先安装上下钢管,然后连接钢管内钢筋,钢筋连接完成后采用3瓣半圆形拱圈进行焊接封闭。

②腹板合龙。

先安装一侧腹板,然后进行腹板钢筋43为了给另外一侧腹板拉板提供焊接条件,根据拉板位置将一侧腹板分成4片进行安装,每片之间采用融透焊进行拼接。如图1、图2所示。



图1 合龙段节段安装图



图2 腹板合龙口安装图

2.5 防溜及限位设计

2.5.1 防溜设计

因该段纵坡为4.5‰的下坡,在拖拉施工过程中需在轮箱的前面设置铁靴,每侧轮组均需配置铁靴制动,共设置4个,拱架后方采用1台10t卷扬机固定在桥梁预埋钢筋上进行制动和防溜^[5],如图3所示。

2.5.2 限位设计

拖拉前测量放出钢管拱精准就位位置,分别在4条轨道顶部焊接限位桁架,确保拱肋拖拉精准就位,如图4所示。

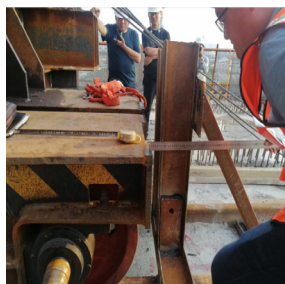


图3 铁鞋安装图

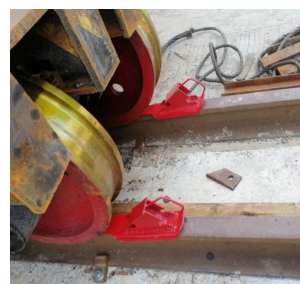


图4 限位装置照片

2.6 拖拉系统设计

钢管拱拖拉采用两点同步拖拉的设计方案,在大里程侧轮箱前方设置拖拉锚点,在拖拉路径上设置3处后锚点,分别在120m、240m、360m处设置,全桥共设6个,如图5、图6所示。

在大里程侧每个临时拱座设1台连续型液压千斤顶,施工时由一个总控台控制两个工作千斤顶动作,同时开关,同步同级施力。千斤顶选择拖拉力为250吨连续型的千斤顶2台^[6]。



图5 拖拉前锚点



图6 拖拉后锚点

2.7 体系转换设计

第一次体系转换流程：安装压重贝雷片→预紧钢绞线→拆除鞍座。完成由临时拱脚和支架受力到由临时拱脚受力的体系转换^[7]。

第二次体系转换流程：拱脚合龙→拆除钢绞线→拆除压重贝雷片→拆除临时拱脚。完成由临时拱脚受力到由永久性拱脚受力的体系转换。

3 结语

跨高速公路混凝土系杆拱连续梁拱部施工对既有高速公路行车安全影响较大，采用异位拼装拖拉就位施工方法避

免了高速公路上方进行支架搭设、拱肋吊装、拱肋焊接等安全风险，但是拖拉过程中拱肋的稳定性是该施工方法安全控制的核心，临时结构的安全和对永久结构稳定是关键技术控制要点，本工程施工取得的宝贵经验，可以指导后续同类工程施工。

参考文献

- [1] 董云祥.钢管混凝土拱桥施工技术探讨[J].工程技术研究,2019(9):57-58.
- [2] 王飞.钢管混凝土拱桥拱肋施工线形控制技术研究[J].科技创新与应用,2020(3):147-148.
- [3] 王丽娟.研究大跨径钢管混凝土拱桥设计技术要点[J].黑龙江交通科技,2020(11):96-97.
- [4] 宋刚,陶忠,李睿,等.高原地区大跨径系杆拱桥施工技术[J].中国水运,2021(1):140-142.
- [5] GB 50923—2013 钢管混凝土拱桥技术规[S].
- [6] 姚柒海.钢管混凝土系杆拱桥拱肋施工控制技术[J].安徽建筑,2009,16(3):82-83.
- [7] 孙乃燕.BIM技术在钢结构桥梁中的应用研究[J].技术与市场,2017,24(10):73-74.