

一种新型装配式支架在钢管拱安装中的应用

齐晓明

湖南中铁五新重工有限公司, 湖南 长沙 410300

[摘要] 宁淮城际铁路 (Nanjing-Huai'an Intercity Railway), 是江苏省境内由南京市至淮安市的高速铁路, 长三角城际铁路网的重要组成部分, 淮河生态经济带重大基础设施支撑项目。宁淮城际铁路总长约 212km, 其中正线全长约 200.21km, 设计速度 350km/h。自南京北站至淮安东站, 途经南京市浦口区、六合区、安徽省天长市、淮安市金湖县、洪泽区、淮安区, 共设南京北站、六合西站、天长站、金湖站、洪泽站、淮安东站等 6 座车站。宁淮城际铁路项目建成运营后, 南京与淮安将实现 1 小时直达, 对于完善区域城际轨道交通网络, 提高铁路运输能力和服务质量, 促进苏皖沿线区域经济协调可持续发展, 加快构建全省现代综合交通运输体系具有重要意义。本工程应用在宁淮城际铁路站前工程 6 标项目上, 是一座跨既有南京绕城高速的 156m 系杆拱项目, 全桥命名为宁淮城际铁路六合-南京双线特大桥 (81.14+156+81.14) m 预应力混凝土连续梁组合结构, 于 28 号墩~31 号墩, 主跨设上承式系杆拱, 如何安全可靠地完成 29#墩至 30#墩之间的 156m 系杆拱的安装施工作业是本项目的主要难点。

[关键词] 新型; 装配式; 支架; 应用

DOI: 10.33142/ect.v2i11.14345

中图分类号: TU761.2

文献标识码: A

Application of a New Type of Prefabricated Bracket in the Installation of Steel Pipe Arches

QI Xiaoming

Hunan China Railway Wuxin Heavy Industry Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410300, China

Abstract: The Nanjing-Huai'an Intercity Railway is a high-speed railway from Nanjing to Huai'an in Jiangsu Province, an important component of the Yangtze River Delta intercity railway network, and a major infrastructure support project in the Huaihe River Ecological Economic Belt. The total length of Ninghuai intercity railway is about 212 kilometers, of which the main line is about 200.21 kilometers long and the designed speed is 350 kilometers per hour. From Nanjing North Station to Huai'an East Station, passing through Pukou District and Luhe District of Nanjing City, Tianchang City of Anhui Province, Jinhu County, Hongze District, and Huai'an District, there are a total of six stations including Nanjing North Station, Luhe West Station, Tianchang Station, Jinhu Station, Hongze Station, and Huai'an East Station. After the completion and operation of the Ninghuai intercity railway project, Nanjing and Huai'an will achieve a one hour direct connection, which is of great significance for improving the regional intercity rail transit network, enhancing railway transportation capacity and service quality, promoting the coordinated and sustainable development of the regional economy along the Jiangsu Anhui route, and accelerating the construction of a modern comprehensive transportation system in the province. This project is applied to the 6th section of the front engineering of the Ninghuai Intercity Railway. It is a 156m tied arch project spanning the existing Nanjing Ring Expressway. The entire bridge is named the Ninghuai Intercity Railway Luhe Nanjing Double track Extra Large Bridge (81.14+156+81.14) m prestressed concrete continuous beam composite structure. From Pier 28 to Pier 31, a through tied arch is installed on the main span. The main difficulty of this project is how to safely and reliably complete the installation and construction of the 156m tied arch between Pier 29 and Pier 30.

Keywords: new type; prefabricated; bracket; application

1 项目工况

1.1 钢管拱结构概述

1.1.1 拱肋

拱肋计算跨径 156m, 矢跨比=1/5, 拱肋平面内矢高 31.2m, 拱肋采用二次抛物线线型。拱肋平面内抛物线方程为:

$$y = -\frac{4}{156 \times 5} x^2 + \frac{4}{5} x$$

其中: x 为拱肋计算点至原点距离, 顺桥向为 X 轴线, 竖向为 Y 轴线, 坐标原点位于拱轴线与中支点梁顶面交点

处。拱肋横截面采用哑铃型钢管混凝土截面, 截面高 3m, 沿程等高布置, 主钢管外径 1000mm, 由厚 18mm 的钢板卷制而成, 拱脚区域局部加厚至 20mm。每片拱肋的两主钢管之间用厚 16mm 的腹板连接。每隔一段距离, 在拱肋主钢管内设加劲环, 在腹腔钢板间焊接拉筋。拱桥两片拱肋均为竖直铅垂布置, 拱肋中心距离 14.8m。上下拱肋除拱脚一定范围内采用哑铃型结构, 其余均为分离结构, 用竖向腹杆连接。两片拱肋之间共布置 9 道横撑, 横撑为“一”字形撑。各处横撑均为上下两层, 分别支撑拱肋的两个钢管。横撑由 $\Phi 450$ mm 的圆形钢管组成, 上下两层横撑间用

Φ250mm 的圆形钢管连接, 钢管拱效果图如图 1 所示。

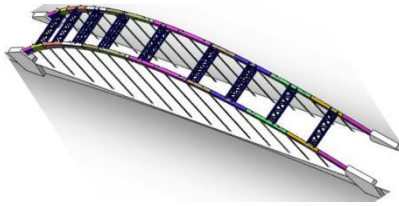


图 1 156m 钢管拱效果图

1.1.2 拱肋的分段

因系杆拱跨南京绕城高速公路, 为了减少高速路上方施工的频繁性, 综合运输、吊装对 156m 系杆拱进行分段。分段结果如图 2 与表 1 所示。

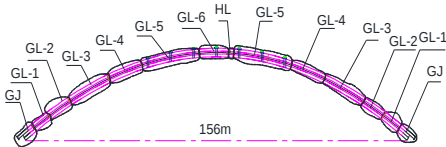


图 2 系杆拱分段

表 1 系杆拱分段

序号	节段编号	高×宽×长(m)	数量	单重(t)	总重(t)	备注
1	拱脚段	1.2×3×7.6	2	10.7	42.8	长: 取上下弦管最长端; 宽: 拱肋弦管外边间距; 高: 拱肋厚度。拱肋长度为弧长
2	GL-1 段	1.2×3×7.4	4	10.4	41.6	
3	GL-2 段	1.2×3×9.5	4	13.3	53.2	
3	GL-3 段	1.2×3×17.5	4	22.9	91.6	
4	GL-4 段	1.2×3×13.9	4	18.2	72.8	
5	GL-5 段	1.2×3×23.3	4	30.5	50.4	
7	GL-6 段	1.2×3×11.5	2	14.7	29.4	
8	HL 段	1.2×3×2	2	3	6	
9	HC	2.45×2.95×14.8	9	13	117	
10	合计		37		555	不包含部分附属

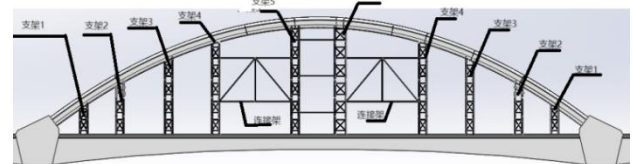
2 装配式支架设计说明

装配式支架作为钢管拱临时安装支架在钢管拱各节段安装中起着临时承载作用, 是必不可少的环节和施工工艺。由于它是临时使用而非结构本身的结构系统, 又成为临时支架, 故文中所有提到的“临时支架”与“装配式支架”为同一物体的不同表述方式。

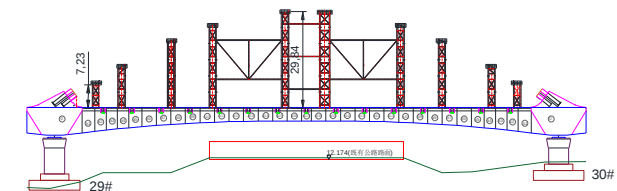
支架设计: 各支架采用标准节装配式钢管支架搭建而成。其中标准节支架由 4 根竖直的规格为 Φ325×8mm 钢管组成, 钢管材质为 Q235B 钢, 钢管之间采用 100×5.5 角钢进行连接。标准节支架宽度 1.5m (侧视方向), 长度 2m (正视方向), 每个标准节支架高 5m, 见图 4(c) 所示。每个标准节的钢管之间用 Φ500×20mm 的法兰板连接, 法兰螺栓采用 M20×60mm 8.8S 紧固, 每个法兰有 8 颗螺栓。

本工程投入的装配式支架由支架 1、支架 2、支架 3、支架 4、支架 5 和支架 6, 对称分布组成, 其中支架 1 的

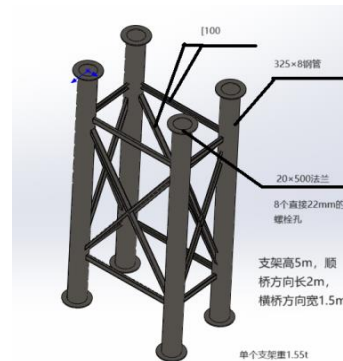
高度为 7.23m, 支架 5 和支架 6 的高度为 29.84m, 各支架均由若干个标准节和一个头部节组成。例如支架 1 由 1 个标准节和 1 个头部节堆积搭建而成; 支架 2 由 2 个标准节和 1 个头部节堆积搭建而成; 支架 3 由 4 个标准节和 1 个头部节堆积搭建而成; 支架 4 由 5 个标准节和 1 个头部节堆积搭建而成; 支架 5 和支架 6 分别由 5 个标准节和 1 个头部节组成。支架的标准节之间、头部节之间采用法兰连接。如图 3(a)、(b) 所示。



(a)



(b)



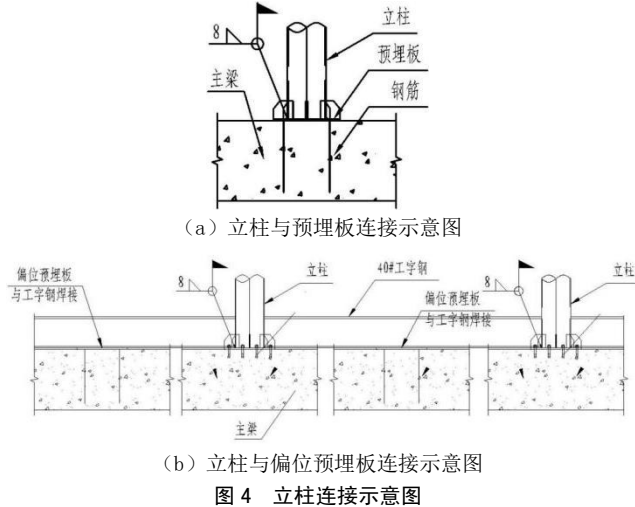
(c)

图 3 拱肋安装支架立面图

3 装配式支架的安装工艺要点

- (1) 支架应在钢管吊装前进场安装就位、找正、固定。
- (2) 临时支架选用 25t 全液压汽车式起重机在桥面上进行安装。
- (3) 临时支架安装前要提前在地面标识出支架每个格构柱的就位点, 支架安装完成后在支架横撑上标注拱肋安装就位控制点、标高控制点。
- (4) 临时支架在使用过程中要定期检查。检查横撑的挠度、立柱是否发生水平位移、焊缝的质量, 临时支架系统的整体稳定性。
- (5) 临时支架通过预埋板与桥面钢性连接, 因此在桥面浇注时需按支架布置图完成连接板的预埋; 对于预埋板与实际支架安装位置偏移过大时, 采用直径 20mm 化学锚栓作植筋连接与主梁连接, 同时采用 30#工字钢将支架

底部与预埋板连接, 见图4所示。



(6) 各支架安装时先进行标准节安装, 再进行头部节安装, 标准节之间以及标准节和头部节之间采用法兰螺栓连接可靠, 螺栓要进行预紧力设计。

4 装配式支架在拱肋安装中的应用

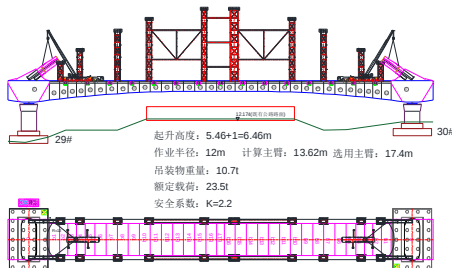
4.1 拱座及预埋施工

拱座在浇注混凝土前, 依照设计要求, 通过测量进行拱脚预埋段放样, 拱脚预埋段安放拱座内后通过测量对拱脚预埋段平面、轴线进行复测调整直至符合设计要求, 然后通过主梁 0#块预埋的角钢劲性骨架对预埋段进行加固, 角钢与角钢之间采用焊接。如现场安装时条件允许, 可在预埋段弦管处适当增加 14 号工字钢骨架对预埋段进行限位加固, 以防浇注混凝土时预埋段弦管偏移上浮。

拱座混凝土强度及弹性模量达到设计值的 100%, 张拉拱座竖向预应力筋。竖向预应力张拉压浆完成且浆体强度满足设计要求后开始安装拱肋节段及拱肋腹板、横撑等拱上结构。

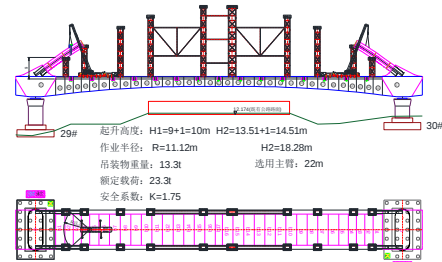
4.2 上部拱肋各节段在装配式支架上的安装

第一节段拱肋自重 10.7t, 采用 2 台 100t 汽车吊站在桥面中间对称吊装, 吊装幅度 12m, 起升高度 6.46m, 选用 17.4m 臂长, 额定载荷 23.5t, 吊装安全系数 2.2, 满足吊装要求。第一节拱肋吊装后与临时支架点焊固定, 见图5所示。

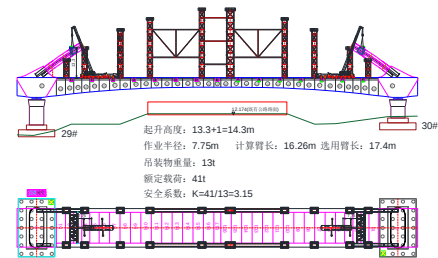


第二节段拱肋自重 13.3t, 采用 2 台 100t 汽车吊站

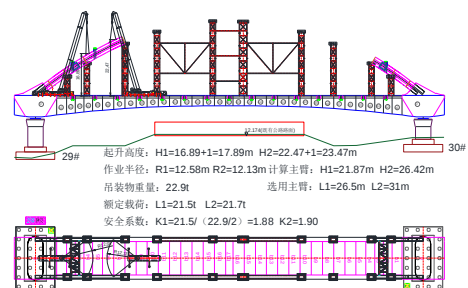
在桥面中间对称吊装, 吊装幅度 11.12m, 起升高度 18.28m, 选用 22m 臂长, 额定载荷 23.3t, 吊装安全系数 1.75, 满足吊装要求。第二节拱肋吊装后与临时支架点焊固定。见图6所示。



吊装第 1、2 根横撑对称吊装, 横撑自重 13t, 采用 1 台 100t 汽车吊站在桥面中间对称吊装, 吊装幅度 7.75m, 起升高度 14.3m, 选用 17.4m 臂长, 额定载荷 41t, 吊装安全系数 3.15, 满足吊装要求。横撑吊装完成后与预留在拱肋上的节段用马板固定点焊, 见图7所示。



第三节左侧拱肋吊装。第三节段自重 22.9t, 采用 2 台 100t 汽车吊站在桥面中间前后对称吊装, 左前方吊车吊装幅度 12.58m, 左前方吊车吊装幅度 12.13m, 右前方吊车起升高度 17.89m, 选用 26.5m 臂长, 右前方吊车起升高度 23.47m, 选用 31m 臂长。两辆吊车的额定载荷分别为 21.5t 和 21.7t, 吊装安全系数 K1=1.9, K2=1.88, 满足吊装要求。第三节拱肋吊装后与临时支架点焊固定, 见图8所示。



第三节右侧拱肋吊装。第三节段自重 22.9t, 采用 2 台 100t 汽车吊站在桥面中间前后对称吊装, 右前方吊车吊装幅度 12.58m, 右前方吊车吊装幅度 12.13m, 左前方

吊车起升高度 21.87m, 选用 26.5m 臂长, 左前方吊车起升高度 23.47m, 选用 31m 臂长。两辆吊车的额定载荷分别为 21.5t 和 21.7t, 吊装安全系数 $K_1=1.88$, $K_2=1.9$, 满足吊装要求。第三节拱肋吊装后与临时支架点焊固定, 见图 9 所示。

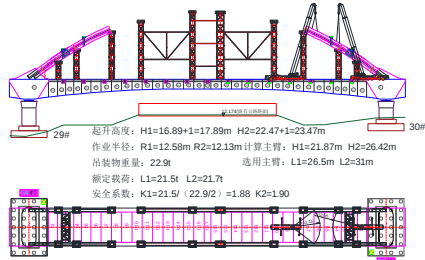


图 9 第三节右侧拱肋吊装图

吊装第 3、4 根横撑对称吊装, 横撑自重 13t, 采用 1 台 100t 汽车吊站在桥面中间对称吊装, 吊装幅度 9m, 起升高度 22.61m, 选用 26.5m 臂长, 额定载荷 32.5t, 吊装安全系数 2.5, 满足吊装要求。横撑吊装完成后与预留在拱肋上的节段用马板固定点焊, 见图 10 所示。

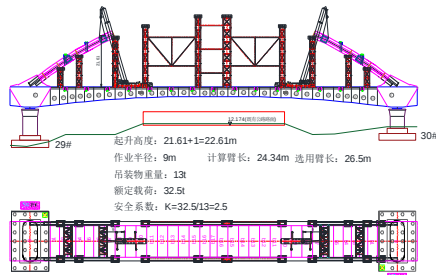


图 10 第 3、4 根横撑吊装图

第四节左侧拱肋吊装。第四节段自重 18.2t, 采用 2 台 100t 汽车吊站在桥面中间前后对称吊装, 左前方吊车吊装幅度 12.63m, 右前方吊车吊装幅度 12.51m, 左前方吊车起升高度 25.68m, 选用 31m 臂长, 右前方吊车起升高度 29.12m, 选用 35.5m 臂长。两辆吊车的额定载荷分别为 21.7t 和 20t, 吊装安全系数 $K_1=2.38$, $K_2=2.20$, 满足吊装要求。第四节拱肋吊装后与临时支架点焊固定, 见图 11 所示。

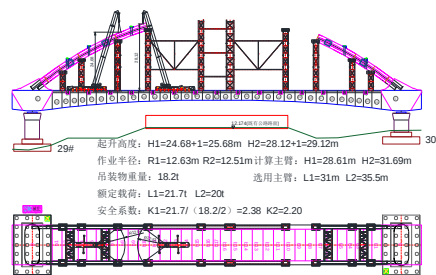


图 11 第四节左侧拱肋吊装图

第四节右侧拱肋吊装。第四节段自重 18.2t, 采用 2 台 100t 汽车吊站在桥面中间前后对称吊装, 左前方吊车

吊装幅度 12.51m, 右前方吊车吊装幅度 12.63m, 右前方吊车起升高度 25.68m, 选用 31m 臂长, 左前方吊车起升高度 29.12m, 选用 35.5m 臂长。两辆吊车的额定载荷分别为 20t 和 21.7t, 吊装安全系数 $K_1=2.20$, $K_2=2.38$, 满足吊装要求。第四节拱肋吊装后与临时支架点焊固定, 见图 12 所示。

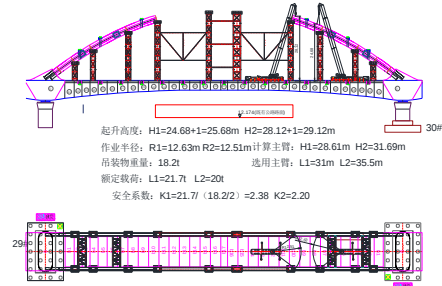


图 12 第四节右侧拱肋吊装图

吊装第 5、6 根横撑对称吊装, 横撑自重 13t, 采用 1 台 100t 汽车吊站在桥面中间对称吊装, 吊装幅度 9.4m, 起升高度 28.6m, 选用 35.5m 臂长, 额定载荷 24t, 吊装安全系数 1.85, 满足吊装要求。横撑吊装完成后与预留在拱肋上的节段用马板固定点焊, 见图 13 所示。

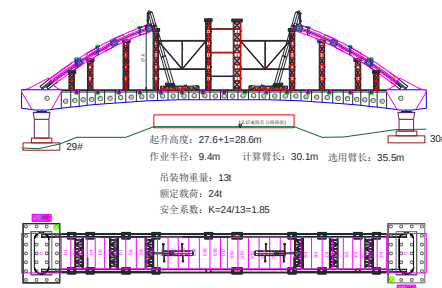


图 13 第 5、6 根横撑吊装图

第五节左拱肋吊装。第五节左拱肋段自重 31t, 采用 2 台 100t 汽车吊站在桥面中间前后对称吊装, 左前方吊车吊装幅度 11.32m, 右前方吊车吊装幅度 11.44m, 左前方吊车起升高度 29.92m, 选用 35.5m 臂长, 右前方吊车起升高度 33.39m, 选用 40m 臂长。两辆吊车的额定载荷分别为 23t 和 21t, 吊装安全系数 $K_1=1.48$, $K_2=1.35$, 满足吊装要求。第五节左拱肋吊装后与临时支架点焊固定, 见图 14 所示。

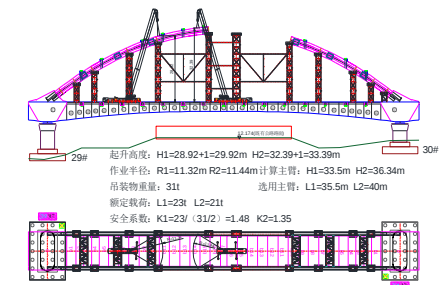


图 14 第五节左拱肋吊装图

吊装第7根横撑吊装,横撑自重13t,采用1台100t汽车吊站在桥面中间吊装,吊装幅度11.23m,起升高度32.39m,选用35.5m臂长,额定载荷21t,吊装安全系数1.65,满足吊装要求。横撑吊装完成后与预留在拱肋上的节段用马板固定点焊,见图15所示。

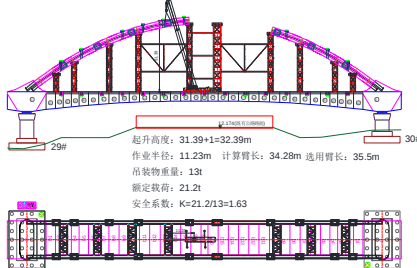


图15 第7根横撑吊装

第五节右拱肋吊装。第五节右拱肋段自重31.3t,采用2台100t汽车吊站在桥面中间前后对称吊装,右前方吊车吊装幅度11.32m,左前方吊车吊装幅度11.38m,右前方吊车起升高度29.92m,选用35.5m臂长,左前方吊车起升高度33.5m,选用40m臂长。两辆吊车的额定载荷分别为23t和21t,吊装安全系数 $K_1=1.48$, $K_2=1.34$,满足吊装要求。第五节右拱肋吊装后与临时支架点焊固定,见图16所示。

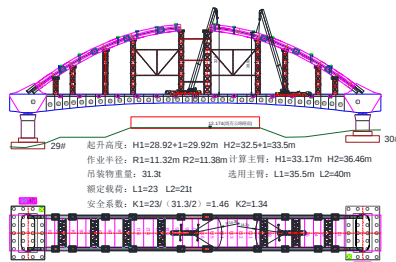


图16 第五节右拱肋吊装

吊装第8根横撑吊装,横撑自重13t,采用1台100t汽车吊站在桥面中间吊装,吊装幅度11.23m,起升高度32.39m,选用35.5m臂长,额定载荷21t,吊装安全系数1.65,满足吊装要求。横撑吊装完成后与预留在拱肋上的节段用马板固定点焊,见图17所示。

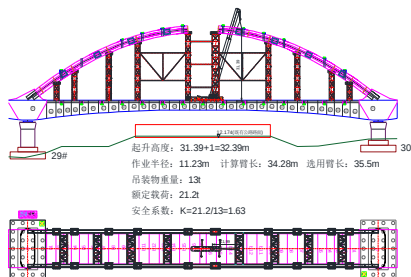


图17 第8根横撑吊装

第六节拱肋吊装。第六节段自重17.1t,采用2台100t汽车吊站在桥面中间前后对称吊装,左前方吊车吊装幅度14.31m,右前方吊车吊装幅度14.31m,右前方吊车起升

高度36.86m,选用40m臂长,左前方吊车起升高度36.86m,选用40m臂长。两辆吊车的额定载荷分别为17.5t和17.5t,吊装安全系数 $K_1=2$, $K_2=2$,满足吊装要求。第六节拱肋吊装后与临时支架点焊固定,见图18所示。

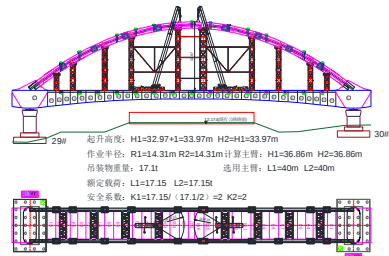


图18 第六节拱肋吊装

吊装第9根横撑吊装,横撑自重13t,采用2台100t汽车对称吊站,前后在桥面中间吊装,吊装幅度12.96m,起升高度33.63m,选用40m臂长,额定载荷17.6,吊装安全系数2.71,满足吊装要求。最后一根(第9根)横撑吊装完成后需要先测量整体拱肋的标高、偏斜度,配备两个手拉葫芦进行纠偏处理,当拱肋的曲线误差满足设计要求后,再将第9根横撑与预留在拱肋上的节段用马板固定点焊(第九根为所有误差消除节段,必须进行精确调整,保证合龙段误差最小),见图19所示。

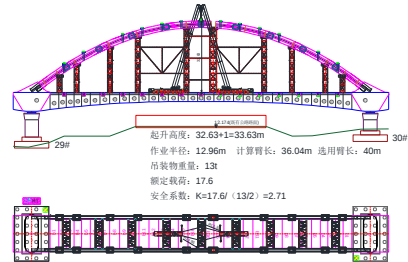


图19 第9根(最后一根)横撑吊装

合龙段拱肋吊装。合龙段自重3t,采用1台100t汽车吊站在桥面中间对称吊装,吊车起升高度33.84m,幅度14.31m,选用40m臂长,吊车的额定载荷为17.15t,吊装安全系数 $K_1=5.7$,满足吊装要求。合龙段对接完成后先测量一下整桥拱肋的曲线,通过手拉葫芦或千斤顶进行调节,其误差满足设计要求后,进行加固施焊,见图20所示。

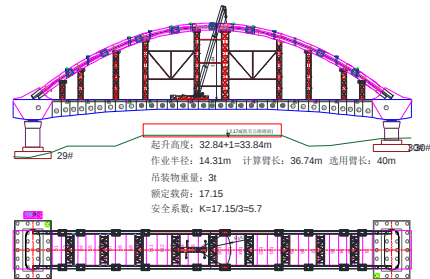


图20 合龙段吊装

拱肋安装完成后通过平台等安全辅助措施对拱肋进行焊接,所有对接焊缝按照UT100%进行探伤检测,确保

焊缝质量满足施工要求。

拱肋焊接完成后对吊杆进行安装和预张拉。待吊杆的预紧力达到一定值时,拆除临时装配式支架,后续施工按图纸或方案要求继续进行。

5 结论

经过对新型装配式支架建模受力分析计算,其稳定性完全满足施工要求。采用本款新型装配式支架将改变传统支架大、笨、粗的特点,用标准节堆积(搭积木式)而成,减少了每次吊装的重量的同时减少了吊装安全风险,并且能够快装快卸,必将成为钢管拱安装过程中越来越多被推崇的先进施工工法。

【参考文献】

- [1] 中国铁路总公司建设管理部.Q/CR9211-2015 铁路钢桥制造规范[S].北京:中国铁路总公司,2015.
 - [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ276-2012 建筑施工起重吊装工程安全技术规范[S].北京:中国国家标准化管理委员会,2012.
 - [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB50205-2020 钢结构工程施工质量验收规范[S].北京:中国国家标准化管理委员会,2020.
- 作者简介:齐晓明(1981—),男,机械设计高级工程师,技术总监。