

DOI: 10.7672/sjgs2026020046

# 公铁两用简支钢桁梁桥双层结合桥面施工技术\*

付立宏

(中铁四局集团工程技术研究院,安徽 合肥 230022)

[摘要] 沪通长江大桥跨南岸大堤引桥主体结构采用112m跨径简支钢桁双层结合梁结构,上层公路桥面采用混凝土桥面板,下层铁路桥面采用混凝土槽型梁。以该引桥为依托,详细介绍了其结合桥面施工技术。桥面板与槽型梁均在工厂预制,在钢桁梁架设完成后,按设计要求先安装、接合公路桥面,后安装、接合铁路槽型梁。因桥面距离地面高差大、预制构件质量大、相邻桥梁均在施工,预制构件垂直提升上桥设备选择受限、桥面纵向运输困难;上、下双层桥面结合施工相互干扰,上层桥面板安装后进一步减少了下层槽型梁可供选择的上桥运输方式,大幅度提升了施工组织与质量控制难度。经综合论证、技术创新,公路桥面板利用钢桁梁架设所用的2台桅杆式架梁起重机后退式架设,设备投入少、施工效率高;铁路槽型梁利用固定伸臂式提升站提升上桥、运架一体架槽机安装,解决了铁路桥面有限空间作业问题。槽型梁在公路桥面结合完成后施工,减少了工序交叉引起的干扰、消除了铁路桥面作业对公路桥面湿接缝的扰动,结合安装、结合环节施工工艺改进,有效保证了施工质量。

[关键词] 桥梁;简支钢桁梁;结合梁;桥面板;架梁起重机;架槽机;施工技术

[中图分类号] U448.21<sup>+</sup>1;U445.4

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)02-0046-06

## Construction Technology of Double-layer Composite Bridge Deck of Rail-cum-road Simply-supported Steel Truss Girder Bridge

FU Lihong

(Engineering Technology Institute of China Railway No. 4 Engineering Group,  
Hefei, Anhui 230022, China)

**Abstract:** The main structure of the approach bridge of Hutong Yangtze River Bridge across the south bank embankment adopts a simply-supported steel truss double-layer composite beam structure with a 112-meter span. The upper highway bridge deck adopts concrete bridge deck slab, while the lower railway bridge deck adopts concrete trough girder. Based on the approach bridge, this paper introduces its composite bridge deck construction technology in detail. The bridge deck slab and trough girder are prefabricated in the factory. After the erection of the steel truss girder, the design stipulates that the installation and combination of the highway deck must precede those of the railway trough girder. Due to the significant vertical clearance between the bridge deck and ground, the heavyweight prefabricated components, and the simultaneous construction of adjacent bridges, the selection of vertical lifting equipment for transporting components onto the bridge is constrained, and longitudinal transportation on the deck faces challenges. The interference between the construction of upper and lower decks further complicates the process. Notably, the installation of the upper bridge deck slab reduces available transportation methods for the lower trough girder, significantly increasing the difficulty of construction organization and quality control. Through comprehensive demonstration and innovation, it has been found that the use of two derrick girder erecting machines for steel truss girder erection in the construction of highway bridge deck slab results in low equipment investment and high construction efficiency; The fixed outrigger lifting station is used to lift the railway trough girder and install it with the integrated trough girder launching gantry, which solves the problem of limited space operation on the railway deck. The

\* 中国铁路总公司科技研究开发计划(2014G004-B)

[作者简介] 付立宏,桥梁研究所所长,正高级工程师,E-mail: iveyful@163.com

[收稿日期] 2025-03-26

trough girder is constructed after the highway bridge deck is combined, which reduces the interference caused by process crossing, eliminates the disturbance of railway bridge deck operation on wet joints of highway bridge deck. Combined with the improvement of construction technology in installation and combination, the construction quality is effectively guaranteed.

**Keywords:** bridges; simply-supported steel truss girders; composite beams; bridge deck slab; girder erecting machine; trough girder launching gantry; construction

## 0 引言

我国公铁两用钢桁梁桥在公路桥面采用混凝土结合桥面板、铁路桥面采用现浇道砟槽板具有较长的历史,如天兴洲长江大桥<sup>[1]</sup>等。但在钢桁梁架设完成后桥面现浇道砟槽板时材料上桥困难、质量控制难度大、施工周期长<sup>[2]</sup>,沪通长江大桥引桥的112m钢桁梁率先将铁路桥面结构改为预制槽型梁,形成公铁双层结合体系,桥面板、槽型梁预制与钢桁梁架设同步,有利于提高质量、缩短工期,但也面临预制构件质量大对安装设备吊装能力要求高、明桥面上运输困难、铁路桥面运架空间受限、双层结合施工互相干扰等问题。施工中通过技术创新取得了较好效果,其后在平潭海峡公铁两用大桥、孟加拉帕德玛大桥<sup>[3-4]</sup>得以推广。

## 1 工程概况

沪通长江大桥跨南岸大堤引桥 $3 \times 112\text{m}$ 简支钢桁梁北邻主航道主桥、南接陆域引桥,梁底距离水面约65m。主桁采用带竖杆华伦桁架结构,全焊接整体式节点、节点外高强螺栓连接。主桁中心距 $2 \times 14.5\text{m}$ ,中桁高16.035m,每跨10个节间,标准节间距11m、端部节间距10.8m,如图1所示。

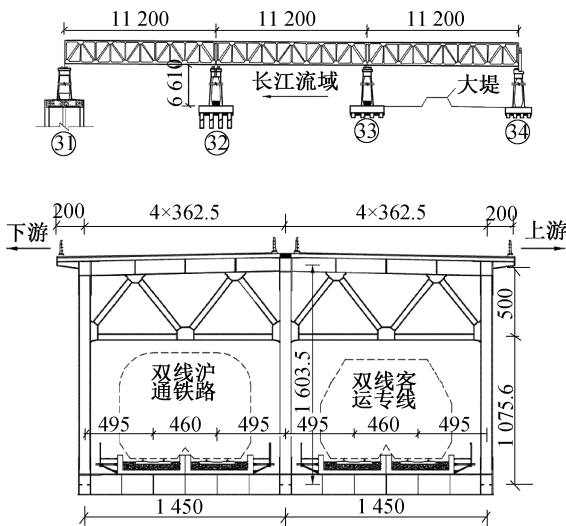


图1 桥式、横截面布置(单位:cm)

Fig. 1 Bridge type and cross-sectional layout (unit: cm)

上层公路桥面设置6道小纵梁、11道横梁与主

桁共同支承混凝土桥面板,下层铁路桥面由钢横梁支承混凝土槽型梁,如图2所示。桥面板、槽型梁预制采用C50混凝土,湿接头采用C50微膨胀混凝土。



图2 桥面板、槽型梁平面布置(单位:cm)

Fig. 2 Plan layout of deck slab and trough girder (unit: cm)

公路桥面全宽33m、横向悬臂2.0m。公路桥面板(以下简称“桥面板”)厚0.25m,纵向分为10块,横向分A, B, C 3类,单块最重34t。桥位通过纵横向湿接缝、剪力钉槽与主桁上弦杆、公路纵横梁结合。

铁路槽型梁(以下简称“槽型梁”)双幅四线布置,每跨纵向10块。单片槽型梁宽4.92m,竖墙高1.4m、厚0.4m,底板厚0.3m。端部槽型梁长10.23m,中间槽型梁长10.43m,单片最重71.5t。槽型梁底面在对应奇数节点铁路横梁处设置支撑垫板、不锈钢板滑移面,通过偶数节点铁路横梁处浇筑湿接缝结合,形成1节间简支与2节间连续结构<sup>[5]</sup>。

## 2 施工方案比选

### 2.1 难点分析

钢桁梁采取先连续后简支法悬臂架设:33号墩处托架为起点,主桁弦杆在墩顶伸缩缝处临时连接,投入2台WD65型架梁起重机先双悬臂对称架设跨钢桁梁,再单悬臂架设剩余1跨;架设完毕后解除临时连接、钢桁梁恢复简支,精调就位后启动桥面结构施工<sup>[6]</sup>,如图3所示。



图 3 桥面结构安装前钢桁梁姿态

Fig. 3 Posture of steel truss girder before installation of bridge deck structure

因条件限制,桥面结构施工面临如下难点。

- ①南侧公路现浇梁尚在施工,公铁桥面均未拉通,预制构件无法从地面由南侧直接运输上桥。
- ②主航道桥边跨托架上钢梁架设计与 112m 钢桁梁施工处于相同时间段,无法自长江利用大型浮式起重机由北侧将预制构件吊装上桥。
- ③架钢梁用 33 号墩旁 ZSL34300 型动臂式塔式起重机起重 72.5t 时作业半径仅 15m,远端 3 片槽型梁无法直接吊装就位;WD65 型架梁起重机最大起重量  $Q_{\max} = 65t$ ,无法吊装槽型梁,须增购能在铁路桥面走行的一体化运架设备。
- ④运架设备在明桥面走行困难,且须避免与

杆件接头外露高强螺栓冲突,铁路桥面净空仅 9.8m,运架设备适应性要求高。⑤设计要求先公路桥面结合后铁路桥面板安装结合,公路桥面封闭后槽型梁上桥通道严重受限,施工顺序对工期影响大,大型设备工作扰动易引起湿接缝开裂。

## 2.2 方案比选

桥面板槽型梁预制完成且存放满 6 个月后<sup>[7]</sup>,运输至桥位安装。为确定合理施工方案,从 3 个方面进行论证,如表 1 所示。

经综合论证,决定先安装、结合公路桥面板,待桥面板 3 跨均结合完成、湿接缝达到设计强度后再安装、结合槽型梁。桥面板以利用 WD65 型架梁起重机的自两边墩往 33 号墩后退式安装为主,辅以 33 号墩旁塔式起重机与 500t 汽车式起重机安装墩顶 3 个节间、单跨分区域浇筑湿接的方法施工;槽型梁利用相邻铁路混凝土梁面上设置的固定伸臂式提升站<sup>[8-9]</sup>提升上桥,以 2 台 80t 门式架槽机<sup>[10]</sup>由 34 号→31 号墩左、右幅同步安架设,全桥安装完成后由 31 号→34 号墩逐跨浇筑结合<sup>[11]</sup>,如图 4 所示。

表 1 施工方法对比

Table 1 Comparison of construction methods

项目	施工方法	优点	缺点	结论
公路桥面板安装	既有 2 台 WD65 型起重机后退架架	①既有设备,提取桥面板后直接架设,施工启动快; ②费用低,租赁费 25 万元/(台·月)	①走行系统与纵梁接头高强螺栓冲突、需改造; ②架架至 33 号墩顶区域时 2 台架架起重机相互干扰,拆除后需用墩旁塔式起重机、大吨位起重机安装墩顶 3 个节间桥面板	√
	新购 2 台 40t 伸臂式门式起重机架架	①架架效率高,1 节间/(d·台); ②33 号墩顶干扰区域小,仅 1 个节间桥面板需用塔式起重机、大吨位起重机架架	①增加门式起重机安装时间,施工启动时间滞后 20d; ②在带剪力钉的弦杆上走行,且需带伸臂以提升桥面板上桥能力,设备定制费、新增设备购置费 120 万元; ③门式起重机拆除增加 16d 工期	×
槽型梁提升上桥	既有墩旁动臂式塔式起重机	①既有设备,施工启动快; ②费用低,租赁费 5 万元/月	①上桥部位为 33 号墩顶,公路桥面板 1 个节间的小纵梁需拆除、桥面板滞后至全部槽型梁吊装完成才能安装,整体工期延长 15d; ②作业半径仅能覆盖近距离 1 片,其余 3 片槽型梁下放至铁路桥面后需增加跨幅拖拉横移、起吊旋转等设备工装,增加费用约 45 万元,工序复杂、效率低,0.5 节间/d	×
	邻近铁路梁面设置固定伸臂式提升站	①提升站跨幅设置,槽型梁直接上桥且能跨幅横移,工序简单、效率高;1 节间/d; ②无须利用墩旁塔式起重机,塔式起重机可提前停用,降低设备费	①提升站增加 84t 钢材、新购 1 台 80t 起重机; ②提升站位于铁路混凝土梁梁面、上层公路连续梁下方,80t 起重机安装困难,需用 500t 汽车式起重机站位于地面安装至大梁伸臂段	√
槽型梁安装启动时机	公路桥面全部结合完成后	①铁路桥面加载给公路桥面施加预压力,降低公路桥面横向湿接缝开裂风险; ②上、下桥面依次施工,人员、设备投入压力小,不相互干扰、工效高	上、下桥面依次施工,工期略长,但满足总体工期要求	√
	两端跨公路桥面结合完成后	上、下桥面穿插施工,总体工期略缩短	①上、下桥面同时施工干扰大、工效低,工效不一致加大质量管理难度; ②铁路桥面施工扰动,公路桥面横向湿接缝开裂风险相对较高	×

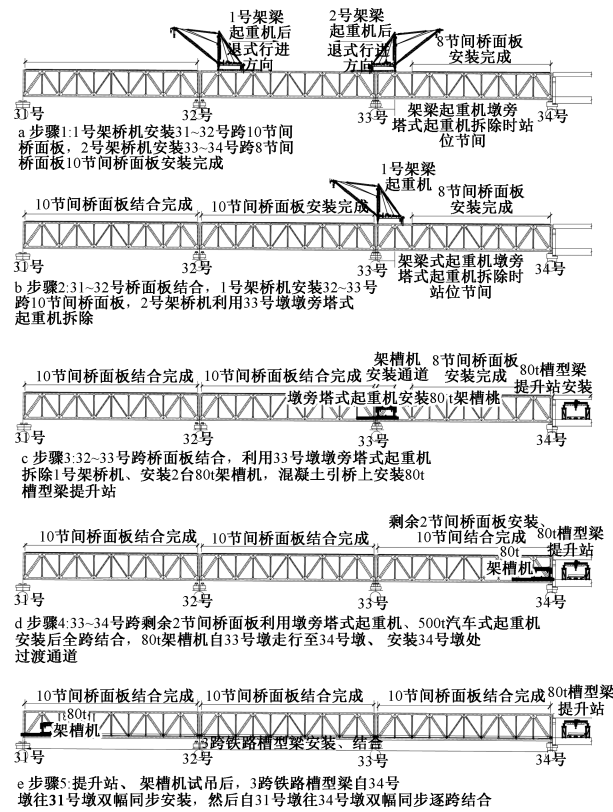


图4 桥面结构施工步骤

Fig. 4 Construction procedures of bridge deck structure

### 3 关键设备、工装

#### 3.1 架梁起重机走行系统改造

WD65 型架梁起重机 27m 吊距起重量 65t, 臂杆水平回转角度 $\pm 90^\circ$ , 具备从桥位上游栈桥上起吊桥面板进行安装的能力。正常行走时支撑腿支承于上弦杆, 走行轨道脱空后通过驱动油缸在顶板接头高强螺栓未施拧的公路小纵梁顶面滑移。后退时, 公路小纵梁接头已施拧高强螺栓外露, 妨碍走行轨道滑移, 采取在底盘上焊接吊挂系统、将走行轨道提升至与小纵梁脱空、在吊挂状态下由走行千斤顶驱动后移 1 个节间; 再前、后支腿落顶, 走行轨道落至小纵梁, 架梁起重机改由走行轨道支承, 按正常工艺后退 1 个节间。

#### 3.2 门式架槽机

研发适应铁路明桥面狭小净空的 80t 门式架槽机, 并配置专用吊具, 实现在间距 11m 铁路横梁上行走、提取与架设槽型梁。为保护铁路横梁与主桁接头处高强螺栓, 支腿下设置铸钢格栅垫墩, 如图 6 所示。

架槽机逐构件由墩旁塔式起重机通过紧邻 33

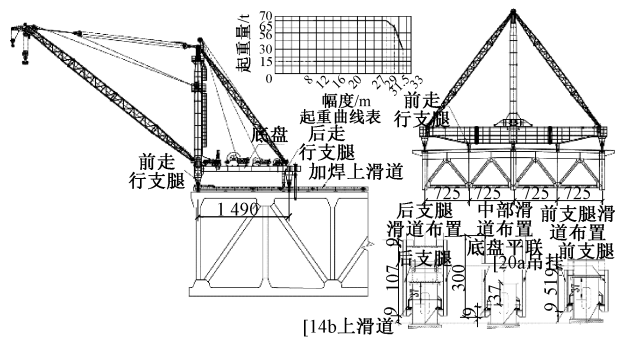


图5 架梁起重机走行系统改造布置(单位:cm)  
Fig. 5 Renovation layout of the running system of the girder erecting machine (unit: cm)

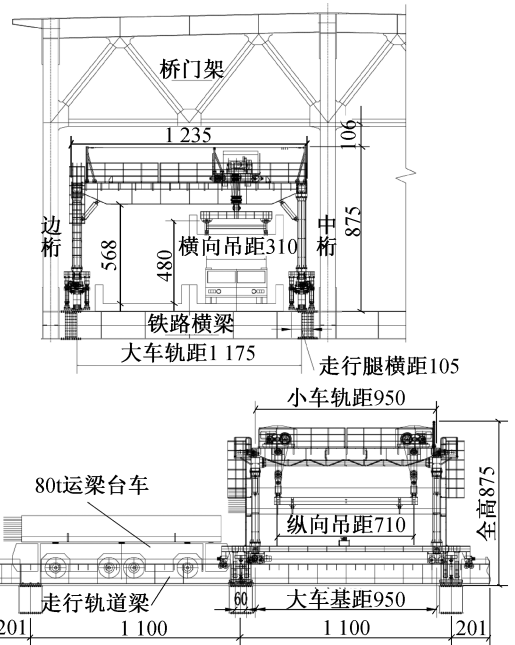


图6 80t 架槽机(单位:cm)  
Fig. 6 80t trough girder launching gantry (unit: cm)

号墩顶 1 个拆除了公路小纵梁的节间所形成的下放通道下放至铁路横梁安装。架槽安装完毕后, 走行至 34 号墩处准备架梁, 下放通道处公路小纵梁恢复。

#### 3.3 槽型梁提升站

提升站布置在相邻引桥铁路混凝土简支梁上, 采取  $\phi 630 \times 6$  钢管立柱+贝雷梁作为承重结构, 钢管立柱每 2 根 1 组, 承重贝雷梁 5 片 1 组, 下侧副伸臂 6.2m, 以满足槽型梁越过铁路混凝土梁翼缘无障碍提升上桥。贝雷梁顶面设置 80t 天车沿轨道横移, 实现槽型梁垂直提升、跨幅横移。提升站整体高度 12.3m, 控制在公路、铁路梁净空内, 如图 7 所示。提升站钢结构由铁路混凝土梁面 35t 汽车式起重机安装, 起重机利用地面 500t 汽车式起重机起吊至贝雷梁伸臂段安装。

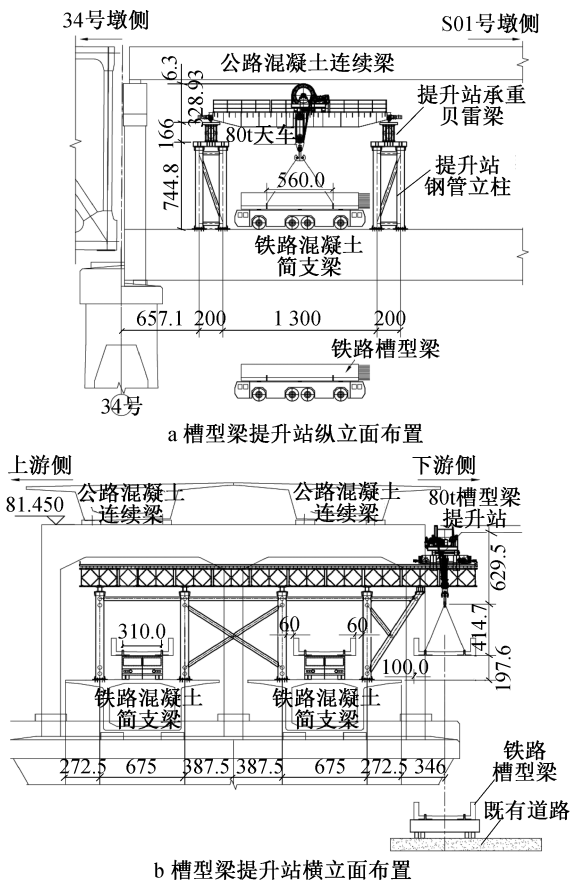


图 7 槽型梁提升站(单位:cm)

Fig. 7 Lifting station of trough girder(unit:cm)

### 3.4 铁路桥面运输通道

在相邻混凝土梁面上铺设道砟坡道以消除混凝土筒支梁与钢桁梁间的梁面高度、宽度差,在首节间铁路横梁上设置钢结构运梁通道并跨梁端伸缩缝,保证槽型梁跨伸缩缝纵向运输,如图 8 所示。首节间每幅的首片槽型梁就位后拆除型钢通道,后续运梁台车以已架设槽型梁为运梁通道,湿接缝内设置型钢垫梁过渡。

### 4 施工工艺改进

1) 桥面板槽型梁预制前对剪力钉槽处纵横钢筋、相邻搭接钢筋的位置进行调整并在预制时通过精加工的卡槽模板精确定位,实现钢筋对剪力钉的避让、相邻搭接钢筋错位但又能密贴。

2) 为消除钢桁梁架设线形偏差,以中桁为基准在上弦放样出桥面板的理论纵、横中心线,在铁路横梁顶面放样出槽型梁理论纵轴线,以横梁中心线为基准放样出槽型梁端线,作为预制构件安装定位基准线;在桥面板侧壁、槽型梁底板顶面与侧墙面定出相同基线作为安装对位线。

3) 在预制场装车前根据实测数据对构件平面尺寸、剪力钉槽尺寸与槽壁垂直度、槽型梁竖墙直

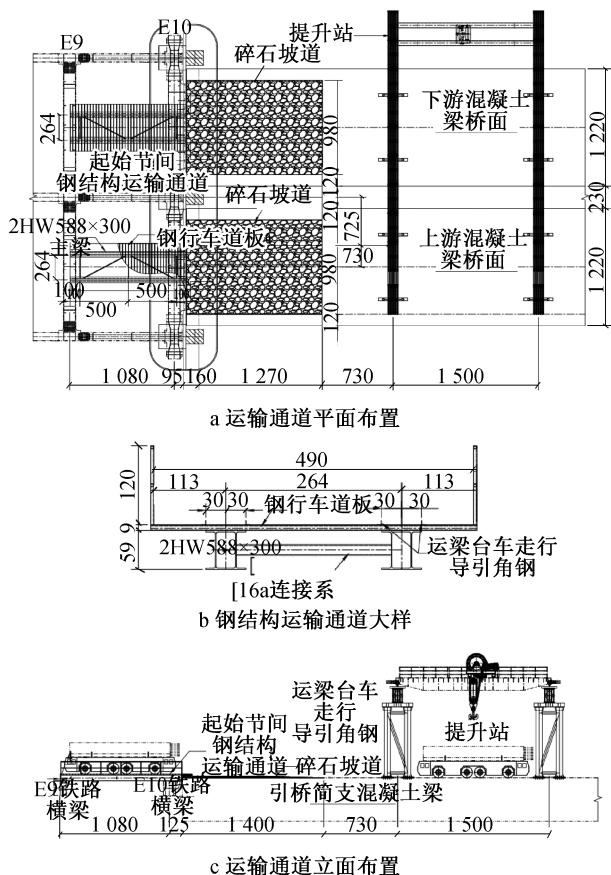


图 8 槽型梁起始运梁通道(单位:cm)

Fig. 8 Initial channel for trough girder transportation(unit:cm)

线度等预制误差进行打磨修整,避免后续安装困难。

4) 预制构件湿接缝四周设置 2.5cm×2.5cm 橡胶条作为浇筑时密封措施。橡胶条不同压力下其压缩量存在差异,通过试压试验对不同质量桥面板、槽型梁下方的橡胶条厚度进行调整,保证受力压缩后橡胶条均为 2.5cm 厚,以消除桥面错台。

5) 奇数节点处铁路横梁顶的 4mm 厚不锈钢板在工厂采用等离子切割机下料后打磨、矫正平整度,按定位线铺筑时先用重钢板压住中间部位使其与铁路横梁顶板密贴,再自中间向两侧将其与铁路横梁顶板焊接连接,控制支撑垫板范围内滑移面平整度≤1mm/m。支撑垫板在工厂精加工、组装后整体高度偏差在±1mm,在槽型梁出厂前采用氩弧焊工艺(避免焊接变形、高温导致边角混凝土开裂)固定于梁端底面的预埋板上,如图 9 所示。

6) 桥面板湿接缝混凝土由沿墩身固定的泵管输送上桥后采用汽车泵布料自 31 号→34 号墩逐跨浇筑,浇筑时汽车泵支腿下增加分配梁以避免下方橡胶条受力超限出现不可恢复变形进而影响桥面

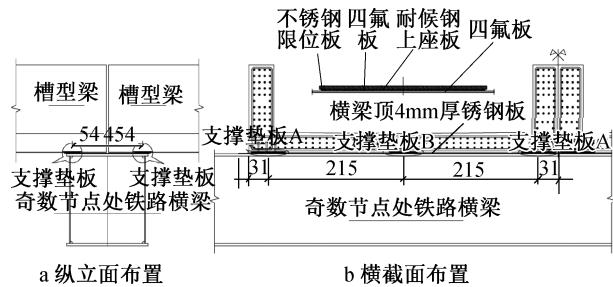


图9 槽型梁支撑垫板(单位:cm)

Fig.9 Support plate of trough girder(unit:cm)

板高程;为避免浇筑时间过长导致后续施工扰动,先浇混凝土,将单跨湿接缝分为4个区域,从跨中往两端分4次浇筑<sup>[12]</sup>。槽型梁湿接缝混凝土自34号→31号墩逐跨浇筑,为避免后续施工扰动,先浇湿接缝。

## 5 结语

沪通长江大桥引桥112m钢桁梁采用双层结合桥面,新颖的结构构型导致施工技术难度、组织难度、设备适应性要求大幅度提升。项目实施时在安装方法上开展多项技术创新,并对工艺进行了改进,竣工后桥面线形平顺、坡比准确、新老混凝土结合良好。上述经验可供同类桥梁施工借鉴。

## 参考文献:

- [1] 徐伟. 武汉天兴洲公铁两用长江大桥主桥钢梁设计[J]. 桥梁建设, 2008, 38(1): 4-7, 22.  
XU W. Design of steel girder of main bridge of Wuhan Tianxingzhou Changjiang River Rail-cum-road Bridge[J]. Bridge construction, 2008, 38(1): 4-7, 22.
- [2] 邹纪民, 赵顺涛. 南京大胜关长江大桥钢梁道碴槽施工技术[J]. 桥梁建设, 2010, 40(4): 8-10, 51.  
ZOU J M, ZHAO S T. Construction techniques for steel girder ballast troughs of Nanjing Dashengguan Changjiang River Bridge[J]. Bridge construction, 2010, 40(4): 8-10, 51.
- [3] 孙英杰, 徐伟. 平潭海峡公铁两用大桥双层结合全焊钢桁梁设计[J]. 桥梁建设, 2016, 46(1): 1-5.  
SUN Y J, XU W. Design of composite double decks and fully welded steel truss girder of Pingtan Straits Rail-cum-road Bridge[J]. Bridge construction, 2016, 46(1): 1-5.
- [4] 刘小林, 侯鹏飞. 孟加拉帕德玛大桥主桥结构设计[J]. 世界桥梁, 2022, 50(4): 1-7.  
LIU X L, HOU P F. Design of main bridge of Padma Bridge in Bangladesh[J]. World bridges, 2022, 50(4): 1-7.
- [5] 中铁大桥勘测设计院集团有限公司. 沪通长江大桥跨南岸大堤3×112m简支钢桁梁设计施工图[Z]. 2014.  
China Railway Major Bridge Reconnaissance & Design Institute Co., Ltd. Construction drawing of the 3 × 112m simply supported steel truss beam crossing the south bank embankment of the Shanghai-Nantong Yangtze River Bridge [Z]. 2016.
- [6] 付立宏, 肖肖阳, 赵太俊, 等. 多跨简支钢桁梁悬臂架设施工

工法(CREC-II-2018-051)[Z]. 2018.

FU L H, XIAO X Y, ZHAO T J, et al. Construction method of cantilever erection of multi-span simply supported steel truss girder(CREC-II-2018-051)[Z]. 2018.

- [7] 鄢禹, 王东辉, 肖本林, 等. 平潭海峡公铁两用大桥预制板制造关键技术[J]. 施工技术, 2020, 49(3): 26-28, 73.  
YAN Y, WANG D H, XIAO B L, et al. Key technology for precast slab manufacturing of the Pingtan Straits Rail-cum-road Bridge[J]. Construction technology, 2020, 49(3): 26-28, 73.
  - [8] 汪水清, 刘爱林. 安庆长江铁路大桥主桥上部结构施工关键技术[J]. 桥梁建设, 2013, 43(2): 33-39.  
WANG S Q, LIU A L. Key techniques for construction of superstructure of main bridge of Anqing Changjiang River Railway Bridge[J]. Bridge construction, 2013, 43(2): 33-39.
  - [9] 孙浩林. 跨既有线钢混叠合梁悬臂拼装施工成套设备及关键技术[J]. 铁道建筑技术, 2024(9): 103-105, 109.  
SUN H L. Complete sets of equipment and key technologies for cantilever assembly construction of steel-concrete composite girders across existing lines[J]. Railway construction technology, 2024(9): 103-105, 109.
  - [10] 张强. 平潭大桥门式架槽机的研制与应用[J]. 机电信息, 2020(2): 21-23, 25.  
ZHANG Q. Development and application of portal slotting machine for Pingtan Bridge[J]. Mechanical and electrical information, 2020(2): 21-23, 25.
  - [11] 刘宏达. 简支钢桁梁桥面板及槽形梁架设结合施工技术[J]. 世界桥梁, 2022, 50(3): 25-31.  
LIU H D. Techniques to install simply-supported steel truss girder and connect concrete deck slabs and trough girder with steel trusses[J]. World bridges, 2022, 50(3): 25-31.
  - [12] 李勇. 大跨宽幅公路斜拉桥结合梁施工关键技术[J]. 中国公路, 2024(9): 92-94.  
LI Y. Key construction technology of composite beam of long-span and wide highway cable-stayed bridge[J]. China highway, 2024(9): 92-94.
- (上接第38页)
- [14] WANG M, ZHANG Y T, TIAN W. The key technology of short-line matching method in precast segment assembling of externally prestressed concrete bridges[J]. Advanced materials research, 2014, 1065/1066/1067/1068/1069: 912-918.
  - [15] 蔺鑫磊, 兰胜强, 李响, 等. 乐清湾大桥短线法节段梁预制双向测量精控技术[J]. 公路, 2016, 61(9): 168-171.  
LIN X L, LAN S Q, LI X, et al. Fine control technology of bidirectional measurement for precast segmental beam of Leqingwan Bridge by short-line method[J]. Highway, 2016, 61(9): 168-171.
  - [16] 潘军. 大跨长联钢-混组合梁桥面板预制胶拼施工技术[J]. 世界桥梁, 2023, 51(2): 1-7.  
PAN J. Pre-cast and gluing techniques for concrete slabs of long-span steel trusses and concrete slabs composite girder bridge with long continuous units[J]. World bridges, 2023, 51(2): 1-7.