

分体式三箱钢梁高处焊接施工安全防护技术研究与应用

任江涛, 彭章勇

(中铁宝桥扬州有限公司, 江苏 扬州 225000)

摘要 钢结构桥梁高处焊接施工是桥梁建设中的关键环节, 焊接作业受结构特性、外部条件及动态荷载等多重因素影响, 存在诸多技术和安全管理难点。本文针对分体式三箱槽形钢梁高处焊接施工安全防护技术, 在模块化安全通道、规范化固定施工平台、自行式高空作业平台的设计与创新应用方面进行了深入探索和实践, 以期有效提升施工效率与安全性、确保工程顺利实施提供有益参考。

关键词 安全防护技术; 模块化安全通道; 固定施工平台; 自行走施工平台

中图分类号: U445.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.04.020

0 引言

钢结构桥梁高处焊接施工因作业环境特殊、结构形式复杂及外部干扰多, 安全风险显著高于地面施工, 安全防护技术已成为高处施工项目顺利开展的核心支撑。近年来, 针对模块化、可移动、自适应的专用施工平台的相关研究越发丰富, 逐步具备成为技术主流的趋势。本文基于宁扬长江大桥引桥钢混组合梁结构特点, 围绕分体式三箱槽形钢梁高处焊接施工过程中的安全通道设置、施工平台的安全防护和应用展开了一系列探索。

1 工程概况

宁扬长江大桥引桥采用一联多跨全焊接钢混组合梁, 钢梁采取分体式三箱结构, 由开口槽型主梁、横梁组成; 桥位采取单个主梁、横梁散件安装方式, 吊装调整到位后进行高处焊接作业, 包括钢主梁之间、横梁与主梁之间工地焊缝的匹配、焊接工作, 环口焊缝处的嵌补段的组装、焊接作业。

钢主梁之间间隔 15 m 设置工型横梁连接, 中间为镂空, 主梁横截面为顶面开口的倒梯形设计, 顶板宽度仅 600 mm 或 800 mm; 桥址桥墩最高 50 m, 桥位施工为临边、悬空的特级高空作业, 安全风险大。

2 安全通道设置与应用

2.1 上桥通道

在桥墩旁设置梯笼式安全爬梯作为地面行走至桥面板上的通道, 梯笼式安全爬梯设置的地面要经过处

理并进行硬化, 与桥墩通过连墙件连接保持稳定性, 进入口悬挂醒目的使用安全提示。

2.2 桥面安全通道设置

项目实施过程中, 在钢主梁顶面上设置模块化安全通道用于纵向通行, 利用端横梁、中横梁顶面设置横向通道, 在钢主梁镂空面布设防坠网, 形成安全的通道体系。

2.2.1 模块化安全通道

单幅桥在靠近道路中心线处的钢主梁顶面上设置纵向通道用于通行, 综合考虑钢梁结构特点, 安全通道^[1]按以下要求设置:

1. 槽型钢梁内每隔 5 m 一道横隔板, 安全通道以隔板为支撑, 设置在隔板顶部。

2. 纵向安全通道采取模块化设置, 分为平面走台和护栏两个模块, 两者采取栓接, 运输时拆除护栏便于长途运输; 按 12 m 的长度制作, 减少吊装次数。

3. 平面走台使用 [14a 槽钢做纵梁, 角钢做横撑, 400×50 钢跳板做踏面, 在纵梁上设置吊装吊耳。护栏高 1.2 m, 由立柱和两道横杆组成, 立柱间距不大于 2 m, 护栏与走台采用螺栓栓^[2]。

4. 安全通道之间采取双向开槽的卡板, 卡住相邻两个槽钢翼缘板, 连接固定在一起。

2.2.2 可拆卸式临边护栏应用

在端横梁、中横梁以及附近的钢梁顶面上设置横向施工通道, 用于主梁之间相互通行。临边护栏使用可拆卸式立柱^[3], 高度 1.2 m, 采用钢管做立柱, 立柱下

作者简介: 任江涛 (1984-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 钢结构桥梁制造。

部设槽型卡固结构，与钢梁顶板使用螺栓拧紧固定；设置 2 道 $\phi 8$ 的无油钢丝绳横杆，间距不大于 600 mm，钢丝绳穿过套管，端头使用绳卡固定，并使用紧绳器将钢丝绳拉紧。

3 固定施工平台应用

3.1 规范化施工平台应用

钢主梁之间的环缝设置在端支点和中支点处，同时该处还有端横梁、中横梁与主梁的焊接连接；支点处盖梁较宽，可以作为辅助平台。设置两种规范化施工平台用于辅助作业，一是在两主梁之间，设计一个半包围的简支施工平台，该平台固定在两主梁之间；另一种是在边主梁外侧设置全包围的悬挑施工平台^[4]。

简支施工平台用 [10 槽钢做横梁，采用 L50 角钢作为竖向吊杆和底部承力外框形成框架系统，横梁固定在两相邻主梁的顶板上，平台底部使用 4 mm 花纹钢板做底板，设置挡脚板。平台框架两侧设置旋转防护门，防护门采用 L30 角钢和 $\phi 10$ 圆钢制作，防护门打开后用于防护主梁斜腹板三角区域。

悬挑施工平台用 [12.6 槽钢做横梁，悬挑固定在顶板；L70X5 角钢做吊杆，焊接在横梁上；顶部用钢管设置三面包围的临边护栏。

3.2 集成施工平台应用

普通横梁与主梁焊接位置为高空悬空作业，在该处设置集全包围安全防护、设备存放、施工于一体的集成施工平台（见图 1）；转移时，将平台和设备一起吊走，减少吊机的使用。

平台分为平面走台和下部施工平台，走台长度 9 850 mm，宽度 2 290 mm，横跨 3 道钢主梁和横梁，与

纵向安全通道相邻，方便通行；平台采用槽钢、角钢、花纹钢板制作，周围设置安全护栏；平台顶面开设 4 个进入施工笼的通道口。

施工平台固定在走台下，分为固定吊架和活动施工笼两部分，采用角钢、圆钢、花纹钢板制作。为适应倒梯形钢梁上窄下宽的特点，施工时，将活动施工笼推出去，平台移位和安装时，将活动施工笼收回到固定施工平台内。

4 自行式高空作业平台研究及应用

4.1 自行式高空作业平台设计

钢梁桥位焊接时，一般采用固定挂架的施工平台，数量多，安装和拆卸作业工作量大，占用较多的吊机资源，影响钢梁架设施工效率。优化设计了一种可在钢梁顶板面自行走的施工平台（见图 2）^[5]，由 1 个主桁架、2 个副桁架、4 个翻转平台及各自配套的卷扬机构、2 个端部吊笼、大车行走机构、电控系统等组成。该平台可同时满足横梁与主梁之间、主梁与主梁之间对接缝焊接工作，针对倒梯形钢梁上口小、下口大的特点，焊接时将平台降低到作业区域，翻转变宽，同时具备纵向滑移功能，方便靠近焊接部位。平台行走具备自动居中、自动监测纠偏能力，有效兼顾了平台在行走模式与作业模式下的不同功能需求。

自行走施工平台钢结构部分使用方钢管、钢管、花纹钢板等焊接组成，平台横桥向尺寸 16.65 m，顺桥向 3.25 m，最大高度 5.62 m。平台性能参数见表 1。

采用有限元分析软件 SAP2000 v21 对自行走施工平台的主副桁架、翻转平台、端平台进行结构整体分析，不满足规范要求的进行适当调整改进。

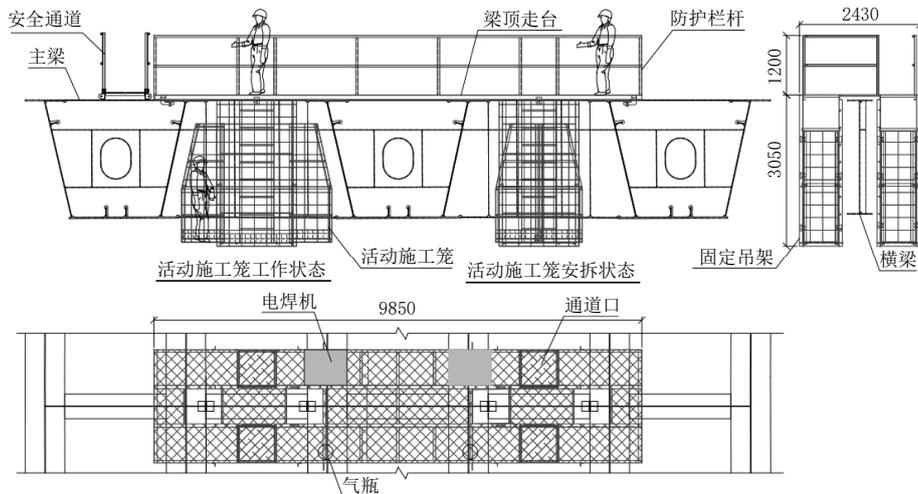


图 1 集成施工平台

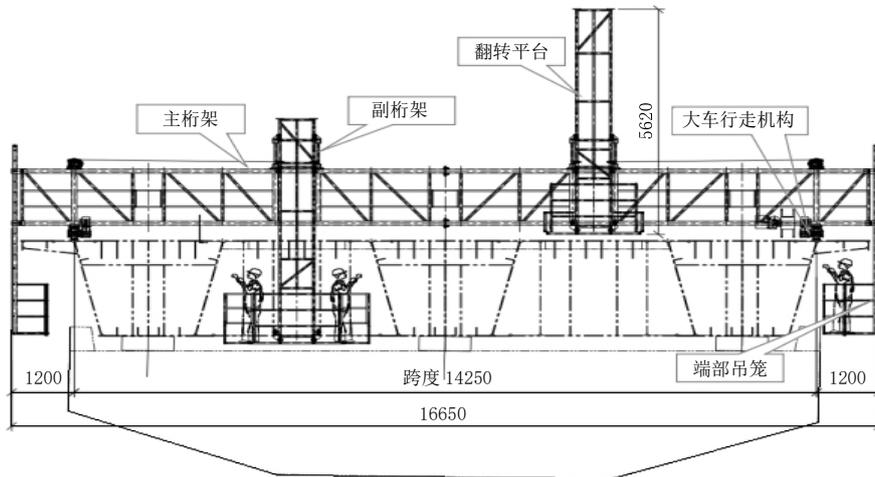


图2 自行走施工平台

表1 平台性能参数表

项目	规格参数	备注
主桁架内宽、轮距	1 200 mm (内宽)、轮距 (2.5 m)	方管焊接结构
电动翻转平台数量	4	
翻转平台有效载荷	180 kg/个	
平台有效升降净高度	不小于 3.1 m	
平台升降速度	8 m/min	各自独立升降
整车行走速度	1.2 ~ 12 m/min	变频控制
其他载荷	4台 CO ₂ 焊机, 2×3 个气瓶	
主、副桁架结构材质	Q355B	
行走供电方式	电缆卷筒	

4.2 应用效果分析

1. 相比固定施工平台, 自行式高空作业平台可以自行转换工作面, 不需依靠起重机在工作面之间转移, 使用方便, 不需要频繁地安装和拆卸, 有效降低了现场工作量, 同时减少了吊装作业风险。

2. 自行式高空作业平台成本高, 适用于线路长、体量大的项目。

3. 设计使用的自行式高空作业平台采取电缆卷筒供电行走, 不方便使用, 可以改进为电池供电。

5 结束语

本文围绕分体式三箱槽形钢梁高处焊接施工的安全防护问题进行了深入研究与实践。模块化安全通道使用方便, 规范化、集成固定施工平台全包围防护安全可靠; 自行式高空作业平台可以不需依靠起重机在工作面之间转移, 降低安拆、吊装风险, 可以减少固定施工平台的投入数, 同时功能多样化、使用灵活。

各项安全技术和工装的使用, 为作业人员提供了安全技术保障, 取得了良好的使用效果, 有效推动了高处焊接作业的顺利实施, 可供类似钢桥高处作业参考。

参考文献:

- [1] 惠思楠, 彭章勇, 魏斌, 等. 一种开口钢梁用安全通道: CN202320888046.6[P].2023-09-22.
- [2] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程施工安全技术规范(JTG F90-2015)[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.
- [3] 张国江, 任小霞. 关于钢桥梁安装过程中高空安全防护方面的探究[J]. 建筑安全, 2021(11):22-26.
- [4] 易鲁, 姜业成. 沌口大桥大挑臂帽梁二次张拉移动式作业平台设计与应用[J]. 交通工程建设, 2019(02):8-11.
- [5] 娄松, 王文武. 轻型装配式桥梁维修吊挂平台研究[J]. 世界桥梁, 2021,49(03):14-20.