

高速公路钢板组合梁施工要点与安全分析

朱建振 张洋 赵庆峰 马俊杰

中建八局第二建设有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i4.15492

[摘要] 随着高速公路桥梁大型化、工厂化生产与现场装配化施工趋势的发展,钢板组合梁因其自重轻、工厂化率高、施工周期短与承载性能好等优点,成为高速公路中小跨与中大跨桥梁的重要梁型。钢板组合梁施工涉及工厂制作、运输、吊装、现场拼装焊接、防腐与长期维护等环节,每一环节既有技术要点又伴随安全风险。本文系统总结了钢板组合梁施工的关键技术要点——设计配套、材料控制、工厂制作工艺、焊接工艺、运输与吊装、现场拼装与焊接、无损检测与质量控制、构件防腐与防护措施,并对施工过程中的主要安全风险进行分析,提出针对性的预防与应急措施。文章兼顾技术可操作性与安全管理要求,旨在为项目工程师、施工管理者与安全负责人提供参考。

[关键词] 高速公路; 钢板组合梁; 施工要点; 安全分析

中图分类号: U412.36+6 **文献标识码:** A

Key points and safety analysis of steel plate composite beam construction on highways

Jianzhen Zhu Yang Zhang Qingfeng Zhao Junjie Ma

China Construction Eighth Engineering Division Second Construction Co., Ltd.

[Abstract] With the development of large-scale, factory production and on-site assembly construction trends of highway bridges, steel plate composite beams have become an important beam type for medium and medium and large span bridges on highways due to their light weight, high factory rate, short construction period and good bearing performance. The construction of steel plate composite beams involves factory production, transportation, hoisting, on-site assembly and welding, anti-corrosion and long-term maintenance, each of which has both technical points and safety risks. This paper systematically summarizes the key technical points of steel plate composite beam construction— design support, material control, factory production technology, welding process, transportation and hoisting, on-site assembly and welding, non-destructive testing and quality control, component anti-corrosion and protective measures, analyzes the main safety risks in the construction process, and puts forward targeted prevention and emergency measures. This paper takes into account the requirements of technical operability and safety management, and aims to provide reference for project engineers, construction managers and safety managers.

[Key words] expressway; steel plate composite beam; Key points of construction; Security analysis

引言

钢板组合梁通常由热轧工字形或箱形钢板梁作为内骨架,配以混凝土受压作用形成组合截面,具有良好的承载性能和耐久性。与传统整块混凝土箱梁或钢箱梁相比,钢板组合梁更便于工厂化生产、分段运输和现场装配,不仅可缩短现场施工周期,还能降低现场动火与施工安全风险。然而,钢板组合梁对焊接质量、制作精度、接头处理及防腐要求较高,现场施工的焊缝修补、拼缝质量及吊装安全是工程质量控制的重点与难点。因此,从施工准备到现场安装全过程进行系统的技术与安全分析,是保证工程顺利实施的关键。

1 工程概况

京台高速公路采用双向八车道高速公路标准改扩建,设计时速120km/h,整体式路基宽度42m。新建及加宽桥涵设计汽车荷载等级采用公路-I级,利用既有桥梁沿用原荷载标准。本标段上跨桥共9座,其中车行天桥8座,支线上跨桥1座,跨越主线中分带处下部结构为桩基础+矩形墩,两侧桥台为肋板台或柱式台,上部结构为钢板组合梁。

上跨车行天桥主要用于连接高速两侧村道,桥面宽度8.5m,采用双主梁钢板组合梁,梁高1.66m,其中钢主梁高度为1.3m。项目总体施工顺序采用“钢板进场→零件下料→单元件制作→杆件组装→试拼装→杆件涂装→杆件运输→桥上连接与成桥涂装”的程序施工。

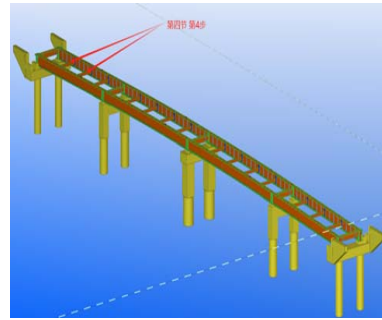
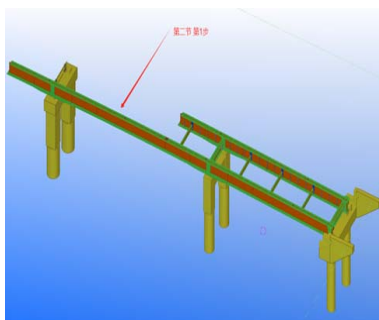
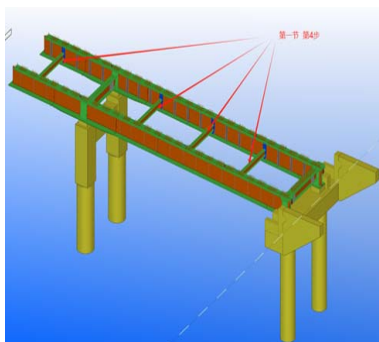
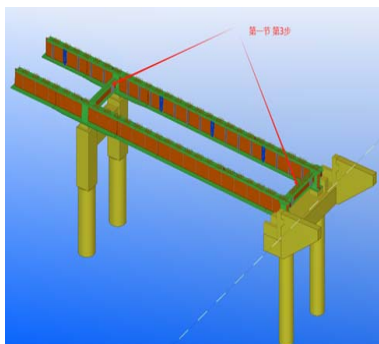
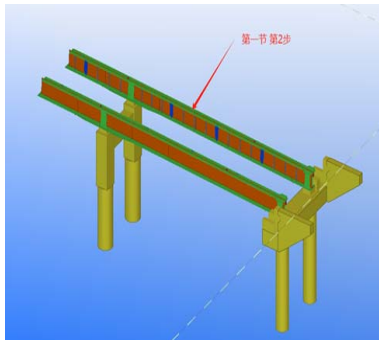
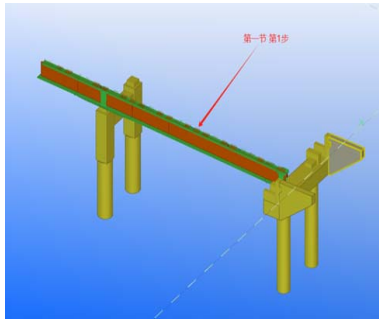


图1 施工流程

结合设计图纸和安装现场工况,拟采用支架安装法施工工艺进行钢梁安装施工,梁段运输至现场后,通过汽车吊进行无支架吊装,调整各节段高程、平面线形及节段间距,并现场焊接钢梁节段。

2 高速公路钢板组合梁施工常见安全问题

安全问题是工程施工阶段关注的重点,安全规范的施工环境不仅能够保证工程质量达标,还能减少现场人员伤亡情况,避免企业遭受不必要的经济损失。目前,高速公路钢板组合梁施工阶段的主要安全问题包含以下几点:

吊装风险:产生该项问题的主要原因在于吊装方案不当、吊点设计或绑扎错误、起重机械超载、风速过大或地面不稳、信号不清或指挥失误、施工人员违章靠近危险区等,极易造成构件损坏、人员伤亡、结构二次损伤、工期延误等一系列后果。

焊接作业风险:工程施工阶段,部分工作环节需要进行焊接作业。该工作阶段,由于焊工技能不足、焊接工艺参数不当、坡口准备或焊材不合格、施工环境(雨、雪、低温)影响、焊缝缺陷未及时无损检测等原因,往往导致焊缝裂纹、未熔合、夹渣、强度不足,可能致使拼装段在运输或服役早期发生破坏^[1],在现场施工过程中由于结构失效引发安全事故。

高处作业风险:该项问题在施工现场较明显,由于现场施工高处作业较多,一旦有防护不完善、作业台不牢靠、作业人员未系安全带或违规操作、临边未设置护栏或围栏、照明不足等一系列情况,极易发生高处坠落安全事故,造成人员伤亡、施工停滞。

3 高速公路钢板组合梁施工安全管理要点

3.1 前期准备安全管理

3.1.1 起重设备验收。吊装设备进场后依据《起重机设计规范》等相关规范对进场设备的销轴、限位元件及电气元件等进行现场检查,检查各部件是否安装到位,各元件是否工作正常^[2]。检查设备的年检报告及设备合格证是否齐全,是否在有效期内。吊索具到场后依据《起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范》,检查钢丝绳及卡环是否有合格证,钢丝绳是否有断丝、断股,卡环是否有变形。正式吊装前应做好吊索吊具验收工作。

3.1.2 安装前的准备工作。钢梁在厂内制造时,应按照施工现场平面布置图,对现场进行规划及准备,检查施工现场钢梁倒运路线和运输道路的承载力情况,保证钢梁运输畅通无阻;

规划吊车站位与运输路线的交叉情况,控制施工便道回填宽度,保证吊装作业与运输同时进行,互不干扰;

(1)钢梁安装定位。各桥体钢梁安装均为分段吊装,纵向各分段均错位拼接。事先在桥墩或支架上测量出钢梁安装定位线并弹出墨线,在临时支架上测量出钢梁安装中线、边线并弹出墨线,同时设置固定安装定位板和限位板(或定位模板)。(2)安装形变监测。①检查吊装就位的钢梁是否与就位控制点和控制线相符;②用全站仪复核吊装就位的钢梁坐标是否与设计图相符;③复核吊装就位的钢梁的标高(桥梁中线、边线)是否与设计标高相符;

3.2 技术施工安全管理

3.2.1 焊接施工。钢板组合梁的现场焊接质量直接影响桥梁的承载能力和耐久性。由于施工环境复杂(高空、野外、大厚度焊接等),焊接过程中容易出现变形、裂纹、气孔、未熔合等问题。为确保焊接质量、作业安全及环境保护,现场焊接需采取以下防护措施:

(1)人员安全防护。个体防护装备,焊接面罩/头盔:配备自动变光滤光片(遮光号DIN9-13)。防护手套:耐高温皮革手套,防溅射伤害。阻燃工作服:避免火花引燃衣物。安全鞋:防砸、防穿刺,绝缘鞋底(潮湿环境)。防电弧辐射,设置焊接屏风/遮光布,避免非作业人员受紫外线灼伤(电光性眼炎)。焊接区域张贴警示标识,防止误入强光区。(2)焊接环境控制。①防风防雨措施。便携式防风棚:用于高风速($>2\text{m/s}$)环境,保障气体保护焊(GMAW)稳定性。②防雨篷布:雨天停工或搭设临时防雨棚,湿度 $>85\%$ 时禁止焊接。③高温防暑:夏季提供遮阳棚、饮水及凉亭等。(3)设备与材料防护。①焊机与电缆:防触电:焊机接地,电缆无破损,潮湿环境使用隔离变压器。②气体保护: CO_2 气瓶防倾倒,气路检漏,流量控制在 $15\sim 20\text{L/min}$ 。(4)焊接工艺防护。①防变形措施。刚性固定:使用夹具或临时支撑限制焊接收缩。对称焊接:长焊缝采用分段退焊或跳焊法。防飞溅处理。喷涂防飞溅剂:焊缝两侧 50mm 范围内涂刷,便于清理。铜衬垫:用于角焊缝,减少背面粘连。②焊后防护。缓冷措施:厚板焊后覆盖保温棉(防冷裂纹)。③焊缝保护:未冷却前避免雨水、油污污染。(5)特殊工况防护。高空焊接。防坠落:安全带挂于独立生命线,使用焊接吊篮或平台。防坠物:工具装入工具袋,下方设警戒区。

3.2.2 吊装施工。该项目钢梁长度一般在25米左右,钢梁高度在1.3米,钢梁吊装及就位稳定性较难控制,吊装风险较大。

应对措施:一是每节钢梁出厂前,在工厂内焊接好吊耳。吊耳位置位于梁端约 $1/4$ 处,并结合各钢梁的重心适当调整位置,确保吊装时的重心与钢梁的重心基本一致。吊耳板厚、大小通过计算得出。

二是起吊前,在梁一端固定2根缆风绳,保证起吊时的稳定,起吊就位后,用缆风绳固定,防止钢梁倾斜。

3.2.3 悬臂拼装施工。悬臂拼装施工,钢梁对接难度大、高

程难把控。本项目施工采用无支架悬臂拼装施工,钢梁对接精度不易控制,相邻钢梁高程难把控。

应对措施:一是相邻钢梁高程控制,采取在钢梁上翼缘的上平面安装2块马板的方式,控制相邻钢梁的高程。

二是钢梁腹板对接精度控制,采取在腹板两侧分别安装4块马板^[3],控制腹板对接。

3.3 施工现场安全管理

针对上述施工阶段存在的安全问题,基于安全管理流程,施工人员应做好以下防控措施。

3.3.1 起重安全管控。在起重作业阶段,应确保作业人员配备相关的资格证书,增加技术操作的规范性。起吊前应检查起重用工索具,严格按相关规范要求取用安全系数,确保其使用安全。在起吊中应严格执行安全操作规程,指挥起吊时,信号必须统一,手势明显,哨音清晰,不得含糊。

3.3.2 临时用电安全管理。配电系统必须采取分级配电,各类配电箱、开关箱的安装和内部设置必须符合有关规定,开关电器标照用途,各类配电箱、开关箱外观应完整、牢固、防雨、防尘,箱体应外涂安全色标,统一编号,停止使用的配电箱应切断电源,箱门上锁。独立配电系统应按有关标准规定采用三相五线制的接零保护系统^[4]。同时,应设两级漏电保护装置,实行分级保护,形成完整的保护系统。

3.3.3 应急管理体制完善。建立“项目部-工区-班组”三级应急架构,编制应急专项预案。配备充足的应急救援设备,定期开展应急演练以加强现场人员的安全意识和应急处理能力,避免安全问题扩大化,最大程度保证现场人员的生命安全^[5]。

4 结语

综上所述,钢板组合梁施工是高速公路建设中的关键环节,既技术要求高又伴随较大安全风险,使现场施工管理面临诸多挑战。工程实施过程中,管理人员应熟悉施工流程,掌握各工序的要点与质量标准,并将这些标准细化落实到现场作业中,确保工程质量符合规范。

[参考文献]

- [1]李强.耐候钢焊接工艺评定试验研究[J].中国铁道科学,2021(2):88-93.
- [2]张明.大跨度钢梁吊装工艺研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2020.
- [3]DB61/T 1560.3-2022公路钢结构梁桥制造安装与质量检验规范[S].西安:陕西省市场监督管理局,2022.
- [4]张慧丽.铁路钢桥施工安全图解[M].北京:中国铁道出版社,2012.
- [5]李宏.高速公路施工应急资源优化配置研究[J].中国安全科学学报,2025(3):88-93.

作者简介:

朱建振(1992--),男,汉族,安徽阜阳人,本科,工程师,从事公路施工安全管理研究。