

# 60m 大跨径钢混组合梁建造工程实践

谢 昆<sup>1</sup> 冯仁静<sup>2</sup>

1. 江西赣粤高速公路工程有限责任公司 江西 南昌 330000

2. 江西省交通投资集团有限公司南昌东管理中心信息分中心 江西 南昌 330013

**摘 要：** 本文结合工程实践，简要介绍某高速公路项目 60m 大跨度钢混组合梁装配化施工实践，主要包括钢梁节段制造、拼装、运输及安装，总结了一套技术成熟可靠、经济合理的整体预制、运输和架设方案，实现了单组梁最大吊重 360t。本项目的贯彻实践，有效解决了复杂山区环境下的架设难题，为后续大跨度钢混组合梁工程提供了重要借鉴。

**关键词：** 桥梁工程；钢混组合梁；装配化；施工

**引言：** 钢混组合梁由钢梁及钢筋混凝土板通过剪力连接将二者连成整体，由于其强度高、刚度大、经济效益好等优点被广泛应用于桥梁等工程领域<sup>[1]</sup>。钢混组合板梁初期建设成本比混凝土桥略贵，全寿命周期考虑了钢材回收利用之后，钢混组合板梁与小箱梁的全寿命周期经济指标很接近，具有较高的经济性<sup>[2]</sup>。高速公路装配化桥梁的标准跨径通常为 30m 或 40m。

## 1 工程概况

某高速公路穿越地形地质复杂、生态环保要求高的山岭区域。为实现连续大跨径越岭、减少桥墩设置及环境扰动，桥梁上部结构采用 60m 跨钢-混工字组合形式，结构体系为钢梁简支、桥面板连续，斜交角度为 0°，上部结构全宽 26m。本桥钢混组合梁设计主要遵循《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》相关规定<sup>[3]</sup>，钢主梁采用工厂分节段制作，组拼纵梁栓接为整孔，采用高强度螺栓连接横梁与纵梁，形成半幅  $\pi$  型钢梁结构；桥面板为钢筋混凝土结构，采用整体现浇于钢梁上，叠合成组合梁整体。主梁采用等高工字型组合梁，截面中心处组合梁高 3m，其中钢箱梁高 2.75m，钢筋混凝土桥面板厚 0.25m<sup>[4]</sup>。主梁标准断面见图 1。

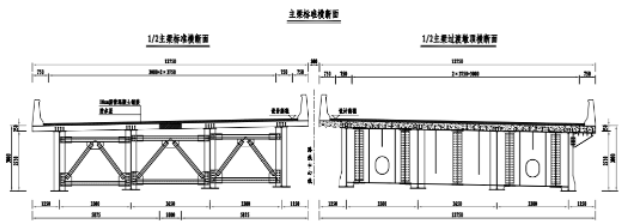


图 1 主梁标准断面

## 2 钢混组合梁

为保证钢梁质量，在钢厂采用专业化工厂加工成可拼装的杆件（节段梁），经验收合格后运输至工地施工

现场的钢梁拼装厂。钢厂钢梁制造分为零件下料、零件加工（含钻孔）、杆件/单元件制造、总成预拼装、内场涂装、工地配合施工、工地补涂等阶段。

### 2.1 钢梁拼装

为开展钢梁拼装工作，建设钢结构封闭钢梁拼装厂，横向布置 2 台 10 吨桁吊以及 2 台 200 吨龙门吊。钢梁拼装具体过程如下：

（1）对进场钢梁节段进行尺寸、外观检验，验收合格后，存在拼装厂专用存放区。

（2）按钢梁设计拼装预拱度，调节台座标高，并在台座表面放样钢梁拼装轮廓位置。

（3）台座标高调整完成后，钢梁拼装由一边向另一边依次进行，构件吊装过程中严禁构件与其他构件或物品碰撞，采用软质吊带或垫垫橡胶垫等措施，防止钢构件变形或损伤构件表面涂层。具体步骤如下：

1）通过拼装场内 10t 桁吊，吊装第一节段 ZL1 纵梁节段至台座限位标记相应位置。吊装前先临时安装拼接板，根据地面放样标点采用垂线法调整钢梁另一端位置，并进行临时固定。

2）吊装 ZL1 节段横梁 HL1 和 HL2，并安装临时螺栓及冲钉。

3）对位吊装纵梁 ZL1' 至台座限位标记处，根据地面放样标点采用垂线法调整钢梁另一端位置，调整横梁与纵梁对位后安装临时螺栓及冲钉，连接完成后，已安装的 2 节段纵梁和 2 个横梁形成较稳定体系。

4）吊装 ZL2 纵梁节段，吊装对位时，与第一节纵梁相邻端先缓慢平稳插入第一节段梁端拼接板缝，再根据地面放样标点采用垂线法调整钢梁另一端位置。满足要求后，安装拼接点临时螺栓及冲钉。

5）对位安装 ZL2 节段间横梁 HL3、HL4，并按要求

安装临时螺栓及冲钉。

6) 对位吊装纵梁 ZL2'，与 ZL1' 纵梁相邻端先缓慢平稳插入第一节段梁端拼接板缝，然后根据地面放样标点采用垂线法调整钢梁另一端位置，随后调整横梁与纵梁对位后安装临时螺栓及冲钉。

7) 重复以上步骤，安装剩余纵梁节段及横梁单元。最后采用全站仪对完成的钢梁进行整体复核。

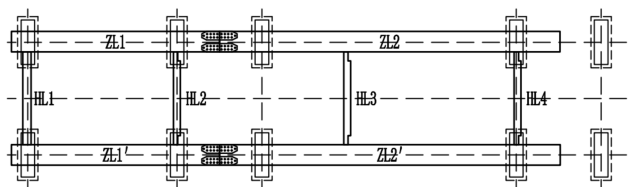


图 2 钢梁拼装示意图

2.2 高强螺栓施工

为确保施工质量，开发应用高强螺栓施工监控系统，结合第三代智能化电动扳手对高强螺栓施拧作业进行可视化管控和数据采集，实现对每个螺栓的施拧状态全面掌控和状态追溯。安装钢梁时，冲钉和高强度螺栓总数量不得少于孔眼总数的 1/3，其中冲钉占 2/3，孔眼较少部位冲钉和高强度螺栓数量不得少于 6 个。安装时，螺栓穿入方向以施工方便为准，但方向宜一致，可遵循以下原则：腹板朝向内侧，底板朝上，顶板朝下。高强度螺栓的安装在所有钢梁拼装组合完成调整后后进行，同一片钢梁的接头由中间向两边对称施拧。一个接头上的高强螺栓，初拧、终拧都应从螺栓群中部向四周扩展逐个拧紧，逐步将板束压紧压平，以避免中间空鼓现象。

2.3 工地涂装

工地涂装主要工作内容为油漆损伤修复和栓接节点的涂装。

2.4 桥面板浇筑

钢混组合梁在拼装场拼装完成后，原位浇筑桥面板，敷设模板，制作钢筋，钢筋在拼装厂绑扎胎架上按 30m 节段进行整体预制安装，针对多变曲线的梁型特点，开发了桥面板钢筋绑扎专利胎架，通过设置可调式通用梳齿板，精确定位钢筋间距，保证钢筋预制质量。为防止钢筋变形，设置专用吊架进行吊装。钢梁拼装厂整体浇筑混凝土桥面板采用 C55 混凝土。

3 钢混组合梁吊装、运输与架设

3.1  $\pi$  型钢梁吊装

项目采用 2 台 200t 门吊及专用吊具，四点起吊将  $\pi$  型钢混组合梁吊装至运梁车。单个吊耳通过 8 根  $\phi 36$  的精轧螺纹钢与主纵梁锚固连接，吊耳安装时需对每根轧螺纹钢施加 200kN 预拉力，以确保钢梁在吊装过程中，

吊耳不会发生相对滑动。

3.2  $\pi$  型钢梁运输

60m 跨钢混组合梁运输架设过程受附加应力影响大，项目研制了 400t-60m 级专用运梁车，运梁车由两台 DCY200t 单车组成，通过前后单车承载横梁共同驮运  $\pi$  型钢混组合梁。为避免或减轻钢梁运输过程中，梁体发生扭曲及受力不均，运梁车采用及液压悬挂技术、可调节承载横梁以及转向机构，运梁车见图 3 所示。



图 3 400t-60m 级运梁车

3.3 钢混组合梁架设

(1) 架桥机简介

钢混组合梁通过运梁车运输至桥位后，采用 JQ400t-60m 型架桥机（见图 4）进行架设。针对 60m 跨钢混组合梁的架设，项目研发了公路 JQ400t-60m 型架桥机，长 108m，适用跨度 60m 及以下，额定起重量  $2 \times 200t$ ，起升高度 12m，适用横坡  $\leq 4\%$ ，适用纵坡  $\leq 3.5\%$ ，适用弯道  $R \geq 1200m$ ，过孔方式为无配重过孔。架桥机各主要受力位置布置监测测点，并与架桥机 BIM 模型相结合实现实时监控和报警，确保架桥机在各工况下安全运行，架桥机的过孔、架梁操作严格执行《公路桥涵施工技术规范》<sup>[5]</sup>相关规定。



图 4 JQ400t-60m 型架桥机

(2) 架桥机过孔

步骤一：架桥机横移至桥梁中心。将两天车行至尾部支腿附近。用两个手拉葫芦绑住前部支腿并用枕木将前部支腿与已架梁端（桥台）垫牢；解除前、中支腿摇平滚主梁固定，启动前、尾部支腿液压系统，拔出安全插销。天车移至主桁架中前部做配重，任何工况下主桁架必须保持水平。

步骤二：启动前、中支腿摇平滚，主桁架前移38m，主桁停止前移，后支腿支腿靠近中支腿，完成第一次过孔。天车移动至主桁架后部做配重。

步骤三：启动前、后支腿液压系统，调整主梁高度，使中支腿脱离路面，同时确保上坡施工时中支腿前移过程中不会与地面发生碰撞。启动中支腿摇平滚，前移22m，停止中支腿摇平滚，中支腿支撑。

步骤四：回收后支腿及前支腿油缸、待中支腿与路面接触且支撑后、将两天车开至中支腿附近，继续回收尾部油缸，使尾部支腿脱离桥面。启动中支腿及前支腿摇平滚，主桁架继续向前开始第二次过孔。前临时支腿到达前部桥墩位置且不与盖梁接触。

步骤五：启动后支腿油缸、使后支腿支撑主桁架尾部，中支腿脱离，注意过程中调节前部临时支腿，不与盖梁接触受力。启动中支腿摇平滚，前移38m至距已架梁端2m位置后支撑。

步骤六：拆去前部支腿位置手拉葫芦和枕木。点动慢慢收前部油缸。收完前部液压油缸全部行程，通过调整尾部支腿高度使前部临时支腿总高高于前部支腿高度。启动前支腿摇平滚，前支腿走形至下一盖梁后，调节前部支腿油缸，使前支腿横轨与盖梁接触且使前支腿有效支撑。启动前部、尾部油缸，调整主桁架高度、水平度，插入前、后支腿安全插销，利用横轨吊具，将前支腿其余横轨吊至盖梁上垫平固定；完成过孔。架桥机准备喂梁、架梁。

### （3）架桥机架梁

步骤一：架桥机过跨至待架跨位置，架桥机前、中、后支腿支撑，将待架 $\pi$ 型梁运输至桥位。

步骤二：前天车吊具与钢梁前部吊耳连接，提吊梁端前部，使钢梁脱离运梁车前车。

步骤三：前天车与运梁车后车继续前移钢梁，至钢梁后天车可以与钢梁后吊耳连接，停止前移。后天车吊

具与钢梁后吊耳连接。

步骤四：后天车提吊钢梁，至钢梁脱离运梁车后车。调整钢梁高度并水平，确保钢梁前移时与运梁车及架桥机等无接触、无碰撞。

步骤五：架桥机前后天车提吊钢梁匀速、缓慢、同步前移，至待架桥位上方。运梁车依次退出。

步骤六：架桥机后支腿收起，此时前、中支腿支撑受力，架桥机主桁架后端悬臂。架桥机通过中支腿及前支腿横移系统，将待架钢梁移动至设计位置正上方，使钢梁支座连接位置于盖梁支座位置对齐。架桥机前后天车同步缓慢下放钢梁，使钢梁落于盖梁顶临时支座，下落过程中需要实时对钢梁位置进行调整；待梁底离临时支座5cm-10cm后，停止下落，调整钢梁位置，使钢梁支座十字中线正投影与垫石十字中线完全重合，缓慢落梁至临时支座上，完成工字梁架设。

### 4 结束语

本项目60m跨 $\pi$ 型钢混组合梁的成功建设，实现了国内大跨度钢混组合梁建造技术的重大突破，构建了一套涵盖工厂化制造、智能化拼装、大吨位整孔运输与安全架设的成熟可靠装配化施工体系。项目的成功实践，为后续山区高速公路大跨度桥梁建设提供了重要借鉴，有力推动桥梁工程向工业化、绿色化、智能化方向发展。

### 参考文献

- [1] 戚菁菁, 李维轩, 等. 带约束构造剪力键的钢筋混凝土双重组合连续梁受力性能[J]. 交通运输工程学报.2026(5):57-70.
- [2] 王清泉, 赵炜, 苏庆田. 城市高架简支预制槽型钢混组合梁设计及经济性参数分析[J]. 结构工程师.2022(6):176-184.
- [3] 中华人民共和国交通运输部.JTG/T D64-01-2015 公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [4] 中交公路规划设计院有限公司. 某高速公路项目钢混组合梁施工图[Z]. 北京, 2020.
- [5] 中华人民共和国交通运输部.JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范.[S]. 北京: 人民交通出版社, 2020.