

高速公路改扩建项目简支钢板组合梁施工管理探讨

文 / 夏云康 宣城华安路桥工程监理有限公司

摘要: 钢板组合梁桥是针对目前传统公路桥梁的缺陷和不足而提出的一种新型结构体系, 具有质量耐久、构造简单、制造方便等特点。但由于高速公路地形和线形标准制约, 高速公路钢板组合梁施工技术难度较大。本文以沪渝国家高速公路安徽省广德至宣城段改扩建工程为例, 在钢板组合梁结构研究基础上加以改进创新, 形成了一套节约经济、先进、有效的高速公路钢板组合梁钢梁整体吊装和桥面板安装的施工技术。

关键词: 高速公路; 钢板组合梁; 施工技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.053

引言

钢板组合梁结构作为一种新型结构形式, 成功融合了钢结构与钢筋混凝土结构的优点, 在力学性能、施工便捷性和经济效益等方面展现出显著的优势。本文通过深入总结施工工艺, 并在关键环节进行优化和技术创新, 形成了一套科学完善的施工技术体系。该体系不仅提高了施工质量和效率, 还显著减少了现场工作量, 为实现建筑行业的工业化生产和装配化施工提供了有力支撑。此外, 钢板组合梁结构的应用充分体现了现代工程技术与实践需求的高度契合, 具备广泛的推广价值和前景, 对于推动建筑领域的可持续发展具有重要意义。

一、工程概况

沪渝国家高速公路安徽省广德至宣城段改扩建工程起于广德市桃州镇界牌村附近(浙皖界), 经广德城区北、誓节镇、十字镇、洪林镇, 止于宣城市宣州区, 接拟改扩建的沪渝高速宣城至芜湖段。同步提质改善既有广德南线段。项目全长91.554km, 广德南线提质改善段全长22.009km。

界牌枢纽至花鼓枢纽段25.909km采用双向六车道高速公路标准新建, 路基宽度34.5m, 其余路段65.645km采用双向八车道高速公路标准改扩建, 路基宽度42m, 设计速度120km/h。广德南线22.009km维持原四车道高速公路标准, 设计速度100km/h, 路基宽度24.5m, 对既有路面、桥涵进行维修加固, 完善管理、服务设施, 按现行标准改造交通安全设施。

二、高速公路钢板组合梁施工技术

(一) 钢梁拼装场地建设

高速公路桥梁工程中, 由于施工地形复杂, 超宽构件运输受便道宽度和路况限制, 因此拼装场地通常应尽量靠近桥位, 一般选择在桥头或桥尾的主线路基上。这种选址方式能够有效减少超宽运输距离, 降低运输难度和成本, 同时提高施工便捷性。

在拼装场地的施工过程中, 需要充分考虑钢梁的设计要求及现场施工条件。台座的施工是场地建设的核心环节之一, 其位置和标高需严格按照梁底标高及预拱度要求进行布置和调整。通过合理设计和精确施工, 确保钢梁单元拼装的几何精度和后续架设工作的顺利开展。拼装场地的基本建设完成后, 方可开展钢梁单元的存

储、拼装及架设工作。科学合理的场地规划和施工组织, 不仅能保障钢板组合梁的施工质量, 还能显著提升施工效率, 为高速公路桥梁建设的顺利实施奠定坚实基础。

(二) 滑移装置安装

1. 滑移轨道安装

首先, 将滑移轨道按照设计要求进行分段吊运至安装位置, 并使用临时支撑进行固定。然后, 采用全站仪等测量仪器对轨道的高程、轴线位置以及轨距等参数进行精确测量与调整, 确保轨道安装精度符合规范要求。轨道调整完成后, 采用焊接或螺栓连接等方式将轨道各段连接成整体, 并与预埋件或梁体结构进行牢固固定。最后, 对轨道表面进行清理与打磨, 使其表面平整光滑, 满足梁板滑移要求。

2. 滑移台车安装

将滑移台车吊运至滑移轨道上, 使车轮准确落入轨道槽内。检查滑移台车的车架、车轮、驱动装置以及制动装置等部件是否安装牢固、运行正常。对滑移台车进行空载试运行, 检查其在轨道上的滑移性能, 包括滑移方向的准确性、滑移速度的稳定性以及制动效果等, 如有问题及时进行调整与维修。

3. 牵引系统与控制系统安装

根据设计方案要求, 安装牵引系统的钢丝绳、滑轮组、卷扬机或千斤顶等设备, 并进行合理的布线与连接。确保牵引系统的各部件安装牢固、连接可靠, 且钢丝绳的张力均匀。同时, 安装控制系统的传感器、控制器、计算机以及相关软件系统, 并进行调试与校准。将控制系统与滑移台车的驱动装置、制动装置以及牵引系统进行连接, 实现对整个滑移装置的集中控制与监测。

(三) 汽车吊站位与吊装

1. 汽车吊站位

根据钢板组合梁的安装顺序与施工现场的场地条件, 确定汽车吊在每个吊装位置的最佳站位点。在汽车吊站位前, 对站位区域的场地进行再次检查与处理, 确保场地平整、地基承载力满足要求。若需要, 在汽车吊支腿下方铺设路基板, 扩大支腿与地面的接触面积, 减小接地比压。汽车吊行驶至站位点后, 按照操作规程将支腿伸出并牢固支撑在地面上, 调整车身水平度, 确保汽车吊处于稳定的作业状态。

2. 钢梁吊装

(1) 首片钢梁吊装

首片钢梁的吊装是整个安装工程的关键环节。汽车吊将首片钢梁缓慢吊起至一定高度后，通过旋转吊臂、调整吊索具长度等操作，将钢梁平移至安装位置上方，然后缓慢下放钢梁，使钢梁两端的支座准确就位。在钢梁下放过程中，采用全站仪等测量仪器对钢梁的轴线位置、高程以及垂直度等参数进行实时监测与调整，确保钢梁安装精度符合设计要求。首片钢梁安装就位后，采用临时支撑或缆风绳等措施对钢梁进行固定，防止其发生位移或晃动。

(2) 后续钢梁吊装

在首片钢梁安装完成后，按照同样的方法依次吊装后续钢梁。在吊装过程中，要注意相邻钢梁之间的连接方式与连接精度。对于采用焊接连接的钢梁，在吊装前要对焊接部位进行清理与打磨，确保焊接质量。吊装到位后，先进行初步定位与固定，然后由专业焊工进行焊接作业，焊接完成后，按照设计要求进行焊缝质量检测，如超声波探伤、外观检查等，确保焊缝质量符合规范标准。对于采用高强螺栓连接的钢梁，在吊装前要对螺栓孔进行检查与清理，吊装到位后，先穿入部分高强螺栓进行临时固定，然后按照规定的拧紧顺序与拧紧力矩逐步拧紧所有高强螺栓，拧紧过程中要采用扭矩扳手进行监测与控制，确保螺栓连接的紧固性与可靠性。

(四) 钢板组合梁安装

钢板组合梁安装的安全性及精确性对整体工程质量具有重要影响。施工前，必须通过专家论证施工方案，全面评估其可行性和安全性，以确保施工的科学性和规范性。在实际操作中，利用架桥机完成钢梁和桥面板的架设。桥面板安装完成后，需进行湿接缝施工、剪力槽钢筋混凝土的浇筑以及桥面横向预应力的张拉施工，以确保桥梁结构的整体性与承载能力^[1]。

在钢梁的吊装过程中，选择合适的吊装设备与工艺至关重要。采用扁担吊具和四点吊的形式，不仅能有效分散荷载，降低应力集中风险，还能在吊装过程中更好地控制钢梁的姿态。吊装时，通过基准线对钢梁进行精准对位，使用全站仪实时监测并结合砂桶校正等方法，逐步调整钢梁的位置。吊装操作需缓慢落钩，减少振动与冲击对结构的影响，确保钢梁以高精度就位。

(五) 桥面板安装

桥面安装是钢板组合梁施工中的一项关键技术，直接关系到桥梁结构的稳定性和耐久性。在钢板组合梁的施工过程中，通常需要在前一跨钢梁安装完成后，方可开始桥面板的安装。这一环节的顺利完成，依赖于精确的操作和高效的施工方案。

首先，桥面板的安装通常借助定制的旋转吊具来进行，这种吊具的设计必须确保足够的刚度与强度，以承受旋转构件所产生的离心力。旋转吊具的合理选择和使用，能够有效降低安装过程中的风险，确保桥面板在吊装过程中不受损伤，并能够平稳安装到位。

在安装过程中，为了精确控制桥面板的纵向和横向

位置，施工人员通过墨斗标出桥面板的中线，从而确保各安装点的准确定位，避免发生纵横向的偏位。此举对于桥梁整体的承载力与稳定性具有重要意义，能确保后续结构的正常运转。

桥面板安装时，钢梁上翼缘两侧会贴上止水条，这一步骤旨在有效阻止水流渗入结构内部，从而提高桥梁的耐久性和抗腐蚀性能。混凝土桥面板与钢梁之间的接触面则涂抹环氧砂浆，起到密封作用。环氧砂浆的选择及涂抹方式必须精确，以保证接触面达到完全密封，防止水分和其他外界因素的侵入。

三、简支钢板组合梁施工

(一) 钢结构的加工制作

钢板组合梁构件在加工前首先选择合格的原材，具体加工选择具有钢结构加工资质的厂家进行加工，加工采用横向和纵向分段方式进行，其分段长度按设计要求进行加工。底漆涂装及箱内涂装在厂内进行。

(二) 构件运输组织

构件在工厂加工完成后，采用长车进行运输，对于超宽车报交通运输部门批准，同时在运输过程中采用牢固包装，以防损坏。

(三) 现场拼装

钢板组合梁组拼件在工厂加工好运至工地后，在工地拼接，现场拼接要求达到工厂加工水平一致的质量标准，并进行节段预拼，预拼满足相应精度后方可进行吊装。

(四) 安装

钢板组合梁安装支架在节段钢板组合梁两端设置临时支架，临时支架应有足够的刚度、强度和稳定性，以防支架变形。钢板组合梁采用大吨位吊车吊装，吊装顺序与节段预拼的顺序相同，不得更换顺序。吊装前应进行吊装能力验算，钢板组合梁拼接后应调整位置、高程等以满足设计要求后进行焊接，焊接质量进行探伤检测。

(五) 涂装

(1) 涂装作业开始前，由总承包单位组织，监理、涂料厂家技术服务参加，检查施工单位的施工准备工作，根据设计要求按涂装方案进行各工序工艺试验，在试验过程中根据施工要求调整参数以最终满足施工需要，从而确定各施工参数。

(2) 结构检验验收合格后，进入涂装施工工序，首先检查构件表面，如表面有因割除吊耳、临时构件、补焊等产生凹坑、突起等表面缺陷的，要求尽量打磨平整后，再喷涂。外表面实在打磨不平整并且影响外观要求的，在喷涂第一道面漆前，刮腻子予以填平。

(3) 在进行底漆的涂覆之前，钢材表面处理应达到GB/T 8923-2011《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》（以下简称GB/T 8923-2011）规定的Sa2.5级。

(4) 除末道面漆在现场涂覆外，其余所有涂装都应在工厂内完成。涂装应选择适宜的工作环境。

(5) 内部空间狭窄的密封区域，需在密封最后一块板前或在散件状态下，将内部涂装做好。

(6) 现场需焊接的焊缝区域, 需预留一定范围暂不喷涂, 喷砂后用胶带保护。

(7) 现场吊装安装完毕后, 首先对所有焊缝及涂层破损部位表面进行打磨处理达到GB/T 8923-2011规定的St3级, 然后按其所在部位修补配套漆, 修补合格结束后对全桥外表面整体清洁, 经现场监理及检验员检验合格后, 喷涂最后一道面漆, 使其自然干燥。

(六) 施工临时通道及安全防护

本项目钢板梁均为工型杆件, 桥位施工为开放型。结合施工情况, 纵梁对接为栓接形式, 采用挂吊篮施工, 吊篮周围挂防护网保证安全; 两纵梁之间搭设钢平台放置施工工具以及供人通行。

对于汽车吊架设的钢板梁, 为便于施工人员通行, 在纵梁上翼缘板上设置施工通道, 上翼缘两侧安装活动的安全护栏立柱, 间距2m一个, 在立柱绳扣处穿入 $\phi 8$ 的钢丝绳做安全护栏横杆, 共2道; 立柱上面一道钢丝绳作为安全绳。施工人员在通道上行走或作业时, 必须佩戴安全带, 安全带悬挂在安全绳上; 同时, 使用绑腿扎好裤子, 防止挂在剪力钉上摔倒。安全防护措施在钢梁吊装前安装在钢梁上, 随梁一起吊装。图1为汽车吊架设钢板梁施工安全防护示意图。

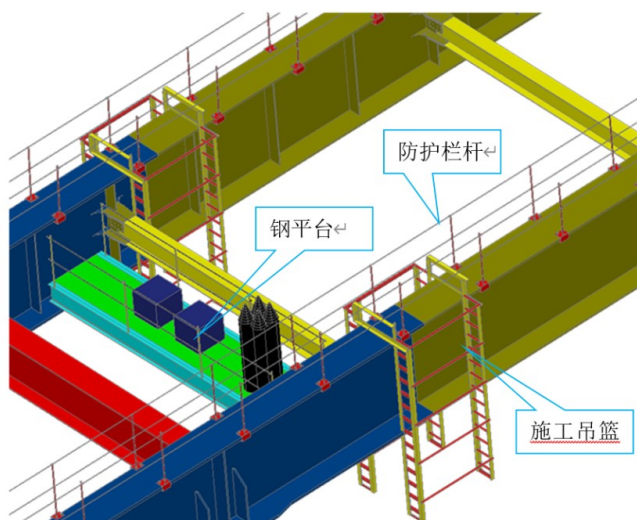


图1 汽车吊架设钢板梁施工安全防护示意图

(七) 注意事项

(1) 施工方应在安装过程中采取加强措施, 防止加工、移位、安装过程中钢结构变形。钢构件的运输注意事项应接《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)的规定办理, 并采取可靠措施防止构件运输途中变形、损伤(含涂装), 严禁已变形或受损的钢构件上桥安装。

(2) 除了钢构件现场交接中应提交的文件外, 钢构件制造厂应将钢构件加工制造中的重大情况记录及吊运注意事项以书面形式告知安装单位, 以引起注意。钢结构制造单位应有大桥钢结构制造业绩; 钢材的生产厂家应该有类似桥梁的供货业绩。

(3) 施工过程中适用的配件或临时构件, 在钢构件现场拼接完成后应予以割除: 一般分两次切割, 第一次切割作为预热, 第二次完全切割。起吊配件切割后的剩余高度一般不宜超过20mm, 严禁切割时损伤母材。切割后一律用砂轮打磨至平。

(4) 钢梁制造中应把有效提高焊接疲劳强度、减小残余应力和应力集中作为工厂加工过程中始终如一的目标, 坚持必要的锤击处理和平缓的过渡, 所有的弧坑及超限缺陷都必须修磨平整, 防止焊缝开裂, 尽可能把应力集中系数降到最低。

结语

高速公路钢板组合梁作为一种新型的桥梁结构形式, 在公路工程建设中逐渐获得广泛应用。其建设施工技术具有高度的工厂化、集成化与装配化特点, 显著提升了施工效率和质量。这些特点不仅使得钢板组合梁的施工周期大幅缩短, 而且有效降低了现场施工的复杂性和人工成本, 从而实现了较高的经济效益。

与传统桥梁结构相比, 钢板组合梁在技术经济效益方面具有明显优势。首先, 工厂化生产能够确保梁体的质量稳定性与精度, 减少了由于现场施工误差引起的质量问题。其次, 集成化设计使得施工现场的工作量大大减少, 施工过程中所需的设备和工序也得到了优化, 从而显著降低了施工成本。而装配化的方式, 使得钢板组合梁能够在预制工厂完成大部分加工和组装工作, 进而缩短了现场施工的时间, 大幅提高了施工效率。

从市场前景来看, 随着我国高速公路建设的持续发展, 对桥梁结构的需求逐步增加, 钢板组合梁凭借其优良的性能和显著的技术优势, 具备广阔的应用空间。在未来的高速公路工程建设中, 钢板组合梁无疑将在提高工程质量、降低建设成本、缩短建设周期等方面发挥重要作用, 推动整个行业向更加高效、绿色、可持续发展的方向发展。

从社会效益角度来看, 钢板组合梁技术的推广应用不仅有助于提升我国基础设施建设的质量和水平, 还能有效促进相关产业的技术进步和产业升级。通过推动这一技术的广泛应用, 可以减少资源浪费、降低能源消耗、提高施工安全性, 并创造更多就业机会, 进一步促进社会经济的可持续发展。

参考文献

- [1] 黄超. 山区高速公路钢板组合梁施工技术探究[J]. 中国公路, 2022, (22): 98-99.
- [2] 关博文. 钢管混凝土拱桥施工方法探讨[J]. 四川建材, 2021, 47(10): 169-170.
- [3] 王祖珍. 高速公路保通线钢板组合梁桥设计与分析[J]. 工程与建设, 2019, 33(02): 189-191+196.
- [4] 郑翠凤. 某高速公路钢板组合梁有限元分析[J]. 西部交通科技, 2023, (07): 144-145+149.
- [5] 欧代军. 高速公路钢板组合梁制造及安装关键技术[J]. 中国水运(下半月), 2021, 21(08): 127-129.