

钢-混组合梁桥设计与施工控制要点

王润泽

重庆市交通规划勘察设计院有限公司 重庆 401121

【摘要】：钢-混组合梁桥融合钢材与混凝土的性能优势，在桥梁工程中应用广泛，其设计与施工质量直接关系工程安全与使用寿命。核心在于通过科学设计实现材料适配与结构协同，通过规范施工管控破解关键难题。本文聚焦设计与施工控制核心要点，梳理设计中材料适配、结构协同等难点，明确施工中连接质量、架设精度等关键管控环节，提出针对性优化与控制措施，为钢-混组合梁桥工程实践提供简洁实用的参考。

【关键词】：钢-混组合梁桥；设计要点；施工控制；结构协同；质量管控

DOI:10.12417/2705-0998.26.03.075

引言

钢-混组合梁桥兼具钢材轻量化、大跨越能力与混凝土高刚度、强耐久性的特点，适配多种工程场景，成为现代桥梁建设的重要选择。行业规范对其技术应用提出明确要求，旨在保障工程质量与长期稳定性。实际工程中，设计环节的构造疏漏、材料适配不足，以及施工过程中的工艺不规范、精度把控不到位等问题，易引发结构隐患。梳理设计与施工的核心要点，破解技术难题，完善管控思路，既能充分发挥结构优势，又能规避工程风险，衔接后续核心内容，为工程实践提供可行路径。

1 钢-混组合梁桥设计核心难点梳理

1.1 材料特性适配性不足的问题

钢-混组合梁桥的核心设计难点之一是钢材与混凝土的材料特性适配性不足。二者力学性能差异显著，钢材抗拉性优但抗腐蚀性弱，混凝土抗压性强但抗拉性差，设计中若未充分考量这种差异，易导致结构受力不均、引发局部损坏。钢材与混凝土的弹性模量差异明显，受力时易出现变形不协调，进而使钢混界面产生应力集中，影响结构整体稳定性。混凝土的收缩与徐变特性会对结构产生长期影响，设计疏忽易引发裂缝、位移等隐患，降低耐久性。此外，未结合工程所处环境优化材料选择与防护设计，会进一步加剧适配性问题，缩短桥梁使用寿命。

1.2 结构协同受力设计存在疏漏

结构协同受力是钢-混组合梁桥设计的核心要求，若设计中存在疏漏，会导致钢材与混凝土无法有效协同工作，无法充分发挥两种材料的优势。钢混界面的连接设计是协同受力的关键，若连接件的选型、布置不合理，会限制钢混之间的力传递，导致两种材料各自受力，降低结构的整体承载能力。组合梁的截面设计若未兼顾抗弯、抗剪、抗扭等多方面需求，会使结构在受力过程中出现局部应力过大，引发结构变形或损坏^[1]。此外，桥面系与主体结构的协同设计不足，也会影响整体结构的稳定性，例如桥面铺装与组合梁主体衔接不紧密，在车辆荷载作用下易出现铺装开裂、脱落等问题，进而影响桥梁的正常使

用。

1.3 耐久性设计考虑不够全面

钢-混组合梁桥的耐久性直接决定其使用寿命，设计中若对耐久性考虑不够全面，会导致结构在使用过程中易受外界环境影响，出现腐蚀、老化等问题。钢材易受雨水、大气等环境因素侵蚀，若设计中未采取有效的防腐措施，会导致钢材锈蚀，削弱其力学性能，进而影响结构安全。混凝土结构易出现裂缝，若设计中未优化裂缝控制措施，裂缝会不断扩展，导致水分、有害物质渗入，加剧钢材锈蚀和混凝土老化。同时，钢混界面的密封设计不足，会使雨水等介质进入界面，破坏连接性能，降低结构的整体耐久性。此外，设计中未结合工程所处的特殊环境，如沿海、高寒地区的环境特点，针对性优化耐久性设计，会进一步缩短桥梁的使用寿命。

2 钢-混组合梁桥设计优化措施

2.1 优化材料选型与适配设计

针对材料特性适配性不足的问题，需优化材料选型与适配设计，充分发挥两种材料的优势。在材料选型上，结合工程实际需求与所处环境，选用抗拉性能优良、抗腐蚀能力强的钢材，同时选用强度高、收缩徐变小的混凝土，减少材料特性差异带来的不利影响。通过合理设计钢混界面的过渡结构，缓解两种材料弹性模量差异导致的变形不协调问题，确保结构受力均匀。针对混凝土收缩徐变特性，在设计中采取相应的补偿措施，优化截面尺寸与构造，减少收缩徐变对结构的长期影响。此外，结合工程所处环境，增设材料防护设施，如钢材防腐涂层、混凝土保护层等，提升材料的抗损耗能力，增强材料适配性，保障结构的稳定性。

2.2 完善结构协同受力设计

为解决结构协同受力设计疏漏的问题，需完善结构协同受力设计，确保钢材与混凝土有效协同工作。优化连接件的选型与布置，根据结构受力特点，选用合适类型的连接件，合理确定连接件的间距、数量与布置方式，确保钢混界面的力传递顺畅，实现两种材料的协同受力。优化组合梁截面设计，兼顾抗

弯、抗剪、抗扭等多方面需求，合理确定截面尺寸与形式，避免局部应力集中，提升结构的整体承载能力^[2]。加强桥面系与主体结构的协同设计，优化桥面铺装与组合梁主体的衔接构造，确保桥面系与主体结构协同变形、共同受力，减少桥面铺装开裂、脱落等问题的发生，保障结构的整体稳定性。

2.3 强化耐久性专项设计

针对耐久性设计考虑不全面的问题，需强化耐久性专项设计，延长桥梁使用寿命。对于钢材，采取有效的防腐措施，如涂刷防腐涂层、采用耐候钢等，隔绝外界腐蚀介质，减少钢材锈蚀。优化混凝土结构设计，采取抗裂措施，合理设置伸缩缝、排水系统，减少混凝土裂缝的产生与扩展，避免水分、有害物质渗入。完善钢混界面的密封设计，采用优质密封材料，加强界面密封处理，防止雨水等介质进入界面，保护连接性能。结合工程所处的特殊环境，针对性优化耐久性设计，如沿海地区加强防腐设计，高寒地区优化抗冻设计，提升结构对环境的适应性，确保桥梁在长期使用过程中保持良好的性能。

3 钢-混组合梁桥施工核心问题分析

3.1 钢混连接施工质量不达标

钢混连接施工是钢-混组合梁桥施工的关键环节，也是易出现质量问题的环节，连接施工质量不达标会直接影响结构的协同受力与整体安全。连接件安装过程中，若安装位置偏差过大、固定不牢固，会导致连接件无法有效传递力，影响钢混协同工作。钢混界面的处理不到位，如界面清理不彻底、粗糙度不足，会影响界面粘结力，导致钢混之间出现滑移，降低结构的承载能力。此外，连接件施工过程中的焊接、灌浆等工艺不规范，会导致连接件本身存在质量缺陷，如焊接裂纹、灌浆不密实等，进一步影响连接质量，引发结构安全隐患，无法保障组合梁桥的施工质量与使用安全。

3.2 钢梁架设与定位精度偏差

钢梁架设与定位精度直接影响钢-混组合梁桥的施工质量与结构稳定性，施工过程中易出现精度偏差问题。钢梁运输与吊装过程中，若吊装工艺不合理、吊装设备选型不当，会导致钢梁变形、损坏，影响架设精度。钢梁架设过程中，若支座安装不平整、定位不准确，会导致钢梁受力不均，出现倾斜、位移等问题^[3]。此外，架设过程中未及时对钢梁的位置、高程进行精准监测与调整，会导致钢梁定位偏差超出规范要求，后续混凝土浇筑完成后，无法纠正偏差，进而影响结构的整体受力性能，易引发结构变形、裂缝等隐患，影响桥梁的正常使用。

3.3 混凝土浇筑与养护工艺不规范

混凝土浇筑与养护工艺不规范是施工过程中的常见问题，会影响混凝土结构的强度、耐久性，进而影响组合梁桥的整体质量。混凝土浇筑过程中，若浇筑顺序不合理、振捣不密实，会导致混凝土内部出现空洞、蜂窝、麻面等质量缺陷，削弱混

凝土的抗压性能。混凝土配合比控制不当，会导致混凝土强度不足、收缩徐变过大，易出现裂缝。养护过程中，若养护时间不足、养护方式不当，会导致混凝土表面开裂、强度增长缓慢，影响混凝土结构的耐久性。此外，混凝土浇筑过程中未做好钢混界面的保护，会导致界面粘结力下降，影响钢混协同受力，进一步加剧施工质量问题。

4 钢-混组合梁桥施工控制关键措施

4.1 严控钢混连接施工质量

针对钢混连接施工质量不达标问题，需严控钢混连接施工质量，确保连接可靠。施工前，对连接件进行严格检验，确保连接件的规格、性能符合设计要求，不合格连接件严禁使用。施工过程中，精准控制连接件的安装位置与固定方式，采用专业设备进行安装，确保安装偏差控制在规范范围内，安装完成后及时进行复核，确保固定牢固。加强钢混界面的处理，施工前彻底清理界面杂物、浮锈，按设计要求处理界面粗糙度，提升界面粘结力。规范连接件施工工艺，严格控制焊接、灌浆等环节的施工质量，焊接过程中做好焊缝质量检验，灌浆过程中确保灌浆密实，避免出现质量缺陷，保障钢混连接的可靠性。

4.2 强化钢梁架设与定位管控

为解决钢梁架设与定位精度偏差问题，需强化钢梁架设与定位管控，确保架设精度符合要求。合理制定钢梁运输与吊装方案，根据钢梁的重量、尺寸选用合适的吊装设备与吊装工艺，运输过程中做好钢梁的保护，防止钢梁变形、损坏。钢梁架设前，对支座进行严格检验与调整，确保支座安装平整、定位准确，为钢梁架设提供稳定基础^[4]。架设过程中，采用专业监测设备对钢梁的位置、高程进行实时监测，及时调整钢梁的姿态，确保定位精度符合规范要求。架设完成后，对钢梁的位置、高程进行全面复核，确认无误后再进行后续施工，避免精度偏差影响结构质量。

4.3 规范混凝土浇筑与养护流程

针对混凝土浇筑与养护工艺不规范问题，需规范混凝土浇筑与养护流程，提升混凝土施工质量。施工前，严格控制混凝土配合比，根据设计要求与材料特性，确定合理的配合比，确保混凝土强度、收缩徐变等性能符合要求。浇筑过程中，合理安排浇筑顺序，采用专业振捣设备进行振捣，确保振捣密实，避免出现空洞、蜂窝、麻面等质量缺陷。浇筑完成后，及时开展养护工作，根据混凝土特性与环境条件，确定合理的养护时间与养护方式，保持混凝土表面湿润，促进混凝土强度增长，减少裂缝产生。同时，做好钢混界面的保护，避免浇筑过程中界面受到污染，确保界面粘结力，保障钢混协同受力。

5 钢-混组合梁桥设计与施工协同管控路径

5.1 建立设计与施工协同沟通机制

设计与施工的协同配合是保障钢-混组合梁桥工程质量的关键,需建立设计与施工协同沟通机制,确保设计意图与施工实践有效衔接。施工前,组织设计人员与施工人员开展技术交底,设计人员详细说明设计方案、核心要点及注意事项,施工人员结合施工经验,提出设计方案中可能存在的施工难点与优化建议,共同优化设计方案,使设计方案更具可施工性。施工过程中,建立常态化沟通机制,施工人员及时反馈施工过程中出现的设计相关问题,设计人员及时到场指导,提出针对性解决方案,避免施工与设计脱节。同时,定期开展设计与施工协同检查,及时发现并解决设计与施工衔接过程中的问题,确保工程顺利推进。

5.2 完善全流程质量管控体系

完善全流程质量管控体系,实现设计与施工全过程的质量管控,保障工程质量。设计阶段,建立设计质量审核机制,组织专业人员对设计方案、构造细节、耐久性设计等进行全面审核,及时发现并纠正设计中的疏漏与问题,确保设计方案科学合理、符合规范要求^[5]。施工阶段,建立施工质量检验机制,对施工原材料、施工工序、施工成品进行严格检验,每道工序完成后必须经检验合格方可进入下一道工序,杜绝不合格工序流转。同时,加强施工过程中的现场管控,安排专业人员进行

现场监督,规范施工操作,及时发现并整改施工中的质量隐患,确保施工质量符合设计要求。

5.3 强化施工过程中的动态调整

钢-混组合梁桥施工过程中,受环境、施工条件等多种因素影响,易出现各类突发问题,需强化施工过程中的动态调整,确保施工顺利推进。施工前,结合工程实际情况与环境条件,制定完善的施工应急预案,针对可能出现的突发问题,提前制定应对措施。施工过程中,加强对施工环境、施工设备、施工工序的动态监测,及时掌握施工过程中的各类变化,若出现与设计不符或施工困难等情况,及时组织设计、施工等相关人员进行研究,调整设计方案或施工工艺,确保施工进度与质量。同时,根据施工过程中的实际情况,优化施工流程,合理调配人力、物力、财力资源,提升施工效率,保障工程按时保质完成。

6 结语

本文围绕钢-混组合梁桥设计与施工控制要点,梳理了设计中材料适配、结构协同等难点及施工中连接质量、架设精度等关键问题,提出了针对性优化与管控措施。设计与施工的协同配合是保障工程质量的核心,需建立协同机制、完善全流程管控并强化动态调整,以此充分发挥结构优势,规避工程风险,保障桥梁质量与使用寿命,为同类工程实践提供实用参考。

参考文献:

- [1] 廖丽云.钢混组合梁桥设计要点与应用[J].工程建设与设计,2025,(22):90-92.
- [2] 陈宇.大跨径钢-混组合梁桥负弯矩区疲劳性能评估与设计方法[J].交通科技与管理,2025,6(22):95-97.
- [3] 臧华.装配式钢-混组合梁桥设计及结构验算[J].工程技术研究,2025,10(18):184-186.
- [4] 魏永建,尤振华.钢-混组合梁负弯矩区桥面板优化设计分析[J].中国市政工程,2025,(04):170-173+186.
- [5] 张南松,沈云斌,孙海军.钢-混组合梁斜拉桥设计参数优化研究分析[J].江西建材,2025,(04):194-199.