

# 装配式桥梁上部结构连接构造设计优化探讨

李 擘

武汉综合交通研究院有限公司 湖北 武汉 430015

**【摘要】**：随着我国桥梁建设工业化进程持续加快，装配式技术凭借施工高效便捷、低碳环保节能、对周边环境扰动小等突出优势，已广泛应用于公路、市政高架等各类桥梁工程中。上部结构连接构造作为装配式桥梁的核心受力关键节点，直接关系到结构整体刚度、耐久性与运营安全性，其设计科学性与合理性起着决定性作用。当前，该类连接构造仍存在诸多现实问题，严重制约桥梁工程品质与使用寿命。基于此，本文将简要分析装配式桥梁上部结构连接构造的相关内容，并针对装配式桥梁上部结构连接构造设计优化的意义及困境进行深入探究，探讨装配式桥梁上部结构连接构造的设计优化路径，以期有效提升桥梁工程质量，推动装配式桥梁技术高质量发展。

**【关键词】**：装配式桥梁；上部结构；连接构造设计；优化

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.089

## 引言

城市化进程的加速促进城市骨架路网的建设，现代城市基础设施建设以传统粗放式建造模式为主，随着城乡建设理念向高质高效、生态环保等方面转变，装配式建筑受到大力推崇。城市桥梁目前以现浇施工工艺为主，质量良莠不齐、施工环境差，装配式桥梁具有工业化标准化优势，施工环境友好，应用愈加广泛。因此，装配式桥梁上部结构连接构造设计优化探讨尤为重要。

## 1 装配式桥梁上部结构连接构造概述

装配式桥梁上部结构连接构造，是衔接各预制上部构件、传递结构荷载、保障结构整体完整性与稳定性的核心关键部位，也是装配式桥梁区别于传统现浇桥梁的核心特征，贯穿构件拼接至运营维护的全过程。该连接构造主要分为湿连接与干连接两大类型，二者特点迥异：湿连接通过现浇混凝土浇筑实现预制构件衔接，衔接紧密且结构整体性突出，可有效传递复杂荷载；干连接借助螺栓、榫接、销接等机械方式完成拼接，施工便捷高效，无需等待混凝土养护，适配快速施工场景。作为装配式桥梁的核心受力节点，其结构与选材质量直接决定构件衔接效果，当前实际应用中仍存在接缝易疲劳、衔接精度不足、水密性退化等问题，需通过科学优化进一步提升其受力性能与耐久性。

## 2 装配式桥梁上部结构连接构造设计优化的意义

### 2.1 提升桥梁结构耐久性

连接构造作为装配式桥梁的核心受力节点，核心功能是传递构件间荷载、维持结构整体性，其设计科学与否直接关系桥梁运营安全。当前部分连接构造存在接缝易疲劳、水密性逐步退化等问题，易引发构件松动、渗水渗漏等安全隐患，大幅缩短桥梁使用寿命。通过针对性优化设计，可完善节点受力体系，增强构件衔接紧密性，减少接缝损伤、钢筋锈蚀等问题，提升桥梁抗疲劳、抗腐蚀性能，确保桥梁在长期荷载作用下稳定运

营，切实降低安全事故发生风险。

### 2.2 提高整体施工效率

装配式桥梁的核心优势在于预制构件工厂化生产、现场快速拼装，而连接构造的设计形式直接影响拼装效率与施工难度。以往连接构造往往存在拼装精度要求过高、施工工序繁琐等问题，不仅延长施工工期，还增加人力、物力投入成本。通过优化设计，可简化拼接工序、提升衔接适配性，减少现场现浇作业量，缩短混凝土养护周期，同时降低施工过程中的误差管控难度，提升拼装效率，进而减少施工投入，实现成本精准管控。

### 2.3 强化结构的整体性

优化连接构造设计，可强化桥梁结构整体性，更好适配复杂工况需求。装配式桥梁由多个预制构件拼接组成，连接构造的衔接效果直接决定结构整体刚度与抗变形能力。在高荷载、强震动、复杂地质等恶劣工况下，不合理的连接设计易导致构件间出现相对位移，影响桥梁整体受力性能，甚至引发结构隐患。通过优化连接构造的结构形式与衔接方式，可强化构件间协同受力能力，提升桥梁整体刚度与稳定性，使其能够适配公路、市政高架等不同场景，有效应对复杂荷载与环境变化的挑战。

### 2.4 推动产业的持续升级

优化连接构造设计，可推动装配式桥梁产业升级，助力行业绿色规范发展。装配式桥梁连接构造仍存在接口标准不统一、设计理念滞后等问题，严重制约产业规模化、标准化发展。通过系统优化设计，可完善连接构造的设计标准与技术规范，推动不同厂家预制构件的通用性与互换性，促进产业标准化发展。同时，优化设计可减少施工过程中的材料浪费与环境污染，降低能耗，契合绿色建筑发展理念，为装配式桥梁产业可持续发展注入动力，推动我国桥梁建设工业化水平稳步提升。

### 3 装配式桥梁上部结构连接构造设计优化的困境

#### 3.1 设计标准不统一

当前装配式桥梁连接构造设计缺乏统一完善的行业标准与规范，不同地区、不同生产厂家的设计标准差异明显，直接造成预制构件接口尺寸、衔接方式杂乱无章。这种标准不统一的现状，导致不同厂家生产的预制构件难以通用互换，既大幅增加了设计优化的难度，也严重阻碍了装配式桥梁产业的规模化发展。同时，部分现有设计标准滞后于当前技术发展节奏，无法充分适配新型材料、新型施工工艺的实际应用需求，致使诸多优化设计方案难以落地，新技术、新材料的应用优势无法充分发挥。

#### 3.2 受力分析不全面

连接构造作为装配式桥梁的核心受力节点，需承受各类复杂荷载作用，但实际设计优化过程中，部分设计人员对节点受力的分析不够全面细致，常常只关注静态荷载的影响，却忽略了地震、风荷载、车辆冲击等动态荷载的作用效果。此外，对连接构造的疲劳性能、抗腐蚀性考虑不足，导致优化设计仅能解决表面问题，无法从根源上提升节点的受力稳定性与耐久性，进而大幅降低了设计优化的实际成效。

#### 3.3 施工与设计存在脱节

设计优化与现场施工衔接不畅，“重设计、轻施工”的失衡现象，是阻碍连接构造设计优化推进的重要困境。部分优化设计方案过于理想化，未充分结合现场施工条件、现有施工工艺水平及施工人员实际操作能力，导致方案在现场施工中难以落地执行。同时，施工过程中对构件衔接精度的管控不到位，与设计优化的标准要求存在明显偏差，这不仅削弱了设计优化的实际效果，甚至可能引发新的桥梁结构安全隐患。

#### 3.4 成本管控压力过大

设计优化需投入额外人力、物力与财力，用于新型材料研发、优化方案论证、试验检测等相关工作。部分桥梁建设项目面临较大成本管控压力，对连接构造设计优化的投入严重不足。一方面，新型环保、高强度材料的应用会增加项目建设成本，导致部分建设单位不愿投入资金开展设计优化；另一方面，优化方案试验检测环节投入不足，无法充分验证其可行性与合理性，使得优化设计缺乏科学支撑，难以在行业内推广应用。

### 4 装配式桥梁上部结构连接构造的设计优化路径

#### 4.1 完善统一设计标准，提升适配性与规范性

装配式桥梁上部结构连接构造的设计优化，需以完善统一的设计标准为基础前提，以此全面提升设计工作的规范性与适配性。为此，应依托行业主管部门牵头统筹，联合科研机构、设计单位、预制构件生产厂家开展协同攻关，系统梳理当前不同地区、不同厂家的设计标准差异，结合装配式桥梁技术发展

趋势，制定统一的行业设计标准与规范，明确连接构造的接口尺寸、衔接方式、材料要求、受力指标等核心参数，实现预制构件的通用互换，切实降低设计优化的实施难度。并在建立设计标准动态更新机制的基础上，紧跟新型材料、新型施工工艺的应用步伐，及时修订完善现有标准内容，将新技术、新方法纳入标准体系，确保设计标准与技术发展同频同步。另外，还要强化标准的推广与执行力度，明确设计、生产、施工各环节的标准执行要求，定期开展标准专项培训，提升设计人员、施工人员的标准意识，确保优化设计方案严格符合标准规范，推动连接构造设计逐步走向规范化、标准化。

#### 4.2 优化受力分析体系，增强设计针对性与科学性

优化受力分析体系可以有效提升连接构造设计质量，解决受力分析不全面、针对性不足的问题，确保连接构造能够适配各类复杂荷载工况。实施过程中，相关部门需构建全面、系统的受力分析模型，突破传统设计中仅关注静态荷载的局限，将静态荷载与动态荷载有机结合，全面考量车辆荷载、地震荷载、风荷载、温度应力等各类荷载的作用效果，精准计算连接节点的受力情况，明确荷载传递路径，避免因受力分析疏漏导致设计缺陷。同时，强化对连接构造疲劳性能、抗腐蚀性性能的分析力度，结合桥梁运营环境的具体特点，采用科学合理的分析方法，预判连接节点在长期运营过程中的疲劳损伤、腐蚀退化规律，针对性优化结构形式与材料选择，提升连接构造的抗疲劳、抗腐蚀能力。另外，还要引入先进的数值模拟技术与试验检测手段，对受力分析结果进行全面验证与修正，通过模拟计算与实体试验相结合的方式，确保受力分析的准确性与科学性，为设计优化提供可靠的技术支撑，让优化设计可以从根本上提升连接节点的受力稳定性与耐久性。

#### 4.3 推动设计与施工协同，保障优化方案落地见效

想要破解设计与施工脱节的困境，相关部门需大力推动设计与施工协同，借此确保连接构造设计优化方案的落地实施。相关部门应树立“设计与施工一体化”的核心理念，将施工需求全面融入设计优化全过程，在方案设计阶段，充分调研现场施工条件、现有施工工艺水平、施工人员操作能力，结合实际施工场景优化设计方案，避免方案过于理想化而无法落地执行。并在加强设计单位与施工单位的沟通对接基础上，建立常态化协同机制，设计人员全程参与施工过程，及时掌握施工过程中出现的问题，针对施工难点、痛点优化调整设计方案，确保设计优化与现场施工精准衔接。同时，要强化施工过程中的精度管控，制定严格的衔接精度标准与管控流程，加强对预制构件拼接过程的质量监测，及时纠正拼接偏差，确保连接构造的衔接效果符合设计优化要求。除此之外，还要加强施工人员的专业培训，提升施工人员对优化设计方案的理解能力与操作水平，规范施工工序，确保优化方案严格落地执行，充分发挥设计优化的实际成效。

#### 4.4 优化成本管控模式，加大优化投入保障力度

新时代背景下，装配式桥梁上部结构连接构造的设计优化，需关注成本管控模式的创新，从而推动连接构造设计优化的持续开展。相关部门要树立“全生命周期成本管控”理念，突破传统仅关注建设阶段成本的局限，综合考量桥梁设计、施工、运营、维护全生命周期的成本投入，合理平衡优化投入与长期效益，让建设单位充分认识到设计优化对降低长期维护成本、延长桥梁使用寿命的重要意义，主动加大设计优化投入力度。通过优化投入分配结构，将资金重点投向新型材料研发、优化方案论证、试验检测等关键环节，从而确保优化设计具有坚实的科学支撑，提升优化效果。同时，要加强新型材料、新型施工工艺的研发与推广，通过技术创新降低新型材料的生产成本，提升材料利用率，减少施工过程中的材料浪费，实现优化投入与成本节约的双向提升。并通过建立多元化的投入机制，鼓励科研机构、生产厂家主动参与设计优化投入，形成协同投入格局，为连接构造设计优化提供充足的资金与技术保障，推动优化方案在行业内广泛推广应用。

#### 4.5 强化技术创新与人才培育，夯实优化发展基础

强化技术创新与人才培育，是推动连接构造设计优化持续升级的根本动力，可以为优化工作提供坚实的技术与人才支撑。在技术创新方面，加大对连接构造新型结构形式、新型材

料、新型施工工艺的研发投入，鼓励科研机构与设计单位开展联合技术攻关，突破传统连接构造的技术局限，研发具有高强度、高耐久性、施工便捷性的新型连接构造形式，全面提升连接构造的性能与质量。并在推动信息技术与设计优化深度融合的基础上，引入 BIM 技术、大数据、人工智能等先进技术手段，实现连接构造设计的数字化、智能化，提升设计效率与优化精度，优化荷载分析、方案论证的流程，让设计优化更具科学性针对性。在人才培育方面，建立完善的人才培养体系，加强对设计人员、施工人员、科研人员的专业培训，重点提升其对新型技术、新型材料的应用能力，以及设计优化、受力分析、施工管控的专业水平。另外，还需加强行业人才交流与合作，搭建专业化人才交流平台，推广先进的设计优化经验与技术方法，培育一批兼具专业能力与创新意识的复合型人才，为装配式桥梁上部结构连接构造设计优化提供坚实的人才保障，推动优化工作持续深入开展。

总而言之，装配式桥梁上部结构连接构造的设计优化，是推动桥梁建设工业化提质增效、实现产业高质量发展的关键。未来，还需坚守科学设计理念，强化各环节协同发力，将优化路径深度融入设计、施工、运营全过程，持续完善标准体系、创新核心技术、培育专业人才，以此不断提升连接构造的安全性及耐久性，推动装配式桥梁技术迭代升级。

#### 参考文献：

- [1] 许延祺,赵洁.山区高墩桥梁上部结构选型讨论[J].公路交通技术,2025,41(01):110-117.
- [2] 张成波.预制装配式桥梁结构状态评价研究[D].长安大学,2023.
- [3] 韩晓东,孙义斐.中小跨径桥梁上部结构方案技术经济性研究[J].中国设备工程,2023,(02):103-105.
- [4] 李选栋,孔令云.城市桥梁上部结构防撞装置防护性能分析[J].城市道桥与防洪,2022,(11):80-84+15.
- [5] 李笑.装配式混凝土梁桥上部结构连接技术研究与应用[D].武汉理工大学,2022.