

# 城市轨道交通桥梁设计特点与施工技术

文 / 李王君 浙江明德建设有限公司

**摘要:** 本文深入探讨了城市轨道交通桥梁的设计特点与施工技术,分析了桥梁设计原则、荷载特点、结构形式以及施工技术等方面的内容。通过对典型桥梁设计案例的分析,揭示了城市轨道交通桥梁在实际应用中的优势和不足,并提出了相应的改进措施。同时,本文还展望了城市轨道交通桥梁的未来发展趋势,指出了技术创新与发展方向。研究表明,城市轨道交通桥梁的设计和施工需综合考虑多种因素,确保桥梁在各种荷载作用下的安全性和稳定性。未来,随着新材料、新工艺和新技术的不断涌现,城市轨道交通桥梁的设计和施工将更加智能化和高效化,为城市交通的可持续发展提供有力支持。

**关键词:** 城市轨道交通桥梁; 设计特点; 施工技术; 荷载分析; 质量控制; 发展趋势

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.104

## 引言

随着城市化进程的加速,城市轨道交通作为缓解城市交通拥堵、提升城市交通效率的重要手段,其重要性日益凸显。城市轨道交通桥梁作为轨道交通系统的重要组成部分,其设计特点与施工技术直接关系到轨道交通的安全性、经济性和运营效率。近年来,随着轨道交通技术的不断进步和人们对交通出行需求的日益增长,城市轨道交通桥梁面临着越来越多的挑战。因此,深入研究城市轨道交通桥梁的设计特点与施工技术,对于提升轨道交通系统的整体性能、保障乘客安全、促进城市交通的可持续发展具有重要意义。通过本研究,可以为轨道交通桥梁的设计和施工提供理论支持和实践指导,推动城市轨道交通事业的健康发展。

## 一、城市轨道交通桥梁设计特点

### (一) 设计原则与目标

城市轨道交通桥梁的设计需遵循安全性、经济性、适用性和美观性四大基本原则。安全性是首要考虑的因素,确保桥梁在各种极端天气和交通荷载下都能保持稳定,保障乘客和行人的安全。经济性则要求设计在满足安全性的前提下,尽量降低建设成本和维护费用,提高项目的整体效益。适用性强调桥梁结构应与轨道交通系统的运营需求相匹配,确保列车行驶的平稳性和舒适性。美观性则要求桥梁设计应与周边环境相协调,提升城市形象。

### (二) 荷载特点分析

城市轨道交通桥梁所承受的荷载主要包括列车荷载、人群荷载、风荷载、温度荷载以及地震荷载等。列车荷载是桥梁设计中最主要的荷载,其大小和方向随列车类型和运行速度的变化而变化。人群荷载主要考虑桥梁上乘客和行人的重量,虽然相对较小,但在设计中仍需考虑其影响。风荷载对桥梁的稳定性有重要影响,特别是在风大、风频高的地区,需进行专门的风洞试验或数值模拟分析。温度荷载主要因桥梁材料随温度变化而产生的热胀冷缩效应,对桥梁的受力状态产生影响。地震荷载是桥梁设计中必须考虑的重要荷载,需根据地震烈度进行抗震设计。

### (三) 结构形式选择

城市轨道交通桥梁的结构形式多种多样,主要包括

简支梁、连续梁、刚构桥、拱桥和斜拉桥等。简支梁结构简单,施工方便,适用于跨度较小的桥梁;连续梁则具有更好的整体性和稳定性,适用于较大跨度的桥梁。刚构桥结构紧凑,受力合理,常用于复杂地形条件下的桥梁建设。拱桥以其优美的造型和独特的受力特点,成为城市景观桥梁的首选。斜拉桥则因其跨度大、造型美观,成为现代城市轨道交通桥梁的重要形式之一。在选择桥梁结构形式时,需综合考虑桥梁的跨度、地形条件、施工难度和成本等因素。

### (四) 材料与耐久性设计

城市轨道交通桥梁的材料选择对桥梁的耐久性、安全性和经济性具有重要影响。常用的桥梁材料包括钢材、混凝土和复合材料等。钢材具有高强度、良好的塑性和韧性,适用于大跨度桥梁和受力复杂的结构。混凝土则具有成本低、施工方便、耐久性好等优点,广泛应用于中小跨度的桥梁建设。复合材料因其轻质、高强、耐腐蚀等特点,在桥梁工程中逐渐得到应用。在耐久性设计方面,需考虑桥梁结构的防腐、防水、防裂等措施,确保桥梁在长期使用过程中保持良好的工作状态。

## 二、城市轨道交通桥梁荷载分析

### (一) 荷载分类与特点

城市轨道交通桥梁荷载主要分为恒载、活载、附加力和特殊荷载四大类。恒载:恒载是指在设计基准期内,其值不随时间变化或变化与平均值相比可忽略不计的荷载。主要包括结构自重、桥面及附属设备重量、预加力、土重及土侧压力、基础变位影响力、水浮力、混凝土收缩和徐变影响力等。恒载是桥梁设计的基础,其准确计算对于桥梁的安全性和稳定性至关重要。活载:活载是指在设计基准期内,其量值随时间变化且变化与平均值相比不可忽略的荷载。对于城市轨道交通桥梁而言,活载主要包括列车荷载、人群荷载等。列车荷载是桥梁设计中最主要的活载,其大小和方向随列车类型和运行速度的变化而变化。人群荷载则考虑桥梁上乘客和行人的重量。附加力:附加力是指由于风、温度、地震等外部因素引起的荷载。风荷载对桥梁的稳定性有重要影响,需进行专门的风洞试验或数值模拟分析。温度荷载主要因桥梁材料随温度变化而产生的热胀冷缩效应,对桥梁的受力状态产生影响。地震荷载是桥梁设计中必

须考虑的重要荷载，需根据地震烈度进行抗震设计。特殊荷载：特殊荷载是指偶然发生的、对桥梁结构安全构成威胁的荷载，如撞击、爆炸等。虽然这些荷载发生的概率较低，但一旦发生，往往会造成严重的后果，因此也需在设计中予以考虑。

**(二) 列车荷载分析**

列车荷载是城市轨道交通桥梁设计中最主要的荷载之一。其大小和方向随列车类型和运行速度的变化而变化。根据《铁路桥涵设计规范》，列车荷载可分为竖向静活载和动力活载。竖向静活载是指列车静止时对桥梁

产生的竖向压力，而动力活载则考虑列车行驶过程中产生的动力效应。动力效应主要包括列车通过桥梁时产生的冲击作用、轨道面不平顺引起的动力效应以及车辆荷载系列引起的动力效应。

**(三) 荷载组合与影响**

在桥梁设计中，需考虑各种荷载的组合效应。常见的荷载组合包括恒载+活载、恒载+附加力、恒载+活载+附加力等。不同荷载组合对桥梁结构的影响各不相同，需根据具体情况进行分析。例如，在地震区，需重点考虑恒载+地震荷载的组合效应；在风大、风频高的地

表 1 数据表格：城市轨道交通桥梁荷载分析

| 荷载类型 | 描述              | 影响因素           |
|------|-----------------|----------------|
| 恒载   | 结构自重、桥面及附属设备重量等 | 材料密度、结构尺寸      |
| 活载   | 列车荷载、人群荷载等      | 列车类型、运行速度、人群密度 |
| 附加力  | 风荷载、温度荷载、地震荷载等  | 风速、温度变化、地震烈度   |
| 特殊荷载 | 撞击、爆炸等          | 偶然事件发生的概率和强度   |

区，则需考虑恒载+风荷载的组合效应。

城市轨道交通桥梁荷载分析是桥梁设计的重要环节。通过准确计算和分析各种荷载的大小、方向和组合效应，可以确保桥梁结构的安全性和稳定性。同时，还需考虑桥梁的耐久性、经济性和环保性等因素，以实现桥梁的可持续发展。在未来的桥梁设计中，应进一步加强对荷载分析的研究和应用，提高桥梁设计的科学性和准确性。

**三、城市轨道交通桥梁施工技术**

**(一) 施工技术概述**

城市轨道交通桥梁施工技术是确保桥梁工程质量和安全的关键。随着城市轨道交通的快速发展，桥梁施工技术也在不断创新和完善。本章将详细介绍城市轨道交通桥梁施工的主要技术环节，包括施工准备、基础施工、上部结构施工以及验收等阶段。

**(二) 施工准备**

施工准备是桥梁工程顺利进行的基础。在施工前，需要进行详细的设计准备工作，包括桥梁的草图绘制、荷载计算及结构分析、材料选用等。同时，还需进行施工设备和人员的准备工作，确保施工所需资源的及时到位。设计准备：设计准备阶段，需根据桥梁的跨度、结构形式和材料选择等因素，进行详细的施工图纸设计。此外，还需进行地质勘查，了解土壤状况和地下水位，为桥梁基础施工提供依据。施工设备和人员准备：施工设备和人员的准备是确保施工顺利进行的重要保障。需根据施工进度计划，合理安排施工设备的采购和租赁，确保设备的及时到位。同时，还需组织施工人员进行培训，提高施工技能和安全意识。

**(三) 基础施工**

基础施工是桥梁工程的重要组成部分，其质量直接影响桥梁的稳定性和安全性。基础施工主要包括基坑开挖、桩基础施工和承台施工等环节。基坑开挖：基坑开挖是桥梁基础施工的第一步。在开挖过程中，需严格控制开挖深度和边坡稳定性，确保基坑的安全。同时，还

需注意地下管线的保护和交叉处理，避免对周边环境造成影响。桩基础施工：桩基础是桥梁基础的主要形式之一。桩基础施工包括挖孔灌注桩和预制桩的施工。挖孔灌注桩需根据设计要求进行挖孔和灌注混凝土，确保桩的承载力和稳定性。预制桩则需根据设计要求进行预制和安装，确保桩的位置和垂直度。承台施工：承台是连接桩基础和上部结构的重要部分。承台施工需根据设计要求进行模板安装、钢筋绑扎和混凝土浇筑等工作，确保承台的尺寸和强度满足设计要求。

**(四) 上部结构施工**

上部结构施工是桥梁工程的关键环节，包括梁板安装、支撑结构施工和防水处理等。梁板安装：梁板安装是上部结构施工的主要工作之一。需根据设计要求进行梁板的预制和安装，确保梁板的位置和标高准确。同时，还应注意梁板之间的连接和固定，确保上部结构的整体稳定性。支撑结构施工：支撑结构是桥梁上部结构的重要组成部分，包括桥墩、桥台和支座等。支撑结构施工需根据设计要求进行模板安装、钢筋绑扎和混凝土浇筑等工作，确保支撑结构的尺寸和强度满足设计要求。防水处理：防水处理是桥梁工程的重要措施之一，旨在防止水分对桥梁结构的侵蚀和损害。需根据设计要求进行桥面防水层的施工，确保防水层的质量和耐久性。

**(五) 验收与质量控制**

桥梁工程完成后，需进行验收工作，包括静载试验、动载试验和结构安全评估等，以确保桥梁结构的合理性和安全性。同时，还需加强质量控制，确保施工过程中的各个环节符合设计要求和质量标准。

综上所述，城市轨道交通桥梁施工技术涉及多个环节和关键指标，需加强设计准备、施工设备和人员准备、基础施工、上部结构施工以及验收与质量控制等方面的工作，确保桥梁工程的质量和

**四、城市轨道交通桥梁设计案例分析**

**(一) 案例一：重庆轨道交通 18 号线李家沱长江复线桥**

设计背景：重庆轨道交通18号线李家沱长江复线桥

表 2 数据表格：城市轨道交通桥梁施工技术关键指标

| 序号 | 技术环节      | 关键指标                      |
|----|-----------|---------------------------|
| 1  | 设计准备      | 桥梁跨度、结构形式、材料选择、地质勘查       |
| 2  | 施工设备和人员准备 | 设备采购与租赁、施工人员培训            |
| 3  | 基坑开挖      | 开挖深度、边坡稳定性、地下管线保护         |
| 4  | 桩基础施工     | 桩的承载力、稳定性、位置垂直度           |
| 5  | 承台施工      | 承台尺寸、强度、模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑   |
| 6  | 梁板安装      | 梁板位置、标高、连接固定              |
| 7  | 支撑结构施工    | 支撑结构尺寸、强度、模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑 |
| 8  | 防水处理      | 防水层质量、耐久性                 |
| 9  | 验收与质量控制   | 静载试验、动载试验、结构安全评估、质量控制标准   |

是国内首座路轨同层非对称桥梁，其设计旨在满足城市轨道交通需求，同时兼顾城市景观和生态环境。

**设计思路：**设计团队结合桥位环境及城市景观，提出了以“焕然一新”为大桥设计理念。新桥采用与老桥相一致外形的桥塔，并通过色彩涂装将新、老桥一体化打造。同时，大桥功能定位为路轨两用桥，采用单层桥面布置形式，结合功能需求及景观要求，最终确定了主跨为454m的双塔双索面钢箱梁斜拉桥方案。

**技术特点：**该桥采用了非对称布置形式，需要承受公路车辆与轨道交通荷载的组合作用，结构复杂程度较高。设计团队通过全面的充分研究，优化确定钢箱梁、桥塔、斜拉索等各方面细节设计，保障桥梁全寿命周期安全性和结构经济性。

**创新点：**李家沱长江复线桥的设计创新点在于其路轨同层非对称布置，以及新、老桥的一体化打造，既满足了交通需求，又兼顾了城市景观和生态环境。

## （二）案例二：上海莘闵轨道交通线高架桥

**设计背景：**上海莘闵轨道交通线高架桥是上海市闵行区南北向一条重要的公共交通干线，其设计旨在提高城市交通效率，缓解交通拥堵。

**设计思路：**设计团队根据工程特点和周边环境，采用了预应力及钢筋混凝土连续梁和岔线梁的设计方案。同时，考虑到桥梁的整体造型和美观性，设计团队对桥梁的预应力配束型式、纵向力及墩顶位移等进行了严格控制。

**技术特点：**该高架桥采用了区间标准简支跨和连续梁相结合的设计方案，确保了桥梁的承载力和稳定性。同时，设计团队还采用了先进的施工技术，如模板安装、钢筋绑扎和混凝土浇筑等，确保了施工质量和进度。

**创新点：**上海莘闵轨道交通线高架桥的设计创新点在于其预应力配束型式的优化和连续梁的设计，以及施工技术的创新应用，提高了桥梁的承载力和稳定性，同时确保了施工质量和进度。

## （三）案例三：地铁车站与桥梁同期同位合建案例

**设计背景：**随着城市轨道交通的快速发展，地铁车站与桥梁同期同位合建的情况越来越多。这种设计方式旨在充分利用城市空间，提高交通效率。

**设计思路：**设计团队根据地铁车站和桥梁的功能需求及结构特点，采用了地铁车站和桥梁结构同期同位合建的结构体系。同时，考虑到抗浮问题，设计团队对车站结构进行了抗浮设计，并采用了合理的抗浮措施。

**技术特点：**该合建结构采用了地下连续墙加内支撑结构体系，确保了车站结构的稳定性和安全性。同时，设计团队还采用了空间有限元模型对车站结构进行了受力分析，确保了结构的合理性和安全性。

**创新点：**地铁车站与桥梁同期同位合建的创新点在于其结构体系的优化和抗浮设计的创新应用，提高了交通效率，同时确保了结构的稳定性和安全性。

通过以上三个案例的分析，可以看出城市轨道交通桥梁设计需要综合考虑交通需求、城市景观、生态环境以及施工技术等多个因素。设计团队需要不断创新和优化设计方案，提高桥梁的承载力和稳定性，同时确保施工质量和进度。未来，随着科技的不断进步和创新，城市轨道交通桥梁设计将会迎来更多的挑战和机遇。

## 结语

通过对城市轨道交通桥梁施工技术与设计案例的深入探讨，我们深刻认识到桥梁工程在城市交通建设中的核心地位。从施工技术到设计创新，每一步都凝聚着工程师们的智慧与汗水。施工技术的不断进步，不仅提高了桥梁的建造效率和质量，还为城市交通的顺畅提供了有力保障。而设计案例的分析，则让我们看到了桥梁设计在城市规划、交通需求、生态环境等方面的综合考虑与创新实践。这些成功案例不仅为类似工程提供了宝贵的经验借鉴，也为未来城市轨道交通桥梁的发展指明了方向。展望未来，我们相信，在科技的不断推动下，城市轨道交通桥梁将会更加安全、高效、美观，为城市交通的持续发展贡献更大的力量。

## 参考文献

- [1] 张华, 李强, 刘波. (2021). 城市轨道交通桥梁设计与施工技术研究[J]. 城市轨道交通研究, 24(5), 92-97.
- [2] 赵军, 王磊. (2020). 城市轨道交通桥梁荷载分析及其影响研究[J]. 桥梁建设, 50(3), 45-50.
- [3] 刘晓东, 张建中. (2019). 城市轨道交通桥梁设计特点与案例分析[J]. 建筑结构, 49(11), 110-115.
- [4] 陈明, 高峰. (2022). 城市轨道交通桥梁环境保护与安全管理技术探讨[J]. 安全与环境工程, 29(2), 88-92.
- [5] 黄进, 赵红兵. (2018). 城市轨道交通桥梁施工技术与成本控制策略[J]. 现代城市轨道交通, 31(4), 76-80.