

# 路桥设计中的安全性和耐久性分析

文 / 罗 欢 广东弘基设计有限公司惠州分公司

**摘要：**路桥工程是对国家交通事业有着直接影响的，在交通事业需求提升后，建设单位应注重路桥设计质量的提升，综合考虑路桥工程的安全性和耐久性，应该掌握各类路桥设计影响因素，从而在源头把控路桥工程的施工质量。基于此，本文结合实际思考，简要分析影响路桥设计中的安全性和耐久性因素，重点阐述提升路桥设计中的安全性和耐久性举措。旨在对工程的质量提升有所帮助。

**关键词：**路桥设计；安全性；耐久性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.046

## 引言

城市内的车辆保有量逐年增加，对道路桥梁工程安全性及耐久性需求也逐年提高<sup>[1]</sup>。设计师为延长道路桥梁工程的使用寿命，应加强对路桥设计中的安全性和耐久性影响因素的分析，从人为、环境以及施工领域入手，按具体项目条件，设计符合实际的路桥设计方案，提出有效提升路桥设计中的安全性和耐久性的举措，方可体现路桥设计研究中的安全性与耐久性实践价值。

### 一、影响路桥设计中的安全性和耐久性因素

#### (一) 人为因素

设计师在路桥设计期间，应融入新技术、新理念及新材料，才能展现路桥工程的良好发展<sup>[2]</sup>。但若设计师在设计期间未更新自身理念，对于新技术等研究不足，则会造成路桥设计耐久性、安全性缺失，疏于对路桥的管理或缺少维护方面的思考，则会增加整个结构设计活动中的不利因素。设计师应具备较强的安全意识，通过全面分析路桥疲劳损伤、超载等问题，有效把控路桥工程的质量。

#### (二) 环境因素

因道路桥梁工程涉及内容错综复杂，多数在郊区、城市中心地带建设，可能会增加通讯、电力、市政给排水方面的影响，造成路桥的安全性以及耐久性下降。所以，设计师应考虑环境因素，深入现场勘察地质条件等，结合实际工况，分析路桥的安全性及耐久性，以保证所执行设计工作更合理（如下表所示）。

表 1 路桥设计环境因素考虑

序号	考虑内容	设计方法	成果
1	道路网络结构	实地测绘	测绘平面图
2	高峰时段流量解析	交通流量统计	生成交通流量图表
3	可达性分析	三维可视化模型	路桥 / 管线布局图
4	可持续交通	无人机航测	路桥支路 / 干路示意图

#### (三) 施工因素

设计师若缺少在施工方面的考虑，可能会引发系列问题。如缺少所运用材料质量的思考，对于影响路桥坚

固性、稳定性内容的思考不周，容易削弱路桥的安全性和耐久性。设计师需充分考虑施工因素，从源头把控路桥工程质量，提前制定对应的解决策略，避免施工因素影响路桥设计。

### 二、提升路桥设计中的安全性和耐久性举措

#### (一) 注重路桥使用年限

路桥在建设完毕后的使用寿命则为耐久性，与安全性是有直接联系的。设计师可从路桥的整体结构入手，以细节设计的方式，延长路桥的使用年限。在路桥关键部位，包括伸缩缝、支座、桥面铺装等位置，优选性能较高的材料，发挥所具备的耐久性优势<sup>[3]</sup>。在桥梁护栏、标志标线及其他附属设施处，加强把控设计质量，做好维护，以预防后续路桥在长期使用阶段，遇到安全隐患。

#### (二) 关注疲劳损失现象

动荷载属于路桥在后续投用后，所承受的关键荷载，在长期营运后，动荷载容易对路桥结构的内部带来一定交变应力，造成路桥发生较为强烈的震动，长期作用下，容易造成路桥结构受损，对其耐久性带来直接影响。设计师可以通过预防道路裂缝的设计方式，降低可能发生的断裂风险，通过预防桥梁损伤的方式，关注各节点的状态，以提升耐久性（如下图所示）。

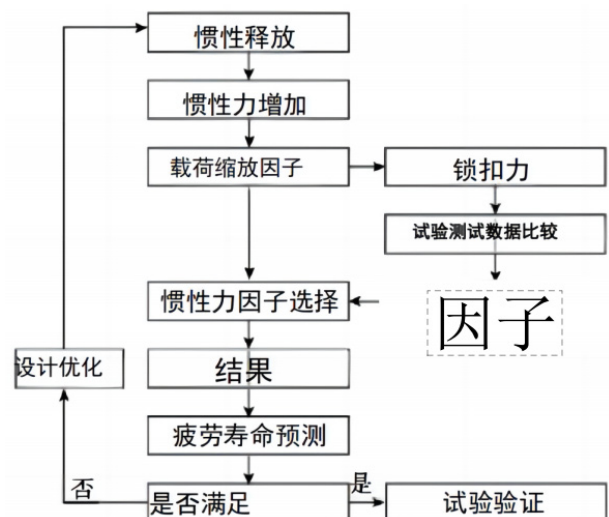


图 1 桥梁疲劳损伤示意图

### （三）增强桥梁荷载能力

荷载问题为路桥设计师在工程设计期间的关键问题，若不提高重视，则会造成桥梁道路长期受到行车荷载影响，但因运行负荷不足，难以承受车流量，出现路面裂缝，严重会造成桥梁崩塌。设计师一是可通过减少结构性损伤的设计方式，保证桥梁具有较强的安全性以及耐久性，通过观察桥梁荷载的方式，了解区域是否受车流量的影响，依靠仪器观测法、人工调查法，了解车辆总重、车速及轴重，通过荷载谱的计算方式，了解与交通有关的数据内容，为车辆分型。二是可以通过车辆轴距、轴数的分类方式，保证所设计道路可以满足车辆行驶期间的等效轴重，通过设计合理的桥面铺装层的方式，提高桥梁的承重能力，有效预防桥面破损。而对于桥台、桥梁支撑结构、桥墩等位置，应以精细化设计的方式，支撑桥梁，用于增强桥梁荷载，要求桥梁承受标重可满足大量行车。尤其在设计时，应考虑后续交通流量是如何增长的，预留荷载安全余量，确保桥梁长期投用仍可保持较强的安全性和良好的耐久性。

### （四）调整混凝土层厚度

钢筋的使用寿命与路桥的使用寿命息息相关。设计师通过混凝土保护层的设计方式，应保证和路桥钢筋混凝土之间有较强的粘结力，通过把控钢筋质量的方式，展现屏障所发挥的作用，预防有害介质传输到钢筋混凝土的内部，造成侵蚀，影响后续路桥的耐久性<sup>[4]</sup>。一方面，设计师可以通过拉线法，掌握位于路桥施工区域内混凝土模板的拉线是如何设置的，采用直接测量的方式，避免模板在使用期间存在偏差，预防钢筋偏移等问题，以延长路桥的耐久性（如下图所示）。

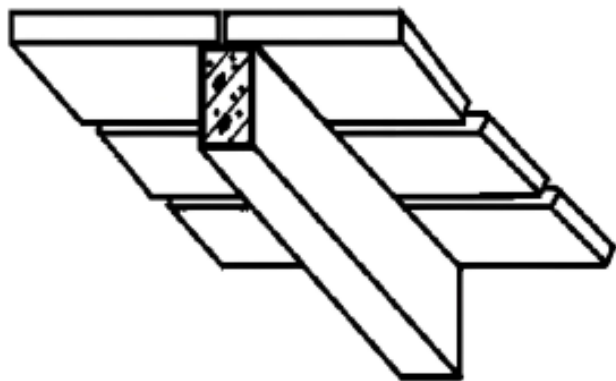


图2 混凝土层三维设计图

另一方面，在路桥投用后，氯离子因扩散作用在钢筋的表层，容易带来锈蚀问题，造成钢筋体积发生膨胀，降低混凝土的耐久性。设计师为有效解决这一问题，考虑增加混凝土保护层厚度的方式，关注柱子、模板的对接方式，可在设计时位于柱脚处，拉开柱子、模板间的

距离，保持间距为500mm，可适当增加成品塑料卡，通过增加必要保护，延长路桥的耐久性。设计师也可确认定位筋所在位置，运用 $\Phi 14$ 二级钢，制作定位筋的，设计柱子的绑扎方式，确保后续绑扎牢固。及时掌握路桥施工区域的环境条件，确认区域是否存在较为严重的化学腐蚀、盐雾等问题。在设计过程，可以在浇筑楼板的位置上，按照板角位置，在水平方向控制间距，保证以500mm的方式，顺利卡入到成品的塑料卡当中，将混凝土保护层的厚度增加，预防裂缝，提高路桥耐久性及安全性。

### （五）加强结构构件选型

设计师在参与路桥设计时，应考虑所涉及的箱型界面，通过界面设计形式，保障路桥结构刚度有所提高，预防路桥因疲劳震动而发生刚度下降的问题。第一，设计师可通过主桥结构的设计方式，保持在垂直方向以及水平元件上增加预应力，通过保持结构完整性的方法，预防结构所产生的形变，促使桥面不容易发生裂缝。第二，在设计师开展断面的设计工作时，应增加对混凝土棱角的外观情况观察，考虑断面的强度以及密度，加强对混凝土骨料的粒度控制，通过调整钢筋间距的方式，保证桥梁结构是合理的，并依靠抗剪切防水层，结合其所具备的防渗透性、拉伸功能等，保证桥梁的结构性能有所增强。尤其在后续的设计中，应注重沥青混凝土以及防水涂层进行铺装时，存在的附着力问题，要比钢筋混凝土桥面以及沥青混凝土路面所附着力要大。第三，设计师应增加对连续梁以及桥面以及顶面情况的了解，通过对防水层的合理规划，预防水分后续渗漏到结构的内部，以此来保障路桥的安全性以及耐久性。

### （六）注重路基路面设计

在路桥工程设计时，设计师需注重路基路面的设计。一是设计师在路基开挖施工前，可加强开展路基施工前期评估操作，慎重选择合适的开挖设备、开挖技术，以分层开挖计划，引导后续施工人员自上而下作业。二是设计路基时，设计师应观察区域土质情况，在确认是否存在松散的问题，通过路基填料压实度的控制方式，把控路基的稳定性，促使路基的压实度可以在96%以上。而在路基设计时，应实现对水泥稳定层、级配碎石层的设计，确保区域不会存在过多的刚度差异。设计师应根据现场实际地质情况进行设计，考虑区域是否存在路基刚度不一致的情况，增设桥台及路堤之间的渐变带，增加可利用加固碎石材料，提升路桥的力学强度，达到夯实路基的目的。其中应重点关注路桥连接处的相关设计，为预防在路桥工程建设期间，跳车情况的出现，在进行搭板设计时要注意在搭板尾端加设浅埋变厚式埋板，来预防减少出现二次“跳车”的情况。可以根据实际综合确定搭板的长度，通常应在8m以上。三是设计师进行路

面结构设计时,应保证所设计工程的质量是达标的,可以通过材料优化,对路面结构进行耐久性设计。可以采用聚合物改性沥青(如SBS、SBR)或纳米材料(如碳纳米管)提升沥青的高温稳定性、抗疲劳性和抗老化性。使用纤维增强混凝土(聚丙烯纤维、玻璃纤维)提高抗裂性和整体稳定性。通过选择耐腐蚀钢筋(如镀锌钢筋)和高性能混凝土(添加矿物掺合料),提高路面结构的耐久性。

### (七) 改善抗震设计方案

桥梁抗震构造措施是抗震设计重要环节之一,能有效地减轻桥梁的震害。设计师可增加现场情况的了解,在开展抗震设计时,可以针对路桥模型内的受力薄弱地带,通过对截面的合理验算方式,以隔震设计的方式,延长路桥的耐久性及保障其安全性。(1)生成三维可视化模型。设计师可考虑路桥工程在施工过程中的复杂工况,通过生成三维可视化模型的方式,从路桥工程的柱梁结构、墩柱结构入手,以抗震设计的方式,结合工程的实际尺寸,开展对应的建模工作。在设计期间,设计师可以加强利用BIM技术,通过检索海量现场数据的方式,增加模型对标数据内容,确保能够合理设计辅助设施,以保证模型结构与真实的路桥结构相符。设计师可以适当增加横梁、支座以及桥面等数据内容,通过抗震模型的设计方式,依靠软件进行对桥墩、梁等部件的观察。通过正截面强度的验算方式,保证最终所涉及的抗震模型是能够满足路桥运营的。(2)设计中主要做好以下抗震构造措施:一中做好防落梁措施。按规范加宽盖梁宽度;预制结构设置较高的板式胶支座,以满足抗震剪切位移要求,耗散地震能量;加大现浇箱梁梁底或盖梁抗震挡块厚度,加大挡块主钢筋直径,保证E2地震作用下,满足抗震需求;同时,加大挡块与梁侧之间的净距离,保证E2地震作用下,支座有足够的位移,耗散地震能量。二是设置缓冲构造,在挡块与梁之间、梁与桥台之间设置减震橡胶垫,以吸收地震水平力,降低地震力对挡块和桥台背墙的破坏。加强下部结构抗剪设计、增强节点构造配筋、加强结构抗剪箍筋设置,增强墩、台的抗震能力。

关于道路抗震,设计师可以加强开展隔震设计工作,为提高道路的抗震效果,应增加功能性保障,预防路基出现整体滑移,路面出现大面积的塌陷。一是设计师应明确道路结构受力变大时,会提高道路的结构破坏风险,所以,在设计路基时,应通过半填半挖路基的设计方式,避免区域存在不均匀的沉降,预防高填方路基发生滑移情况。设计师可采用规避高风险场地的方式,有效避开活动断层带,以免道路结构受到地震影响发生破坏,提高整体的抗震性。通过提高基础承重能力的方式,避免地震反应对后续路基带来过多影响。设计

师可以从道路的纵向以及横向,分别了解其所应承受的荷载,通过观察道路自震周期的方式,适当控制谐振,预防谐振现象的发生。尤其在开展抗震构造形式的设计时,可以选择合适路基填料,包括但不限于碎石、卵石、砾石等,增项粗颗粒填料的透水性,并严格压实。二是在路面的抗震性设计时,提高水泥稳定碎石基层强度,以柔性路面抗震以及刚性路面抗震的设计方法,保证水泥板下方铺设水泥稳定土基层,预防路面变形,以增强其所具备的抗震效果。最终,达到延长路桥耐久性及安全性的目的。

### (八) 合理设计排水系统

设计师为延长道路的耐久性并提高安全性,则需通过路基路面的排水设计方式,在靠近截水沟、边沟以及排水沟的区域,调整路堤及路堑的高度,可通过边沟保障路面上的水能够进行汇集,顺利排走。第一,设计师可通过GIS及SGS系统的应用,了解在建设区域的地势、土地覆盖程度及土壤的浸润条件等,结合所检索数据结果,开展对应的规划工作。位于山坡上方,通过拦截坡面径流的方式,避免降雨时水会流道路上,可顺坡流下,而所设计的排水沟,则负责将截水沟以及边沟的水,引到更远方向,在低洼地以及河流中进行汇集。第二,设计师可以通过地下排水的设施的设计方式,依靠暗沟进行地下水的排出以及拦截,确保在部分地下水位相对较高的路段,依靠岸高则可将水顺利排出,也可通过渗沟的设计,确保地下水可以在沟内进行汇集,顺利排出路基范围,从而有效延长道路的整体耐久性及安全性,降低对路桥所带来的影响。

### 结语

综上所述,本文以路桥设计工作展开讨论,加强对影响路桥设计中的安全性和耐久性因素的研究,采用注重路桥使用年限、关注疲劳损失现象、增强桥梁荷载能力、调整混凝土层厚度、加强结构构件选型、注重路基路面设计、改善抗震设计方案、合理设计排水系统的手段,增强路桥工程整体质量。

### 参考文献

- [1] 杨岑,霍宇.路桥设计中的安全性和耐久性分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(18):151-153.
- [2] 王云升.路桥设计中的安全性和耐久性分析[J].运输经理世界,2023,(15):82-84.
- [3] 黎婧.安全性与耐久性在市政路桥设计中的重要性分析[J].中华建设,2022,(12):89-91.
- [4] 陈惠水.市政路桥设计中的安全性和耐久性分析[J].四川建材,2022,48(11):225-227.

作者简介:罗欢(1987年3月-)男,汉,广东兴宁,本科,路桥工程师,研究方向为路桥工程设计。