

# 大跨度桥梁抗震设计方法及其在新建项目中的应用案例

罗建军

四川省公路院工程监理有限公司 四川成都

**【摘要】**大跨度桥梁抗震设计是保障交通基础设施安全的关键环节。综述了当前抗震设计的现状与挑战，探讨了基于性能的设计理念、非线性分析技术以及隔震耗能技术等创新方法在提升桥梁抗震性能中的应用。通过多学科协同设计，结合场地条件、材料性能等因素，能够实现结构体系的整体优化。新建项目中的应用实践表明，这些方法有效提高了桥梁的抗震能力和韧性。未来，抗震设计将更加注重多灾种韧性、可持续性以及智能化发展，为桥梁工程提供更全面的抗震保障。

**【关键词】**大跨度桥梁；抗震设计；新建项目；应用案例；优化策略

**【收稿日期】**2024 年 12 月 12 日 **【出刊日期】**2025 年 1 月 29 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.202500017

## Seismic design methods for long-span bridges and their application in new construction projects

Jianjun Luo

Sichuan Provincial Highway Institute Engineering Supervision Co., Ltd., Chengdu, Sichuan

**【Abstract】** Seismic design for long-span bridges is a crucial element in ensuring the safety of transportation infrastructure. This paper reviews the current status and challenges of seismic design, and explores the application of innovative methods such as performance-based design concepts, nonlinear analysis techniques, and seismic isolation and energy dissipation technologies in enhancing bridge seismic performance. Through multidisciplinary collaborative design, which integrates factors such as site conditions and material properties, the overall optimization of the structural system can be achieved. The application practices in new construction projects demonstrate that these methods effectively improve the seismic capacity and resilience of bridges. In the future, seismic design will focus more on multi-hazard resilience, sustainability, and intelligent development, providing more comprehensive seismic protection for bridge engineering.

**【Keywords】** Long-span bridges; Seismic design; New construction projects; Application cases; Optimization strategies

### 引言

随着现代交通基础设施的快速发展，大跨度桥梁在交通运输中扮演着重要角色。然而，其复杂的结构特性和高柔度使其在地震作用下面临严峻挑战。抗震设计作为保障桥梁安全的关键环节，亟待在理论与实践层面不断创新与完善。当前，抗震设计方法虽已取得一定进展，但在应对复杂地质条件和强震作用时仍存在诸多不足。深入探讨抗震设计的优化策略、创新技术的应用以及多学科协同设计模式，对

于提升大跨度桥梁的抗震性能具有重要意义。

### 1 大跨度桥梁抗震设计现状与挑战

大跨度桥梁因其结构复杂、跨度大、受力特点显著等特点，在抗震设计方面面临诸多挑战。当前，大跨度桥梁抗震设计主要依据现行规范和成熟的设计理论，这些理论在一定程度上能够满足常规工程需求，但在面对复杂地质条件和强震作用时，仍存在诸多不足。一方面，大跨度桥梁的长跨度和高柔度特性使其在地震作用下容易产生较大的位移和振动响应，

传统的抗震设计方法在控制这些响应方面存在局限性。另一方面,桥梁的抗震设计需要综合考虑多种因素,如地震动特性、场地条件、结构体系以及施工工艺等,而现有设计方法在这些因素的耦合分析方面尚不完善。

随着桥梁建设向更大跨度和更高性能方向发展,抗震设计的需求也在不断提高。现代大跨度桥梁多采用复杂结构形式,如斜拉桥、悬索桥等,这些结构在地震作用下的动力响应复杂,且存在局部构件失效的风险。现有抗震设计方法在局部构件抗震性能评估和整体结构抗震优化方面仍需进一步改进。地震灾害的不确定性以及桥梁结构的耐久性要求,也对抗震设计提出了更高的挑战。在实际工程中,桥梁抗震设计不仅要满足抗震强度要求,还需考虑结构的变形能力和抗震韧性,以确保桥梁在地震后能够快速恢复使用功能。

在抗震设计的理论研究方面,虽然近年来取得了一定进展,但在实际应用中仍存在脱节现象。部分先进的抗震理论和分析方法尚未广泛应用于工程实践,导致设计成果与实际需求之间存在差距。随着桥梁建设向海洋、山区等复杂环境拓展,场地条件的复杂性对抗震设计提出了更高的要求<sup>[1-2]</sup>。复杂场地条件下的地震动输入、基础与上部结构的相互作用等问题,都需要进一步深入研究和解决。这些现状与挑战表明,大跨度桥梁抗震设计需要在理论和实践层面不断创新与完善,以适应现代桥梁建设的需求。

## 2 抗震设计方法的创新与优化策略

在大跨度桥梁抗震设计中,创新与优化策略的提出是应对复杂工程需求和提升抗震性能的关键。针对传统设计方法的不足,现代抗震设计方法开始引入基于性能的抗震设计理念,强调桥梁在不同地震烈度下的功能需求和安全目标。通过设定明确的性能水平,如弹性设计、屈服但不倒塌等,设计人员能够更加精准地控制结构在地震作用下的响应,从而实现抗震设计的精细化和科学化。在分析方法上,非线性动力分析技术的应用逐渐成为抗震设计的重要工具。与传统的线性分析相比,非线性分析能够更准确地模拟结构在强震作用下的复杂动力行为,包括材料非线性、几何非线性以及接触非线性等。这种分析方法能够为桥梁抗震设计提供更全面、更真实的响应数据,为优化设计提供有力支持。先进的数值

模拟技术,如有限元分析软件的不断升级和完善,也为复杂结构的抗震分析提供了更强大的技术支持。

在结构设计方面,新型抗震技术的引入为大跨度桥梁抗震性能的提升提供了新思路。采用隔震与耗能减震技术,可以在结构与基础之间设置隔震支座或在关键部位安装耗能装置,有效降低结构的地震响应。隔震支座通过隔离地震能量的传递,减少上部结构的振动幅度;耗能装置则通过耗散能量,降低结构在地震作用下的内力和变形。这些技术的应用不仅提高了桥梁的抗震韧性,还延长了结构的使用寿命。基于性能的抗震设计还强调结构体系的整体优化<sup>[3-4]</sup>。通过合理布置结构构件的刚度和强度,实现结构在地震作用下的协同工作,提高整体抗震能力。这种优化设计方法充分考虑了桥梁各部件在地震中的相互作用,确保在复杂地震动输入下,结构能够保持良好的整体性能。设计人员还注重对关键构件的抗震性能进行精细化设计,确保在强震作用下,这些构件能够有效承担预期的抗震功能,避免局部失效引发的整体破坏。

在设计流程上,多学科协同设计的模式逐渐成为主流。抗震设计不再局限于结构工程领域,而是与地质学、地震学、材料科学等多学科紧密结合。通过综合考虑地震动特性、场地条件、材料性能等因素,设计人员能够从系统的角度出发,制定更加科学合理的抗震设计方案。这种多学科协同设计模式不仅提高了抗震设计的可靠性,还为解决复杂工程问题提供了更全面的视角。地质学的研究成果为抗震设计提供了场地地震动参数的精确评估,地震学的理论支持帮助设计人员更好地理解地震动的传播规律,而材料科学的进步则为抗震设计提供了高性能材料的选择。

## 3 新建项目中的抗震设计应用实践

在新建大跨度桥梁项目中,抗震设计的应用实践是检验创新与优化策略有效性的关键环节。抗震设计方法的落地实施需要紧密结合项目的具体特点,包括桥梁的结构形式、场地地质条件以及地震烈度分区等。通过将先进的抗震设计理念和技术融入项目设计全过程,能够有效提升桥梁的抗震性能和安全性。抗震设计在新建项目中的应用首先体现在对场地条件的深入勘察与评估上。场地的地质条件直接影响地震动的传播特性和桥梁结构的响应。通过

对场地地震动参数的精确测量和分析,设计团队能够合理选择抗震设计参数,为后续的结构设计提供科学依据。基于场地条件的分析,设计团队还可以针对性地选择隔震或耗能减震技术,以降低地震对桥梁结构的不利影响。

在结构设计阶段,抗震设计的应用实践注重对桥梁整体抗震性能的优化。通过合理布置结构构件的刚度和强度分布,设计团队能够有效控制结构在地震作用下的变形和内力分布。抗震设计还强调对关键构件的抗震性能进行精细化设计,确保在强震作用下,桥梁结构能够保持足够的承载能力和变形能力,避免局部构件失效导致整体结构破坏。抗震设计在新建项目中的应用还体现在施工阶段的质量控制与监测上<sup>[5-6]</sup>。施工过程中的质量控制是确保抗震设计意图得以实现的重要保障。通过严格的施工质量检测和验收,能够确保抗震设计中所采用的材料性能、构件加工精度以及施工工艺符合设计要求。

施工过程中的监测系统能够实时反馈结构状态,为后续的抗震性能评估和优化提供数据支持。抗震设计在新建项目中的应用实践还涉及到抗震性能的验证与评估。通过建立结构健康监测系统,对桥梁在运营阶段的抗震性能进行实时监测和分析,能够及时发现潜在的抗震安全隐患,并为后续维护和加固提供依据。这种基于监测数据的抗震性能评估方法,不仅能够有效提升桥梁的安全性和可靠性,还为抗震设计方法的持续改进提供了重要的反馈信息。

#### 4 抗震设计方法的应用效果与未来展望

抗震设计方法在新建大跨度桥梁项目中的应用取得了显著成效,同时也为未来的发展提供了新的方向和思路。在实际应用中,基于性能的抗震设计理念、非线性分析技术以及隔震耗能技术等创新方法,显著提升了桥梁的抗震性能和安全性。通过合理设定抗震性能目标,结合先进的数值模拟和分析手段,设计团队能够更精准地控制结构在地震作用下的响应,确保桥梁在不同地震烈度下均能满足预定的功能需求。这种设计方法的应用不仅提高了桥梁的抗震韧性,还降低了地震灾害对桥梁造成的直接损失。

在施工和运营阶段,抗震设计的应用效果也得到了充分验证。通过建立结构健康监测系统,实时采集桥梁的振动数据和变形信息,能够及时发现潜在的抗震安全隐患,并为后续维护和加固提供科学

依据。这种基于监测数据的抗震性能评估方法,为桥梁的全生命周期管理提供了有力支持,同时也为抗震设计方法的持续改进提供了宝贵的反馈信息<sup>[7-8]</sup>。面向未来,抗震设计方法的发展将更加注重多学科交叉与融合。随着地震科学、材料科学、信息科学等领域的不断进步,抗震设计将更加精细化和智能化。新型高性能材料的研发和应用将为桥梁抗震性能的提升提供新的可能;智能监测技术与大数据分析的结合,将使桥梁抗震性能的评估更加准确和及时。

随着全球气候变化和极端灾害事件的增加,抗震设计也将更加关注桥梁在多灾害耦合作用下的性能表现,推动设计方法向多灾种韧性设计的方向发展。抗震设计方法的未来发展还将更加注重可持续性和经济性。在提升桥梁抗震性能的同时,如何降低设计和施工成本,减少资源消耗和环境影响,将是未来研究的重要方向。通过优化设计流程、采用绿色建筑材料以及推广装配式施工技术,抗震设计将在保障桥梁安全的实现经济、社会和环境效益的有机统一。

#### 结语

大跨度桥梁抗震设计在理论与实践的结合中不断取得进展。通过创新设计方法与优化策略的应用,桥梁抗震性能显著提升,为复杂工程需求提供了有力支持。未来,抗震设计将更加注重多学科融合与可持续发展,结合新型材料、智能监测技术以及多灾种韧性理念,推动桥梁抗震设计向更高水平迈进,为保障交通基础设施的安全与稳定持续贡献力量。

#### 参考文献

- [1] 夏菁.基于三维激光扫描技术的大跨度钢结构桥梁变形检测方法研究[J].黑龙江科学,2025,16(04):124-127.
- [2] 王楚皓.行波效应对大跨度悬索桥梁轨系统地震响应的影响分析[J].天津建设科技,2025,35(01):8-12.
- [3] 邵振勋,叶粤湘,刘建业.基于北斗监测数据的大跨度桥梁自动化监测应用研究[J].交通科技与管理,2025,6(03):16-18.
- [4] 刘坚.大跨度桥梁设计要点及优化措施研究[J].工程建设与设计,2025,(02):61-63.
- [5] 吴斌.高铁客站大跨度三联钢桁架拱屋盖滑移施工技术研究[J].运输经理世界,2025,(03):165-168.

- [6] 韩强,胡珉磊,刘英培,等.大跨度桥梁抗震分析中的整体有限元法及其应用[J].北京工业大学学报,2024, 50(12): 1448-1457.
- [7] 周云,郝官旺,危俊杰,等.基于PS-InSAR技术的大跨度桥梁结构变形监测综述[J/OL].工程力学,2025,(04):25-37[2025-03-17].

- [8] 李双红.大跨度索结构桥梁抗震设计与加固方法研究[J].交通世界,2023,(Z2):217-219.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**