

# 公路桥梁抗震设计中的关键问题及对策研究

翟克伟

东平县交通运输局

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6498

**[摘要]** 公路桥梁抗震设计的复杂性和多样性需要深入研究和综合对策，更新抗震设计标准并融入最新地震研究成果以提高准确性、地震加载的不确定性需要先进模拟工具、定期维护和修复关键以确保结构安全性、发展先进技术如材料、智能传感、机器学习提高抗震性能、资金和资源管理需合理分配支持设计和维护、政府、工程师、维护人员的合作都至关重要，以便推动技术创新确保公路桥梁地震时具备足够抗震性能来保障公众安全。

**[关键词]** 公路桥梁；抗震设计；地震加载；结构老化

Research on the key problems and countermeasures in the seismic design of highway bridge

Zhai kewei

Dongping County Transportation Bureau

**[Abstract]** the complexity and diversity of highway bridge seismic design need further study and comprehensive countermeasures, update the seismic design standards and into the latest seismic research results to improve accuracy, earthquake loading uncertainty need advanced simulation tools, regular maintenance and repair key to ensure structural security, the development of advanced technologies such as materials, intelligent sensing, machine learning to improve seismic performance, capital and resource management to reasonable allocation support design and maintenance, government, engineers, maintenance personnel cooperation is crucial, in order to promote technological innovation to ensure that highway bridge earthquake has enough seismic performance to ensure public safety.

**[Key words]** highway bridge; seismic design; seismic loading; structural aging

## 引言

公路桥梁作为基础设施的重要组成部分在现代社会中扮演着至关重要的角色，然而位于地震频发地区的公路桥梁需要面对潜在的地震威胁使得抗震设计成为一个关键的领域，抗震设计是指为了减少或避免地震造成的结构损害和人员伤亡而采取的工程措施，涉及结构的材料、设计、施工和维护等各个方面以确保结构在地震发生时能够安全稳定地运行。近年来地震科学领域取得了显著进展包括地震参数的更准确估计和地震加载的深入研究，新兴技术在抗震设计中的应用逐渐受到关注，这些技术有望提高抗震设计的效果减少损害和维护成本。探讨公路桥梁抗震设计领域的问题及对策并呼吁跨学科的合作和全球范围内的专业知识共享以确保公路桥梁在地震发生时能够确保公众的安全。

### 一、公路桥梁抗震设计特点

#### (一) 结构多样性与复杂性

公路桥梁的结构多样性表现在不同类型的桥梁设计和建造中包括梁式桥、拱桥、悬索桥等等，每种结构都有其独特的几何形状、材料特性和受力机制因此在抗震设计中需要采用不

同的策略和方法，例如悬索桥通常具有较高的自振周期而拱桥则可能受到侧向地震力的较大影响<sup>[1]</sup>。桥梁的复杂性也表现在结构内部包括支座、伸缩缝、悬臂等细节在地震加载下可能发生复杂的变形和应力集中，需要进行精确的分析和设计以确保结构的抗震性能，在抗震设计中必须考虑不同结构类型和细节的多样性，制定适当的分析和模拟方法并采用合适的结构措施来增强其抗震能力，这需要深入的工程知识和经验以确保公路桥梁在地震发生时具备足够的安全性能，因此结构多样性与复杂性是公路桥梁抗震设计中需要认真应对的核心问题之一。

#### (二) 地震加载的不确定性

地震加载的不确定性源于多个因素，其中之一是地震事件本身的不可预测性，地震的发生位置、震源深度、震级和地震波传播路径都具有随机性意味着每次地震事件都具有独有的特征，因此设计师需要考虑到不同地震事件可能对桥梁结构产生的不同影响，此外地震波的特性也具有多样性，地震波的频率、振幅和波形随地点和时间而变化使得地震加载的复杂性更加显著，不同地点受到的地震波影响可能截然不同因此考虑到这些变化是抗震设计的重要组成部分<sup>[2]</sup>。地震加载的不确定性

还涉及土壤—结构相互作用的复杂性，不同类型的土壤对地震波的传播和结构响应产生不同影响需要进行详细的地质和地球物理勘探以评估土壤条件和响应，在抗震设计中需要采用不同的地震场景和地震加载模型来考虑不确定性，这包括考虑多个可能性的地震事件并进行相应的结构响应分析和性能评估以确保公路桥梁在各种地震加载情况下都具备足够的抗震性能。

### （三）老化和维护的考虑

随着时间的推移公路桥梁结构会受到自然环境、交通负荷和使用条件的影响逐渐发生老化和损伤，这些老化和损伤可能包括混凝土裂缝、腐蚀、疲劳裂纹以及结构元件的变形等，这些问题会降低结构的强度和刚度进而影响其抗震性能，老化和维护问题的复杂性表现在多个方面，不同类型的桥梁结构会受到不同类型的老化和损伤影响因此需要针对性的维护策略。其次老化和维护问题需要进行定期监测和评估以及及时的修复和维护计划，这要求建立有效的监测系统 and 评估方法以识别结构的问题并采取适当的措施，另一个复杂性在于资金和资源的限制，维护和修复工程需要大量的资金和资源但公共预算有限因此需要进行合理的资金管理和资源分配以确保抗震设计的可行性和可持续性。在抗震设计中考虑到老化和维护问题是至关重要的，需要与结构的抗震性能相结合以确保结构在地震发生时具备足够的安全性能，因此综合考虑老化和维护问题并制定合适的维护计划和修复策略，对于提高公路桥梁的抗震性能至关重要。

## 二、公路桥梁抗震设计存在的问题

### （一）抗震设计标准的不足

现有的抗震设计标准可能没有考虑到不同类型桥梁结构的多样性，不同类型的桥梁如梁式桥、拱桥、悬索桥等具有不同的结构特点和抗震需求，然而一些标准可能更加通用化未能充分考虑到这些多样性导致在某些情况下无法提供足够的指导，抗震设计标准可能未能有效应对地震加载的不确定性，地震的发生位置、震源深度、震级以及地震波特性和随机性因此抗震设计需要考虑到不同地震事件可能对结构产生的不同影响，标准的不足可能导致未能充分考虑地震不确定性从而影响抗震性能的准确性。另一个问题是标准的老化和更新，抗震设计标准通常会根据最新的研究和实践进行更新以适应不断发展的工程技术和地震科学，然而标准的更新可能需要一定时间导致标准与最新的研究成果之间存在差距，在抗震设计中需要综合考虑不同类型桥梁的多样性应对地震加载的不确定性并确保标准的及时更新，这需要深入的工程研究和跨学科合作以提高公路桥梁的抗震性能来确保公众的安全和基础设施的可持续性，因此抗震设计标准的不足是一个复杂且值得深入研究的领域。

### （二）结构老化和损伤的累积

随着时间的推移公路桥梁结构逐渐受到自然因素和外部负荷的影响，这导致了结构老化和损伤的累积包括混凝土表面

的裂缝、金属构件的腐蚀、结构连接部件的疲劳裂纹等，这些问题可能逐渐积累降低了结构的强度、刚度和整体性能，老化和损伤问题的复杂性在于其多样性和多层次性，不同类型的桥梁结构受到不同类型的老化和损伤影响而这些问题可能会在结构的不同部位发生因此需要采用多种方法进行老化和损伤的监测和评估<sup>[3]</sup>。此外老化和损伤问题的累积可能导致结构的性能逐渐下降对抗震性能构成威胁，当地震发生时已经老化和受损的结构可能更容易受到破坏因此需要及时采取维护和修复措施以减轻老化和损伤的累积效应。在抗震设计中必须综合考虑老化和损伤问题包括定期监测、评估和维护计划的制定，这需要工程师具备深入的结构知识和监测技术以确保公路桥梁在地震发生时仍然具备足够的抗震性能，因此老化和损伤的累积是公路桥梁抗震设计中需要认真应对的一个复杂且多层次的问题。

### （三）抗震性能评估的挑战

抗震性能评估需要考虑到不同地震事件的多样性，地震的发生位置、震源深度、震级以及地震波的特性都具有随机性因此不同地震事件对结构的影响可能截然不同，这意味着需要考虑到多种可能性的地震场景并进行相应的结构响应分析，抗震性能评估需要考虑到结构的多样性，不同类型的桥梁结构具有不同的几何形状、材料特性和受力机制因此需要采用不同的评估方法，例如悬索桥和梁式桥可能具有不同的振动特性因此需要针对性的性能评估方法。另一个挑战是考虑到老化和维护问题，结构的老化和损伤可能会导致性能的逐渐下降，这需要在性能评估中加以考虑，此外维护措施可能会影响结构的抗震性能因此需要综合考虑维护和修复的影响，抗震性能评估需要在不同性能水平下进行包括完整性能、限制性能和极限性能，这要求工程师具备深入的工程知识和分析技术以综合评估结构在不同地震加载下的性能，在抗震设计中抗震性能评估是确保公路桥梁在地震发生时具备足够安全性能的关键步骤之一。

### （四）资金和资源限制

抗震设计和抗震性能评估需要大量的资金和资源支持包括进行地震研究和分析、开展结构监测和评估、采用抗震设计措施以及进行维护和修复工程，然而公共预算通常是有限的，这可能限制了抗震设计的资源投入，资金和资源限制的复杂性在于需要在有限的资源下制定优先级，不同桥梁结构可能存在不同的抗震需求而资源的有限性可能导致无法满足所有结构的需求，因此需要制定合理的资金分配策略以确保具有最高风险的桥梁得到优先维护和改进。另一个挑战是资金和资源的稳定性，抗震设计和维护是一个长期的过程需要持续的资金支持，然而资金的不稳定性可能会导致工程计划的中断和推迟从而影响抗震性能的提高。在抗震设计中需要综合考虑资金和资源限制并制定合理的资金管理策略和资源分配计划，这需要与政府机构、资金来源和其他利益相关者进行合作以确保公路桥梁在有限的资源下仍然具备足够的抗震性能，因此资金和资源限制是一个现实且复杂的问题需要在抗震设计中进行综合考虑。

### 三、公路桥梁抗震设计的对策

#### (一) 更新抗震设计标准

抗震设计标准的更新是基于最新的地震科学研究和工程实践以反映当前的抗震要求和技术水平，这包括考虑到新的地震数据、地震加载模型、结构性能评估方法以及建筑材料的发展，因此标准的更新需要跨学科的合作涵盖地震科学、工程学和材料科学等领域，标准的更新也需要考虑到结构的多样性，不同类型的桥梁结构具有不同的抗震需求因此需要针对性的设计规范，例如悬索桥和梁式桥可能需要不同的抗震设计要求因此标准的更新必须综合考虑多种类型结构的需求。另一个挑战是标准的定期更新和维护，地震科学和工程技术不断发展需要标准定期审查和更新以确保其与最新的研究成果保持一致，这需要国际和国内标准制定机构的合作以确保标准的科学性和实用性。在抗震设计中更新抗震设计标准是不可或缺的一环，它直接影响到结构的抗震性能和公众的安全，面对复杂性和多样性的挑战需要全球范围内的工程师和科学家共同努力以不断提高公路桥梁的抗震能力来确保基础设施在地震发生时能够安全可靠地运行，因此更新抗震设计标准是一个具有深远影响的任务需要高度的专业知识和跨学科的合作。

#### (二) 定期维护和修复

公路桥梁结构随着时间的推移会逐渐受到自然因素、交通负荷和环境影响从而产生老化和损伤，定期维护和修复的任务就是及时发现并处理这些问题以确保结构的安全性和可靠性，定期维护和修复的复杂性在于需求的多样性和紧迫性，不同类型的桥梁结构可能需要不同的维护措施而维护的紧迫性可能取决于结构的老化程度和使用情况，因此需要根据具体情况制定维护计划确保资源的有效利用。另一个挑战是维护和修复工程的长期性，公路桥梁需要经历多年甚至几十年的使用因此维护和修复工程需要在长期内进行，这涉及预算的长期规划和资源的持续供应以确保维护工程按计划进行。在抗震设计中定期维护和修复是保障公路桥梁抗震性能的关键环节，面对多样性和紧迫性的挑战需要工程师和维护人员密切合作制定合理的维护计划，确保结构的安全性和可靠性以应对潜在的地震风险，因此定期维护和修复是一个复杂而必要的任务需要综合考虑结构的特点和维护需求。

#### (三) 发展先进技术

抗震设计需要不断更新和改进以适应不断变化的地震风险和结构要求，发展先进技术意味着采用最新的科学研究成果和工程实践以提高抗震设计的准确性和可靠性，这可能包括采用先进的数值模拟方法、新型材料的应用、智能传感技术的应用以及机器学习和人工智能的应用等。另一个挑战是将先进技术转化为实际的工程实践，尽管新技术具有巨大的潜力但将其应用于实际工程需要克服技术转化的障碍可能包括技术的成本效益分析、标准的制定和监管的审查等，发展先进技术还需要跨学科的合作和国际的知识分享，地震工程领域的发展是一

个全球性的任务，需要工程师、科学家和政府机构之间的紧密合作以共同推动抗震技术的进步<sup>[4]</sup>。在抗震设计中发展先进技术是不可或缺的，它有助于提高结构的安全性和抗震性能、减少地震风险对公共安全的威胁，面对复杂性和多样性的挑战需要全球范围内的专家和研究人员共同努力以不断推动抗震技术的发展确保公路桥梁在地震发生时能够安全可靠地运行，因此发展先进技术是一个具有深远影响的任务需要高度的专业知识和跨学科的合作。

#### (四) 资金和资源管理

公路桥梁抗震设计和维护需要大量的资金投入，这包括进行地震研究和分析、采用抗震设计措施、进行定期维护和修复工程等，然而公共资金通常是有限的因此需要有效地管理和分配这些资源，资金和资源管理的复杂性在于需要权衡不同需求和优先级，不同桥梁结构可能存在不同的抗震需求而维护的紧迫性也可能因结构的老化程度和使用情况而异，因此需要制定合理的资金分配策略确保有限的资源得以最优化利用<sup>[5]</sup>。另一个挑战是资金和资源的长期性管理，抗震设计和维护是一个长期的过程需要在多年甚至几十年内进行，这要求资金的稳定供应和长期规划以确保工程能够按计划进行，在抗震设计中资金和资源管理至关重要直接影响到抗震设计的可行性和效果，需要政府机构、工程师和维护人员密切合作以确保有限的资金和资源得以充分利用，支持公路桥梁的抗震设计和维护工作，因此资金和资源管理是一个具有深远影响的任务需要高度的专业知识和跨学科的合作。

### 总结

抗震设计是公路桥梁领域的一个复杂而重要的任务需要不断地创新和合作，强调了抗震设计的复杂性和多样性以及需要综合考虑多个因素以确保结构在地震发生时具备足够的抗震性能，更新抗震设计标准、处理地震加载的不确定性、维护老化和受损结构、发展先进技术以及有效管理资金和资源都是关键问题，需要工程师、科学家和政府机构之间的合作和共同努力，通过不断地研究和创新可以提高公路桥梁的抗震性能确保公众的安全，需要继续关注这些问题以不断改进抗震设计的实践和方法。

### [参考文献]

- [1]王世峰.公路桥梁抗震设计中存在的问题及改进策略[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022(2): 3.
- [2]刘高峰.公路桥梁设计中抗震与减隔震技术应用[J].建筑·建材·装饰, 2022(017): 000.
- [3]林子力, 唐云浩.高速公路常规桥梁抗震设计关键内容[J].交通世界, 2021(8): 2.
- [4]周维建.公路桥梁设计与抗震措施[J].交通科技与管理, 2021, 000(032): P.1-2.
- [5]黄才召.山区公路桥梁的抗震设计与加固措施[J].2021.