

# 公路桥梁设计及其抗震优化分析

张勇 邓永博

山东智行勘察设计院有限公司

**摘要：**公路桥梁作为现代交通建设的重要组成部分，对于国家经济发展和人民生活水平的提高具有重要作用。随着社会经济的不断发展，公路桥梁设计也面临着更高的要求。其中，抗震设计成了公路桥梁设计的一个重要方面。因此本文将首先对现时期公路桥梁设计及其抗震存在问题进行分析，之后提出优化措施，希望加强设计水平，提高公路桥梁工程抗震性能，为人们生命安全提供保护。

**关键词：**现时期；公路桥梁设计；抗震优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.11.056

## 引言

公路桥梁设计的抗震优化具有重要的经济、社会和科技价值。抗震设计的优化可以降低地震对公路桥梁的破坏和损失，减少维修和重建的费用，节约公共财政开支。同时，抗震设计的优化还能保障人民和物资的安全畅通，提高社会的抗震能力。此外，抗震设计的优化也能够推动相关科技领域的发展，促进技术的创新和进步。因此，在公路桥梁设计中，抗震优化的价值不容忽视。设计人员应当重视抗震设计的优化工作，提高桥梁的抗震性能，为社会经济的可持续发展做出贡献。

## 一、抗震设计概念与原理

抗震设计的概念即是在地震发生时，通过合理的设计和构造使建筑物能够保持其正常功能，最大限度地减少损毁和人员伤亡，并能够恢复使用。抗震设计的原理主要包括结构的抗震性能、地震动力学分析和地震防护设计三个方面。首先，抗震设计的原理之一是提高结构的抗震性能。通过合理的结构布局、适当的结构形式和优化的结构材料选择，可以增加建筑物的刚度和强度，提高其抵抗地震力的能力。例如，在高层建筑中采用钢筋混凝土框架结构，通过设置剪力墙、抗剪墙等来增加结构的抗震能力。其次，地震动力学分析也是抗震设计的重要原理之一。通过对地震作用下建筑物的动力响应进行分析，可以了解到地震作用对建筑物造成的影响，从而评估建筑物的抗震性能。地震动力学分析主要包括静力分析、动力时程分析和模态分析等方法，通过计算获取建筑物结构的最大位移、应力和变形等参数，从而为抗震设计提供依据。最后，地震防护设计也是实施抗震设计的一项重要原理。地震防护设计主要包括抗震结构措施、抗震设备和抗震规范等方面。通过采用增加结

构刚度、提高结构耐震性能的措施，如增加防震设备、加装防护装置，能够有效地降低地震对建筑物的破坏和损失。在抗震设计中，还需要考虑建筑物所在地的地震烈度、土壤条件等因素，合理设计建筑物的地基和基础结构，以确保建筑物的整体抗震性能。此外，抗震设计还需要进行地震模拟和试验，通过实际的地震动态试验，获取真实的地震波输入，验证抗震设计的有效性。

## 二、现时期公路桥梁设计及其抗震优化价值

地震是常见的自然灾害之一，特别是在我国地震频发的情况下，公路桥梁的抗震性能显得尤为重要。抗震设计的优化可以有效提高公路桥梁的抗震性能，减少地震造成的破坏和损失，从而减少维修和重建的费用。此外，抗震设计的优化还可以增加公路桥梁的使用寿命，降低长期维修和养护的成本，为公共财政节约了一大笔开支。地震不仅对公路桥梁本身造成影响，也将对交通运输系统产生重大的破坏性影响。公路桥梁的损坏将导致交通通行困难甚至中断，影响人民的日常生活和生产经营。而抗震设计的优化能够提高公路桥梁的抗震能力，减少地震对交通系统的影响，保障人民和物资的安全畅通。这对于保障人民的生命财产安全，提高社会的抗震能力具有重要的意义。抗震设计的优化需要采用先进的技术手段和方法，包括结构分析、模拟仿真等。通过对公路桥梁结构的详细分析和评估，可以提高桥梁的抗震性能，并为后续的工程建设提供参考和经验。同时，抗震设计的优化也能够推动相关科技领域的发展，促进技术的创新和进步。

## 三、常见桥梁震害及其成因

### （一）上部结构震害及其成因

地震在短时间内释放的能量虽然巨大，但是往往很难对桥梁上部结构本身造成材料及强度破坏，上部结构的震害主要表现为因下部结构破坏或者失效导致梁体产生位移震害以及相近梁体之间的碰撞破坏。位移震害比较常见，主要表现为梁体非正常的纵、横向位移及扭转位移，发生最多的位移震害是落梁。其成因主要为地面运动造成梁体位移量过大，使梁体滑出墩、台支撑面以外，发生落梁后多数梁体能够保持完整，梁体坠落过程中会冲击到下部结构，进而导致桥梁发生连续性倒塌，给桥梁结构造成更加严重的损坏。如果相邻布局的间距过小，在地震中就有可能发生碰撞，强大破坏力使结构布局受到毁坏。常见的碰撞震害表现形式为相邻梁体的

碰撞、梁体与挡块和桥台之间的碰撞。

## （二）支座震害及其成因

支座在桥梁结构的传力路径中起着承上启下的作用，同时也是桥梁结构的薄弱点。在日本阪神地震中，所调查的支座中损坏比例高达28%。支座震害主要表现为支座滑移超限、锚固件被剪断或拔出、支座被挤出脱落、支座本体发生破坏，进而改变了结构内力的传递形式，对其他部位产生不利影响。这些震害主要是因为在设计阶段对地震动能量估计不足，选择的支座型号及其抗震性能与桥位所处地区的设防烈度不匹配所导致。

## （三）下部结构震害及其成因

下部结构是桥梁结构的根基，其安全性是桥梁设计中的重中之重。下部结构若遭地震破坏，将会引发桥梁倒塌等一系列无法修复的连锁反应。下部结构震害主要包括地基与基础破坏、桥台沉陷、墩柱破坏，其原因主要是地震来临时，下部结构在极短的时间内受到多次往复振动和较大的水平地震惯性力所导致。此外，地基土液化、失效、滑坡及断层错动等也可能导致下部结构震害。1995年阪神地震中，某500m左右高速线18根独柱墩被剪断，导致上部梁体侧向滑移倾倒。

## 四、现时期公路桥梁设计及其抗震存在问题

随着经济的发展，公路桥梁设计逐渐成为社会发展的重要一环。公路桥梁是各地区之间连接的纽带，不仅仅起到桥梁的功能，更是交通枢纽的重要组成部分。因此，在设计公路桥梁时应考虑到道路的交通流量，以及桥梁的承载能力，以适应日益增长的交通流量和车辆负荷。但是我国的公路桥梁设计标准偏低，无法真正满足大多数地区的需要，这导致了很多地方公路桥梁存在问题。地震是设计人员国家常见的自然灾害之一，公路桥梁在地震中承受的力量也会更大。然而，目前很多公路桥梁的抗震设计仅仅依据当地抗震标准要求，而缺乏全面的抗震分析和优化设计。这使得很多公路桥梁在地震中容易发生倒塌或严重损坏，从而威胁到人们的安全。另外，公路桥梁设计中还存在一些其他问题。例如，部分公路桥梁的设计不够合理，存在结构过于复杂、建造成本过高等问题；部分公路桥梁的设计没有考虑到环境保护和生态建设。这些问题在实际建设中都会带来不同程度的困难和影响。

## 五、现时期公路桥梁设计及其抗震优化措施

### （一）地震设计标准

现时期公路桥梁设计必须遵循国家和地方的地震设计标准，这些标准是根据地震活动特点和当地地质条件制定的，关注公路桥梁结构的抗震性能要求以及地震参数的计算等。地震活动的频率和强度因地域不同而有所差异，因此地震设计标准的制定必须结合具体的地理环

境和地震活动特点。地震设计标准要求公路桥梁具备一定的抗震性能，这是为了确保公路桥梁在地震发生时能够承受地震荷载，并保持结构的稳定和完整。抗震性能要求包括桥梁的抗震位移能力、抗震刚度和弹性恢复性等。设计师们需要根据地震设计标准中提出的要求，合理设置抗震位移限值和设计抗震参数，以满足公路桥梁在地震荷载作用下的安全性能要求。

### （二）抗震设防等级

首先，根据公路桥梁的重要性和地震灾害风险等级，需要确定合适的抗震设防等级。地震灾害风险等级反映了该地区发生地震的概率和地震破坏的可能性，公路桥梁的重要性则取决于其所处位置和交通流量等因素。根据这些因素，可以确定合适的抗震设防等级，以确保公路桥梁在地震发生时能够承受一定程度的地震破坏，并保持其基本功能。其次，根据设防等级的要求，确定桥梁所需的抗震设计指标。抗震设计指标包括地震作用设计水平和可调整性要求等。地震作用设计水平是指桥梁在设计地震力作用下的承载能力，需要根据设防等级的要求确定。可调整性要求则是指桥梁在地震作用下可以发生一定程度的变形，从而减少地震力对桥梁的影响。这些抗震设计指标需要充分考虑桥梁的结构形式、材料特性和地震要求等因素，以确保桥梁的地震抗力能够满足设计要求。

### （三）结构抗震设计

结构抗震设计是提高公路桥梁抗震能力的关键，首先，合理的结构布局是确保抗震性能的基础。设计师们需要根据地震特点和桥梁的具体情况，选择最佳的结构布局。例如，在桥梁跨度较大的情况下，采用连续梁结构可以有效减少桥梁的振动。其次，承载系统的选择也对桥梁的抗震能力有着重要影响。选择合适的梁、柱、墩等承载构件，能够提高桥梁的整体稳定性。此外，结构材料的选用也是增强抗震能力的关键因素。采用具有较高强度和韧性的材料，能够增加桥梁的抗震承载能力。除了以上的基本设计原则外，还有一些特定的抗震措施可以进一步提高公路桥梁的抗震能力。一种常见的方法是采用抗震减震装置。这些装置可以在地震发生时吸收和分散地震能量，减少桥梁的震动。常见的抗震减震装置包括橡胶隔震支座、液压减震器等。另外，增强桥梁的抗侧移能力也是重要的抗震措施之一。设计师可以通过增加桥墩的数量和设置适当的阻尼装置等手段，提高桥梁的抗侧移能力。在实际设计中，设计师们需要综合考虑上述各种因素，制定出全面的抗震设计方案。同时，还需要根据当地地震活动的特点和桥梁的使用寿命，进行细致的抗震优化。这可以通过地震响应分析、结构参数优化等方法来实现。

### （四）墩柱设计

墩柱设计是公路桥梁抗震设计中至关重要的一环。墩柱是桥梁结构中起支撑和传递荷载作用的主要构件，其抗震性能直接关系到桥梁整体的稳定性和安全性。

墩柱设计主要包括几何尺寸设计、材料选择、抗震措施、节点设计等方面。几何尺寸设计是指根据桥梁的跨度、荷载情况和地质条件等因素，确定墩柱的几何形状、尺寸和布置方式。合理的墩柱几何尺寸设计能够使墩柱具有足够的刚度和强度，提高其抗震性能。材料选择是指根据桥梁的设计要求和地震区域的特点，选择合适的墩柱材料。常用的墩柱材料有钢筋混凝土、预应力混凝土、钢结构等。在选择材料时需要考虑材料的强度、韧性、耐久性等性能，以及材料在地震作用下的表现。抗震措施是提高墩柱抗震性能的重要手段，常见的抗震措施包括加固措施、减震措施和隔震措施等。加固措施主要是对现有墩柱进行加固，提高其抗震能力。减震措施主要通过设置减震器或减震橡胶等装置，减小地震作用对墩柱的影响。隔震措施则是将桥梁与地基隔离，使地震作用能够得到分离和消散，减小对桥梁的影响。节点设计是保证墩柱与上部结构和下部基础之间良好连接的重要环节，加强节点的抗震性能能够提高墩柱的整体稳定性和抗震能力。在节点设计中应注意节点的布置方式、节点材料的选择、节点连接的可靠性等因素。

### （五）桥梁施工质量控制

在设计过程中，必须充分考虑地震力的影响，合理选择桥梁结构的形式和材料，力求在保证结构强度的同时，最大限度地提升其抗震性能。此外，还应对桥梁的各个节点进行合理的分析和设计，保证其连接牢固可靠，能够在地震发生时保持结构的整体稳定。在施工前需要对施工方案进行认真的设计和 optimization，确保选择合适的合拢方法和工艺。在施工过程中，需要加强对节点连接的质量检查，保证连接的牢固可靠。同时，对施工过程中采用的材料进行严格的质量控制，确保施工材料的质量符合要求，能够满足桥梁的抗震性能要求。

### （六）综合抗震评估

综合抗震评估主要包括现场的动力监测、结构安全度的评估以及应急预案的制定等方面。首先，在桥梁设计和施工完成后，应进行现场的动力监测。通过安装地震监测设备，可以实时监测到地震的强度和频率，以便及时采取相应的措施。动力监测可以为桥梁的维护和修复提供重要的参考依据，确保桥梁在地震发生时能够保持良好的运行状态。除了动力监测，结构安全度的评估也是综合抗震评估的重要内容之一。通过使用现代的结构分析方法和软件工具，可以对桥梁的结构进行抗震性

能的分析和评估。这种评估可以识别出桥梁在地震中容易发生破坏的关键部位，进而采取相应的加固措施。通过结构安全度的评估，可以提高桥梁的抗震能力，确保其能够在地震发生时保持结构完整性。此外，制定应急预案也是综合抗震评估的重要环节之一。应急预案是为了在地震发生时及时采取措施，保障公路桥梁的安全性和运行状况。预案中应包括地震发生时的疏散路线、紧急救援措施、桥梁的临时应急修复等内容。通过制定应急预案，可以提前预测并准备地震发生时可能面临的问题，从而及时采取措施，最大限度地减少地震对公路桥梁的影响。

### （七）桥梁养护与维修

桥梁的养护与维修也是保持其抗震性能和运行安全性的重要环节，定期进行桥梁的养护和维修工作，可以帮助及时发现和修复桥梁上的受损部位。例如，定期进行检测与评估工作，可以发现桥梁存在的结构问题和损伤情况，及时进行修复和加固。此外，定期清理桥梁上的积水和杂物，保持桥梁的干燥和清洁，并定期涂刷防腐漆，以延长桥梁的使用寿命。在实际的桥梁养护与维修工作中，还要注意遵守相关的标准和规范。桥梁养护与维修工作必须在专业人员的指导下进行，确保工作的质量和安全性。同时，应建立桥梁养护与维修的长期机制，加强桥梁的日常巡查和维护工作，提高桥梁的整体管理水平。

### 结语

综合以上措施，能够提高时期公路桥梁的抗震能力和结构安全性。在设计和施工过程中，需要结合地震活动特点、桥梁类型以及地震设计标准等因素，制定合理的抗震策略和措施，确保公路桥梁在地震发生时能够保持结构的完整和可靠。

### 参考文献

- [1] 樊康义. 现时期公路桥梁设计及其抗震优化研究[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(3): 168-170.
- [2] 魏晓强, 吴登科. 现时期公路桥梁设计及其抗震优化研究[J]. 工程建设与设计, 2022(19): 139-141.
- [3] 赵雪萍. 现阶段公路桥梁设计及其抗震优化研究[J]. 工程建设与设计, 2018(2): 123-124.
- [4] 梁祥, 武圣章. 现阶段公路桥梁设计及其抗震优化的探究[J]. 黑龙江交通科技, 2016, 39(11): 104-105.
- [5] 廖维均. 现阶段公路桥梁设计及其抗震优化的探究[J]. 四川水泥, 2016(8): 97.
- [6] 赵雪萍. 现阶段公路桥梁设计及其抗震优化研究[J]. 工程建设与设计, 2018(2): 2.