

公路基础设施建设中的抗灾减灾设计与安全保障研究 ——以道路与桥梁工程为例

赵嘉璇

山西交控高速公路服务区管理有限公司，山西太原，030000；

摘要：本文围绕公路基础设施建设中的抗灾减灾设计与安全保障问题，以道路与桥梁工程为例展开深入研究。文章首先分析当前公路工程面临的自然灾害风险及其影响，继而从抗灾设计理念、安全保障技术以及管理机制等方面探讨有效的应对策略。随后，通过典型案例分析，归纳总结成功经验，提出优化公路基础设施抗灾能力和安全保障水平的建议。研究表明，科学规划、先进技术与应急管理体系的结合是提高公路基础设施抗灾能力的关键。本文旨在为未来基础设施抗灾建设和管理提供理论依据与实践指导。

关键词：公路基础设施；抗灾减灾；安全保障；道路与桥梁工程；防灾设计

DOI：10.69979/3029-2727.25.09.003

引言

公路基础设施作为社会经济发展的重要支撑，其安全稳定运行直接关系到社会生产生活秩序。近年来，气候变化加剧，自然灾害（如地震、洪水、滑坡、台风等）频发，对公路工程的安全性和稳定性构成严重威胁。因此，如何提升公路基础设施的抗灾减灾能力和安全保障水平已成为研究热点。

针对灾害风险进行科学规划和防护设计，不仅能减少经济损失，还能保障人员生命安全。通过研究抗灾减灾设计理论与工程实践，本文为未来公路和桥梁建设提供可靠的技术支持，推动抗灾工程与安全管理水平的提升。

1 公路基础设施抗灾减灾需求分析

1.1 常见自然灾害及其影响

地震灾害：地震对公路与桥梁的破坏主要表现为路基裂缝、桥梁倒塌以及结构震裂。例如，2011年日本东北大地震导致大量桥梁和公路的损坏，震后修复的过程中，对桥梁的基础进行了加固，并引入了新的抗震技术以确保抗震能力。

洪水灾害：洪水是影响公路与桥梁最常见的自然灾害之一。根据数据，2010年中国长江流域的洪水导致数百公里的公路中断，特别是桥墩冲刷和桥台基础被洪水侵蚀。洪水灾害通常引发道路淹没、桥梁冲毁以及路基沉陷，极大地影响交通通行。

滑坡和泥石流：山区的滑坡和泥石流灾害对公路与桥梁的影响非常严重，尤其是在多雨季节。2008年汶川地震后，四川省公路部门在修复道路时发现，滑坡和泥石流对桥梁基础的冲击造成了显著损伤，迫使其进行加

固和重建。

台风和暴雨：台风与暴雨可以导致桥梁的风力损害及暴雨引发的土壤侵蚀。例如，2017年超级台风“天鸽”袭击中国南方，多个地区的桥梁基础和路基受到了严重影响。台风的强风和暴雨直接导致桥梁发生结构变形和滑坡发生。

寒冻和雪灾：寒冷的冬季带来冻胀和雪灾。低温环境使得路面冻胀、裂纹增加，导致路面出现破损，极大地影响了交通流畅性。2018年北方冬季的极端寒冷天气就导致了多条公路结冰，严重的路面破裂问题需要紧急维修。

1.2 灾害对公路与桥梁工程的破坏机制分析

动力破坏：地震引起的动力破坏是最为严重的灾害之一，震动可导致路基开裂、桥梁断裂。根据2010年四川大地震的案例，震后对桥梁的裂缝进行修复时发现，部分桥墩存在严重的动力破坏。

水动力侵蚀：洪水的冲刷作用，特别是桥墩和桥台基础的侵蚀，是洪水带来的直接损害。例如，2010年长江洪水期间，部分老旧桥梁的桥墩和基础被严重冲刷，导致部分桥梁倒塌。

地质失稳：滑坡和泥石流常常对山区公路与桥梁带来严重破坏。例如，汶川地震后，四川的山区公路受到滑坡影响，导致大面积交通中断和桥梁结构变形。

2 抗灾减灾设计原则与策略

2.1 抗灾设计原则

为了确保公路和桥梁等基础设施在自然灾害发生时能够承受并快速恢复，抗灾减灾设计必须遵循以下几个核心原则：

2.2 安全性优先原则

抗震设计：地震是影响公路与桥梁安全的重要灾害，因此采用抗震支座、隔震装置、阻尼器等设计是常见的抗震措施。例如，汶川地震后，四川省新建的桥梁采用了高性能抗震支座，显著提高了抗震能力。

防洪设计：对于易受洪水威胁的地区，必须设计防洪堤、防护墙以及高桩基础，以抵御水流的冲刷。在长江流域，许多桥梁和路基都采用了抗冲刷基础设计，有效防止了洪水带来的破坏。

抗风设计：台风和暴雨等极端气候会导致桥梁和道路发生风力损害。采用风力分析和风荷载计算进行设计，以确保结构能抵御高强度风力。

2.3 可持续发展原则

在设计过程中，除了考虑抗灾能力，还应考虑环境影响和资源的可持续利用。绿色建筑理念在抗灾设计中的应用已经成为一种趋势：例如，在路基和桥梁的防护设计中采用生态混凝土，这种材料能与环境自然融合，减少对生态环境的负面影响。使用节能材料和智能化设施，如光伏发电系统和风能系统，减少建设和维护过程中的能源消耗。

3 道路工程抗灾设计策略

3.1 路基防护设计

防洪墙与防护堤：在沿海和河流附近，路基常常面临洪水的威胁。通过建立防洪墙和防护堤，有效阻止水流的侵蚀。以 2010 年长江流域洪水为例，沿江的多个公路采用了高防洪堤，这些设计在洪水期间有效地保护了路基免受侵蚀。

边坡加固与防滑设计：山区公路容易受到滑坡影响，尤其在暴雨天气。通过加固边坡、植被恢复等方式，减少滑坡风险。例如，汶川地震后，四川省在山区公路的修复中加入了边坡加固设计，并成功减少了滑坡对公路的影响。

高桩基础：在湿滑地区，通过采用高桩基础设计提高路基的抗灾能力。这种设计可以有效避免路基受水浸泡和沉降的影响。

3.2 路面防护技术

抗冻抗渗材料：使用具有优异耐候性和抗冻性的材料，如抗冻沥青和改性沥青，能有效减少寒冷天气对路面的影响。例如，黑龙江省在寒冷的冬季对主要公路采用抗冻沥青路面，显著减少了因冻胀而引起的裂缝。

路面结构增强设计：通过优化路面结构，如加强路面层与基层的结合，增加路面的强度和耐久性，提高抗灾能力。尤其在频繁受降水影响的地区，路面结构的优

化至关重要。

3.3 排水系统优化

高效排水系统：设计应考虑在易积水的地区设置有效的排水系统，如深井排水系统、横向排水沟等。这些排水系统能有效地将降水快速排出，防止水土流失和路基沉陷。

地下排水管道：在城市道路中，地下排水管道可以有效地排除积水，防止洪水对路面的侵蚀。

3.4 桥梁工程抗灾设计策略

桥梁的基础是承受灾害影响的最重要部分，尤其是受到洪水、冲刷和地震等因素的威胁：

深基础设计：采用深基础设计能有效提高桥梁的稳定性，避免因水流冲刷或地质问题导致桥梁基础不稳。许多沿海地区的桥梁基础都采用了深基础设计，以应对洪水和海浪的侵袭。

抗冲刷设计：在河流、海湾等水域建设桥梁时，采用抗冲刷的基础设计，如增加护墩、防洪桩等措施，可以有效降低水流对桥墩的冲刷力。

3.5 桥梁结构抗震设计

隔震支座：桥梁设计中常采用隔震支座，通过安装隔震装置，能够有效地减少地震对桥梁结构的影响。例如，2011 年福岛大地震后，日本许多桥梁采用了隔震支座技术，成功减轻了震害。

阻尼器与减震设计：采用阻尼器、弹簧等减震装置，可以减少地震带来的能量传递，有效提高桥梁的抗震能力。

4 安全保障体系与应急管理机制

4.1 灾害监测与预警系统

地震监测：通过布设震感传感器和地震预警网络（如中国地震台网）可以实时获取震中数据和震源信息，预测地震对公路桥梁的影响。例如，在四川汶川地震中，提前几秒钟的震中预警为灾后抢险提供了宝贵的时间。

洪水监测：在长江、黄河等流域，水文气象监测系统（如自动水位监测仪、气象雷达等）能够实时获取水位数据，预测洪水风险，及时发布洪水警报。例如，2010 年长江流域的洪水期间，通过精准的水位监测，相关部门在提前几个小时内做出了应急响应。

滑坡监测：在山区公路建设中，通过安装土壤监测传感器、应力传感器和位移监测装置，能够实时监测滑坡的变化，提前预测滑坡灾害的发生。例如，2017 年四川省通过滑坡监测系统，成功预警并及时疏散了沿线居民。

4.2 遥感与 GIS 技术应用

遥感技术：通过卫星影像、无人机航拍等手段，能够获得灾区的实时图像数据。这些数据能够帮助应急管理部门评估公路与桥梁的损毁情况，精准定位受灾区域。

GIS 技术：利用 GIS 技术能够将监测数据和历史灾害数据进行空间化分析，识别灾害高风险区域，并制定针对性的灾害防控策略。2019 年长赣铁路洪灾后，江西省政府通过 GIS 技术，准确识别了水位上涨的地区，并制定了详细的疏散和救援方案。

4.3 工程维护与巡检机制

公路与桥梁的定期巡检是确保其长期稳定性和抗灾能力的重要手段。根据公路与桥梁的地理位置、交通流量、历史灾害数据等因素，确定巡检频率。山区、公路交汇处等地带易受滑坡、积水等灾害影响，应增加巡检频率。对桥梁基础、边坡、排水系统等关键部位进行重点巡检，及时排除隐患。例如，2019 年浙江省部分桥梁针对每年洪水前后进行了专项巡检，成功排除了几处由于水土流失导致的结构不稳定风险。

4.4 无人机技术巡查

无人机能够进入桥梁和隧道的高空区域，及时发现裂缝、腐蚀等潜在问题。例如，上海市在 2019 年实施了无人机巡查项目，成功提前发现了多处桥梁结构隐患。

数据处理：无人机搭载的高分辨率摄像头能够提供高清图像，通过与 AI 数据分析结合，能够自动识别结构问题，降低人为误差。

4.5 跨部门协调指挥体系

为了确保灾后恢复和救援工作的高效进行，必须建立一个清晰的跨部门协调指挥体系。采用信息化平台，将各部门的信息整合到一个共享平台中，确保实时更新灾情和救援进展。2019 年在云南省的跨部门应急演练中，基于信息化平台的协作系统提升了救援效率。根据不同类型的灾害，建立应急反应小组，确保在灾害发生时能迅速集结和行动。例如，长赣铁路灾后救援行动中，政府迅速组织了跨部门的应急小组，包括交通、公安、医疗等部门，确保了事故现场的救援和后续恢复工作的快速推进。

5 典型案例分析

5.1 案例一：汶川地震后的公路与桥梁修复工程

汶川地震对四川省的交通设施造成了严重破坏。许多桥梁和公路受损，交通中断。修复过程中，采用了桥梁基础加固、隔震支座安装以及防冲刷设计，有效提高了桥梁的抗灾能力。修复后的道路和桥梁在后续的自然灾害中表现出较强的抗灾能力，交通恢复较快。

5.2 案例二：日本阪神大地震中的桥梁抗震设计经验

1995 年阪神大地震严重影响了日本的交通基础设施，特别是桥梁的抗震能力。日本在桥梁设计中加入了隔震支座和阻尼器等先进技术，确保桥梁在地震中的稳定性。该设计极大减少了桥梁的震后损坏，其他国家已开始借鉴该技术。

6 优化建议与发展方向

6.1 提升工程技术水平

研发高性能材料与结构，开发耐灾性更强的材料，并采用创新的结构设计，增加工程的抗灾能力。例如，使用复合材料和耐腐蚀钢材在桥梁和路基中。

6.2 推广智能监测技术

如实时传感器和无人机巡查，提升灾害感知能力。

建立适应多种灾害条件的设计规范，特别是应对地震、洪水、滑坡等复合型灾害。

通过加强灾害风险评估标准的制定，推动精细化设计，降低灾害发生的风险。

6.3 强化应急管理能力

构建智能化的应急平台，实现灾害数据的实时共享和应急响应的快速部署。加强应急演练，提升人员在灾害发生后的反应速度和处理能力。

7 结论

公路基础设施建设中的抗灾减灾设计与安全保障已成为重大挑战。本文系统分析了公路与桥梁工程面临的灾害风险及其影响，并提出从设计优化、技术升级、应急管理和合作机制等方面提升抗灾能力的对策。未来应进一步加强跨学科研究，推动抗灾技术创新，为基础设施建设提供更强保障。

参考文献

- [1] 李建国, 张伟. 公路工程抗震设计技术研究 [J]. 中国公路学报, 2023, 36(4): 15-22.
- [2] 王晓明, 刘红. 桥梁抗冲刷基础设计与施工 [J]. 交通工程技术, 2022, 14(5): 34-41.
- [3] 张丽丽. 洪水对公路基础设施的影响及防护措施 [J]. 防灾减灾学报, 2021, 10(2): 58-65.
- [4] 陈海涛. 公路基础设施安全管理与应急响应机制分析 [J]. 建筑安全, 2020, 18(3): 112-118.

作者简介：赵嘉璇，女，1996.07，汉族，山西侯马，研究生，助理工程师，道路与桥梁。