

全球气候变化对公路工程设施的影响与应对策略研究

段学龙

鄂尔多斯市东方路桥集团股份有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：全球气候变化对公路工程设施产生了深远影响。随着极端天气事件的频发，如高温热浪、强降雨及泥石流等，公路工程设施面临严峻挑战。高温导致沥青路面软化、混凝土路面膨胀变形，极端降雨则易引发洪水侵蚀和路基沉降。本文深入分析全球气候变化对公路工程设施的具体影响，并探讨应对策略，包括加强耐候性设计、采用新型材料、提升应急响应能力及加强国际合作等，旨在为公路工程设施的可持续发展提供科学指导。

关键词：全球气候变化；公路工程；影响；应对策略

1 全球气候变化对公路工程设施的影响分析

1.1 气候变暖对道路基础设施的影响

随着全球气候变暖的趋势日益加剧，道路基础设施正面临着前所未有的挑战。气候变暖导致的最直接后果之一是道路材料的物理性质发生变化，进而影响其稳定性和安全性。以沥青公路为例，沥青材料在高温下容易软化，导致路面变形甚至融化。据观察，英国剑桥的A14高速公路在高温天气下形成了危险的“山脊”，迫使该路段关闭，这对快速行驶的汽车及其乘客构成极大威胁。类似的现象也频繁出现在美国、澳大利亚、非洲以及中国长江流域等地，显示出气候变暖对道路基础设施的普遍影响。气候变暖还导致永久冻土解冻，这对在寒冷地区建设的道路构成重大挑战。加拿大气候研究所的报告指出，该国北部地区超过一半的冬季道路每年秋天都建在结冰的湖泊和河流上，但这种情况在未来几十年内可能不再可行。永久冻土的融化不仅影响道路的稳定性，还可能导致路基沉降，进一步加剧道路的损坏。

1.2 极端天气事件对公路工程的挑战

极端天气事件的增加，如暴雨、洪水、冰雪、山体滑坡等，对公路工程的挑战日益严峻。暴雨和洪水不仅直接冲刷和侵蚀道路，还可能导致路基塌陷、桥梁垮塌等严重后果。例如，中国今年入汛以来，广东梅大高速、丹宁高速等多处道路因暴雨导致坍塌，造成重大人员伤亡和财产损失^[1]。类似事件在全球范围内也屡见不鲜，凸显了极端天气对公路工程的巨大威胁。冰雪天气则对道路的操控性能产生负面影响，低温导致路面结冰，车辆打滑风险增加，暴雪还可能压垮道路两侧的树木或广告牌，进一步威胁道路安全。山体滑坡和泥石流也是极端天气下常见的自然灾害，它们对山区公路的破坏尤为严重。

1.3 气候变化对公路设计标准的影响

面对气候变化的严峻挑战，公路设计标准必须进行相应的调整和提升，在材料选择方面，应更加注重材料的耐高温、耐低温性能以及抗腐蚀能力。例如，在炎热地区，应使用熔点更高的沥青材料，以减少路面软化和融化的风险；在寒冷地区，则应使用熔点较低的沥青，以应对低温环境下的硬化问题。在公路设计和施工过程中，应充分考虑极端天气的影响。例如，在设计排水系统时，应提高排水能力，以应对暴雨和洪水等极端天气事件；在山区公路设计时，应避开地质灾害高发区，并采取加固措施，提高道路的稳定性和安全性。公路设计标准还应考虑未来的气候变化趋势，由于气候变暖将导致极端天气事件更加频繁和剧烈，因此设计时应采用预测性气候模型，以更准确地评估未来气候对道路的影响，并据此制定更为科学合理的设计方案。

2 全球气候变化对公路工程设施的应对策略

2.1 抗灾建设理念在公路工程中的应用

在全球气候变化的大背景下，抗灾建设理念已成为公路工程不可或缺的一部分。这一理念强调在公路规划、设计、施工及运营全过程中，充分考虑并预防极端天气和自然灾害可能带来的风险。具体而言，抗灾建设理念在公路工程中的应用体现在几个方面：（1）风险评估与预防：对公路沿线地区进行全面的气候风险评估，识别潜在的自然灾害类型和发生概率。基于这些评估结果，在公路设计之初就融入抗灾元素，如提高路基高度以应对洪水，加强边坡支护以防范山体滑坡等。（2）韧性设计：韧性设计是指工程结构在遭受灾害后能够迅速恢复其功能和性能的能力。在公路工程中，这要求采用更加灵活和可调整的设计方案，确保在灾害发生后能够迅速进行修复或重建，减少对交通的影响。（3）智能监测与预警系统：利用现代信息技术，建立智能监测与预警系统，实时监测公路沿线的气候变化、地质变动等情

况,并在灾害发生前发出预警信号,为公路管理部门提供及时准确的决策依据。

2.2 气候变化适应性设计的实践

气候变化适应性设计是一种主动应对气候变化的策略,旨在通过创新的设计方法和技术手段,提高公路工程对气候变化的适应性和抵抗力。制定灵活可调的设计标准,以适应不同地区、不同时间的气候变化特点。例如,在温度变化较大的地区,采用可变截面或伸缩缝设计,以减少温度应力对道路结构的影响。将生态保护与公路设计相结合,通过恢复或建设生态廊道、湿地等自然生态系统,提高公路沿线环境的自我调节能力,从而减轻气候变化对公路的负面影响,利用植被覆盖等生态手段,降低道路表面温度,改善行车环境。在公路设计中融入多种功能元素,如排水、储水、防污等,使公路在发挥交通功能的同时,也能发挥其他生态和社会效益。这种多功能结构设计不仅提高了公路的利用率,也增强了其应对气候变化的能力^[2]。

2.3 新材料与技术 在公路工程中的应用

新材料与技术的不断涌现为应对气候变化提供了有力支持。在公路工程中,这些新材料与技术的应用极大地提高了道路的安全性、耐久性和环保性。采用高性能混凝土、沥青等新材料,这些材料具有更高的强度、更好的耐久性和更低的能耗。例如,温拌沥青技术可以在较低的温度下进行施工,减少能源消耗和温室气体排放;高性能混凝土则能有效抵抗冻融循环和盐蚀等恶劣环境条件的侵蚀。智能材料能够根据外部环境的变化自动调整其性能。在公路工程中,智能材料可以应用于路面裂缝监测、温度控制等方面,提高公路的智能化水平和自我修复能力。在公路沿线设置太阳能光伏板、风力发电等设施,为公路照明、监控等系统提供清洁能源。这不仅降低了对化石能源的依赖,也减少了温室气体排放,有助于缓解气候变化。推广绿色施工技术,如预制构件技术、3D打印技术等,减少现场施工对环境的破坏和资源的浪费,加强施工过程中的废弃物管理和回收利用,实现资源的循环利用。

3 全球气候变化下公路 工程设施的维护与管理

3.1 气候变化下的设施监测与维护

在全球气候变化的影响下,公路工程设施的维护与管理变得更加复杂且关键。有效的设施监测是确保公路安全、延长使用寿命的前提。气候变化导致的极端天气事件频发,如暴雨、洪水、高温、冰雪等,对公路路面、桥梁、隧道等结构造成不同程度的损害,建立全面的设施监测体系至关重要。利用现代传感技术和物联网

技术,建立公路设施实时监测系统。该系统能够实时收集公路状态数据,包括路面温度、湿度、裂缝情况、桥梁应力分布、隧道内部环境参数等,为管理人员提供及时、准确的信息支持。基于监测数据,实施预防性维护策略。通过对数据的分析,可以预测潜在的问题区域,提前安排维修工作,避免问题扩大化。例如,对于频繁出现裂缝的路段,可以定期进行修补和加固;对于桥梁的应力集中区域,可以加强监测并采取相应的缓解措施。针对气候变化带来的特殊挑战,开发和应用适应性维护技术。例如,采用耐高温、抗低温的材料进行路面修补;采用防水、防腐技术提高桥梁结构的耐久性;在易发生山体滑坡的区域,采用加固边坡、设置挡土墙等措施,确保公路安全。

3.2 灾后应急处置方案制定

气候变化导致的极端天气事件往往伴随着突发性和破坏性,因此,制定科学、高效的灾后应急处置方案对于减少损失、恢复交通至关重要。第一、应急预案制定:根据历史数据和风险评估结果,制定详细的应急预案。预案应明确各级管理部门的职责分工、应急资源调配流程、信息发布渠道等,确保在灾害发生时能够迅速响应、有序应对。第二、快速评估与修复:灾后第一时间组织专业团队对受损公路设施进行评估,确定损坏程度和修复方案。对于关键路段和节点,应优先安排修复工作,确保交通尽快恢复,采用先进的修复技术和材料,提高修复效率和质量。第三、跨部门协作与信息共享:灾后应急处置需要多部门协同作战。加强与气象、地质、水利等部门的沟通协作,共享灾害信息,为应急处置提供有力支持。建立信息共享平台,及时发布路况信息、交通管制措施等,引导公众合理安排出行。

3.3 气候变化下的持续维护与管理策略

面对气候变化的长期影响,公路工程设施的维护与管理需要采取持续、系统的策略,以适应不断变化的环境。(1)加强科技创新与研发:加大对新材料、新技术、新工艺的研发投入,提高公路设施的抗灾能力和耐久性,关注国内外先进技术和经验的学习借鉴,不断提升维护与管理水平。(2)完善政策法规体系:建立健全与气候变化相适应的公路工程设施维护与管理政策法规体系。明确维护责任主体、资金来源、技术标准等关键问题,为维护与管理工作的顺利开展提供有力保障。(3)提升公众意识与参与度:加强气候变化和公路安全知识的普及宣传,提高公众对气候变化的认识和应对能力,鼓励公众参与到公路设施的维护与管理中来,形成全社会共同关注、共同参与的良好氛围^[3]。(4)推动

绿色低碳发展：在公路工程的维护与管理过程中，注重绿色低碳理念的应用。采用环保材料、节能技术、循环经济等手段，降低维护过程中的能耗和排放。同时加强公路沿线生态环境的保护和修复工作，实现公路与自然的和谐共生。全球气候变化对公路工程设施的维护与管理提出了新的挑战和要求，通过建立全面的设施监测体系、制定科学的应急处置方案、实施持续的维护与管理策略以及推动绿色低碳发展等措施，可以有效应对气候变化的挑战，保障公路的安全、顺畅和可持续发展。

4 全球气候变化对公路工程设施的未来发展趋势

全球气候变化对公路工程设施的未来发展趋势产生了深远影响，推动着该领域向更加智能化、绿色化、韧性化的方向迈进。智能化将成为公路工程设施维护与管理的重要趋势，随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展，公路工程设施将实现全面数字化和智能化。通过实时监测、数据分析与预测，可以精准识别潜在风险，提前采取预防性维护措施，降低故障率和维修成本。智能化系统还能优化交通流量管理，提高道路通行效率，减少碳排放和能源消耗。绿色化是未来公路工程设施发展的必然选择，在全球气候变化和环境保护的大背景下，公路工程设施的建设和维护将更加注重环保和节能^[4]。采用环保材料、节能技术和绿色施工方法，减少对环境的影响，推动公路与可再生能源的结合，如太阳能、风能等，在公路沿线建设光伏电站、风力发电设施等，为公路运营提供清洁能源。此外，加强公路沿线的绿化和生态修复工作，提升公路的碳汇能力，促进生态平衡。韧性化是未来公路工程设施应对气候变化挑战的关键，随着极端天气事件的频发，公路工程设施需

要具备更强的抗灾能力和恢复能力。在设计和建设过程中，充分考虑气候变化的影响，采用适应性设计和加固措施，提高公路设施的耐久性和稳定性。建立完善的应急响应机制和灾后恢复体系，确保在灾害发生时能够迅速响应、有效应对，并尽快恢复交通功能。全球气候变化将推动公路工程设施向智能化、绿色化、韧性化的方向发展。

结束语

面对全球气候变化的持续影响，公路工程设施的应对策略显得尤为重要。通过加强耐候性设计、引入新材料与新技术、优化维护管理、提升应急响应能力以及加强国际合作，可以有效减轻气候变化对公路工程设施的负面影响。未来，随着科技的进步和全球合作的深化，有信心构建更加安全、耐久、绿色的公路交通网络，为经济社会发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]郑静.气候变化对风荷载作用公路梁桥可靠性影响分析[J].建筑工程技术与设计,2020(30):678-680.DOI:10.3969/j.issn.2095-6630.2016.30.649.
- [2]余军彬.考虑气候变化条件下公路路面材料性能试验与评估[J].百科论坛电子杂志,2022(16):136-138.DOI:10.12253/j.issn.2096-3661.2022.16.046.
- [3]彭建新,廖鹏飞,王斌,等.气候变化影响下钢筋混凝土碳化损伤不确定性分析[J].铁道科学与工程学报,2023,20(8):3181-3191.DOI:10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20221761.
- [4]廖文旺,姬建,张童,等.考虑降雨入渗参数空间变异性的浅层滑坡时效风险分析[J].岩土力学,2022,(0S1):623-632.DOI:10.16285/j.rsm.2021.0323.