

新 驰 观 察

2021 年第 3 期（总第 9 期）

2021 年 8 月 15

日

韧性交通发展的全球实践和国际前沿

气候变化影响下极端天气频发，交通基础设施经常遭受各种灾害考验，韧性交通逐渐成为全球交通发展的热点和重点，国际机构和发达国家都在积极倡导打造韧性交通网络。2021 年 8 月，美国参议院通过的拜登政府万亿基础设施投资提案中，增强韧性成为 1100 亿美元道路和重大交通项目投资的重要目标，并且专门列支了应对气候变化的 460 亿美元韧性投资，是美国历史上规模最大的防灾减灾投资。根据国际机构研究，无论是风险损失总规模还是单位里程损失，我国的交通基础设施均处于“脆弱”水平，提高交通网络韧性以保障交通“生命线”不中断已经刻不容缓。

一、国际机构积极倡导打造韧性交通“生命线”

（一）气候变暖导致极端天气剧增已成为全球共识

根据联合国发布的《2000-2019 年灾害造成的人类损失》，进入二十一世纪以来，重大自然灾害发生次数显著上升，其中

中国报告 577 起，灾害事件最多。世界气象组织发布的《2020 年全球气候状况》指出，2010-2019 年气象灾害比 2000-2009 年增加了 9%、比 1991-2000 年增加了近 14%。世界经济论坛联合发布的《全球风险报告 2020》将极端天气、气候问题应对失败、自然灾害列为发生可能性前三的风险。联合国和世界银行等相关机构将极端气候事件风险定义为危险性、暴露度和脆弱性的组合，极端自然灾害大幅提升了危险性、城镇化进程提升了暴露度，要求交通生命线减少脆弱性，增强灾害应对韧性。

（二）国际机构积极倡导韧性理念以增强交通系统防灾减灾能力

2015 年，联合国将“建造韧性基础设施，促进可持续的工业化，推动创新”以及“建设包容、安全、韧性和可持续的城市及人类住区”作为全球 17 个可持续发展目标中的两大目标。2019 年由牛津大学、世界银行、欧盟委员会等开展的《全球公路、铁路基础设施资产多风险分析》表明，全球约 27% 的公路和铁路资产至少面临着一种自然灾害，约 7.5% 面临百年一遇的洪水风险，公路和铁路网络最易受地表洪水的影响。其中，中国的交通基础设施预期损失占比最高——中国的公路和铁路里程只占全球的 6%，但是每年的预期风险损失却占到全球的 24%。中国交通基础设施的预期风险损失大约为 1093 美元/公里（影响最大的是洪水），同样排在全球前列。2019 年世界银行发布《生命线：韧性基础设施机遇》将交通基础设施定义为生命线

之一，并提出气温和降水潜在性的增加将缩短公路生命周期，并增加多达 10 倍的养护和修复费用，天气变化对于桥梁带来的额外风险是以往的 3 倍。

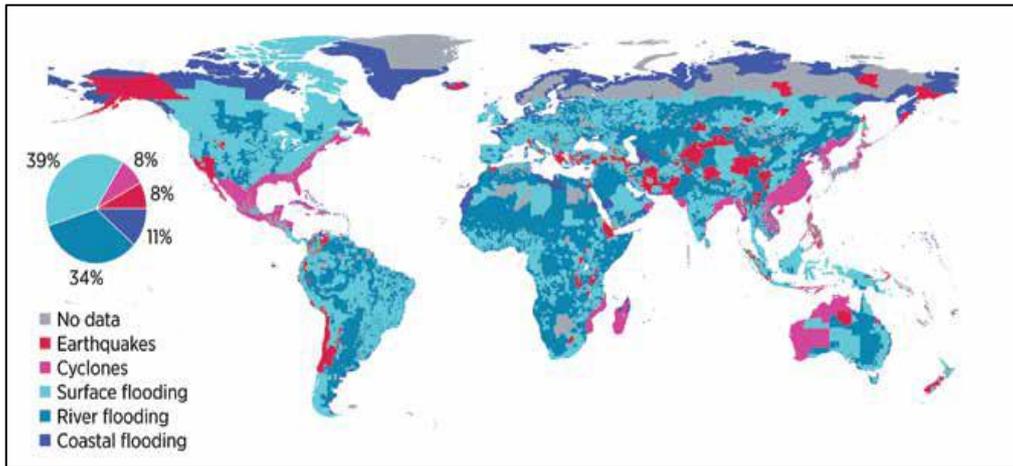


图 1 全球交通基础设施的自然风险暴露程度

资料来源：World Bank, LIFELINES: The Resilient Infrastructure Opportunity, 2019

表 1 韧性交通建设维度

维度	应急管理	工程设计	气候、社区和社会变化
任务	计划、准备、响应、恢复	抵抗、适应	计划、抵抗、适应、恢复
持续时间	小时-月	数年-数十年	十年以上
潜在因素	<ul style="list-style-type: none"> 天气事件 自然灾害 恐怖事件 灾难性事件 	新的工程要求	<ul style="list-style-type: none"> 极端天气影响 气候变化影响 海平面上升 减碳举措 流行病
影响范围	当地-区域性	当地	区域性或全球性
治理（沟通、协调、资源等）	公共安全机构，通常根据管辖范围的需要提供事件指挥	交通运输部提供项目管理	<ul style="list-style-type: none"> 各级政府多个机构，包括国际和社区团体 非政府组织和私营部门
机构角色	根据司法管辖区： <ul style="list-style-type: none"> 支持疏散和紧急救援活动 交通维修牵头机构 	交通运输部通常提供工程和施工服务	<ul style="list-style-type: none"> 资金 规划 政策与标准 减缓项目

世界银行制定了五项基础原则作为各国实施韧性交通建设

的主体框架（详见附件）。根据国际组织的研究和实践，韧性交通与交通应急最大的区别在于其前瞻性和系统性。从政府治理的角度，建立韧性交通网络需要将工作重点从应急管理维度前移到强化系统韧性、优化工程设计、适应气候、社区和社会变化等多个维度。

二、发达国家将“韧性能力”作为现代交通网络建设的重要方向

2005年美国新奥尔良的卡特里娜飓风、2014年美国凤凰城10号州际公路的洪水、2021年我国郑州和德国洪水等事件都显示了交通基础设施在极端事件中的脆弱性。发达国家积极打造韧性交通网络，并在相关法律法规中将交通网韧性和应急保障作为主要战略目标和规划内容，“韧性”理念在国外已经深入到交通政策和城市规划的各个层面。

（一）美国：以各州交通部门和城市规划部门为主体开展韧性实践

2015年，美国FAST法案要求在国家和城市中长期交通规划中要考虑韧性要求。2019年美国国家科学院、工程院和医学院倡议国会立法制定州际公路系统更新和现代化计划（RAMP），将“实施交通基础设施韧性提升举措”作为重要内容。2021年，美国政府问责局（Government Accountability Office, GAO）指出，美国缺乏跨联邦机构的战略组织来协调气候韧性的交通投资，建议国会采取联邦政府层面的机构安排来

识别需要联邦政府优先投资的韧性交通项目，并提出了将气候韧性纳入联邦公路局政策框架、更新韧性交通设计标准等具体建议。2021年，美国科学院出版了《交通部门的韧性入门》，为美国各层级交通政府部门推广韧性交通提供参考。

拜登政府提交的万亿基础设施投资提案中，专门指出美国2020年遭受22场极端气象灾害，累积损失将近1000亿美元，并计划投资460亿美元用于韧性建设和防灾减灾。美国韧性实践以各州交通部门和城市规划部门为主体，联邦公路局在全国开展了46个韧性试点项目，在优化及养护、资产管理、安全保障、识别风险、应急与恢复、洪水管理等方面采取了多种措施。2019年发布的“纽约2050”规划中，明确指出将韧性作为五大价值观之一。

（二）英国：识别并强化关键交通网络

英国在2014年对公路、铁路、航空、海运、港口等交通基础设施及伦敦交通运输系统实施了系统性韧性评估，并由地方公路管理部门及其他交通基础设施管理机构在每年冬季之前进行例行气候变化风险评估。英国交通部联合英格兰公路管理局、地方公路管理部门等识别认定关键交通网络，判定是否存在潜在薄弱环节并予以强化，明确承担重要客流及供应链的交通通道及尚未获得防洪资金资助的交通基础设施，予以重点养护和提升，并确保公路和铁路建设和养护支出纳入资产管理计划。

（三）新西兰：保障关键基础设施的可达性

新西兰交通运输局制定实施了交通基础设施韧性评估框架，可适用于项目级、网络和路线级、区域级交通基础设施资产管理。在韧性评估的基础上，新西兰强化识别关键基础设施，确保在紧急情况下，关键基础设施节点（如控制中心或变电站）、关键社区服务设施（如医院）的可达性，以及是否设有备选通行路线。

越南、纽约、波士顿等国家和城市也开展了交通基础设施风险量化评估，作为韧性交通建设重点的实施依据。

三、国际机构和发达国家推动韧性交通的典型做法

（一）系统实施交通基础设施所处环境风险评估

世界银行建议交通管理部门加大获取自然灾害和气候变化数据投资力度，开展不同灾害情境下交通基础设施压力测试。美国交通运输部明确要求各州评估海平面上升和其他气候变化对区域内交通基础设施、流动性和应急管理的影响，并提供在专业的技术和知识指导，为不断变化的环境和气候条件升级交通系统。英国交通部对各类交通基础设施及伦敦交通运输系统实施了极端天气影响韧性评估，并从基础设施、部门联动、服务供给等维度提出具体韧性提升方案。

（二）全面识别区域内关键交通基础设施网络

为确保交通运输系统在极端气候事件后快速恢复服务，世界银行建议交通管理部门明确区域内关键交通基础设施，以及

分析制定可接受的风险水平。美国各州交通局致力于识别关键的交通网络，通过制定和定期更新韧性交通预案来改善交通对重大事件的响应。英国交通部要求各地公路管理部门全面识别区域内关键公路网络，与战略公路网共同组成韧性公路网，以确保关键服务及关键基础设施的可达性。

（三）重视为用户提供具有韧性的运输服务

交通基础设施中断的影响程度取决于用户能否正确应对，世界银行要求交通管理部门建立信息系统来制定、评估以及实施和改进灾害应急救援方案。美国要求强化易受洪水及气候变化影响的交通基础设施，以及在紧急情况期间就交通系统状态和临时措施向机构的利益相关者和公众进行宣传。英国要求交通基础设施运营商在网站上发布最新预报信息以明确反映当时的天气情况及评估实际可提供的最佳服务，为乘客、其他用户和行业合作伙伴提供可靠运输服务。

（四）结合气候变化及自然灾害影响提升交通基础设施设计标准

世界银行号召在交通总体规划、标准和法规中融入韧性目标，并定期调整以减轻交通基础设施所受各种自然灾害和气候变化带来的影响。瑞典在 2008 年更新了公路排水标准，引入气候安全系数来应对未来因气候变化而增长的降雨量。为了减轻自然灾害影响和威胁，美国要求在交通基础设施更新时整合各类气候韧性功能，例如洪水吸收及循环功能等。

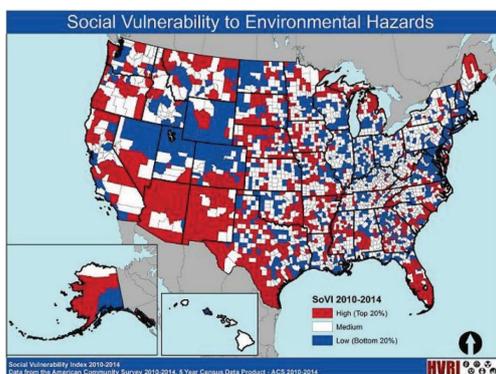
报告执笔人：

杨超、林坦

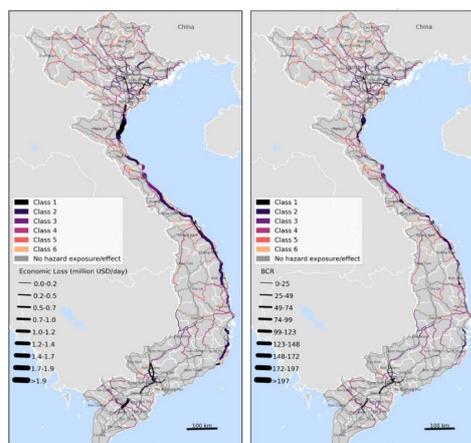
编辑：徐静怡

地址：上海市杨浦区国康路100号

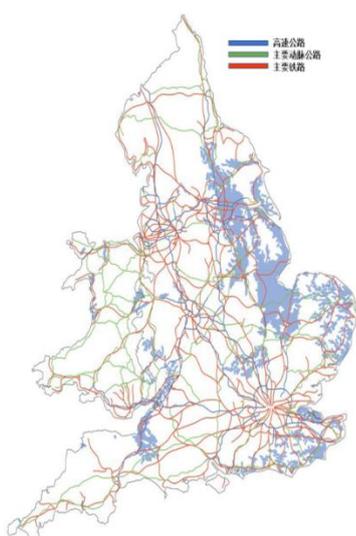
附件一：全球部分国家（地区）面对重大自然灾害的韧性评估分析



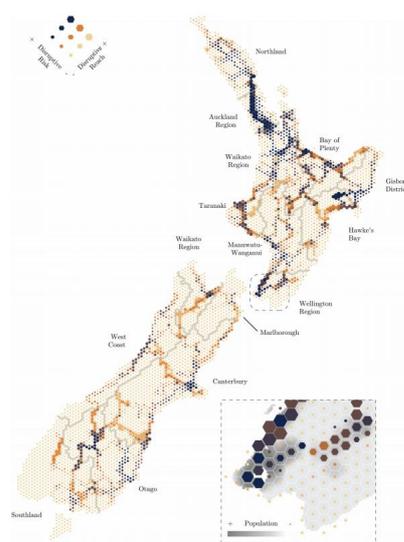
美国社会脆弱性指数



越南公路网因交通中断造成的最大经济损失和效益成本比



英国公路和铁路基础设施
洪涝灾害风险图



新西兰空间局部危害的破坏范围和破坏风险



资料来源：联合国防灾减灾署

全球各类灾害发生数量对比（1980-1999 与 2000-2019）

资料来源：联合国、世界银行、麦肯锡、南卡罗纳大学等机构研究成果整理

附件二：全球推进韧性交通建设的主要实践

举措	相关实践
实施风险评估	<p>世界银行：建议交通管理部门加大获取自然灾害和气候变化数据投资力度，开展不同灾害情境下交通基础设施压力测试。</p> <p>美国交通运输部：要求各州对区域内交通基础设施进行风险评估，评估海平面上升和其他气候变化对交通基础设施、流动性和应急管理的影响。</p> <p>英国交通运输部：对各类交通基础设施及伦敦交通运输系统实施极端天气影响韧性评估，从基础设施、部门联动、服务供给等维度提出韧性提升方案。</p>
识别关键网络	<p>世界银行：建议交通管理部门明确区域内关键交通基础设施，以及分析制定可接受的风险水平；</p> <p>美国各州交通部：识别关键交通网络，制定和定期更新韧性交通预案；</p> <p>英国交通运输部：要求各地公路管理部门全面识别区域内关键公路网络，与战略公路网共同组成韧性公路网；</p> <p>新西兰：关注紧急情况下关键基础设施节点（如控制中心或变电站）、关键社区服务设施（如医院）的可达性。</p>
提供韧性服务	<p>世界银行：要求交通管理部门建立信息系统来制定、评估以及实施和改进灾害应急救援方案。</p> <p>美国：强化易受洪水及气候变化影响的交通基础设施，在紧急情况期间就交通系统状态和临时措施向机构的利益相关者和公众进行宣传。</p> <p>英国：要求交通基础设施运营商在网站上发布最新预报信息，明确反映当时的天气情况及评估实际可提供的最佳服务。</p>
提升设计标准	<p>世界银行：号召在总体交通规划、标准和法规中融入韧性目标，并定期调整。</p> <p>瑞典：2008年更新公路排水标准，引入气候安全系数。</p> <p>美国：在交通基础设施更新时整合各类气候韧性功能，包括洪水吸收及循环功能等。</p>

附件三：世界银行的韧性交通建设框架

韧性交通建设障碍	韧性交通建设建议	韧性交通建设对策
基础设施设计、管理和养护不善	持续提升交通基础设施管理水平	注重执行法规、施工规范和采购规则，确保交通基础设施合法合规建设
		做好基础设施养护、常态化安检、应急预案工作，保障在不同天气状况下的可靠运行
		为基础设施规划、建设和养护提供适当融资
政治、经济变动及协调失败	建立抗风险机制以应对政治、经济变动及协调解决方案	在现有监管体系基础上，建立韧性交通实施整体方案
		筛选关键基础设施和明确可接受风险水平
		关注弱势群体，确保韧性交通的公平使用
韧性交通建设缺乏激励	将“韧性”纳入法规和激励措施	在总体规划、标准和法规中融入韧性目标，并定期调整以适应气候的变化
		建立服务供给奖惩机制
		确保交通基础设施法规与土地利用规划相一致，以引导更安全地区发展
对自然灾害和气候变化考虑不足	改进交通管理决策	投资可获取的自然灾害和气候变化数据
		开展不同灾害情境下交通基础设施压力测试
		鼓励公众参与数据挖掘和建模分析
财政承受能力以及融资限制	确保足够财政支持	在总体规划和项目前期设计中开展风险评估
		制定资金保障战略以促进从无法避免的灾害中恢复
		提高韧性交通项目透明度以引进社会资本参与投资、建设和管理