

新 驰 观 察

2021 年第 2 期（总第 8 期）

2021 年 8 月 15 日

关于强化综合立体交通网韧性能力建设的对策建议

全球气候变暖导致极端气象成为“新常态”，交通网络中断的风险概率和损失成本越来越高。郑州及武汉、南京（禄口机场）等国家综合交通枢纽城市的封城（失能）均是极端灾害和突发情况“新常态”下的缩影。交通枢纽及网络中断既会增加灾后应急救援的工作难度，也对客运出行和供应链物流带来严重冲击。突发情况和极端灾害频发背景下，强化综合立体交通网的韧性能力已迫在眉睫。

一、提高网络韧性能力成为国家综合立体交通网建设的必然选择

《交通强国建设纲要》对韧性交通系统建设提出了具体要求：建设现代化高质量综合立体交通网络，实现立体互联，增强系统弹性。《国家综合立体交通网规划纲要》提出：提升交通网络系统韧性和安全性。但是，相对于绿色交通、安全交通、智慧交通等专项领域推进的完整性和系统性，对于“韧性交通”的认识和重视程度亟待加强。

一是极端灾害“新常态”下的交通网络中断风险越来越高。

世界气象组织（World Meteorological Organization）指出，2021年全球至少已经历 189 场极端天气，郑州暴雨只是全球极端天气“新常态”的一个缩影。气候变化加剧自然灾害对交通基础设施的影响，自然灾害频发使得交通运输灾害越来越呈现出不确定性高、随机性强、可预见性低、破坏性大的特点，导致交通基础设施生命周期缩短以及运营维护成本增高。

二是综合立体交通网的脆弱性与极端灾害频发的矛盾愈发突出。河南极端强降雨造成郑州市地铁全线停运、全省 2639 处高速公路、149 个收费站、6553 段普通干线公路遭到水毁，直接经济损失 109 亿元。此前的武汉封城以及近期的南京禄口机场封闭，也造成了区域性交通网络中断。武汉、郑州、南京均是国家综合立体交通网的核心枢纽，交通网既是国家经济运行的大动脉，也是救灾减灾的生命线，交通网络中断的经济和社会代价更是远远超出了基础设施破坏的范围和损失。

三是投资韧性交通建设的投入产出效果非常显著。世界银行研究表明：基础设施韧性投资成本只占建设投资的 3%，但可显著降低基础设施中断风险，每投入 1 美元用于韧性建设可产生 4 美元的全生命周期收益。美国国家建筑科学研究所对 23 年来联邦减灾赠款成效分析发现，交通基础设施韧性建设每投入 1 美元可产生 4 美元的未来收益，针对洪涝、强风等风险的投入产出比更是高达 1:8 和 1:7。加强交通基础设施韧性不仅可避免昂贵的

维护成本，也可显著降低自然灾害对人民生计和福祉的冲击和影响程度。

总体灾害费用效益比		超出通用 建设标准 1: 4	满足通用 建设标准 1: 11	交通基础 设施项目 1: 4	联邦赠款 支持项目 1: 6
	洪涝	1: 5	1: 6	1: 8	1: 7
	强风	1: 5	1: 10	1: 7	1: 5
	地震	1: 4	1: 12	1: 3	1: 3
	火灾	1: 4			1: 3

图 1 美国韧性基础设施建设的投入产出效益突出

二、我国韧性交通建设研究和行业实践仍处于起步阶段

随着建设和运营规模的增加，穿越复杂地形地貌和深度城镇化也增加了综合立体交通网的技术复杂性和脆弱性，新冠疫情、极端天气等造成的交通网络和枢纽中断反映出交通发展对于灾害事后应急的重视程度远高于事前韧性能力建设和事中冲击吸收的特点，我国韧性交通体系在发展理念、承受冲击、适应冗余、快速恢复等方面仍有巨大提升空间。

一是交通基础设施韧性建设目标性不足。尚未针对地震、强降雨、疾病等不同类型的灾害进行深入研究分析，建立侧重点不同的交通基础韧性评估和建设目标。对交通基础设施来说，自然扰动和人为扰动属于低频高损型灾害，应对重点在于提高恢复能力。技术扰动属于高频低损型灾害，应对重点在于提升适应能力。

《国家综合立体交通网规划纲要》和《国家综合立体交通网指标框架》虽然分别将“重点区域多路径连接比率”“交通网韧性”作为发展指标，但是可操作性不强，国内韧性交通的系统架构、重点任务、实施标准和项目管理等理论和实践亟待厘清和完善。

二是韧性交通系统的整体性待提升。韧性交通建设是一个长期系统工程，在部门分割、职能分散、信息壁垒等体制问题影响下，各种交通方式在发展过程中较多地考虑自身安全、区域安全，忽略了整体韧性能力建设。在极端冲击情况下暴露出部分地区应急预案实效有限、交通基础设施破坏难以恢复、运输网络冗余度不高、运输装备应急能力欠缺等问题，容易导致“一损俱损”，迫切需要从整体角度推动综合交通基础设施网络韧性建设。

三是精细化监测预警能力与应急管理机制尚有差距。我国已经形成较完善的地震、气象等重大灾害预警机制，但是针对具象化交通风险指标，目前交通信息网络的精细化反馈尚显不足，气象等中小尺度精细化、高分辨、高时效监测信息与预警缺失，预警阈值指标的科学性尚不完善，对于应急规则行为的指导性比较模糊，直接影响交通基础设施的风险承压和恢复能力评估。

三、对我国加快构建韧性综合立体交通网的对策建议

（一）系统开展我国韧性交通发展专项规划研究

将“韧性能力”作为国家综合立体交通网规划、建设与管理全生命周期的重要目标，尽快组织开展我国韧性交通发展专项规划及前期研究工作，从顶层设计角度构建系统的韧性交通建设目

标、发展框架和实施重点，将交通应急救援能力建设资源和资金适度前置到风险评估、工程设计、知识培训等多维度韧性能力建设，统筹应急救援与韧性减灾方面的资源和资金投入，在标准设置、规划衔接、量化评估等方面全面提升交通网络韧性。

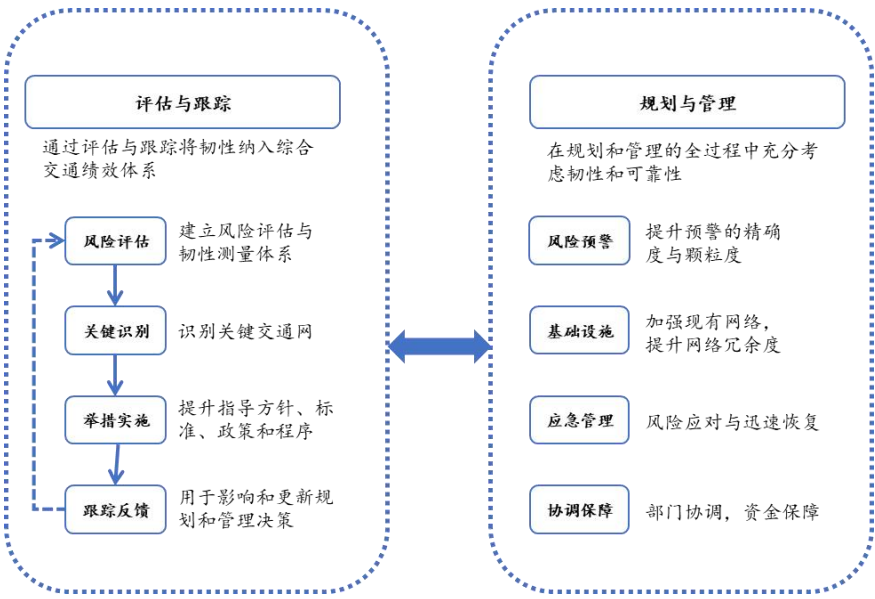


图 2 韧性交通发展框架

（二）完善交通基础设施韧性评估标准和建设指南

建立交通基础设施韧性标准体系，开展韧性交通行业标准研究，在交通总体规划、标准和法规中融入韧性目标，完善整体交通韧性能力标准和不同交通方式的韧性能力标准衔接匹配，研究细化规划、工程建设、运营服务等不同阶段的韧性能力技术参数。**发布韧性交通建设指南**，对于交通运输系统中的不同环节设置相应的目标韧性水平，组织编制应急基础设施（道路）建设规范标准，确定建设内容、工艺方法和流程。**完善韧性风险评估机制**，实现韧性测量由定性评估到定量评估、由针对现状的脆弱性评估到模拟风险发生的防范能力评估，识别区域内易受自然灾损的基

基础设施，建立明确的韧性能力评估与应急响应关联机制。

（三）建立国家综合立体交通网风险时空大数据平台

建立综合立体交通网自然灾害历史数据库，应用卫星、无人机遥感以及 GIS 技术，建立综合立体交通网及沿线区域风险模型（如水文模型、洪水灾害地图、数字高程模型等），为交通资产韧性提升建立良好的信息基础。**完善国家综合立体交通网风险多来源实时预报系统**，建设覆盖历史自然灾害、基础设施检测、风险预警等多维数据的综合平台，在综合应急指挥中心平台上搭建灾害信息服务、实时监测服务、信息预警服务、灾害应对指导等示范应用系统。**定期组织综合立体交通网设施与服务韧性评估**，调查、跟踪和报告基础设施保护、安全和应急管理方面的最新情况，建立韧性评估报告与公开机制，跟踪掌握基础设施的老龄化状态，做好信息报送和技术指导。

（四）以公路为重点开展交通韧性能力提升工程

建立韧性导向的公路基础设施建设机制，在综合立体交通网公路规划和建设标准考虑并适应气候变化，完善韧性公路运营绩效激励机制，推广应用基于韧性或风险的可持续交通基础设施资产管理系统。**明确韧性公路建设的资金保障**，开展已（待）建公路的韧性提升工程，定位和标记重大交通基础设施薄弱点，建立重大隐患排查整治清单，对桥梁、边坡（高填深挖）等重要工程、地质灾害易发路段、特种设备进行重点排查，对于铁路、枢纽场站等网络关键设施设置高韧性目标实行保护修复。**提高现有国家**

综合交通枢纽城市的连接冗余度，适当提高韧性综合交通枢纽的建设与维护标准，确保在自然灾害发生时多种交通方式的配合与补充。

报告执笔人：

彭晨鹏、李辉、林坦

编辑：徐静怡

地址：上海市杨浦区国康路 100 号
