

城市排水系统韧性提升规划研究

杜嘉欣 吕彦文*

中科建研(河北)科技有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着全球气候变化加剧, 极端降雨事件频发, 城市排水系统易损性凸显。城市排水系统韧性水平直接关系到城市生态环境质量与可持续发展能力。文章研究对城市排水系统韧性的核心内涵与演化特征进行了系统阐述, 对当前城市排水系统韧性建设存在的共性问题进行深入分析, 提出针对性的韧性实施路径, 并明确规划实施的保障措施, 提高城市排水系统韧性, 以供参考。

[关键词]城市排水系统; 韧性提升; 规划体系; 评估指标; 实施路径

DOI: 10.33142/ucp.v3i1.19223

中图分类号: TU992.24

文献标识码: A

Research on the Resilience Enhancement Plan of Urban Drainage System

DU Jiaxin, LYU Yanwen*

Zhongke Jianyan (Hebei) Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the intensification of global climate change and the frequent occurrence of extreme rainfall events, the vulnerability of urban drainage systems has become prominent. The resilience level of urban drainage system is directly related to the quality of urban ecological environment and sustainable development capacity. The article systematically elaborates on the core connotation and evolutionary characteristics of resilience in urban drainage systems, analyzes in depth the common problems in the current resilience construction of urban drainage systems, proposes targeted resilience implementation paths, and clarifies the guarantee measures for planning and implementation to improve the resilience of urban drainage systems for reference.

Keywords: urban drainage system; resilience enhancement; planning system; evaluation indicators; implementation path

引言

暴雨内涝、极端降雨等气象灾害呈现频次增加以及我国城市化率持续提升, 进一步加剧了城市排水压力, 导致城市内涝灾害频发, 严重影响城市正常运行秩序与居民生活质量, 城市排水系统韧性不足的问题日益突出。韧性城市理念作为应对城市灾害风险、提升城市安全水平的核心理念, 指排水系统在遭遇极端降雨、功能过载等内外部扰动时, 能够维持基本排水功能、通过自我优化提升抗扰能力的综合特性。韧性导向的排水系统更注重系统的抗扰性、适应性、恢复性。当前, 我国城市排水系统规划中针对性、科学性不足。因此, 为了提升城市洪涝灾害防控能力、保障城市安全运行、推动城市高质量发展, 深入研究城市排水系统韧性提升规划, 构建科学完善的韧性提升规划体系尤为关键, 为各类城市开展相关规划工作提供指导。

1 城市排水系统韧性核心内涵与演化特征

1.1 核心内涵

城市排水系统韧性融合了工程学、生态学、管理学等多学科理论, 抗扰性指城市排水系统在受到自然因素以及人为因素中依旧可以维持基本排水功能的能力, 质量良好的排水系统在受到扰动破坏之后, 可以更快的通过抢修恢复运行。适应性主要是指城市排水系统具备了依据内外部

环境的动态变化, 能够对自身的结构与功能进行适时的调整, 从而避免了各类扰动因素所造成的不利影响。恢复性指的是城市排水系统在遭受到扰动的破坏之后企业正常运行功能受到严重的损害, 通过抢修、调度等措施能够使系统迅速的恢复到正常运转的状态。优化性的是通过管理改进、技术升级等干预措施, 不断提高城市排水系统自身的抗扰能力, 在今后面对复杂的扰动时, 能够具备更强的稳定性以及应对能力。

1.2 演化特征

城市排水系统韧性的演化可以划分为三个具有递进关系的阶段, 在初始阶段“被动应对阶段”, 此时系统的设计标准相对较低, 对于在应对极端气候事件的充分考量, 以及有效的应对机制方面因排水能力不足而引发内涝问题。第二阶段为“主动适应阶段”, 随着时间的推移、灾害风险加剧, 通过增大管道管径等提高排水设施的设计标准, 以及开始优化设施布局, 进一步提高系统应对中等强度极端降雨的能力, 并且完善了应急响应机制以及抢修体系, 加快了系统功能的恢复。第三阶段为“韧性优化阶段”, 通过先进技术以及韧性城市理念的深度融合, 城市排水系统也已经具备了主动感知分析以及应对不确定性扰动的能力, 韧性水平能够与城市可持续发展相适应。

1.3 影响因素

城市排水系统韧性的影响因素复杂多样,系统韧性水平由自然、工程、管理、社会经济四大类因素共同决定。自然因素含极端降雨等,极端降雨是主要扰动因素;工程因素包括排水管网等,决定抗扰与适应能力;管理因素涵盖应急管理;社会经济因素则从宏观层面影响着系统的发展与维护, 四者缺一不可。

2 城市排水系统韧性建设存在的共性问题

当前,我国城市排水系统韧性建设中暴露出一系列亟待解决的共性问题,部分城市的老城区排水管网建设存在一些不足之处,因为缺乏科学合理的规划,通常呈现出管网布局混乱的现象以及管径设计偏小等问题,不仅对排水的效率造成严重影响,而且在极端天气条件下容易导致排水不畅。此外,老城区排水设施的老化现象比较严重,并且存在着管网覆盖率不足的问题,泵站等设备也因性能的

逐渐下降而频繁的出现故障,导致老城区排水设施的运行稳定性受到严重影响。城市排水系统管理协调联动机制不完善,缺乏先进的运维技术以及针对性的应急预案,进一步降低了排水系统的安全性与稳定性。当前我国尚未形成统一的城市排水系统韧性评估标准,评估方法单一、评估与规划脱节,导致规划针对性、科学性不足,难以发挥评估的导向作用。缺乏对管网运行状态、降雨过程、洪涝风险的实时监测与精准调度,海绵城市建设理念未完全融入排水系统规划,缺乏针对城市排水系统韧性提升的核心技术与关键设备研发,难以实现全流程智慧管控。

3 城市排水系统韧性评估指标体系构建

3.1 指标体系框架

本文构建的城市排水系统韧性评估指标体系分为目标层、准则层、指标层三个层次,全面反映系统韧性水平(见表1)。

表1 城市排水系统韧性评估指标体系框架

目标层	准则层	指标层	指标内涵	量化方法
城市排水系统韧性水平	抗扰性 (A1)	排水管网覆盖率 (B1)	城市建成区排水管网覆盖面积与建成区总面积的比值,反映管网布局完善程度	管网覆盖面积/建成区总面积 × 100%
		设计暴雨重现期 (B2)	排水系统设计采用的暴雨重现期,反映系统抵御极端降雨的能力	直接取值(单位:年)
		设施完好率 (B3)	运行正常的排水设施数量与设施总数量的比值,反映设施质量与维护水平	正常设施数量/设施总数量 × 100%
		雨污分流率 (B4)	雨污分流管网长度与排水管网总长度的比值,反映管网运行效率	雨污分流管网长度/管网总长度 × 100%
	适应性 (A2)	不透水地面改造率 (B5)	改造后的透水地面面积与原有不透水地面面积的比值,反映源头减排能力	改造透水面积/原有不透水面积 × 100%
		调蓄设施容量达标率 (B6)	达到设计容量的调蓄设施数量与调蓄设施总数量的比值,反映系统调蓄能力	达标调蓄设施数量/调蓄设施总数量 × 100%
		技术投入占比 (B7)	排水系统技术改造与创新投入资金与总运维资金的比值,反映技术支撑能力	技术投入资金/总运维资金 × 100%
		生态调蓄空间占比 (B8)	城市生态调蓄空间(绿地、湿地、坑塘等)面积与建成区总面积的比值	生态调蓄空间面积/建成区总面积 × 100%
	恢复性 (A3)	应急响应时间 (B9)	从发生洪涝灾害到启动应急响应的时间,反映应急响应速度	直接取值(单位:小时)
		灾后恢复周期 (B10)	从系统受损到恢复正常运行的时间,反映系统恢复能力	直接取值(单位:天)
		应急物资保障率 (B11)	实际储备应急物资数量与所需应急物资数量的比值,反映应急保障能力	实际储备数量/所需数量 × 100%
		联排联调效率 (B12)	跨部门、跨区域洪涝调度响应速度与协同效果,反映协同管控能力	定量化结合(1-10分打分)
	优化性 (A4)	运维信息化水平 (B13)	智能化监测设备覆盖率与信息化管理系统完善程度,反映管理智能化水平	定量化结合(1-10分打分)
		规划更新频率 (B14)	排水系统韧性规划的更新周期,反映规划适应性与动态优化能力	直接取值(单位:年)
		公众参与度 (B15)	公众对排水系统韧性建设的参与程度与知晓率,反映社会协同能力	问卷调查结合(1-10分打分)
		再生水利用率 (B16)	再生水利用量与总排水量的比值,反映资源循环利用与系统优化能力	再生水利用量/总排水量 × 100%

3.2 评估方法选择与等级划分

结合城市排水系统韧性评估的特点,本文采用层次分析法(AHP)与模糊综合评价法相结合。将韧性水平划分为五个等级:优秀(8~10分)、良好(6~8分)、中等(4~6分)、较差(2~4分)、极差(0~2分)。

4 城市排水系统韧性提升规划框架及实施路径

4.1 核心规划任务

结合规划目标与准则,在城市排水系统韧性提升规划中排查老旧、破损、堵塞的排水管网,推进雨污分流改造,优化管网布局。对老旧泵站进行智能化升级,新增应急泵站,重要泵站设置双回路电源或备用电源,合理布局雨水调蓄池、人工湿地等调蓄设施,推广透水铺装、植草沟等生态设施,实现源头减排与生态修复协同推进。完善协同管理体系,建立住建、应急等部门协同联动机制。制定针对性的洪涝应急预案,加强应急物资储备与调配,提升应急抢修能力,缩短灾后恢复周期,加强流域洪涝和自然灾害风险监测预警,及时发布预警信息。通过宣传教育等方式,引导公众参与设施保护、应急处置等工作。技术创新是提升系统韧性的核心支撑,安装管网流量、水位、降雨等监测设备,实现系统运行状态实时监测、精准调度,深入推广海绵城市建设技术,推动生态化设施与工程设施协同运行,增强系统韧性提升的技术支撑。保护城市山体、湿地等自然生态空间,构建连续完整的生态基础设施体系,扩展城市及周边自然调蓄空间。统筹区域流域生态环境治理和城市建设,提高行洪排涝能力,实现流域与城市排水系统协同韧性提升。

4.2 实施路径

为确保规划任务落地见效,提出分阶段、有重点推进城市排水系统韧性提升。第一阶段(1~3年)重点开展薄弱环节排查与整治,完善应急管理机制,储备充足应急物资,建立初步的韧性评估机制,识别核心薄弱环节,推广基础的先进技术与生态技术,开展公众宣传教育,提高公众风险意识。第二阶段(3~5年)完成调蓄设施建设、源头减排工程等重点项目,完善管理体系与评估机制,提升系统管理水平与评估科学性。构建排水系统智能化监测与调度平台,加强技术创新研发,提升技术支撑能力,落实“联排联调”机制,实现协同管控。第三阶段(5~10年)构建完善的“抗扰-适应-恢复-优化”协同韧性体系,全面融入韧性城市建设,推广应用前沿技术,根据气候变化、城市化进程等因素的变化,适时优化规划方案。实现再生水高效利用,推动资源循环利用,达成长期规划目标,契合韧性城市建设总体要求。

5 城市排水系统韧性提升规划实施的保障措施

结合当前城市排水系统韧性建设的实际情况,从政策、资金、技术、人才、监管五个方面确保城市排水系统韧性提升规划顺利实施。完善相关法律法规体系,明确规划实

施的责任主体、实施要求与奖惩机制,将排水系统韧性提升规划纳入城市总体规划、防洪排涝规划等相关规划,确保规划的系统性与连贯性。鼓励地方政府、企业、社会组织参与排水系统韧性建设,落实城市主体责任。将排水系统韧性提升资金纳入财政预算,积极争取国家、省级专项资金支持,创新投融资模式吸引社会资本参与排水系统韧性建设与运营管理,建立资金使用监管机制,提高资金使用效益。加强技术创新体系建设,开展排水系统韧性提升核心技术与关键设备研发,推广应用先进、成熟、适用的技术与设备,加强技术交流与合作,引进国内外先进的技术与管理经验,完善排水系统韧性评估等相关技术标准,确保技术应用的科学性与规范性。建立专业化人才队伍,提升人才专业素养,加强与高校、职业院校合作,培养复合型人才。定期组织技术培训、业务交流等活动,完善人才激励机制,吸引优秀人才参与排水系统韧性建设。建立健全规划实施监管机制,加强对规划实施过程的全程监管,及时发现并解决规划实施中存在的问题,加强社会监督,接受社会各界的监督,提高规划实施的透明度与公信力,有效强化了关键设施在极端气候下的抗风险能力。

6 结论

通过城市排水系统的韧性提高,不仅可以积极有效地应对极端气象带来的灾害,而且可以保障城市的安全稳定运行。目前,城市排水系统在韧性建设方面存在着诸多的不足之处,例如覆盖率不足、老城区管网布局杂乱无章、设施老化严重、缺乏完善的应急管理体系,不仅对排水系统在面对极端天气时的应对能力造成一定的制约,而且会威胁城市安全。通过结合城市的发展需求,排水系统的现状以及气象的变化规律,制定分阶段、可操作性、科学性的规划方案,建立涵盖资金投入、政策支持、人才培养、技术创新等多个层面的保障措施,推动城市排水系统韧性水平全面提升,助力实现城市高质量发展与安全发展。为了进一步优化城市排水系统的韧性建设,建议在未来的研究中,通过借助气象监测技术等智能技术建立覆盖更大时空尺度的智能预警平台,从而实现极端天气的实时监控以及快速预警,并结合生态保护修复措施,充分发挥海绵城市的吸水、蓄水、渗水、净水功能,构建更具适应性的城市水安全体系。

[参考文献]

- [1]汤钟,张明亮,刘枫,等.深圳光明区系统化治理城市内涝的探索与实践[J].中国防汛抗旱,2025,35(2):53-58.
- [2]李亚,汤钟,黄垚涸,等.滨水低洼地区水安全韧性提升的策略与实践[J].水利发展研究,2025,25(2):41-47.
- [3]程鹏,汤钟.滨江多雨工矿型城市内涝治理的规划实践——以马鞍山市为例[J].中国市政工程,2024,11(3):43-48.
- [4]张亮,汤钟,俞露,等.新型城镇化背景下城市内涝防治规

- 划的编制思考[J].给水排水,2021,57(6):43-49.
- [5]石晓冬,黄晓春,高雅,等.超大城市气候适应性规划技术体系及应用——以北京为例[J].城市学报,2023,11(5):105-113.
- [6]殷子昭,王成芳.大城市极端暴雨洪涝灾害防灾体系建设的经验与启示——以日本东京为例[J].防灾科技学院学报,2023,25(4):63-73.
- [7]邓欣.全球极端气候下的城市应对[J].生态经济,2023,39(11):1-4.
- [8]宁存鑫,汤钟,桂发二,等.模型在城市内涝风险预警平台中的应用探索及思考[J].中国给水排水,2023,39(16):29-34.
- [9]冷红,陈天,翟国方,等.极端气候背景下的思考:城乡建设与治水[J].南方建筑,2021,11(6):1-9.
- [10]汤钟,丁一鸣,张亮,等.浅表流排水系统规划实践研究[J].中国给水排水,2024,40(2):31-37.
- 作者简介:杜嘉欣(1996.11—),毕业院校:西南林业大学,所学专业:风景园林,当前就职单位:中科建研(河北)科技有限公司,职务:专业技术总工,职称级别:城乡规划工程师;*通讯作者:吕彦文(1991.10—),毕业院校:昆明理工大学,所学专业:环境工程,当前就职单位:中科建研(河北)科技有限公司,职务:专业技术总工,职称级别:工程师。