

城市内涝成因分析及综合防治措施探讨

薛晓冬

汉中市南郑区城市建设服务中心

摘要：在加快推进新型城镇化战略，加强城市基础设施建设的同时，要高度关注存在的城市内涝问题，因地制宜，精准施策，加强城市内涝综合治理，构建完善的城市排水防涝体系，有效解决城市内涝问题，建设韧性、安全城市，促进城市建设高质量发展。基于此，本文重点探究城市内涝的主要原因及综合防治措施等相关内容，希望为推进城市治理现代化，促进城市安全发展提供参考。

关键词：城市内涝；主要原因；综合防治措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.003

引言

城市内涝是指短时间内强降雨或者连续性降雨超过城市排水能力，导致城市内出现积水等灾害现象。由于全球气候异常，暴雨天气频发，全国各地频现“城市看海”现象，内涝成为一种新的“城市病”。城市内涝影响城市交通，损害城市经济，影响城市环境，威胁城市安全，事关民生与发展。因此需要认真调查，科学分析，明确城市内涝的主要原因和城市排水防涝方面存在的短板，以问题为导向，坚持规划先行，谋定而后动，科学编制城市排水防涝规划和治理方案，强化工程措施和管理措施，建设完善的城市排水防涝体系，提升城市排涝防洪应急能力，努力打造宜居、韧性、安全、智慧城市。

一、城市内涝问题原因分析

（一）全球气候异常不断，极端降雨频繁发生

城市内涝的形成原因中，极端强降雨是尤为重要的影响因素。全球各地极端天气越来越频繁，与全球气候变暖有着密切关系。由于地球气候变暖等自然环境的改变，导致了降雨模式和降雨量的变化，从而使得极端降水事件的发生频率、强度以及影响范围显著提高。有研究表明，地球大气每升温1℃，就能多吸收7%的水蒸气，这些水蒸气最终会以雨水的形式再次降落到地面，因此很可能导致降雨的时间增长、极端强降水发生的可能性增大。同时，城市化形成了一些特殊的“城市气候”，增加了极端降雨的形成和发展。城市人们生产生活排出大量废热，下垫面建筑物、道路、硬质铺装等高蓄热体，绿地、林木和水体的减少及大气污染等多种因素，使得城区气温高于外围郊区，形成“热岛效应”。城市热岛环流有利于对流雨的发生、发展，对暴雨产生“诱导增幅”作用。城市集中的建筑物使风速减小，强降雨带等天气系统在城市上空停留的时间延长，总降水量

增多，形成“雨岛效应”。另外，城市排出的污染气体和空气中的尘埃等浑浊度大大高于周边地区，产生“混浊岛效应”。城区尘埃等混浊物“凝结核”多，水汽容易凝结，从而增加雨量。极端降雨发生时，城市的排水系统和自然地表的渗透能力有限，无法迅速将大量雨水排出，造成内涝灾害^[1]。

（二）排水系统存在短板，管理维护不到位

在城市建设发展环节有效匹配与之相适应的排水系统，这是关键之所在。我国新型城镇化建设加速发展，城市人口大量聚集，城市规模急剧扩张，但是城市内涝防治体系的现代化建设相对滞后，不能匹配城市快速发展需求，一旦遭遇暴雨等极端天气，城市就面临着严重的内涝风险。过去很长一段时间，城市发展存在规划意识不强、规划滞后、标准偏低、体系不全，城市无序开发，对人居环境质量、生态环境保护和地下管网建设不重视，基础设施建设资金投入不足，导致城市基础设施建设严重滞后，排水系统欠账较多，排涝能力不能满足实际需要。城市排水管网老化、破损、淤堵，雨污混接，雨污合流现象严重。一些地方雨水管渠雨污分流不彻底，为治理水污染，对沿河雨水排水口进行封堵或设置截流堰，导致排水不畅。城市没有形成现代化内涝防治体系，不仅是排水管网及设施建设不足，包括“渗、滞、蓄、净、用、排”等生态化技术与江、河、湖、渠水系保护治理等综合性手段也缺乏配套。海绵城市建设理念不足，落实力度不够、工作推进缓慢。另外，在排水系统管理维护方面不到位，导致雨水收集口及排水管路淤堵，排水不畅，不能及时有效排涝。管理部门缺乏排水防涝应急联动机制，暴雨灾害预警不及时，应急救援能力不足，导致城市内涝无法得到及时有效预防和处置。

（三）城市水面率下降，雨水调蓄能力不足

水域是水资源可持续利用、防洪排涝保障和社会可持续发展的重要载体。水面率的保持和提升对于预防和减轻内涝灾害具有重要意义。在城市开发建设过程中，由于缺少城市水系规划，水系布局混乱，并忽视了对水域的管理和保护，各类开发建设活动侵占水域的问题时有发生，导致水面率严重下降。由于城市扩张，城区洼地、池塘、湖泊、水库等被人为填筑、破坏，降低了城市对雨水的调蓄能力。或破坏挤占河道、排水沟渠，将明渠改为暗渠，减少了泄洪通道，减小了行洪断面，降低了城市雨水的通行能力。有些河、渠自身也存在断面不足的问题，达不到极端暴雨行洪能力。另外，

由于历史成因，城区一些沟渠农灌、排洪、排污混用，功能不分，雨污分流不彻底，水质污染严重，治理困难。

（四）城市地面硬化率高，径流系数不断增加

随着城市开发建设，城市大面积土地表面被硬化，地面硬化率不断提升，影响正常水循环，导致雨水径流增加，土壤水分补给减少，地表温度上升。地面硬化率和城市绿地率，是城市规划的一个重要控制指标，它影响着城市的排水系统设计、“热岛效应”以及城市生态。在加快推进城镇化进程中，大量的钢筋混凝土建筑取代了原来的农田、耕地和自然绿地，道路、广场、商业街、人行道、停车场等建设，使用水泥、沥青混凝土、花岗岩、广场砖等不透水的材质，阻碍了雨水正常的地面下渗过程，大幅减少了城市可渗水地面，使地面径流系数增加，地面径流量也随之增加，雨水汇集速率快，加重了城市排水系负担，城市低洼地区容易积水内涝。

二、城市内涝问题综合防治措施分析

在城市建设管理环节，要实现良好的内涝防治效果，需要在防治措施方面有效优化，要体现出全面性、系统性和科学性，形成有效的城市排水防涝综合防治体系。要结合不同城市具体特点有效提出更具可行性的城市内涝问题综合防治措施，具体可从以下几个方面做起。

（一）充分做好调研分析，科学制定城市规划

深入调研与分析是城市内涝防治的重要基础工作。要全面了解城市的地理特征、气候情况、雨水排放系统等相关信息，分析城市内涝发生的原因和影响因素，以及城市发展的规划目标 and 需求。对城市排水管网、防洪设施、自然调蓄空间等进行排查，摸清城市防洪排涝设施薄弱环节和内涝积水风险区域。分析河道、排洪渠行洪能力，对山洪、风暴潮等自然灾害防洪安全风险进行研判评估等。通过充分调研与分析，以数据为基础，瞄准问题短板，科学合理编制国土空间规划和城市排水防涝规划，指导城市排水防涝体系建设。规划以“统筹兼顾、全面治理、理念先行、注重管理”为原则，与建设海绵城市、韧性城市要求相匹配，构建“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系，减少和消除城市内涝现象。规划要合理确定城市内涝防治标准、排水系统设计标准和海绵城市建设标准，使雨水管渠、泵站及附属设施建设标准达到经济有效的防洪排涝要求。内涝防治要做好城市竖向规划，合理确定场地及道路竖向高程，充分考虑雨水排放，降低内涝风险。要合理规划排水分区，布设排水管网和设置雨水排放口。要严格实行雨污分流，雨污混接的地区采用分流式改造逐步实现雨污分流。要合理规划涝水行洪通道，保证河、渠水系畅通，有足够的行洪断面。雨水排

放困难时要考虑设置雨水泵站等强排措施，确保积水能顺利排放。要全面贯彻落实“绿色城市”、“生态城市”规划设计理念和海绵城市、韧性城市建设要求，为城市更多“留白增绿”，减少径流量的产生，降低管道排水负荷从而减少内涝问题的发生^[2]。

（二）加强城市水系保护，实施水系综合治理

城市水系包括江、河、沟、渠，湖泊、水库和湿地等，可以蓄积雨洪，分流下渗，调节行洪，缓解“热岛效应”，对城市排水防涝至关重要。排涝与防洪又相互联系，必须做好衔接，构建区域流域洪涝统筹体系。首先要做好城市水系规划。河道、沟渠应保持排水畅通，水系连通，断面应满足行洪排涝过流量，水塘、湖泊应满足调蓄库容的需要，并预留超标径流的蓄滞空间，提高城市内部水文调节能力，发挥城市水系的综合功能。其次要加强水系保护。维持河湖自然形态，避免占用河湖、水库、水塘、蓄滞洪空间和破坏挤占排洪沟、渠等排涝通道。污水不能溢流直排，雨污管网不能错接混接，造成水体污染。另外，要加强水系修复治理。整治河道、湖塘、排洪沟、排洪渠，实施水系连通、污染治理、生态修复、河道清障、清淤疏浚、提升改造等工程，提升行洪排涝能力和增加雨水调蓄空间。要做好排洪沟渠、排水管网、雨水排放口、河道之间水位高程的衔接，避免发生排水不畅甚至倒灌^[3]。

（三）加强排水设施建设，提高排水防涝标准

对排水设施重点建设项目，应纳入城市排水防涝相关规划和内涝治理实施方案，科学规划、有序推进、加快实施，最终建成系统、完善、有效的城市排水防涝工程体系。查清排水现状、发现问题短板是排水设施建设改造的前提和重要基础。前期要开展排水管网普查，摸清城市地下排水管网分布情况，查清管道结构性和功能性缺陷以及雨污错接混接点；排查排涝通道、泵站、排水管网等存在的过流能力不足问题，排水口与接纳水体水力衔接潜在的洪水顶托、倒灌问题，排水防涝设施缺失、破损和功能失效等问题，以及排水管渠系统与河道排涝的能力及匹配、设施衔接情况。以准确的排查情况和数据，为排水防涝设施建设、改造提供支撑。首先要实施排水管网混接和雨污合流改造，实现管网雨污分流，做到“雨水入河、污水进厂”，杜绝雨污合流增加污水厂处理负荷，影响污水厂的正常运行，杜绝污水直排及合流制溢流，对水体造成污染。其次要对雨污管渠存在的破裂、变形、腐蚀、错口与渗漏等结构性缺陷和沉积、障碍物等功能性缺陷进行治理，采用经济合理的修复技术，修复损坏管道，进行管渠清理疏通，恢复提高其排水能力。再者要完善排水设施。加快排水管网建设，打通“断头管”和排水“瓶颈”，畅通排水系统。对于管径和断面较小，排水能力不足的管渠进行改造，增大过流断面，提高排水能力。尤其要加强排洪主干渠

的建设改造,形成快速良好的排涝通道。城市主干渠宜采用明渠,两侧可适当规划绿地,形成水系景观,暗渠不便于清淤维护,一旦形成泄洪瓶颈难以进行改造。对于城市低洼地或雨水排放受外水顶托,雨水自排不畅时,需考虑建设排涝泵站进行强排,确保强降雨期间雨水及时外排。同时,要“一点一策”实施城区易涝点和下凹立交、下沉隧道、城市低洼地等风险点的整治,消除内涝风险隐患。对地铁、建筑地下空间的出入口、通风口等重要点位,要采取防淹、防倒灌措施。对于城市山体,要加强生态治理,必要时规划建设截洪沟,防止山洪进城。

(四) 控制雨水源头减排, 加强雨水资源化利用

低影响开发(LID)是在城市开发建设中采用多种技术,维持场地水文特征不变,实现径流总量、峰值流量等控制目标,恢复或维持城市的“海绵”功能的城市雨洪管理理念。加快推进海绵城市建设,可以借鉴低影响开发的技术与做法。国土空间总体规划和各类专项规划应全面落实海绵城市建设理念,将雨水年径流总量控制率作为刚性控制指标,合理规划布局各类海绵城市有关工程措施。要将海绵城市建设纳入了一般工程项目最初的规划管控过程,全面落实海绵城市建设要求。重点在建筑小区、道路广场、公园绿地、河湖水系推进海绵城市建设,根据不同环境的实际情况,建设雨水花园、下沉式绿地、植草沟、绿色屋顶、透水铺装、雨水湿地、雨水塘、蓄水池、雨水罐等海绵设施,采用“渗、滞、蓄、净、用、排”等措施有效控制雨水径流,降低峰值流量,减少面源污染。排洪沟渠、河道等水系因城市开发建设被填埋或加盖的,必要时可予以恢复,以增加行洪能力和自然调蓄空间^[4]。同时要加强对雨水资源化利用。与绿色建筑、生态城市、生态小区建设相结合,落实新建项目雨水利用设施建设,通过屋面雨水集蓄系统、雨水截污与渗透系统、生态小区雨水利用系统等收集城市雨水,将雨水用作洒路、景观、绿化、洗车、冲厕等城市杂用水或经过自然或人工渗透设施渗入地下,补充地下水资源。雨水资源化利用既可以减轻市政排水压力,减少城市洪涝灾害,又能够通过涵养和补给城市地下水,有效增加水资源供给,改善城市生态环境^[5]。

(五) 提升城市管理水平, 加强应急能力建设

在城市内涝的防治中,应加强信息化技术的应用,建设智慧排水信息化管理平台,整合多方防洪排涝信息数据,利用现代信息技术,包括物联网(IoT)、云计算、大数据分析、人工智能(AI)、地理信息系统(GIS)等,对城市排水系统、易涝积水点进行全方位、综合性监测和管理,满足日常管理、运行调度、灾情预判、预警预报、防汛调度、应急抢险等功能需要,从而提高提高城市防灾减灾能力和安全保障水平。智慧

排水信息化管理平台可与城市信息模型(CIM)基础平台、国土空间基础信息平台深度融合和充分衔接,达到预防城市水患灾害和为经济社会建设提供全面、高效的信息服[6]。各部门要协调联动,齐抓共管,统筹推进城市内涝治理工作。要加强城市规划管理工作,严格依法执行相关规划,落实排水防涝设施和海绵城市建设要求,严守城市蓝线、绿线,保护山水林田湖草等自然调蓄空间。要加强排水设施的管理维护,落实城市排水防涝设施巡查、维护、隐患排查制度,加强城市河道疏通、管渠清淤、泵站维护,保障排水设施的完好畅通。对山体沟道、地下空间、人防设施、隧道涵洞和低洼地带等重点区域要做好风险管控,采取必要的防洪安全措施。对形成的内涝区域进行交通控制和安全警示,防止发生安全事故。同时,要加强应急能力建设。建立完善城市内涝防治抢险应急预案,有效应对风险。强化汛期“联防联控”,多部门信息沟通共享,加强监测预警,部门协同,联合会商,及时响应,构建多元化防灾减灾救灾联防联控格局。城区水系、排水设施与江河防汛要“联排联调”、“统一作战”,“厂网河(湖)一体化”管理,提升应急管理水平。要建设专业应急救援队伍,强化人员技能培训,开展抢险应急演练,配置抢险救援车辆、排水设备、通讯设备等必备装备和器材,提升内涝防治应急处置能力。

结束语

综上所述,城市内涝治理是一项复杂的系统化工程,也是一项长期性工程,要坚持以问题为导向,以规划为支撑,以项目为抓手,以韧性城市为目标,因地制宜,因城施策,建设完善高效的市内涝治理工程体系。同时还要充分运用现代科技,数智赋能,不断提升城市排水防涝管理水平,提升城市安全水平,推进城市高质量可持续发展。

参考文献

- [1] 孙永远, 李传书. 城市热岛效应对降雨量的影响[J]. 水利信息化, 2013(3): 12-15.
- [2] 马金明, 张义斌, 何婷, 等. 新形势下城市排水防涝规划编制与实施探讨[J]. 中国给水排水, 2023, 39(14): 32-37.
- [3] 张清, 骆文广. 河网水系对城市内涝防控的影响探讨[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(11): 58-61.
- [4] 张银, 姚佩. 海绵城市理念下低影响开发系统在市政道路排水设计中的应用[J]. 新疆有色金属, 2023, 46(2): 107-108.
- [5] 徐泽林. 基于城市雨水资源化的收集与利用研究[J]. 山西建筑, 2019, 45(07): 148-149.
- [6] 贾华峰, 马运成. 智慧排水系统设计与研究[J]. 智能城市, 2021, 7(24): 10-11.