

城市雨水系统与内涝风险管控分析

谷超 郑蓝迪

郑州市交通规划勘察设计研究院有限公司, 河南 郑州 450000

[摘要]随着城市化进程的加速,城市雨水系统与城市内涝问题日益突出。城市内涝的频繁发生严重影响人民群众的生产生活,并危及到人民群众的生命和财产安全。城市内涝主要是由于暴雨等极端天气引发的城市内水灾,而城市雨水系统是城市排水系统的重要组成部分,为了解决城市内涝问题,不可忽视城市雨水系统的建设与内涝风险的管控。下面将分析介绍一下城市雨水系统与内涝风险管控。

[关键词]雨水系统;城市内涝;内涝治理;排水防涝

DOI: 10.33142/ucp.v1i2.13598

中图分类号: TU992

文献标识码: A

Analysis of Urban Rainwater System and Flooding Risk Control

GU Chao, ZHENG Landi

Zhengzhou Transportation Planning Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, urban rainwater systems and urban flooding problems are becoming increasingly prominent. The frequent occurrence of urban flooding seriously affects the production and life of the people, and endangers their lives and property safety. urban flooding is mainly caused by extreme weather such as rainstorm, and urban rainwater system is an important part of urban drainage system. In order to solve the problem of urban flooding, the construction of urban rainwater system and the management and control of waterlogging risk cannot be ignored. We will analyze and introduce the urban rainwater system and flooding risk management below.

Keywords: rainwater system; urban flooding; flooding control; drainage and flooding prevention

1 城市雨水系统及内涝风险

1.1 城市雨水系统

城市雨水系统,又称城市雨水调控系统,它负责收集、储存和利用雨水。雨水系统通过雨水收集设备、储存设备和利用设备,有效地收集雨水,并将其储存和利用,解决城市雨水的排放和节约用水的问题^[1]。完善的雨水系统能合理调控城市地表径流,降低城市内河道行洪压力,改善城市水环境生态质量,对于城市的可持续发展非常重要。

城市雨水系统主要分为集流式雨水系统和渗透式雨水系统^[2]。集流式雨水系统通过排水管网将雨水收集至主要集水设施,再经过处理后进行排放或利用,适用于城市密集区域或地势较低的地区,能够有效收集和处理大量降雨水量,减少城市内部的洪涝风险;渗透式雨水系统通过调整城市地表和地下结构,促进雨水的渗透和自然循环,减少城市表面径流。适用于城市郊区、片区内部或建筑物屋顶等场所,能够提供地下水补给、改善地下水质量,减少城市地表径流和排水负荷。

城市雨水系统是一个涵盖雨水蓄集利用、调控排放、内涝防治、防洪减灾与污染减控等多方面内容的综合体系。通过各部分的协同作用,实现城市雨水资源的有效管理和利用,减轻城市雨水洪涝灾害和改善水生态环境,在节约水资源、减轻排水压力、保护生态环境、降低生产成本、

促进可持续发展等方面具有重要意义^[3]。

1.2 城市内涝风险

城市内涝的发生主要有以下几个方面:

(1) 气候变化:近年来,由于气候变化带来的极端天气事件频繁发生和强度加强,城市内涝的发生风险也会相应增加。其中暴雨是引发内涝的最主要原因,特别是在城市区域,由于雨水无法快速排出,容易造成内涝。

2023年7月30日,北京地区强降雨,以及同年九月广东的暴雨极端天气影响。郑州2021年7月20出现罕见持续强降水天气过程,全市普降大暴雨、特大暴雨,累积平均降水量449毫米,街道被水淹没,汽车和公共汽车被困水中,洪水涌入地铁。2021年9月1日美国纽约突发暴雨及2021年7月25日英国伦敦遭遇雷暴天气,暴雨引发严重的城市内涝,公共交通受阻,一些交通主干线被迫中断,部分医院停止接诊。

(2) 人类活动(地面下垫层的变化):城市化进程中的过度铺设城市硬化地面、拆除自然河道、建筑物密度增加等都会导致雨水无法渗透土壤,加剧内涝的风险^[4]。

城镇化快速推进,城市内的永久性建筑物、沥青(水泥)道路、广场等不断增加,使得城市不透水面积大幅度增加。雨水下渗减少,地表径流过程峰值增加,径流时间缩短、径流量增加,下垫面变化使得内涝的风险增加,外

防洪水的压力叠加后更增加了内涝风险。

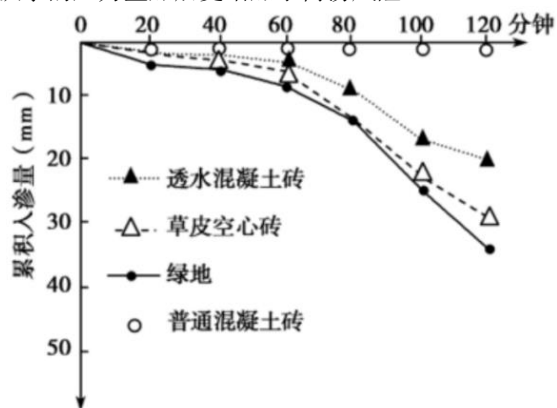


图1 不同类型地面的渗水能力

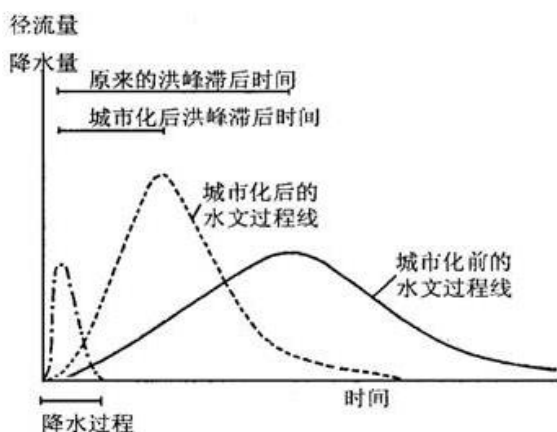


图2 城市化前后的洪峰历程

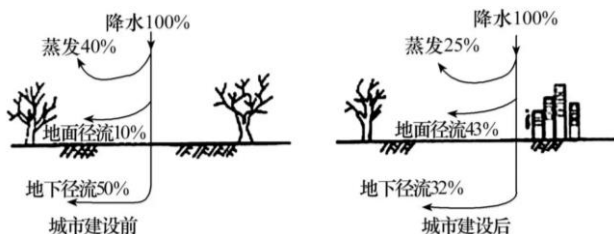


图3 城市化前后的降水排除方式

(3) 城市排水系统问题：主要体现在城市排水管网输水能力不足，人口密度高和管网覆盖率不足（易涝点较难消除）、管网不配套，干管与支管能力上不匹配，需要完善管网、管网破损严重，大量客水进入管网，管网的功能性能变差、管网基础设施标准偏低也是内涝发生的重要影响因素^[6]。

(4) 排水防涝设计标准问题：我国的城市建设一向是“重地表，轻地下”，一味地追求外表的华丽而轻视了地下各种排水设施的建设，从而使城市排水系统建设明显滞后城市的发展，旧的基础设施已经不能承担城市建成扩大后的负荷^[6]。其次就是城市现有排水系统暴雨重现期设计标准较低，根据《室外排水设计标准》可知：“城市中

心城市（一般地区）的排水设施设计暴雨重现期 $P=2-3$ 年，重要地区 $P=3-5$ 年”。而在城市排水设施设计过程中，受制于建设成本、建设用地等因素，导致设计暴雨重现期甚至比下限还要低。

2 城市雨水系统与内涝风险的关系

2.1 城市雨水系统对内涝风险的影响

当城市雨水管网建设不完善时，强降雨会导致雨水管道超负荷运行，致大量雨水无法及时排除，从而形成城市内涝。城市的下沉式广场、道路和永久性建筑物会使雨水汇集，从而增大雨水系统的压力，容易造成积水。若城市雨水系统规划不合理，会导致雨水设施不适应城市发展规模和环境变化，进而增加内涝风险。气候变化也会影响城市雨水系统的性能，如极端天气事件的频率和强度的增加，会加大城市内涝风险。

因此，完善城市雨水系统、加强排水设施建设、优化排水规划、提高城市防涝能力是降低内涝风险的重要措施。同时，在城市建设过程中应注重排水系统等基础设施的建设，提高城市的排水能力，减少内涝风险。

2.2 内涝风险对城市雨水系统的影响

城市内涝风险的存在会导致大量雨水无法及时排出，使城市雨水系统承受更大的负荷，导致排水设施超载、堵塞或损坏，从而降低系统的运行效率和排水能力。损坏的雨水系统会使排水更加困难，加剧内涝的程度。城市内涝时，雨水会混合污水，污染地下水和城市水体环境，这对城市环境和生态系统造成负面影响。内涝也会给城市的交通、居民生活和经济活动带来严重的影响。道路积水导致交通拥堵，居民生活设施受损，商业和工业活动受限，造成经济损失^[7]。

因此，降低内涝风险对于城市雨水系统的正常运行和城市的可持续发展至关重要。需要加强系统的监测和维护，提高系统的适应能力和韧性，以应对极端降雨事件，减少城市内涝风险对城市雨水系统的不利影响。

2.3 城市雨水系统与内涝风险的相互关系

城市雨水系统与内涝风险存在密切的相互关系。城市雨水系统的建设和运行状况直接影响内涝风险的大小，而内涝风险的存在也反过来对城市雨水系统的性能和效果产生影响。一个健全、高效的雨水系统可以降低内涝风险，减轻内涝带来的社会经济影响；而内涝风险的存在则需要通过加强雨水系统的建设和管理来应对。这需要综合考虑城市规划、排水设施、植被覆盖、气候变化等因素，以提高城市的排水能力和应对内涝风险的能力。

3 城市雨水系统优化与内涝风险降低

3.1 城市雨水系统优化策略

部署雨水收集设施：在城市中安装雨水收集设备，如雨水花园、雨水池等，用于收集和存储雨水。这样可以减少雨水流入下水道的数量，达到节约用水的目的。

建设雨水渗透系统: 在城市道路、公园等空地上建设雨水渗透系统, 雨水通过渗透井、沉淀池等方式自然渗透地下, 补充地下水资源, 可以降低地面雨水径流, 减轻洪涝风险, 促进地下水补给。

实施雨水保留政策: 在城市规划和施工中, 要求建筑物和道路等硬化面积设置雨水保留设施, 如绿化带、花坛、透水铺装等, 以便将雨水留存在地表, 减少径流。

加强城市绿地建设: 增加城市绿地面积和植被覆盖率, 可以增加蒸发和蒸腾作用, 降低地表温度, 提高空气质量, 减少洪涝风险, 促进水循环。

发展雨水利用技术: 利用雨水供应非饮用水, 如用于冲厕、浇灌、清洗等, 可以减少对自来水的的需求, 降低水资源消耗, 实现雨水资源的综合利用。

引入自然工程技术: 通过构建湖泊、河道、湿地等自然工程来调节水体和雨水径流, 提高城市抵御洪涝的能力, 并改善城市生态环境。

提高水资源管理和监控能力: 建立科学的水资源管理制度, 包括雨水监测、水质监测和水资源分配等, 确保有效管理和合理利用城市雨水资源。

3.2 城市内涝风险降低方案

河道疏浚和排水管道清理: 定期对城市河道进行疏浚, 清理排水管道, 确保水流的顺畅流动, 减少雨季积水的可能性。

沼泽湿地复原与建设: 利用沼泽湿地等生态工程, 增加城市的水体自净能力和水源补给功能, 吸收和存储雨水, 减少城市涝灾。

智能排水系统: 采用智能监测、控制和管理技术, 实时监测雨水排水情况, 通过智能控制系统调整排水设施的运行, 在雨季能够更加高效地排水, 降低内涝风险。

雨水渗透和透水铺装: 在城市道路和公共场所铺设透水铺装材料, 增加雨水渗透的能力, 减少地面雨水径流, 降低内涝风险。

加强城市规划和土地利用: 在城市规划中合理安排土地利用, 避免大面积的水泥、沥青等硬质化面积的设置, 增加绿地和湿地等地表覆盖, 提高雨水的渗透能力。

加强预警和应急管理: 建立完善的城市内涝预警系统, 及时监测气象和水文数据, 对可能发生内涝的区域进行预警和应急处置, 减少损失和影响。

提升公众意识和参与度: 加强对城市内涝风险的宣传和教, 提高公众对内涝的认识和应对能力, 鼓励居民积极参与城市内涝防治的行动。

4 案例分析

4.1 城市内涝风险管控案例

哥本哈根(丹麦)暴雨管理规划总体策略以蓝绿措施为核心, 相比传统方案进一步减少设施和管道建设, 采用精细化、人性化的绿地和水域空间设计, 合理组织城市地表径流, 削减特大暴雨对居民生活的影响, 更易于建设实

施的同时创造了直接和间接社会效益^[8]。

(1)绿色街道方案: 对于无中央绿化带的城市道路, 可以通过改变道路横断面的坡向, 建设V形的城市道路断面将传统街道改造为暴雨适应性街道。这种改变不仅减少了道路所占的空间, 也增加了道路的滞水能力, 更能够减少行人涉水, 可以同时满足日常使用与应对极端暴雨天气的需求。

(2)城市道路及广场改造方案: 由城市规划师、市政工程师、景观工程师和建筑师等组成联合工作团队, 根据实施节点的实际情况, 从而选择合理的技术手段, 开展精细化设计工作改造绿地、道路、广场。进一步优化绿地和广场地面空间利用, 形成景观宜人且兼具蓄滞功能的雨水花园; 进一步优化道路竖向及路侧绿带功能, 形成有组织的径流排放并就地存蓄和净化。

(3)城市现状坑塘改造方案: 将现状的低洼坑塘改造为市民可达的多功能水岸公园, 维持并改良了现状城市结构的基础上, 既创造了生物栖息地、沙滩和多样化休闲空间, 同时也可以极端天气状况下, 暂时容纳大量的涝水, 保障周边区域免受内涝灾害。

4.2 城市雨水系统优化案例

城市	项目名称	雨水系统优化措施
上海浦东新区	雨水利用及调蓄项目	项目采用雨水收集、处理、利用和排放一体化的方式, 利用雨水调蓄设施储存雨水, 并在雨季将储存的雨水用于绿化浇灌、道路清洗等, 减少了对市政供水的需求。同时, 该项目还加强了雨水管网的改造和优化, 提高了排水系统的效率。
广州番禺区	雨水综合利用系统	该系统通过建设雨水收集池、雨水湿地、雨水调蓄设施等设施, 将雨水收集、处理和利用, 减少了雨水对环境的污染, 同时也提高了雨水的利用效率。
深圳市南山区	雨水花园项目	该项目通过在街道两侧建设雨水花园, 收集雨水并进行净化, 同时为植物提供水分。这种雨水花园不仅美化了环境, 还减少了雨水对道路的冲刷。
纽约市布鲁克林公园	雨水花园	通过建设雨水花园和绿色屋顶, 收集和净化雨水, 降低径流污染和内涝风险。雨水花园采用多层次植物配置, 以提高雨水滞留和渗透能力, 同时为当地居民提供休闲空间。
伦敦市巴特西公园	雨水花园	该项目通过修建雨水花园来减少公园内的径流污染, 并缓解城市内涝问题。项目采用自然排水系统, 通过植被、砂石等天然材料对雨水进行过滤和净化, 提高雨水质量。同时, 雨水花园为当地居民提供了绿色空间, 提升了生活质量。
澳大利亚墨尔本	雨水花园	该项目通过在市区建设雨水花园和绿色屋顶, 收集和利用雨水, 降低城市内涝风险。雨水花园采用当地适生的植物, 以提高雨水滞留和渗透能力。此外, 该项目还与教育、科研相结合, 提高公众对雨水管理理念的认识。
加拿大温哥华	雨水花园	该项目采用绿色基础设施建设策略, 通过建设雨水花园、绿色屋顶和植被浅沟等措施, 收集、处理和利用雨水。这些设施不仅降低了城市内涝风险, 还美化了城市环境, 提高了生态效益。

由上述案例可知,城市雨水系统优化是国际性的课题,通过采用绿色基础设施、雨水收集和利用设施等手段,可以有效缓解城市内涝问题,提高城市排水系统的性能和生态效益^[9]。

5 结论与建议

城市雨水系统与内涝风险管控分析是一个重要的课题。通过分析内涝风险成因,提出相应的管控策略,并以国内外典型案例进行分析,为我国城市内涝风险管控提供借鉴。未来,我国应继续加强城市雨水系统建设,提高排水能力,完善内涝预警与应急响应体系,充分利用雨水资源,加强生态基础设施建设,科学规划与管理,以降低内涝风险,保障人民群众生命财产安全。

[参考文献]

- [1]陈思.内涝治理系统化实施方案的外部衔接研究[J].中国市政工程,2023(6):54-57.
[2]刘博文.老旧小区雨水系统海绵城市改造设计研究[J].中外建筑,2018(7):107-109.
[3]张伟,庄子孟,孙慧超,等.我国城市内涝风险图编制关

- 键问题及研究展望[J].水资源保护,2023,39(5):58-68.
[4]杨智勇,牛健植,樊登星等.基于SWAT和PLUS模型的窟野河流域径流对土地利用变化的响应及预测[J].水土保持学报,2024,38(1):289-299.
[5]焦胜,马伯,黎贝.中国城市内涝成因和防控策略研究进展[J].生态经济,2019,35(7):92-97.
[6]耿莎莎.基于城市规划视角下的城市内涝防治研究[D].兰州:兰州大学,2013.
[7]付超.基于SWMM模型的邯郸某区城市内涝模拟研究[D].河北:河北工程大学,2020.
[8]Hvilshøj,S.,Lund,A.A.,Goring,atel.CopenhagenCloudburstConcretizationPlan,Danmark[J].LandscapeArchitectureFrontiers,2016,4(5):54-67.
[9]朱宴青.试论城市建筑的雨水收集与再利用[J].美与时代(城市版),2018(12):35-37.
作者简介:谷超(1997.8—),助理工程师,主要从事市政给排水设计。