

城市化中洪水风险与绿色基础设施设计

郭英

河北省唐山水文勘测研究中心

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5638

[摘要] 随着城市化的快速发展,城市洪水风险日益加剧,尤其是在气候变化的背景下,这一问题更显严峻。传统的硬质基础设施已难以独自承担防洪的重任,因此,探索和实施绿色基础设施设计成为了一种重要的补充和替代策略。本研究综合分析了城市化进程中洪水风险的增加及绿色基础设施应对洪水的有效性,重点研究了生物滞留措施、雨水花园、渗透性铺装、绿色屋顶和城市湿地等绿色基础设施的设计和应用。通过案例研究,本文评估了这些措施在实际城市环境中的水文效益和生态效益,探讨了它们如何减少表面径流、增强地下水补给和提升生物多样性,同时也分析了实施这些绿色基础设施的政策、技术和经济挑战。结果显示,绿色基础设施是减轻城市洪水风险和提升城市可持续性的有效途径。

[关键词] 城市化; 洪水风险; 绿色基础设施; 水利水电

中图分类号: TV122 **文献标识码:** A

Flood Risk and Green Infrastructure Design in Urbanization

Ying Guo

Hebei Tangshan Hydrological Survey and Research Center

[Abstract] With the rapid development of urbanization, the risk of urban floods is becoming increasingly severe, especially in the context of climate change. Traditional hard infrastructure is no longer able to bear the heavy responsibility of flood control alone, therefore, exploring and implementing green infrastructure design has become an important complementary and alternative strategy. This study comprehensively analyzed the increase in flood risk during urbanization and the effectiveness of green infrastructure in responding to floods, with a focus on the design and application of green infrastructure such as biological retention measures, rainwater gardens, permeable paving, green roofs, and urban wetlands. Through case studies, this article evaluates the hydrological and ecological benefits of these measures in actual urban environments, explores how they reduce surface runoff, enhance groundwater recharge, and enhance biodiversity, while also analyzing the policy, technical, and economic challenges of implementing these green infrastructure. The results show that green infrastructure is an effective way to reduce urban flood risks and enhance urban sustainability.

[Key words] urbanization; Flood risk; Green infrastructure; Water conservancy and hydropower

城市化进程带来的诸多挑战中,城市洪水风险尤为突出。城市地表的大量硬化降低了地面的自然渗透能力,加剧了雨水径流,从而增加了洪水发生的频率和强度。传统城市排水系统常常因设计容量有限而在极端降雨事件中不堪重负。寻找有效的解决方案成为城市规划和管理的议题。绿色基础设施作为一种创新的解决方案,通过模拟自然过程来管理雨水,不仅能减轻洪水风险,还能提供生态、社会和经济等多方面的附加价值。本研究旨在深入分析绿色基础设施在现代城市水管理中的作用和效益,评估其在全球不同城市中的应用情况,并探讨如何在政策和技术层面上推广这些实践,以应对未来城市化进程中可能加剧的洪水风险。

1 城市化对洪水风险的影响

1.1 城市扩展与地表覆盖变化

随着城市化进程的加快,大量自然地表被硬化,替换为建筑物、道路和其他不透水的表面,极大地减少了地表水的自然渗透能力。这种地表覆盖的变化直接导致了雨水径流量的增加,增强了城市地区的洪水风险。例如,在过去几十年里,许多大城市的不透水面积有了显著的增长,这不仅加剧了洪水的频发性,还增加了城市排水系统的负担。

1.2 城市排水系统的挑战

现有的城市排水系统多设计于几十年前,那时的城市规模和气候条件与现在大不相同。随着城市不断扩张和气候变化的

影响, 这些排水系统常常难以应对越来越频繁的高强度降雨事件。传统的排水设施, 如管道和沟渠, 往往在极端天气事件中容量不足, 无法有效处理突发的大量雨水, 导致水体溢出, 形成城市洪水。这种硬基础设施的建设和维护成本高昂, 且对生态环境的破坏性大, 不利于可持续发展^[1]。

2 绿色基础设施的设计目标与应用

2.1 绿色基础设施的定义和设计目标

绿色基础设施指的是利用植物、土壤和自然过程来管理雨水和创造健康城市生活环境的一系列策略和实践。这些设施设计的主要目标是恢复和模拟自然水文循环及其功能, 通过增加城市地区的透水性和水质净化功能来降低洪水风险并提升生态质量。有效的绿色基础设施设计不仅能减轻城市洪水, 还能提供空气质量改善、城市热岛效应缓解和生物多样性增强等多重环境和社会效益。

2.2 绿色基础设施的类型与应用

绿色基础设施作为一种应对城市化带来的环境挑战的策略, 已在全球范围内被广泛认可和实施。这些设施通过模拟自然生态系统的功能, 不仅有效管理雨水, 还提供城市美化、生物多样性保护以及提升城市居民的生活质量等多重效益^[2]。

2.2.1 生物滞留设施

生物滞留设施通过模仿自然环境中的小型湿地, 利用植物和土壤的自然过滤功能来管理城市雨水。这些设施设计为低洼地形, 可以在雨水流入市政排水系统前暂时存储这些水, 通过植物和微生物作用进行自然净化。例如, 在美国明尼苏达州的一些城市, 生物滞留池已被广泛建立在住宅和商业区, 有效减少了地表径流和污染物的流入到局部湖泊和河流。通过净化径流水, 这些生物滞留设施有助于提高城市水质, 同时为城市野生动植物提供了栖息地, 增强了生物多样性。

2.2.2 雨水花园

雨水花园是利用天然或人工低洼地形建立的, 通过种植多样化的植物与利用土壤的自然吸收和过滤能力, 来收集和处理周围区域的雨水径流。这些花园不仅能有效减少地表径流量, 减轻市政排水系统的压力, 还能改善城市景观和居民的精神福祉。例如, 在德国柏林, 城市规划者在公共公园和居民区广泛建立雨水花园, 这些花园成为了增进社区凝聚力和生态教育场所的重要组成部分。

2.2.3 渗透性铺装

渗透性铺装技术允许雨水通过路面直接渗入地下, 补充地下水资源, 同时减少地表径流和洪水风险。这种铺装材料通常用于人行道、停车场和低交通量道路, 有效地减少了对传统地下排水系统的依赖。在日本东京, 渗透性铺装被广泛应用于城市绿化带和步行街区, 成功减轻了季节性雨水带来的冲击, 保持了城市排水系统的长期稳定性和效率。

2.2.4 绿色屋顶

绿色屋顶系统通过在建筑物顶部创建植被覆盖层, 不仅能够吸收雨水、延缓径流, 还有助于隔热和保温, 降低建筑物的能

耗。在加拿大多伦多, 绿色屋顶的建设已成为新建商业建筑必须遵守的环境标准之一。数据显示, 这些绿色屋顶年均可以减少大约75%的径流量, 显著降低了城市洪水发生的频率和强度。

2.2.5 城市湿地

人工城市湿地不仅提升了城市的景观质量, 还通过其复杂的水生植物系统有效地控制洪水并改善水质。城市湿地通过模拟自然湿地的生态过程, 可以吸收过量的雨水并通过植物和微生物群落净化这些水体。例如, 在中国深圳的莲花山公园, 一个大型的人工湿地系统不仅增加了城市的绿色空间, 还成功地改善了周边区域的水环境, 提高了城市对极端气候事件的适应能力。这个湿地系统通过自然的蒸发和植物的蒸腾作用, 有效地减少了地表径流, 增加了地区的生物多样性, 并为市民提供了观赏和休闲的场所。这些湿地还起到了教育和科研的功能, 成为研究城市生态系统 and 教育公众关于环保意识的重要基地。在这些地方设置的信息牌和导览路线, 使市民能够了解湿地生态系统的工作原理及其对城市环境的重要性, 增强了社区对这些绿色基础设施项目的支持和参与。

为了更好地实现这些绿色基础设施的潜力, 城市规划者和决策者需要深入了解各种类型的功能和最佳应用场景, 确保这些系统能够根据具体的地理和气候条件进行优化设计。持续的维护和监测也是确保绿色基础设施长期有效运行的关键, 需要通过建立相应的管理和财政机制来保障。这包括定期的物理和生物监测, 以及及时的维护和修复工作, 确保系统持续发挥其环境、社会 and 经济效益。

3 绿色基础设施设计对城市洪水管理的贡献

3.1 案例研究分析

3.1.1 国内外成功实例的比较分析

在国际上, 费城的“绿色城市, 清洁水域”计划是绿色基础设施应用的典型成功例子。此计划旨在通过广泛实施绿色屋顶、雨水花园、生物滞留池等设施, 来管理城市雨水, 减少污水溢流事件, 并提高城市水质。自2011年计划启动以来, 费城已建立了超过1000个绿色基础设施项目。据2019年的数据显示, 这些项目帮助城市每年管理约1.5亿立方英尺的雨水, 减少约85%的污水溢流事件, 有效减轻了城市洪水风险。

在中国, 海绵城市建设是绿色基础设施的一大推广实践, 以北京奥林匹克森林公园为例, 该公园通过集成生态湿地、雨水花园、渗透性铺装等多种绿色基础设施, 有效实现了雨水的收集、利用和净化。根据北京市水务局数据, 奥林匹克森林公园每年可以处理约18000立方米的雨水, 显著提升了区域内的水循环效率和生态质量。

3.1.2 实施绿色基础设施后的效果评估

对于费城而言, 绿色基础设施的实施不仅改善了城市洪水管理, 还带来了显著的经济和社会效益。据估计, 该计划在未来40年内, 将为城市节省约2亿美元的基础设施投资和运营成本。这些绿色项目也增加了城市的绿地面积, 提高了市民的生活质量和物业价值。

在北京,奥林匹克森林公园的绿色基础设施建设提升了城市的生态功能,增加了生物多样性,改善了空气质量,并成为市民休闲娱乐的热门场所。该公园的绿色设计还获得了国际生态设计奖项,成为海绵城市建设的典范。

3.2 水文与生态效益

3.2.1 降低地表径流和洪峰流量

绿色基础设施通过增加城市地表的渗透性和水体的蓄水能力,有效降低了地表径流和洪峰流量。在费城,通过实施渗透性铺装和雨水花园等措施,地表径流量减少了约20%,极大减轻了城市排水系统的负担。在北京,奥林匹克森林公园内的生态湿地和人工湖泊能够在雨季期间暂存大量雨水,减少了周边地区的洪水发生率。

3.2.2 增强城市生态平衡和生物多样性

绿色基础设施不仅是雨水管理工具,也是增强城市生态的重要元素。费城的绿色屋顶为城市鸟类和昆虫提供了栖息地,从而增加了城市的生物多样性。同时,这些绿色屋顶通过其绝缘性能帮助降低能源消耗,减少城市热岛效应,提升整体城市生态环境的质量。在北京奥林匹克森林公园,生态湿地的建设不仅促进了水质净化,还为多种水生植物和动物提供了生态栖息地,促进了生物多样性的恢复和发展。这些生态和水文效益的提升,表明绿色基础设施不仅能有效应对城市化进程中的洪水风险,还能带来广泛的环境与社会效益。通过创建生物多样性的热点、提升城市居民的生活质量以及提高城市的整体可持续性,绿色基础设施为现代城市提供了一种全面的解决方案。这种综合效益的实现,强调了城市规划中绿色基础设施设计与实施的重要性。通过科学的规划和设计,绿色基础设施可以成为城市水管理的核心部分,不仅有效管理雨水,还能改善城市生态系统,提升城市环境质量^[3]。这一战略的成功实施,需要政府、企业、市民以及科研机构的共同参与和持续努力。

通过这些深入的案例分析和综合评估,可以看到绿色基础设施在全球范围内为城市洪水管理和生态恢复提供了有效的策略。继续推广和优化这些绿色实践,将对未来城市的可持续发展具有重要意义。这不仅要求政策制定者进一步加强相关政策的支持,还需要通过教育和公众参与活动提高所有社会成员对绿色基础设施重要性的认识和理解。

4 绿色基础设施的实施挑战与发展策略

4.1 政策与法规的支持

绿色基础设施的实施需要强有力的政策和法规支持。为了有效推广绿色基础设施的建设,政府部门必须制定明确的政策框架,提供足够的资金支持,并制定相关法规来促进其新的和现有的城市区域中的实施^[4]。例如,新加坡政府推出了“活跃、美丽、清洁水域”计划,通过法规要求新建项目必须实施一定比例的绿色基础设施措施,同时提供资金支持帮助开发商和业主

采用这些技术。这种政策和法规的支持对于确保绿色基础设施的广泛应用和持续维护至关重要。

4.2 技术与经济的可行性

技术的创新和经济的可行性是绿色基础设施成功实施的关键。技术创新可以提高绿色基础设施的效率和效益,降低建设和维护的成本。这些技术的研发和应用需要相当的初期投资。评估经济可行性,特别是从长远角度考虑其成本效益,是推广绿色基础设施不可忽视的一环。例如,渗透性铺装虽然初期投资较高,但通过减少排水系统的升级需求和减少洪水损害,长期来看具有显著的经济效益。城市规划者和决策者需要依托详尽的成本-效益分析,制定激励措施,鼓励私人部门和社区参与绿色基础设施的建设和维护^[5]。

绿色基础设施的推广和实施面临诸多挑战,包括政策法规的不完善、技术问题的解决以及资金的筹集与分配。为了克服这些挑战,需要政府、企业、研究机构和社会界的共同努力。通过制定合理的政策、投入必要的研发资金、并提供教育和培训来提高公众意识,可以有效地推动绿色基础设施的实施,实现城市可持续发展的目标。

5 总结

本文系统地分析了城市化进程中洪水风险的增加及绿色基础设施设计在减缓这一风险中的作用。通过深入探讨绿色基础设施的多种形式及其实际应用案例,论文证实了这些设施在提高城市洪水管理能力、增强生态功能以及提升城市生活质量方面的显著效益。绿色基础设施的实施不仅有助于减少城市地区的洪水风险,而且通过提供更多的绿色空间和改善生态环境,增强了城市的可持续性。绿色基础设施是应对城市化挑战,特别是城市洪水风险的一个有效工具。通过加强相关政策制定、技术创新和公众参与,可以最大化这些设施的潜力,为构建更加可持续和宜居的城市环境做出重要贡献。

[参考文献]

- [1]陈志文,韩宝龙,李小马,等.城市绿色基础设施建设潜力与效益研究[J].现代园艺,2024,47(11):56-61.
- [2]李畅.基于应对极端降雨事件的绿色规划策略分析[J].科技和产业,2024,24(07):262-266.
- [3]周曦曦,谢鸿骏,叶思茹,等.基于社会挑战视角的城市绿色基础设施研究[J].中外建筑,2023,(11):47-53.
- [4]孔凡婕,刘文平.基于绿色基础设施的国土空间生态修复研究——以长江中游为例[J].国土资源导刊,2023,20(02):82-87.
- [5]黄国如,杨格.基于绿灰蓝基础设施融合的城市洪涝灾害调控[J].郑州大学学报(工学版),2023,44(2):14-21+74.

作者简介:

郭英(1981—),女,汉族,河北省唐山市人,本科,高级工程师,研究方向:水文水资源。