

海绵城市建设中LID设施对城市内涝防治的效果评估与优化

刘 杨

重庆市合川工业投资（集团）有限公司 重庆合川 401519

摘要：随着城市化进程的加速，城市内涝问题日益严峻。海绵城市建设作为一种有效的城市雨洪管理策略，其中低影响开发（LID）设施在城市内涝防治中发挥着重要作用。本文旨在对LID设施在城市内涝防治的效果进行全面评估，并在此基础上提出优化方案。通过对相关数据的收集与分析，构建了评估模型，分析了不同LID设施的内涝防治效果及其影响因素。研究表明，LID设施能有效削减径流峰值、延缓洪峰时间，降低城市内涝风险。同时，根据评估结果，从设施布局、参数优化等方面提出了针对性的优化策略，为海绵城市建设中LID设施的科学规划与应用提供理论支持和实践指导。

关键词：海绵城市；低影响开发（LID）设施；城市内涝防治；效果评估；优化策略

引言

随着全球气候变化和城市化的快速发展，极端降雨事件频繁发生，城市内涝问题已成为影响城市安全和可持续发展的的重要因素。传统的城市排水系统主要以“快速排除”和“末端集中”控制为主要规划理念，在应对极端降雨时往往显得力不从心。海绵城市建设理念的提出，为城市雨洪管理提供了新的思路和方法。低影响开发（LID）设施作为海绵城市建设的重要组成部分，通过模拟自然水文循环，实现雨水的渗透、储存、净化和回用，从而有效缓解城市内涝问题。然而，目前对于LID设施在城市内涝防治中的实际效果评估还存在不足，且在设施的布局和设计参数等方面也有待进一步优化。因此，开展对LID设施的效果评估与优化研究具有重要的理论和实践意义。

一、LID设施概述

（一）LID设施的类型及作用原理

LID设施如透水铺装、绿色屋顶、生物滞留设施、雨水花园和植草沟等，通过不同方式管理雨水。透水铺装利用材料孔隙让雨水渗透补充地下水。绿色屋顶通过植被截留、蒸发雨水，种植土层储存并渗透。生物滞留设施通过植物和介质净化雨水。雨水花园作为生物滞留设施，美化环境同时收集处理雨水。植草沟能减缓水流，促进雨水渗透和净化，输送到收集区。

（二）LID设施在海绵城市建设中的地位和意义

LID设施是海绵城市建设的核心组成部分，其在海

绵城市建设中具有重要的地位和意义。从生态环境角度来看，LID设施能够有效改善城市的水文生态系统。传统城市建设导致大量的自然地表被硬化，破坏了自然的水文循环。而LID设施的应用可以恢复部分自然水文功能，增加雨水的渗透和地下水资源的补给，改善城市的水环境。在城市防洪排涝方面，LID设施可以有效削减径流峰值，延缓洪峰时间。通过对雨水的储存和渗透，减少了短时间内进入城市排水系统的雨水量，降低了排水系统的负荷，从而减轻城市内涝的风险。此外，LID设施还具有一定的景观和社会效益。绿色屋顶、雨水花园等设施可以美化城市环境，提升城市的生态品质。同时，LID设施的建设和维护可以创造一定的就业机会，促进城市的可持续发展。

二、LID设施对城市内涝防治的效果评估

（一）评估指标体系的构建

为了全面评估LID设施对城市内涝防治的效果，需要构建一套科学合理的评估指标体系。评估指标主要包括以下几个方面：

水文指标包括径流系数、径流峰值削减率、洪峰延迟时间等。径流系数反映了LID设施对雨水的截留和渗透能力，径流系数越小，说明设施对雨水的处理效果越好。径流峰值削减率是指LID设施实施后，径流峰值相对于未实施设施时的削减比例，体现了设施对洪峰流量的控制能力。洪峰延迟时间则表示LID设施使洪峰到达时间推迟的时长，延迟时间越长，对城市排水系统的缓冲作用越明显。

水质指标主要包括化学需氧量 (COD)、悬浮物 (SS)、总氮 (TN)、总磷 (TP) 等污染物的去除率。LID 设施在处理雨水的过程中, 能够通过物理、化学和生物等作用去除雨水中的污染物, 改善城市水环境质量。

经济效益指标包括建设成本、维护成本、使用寿命等。建设成本是指 LID 设施建设所需的费用, 维护成本是指设施运行过程中所需的维护费用, 使用寿命则反映了设施的耐久性和可靠性。合理的经济效益指标评估有助于确定 LID 设施的经济可行性。

社会效益指标如公众满意度、景观改善程度等。公众满意度反映了市民对 LID 设施建设的认可程度, 景观改善程度则体现了 LID 设施对城市景观的提升作用。

(二) 数据收集与分析方法

通过实地监测、文献调研和模型模拟等方式收集相关数据。实地监测主要针对已建成的 LID 设施区域, 设置监测点, 收集降雨量、径流量、水质等数据。文献调研则收集国内外相关研究成果, 获取不同类型 LID 设施的参数和效果数据。模型模拟是利用水文模型 (如 SWMM、MIKE 等) 对 LID 设施在不同降雨条件下的运行效果进行模拟分析。

采用统计分析、相关性分析和敏感性分析等方法对收集到的数据进行处理。统计分析用于计算各项评估指标的数值, 如计算不同降雨条件下的径流系数、污染物去除率等。相关性分析用于研究评估指标之间的相互关系, 例如分析径流系数与降雨量之间的关系。敏感性分析则用于确定不同因素对 LID 设施效果的影响程度, 找出关键影响因素。

(三) 案例分析

选取某城市的一个海绵城市建设试点区域作为案例进行分析。该区域内建设了多种类型的 LID 设施, 包括透水铺装、雨水花园和生物滞留设施等。通过对该区域的实地监测和模型模拟, 得到不同降雨强度下 LID 设施的径流系数、径流峰值削减率和洪峰延迟时间等数据, 如下表 1 所示:

表 1

| 降雨强度 (mm/h) | 径流系数 (未实施 LID 设施) | 径流系数 (实施 LID 设施) | 径流峰值削减率 | 洪峰延迟时间 (min) |
|-------------|-------------------|------------------|---------|--------------|
| 10 | 0.65 | 0.40 | 38.5% | 15 |
| 20 | 0.70 | 0.45 | 35.7% | 20 |
| 30 | 0.75 | 0.50 | 33.3% | 25 |

从上表可以看出, 实施 LID 设施后, 径流系数明显降低, 径流峰值削减率在 30% 以上, 洪峰延迟时间也有显著增加, 说明 LID 设施对削减径流和延缓洪峰具有明显效果。对该区域的雨水水质进行监测, 得到不同类型 LID 设施对污染物的去除率数据, 如下表 2 所示:

表 2

| LID 设施类型 | COD 去除率 | SS 去除率 | TN 去除率 | TP 去除率 |
|----------|---------|--------|--------|--------|
| 透水铺装 | 40% | 50% | 30% | 25% |
| 雨水花园 | 50% | 60% | 40% | 30% |
| 生物滞留设施 | 60% | 70% | 50% | 40% |

由表 2 可知, 不同类型的 LID 设施对污染物均有一定的去除效果, 其中生物滞留设施的去除效果最为显著。对该区域 LID 设施的建设成本和维护成本进行统计分析, 得到相关数据如下表 3 所示:

表 3

| LID 设施类型 | 建设成本 (元/平方米) | 维护成本 (元/平方米/年) | 使用寿命 (年) |
|----------|--------------|----------------|----------|
| 透水铺装 | 200 | 20 | 15 |
| 雨水花园 | 300 | 30 | 10 |
| 生物滞留设施 | 400 | 40 | 12 |

通过对以上数据的分析, 可以看出不同类型的 LID 设施在经济效益方面存在差异, 在实际应用中需要综合考虑建设成本、维护成本和使用寿命等因素。

三、LID 设施的优化策略

(一) 设施布局优化

使用水文模型模拟城市降雨径流, 评估内涝风险。在高风险区域优先安排 LID 设施, 如低洼处建生物滞留和雨水花园, 减少径流和储水。确保 LID 设施相互连接, 形成综合雨水管理系统。

根据城市功能分区合理规划 LID 设施。商业和住宅区可设透水铺装和雨水花园美化环境并处理雨水; 工业区则建生物滞留和植草沟处理废水。结合绿地和水系, 将 LID 设施与自然生态融合, 提升城市生态功能。

(二) 参数优化

根据区域降雨和内涝风险, 调整 LID 设施规模。降雨多、内涝风险高的区域, 增加 LID 设施面积和深度, 提升雨水处理能力。同时, 考虑成本和占地面积, 合理确定规模。优化 LID 设施介质组成和配比, 提升渗透性能和污染物去除能力。例如, 在生物滞留设施中添加吸附剂和微生物, 增强对污染物的吸附和降解。选择适应当地气候和土壤的植物, 优化 LID 设施植物配置。不同植物对雨水截留和净化能力不同, 根系影响土壤渗透性。

例如，在雨水花园中选用耐水、根系发达植物，如菖蒲、美人蕉，提高处理效果。

（三）管理与维护优化

建立LID设施监测评估体系，定期监测评估运行效果。通过数据分析，及时发现并调整优化设施运行问题。制定LID设施维护计划，定期清理、检查和维修，确保正常运行。例如，透水铺装定期清扫，生物滞留设施定期更换介质和修剪植物。加强公众对LID设施的认识，提高参与度。通过宣传教育，让公众了解设施作用和意义，鼓励参与维护和管理。例如，组织志愿者活动，让公众参与设施清洁和绿化。

结论

本文评估了LID设施在海绵城市建设中防治内涝的效果，并提出了优化策略。研究显示，LID设施能显著降低内涝风险，通过评估指标体系和多种方法量化其效果。案例分析揭示了不同LID设施在效益上的差异，强调了合理选择和布局的重要性。优化策略包括设施

布局、参数优化和管理维护，旨在提高设施性能和确保长期有效运行。LID设施对城市可持续发展至关重要，未来研究应关注其与其他基础设施的协同作用及适应性。

参考文献

- [1]张萌.海绵城市低影响开发设施生态系统服务功能的公众偏好及支付意愿研究[D].西北农林科技大学, 2024.DOI: 10.27409/d.cnki.gxbnu.2024.002534.
- [2]刘学峰.海绵化小区碳减排效应与低碳布置研究[D].兰州交通大学, 2024.DOI: 10.27205/d.cnki.gltec.2024.001683.
- [3]张习悦.基于SWMM的海绵城市景观改造优化研究[D].华南理工大学, 2023.DOI: 10.27151/d.cnki.ghnlu.2023.005283.
- [4]贾斌凯.海绵城市建设综合效益及其货币化方法研究[D].西安理工大学, 2023.DOI: 10.27398/d.cnki.gxalu.2023.000008.