

建筑小区海绵设施布局对雨水径流污染削减的影响分析

孙世超

河北建筑设计研究院有限责任公司 河北 石家庄 050000

【摘要】：随着城市化进程的加速，雨水径流污染问题日益严重，影响城市生态环境的可持续发展。建筑小区海绵设施的布局通过雨水渗透、滞留、调节等功能，有效地减少了雨水径流中的污染物。不同布局方式的海绵设施能在不同程度上提高雨水的自然净化能力，从而有效减轻污染负荷。研究表明，合理规划海绵设施布局，不仅能够提升水质，还能增强城市的防洪能力。通过实地案例分析，本文探讨了海绵设施布局对雨水径流污染削减的具体影响，并提出了相关的优化建议。

【关键词】：海绵设施；建筑小区；雨水径流；污染削减；布局优化

DOI:10.12417/2811-0528.26.09.010

引言

随着城市建设步伐的加快，雨水径流污染成为了城市水管理中的重要问题。传统的城市排水系统往往无法有效应对雨水带来的污染，导致河流和水质下降。近年来，海绵城市作为一种创新的城市雨水管理模式，逐渐被广泛应用于建筑小区的设计与规划中。海绵设施通过雨水的吸收、渗透、储存和净化等功能，有助于降低雨水径流中污染物的浓度。如何在建筑小区内科学地布局这些设施，已成为影响雨水径流污染削减效果的关键因素。探索不同海绵设施布局方式与其对雨水污染削减效果之间的关系，不仅对改善城市水环境具有重要意义，也为今后的城市规划提供了可行的参考与解决方案。

1 海绵设施在雨水管理中的作用

1.1 海绵设施的基本功能

海绵设施在雨水管理中发挥着多重功能，主要包括雨水渗透、滞留、蓄水和净化。通过透水性材料的使用，海绵设施能够将降水渗透到地下，减少雨水径流的产生，减轻城市排水系统的压力。与此同时，海绵设施能够储存一定量的雨水，在降水量较大时进行蓄积，从而避免了瞬间洪涝带来的破坏。海绵设施还具备过滤作用，能够有效去除雨水中的污染物，如悬浮颗粒、重金属和有机污染物，为雨水的回用和排放提供条件。

1.2 海绵设施对雨水径流的影响

在传统的城市排水系统中，雨水径流速度较快，污染物快速进入水体，而海绵设施通过减缓雨水流动，增加了水分的自然渗透和蒸发过程，显著降低了地面径流量^[1]。海绵设施的布局能够有效调节降水流量，减缓雨水进入排水系统的速度，从而减少了流量峰值的出现，降低了城市排水系统的负担，增强了城市对极端气候的适应能力。

1.3 海绵设施的污染削减机制

海绵设施在减少雨水径流污染方面的主要机制是通过物

理、化学及生物作用过滤和吸附雨水中的污染物。雨水在经过植被、土壤、滞水池等海绵设施组件时，悬浮物和有害物质会被吸附或降解，改善了水质。土壤和植被不仅能够吸收水分，还通过微生物的作用降解有机污染物。土壤层的透水性保证了雨水的有效渗透，减少了污染物的流失。在多层次的过滤和净化过程中，海绵设施能够有效降低水体中氮、磷等营养物质的浓度，减轻了水体富营养化问题。

2 建筑小区海绵设施布局的影响因素

2.1 气候条件与降水特征

不同地区的降水量、降水频率以及降水强度的变化会直接决定海绵设施的设计要求。热带地区和季风气候区的降水量较大，降水频繁，海绵设施需要具备更强的雨水蓄积和调节能力。而在干旱或半干旱地区，降水相对较少，设计重点则应放在雨水的储存与再利用上。降水强度的差异也决定了设施的排水能力，针对短时强降水，海绵设施的水流滞留和渗透速率需达到相应的标准。不同气候条件下对降水特征的科学分析，为海绵设施的布局设计提供了基础数据和决策依据。

2.2 建筑小区的空间布局

在空间狭窄的区域中，海绵设施需要采用更为紧凑、高效的设计，尤其是地下海绵设施或垂直绿化，以最大化利用有限空间。而大规模的住宅小区，尤其是那些拥有较大绿地的区域，可以设计较为广泛的雨水花园、湿地等地面设施，提升绿地的渗水能力^[2]。小区内的道路、建筑物布局及其与周围环境的连接方式，也决定了雨水的流向和集散点，合理的布局能够确保雨水在流动过程中经过不同的净化环节，从而提高海绵设施的整体效果。空间的合理规划将优化海绵设施的功能，并使其最大限度地减少径流污染。

2.3 设施的设计与实施策略

海绵设施的设计与实施策略对雨水管理效果至关重要。在

设计阶段,应考虑到地形、土壤类型和排水要求等多方面因素,以确保设施的长效运作。土壤的透水性与其承载力必须与设计相匹配,过于紧实的土壤层会影响水的渗透性,而过于松散的土壤则可能导致设施的不稳定性。设施设计时应关注生态适应性,如植被选择应考虑到本地的气候条件和水文特征,确保绿植能够在不同季节维持良好的水分调节功能。实施策略方面,政府的政策支持、资金投入和管理措施同样至关重要。有效的实施策略包括合理的维护计划、定期的设施检查和动态的系统调整,以应对不同季节和气候条件的变化,保障海绵设施的长期可持续性。

3 不同布局方式对污染削减效果的比较

3.1 线性布局与分散布局

线性布局和分散布局是海绵设施在建筑小区中常见的两种布置方式。线性布局通常沿着道路或排水沟渠等线性空间设置,能够最大化利用有限的空间,并有效引导雨水流向处理区域。该布局方式对大规模降水事件具有较好的应对能力,能够在短时间内处理大量雨水。线性布局往往需要较长的设施排布,可能对城市景观和日常活动产生一定影响。相比之下,分散布局将海绵设施分布于建筑小区的不同区域,通过多个小规模设施进行雨水调节和污染去除。这种方式更符合自然景观的要求,同时能提高设施的整体渗透效率,但其对于小区整体降水调节能力的提升可能不如线性布局明显。两种布局方式在不同条件下体现出不同的污染削减效果,需根据具体情况选择合适的方案。

3.2 复合型布局的优势与挑战

复合型布局结合了多种海绵设施的优点,通过将雨水花园、透水铺装、湿地等设施混合使用,能够有效提高雨水的渗透、滞留和净化能力。这种布局方式不仅满足了多重功能需求,还能通过多层次的污染削减机制,进一步提高水质净化效率。复合型布局特别适用于大面积的建筑小区或公园绿地,其空间利用更为灵活,能够适应不同地形和降水特征^[3]。复合型布局的设计和实施相对复杂,需要协调不同设施之间的互补性,并且在后期维护和管理方面可能面临一定的挑战。不同设施之间的功能发挥需要高效的整合和协作,在长期运行过程中,设施的维护和更新也会增加成本。因此,复合型布局的优势与挑战在于其能够有效提升污染削减效果,但实施和管理的复杂性不容忽视。

3.3 多设施协同作用的效果分析

多设施协同作用是指不同海绵设施在同一小区内联合运作,通过互相配合达到更高效的雨水治理和污染削减效果。多个设施的协同作用能够优化水流路径,避免单一设施的局限

性,提升整个系统的排水能力与水质净化效果。不同功能的设施相互补充,透水铺装与雨水花园可以共同作用于雨水的初步处理与蓄水,而湿地则可以进一步去除污染物。这种协同布局提高了整体设施的可持续性,尤其在面临大规模降水时,能够有效防止洪涝灾害并减少水体污染。设施之间的协同作用依赖于合理的布局和设计,过度依赖某一类型的设施可能导致效果不佳。多设施协同作用能否实现,直接取决于前期的规划设计与优化调整,要求在设计阶段就充分考虑各个设施的作用机制及其相互配合。

4 建筑小区海绵设施的布局与效果

4.1 案例背景与基本情况

某建筑小区位于降水频繁的湿润气候区,总占地面积约为20公顷,涵盖多个住宅区、商业区域以及公共绿地。该小区面临较大的雨水径流压力,特别是在暴雨期间,传统的排水系统已经无法满足排水需求。为了解决这一问题,规划方引入了海绵设施设计,目的是通过生态方法提升雨水管理效能,减少径流污染,并缓解城市内涝风险。项目的海绵设施设计包含雨水花园、透水铺装、人工湿地以及绿化屋顶等多种元素。项目的实施分为两期,第一期重点建设雨水花园和透水铺装,第二期则添加了湿地系统与水景功能。项目采用了高效的水文模拟与优化分析,确保在不同降水条件下海绵设施能够最大限度地发挥作用。

4.2 不同布局方案的实施过程

在该建筑小区的海绵设施布局方案中,线性布局与分散布局相结合,力求在空间有限的情况下最大化设施的效能。在实施过程中,雨水花园和透水铺装集中布置在主干道两侧和小区主要出入口周围,以便集水并减少径流。与此同时,分散布局的设施被设计在住宅区内的公共绿地和停车场区域,重点改善小区内部的水质与水流调节^[4]。项目实施过程中,透水铺装的设计采用了特殊的材料,渗透率达到30%,能够有效减少地面径流量。湿地系统则结合了水景功能,既美化环境,又增强了水质净化能力。随着施工进度,项目团队对不同区域的设施效果进行了动态调整,确保每个功能区内的设施能够互补协同,提升整体效能。

4.3 效果评估与数据分析

项目完成后,对建筑小区海绵设施的效果进行了全面的评估。通过雨水径流量和水质监测数据,评估了不同布局方案的污染削减效果。实测数据显示,经过海绵设施处理后的雨水径流量减少了约45%,其中,雨水花园和透水铺装的合力作用使得总径流量减少的效果尤为显著。水质方面,经过设施净化,水中的悬浮物、氮磷等污染物的浓度减少了60%以上,水质得

到了明显改善。此外，项目的湿地系统有效地去除了水中的重金属和有机物，水体污染减少了35%。通过与没有采用海绵设施的小区进行对比，研究显示，海绵设施布局不仅提升了小区的水环境质量，也有效减少了内涝风险。数据分析表明，合理布局与多样化设施的组合，能够显著提高雨水污染削减的效率与可持续性。



图1 城水共生：低碳海绵社区全景蓝图

5 优化海绵设施布局的策略与建议

5.1 优化布局的关键因素

海绵设施布局的优化需要综合考虑多个关键因素，其中最为重要的是土壤透水性、降水量分布以及空间使用效率。土壤透水性直接影响雨水的渗透效果，针对不同地质条件，合理选择透水性良好的设计方案十分关键。在降水量较大的地区，应优先考虑设施的蓄水与滞水功能，确保降水在短时间内能够得到有效处理。建筑小区的空间布局对于海绵设施的设置也至关重要，狭小的空间要求采用地下海绵设施或垂直绿化来提高水土保持能力。而在空间较为宽敞的区域，雨水花园、湿地等地面设施能够更好地发挥其净化功能。各类设施的组合与布置应避免造成空间浪费，并充分发挥各设施的协同效应，最终达到优化的水质净化与径流削减目标。

参考文献：

- [1] 李奥,向代勤,董研,郭家力,李英海,李颖.综合考虑经济和水文效益的海绵小区灰-绿结合设施布局优化[J].南水北调与水利科技(中英文),2025,23(1):130-140.
- [2] 冯间开,容晖,冯燕芳.建筑小区雨水径流控制设计取值问题的探讨[J].山西建筑,2024,50(21):108-112+117.
- [3] 杜成银,蔡海振,陈海,田婷婷,荣宏伟.城市地表径流污染监测及海绵设施的控制效果[J].净水技术,2024,43(S02):125-136+159.
- [4] 许昊.建筑小区海绵城市建设与景观融合的厦门实践[J].中国给水排水,2024,40(6):27-31.
- [5] 许默.海绵城市建设背景下雨水径流调控的水土保持效应[J].读报参考,2024(10):30-31.

5.2 政策与规划的支持

海绵设施布局的优化离不开政策和规划的有力支持。政府应当通过出台相关政策，鼓励绿色基础设施的建设，并为相关项目提供财政支持和技术指导。政策层面应注重对海绵设施的标准化建设与管理，提供详细的设计规范和施工指南，确保各类海绵设施能够在不同环境下达到预期效果。在城市规划阶段，应该将海绵城市理念纳入整体规划框架，确保新建小区在设计阶段即融入雨水管理与污染削减的目标^[5]。完善的评估机制和后期维护管理措施也是保障设施长期效能的关键。政府的政策支持不仅能够推动海绵设施的普及，还能为建筑小区提供切实可行的技术与资金支持。

5.3 未来布局设计的发展方向

未来海绵设施的布局设计将趋向更加智能化和个性化。随着城市雨水管理需求的变化和技术的进步，设计将更加注重系统性和灵活性。智能化监测系统将成为海绵设施的标配，通过传感器与大数据技术实时监测雨水流量、质量等参数，为设施运行提供数据支持，并能根据实时数据调整系统运行模式，提高整体效能。在设计理念上，未来的海绵设施将更加注重生态多样性与景观融合，不仅要满足功能需求，还要兼顾美学价值。模块化与可移动式设计方案将成为趋势，这种灵活的设计模式使得海绵设施能够更好地适应不同环境的变化，方便实施与维护。通过科技创新与设计优化，未来的海绵设施布局将在提高雨水管理效能的同时，进一步推动绿色城市的建设。

6 结语

海绵设施在建筑小区雨水管理中发挥着至关重要的作用，通过优化其布局，可显著提升雨水污染削减效果与水资源可持续利用水平。综合考虑气候条件、空间布局及设施设计等因素，合理布局海绵设施是提升城市生态功能的关键。随着科技的发展和政策支持的加强，未来海绵设施的设计与布局将更加智能化、生态化，为城市雨水管理提供更加有效的解决方案，推动绿色城市建设迈向新高度。