

生物滞留设施在城市雨洪控制中的研究进展

闫文博^{1,2} 常飞³ 魏晓娜³ 朱敏³

1. 河北工程大学 能源与环境工程学院; 2. 河北省水污染控制与水生态修复技术创新中心; 3. 河北城翔市政工程设计院有限公司

摘要: 生物滞留设施是一项重要的海绵城市建设单项技术, 本文从填料基质、植物种植、调蓄空间和淹没深度、服务面积比或水力负荷几个方面阐述了目前国内外相关研究进展, 为生物滞留设施的进一步深入研究和应用奠定理论基础。

关键词: 海绵城市建设; 生物滞留设施; 城市雨洪控制; 研究进展

海绵城市建设是我国当前重点推行的一项国策, 在全国范围内如火如荼地开展。一般情况下, 海绵城市建设由诸多的单项技术措施以不同方式组合而成。其中, 生物滞留设施因其广泛适用性受到了许多工程师和研究者的关注。为进一步提高生物滞留设施的雨洪控制效能, 各地均开展了大量相关研究工作。目前, 关于生物滞留设施的研究多集中于基质种类、级配、高度, 植物种类、密度, 调蓄空间和淹没层高度, 服务面积比或水力负荷等方面。本文针对以上方面的相关研究进展进行评述。

一、填料基质

国外已有生物滞留设施的设计规范和填料的选择标准, 同时, 也对填料做了进一步改良。国外较早的设计规程推荐使用渗透性较好的自然土壤作为填料, 如壤质砂土、砂质壤土、壤土。而目前设计中较为推荐使用渗透性能良好的、以土壤为基底的、有一定有机质含量的填料混合物。但是, 国内大多仍借鉴国外研究经验对填料进行改良。早期, 设施内的填料比较单一, 主要为天然种植土, 它们的渗透性大多较好。随着相关研究和实践的发展, 混合填料成为生物滞留设施的推荐填料, 主要有沙、表层土和有机物料及改良剂的混合填料等。

二、植物种植

植物在生物滞留设施中作用显著, 植物选择应根据其生长习性、生理结构特性来满足生物滞留设施的功能需求。因生物滞留设施干湿期交替运行, 植物在具备耐涝特性的同时还能耐旱, 以度过较长的干旱期。对于无淹没区的生物滞留设施, 植物的耐旱特性尤为重要。纵深发达的根系, 可使植物充分吸收利用贮存在土壤中的水分, 使植物度过干旱期, 同时在有限水分条件下, 吸水多少由根系深度决定。同时, 根系结构对生物滞留设施的水力传导率具有显著影响。一般根系发达、须根粗壮的植物能通货膨胀、延伸等作用在土壤中形成大孔隙通道, 并能延伸至土壤表面形成优先流, 从而维持土壤的渗透性能; 而须根细短的植物则会占据土壤中的孔隙通道, 并形成“缠绕”作用而减小水力传导率。对于N和P, 根系发达与否会产生20%~37%的去除差异。

三、调蓄空间和淹没层高度

Le C S等通过柱形试验研究了生物滞留池系统长期的渗透特性, 得出土壤基质的渗透率在运行期间, 先降低后趋于稳定的态势, 当水力负荷的增加时, 渗透率下降的速率加快。Ryan J. Winston等通过对俄亥俄州东北部的3个低渗透土壤生物滞留池监测径流输入、排出、蒸发及渗出情况。得到有蓄水高度的三个生物滞留池对径流的削减分别为59%, 42%和36%, 在设计降雨强度为1年情况下, 生物滞留池的削峰率为24%~96%。Brown和Hunt通过对北卡罗来纳州2个设有不同淹没区深度、2个不同基质高度的生物滞留池长时间监控, 结果发现淹没区的高度对径流

量的削减较大, 而基质填充高度较大的生物滞留系统对径流的削减量更大。在运行一年后, 生物滞留系统只能削减年径流量的65%, 而在更换上层基质后系统提高了25%。

四、服务面积比或水力负荷

宋奔奔等利用SWMM中的LID模块, 研究不同位置、不同规模生物滞留系统在不同重现期降雨条件下的水文时空效应。结果表明: 降雨重现期越小, 生物滞留池的雨洪控制效果越好; 而在同一重现期下, 生物滞留系统的规模越大雨洪控制效果越好, 另外布设的分散度对雨洪的控制也有一定的影响, 分散度越大, 径流系数越小, 对削减洪峰的效果越差。殷瑞雪等根据生物滞留系统径流观测试验数据, 运用HYDRUS-1D对生物滞留系统进行不同降雨频率和不同基质层的产流进行模拟分析, 结果发现, 率定和验证后的HYDRUS-1D模型可用于模拟生物滞留池的产流过程。李家科等通过HYDRUS-1D软件构建了水分和溶质在不同基质生物滞留系统中的运移模型, 并进行了率定场景模拟, 结果发现, 人工填料层为粉煤灰+沙的生物滞留池对水量综合削减率为70.54%, 对污染物负荷综合削减率为83.88%, 效果最佳。另外增加基质的厚度可以提高水量削减能力和污染物去除效果。Heasom等通过在HEC-HMS模型上搭建一维水文模型, 采用Green-Ampt方程和运动波方法演算, 并结合季节性参数的变化估算出生物滞留设施的径流流出体积。Michelle等在SWMM-5模型的基础上进行了扩展, 搭建了生物滞留系统反硝化模型, 并用于了生物滞留系统的除氮效果评价研究。水力及水质模型为生物滞留设施的设计和优化提供了思路, 为生物滞留系统达到较优的设计策略提供了方法。

结论

通过以上研究成果, 生物滞留设施在应用时合理优化设施结构和设计参数, 为生物滞留设施建设、设计规范及管理提供理论依据和科学指导, 从而促进海绵城市建设技术体系的不断完善, 为我国科学构建海绵城市、顺利实施《水污染防治行动计划》、圆满达成生态文明建设的最终目标奠定坚实的理论及实践基础。

参考文献

- [1] 章林伟. 中国海绵城市建设与实践[J]. 给水排水, 2018, 54(11): 1-5.
- [2] 唐双成, 罗纨, 贾忠华, 等. 雨水花园对暴雨径流的削减效果[J]. 水科学进展, 2015, 26(6): 787-794.
- [3] 杜浩强. 基于海绵城市理念的城市雨水开发实验研究与模拟[D]. 西安: 西安理工大学, 2018.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部组织编制. 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 孟莹莹, 王会肖, 张书函, 等. 生物滞留雨洪管理措施的植物适宜性评价[J]. 中国给水排水, 2015, 31(23): 142-145.
- [6] Bortolini L, Zanin G. Reprint of: Hydrological behaviour of rain gardens and plant suitability: A study in the Veneto plain (north-eastern Italy) conditions[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 37: 74-86.