

下凹式绿地对雨水径流的控制效果研究

张国庆

(上海市金山区公路管理所, 上海市 201599)

摘要:研究了10 cm、15 cm、20 cm三种下凹深度以及添加火山岩、煤渣、沸石三种填料基质情况下下凹式绿地的蓄滞效果;考察了添加火山岩、煤渣、沸石三种填料对下凹式绿地去污效果的影响。结果表明:下凹深度越大,绿地对雨水的削减效果较好,但出于安全考虑,下凹深度应该控制在一定的安全范围内;不同的填料也会对蓄滞和去污效果产生影响,添加火山岩的装置蓄滞效果相对较好,对总磷的去除效果也较好,去除率为82.7%;添加煤渣对总氮的去除率最高,为48%,添加沸石对COD的去除率最好,为34.9%,添加三种材料对SS的去除率都较高,达到95%左右。

关键词:下凹式绿地;蓄滞;去污

中图分类号: TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)06-0154-03

0 引言

下凹式绿地,作为低影响开发技术之一,是一种绿地高度低于周围地面高度的雨水管理系统的统称。狭义的下凹式绿地即指低于周边道路或地面200 mm以内的绿地。下凹式绿地由植物和填料两个部分组成,通过下渗、滞留、吸附等作用实现调节地表径流、削减径流污染物、补充地下水等目的^[1]。此外,下凹式绿地还具有滞尘减噪、遏制城市热岛效应等环境调节功能^[2],并能够灵活应用于城市道路、公园、居民小区、学校等众多场景,因此在海绵城市建设中具有广阔的应用前景。

下凹式绿地对径流雨水的控制主要包括蓄滞和净化两个方面。植物种类以及种植密度的不同都会影响其发挥拦截径流雨水和吸收雨水中营养物质的作用;由于不同的填料基质对污染物的吸附、过滤效果以及渗透效果不同,因此对径流雨水的蓄滞和净化效果也不同。因此,需要全面考察下凹式绿地各组成部分在雨水调控中发挥的作用和效果,才能合理设计绿地的相关参数、准确选择效果最佳的植物、填料等,以实现设计参数的最优化。

本文通过自制装置模拟降雨,研究了下凹式绿地对地表径流的调控效果和污染物的削减效果,并从下凹深度和基质种类两个方面研究了对径流调节效果的影响,旨在为下凹式绿地的设计和应用提供

参考。

1 试验材料

试验所用的细砂、椰糠、火山岩、煤渣、沸石以及鸢尾均购于南京市某园艺场;试验所用的氯化铵(NH_4Cl)、硝酸钠(NaNO_3)、磷酸二氢钾(KH_2PO_4)、葡萄糖(Glucose)、高岭土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)均为南京化学试剂有限公司生产的分析纯药品。

2 试验设计

试验装置包括配水系统和下凹式绿地主体结构两部分,如图1所示。

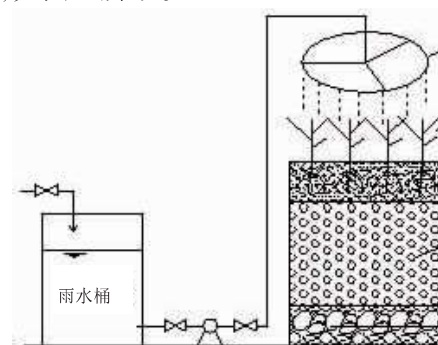


图1 下凹式绿地装置

试验设计如下:

(1)分别在下凹深度为10 cm、15 cm、20 cm的下凹式绿地装置中装填一定比例混合的细砂、土壤和椰糠基质,基质高度为50 cm,表层种植鸢尾。三个装置分别在0.25 a、0.5 a、1 a、5 a的重现期,20:1的汇流比下,按照芝加哥雨型,利用流量计每10 min调节进水量模拟实际降雨过程并记录装置出水情况直至

收稿日期: 2020-12-08

作者简介:张国庆(1980—),男,硕士,工程师,从事公路养护管理工作。

出流结束。

(2)在三个下凹深度相同的装置中,将细砂、土壤、椰糠分别与火山岩、煤渣、沸石按一定比例混合填入,填料高度为 50 cm,表层种植鸢尾,分别命名为 1#、2#、3# 下凹式绿地。按照表 1 的污染物浓度在水桶中配制人工雨水,固定重现期为 2 a,汇流比为 15 : 1,利用流量计每 10 min 调节进水流量模拟实际降雨,并从开始出水时每 10 min 从出水口取样并记录出水流量等直至出流结束。所取水样保存于 500 mL 聚氯乙 烯瓶中并在 24 h 内完成污染物浓度测定,测定方法均依照国家标准方法^[3]。

表 1 试验配水水质情况

指标	TN	TP	COD	SS
浓度/(mg·L ⁻¹)	10	1.08	230	350
药品	氯化铵、硝酸钠	磷酸二氢钾	葡萄糖	高岭土

3 下凹式绿地的蓄滞效果研究

3.1 下凹深度和降雨强度的影响

如图 2 所示,10 cm、15 cm、20 cm 三种下凹深度下绿地对雨水的蓄滞情况。从图 2 中可以看出,下凹深度为 10 cm 时,在 0.5 a、1 a、5 a 重现期下均产生溢流,溢流率分别为 9.09%、12.66%、28.%,下凹深度为 15 cm 时,在 1 a 和 5 a 重现期产生了溢流,溢流率分别为 2.87%、15.88%;下凹深度为 20 cm 时,仅在 5 a 重现期下产生了溢流,且溢流率仅为 7.18%。相比之下,10 cm 的下凹深度无法应对 0.5 a 重现期及以上的降雨,而 15 cm 和 20 cm 的下凹深度能够较好地应对频繁降雨事件及较大降雨。

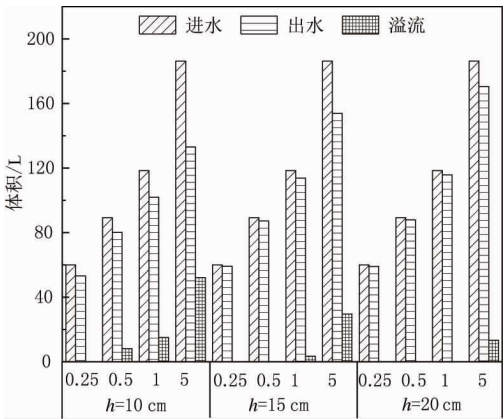
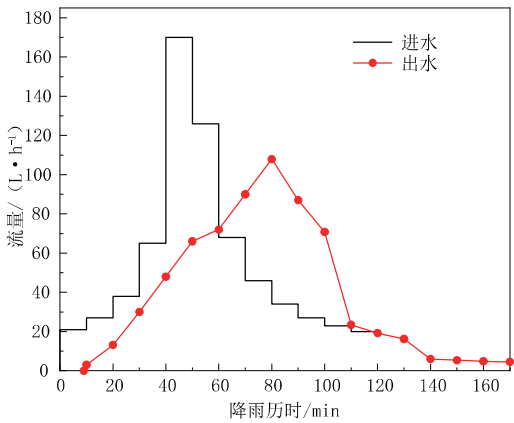


图 2 不同下凹深度下的蓄滞情况

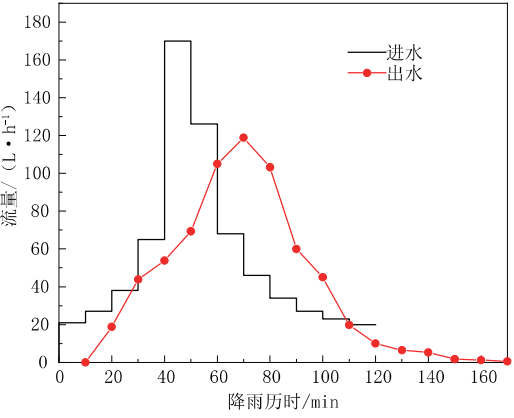
此外,在下凹深度一定,例如 10 cm 时,随着降雨重现期的增大,溢流体积逐渐增大,下凹式绿地的水量削减率逐渐减小,当重现期从 0.25 a 增加到 5 a 时,水量削减率从 100%减小到 72.00%,所以重现期越大,下凹式绿地对径流雨水的削减效果越差。

3.2 填料基质的影响

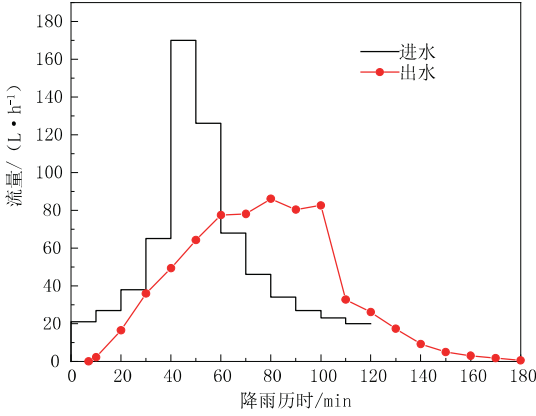
如图 3 所示,填料基质不同的情况下,下凹式绿地的蓄滞效果有所不同。首先,1#、2#、3# 装置在产流延迟上都有一定效果,分别为 9 min、10 min、7 min,这说明火山岩和煤渣的保水性较好。三个装置的峰值削减率分别为 36.1%、29.8%、48.37%,峰值延迟时间分别为 30 min、20 min、30 min。此外三个装置均未产生溢流,水量削减率都为 100%。所以添加了火山岩、煤渣、沸石后,对产流延迟、峰值延迟、峰值削减、水量削减都有一定改善效果,且改善效果各不相同。



(a) 1# 装置蓄滞效果



(b) 2# 装置蓄滞效果



(c) 3# 装置蓄滞效果

图 3 三个装置的蓄滞效果

4 下凹式绿地的去污效果研究

图4所示为三个下凹式绿地装置对TN、TP、COD、SS的去除效果,从图中可以看出,三个装置对总氮的去除效果差异较大,其中2#装置的去除率最高,为48%,这可能是因为试验配制的总氮由氨氮和硝态氮组成,土壤中的负电荷有利于吸附带正电荷的氨氮,被吸附的氨氮经过硝化细菌会转化为硝态氮或亚硝态氮,而煤渣可以提供硝化反应所需的碱性环境,所以煤渣对氮的去除效果较好^[4]。

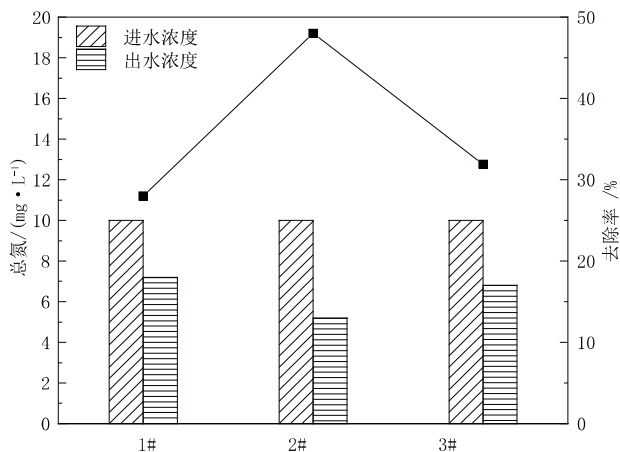


图4 三个装置的总氮(TN)去除效果

如图5所示,三个装置对总磷的去除效果相差不多,去除率分别为82.7%、75%和70.9%,其中1#装置总磷去除率相对较高,可能是由于火山岩的孔隙率大,比表面积大,有利于对磷的吸附^[5]。

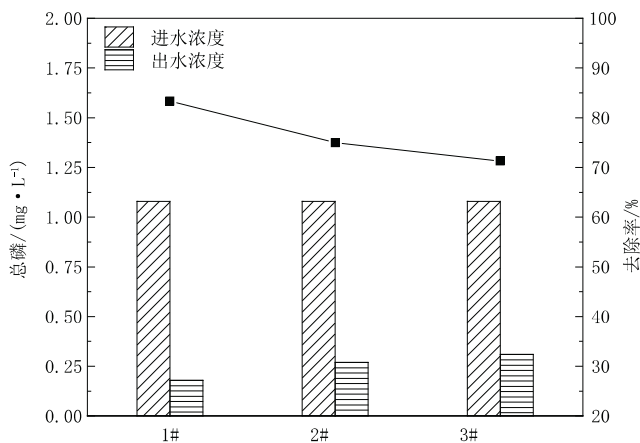


图5 三个装置的总磷(TP)去除效果

对于COD,1#和2#装置的去除效果均不太理想,去除率不超过35%,如图6所示,这可能是因为溶解性的COD是通过微生物氧化降解作用去除的,而生物降解作用与装置中的微生物数量和溶解氧有关^[6]。

三个装置对SS的去除效果都非常好,如图7所示,去除率均在95%左右,这主要是因为SS的去除主要以填料的物流截留为主,而实验装置中的填料

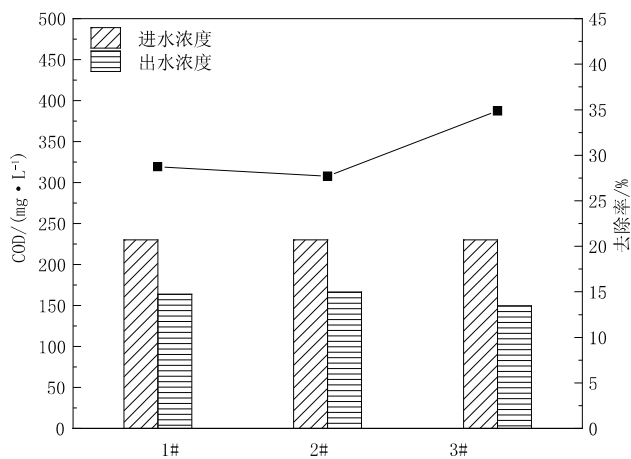


图6 三个装置的COD去除效果

中含有大量细砂,细砂对SS的过滤截留效果较好。但SS的去除容易造成填料的堵塞,有研究人员认为填料表层5.08~12.7 cm应该定期检查并更换^[7]。

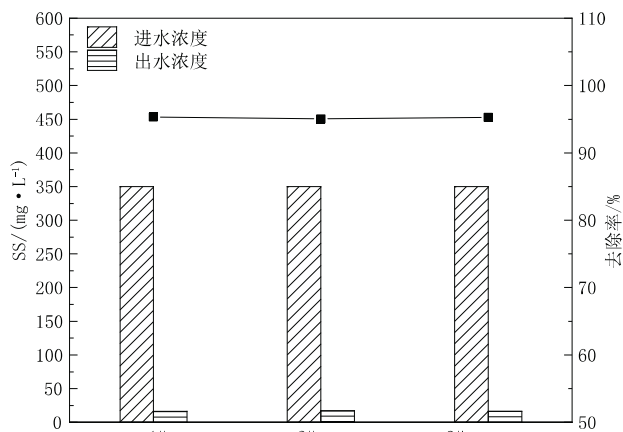


图7 三个装置的SS去除效果

5 结 语

通过对不同下凹式绿地装置进行模拟降雨实验,得出以下结论:

(1)下凹深度会影响绿地的蓄滞效果,下凹深度越大,溢流量越少,水量削减效果越好。但是出于安全考虑,下凹深度不能过大,国家规定的下凹深度为10~20 cm;降雨强度对蓄滞效果也会产生影响,降雨强度越大,绿地对径流的削减率越小。

(2)不同的填料基质,对雨水径流的调控效果也有所不同,火山岩、煤渣、沸石对产流延迟、峰值延迟、峰值削减、水量削减等都有一定改善,其中,火山岩的总体改善效果较好,在2 a重现期,15:1的汇流比下,对产流的延迟时间为9 min,峰值削减率为36.1%,水量削减率为100%。

(3)填料基质不同,下凹式绿地对污染物的削减效果也不同,实验结果表明,煤渣对总氮的去除效果最好,去除率为48%,火山岩对总磷的去除效果较

(下转第166页)

水由外围泵站压力管进入,如果外围泵站的管理与污水处理厂的运行分属不同部门,则尤其要加强两部分之间的交流沟通,防止污水处理厂进水水位较高而外围泵站仍持续工作带来的安全隐患。

3.2 污水处理厂内设备故障及地下水入渗引起污水冒溢的防范措施

污水处理厂在设计和运行过程中应采取措施规避由内部故障引起的池体冒溢风险,如加强设备自动控制、加强排涝设计、加强运行管理、提高工程建设质量等。通过自控系统进行联动调控,设置构筑物的报警水位,事故情况下超过报警水位则依次关停水泵或闸门,避免滤池、膜池或格栅等设施堵塞而造成的水池液位憋高。运行过程中液位容易不受控的构筑物应设置溢流,常见的如MBR池、滤池的废水池、中间提升泵房的前池等,溢流污水可通过厂区污水泵房收集。全地下式污水处理厂的污水泵房位于地下空间低点,可兼具地下空间排涝泵房功能,在设计时应考虑充足的前池容量,并配置备用水泵。地下空间中应设计排水沟、排水管道将溢流或渗入的水流输送至污水泵房或排涝泵房中,避免局部区域淹溺。

项目建设过程中,应对可能出现渗漏水的主要部位,包括施工缝、止水螺杆、穿墙管及施工过程中振捣混凝土不密实部位和情况进行分析讨论,并制定了相应的防范措施^[3]。在工程进行调试运行前应按要求进行满水试验,及时对漏点进行修补,并应在工程建成后保持观察。

3.3 针对降雨的防淹措施

全地下式污水处理厂位于地面的出入口、逃生

楼梯、送排风井、天井等设置是外部雨水或洪水进入地下空间的主要通道,可进行相应的设计处理,如将入口处道路做成逆坡并设截水沟,排气塔采用防雨百叶,出入口标高抬高、增加顶棚等。此外,还应注重顶板的排水设计,避免顶板积水。

地铁车站、地下商业街等常规大、中型地下综合体常在出入口设置防汛板,进一步切断外水进入地下空间的路径,起到极端降水情况下的内涝预防。由于全地下式污水处理厂存在车辆通行需求,出入口较大,往往不适合防汛挡板的长期固定,建议可作为防汛物资储备,根据需要使用。

4 结论与建议

内涝防护对保障全地下式污水处理厂的安全运行具有重要意义,需要在设计、建设和运行中采取合适的防护措施,规避地下空间内涝风险。适合于全地下式污水处理厂的内涝防护措施有进水泵房前设置调蓄池、进水端设置闸门井、设置排涝泵房、强化液位报警、强化设备联动、强化防雨、强化结构防水等,均需结合工程实际进行使用,因地制宜,确保厂区防汛安全。

参考文献:

- [1] 郑建楠,张琳琳.上海市地下空间防汛安全策略探究[J].城市道桥与防洪,2018,227(3):107-109+125.
- [2] 李景文,乔建刚,付旭,等.基于模糊故障树的抗浮锚杆系统失效分析[J].安全与环境学报,2019,112(4):1128-1134.
- [3] 巫声有.混凝土墙壁渗漏水质量通病的防治[J].江苏建材,2013,134(5):32-34.

(上接第156页)

好,去除率为82.7%,沸石对COD的去除率相对较高,为34.9%;火山岩、煤渣、沸石对SS的去除效果均较好,去除率在95%左右。

参考文献:

- [1] 王红武,毛云峰,高原,等.低影响开发(LID)的工程措施及其效果[J].环境科学与技术,2012,35(10):99-103.
- [2] 卓春丽.基于生态效益的成都市中心城区立体绿化形式与配置模式研究[D].雅安:四川农业大学,2011.

- [3] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].北京:中国环境科学出版社,2007.
- [4] 张思,宁国辉,杨铮铮,等.复合填料土壤渗滤系统处理农村生活污水的效果[J].环境工程学报,2014,8(11):4625-4630.
- [5] 周光红,项学敏,周集体.火山岩对废水中磷的吸附性能及机理研究[J].辽宁化工,2011,40(8):805-808+812.
- [6] 仇付国,王珂,于栋,等.沸石改良雨水生物滞留系统去除污染物研究[J].环境科学与技术,2018,41(3):124-129.
- [7] 张军,张松,柏双友,等.生物滞留系统的水文效应与污染物的去除研究[J].环境工程,2015,33(8):17-21.