

透水性铺装在城市雨水下渗收集中的应用

龚应安, 陈建刚, 张书函, 苏东彬

(北京市水利科学研究所, 北京 100048)

摘要 针对城市透水性铺装和推广方面所面临的问题, 对透水性铺装地面下渗雨水收集、雨水径流污染物去除等情况进行试验研究。结果表明: 实施透水性铺装既可有效增加下渗雨水量, 下渗雨水的入渗率与降雨量基本呈线性关系; 还可降低天然降雨中的污染物浓度, 下渗雨水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 、 COD_{Mn} 等水质指标浓度明显降低, 下渗雨水水质可满足景观环境补水的水质要求。试验研究为地面透水性铺装技术的推广提供参考。

关键词 城市雨水; 透水性铺装; 下渗; 污染控制

中图分类号: TV213.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2009)06-0065-04

Study on rain runoff infiltration and collecting efficiency by permeable pavements of urban zone

GONG Ying-an, CHEN Jian-gang, ZHANG Shu-han, SU Dong-bin

(Beijing Hydraulic Research Institute, Beijing 100048, China)

Abstract: With regard to the problems related to the popularization of permeable pavements in urban zones, some aspects, such as collection and removal of contaminants from rainwater by permeable pavements in residential districts, were studied. The experimental data show that permeable pavements can effectively increase the infiltrated rain water quantity. The relationship between the infiltration rate of rain water and precipitation was basically linear, water quality indexes such as $\text{NH}_3\text{-N}$, BOD_5 , COD_{Mn} in infiltrated rain water decreased, and the quality of the infiltrated rain water met standards for scenic environment use. The results from the experiments can also provide a reference for popularizing the pavement technique.

Key words: urban rainwater; pervious pavement; infiltration; pollution control

城市雨洪控制、降雨径流污染控制是当前北京城市雨洪管理研究中关注的两项重要内容。根据新编的《北京城市总体规划(2004—2020)》, 到 2020 年全市建设用地将达到 $1\ 650\ \text{km}^2$, 其中中心城城镇建设用地规模达到 $778\ \text{km}^2$, 城市化的快速发展将产生更多的硬化下垫面, 改变城市的自然水循环过程。其表现主要体现在以下 3 方面: ①由于降雨下渗受到阻隔, 城市水文生态失去平衡, 城区降雨径流的形成速度和洪峰峰值远大于未城市化地区, 加大城市排水系统的运行负荷, 导致城市洪涝灾害问题日渐突出; ②雨水资源大量流失, 地下水水源得不到有效涵养, 引发城市地面下沉等地质灾害, 城市热岛效应也日趋严重^[1]; ③降雨径流携带的大量污染物经

城市排水系统汇入城市河湖, 成为城市河湖水系污染、水体富营养化的重要因素之一, 并对城市河湖生态健康构成威胁^[2]。在这种背景下, 单纯依靠城市雨水管网和调蓄池等工程的建设解决城市防洪、雨水径流污染等问题, 将耗费大量的城市空间资源和工程建设运行费用, 且受到城市空间、城市发展等多方面条件制约, 而地面透水性铺装因其在减轻城市防洪和排水压力、减少径流及污染物排放量、调节城市空间的温度和湿度、改善局部生态环境和土壤微生物的生存环境等方面的显著作用, 已日益为人们所关注或接受。但目前有关地面透水性铺装后下渗雨水的收集利用方式、收集量、雨水径流中污染物的削减情况等深层次方面的研究较少, 这在一定程度

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAB14B03)

作者简介: 龚应安(1973—), 男, 湖北天门人, 高级工程师, 硕士, 主要从事水资源利用、水生态修复等方面的研究工作。E-mail: jbgongyingan@126.com

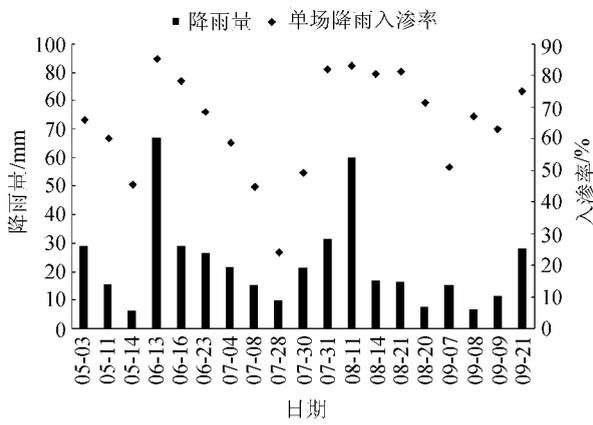


图5 2008年5~9月试验区场次降雨入渗情况统计量的比值为65%,表现为降雨量越大,该场次降雨入渗率也越高,降雨入渗率与降雨量基本呈线性关系,但如果短时间内降雨相对集中,则其间场次降雨的入渗率比较接近(如图5中7月31日至8月20日之间的4场降雨)。同时,分析上述监测期间玻璃柱中水位基本无变化的近10场次降雨,发现上述场次降雨的量都在5mm以下,说明透水性铺装地面的铺装层有一定的持水能力,小于该强度的降雨产流后基本滞留在铺装层,不再继续下渗进入玻璃柱。而保留在铺装层内的水量的多少取决于透水砖和底部垫层(无砂混凝土或沙砾料)的持水能力,持水能力又与孔隙率及孔径有关。一般情况下,铺装层越厚,可保持的水分越多。

2.2 透水性铺装地面路基层水量变化分析

监测数据表明,监测期间穿透路基层的水量基本不受降雨量的影响,保持在每次0.5mm左右(图6)。原因是由于降雨穿透铺装层再穿透路基层的时间较长,降雨后所测定的土壤渗出水量并不是该场降雨下渗的雨水,该场降雨的下渗雨水应当滞后一段时间渗出,并且应当有排水的峰值。但是所测定的数据没有反映出排水的峰值,原因是测坑土壤底部的排水管周围没有反滤层,而测坑底部和四周都是不透水的,因此穿透土壤后的雨水排出不畅,从而导致每次只能测到0.5mm左右的水位。

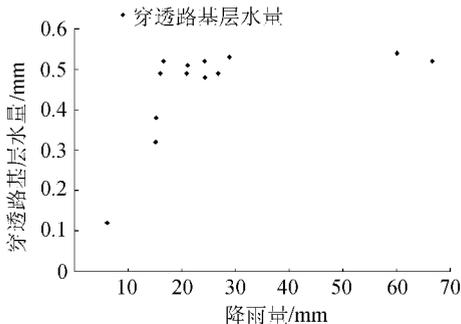


图6 试验区穿透路基层的水量变化

2.3 水质监测分析

为了探索透水性地面削减降雨径流污染物的效果,选取部分典型降雨场次,分别采集天然降雨、透水性地面下渗雨水的样品进行监测。主要水质监测指标包括:COD_{Mn}、BOD₅、SS、NH₃-N、TN、TP等,分析雨水经过收集处理后的水质变化情况,结合国家有关灌溉水、景观用水、回补地下水等的水质标准或技术规范,分析研究收集雨水的回用途或对象。试验期间部分场次天然降雨、经过透水铺装后的下渗雨水水质监测数据分别见图7、图8。

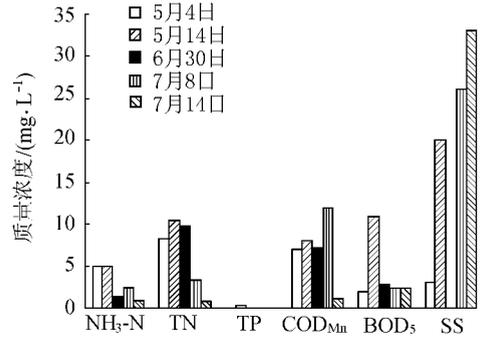


图7 天然降雨水质监测统计

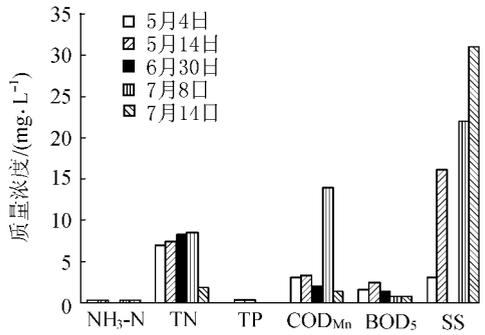


图8 下渗雨水水质监测统计

对上述监测数据进行分析,可以发现与天然降雨相比,下渗雨水中NH₃-N、BOD₅、COD_{Mn}等指标浓度明显降低,表明透水性铺装对上述指标有明显的截留去除作用。据统计,试验期间NH₃-N的平均去除率为91.9%,BOD₅的平均去除率为59.5%,COD_{Mn}的平均去除率为27.0%。但下渗雨水中TN、TP两项指标浓度则有一定程度的升高,尤以TN浓度上升明显,表明透水性铺装对TN去除效果不明显。

分析透水性铺装地面对TN去除效果不理想的原因,笔者认为可先从氮的转化机理入手。由前面的分析可知,透水性铺装对NH₃-N具有很好的去除效果,这为氮的进一步转化创造了条件。而透水性铺装地面对氮的去除主要是通过反硝化作用将NO₂⁻-N和NO₃⁻-N转化为气态氮(N₂O、N₂)来实现,从而达到从水体中脱氮的目的。由于反硝化作用必

须在反硝化菌的作用下才能完成,在反应过程中,反硝化细菌利用有机物(有机碳)作为电子供体,以硝酸盐作为电子受体而进行缺氧呼吸,从而将 NO_3^- -N还原为氮气。在以砂、土壤等作为渗滤介质的透水性铺装地面中,其厌氧环境及有机碳源高等因素抑制了系统中反硝化作用的进行,从而影响了系统对TN的去除效果。冯绍元等^[6]进行的有关渗透性铺装地面减轻面源污染机理与应用技术的研究试验,以及郝晓地等^[7]进行的有关天然水体中氮自净过程的研究,也在一定程度上说明了该特点。

同时,对比GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,下渗雨水的监测指标中,除TN外,其余指标均符合GB 3838—2002中的V类水体标准(该标准对SS指标无要求);而对比GB/T 18921—2002《城市污水再生利用景观环境用水水质》,除SS指标外,其他监测指标的浓度值都符合娱乐性景观环境用水所要求的浓度限值,表明下渗雨水经过适当的处理后可满足景观环境用水的水质要求。

3 结 语

试验研究表明:

a. 透水性铺装地面下渗雨水的入渗率与降雨量基本呈线性关系,降雨量越大,降雨入渗率也越高,而穿透路基层的水量基本不受降雨量的影响。

b. 与天然降雨水质相比较,透水性铺装地面下

渗雨水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 、 COD_{Mn} 等水质指标浓度明显降低,表明透水性铺装对天然降雨中上述污染物有较好的截留、净化作用,但下渗雨水中TN浓度却有所升高,可能是由于透水性铺装后的厌氧环境以及有机碳源高等因素抑制了系统中反硝化作用的进行。

c. 透水性地面下渗雨水的监测指标中,除SS指标外,其他指标的浓度值符合娱乐性景观环境用水的浓度要求。

参考文献:

- [1] 范群杰. 城市绿地系统对雨水径流调蓄及相关污染削减效应研究[D]. 上海:华东师范大学, 2006.
- [2] 文科军, 马劲, 吴丽萍, 等. 城市河流生态健康评价体系构建研究[J]. 水资源保护, 2008, 24(2): 50-53.
- [3] PHILIP J R. The theory of infiltration: 5, the influence of the initial moisture content[J]. Soil Science, 1958, 84: 329-339.
- [4] BAUNHARDS R L. Modeling infiltration into sealing soil[J]. Water Resource Research, 1990, 26(1): 2497-2505.
- [5] MEIN R G, LARSON C L. Modeling infiltration during a steady rain[J]. Water Resource Research, 1973, 9(2): 384-394.
- [6] 冯绍元, 侯立柱, 丁跃元, 等. 多层渗滤介质系统去除城市雨水径流有机污染物[J]. 环境科学学报, 2008, 28(6): 1123-1130.
- [7] 郝晓地, 陈新华, 魏丽. 天然水体氮自净过程及硝化所需溶解氧源试验验证[J]. 水资源保护, 2007, 23(5): 11-14.

(收稿日期: 2008-12-30 编辑: 徐娟)

《水资源保护》征订启事

全国中文核心期刊 中国科技核心期刊

《水资源保护》是河海大学和环境水利研究会主办的科学技术期刊,创刊于1985年,双月刊,96页,国内外公开发行,国内统一连续出版物号:CN32-1356/TV。现为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊和江苏省一级期刊。

《水资源保护》主要刊登与水资源保护有关的基础研究、应用技术、工程措施、综述述评、专题讲座、国外动态、书刊评介、科技简讯、水资源管理、评价、监测、优化配置、节水技术、水环境污染控制等方面的文章。近年来,重点关注与水有关的生态环境领域中的研究方向,新增设相关的基础研究、防治技术、城市水环境治理等内容。

主要读者对象:全国从事与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理干部以及大专院校的师生。

《水资源保护》邮发代号:28-298,双月刊,8元/期,全年48元,每逢单月30日出版。可在全国各地邮局订阅,也可直接与编辑部联系订阅。

编辑部地址:南京市西康路1号 河海大学《水资源保护》编辑部

邮政编码:210098

电话/传真:(025)83786642

E-mail: bh@hhu.edu.cn

网址: http://kkb.hhu.edu.cn/bh/index_bh.htm