

城市雨水管理

城市硬化地面增渗减流技术研究

龚应安¹, 陈建刚¹, 赵飞¹, 孟莹莹¹, 阴悦²

(1. 北京市水科学技术研究院, 北京 100048; 2. 北京市人民政府防汛抗旱指挥部办公室, 北京 100038)

摘要: 针对城市硬化地面面积增加带来的积水、内涝等问题,研究了将硬化地面改造成透水地面、壤土地面(若种植绿草则为绿地)后在增加雨水渗透量、减少径流外排量等方面的效果。试验表明,将硬化地面改造成透水地面、壤土地面后增渗减流效果显著,且改造成透水地面方式的下渗雨水收集率可达到30%~50%,高于改造成壤土地面方式(收集率很小或为零)。

关键词: 城市硬化地面; 透水地面; 壤土地面; 渗透量; 外排径流量

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)01-0103-04

Infiltration Enhancing and Runoff Volume Reducing Techniques for Urban Impervious Surfaces

GONG Ying-an¹, CHEN Jian-gang¹, ZHAO Fei¹, MENG Ying-ying¹, YIN Yue²

(1. Beijing Water Science & Technology Institute, Beijing 100048, China; 2. Flood Control and Drought Relief Headquarters Office of Beijing Municipal People's Government, Beijing 100038, China)

Abstract: Targeting the urban waterlogging issues associated with urban impervious surface, infiltration enhancing and runoff volume reducing techniques were researched on impervious surfaces. The results showed that, the techniques were more effective when the impervious surfaces were changed to pervious surfaces or loam surfaces (could be changed to lawn if planting grass). The infiltrated rainwater collected by pervious surfaces was up to 30% - 50%, which was higher than that of the loam surfaces (the collection rate was minimal).

Key words: urban impervious surface; pervious surface; loam surface; infiltration; runoff volume

将硬化地面改造为透水地面(即在硬化地面铺设透水砖)可增加硬化地面的渗透能力,透水砖的内部构造是由一系列与外部空气相连通的多孔结构形成骨架,可同时满足路用及铺地强度和耐久性要求。由于其良好的环境效益越来越受到人们的重视,透水砖目前已在北京市的部分居民区、机关大

院、公共广场等区域推广应用。

围绕硬化地面的增渗减流措施,目前国内外在透水地面的设计^[1]、下凹式绿地^[2]等方面已取得一些成果,但大多限于一些定性的研究。笔者结合现场试验,对硬化地面改造成透水地面、壤土地面(地面种植绿草后则为绿地)后在增加地面渗透能力、

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51179009); 北京市科技计划课题(Z121100000312037、D161100005916001、D161100005916003、Z161100001116104)

减少区域外排径流量方面的效果进行了研究,以期
为硬化地面的增渗减流技术提供思路。

1 试验方案

采用对比方法,将硬化地面改造成透水地面或
壤土地面时,分别在透水地面、壤土层中设置下渗雨
水收集措施,分析透水垫层、壤土层下不同深度的雨
水入渗收集量,探讨适宜的硬化地面增渗减流措施。
在约 4 m×4 m 的范围内铺设透水铺装,并将该区域
分为 5 个试验块,并设置测井,其中中央块为观测
井,井深为 3 m,井壁厚为 0.3 m,内径为 1.5 m,1[#]~
4[#]试验块规格为 1 m×1 m×3 m,其间由土工膜进
行分隔。其中,1[#]、3[#]试验块由上至下依次为透水铺
装层、粗砂集水层、土工膜防水层,2[#]、4[#]试验块由上

至下依次为壤土层、粗砂集水层、土工膜防水层。试
验平面布置如图 1 所示。

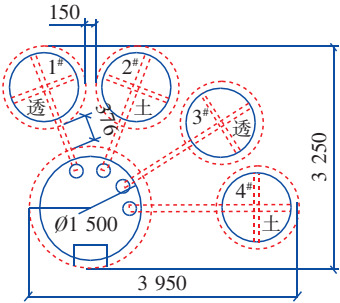


图 1 试验平面布置

Fig. 1 Plan layout of experiment

试验过程中,4 个测井分层铺设情况见表 1。

表 1 测井分层铺设情况

Tab. 1 Laying of test wells

项 目	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
面层	60 mm 厚透水砖	350 mm 厚壤土层	60 mm 厚透水砖	350 mm 厚壤土层
垫层	40 mm 厚找平层、100 mm 厚透水垫层、150 mm 厚碎石垫层	无	40 mm 厚找平层、100 mm 厚透水垫层、150 mm 厚碎石垫层	无
中间壤土层	无	无	1 000 mm 厚壤土层	1 000 mm 厚壤土层
集水层	100 mm 厚粗砂层,层底铺设 DN75 透水花管,紧邻面石垫层下端	100 mm 厚粗砂层,层底铺设 DN75 透水花管,紧邻面层下端	100 mm 厚粗砂层,层底铺设 DN75 透水花管,位于中间土壤层下	100 mm 厚粗砂层,层底铺设 DN75 透水花管,位于中间土壤层下
土工膜防水层	紧邻集水层	紧邻集水层	紧邻集水层	紧邻集水层

注: 测井分层情况,按照由上层到下层的顺序依次统计。

试验过程中主要进行试验区降雨量、下渗水量
等方面的观测。降雨量观测:在试验区域附近空地上
安装自记雨量计,监测每日的降雨情况。水量观测:
采用 hT 水位传感器观测量水桶内水位变化情况,
监测数据定期导出,以此推求收集经过垫层、壤
土层下的降雨入渗量,并及时排空设施内的蓄存水。

2 结果与讨论

2.1 降雨量分析

2013 年 7 月 1 日—10 月 1 日期间,试验区域共
监测到日降雨量 >5 mm 的降雨有 10 场(见表 2),
降雨总量为 168.6 mm。日最大降雨量发生在 9 月 4
日,降雨量为 30.8 mm。

表 2 监测期间降雨情况统计

Tab. 2 Statistics of rainfalls during monitoring period

项目	降雨日期	降雨历时	降雨量/mm	小时最大降雨量/mm	平均雨强/(mm·h ⁻¹)
1	2013-07-26	27 日 02:00—06:00	5.4		1.4
2	2013-07-30	23:17—次日 02:00	12.2	10.2	4.1
3	2013-07-31	19:50—次日 04:00	26.5	17.4	3.3
4	2013-08-01	10:00—13:00	6.9		2.3
5	2013-08-11	13:30—22:00	11.8	6.7	1.4
6	2013-08-27	21:00—次日 05:00	16.3	5.8	2.0
7	2013-09-03	4 日 02:30—06:30	25.1	20.5	6.3
8	2013-09-04	10:30—次日 02:00	30.8	14.2	2.0
9	2013-09-17	10:40—次日 07:00	19.8	5.7	1.0
10	2013-09-23	02:30—05:00	13.8	6.4	5.5

2.2 下渗收集水量分析

从表1可以发现,1[#]测井(透水地面)、2[#]测井(壤土地面)的集水层位于同一高度,集水层位于垫层内;3[#]测井(透水地面)、4[#]测井(壤土地面)的集水层位于同一高度,集水层位于垫层下约1 m,其间为壤土层。

2.2.1 测井平均收集水量

监测表明,试验区域内1[#]、3[#](透水地面)测井在上述10场次降雨中都收集到下渗雨水,1[#]测井的下渗雨水的平均收集率为41%,3[#]测井为28%,且地面没有发生径流外排;2[#]、4[#](壤土地面)测井在上述10场次降雨中仅2[#]测井有部分场次收集到下渗雨水,平均收集率为5%,4[#]测井则均未收集到下渗雨水,且仅9月3日、9月4日降雨时地面有部分径流外排,这表明硬化地面改造成透水地面、壤土地面时,地面下渗雨水明显增大。

对比分析透水地面(1[#]、3[#]测井)、壤土地面(2[#]、4[#]测井)下渗雨水的收集情况,发现硬化地面改造成透水地面方式的雨水入渗收集率明显高于壤土地面的雨水入渗收集率。

试验区域内7月31日、9月3日、9月4日降雨量较大,小时最大降雨量分别为17.4、20.5、14.2 mm,低于北京市1年一遇的小时降雨强度,结合上述场次降雨中1[#]、3[#]测井透水地面均未发生径流外排,2[#]、4[#]测井壤土地面仅部分场次降雨发生径流外排,这表明将硬化路面改造成透水地面,并在透水垫层下对下渗雨水进行收集,在最大小时降雨量低于20.5 mm时,地面无径流发生。

下面选取试验过程中收集到入渗雨水的1[#]、2[#]测井的降雨入渗情况进行分析。

2.2.2 1[#]测井单场次降雨入渗情况

上述10场次降雨中,1[#]测井的单场次降雨入渗收集率在10%~70%之间变化。监测期间,1[#]测井内透水地面单场次降雨的平均入渗收集率为41%,大致表现为降雨量越大,该场次降雨入渗收集率也越高,单场次降雨量(x)与其降雨入渗收集率(y)之间大体呈线性关系($y = 1.235x + 19.12$, $R^2 = 0.394$)。同时,综合分析监测期间量水桶中水位基本无变化的近10场次降雨,发现降雨量都在5 mm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,

不再继续下渗而进入量水桶。

2.2.3 2[#]测井单场次降雨入渗情况

上述10场次降雨中,2[#]测井的单场次降雨入渗收集率在0~12%之间变化。监测期间,2[#]测井内壤土层地面单场次降雨的平均入渗收集率为5%,相对较小,大致表现为降雨量越大,该场次降雨入渗率也越高,降雨入渗量与降雨量大致呈线性关系^[3]。同时,综合分析监测期间量水桶中水位基本无变化的10场次降雨,发现降雨量大部分在15 mm以下,说明该测井的壤土层(厚度为350 mm)有一定的蓄水空间,超过蓄水空间的下渗雨水经壤土层继续向下移动而进入量水桶内。

对比分析,将硬化地面改造成透水地面或壤土地面时,透水地面方式的下渗雨水收集率可达30%~50%,高于改造成壤土地面方式(下渗雨水收集率很小或为零)。

2.3 降雨入渗过程分析

选取7月31日—8月1日降雨,分析1[#]测井内降雨入渗收集过程,如图2所示。

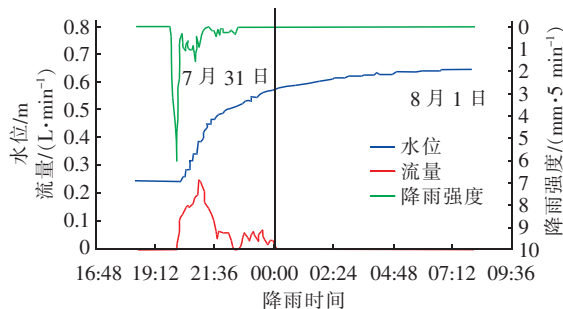


图2 1[#]测井内降雨入渗收集过程

Fig. 2 Infiltration collection process of 1[#] test well

从图2可以看出,试验区域内降雨始于7月31日下午19:50,由于该场次降雨在前期降雨强度较大,降雨发生后不久透水地面入渗雨水流量迅速增加,测坑内量水桶的雨水水位也明显上升。降雨强度于20:05达到峰值,为6 mm/5 min,而下渗流量峰值出现在21:00,为0.25 L/min,流量峰值出现时间距离降雨强度峰值出现时间约1 h。此后随着降雨强度降低,透水地面雨水下渗流量开始降低,量水桶内水位上升速度也逐渐降低,并随着降雨结束水位逐渐趋于稳定。

3 结论

- ① 将硬化地面改造成透水地面、壤土地面

(下转第109页)