

DOI:10.3969/j.issn.1672-1144.2018.05.011

基于海绵城市理念的市政道路建设探究

张翠英¹, 张英²

(1. 浙江水利水电学院 经济与管理学院, 浙江 杭州 310018;

2. 浙江水利水电学院 建筑工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘 要: 在剖析区域洪水灾害构成和洪水灾害成因的基础上, 分析了不同模式下的城市年径流量去向, 探讨了低影响开发和低影响开发设施配置, 明确了海绵城市对路面建设的规划要求, 确定了城市的综合径流系数, 比对了几种常见透水性铺装材料的性能, 结合某市政道路工程案例进行了海绵城市道路建设探究, 可为其他城市海绵道路建设提供借鉴。

关键词: 洪涝灾害; 海绵城市; 道路建设; 透水性铺装

中图分类号: TV213.9; TU992

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2018)05-0062-05

Research of Municipal Road Construction Based on Sponge City Concept

ZHANG Cuiying¹, ZHANG Ying²

(1. College of Economics and Management, Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou, Zhejiang 310018, China;

2. College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract: Based on the analysis of the component of flood disaster and the cause of flood damage, this paper analyzed the destination flow of rainwater runoff in different modes, low impact development and facility configurations were discussed, the planning requirements for road construction in sponge city were provided, the comprehensive runoff coefficient was determined. The performance of different permeable paving materials was compared and the sponge city road construction with a real project case was explored, which could provide useful references for road construction in sponge city.

Keywords: flood disaster; sponge city; road construction; permeable paving

2016 年我国城镇化率为 57.35%, 标志着我国已经进入城市化的工业大国。城市是人类社会发展的高度集成化表现, 是拥有自然属性和社会属性的复合系统。这两方面属性的协调发展才能造就稳定、韧性的城市系统^[1]。在城镇化历程中, 湖泊、湿地等天然气孔被填埋, 水泥、混凝土硬壳迅速地扩张, 约 70% 的城市降雨形成径流。城市中“逢雨必涝、遇涝则瘫”的状况已是常态^[2]。当雨后水潮退去, 城市硬壳下的地下水漏斗又宣告水资源的危机。暴雨导致的洪涝和城市普遍的缺水两种状况的对立困扰和影响我国的城市化进程。

自 20 世纪 90 年代以来, 我国湖泊面积减少了 15%, 湿地退化 28%。城市面临着内涝、水资源短缺、水体富营养化等一系列水生态问题。这些现象表明: 城市发展历程与自然生态进程的平衡态势

间发生了重大偏离。城市建设要从“人改造水”到“人适应水, 人水和谐共处”的根本性观念转变^[3]。海绵城市立足于我国当前实际的水情特征和水问题, 符合了我国当前城市建设的需要^[4]。

1 洪水灾害分析

1.1 洪水灾害构成

洪水灾害是洪水作用于人类社会的产物, 是由于异常天气及水利工事等原因引起了江、河、湖水量的快速上升和水位上涨, 突破了河道的约束, 给人们的日常生活和生产带来极大的损失。洪水灾害是由承灾体、致灾因子、孕灾环境等组成的复杂大系统。城市洪水灾害可归结为地理位置、水文条件破坏、城市地表固化、下水道不足、城市小气候变化和其他因素等方面。洪水灾害的致灾因子通常是台风、暴雨

等恶劣天气;孕灾环境包括地形地理、河流网络、植被土壤等。承灾体主要是:人、建筑物、农业、经济、环境等。洪水灾害所造成的损失,不仅与洪水强度有关,而且与承灾体密切相关。

1.2 洪水灾害成因分析

洪水是浙江发生最频繁、损失最严重的自然灾害,造成的损失居各类灾害损失之首。降雨是洪水致灾的主要因素,浙江年降水量为 1 600 mm~1 800 mm,是全国年降水量最大的地区之一,历年降水量情况见表 1。降雨强度越大、历时越长、范围越广,越容易形成特大洪水。浙江的经济发展快,人口密度大,一旦发生洪水灾害就会遭受巨大的损失。

表 1 浙江历年降水量及折合水资源量		
年份	平均降雨量 /mm	折合水资源总量 /亿 m ³
2007	1753.80	1630.48
2008	1519.60	1574.33
2009	1597.50	1655.05
2010	2022.50	2095.40
2011	1417.00	1468.09
2012	2088.10	2163.35
2013	1590.20	1647.45
2014	1771.77	1835.59
2015	2060.60	2134.83
2016	1953.80	—

注:其中 2007 年—2015 年数据来源于历年表浙江水资源公报,2016 年数据来源于中国水资源公报。

浙江省每年 5 月—9 月的降水量占到全年的 60.61%。省会杭州年均降水量 1 540 mm,5 月—9 月的降水量占到全年降水量的 58.28%,强的夏季降水量是导致城市洪涝灾害的直接原因。如此大的降水量直接影响着城市的排水组织和设计,年径流总量的去向是研究路面排水时不可回避的问题。

1.3 城市年径流量去向

城市年径流量去向有两个组织模式:传统排水组织模式和海绵城市排水组织模式。这两种组织模式下的年径流总量去向如图 1 所示。传统城市排水模式下,年平均径流量的去向有三个途径:水分蒸发、排入城市管网和渗入地下,其中年平均径流量的 70%以上从城市各级管网排走。海绵城市设计中年平均径流量的 30%排入管网,绝大部分降水量通过“下渗入地”和“收集贮备”方式来有效减排并加以利用。雨水下渗主要设施有:地面透水铺装、下沉式绿地、生物滞留带等;雨水收集贮备则可通过蓄水池、雨水

罐、湿塘、雨水湿地等设施来实现。

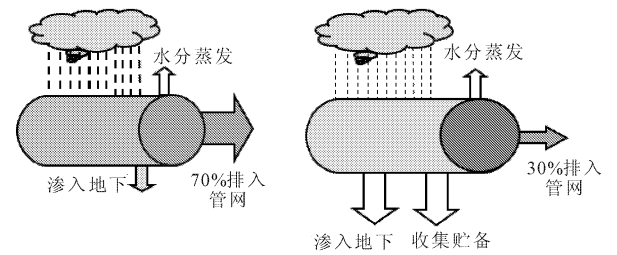


图 1 年径流总量去向示意图

在洪水灾害发生前后,采取适宜、有力的措施,就会减轻洪水灾害可能造成的损失。低影响开发思想认为雨水是“资源”而不是造成麻烦的“废物”。海绵城市创建对年降雨量大于 800 mm 的城市排水防涝效果明显。海绵城市建设中通过有效组织径流量的合理去向,进行雨水的合理调蓄、切实减少雨水径流污染等,逐步改善水环境和水生态,保障城市发展与自然生态的和谐共存,使城市复合生态系统的水文功能趋于动态平衡,最终解决城市内涝问题。

2 海绵城市建设

内涝是我国 60% 以上城市必须面临的常态化问题。城市传统排洪涝的规划理念是将雨水“快速排除”和在“末端集中”,却忽视了城市整体水文过程的系统性,导致将上游洪水的破坏力快速、强化、放大地转移给下游地区,引发了“水”与“土”分离,“地表水”与“地下水”分离等环境问题^[5]。海绵城市建设指城市能做到在下雨时吸(蓄)水、渗(净)水,在城市需要时能释水。海绵城市这种在下雨时吸收并积蓄雨水,在需要时放出和利用水的新型排水防涝思想,给出了解决城市水生态循环的新思路 and 途径。

海绵城市在适应环境变化和应对雨水带来的灾害等方面具有良好的弹(韧)性。城市建设运用建筑物、绿化用地、城市广场、交通道路、水系等基础设施为载体,利用渗透、滞留、蓄存、净化、回用、外排等多种生态化技术和手段,实现径流雨水控制目标,恢复城市良性的自然水文循环^[6]。基于源头的低影响开发和低影响开发设施是海绵城市建设的核心内容。

2.1 低影响开发系统

低影响开发是按照对城市生态环境影响最低的建设理念来对城市进行开发、规划、建设、协调和管控。在此过程中,通过城市雨水径流源头控制机制和设计处理技术,有效控制雨水所带来的径流量,维持开发前后城市的自然水文循环状态和水文特征基本不变。低影响开发主要指建构和优化城市水系,

有效发挥城市自然水体的调节作用;规划改造城市建设模块,通过雨水调蓄系统保留和积存雨水等。低影响开发理念对城市规划和管理产生了根本性的影响^[7],实现人和自然和谐共处,系统、可持续地解决城市水问题及水生态修复问题。

2.2 低影响开发设施

低影响开发设施是低影响开发中“滞、蓄、渗、净、用、排”六维一体的综合排水工程设施的总称,包括:透水铺装、人工湿地、生物滞留设施、渗井、下沉式绿地、植草沟、植被缓冲带等^[8]。各类低影响开发设施的主要作用见表 2。

表 2 低影响开发设施分类及配置目的

类型	配置目的	代表性内容
渗	减少径流,净化雨水	绿色屋顶、透水路面
滞	降低雨水汇集速度,延缓水量峰现时间	下沉式绿地、植草沟
蓄	调节雨水时空分布,为城市所用	河湖湿地、雨水收集
净	减少面源污染,改善水生态环境	污水处理、河道整治、生态缓坡
用	缓解水资源短缺,节水减排	污水再生利用、调蓄水池
排	构建排水防涝体系	雨污分流、低洼点排水

3 海绵城市道路建设

传统市政模式认为,雨水排得越多、越快、越通畅越好,传统排水模式没有考虑水的循环利用,加大了城市干旱和洪涝灾害的概率。海绵城市规划设计统筹考虑城市建设中的内涝防治、雨水资源化和水生态修复等问题。

3.1 海绵城市道路中技术设施

透水砖、透水混凝土、鹅卵石等是常见的透水路面铺装形式^[9]。透水砖和透水混凝土铺装常用于人行道和非机动车道的铺装,透水沥青混凝土铺装可用于机动车道。透水路面铺装可补充地下水,削减峰值流量,并能初步净化雨水。道路路面铺装有半渗透性铺装和全渗透性铺装两种方式。全渗透性铺装方式见图 2。路面构造层次为面层、基层、垫层和土基。通过改变水的表面张力,全透式路面面层把雨水吸收到透水砖内。透水性良好的基层主要起下渗作用。垫层不但排水,还能防止因毛细现象的水体上升,以保障路面的整体稳定性。土基则能保存地下水,解决地基沉降并满足植物水分补给问题。

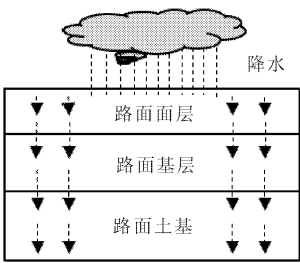


图 2 透水路面透水示意图

植草沟在收集、输送、排放径流雨水方面具有一定的作用。植草沟建设及维护费用低,与景观结合性好,但易受场地条件制约。种植植草沟的场地要求为:边坡坡度宜在 1:3 内,纵坡坡度宜在 4% 以内。

生物滞留设施常用于道路周边绿化,一般是在地势较低的区域,通过植物、土壤和微生物系统对雨水进行“蓄”、“渗”、“净”的设施。常见的设施有:雨水花园、生物滞留带、生态树池等。

3.2 城市径流系数

杭州位于杭嘉湖平原地带,区域内水网纵横、水域面积大,属于天然的海绵城市。但随着几年来人口的聚集和经济的腾飞,城市内的不透水区域快速攀升。后天的人力改变了整个区域内汇水的天然布局,造成径流系数的快速加大。

表 3 为工程应用中常见材质路面的雨水径流系数。数据表明:透水砖面层的透水性能远远优于传统的混凝土和沥青路面,透水砖路面雨水的下渗率约为混凝土路面的 6~7 倍。根据杭州市城市规划管理技术规定:12~18 层高层建筑的建筑密度 ≤ 24%,容积率 ≤ 3.0。新建住宅小区绿化率为 30%~40%,建筑密度 20%~30%,道路广场占地比重 30% 以上。如果能全部在广场、停车场、人行道铺设透水砖,保证径流量水平不大于小区未开发前的径流状态,就可以极大地减少城市快速、大规模建设中的洪涝灾害所带来的社会压力。通过保证住宅小区的绿化率,限制建筑密度比、增加透水地面比率等途径提高区域内路面的排水排涝能力。

2014 杭州年降水总量均值 1 663.28 mm,地表水资源量 161.31 亿 m³,径流深为 965 mm,地表水资源量占浙江省地表水资源量的 14.4%。综合杭州 2014 年平均降雨量、径流系数等数据后,按照占地面积为 10 000 m² 计算得出年降雨量(m³/a),不同材质路面年雨水下渗量(m³/a)、下渗率等数据见表 3。

表 3 不同材质路面的雨水下渗情况

路面 面层	径流 系数	降雨量 /($\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$)	雨水下渗 量/($\text{m}^3\cdot\text{a}^{-1}$)	下渗率 /%
混凝土	0.89	14803	1830	11
大块石	0.58	9647	6986	42
级配碎石	0.43	7152	9481	57
绿地	0.16	2661	13972	84
透水砖 1	0.24	3992	12641	76
透水砖 2	0.11	2495	14138	85

透水混凝土径流系数与降雨量关系见表 4^[10]。混凝土路面产汇流特点实验中(25 min,小降雨量),降雨量与径流系数的数学关系式为幂函数。

表 4 混凝土路面径流系数与降雨量

序号	降雨强度 /($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)	降雨量 /($\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$)	径流系数
1	0.30	45.0	0.85
3	0.40	60.0	0.91
5	0.50	75.0	0.94

综合考虑城区功能划分、人口密集程度等因素后,杭州综合径流系数为 0.6~0.8。实地抽样调研结果表明:城市化程度高的区域,其径流系数就大,两者间的变化趋势趋向于一致。

3.3 透水性铺装材料

透水性铺装材料具有良好的透水性、透气性,高孔隙率等优点。采用透水性铺装材料进行路面、广场、人行道的铺贴将有效减轻城市排水防涝系统的压力。下雨天时,雨水通过路面透水铺装快速下渗到土基并被贮备在土壤中^[11],大大减少路面径流;天气放晴时,渗入透水地面下的水分蒸发入大气中,有效补充空气湿度、改善地面植物生存条件,减缓城市热岛现象的出现。由于其所带来的优良生态环境,透水性路面被形象地誉为“会呼吸”的路面。

目前常见的透水性铺装材料有:混凝土透水砖、砂透水砖、陶瓷透水砖等。混凝土透水砖是将砂、石用胶凝材料或黏结剂搅拌混合后压制、养护而成。陶瓷透水砖以煤矸石、废瓷砖、石英、高岭土等工业废渣和建筑垃圾为主制作而成。这种发展理念既重复利用了材料,减轻了环境污染^[12-14],又提高了经济效益,保护了整体的生态环境。

不同材质透水砖的性能指标见表 5^[15]。影响透水砖选择的主要因素是透水系数和透水持久性。砂基透水砖在透水系数和透水持久性中优势明显。透水性路面可以降低地面 70%~80%的径流量,可降

低排水系统建设成本的 60%。

表 5 透水砖实验数据

透水砖材料	15℃的透水系数 /($10^{-2}\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)	透水持久性
水泥混凝土土基	0.06~0.51	—
陶瓷基	0.71~2.31	0.145
砂基	1.36	0.260

注:透水持久性以 1 g/L 浓度的泥水渗透 60 min 时的透水系数表示。

3.4 工程案例

某市政道路全长 28.9 km,为东西走向。道路标准断面宽度为 24 m,道路横坡 2%。道路所在地区年降水量 1 712 mm。

在满足路面载重要求、减缓内涝和水灾、生态性和经济性好等业主要求前提下,项目按照以绿色生态功能为导向,考虑低影响开发控制性指标,实现实用性和观赏性并重的原则进行设计。该道路设置 12 m 宽机动车道(沥青混凝土路面),两侧各 3 m 宽绿化带,3 m 宽非机动车道(人行道)。道路总面积为 63.58 万 m^2 。绿化带和人行道承担着路面雨水的调蓄作用。人行道为透水面砖铺装,雨水可快速渗入基层和土壤层中。绿化带中设置 LID 树池,树木四周满铺草皮(设置 1.5%坡度)和碎石缓冲带,有效提高绿化带对雨水的下渗量,减少水土流失,也赋予了道路丰富的立面效果。

根据本地的年均降雨量,得到年径流总量控制率所对应的设计降雨量。随后计算出道路降雨总量,接下来运用加权平均法计算得到综合雨量径流系数。本例计算得到综合雨量径流系数为 0.509,其中绿地、机动车道、人行道径流系数分别取 0.160、0.890 和 0.240。

进行道路海面城市低影响雨水系统设计出的道路标准断面见图 3。人行道铺装构造层次(见图 4)为:① 200 mm×200 mm×60 mm 透水砖面层;② 20 mm 中砂找平层;③ 180 mm 无砂透水混凝土基层;④ 120 mm 级配碎石垫层;⑤ 土基夯实平整。

依据构造层次的不同,人行道透水砖铺设综合单价为 150 元/ m^2 ~180 元/ m^2 ,其中:无砂透水混凝土基层:50 元/ m^2 ~60 元/ m^2 ;级配碎石垫层:12 元/ m^2 ~18 元/ m^2 ;透水砖及找平层:80 元/ m^2 ~120 元/ m^2 。本例中透水砖铺设综合单价为 155.82 元/ m^2 。透水砖铺设综合单价约为普通人行道地砖铺设单价的 1.2 倍~1.4 倍。虽然在建设期透水砖路面的前期投入比传统路面大,但综合考虑路面的

生态效益和寿命期内的整体建设效益,透水砖路面 整体优势明显。

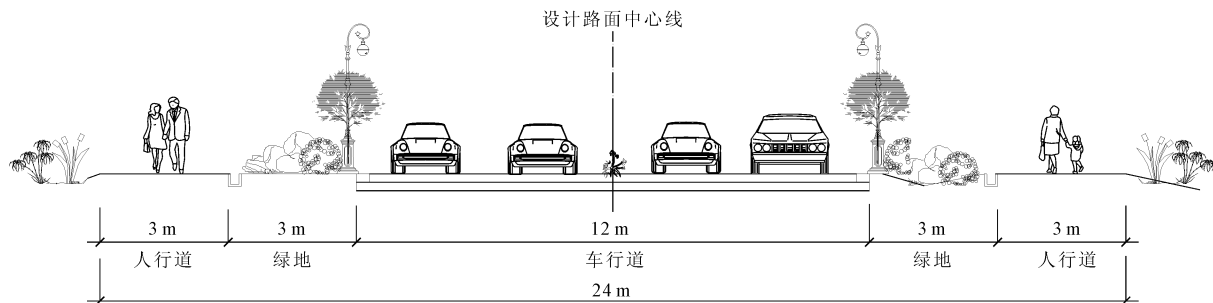


图 3 道路设计断面图

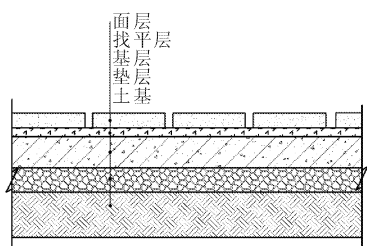


图 4 人行道透水砖铺装图

4 结 论

随着城市化和国民经济的快速发展,城市需要生态的、稳定的、可持续发展的方法来保持和恢复水生态系统的健康。在不增加末端基础设施的前提下,打造一个表面布满吸水孔洞的海绵城市,保证在降水期间雨水被饱满吸收并排入水体,在需要时释放和利用水^[16],这种思路是解决洪涝灾害和城市缺水两种状况并存的最好办法。通过分析城市年径流量去向及探讨低影响开发,结合某市政道路工程案例进行了海绵城市道路建设中路面建设的规划要求、城市综合径流系数、透水性铺装等问题的探究。

参考文献:

- [1] 庄宏曦,梁国辉,谢文思,等.从“智慧”到“智慧-绿色-韧性”城市规划[C]//中国城市规划学会.城乡治理与规划改革——2014 中国城市规划年会论文集(02-城市工程规划).北京:中国城市规划学会,2014:18.
- [2] 吴丹洁,詹圣泽,李友华,等.中国特色海绵城市的新兴趋势与实践研究[J].中国软科学,2016(1):79-97.
- [3] 方群莉,程 鹏,余汇芸.徽州古村落水利用对海绵城市建设的启示[J].太原学院学报(自然科学版),2017,

35(2):20-24.

- [4] 傅翔宇,李亚峰,王 群.国内外海绵城市建设及应用现状[J].建筑与预算,2016(5):51-54.
- [5] 袁 媛,王沛永.从防止城市内涝谈海绵城市建设的策略[J].风景园林,2016(4):116-121.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部.关于印发海绵城市建设技术指南—低影响开发雨水系统构建(试行)的通知:建城函[2014]275号[A].2014-10-22.
- [7] 陈晓菲.基于生物多样性的海绵城市景观途径探讨[J].生态经济,2015,31(10):194-199.
- [8] 黎 明.“海绵城市”——城市给排水建设的重要内容[J].建材发展导向,2015,13(7):156-157.
- [9] 杜中华.海绵城市理念在城市道路工程中的应用[J].工程建设与设计,2016(3):69-71.
- [10] 梁于婷.降雨径流系数影响因素的试验研究[D].长沙:湖南大学,2014,41.
- [11] 张亚梅,柳长顺,齐 实.海绵城市建设与城市水土保持[J].水利发展研究,2015,15(2):20-23.
- [12] 卜贵贤,杜旭斌,杨 川.再生碎砖骨料混凝土单位用水量的试验研究[J].水利与建筑工程学报,2017,15(3):165-168,213.
- [13] 谢 雯.海绵城市理论及其建设评析[J].价值工程,2015,34(28):11-13.
- [14] 李 俊.基于系统论的水旱风灾害防御机制研究[J].华北水利水电大学学报(自然科学版),2017,38(3):35-41.
- [15] 谢 添,王晓飞.道路常用透水砖的透水性能研究[J].交通标准化,2011(Z1):158-161.
- [16] 张朝晖,房海勃,周 波,等.海绵城市建设技术模式研究——以陕西杨凌示范区为例[J].水利与建筑工程学报,2018,16(1):220-223.