

中图分类号: TU986 文献标识码: A
 文章编号: 1673-1530(2015)05-0025-06
 DOI: 10.14085/j.issn.1673-1530.2015.05.0025.06
 收稿日期: 2015-02-13
 修回日期: 2015-05-08

城市绿色雨水基础设施规划和实施

以美国费城为例

Urban Green Stormwater Infrastructure Planning and Implementation

A Case Study of Philadelphia, USA

王春晓 林广思*

Wang Chun-xiao LIN Guang-si

摘要: 生态雨水管理与城市绿色基础设施相结合已经成为可持续城市发展的重要途径。以费城绿色雨水基础设施规划为例,通过案例研究的方法对费城绿色雨水基础设施规划的背景、策略和实施进行阐述,指出费城以生态网络作为多样化的雨水基础设施载体,将雨水基础设施与城市需求和功能相融合,使用“绿色英亩”作为量化的建设标准,基于建筑用地总面积及不透水区域的面积收取雨洪管理服务费用。这些经验可以为我国建设“海绵城市”提供参考和借鉴。

关键词: 绿色基础设施; 雨水基础设施; 生态基础设施; 低影响开发; 雨洪管理; 景观规划

基金项目: 本论文得到国家留学基金资助

Abstract: Combining ecological rainwater management with urban green infrastructure has become a basic strategy for sustainable urban development. Based on the case study of green rainwater infrastructure planning in Philadelphia, we analyzed the background, strategy and method of green rainwater infrastructure planning. In Philadelphia, ecological network is the multiple carrier of green rainwater infrastructure, which is integrated with the functional requirements of urban activities. Using "green acres" as the quantitative standard of construction, stormwater fees are based on the area of impervious surface. These experiences provided reference for the construction of "sponge city" in China.

Key words: Green Infrastructure; Rainwater Infrastructure; Ecological Infrastructure; Low Impact Development (LID); Stormwater Management; Landscape Planning

Fund Item: This paper is funded by National Fundation for Studying Abroad

随着全球环境保护和可持续发展的理念的普及,利用绿色基础设施来提供城市和居民所需要的产品和服务,而不过分依赖于城市的灰色基础设施,已经成为城市可持续发展的基本策略^[1]。绿色基础设施将城乡发展、基础设施规划、精明增长等一系列理念融入生态保护,受到了区域和地方政府、风景园林师和城市规划师的关注^[2]。

在美国东海岸,费城一直以来致力于建设“绿色乡村市镇”(Green Country Towne),于1855年开始建设的费尔芒特公园系统(Fairmount Park System),对费城地

区的自然资源保育以及向公众提供休闲空间产生了重要的意义^[3](图1)。自2006年起,费城市长Michael A. Nutter着手到2015年把费城建设成全美最环保城市。此后,费城开始了大量关于城市范围内的绿色基础设施体系构建的理论与实践研究,截止至2012年费城已经编制的基于城市绿色基础设施和生态雨水利用的规划已有6个(表1)^[4,5],这些研究和规划自下而上和自上而下相结合,资金投入和推进力度非常大,值得深入分析和研究。其中Wallace Roberts & Todd (WRT) 事务所主持编制的《费城绿色规划》(Green Plan

作者简介:

王春晓/1988年生/女/北京林业大学园林学院城市规划与设计学科(风景园林方向)博士生/美国宾夕法尼亚州立大学访问学者(北京100083)

林广思/1977年生/男/博士/华南理工大学建筑学院风景园林系副教授/亚热带建筑科学国家重点实验、广州市景观建筑重点实验室固定研究人员/美国宾夕法尼亚大学访问学者(广州510641)

通讯作者邮箱 asilin@126.com

1 费城开放空间现状图

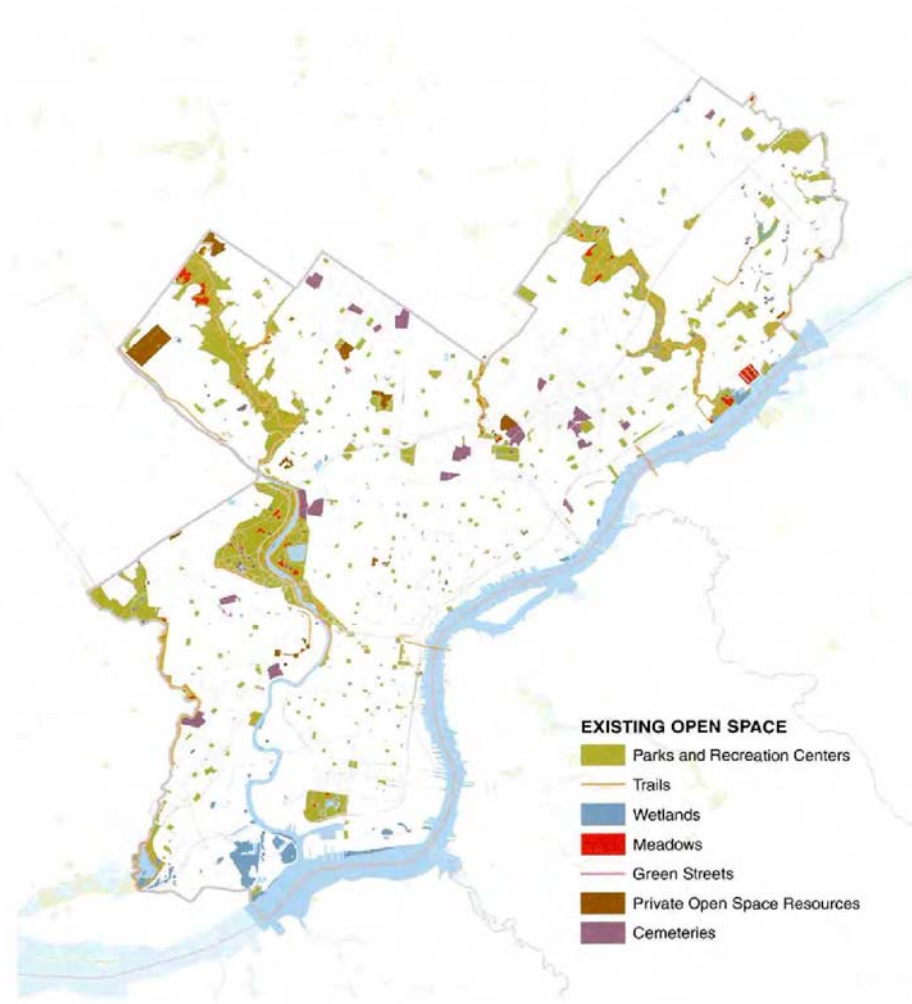


表1 费城绿色基础设施系列规划一览表

名称	主题	规划年限	备注
《费城绿色规划》(GreenPlan Philadelphia)	绿色基础设施	2006-2028	城市范围内绿色基础设施规划
《绿色城市 清洁水体》(Green City, Clean Waters)	生态水资源管理	2006-2035	24 亿美元投资的生态雨水基础设施规划
《费城绿色工作》(Greenworks Philadelphia)	可持续规划	2008-2015	可持续绿地与能源
《绿色 2015》(Green 2015)	城市绿地	2009-2015	500 英亩(约 2.02km ²) 的新绿地空间规划
《费城 2035》(Philadelphia 2035)	社区与就业	2010-2035	绿色经济增长与人口就业措施
《绿色街道设计指南》(Green Streets Design Manual)	绿色街道	2011-2035	街道生态雨水管理

Philadelphia) 获得了 2011 年美国风景园林师协会专业奖项分析与规划类荣誉奖(Honor Award)。“绿色城市, 清洁水源”(Green City, Clean Waters)于 2012 年得到了美国环境保护署(EPA)的审批通过, 并已经进行了大量的相关理论与实践研究。

绿色雨水基础设施的概念由从绿色基础设施和生态雨水管理的概念衍生发展而来。绿色基础设施在城市和区域尺度上是多功能的开放空间网络, 在地方(local)和场地(site)尺度上被定义为一种模拟自然水文过程的雨水管理途径^[4]。也可以说, 绿色基础设施在较小的空间尺度上等同于“绿色雨水基础设施”(Green Stormwater Infrastructure)^[5]。为此, 本文拟对费城的绿色雨水基础设施规划和实施进行案例研究, 分析和讨论其意义和经验。

1 绿色雨水基础设施的实践进展

自 20 世纪 70 年代起, 城市绿色雨水设施在西方一些国家就已经形成了相对完善的管理模式和方法, 并出台针对本国或城市的现代绿色雨水基础设施管理模式体系。1972 年美国联邦水污染控制法修正案(Federal Water Pollution Control Act Amendment)首次提出最佳管理措施的概念(Best Management Practices, 缩写为 BMPs), 关注非点源水体的污染控制, 在美国和加拿大得到了广泛应用。1990 年美国马里兰州提出了低影响开发(Low Impact Development, 缩写为 LID)的理念与技术体系, 核心理念是通过模拟自然水文条件, 在源头控制并管理雨水^[6-7]。由于提出时针对的城市水环境问题不同, 这些理论在侧重点上略有差异, 但其核心思想都是通过可持续的自然手段解决城市雨洪及水污染问题, 构建良性的城市水文循环^[5]。

近 10 年内, 在基于最佳管理措施、低影

响开发为代表的理论研究成果的基础上, 诸多国家和城市也展开了大量的相关实践, 进入了城市范围内规模化、系统化的绿色雨水基础设施规划建设时期: 如英国制定的可持续城市排水系统模式(Sustainable Urban Drainage System, 缩写为SUDS)、澳大利亚提出的水敏感城市设计(Water Sensitive Urban Design, 缩写为WSUD)^[8]、新西兰低影响雨水体系设计(Low Impact urban design and development, 缩写为LIUDD)^[9-10]、美国西雅图公共事业局提出的公共设施低影响开发项目(Seattle Public Utilities' Low Impact Development (LID) program)等, 但这些研究实践和成果一直缺乏量化的建设标准和评价体系, 而费城的绿色雨水基础设施规划则对于量化的建设评价体系进行了实践方法的探索。

总而言之, 发展至今城市绿色雨水基础设施研究内容已经从注重径流量及水质的人文控制方法, 逐步转向更加全面的、和城市景观与基础设施相结合的规划体系。如今绿色雨水基础设施规划的内容更侧重雨洪管理工程措施与城市公共景观的有机结合, 同时强调雨水资源化利用和绿色基础设施的生态效益。

2 费城绿色雨水基础设施规划策略与实施措施

2.1 规划背景

和美国很多早期建设的城市一样, 费城60%的地区采用了合流制下水道(Combined Sewer Overflow Control, 缩写为CSOs), 即生活污水和雨水混合在同一管道中排放。费城的年平均降雨是1050mm, 这样的市政管理方式尽管节省了工程建设费用, 但是导致很多环境问题: 如果入水口堵塞或者超出管道容纳值, 雨水将在街道上漫延或者淹没房屋的地下室, 更糟糕的是, 生活污水混合着雨

水溢出, 流向供应城市饮用水的两条河流, 从而导致不容忽视的水体污染问题。另一方面, 随着城市建设, 市区内近70%的自然水系被填埋或用管道取代, 天然排水渠道的堵塞和消逝无形中增大了城市排水系统的压力(图1)。

美国中央合流制下水道溢流控制政策(National Combined Sewer Overflow Control Policy)要求每个具有合流制下水道溢流的城市必须提出一个长期的控制规划(Long Term Control Plan)以达到清洁水源法(Clean Water Act)的要求。此外, 宾夕法尼亚州也颁布了《宾夕法尼亚州清洁溪流法》(Pennsylvania Clean Stream Law)。因此, 费城水务局(Philadelphia Water Department, 缩写为PWD)需要提出一个战略性的方案更好地管理污染物通过雨水排放至河流的问题。尽管清洁水源是直接的目标, 但是费城水务局意识到绿化城市的街道和土地才是让河流成为鱼类可生长、能够游泳、安全、有吸引力和可达的关键所在。只有通过

全面实施绿色雨水基础设施才能根本上管理雨水, 达到“绿色城市, 清洁水源”的目标^[17]。

2.2 规划策略与实施措施

自2006年起, 费城水务局开始编制“绿色城市, 洁净水源”(Green City, Clean Waters)规划, 旨在推广绿色基础设施来进行雨水管理, 以解决城市内合流下水道所产生的水污染问题。规划项目实施周期长达25年, 计划投资24亿美元, 其中, 16.7亿美元将投入城市绿色雨水基础设施的建设。

(1) 多样化的雨水基础设施载体——生态网络

美国环境保护署(EPA)认为, 绿色基础设施使用植被、土壤和自然过程管理雨水和创造健康的城市环境。在市镇或者县的尺度上, 绿色基础设施是指提供栖息地、防洪、清洁空气和清洁水源的自然斑块; 在社区和场地的尺度上, 绿色基础设施是指通过吸收和储

表2 绿色基础设施规划目标及策略一览表^[12]

空间类型	主题	占市内总不透水区域的百分比	规划策略和途径
城市线性空间	城市街道	38%	建造生态集水树池, 将现有道路的路缘石改造为开口模式, 让雨水进入道路绿地, 在保留其原功能的基础上, 完成街道雨水的收集、减缓、净化和渗透。
	城市步行道、小巷	6%	低成本的渗透和收集径流方法, 如多功能的雨水滞留种植池、生态集水树池等。
小面积内向型空间	校园	2%	雨水花园, 绿色屋顶, 可渗透铺装, 植物, 雨水桶和水箱, 收集雨水的同时起到对当地社区和学生的教育目的。
	绿色产业、商业、贸易和机构	16%	通常是私人业主控制, 但政府和相关部门其到政策支持和引导其自行建设的作用。措施包括绿色屋顶、雨洪管理服务策略等, 将场地内不透水区域面积和费用相结合。
	居住	20%	结合地形的雨水花园、绿色屋顶、雨水收集桶。
大面积外向型空间	停车场	5%	带状种植区域、雨水渗透带(临时储存和净化雨水)、树木植被、可渗透铺装、沙土过滤层、车库的绿色屋顶绿化。
	公共设施	3%	公共设施的绿色潜力评估的非营利组织, 鼓励公众监督和与绿色街道的结合。
	开放空间	10%	城市公园内的不透水区域较少, 但有着较大潜力管理周边街道的雨水。

(图4)。也就是说,每个绿色英亩有能力吸收27 158加仑的雨水,这意味着在费城每年1英亩场地能够接收100万加仑的降雨。同时每个绿色英亩也能够阻止80%至90%的雨水成为污染物。

费城的《绿色城市 清洁水体》规划,以25年为期限,总计9 600英亩(约38.85km²)的非透水区域将被逐步的转化成绿色英亩,以及34%的城市非透水硬质铺装将被透水铺装和绿地取代^[2]。每5年为一个阶段,分别制定了与之对应的绿色英亩实施数量目标作为实施及评价标准作为衡量绿色基础设施进程的量化方法(表3)。

根据费城水利局的相关统计,在2014年内,在政府拨款的支持下,费城发展了17个绿色雨水基础设施的项目,涵盖了77个绿色英亩;2015年这个数字还会有所增加^[3]。

(3) 政策的激励引导——雨洪管理服务策略

费城水务局还修订了对雨水管理的收费方式。过去,雨水管理费是基于场地的水表的流量。在这样的系统下,4万个用户包括很多停车场由于没有水表无需缴费。

为了鼓励群众自发主动的参与到雨洪管理的项目中,2013年费城水务局颁布了新的《雨洪管理服务费与积分项目调整方案》(Storm Water Management Service Charge Credits and Adjustment Appeals Manual)。在新方案中,衡量雨洪管理的费用有2个参数:建筑用地总面积及不透水区域的面积,即通过物业的建筑用地总面积和不透水的土地覆盖面积来计算,即把物业自身产生的雨水径流作为雨水管理收费的依据。通过实施雨水基础设施,场地所有人能够减少雨水费用。如果非居住用地和共管公寓用户建造能有效减少雨水径流的生态雨洪设施(如屋顶花园、可渗透铺

装、雨水花园等)并减少非透水区域的面积,将会在水费上得到相应的积分与折扣^[4]。作为和经济紧密相连的政策,这不仅提高了民众对于管理雨水资源的意识,同时也大大鼓励了人们的自发性和积极性。

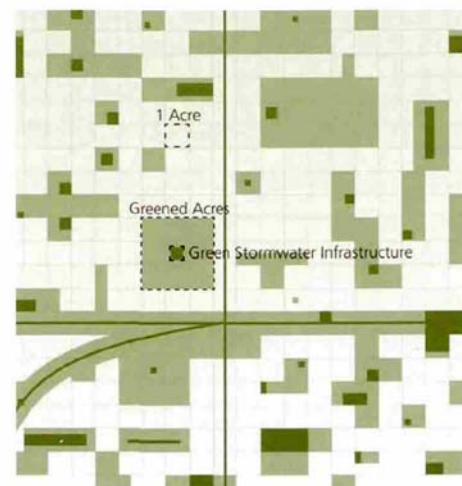
3 讨论与分析

费城的绿色雨水基础设施规划与建设经过多年探索和实践,以城市绿色开放空间为基本切入点,提出了创新型的城市雨水管理策略,可归纳为以下几点:

(1) 提出八大基于城市开放空间的绿色雨水基础设施主题,以及相应的规划策略;(2) 将雨水基础设施与城市需求和功能相融合;(3) 提出建设标准的量化衡量方法;(4) 提出经济和政策的激励引导措施,以及相关法律法规的制定。

我国水资源空间分布不均衡,与此同时城市公共空间洪涝灾害事件却频繁发生,规划具有前瞻性的雨水资源利用体系具有重要的战略意义。近年来我国提出了低影响开发、海绵城市等概念,生态雨水管理也在国内迎来了发展和建设的契机,但整体仍处于探索阶段。对比费城绿色雨水基础设施规划的制定,我们可以得到以下启示:

(1) 城市雨水资源化利用需提升到新的战略高度



4 “绿色英亩”概念示意图

4

表3 “绿色英亩”规划年限及目标一览表

实施年限	绿色英亩数量	实施面积(平方英里)	移除的不透水铺装
5	750	1	3%
10	2 100	3	8%
15	3 800	6	14%
20	6 400	10	23%
25	9 600	15	34%

备注:根据“Green City, Clean Waters”整理而成。

费城绿色雨水基础设施的规划得益于在市长Michael Nutter的引导下,城市可持续发展规划编制方面所作出的努力。目前我国城市的绿色雨水管理属于城市绿地规划的范畴,是城市规划进程中附属规划的一部分。然而在城市建设的过程中,绿色雨水基础设施应该作为城市总体规划的一部分,在结合传统的市政排水基础设施的基础上,加强城市雨水资源化利用与城市公共景观空间的结合,才能体现整体规划制定过程中对于生态保护的前瞻性。

(2) 应发掘城市绿色雨水基础设施的多功能性

绿色雨水基础设施的优势是它能提供多种效益。除了传统的雨水花园等途径,费城的绿色基础设施规划中展现了更多雨水资源管理和城市公共空间利用相结合的途径。在预算有限的情况下,投资能够服务多种效益至关重要。

(3) 多部门、跨专业的配合以及群众参与的重要性

绿色基础设施的总体规划依赖于多学科的综合和各部门的配合,其中群众的参与也是至关重要的一部分。在费城生态基础设施规划制定的过程中,费城市政府、费城、景观规划事务所、宾夕法尼亚州园艺学会、宾夕法尼亚自然保护部门和市民代表均参与了规划讨论与制定。我国在生态基础设施规划制定的过程中,也应该进行多部门、多专业的合作,灵活部署,建立有效的协调机制,用多学科的综合角度看待问题。

(4) 完善相关量化指标的条例和法律法规

虽然我国目前对于生态雨洪管理有着大量的文献资料研究,但由于缺乏相关的规章制度和具体的量化指标,来对城市用地建设进行约束,因此落实的项目相对不多。因此可以

借鉴费城的“绿色英亩”的量化指标制定方法,和“雨洪管理服务策略”等相关法规的制定,推进雨水资源再利用的落实。

4 结语

雨水资源化利用已成为城市可持续发展中的重要议题。中国当前面临高强度的城市化进程,城市发展与环境保护的冲突日趋加剧,且同时面临水资源紧缺、水体污染和洪涝灾害等状况,因此在建设“海绵城市”的过程中,科学的制定雨水利用的景观途径,规划具前瞻性的绿色雨水基础设施具有重要的战略意义。费城的绿色雨水基础设施规划模式及方法为高度城市化的建成区空间保护和发展提供了一套值得借鉴的方法,其政策制定、规划策略方法以及量化的评价与检验体系都值得我国城市设计导则吸纳和借鉴。

致谢:

本文的前期研究工作得到了导师王向荣教授的支持和宾夕法尼亚州立大学蒂姆·贝尔德(Tim Baird)教授的指导,以及奥林景观事务所(Olin)的绿色基础设施设计总监史蒂夫·本兹(Steve Benz)先生提供的“Meeting Green”的相关资料和图片,在此表示衷心感谢。

注释:

图1来源于美国风景园林协会ASLA官方网站公布的GreenPlan Philadelphia项目获奖材料(<http://www.asla.org/2011awards/610.htm>)。图2-3来源于Olin景观事务所。图4来源于Green Infrastructure: A Landscape Approach (P75); 表1根据Green Infrastructure: A Landscape Approach的Figure 4.18. (P68)整理而成; 表2和表3根据Green City, Clean Waters归纳整理而成。

参考文献:

[1]俞孔坚.景观作为新城市形态和生活的生态基础设施[J].南方建筑,2011,(3):10.
 [2]王云才,崔莹,彭震伟.快速城市化地区“绿色海绵”雨洪调蓄与水处理系统规划研究——以辽宁康平卧龙湖生态保护区为例[J].风景园林,2013,(2):60-67.
 [3]张晋石.费城开放空间系统的形成与发展[J].风景园林,2014,(6):116-119.

[4]David C. Rouse, Ignacio F. Bunster-Ossa. Green Infrastructure: A Landscape Approach [M]. Chicago: APA Planning Advisory Service, 2013.

[5]闫攀,车伍,赵杨,李俊奇,王思思.绿色雨水基础设施构建城市良性水文循环[J].风景园林,2013,(2):32-37.

[6]Sopes J.L. Sustainable Solutions for Water Resources: Policies, Planning, Design, and Implementation [M]. Hoboken, N.J.: Wiley, 2010:235-240.

[7]US EPA. Low Impact Development (LID): A Literature Review [R]. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2000:1-3.

[8]王思思,张丹明.澳大利亚水敏感城市设计及启示[J].中国给水排水,2010,26(20):64-68.

[9]Berke P, Backhurst M, Day M, Ericksen N, Laurian L, Crawford J, Dixon J. What makes plan implementation successful? An evaluation of local plans and implementation practices in New Zealand [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006,33(4):581-600.

[10]马克·路易斯,克里斯·宾利.新西兰低影响雨水体系设计[J].中国园林,2013,(8):23-29.

[11]What is Green Infrastructure? [EB/OL]. [2015-03-12]. <http://waterpa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/gwhatc.htm>.

[12]Philadelphia Water Department. Green City, Clean Waters: The City of Philadelphia's Program for Combined Sewer Overflow Control Program Summary [EB/OL]. [2011-06-01]. [2015-03-12]. http://www.phillywatersheds.org/doc/GCCW_AmendedJune2011_LOWRESweb.pdf.

[13]green acres [EB/OL]. [2014-05-22]. [2015-03-12]. <http://www.phillywatersheds.org/category/blog-tags/green-acres>.

[14]Philadelphia Water Department. Storm Water Management Service Charge Credits and Adjustment Appeals Manual [EB/OL]. [2013-01]. [2015-03-12]. <http://www.phil.gov/water/water/Stormwater%20Resources/scanmanual.pdf>.