

绿色基础设施视角下的城市雨洪管治策略——以费城为例

Urban Stormwater Governance Based on Green Infrastructure: A Case Study of Philadelphia

胡宏
Hu Hong

摘要: 新一代城市雨洪管治不只是绿色基础设施建设的工程技术问题,而是将多元主体纳入雨洪决策和实施,并对实施效果进行定期评估和反馈的复杂动态过程。本文分析美国雨洪管治的主要模式,回顾费城雨洪管治策略——“绿色城市,清洁水体”计划的实施过程,梳理其基于地块尺度的精细化雨洪管治演变历程。费城雨洪管治是水利局主导的自上而下的治理过程,强调绿色基础设施与传统设施结合,在确立整体雨洪管理目标后,通过空间用地对目标进行系统分解,保证目标实现的科学性和可行性。最后,本文借鉴费城案例提出我国城市层面雨洪管治需要建立跨部门跨尺度的协调机制,将城市雨洪管治贯穿于城市规划的各个层次,注重布局的公平性,实现数据可视化与成本控制。

Abstract: The new generation of urban stormwater governance is beyond the engineering perspective of green infrastructure installation. It is a complex and dynamic process of involving multiple stakeholders in the loop of decision-making, implementation, evaluation and feedback. This paper analyzes the main modes of urban stormwater governance in the US. It reviews the implementation of the “Green City, Clean Water” program designed by the City of Philadelphia, which characterized as parcel-based stormwater management at city scale. Stormwater governance in Philadelphia is a top-down governance process led by the Water Department. It emphasizes the combination of green and grey infrastructure. After establishing the overall objectives, it systematically decomposed these into several phases and land uses during implementation to ensure feasibility. Learning from the case of Philadelphia, this paper proposes that the cross-sectoral and multi-scale coordination should be established for China’s urban stormwater governance, and the goals of stormwater management need to be integrated into the urban planning regime. Environmental justice, open data and visualization, as well as cost control are also important to be addressed.

关键词: 绿色基础设施; 雨洪管治; 多主体参与; 费城

Keywords: Green Infrastructure; Stormwater Governance;
Participation of Multiple Stakeholders; Philadelphia

国家自然科学基金项目 (41501169)

作者: 胡宏, 南京大学建筑与城市规划学院, 副研究员。h.hu@nju.edu.cn

引言

近年来城市雨洪管理目标不断扩展,从早前单一的雨水快排和内涝控制发展到污染削减、源头控制、城市景观改善、投入产出效益最大化等多样化目标^[1,2]。绿色基础设施为实现这些综合目标提供可能途径^[3]。国际上越来越多的城市将现有传统雨洪管网(灰色基础设施)与新的绿色基础设施结合,进行新一代城市雨洪管理^[4,6]。这种精细化、复杂化的雨洪管理方式要求管理部门具有可持续发展的远见卓识、掌握先进信息技术的能力和科学有效的管治策略^[7]。

雨洪管治是一个长期动态的复杂过程,它涉及城市管理的多方面内容和多主体利益^[8]。基于绿色基础设施的雨洪管理不只是利用水文模型确定城市雨洪风险的热点区域(hot spots),并选择适合的绿色基础设施类型进行改造。换言之,新一代的城市雨洪管理不只是绿色基础设施建设的工程技术问题,也不是市政部门、水利部门或环保部门的独角戏。成功的雨洪管理需要将多元主体纳入雨洪决策和实施过程中,制定有效的雨洪管治策略,并进行定期评估和反馈^[9]。政府在雨洪管理政策的决策过程中与其他部门和社会群体沟通,不断适应市场和社会需求,进行制度创新,形成满足不同利益群体的共同目标^[10]。

本文首先总结美国城市雨洪管治的基本类型特征,然后选取美国首个城市尺度的雨洪管治案例——费城,梳理其雨洪管治的多样化经济杠杆演变历程,阐述其雨洪管治不同阶段的主要特点,总结经验教训,最后提出其对我国向绿色可持续城市雨洪管治转变的启示。

1 美国城市雨洪管治类型

雨洪管治与其他环境治理类似,是涉及城市雨洪问题的利益相关者相互作用后的决策过程^[11]。雨洪管治的相关利益主体包括政府(政府官员以及规划师、工程师等专家)、市场(私人

土地所有者、承包商和绿色基础设施设计咨询公司)和市民社会(非政府环保组织、社区领袖和社区居民)^[12]。依据美国城市雨洪政治(Politics of Urban Runoff)的发展历程可将雨洪管理的政治模式分为三种类型^[13]。(1)“理性政治”。这是历史最悠久,目前起主导作用的治理模式。它是自上而下的理性决策过程,先由政府制定雨洪调控政策目标,然后鼓励市场和市民社区的积极参与,由政府对于雨洪治理效果进行监管。(2)“民粹政治”。它出现于1960年代,在地方层面由社区领袖作为主导,针对某个具体雨洪问题,引导社区居民进行雨洪治理。(3)“市民政治”。它出现于1970年代,强调政府和市民社会的合作治理。当前美国的雨洪治理实践中,民粹政治较少出现,市民政治的发展更为有限^[14]。虽然市民政治因其可以在政府和市民社会间取得最好的平衡而倍受推崇,但现实表明:政府和市民社会对雨洪问题的认知出发点不同,最终解决思路的落脚点也难以统一。

对应三种雨洪政治模式,政府和非政府利益群体的力量相互博弈,在具体的雨洪管治中形成四种策略(表1)。第一种是中央集权或地方分权治理。中央或地方政府主导力量强,非政府利益相关者(如市场和社会组织)是政府雨洪政策的接受者,影响决策的力量较弱。第二种是公私协作治理。中央或地方政府(公共部门)与市场合作伙伴(私营部门)的共治治理过程。虽然私营部门自主权有所提高,但只能在政府授权的既定范围内活动。第三种是互动治理,政府、市场和社会力量相互平衡。第四种是自治,由市场或社会主导,自发组织进行雨洪管理,政府对过程进行一定程度的服务和监管。

在雨洪管治中,政府可作为监管者、供应者、促进者或消费者^[15]。具体而言,监管者的任务是政府通过制定城市雨洪管治导则、绿色基础设施规划和建设目标对城市雨洪进行管理;供应者是指政府向市场提供绿色基础设施产品和雨洪管理服务,也包括提供经济激励措施;促进者的作用是政府通过公共教育,邀请相关利益群体代表座谈,了解其在推行政府雨洪政策中的困难,制定奖励措施鼓励市场和市民社会

表1 城市雨洪管治类型比较

	中央集权/地方分权治理	公私协作治理	互动治理	自治
政治模式	理性政治	理性政治	市民政治	市民政治,民粹政治
主导力量	政府(专家)	政府与市场合作	政府与市民相互平衡	社区领袖和市民
决策机制	自上而下	自上而下	自下而上	自下而上
政府职责	监管者、供应者、促进者、消费者	监管者、供应者、消费者	供应者	
普及程度	主流	主流	几乎没有	较少出现

资料来源:依据参考文献[11,13-15]整理

参与绿色基础设施;消费者的角色是指政府购买绿色基础设施技术和设备,在政府所有土地上进行设计安装,以替代灰色基础设施进行雨洪管理^[16]。

2 费城基于绿色基础设施的雨洪管治案例分析

2.1 首个城市尺度的雨洪管治方案

费城位于美国东海岸,宾夕法尼亚州东南部,已有300多年历史,是美国最古老且最具历史意义的古都。1776年《独立宣言》在此签署,1787年美国第一部宪法在此诞生,2015年成为美国首个世界遗产城市。费城市区约有人口150多万,面积约370 km²,其中水域面积占5.3%。市内的主要河流是特拉华河(Delaware River)和斯库基尔河(Schuylkill River)。

费城现存的污水系统建设最早可追溯到19世纪后半叶,是美国最古老的污水系统之一。市内污水处理系统有60%是传统的雨污合流系统,不透水地面占市区总用地的54%^[17]。在中到大雨的降雨强度下,污水处理系统经常超负荷,形成污水的地面溢流,对河流水体产生污染。1990年代,随着美国环保局对城市水体的水质监管越来越严格,费城水利局(Philadelphia Water Department)开始探索新的雨洪管治路径。2009年9月,费城水利局向宾夕法尼亚州环保局提交了“绿色城市,清洁水体”(Green City, Clean Water)计划,在城市尺度进行雨洪管理,这在美国尚属首例^[18]。州政府和中央政府环保部门审批过程比较漫长,2011年6月,费城政府与美国环保局签订“雨污合流系统的长期控制计划”,也就是“绿色城市,清洁水体”雨洪管治方案^[19]。环保局同意与地方政府合作开发雨洪管理技术,并对该项目实施效果每5年评估一次,如果未达标,则撤销对该方案的许可^[20]。

该方案计划用25年时间,投资24亿美元,建设美国最大尺度的绿色基础设施项目(表2,图1)。方案致力于在不增加灰色基础设施建设的前提下,在全市范围内进行绿色基础设施布局,全面管理水环境各项指标,并增加美感、健康和休闲等社会效益。此外,提出“绿色英亩”(green acre)这项技术指标,即在暴雨事件中,经过改造的地块如果能就地吸收1英寸(约2.54 cm)的降水,就视为1绿色英亩。方案计划通过25年改造1万英亩(约40.5 km²)城市不透

表2 费城绿色英亩25年发展规划

年份	绿色英亩累积面积/英亩	不透水地面改造累积比例/%	第一个5年成果(2011.6—2016.6)
5	750	3	837.7绿色英亩;
10	2100	8	441个绿色基础设施项目;
15	3800	14	减少15亿加仑(4700万吨)因
20	6400	23	雨污溢流带来的水体污染
25	9600	34	

资料来源:依据参考文献[21,22]整理

水地面为绿色地面，可减少 85% 的雨污溢流。

“绿色城市，清洁水体”计划的本质是将城市尺度方案拆解为全方位、分散、小规模绿色基础设施。该计划将不透水地面改造分解为绿色街道（占不透水面的 38%）、绿色学校（2%）、绿色公共设施（3%）、绿色停车场（5%）、绿色开敞空间（10%）、绿色工业和商业（16%）、绿色巷道（6%）和绿色住宅（20%）^[19]。针对每一类改造，费城水利局都需要与相对应的政府管理部门沟通合作，以及制定不同的激励政策，促进市场和市民社会的主动参与。

2.2 软硬兼施的经济政策作为雨洪管治杠杆

2.2.1 硬性政策：基于地块的收费策略

费城对于雨洪管治经济措施的探索已有数十年，早期起到关键作用的是费城水利局和市民顾问委员会（Citizens Advisory Council）。费城水利局属于政府部门；市民顾问委员会属于环保部门下设的具有独立意志的公众咨询团体，其成员来自市财政局、交通局、占地规模较大的工业企业、占地规模较大的居住社区、小型企业、不动产所有者或管理者、停车场、水资源保护的非政府组织、占地规模较大的非政府组织（学校）、市民咨询团体（市民公共设施理事会）、社区法律服务团体、老年人团体、水费缴纳者等^[24]。

在 1980 年代以前，费城雨洪管治只有一种硬性措施，就是每月依据居民和企业安装的水表尺寸，向其收取固定的雨洪管理费用。从 1980 年代开始，一些企业向费城水利局申诉：水表尺寸只能代表用水量多少，与地块产生的雨水径流量没有直接关系，所以这种收费方式不合理。1990 年代，

市民顾问委员会提出新的雨水收费方案，即依据地块的不透水面积和总面积对地块所有者或使用者进行收费（80% 的收费基于地块的不透水面积，20% 的收费基于地块的总面积）。然而，当时受地理信息技术（GIS）限制，无法建立全市尺度的地块空间数据库，所以这一方案并未得到实施。

21 世纪初，费城水利局基于城市居住用地总面积和不透水面积的比例，计算单位居住地块的平均雨洪管理费，开始对所有居民收取基于地块的雨洪管理费。而后随着 GIS 的迅速发展，费城水利局估算了市内所有非居住地块的总面积和不透水面积，为每一个地块建立了空间数据库。2010 年 7 月—2014 年 7 月，费城水利局逐步对非居住用地依据面积和不透水面积进行收费（parcel-based bill）^[25]。新的雨洪经济措施对于两类地块的雨洪管理费有较大影响。第一种是水表尺寸小但不透水面积大的地块（如地面停车场），其需要缴纳的雨洪管理费比原来有大幅增加。第二种是水表尺寸大但不透水面积小的地块（如大学），其需要缴纳的雨洪管理费比原来有大幅减少。新的经济政策引发一些商业用地所有者特别是小型商业主的不满，因为对于这部分群体而言，雨洪管理费占他们的经营成本比例明显增加^[26]。2011 年水利局推出用户辅助项目（CAP: Customer Assistance Program），允许雨洪管理费涨幅过大（每月增加 100 美元或 10%）的用户申请延长至 10 年的过渡期，并为想要建设绿色基础设施的用户提供免费的工程设计咨询。

2.2.2 软性政策：多样化的经济激励机制

“绿色城市，清洁水体”计划耗资巨大，它的成功很大程度上取决于能否吸引占地比例相当大的私有土地所有者参与。为了鼓励私有土地所有者对其地块的不透水面进行改造，费城水利局进行雨洪管治模式创新，推出多种经济激励措施。虽然其他美国城市诸如华盛顿特区和波特兰也颁布了雨洪管理的经济激励措施，但费城对私有土地所有者的经济激励机制是种类最丰富、力度最强的^[27]。

雨洪收费制度改革后，费城水利局推出三种奖励措施，最高可削减 80% 的雨水收费。（1）不透水面积奖励：用地所有者通过改造雨水直排不透水地面，证明能就地吸收 1 英寸的雨水，即可减少用于计算雨水费用的不透水面积。

（2）总面积奖励：用地所有者证明其用地改造后可削弱年径流峰值，即可减少用于计算雨水费用的总面积。（3）美国国家污染物排放削减（NPDES）奖励：用地所有者证明其所有土地或建筑符合 NPDES 排放许可，可获得 7% 的雨水管理费用削减^[24]。但是申请这些奖励措施的用地所有者不多，主要是因为投资到绿色基础设施的建设和维护成本一般需要 15~20 年才能回收，对于很多商业特别是小型商业主来说，

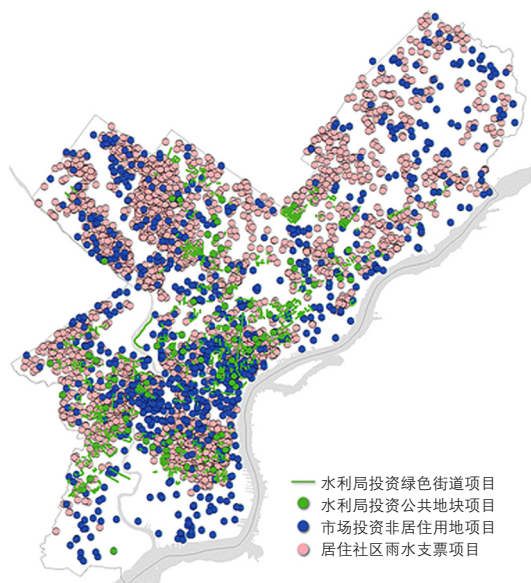


图 1 费城绿色基础设施项目空间分布（2016）

资料来源：参考文献^[23]

这个成本回收周期过长，缺乏吸引力^[20]。

考虑到前期成本可能成为私有土地所有者投资绿色基础设施的障碍，2012年费城水利局发布了雨水管理奖励项目（SMIP: Stormwater Management Incentives Program）。绿色基础设施的成本造价约在每英亩 7.5 万 ~ 20 万美元不等^[20]。SMIP 评估申请地块的雨洪管理效果，支付用于建设绿色基础设施的前期费用或提供低息贷款（每英亩不透水面最多可达 10 万美元）。该项目主要针对面积较大用地的所有者进行单独申请，而此类群体对于雨洪管理费通常并不在意，他们认为申请所花的时间和人力成本比节约的雨洪管理费要多。2014 年，水利局出台了绿色英亩改造项目（GARP: Greened Acre Retrofit Program）。该项目将资助范围从单个较大地块扩展至由多个小块土地构成的街区，由第三方承包商负责联系土地所有者进行申请。GARP 比 SMIP 的改进在于，GARP 由承包商进行申请，为每个地块设计具体的绿色基础设施，获取所有的许可证，进行后期运营和维护；而土地所有者只需签署联合申请合同，大大简化了土地所有者的工作量。GARP 要求参与联合申请的土地面积之和不能低于 10 英亩，每英亩不透水面改造最多可获 9 万美元资助。该项目主要适用于多个小规模土地聚集形成的城市功能区，如购物中心或商业街区。但在空间上不连续的地块也可以联合申请^[28]。随着市场的成熟，GARP 的运行前景比较乐观。

对于居住用地，2002 年政府开始尝试向试点社区免费发放雨水回收桶（rain barrel），2006 年正式确定向市民免费提供雨水回收桶，帮助居民自主收集雨水。2012 年水利局推出“雨水支票”（Rain Check）项目，为居民提供前期资金，帮助他们改造自己家的入口路面或建设雨水花园等。同时，雨水支票项目也肩负公众教育目标。宾州园艺协会（Pennsylvania Horticultural Society）每个月开两次研讨会，教育社区居民绿色基础设施的社会—经济—环境效益。约有 70% 的参会者在参会后选择安装雨水收集桶，25% 的参会者选择其他绿色基础设施。大费城地区可持续商业网络组织（The Sustainable Business Network of Greater Philadelphia）负责联系承包商进行场地评估和绿色基础设施建设^[20]。研究表明费城绿色基础设施建设对于改善社区安全和居民健康有一定的促进作用^[29]。

对费城 1970 年代以来的雨洪管治经济措施总结如表 3 所示。

2.3 雨洪管治策略的阶段演化

费城雨洪管治是由水利局主导、跨部门参与的自上而下治理过程^[30]。费城水利局本身是一个比较有决策权的政府部门，通过收取雨水管理费形成建设绿色基础设施的资本基础。水利局下辖 200 平方英里（约 518 km²）城市区域，3 000 英

表 3 费城雨洪管治的经济措施

时间	经济措施内容	参与主体	措施性质	实施反响
1970 年代	依据水表尺寸收取雨洪管理费	费城水利局制定收费标准并实施	通过强制收费进行雨洪管理	收费标准遭到企业质疑
1990 年代	开始讨论收费标准从水表向地块转变	由市民顾问委员会发起	通过强制收费进行雨洪管理	—
2002	对居住用地收取平均雨洪管理费。对于商业用地，仍然依据水表尺寸收费	费城水利局制定收费标准，并实施	通过强制收费进行雨洪管理	—
2006	向社区居民提供免费的雨水收集桶	社区居民申请，费城水利局审批	鼓励自觉雨洪管理	安装 4 000 多个雨水收集桶
2010—2014	逐步对非居住用地依据面积和不透水面积进行收费	费城水利局制定收费标准并实施	通过强制收费进行雨洪管理	遭到小型商业主抵制
2010 至今	不透水面积奖励	非居住用地所有者申请，费城水利局审批	通过减少收费鼓励自觉雨洪管理	较少申请
2010 至今	总面积奖励：用地所有者证明其用地改造后可减弱年径流峰值	非居住用地所有者申请，费城水利局审批	通过减少收费鼓励自觉雨洪管理	较少申请
2010 至今	美国国家污染物排放削减（NPDES）奖励	非居住用地所有者申请，美国环保局审批	通过减少收费鼓励自觉雨洪管理	较少申请
2011 至今	用户辅助项目（CAP）	非居住用地所有者申请，费城水利局审批	延长收费过渡期限，提供设计咨询服务	—
2012 至今	雨水支票项目（Rain Check）	社区居民申请，费城水利局出资，宾州园艺协会和大费城地区可持续商业网络组织负责管理	通过前期投资补偿鼓励建设绿色基础设施	除雨水桶外，约有 170 个绿色基础设施项目实施
2012 至今	雨水管理奖励项目（SMIP）	非居住用地所有者（学校和教堂）申请，费城水利局和费城工业发展公司审批	通过前期投资补偿鼓励建设绿色基础设施	至 2014 年，约建成 300 绿色英亩
2014 至今	绿色英亩改造项目（GARP）	绿色基础设施设计咨询公司作为主体申请，占地面积小的非居住用地所有者集体参与，费城水利局和费城工业发展公司审批	通过前期投资补偿鼓励建设绿色基础设施	比 SMIP 发展势头好

资料来源：依据参考文献 [20,23,24,28] 整理

里（约 4 828 km）污水管道，3 个污水处理厂，共有 2 000 多名员工，为 200 多万用户供水，并进行污水和雨水处理^[28]。同时，费城雨洪管治中有一位具有影响力的核心人物，霍华德·纽克鲁格（Howard Neukrug）。他在水利局有 30 多年的工作经验，过去 20 多年一直致力于绿色基础设施的推广。纽克鲁格于 2011 年被任命为费城水务专员，推动费城水利局创立流域办公室（Office of Watersheds），奠定了费城雨洪管治的主导力量。纽克鲁格提出的雨洪管治方法得到费城市长的认可。来自政府高层的支持使得地方部门敢于对新方法新模式进行探索^[20]。

费城雨洪管治策略可分为三个阶段。第一阶段是“绿色城市，清洁水体”计划实施以前，完全以费城水利局为主导，市民顾问委员会协助的单一目标强制管理阶段。第二阶段是“绿色城市，清洁水体”计划实施初期，费城水利局寻求跨部门合作，以综合雨洪管理为目标的探索磨合阶段。第三阶段是当前多元主体达成相互理解的稳定提升阶段（图 2）。

在强制管理阶段，完全是费城水利局自上而下的管理模式，市民顾问委员作为独立的政府咨询部门，代表公共利益，推动雨洪管治策略的演化。在探索磨合阶段，费城水利局在其内部设立流域办公室，由一组高级技术人员组成。该阶段存在的主要问题是部门间利益诉求的分异。每个部门

有自己代表的利益和长期发展战略，而且各部门工作人员的知识背景和职业训练不同，其他部门对绿色基础设施的建设效果存在顾虑和质疑，对绿色技术设施的建设重点也持不同态度^[31]。例如公园与休闲设施局（Parks & Recreation Department）强调绿色基础设施的视觉美感；街道管理局（Streets Department）关心的是雨水是否在街道中快排，担心绿色基础设施是否对交通流（自行车、公交、停车、应急车辆、铲雪）造成影响，习惯于依赖传统排水系统；执照与检查局（The Department of Licenses & Inspections）认为绿色屋顶可能会影响建筑的结构完整性，并会导致更多的雨洪溢流，不予颁发绿色屋顶许可；而流域办公室则注重绿色基础设施的技术问题和工程质量^[20]。

除了政府间跨部门的合作之外，水利局还注重在初期选择可见度高的公共地块建设示范性项目。流域办公室将绿色基础设施与经济、社会、环境的可持续发展联系起来，向市场投资者或社区居民展示：绿色基础设施有助于降低犯罪、提升不动产价值、降低碳排放和水体污染。通过持续的公共教育，告诉市场和市民社会他们的个人投资对于整个城市非常宝贵。例如在道路交叉口和公园布置生态洼地和树沟等，或在学校布置绿色屋顶、储水罐和透水铺装的运动场。学生可以监测土壤吸收降雨的动态过程，或

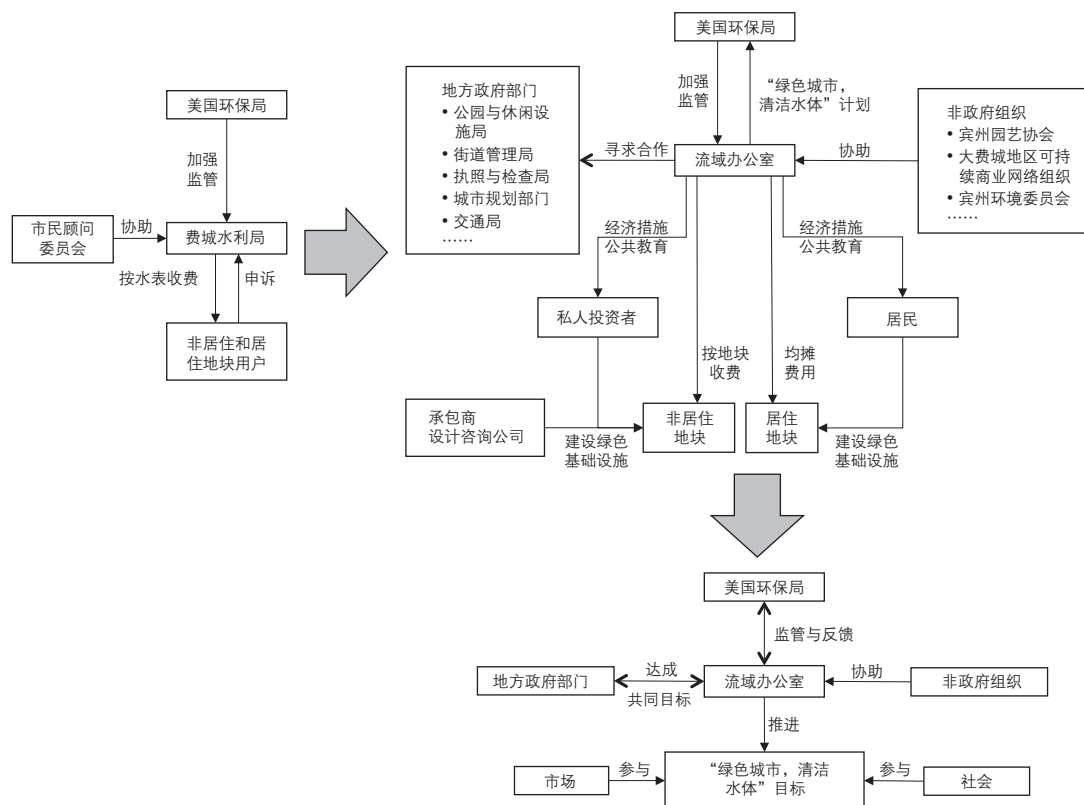


图2 费城雨洪管治策略阶段示意
资料来源：作者绘制

是邀请学生与艺术家设计雨水收集桶外包装，将艺术创意与环境保护相结合。

探索磨合阶段为后续工作的展开奠定了合作基础，也获得了法律和政治上的支持，从而进入了稳定提升阶段。流域办公室细分出八个小组应对不同合作需求，包括法律咨询小组、政策和合作建立小组、GSI 规划小组、设计小组、监测小组、维护小组、水源保护组和生态修复组^[20]。当前，将基于绿色基础设施的雨洪管治模式标准化是各部门的紧迫需求。水利局和街道管理局一起制定了道路建设和绿色基础设施结合的设计规范（Green Street Design Manual），将原来在各自领域模糊的地方明确起来，兼顾道路安全和雨洪管理目标。其他标准的合作制定也在逐步展开。将绿色基础设施设计和审批过程标准化有助于简化市场和社会参与雨洪管治的程序，提高参与的积极性。

2.4 信息公开与可视化

雨洪管治的信息公开与可视化也是费城水利局促进公众参与的一项措施。费城水利局 2010 年以后为顺利推进新的雨洪管理方案，专门增加面向雨洪收费的用户服务项目，并设置了商业用户服务小组，提前多次发出通告函解释雨水管理政策的变化细节。同时，提供网络可视化工具为用户对自身地块的绿色基础设施改造提供概念设计方案、成本和收益估算。同时持续进行公共教育，多次举行研讨会了解不同利益群体对雨水管理政策的反响。对于每一个已建成的绿色基础设施（不包括社区住宅内），水利局都进行效果监测。

3 总结与启示

3.1 费城雨洪管理经验总结

在地块尺度建立绿色基础设施，进行精细化的雨洪管理已成为当前美国城市雨洪管治的趋势。费城通过“绿色城市，清洁水体”计划，率先在城市尺度践行了新一代雨洪管治理念。该计划并没有否定传统雨水管网的作用，而是强调将绿色基础设施与传统设施结合，实现城市可持续的雨洪管理目标。确立整体雨洪管理目标后，在实施阶段和空间用地上对目标进行系统分解，保证目标实现的科学性和可行性。在实施过程中，监测和评估项目在环境、经济和社会等多方面的成本收益，对管治方案进行动态反馈和调整。

费城水利局是雨洪管治的主导推动力量，其重视跨部门、多元主体合作，通过建立分工明确的工作小组解决部门沟通中的断层问题。经过探索磨合，各部门对绿色基础设施建立认同，部门间基本达成统一目标。费城案例说明，在制定雨洪管治方案初期就应将相关部门纳入参与主体，充分了解其他部门辅助实施雨洪管治方案所面临的政策障碍和其他

难题，有助于修正管治路径，减少资源浪费。费城水利局通过对居民和商业团体的激励措施，将市场和社会力量引入雨洪管治。费城的经济激励措施实施时间不长，效果有待检验。而设施的维护主体部门、资金来源和维修方法是经济激励措施需要后续考虑的内容。

费城的社区居住分异明显，黑人聚居社区在经济收入 and 治安方面都比白人社区差，其雨洪问题可能是最严重的。费城政府在绿色基础设施示范项目选址的时候具有一定倾向性，雨洪问题严重的黑人社区并未作为首选，而是在居民受教育程度和经济收入较高的白人社区布局了主要绿色基础设施。费城的新一代雨洪管理在改善居住分异方面尚未显现出成效。

3.2 对我国城市雨洪管治的启示

我国城市政府对雨洪管治的态度正经历从雨水快排到环境友好管理目标的转变^[32,33]。随着“海绵城市”概念的传播，雨水作为资源的利用价值逐渐被政府和社会公众认可^[34,35]。费城案例在机制创新、规划融合、数据公开等方面为我国城市层面雨洪管治提供宝贵借鉴。

（1）建立跨部门跨尺度的协调机制。城市雨洪管治是市政、水利、环保、园林、规划、交通等多个政府部门的沟通合作，需要建立统一平台，促进协同管理机制的建立。政府作为管治主体，可通过多样化的经济措施，鼓励市场和社会的多方参与，减轻政府的财政负担。同时，城市雨洪管治的尺度应从城市整体层面逐步向下分解，最终落实到地块层面，建立不同尺度下的雨洪管理目标和实施路径。

（2）城市雨洪管治贯穿于城市规划的各个层次，注重布局的公平性。新一代雨洪管治方案应有城市规划的支撑，与智慧城市、韧性城市、健康城市的核心内涵相结合，作为城市主要的公共政策，在城市规划各个层次形成具体的实施导则和技术标准，保证实施的可操作性。同时，汲取费城教训，充分发挥绿色基础设施对居住环境的改善功能，避免布局的不公平性，维护环境正义。

（3）数据可视化与成本控制。城市雨洪管治是一项长期战略，需要社会各界支持。进一步开放雨洪等环境监测数据，设计良好的用户可视化平台，方便公众了解绿色基础设施的多重效益，有助于将绿色雨洪管治建立成一种社会思维范式。同时，建设绿色基础设施的投入成本通常要经过数年才能回收，通过数据公开，对雨洪管理项目进行监管，可控制成本，提高收益比例。

最后，费城案例虽然有诸多可借鉴之处，但中国城市与美国城市在环境特征、社会构成、管理方式上存在不同。借鉴的同时需要与城市的具体问题相结合，逐步建立适应地方

特点的雨洪管治策略,不可盲目追求进度,忽视合理性和建设成本。**UPI**

参考文献

- [1] DHAKAL K P, CHEVALIER L R. Urban stormwater governance: the need for a paradigm shift[J]. *Environmental Management*, 2016, 57(5): 1112-1124.
- [2] PAHL-WOSTL C, HOLTZ G, KASTENS B, et al. Analyzing complex water governance regimes: the management and transition framework[J]. *Environmental Science & Policy*, 2010, 13(7): 571-581.
- [3] NELSON V I. Institutional Challenges and Opportunities: Decentralized and Integrated Water Resource Infrastructure[R/OL]. White Paper X-830851, 2008. [2017-07-20]. <http://sustainablewaterforum.org/new/white1.pdf>.
- [4] SARASWAT C, KUMAR P, MISHRA B K. Assessment of stormwater runoff management practices and governance under climate change and urbanization: an analysis of Bangkok, Hanoi and Tokyo[J]. *Environmental Science & Policy*, 2016, 64: 101-117.
- [5] US EPA: United States Environmental Protection Agency. What is EPA Doing to Support Green Infrastructure[EB/OL]. [2017-07-20]. <https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-epa-doing-support-green-infrastructure-0>.
- [6] NAYLOR T, MOGLIA M, GRANT A L, et al. Self-reported judgements of management and governance issues in stormwater and greywater systems[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2012, 29: 144-150.
- [7] PORSE E C. Stormwater governance and future cities[J]. *Water*, 2013, 5(1): 29-52.
- [8] SARGENT B. A systematic stormwater literature review[C]. 9th International Water Sensitive Urban Design (WSUD 2015), 2015: 468-481.
- [9] COUSINS J J. Infrastructure and institutions: stakeholder perspectives of stormwater governance in Chicago[J]. *Cities*, 2017, 66: 44-52.
- [10] WIEK A, LARSON K L. Water, people, and sustainability – a systems framework for analyzing and assessing water governance regimes[J]. *Water Resources Management*, 2012, 26(11): 3153-3171.
- [11] DRIESSEN P P J, DIEPERINK C, LAERHOVEN F, et al. Towards a conceptual framework for the study of shifts in modes of environmental governance – experiences from the Netherlands[J]. *Environmental Policy & Governance*, 2012, 22(3): 143-160.
- [12] FLYNN C D, DAVIDSON C I. Adapting the social-ecological system framework for urban stormwater management: the case of green infrastructure adoption[J]. *Ecology and Society*, 2016, 21(4): 19. DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08756-210419>.
- [13] KARVONEN A. Politics of urban runoff: nature, technology, and the sustainable city[M]. The MIT Press, 2011.
- [14] KING R J H, KARVONEN A. Politics of urban runoff: nature, technology, and the sustainable city[J]. *Environmental Ethics*, 2013, 35(3): 363-366.
- [15] KERN K, ALBER G. Governing climate change in cities: modes of urban climate governance in multi-level systems[C]. OECD Conference Paper, 2009.
- [16] DHAKAL K P, CHEVALIER L R. Managing urban stormwater for urban sustainability: barriers and policy solutions for green infrastructure application[J]. *Journal of Environmental Management*, 2017, 203: 171-181.
- [17] PWD: Philadelphia Water Department. Stormwater management FAQ[EB/OL]. [2017-08-01]. http://www.phillywatersheds.org/watershed_issues/stormwater_management/faq#q13.
- [18] MAIMONE M, O'ROURKE D E, KNIGHTON J O, et al. Potential impacts of extensive stormwater infiltration in Philadelphia[J]. *Environmental Engineer*, 2011, 14: 29-39.
- [19] PWD. Green city clean waters[EB/OL]. (2011-06)[2017-07-01]. http://www.phillywatersheds.org/doc/GCCW_AmendedJune2011_LOWRES-web.pdf.
- [20] FITZGERALD J, LAUFER J. Governing green stormwater infrastructure: the Philadelphia experience[J]. *Local Environment*, 2017, 22(2): 256-268.
- [21] PWD. The economic impact of green city, clean waters: the first five years[EB/OL]. (2016-06)[2017-07-05]. <http://www.sbnphiladelphia.org/images/uploads/Green%20City,%20Clean%20Waters-The%20First%20Five%20Years.pdf>.
- [22] PWD. 5 down, 20 to go: celebrating 5 years of cleaner water and greener neighborhoods[EB/OL]. (2016-06)[2017-07-05]. <http://phillywatersheds.org/5Down>.
- [23] PWD. Green stormwater infrastructure projects[EB/OL]. [2017-07-05]. <http://phl-water.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c5d43ba5291441dabbee5573a3f981d2>.
- [24] CROCKETT C. Parcel based billing for stormwater[EB/OL]. (2010-03)[2017-07-05]. <http://asce-philly.org/images/archive/2010/2010-03-11-ASCE-ChristopherCrockett.pdf>.
- [25] KEELEY M. Using individual parcel assessments to improve stormwater management[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2007, 73(2): 149-160.
- [26] WEST T. New stormwater charges may bust some companies' books[EB/OL]. Philadelphia Public Record. (2012)[2017-07-05]. <http://www.phillyrecord.com/2012/04/new-stormwater-charges-may-bust-some-companies-books-2/>.
- [27] VALDERRAMA A, LARRY L. Financing Stormwater Retrofits in Philadelphia and Beyond[R]. Natural Resources Defense Council, 2012.
- [28] WILLIAMS E. Philadelphia's incentives programs[EB/OL]. (2014)[2017-07-05]. http://www.awra.org/meetings/Annual2014/doc/pdfs/ANL_S81_Williams_Erin.pdf.
- [29] KONDO M C, LOW S C, HENNING J, et al. The impact of green stormwater infrastructure installation on surrounding health and safety[J]. *American Journal of Public Health*, 2015, 105(3): e114-e121.
- [30] TRAVALINE K A. "We cannot do it alone": an interpretive policy analysis of urban stormwater governance[D]. Drexel University, 2012.
- [31] CLEMENTS J, HENDERSON J, LEVINE L, et al. Getting the green out: key findings and recommendations from NRDC workshops on promoting green stormwater infrastructure on commercial property[R/OL]. Natural Resources Defense Council. (2015-06)[2017-07-05]. <https://www.nrdc.org/sites/default/files/promoting-green-infrastructure-report.pdf>.
- [32] 俞孔坚, 李迪华, 袁弘, 等. "海绵城市"理论与实践[J]. *城市规划*, 2015, 39(6): 26-36.
- [33] 王绍增, 象伟宁, 刘之欣. 从生态智慧的视角探寻城市雨洪安全与利用的答案[J]. *生态学报*, 2016, 36(16): 4921-4925.
- [34] 林小如, 曹韵. 我国城市雨洪管理困境解析与行动应对[J]. *现代城市研究*, 2014(7): 14-18.
- [35] 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.

(本文编辑: 张玮娴)