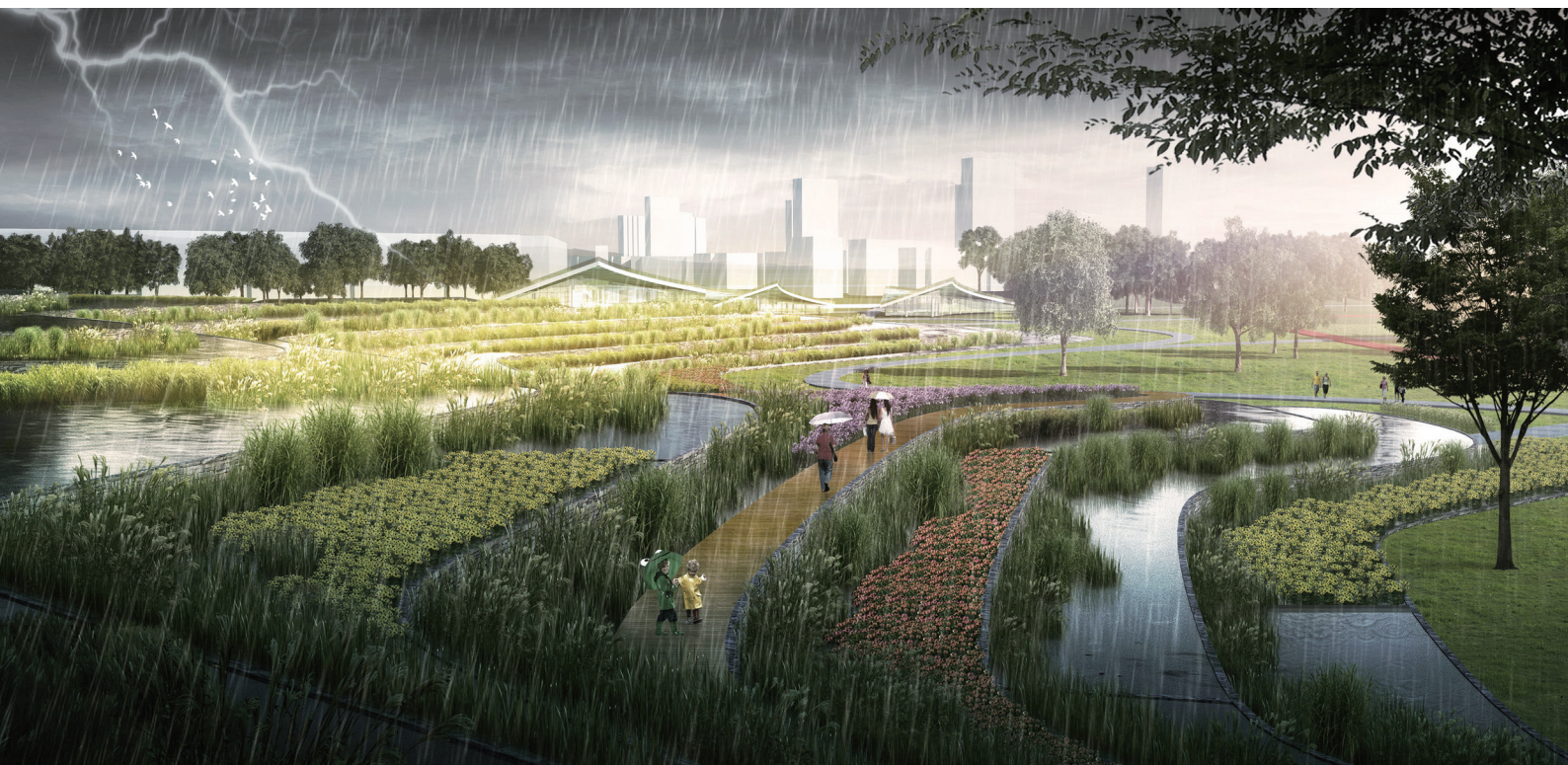




海绵城市建设背景下对城市径流污染问题的审视

张 鹏¹ 车 伍^{1,2}

1. 北京建筑大学 城市雨水系统与水环境省部共建教育部重点实验室

2. 北京建筑大学 北京市可持续城市排水系统构建与风险控制工程技术研究中心

摘要

城市径流污染问题是海绵城市建设及水环境治理中一大顽疾,其严峻性在国内外大量研究和实践中已经得以证实。当前,海绵城市建设与黑臭水体治理的顶层要求及大规模推广,给城市径流污染控制带来了良机,但同时也暴露出城市径流污染控制领域的一些问题,如重视不足,职责不清,在海绵城市建设、城市黑臭水体治理及水环境修复中不知如何有效地兼顾城市径流污染控制,对径流总量及径流污染物总量控制等基本概念及重要指标理解不深、较为混淆等。因此,对该领域中存在的问题进行仔细甄别和深入分析显得格外迫切和重要。本文作者基于多年研究,结合发达国家的经验,强调我国城市径流污染的严峻性及总量控制的重要性,并审视当前海绵城市建设背景下,我国城市径流污染管控领域存在的几个关键问题。

关键词

海绵城市建设;城市径流污染;黑臭水体;控制;审视

0、引言

我国城市水污染问题依旧严峻。许多城市开展多轮的城市水系综合治理工程^[1,2],污染状况有所好转,但整体水质状况并未从根本上得到改善和扭转。海绵城市建设与黑臭水体治理要求的提出、一系列重要文件的出台、中央财政专项资金的支持等重大举措,将行业视野进一步重点聚焦到城市水环境问题上。

城市径流污染控制是海绵城市建设的核心目标之一^[3],目前

已成为政府部门、城市管理者和水业在治理城市水体黑臭、修复城市水环境时面临的一个十分迫切、复杂而艰巨的任务。针对城市面源污染控制,很多学者已开展了多年的研究^[4-6],分别从理念与方法、技术与应用等各层面对城市乃至流域的径流污染控制问题进行了探索。另外,在“三河、三湖”等流域水环境治理项目中也考虑了对径流污染的控制。但是,总体上看,我国在城市径流污染控制领域还存在一系列问题,包括对城市径流污染的重视不足、措施不力、技术路线不明、管控职责不清,对城市径流污

DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2016.01.006

染物总量控制的概念、目标与指标的认识模糊不清等。这些问题都直接关系到未来大规模的海绵城市及其基础设施建设，以及城市水环境修复等目标的实现。

1、城市径流污染的严峻形势

城市径流污染是一个世界性的水环境问题。美国环保署（USEPA）在2002年就已将其列为地表水水质恶化的主要来源，在11个污染源中，分别位列河流、湖泊及河口污染源中的第四位、第三及第二位^[7]。2004年的研究报告还显示：占美国国土总面积3%的城市区域，产生的雨水径流污染已成为美国13%的河流、18%的湖泊和32%的河口的最主要污染源^[8]。此外，英国环境、食品和农村事务部（DEFRA）的报告也表明，英国23个浴场及1000多个水体的污染主因都是城市径流^[9]。

与发达国家相比，我国城市雨水径流污染的严重程度有过之而无不及^[10]。尤其随着污水处理率和排放标准的进一步提高，城市雨水径流污染所占比例也正逐步增大。以北京市为例，笔者基于早些年的实测数据估算和分析表明，北京主城区雨水径流污染所占比例在逐年增高，到2012年该比例已达41%-52%甚至更高（如图1所示）^[11-13]。如考虑降雨的季节性、集中性，估计城市径流污染所占比例还会大幅度提升^[14]，这也可从许多城市一场暴雨就会造成城区水环境严重污染事件中得到证实。

但是，目前全国多地的黑臭水体治理及水环境修复工作都并未很好地考虑和解决城市径流污染问题，而更多地陷入了“头痛医头，脚痛医脚”的误区。例如，国家环保部近日出台了新的《城镇污水处理厂污染物排放标准》征求意见稿，全国各地都将污水厂提标改造提上日程，这一举措和导向引起业内热烈的讨论和争议。但实际上，当城市的截污率及污水处理率达到较高水平后，从城市水环境污染负荷总量，以及轻重缓急、投资效益等角度来说，就凸显出了对城市径流污染的控制的紧迫性，必须综合考虑。尤其，城市径流对城市水系构成明显的季节性高负荷和场降雨冲击性，对城市水环境乃至整个水生态系统的影响不可低估，例如，某城市的二、三类水体，一场降雨立马变成劣五类，而这个城市的水体已经经过多轮的治理且正在进行新一轮的PPP项目治理，却仍然对径流污染控制乏术。毫无疑问，无论是黑臭水体治理还是海绵城市建设，城市径流污染控制都是刻不容缓、应重点关注的重大课题。

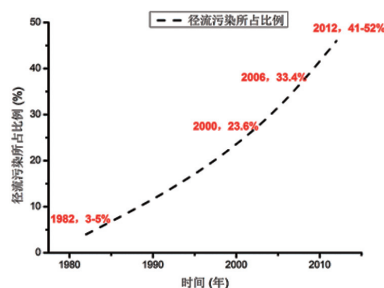


图1 北京市城市径流污染所占比例的变化趋势

2、城市径流污染控制的关键——总量控制

2.1 城市径流污染物总量控制目标

流域及城市水环境治理、污染控制的根本出发点和最终目标都是对污染物总量进行控制^[4-6]，明确、科学的径流污染控制目标十分重要。

以发达国家为例，加拿大多伦多的《雨季径流量管理方针》中，以80%的TSS作为基本控制目标^[15]；澳大利亚昆士兰的《城市水质管理规划指南》中也针对不同降雨条件的区域，制定了75%-85%TSS、60%-70%TP及35%-45%TN的总量控制目标^[16]；美国环保局（USEPA）实行最大日负荷总量（Total Maximum Daily Loads, TMDL）计划及国家污染物排放削减许可证制度（National Pollution Discharge Elimination System, NPDES），且如马里兰、爱达荷等很多州多年前就确立了州级的TSS控制目标（80%左右）^[17,18]。

美国环保局于2009年又发布的“联邦项目雨水径流控制技术导则”中，将95%降雨场次控制率作为径流量控制目标提出^[19]。而且，在CSO长期控制规划的编制要求中，还将水质达标、每年溢流次数少于4-6次，以及控制85%年径流总量作为三种可供备选的CSO控制目标^[20]。

可见，径流量控制目标具有污染物控制目标的效用，污染物控制目标从根本来说也需通过对径流量的控制、依赖径流总量控制率指标来实现。

2.2 城市径流污染控制及其相关指标

年径流总量控制率既是径流量的控制指标，实际上也是污染物控制的一个重要指标。借鉴发达国家经验并基于对我国许多城市多年降雨资料的统计分析^[21,22]，《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统规划设计》（下称《指南》）编制时选择将年径流总量控制率作为兼顾径流污染控制的城市径流总量控制指标。

当时有意回避直接涉及径流污染控制指标的主要考量是：其一，国家还没有针对城市径流污染控制的法规要求和明确指标；其二，年径流总量控制率对业内是一个全新的概念和指标，本身有一定的复杂性，当时已预料，这个指标的提出会遭到许多人的不理解，需要付出较多的解释工作，若再涉及随机性极大、种类繁多的污染指标，将会带来更大的复杂性和混乱，影响指南的接纳度和实用性；其三，年径流总量控制率指标本身就是径流污染物控制的一个关键指标，即，控制年径流总量实际上也间接地控制了相当量的径流污染物。后来的事实表明，这样的过渡性处理方式有一定的合理性。遗憾的是业内不少人至今对这个重要的基本参数和指标的内涵和意义缺乏理解。

目前，75号文件已经给出了未来明确的实施目标。但考虑到中国城市的现状及区域差异，尤其已建城市的空间和绿地率等条件，在一些情况下实施大规模改造面临难以想象的困难和代价。

因此，在制定规范标准或强制性规定及要求时，如何考虑和区分新建项目和旧城，如何合理地制定实施目标和时间表，都值得认真探讨和商榷。

在这里，不得不再次提到“初期雨水”，这是工程界一直广泛使用的一个关于城市径流污染控制的指标，不仅在规范标准中有明确的控制数据，而且在某些重要的相关文件中也被采用。但是，由于初期雨水的不确定性和很大的局限性^[23]，它并不适合在城市、流域，甚至国家策略等宏观层面上，作为径流污染控制的主要指标，限于篇幅，再另文专门讨论。

2.3 海绵城市四套雨水系统中径流总量控制的位置

海绵城市建设是一个多目标的系统工程，总体看，涉及四套子系统，包括总量（源头）控制系统、管渠排水系统（也称为大排水系统）、应对特大暴雨的地表蓄排系统（也称为大排水系统），在一些具体情况下还涉及水利防洪排涝系统。图2给出这四套系统大致的设计标准和径流量比例关系示意。显而易见，径流总量（污染物总量）控制主要针对大量的中小降雨事件，主要担负“减排”-水环境、水生态方面的功能和任务，对应的“设计重现期”较小（事实上并不以设计重现期为设计标准）。后面三套子系统则主要针对不同的暴雨，设计重现期依次递增，主要负责排放和城市流域水安全的任务。他们各司其责，又相互衔接。总量控制一般在源头实施具有较高的效益，这就是“低影响开发”的理念。但必须指出，总量控制并不一定局限在源头，大量的BMP控制措施都是设置在管渠或进入河道的末端。尤其在建成区，有时不得不采取集中式的径流总量控制措施，包括CSO控制措施，许多海绵城市建设中正在进行这方面的工作，这里面主要存在一个方案优化的问题。

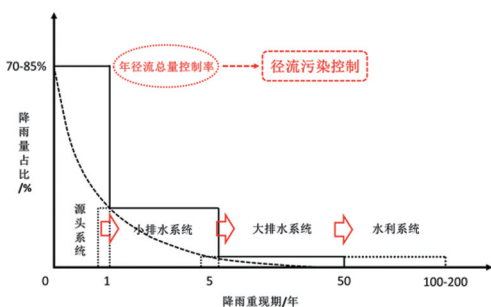


图2 海绵城市四套雨水系统中径流总量、径流污染控制位置示意图

需要指出的另一个重点，就是径流总量控制在实现污染物总量控制目标的同时，也对后续的排水防涝系统产生贡献，尤其对管渠小排水系统可能产生明显的提标作用^[24]。正是基于这一事实，笔者认为，与城市径流污染控制一样，城市排水防涝工程的规划、设计和实施一定也要基于全面的实地调查、科学的模型分析及风险评估，充分地考虑新标准的要求及建成区的实际情况。在短期内难以改造或改造成本过高的地区，若模型分析表明，综

合考虑源头LID系统及地表调蓄空间后可达到所需的排水防涝标准，则可适当调整排水管道系统性改造的建设时序，避免盲目的、不合时宜的“大拆大建”或“满城挖”，也可降低投资压力和社会的抱怨。

3、海绵城市建设中城市径流污染管控的几个关键问题

有了明确的控制目标和控制指标，关键是如何保障实施。

3.1 径流污染的国家立法管控

针对全国径流污染防治工作的部署与实施，法律法规及发展战略等国家顶层设计具有举足轻重的作用。但目前这方面的问题还比较明显：

其一，至今没有对城市径流污染进行立法管控。《指南》只是一个指导性文件，并不具有法律效力；《水污染防治法行动计划》（水十条）除提到初期雨水控制及资源化利用外，并没有提出具有国家战略高度的明确、有效的径流污染管控要求和办法。

《水污染防治法》及我国第一部城市排水相关法规《城镇排水与污水处理条例》中，也都还未加入城市雨水污染防治相关内容。

其二，目前还未建立起完善的径流污染总量控制体系。“‘十一五’、‘十二五’主要污染物总量减排核算细则”中都未考虑城市径流污染源，这是影响城市径流污染管控领域与国家污染物减排战略、城市水环境修复与流域整体水环境治理之间响应与衔接的重要因素。

作为参照，美国的《清洁水法》中则有明确的城市径流污染的管控要求。《清洁水法》提出明确的水质控制要求，并对联邦及各州受损水体报告的提交，非点源污染管理计划、TMDLs计划以及NPDES指标的制定都有详尽的法律约束。通过水质标准、TMDLs及NPDES控制指标的衔接，建立起了“联邦环保局监管、地方自治”的径流污染总量管控体系。

综合来看，对径流污染进行立法管控是国际趋势，也应该成为我国未来城市径流管控、海绵城市及水生态文明建设的必经之路。但我国究竟何时适合对城市径流排放进行立法管控？是对《水污染防治法》、《城镇排水与污水处理条例》进行修订还是出台新的径流管控法规及条例？“十三五”、“十四五”规划及相关法律法规中能否有效、科学地纳入对城市径流污染控制的要求？等等一系列问题还有待回答，需拭目以待。

3.2 城市径流污染的部门监管

从海绵试点城市的申报考核、国办发[2015]75号文的发布以及住建部的一系列举措可以看出，住建部是海绵城市建设的主导部门。尤其在排水防涝问题上，23号文及《条例》都明确了住建部在城市排水防涝规划制定、设施建设等相关工作中的主导地位。

然而，截止到目前，我国城市径流污染排放、监测等的监

管职责仍不明确。雨水径流的形成、输送和排放过程属住建部管辖，而当雨水径流排放至河道及其他地表水体，又会纳入到水利部、环保部的管辖范围。与此同时，住建部、环保部、水利部以及国家发改委、国务院办公厅等都有出台雨水径流排放及污染控制相关的工作指南及管理办法。例如，《水污染防治行动计划》（水十条）是国务院发布，《指南》及《城市黑臭水体整治工作方案》是住建部牵头编制，《黑臭水体治理技术政策》是环保部单独编制，而这几件事事实上是密切联系的。

新西兰奥克兰市径流污染管控的部门设置可以为我国城市雨洪管理提供一定的参照。据奥克兰雨洪管理部资深人士Frank Tian介绍，在1996年前，奥克兰的雨洪问题归属于“城市服务部”下属的“交通与雨洪部门”，之后才建立了独立的雨洪管理部，并逐步形成了相对完善的部门设置及多部门协调管理体制。以径流污染问题为例，其中关于水体水质及污染物迁移的监测和模拟工作是由环境保护部门负责，技术手册及地区规划中的径流污染问题分别由总工程师办公室、战略规划部负责，两者都独立于环境保护部门与雨洪管理部门。而雨洪管理部不仅在上述工作中充当重要的咨询角色，还负责具体的雨洪设施的维护管理和运营工作。较好地解决了城市雨洪管理突出的跨部门、跨专业问题。当然，我国城市众多，地区差异和管理体制独特，未来如何建立高效率的城市径流污染控制及雨洪综合管理机制，值得进一步探讨，各城市也应在未来新型城镇化和海绵城市建设中积极探索。

对于城市径流污染的监管问题，笔者多次与业内的一些专家和领导讨论过，但并没有得到一致而肯定的答案。但笔者认为，关于径流污染控制的立法、污染物总量调查、监测及总量控制规划等与水污染防治密切相关的工作，都应该主要由环保部负责，至少应纳入环保部的工作范畴。而与城市排水防涝、径流污染控制工程建设、运营相关的工作由建设部负责。并且，鉴于海绵城市建设、城市径流污染管控的复杂性，环保部与建设部、水利部应该有明确的管理权限和协调机制。

4、结语

城市径流污染问题是海绵城市建设和黑臭水体治理过程中一个非常复杂而重要的专题，与四套雨水系统又有难以分割的联系。要深刻认识到城市径流污染控制的紧迫性、长期性、系统性和艰巨性，避免陷入“海绵城市建设即排水防涝”、“径流污染控制即初期雨水控制”等明显的误区。要想控制住城市径流污染，与先进的控制技术相比，强有力的管控目标及要求、清晰的管控主体及明确的管控模式可能更为关键，这也是未来海绵城市建设、城市径流污染管控领域需要重点突破的。C

参考文献：

[1] 陈伟，徐左正，叶舜涛等．苏州河支流综合整治工

程[J]．给水排水，2002，28(2)：31-34．

[2] 刘瑞志，朱丽娜，雷坤等．滇池入湖河流“十一五”综合整治效果分析[J]．环境污染与防治，2012，34(3)：95-100．

[3] 车伍，赵杨，李俊奇等．海绵城市建设指南解读之基本概念与综合目标[J]．中国给水排水，2015，31(8)：1-5．

[4] 尹澄清等．城市面源污染的控制原理和技术[M]．中国建筑工业出版社，2009．

[5] 李怀恩，李家科等．流域非点源污染负荷量化方法研究与应用[M]．科学出版社，2013．

[6] 孟伟．流域水污染物总量控制技术与示范[M]．中国环境科学出版社，2008．

[7] USEPA．2000 National Water Quality Inventory: Report to Congress [M]．Washington DC: Office of Water, 2002．

[8] National Research Council (NRC)．Public participation in environmental assessment and decision-making [M]．Washington, D.C.: The National Academies Press, 2009．

[9] Department of Environment, food and Rural Affairs (DEFRA)．Tackling water pollution from the urban environment: Consultation on a strategy to address diffuse water pollution from the built environment [M]．DEFRA, 2012．

[10] 刘翠云，车伍，董朝阳．分流制雨水与合流制溢流水质的比较[J]．中国给水排水，2007，33(4)：51-55．

[11] 夏青．城市径流污染系统分析[J]．环境科学学报，1982，2(4)：271-278．

[12] 刘洋，李俊奇，车伍等．北京市城区雨水径流污染控制与节能减排[J]．环境污染与防治，2008，30(9)：93-96．

[13] 张伟．城市管道系统径流污染排放规律及控制策略研究[D]．北京：北京建筑大学，2008．

[14] 鲁朝阳．城市管道径流污染的冲击性影响及控制策略研究[D]．北京：北京建筑大学，2014．

[15] Toronto Water．Wet Weather Flow Management Policy [M]．Toronto: City of Toronto, 2003．

[16] Department of Environment and Heritage Protection．Urban Stormwater Quality Planning Guidelines [M]．The Queensland Government, 2010．

[17] Center for Watershed Protection, Maryland Department of the Environment. 2000 Maryland Stormwater Design Manual: Volume I & II [M]. Ellicott City, Maryland, 2000.

[18] Water Quality Division, Idaho Department of Environmental Quality. Catalog of Stormwater Best Management Practices for Idaho Cities and Counties [M]. Boise, Idaho, 2005.

[19] USEPA. Technical Guidance for Implementing the Stormwater Runoff Requirements for Federal Projects under Section 438 of the Energy Independence and Security Act [M]. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2009.

[20] USEPA. Guidance: Coordinating CSO Long-Term Planning With Water Quality Standards Review [M]. Office of Water, EPA. EPA-833-R-01-002, 2001.

[21] 潘国庆, 车伍, 李俊奇等. 中国城市径流污染控

制量及其设计降雨量 [J]. 中国给水排水, 2008, 24(22): 25-29.

[22] 王文亮, 李俊奇, 车伍等. 海绵城市建设指南解读之城市径流总量控制指标 [J]. 中国给水排水, 2015, 31(8): 18-23.

[23] Shamseldin, A.Y. (2011) First Flush Analysis in the Auckland Region. Prepared by Auckland UniServices Ltd for Auckland Regional Council. Auckland Council Technical Report 2011/007.

[24] 杨正. 城市内涝防治与大小排水系统研究 [D]. 北京: 北京建筑大学, 2014.

[25] USEPA. TMDLs to Stormwater Permits Handbook: Draft [M]. Office of Water: Washington, D.C. 20460, 2008.

[26] USEPA, Office of Water. National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas [M]. Washington DC 20460(4503F): EPA-841-B-05-004, 2005.

(上接31页)

规、政策、专项规划、管控监督机制等。

四、结语

我国的城市雨水管理领域正在经历着一场跨越性的变革, 海绵城市建设将带动我国进入到现代可持续的多目标城市雨水管理阶段。海绵城市建设是一项庞大的系统工程, 需在建设中充分融入排水防涝、径流污染控制、雨水资源化利用、水环境水生态保护与修复、水景观水文化建设等多方面内容。目前来看, 在推进过程中, 很多业界人士对于海绵城市、低影响开发、排水防涝、多目标雨水系统的内涵在理解上还有欠缺, 因此, 正确理解这些概念的含义, 才能更为行之有效地确定建设目标、理清建设思路, 在此基础上, 要重点抓住在城市规划中落实技术理念、多部门多专业的协调配合、管控机构上落实管理制度、政策法规上给予激励支持, 以及专业人才培养、社会宣传教育等。C

参考文献:

[1] 沃夫冈·F·盖格, 陈立欣, 张保利, 刘姝, 田乐. 海绵城市和低影响开发技术——愿景与传统[J]. 景观设计学, 2015, (2): 10-21.

[2] Coffman L. Low-impact development design

strategies, an integrated design approach[J]. Prince George's Country, Maryland, Department of Environmental Resource, Programs and Planning Division. 2000.

[3] Wise S. Green infrastructure rising[J]. Planning, 2008, 74(8): 14-19.

[4] 车伍, 闫攀, 赵杨, Frank Tian. 国际现代雨洪管理体系的发展及剖析[J]. 中国给水排水, 2014, 30(18): 45-51.

[5] 车伍, 杨正, 赵杨, 等. 中国城市内涝防治与大小排水系统分析[J]. 中国给水排水, 2013, 29(16): 13-19.

[6] Digman C, Balmforth D, Kellagher R, et al. Designing for Exceedance in Urban Drainage: Good Practice[M]. London: Construction Industry Research & Information Association(CIRIA), 2006.

[7] 谢映霞. 城市排水与内涝灾害防治规划相关问题研究[J]. 中国给水排水, 2013, 29(17): 105-108.

[8] 张丹明. 美国城市雨洪管理的演变及其对我国的启示[J]. 国际城市规划, 2010, 25(6): 83-86.

[9] 李俊奇, 王文亮. 基于多目标的城市雨水系统构建与展望[J]. 给水排水, 2015, 41(4): 1-3, 37.