

The Present Status of Wastewater Control and Sponge City Construction in Zhenjiang City

Bin Zhang, Ping Huang*, Daolin Du, Hao Du, Weijie He

School of the Environment and Safety Engineering, Zhenjiang Jiangsu
Email: forbingo@126.com, *huangjiehp@163.com

Received: Feb. 4th, 2018; accepted: Feb. 19th, 2018; published: Feb. 26th, 2018

Abstract

The construction of the sponge city could not only alleviate the urban water shortage crisis fundamentally, but also play an important role in the sustainable development of the city. On the basic data of the statistical yearbook of Zhenjiang city from 2005 to 2016, the current status of sponge city construction and water pollution control was analyzed in Zhenjiang city through consulting a large number of literatures at home and abroad, and further explored the relationship between them from a multi-angle. The result showed that regional economic development of Zhenjiang City was rapid, and the level of urbanization was quite different, while the level of urban water pollution control increased year by year. The regional distribution of industrial wastewater discharge and domestic sewage as well as industrial wastewater treatment in Zhenjiang was mainly focused on urban district, while the main indexes of municipal wastewater treatment increased on main Years. These highlight the great achievements of the Zhenjiang city in the past few years, such as the transformation of the old city pilot project, middle canal renovation, landscaping transformation and other ecological projects. The construction of sponge city not only significantly enhanced the ability of urban flood control and drainage as well as disaster reduction, but also raised the level of water pollution control and improved the quality of urban water, which is conducive to the sustainable development of economy and environment in Zhenjiang.

Keywords

Zhenjiang City, Urban Water-Logging, Wastewater Control, Sponge City Construction, Sustainable Development

镇江市水污染控制与海绵城市建设现状

张彬, 黄萍*, 杜道林, 杜浩, 何伟杰

*通讯作者。

江苏大学环境与安全工程学院, 江苏 镇江
Email: forbingo@126.com, *huangjiehp@163.com

收稿日期: 2018年2月4日; 录用日期: 2018年2月19日; 发布日期: 2018年2月26日

摘要

海绵城市的建设不仅可以从根本上缓解城市缺水危机, 而且对于城市的可持续性发展有着十分重要的作用。通过查阅国内外大量文献, 基于镇江市统计年鉴2005~2016年的数据, 对镇江市水污染控制及海绵城市建设现状进行统计分析, 并从多角度探讨两者之间的相互关系。结果表明: 镇江市各地区间经济发展迅速且城市化水平差异较大, 城市污水控制水平逐年提高。镇江市附近城区工业废水排放量及生活污水、工业污水处理主要集中在市区, 城市污水主要处理指标的去除量逐年增加。这些彰显着镇江市近几年旧城区改造试点工程、古运河中段整治、园林绿地改造等生态工程项目取得了巨大成果。海绵城市的建设不仅大幅提升城市防洪排涝减灾能力, 还提高水污染控制水平、改善城市水体质量, 有利于镇江市经济与环境之间可持续发展。

关键词

镇江市, 城市内涝, 水污染控制, 海绵城市建设, 可持续发展

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

早在 20 世纪 70 年代, 美国的一些大城市即开始采用以控制径流峰值排放为标准的城市雨洪控制, 其主要措施为雨洪场地滞留[1]。20 世纪 70 年代美国环保局提出了 BMP (最佳管理模式)的概念[2], 重点利用雨水, 解决水质与水量的问题, 强调生态平衡及社会的和谐发展[3]。20 世纪 90 年代初, 美国马里兰州率先提出“低影响开发”(LID)理念[4], 这一理念一经提出, 迅速被世界各个国家接受并不断发展和创新, 如澳大利亚的“水敏感城市规划”[5][6], 英国及欧洲一些国家的“可持续排水系统”[7][8]。还有 21 世纪初, 美国的班内迪克在 LID 的基础上进一步提出“绿色基础设施”的理念[9], 并将其描述为与自然和谐的新型城市规划框架。

21 世纪初, 我国提出了建设中国特色的海绵城市的新思路, 开始研究解决我国城市日益严重的内涝问题。2002 年, 我国发布了《健康住宅建设设计要点》; 2007 年 4 月, 建设部发布了《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB 50400-2006); 2013 年国务院发布通知, 要求在 2014 年底, 制定详尽的城市排水防涝的设计规划, 将治理城市内涝列入政绩考核, 争取用 10 年的时间形成完善的雨水排涝体系。2014 年 10 月, 住房城乡建设部编制了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》, 2014 年 12 月, 水利部、建设部等三部委提出了建设海绵城市试点城市的通知。2015 年 1 月 20 日, 财政部发布《关于开展中央财政支持海绵城市建设试点工作的通知》, 2015 年 4 月 2 日, 确定镇江为十六个试点城市之一。镇江市也是全国第一批海绵城市 16 个试点项目中目前唯一一个国家海绵城市建设示范与 PPP 示范的双示范项目。因此, 本文即针对镇江市水污染控制现状与海绵城市建设现状进行深入讨论, 为镇江市经济与生态可持续发展提供科学依据。

2. 镇江市水污染控制现状分析

图1显示出2016年镇江市附近城区工业废水排放量及生活污水、工业污水处理量的区域分布情况。市区的工业废水排放量、生活污水处理量以及工业污水处理量都远远高于丹阳市、扬中市和句容市，其数值分别达到了 5.45488×10^7 t、 8.805×10^7 t和 9.44×10^6 t。主要因为镇江市区居住人口较多，人口密度较大，城市发展水平较高，导致了市区的工业废水排放量和生活污水、工业污水处理量远远高于其他三个地区。抛开市区来看，丹阳市工业废水的排放量比扬中市多了 1.309×10^7 t，比句容市多了 1.184×10^7 t。扬中市的生活污水、工业污水处理量较大，丹阳市居中，句容市较小，值得一提的是句容市的工业污水处理量处理量只有 3×10^4 t，和其他几个地区差异较大，可能的原因是该地区远离工业区，周边的工厂较少。

镇江市生活污水处理量逐年持续增长，从2005年到2016年的十二年间增长了近4.0倍(图2)。工业污水处理量波动幅度相对较大，从2006年开始持续大幅度上升，2008年达到最大处理量，2009年出现快速下滑随后逐渐增加至趋于稳定(图3)。

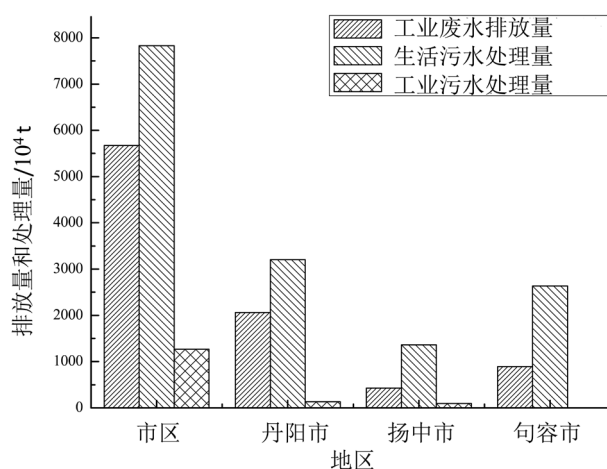


Figure 1. Regional distribution of industrial wastewater discharge, domestic sewage, and industrial wastewater treatment in Zhenjiang

图1. 镇江市附近城区工业废水排放量及生活污水、工业污水处理量

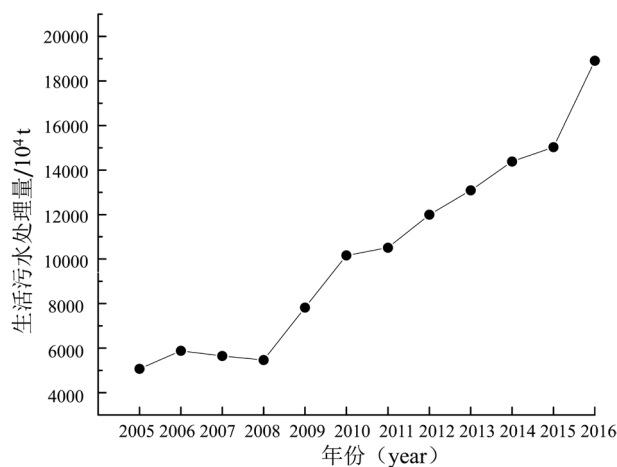


Figure 2. The sewage treatment of urban domestic sewage in Zhenjiang city in main years

图2. 镇江市主要年份城市生活污水处理量

以镇江市近十二年以来其城市污水处理率(指经过处理的生活污水、工业污水量占污水排放总量的比重)以及建成区绿化覆盖率的基础上绘制的变化曲线(图 4)显示镇江市的城市污水处理率大致呈现先上升后下降再上升的规律变化,从 2006 年开始持续大幅度上升,2008 年达到最大处理效率(87.8%),2009 年出现快速下滑到 2013 年的 77.9%,到 2015 年又反弹上升到 82%,直到 2016 年虽有小幅度下降但是基本保持不变。同时,通过比较镇江市主要年份城市污水处理率以及建成区绿化覆盖率发现镇江市建成区绿化覆盖率在持续稳步上升,2008 年以前增长率较高,而随后呈小幅增加,至 2016 年绿化覆盖率到达最高(42.89%)(图 4)。

进一步对镇江市城市生活污水及工业污水处理过程中主要污染物的去除情况进行探究。表 1 为镇江市近十二年来污水处理主要指标的处理情况,从整体趋势上看,化学需氧量去除量、氨氮去除量、总磷去除量变化大体上都是逐年上升。就化学需氧量而言,其去除量从 2005 年到 2016 年的十二年间增长了近 3.5 倍,就氨氮而言,其去除量从 2005 年到 2016 年的十二年间增长了近 13 倍,就总磷而言,其去除量从 2005 年到 2016 年的十二年间增长了近 2.5 倍,其中总磷去除量在 2014 年之前增长较缓,但到 2015

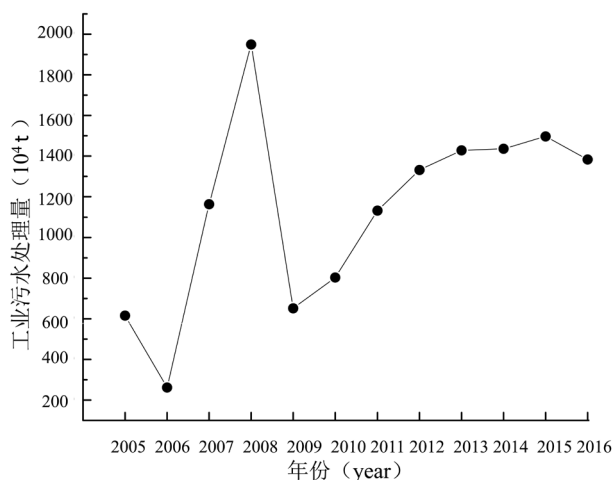


Figure 3. Industrial sewage treatment in Main Years in Zhenjiang

图 3. 镇江市主要年份工业污水处理量

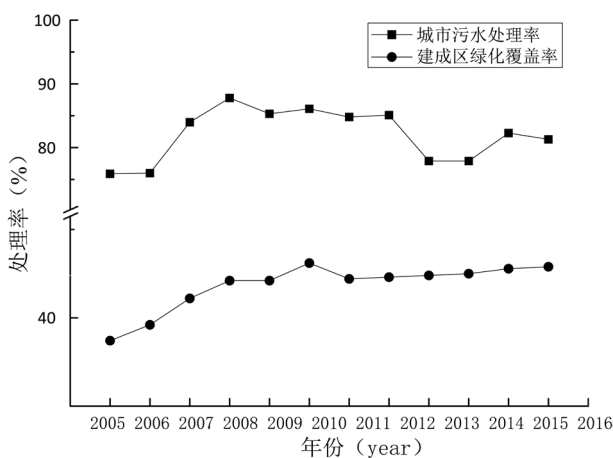
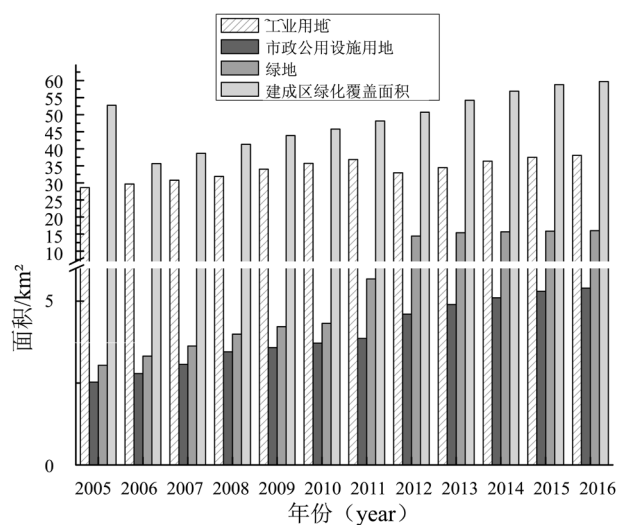


Figure 4. Urban sewage treatment rate and green coverage rate in Main Years

图 4. 镇江市主要年份城市污水处理率以及建成区绿化覆盖率

Table 1. Main indexes of municipal wastewater treatment in Main Years**表 1.** 主要年份城市污水主要处理指数

年份	化学需氧量去除量/t	氨氮去除量/t	总磷去除量/t	污泥处置量/t
2005	9981	344	172	4558
2006	7715	619	129	276,007
2007	8898	870	175	301,272
2008	11,601	845	189	28,925
2009	13,958	1310	172	33,704
2010	21,403	1577	216	44,609
2011	21,530	2575	221	57,698
2012	25,282	2986	272	67,829
2013	27,868	3369	286	65,643
2014	33,637	3927	269	74,682
2015	34,443	4128	468	77,826
2016	35,902	4417	438	79,561

**Figure 5.** The Urban construction in Major Years**图 5.** 镇江市主要年份城市建设情况

年突然急剧升高。污泥处置量从 2005 年开始大幅度增加，到 2007 年到达峰值，2008 年开始急剧下降后维持小幅度的稳步上升。

在此基础上对镇江市主要年份城市建设情况进行探究，从整体趋势上看，镇江市近十二年间绿地面积、建成区绿化覆盖面积以及市政公用设施用地面积逐年提升，工业用地有小幅下降趋势(图 5)。

3. 镇江市海绵城市建设

3.1. 海绵城市建设规划

2015 年 4 月，财政部、住房城乡建设部、水利部联合发布 2015 年海绵城市建设试点名单，其中镇江市入围试点城市名单，获得国家专项补贴资金扶持。镇江市海绵城市建设试点区域位于城市主城区，

以金山湖为中心，金山湖南岸西至环湖路-太平路-朱方路；南至中山西路-黄山东路-运河路-中山东路-桃花坞路-禹山北路-谷阳北路-学府路；东至左湖路；北至金山湖北岸-焦北滩，总规划面积约 22 km²，人口约 27.6 万。通过三年试点期建设，在试点区内开展达标建设，全面建成海绵城市，在试点区外全面开展海绵城市项目建设，努力将城市建成具有吸水、蓄水、净水和释水功能的海绵体，大幅提升城市防洪排涝减灾能力，显著改善城市水生态环境，有效缓解城市水资源压力。预计至 2025 年底，将城市建成区全面建成海绵城市，并达到年径流总量目标控制率 75% 以上，排水防涝标准达到有效应对 30 年一遇降雨，同时面源污染削减率达到 60% [10]。

3.2. 海绵城市建设概况

镇江市在建设海绵城市时，秉承绿色与灰色并行，也就是传统工程措施与绿色生态措施并重的原则，建设主要集中在以下五个方面[10]：

1) 旧城区改造试点工程：江滨新村第二社区铺设透水地砖，社区停车场两侧还设计建造了下凹式的雨水花园；

2) 周湾路生态草沟：官塘新城的周湾路不仅设有雨水管道，而且每隔一段人行道下面都留有一处通水孔，雨水通过通水孔汇集到两侧专门修建的生态草沟里，生态草沟自下而上分别以腐殖土、沙石和自然土回填，大大增强了下渗和蓄水功能。生态草沟每隔一段还设置了雨水井，通过生态沟自然渗蓄后，多余的也是已经过初步自然净化的水，这些水随后会进入雨水井和城市雨水管道等；

3) 虹桥港生态修复：以水利设施为代表的金山湖和多个山脚水库，被保留下来作为城市水景公园，充分发挥其蓄洪功能，结合城市河道建设，形成了大的城市防洪防涝系统；

4) 古运河中段整治：镇江西津渡回廊栈桥周边种植了芒草等耐旱耐涝的植物，河沟里用大颗的鹅卵石进行铺设；

5) 公园绿地改造：位于镇江北部滨水区的金山湖路也被做成了下凹式的雨水花园，两侧人行道采用橘红色透水材料铺装，侧面每隔一小段就有一个低于路面近 10 cm 的绿岛，上面种植着耐旱耐涝的小灌木。

3.3. PPP 模式驱动海绵城市建设

镇江市海绵城市建设 PPP 项目建设包括道路 LID 整治、老小区(既有小区) LID 整治、湿地生态系统建设、污水处理厂建设、雨水泵站建设、管网工程建设、水环境修复保护、海绵城市达标工程建设等项目内容[11]。

表 2 表明 2015 年镇江市海绵城市建设 PPP 项目总投资 258,500 万元，包括中央财政专项资金和 PPP 公司投资，投资估算分别为 120,000 万元和 138,500 万元。其中中央财政专项资金分为 LID 改造、生态修复和引水活水工程、管网工程以及易涝积水区达标工程四个部分，PPP 公司投资分为污水处理厂、雨水泵站建设、排口排涝、径流、面源污染治理等综合达标工程三个部分。资金分配上来讲，LID 改造和生态修复和引水活水工程还有排口排涝、径流、面源污染治理等综合达标工程项目占有较大投资比重，管网工程、雨水泵站建设等项目则占比较少。

4. 讨论与结论

1) 镇江市区在城市面积、人口密度、城市建设用地面积等发展指标、城市市政设施情况和城市绿化情况等方面都要优于周边句容、丹阳、扬中三个地区，城市化水平按从大到小的顺序是：市区 > 丹阳市 > 扬中市 > 句容市。因而可以集中资源优先在市区推广海绵城市的工程项目，在发展过程中逐渐形成“以

Table 2. PPP project of sponge city construction in Zhenjiang in 2015
表 2. 2015 年镇江市海绵城市建设 PPP 项目

序号	项目名称	投资估算(万元)
—	中央财政专项资金	120,000
(一)	LID 改造	73,152
(二)	生态修复和引水活水工程	28,348
1	虹桥港生态修复改造工程	2600
2	东圩区引水活水工程	3000
3	征润洲湿地生态系统建设	11,500
4	智慧海绵系统建设	3000
5	征润洲水源地原水水质安全保障工程	8248
(三)	管网工程	4200
(四)	易涝积水区达标工程	14,300
二	PPP 公司投资	138,500
(一)	污水处理厂	23,000
(二)	雨水泵站建设	16,400
1	长江、御桥村雨水泵站建设	7500
2	三摆渡、江南雨水泵站建设	8600
3	改造六摆渡泵站	300
(三)	排口排涝、径流、面源污染治理等综合达标工程	99,100
	合计	258,500

点带面”的效果，在统一规划的格局里协调各个地区共同发展、走可持续发展的道路。

2) 从 2005 年至今，镇江市经过十二年的长足发展，城市化及经济水平在不断上升。与此同时，镇江市生活污水、工业废水产生量也在逐年递增，虽然污水去除量也是逐年上升，但城市污水处理设施发展受限，导致城市污染负荷越来越重。推广海绵城市建设为镇江市走上绿色协调发展提供契机。

3) 近年来镇江市完成了一系列的海绵城市建设项目，但在对旧城区的建设改造过程中，仍需秉持传统工程措施与绿色生态措施并重，先进技术和资金支持并举，双管齐下才能真正推动镇江市的海绵城市建设。

针对以上相关数据的分析，笔者认为在进行镇江市的海绵城市建设上，首先可以通过改变地面铺装材料加大雨水渗透量，减少地表径流；其次可以对承重、防水和坡度合适的屋面，打造绿色屋顶，有利于屋面完成雨水的减排和净化[12]，对于不适用绿色屋顶的屋面，则可以通过排水沟、雨水链等方式收集引导雨水进行贮蓄或下渗，即把大量雨水留下来，经过生物技术净化之后，即可用于冲厕、洗车、绿化灌溉等方面。

致 谢

感谢国家自然科学基金项目(31200316, 31570414)、中国博士后科学基金项目(2012M520999)以及江苏大学高级人才基金项目(11JDG150)的大力支持；感谢镇江市统计局和江苏政府采购网等单位无偿提供的数据支持；感谢江苏大学环安学院解清杰教授为该论文的写作提供指导。

参考文献 (References)

- [1] 王虹, 丁留谦, 程晓陶, 等. 美国城市雨洪管理水文控制指标体系及其借鉴意义[J]. 水利学报, 2015, 46(11): 1261-1271.
- [2] Cristan, R., Aust, W.M., Bolding, M.C., *et al.* (2016) Effectiveness of Forestry Best Management Practices in the United States: Literature Review. *Forest Ecology & Management*, **360**, 133-151. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.025>
- [3] 弓亚栋. 建设海绵城市的研究与实践探索[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2015.
- [4] Rosa, D.J., Clausen, J.C. and Dietz, M.E. (2015) Calibration and Verification of SWMM for Low Impact Development. *Journal of the American Water Resources Association*, **51**, 746-757. <https://doi.org/10.1111/jawr.12272>
- [5] Lottering, N., Plessis, D.D. and Donaldson, R. (2015) Coping with Drought: The Experience of Water Sensitive Urban Design (WSUD) in the George Municipality. *Water S A*, **41**, 1. <https://doi.org/10.4314/wsa.v41i1.1>
- [6] Feder, M., Phoenix, V., Haig, S., *et al.* (2015) Influence of Biofilms on Heavy Metal Immobilization in Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS). *Environmental Technology*, **36**, 2803. <https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1049214>
- [7] Coombes, P.J., Argue, J.R. and Kuczera, G. (2000) Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development (WSUD). *Urban Water*, **1**, 335-343. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00027-3](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00027-3)
- [8] D'Arcy, B., Ellis, J.B., Ferrier, R., *et al.* (2000) Diffuse Pollution Impacts: The Environmental and Economic Impacts of Diffuse Pollution in the UK. *Clinical Oral Implants Research*, **1**, 33-40.
- [9] Benedict, M.A. (2000) Green Infrastructure: A Strategic Approach to Land Conservation. PAS Memo.
- [10] 镇江市海绵城市建设探索与实践[EB/OL]. <https://wenku.baidu.com/view/e97662807cd184254b3535ea.html>, 2015-07-27.
- [11] JSZC-YQ2015-014 镇江市海绵城市建设 PPP 项目[EB/OL]. <http://www.chinabidding.com/bidDetail/227270829.html>, 2015-12-30.
- [12] Coombes, P.J., Argue, J.R. and Kuczera, G. (2000) Figtree Place: A Case Study in Water Sensitive Urban Development (WSUD). *Urban Water*, **1**, 335-343. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00027-3](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00027-3)

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aep@hanspub.org