

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.12.012

天津生态城海绵城市建设系统化方案探索

周国华^{1,2}, 徐国宾¹, 武俊良³, 陈玉荣³, 陈高艺³

(1. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300350; 2. 天津生态城市政景观有限公司, 天津 300486;
3. 中国生态城市研究院有限公司, 天津 300486)

摘要: 天津生态城是天津市两个国家海绵城市建设试点区之一,根据天津生态城试点区域海绵城市建设情况,梳理天津生态城存在的主要问题,并提出海绵城市建设技术路线,探索从自然本底保护、汇水分区划分、水环境改善、水安全提升、水资源保障和水生态恢复六个方面构建海绵城市系统化方案,充分总结经验,以系统化思维做好顶层设计,支撑上位规划,为实现天津生态城生态环境的“弹性”提供技术支持。

关键词: 海绵城市; 天津生态城; 系统化方案

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)12-0065-05

Systematic Scheme Exploration for Sponge City Construction in Tianjin Eco-city

ZHOU Guo-hua^{1,2}, XU Guo-bin¹, WU Jun-liang³, CHEN Yu-rong³, CHEN Gao-yi³

(1. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300350, China; 2. Tianjin Eco-city Municipal Engineering & Landscape Architecture Co. Ltd., Tianjin 300486, China; 3. China Eco-city Academy Co. Ltd., Tianjin 300486, China)

Abstract: Tianjin Eco-city is one of the two national sponge city construction pilot areas in Tianjin. According to the construction situation of sponge city in the pilot area of Tianjin eco-city, the main problems were summarized and the technical route of sponge city construction was put forward. This paper explored the ways to build a systematic scheme for sponge city from six aspects: natural background protection, catchment area zoning, water environment improvement, water security improvement, water resources protection and water ecological restoration, and fully summarized experience to make the top-level design with systematic thinking, and supported the upper planning. It provides technical support for the realization of the “resilience” of the ecological environment of Tianjin Eco-city.

Key words: sponge city; Tianjin Eco-city; systematic scheme

天津生态城(以下简称生态城)是在渤海湾边、蓟运河畔的一片盐碱荒滩上建立的一座生态城市,旨在探索一条资源约束条件下实现城市可持续发展的新路,为中国乃至世界其他城市提供样板。生态城市建设十年以来,取得了举世瞩目的成果,2016年

生态城又成为国家海绵城市建设试点示范区,在国家合作的生态城市基础上建设海绵城市,使其具有不同于其他海绵城市建设的意义,肩负着国际和国内双重示范引领作用。经过近几年的开发建设,生态城在基础设施建设、环境综合治理、绿色产业引进

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07106002-03); 滨海新区第九批天津市“131”创新型人才培养工程(第二层次)

和生态住宅开发等方面均取得了积极成效,与此同时,在保留现有河湖水系的基础上,注重建设道路、小区、广场、绿地的雨水收集和调蓄等低影响开发设施,充分利用再生水和雨水等非常规水源,水资源循环利用初现成效,生态城所有建筑都采用绿色建筑,建设海绵城市的生态基础条件非常好^[1-2]。通过探索海绵城市建设系统化方案促进海绵城市落地实施,不仅能够生态城探索实践先进雨水管理理念,同时也是进一步丰富、提升生态城市发展模式内涵的重要举措。

1 生态城试点区域情况

2016年4月,天津市入选由国家财政部、住房和城乡建设部、水利部联合开展的第二批中央财政支持国家海绵城市建设试点城市。天津市共有两个国家海绵城市建设试点区,生态城是其中之一,试点区位于滨海新区南部,东临滨海新区中央大道,西至蓟运河、永定新河,南接永定新河入海口,北至故道河,总面积约22.8 km²。试点区内水体主要有故道河、静湖、惠风溪,区外水体有蓟运河。

2 生态城存在的主要问题

2.1 生态环境用水缺乏

滨海新区人均水资源量为180 m³,不到全国平均水平的1/13、世界平均水平的1/50,远低于世界公认的人均占有量(1 000 m³)的缺水警戒线。生态城的供水水源主要是外调水,其次是地下水和部分海水,供给的水资源主要满足生产用水和生活用水,生态环境用水缺乏。

① 蒸发量大于降水量,本地可用水资源不足

生态城区域年蒸发量约为2 025 mm,降雨量仅有556 mm。目前生态城合作区的供水水源主要是外调水,平均供水量约为1.82 × 10⁴ m³/d。巨额水量的空缺使得海水不断向生态城循环补充,通过盐碱地渗透导致该区水体含盐量较高。

考虑生态城地表水体蒸发损失量、渗透损失量、置换水体高含盐量TDS、维持水体生态健康,需要对生态城地表水体进行生态补水。根据《中新天津生态城水系专项规划》,生态城水系生态补水量需3 008 × 10⁴ m³/a。

② 入境地表水水量不足且水质差,无法供给生态城

蓟运河是生态城周边最重要的入境河流,由于近年来持续干旱少雨,上游基本无下泄流量进入,导

致蓟运河水资源逐年减少。据实测,1983年前蓟运河九王庄年均下泄水量8.3 × 10⁸ m³,而后下泄水量急剧下降,2006年仅1 000 × 10⁴ m³,2007年为2 957 × 10⁴ m³。蓟运河总长189 km,多年平均径流量为6.51 × 10⁸ m³,丰水年年径流量为10.11 × 10⁸ m³,特殊干旱年年径流量为4.27 × 10⁸ m³。

③ 区内无可开采地下水

区域内浅层地下水位高,但地下水矿化度高,不适合利用。深层地下水超采严重,大面积地面沉降,生态城区域内无可开采的地下水资源。

④ 海水淡化成本高,应用范围受限制

北疆淡化水厂现状规模为20 × 10⁴ m³/d,规划规模为40 × 10⁴ m³/d。北疆淡化水厂的水质较好,水价为2.51元/m³,可供生态城规模为2 × 10⁴ m³/d。作为近期生态城的补水水源,目前补水量为0.05 × 10⁴ m³/d,全年约13 × 10⁴ m³,代价较大,效果不显著。

2.2 水环境恶化风险

① 水体水质

试点区内水系有蓟运河、故道河、静湖、惠风溪,区域内各类水体水面面积为4.7 km²,占总面积的20.7%,分布着芦苇沼泽、盐碱草地及洼地等湿地类型。静湖、故道河与惠风溪虽相互连通,但目前与外部蓟运河水体隔绝,流动性较差,试点区内水体交换过程缓慢。

生态城在环境治理与生态建设方面卓有成效,完成了污水库的彻底治理,将昔日的污水库治理为水清岸绿的静湖;启动建设了故道河示范段生态修复工程,水体水质得到了明显提升。2016年试点区水体水质除COD略有超标外,总体上呈Ⅳ类水平。

② 污染源占比分析

试点区内主要水体均已相互连通,将所有水体作为一个整体来分析雨水径流污染、大气干湿沉降、点源污染、内源污染等四种污染源在产生的污染总量中的占比情况。结果表明,除SS外点源污染在水体所受到的污染中占比均高于65%,成为水体主要污染来源。而雨水径流与底泥释放向水体带入SS、COD、总磷等污染物,也是水体重要的污染来源。

③ 水环境容量

试点区作为雨水接纳水体的河流有故道河、惠风溪和静湖,其控制水质标准均为Ⅳ类。对生态城地表水系统的环境容量进行核算,水质因子为

COD、氨氮和总磷。需特别注意,生态城淡水系统的高含盐量 TDS 不存在降解或者环境容量的概念。

通过模型模拟,在典型年降雨条件下试点区试点期末水体年环境容量:COD 为 335.8 t/a, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 为 8.9 t/a, TP 为 1.8 t/a。

④ 水环境负荷计算

通过对比分析入河污染物总量与水体水环境容量,如污染物超量,为保障水体水质Ⅳ类目标的实现,超量需采用工程方法进行削减。污染物排入水体的时空分布不均,考虑到目前试点区 3 个主要水体已相互连通,在污染物自由扩散和人工水泵强化循环作用下,水体可在一定程度上分担入河污染物,因而将 3 个主要水体作为整体进行水环境负荷计算(见表 1),为水系调度与循环提供一定的数据参考。

表 1 试点区水体全年水环境负荷计算结果

Tab. 1 Calculation results of annual water environment load in pilot area $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$

项 目	COD	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TP
入河污染量	588.7	15.5	4.7
水环境容量(Ⅳ类)	355.8	8.9	1.8
环境容量	-232.9	-6.6	-2.9

根据数据分析,试点区 3 个水体连通,传统开发模式下,试点期末入河污染总量超过Ⅳ类目标下的水环境容量,水体水质具有明显的恶化风险。

2.3 内涝风险

① 历史积水情况

根据生态城建设 10 年以来的维护情况和数据统计,生态城试点区内无历史内涝积水点。根据近 10 年降雨统计数据,最大日降雨量为 148.3 mm,尚

未出现 20 年重现期强度标准的降雨。

无历史内涝积水点也得益于生态城较高的绿地率、水面率,且地块内径流通过绿色建筑小区得到滞渗和缓排。另外,试点区建成面积不足 60%,未开发地块成为局部低凹区域,基本不向外排水,也减轻了排水管网及泵站的排水压力。

② 内涝风险分析

a. 管网排水能力分析。按照 2016 年试点区下垫面情况,采用 1、2、3、5 年一遇 3 h 设计降雨模拟,以管道满流为评估条件,对 2016 年管网排水能力进行评估。根据统计结果,现状雨水管渠排水能力低于 2 年一遇的约占 21.4%,2~3 年一遇的约占 11.2%,3~5 年一遇的约占 13.8%,超过 5 年一遇的约占 53.6%。根据评估结果,试点区管网排水能力不足 3 年一遇的占比约为 32.6%。其中排水能力约为 2 年一遇标准的管网较多,主要原因是早期管网设计时采用折减系数,导致当前评估的排水能力相对不足。需结合海绵城市建设、管线改造等手段提高区域管网排水能力。

b. 积水风险点识别。生态城内涝防治标准为有效应对 20 年一遇降雨,居民住宅和工商建筑物的底层不进水,保证道路中一条车道的积水深度不超过 15 cm。利用数字高程模型(DEM)进行二维内涝淹水模拟,确认淹水深度与范围,评估试点区 2016 年本底条件下 20 年一遇长历时降雨的内涝风险。工况设定在特大暴雨来临前将管网内积水排空,进行内涝模拟。除部分未开发地块低洼,竖向低于周边道路导致局部积水外,生态城主要易涝点有 5 处,具体见表 2。

表 2 内涝风险区模拟结果

Tab. 2 Simulation results of waterlogging risk area

项 目	位置	最大淹水深度/m	淹水面积/ hm^2
内涝风险点 1	中津大道中段	0.54	5.82
内涝风险点 2	和风路中段	0.49	4.25
内涝风险点 3	和旭路北段	0.41	1.58
内涝风险点 4	中生大道与中天大道交汇处	0.38	1.35
内涝风险点 5	中生大道与和畅路交汇处	0.42	0.76

3 海绵城市系统化方案技术路线

① 深化系统思维:承接上位规划理念,梳理生态本底和建设条件,评估现状建设成效,深化海绵理念,从“源头-过程-系统”贴合规划要求,构建系统化方案。

② 优化空间功能:生态城已完成了生态格局

的构建,实现了自然生境的有序循环,系统化方案优化生态空间的功能性,赋予其更多内容。

③ 强化典型设施作用:在生态、可持续发展城市建设理念下,多系统耦合,依据目标强化典型设施在系统中的贡献率。

工程化技术路线见图 1。

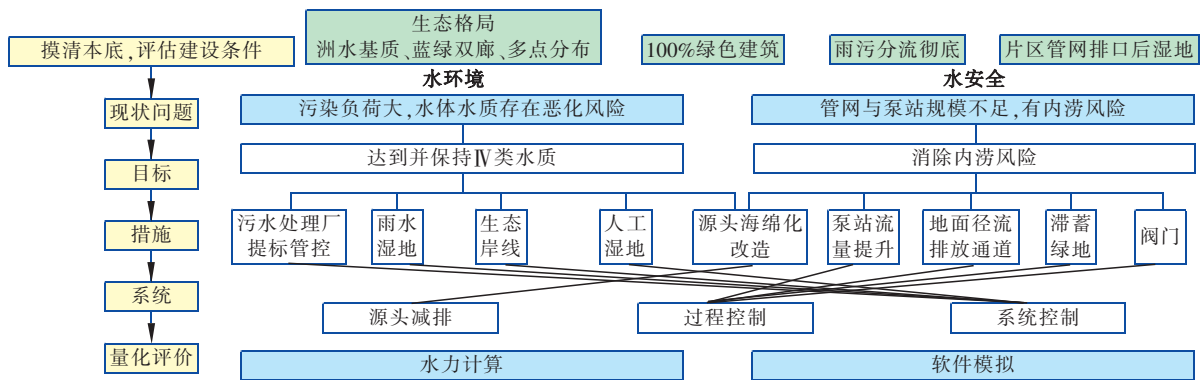


图1 工程化技术路线

Fig.1 Engineering technical roadmap

4 海绵城市系统化方案构建

4.1 自然本底保护

以海绵城市建设理念为指导,确定中新生态城大海绵体中的“面要素”“线要素”和“点要素”,并分别加以保护,构建“一核、一带、七廊、多节点”的生态安全格局。

“一核”指生态岛核心片区,是生态城内最重要的生态斑块,是海绵体的“面要素”,是海绵体系水资源、水体污染物重要的“源”或“汇”,与多条廊道连接,是各种生态流的集散节点,对整个海绵格局具有决定性作用。“一带”蓟运河通道,是生态城与外界联系的最重要通道,“七廊”是生态城内部的惠风溪、甘露溪等水系通道及沿海防护林带等主要绿廊,是生态城海绵体系中的“线要素”。“多点”指镶嵌在生态城内的呈分散式布局,但发挥重要功能的海绵要素,主要由城市公园及分散式湿地斑块构成,是海绵体系中的“点要素”。

4.2 汇水分区划分

结合城市竖向、雨水管线规划建设情况,以接纳水体为单位进行汇水分区的划分。试点区内主要的接纳水体为故道河、静湖、惠风溪。总体上,按照上述原则将生态城海绵城市试点区划分为4个汇水分区,分别是南部起步区生态谷东侧片区(Ⅰ区)、南部起步区生态谷西侧片区(Ⅱ区)、中部片区故道河东侧片区(Ⅲ区)、中部片区生态岛片区(Ⅳ区)。

4.3 水环境改善

综合统筹点源污染解决、面源污染削减、湿地净化河湖水质、提升水环境容量、优化活水方案等措施,形成系统的污染削减和水质处理方案,保证水质目标可达性。水环境改善技术路线见图2。

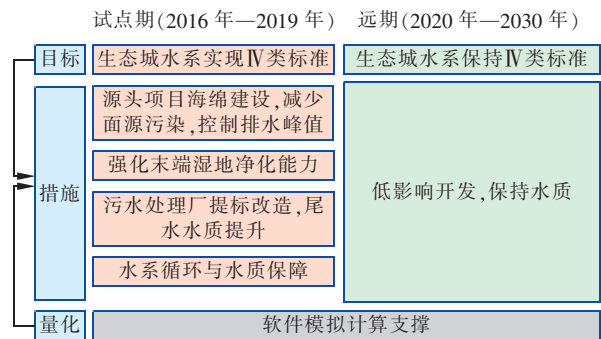


图2 水环境改善技术路线

Fig.2 Technical route of water environment improvement

具体工程方案以南部起步区生态谷东侧片区(Ⅰ区)为例,将面源污染负荷占比较高的建筑与小区、道路与广场类地块作为源头海绵建设重点,充分利用并加强现有末端湿地的雨水净化功能。面源污染削减措施包括:源头类海绵项目、雨水排口净化措施和末端湿地生态净化。

① 源头减排

美嘉园、和馨园等6个新建住宅小区按海绵要求建设。对其余28个已建小区进行现场踏勘、居民需求调研等工作,具备一定改造条件的有众美青城一期、生态城医院、世茂鲲玺园等建筑与小区地块13个。未进行海绵改造的建筑与小区,按生态城绿建标准,相对传统建设模式亦可削减一定面源污染。

区内道路均已建成,大部分路面完整、景观效果好,其中和意路、和顺路、中天大道等5条道路与和畅路南段结合景观提升可进行海绵化改造,在机非分隔带内布置海绵设施控制道路雨水径流,其余道路仅对雨水口进行控污雨水口改造。控污型雨水口设有粗、细两级截污装置,污染物去除率高。

结合公园景观提升需求,可对永定洲公园、儿童公园、23#地块社区公园进行海绵改造。

② 末端净化

青坨子湿地已建成,目前未正常运行。通过末端湿地改造提升,加大湿地处理能力,将湿地前池部分改造为一体化颗粒物去除设施,作为湿地进水预处理单元,同时采用蓄排结合模式,提高处理效率。

4.4 水安全提升

水安全提升方案总体思路以问题导向为核心,通过构建完善的水安全系统(见图3),实现试点区排水畅通、无内涝风险的海绵城市建设目标。

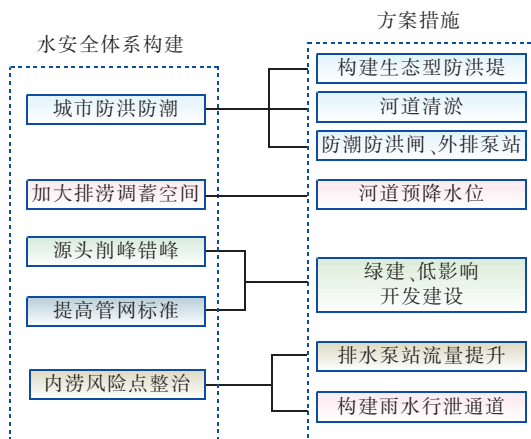


图3 水安全提升技术思路

Fig. 3 Technical idea of water safety improvement

4.5 水资源保障

通过在不同供水对象之间统一配置和内部调配传统及非传统水资源,进一步加强节水措施,实现生态城内水资源优化配置。保障措施包括再生水循环利用,雨水利用,优先保护淡水利用,咸淡水补充水体,污水处理后生态回用。

4.6 水生态恢复

依据自然生态的设计理念,对区内水系岸线进行生态化改造与优化,从而实现对生态城水体水质的净化。现有的规划设计采取了软质与硬质驳岸相结合的模式,实现了生态化与防护安全的双重功效。对于硬质驳岸,采取生态复式断面形式,考虑了海绵城市建设的低影响开发理念,进行部分生态软化,避免了传统硬质驳岸的不利影响。

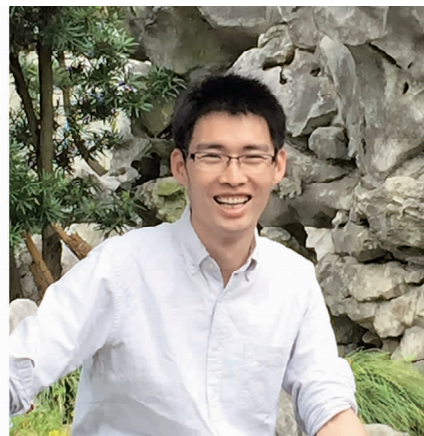
5 结论

天津生态城海绵城市实施过程中以改善水环境为重点,保障水安全,因地制宜地利用雨水资源。坚

持功能、内涵相互统一的原则,将海绵设施建设有机融入建设开发项目。通过探索构建海绵城市建设系统化方案,一方面深化海绵专项规划指标落地,另一方面弥补试点区海绵城市实施方案中因数据不充分引起的不足,在试点期建设工作的基础上,充分总结经验,以系统化思维做好顶层设计,支撑上位规划;同时根据实际建设的实施经验,评估和修正工程效果,实现城市生态环境的“弹性”。

参考文献:

- [1] 葛铜岗,段梦,张维,等. 中新生态城多功能人工湿地建设及持续性效果[J]. 中国给水排水, 2018, 34 (13): 80 - 85.
Ge Tonggang, Duan Meng, Zhang Wei, et al. Construction and continuous performance of multifunctional constructed wetlands in Sino-Singapore Tianjin Eco-city [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (13): 80 - 85 (in Chinese).
- [2] 吴冬粤,王祥雨,刘玉娜,等. 天津市海绵城市建设的实践与探索[J]. 建设科技, 2017(21): 38 - 40.
Wu Dongyue, Wang Xiangyu, Liu Yuna, et al. Practice and exploration of sponge city construction in Tianjin [J]. Construction Science and Technology, 2017(21): 38 - 40 (in Chinese).



作者简介:周国华(1984 -),男,山西翼城人,工程博士研究生,高级工程师,主要从事市政工程技术、城市雨水控制利用理论与技术、水环境生态技术等研究工作。

E-mail: 13821927908@163.com

收稿日期: 2019 - 08 - 18