

# 基于海绵城市理念的地区水生态体系规划研究

## ——以大连庄河市生态养老示范区为例

董雷,高飞

(沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**目前,中国很多城市面临水资源短缺、水生态恶化、排水能力不足等问题。从地区特点及问题出发,基于海绵城市设计理念,制定了包括年径流总量控制率、生态岸线比例和城市热岛效应的海绵城市水生态建设目标及目标实现的指标体系。并对水生态体系,包括径流控制工程和河流生态建设进行具体分析,提出了各汇水分区的雨水控制指标和河流生态建设措施,以保障水生态和城市生态的连续性和完整性。

**关键词:**海绵城市;水生态体系;建设目标;建设措施

**中图分类号:**TU985.1      **文献标志码:**A

海绵城市是指把城市建设得像海绵一样,利用建筑、绿地、道路和水系等生态系统把雨水留住,并对雨水进行吸水、蓄水、渗水及净水处理,有效控制雨水径流,使得城市具有良好的自然积存、自然渗透、自然净化的能力。住房和城乡建设部于2014年10月22日发布实施了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》,成为各地海绵城市建设的指导和依据<sup>[1-2]</sup>。

海绵城市理念的提出正值我国城市发展过程中雨水、排水、地表水、地下水等系列问题出现的阶段。由于雨水漫城、城市观海、雨涝灾害等问题迭现,暴雨排水问题开始引发广泛关注。海绵城市建设实际需要解决的是一个更大尺度的城市与生态的水问题。建设海绵城市,除了可以缓解各城市的内涝问题,还可以节约水资源、减少城市径流污染、保护和改善生态环境<sup>[3]</sup>。

### 一、海绵城市理念对水生态体系规划的指导意义

中国今天面临的水问题多种多样,主要有四大问题:一是洪涝灾害频繁,对经济发展和社会稳定的威胁较大,目前仍是我国主要的自然灾害。二是水资源短缺。我国淡水资源总量居世界第四位,但人均仅为世界平均水平的1/4,是全球人均水资源最贫乏的13个国家之一,是世界公认的贫水国。我国的水资源分布不均匀,西部地区和北方地区水资源匮乏,南方则比较充沛。三是水环境恶化。近年来,我国水体水质总体呈恶化趋势,全国约10万km河流长度中,受污染的河长占46.5%。全国90%以上的城市水域受到不同程度的污染,水质变差,缺水问题严重<sup>[4-5]</sup>。四是水土流失和生态环境丧失。水利部的资料显示,我国是世界上水土流失最

为严重的国家之一。

海绵城市理念正是在这种背景下提出的,其不仅是微观层面的下凹绿地、雨水花园、植草沟等具体的景观措施,也不仅是中观层面的城市雨水排放、暴雨内涝的减少、绿色排水替代传统城市排水的基础设施,更是宏观层面的水安全的保障、水资源的保持、水环境的恢复、水生态的复原。作为一种生态理论的提出,其社会意义在于通过生态系统的恢复打造,将微观的生态基础设施和中观的海绵规划相结合,从源头控制、多元联系、系统打造方面解决更宏观的水生态问题。

## 二、示范区基础条件分析

大连是我国第二批海绵城市试点城市。庄河市作为大连主管的下辖市是大连海绵城市建设的主要示范城区。

### 1. 地理位置

庄河市生态休闲养老示范区(简称示范区)即庄河海绵城市第五分区,位于庄河市东南角,北至建设大街,南靠黄海,西临庄河湾(鲍码河、庄河、热水河三河交汇处),东接滨海路,与庄河中央商务区隔河相望,区域优势明显。区内地势平坦,基地东北部有3座约40 m高的小山,区位条件优越。建设大街和滨海路连接市区和示范区。滨海路已经建成,建设大街主桥工程已经完成。示范区内部现状道路主要为建设大街东段和鲍码河东岸大坝路,外环路南段及区内环路等已建成路基。

### 2. 气候水文条件

庄河地区受海洋季风和台风气候影响,降雨有明显的季节性。1970—2000年,庄河市平均气温为 $9.1^{\circ}\text{C}$ ,最低气温 $-29.3^{\circ}\text{C}$ ,最高气温 $36.6^{\circ}\text{C}$ ,四季气温差异较大。历年平均降水量为736 mm,在时间和空间上分布不均,主要集中在7—8月,这两个月的降水量占全年的56%。

庄河市受山脉地形、温带湿润季风气候以及洋流的影响,降水在时间和空间上分布不均,地域分配差异较大,有如下规律:

第一,降水量年际分布极不均匀,形成春旱夏涝的特点。庄河1981—2010年的降雨数据记录显示,最大年降水量1 094.4 mm(1985年),最小年降水量为441.7 mm(2000年)。第二,降水量时程分布极不均匀。庄河市每年的5—9月是雨季,占全年降雨量的75%以上。第三,降水量空间分布呈东部偏大、西部偏小态势。

庄河电厂验潮站资料显示,庄河海区一天内存在两个高潮两个低潮,潮高明显不等,即潮汐存在明显的潮高不等现象。庄河海潮基准面关系如图1所示。

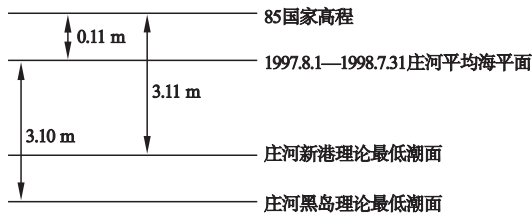


图1 基准面关系图

### 3. 基础条件分析

由于庄河市城区开发建设后硬质化下垫面增多,城区雨后产流能力增强,而滞蓄能力减弱,城区产流对河道的日常补水功能较弱,城区河道生态补水主要依赖北侧山区小流域和上游污水处理厂尾水,受山区小流域面积小、比降大、缺少雨洪滞蓄工程的影响,非汛期补水量较少。

河湖水系是区域重要的水生态空间,近年来,庄河市结合新农村建设、城市建设进行了一系列涉水景观生态建设、水系改造等项目,对区域水系景观生态功能的发挥和居民休闲游憩空间的创造发挥了较大的作用。但总体上,庄河市域水系景观生态建设与区域社会经济发展需求之间的矛盾依然突出,大范围的河道水系生态被破坏、生态功能不足、缺乏系统的景观建设等问题依然突出,河湖水系对区域生态文明建设的支撑作用较弱。

城区水系的护岸形式分为硬质型和生态型。城区范围内的生态护岸,主要分布在建成区外围,现状建成区内硬质护岸比例较高,生态护岸比例仅占40%。

通过对示范区内的自然地理、社会经济现状和降雨、土壤、地下水、下垫面、排水系统、城市开发前的水文状况等基本特征的初步分析,发现示范区内水生态方面存在的主要问题如下:

示范区区域为填海造地,原本地貌多为虾池用地,填海土石方大都就近开山取土,土壤渗透系数较低。示范区临近黄海,地下水位过高,区域内部地势平缓,积水现象不易发

生,因此雨水难以下渗而很快流入大海,造成淡水资源严重浪费。

三、海绵城市水生态系统规划设计

1. 海绵城市建设指标体系

以庄河市城区在水生态方面存在的问题为导向,根据庄河市区实际情况,制定海绵城市水生态建设目标及目标实现的指标体系(见表 1)。

表 1 示范区海绵城市建设指标体系

指标	目标	控规地块 管控指标	绿地、排水防涝、 供排水等专项规划	城市设计、景观 空间、建设等	指标性质
年径流总量控制率	80%	●	●	●	定量(约束性)
生态岸线比例	50%	/	●	●	定量(约束性)
城市热岛效应	热岛强度得到缓解	/	○	○	定量(鼓励性)
水环境质量	不低于Ⅳ类,不劣于海绵城市建设前	/	●	●	定量(约束性)
城市面源污染控制 率(以 SS 计)	55%	●	●	●	定量(约束性)
污水再生利用率	10%	/	●	●	定量(约束性)
雨水资源利用率	2.0%	●	●	●	定量(约束性)
管网漏损控制率	10%	/	●	●	定量(鼓励性)
城市暴雨内涝 灾害防治	排涝标准 20 年一遇 防洪标准 50 年一遇	/	●	●	定量(约束性)
饮用水安全	水质达标率 100%	/	○	○	定量(鼓励性)
规划建设管控制度	出台相应政策制度	/	●	●	定性(约束性)
蓝线、绿线划定与保护	编制蓝线、绿线专项规划	/	●	●	定性(约束性)
技术规范与标准建设	出台海绵城市建设技术规范	/	●	●	定性(约束性)
投融资机制建设	出台投融资制度机制	/	●	●	定性(约束性)
绩效考核与奖励机制	出台绩效考核奖励机制	/	●	●	定性(约束性)
产业化	制定促进相关企业发展的优惠政策等	/	○	○	定性(鼓励性)

注:●强制性指标;○引导性指标;/无。

2. 水生态指标

(1)年径流总量控制率。指标定义:年径流总量控制率可以用设计降雨量来表示,指标对大于 30 年的多年日降雨量进行统计,去除小于等于 2 mm 的降雨日,将降雨日雨量按从小到大的顺序排列,统计小于某一降雨量的降雨总量在总降雨量中的比率,此比率(即年径流总量控制率)对应的降雨量(日值)即为设计降雨量<sup>[3]</sup>。根据发达国家的经验,年径流总量控制率的目标 80%~85% 为最佳。

年径流总量控制率现状水平:示范区未开发状态下,城市水体较多,自然调蓄能力强,自然地貌接近绿地,年综合径流外排率约为 20%。

海绵城市建设前后年径流总量控制率分析:如基于传统开发方式,结合城市用地规划、竖向规划、排水管网规划进行计算,中心城区海绵城市建设前年径流总量控制率约为 43%。海绵城市建设后会减少大量雨水外排。

年径流总量控制率的确定:根据我国大陆地区年径流总量控制率分区图,辽宁省大连市位于Ⅳ区,年径流总量控制率α的区间值为 70%~85%。由此确定庄河市区 2020 年年径流总量控制率为 75%,对应设计降雨量为 27.1 mm。2030 年年径流总量控制率为 80%,对应设计降雨量为 34.9 mm。年径流总量控制率与对应设计降雨量的关系如图 2 和表 2 所示。

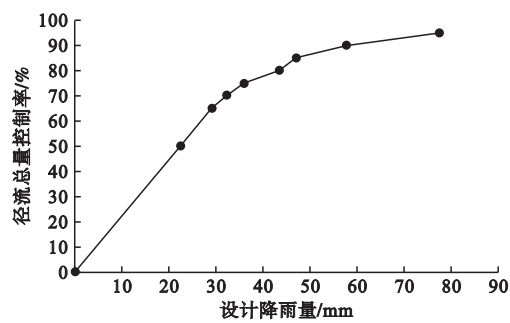


图 2 庄河市年径流总量控制率与设计降雨量

表 2 庄河市年径流总量控制率与对应设计降雨量

年径流总量控制率/%	设计降雨量/mm
50	11.3
65	18.9
70	22.6
75	27.1
80	34.9
85	40
90	52
95	73.5

(2)生态岸线恢复。城区规划水面面积约为 13.6 km<sup>2</sup>,示范区的水面面积约占 3.26%,规划水面面积保持率 100%,以保障城市的防洪排涝等功能。在不影响防洪安全的前提下,对庄河市河湖水系岸线、加装盖板的天然河渠等进行生态修复,达到蓝线控制要求,恢复其生态功能。规划到 2020 年,生态岸线比例目标达到 30% 以上,到 2030 年生态岸线比例达到 50%。

(3)城市热岛效应。热岛效应作为海绵城市水生态方面的考核指标,在示范区海绵

城市设计中,要求其在夏季(6—9 月)的日平均气温与同期同区域历史气温相比,没有升高或下降的趋势<sup>[6]</sup>。

3. 水生态体系规划

(1)径流控制工程。示范区的水生态体系分为径流控制工程和河流生态建设两部分<sup>[7]</sup>。示范区依据项目的土地情况,以城区自然汇水分区条件为基础,综合考虑土地利用情况和生态功能区划,同时适当考虑控规单元划分,将示范区划分为 7 个管控分区(见表 3)。

表 3 示范区海绵城市建设管控分区		
名 称	面积/hm <sup>2</sup>	主要用地性质
第一汇水分区	30.077 6	居住、商业、体育
第二汇水分区	35.984 5	居住、医疗
第三汇水分区	35.214 3	居住、公共管理
第四汇水分区	42.014 0	居住、教育
第五汇水分区	25.247 3	商业、公园
第六汇水分区	37.370 8	居住、公园、商业
第七汇水分区	13.188 7	污水处理厂

示范区对各个汇水分区分别提出年径流总量的控制引导指标,考虑到规划区外围汇水对规划区的影响,将整个区域汇水统一进行研究,整体达到既定的 80% 控制目标。污水处理厂属于特殊类别,在海绵城市建设中,需要对其进行单独系统的应对研究,因此在海绵城市系统数据中,其单独计算。示范区内各汇水分区的雨水控制指标如表 4 所示。

表 4 雨水控制指标						
分区编号	下凹式绿地 面积/hm <sup>2</sup>	绿色屋顶断接 面积/hm <sup>2</sup>	需控制容积/ 万 m <sup>3</sup>	下渗及蒸发量 /万 m <sup>3</sup>	调蓄容积/ 万 m <sup>3</sup>	年径流总量 控制率/%
分区 I	3.68	2.9	1.06	0.4	0.57	81
分区 II	3.6	4.6	1.22	0.45	0.74	77.5
分区 III	4.05	5.45	1.19	0.43	0.76	77.6
分区 IV	5.6	3.25	1.49	0.65	0.83	81.2
分区 V	4.6	3.25	0.95	0.45	0.46	86.2
分区 VI	5.87	4.49	1.30	0.71	0.40	81.9
分区 VII	(该区为污水处理厂,属特殊类别,需单独计算,本表不统计)					

(2)河流生态建设工程。示范区在河流生态建设工程中通过河湖湿地滨岸带生态保护和修复,保障水生态和城市生态的连续性和完整性。设置滨岸生态带和植被缓冲带,滞缓和削减雨水径流,削减进入水体的城市

面源污染。与河道污染防治、河湖基底建设等一同构建健康、完整、科学的水生态系统。

①河道线性海绵处理。随着城市的开发和建设,传统的河道滨水地带不断被侵占,为了泄洪需要,只好将弯曲的河道取直,或者不



断挖深河床,硬化驳岸,以增加泄水量<sup>[8]</sup>。而自然弯曲的河道和滨水地带才是生物多样性的生态基础,同时,自然弯曲的河道还可以缓解洪峰,减少流量能量,控制流速,减少对下游的冲刷。因此,考虑可持续发展的要求,应恢复天然河道线形及滨水地带,在河道治理中,根据示范区实际情况,宜曲则曲,宜直则直,宽窄结合,避免强求河道线形直线化的错误趋向。同时,在河道断面上不宜采用高强的结构形式,以恢复河道的生态功能。无论在生态方面还是经济方面,顺应河势、因河制宜都是有利的<sup>[9]</sup>。

②河道断面海绵处理。河道断面应尽量保持天然河道,以保持其天然生态功能。河道具有不同的过水断面,可以增加曝气作用,以增加水体中的含氧量,有利于形成多样化的生态群落和生态景观。深潭的生境中,随着水深变化,水温、阳光辐射、食物和含氧量都不同,容易形成水生物群落的分层现象<sup>[8]</sup>。除此之外,还要考虑示范区内河道的主导功能、土地利用情况,同时,还要考虑生态景观功能,保持水陆生态系统的连续性,并为居民提供一定的亲水空间。当保持天然河道断面有困难时,可按顺序依次选择复式断面、梯形断面、矩形断面。

根据示范区实际情况,河道断面主要考虑以下几种形式:

天然河道断面。示范区在居民活动较少的区域,应尽量保持天然河道的断面形式,以保持原有的河道面貌和生态系统。

复式断面。示范区部分河道形式采取复式断面,复式断面是指在常水位以下采用矩形或梯形断面形式,常水位以上设置缓坡或

者二级护岸。这样的设置方式,在枯水期流量小的时候,水流在主河道;洪水期流量大的时候,洪水漫过二级护岸,过水断面变大。因此,复式断面既满足了当地居民亲水性的要求,又有泄洪的空间。同时,在护岸形式的选择上,可以采用一些低强度的柔性护岸形式,有利于形成生态护岸<sup>[9]</sup>。

梯形断面。矩形河道断面存在水陆生态系统不连续的问题,而梯形断面可以使水陆生态系统连续,但是由于断面坡度较陡,不利于生物生长,也不利于景观的布置,亲水性也较差。如果采用缓坡断面,又会由于建设占地较多而受到限制<sup>[10]</sup>。

示范区仅在南侧排洪道处设置梯形断面,满足泄洪需求同时兼顾生态效应。

③河道生态护岸。在示范区范围内,应使用生态护岸形式。以往传统的护岸大都采用的是混凝土或浆砌块石铺面,只考虑了河道的安全性,但护岸透水性极差,河流生态系统和生态环境受到了极大影响。而生态护岸采用了植物或植物与土工材料结合的形式,常用的护岸设计方法有土工格栅边坡加固技术、干砌护坡技术、利用植物根系加固边坡的技术、渗水混凝土技术、石笼、生态袋、生态砌块等。生态护岸有一定的结构强度,能够保证河道的安全性,同时,也具有较大的孔隙率,可以满足植物生长和生物栖息,保护了河道的生态环境,能够自我修复、自我净化,还增加了堤岸结构的稳定性<sup>[10]</sup>。在生态护岸设计过程中要灵活应对,根据不同的坡面形式选择不同的结构形式。

河道生态驳岸改造如图3所示。

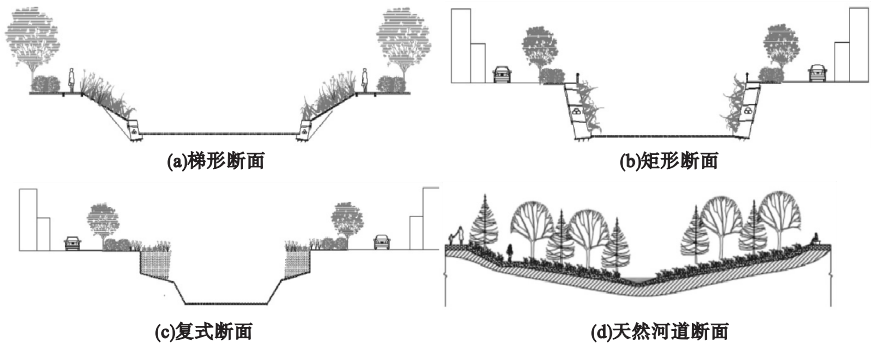


图3 河道生态驳岸改造断面

## 四、结 语

笔者基于海绵城市理念,对庄河市水生生态系统进行了研究,针对庄河市城市水资源稀缺、排水能力不足、存在内涝风险等问题,对径流控制工程和河流生态建设措施进行了阐述,提出了示范区内各汇水分区的雨水控制指标,以控制城市雨水径流。通过河湖湿地滨岸带生态保护和修复,最大限度地减少由于城市开发建设行为对原有自然水文特征和水生态环境造成的破坏,使庄河市能够在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”,将庄河市建设成能够“自然积存、自然渗透、自然净化”的海绵城市。

## 参考文献:

- [1] 仇保兴. 海绵城市(LID)的内涵、途径与展望[J]. 建设科技,2015(1):1-7.
- [2] 陈小龙,赵冬泉,盛政,等. 海绵城市规划系统的开发与应用[J]. 中国给水排水,2015(19):

121-125.

- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南:低影响开发雨水系统构建(试行)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [4] 白云鹏. 城市节水面临的问题与措施[J]. 水科学与工程,2010(12):14-16.
- [5] 张亮. 加快经济发展方式转变的水价政策研究[J]. 调研世界,2012(10):57-61.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部办公厅. 海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [7] 王宁,吴连丰. 厦门海绵城市建设方案编制实践与思考[J]. 给水排水,2015(6):28-32.
- [8] 王鹏,白海滨,蔡永钢. 城市河道生态化治理的设计方法[J]. 现代农业科技,2010(2):270-271.
- [9] 汪志明. 植物措施在城市生态河道的应用研究:以浙江海宁生态河道建设为例[D]. 杭州:浙江大学,2012.
- [10] 吴瑕. 城市河道生态化治理模块的设计更新[J]. 科技创新与应用,2013(35):133.

# Study on Regional Water Ecosystem Planning Based on Eco - Sponge City Concept: Taking Ecological Demonstration Plot in Zhuanghe of Dalian as an Example

DONG Lei, GAO Fei

(School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** At present, many cities in China are facing such problems as shortage of water resources, deterioration of water ecology and inadequate drainage capacity. Based on the regional characteristics and problems, and the design concept of the eco - sponge city, the objective of water ecological construction in the eco - sponge city is formulated, including the total annual runoff control rate, the proportion of ecological coastline, urban heat island effect and the index system objectives realization. The water ecological system, including the runoff control project and the river ecological construction, is analyzed, and the rainwater control index and the river ecological construction measures are put forward to ensure the continuity and integrity of the water ecology and the urban ecology.

**Key words:** eco - sponge city; water ecological system; construction objective; construction measures

(责任编辑:高旭 英文审校:林昊)