

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.08.027

缺水型地区海绵城市规划建设路径探索 ——以寿光市为例

宋源,毛斌

(中国城市规划设计研究院上海分院,上海市 200335)

摘要:我国缺水型地区在气候变化和人为开发等因素的影响下,已表现出严重的水资源短缺、水生态脆弱和水环境污染等问题。近年来提出的“海绵城市”理念为解决缺水型地区水系统问题带来了机遇与挑战。以寿光市海绵城市规划为例,实证分析了缺水型地区海绵城市规划建设的模式。通过该规划,形成了以水资源利用为特色的海绵建设指标体系,确立了分区分层落位的径流控制系统以加强海绵指标的管控落实,通过河道连通、拓宽疏浚、明渠恢复等工程,恢复城区河流生态功能的同时加强排水防涝系统的保障,并形成以雨水调蓄和净化功能为主的城区低影响绿地系统,提出针对北方半干旱地区海绵建设系统策略,为我国缺水型地区的海绵城市建设提供借鉴和参考。

关键词:海绵城市;缺水地区;低影响开发;城市规划管控

中图分类号: TU991

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0095-04

0 引言

在巨大的人口规模和高速城市化进程的背景下,我国城市的发展面临种种挑战,如何协调城市发展和环境资源禀赋之间的关系是城市建设管理者面临的重要难题之一^[1]。2013年12月,习近平总书记在中央城镇化工作会议上提出“建设自然积存、自然渗透、自然净化的海绵城市”。2014年10月,住房和城乡建设部发布了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》(以下简称“《指南》”),指导各地新型城镇化建设过程中推广和应用低影响开发建设模式,保障海绵城市建设的顺利开展。

海绵城市建设在国内处于起步和探索阶段,需要结合实际建设进一步深入讨论和研究^[2]。《指南》是全国通用性文件,但不同城市的水文、气象、土壤等特征差异较大,其建设重点和策略也不尽相同^[3]。本文以山东省寿光市为例,结合寿光自然地理环境特点,探讨山东半岛半干旱型地区海绵城市建设的实施策略和控制要点,为其他类似地区的海绵城市建设提供参考和借鉴。

1 现状概况与问题分析

1.1 本底条件

寿光位于山东省中北部,渤海莱州湾西南岸,地

处鲁中北部沿海平原区,属暖温带季风区大陆性气候。寿光多年平均降水量为591.7 mm,多年平均蒸发量为1 099.4 mm,干旱指数为1.8~2.2,具有典型的北方半干旱气候特征。同时,年际和年内降水分布严重不均,多年降水年际变化率为4.30倍,而年降雨量中夏季降雨量占比超过75%,易造成旱、涝和水土流失等自然灾害。

寿光市内有弥河、小清河、塌河、丹河、桂河等大小河及其支流16条,基本上自南向北流入渤海湾。全市河流多为季节性河流,近二十多年来,由于气候变化、城镇建设等原因,河湖湿地不断萎缩,正常生态功能逐步衰退。

1.2 现状主要问题

1.2.1 水资源极度匮乏

由于特殊的降水条件和上游的大型水利工程影响,寿光市的水资源极度紧缺,多年平均水资源量为3.39亿m³,人均水资源占有量为293 m³,产水模数为15.4万m²/km²^[4],远低于全国平均水平。由于地表径流对地下水补给量不足,地下水的过度开采形成了大范围的地下水漏斗。寿光市全市漏斗区面积已达1 403 km²,占总面积的64%。全市水系萎缩严重,除弥河、小清河有部分径流外,其他河道已基本干涸无径流。

1.2.2 内涝隐患逐步升高

长期干旱少雨的气候特征导致对城市排水安全的重视不足,中心城区目前已无排水河道。东跃龙河、益寿新河等河渠被侵占填埋,原有水系遭到破坏。工

收稿日期:2021-11-12

作者简介:宋源(1989—),男,硕士,工程师,从事市政工程专业研究工作。

业排水沟等河渠由明渠改为暗渠暗管,渠道淤积、堵塞现象严重。此外,随着城市快速扩张,大量硬化地面增加,径流峰值和径流量均显著增加,进一步加剧了城市排水防涝压力。

1.2.3 水资源利用方式有待优化

在水资源稀缺的背景下,城市水资源利用方式尚有较大改善空间。供水量约为多年平均水资源量的90%,水资源总体处于过度开发的状态。非常规水资源使用程度较低,中水仅供热电厂回用,雨洪资源未得到充分利用,部分公园内还有利用市政自来水补充水资源的现象。

综上所述,传统的城镇化进程导致寿光市水城矛盾极为突出,寿光的城市发展亟待一种新的城市发展模式。

2 海绵城市建设路径探索

2.1 建设思路

海绵城市建设的最终目的不限于建立一套雨水系统或LID设施建设,而是城市建设的一种新理念,从原来水泥城市及雨水“快排”转向现在的“生态优先,弹性排水”^[5-6]。

寿光市具有典型的降雨量较少、地下水位低、土壤渗透系数较大等水文地质特征,应在构建海绵城市的建设体系过程中予以重点考虑,因地制宜解决城市发展过程中存在的水系统问题。

基于寿光的现状实际问题,笔者将寿光海绵城市建设的目标分解为三部分。首先是明确海绵城市建设指标,并进行分区分层的指标分解。其次是保护及改善城市水生态体系,缓解水资源紧缺的同时提升城市排水防涝能力。再次是以绿地公园调蓄系统建设为代表推进雨水资源化利用。

2.2 明确可持续的建设指标

为明确寿光市建设海绵城市的核心目标和建设方向,有效指引海绵城市建设的有序开展,规划提出以水资源为导向的寿光市径流控制指标体系(见表1)。

径流总量控制率是未来海绵城市建设成效的考核指标,作为本指标体系中的核心指标,用以加强源头雨水的蓄积,同时削减径流峰值和径流污染。根据《指南》中全国径流总量控制率分区控制图^[7],结合寿光实际需求,确定寿光市径流总量控制率75%,对应控制降雨20.7 mm。

在确定核心控制指标的基础上,基于水资源稀缺的特征,本次规划还选取了单位面积控制容积、雨

表1 寿光市海绵城市建设指标体系

类型	序号	指标名称	考核主体	指标取值
低影响 开发 系统	1	径流总量控制率	规划局	不小于75%
	2	单位面积控制容积	规划局	90~200 m ³ /hm ²
	3	绿地率	规划局	38%
	4	下沉式绿地率	规划局	20%~45%
	5	渗透式铺装率	规划局	10%~20%
	6	屋顶绿化率	园林局	5%~10%
	7	雨落管断接率	建设局	60%~90%
水资源 利用 系统	8	雨水替代城市供水比例	水利局	不低于3.0%
	9	管网漏损率	建设局	低于7%
	10	污水再生利用率	水利局	不低于50%
水环境 改善 系统	11	径流污染削减率(以SS计)	建设局	不低于60%
	12	合流溢流口年溢流次数 减少率	环保局	70%
	13	污水厂尾水排放标准	环保局	一级A
	14	地表水水质	环保局	III~IV类
水安全 水生态 系统	15	防洪标准	水利局	20~100 a
	16	防涝标准	水利局	20 a一遇 一般地区2~ 3 a,重要地区 3~5 a,地下通 道和下沉式广 场10~20 a
	17	雨水管渠设计标准	建设局	1.0~1.5 m
	18	城市水系雨水调蓄水深	水利局	

水替代城市供水比例、污水再生利用率等针对性指标,强化雨水的源头调蓄和利用、污水的再生利用,提升非常规水资源的利用程度,缓解城区缺水状况。

2.3 分区分层落位径流控制系统

径流总量控制率是海绵城市建设的核心指标,但由于城区内各片区的本底条件(实际需求、建设难度等)均有较大差异,不适宜选用统一的径流控制目标。因此,需要在空间层面对径流控制指标进行分解,因地制宜地指导各片区的海绵建设。

通过分析城市用地的建设状态、开发强度、排水分区、雨污合流制分布、内涝区分布等要素,进行多因素空间分析,划定寿光市海绵功能区。具体为7类,分别是场地径流与污染控制区、雨水资源化示范区、合流制溢流污染削减区、综合海绵示范区、居住区海绵工程建设区、大型绿地雨水径流污染控制区、中密度建筑径流与污染控制示范区。以城市径流控制率总体目标为基准,根据每个功能分区的差异,确定每个流域单元的径流总量控制率(见图1)。

为了进一步细化径流总量控制率,加强与控规单元的衔接,协调下位实施,在每个海绵功能分区内,确定其下属二级管控单元的径流总量控制率指

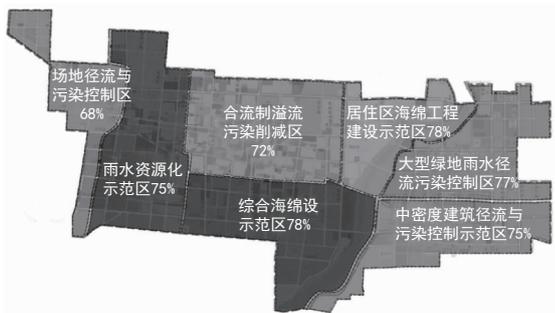


图1 寿光市海绵功能区划分

标,即以分区指标为基准,考虑规划用地属性和建设实施难度,确定每个管控单元的指标调整幅度,形成二级管控单元径流控制目标体系^[8](见图2)。控制单元内有相对独立的排水系统和相对完整的街区,单个控制单元平均面积控制在2~6 km²。通过加权平均计算分区的年径流控制率,核算各一级分区径流控制率能否达标,进而判断寿光市整体径流控制率是否满足海绵城市建设目标要求。



图2 二级管控单元径流控制目标分解

2.4 多项工程并举,恢复水系生态功能

河流廊道自身具有提供水源、调节小气候、维持生物多样性、净化水体等多重生态服务功能,也是海绵城市建设中需要重点保护和修复的海绵基底。基于寿光现状水资源稀缺、水系受损和内涝风险升高的情况,本规划以水生态修复为理念,在区域和中心城区两个层面进行水网连通、水源涵养和水系修复。生态措施和工程措施并举,逐步增加生态水量,恢复河道生态功能,提升河道防洪排涝能力。

在区域层面,加强区域水网建设,优化配置地表水资源,增加地表水供水量。首先,寿光市除引黄济青渠道贯穿东西外,主要河流基本为南北平行分布,具有建设区域水系联网工程的有利条件,通过水系的沟通连接,形成纵横交接的蓝道系统,建设北线-中线-南线三条骨干连接水系(见图3)。其中,北线包括塌河、弥河、小清河连通工程;中线主要为引黄济青工程;南线包括潍河、丹河、弥河、益寿新河连通工程。其次,在弥河干流适宜位置建设河道型地下水

库,充分利用地下储水空间,实现地表水和地下水的联合调度,增加供水量。根据水网构建的需求,调蓄外调水源,近期应加快双王城水库、清水湖水库和龙泽水库的配套建设,远期规划新建一座平原区水库——新港水库。再次,实施河渠梯级开发,选择有利地形,在弥河下游增建一批拦河工程拦蓄地表径流,提高河道的调蓄能力,利用地下水回灌工程增加地下水源地渗补水量,实施地表水、地下水联合调度,改善流域生态功能,增加洪水资源化地下蓄存量。



图3 区域蓝道系统规划图

在中心城区层面,通过实施河道连通、拓宽疏浚、明渠恢复等工程,重塑城市水系,恢复城区河流水生态功能。北部东西向开挖联通渠道,将益寿新河、东跃龙河等城区南北向河流连通,形成六河串联的水系格局,提升中心城区水网的调蓄能力和排水能力。结合铁路遗址公园雨水箱涵建设,合理开挖水系,构建连通弥河与张僧河西支的河渠通道。引弥河地表水至张僧河西支东部,形成局部的循环水系,构建圣城街以南地区的主要排水通道,在构筑生态水系的同时,也营造出良好的景观效果(见图4)。

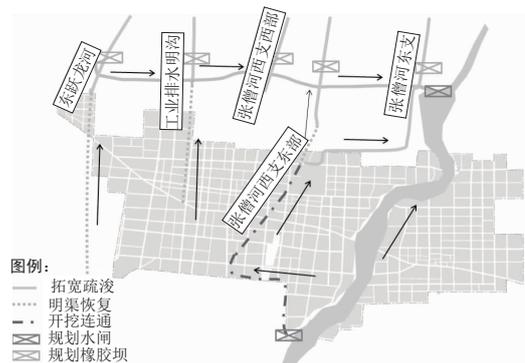


图4 中心城区河网水系规划图

结合河网水系布局,建设多座节制闸与橡胶坝,对内河的水系进行调蓄。在旱季时,引弥河河水至城区内河,利用节制闸和橡胶坝进行水位控制,回补中心城区地下水,缓解地下水超采造成的生态破坏。在雨季时,打开节制闸、放低橡胶坝,将河道的水位进行预降,腾空出容量满足城区排涝需求。

对城区各河道采取生态岸线改造,采用自然型护坡和植物纤维网护坡,保障更好的雨洪控制利用和生态系统的良性循环。针对以仓圣公园为代表的黑臭水体开展生态修复工程,构建环湖湿地,通过控制多级水深、引入本地水生物种的方式提高湖泊水生态系统的健康性和稳定性,利用在湿地中生长的动物、植物、细菌形成食物链,吸附、截留、降解水体中的污染物质,恢复水体生态系统,维护生物多样性,提高水体的自净能力。

2.5 分类实施绿地雨水调蓄系统建设

寿光市现状水资源极度稀缺,但目前非常规水资源利用仍处于较低水平。绿地系统作为城市建成区内优良的调蓄空间,集蓄积、净化、回用、景观等多重效果于一体,是缺水型城市雨水资源化利用的重要载体^[9-10]。

在寿光市海绵城市建设中,中心城区绿地系统应着重发展“渗、滞、蓄、净、用、排”六类低影响开发设施中的“蓄”“渗”和“用”类技术,提高雨水资源利用率,缓解水资源紧缺的现状。规划形成公园绿地调蓄为主,防护绿地调蓄为辅,生态绿地、附属绿地调蓄相结合的绿地低影响开发系统,实现雨水在城市中的自然迁移、低碳循环(见图5)。

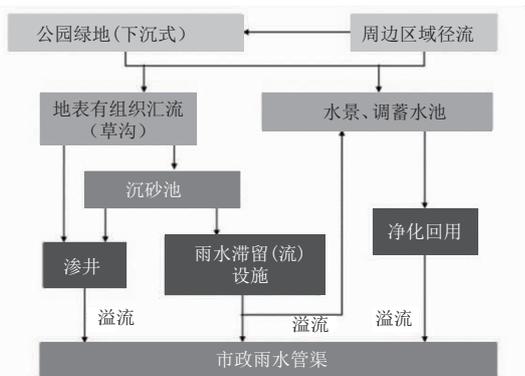


图5 公园绿地建设项目技术路径图

由于寿光降水的季节性、地下水常年超采和干旱的气候特征,公园绿地内的池塘、湖面的水资源难以得到补充,且现状通过自来水补充公园景观用水的做法也不符合“优水优用”的原则^[11]。因此,在利用公园进行雨水调蓄后,可通过补给景观用水达到绿

地雨水资源的有效回用。规划公园绿地通过采用下凹式绿地、植被草沟、景观水体、渗透性路面、雨水调蓄池等工艺,对雨水进行收集、净化和蓄积^[12]。

对于弥河湿地为代表的滨河绿地,重点发挥其生态涵养功能,规划按多功能城市湿地的模式进行建设。通过合理的场地设计,将公园及周边地块产生的径流汇入人工湿地内进行末端调蓄和净化。同时,也将雨水作为人工湿地的生态补水,结合水生植物营造合适的景观效果。

对于附属绿地,在城市绿地建设中所占比重较大,分散范围广、建设空间较为灵活。因此,将附属绿地作为寿光市海绵城市体系中的“面”状元素,成为城市各地块内控制雨水径流的重要场地。

经计算,在公园绿地系统径流总量控制率达到85%~90%,下沉式绿地率控制在20%~40%,下沉深度为0.1~0.3 m时,年调蓄总规模可达到15.56万m³,占城区生态环境用水量的31.1%,将有效缓解城市水资源供给压力。

3 结语

海绵城市概念自提出以来,逐渐演变成了一种城市发展方式^[13]。海绵城市专项规划作为伴随着海绵城市建设概念应运而生的新型规划,是系统性解决城市水问题的协调性规划^[14],在编制过程中必须重视城市特征把握和因地制宜的策略措施,强化管理落实,重视强制指标的确定、与法定规划的衔接和落实^[15],避免模式化,增强可操作性。目前不同类型城市海绵城市规划与建设技术体系的研究与总结仍需完善^[16],以推动海绵城市理念得到更广泛的推广与应用。

对于北方缺水型城市如何建设海绵城市,本项目进行了一次有益的探索。结合寿光市的水文气象条件和实际需求,以缺水背景下的径流控制为核心目标,确定了海绵城市建设指标体系,制定了海绵城市建设策略,提出了海绵城市建设管控要求,可为以山东半岛为代表的北方半干旱气候地区的海绵城市规划建设过程提供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张亮.西北地区海绵城市建设路径探索——以西咸新区为例[J].城市规划,2016,40(3):108-112.
- [3] 叶晓东.海绵城市实施途径及规划应对策略研究——以宁波市为例[J].上海城市规划,2016(1):51-57.

构的同步注透扩散理论模型及浆液渗透扩散距离的解析解,建立盾构隧道同步注浆压力控制和相互扰动风险综合防控技术并在工程中成功应用。

(1)盾构同步注浆浆液渗透距离在隧道断面内呈椭圆状非均匀分布,多隧道平行叠交施工时,隧道相对位置直接关系对相互扰动状态和程度。

(2)在确定浆液参数和一定工程地质条件下,同步注浆浆液渗透距离与注浆压力成正比,注浆压力存在对应的合理取值区间,小于该区间的注浆压力将存在盾尾环状空隙充填缺陷和隧道长期稳定的风险隐患;过高的注浆压力容易诱发地面冒浆和隧道施工相互扰动影响。

(3)本文建立的多隧道叠交施工同步注浆风险预测控制技术,基于严密的力学理论,相关理论和技术环节中出对隧道近邻区域土体和盾构隧道几何特性等未进行任何力学条件约束,结果和结论适用于任意半无限区间盾构隧道同步注浆问题。

参考文献:

- [1] 朱继文.盾构法隧道与下立交长距离叠交的设计与施工技术探讨[J].城市道桥与防洪,2010(7):95-99
- [2] 林枫.地铁盾构叠交隧道关键技术施工对策[J].天津建设科技,2018,28(4):75-76
- [3] 陈凯.多孔叠交隧道盾构施工关键技术研究[J].隧道建设,2017,37(6):742-747
- [4] 李建高,王长虹.富水软弱地层中麻花型盾构隧道群施工关键技术[J].隧道建设(中英文),2019,39(10):1678-1689
- [5] 范建军.软土地层盾构隧道上部开挖卸载扰动位移特性及灾变研究[D].上海交通大学,2015
- [6] 熊聪聪,叶伟涛,刘志.基于实测数据的多线近距交叠隧道盾构施工参数优化[J].铁道建筑技术,2019,S1.041,176-180
- [7] 邵海龙,何新,商洪峰.复合地质条件下盾构施工同步注浆研究与应用[J].山西建筑,2015(1):184-186.
- [8] 朱东元,钟小春,王红飞.盾构隧道壁后注浆浆液组分对其渗透性影响研究[J].河北工程大学学报(自然科学版),2016,33(1):27-30.
- [9] Ding L, Ma L, Luo H, et al. Wavelet Analysis for Tunneling Induced-Ground Settlement Based on a Stochastic Model[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 2011, 26(5): 619-628
- [10] 王俊,方勇,何川.盾构隧道施工对砂性地层的扰动及管片受荷特征[J].地下空间与工程学报,2015,11(1):156-162.

(上接第98页)

- [4] 杨增文.寿光市水资源可持续利用研究[D].济南:山东农业大学,2008.
- [5] 苏菲·巴尔波.海绵城市[M].夏国祥,译.桂林:广西师范大学出版社,2015.
- [6] 张剑,赵军,武龙.半干旱地区海绵城市建设研究[J].阴山学刊(自然科学版),2018,32(1):72-75.
- [7] 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)[Z].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [8] 周建国.济南市“海绵城市”建设管理问题研究[D].济南:山东大学,2016.
- [9] 迈克·怀特.雨水公园:雨水管理在景观中的应用[M].张光磊,张瑞莉,译.桂林:广西师范大学出版社,2015.
- [10] 杨建辉.晋陕黄土高原沟壑型聚落场地雨洪管控适地性规划方法研究[D].西安:西安建筑科技大学,2020.
- [11] 王欢.基于海绵城市理念的公园规划方法探讨[D].北京:北京林业大学,2016.
- [12] 那健.城市雨水利用模式研究与工程示范[D].西安:西安理工大学,2017.
- [13] 张伟,王家卓,车哈,等.海绵城市总体规划经验探索——以南宁市为例[J].城市规划,2016,40(8):44-52.
- [14] 马洪涛,周丹,康彩霞,等.海绵城市专项规划编制思路与珠海实践[J].规划师,2016,32(5):29-34.
- [15] 吕红亮,于德森,熊林.海绵城市专项规划编制技术思路与要点探讨——以天津市海绵城市建设专项规划为例[J].建设科技,2016(15):20-23,27.
- [16] 马伯.雨洪韧性视角下海绵城市建设控制指标的多层级分解研究[D].长沙:湖南大学,2019.