

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.09.016

基于水文要素的河流湿地公园设计方案优化

吴沛霖¹, 朱程亮², 赵杰³, 王帅⁴, 王凯², 刘俊¹

(1. 河海大学 水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 宿迁市水利局, 江苏 宿迁 223800;
3. 宿迁市住房和城乡建设局, 江苏 宿迁 223800; 4. 宿迁市水利工程建设监理咨询有限公司,
江苏 宿迁 223800)

摘要: 在湿地公园设计阶段考虑水文要素的影响,运用 Mike21 FM 模型对汛期、非汛期两个工况下的拟建湿地公园进行模拟,分析原设计方案下湿地内部的水深情况,结合湿地功能设定与模拟结果对设计方案进行改进,并进一步模拟湿地水深和流速分布。模拟结果显示,方案改进后湿地分区符合水文现状。通过分析发现,考虑水文要素的影响可以更好地设计湿地。同时,设计方案兼具了景观性、科学性与经济性,具有一定的参考价值。

关键词: 水文要素; 湿地公园设计; Mike21 FM 模型; 湿地水深; 闸控河道

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)09-0089-05

Optimization of Design Scheme of River Wetland Park Based on Hydrological Factors

WU Pei-lin¹, ZHU Cheng-liang², ZHAO Jie³, WANG Shuai⁴, WANG Kai², LIU Jun¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Suqian Water Authority, Suqian 223800, China; 3. Housing and Urban-rural Development Bureau of Suqian, Suqian 223800, China; 4. Suqian Hydraulic Engineering Construction Supervision Consulting Co. Ltd., Suqian 223800, China)

Abstract: The influence of hydrological factors was considered in the design of a wetland park. The Mike21 FM model was used to simulate the hydrological factors of a proposed wetland park during the flood period and non-flood period. The water depth of the wetland park in the original design scheme was analyzed. Based on the function setting and simulation results, the design scheme was improved, and the water depth and velocity distribution were further simulated. The zoning of the wetland was consistent with the hydrological status after improvement. Through the analysis, it was found that considering the influence of hydrological factors could make better wetland design. Meanwhile, the design scheme had the characteristics of landscape, scientificity and economy, and had certain reference value.

Key words: hydrological factor; wetland park design; Mike21 FM model; wetland water depth; gated river channel

随着人水和谐的思想逐渐深入人心,城市水景观建设的需求日益增大,河流湿地作为连接河道与

陆地的媒介^[1],被运用到众多城市水环境建设项目中。传统的湿地设计仅包括水体岸线设计、水中植物的配置和地形设计等,对其内部水文要素的考虑较少^[2]。水文是湿地公园中最具特色的要素。湿地的水文要素包括湿地水深、流速分布、水质条件、水文周期、汇水面积、淹水持续期等。水深条件和流速分布影响了水生植物的生长情况、组成、结构及动态分布和演替。对其属性和特征的分析能够保护和恢复湿地生态系统,同时指导湿地设计,实现湿地水环境的展示、游憩功能。因此,从水文要素的角度进行湿地设计具有重要的现实意义。笔者基于沙颍河湿地公园的初步设计方案,通过构建 Mike21 FM 模型,将水深、流速作为研究依据进行方案优化,以期得到符合生态水文需求的湿地设计。

1 材料与方法

1.1 研究对象

拟建湿地位于沙颍河闸控河段河滩地内,距阜阳闸 8~12 km。该地多年平均降水量为 911 mm,主要集中在汛期(6月—9月)。湿地所在河道的河口宽度为 150~200 m、河槽深度为 8~10 m,属于重要的水运航道。设计湿地采用自然进水,从沙颍河左岸引入水源,在规划地块内自西北向东南设计开挖弯曲水道,于泛滥坡地开挖口道引退水。设计常水位下水面面积约为 145 hm²,贯穿整个规划区域,形成完整的水流系统。湿地位置如图 1 所示,拟建人工岛屿位于湿地内部的白色区域。

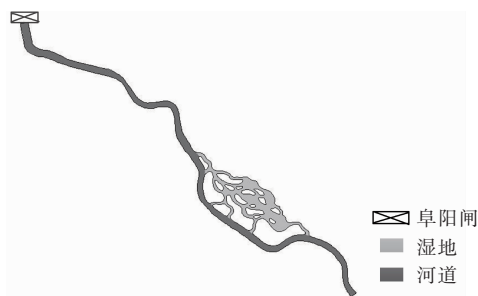


图1 研究区域示意

Fig.1 Sketch of study area

1.2 研究方法

1.2.1 模型构建

选用 Mike21 FM 模型进行湿地水文要素研究,将湿地水文要素中的水深和流速作为结果输出模型。概化范围从沙颍河阜阳闸站至湿地下游 3.0 km,概化河长为 15 km。因范围较大,为了使模型充

分稳定,选定模拟时长为 30 d,时间步长为 720 s,共 3 600 步。地形网格决定了 Mike21 FM 模型的精度和稳定性。对地形突变处进行平缓处理、重排布边界点可以生成较光滑网格,保证模型的稳定性^[3]。模型采用三角形网格,网格最大面积为 300 m²,个数为 12 595 个。因为底部植被等因素不同,需分别对河道与湿地设置不同的糙率。河道糙率根据研究区域测绘院提供的水面线率定:运用模型对河道进行模拟,对比同一个桩号下的实测和模拟水位值,若相差较大,则修改河道糙率重新进行模拟,直到模拟值与实测值相差不大时模型率定完毕,此时即可认为该糙率能够真实反映河道情况。经过率定,得到河段曼宁系数为 44.44 m^{1/3}/s,率定结果见表 1。由于湿地尚未建设,参照文献[4],选定湿地的曼宁系数为 8 m^{1/3}/s。涡粘系数选定默认的 Smagorinsky formulation,常数为 0.28。

表1 河道糙率的率定结果

Tab.1 Calibration results of channel roughness

桩号	累距/m	实测值/m	模拟值/m	误差/%
14+200	0	24.45	24.45	0.00
14+100	100	24.39	24.39	0.00
13+700	500	24.40	24.40	0.00
13+600	600	24.43	24.40	0.12
12+800	1 400	24.50	24.47	0.12
11+600	2 600	24.52	24.50	0.08
9+500	4 700	24.53	24.50	0.12
5+700	8 500	24.52	24.50	0.08
4+000	10 200	24.55	24.54	0.04
3+300	10 900	24.56	24.54	0.08
2+600	11 600	24.58	24.55	0.12
1+700	12 500	24.61	24.55	0.24
0+800	13 400	24.61	24.55	0.24
0+000	14 200	24.61	24.57	0.16

1.2.2 边界分析

水深分布的静态性和流速分布的动态性决定了模拟两者时采用的边界不同,需对边界情况加以分析。模型上边界设置在阜阳闸,下边界设置在阜阳闸—颍上闸区间的武家庙渡口。模拟范围位于闸控区间,河道水位、流速等水文要素在汛期与非汛期之间变化较大。为选择具有代表性的工况,运用水文统计的方法,采用保证率为 15% 的阜阳闸下月平均水位作为汛期代表水位,保证率为 50% 的阜阳闸下月平均水位作为非汛期代表水位^[5]。不同模拟方案选用的上、下游边界见表 2。

表 2 不同模拟方案中上、下游边界条件

Tab.2 Upstream and downstream boundary conditions of different simulation schemes

项 目	模拟时期	上边界	下边界
水深模拟	汛期	阜阳闸下 15% 月平均水位	对应月份平均流量
	非汛期	阜阳闸下 50% 月平均水位	对应月份平均流量
流速模拟	汛期	阜阳闸下 15% 月平均水位对应月份实际水位	对应月份实际流量
	非汛期	阜阳闸下 50% 月平均水位对应月份实际水位	对应月份实际流量

根据水文年鉴,阜阳闸下 1960 年—2017 年月平均水位过程线如图 2 所示(20 世纪 90 年代数据缺失)。通过相关资料得知,为满足生态及航运需求,研究段河道枯水位位于 2002 年开始抬升,尤其在 2010 年以后,区间水位持续波动变化且变化幅度相对平稳。故运用 2002 年—2017 年水位资料绘制频率曲线,从而求出目标设计值。通过水文排频计算,阜阳闸下 15% 月平均水位为 25.23 m,对应典型月份为 2006 年 9 月;50% 月平均水位为 24.15 m,对应典型月份为 2002 年 1 月。

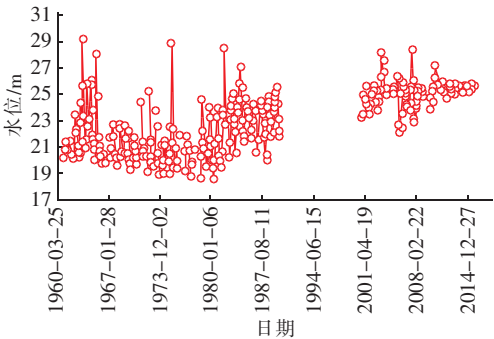


图 2 阜阳闸下 1960 年—2017 年水位过程线

Fig.2 Water level process of Fuyang Gate from 1960 to 2017

2 结果与讨论

2.1 原设计方案模拟与分析

原设计方案中,为减少工程土方,湿地高程采用原滩地高程。设计人工岛屿不受水淹,初步模拟时作为不过水的陆地边界处理。湿地的功能定位为生态保护、蓄滞洪水、科学教育及景观价值。功能分区有利于不同价值的实现,但在初步设计中无法确定各区的适宜功能,需根据模拟情况进行具体划分。

因原设计方案中待定项较多,初步模拟时仅进行水深分布模拟。经过模型模拟,汛期与非汛期湿地水深等值线见图 3。汛期湿地内部水深为 0.8 ~ 2.6 m,非汛期水深为 0 ~ 1.2 m。湿地生态系统中,常水位水深应小于 2 m^[1]。此方案下湿地水深较深,挺水植物无法在汛期水深中存活,若要保持景观

性,需不断重复种植景观植物;同时,因汛期湿地西南部临河处水深为 2 ~ 3 m,为保持人工岛屿不受水淹,需开挖较大土方,经济消耗严重。另外,此方案下水域面积较小,湿地作为行洪通道的作用受到削弱。综上所述,应进一步改进湿地设计方案。

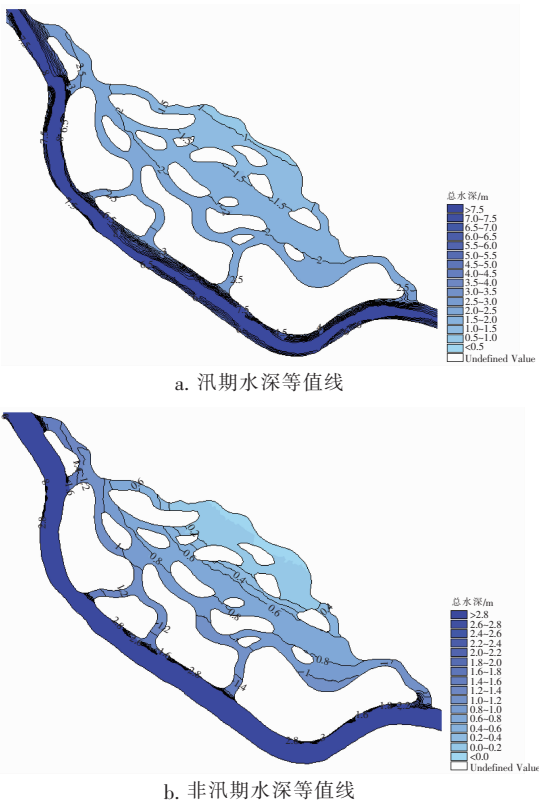


图 3 汛期与非汛期湿地水深等值线

Fig.3 Contour map of wetland water depth during flood and non-flood periods

2.2 改进设计方案模拟与分析

2.2.1 改进设计方案

改进设计方案中,根据初步模拟结果进行了人工岛屿的布设及湿地具体分区。当河道水位为 50% 保证率的月平均水位时,对应湿地水位为常水位。经过模型计算,湿地常水位为 0.8 m。结合现状廊道及地形,规划人工岛屿的缓坡坡降为 1 : 7 ~ 1 : 25。由水深变化情况将湿地划分成 3 个功能区,

如图4所示。其中,1[#]区年内不露滩,作为专门的汛期行洪通道,撤销该区人工岛屿,不种植景观性植物。2[#]区水深介于1[#]区与3[#]区之间,作为休闲娱乐区,实现湿地公园的娱乐功能。3[#]区非汛期湿地水底滩面间歇露出,作为生态保育区,同时撤销该区人工岛屿以减少人类活动对动植物的影响。

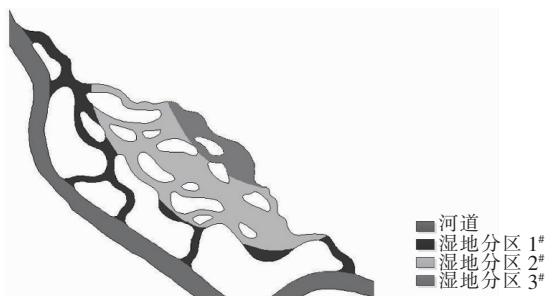


图4 湿地分区示意

Fig.4 Sketch of wetland partition

2.2.2 水深情况分析

改进方案后重新模拟的湿地水深等值线如图5所示。

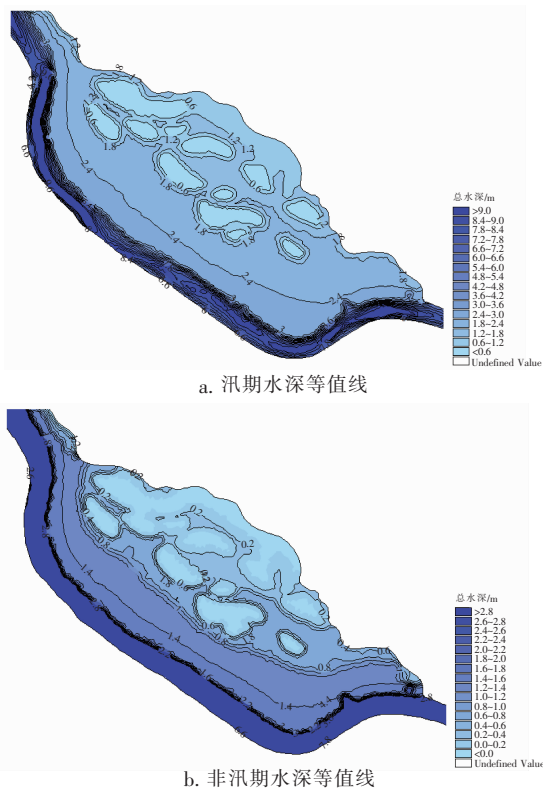


图5 方案改进后汛期与非汛期湿地水深等值线

Fig.5 Contour map of wetland water depth during flood and non-flood periods after improvement

1[#]区汛期平均水深为2.4 m,非汛期平均水深

为1.3 m,可分担大部分汛期水流。2[#]区作为休闲娱乐区,汛期水深 ≤ 2 m,非汛期水深为1.2 m,可适当种植植物、设计景观供游人玩乐。3[#]区的汛期最高水深仅为1.2 m,非汛期平均水深为17 cm,且间歇露滩,易形成沼泽。因有水面和沼泽植被共同组成的湿地系统可为游禽、涉禽和攀禽等提供最佳的栖息场所^[6],多数涉禽和水鸟较丰富的多样性和较大的密度发生在水深为15~20 cm区域,3[#]区可作为春季鸟类和冬季迁徙性鸟类觅食和栖息场所。改进设计方案后,湿地景观及生态功能将得到进一步实现,同时保证了汛期来水不会淹没大量种植的景观植物,避免了经济损失。

2.2.3 水流条件分析

水流条件常常是沉水植物和挺水植物生长过程中不容忽视的一项要素,对改进方案进行流速分布模拟,可进一步验证改进方案的合理性。研究表明,当生长期水流流速 <0.1 m/s时,沉水植物生长密度较高、物种多样性丰富,其中低流速(0.01 m/s)时沉水植物长势最优^[7]。汛期和非汛期湿地平均流速分布如图6所示。

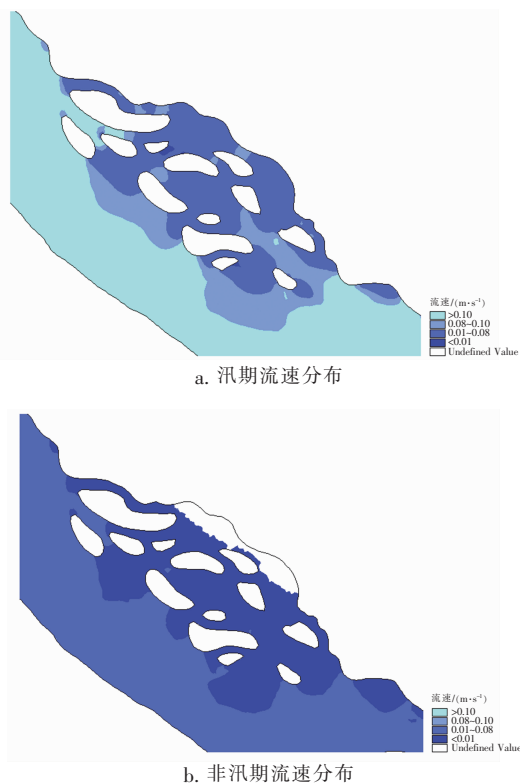


图6 方案改进后汛期与非汛期湿地的流速分布

Fig.6 Wetland flow rate map during flood and non-flood period after improvement

1[#]区主要功能为排出洪水,汛期时水流流速 $> 0.1 \text{ m/s}$, 较快的水流有利于排出汛期洪水, 流速条件符合区域定位。汛期时, 2[#]和 3[#]大部分区域的平均流速为 0.06 m/s , 湿地植物在该流速区间长势较好。非汛期时, 2[#]区流速 $\leq 0.1 \text{ m/s}$, 3[#]区部分露滩, 有利于沉水植物生长及动物栖息。综上所述, 湿地的流速分布情况符合各分区的功能定位, 基于水文要素的湿地设计是合理的。

3 结论

运用 Mike21 FM 模型, 以 15% 和 50% 的保证率水位作为边界条件, 模拟湿地汛期和非汛期下水深和流速两个水文要素, 以此论证功能分区的合理性, 使湿地同时具备生态功能、景观娱乐功能及行洪功能, 满足多种价值需求。根据模拟结果确定功能分区如下: 1[#]区作为泄洪通道, 撤销人工岛屿后汛期平均水深为 2.4 m , 平均流速 $> 0.1 \text{ m/s}$, 可较快排出汛期洪水; 2[#]区作为休闲娱乐区, 平均水深为 $1.2 \sim 2 \text{ m}$, 平均流速为 $0.06 \sim 0.1 \text{ m/s}$, 有利于植物生长, 形成的景观可供游人观赏; 3[#]区作为生态保育区, 非汛期时间歇露滩, 形成的沼泽环境有利于动植物栖息地的建立。基于水文要素的湿地公园设计具有一定的可操作性和前瞻性, 设计思路及改进方法对不同地区的湿地设计具有指导意义。

参考文献:

- [1] 徐华山, 赵同谦, 贺玉晓, 等. 滨河湿地不同植被对农业非点源氮污染的控制效果[J]. 生态学报, 2010, 30(21): 5759 - 5768.
Xu Huashan, Zhao Tongqian, He Yuxiao, *et al.* Effect of different vegetation types on agricultural non-point nitrogen pollution in riparian wetlands [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(21): 5759 - 5768 (in Chinese).
- [2] 李林梅. 城市湿地公园规划设计理论初探[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
Li Linmei. Preliminary Study on the Theory of Urban Wetland Park Planning and Design [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007 (in Chinese).
- [3] 袁帅, 周建中, 卢程伟, 等. 一种改善稳定性的 MIKE21 FM 河道网格绘制方法[J]. 水电能源科学, 2017, 35(7): 26 - 29.
Yuan Shuai, Zhou Jianzhong, Lu Chengwei, *et al.* A

method to improve the stability of river mesh generation in MIKE21 FM [J]. Water Resources and Power, 2017, 35(7): 26 - 29 (in Chinese).

- [4] 顾峰峰. 芦苇阻力系数物模及湿地水流数模研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
Gu Fengfeng. Study on Resistance Coefficient of Reeds and Numerical Simulation of Flow in Wetland [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006 (in Chinese).
- [5] 董娜. 白洋淀湿地生态干旱及两库联通补水分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
Dong Na. Analysis of Ecological Drought and Supplementing Water to Baiyangdian Wetland from Two Reservoirs Linking System [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2009 (in Chinese).
- [6] 王淑军, 刘佩楼, 徐世鹏, 等. 临沂市武河湿地的设计及其水质净化效果分析[J]. 中国给水排水, 2011, 27(22): 61 - 64.
Wang Shujun, Liu Peilou, Xu Shipeng, *et al.* Design of Wuhe Wetland of Linyi City and its water treatment analysis [J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(22): 61 - 64 (in Chinese).
- [7] 袁婧. 北京湿地沉水植物群落及其水环境研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
Yuan Jing. Research on the Relationship between Macrophyte Community and Hydro-environment in Beijing's Wetland [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2009 (in Chinese).



作者简介: 吴沛霖(1994 -), 女, 广西南宁人, 硕士研究生, 主要研究方向为城市防洪与排水。

E-mail: palince@qq.com

收稿日期: 2019 - 11 - 13