

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqfh.240710

MIKE11模型在江宁区生态河综合整治工程中的应用

张 飞, 侯 盼, 徐 敏, 朱丽丽, 王 洁
(南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210006)

摘要: 在生态河的综合整治工程设计中, 利用 MIKE11 软件构建一维水动力模型, 对生态河的排涝水位进行数值模拟, 对比分析河道整治前后的最高排涝水位及高水位持续时间的变化情况, 以评价在生态河综合整治工程中各比选措施对于提升河道排涝能力的实施效果。结果表明: MIKE11 模型在圩区河道排涝水位模拟计算中具有良好的效果, 可用于提高类似工程设计的可靠性和效率。模拟结果可为生态河的综合整治工程设计及日常运行调度管理提供一定的技术参考。

关键词: 河道综合整治工程; MIKE11; 排涝水位计算; 生态河

中图分类号: TV85

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0132-05

Application of MIKE11 Model in Comprehensive Improvement Engineering of Ecological Rivers in Jiangning District

ZHANG Fei, HOU Pan, XU Min, ZHU Lili, WANG Jie
(Nanjing Water Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210006, China)

Abstract: In the design of ecological river comprehensive improvement projects, the MIKE11 software is used to build the one-dimensional hydrodynamic model to numerically simulated the waterlogging drainage level of ecological river, and compare and analyze the changes of maximum waterlogging drainage level and the duration of high water level before and after river improvement in order to assess the implementation effect of various comparative measures for improving the waterlogging drainage capacity of river in the comprehensive improvement engineering of ecological rivers. The results show that the MIKE11 model had a good effect in simulating and calculating the waterlogging drainage level of river in polder areas, and can be used to improve the reliability and efficiency of similar engineering designs. The simulation results can provide some technical references for the design of comprehensive improvement engineering and the daily operation and scheduling management of ecological rivers.

Keywords: comprehensive improvement engineering of river; MIKE11; calculation of waterlogging drainage level; ecological river

0 引言

城市内涝是指由于强降水或连续性降水超过城市排水能力致使城市内产生积淹水灾害的现象^[1]。近年来, 受到全球气候变化的影响, 极端天气频发, 降雨强度大且范围集中, 加之城市的排水防涝标准不高, 调蓄雨洪和应急抢险能力不足, 极易出现暴雨内涝灾害。

2023年6月23日夜间, 受强对流天气影响, 南京市自北向南大部分地区出现大到暴雨, 并伴有雷暴

大风和短历时强降雨。受此大暴雨影响, 江宁区生态河及其上游景观湖在河口处南庄泵站不断向外抽排涝水的情况下, 仍长时间维持着较高水位, 使周边居民的生命财产安全受到威胁。针对上述险情, 水利部门计划对生态河进行综合整治, 提升其排涝能力。

MIKE11 是丹麦水力研究所(DHI)开发的水动力学软件, 其核心是水动力模型, 适用于对河流、河口和其他水域的水力学、水文学及水质等进行动态模拟, 在洪水预报、溃坝分析等方面也有广泛的应用^[2]。

鉴于 MIKE11 水动力模型的精确性和高效率, 本文采用 MIKE11 建立生态河一维数学模型, 对生态河沿线水位进行数值模拟, 对比分析整治前后生态河

收稿日期: 2024-07-02

作者简介: 张飞(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事水利规划设计工作。

排涝水位的变化情况,评价整治工程方案的合理性。模拟结果可为生态河综合整治工程设计及日常运行调度管理提供一定的技术参考。

1 研究区概况

1.1 河流概况

本文研究的生态河为南京市江宁区运粮河左岸圩区河道,起于麒麟湖、沧波湖,止于南庄泵站。河道全长1.95 km,上口宽12~25 m,河底宽10~12 m,河底高程为5.0~6.1 m(按吴淞高程系,下同),两岸高程为9~10 m,河道排水通过南庄泵站抽排至运粮河。生态河汇水范围西至运粮河,东至东麒路—秦淮东河,南至石杨路,北至上坝河,面积达到3.09 km²。经现场调查,河道及景观湖沿线共有22处雨水排口,其中,麒麟湖、沧波湖各有1处雨水排口,管径分别为d1200、d600;生态河两岸沿线有20处雨水排口,管径为d500~d2 000。研究区域水系图如图1所示。

河道上游麒麟湖、沧波湖为麒麟生态公园景观水面,水域面积分别约为 4.2×10^4 、 0.72×10^4 m²,湖底高程为4.0 m,湖岸高程为8.5~9.5 m。两湖之间通过一根直径为2 m的管道连通,管底高程为5.0 m。

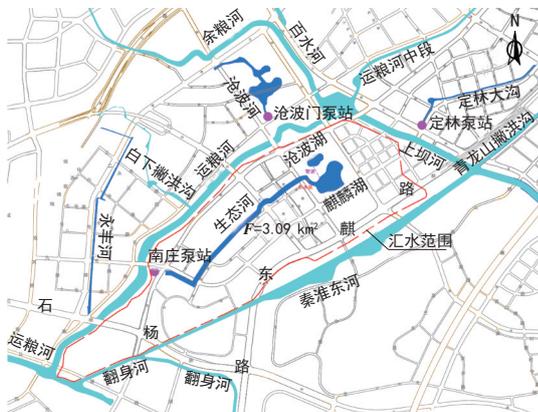


图1 研究区域水系图

1.2 河道沿线水利工程概况

生态河沿线水利工程主要有拦水坝和南庄泵站。

拦水坝位于景观湖与生态河的交汇处,用于抬高上游麒麟湖、沧波湖的景观水位。拦水坝长40 m,坝顶宽0.5 m,坝顶高程为8.1 m。在拦水坝中间设置水闸1座,水闸宽1.2 m,高1.5 m,闸底高程为6.1 m。

南庄泵站位于生态河与运粮河的交汇处,用于排出生态河涝水,出水箱涵尺寸为2孔5 m×2 m(宽×高)。泵站设计流量12 m³/s,最低运行水位6.5 m,最高运行水位8.5 m。根据泵站及河道的运行管理

调度办法,在汛期(5~9月)时,生态河及上游景观湖的常水位分别保持在7.6、8.0 m。

2 模型的构建

利用MIKE11构建的HD(Hydrodynamic)水动力模型主要包含以下数据文件:河网文件(.nwk11)、断面文件(.xns11)、时间序列文件(.dfs0)、边界文件(.bnd11)、参数文件(.HD11)、模拟文件(.sim11)等6个文件^[3]。

2.1 河网文件

河网文件是模型的基础文件。将生态河卫星图片作为底图,在河网文件中完成生态河及景观湖的绘制及里程数校正,并将生态河与景观湖通过Connect Branch工具连接,如图2所示。

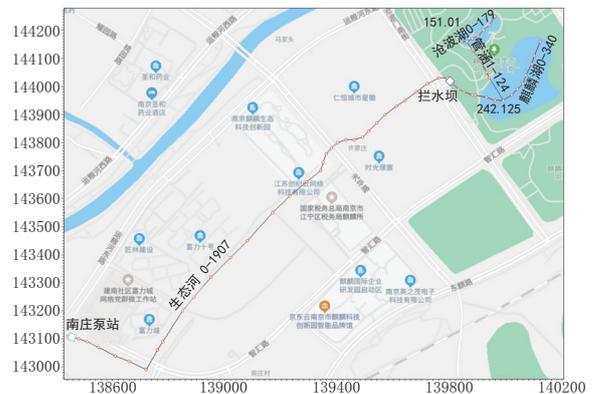


图2 河网文件图

麒麟湖与沧波湖之间的连通管涵、河道拦水坝、河道内桥墩、河口处南庄泵站分别采用模型内置的Culverts、Weirs、Bridges、Pump模块进行模拟。

2.2 断面文件

断面布设的位置与间距要能够准确地反映河道实际形状及其沿程的变化情况。河道的断面数量越多,模型模拟河道的效果越好,但同时数据的收集和录入工作量也越大。根据河道实测断面结果和现场踏勘情况,在模型中共设置71个断面。其中,在生态河设置45个断面,平均每隔50 m设置1个断面,并在河道转弯、地形突变及水工建筑物处增设断面;在麒麟湖、沧波湖分别设置17个和9个断面,平均每隔20 m设置一个断面。

2.3 时间序列文件

模型中的时间序列文件为生态河和景观湖沿线雨水的入流过程。根据水利局的水利规划内容^[4],生态河所在片区河道及泵站排涝标准为20 a一遇,雨水管网的设计降雨重现期为3 a一遇。根据生态河周边雨水管网的汇流情况,为简化计算,将汇水范

围划分为4个分区,如图3所示,汇水分区情况如表1所列。在模型中相应地将河道及景观湖概化成4个计算河段,分别为麒麟湖段、沧波湖段、生态河上段(拦水坝—智汇路桥)、生态河下段(智汇路桥—河口南庄泵站)。模型中的4个计算河段各对应1个入流时间序列文件。



图3 生态河汇水分区平面示意图

表1 汇水分区情况

分区名称	分区面积/km ²	沿线雨水排口数量/处
麒麟湖分区	0.719	1
沧波湖分区	0.159	1
生态河上段分区	1.356	15
生态河下段分区	0.856	5

本文以麒麟湖段为例,计算其雨水入流过程。由于生态河的汇水范围较小,缺乏实测降雨径流资料,故采用设计暴雨推求设计入流。通过查算《江苏省暴雨参数图集》^[5],片区20 a一遇的最大24 h设计暴雨过程如图4所示,设计净雨过程按每个时段扣除1 mm计算。

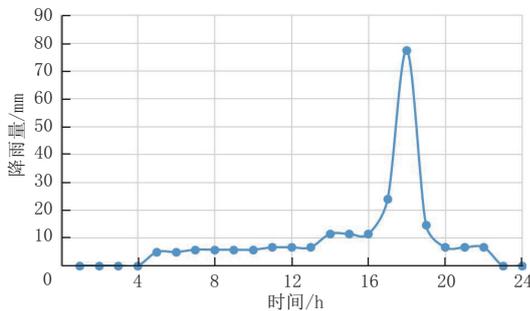


图4 片区最大24 h设计暴雨过程

片区雨水管网按暴雨重现期3 a一遇设计,暴雨历时1 h,综合径流系数为0.65,由南京市暴雨强度公式计算得到管网排水能力为35.9 mm/h。设计净雨过程中,第18时段净雨量为77.3 mm,大于雨水管网的排水能力,因此采用削平头方式,使得第18时段净雨量匹配管网排水能力排入河道,多余的雨量在后段逐时排出^[6]。河道雨水入流过程由各时段入

河雨量、汇水分区面积与径流系数三者的乘积再除以时段历时得出,麒麟湖段的雨水入流过程如图5所示。

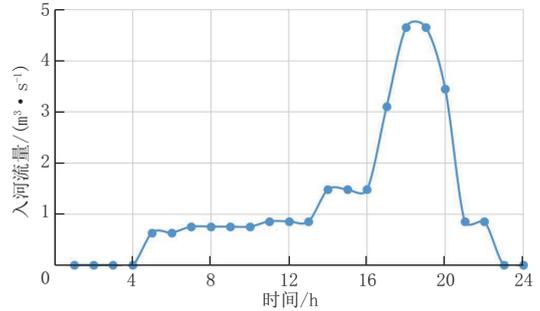


图5 麒麟湖段雨水入流过程

2.4 边界文件

本模型中共设置了5个边界条件,包含4个流量边界条件,1个水位边界条件。

2.4.1 流量边界条件

在麒麟湖段、沧波湖段分别设置1个点源入流(Point Source)边界条件,接着将生态河沿线的雨水排口进行合并概化处理,在生态河上段、生态河下段各设置1个河道区间分散入流(Distributed Source)边界条件。上述4个流量边界条件为上述各自河段的入流时间序列文件。

2.4.2 水位边界条件

在生态河终点南庄泵站处设置1处水位下边界条件,水位设置为生态河常水位7.6 m。

2.5 参数文件

参数文件主要是定义的初始条件和河道糙率。初始条件为设定的初始水位和流量,模型中的初始水位为河道、景观湖的常水位,初始流量设定为接近于0的值。河道糙率参照《江苏省秦淮河区水利治理规划》^[7]建立的流域MIKE11一维水动力模型进行取值,生态河糙率取0.028,景观湖糙率取0.025。

2.6 模拟文件

模拟文件的作用是集成以上5个文件的信息,使其作为一个整体来运行。本模型采用非恒定流计算方法,模拟时间步长经反复试算调整后取30 s,结果存储步长取10 min。

2.7 模型率定

2023年6月23日,受强对流天气影响,流域内发生了一场短历时强降雨,降雨历时16 h,累计降雨量达158.1 mm。当生态河水位涨至7.8 m时,南庄泵站开机排水。根据现场观测,拦水坝位置处水位最高达到8.17 m。

本文采用上述“6·23”降雨资料及泵站运行情况
进行模型验证。经计算,模型中拦水坝位置处的计算
水位与实测水位对比如表2所列。可见计算水位
与实测水位差值为0.009 m,说明模型能够较好反映
河底地形、所采用的参数较为合理,模拟结果效果较
为理想。

表2 模型验证成果表

断面位置	降雨量/mm	计算水位/m	实测水位/m	差值/m
拦水坝处	158.1	8.179	8.17	0.009

3 河道初步综合整治方案

生态河是片区内重要的排涝河道,然而现状所
采取的排涝标准偏低。为保障周边居民生命财产安全
、提高生态河排涝能力,水利部门初步考虑采取以
下4种措施对生态河进行综合整治。河道综合整治
方案的平面示意图如图6所示。

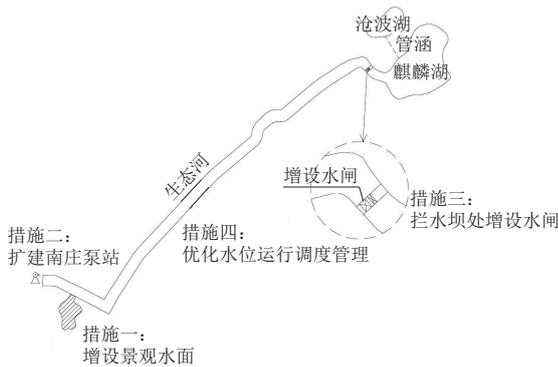


图6 河道综合整治方案平面示意图

(1)措施一:在生态河下段增设1处景观水面,
湖底高程5.0 m,水域面积 $0.83 \times 10^4 \text{ m}^2$,用于调蓄
涝水。

(2)措施二:将南庄泵站排涝规模由现状的 $12 \text{ m}^3/\text{s}$
扩建至 $14 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(3)措施三:在拦水坝上增设1座水闸,宽2.0 m,
高1.5 m,闸底高程为6.1 m,以增加上游景观湖湖水
下泄能力。

(4)措施四:对水位运行调度管理进行优化,汛
期生态河及上游景观湖常水位分别由7.6、8.0 m降至
7.2、7.6 m,生态河水位涨至7.4 m时开机抽排,以增
加河湖调蓄涝水的容积。

4 模型模拟结果分析

4.1 现状工况排涝水位模拟结果

在现状工况下,景观湖、生态河的排涝水位变化
过程如图7所示。由图7可见,景观湖、生态河20 a
一遇的最高排涝水位分别为8.479、8.475 m,出现在

第20时段。景观湖、生态河高水位(8.1 m以上,下
同)持续时间分别为4.45、3.79 h。

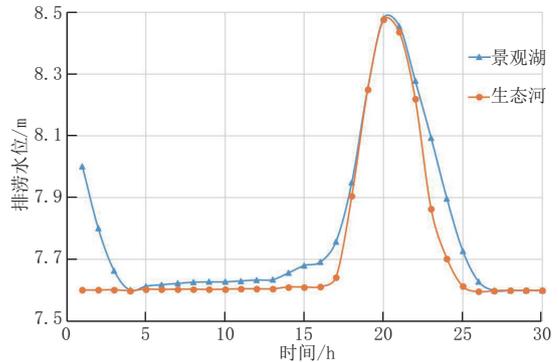


图7 现状工况下景观湖、生态河排涝水位变化过程

4.2 不同措施实施后的排涝水位模拟结果

在不同措施实施后,景观湖和生态河的排涝水
位变化过程如图8、图9所示。

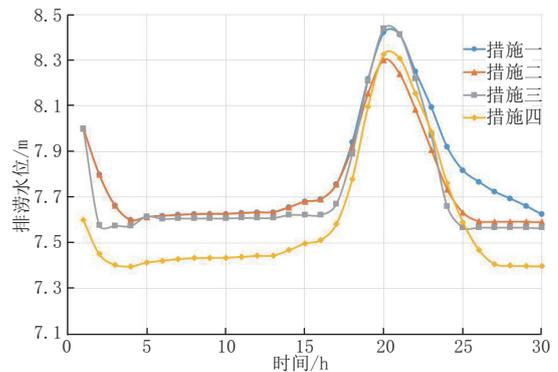


图8 不同措施实施后的景观湖排涝水位变化过程

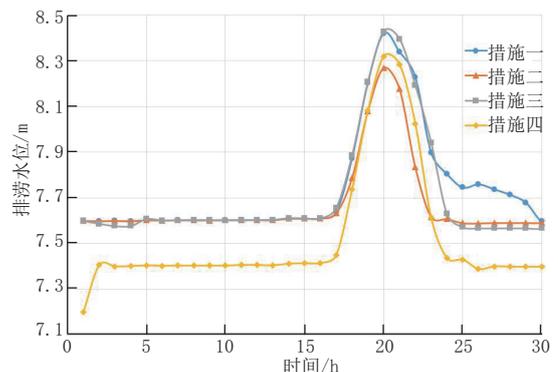


图9 不同措施实施后的生态河排涝水位变化过程

可见,措施一至措施四实施后,景观湖20 a一遇
的最高排涝水位分别为8.420、8.301、8.438、8.325 m,
高水位持续时间分别为4.35、3.12、3.86、3.29 h;生态
河最高排涝水位分别为8.419、8.269、8.428、8.319 m,
高水位持续时间分别为3.72、2.18、3.73、2.68 h。

4.3 不同措施实施的效果对比

不同措施实施的效果对比如表3所列,可见措施
二的实施效果最为理想,与现状工况相比,景观湖和
生态河的最高排涝水位分别下降0.178、0.206 m,高

水位持续时间分别下降 1.33、1.61 h。措施四的效果次之,措施一和措施三的效果相对较差。

表3 不同措施实施效果对比

河道整治情况	与现状相比,最高排涝水位下降值/m		与现状相比,高水位下降时间/h	
	景观湖	生态河	景观湖	生态河
措施一	0.059	0.056	0.10	0.07
措施二	0.178	0.206	1.33	1.61
措施三	0.041	0.047	0.59	0.06
措施四	0.154	0.156	1.16	1.11

4.4 综合整治工程推荐措施

对比分析模型模拟结果,措施一的实施效果相对较差,且增设水面涉及的工程量大,故本文不推荐在近期实施该措施。措施二的效果最为理想,也有利于应对超标暴雨。措施三的效果相对较差,但在拦水坝增设水闸后,上游景观湖高水位持续时间下降了 0.59 h,下降幅度明显,有利于景观湖周边的排涝安全。措施四为非工程措施,对汛期河道日常运行调度管理进行了优化,效果较好。

综上所述,虽然措施三的实施效果不佳,但考虑到措施三的工程量大、造价低,且对上游景观湖的排涝安全提升较为明显,因此本次生态河综合整治工程推荐实施措施二、措施三和措施四。上述3个措施实施后,景观湖、生态河排涝水位变化过程如图10所示。河道综合整治工程实施后,景观湖、生态河20 a一遇的最高排涝水位分别为 8.096、7.986 m,与现状工况相比,排涝水位分别下降了 0.383、0.489 m,说明实施效果较为理想。

5 结 语

本文构建的 MIKE11 模型具有精确性和高效率,能够较准确直观地模拟整治前后的生态河水位变化情况。模拟结果可为河道综合整治工程设计及日常运行调度管理提供一定的技术参考。

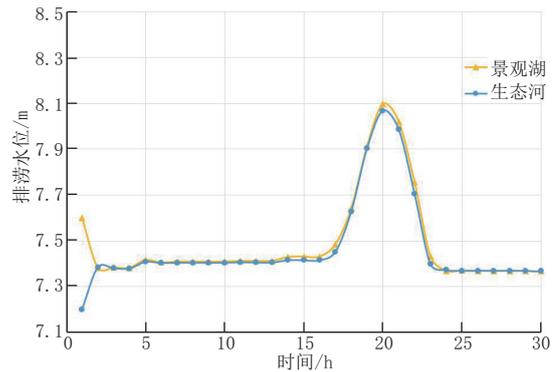


图10 生态河综合整治工程实施后的景观湖、生态河排涝水位变化过程

通过 MIKE11 模型计算分析可知,现状工况下,景观湖、生态河 20 a 一遇的最高排涝水位分别为 8.479、8.475 m。对比分析模型模拟结果,本文推荐在河道综合整治工程中,对南庄泵站进行扩建,并在拦水坝上增设水闸,同时对水位运行调度管理进行优化。在该河道综合整治工程实施后,景观湖、生态河 20 a 一遇的最高排涝水位分别为 8.096、7.986 m,与现状工况相比,排涝水位分别下降 0.383、0.489 m,实施效果较为理想。

参考文献:

- [1] GB 50014—2021, 室外排水设计标准[S].
- [2] 王怀志,王可.MIKE11模型在板过河河道整治工程中的应用[J]. 工程与建设,2023(37):315-318.
- [3] 丹麦 DHI 集团.MIKE11 用户手册[M].上海:丹华水利环境技术(上海)有限公司,2012.
- [4] 南京市水利局.南京城市防洪规划(2013-2030)[R].南京:南京市水利局,2015.
- [5] 江苏省水文水资源勘测局.江苏省暴雨参数图集[M].南京:江苏省水文水资源勘测局,2005.
- [6] 杨勇,邢少佳,尹桂平等.南京市某景观湖区防洪规划方案研究[J].城市道桥与防洪,2021(3):94-96.
- [7] 江苏省水利工程规划办公室.江苏省秦淮河区水利治理规划[R].南京:江苏省水利工程规划办公室,2019.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadfloodbridge@163.com

