

Mike11 模型在沿海挡潮闸 下移工程中的应用研究

任锦亮, 张 健, 吕 军

(盐城市水利勘测设计研究院, 江苏 盐城 224000)

摘要:随着沿海开发的不断推进,对区域防洪排涝工程能力要求得到了大幅度提高。将 MIKE11 软件应用于沿海挡潮闸下移工程中,建立区域河网模型,对排涝过程进行数值模拟,研究河道规模、闸下移规模等因素对排涝效果的影响。其计算结果表明:河道整治对区域排涝效果影响较大,其次是闸下移,河道整治中新老闸之间河道影响最大,可为优化区域排涝工程方案设计提供一定的参考作用。

关键词:Mike11 模型;沿海平原河网;挡潮闸;排涝工程

中图分类号:TV222.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2020)03-0037-06

Analysis on the application of Mike11 model in the down – shift project of coastal tidal gate

REN Jinliang, ZHANG Jian, LV Jun

(Yancheng Water Conservancy Survey and Design Institute, Yancheng 224000, Jiangsu)

Abstract: With the continuous development of coastal development, the requirements for regional flood control and drainage engineering capacity have been greatly improved. The MIKE11 software was applied to the coastal tidal gate down – shift project, and a regional river network model was established to simulate the drainage process, and the effects of river channel size and gate down – shift scale on the drainage effect were studied. The calculation results showed that the river training had a greater impact on the regional drainage effect, followed by the gate down – shift. The river channel between new and old gates had the greatest impact, which could provide some reference for the optimization of regional drainage project design.

Key words: MIKE11 model; coastal plain river network; coastal tidal gate; drainage engineering

里下河地区以通榆河为界分为里下河腹部地区和沿海垦区,大丰干河——四卯酉河排水区属沿海垦区中的大丰斗南垦区。目前,大丰区境内竹港闸、川东港闸、王港闸先后下移,王、竹、川区域涝水均可通过各自入海河道排入黄海。王港河以北区域包含大丰区在内,目前仅有 2 个口门——大丰闸和四卯酉闸。大丰闸闸下港道长达 13 km,且闸下港道与斗龙港合用,受斗龙港排水顶托影响严重,

排水不畅,根据历年排涝情况统计,本区域 70% 以上涝水依靠四卯酉闸外排。而四卯酉闸工程原设计标准低,结构老化破损严重,鉴定为四类闸,存在严重安全隐患。为消除安全隐患,确保工程安全运行,适应地方经济社会发展,对四卯酉闸拆除重建是十分必要和迫切的。加上原址拆建无法满足排涝要求,拟对四卯酉闸移址拆建。工程拆建后将改善该地区的挡潮排涝条件,为该地区经济发展奠定

收稿日期:2019-10-29

作者简介:任锦亮(1987—),男,硕士,工程师,主要从事水利规划设计工作。

基础。

MIKE11 模型是模拟一维水流和水质的国际化工程软件,经过大量工程实践验证,被证明适用于包括复杂平原河网在内的一维非恒定流计算^[1-6]。本文采用 MIKE11-HD 模型对大丰干河——四卯酉河排水区的水文过程进行模拟,以论证分析各项措施对区域排涝的效益大小,从而合理确定工程建设规模。

1 工程概况

盐城市大丰区位于江苏省中部,盐城市东南,里下河地区,北纬 $32^{\circ}56' \sim 33^{\circ}36'$,东经 $120^{\circ}13' \sim 120^{\circ}56'$ 。大丰干河——四卯酉河排水区区域范围为:北至斗龙港、西至通榆河、南至五十里河~一卯酉河~S303、东至黄海,现状海堤内面积为 936 km^2 ,规划区域面积 981 km^2 。大丰干河和四卯酉河是该区区内最主要的引排河道。四卯酉河为东西方向河道,在施家湾向西与斗龙港相通,向东经金墩、四岔河、海丰至四卯酉闸入黄海,全长 23 km ,流经新丰镇和上海农场、海丰农场。大丰干河为南北方向河道,纵穿一、二、三、四、五卯酉河,由大丰闸出黄海,全长 38.4 km 。

四卯酉闸建成于 1978 年,主要作用挡潮、排涝,设计最大流量 $818 \text{ m}^3/\text{s}$,日平均流量 $290 \text{ m}^3/\text{s}$ 。该挡潮闸总长 157.16 m ,总宽 69.5 m ,共 11 孔,其中 10 孔为排水孔,每孔净宽 5.0 m ,右岸 1 孔为通航孔,净宽 8.0 m 。闸底板高程为 -2.50 m ,闸顶高程为 7.50 m 。由于现状闸下港道长达 9 km ,严重制约了闸的排水能力,急需采取工程措施提高本地区排涝能力,达到 10 年一遇设计排涝标准。大丰干河——四卯酉河排水区范围见图 1。

2 模型设计

2.1 模型原理

本次采用 MIKE11-HD 水动力学模型建立大丰干河——四卯酉河排水区河网水利计算模型。一维水动力学模型的基本控制方程为一维非恒定流圣维南(Saint-Venant)方程组^[7],包括质量方程与动量方程,其方程组具体如下:

$$B_s \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

式中: x 为空间坐标, m ; t 为时间坐标, s ; Q 为断面流



图 1 大丰干河——四卯酉河排水区范围示意图

量, m^3/s ; h 为水位, m ; A 为断面过流面积, m^2 ; R 为水力半径, m ; B_s 为水面河宽, m ; q 为单位河长的旁侧入流流量, $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$; C 为谢才系数; g 为重力加速度, m^2/s ; α 为垂向速度分布系数, 即 $\alpha = \frac{A}{Q^2} \int_A u^2 dA$, 其中 u 为断面平均流速, m/s 。

2.2 计算范围

四卯酉闸所在大丰干河——四卯酉河排水区属于平原河网地区,水系情况较为复杂,四卯酉河和大丰干河是区内最主要的引排河道,计算范围根据汛期区内河道现状实际流向确定,范围为南至五十里河~一卯酉河,西至通榆河,北至斗龙港,东临黄海,排水面积约 981 km^2 。

2.3 河网概化

为便于计算,模型将区域河道进行概化,四卯酉河、大丰干河、一卯酉河、二卯酉河、八灶河、新团河、七灶河、三十里河、三十里河、老斗龙港、大四河、西子午河等主要河道断面采用实测断面,其他支河断面为现场调查概化标准断面。河网模型中规划断面根据规划目标通过试算而得,见图 2。计算中涉及到的挡潮闸按照模型中的控制建筑物处理,计算时设定底槛高程、闸孔净宽等参数。

2.4 设计暴雨

采用排水区域内或者边缘的大同、王港新闻、大丰、四卯酉闸、大丰闸、斗龙、白驹、大团 8 个站点的暴雨资料,通过加权平均计算该排水区设计暴雨量。根据排水区暴雨洪水特性、面积大小,采用最

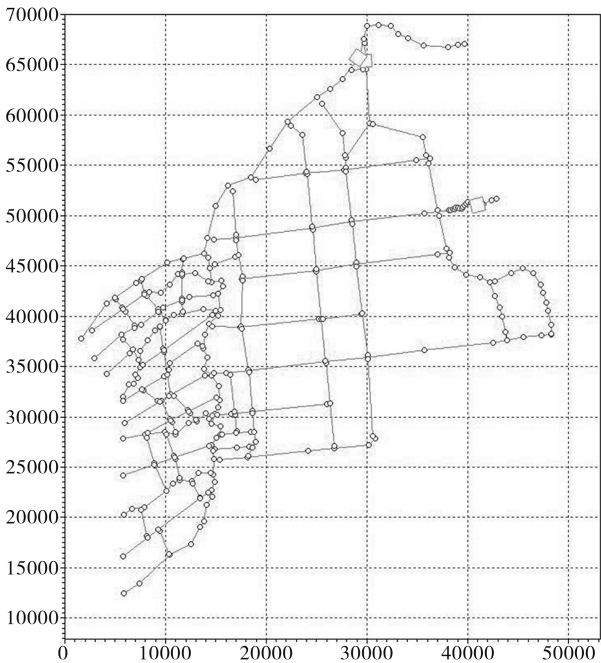


图2 大丰干河——四卯酉河排水区河网概化图

大3 d设计暴雨,然后对区域年最大3 d暴雨量进行频率分析,绘制P-Ⅲ曲线。计算结果见表1。

特点,本次采用3 d设计暴雨,雨后一日排出,相应设计潮型采用50%高高潮排涝设计潮型。大丰干河——四卯酉河排水区汇水经大丰闸和四卯酉闸入海,本次采用斗龙港闸及王港新闻50%排涝潮型曲线内插推求四卯酉闸下50%排涝潮型。大丰闸由于离斗龙港很近,50%排涝潮型曲线直接采用斗龙港50%排涝潮型曲线。斗龙港闸和王港新闻50%排涝潮型曲线采用2014年江苏省水文水资源局编制的《江苏沿海、沿江排涝设计潮位与潮型分析报告》中成果。

2.7 边界及相关参数

边界:河网上游设置成闭边界。四卯酉河和大丰干河闸下海口均采用P=50%排涝潮型曲线。

糙率:根据《灌溉与排水工程设计规范》与率定验证调整,现状干河河道糙率取0.025、支河河道糙率取0.0275,干河整治后河道糙率取0.0225、支河整治后河道糙率取0.025。计算时间步长为60 s。

控制水位:结合地面高程、历年受淹情况等确定控制水位定为2.5 m,控制点为西团。

起排水位:根据大丰区防洪调度规程确定该独

表1 大丰干河——四卯酉河排水区最大3d暴雨频率分析成果

区域	统计参数			不同频率最大3d雨量/mm				
	EX	Cv	Cv/Cs	1%	2%	5%	10%	20%
大丰干河——四卯酉河排水区	130.1	0.4	4	306	275	232	199	165

2.5 设计净雨

本次设计净雨采用次降雨径流相关法^[8],根据《江苏省暴雨洪水图集(1984)》(以下简称《图集》),次降雨径流相关曲线采用可以不通过远点的双曲线数学模型:

$$R = \sqrt[3]{(P + Pa - Cp)^3 + Ci^3} - Ci \tag{3}$$

式中:R为径流深,mm;P为面平均降水量,mm;Pa为前期雨量,mm;Cp为相关曲线在纵轴上交点的座标;(Cp+Ci)为相关线的渐近线在纵轴上截距。根据《图集》,大丰干河——四卯酉河排水区位于里下河沿海、苏北沿江地区,Cp取值20,Ci取值115。

经计算,大丰干河——四卯酉河排水区10年一遇最大3 d设计净雨量为121 mm。根据《图集》表十,查算得设计最大3 d净雨分配过程见表2。

2.6 设计潮型

根据大丰干河——四卯酉河排水区暴雨洪水

立排区起始水位定为1.5 m。

排涝历时:排涝历时指从1.5 m上涨然后回落到1.5 m所经历的时间,采用3 d暴雨雨后1 d排出。

2.8 工程效果分析

2.8.1 现状工况复核

四卯酉河干河和其他支河河道维持现状,保留老闸,按10年一遇暴雨对该区域的排水能力进行复核,成果见表3。

从表3可知,由于现状闸下港道长达9 km,严重制约了闸的排水能力,现状10年一遇工况下,西团水位达2.832 m、排涝历时长达6 d+2 h,四卯酉闸最大日均流量仅为273 m³/s,不能满足10年一遇排涝标准。

2.8.2 闸下移效果分析

本次计算遵循从下游到上游的整治路线,先把闸下移,并加大闸孔净宽,分析下移效果。在维持

表 2 最大 3 d 雨量分配过程 ($\Delta t = 6\text{h}$)

时段	4	5	6	7	8	9
净雨分配%	10	10			40	40
10 年一遇净雨量 (mm)	12.10	12.10			48.40	48.40

表 3 现状排水能力复核成果

工况	大丰闸		四卯酉闸		区域最高 水位/m	西团水位/ m	排涝 历时
	最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)			
10 年一遇	285	132	545	273	2.845	2.832	6d + 2h

现状河道不变情况下,分析同规模下移、新闸加大规模下移两种工况。闸下移效果分析对比见表 4。河道计算方案对区域排涝的影响详见表 5。目前新老闸之间河道标准为底宽 80 m、河底高

表 4 闸下移效果分析对比

工况	新老闸 之间河道	老闸以 上河道	新闸 规模	大丰闸		四卯酉新闸		西团 水位/m	排涝 历时
				最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
同规模下移			50m, -2.5m	278	129	680	290	2.795	5d + 16h
加大规模	现状	现状	90m, -2.5m	260	125	764	321	2.774	5d + 11h
加大规模			110m, -2.5m	258	124	779	323	2.773	5d + 9h

闸下移的影响从表 4 可以看出,同规模下移后,由于闸下港道缩短,大幅提高了闸过流能力,四卯酉闸最大过闸流量增加了 $135 \text{ m}^3/\text{s}$,西团水位降低约 3.7 cm,排涝历时缩短 10 h,排水能力提高显著。

闸孔净宽对排水的影响。闸孔净宽加大到 90 m 以后,四卯酉闸最大日均过闸流量增加了 $48 \text{ m}^3/\text{s}$,排涝历时缩短 15 h,西团水位降低约 5.8 cm。在维持现状河道不变情况下,即使闸孔净宽达到 110 m,最高水位与排涝历时与净宽 90 m 变化不大,再加大闸孔净宽效果有限。

2.8.3 新老闸之间河道整治效果

通过模型计算分析发现,新老闸之间河道对水闸排水时调蓄作用极为显著,适当增加调蓄库容可延长闸前高水位持续时间,可以显著的增加过闸流量,也可减少闸上骨干河道整治规模。本次计算设计了 4 种不同方案,方案一:底宽 80 ~ 120 m,底高程 -3.0 m;方案二:底宽 110 ~ 150 m,底高程 -3.0 m;方案三:底宽 180 m,底高程 -3.0 m;方案四:底宽 100 ~ 140 m,底高程 -4.0 m。不同新老闸

程 -3.0 m。新老闸之间河道加大到底宽 110 ~ 150 m、河底高程 -3.0 m 后,与新老闸之间使用现状河道状况对比,西团水位降低 4.8 cm,新闸最大日均过闸流量增加 $49 \text{ m}^3/\text{s}$,排涝历时缩短了 5 h,可见拓浚新老闸之间河道对降低区域水位、增大过闸流量、减少排涝历时均有显著效果。如果继续拓宽,河道底宽加宽至 180 m、河底高程 -3.0 m,最高水位仅降低 0.1 cm,最大日均过闸流量增大 $3 \text{ m}^3/\text{s}$,排涝历时无变化,继续加大新老闸之间河道宽度对降低区域水位、增大过闸流量、减少排涝历时效果明显减少。

河底浚深效果。当继续浚深河底高程至 -4.0 m 后,西团水位降低 0.3 cm,新闸最大日均过闸流量仅增加了 $7 \text{ m}^3/\text{s}$,排涝历时无变化,可见在 -3.0 m 的基础上再降低新老闸之间河底高程对降低区域水位、增大过闸流量、减少排涝历时效果明显减少。

通过闸下移、疏浚新老闸之间河道后,西团水位降低 10.6 cm,新闸最大日均过闸流量增大 $97 \text{ m}^3/\text{s}$,排涝历时缩短了 18h,大幅提高了区域排

表 5 10 年一遇新老闸之间河道试算对比

工况	新老闸 之间河道	老闸 以上河道	新闸 规模	大丰闸		四卯酉新闸		西团 水位/m
				最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	
1	现状			260	125	764	321	2.774
2	80 ~ 120m, -3m			245	118	779	338	2.754
3	110 ~ 150m, -3m	现状	90m, -2.5m	233	112	837	370	2.726
4	180m, -3m			232	110	854	373	2.725
5	100 ~ 140m, -4m			234	112	826	365	2.735

涝能力。

2.8.4 区域骨干河道整治分析

本次整治方案是依次拓浚各大横纵向骨干河道,直到大丰干河——四卯酉河排水区西团水位降至 2.5 m 以下,排涝历时小于 4 d,即该地区满足 10 年一遇排涝标准。骨干河道整治效果分析对比见表 6。

从表 6 可以看出,骨干河道整治对区域整体排涝效果提升较大。单独骨干河道整治可使西团水位降低 18.2 cm,排涝历时减少 38 h,四卯酉闸最大日均流量增加 89 m^3/s 。区域骨干河道整治后,加上闸下移、新老闸之间河道整治,可使西团水位降低 35.6 cm,排涝历时减少 51 h,四卯酉闸最大日均

流量增加 160 m^3/s 。

2.9 整治效果分析汇总

经过上述分析,闸下移、新老闸之间河道疏浚和区域骨干河道整治均对提高区域排涝标准作用明显,详见表 7。

从表 7 可以看出,河道整治对区域排涝效果影响较大,其次是闸下移。河道整治中新老闸之间河道影响最大,因此首先建议对新老闸之间河道进行整治。由于水位越低库容越小,因此三者全部整治水位降低效果大于单个整治效果叠加。

3 结 论

本文利用 MIKE11 软件建立了大丰干河——四

表 6 骨干河道整治效果分析对比

工况	新老闸 之间河道	老闸以 上河道	新闸 规模	大丰闸		四卯酉新(老)闸		西团 水位/m	排涝 历时
				最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大过闸 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大日均 流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)		
1	现状	整治区域	无	350	167	708	342	2.650	4d + 12h
2	10 年一遇标准	骨干河道	90m, -2.5m	299	140	947	443	2.476	3d + 23h

表 7 整治效果分析汇总

闸下移	新老闸之间 河道疏浚	区域骨干 河道整治	西团水位 变化/cm	排涝历时 变化/h	四卯酉闸最大 日均流量变化/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	大丰闸最大 日均流量变化/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	总流量变化/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
√			-4.9	-15	+48	-7	+41
√	√		-10.6	-20	+97	-20	+77
		√	-18.2	-38	+69	+35	+104
√	√	√	-35.6	-58	+170	+8	+178

卯酉河排水区域河网模型,进行工程排涝效果分析研究,结果合理科学。研究表明,河道整治对区域排涝效果影响较大,其次是闸下移,河道整治中新老闸之间河道影响最大,可为优化区域排涝工程方案设计提供一定的参考作用。同时利用模型计算也存在一定的不足,建立模型对区域水文、河道等资料要求较高,其精度直接关系计算的准确性,不适应于资料相对缺乏的区域。

参考文献:

- [1] 康立荣, 张晓松. 沿海挡潮闸水力设计关键问题研究[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(6):174-177.
- [2] 诸葛绪霞, 王霞, 张健. MIKE11 模型在沿海挡潮闸规模论证中的应用分析[J]. 水利技术与监督, 2008(6):79-80.
- [3] 杨桂书, 周进华, 王超磊. 基于 MIKE11 模型的盐城堤东地区防洪除涝体系研究[J]. 水利建设与管理, 2017(09):28-32.
- [4] 刘强, 吴国芳. 基于 MIKE11 HD 水动力模型的复杂河道水利计算[J]. 水利规划与设计, 2014, (4):68-70.
- [5] PANDA R K, PRAMANIK N, BALA B. Simulation of river stage using artificial neural network and MIKE 11 hydrodynamic model [J]. Computers & Geosciences, 2010, 36(6):735-745.
- [6] 张小潭. 平原河网区除涝水文计算方法研究[J]. 人民珠江, 2015, (3):45-47.
- [7] 赵克玉. 天然河道一维非恒定流数学模型[J]. 水资源与水工程学报, 2014, 15(1):38-41.
- [8] 叶守泽, 詹道江. 工程水文学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2000:84-85.