

DOI: 10. 20040/j. cnki. 1000-7709. 2023. 20222108

# 汉江支流唐河航运工程郭滩枢纽洪水影响分析

任泽垠<sup>1,2</sup>, 胡 峰<sup>1,2</sup>, 任晓蕾<sup>1</sup>, 王守玉<sup>1</sup>

(1. 河南灵捷水利勘测设计研究有限公司, 河南 南阳 473003;  
2. 南阳市水利建筑勘测设计院, 河南 南阳 473003)

**摘要:** 针对唐河航运工程郭滩枢纽建设对河道防洪安全影响的问题, 通过水文站实测洪水资料和线性内插法计算郭滩枢纽设计洪水, 根据历年实测横断面和深泓线分析河道冲淤演变和演变趋势预测, 用恒定非均匀渐变流能量方程进行河道水面线计算, 并应用二维模型二阶 RungeKutta 方法模拟计算建设工程对河道行洪时流场的影响。结果表明, 唐河航运工程郭滩枢纽对河道洪水影响较小, 解决了郭滩航运枢纽洪水影响评价的技术难题, 可供有关部门参考。

**关键词:** 唐河航运; 郭滩枢纽; 设计洪水; 河道演变; 二维模型分析; 洪水影响

**中图分类号:** TV214; U612

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7709(2023)08-0081-04

## 1 概况

唐河航道从鄂豫省界水台子至社旗县焦家河口天然河道全长 138 km, 通过对唐河进行整治并建设水台子、郭滩、马店、源潭、弋湾五级拦河枢纽成为Ⅳ级航道, 通航 500 t 级船舶, 枢纽工程等别为Ⅲ等, 由于过闸坝流量大于 5 000 m<sup>3</sup>/s, 主要建筑物级别为 2 级, 设计洪水 20 年一遇, 校核洪水 100 年一遇。唐河航道曾被视为连接鄂、豫两省的黄金水道, 历史上对南阳地区工农业及社会经济发展发挥过重要作用, 1960 年代后, 上游来水量减小, 水位下降, 逐渐断航。近年来国家对内河航运建设高度重视, 将加快推进内河航运发展作为交通行业一项重要工作, 国务院《关于加快长江等内河水运发展的意见》提出加快长江等内河水运发展, 将内河水运作为建设综合运输体系的重要任务, 因此河南省提出唐河干流航运建设非常及时也很有必要。郭滩枢纽位于唐河县郭滩镇下游 5 km, 距省界 36.27 km, 为唐河航运工程第二个枢纽, 该处河道两岸滩地高程 82~84 m、防洪堤顶高程 88.50 m, 由挡水坝、泄水闸、船闸、过鱼设施等组成, 正常挡水位 83 m, 泄水闸为 12 孔开敞式宽顶堰平底闸, 闸底板顶面高程 74.50 m, 闸顶高程 92.00 m。本文采用二维模型模拟流场计

算方法, 研究了唐河航运工程郭滩枢纽对河道洪水的影响, 解决了航运枢纽工程洪水影响评价技术难题, 结果可供参考。

## 2 水文计算分析

唐河是一条跨省河流, 发源于河南省方城县伏牛山鲤鱼垛, 自北向南流经南阳市方城县、社旗县、唐河县、新野县入湖北省襄阳市汇入汉江, 是汉江一条较大支流, 流域面积 8 394 km<sup>2</sup>。唐河干流上有郭滩站、唐河站和社旗站 3 个水文站, 观测资料系列长, 精度可靠, 满足水文分析要求, 研究河段见图 1。

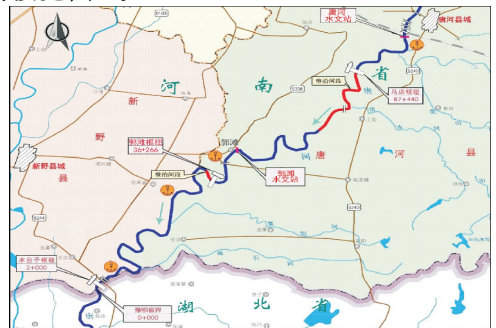


图 1 唐河航道鄂豫省界至唐河县城段平面示意图  
Fig. 1 Plan diagram of Tanghe Channel from Hubei Henan Provincial boundary to Tanghe County Town

收稿日期: 2022-10-12, 修回日期: 2022-11-01

基金项目: 河南省水利科技攻关计划项目(GG2021177)

作者简介: 任泽垠(1966-), 男, 硕士、教授级高级工程师, 研究方向为水利水电工程与水利规划设计, E-mail: 394876115@qq.com

### 2.1 各测站设计洪水计算分析

唐河、郭滩水文站有1951~2016年实测流量,其中1975年作特大值处理,重现期为100年,理论频率采用P-III型曲线。统计参数(均值 $E_x$ 、离差系数 $C_V$ 、偏差系数 $C_S$ )利用适线法确定初值,考虑多数大洪水点群、洪水变化特性及上下游对照等因素,计算断面设计洪水参数数值见表1,唐河和郭滩水文站不同频率对应设计水位见表2,各水文站洪峰频率曲线见图2。其中,频率 $P$ 分别取1%、2%、3.33%、5%、10%。

表1 唐河各测站断面洪峰流量

Tab.1 Peak discharge at sections of Tanghe River stations

水文站名	$E_x$	$C_V$	$C_S/C_V$	1%	2%	3.33%	5%	10%
唐河	2 225	0.96	2.5	10 390	8 700	7 480	6 530	4 930
郭滩	2 530	0.89	2.5	10 890	9 260	8 030	7 070	5 430

表2 各水文站断面设计洪水水位结果

Tab.2 Results of design flood level of each hydrological station section

水文站名	1%	2%	3.33%	5%	10%
唐河	101.14	100.41	99.83	99.30	98.31
郭滩	91.47	90.61	89.85	89.23	88.08

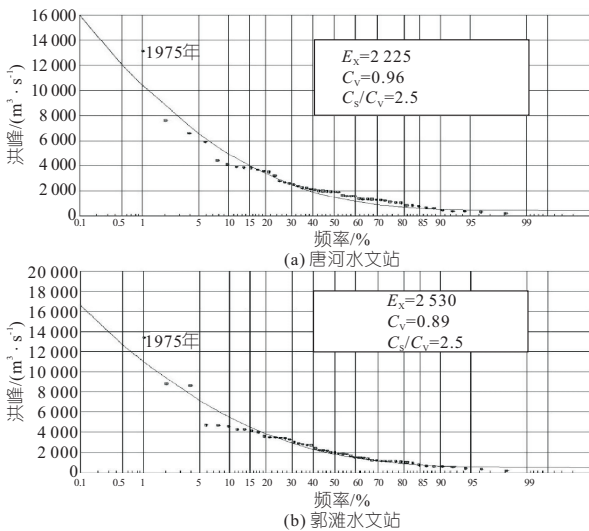


图2 洪峰流量频率计算曲线

Fig.2 Peak discharge frequency calculation curves

### 2.2 郭滩枢纽设计洪水计算

唐河、郭滩水文站控制流域面积分别为4 777、6 877 km<sup>2</sup>,郭滩枢纽位于郭滩水文站下游5.90 km,控制流域面积6 879 km<sup>2</sup>,采用线性内插法计算枢纽处设计洪峰流量及设计水位见表3,根据实测纵横断面图计算枢纽水位—流量关系见图3。

表3 郭滩枢纽坝址处设计洪峰流量及水位结果

Tab.3 Designed flood peak discharge and water level at dam site of Guotan hydroproject

频率	流量 / (m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> )	水位 / m	频率	流量 / (m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> )	水位 / m
P=1%	10 904	90.17	P=5%	7 082	88.30
P=2%	9 270	89.57	P=10%	5 440	87.19

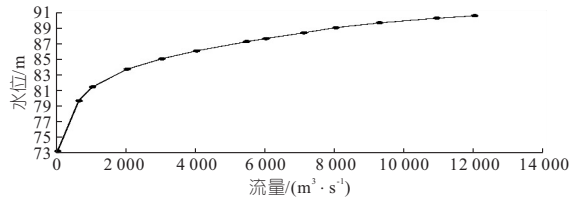


图3 郭滩枢纽水位—流量关系曲线

Fig.3 Water level-discharge relationship curves of Guotan hydroproject

## 3 河道演变分析

唐河为弯曲性河流,水面宽度随季节变化大,洪水期局部水面宽度达1 000 m左右,枯水期水面宽100~200 m,汇入支流较多,沿程断面变化较大,其中三夹河口至郭滩段长33 km有10处弯曲河段。唐河河道基本特性是湾多、浅滩少、水流归槽,河道防洪等级较低。

### 3.1 深泓线平面及纵向变化

根据河势地形图(图4),唐河郭滩段深泓线走向随弯道出现而变化,深泓沿河道左岸下行,在郭滩镇形成一个弯道,深泓向右岸过渡,在郭滩水文站出现大幅摆动至右岸,沿右岸下行至张湾形成第二个弯道,深泓向左岸摆动,在大观堂凸岸摆动后继续沿凹岸下行,至宋湾村下游形成第三个弯道。该河段年际深泓线平面变化主要在郭滩唐河大桥下游,最大摆幅约90 m。纵向深泓高程沿程逐渐减小,比降平缓,三夹河口至郭滩长33 km平均比降1/4 000,郭滩至省界长43 km平均比降1/4 300;通过对比分析实测河道纵断面,发现河道深泓纵向高程略有升降。

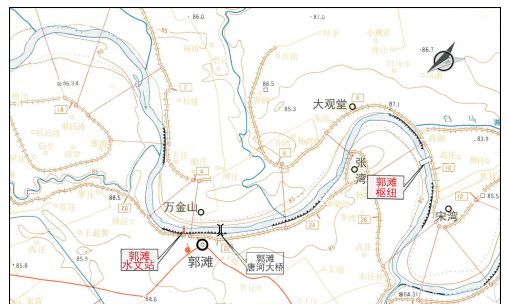


图4 唐河郭滩段河势地形图

Fig.4 River regime topographic map of Guotan section of Tanghe River

### 3.2 河床横断面变化

郭滩水文站上游1.5 km及郭滩枢纽上游4、20 km处断面历年变化见图5。由图5可知,郭滩水文站上游1.5 km处河道横断面呈“U”型,水流归槽、主槽靠右,两岸滩地较平整,高程起伏不大,断面位于弯道处,左岸为凸岸,河槽淤积,右岸为凹岸,河槽冲刷,主槽向右偏移约50 m;郭滩枢

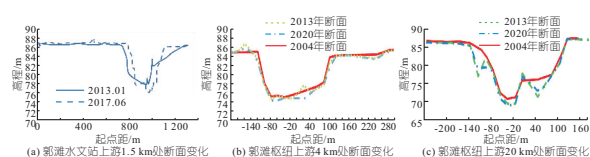


图 5 郭滩水文站上游 1.5 km 及郭滩枢纽

上游 4、20 km 处断面历年变化

Fig. 5 Section change at 1.5 km upstream of Guotan

hydrometric station and section change at 4 km and 20 km upstream of Guotan hydroproject

上游 4 km 横断面呈“U”型,主槽较规整,两岸滩地较平整,高程起伏不大,淤积量较小;郭滩枢纽上游 20 km 横断面两岸滩地较平整,右岸为凸岸,河槽淤积,主槽靠左岸为凹岸顶冲,有较大冲刷,主槽向左偏移约 20 m。由此可知,由于河道弯曲,凸岸淤积凹岸冲刷,河槽逐步向凹岸偏移演变,结合历年郭滩站实测流量分析,河道流量越大,冲槽淤滩现象越明显。

### 3.3 河势演变趋势分析

根据河势及近期测绘资料分析,唐河省界至马店段横向走势变化不大,河线基本一致,主河槽相对固定,虽然河床纵向有升有降,但未发生较大演变,现状河道总体基本稳定。受洪水冲刷作用,弯道顶冲段有塌岸,横向弯曲摆动,纵向有逐年冲淤演变趋势。唐河航运工程建设,拓宽河道断面,在中小流量时河道过流断面较大,流速减少,会发生一定程度淤积现象,在大流量时泄水闸全开,不影响河道正常演变过程,因此郭滩枢纽建设对未来河道演变趋势影响不大。

## 4 洪水影响计算分析

### 4.1 水面线计算分析

根据唐河水文特性和边界条件、各测站历年实测水位—流量关系曲线,将河道划分成省界—郭滩水文站、郭滩水文站—唐河水文站 2 个计算河段,初拟河道糙率,通过试算调整,直至水面线推算与上游水文站水位吻合,确定河道计算糙率,计算时不考虑水台子、马店枢纽影响,各河段水面线推算<sup>[1]</sup>采用的糙率见表 4。

表 4 各河段推算水面线采用的糙率

Tab. 4 Roughness adopted for calculating water surface profile of each river section

唐河河段	河段长度/m	河槽	河滩
省界—郭滩水文站	41 812	0.025	0.045
郭滩水文站—唐河水文站	35 028	0.030	0.050

天然河道壅水采用恒定非均匀渐变流能量方程自下而上推算,在枢纽位置处推求闸上水位,与天然情况下进行对比,得出枢纽壅水高度为:

$$Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / (2g) = Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / (2g) + h_f + h_j \quad (1)$$

式中,  $Z_2$ 、 $Z_1$  分别为上、下游断面水位, m;  $\alpha_2 V_2^2 / (2g)$ 、 $\alpha_1 V_1^2 / (2g)$  为上、下游断面的流速水头, m;  $\alpha_2$ 、 $\alpha_1$  分别为上、下游动能修正系数;  $V_2$ 、 $V_1$  分别为上、下游流速;  $h_f$ 、 $h_j$  分别为沿程、局部水头损失, m。

枢纽洪水调节方式:①当洪水来量≤枢纽泄洪能力时,按洪水来量下泄;②当洪水来量>枢纽泄洪能力时,按泄流能力下泄。当水位超过 20 年一遇洪水时,枢纽为敞泄,包括泄水闸、河滩同时泄流,洪水调节计算结果见表 5。依据数学模型、边界条件及率定的河道糙率,计算唐河干流不同频率设计洪水水面线见表 6。表 6 中桩号以鄂豫省界 0+000 为起点向上游河南省境内顺序排列。

表 5 唐河干流郭滩枢纽洪水调节结果

Tab. 5 Results of flood regulation of Guotan hydroproject in the main stream of Tanghe River

泄水闸	20 年一遇			100 年一遇				
	闸前水位/m	闸后水位/m	总泄量	闸前水位/m	闸后水位/m	泄水闸流量	河滩过流量	总泄量
全部开启	88.41	88.30	7 082	90.42	90.17	9 585	1 319	10 904

注:总泄量、流量单位均为  $m^3/s$ 。

表 6 唐河干流郭滩枢纽影响范围水面线计算结果

Tab. 6 Calculation results of water surface line of affected area of Guotan hydroproject in the main stream of Tanghe River

桩号	20 年一遇		100 年一遇		左岸现状堤顶高程/m	左岸现状滩地高程/m	右岸现状堤顶高程/m	右岸现状滩地高程/m	正常挡水	理论堤顶	备注
	现状	设计	现状	设计							
	水位/m	水位/m	水位/m	水位/m							
67+440	94.42	94.41	96.31	96.29	92.40	87.69	93.10	88.56		95.61	马店枢纽
66+850	94.32	94.31	96.25	96.23	92.20	88.17	93.20	89.02	83.00	95.51	
66+050	94.16	94.15	96.10	96.08	92.90	88.50	93.10	89.56	83.00	95.35	
65+300	94.00	93.99	95.95	95.93	89.69	88.19	92.32	90.80	83.00	95.19	
64+100	93.77	93.76	95.73	95.71	93.30	89.85	93.54	86.85	83.00	94.96	
63+350	93.61	93.60	95.58	95.56	92.10	86.93	94.87	87.08	83.00	94.80	
62+550	93.45	93.44	95.43	95.42	94.60	88.68	94.82	90.62	83.00	94.64	
61+800	93.30	93.29	95.29	95.29	94.00	88.32	94.24	91.39	83.00	94.49	
60+880	92.98	92.97	94.99	94.99	94.00	88.39	94.44	90.20	83.00	94.17	
59+500	92.92	92.91	94.80	94.96	93.30	89.73	94.10	91.66	83.00	94.11	
59+500	92.76	92.75	94.80	94.79	93.30	89.73	94.10	91.66	83.00	93.95	
58+700	92.67	92.66	94.70	94.69	92.50	86.65	93.65	89.72	83.00	93.86	
57+900	92.51	92.50	94.55	94.54	93.50	86.48	93.65	85.67	83.00	93.70	
57+150	92.35	92.34	94.40	94.39	93.30	87.69	93.24	86.68	83.00	93.54	
56+350	92.20	92.19	94.25	94.24	94.00	87.53	93.13	85.97	83.00	93.39	
55+500	92.04	92.04	94.11	94.10	92.40	89.01	93.13	86.06	83.00	93.24	
54+800	91.88	91.88	93.96	93.95	89.20	87.20	92.47	86.82	83.00	93.08	
54+050	91.72	91.73	93.81	93.80	92.20	84.12	92.27	83.51	83.00	92.93	
53+250	91.57	91.56	93.66	93.65	91.30	86.13	91.55	87.36	83.00	92.76	
52+500	91.41	91.41	93.52	93.51	91.30	87.14	91.21	87.01	83.00	92.61	
51+700	91.25	91.26	93.37	93.36	91.30	87.97	91.02	87.31	83.00	92.46	
50+950	91.10	91.11	93.22	93.21	91.00	86.85	90.89	85.30	83.00	92.31	
50+150	90.94	90.95	93.07	93.06	90.40	87.17	90.72	84.42	83.00	92.15	
49+400	90.78	90.79	92.93	92.92	90.30	84.98	90.80	84.10	83.00	91.99	
48+600	90.62	90.63	92.78	92.77	90.20	86.93	90.27	87.40	83.00	91.83	
47+850	90.47	90.49	92.63	92.62	90.22	84.89	90.16	85.70	83.00	91.69	
47+050	90.31	90.33	92.48	92.46	89.70	87.26	90.24	85.43	83.00	91.53	
46+300	90.15	90.16	92.34	92.32	90.20	85.20	92.22	83.30	83.00	91.36	
45+500	90.00	90.00	92.19	92.18	89.80	84.74	90.20	82.69	83.00	91.20	
44+950	89.88	89.87	92.08	92.05	90.20	84.50	89.90	82.67	83.00	91.07	
44+150	89.72	89.71	91.93	91.92	89.70	86.90	89.70	84.58	83.00	90.91	
43+400	89.56	89.55	91.78	91.76	85.50	86.99	88.80	85.60	83.00	90.75	
42+600	89.41	89.40	91.64	91.63	89.40	85.98	89.10	85.00	83.00	90.60	
41+812	89.23	89.22	91.47	91.46	89.80	85.96	89.48	85.12	83.00	90.42	
41+400	89.19	89.18	91.36	91.35	89.50	85.31	89.50	85.03	83.00	90.38	
40+800	89.15	89.15	91.32	91.32	88.70	84.62	88.89	85.03	83.00	90.35	
40+500	89.06	89.06	91.30	91.31	88.70	85.04	89.69	85.85	83.00	90.26	
40+500	88.89	88.90	91.12	91.13	88.70	85.04	89.69	85.85	83.00	90.10	
40+400	88.71	88.73	91.07	91.12	88.70	85.26	88.72	85.51	83.00	89.93	
40+400	88.71	88.70	91.07	91.07	88.70	85.26	88.72	85.51	83.00	89.90	
39+200	88.60	88.59	90.74	90.73	88.90	84.60	88.80	84.87	83.00	89.79	
38+200	88.44	88.44	90.55	90.55	88.40	83.80	88.50	84.40	83.00	89.64	
37+200	88.35	88.42	90.45	90.45	88.50	84.32	88.60	85.06	83.00	89.62	
36+266	88.30	88.41	90.17	90.42	88.50	84.70	88.60	84.70	83.00	89.60	

由表 6 可看出,由于现状唐河堤防不连续,大多不满足 20 年一遇防洪标准,其中左岸平均欠高 1.65 m,右岸整体欠高 2.08 m。根据郭滩枢纽正常挡水位与两岸滩地高程分析,两岸滩地大多高于正常挡水位,枢纽工程实施后水位壅水稍有增加,但整体河道水位变化不大,在实施唐河航道整治后,过水断面增加,上游水位稍有下降。

根据水面线及壅水计算<sup>[2]</sup>,在 20 年一遇设计及 100 年一遇校核洪水情况下,枢纽闸门全部开启,比天然水位分别壅高 0.11、0.25 m,壅水长度 629、1 429 m,水位变化较小,在枢纽工程上游按 100 年一遇校核标准增加回水范围堤防等措施后可规避影响。

### 4.2 二维模型计算分析

为全面分析建设工程对河道行洪、流场的影响,采用二维数值模型<sup>[1]</sup>分析计算郭滩枢纽上下游河道,模拟工程建设前后河道遭遇 20 年一遇设计洪水情况,二维水动力学模型控制连续方程、动量方程<sup>[3]</sup>分别为:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = q \quad (2)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial(uU)}{\partial x} + \frac{\partial(vV)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + g \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} = 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial(uV)}{\partial x} + \frac{\partial(vV)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + g \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中, $t$  为时间,s; $U$ 、 $V$  分别为  $x$ 、 $y$  方向单宽流量, $m^3/s$ ; $H$ 、 $h$  分别为水位、水深,m; $n$  为糙率系数; $g$  为重力加速度; $q$  为源汇项; $u$ 、 $v$  分别为  $x$ 、 $y$  方向流速。

模型的离散方法采用非结构网格有限体积法<sup>[4]</sup>,即在空间上,方程采用非交错连续网格单元,结合 Roe's 格式的 Riemann 近似解法计算单元面上的连续流量,空间的二阶精度运用线性梯度重构方法,平均梯度由 Jawahar 和 Kamath 法获得,计算中运用了二阶精度 TVD 格式;在时间上,积分采用二阶 RungeKutta 方法。

二维模型计算范围为河道桩号 34+000~39+000,为郭滩枢纽上下游 5 km 河段。模型参数依据实测地形图提取河道地形高程散点<sup>[4]</sup>,实测水下断面 250 个(间距 20 m)作为概化河道水下地形依据,以现状堤防为河道边界,88.18 m 为起始水位,河道糙率主槽 0.025、滩地 0.045。模型构

建:工程建设前选取天然河道断面,工程建设后加入郭滩枢纽设计模型数据并考虑河道疏浚、切滩后断面,分别模拟两种工况下河道 20 年一遇洪水水深、流场情况。模型边界条件及参数:20 年一遇洪峰流量 7 082  $m^3/s$  作为模型上边界,模型下游断面水位流量关系作为模型下边界,郭滩枢纽 20 年一遇现状流场和设计流场分布见图 6。

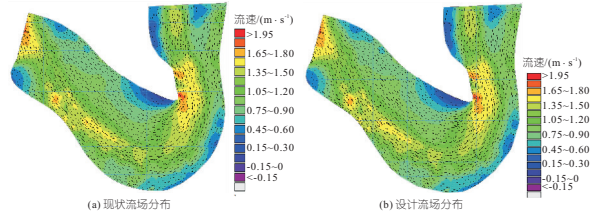


图 6 郭滩枢纽 20 年一遇现状流场、设计流场分布  
Fig. 6 Current flow field distribution and design flow field distribution of Guotan hydroproject with 20-year return period

由图 6 可知,枢纽建设会造成建筑物周围局部流场发生变化<sup>[5]</sup>,因工程阻水导致局部阻力增大,水流局部紊乱,水流向河道内偏移,断面行洪区域缩窄,但对整个河道流场分布基本无影响。以枢纽上游 100 m 断面为例,当发生 20 年一遇设计洪水时,现状工况下,主河槽流速 1.20~1.35 m/s,平均流速 1.31 m/s;滩地流速 0.75~1.05 m/s,平均流速 0.93 m/s。设计工况下,主河槽流速 1.20~1.35 m/s,平均流速 1.32 m/s;滩地流速 0.75~1.05 m/s,平均流速 0.94 m/s。由此可知,枢纽工程建设前后局部流速稍有增加<sup>[6]</sup>,河道流速和流态变化仅在工程局部区域发生<sup>[7]</sup>,整体河道行洪时流速和流场无太大变化,因此工程建设对河道流态及河势影响较小。

## 5 结论

本文通过实测洪水计算郭滩枢纽设计洪水,采用历年实测河道横断面和深泓线分析河道冲淤演变趋势,并利用二维模型二阶 RungeKutta 方法模拟计算枢纽工程对河道行洪时流场的影响,确定航运枢纽对河道洪水影响较小,解决了航运工程枢纽洪水影响评价技术难题,可供有关部门参考。

### 参考文献:

[1] 党建,杨云飞,林佩颖. 罗营口水电站船闸航道清淤疏浚工程洪水影响评价[J]. 水利技术监督,2021(10):225-229.  
[2] 宋新宇. 沙河漯河至平顶山航运工程西陈枢纽对河道行洪的影响分析[J]. 中国水运,2019(1):55-56.

## 4 结 论

a. 采用联系系数与洛伦兹曲线相结合的方法,以人口、耕地面积、生产总值、工农业产值作为影响指标,分析得到新疆水资源空间分布呈不均衡、不匹配状况;通过减法集对势分析出大部分子区域态势等级处于反(偏反)势。

b. 通过分析各个指标,明确了子区域水资源处于不均衡的原因。由于气候异常,加之耕地面积增加,使得所在区域水资源与耕地面积呈不均衡性;由于部分区域经济发展水平较高,吸引了大量人口聚集,导致水资源与人口间的不匹配;由于新疆农业用水占比过大,导致产业结构不合理,加剧了水资源与各行业间的不均衡性。

## Spatially Balanced Evaluation of Water Resources in Xinjiang

ZHANG Yu-xiang<sup>1,2</sup>, MU Zhen-xia<sup>1,2</sup>, TIAN Xiao-jie<sup>1,2</sup>

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;  
2. Xinjiang Key Laboratory of Hydraulic Engineering Security and Water Disasters Prevention, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** In order to make up for the shortcomings of the single Gini coefficient method in the evaluation of spatial equilibrium of water resources, it needs to systematically evaluate the matching relationship between water resources and social development. Selecting arable land area, population size, industrial and agricultural output value and gross product in Xinjiang as the indicators, which affects the carrying capacity of water resources, combination of correlation number method and Lorenz curves was used to quantitatively analyze the equilibrium between regional and sub-regional water resources and indicators. Five element subtractive set of potentials was adopted to identify the development of equilibrium of sub-regional water resources. The results show that the overall water balance in Xinjiang has been rising and then falling during 2011-2018, and is uneven from year to year. The analysis of the indicators shows that the water balance fluctuates between uneven and uneven. The analysis of the sub-regional water balance and trends shows that most areas are in an uneven and inverse state, and exacerbates the unevenness of water resources and identifies the targets for water balance regulation, which points out the direction for reasonable improvement of the balance of water resources.

**Key words:** spatial equilibrium of water resources; number of contacts; five element subtractive set pair potential; Gini coefficient

(上接第 84 页)

[3] 叶群, 计勇, 吴培军, 等. 河滩湿地对河道洪水影响的二维数值模拟[J]. 中国农村水利水电, 2020(6): 36-39, 45.  
[4] 孙晓英, 张建涛, 张彤, 等. MIKE21 二维非恒定流模型在北京市延芳淀湿地洪水影响分析中的应用[J]. 水利水电技术, 2018, 49(1): 52-59.  
[5] 夏冬梅, 张丹蓉, 谢东风, 等. 二维水动力模型在姚

## 参考文献:

[1] 徐新光. 联系系数方法在水资源空间均衡分析评价中的应用[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2021.  
[2] 左其亭, 纪瓔芯, 韩春辉, 等. 基于 GIS 分析的水资源分布空间均衡计算方法及应用[J]. 水电能源科学, 2018, 36(6): 33-36.  
[3] 宋建, 庄玮. 新疆水资源分布的空间匹配性分析——基于洛伦兹曲线和基尼系数[J]. 水利规划与设计, 2018(7): 60-63, 144.  
[4] 陈金凤. 福建省水资源利用与经济发展匹配度分析[J]. 台湾农业探索, 2020(5): 20-26.  
[5] 魏寿煜, 谢世友. 基于基尼系数和洛伦兹曲线的重庆市水资源空间匹配分析[J]. 中国农村水利水电, 2015(2): 56-59, 73.  
[6] 金菊良, 孔令茹, 崔毅, 等. 基于五元半偏减法集对势的区域农业旱灾脆弱性评价[J]. 农业机械学报, 2022, 53(1): 340-348.

江大库船闸通航影响分析中的应用[J]. 水电能源科学, 2019, 37(7): 146-149, 98.

[6] 谢勇, 袁鹏, 王巧霞. 平面二维数学模型在桥梁工程防洪评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2011, 29(4): 60-62.  
[7] 刘丽红, 王雨蒙. 基于 MIKE21 模型的灵璧船闸对新汴河洪水影响分析[J]. 水利水电技术, 2019, 50(3): 103-109.

## Flood Impact Analysis of Guotan Junction of Tanghe Navigation Project, a Tributary of Hanjiang River

REN Ze-yin<sup>1,2</sup>, HU Feng<sup>1,2</sup>, REN Xiao-lei<sup>1</sup>, WANG Shou-yu<sup>1</sup>

(1. Henan Province Agile Water Survey Design and Research Co., Ltd., Nanyang 473003, China;  
2. Nanyang Water Conservancy Building Survey and Design Institute, Nanyang 473003, China)

**Abstract:** Regarding the impact of the construction of the Guotan Hub of the Tanghe Navigation Project on the flood control safety of the river channel, the design flood of Guotan Hub was calculated through measured flood data of hydrological stations and linear interpolation method. According to the measured cross sections and thalwegs over the years, the river channel scouring and silting evolution and evolution trend prediction were analyzed. The water surface profile of a river was calculated using the energy equation of a constant non-uniform gradient flow equation. The second-order RungeKutta method of a two-dimensional model was used to simulate the impact of construction projects on the flow field during river flood discharge. The results indicate that the Guotan Hub of the Tanghe Navigation Project has a relatively small impact on river flooding so that solved the technical problem of flood impact assessment for Guotan Shipping Hub, which provided reference for relevant departments.

**Key words:** Tanghe river shipping; Guotan Hydroproject; design flood; channel evolution; two-dimensional model analysis; flood impact