



湘江株洲航电枢纽二线船闸建设对 一线船闸通航条件影响研究*

李君涛, 郝媛媛

(交通运输部天津水运工程科学研究所 工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

摘要: 采用正态物理模型研究湘江株洲航电枢纽扩建二线船闸工程对一线船闸通航条件的影响。分析工程前一线船闸通航水流条件, 二线船闸建设对原有边界条件的改变, 工程后一线船闸上下游引航道口门区及连接段航道的横、纵向流速等水力参数变化规律, 以及口门区现有导流建筑物对新建工程的适应性等。结果表明, 二线船闸建设使得一线船闸通航水流条件稍有恶化, 但水流条件的改变对船舶航行条件影响不大, 工程前后船舶进出一线船闸的航行条件基本一致。

关键词: 二线船闸; 扩建; 一线船闸; 影响

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)06-0103-005

Influence of second-line lock construction on navigation condition of first-line lock on Zhuzhou navigation power junction in Xiangjiang river

LI Jun-tao, HAO Yuan-yuan

(Key Laboratory of Engineering Sediment, Ministry of Transport, Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on normal physical model test, we analyze the influence of the first-line ship lock navigation condition on the second-line ship lock construction of Zhuzhou navigation power junction in Xiangjiang river, the navigation conditions of first-line ship lock, changes in the original boundary conditions after the second-line ship lock construction, variation of hydraulic parameters on the first-line ship lock approach entrance area and the lower connection on the channel, as well as the adaptability between the existing training structure and the new construction. The results show that the influence of the second-line ship lock construction on the first-line ship lock navigation condition is limited, and the navigation condition of the first-line ship lock is the same as that before the new construction.

Key words: second-line ship lock; expansion; first-line ship lock; influence

株洲航电枢纽位于株洲市区上游24 km处, 在株洲县境内湘江干流空洲岛分汊河段, 是一座综合利用水资源、改善航运、兼有发电等多功能的综合性枢纽工程。株洲航电枢纽工程2002年开工, 2006年建成投产。枢纽通航建筑物为一座Ⅲ级船闸, 年设计通过能力1 260万t。近年来, 船

闸日开闸次数逐年增多, 日最大过闸次数已达18次, 通过能力接近饱和。随着下游长沙综合枢纽和湘江(衡阳—城陵矶)2 000吨级航道的建设, 过闸运量、过闸船舶及船舶吨位将会明显增长。为了满足经济发展需要, 并与航道规划建设配套, 确保大吨位船型能从城陵矶直接通航至衡阳,

收稿日期: 2012-11-14

*基金项目: 西部交通建设科技项目(2011 328 343 1670)

作者简介: 李君涛(1983—), 男, 工程师, 从事通航及航道工程研究。

株洲航电枢纽二线船闸的建设工作已十分迫切。

拟建二线船闸位于已建一线船闸右侧，因场地条件限制，二线船闸与一线船闸只能紧靠并列布置。二线船闸的兴建使得现有一线船闸上、下游引航道口门区及连接段航道的边界条件发生改变，边界条件的改变势必影响其通航水流条件发生变化。本文采用1:100定床整体水工模型，详细分析二线船闸扩建后，原有一线船闸口门区通航水流条件变化规律。

1 工程概况^[1]

株洲航电枢纽位于株洲县境内湘江干流空洲岛，上距大源渡航电枢纽96 km，下距在建长沙枢纽135 km。枢纽由大坝、船闸、电站、坝顶公路桥4部分组成。枢纽设计正常蓄水位40.5 m，死水位为38.8 m。

枢纽主要建筑物布置(图1)从左至右依次为电站厂房、左汊11孔泄水闸、空洲岛副坝、右汊13孔泄水闸、右岸连接坝段、船闸。电站厂房安装5台单机容量28 MW，总容量140 MW灯泡贯流式水轮发电机组，多年平均发电量6.64亿kW·h。左汊11孔泄水闸及右汊13孔泄水闸，单孔净宽20 m，堰顶高程28.5 m，闸墩厚度3 m，坝顶高程51.2 m，

最大坝高30.2 m。右岸船闸(现状一线船闸)轴线与坝轴线正交，闸室有效尺寸为180 m×23 m×3.5 m(长×宽×门槛水深)。设计船型为一顶四艘千吨级船队，尺寸为167 m×21.6 m×2 m(长×宽×吃水)。

拟建二线船闸按通航一顶两艘2 000吨级船队标准设计，船闸有效尺度为280 m×34 m×4.5 m(长×宽×门槛水深)，通航净高为10 m，最大设计水头10.8 m。二线船闸布置于一线船闸右侧，两船闸轴线间距为80 m。二线船闸与一线船闸分设引航道，船舶过闸采用曲进直出的进出闸方式。靠船墩布置在一二线船闸引航道之间，新建靠船墩为一二线共用靠船墩，建成后拆除原一线船闸靠船墩。以上方案实施后，二线船闸引航道宽度75 m，一线船闸引航道宽度为88.25 m。船闸上下游引航道直线段长度均为685 m，其中导航兼调顺段260 m、停泊段275 m、制动段长度150 m。考虑到一二线船闸轴线间距为80 m，二线船闸引航道须紧邻一线船闸引航道，为避免引航道水流条件不满足规范要求，在停泊段和制动段采用墩板式隔水墙将一、二线船闸引航道隔开，即在墩身之间设置隔水板，隔水板顶高程同靠船墩，底高程至最低通航水位以下1 m。

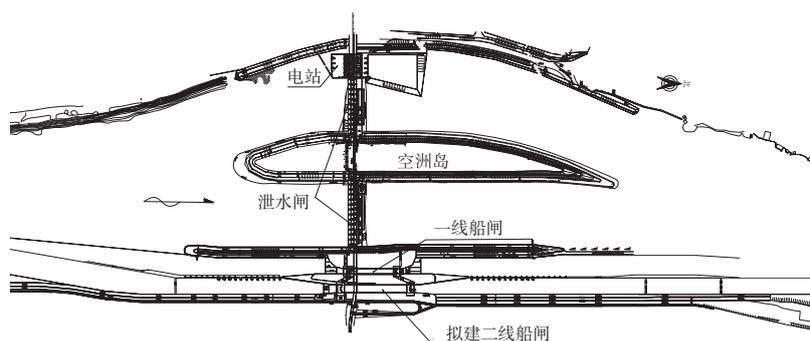


图1 株洲航电枢纽主要建筑物布置

2 工程前一线船闸通航水流条件^[2-5]

1) 上游口门区及连接段通航水流条件。

一线船闸上游口门区及连接段航道位于枢纽库区，口门在空洲岛上游约300 m处，口门区所处河段为喇叭状，从上至下河道逐渐放宽。在电站发电的各级流量下，由于水库蓄水运行、水位抬高，口门区及连接段几乎为静水，通航水流条

件较优。随着入库的增加，泄水闸逐渐开启，库区流速增加，上游来流受引航道内静水顶托及导堤影响在口门前约200 m处开始斜向左偏，与航线约15°夹角斜穿口门区航道，同时在口门附近产生一顺时针三角形回流区。口门区内形成斜向水流和回流区并存的水流流态(图3)。在河道流量 $Q \leq 11\ 400\ \text{m}^3/\text{s}$ (2 a一遇洪水)时，现状一线船闸

上游口门区内的横流和回流流速较小, 均能满足规范要求, 船舶(队)进出闸顺利。当流量 $Q > 11\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 后, 口门区内斜流明显, 从口门区横断面的流速分布情况来看呈现由右至左逐渐增强的趋势。数据表明, 航中线右侧的横流及回流流速指标基本满足要求, 而航中线左侧由斜流分解的横向流速分量大都超出规范限值, 通航水流条件不能完全满足要求。由船模航行情况明显可以看出, 船队沿航中线左侧上行出口门时受斜流影响漂角很大, 船尾极易扫向隔流堤堤头。若上行船队避开口门区左侧大强度的斜流, 沿中线航行则航态较好, 出闸顺利。因此现状一线船闸在河道流量超过2 a一遇洪水流量后, 采用单线限航的方式以保证船舶(队)顺利进出船闸。

2) 下游口门区及连接段通航水流条件。

一线船闸下游口门区位于微弯分叉河段的右汊、凸岸, 口门位置下距空洲岛岛尾约200 m, 口门区左侧布置有6个导流墩与导沙坎相结合的导流(兼导沙)建筑物。船闸下游口门区及连接段的通航水流条件与枢纽调度方式密切相关。当枢纽调度方式为机组发电、泄洪闸关闭工况时, 受空

洲岛这一自然屏障影响, 电站下泄水流在口门下600~800 m进入下游航道, 整个下游口门区及大部分连接段航道为静水或微弱的回流, 通航水流条件较优; 在泄水闸开启工况下, 枢纽下泄水流过导堤后进入下游航道, 此时导流墩起到了较好的导流作用, 船闸下游口门区通航水流条件能够满足要求。导流墩以下的连接段航道受水流扩散影响, 水流与航线夹角大都在 10° 左右, 在枢纽下泄流量 $Q > 15\,200\text{ m}^3/\text{s}$ (5 a一遇洪水)后, 航中线左侧部分测点横向流速超出规范要求的 0.3 m/s , 船舶沿航道左侧下行航态略差。

3 二线船闸建设对岸线影响变化

株洲航电枢纽扩建二线船闸在原一线船闸右侧岸滩上开挖建设。二线船闸的兴建、引航道的开挖造成原一线船闸引航道口门区及上下游附近河段的右边岸线位置发生改变。坝轴线上1.7 km至坝轴线下1.9 km河段右岸线均不同程度的向右侧移动, 其中船闸、引航道及口门区处的岸线右移量最大, 为94 m, 口门区以外河段岸线右移量逐渐减小(图2)。

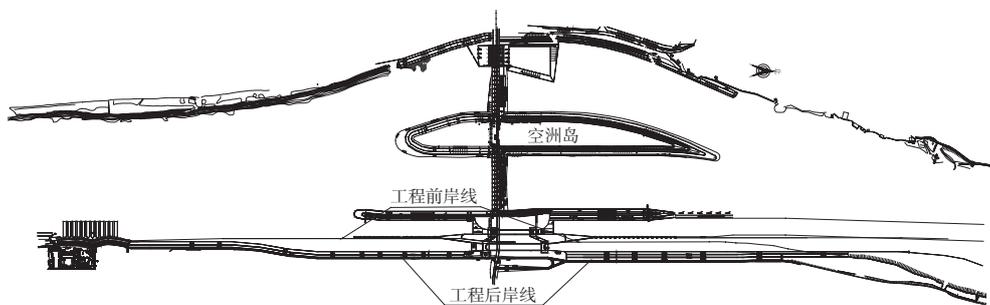


图2 工程前后边界条件变化

4 二线船闸建设对一线船闸通航水流条件影响

4.1 工程前后一线船闸上游口门区及连接段通航水流条件变化

1) 工程前一线船闸上游口门区内水流流态为斜流与回流并存。工程后一线船闸口门区内的回流消失, 整个口门区完全处于斜流范围内(图3)。该流态主要是由于扩建船闸的开挖, 引入二线船闸上游口门区的水流斜越一线船闸口门区所致。

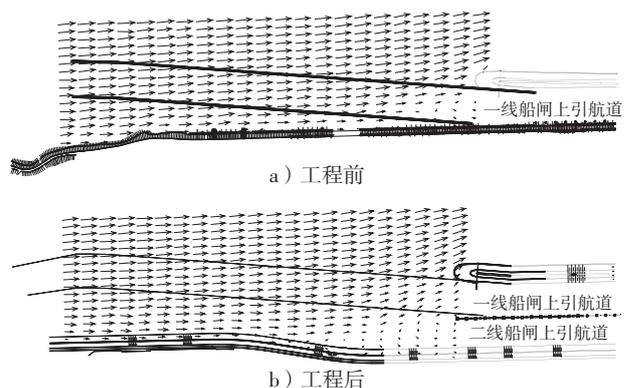


图3 工程前后一线船闸上游口门区及连接段航道流场

2) 工程后一线船闸口门区内断面平均斜向流速和横向流速(表1)较工程前增加0.1~0.2 m/s。

口门区横断面流速分布呈现由右至左逐渐增大的态势,与工程前相同。

表1 工程前后一线船闸上游航道断面平均斜向流速和平均横向流速变化

流向	距口门/ m	m/s							
		4 000 m ³ /s		7 370 m ³ /s		11 400 m ³ /s		17 600 m ³ /s	
		工程前	工程后	工程前	工程后	工程前	工程后	工程前	工程后
平均斜向	0	0.05	0.13	0.21	0.36	0.24	0.29	0.31	0.35
	100	0.18	0.29	0.50	0.61	0.61	0.83	0.81	1.00
	200	0.28	0.39	0.77	0.84	0.96	1.05	1.24	1.38
	300	0.40	0.46	0.99	0.93	1.30	1.25	1.60	1.50
	400	0.51	0.51	1.10	1.02	1.50	1.41	1.75	1.67
	500	0.53	0.57	1.13	1.04	1.48	1.43	1.76	1.69
	600	0.56	0.56	1.12	1.08	1.49	1.45	1.81	1.73
	700	0.56	0.58	1.17	1.10	1.61	1.54	1.87	1.82
800	0.63	0.64	1.16	1.20	1.66	1.61	2.01	1.97	
平均横向	0	0.00	0.09	0.07	0.27	0.07	0.21	0.12	0.12
	100	0.00	0.11	0.13	0.24	0.14	0.31	0.20	0.42
	200	0.04	0.07	0.20	0.23	0.22	0.30	0.37	0.36
	300	0.06	0.07	0.19	0.17	0.28	0.26	0.32	0.34
	400	0.08	0.06	0.12	0.16	0.19	0.24	0.32	0.34
	500	0.05	0.10	0.16	0.17	0.25	0.26	0.30	0.26
	600	0.09	0.05	0.21	0.18	0.27	0.25	0.31	0.28
	700	0.04	0.06	0.22	0.17	0.28	0.25	0.31	0.28
800	0.07	0.07	0.22	0.17	0.27	0.26	0.30	0.30	

3) 由于河道拓宽,过水断面增大,口门区末端和连接段航道流速较工程前稍有减小,幅度在0.1 m/s以内。

4) 从工程后上游口门区的整体水流条件来看,在流量小于2 a一遇洪水时,虽然口门区内的横、纵向流速较工程前有所增加,但仍基本在规范限值以内,通航水流条件满足要求,船舶(队)进出口门顺利;在流量超过2 a一遇洪水后,口门区内斜流明显,横断面的流速分布与工程前相同,仍是口门区左侧斜流较强、右侧稍弱。上行船队需避开左侧斜流沿航中线出口门较为顺利。下行船队进闸基本顺利,只是在进入口门区后受斜流影响航迹带较宽,占用了部分出闸航道。因此在大流量下,船闸上游需采用单线限航的方式保证船舶顺利进出船闸,船舶航行条件与工程前基本一致。

4.2 工程建设对下游口门区及连接段通航水流条件影响

工程后,在泄水闸关闭、电站发电工况下,船闸下游口门区及连接段大都处于静水和微弱的回流范围内,通航水流与工程前基本相同,且完

全满足规范要求。在泄水闸开启工况下,双线船闸下游口门区为大范围的斜流和回流区,连接段航道水流与航线夹角较大,工程前后一线船闸下游口门区及连接段航道水流条件产生以下变化(图4,表2):

1) 口门区左侧的导流墩与工程适应性较好,其导流效果明显,工程后一线船闸下游口门区水流条件较工程前变化不大,且基本能够满足规范要求;

2) 二线船闸下游航道的开挖、边界条件的右扩吸流,使得导流墩掩护区域外连接段斜流强度

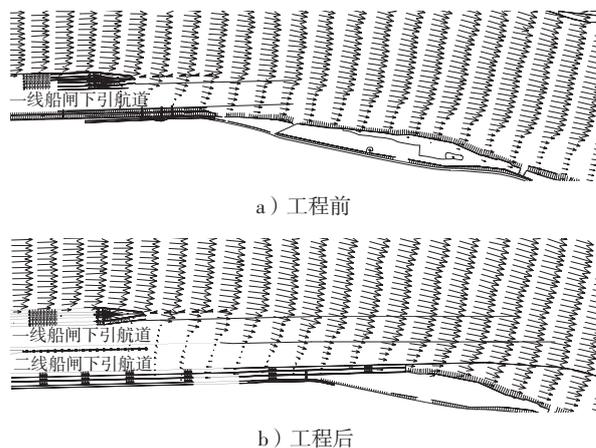


图4 工程前后一线船闸下游口门区及连接段航道流场

表2 工程前后一线船闸下游航道断面平均斜向流速和平均横向流速变化

流向	距口门/ m	4 000 m ³ /s		7 370 m ³ /s		11 400 m ³ /s		17 600 m ³ /s		m/s
		工程前	工程后	工程前	工程后	工程前	工程后	工程前	工程后	
平均斜向	0	0.05	0.07	0.10	0.08	0.20	0.13	0.37	0.30	
	100	0.18	0.23	0.32	0.35	0.47	0.37	0.69	0.61	
	200	0.21	0.33	0.48	0.44	0.71	0.63	0.92	0.89	
	300	0.29	0.34	0.57	0.55	0.82	0.75	1.09	1.11	
	400	0.36	0.31	0.67	0.70	0.91	0.87	1.25	1.29	
	500	0.43	0.43	0.82	0.89	1.03	1.01	1.40	1.39	
	600	0.54	0.57	0.93	0.96	1.17	1.12	1.52	1.47	
	700	0.65	0.66	1.11	1.12	1.33	1.27	1.66	1.64	
	800	0.77	0.78	1.27	1.30	1.43	1.42	1.81	1.77	
	900	0.85	0.82	1.40	1.42	1.59	1.60	1.93	1.95	
1 000	0.90	0.87	1.52	1.49	1.77	1.68	2.05	2.03		
平均横向	0	0.01	0.03	0.04	0.06	0.05	0.07	0.02	0.05	
	100	-0.02	-0.06	-0.04	-0.02	-0.03	-0.01	-0.14	-0.09	
	200	-0.03	-0.08	-0.09	-0.02	-0.11	-0.10	-0.21	-0.21	
	300	-0.04	-0.11	-0.06	-0.06	-0.14	-0.11	-0.25	-0.26	
	400	-0.05	-0.07	-0.12	-0.14	-0.16	-0.20	-0.26	-0.30	
	500	-0.08	-0.10	-0.17	-0.20	-0.17	-0.20	-0.26	-0.33	
	600	-0.10	-0.13	-0.13	-0.24	-0.19	-0.26	-0.26	-0.31	
	700	-0.07	-0.15	-0.15	-0.26	-0.18	-0.27	-0.30	-0.32	
	800	-0.13	-0.15	-0.18	-0.25	-0.21	-0.24	-0.30	-0.31	
	900	-0.12	-0.17	-0.20	-0.24	-0.22	-0.28	-0.30	-0.30	
1 000	-0.13	-0.15	-0.20	-0.25	-0.28	-0.30	-0.32	-0.33		

增加, 水流与航线夹角较工程前增大3°左右, 由此造成横向流速增大约0.05 ~ 0.1 m/s;

3) 工程后一线船闸水流条件的变化对船舶航行条件影响不大, 仍是在枢纽下泄流量 $Q > 15\ 200\ \text{m}^3/\text{s}$ 后, 航中线左侧部分测点横向流速超出规范要求的0.3 m/s, 船舶沿航道左侧下行航态略差。

5 结语

1) 二线船闸扩建工程对一线船闸水流条件产生一定影响。对于上游而言, 口门区内的水流流态由回流变为斜流, 连接段航道的水流流速小幅度减弱; 对于下游而言, 口门区水流条件变化不明显, 而连接段水流与航线夹角加大, 横向流速稍有增加。

2) 一线船闸上游口门区水流条件的变化主要是由于扩建船闸的开挖, 引入二线船闸上游口门区的水流斜越一线船门口门区所致。

3) 一线船闸下游口门区左侧的导流建筑物与工程建设适应性较好, 能够充分改善口门区水流条件。因此, 工程前后口门区水流条件变化不明显; 连接段航道水流条件的恶化主要是由于二线

船闸下游航道的开挖、边界条件的右扩吸流, 造成连接段斜流强度增加所致。

4) 总体来看, 二线船闸建设使得一线船闸通航水流条件稍有恶化, 但水流条件的改变对船舶航行条件影响不大, 工程前后船舶进出一线船闸的航行条件基本一致。

参考文献:

- [1] 湖南省交通规划勘察设计院. 湘江2 000吨级航道建设二期工程(衡阳—株洲)工程可行性研究报告[R]. 长沙: 湖南省交通规划勘察设计院, 2012.
- [2] 郝品正, 李军, 徐国兵. 微弯分汊河段航电枢纽总体布置与通航条件优化试验研究[J]. 水运工程, 2004(11): 66-69.
- [3] 平克军, 郝品正. 湘江株洲航电枢纽平面布置的研究试验[J]. 水道港口, 2002, 23(1): 22-29.
- [4] 李君涛, 郝品正, 李金合. 右江鱼梁航运枢纽平面布置优化研究[J]. 水道港口, 2007, 28(5): 348-353.
- [5] 赵清江, 黄进青, 王义安, 等. 松花江依兰航电枢纽总体布置试验研究[J]. 水道港口, 2009, 30(5): 361-364.