

嘉陵江利泽航运枢纽船闸总体布置研究

刘大川

(重庆航运建设发展(集团)有限公司,重庆 401121)

摘 要:利泽航运枢纽采用左船闸右厂房的整体布置方案。依托工程自身特点,结合水工模型试验,对各级流量下船闸上下游引航道通航水流条件进行了分析研究,提出了解决引航道口门区附近纵横流速以及回流速度过大的改善措施,进一步实现了对船闸总体布置的优化。

关键词:利泽航运枢纽;船闸;引航道;通航水流;总体布置;试验;研究

中图分类号:TV7;TV51;TV22 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)04-0137-04

Research on the General Layout of Lize Navigation Junction Shiplock of Jialing River

LIU Dachuan

(Chongqing Navigation Construction Development (Group) Co., LTD, Chongqing, 401121)

Abstract: Lize Navigation Junction adopts the general layout scheme of lock locates left and powerhouse locates right. Based on the characteristics of the project itself and combined with hydraulic model test, the navigation flow conditions of the upstream and downstream approach channel of the shiplock with different flow rates are analyzed and studied, and the improvement measures to solve the excessive longitudinal and transverse flow velocity and return flow velocity near the approach channel entrance area are proposed, which further realizes the optimization of the general layout of the shiplock.

Key words: Lize Navigation Junction; shiplock; approach channel; navigation flow; general layout; test; re-search

1 概 述

利泽航运枢纽工程系嘉陵江重庆境内梯级开发的第一级,位于距重庆市合川区大石街道 3.5 km 的嘉陵江上游利泽码头,距离合川城区大约 32 km。枢纽区河段跨越川渝两地,坝址处于天然河道较舒缓的河弯下游处,河道顺直,两岸均有山体接头,河谷断面呈宽缓不对称的“U”型谷,左岸陡、右岸缓,左岸为基岩岸坡,坡度一般为 30°~50°,右岸有阶地分布,呈台阶状地形,地势相对平缓,总体坡度在 15°~20°之间。

利泽航运枢纽工程是一个以渠化航道、发展航运为主,同时兼顾发电、防洪、生态等综合效益的河床式开发工程^[1]。主要建筑物由泄洪冲沙闸、电站厂房、非溢流坝、船闸和鱼道等组成,水库正常蓄水位高程 210.725 m,总库容 6.19 亿 m³^[2]。其上游与桐子壕枢纽船闸水位衔接,下游与草街电站回水衔接。利泽枢纽建成后,可渠化

坝址至桐子壕梯级间长约 26.5 km 的河道,使原来仅为 V 级的航运通道提高到高等级的 IV 级航道标准。枢纽船闸工程按 IV 级航道设计,可通航 2×500 t 级的船队,船闸有效尺寸采用 180 m×23 m×3.5 m(长×宽×槛上水深);船闸最高通航流量为 16 400 m³/s,运行采用 5 a 一遇洪水水位为设计最高通航水位,即上游设计最高通航水位高程 217.82 m,下游设计最高通航水位高程 217.17 m;最低通航水位按运行时的最低水位确定,即上游为高程 210.3 m,下游为高程 202 m;电站额定水头 5.4 m,额定单机引用流量 393 m³/s,装机容量 74 MW(4×18.5 MW),利泽航运枢纽已于 2019 年 3 月完成了一期工程土建工程、金属结构和机电设备安装工程的招标工作,2019 年 4 月 30 日开始了一期工程施工,预计于 2021 年 6 月 30 日一期工程完工,计划工期为 26 个月。

2 船闸布置情况

利泽航运枢纽船闸在工程初设阶段对左船闸

右厂房和左厂房右船闸进行了位置比选。若船闸布置在左岸,上、下游引航道均位于主河道上,与主河道直接顺直相接,有利于船舶安全快速进出船闸且厂房开挖量较小。若布置在右岸,下游引航道将偏离主河道,需设“S”形转弯才能与原主航道相接,并且需要开挖其下游的沙洲且下游溪沟的出水会恶化下游引航道内的水流条件,影响船舶的安全。从枢纽布置看,船闸布置在左岸较为有利。

利泽航运枢纽船闸全长 937.3 m,由上下闸首、闸室、上下游引航道的主辅导航墙、靠船墩、分水墙组成。上闸首采用整体式结构,由两侧边墩和底板组成,长 45.5 m,宽 43.4 m,顶高程为 238.5 m,闸首门槛高程为 206.3 m。闸室采用分离式,长 180 m,陆侧闸墙顶宽 2.5 m,外侧闸墙顶宽 3.5 m。下闸首采用整体式结构,长 32 m,宽 43.4 m,闸首顶高程为 219.4 m,门槛高程 198.5 m。船闸上行采用直线进闸、曲线出闸的过闸方式,下行采用曲线进闸、直线出闸的过闸方式。上游引

航道通过转弯半径为 800 m 的连接段航道向河侧转弯 31.5°与河道主河槽连接;下游引航道通过转弯半径为 600 m 的连接段航道向河侧转弯 10°与河道主河槽连接。

3 船闸总体布置研究

3.1 原设计方案船闸上引航道口门区的通航条件
水流条件为船闸除地形、地质条件外的最关键因素之一^[3]。例如,引航道与电站的相对位置、长宽以及弯曲半径等都是为满足通航水流条件而要求的。笔者针对利泽航运枢纽设计方案进行了水工模型试验,水工模型按重力相似准则设计,采用几何比尺为 $\lambda_L=\lambda_h=100$ 正态实体模型,对流量 $Q=4\ 300\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $6\ 750\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $7\ 000\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $16\ 400\text{ m}^3/\text{s}$ 四级流量、6 种工况上、下游引航道口门区通航水流条件进行了流速测定^[4]。设计方案的试验工况见表 1,主要上引航道口门区流速分布情况见表 2。

试验结果表明:当 $Q\leqslant 4\ 300\text{ m}^3/\text{s}$ (电站满

表 1 设计方案试验工况表

序号	工况	流量 / $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	上游库水位高程 /m	观测内容	备 注
1	电站满发	2 600	210.725	水位、流速、流态	
2	电站满发	4 300	210.725	水位、流速、流态	9 [#] ~14 [#] 孔开度为 0.46
3	控泄	6 750	210.725	水位、流速、流态	2 [#] ~14 [#] 孔全开
4	控泄	7 000	210.725	水位、流速、流态	2 [#] ~14 [#] 孔全开, 1 [#] 孔控开,开度为 0.5
5	敞泄	7 000	210.715	水位、流速、流态	敞泄
6	敞泄	16 400	217.56	水位、流速、流态	最高通航流量

表 2 原方案上引航道口门区水流条件表

流量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	最大流速 / $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			回流区范围 /m	备 注
	$V_{\text{纵max}}$	$V_{\text{横max}}$	$V_{\text{回max}}$		
2 600	1.1	0.12	0.15	0~0+45	$H=210.725\text{ m}$,电站满发
4 300	1.38	0.23	0.4	0~0+45	$H=210.725\text{ m}$,电站满发
6 750	1.68	0.48	0.5	0~0+50	$H=210.725\text{ m}$,控泄
7 000	2.13	0.51	0.53	0~0+50	$H=210.725\text{ m}$,控泄
16 400	2.31	0.65	0.63	0~0+50	$H=217.56\text{ m}$,敞泄

注: H 为水位高程,m。

发)时,坝前水位保持在正常蓄水位高程 210.725 m 运行,船闸上游引航道口门区纵、横向流速值均满足通航要求,这是由于水库壅水致使坝前水位较高、库区水流相对较缓的缘故;但随着上游来水流量的加大,船闸上游引航道口门区附近流速变大且因船闸布置在枢纽弯道河段的左岸、弯道的凹岸和河段的深槽,因此,在流量 $Q>6\ 750\text{ m}^3/\text{s}$ 以上流量时,船闸上引航道口门区的纵横向流速均大于标准规定值,不满足口门区通航水流

条件标准要求,特别是当 $Q>16\ 400\text{ m}^3/\text{s}$ 时,无论水库是保持正常蓄水位还是冲沙水位,纵横向流速均超过通航标准。

改善措施:在坝轴线上游上引航道口门区外 0+850(上 1[#]丁坝)、0+1 020(上 2[#]丁坝)增设两根潜丁坝,上 1[#]丁坝坝顶长 35 m,丁坝顶宽 2 m,坝顶高程 206.5 m,迎水面坡度为 1:1,背水面坡度为 1:2;上 2[#]丁坝坝顶长 45 m,丁坝顶宽 2 m,坝顶高程为 206.5 m,迎水面坡度为 1:1,背

水面坡度为 1 : 2。改善后的流速分布情况见表 3。(1)当流量 $Q=4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 时,水库按正常蓄

表 3 优化后方案上引航道口门区水流条件表

流量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	最大流速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			回流区范围 /m	备 注
	$V_{\text{纵max}}$	$V_{\text{横max}}$	$V_{\text{回max}}$		
2 600	—	—	—	—	—
4 300	0.79	0.06	0	—	$H=210.725\text{ m}$, 电站满发
6 750	1.1	0.1	0	—	$H=210.725\text{ m}$, 控泄
7 000	1.43	0.1	0	—	$H=210.725\text{ m}$, 控泄
16 400	1.91	0.13	0	—	$H=217.56\text{ m}$, 敞泄

水位高程 210.725 m 运行。口门区范围内最大纵向流速为 0.79 m/s,最大横向流速为 0.06 m/s,无回流。

(2)当流量 $Q=6\,750\text{ m}^3/\text{s}$ 时,水库按正常蓄水位高程 210.725 m 运行,泄洪冲沙闸 1~12[#] 孔全开,13[#] 孔控开泄水。最大纵向流速为 1.1 m/s,横向流速为 0.1 m/s,无回流。

(3)当流量 $Q=16\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 时,水库敞泄。最大纵向流速为 1.91 m/s,最大横向流速为 0.13 m/s,无回流。

这是由于在上引航道设潜丁坝的缘故,调整了引航道口门区单宽流量分布,很好地保障了引航道口门区内的水流条件,使引航道口门区的水流条件能够满足标准规定的水力指标,能给船只提供良好的通行条件。

3.2 原设计方案船闸下引航道口门区的通航条件

原设计方案船闸下引航道口门区流速分布情况见表 4。

试验结果表明:船闸下引航道布置在弯道左

表 4 原方案船闸下引航道口门区水流条件表

流量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	最大流速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			回流区范围 /m	备 注
	$V_{\text{纵max}}$	$V_{\text{横max}}$	$V_{\text{回max}}$		
2 600	1.81	0.35	0.3	—	$H=210.725\text{ m}$, 电站满发
4 300	2.13	0.43	0.53	0+200~0+280	$H=210.725\text{ m}$, 电站满发
6 750	2.2	0.61	0.8	0+200~0+280	$H=210.725\text{ m}$, 控泄
7 000	2.25	0.63	0.85	0+200~0+280	$H=210.725\text{ m}$, 控泄
16 400	2.31	0.65	0.91	0+200~0+280	$H=217.56\text{ m}$, 敞泄

岸深槽内且位于弯道末端,当上游来流量 $Q=4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 时,上游右侧电站尾水渠以及冲沙闸下泄的水流向下引航道口门区尾端以下的枯水主河槽冲去,形成较大的回流区,其各项指标均不满足通航要求;当上游来流量 $Q=6\,750\text{ m}^3/\text{s}$ 时,其流态和 $Q=4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 时大致相同,右岸电厂的出流和右岸 7~14[#] 孔泄洪冲沙闸运行,电厂尾水和出闸水流与船闸口门轴线的交角约为 40°~45°,导致船闸下引航道口门区及连接段出现高强度、大面积的回流区,最大回流流速达 0.8 m/s 以上;当上游来流量 $Q=16\,400\text{ m}^3/\text{s}$ 时,其纵横向流速大大超过《船闸设计规范》允许值^[5]。

改善措施:

(1)为减小下引航道口门区的回流,在坝轴线下游下引航道口门区左侧 0+1 380(下 1[#] 丁坝)、0+1 620(下 2[#] 丁坝)处增设了两根丁坝,下 1[#] 丁坝坝顶长 35 m,丁坝顶宽 2 m,坝顶高程 209 m;下 2[#] 丁坝坝顶长 45 m,坝顶高程为 209 m,迎

水面坡度为 1 : 1,背水面坡度为 1 : 2。

(2)将下游引航道内导墙直线段末喇叭口段延长至 100 m,末端桩号为 0+744.88,喇叭口段轴线与直线段轴线夹角由 15°调整为 9°。

(3)在喇叭口段开孔,孔宽 3 m,孔高 10 m,孔间距 5 m,孔轴向与堤轴线呈 40°交角。

改善后的流速分布情况见表 5。

由表 5 可以看出:

(1)当流量 $Q=4\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 时,水库按正常蓄水位高程 210.725 m 运行,电站发电,最大纵向流速为 1.83 m/s,最大横向流速为 0.1 m/s,无回流,口门区范围内纵向流速、横向流速以及回流速度均满足规范要求。

(2)当流量 $Q=6\,750\text{ m}^3/\text{s}$ 时,水库按正常蓄水位高程 210.725 m 运行,泄洪冲沙闸 1~12[#] 孔全开,13[#] 孔控开泄水。口门区内纵向流速达 1.81 m/s,横向流速为 0,回流速度为 0.32 m/s。纵横向流速及回流速度均满足规范要求。

(3)当流量 $Q=16\ 400\ \text{m}^3/\text{s}$ 时,水库敞泄。最大纵向流速为 $1.4\ \text{m/s}$,最大横向流速为 0.19

表 5 优化后方案下引航道口门区水流条件表

流量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	最大流速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$			回流区范围 /m	备 注
	$V_{\text{纵max}}$	$V_{\text{横max}}$	$V_{\text{回max}}$		
2 600	1.1	0.05	0	—	—
4 300	1.83	0.1	0	—	+ $H=210.725\ \text{m}$,电站满发
6 750	1.81	0	0.32	0+200~0+280	$H=210.725\ \text{m}$,控泄
7 000	1.52	0.12	0.4	0+200~0+280	$H=210.725\ \text{m}$,控泄
16 400	1.4	0.19	0.46	0+200~0+280	$H=217.56\ \text{m}$,敞泄

m/s,个别点最大回流速度为 $0.46\ \text{m/s}$ 。口门区范围内纵向流速、横向流速以及回流速度基本满足规范要求。

综上所述,通过修建下引航道口门左侧处两根丁坝、延长导墙直线段末的喇叭口、调整喇叭口段轴线与直线段轴线夹角等措施,使下泄水流直冲下引航道口门区尾段的现象基本消失,该区域存在的回流基本消除,流速分布变得均匀。

4 结 语

通过试验研究与工程自身特点,在确定左船闸、右厂房设计方案整体布局下,笔者与设计人员提出了将下游引航道内导墙直线段末喇叭口段延长、上下游引航道丁坝的设置以及下游喇叭口段轴线与直线段轴线夹角调整的工程优化措施合理可行,且工程量较原来相比有所减小,航道标准较

原来有所提高,所取得的经验可为类似航运枢纽工程提供借鉴。

参考文献:

[1] 程锡章.利泽航电枢纽下游河道冲刷与通航条件的影响研究[D].重庆:重庆交通大学,2012.
[2] 孔祥远.川江支流引航道口门区通航水流条件分析[D].重庆:重庆交通大学,2016.
[3] 周玉洁.犍为航电枢纽总体布置及通航问题研究[D].重庆:重庆交通大学,2011.
[4] 尹崇清,刘 洋,张 湛.嘉陵江苍溪航电枢纽通航水力学试验研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2013,32(5):1023—1024.
[5] JTJ305—2001,船闸总体设计规范[S].

作者简介:

刘大川(1963-),男,重庆市人,党委书记、董事长,高级工程师,工程硕士,主要研究方向:内河航电枢纽、港口码头的建设与经营管理工作。(责任编辑:李燕辉)

《四川水力发电》杂志投稿须知

1. 文稿务求论点明确,论据可靠,数字准确,文字精练;文稿内容应注意保守国家机密,若涉及国家机密泄漏的将不予采纳。投稿论文一般为 3000~5000 字(不超过 6000 字。包括图表);文题准确、简要,一般控制在 20 字以内。来稿请附 3~8 个中文关键词和 200 字以内的摘要(摘要为独立短文,以第三人称书写。主要内容为“目的、方法、结果、结论”,客观阐述,不加评论);文稿需附英文文题、关键词、摘要、作者单位的译名以及作者姓名的汉语拼音、个人电话/电子邮箱(仅用于文稿编辑期间的联系)等。2. 文稿应以 Word 文件发送(不得设置任何格式),投稿请通过电子邮件发送至《四川水力发电》杂志邮箱:scsd50@163.com。文稿请使用简化字,数字按国家标准 GB/T 15835—1995(出版物上数字用法的规定)书写,计量采用国家法定计量单位及其书写的规则。外文需注明文种、大小写和正斜体。正文中使用的图表应为位图(或灰度图);图宽 8 cm 为宜(单栏图),如图太大可增加到 16 cm(通栏图);图中字号为 7 磅;坐标图中如曲线达到 3 条以上应采用线型区分;位图分辨率要求为灰度图 300 像素。3. 文稿中的摘编或引用他人文章内容(或资料)务必请按《著作权法》中的有关规定指明原作者姓名、文章名称及其来源等,在参考文献栏中列出。否则,若涉及到著作权等的纠纷,责任由来稿人自负。参考文献按国家标准(GB/T 7714—2005)给出。未公开发表的资料请勿列入参考文献,必要时可在文中加注或脚注。4. 凡文稿内容涉及国家科技攻关项目、自然科学基金资助项目或其他国家、部、省级科研项目的均请在首页下注标明。5. 请提供作者的身份信息,主要内容包括:姓名(出生年份)、性别、民族(少数民族要注明,汉族可省略),籍贯(如“四川成都人”)、职务、职称、学位、所从事的工作。6. 来稿不符本刊规定者,本刊将退请作者进行处理和修改。7. 来稿请自留底稿,无论刊登与否恕不退稿。稿件审稿情况请通过《四川水力发电》杂志的邮箱与本刊编辑部联系。来稿 3 个月内本刊必作用稿回复,如未回复,请作者另行处理。8. 来稿内容应作为作者未曾公开发表过的成果。请勿一稿多投!凡被本刊录用的稿件将一律纳入“万方数据数字化期刊群”“《超星数字图书馆》入编期刊”“中文科技期刊数据库”等数据库,凡不同意者,请另投他刊。本刊所付稿酬包涵刊物内容上网服务报酬,不再另付,您若不同意上网,本刊将不予刊登。

来稿请投入本刊收稿邮箱:scsd50@163.com 联系电话:(028)87392992