

对《船闸总体设计规范》中引航道布置及尺度的讨论

郑宝友, 戈龙仔, 周华兴

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

摘要: 在《船闸总体设计规范》中规定了引航道尺度及布置,以指导工程设计,但鉴于山区河流枢纽船闸受地质、地形条件的影响,尤其受边界条件的制约,很难满足规范要求.为此,根据枢纽船闸引航道的工程实践,对引航道长度、宽度、制动段、布置形式及停泊位置等问题,进行实践与规范的对照、比较和讨论,提出山区河流枢纽船闸引航道长度可适当缩短,口门可不加宽;引航道布置可为半开敞的直线式、曲线式;停泊段可设在引航道扩大段或口门区内等建议.通过原型代表船型及船队的检验,以供规范修订时参考.

关键词: 船闸; 引航道; 布置; 尺度; 规范; 讨论

中图分类号: U641

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2012)04-0044-05

20世纪80年代交通部组织设计、科研、高等院校以及管理等有关单位,通过收集国内外船闸工程布置、运转和科研资料,调研船闸工程,在总结建国40年来我国船闸建设的实践经验和科研成果及吸收国外先进技术的基础上,于1987年制定了《船闸设计规范》,以指导工程设计,促进工程建设的发展.规范使用十余年后,在进一步总结船闸建设经验的基础上,对原规范中总体布置设计内容进行了修订和增补,于2001年修订成《船闸总体设计规范》出版^[1].近几年来,随着国家经济实力的增强和科技水平的提高,有关设计、科研单位结合西部开发,对西江、嘉陵江、涪江、湘江等通航枢纽工程进行水工模型试验研究,对枢纽中船闸引航道、口门区及连接段的布置,通航水流条件与航行条件的限值有了更深的认识,也为船闸总体设计规范的再修订提供了依据.现将山区及丘陵地区河流航电(运)枢纽工程中船闸引航道布置的工程实践^[2-6],与规范的布置要求进行比较分析,提出山区河流船闸引航道的布置可有别于规范规定的观点,重新确定了山区河流引航道的布置方法,供规范修订时参考.

1 有关船闸引航道尺度的讨论

1.1 引航道的长度

1.1.1 规范规定的引航道长度 《船闸总体设计规范》(JTJ 305—2001)中定义引航道长度由导航段 L_1 ,调顺段 L_2 ,停泊段 L_3 和制动段 L_4 等组成见图1,引航道直线段长度 $L_{直}=L_1+L_2+L_3$,对顶推船队,该长度为 $(3.5 \sim 4.0)L_c$ (L_c 为控制船队的长度).而对引航道长度 $L=L_1+L_2+L_3+(L_4-L_3)=L_1+L_2+L_4$,其中 L_4 为制动段长度(内包含停泊段).

按《船闸总体设计规范》的设计原则,制动段包括在引航道内,“制动段的长度应满足船舶、船队制动的需

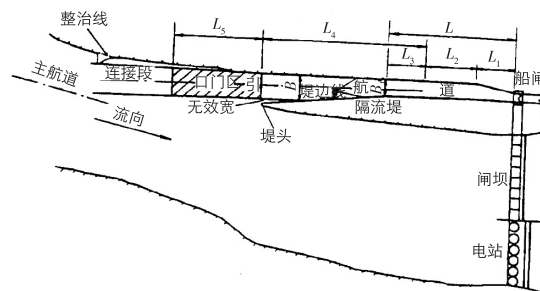


图1 引航道、口门区、连接段示意图

Fig. 1 Sketch of the approach channel, entrance and connecting segment

收稿日期: 2012-02-20

作者简介: 郑宝友(1956-),男,河北霸州人,教授级高级工程师,主要从事港口及航道工程研究.

E-mail: zhengbaoyou@vip.sina.com.

要,并根据口门区流速的大小、设计最大船舶、船队的长度和性能确定”。这里提出的确定原则,除可定量的口门区流速大小、船队的长度和船队机组功率性能外,还与不可定量的船队位置、驾引人员操作经验及船舶进出闸方式等因素有关,这就给引航道导航隔流堤长度设计带来困难。

按规范要求,引航道长度应大于直线段长度,即 $L > (3.5 \sim 4.0) L_c$ 。至此又提出当“山区Ⅲ~Ⅶ级和平原Ⅳ~Ⅶ级的船闸,当受地形等条件限制,不能满足直线段长度要求时,可在满足安全进、出闸和通过能力要求的条件下,通过技术经济论证进行布置,”这说明引航道长度可小于直线段长度。

1.1.2 枢纽工程船闸引航道长度^[7] 这里定义导航隔流堤(墙)内侧为引航道,堤头上游或下游为口门区。该“堤”长度就是引航道长度。统计了有关山区河流航运枢纽船闸引航道的长度(表1),可见那吉、大源渡、贵港、桂平、凤仪场、马回、孟洲坝、青居等船闸的上下游引航道直线段长度 $L_{\text{直}} \geq 3.5L_c$ 。基本满足规范要求;桐子壕、东西关、新政、金溪场、西津、七里垅等船闸的上下游引航道直线段长度 $L_{\text{直}} < 3.5L_c$,不满足规范要求。

山区河流枢纽船闸引航道长度满足 $L_{\text{直}} \geq 3.5L_c$ 时,Ⅲ级航道为 560~640 m,Ⅳ级航道为 380~440 m。要达到这个要求,已很困难。表中有的船闸大于该值,是地形条件决定的,并非考虑制动段的要求。所以制动段主要是上游引航道船舶(队)的冲程。

根据表1 航运枢纽的工程实践^[8-10],引航道长度就是直线段长度的有那吉、贵港、大源渡枢纽工程;而其他枢纽工程的导航隔流堤均比引航道直线段短,则口门区就是原引航道长度中的制动段。

表1 工程实践中引航道长度

Tab.1 Length of the approach channel in engineering practices

船闸名称	导航隔流堤(墙)长度/m		航道等级	$L_{\text{上}}/L_c$	$L_{\text{下}}/L_c$	船闸名称	导航隔流堤(墙)长度/m		航道等级	$L_{\text{上}}/L_c$	$L_{\text{下}}/L_c$
	上游	下游					上游	下游			
那吉	585	575	Ⅲ	3.66	3.59	桂平	1030	880	Ⅲ	6.43	5.38
大源渡	640.0(1119)	510.0(905)	Ⅲ	4	3.19	马回	500.0(405)	570.0(388)	Ⅳ	4.55	4.64
贵港	826.0(1279)	400.0(720)	Ⅲ	5.16	2.5	青居	约461	—	Ⅳ	4.19	—
桐子壕	138	269	Ⅳ	1.25	2.45	草街	180	458	Ⅲ	1.13	2.86
东西关	约330.0	220	Ⅳ	3	2	苍溪	180	180	Ⅳ	1.98	1.98
新政	210	180	Ⅳ	1.91	1.64	金溪	140	180	Ⅳ	1.27	1.64
金溪场	182	200	Ⅳ	1.65	1.82	桥巩	800	700	Ⅳ	7.27	6.36
凤仪场	约552.0	318	Ⅳ	5	2.89	景洪升船机	—	670	V	—	7.44

注:设Ⅲ级航道的代表船队为 1+2×1 000 t 顶推船队,船队长度 $L_c = 160$ m;设Ⅳ级航道的代表船队为 1+2×500 t 顶推船队,船队长度 $L_c = 110$ m;设V级航道的代表船队为 1+2×300 t 顶推船队,船队长度 $L_c = 90$ m

1.2 引航道宽度

在《船闸总体设计规范》的 5.5.2.1 款中对引航道的宽度作了规定,对单线船闸的引航道宽度与布置型式有关,对于反对称和不对称型的引航宽度 $B_0 = 3.5b_c$,对称型式 $B_0 = 5b_c$, b_c 为代表船舶、船队的宽度。但在 5.3.1 条中,“船闸引航道、口门区与连接段见图 5.3.1(即本文图 1)。口门区的宽度应与引航道口门有效宽度相同(见图 B_1)”。同时在图中隔流堤堤头处标注了,当堤头处宽度大于有效宽度的部分,为无效宽。

这样,对于引航道宽度的设计在 5.5.1.2 款已是很明确,而在图 5.3.1 中出现了引航道口门有效宽度, $B_1 - B_0 = \Delta B$,该 ΔB 如何确定,未作交待,使规范操作困难。希望在规范修订时给予明确。笔者翻阅了原《船闸设计规范》(JTJ 261—87),该规范交待了 ΔB 的取值, $\Delta B = B_1 - B_0$, $B_1 = 1.5B_0$, $\Delta B = 0.5B_0$ 。同时笔者统计了国内部分船闸引航道宽度与口门宽(见表 2)。从表 2 可见: B_1/B_0 在 1.0~1.8 之间变化, $\Delta B = (0 \sim 0.8) B_0$ 。若取 $0.5B_0$ 是合适的。

对于隔流堤堤头处的无效宽问题,在规范修订时建议取消,用 $\Delta B \geq 0.5B_0$ 表示即可,因为倘若地形条件许可适当增加口门的宽度,对船舶由宽阔水域进入狭窄航道也是有帮助的。由于水流运动的时刻变化,以及船舶航行时常发生摇摆、倾侧、波动等现象,在一般水流条件下,船舶也会偏离航线。当船舶从较宽的水域进入限制性航道时会发生岸吸、低吸、风、浪和错船干扰以及人的心理因素等影响,因此引航道口门应适当加

宽,并在平面和立面上设渐变段,以缓和水流对船舶航行的影响;口门加宽值与水流条件、船舶条件、航道尺度、运行方式等有关。

表 2 工程实践中引航道宽度
Tab.2 Width of the approach channel in engineering practices

序号	船闸名称	航道等级	引航道宽度/m				$B_{1上}/B_0$	$B_{1下}/B_0$
			上游		下游			
			底宽	口门宽	底宽	口门宽		
1	草街	Ⅲ	53.5	65	53.5	65	1.21	1.21
2	苍溪	Ⅳ	40	50	40	45	1.25	1.13
3	新政	Ⅳ	40	40	40	40	1	1
4	金溪	Ⅳ	40	40	40	40	1	1
5	凤仪场	Ⅳ	40	40	40	40	1	1
6	向家坝	Ⅳ	—	—	40	51	—	1.28
7	桥巩	Ⅳ	40	57	40	57	1.43	1.43
8	景洪升船机	Ⅴ	—	—	40	40	—	1
9	那吉	Ⅲ	45	74.5	45	67.5	1.66	1.5
10	贵港	Ⅲ	45	68	45	68.0.	1.51	1.51
11	桐子壕	Ⅳ	16~40.0	57.0(40.0)	16~40.0	57.0(40.0)	1.43(1.0)	1.43(1.0)
12	东西关	Ⅳ	23~110.0	110	23~80.0	80	—	—
13	大源渡	Ⅲ	45	60	45	60	1.33	1.33
14	青居	Ⅳ	16~150.0	150	16~150.0	150	—	—
15	孟洲坝	Ⅵ	35	35	35	35	1	1
16	马回	Ⅳ	40	69	40	69	1.73	1.73

注:桐子壕、东西关、青居等 3 座船闸为变宽度。

1.3 制动段

从工程实践而言,制动段中的停泊段有的在引航道内,有的在口门区内,而真正意义上制动段既在引航道又在口门区内. 对于上游引航道,船舶(队)进闸会形成冲程,船舶(队)必须制动(减速),但难以确定能否在靠船墩处停泊. 美国密西西比河委员会 1971 年 10 月出版的《密西西比河航运》中,介绍该河流航运情况时,曾提到“船队的制动距离为 0.5~1 哩(1 哩=1609.3 m),具体数值应视船队大小、推轮功率性能与航向而定”. 另,在“船模航行试验引航道口门区允许流速”报告中,提到“美国则是采用船模航行实验来判断口门水流是否碍航,也就是在水工模型上,口门上游一定地点,使模型船队停机后,顺水漂流自行,若船队模型能顺利进入口门,说明航态满足要求”. 因此,船舶能否在靠船墩处停泊,有待积累资料和深入研究.

上游与下游引航道口门区设置制动段有所区别. 由于船舶(队)从上游顺流而下,受水流的影响,舵效很难发挥;当推轮停机后,船队受纵向水流的影响,产生冲程,因此对上游口门区一定要考虑船舶(队)的制动. 至于下游引航道,船舶出闸时的速度较小,一般约在 1.0 m / s,且下行时又不在靠船墩处停泊;对于船舶(队)上行进闸,船队逆流而上,速度易控制. 至于船舶(队)能否在下游引航道靠船墩处顺利安全停泊,取决于口门区的流态、回流的大小与强度,该流态与泄洪流量及泄洪闸开启方式有关,一般通过模型试验,通航水流条件能得到改善.

2 引航道布置形式的讨论

在“山区河流渠化枢纽总体布置综合研究”报告中,针对嘉陵江梯级渠化工程,提出了引航道半开敞直线布置型式(新政枢纽、金溪坊枢纽);引航道半开敞曲线布置形式(凤仪场枢纽);限制性引航道的曲线布置型式(青居枢纽)以及引航道停泊段与调顺段重合布置形式(见图 2). 这些布置形式具有典型山区河流的特点,航道能充分利用一侧的河岸地形和另一侧的开阔水域. 若以导航隔流堤(墙)头范围内为引航道,则长度甚短,引航道向口门区延伸,引航道的一部分为开敞式,同时也成为口门区一部分,这种布置受航道河岸边界

条件的制约顺应河岸边界的特点,导航隔流堤较短,停泊段在口门区,适合山区河流枢纽船闸引航道布置,并且在嘉陵江梯级开发的渠化枢纽工程中应用,由于目前的船舶(队)尺度较小,尚未达到设计的代表船型及船队,倘若通过原体实船检验,可作为山区河流枢纽通航船闸布置及规范条文修改的依据。

靠船墩在引航道工程实践中的位置有3种类型:一是在引航道直线段上;二是在引航道扩大段范围内;三是在引航道口门外口门区范围内。靠船墩的布置受地理、地质、地形条件的影响,尤其受边界条件的制约,山区河流河道弯曲,直线段很短,靠船墩布置在引航道口门外口门区范围内,如苍溪、新政、金溪场、过军渡、东西关、桐子壕、红岩子等枢纽船闸;有些枢纽船闸工程靠船墩布置在引航道扩大段处,如老口、那吉、贵港(上游)等;布置在引航道直线段内的枢纽船闸工程有三峡、葛洲坝、金鸡、长洲、青居(上游)等(见表3)。不同停泊位置受水流条件的影响是有差异的,靠船墩在引航道直线段内,受船闸充泄水在引航道内产生长波运动,形成较大的水面比降的影响、船舶(队)的系缆力大,但风浪影响小;靠船墩在口门外时,受泄水闸泄水波、风浪及水流条件的影响大,而系缆力小;而靠船墩在扩大段时,介于二者之间,因此从船舶(队)停泊条件的系缆力大小而论,船舶(队)停在口门外系缆力会减小。

表3 工程实践中靠船墩位置

Tab. 3 Locations of berthing pier in engineering practices

序号	船闸名称	航道等级	靠船墩位置		序号	船闸名称	航道等级	靠船墩位置	
			上游	下游				上游	下游
1	草街	Ⅲ	口门区内	—	8	景洪升船机	V	—	口门区内
2	苍溪	Ⅳ	口门区内	口门区内	9	那吉	Ⅲ	引航道扩大段	引航道扩大段
3	新政	Ⅳ	口门区内	口门区内	10	桐子壕	Ⅳ	口门区范围内	口门区范围内
4	金溪	Ⅳ	口门区内	口门区内	11	东西关	Ⅳ	引航道和口门区内	口门区范围内
5	风溪场	Ⅳ	口门区内	口门区内	12	青居	Ⅳ	引航道内	—
6	向家坝船机	Ⅳ	—	引航道扩大段	13	大源渡	Ⅲ	引航道内	引航道内
7	桥巩	Ⅳ	引航道扩大段	引航道扩大段	14	贵港	Ⅲ	引航道内	引航道扩大段

3 结 语

(1) 船闸引航道长度,按规范要求 $L_{\text{引}} \geq (3.5 \sim 4.0) L_c$, 但结合山区河流的实际,经模型试验论证,可适当缩短。

(2) 引航道宽度一般均满足规范要求,也未规定引航道一定要加宽。经有关工程实践的统计,若需加宽时,加宽值 $\Delta B \geq 0.5 B_0$ 。

(3) 在嘉陵江梯级渠化工程中,针对山区河流的特点,提出引航道半开敞直线、半开敞曲线及限制引航道曲线布置形式,若经原体设计代表船型及船队检验,可供引航道布置和规范修订时参考。

(4) 制动段影响引航道长度,对制动段长度的确定尚需积累原体船舶(队)在各种水流条件下,船队停机后冲程制动距离方面的资料。

(5) 鉴于山区河流弯曲或微弯河段组成引航道直线段长度很难满足规范要求,直线段中的停泊段既可以安排在引航道内或口门区内,也可以直线布置或结合地形条件呈弯曲转布置。

参 考 文 献:

- [1] JTJ 305—2001, 船闸总体设计规范[S]. (JTJ 305—2001, Code for master design of shiplocks[S]. (in Chinese))

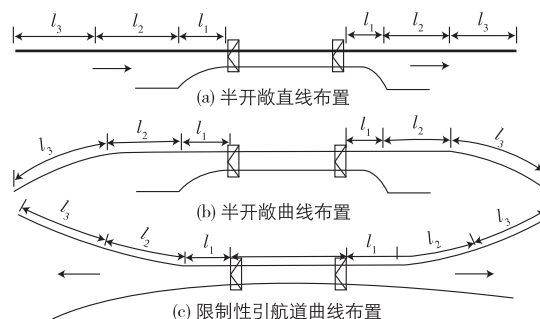


图2 船闸引航道布置型式

Fig. 2 Layout of the approach channel of ship lock

- [2] 尹崇清. 通航建筑物口门区及连接段通航水流条件试验研究报告[R]. 重庆:重庆西南水运工程科学研究所,2006. (YIN Chong-qing. Test study on flow condition for the entrance area and the transitional channel of the navigation structures[R]. Chongqing: Chongqing Southwest Water Transport Engineering Research Institute, 2006. (in Chinese))
- [3] 李焱. 那吉航运枢纽通航水流条件水工模型试验报告[R]. 天津:交通运输部天津水运工程科学研究所,2003. (LI Yan. Test study on flow condition for Naji Hydro-junction Project[R]. Tianjin: Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Ministry of Transport, 2003. (in Chinese))
- [4] 周华兴. 船闸通航水力学研究[M]. 吉林:东北林业大学出版社,2007. (ZHOU Hua-xing. Study on shiplock hydraulics [M]. Jilin: Northeast Forestry University Press, 2007. (in Chinese))
- [5] 刘彦. 山区河流渠化枢纽总体布置综合研究[R]. 成都:四川省交通厅内河勘察设计研究所,2003. (LIU Yan. Comprehensive study on general layout of mountain rivers and drainage of the hub[R]. Chengdu: Sichuan Communications Surveying & Design Institute, 2003. (in Chinese))
- [6] 陈作强,卢文蕾,王敏芳. 通航建筑物引航道通航水流条件研究[R]. 成都:四川省交通厅交通勘察设计研究院,2006. (CHEN Zuo-qiang, LU Wen-lei, WANG Min-fang. Study on flow condition for the transitional channel of the navigation structures[R]. Chengdu: Sichuan Communications Surveying & Design Institute, 2006. (in Chinese))
- [7] 王作高. 船闸设计[M]. 北京:水利电力出版社,1992. (WANG Zuo-gao. Design of shiplocks[M]. Beijing: Water Resources and Electric Power Press, 1992. (in Chinese))
- [8] 陈桂馥,张晓明,王召兵. 船闸导航建筑物透明形式对通航水流条件的影响[J]. 水运工程,2004(9): 56-58. (CHEN Gui-fu, ZHANG Xiao-ming, WANG Zhao-bing. Influence of open-type guide works on flow condition for navigation of shiplock[J]. 水运工程, 2004(9): 56-58. (in Chinese))
- [9] 胡旭跃,李彪,徐立. 水利枢纽通航水流条件研究综述[J]. 水运工程,2005(11): 59-64. (HU Xu-yue, LI Biao, XU Li. A review of research on navigation flow condition of hydro-junction[J]. 水运工程, 2005(11): 59-64. (in Chinese))
- [10] 周华兴,郑宝友,李炎. 那吉航运枢纽船闸口门连接段航行条件分析[J]. 水道港口,2004(1): 11-15. (ZHOU Hua-xing, ZHENG Bao-you, LI Yan. Analysis of navigational conditions of the transitional channel of lock entrance of Naji Hydro-junction Project [J]. Journal of Waterway and Harbor, 2004(1): 11-15. (in Chinese))

Discussion on layout and dimension of approach channel in “Code for Master Design of Shiplocks”

ZHENG Bao-you, GE Long-zai, ZHOU Hua-xing

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

Abstract: In the “Code for Master Design of Shiplocks”, the scale and the layout of the approach channel are provided to guide the engineering design. However, the shiplock located in the mountain river can't meet the requirements of design code because it is affected by conditions of geology and topography, especially boundary conditions. Therefore, based on the practical engineering of the approach channel and shiplock, comparison and discussion are conducted for the problems about the approach channel length, width, layout and anchor position. The suggestions are as follows: the approach channel length could be shortened and the entrance is in no need to be widened, the layout of the approach channel could be designed as semi-open straight line style or curved style, anchor area would be set at the expanding part of the approach channel. These suggestions could be provided for design code revision, which should be checked by prototype ships and fleets.

Key words: shiplock; approach channel; layout; dimension; design code; discussion