

小清河航道通航水位确定

戈国庆, 耿 卓, 杨尊伟

(山东省交通规划设计院, 山东 济南 250031)

摘要: 航道通航水位是工程中主要技术参数, 是影响工程造价的重要因素。《内河通航标准》中明确规定对综合利用渠道以及设闸运河应综合分析确定航道通航水位。本文通过分析小清河航道水文状况, 并结合其行洪、排涝的主要功能和河道、滩地的实际情况, 确定航道通航特征水位, 为类似航道提供了一些建议。

关键词: 航道; 通航水位; 重现期; 保证率

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)10-0154-04

Determination of navigable water level for Xiaoqinghe channel

GE Guo-qing, GENG Zhuo, YANG Zun-wei

(Shandong Provincial Communications Planning and Design Institute, Jinan 250031, China)

Abstract: The navigable water level is the main technology parameter of engineering and an important factor affecting the project cost. The Inland Navigation Standard clearly stipulates that for the comprehensive channels and canals should with locks, the channel's navigable water level shall be determined based on a set up a comprehensive analysis. Based on the analysis of Xiaoqinghe channel hydrological condition, and considering the function of flood discharge and drainage, and combining with the actual situation of the waterway and rapids, we determine the navigable water level.

Keywords: channel; navigable water level; recurrence interval; guarantee rate

小清河发源于山东省会济南市, 经历城、章丘、邹平、高青、桓台、博兴、广饶、寿光, 在羊口以东注入渤海莱州湾, 全长 237 km。历史上小清河干流通航里程自济南五柳闸至羊口, 1966 年小清河按Ⅵ级航道渠化治理, 干流上建有节制闸和船闸各 4 座。20 世纪 80 年代后期, 随着沿线工农业用水的加大, 小清河水资源日益匮乏, 通航水位难以保证, 断航现象不断增加。1998 年, 东营市新建了王道节制闸, 由于没有建设配套船闸, 致使小清河内河航道彻底断航。

根据《山东省内河航道与港口布局规划》, 小清河与京杭运河、黄河、徒骇河共同组成山东省“一纵三横”的总体航道格局, 属于区域性重要航道, 规划等级Ⅲ级。小清河航道通航水位是航道、

船闸、桥梁等工程的主要设计指标之一, 它不仅影响航道通航天数和船闸通过能力, 而且直接影响航道、船闸、桥梁等建筑物设计高程, 进而关系到整个工程造价。因此在小清河前期工作中, 如何确定航道通航水位尤为重要。小清河复航工程一期平面布置见图 1。

1 航道水文现状

小清河流域位于鲁北平原南部, 东邻弥河, 西靠玉符河, 南依泰沂山脉, 北以黄河、支脉河为界, 流域面积 10 336 km²。小清河流域水系复杂, 支流众多, 几乎全部由南岸注入干流, 呈典型的单侧梳齿状分布。支流多系山洪河道, 比降上陡下缓, 暴雨期仅一条支流洪水流量就将给干流造成较大的洪水压力。

收稿日期: 2015-02-25

作者简介: 戈国庆 (1983—) 男, 硕士, 工程师, 从事航道工程、桥梁工程规划、设计工作。



图 1 小清河复航工程一期平面布置

小清河干流主要由降雨径流、地下水和城市排水补给。小清河系季节性河道, 径流主要来源是汛期降水, 6—9 月的河道流量约占全年径流量的 80%~90%。暴雨是造成本流域洪水的最主要原因, 暴雨具有明显的季节性, 较大暴雨主要发生在 7—8 月。枯季径流主要靠地下水和城市排水及灌溉尾水补给。

小清河干流地势平坦, 河槽窄深。目前平槽泄量, 上中游 70~90 m³/s, 中下游 90~250 m³/s。加上两侧大堤, 泄洪能力有所提高, 上中游最大排洪能力 100~250 m³/s, 中下游为 300~400 m³/s。上游中小洪水, 一般退水历时 40~60 h, 较大洪水则需 3~5 d, 特大洪水则需 6~8 d。中下游退水历时更长, 中小洪水一般需 3~4 d, 较大洪水 5~8 d, 特大洪水则需 10~20 d。小清河从王道闸至河口段, 受海洋潮汐影响, 属于不正规的半日混合潮区。

根据山东省水利勘测设计院编制的《小清河干流综合治理工程可行性研究报告》和山东省水文局编制的《小清河复航工程水资源论证报告》, 小清河航道各梯级特征高水位、低水位及节制闸特征高程如表 1 所示。

表 1 各梯级特征高水位 ^[1-2]						m
航道 梯级	1/20 防洪		1/5 除涝		5% 高潮位	闸门 顶高程
	闸上	闸下	闸上	闸下		
金家堰	12.32	12.15	11.23	8.60		10.13
金家桥	8.03	7.88	5.82	5.67		5.00
王道闸	5.95	5.8	4.32	4.27		4.50
羊口港					3.32	

表 2 各梯级特征低水位 ^[1-2]						m
航道 梯级	综合历时 98%		渠化水位		90% 低潮位	闸底 高程
	闸上	闸下	闸上	闸下		
金家堰	6.54	3.68	7.70	4.20		4.33
金家桥	3.68	1.20	4.20	1.60		0.00
王道闸	1.20	-0.90	1.60	-0.90		-1.40
羊口港					-0.90	

2 设计最高通航水位

以王道节制闸为界, 小清河金家堰至羊口港段航道可分为上、下两段, 金家堰至王道闸段为受径流影响明显的内河航道, 王道闸至羊口段为受潮汐影响明显的河口航道。

2.1 金家堰至王道闸段

《内河通航标准》第 6.3.1 条关于设闸运河通航水位的确定规定如下: 设闸运河的通航水位应根据综合利用的要求, 并结合本标准第 6.2.1 条和第 6.2.2 条的有关规定确定^[3]。

小清河为经渠化的人工运河, 是一条集防洪、除涝、灌溉、航运、供水等功能于一体的综合利用河道。其首要功能是防洪, 是省会济南唯一的泄洪通道, 同时也承担淄博、滨州等地市的泄洪任务。从表 1、表 2 数据可以看出, 小清河各梯级处 1/20 防洪水位远高于闸门顶高程, 即发生 20 a 一遇洪水时, 各级节制闸闸门全部开启, 河道内漫滩行洪。根据省内其他航道的运行经验, 行洪期间是不允许通航的, 因此小清河在 20 a 一遇洪水期间不具备通航条件。另外, 根据实测水文数据, 小清河 20 a 一遇洪水历时很短, 最高通航水

位采用 20 a 一遇洪水位是不适宜的。

小清河另外一个主要功能是除涝，按 5 a 一遇除涝标准开挖河槽。根据表 1 中数据，小清河各梯级处 1/5 除涝水位基本与滩地齐平，此时河水满槽下泄，适于船舶航行，若水位再升高，节制闸将开闸放水。根据《内河通航标准》第 6.3.2 条 1 规定，排涝渠道的设计最高通航水位应采用设计最大排涝流量时的相应水位^[3]。

综合考虑小清河行洪、排涝的主要功能和河道、滩地的实际情况，本段航道设计最高通航水位采用 5 a 一遇除涝水位。

2.2 王道闸至羊口港段

王道闸下游河段属于受潮汐影响明显的河段，根据《内河通航标准》第 6.2.1 条 2 规定，设计最高通航水位采用年最高潮位频率为 5% 的潮位。由于小清河口莱州湾风暴潮较严重的地区，根据羊口潮位站历年潮位统计资料，历年最高潮位中部分由风暴潮引起，而风暴潮期间小清河口处于停航状态，简单采用年最高潮位频率为 5% 的潮位 3.32 m 作为最高通航水位不符合本工程实际情况。因此在对羊角沟潮位站年最高潮位系列进行统计分析时（1957—2010 年），应剔除风暴潮影响因素，然后再按规范要求进行频率分析，求得羊角沟节点最高通航水位为 2.71 m。羊角沟潮位站历年最高潮位频率曲线见图 2。

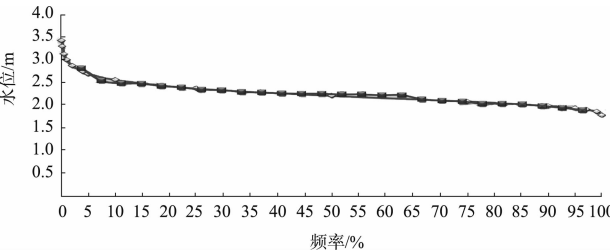


图 2 羊角沟潮位站历年最高潮位频率曲线

结合表 1 中的各梯级节点以及羊角沟节点处特征水位，小清河（金家堰至羊口港段）段最高通航水位见表 3。

表 3 最高通航水位

航道分段	设计最高通航水位/m
金家堰—金家桥段	7.68 ~ 5.82
金家桥—王道段	5.67 ~ 4.32
王道闸—羊口港段	4.27 ~ 2.71

3 设计最低通航水位

3.1 金家堰至王道闸段

本段航道内有金家桥、王道闸 2 个梯级，金家堰—金家桥段有岔河水文站，金家桥—王道闸段有石村水文站。根据省水文局岔河水文站 1983—2010 年的历年逐日平均水位，组成年逐日水位系列，然后采用综合历时保证率法计算，求得综合历时保证率 98% 的低水位为 3.68 m。根据规范要求，金家堰至金家桥段航道设计最低通航水位取为 3.7 m。王道节制闸正常挡水位为 4.0 m，闸上滩地高程 3.8 ~ 4.4 m，平均高程在 4.0 m 左右，综合考虑通航保证率和两岸农田排涝要求，金家桥至王道闸段最低通航水位也取为 3.7 m，该水位略低于节制闸正常挡水位和滩地高程，是合适的。

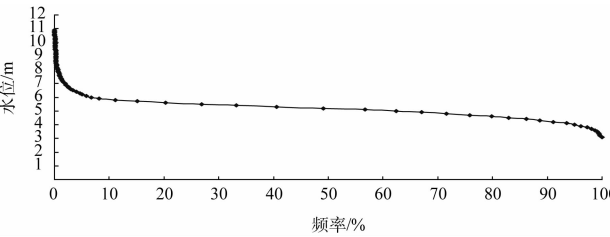


图 3 岔河水文站日平均水位综合历时曲线

小清河金家堰至王道闸段坡度较缓，原来通航期间未建设王道节制闸。鉴于规划后金家桥节制闸和王道节制闸顶高程只相差 0.5 m，复航一期工程拟充分利用王道闸的挡水作用，将金家桥节制闸改建成具有通航功能的通航节制闸，金家堰至王道闸段道 2 个梯级也相应变成 1 个梯级。

经综合论证分析，本段航道最低通航水位确定为 3.7 m。

3.2 王道闸至羊口港段

王道闸下游河段属于受潮汐影响明显的河段，根据《内河通航标准》第 6.2.2 条，以及《运河通航标准》第 6.1.4 条规定，设计最低通航水位应采用低潮累积频率为 90% 的潮位。羊角沟水文站低潮水位综合历时曲线见图 4，取 -0.9 m。

综上，小清河（金家堰—羊口港段）最低通航水位见表 4。

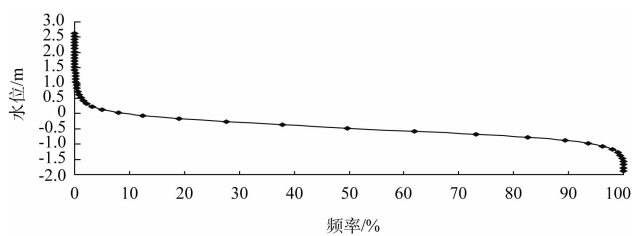


图 4 羊角沟水文站低潮水位综合历时曲线

表 4 最低通航水位

航道分段	设计最低通航水位/m
金家堰—金家桥段	3.70
金家桥—王道段	3.70
王道闸—羊口港段	-0.90

4 结论

1) 小清河金家堰至王道闸段为受径流影响明显的内河航道,王道闸至羊口段为受潮汐影响明显的河口航道,其航道通航水位应根据《内河通航标准》有关要求分别确定。

(上接第 147 页)

方向的位移,但由于闸墙下方预应力筋线形的变化、张拉点位置的不同以及回填土的共同作用,两种布筋方案的闸墙位移变化趋势产生差异,但两方案闸墙顶端的最大位移量都不大,方案 1 为 2 mm,方案 2 为 5 mm。并且两方案闸墙位移都随高程的减小而减小,闸墙底端的位移都趋于 0,所以可以将闸墙变形看成是绕闸墙底部的转动。

综上,由于两方案都遵循了预应力筋布置原则,在预应力作用下都使闸室处于较低的应力水平,结构位移变形也较小,都具有一定的工程应用价值。但是方案 2 由于采用闸墙与底板预应力筋分离的布置形式,施工工序比方案 1 复杂,施工中所需的预应力张拉设备较多,故推荐方案 1 为较优布筋方案。

4 结语

1) 等效荷载原理为闸室预应力筋布置提供了理论依据,在遵循基本布筋原则的前提下,可以拟定不同的闸室预应力筋布置方案,但需保证预应力的作用使结构受力、变形最优化,同时考虑施工可行性。

2) 不同线形预应力筋引起的等效荷载各不相

同,故对结构作用的预应力效果也不同,两种布筋形式下闸室的 ANSYS 模型计算结果也证明了这一点,这是由于预应力筋线形的变化使其偏心距、截面面积、预应力损失在闸室的不同部位各不相同造成的。

2) 在确定综合利用通航渠道的最高通航水位时,应综合考虑排洪水位、排涝水位、实际运行水位等多方面因素。当排洪水位出现频率较低且远高于河道滩地高程时,仍然按排洪水位确定最高通航水位,从通航保证率和经济方面考虑显然是不合理的,而应结合其行洪、排涝的主要功能和河道、滩地的实际情况,确定航道通航特征水位。

参考文献:

[1] 山东省交通规划设计院. 小清河复航工程可行性研究报告[R]. 济南: 山东省交通规划设计院, 2012.

[2] 山东省交通规划设计院. 王道船闸工程可行性研究报告[R]. 济南: 山东省交通规划设计院, 2011.

[3] GB 50139—2014 内河通航标准[S].

(本文编辑 郭雪珍)

同,故对结构作用的预应力效果也不同,两种布筋形式下闸室的 ANSYS 模型计算结果也证明了这一点,这是由于预应力筋线形的变化使其偏心距、截面面积、预应力损失在闸室的不同部位各不相同造成的。

3) 两种预应力布筋方案都使闸室处于较低应力水平,结构位移变形也较小。其中,方案 2 单根预应力筋的长度和曲率半径比方案 1 小,预应力损失较小,但是施工过程比方案 1 复杂得多,故更推荐方案 1 “U”形预应力筋广泛应用于工程中。

参考文献:

[1] 李珠, 高建全. 浅析预应力连续配筋中理论线形与实际线形的差别[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35 (3): 285-288.

[2] 吕志涛, 孟少平. 现代预应力设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.

[3] 罗梅青. 预应力坞式闸室设计[J]. 水运工程, 2012 (4): 98-101.

[4] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007

[5] 王连广, 刘莉. 现代预应力结构设计[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2009. (本文编辑 武亚庆)