

东莞市运河整治工程峡口水闸扩建水工模型试验研究

张从联, 陈卓英, 朱红华, 黄智敏, 苗青, 钟伟强等

(广东省水利水电科学研究院; 广东省水动力学应用研究重点实验室, 广州, 510610)

摘要: 峡口水闸扩建工程是在保留原有水闸的基础上, 通过新建 5 孔水闸、船闸和节制闸, 并对旧水闸和船闸进行改建, 以提高工程的防洪标准, 由于扩建工程分两个阶段进行, 工程建设涉及问题相对比较复杂, 为研究新、旧水闸在工程的第一和第二阶段下的泄流、消能、流态、下游通航以及运行管理等诸多问题, 特进行了本试验研究工作, 为设计提供科学依据, 试验研究成果可供类似工程应用参考。

关键词: 水闸; 扩建; 消能; 试验研究

1 工程概况

峡口水闸是在东引运河上修建的一宗以排洪、挡洪(潮)为主, 结合保护水源、通航、截污、交通及观光等任务的大(2)型水闸(原设计为中型水闸)。峡口水闸下游接东江, 水闸与东江地理位置关系见图 1。由于防洪的需要, 拟对峡口水闸进行扩建。扩建拟分为两个阶段进行: 第一阶段实施的内容有:(1) 上游河道不进行整治, 保留原有水闸不变, 在旧水闸右侧新建 4 孔水闸和 1 孔船闸;(2) 在新建水闸的右侧建一孔船闸, 但仅实施新建船闸的下闸首, 保留现有船闸通航。第二阶段实施的内容为:(1) 完成上游河道整治, 实施新建船闸的上闸首;(2) 改建旧船闸为一孔泄水闸;(3) 在水闸下游侧新建节制闸一座。扩建实施完成后工程的总体布置示意图见图 2。

由于此水闸建设相对比较复杂, 为研究新、旧水闸在工程的第一和第二阶段下的消能、泄流、流态、下游通航以及运行管理等诸多问题, 特进行了本试验研究工作。



图 1 峡口水闸工程位置示意图

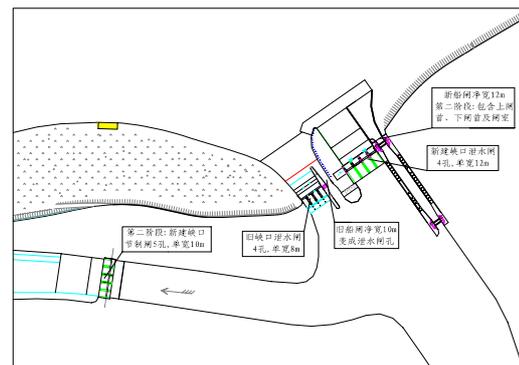


图 2 扩建后的峡口水闸工程布置示意图

2 模型设计

2.1 模型比尺

为保证模型水流条件的相似, 模型按佛汝得数重力相似设计为正态, 综合考虑试验成果的精度、试验场地、供水条件等, 选择模型几何比尺 $L_r=60$, 由佛汝得数重力相似定律, 可得出模型的各项比尺为: 流速比尺 $V_r = 7.746$, 流量比尺 $Q_r = 27885.48$, 糙率比尺 $n_r = 1.979$, 时间比尺 $t_r = 7.746$ 。

2.2 模型范围

考虑到工程河段河道特性，为保证上下游河道水流相似，模型河道截取范围为：东引运河峡口水闸上游约 1km、下游约 1.1km，东江峡口水闸入汇处上游约 500m、下游约 1km（模型研究范围见图 1）。

3 试验成果及分析

根据工程实施阶段情况，水工整体模型试验也按照两个工程阶段分别进行了研究，下面就分两个阶段介绍试验研究成果。

3.1 第一阶段试验成果及分析

第一阶段进行了莞龙桥～峡口河道整治前，水闸 10 孔闸（包括新、旧两孔船闸）闸门全开泄流试验。试验表明：

（1）泄放各级洪水流量时，东引上游来流在闸址上游分流，小部分流量往城区分流，大部分流量进入峡口水闸泄洪闸，峡口新、旧闸泄流能力以及峡口水闸上游水位壅高值见表 1。试验观测到，在各级洪水频率下，峡口水闸（含新、旧闸）联合泄洪均能宣泄设计流量。由于闸上游受到岸线未开挖及河道地形影响，新闸和旧闸两个闸之间明显存在入流偏流现象，旧闸和新闻的出流比约为 0.48:0.52，远高于两闸设计出流比 0.357:0.643，旧闸出流流量明显比设计出流要大；在 P=1% 时，旧闸泄流量达 $872\text{m}^3/\text{s}$ ，泄流量的加大给旧闸下游消能工的安全运行带来了隐患，建议在此阶段运行旧闸时运行管理单位应加强对下游消能工的监测和检测，如下游消能工有出现破坏时，应及时对下游消能工进行加固等工程措施。

表 1 第一阶段峡口水闸闸门全开试验泄流能力表

洪水频率 P(%)	泄流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$				闸上游水位 $Z_{\text{上}}(\text{m})$	闸下游水位 $Z_{\text{下}}(\text{m})$	$Z_{\text{上}}-Z_{\text{下}}$ (m)
	新闻	旧闸	城区	总			
1	924	872	230	2026	7.074	6.824	0.25
2	664	613	208	1485	6.717	6.487	0.23
5	590	527	183	1300	6.297	6.077	0.22

（2）由于受到新闻上游地形未开挖的影响，试验观测到，在 10 孔闸全开泄流运行时，各闸孔的入流流速分布不均匀，存在明显偏流现象，闸上游近闸区域河道流速不均匀，旧闸及新闻靠左侧流速较大。扩建 5 孔新闸各闸孔之间入流偏流现象更为明显，流量大部分集中

在左侧 3 个闸孔宣泄，右侧两孔出流较小，在右侧闸孔前沿形成回流区。回流容易造成闸前右侧区域泥沙淤积，泥沙淤积又会对水闸的泄流能力构成不利影响。因此，建议加强新闻上游区域的地形监测工作，必要时应采取清淤等工程措施。另外，新闻左侧的 3 孔水闸过流流量加大，会给下游消能工的运行带来安全隐患，建议运行管理单位加强对左侧 3 孔水闸下游消能工的实时监测。



照片 1 峡口水闸第一阶段泄流运行流态

（3）在各级洪水频率流量条件下，旧闸消力池海漫段流速均较大：在洪水频率 P=1% 运行时，旧闸消力池海漫段流速较大值约 $2.3\text{m/s} \sim 3.2\text{m/s}$ ；在洪水频率 P=2% 运行时，旧闸消力池海漫段流速较大值约 $2.3\text{m/s} \sim 2.5\text{m/s}$ ；在洪水频率 P=5% 运行时，旧闸消力池海漫段流速较大值约 $1.8\text{m/s} \sim 2.4\text{m/s}$ ，旧闸消力池流速较大增加了旧闸的安全隐患。

（4）在峡口水闸宣泄各级洪水频率流量条件下，由于下游东江水位较高，宣泄洪水基本没有

到达东江下游主航道范围内，对航道安全运行影响不大。

(5) 偏流现象增加了新闸和旧闸运行的安全隐患，鉴于偏流原因主要是由于河道岸线没有进行整治所造成的，因此建议尽量加快推进莞龙桥~峡口河道整治方案。

(6) 建议运行时应采用闸门逐级开启的方式，尽量避免将闸门迅速提起的工作方式。

3.2 第二阶段试验成果及分析

针对第二阶段的工程布置，试验进行了设计方案以及比选方案的研究，经过多方案综合比较，选定了推荐方案，下面仅介绍推荐方案的试验成果。第二阶段的推荐方案布置为：新扩建水闸推荐方案、新建船闸推荐方案、旧闸（包括水闸和船闸）推荐方案及节制闸设计方案等组合。

在工程实施的第二阶段，峡口水闸上游莞龙桥~峡口河道整治已经完成，在第一阶段出现的严重水流偏流现象基本消除，旧闸和新闸前沿水流较平稳，无明显不利流态出现，引航道进口前沿流态较好。闸前流速分布相对均匀，新水闸 3#、4#（右侧的船闸编为 1#）闸前流速稍大。各闸孔内流速基本均匀，由于旧闸堰顶高程比新闸高程高，其入孔流速稍大。当闸门全开时，由于闸孔和闸墩影响的侧收缩较大，导致闸上、下游水位差较大，以消能水位（下游为最低水位）更为明显。

试验表明：(1) 根据工程第二阶段试验研究成果，峡口水闸上游的莞龙桥~峡口河道经整治后，水闸泄流能力可满足设计的要求，水闸上游水流基本顺畅，没有出现较明显的偏流现象，新闸和旧闸的出流比约为 0.6:0.4，基本满足设计方案两闸出流比的要求。

(2) 峡口水闸上游河道整治后，在 10 孔闸全开泄流运行时，各闸孔的入流流速分布较均匀（见照片 2），无明显偏流现象。



照片 2 推荐方案泄流运行流态

(3) 峡口闸泄流遭遇东江较高水位运行时，峡口闸出流能较顺畅与东江河水交汇，峡口出流主要影响范围在东江下游的河道左岸至河道中心区域，东江流速增大幅度在 5%~15% 以内，且东江为封航状态，因此，此运行工况对东江两岸影响较小，对东江下游的石碣大桥安全运行影响也较小。

(4) 在峡口闸遭遇东江低水位运行时，在泄放 $Q < 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水时，峡口出流主要影响东江下游的中左侧河道范围，此时遭遇东江流量较小，对东江流速影响不大，也不会危及东江石碣大桥的安全运行；在峡口泄放 $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水时，试验遭遇东江为落潮期，泄放洪水不会影响到石碣大桥，也不会威胁其的安全运行。

(5) 在峡口闸遭遇东江低水位运行时，峡口水闸泄放 $Q < 300 \text{ m}^3/\text{s}$ 流量时（闸门开启开度 $e=0.4\text{m}$ ），泄放水流不会影响下游东江的正常通航要求。在峡口出流流量 $Q > 300 \text{ m}^3/\text{s}$ 时（闸门开启开度 $e > 0.4\text{m}$ ），峡口水闸泄放水流对东江通航构成影响，因此建议该运行条件下东江封航，以确保过往船只的安全。

(6) 节制闸在不同工况运行时，闸前水流分布基本均匀，各闸孔流速偏差较大，出闸水流能较顺畅与下游衔接，试验测得闸下较大流速约 $2.0 \text{ m/s} \sim 2.5\text{m/s}$ ，不会对下游消能工构成明显不利威胁。试验还观测到节制闸上游桩号 0-0350 上下游约 100m 范围的左岸形成一回流区，回流淤积易产生泥沙淤积，建议在运行期要加强原型观测，如有必要需采取必要的清淤措施。

(7) 在设计洪水频率 ($P=1\%$) 泄流运行时，新闸海漫末段底流速较大（其较大值约为 $3.8\text{m/s} \sim 3.92\text{m/s}$ ），因此，在条件允许的情况下，建议将海漫水平段改为防冲槽形式与下游河床连接，以确保下游运行安全。

(8) 在各级洪水流量泄流运行时，新建水闸消力池下游海漫段主流略偏向河道的左侧，建议在工程设计和运行中，应加强对新闸下游左侧导墙的加固防护和原型观测，以确保工程的安全运

行。

4 结语

(1) 通过两个阶段的模型试验, 试验推荐了新建水闸下游带消力墩的消能工布置方案、新建船闸下游消能工和旧水闸及旧船闸下游消能工改造布置方案, 能有效改善新旧闸下游流态及流速分布, 已经被设计采用。

(2) 在工程第一阶段, 由于峡口水闸上游河道岸线没有进行整治而带来了水闸前沿偏流和回流等不利工程运行的流态和现象, 也同时增加了新闸和旧闸下游消能工运行的安全隐患; 在工程第二阶段峡口水闸上游河道整治后, 在 10 孔闸全开泄流运行时, 除了船闸闸孔外其余各闸孔的入流流速分布较均匀, 无明显偏流现象。因此建议尽量加快推进莞龙桥~ 峡口河道整治方案。

(3) 试验提出了水闸运行管理措施和建议, 可供工程设计和运行管理参考。工程运行中, 可根据水闸实际运行情况, 制定详细的水闸闸门操作运行规程。为合理地进行闸门的运行和调度, 建议水闸运行管理单位加强和当地水文水情部门的沟通和联系。

(4) 工程建成运行后, 应加强水闸泄流运行的监测, 同时, 密切注意闸下游河道水位的变化, 若水闸下游河道东江水位继续下降时, 应采取相应的措施解决。

参考文献和资料:

- [1] 广东省水利水电科学研究院, 《东莞市运河整治工程峡口水闸扩建水工模型试验研究报告》, 2010 年 9 月。
- [2] 广东省水利电力勘测设计研究院, 峡口水闸试验任务书, 2010 年 5 月。
- [3] 广东省水利电力勘测设计研究院, 东引运河峡口水闸可行性研究报告, 2010 年 5 月。
- [4] 华东水利学院主编, 水工设计手册 (第六卷, 泄水与过坝建筑物), 北京: 水利电力出版社, 1985 年。