

仪征套闸闸室结构的优化设计

于宽畏¹, 索真真¹, 严 峻², 李 斌¹

(1. 扬州市勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225007; 2. 仪征市水务局, 江苏 仪征 211400)

摘要: 针对仪征套闸粉砂土地基防渗性能差、上下游水位差大、现场作业面小等因素, 在传统闸室结构的基础上, 通过优化结构设计, 既满足功能要求、结构安全, 又有效降低了工程造价, 取得了较好的应用效果。

关键词: 套闸; 方案比选; 优化设计; 内力分析

中图分类号: TV662 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2016) 05-0016-04

Optimization design of Yizheng Lock chamber structure

YU Kuanwei¹, SUO Zhenzhen¹, YAN Jun², LI Bin¹

(1. Yangzhou Surveying and Design Institute of Water Resource Co., Ltd., Yangzhou 225007, Jiangsu;
2. Yizheng Water Conservancy Bureau, Yizheng 211400, Jiangsu)

Abstract: Because of poor silt foundation seepage control performance, large difference between the upstream and downstream water level, small field work surface and other factors, the structure design is optimized on the basis of traditional chamber structure, which can meet the functional requirements, structural safety, effectively reduce the project cost and achieve good application results.

Key words: lock; scheme comparison; optimization design; internal force analysis

1 工程概况

仪征套闸位于仪征市城区东门仪扬河上, 距长江 2.7 km, 与泗源沟节制闸比肩毗邻, 1972 年由扬州地区治淮指挥部投资建成。该闸是仪邗地区一座集防洪、排涝、航运及保水等功能于一体的综合利用的水工建筑物。

该闸自 1973 年投入运行后, 小病不断, 大病难治, 始终处于带病运行中。1998 年江堤达标建设中, 对下闸首进行了拆除重建; 2012 年江苏省大中型病险水闸除险加固专项工程将该闸列入加固范畴, 建设内容主要包括拆建上闸首、闸室以及加固上下游引航道等。

2 主要设计技术参数

2.1 水位组合仪征套闸

仪征套闸设计水位组合见表 1。

2.2 主要结构尺寸

仪征套闸通航等级为 V 级, 套闸上、下两座闸首净宽确定为 12.0 m, 新建闸室净宽同样为 12.0 m, 闸室总长 120.0 m, 底板顶面高程▽ -2.5 m (废黄河高程, 下同), 闸室墙顶高程 7.3 m, 挡浪墙顶高程▽ 8.5 m。

3 方案比选

3.1 主要考虑因素

鉴于闸室结构较长, 其结构型式对工程布局、工程投资存在较大影响, 为体现安全可靠、经济合理的原则, 闸室结构方案比选重点考虑了下列因素:

收稿日期: 2016-04-05

作者简介: 于宽畏 (1982-), 男, 工程师, 本科, 主要从事涉水工程结构设计工作。

表 1 仪征套闸设计水位组合表

部位	工况	水位组合 (m)		备注
		上游 (泗源沟)	下游 (长江)	
上闸首 (与闸室同步拆除重建)	正向设计	6.0	2.80	6.0 m 为内河最高通航水位, 2.8 m 为长江历史排水期最低潮位平均值
	正向校核	5.0	0.00	0.0 m 为长江 50 年一遇低潮位
	反向设计	4.5	6.20	6.2 m 为闸室最高水位
	反向校核	4.0	6.20	4.0 m 为内河预降水位
	地震期	4.5	3.50	
下闸首 (98 年建成, 保留)	正向设计	5.0	7.74	7.74 m 为长流规水位
	正向校核	6.0	8.31	8.31 m 为 200 年一遇设计水位
	反向设计	5.0	0.00	
	反向校核	4.5	-0.36	-0.36 m 为 100 年一遇低潮位
	地震期	4.5	2.80	
通航水位		上游最低通航水位 3.5 m, 最高通航水位 6.0 m		
		下游最低通航水位 0.5 m, 最高通航水位 6.2 m		

(1) 该闸承受引排及双向挡水要求, 对闸室消能防渗要求高

仪征套闸与泗源沟节制闸并列布置于泗源沟上, 共同承担外御长江、内泄山洪、保水、引水等任务, 套闸设计行洪流量 100 m³/s。由于水位变幅较大, 闸室设计时需要综合考虑闸室在各个水位工况下的整体稳定、防渗安全、地基变形等因素。

(2) 地基透水性强

本工程闸室基础主要位于② -2 层, 为粉砂土地基。土体物理力学指标 $c=5.4$ KPa, $\phi=28.6$ 度, 渗透系数为 1E-03 cm/s, 透水性强, 对防渗性要求高。仪征套闸加固前闸首、闸室墙多次出现底板冒浆、局部墙体倾覆等渗透破坏现象, 历史上多次断航维修, 但始终无法彻底解决渗透破坏问题, 多年来一直带病运行, 汛期需通过二级水位并限制通航以满足防渗要求。

(3) 闸室高宽比较大

仪征套闸为 V 级限制性航道, 闸室宽度为 12

m, 闸室墙后填土近 10 m, 在平原地区船 (套) 闸中高宽比相对较大, 填土高度对闸室的影响大于闸室宽度对闸室的影响。

(4) 工程建设场地受限制

本工程为加固工程, 现状有下闸首、管理所、居民楼、桥梁道路等设施均须保证安全, 工程建设方案需考虑对周边设施的影响。就闸室拆建而言, 闸室西侧一栋居民楼以及一栋管理所对其限制较大, 其与闸室距离不足 20 m, 闸室施工、开挖降水对其很容易造成影响。

3.2 闸室结构方案比选

船闸闸室一般可分为分离式结构和整体式结构^[1], 其中分离式结构可分为扶壁式结构^[2-3]、板桩或撑锚直墙式^[4]等型式, 针对本工程的实际情况, 各型式优缺点如表 2 所示。

经综合筛选, 本工程选用了整体不透水结构。

4 闸室结构设计改进

表 2 仪征套闸闸室结构方案比选分析表

方案	每延米工程造价（万元）	优点	缺点
			1、需另外增加正向、侧向防渗措施，投资相对较大
扶壁分离式结构	7.6	结构受力较小，整体透水性好	2、对施工及地基承载力要求较高
撑锚直墙式结构	8.8	1、可同时解决闸室横向防渗问题； 2、施工影响小，土方开挖量小。	1、撑锚结构现场条件受限，两侧为居民楼，难以实施； 2、费用较高
整体不透水结构	6.8	1、防渗效果好，适用于水位变化大、防渗要求高的船闸； 2、整体性好、适应性强，对地基要求低，投资较低。	悬臂及底板部分受力较大，结构断面尺寸要求大；

整体式不透水闸室结构通常采用“U”型结构，根据本工程的设计技术参数，断面设计尺寸如图 1。

对优化前后的结构进行受力分析，对比改进设计前后的内力情况，模型结构如图 3。

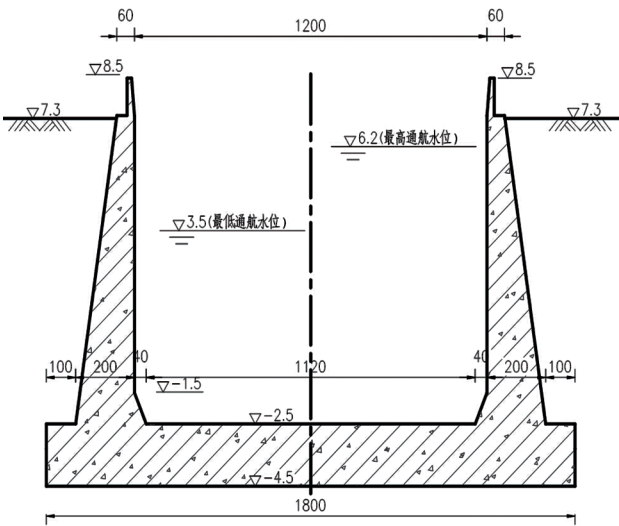


图 1 传统“U”型整体闸室结构设计图

针对本工程填土高度大而跨度相对小的特点，对设计进行优化。参考扶壁式挡土墙受力优于悬臂式挡土墙的原理，本工程中将闸室悬臂挡土结构优化为扶壁式挡土结构，改进后闸室断面设计如图 2。

改进后，墙后每 2.5 m 增设一道小扶壁，可使底板厚度减小 0.4 m，墩墙平均厚度减小 0.7 m，但底板宽度需增加 1.6 m。

通过水工结构有限元分析系统(AUtoBank)

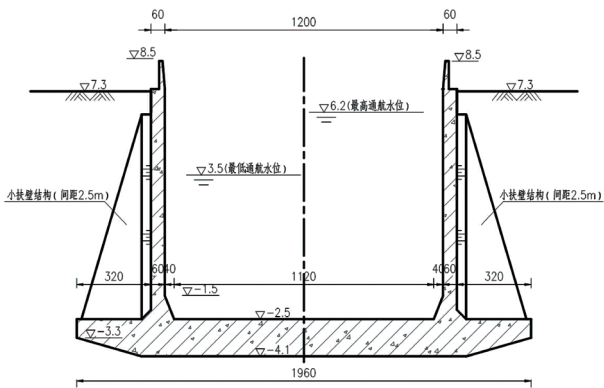


图 2 改进后整体闸室结构设计图

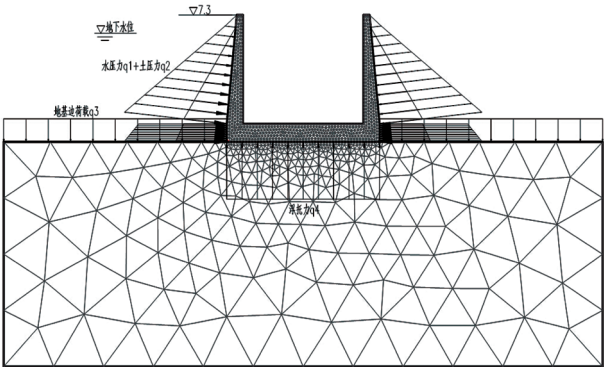


图 3 整体闸室结构模型示意图

计算工况分运行期、校核期、检修期等 3 个工

况, 主要荷载包括自重、土压力、水压力、边荷载、地震荷载等。两种结构断面型式弯矩计算结果(选取闸室低水位、墙后正常地下水位的典型工况为例)如图 4、图 5。

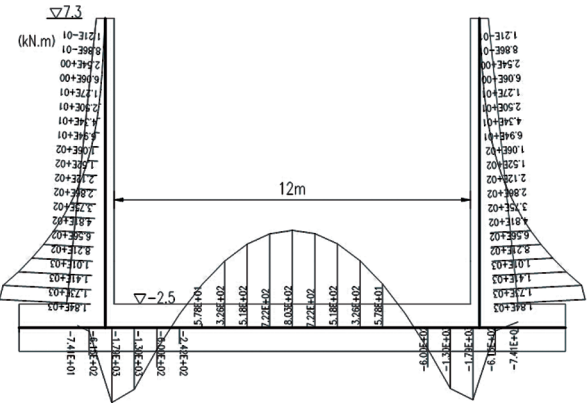


图 4 传统“U”型整体闸室结构内力包络图

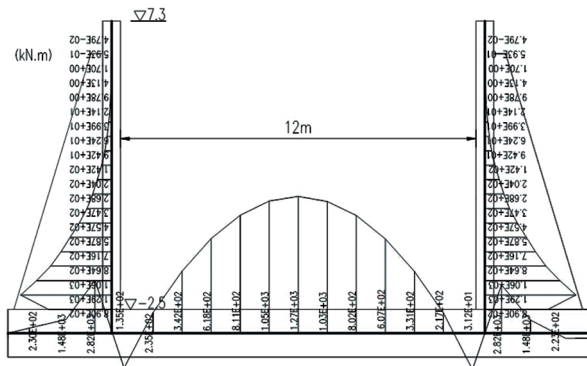


图 5 改进后整体闸室结构内力包络图

进设计后内力分布发生了平衡调整, 改进后墩墙、底板受力趋于均衡, 结构受力较为合理, 对配筋更为有利。

该工程已经正式运行 2 年时间, 通过持续监测表明: ①水平观测闸墩未出现明显位移, 施工期最大观测位移为 2.37 mm, 运行期未发现进一步增大; ②闸室施工期最大沉降为 4.25 mm, 运行 2 年后, 观测最大沉降为 4.44 mm, 沉降满足要求且已趋于稳定; ③闸室未发现裂缝等其它不良现象。

5 结束语

套闸闸室结构设计方案较多, 选择一个安全可靠、经济合理的方案对工程建设非常重要, 仪征套闸根据其工程特点选用了整体结构, 同时又在传统“U”型结构基础上进行了简单有效的结构优化, 在满足结构安全的前提下有效的节省了工程造价。目前工程竣工达 2 年时间, 各项检测数据显示工程运行良好, 工程设计优化取得良好成效。

参考文献:

[1] 何良德. 一种船闸闸室结构的新型式[J]. 水利水电科技进展, 1997(06): 29–31.
[2] 李兵. 东河水利枢纽工程船闸闸室结构设计[J]. 广东水利水电, 2003(5): 35–37.

表 3 闸室结构内力计算成果统计表

结构型式	底板跨中最大弯矩 (KN·M)	底板最大剪力 (KN)	边墩端部最大弯矩 (KN·M)	边墩最大剪力 (KN)	边墩最大变形 (mm)	底板最大变形 (mm)
传统结构	803	356	1730	382	5.10	3.82
改进后结构	1270	388	1290	356	5.03	4.15
调整后变化	467	32	-440	-26	-0.07	0.33

对改进前、后两种闸室结构内力计算进行统计分析, 统计结果见表 3。

对比改进前后的断面设计及内力计算结果可以发现: 受力结构更为均衡: 改进前, 由于闸室高宽比较大, 边墩结构内力相对底板明显较大; 改

[3] 高兴和. 软土地基上的船闸闸室结构选型[J]. 江苏水利, 2010(08): 11–13.
[4] 高兴和; 严栋兴; 吕桦; 透水软基上大跨度闸室结构选型[J]. 江苏水利, 2010(08): 10–13

(责任编辑: 王宏伟)