

谏壁节制闸启闭力不足的原因分析

朱亚东

(镇江市长江河道管理处, 江苏 镇江 212006)

摘要 针对谏壁节制闸多次发生大水位差下启闭闸门困难的运行事件, 结合闸工程实际运行情况和复核计算成果, 排除了启闭机工况异常和设计闸门启闭力计算错误的可能性, 指出闸门滚轮卡阻、闸门滑动升降和闸门止水橡皮严重摩擦止水板是导致该闸启闭力不足的根本原因。建议科学合理地

关键词 水闸; 启闭力; 除险加固; 谏壁节制闸
中图分类号 TV664 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2011)S1-0075-03

1 工程概况

谏壁节制闸位于苏南大运河长江南岸入口处, 1959 年 8 月建成并投入运行。该闸共 15 孔, 每孔净宽 3.8 m, 底板顶高程 -0.4 m。1996 年除险加固时在运河侧增设钢筋混凝土胸墙, 安装 QPPY-II-200 kN/40 kN 型液压启闭机和滚轮式平板直升钢闸门。闸门顶高程 5.80 m, 面板位于长江侧, 门叶宽 3.94 m、高 6.20 m、厚 0.36 m。2 根边梁上共设置有 4 个主滚轮(聚四氟乙烯轴承)和 4 个侧滚轮; 仅在闸门运河侧设置止水(由 2 块弯折的 8 mm 平板橡皮呈“π”形固定在门体上, 见图 1)。

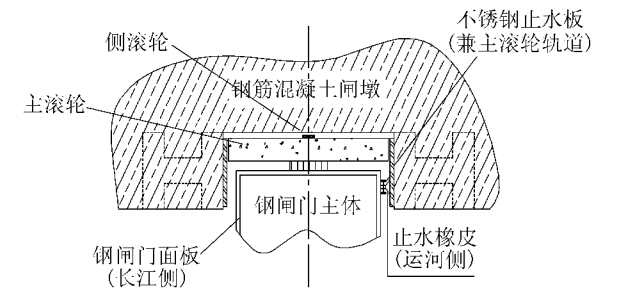


图 1 谏壁节制闸门槽、钢闸门局部放大示意图

2 节制闸启闭力不足情况

1997—1999 年期间谏壁节制闸多次出现较大水位差下启闭闸门困难或无法启闭闸门的现象(见表 1)。此后管理单位特别规定水位差大于 1.5 m 时一般不宜开闸。

表 1 启闭闸门困难或无法启闭闸门情况统计				
运行日期	长江水位/m	运河水位/m	水位差/m	启闭情况
1997-07-3	6.40	4.60	1.80	开启 10 号闸门困难
1997-07-29	6.10	4.35	1.75	开启 7 号、8 号、10 号闸门困难
1997-08-19	7.70	4.50	3.20	上次闭门操作未将 8 号闸门关闭到位, 闸门底潜流翻涌; 重新开机启闭 8 号闸门均未果, 直到长江潮位回落
1998-09-16	6.40	4.49	1.91	无法开启 3 号、5 号、6 号、8—10 号闸门
1999-09-09	6.10	4.58	1.52	无法开启 8 号、10 号闸门

3 启闭机设计、安装、运行情况

1996 年《谏壁节制闸除险加固工程扩大初步设计》计算的最大水头差(4 m)消能工况下闸门启门力为 201 kN, 实际安装的液压启闭机活塞杆直径为 100 mm, 油缸内径为 180 mm, 启门力为 200 kN(额定工作压力为 11.2 MPa), 闭门力为 40 kN(额定工作压力为 1.6 MPa), 符合工程设计要求。

由表 1 可知, 同一水位组合下并不是所有的闸门都无法正常启闭, 运行观察发现在出现启闭闸门困难的情况下启闭机的实际工作压力都已接近设计最大工作压力, 由此可见液压启闭机工作正常、达到设计要求。

4 闸门启闭力复核计算分析

4.1 除险加固设计消能水位组合

1996 年除险加固工程设计消能水位组合见表

2. 对比表 1、表 2 可见 ,实际运用水位差远未达到设计消能工况的最大水位差。

4.2 除险加固设计中闸门启闭力计算情况

1996 年《谏壁节制闸除险加固工程扩大初步设计》中闸门启闭力的计算成果如下 :门自重 82 kN ,下吸力 29 kN ,最大水头差(4 m)消能工况下的止水摩阻力 13 kN ,滚轮摩阻力 21 kN ,门上水压力 41 kN ,总计(乘系数后)201 kN。

4.3 闸门启闭力复核计算成果

根据 SL 74—1995《水利水电工程钢闸门设计规范》公式 8.1.1—1 和 8.1.1—3^[1]对闸门启闭力进行复核计算 ,成果见表 2。

表 2 消能水位组合下闸门启闭力复核计算成果

设计 消能工况	运河 水位/m	长江 水位/m	水位 差/m	闸门启闭力/kN	
				开启	关闭
排水	6.9	3.3	3.6	131.3	-8.5
引水	5.0	8.6	3.6	180.0	14.4
引水	4.6	8.6	4.0	180.3	14.6

原设计闸门启闭力计算中间成果虽与复核计算结果有出入 ,但由表 2 可见 ,原设计闸门启闭力值均大于本次复核计算值 ,且有较大的富裕度。

4.4 闸门启闭力异常原因分析

根据以上计算分析 ,启闭机设计错误或工作异常引起闸门启闭力不足的可能性已被完全排除 ,闸门启闭力异常的实际原因分析如下。

4.4.1 钢闸门滑动升降

对照现行标准 ,频繁运行了 38 年的旧门槽轨道埋件自身偏差肯定很大 ;1996 年除险加固时 ,采用在旧门槽滚轮轨道上钻孔、沉头螺丝铆接等方法安装固定不锈钢板兼作止水板和主滚轮轨道(见图 1) ,限于现场没有钢闸门整体吊装作业空间 ,闸门门叶被从闸运河侧吊放下消力池 ,然后再拉回至闸主门槽进行后期止水、滚轮安装及防腐喷涂作业。

基于谏壁节制闸当时的工情和上述除险加固设计方案、施工工艺 ,该闸钢闸门及埋件制作安装的一

些质量控制关键指标(如主轨、止水板表面扭曲值及其对门槽中心线的偏差 ,止水材料表面及所有滚轮的平面度 ,同一横断面上滚轮工作面与止水座面的距离等等)很难达到 DL/T 5018—2004《水利水电工程钢闸门制造安装及验收规范》的要求(极限偏差或允许公差仅 1~3 mm^[1])。

闸门在实际启闭运行过程中有时会出现明显的左右摆动、前后晃动现象(与启闭机安装中心存在偏差有一定关系) ,滚轮实际大多不滚动 ,闸门在门槽内的运动由设计的滚动大多变为滑动。谏壁节制闸闸门主滚轮折算的综合摩阻系数(即($f_1 r + f$)/R)仅为 0.011 ,而钢材之间的滑动摩擦系数值最大为 0.5~0.6、最小为 0.15^[1] ,主滚轮实际滑动摩阻力远大于其正常工作的滚动摩阻力。因此 ,该异常工况下闸门启闭力会异常增加(见表 3) ,闸门启闭会出现异常卡阻现象。

4.4.2 止水材料严重摩擦止水板

止水材料的作用是确保闸门在上下游水位差的作用下基本不漏水 ,闸门所承受的全部水压力通过门体板、梁结构体系及主滚轮最终传递给主轨、门槽 ,止水材料不是闸门受力、传力体系的一部分。止水材料的间隙是根据闸门在门槽内的活动间隙推算确定的 ;止水材料预留压缩量只是考虑到闸门及埋件在制造、安装过程中可能产生的累积误差以及闸门门体承受水压后可能的变形 ,一般只有 2~4 mm^[1]。所以 ,正常情况下止水材料的摩阻力较小 ,闸门运行不会因此卡阻。

谏壁节制闸钢闸门及埋件实际制作、安装偏差较大(有的止水橡皮甚至明显偏离止水板 ,如图 2 a)所示) ,闸门启闭运行过程中实际大多滑动升降 ,止水材料、止水板位于门槽内运河侧。以上诸多因素共同作用 ,当长江水位高出运河水位较多时 ,闸门止水部位不仅承受着直接作用于其上的水压力 ,还承受着闸门传递来的部分水压力(后者远远大于前者) ,止水材料因此被紧紧压在止水板上 ,启闭运

表 3 启闭力不足事件中闸门启闭力计算成果^[1]

kN

运行日期	正常工况				异常工况			
	滚轮 摩阻力	止水 摩阻力	闸门启闭力		滚轮 摩阻力	止水 摩阻力	闸门最大启闭力	
			开启	关闭			开启	关闭
1997-07-23	4.3	10.8	136.7	-15.4	221.7	212.3	378.5	226.5
1997-07-29	4.0	9.7	130.9	-19.3	208.1	198.9	357.9	207.7
1997-08-19	7.8	13.7	163.6	1.4	403.4	380.5	603.6	441.5
1998-09-16	4.5	10.6	136.7	-15.3	233.3	222.7	391.2	239.2
1999-09-09	3.5	10.0	130.7	-19.5	184.3	177.6	331.8	181.6

注 ①异常工况下计算止水摩阻力时假定止水材料除了承受直接作用其上的水压力外 ,作用在闸门上的总水压力通过闸门传递后也全部作用在止水材料上。②异常工况下计算滚轮摩阻力时假定滚轮全部卡阻而在轨道上滑动。③以上 2 种异常工况一般不可能同时发生 ,计算异常工况最大启闭力时暂取定第 1 种异常工况。

行过程中止水材料严重摩擦止水板。实际作用在止水材料上的压力和止水材料与止水板的接触面积大幅度异常增加,导致实际止水材料摩阻力、闸门启闭力陡增(见表3),闸门启闭运行可能面临困难。2010年汛前检修时发现闸门顶止水橡皮、侧止水橡皮损坏除了自然老化龟裂、失去弹性外,大多撕毁、缺失或被压得严重扭曲变形甚至被压得扁平(见图2(a)(b)(c)(d)),充分证明了上述推测结果。



图2 止水材料损坏情况

根据表3可知,异常工况下理论计算滚轮摩阻力、止水摩阻力、闸门启闭力远超过正常值,计算启闭力也远超过设计值,而且异常工况下滚轮摩阻力或止水摩阻力成了决定实际启闭力大小的主导控制因素。

4.4.3 其他

谏壁节制闸地处化工重污染区,滚轮易锈蚀卡阻,钢闸门北边引河通长江,水体较正常河道含砂量大,闸门与门槽之间可能有异物卡阻,轨道及止水板表面沾有污垢等。以上这些都可能会使实际闸门启闭力略有增加,但不是主要因素。

5 建议

谏壁节制闸启闭力不足的问题实质上是除险加固工程结构设计、制造、安装等严重缺陷导致的闸门启闭卡阻问题。在查清原因后,针对其启闭力不足问题提出如下建议。

5.1 科学合理地闸门进行调度运行

根据分析论证,当前如果为了使工程运行能力完全达到设计要求,则需要更换更大启闭力的启闭机,或者采取二期浇筑混凝土的方法重新按标准预

埋各种埋件(主轨、侧轨、止水板等),浇筑门槽,同时还需对钢闸门进行一些必要的检测与改造。考虑到江苏省水利厅已于2009年7月审定批准谏壁节制闸为四类闸(属于险闸),按照规定应该降低标准运用或停止运用谏壁节制闸,在这样的情况下对该闸再进行更新改造显然是非常不经济的,也是不可行、不必要的。然而,在该闸被停止运用、拆除重建之前,其启闭力不足的问题也不容忽视,必须积极应对。

5.1.1 引水

6—9月份需水期,可按照批准的调度运行方案在具备引水条件且水位差小于1.5m时能引则引。1997年谏壁节制闸投入运行以来的运行管理实践表明,目前工况完全可以满足正常引水抗旱的要求(2004年最大引水量达9.1亿 m^3 ,创历史最高)。

5.1.2 排水

批准的调度运行方案规定运河水位超过5.60m,则每潮必排,汛期长江低潮位一般都在4.5m左右,目前工况下按既定的调度运行方案抢长江低潮正常排涝完全可以实现。如预测运河水位可能暴涨,则应适时提前开闸排水预降运河水位。1997年投入运行以来的管理实践表明,实际排水运行水位差都在1.5m以下,运河水位暴涨而又无法开闸向长江排涝多因受长江潮位限制(长江低潮位仍高于运河水位)。

5.2 科学合理地设计除险加固工程

5.2.1 埋件安装

类似的除险加固工程最好拆除旧门槽,采取浇筑二期混凝土的方法预埋各类钢闸门埋件、浇筑门槽,并严格控制偏差,使埋件与门体配合良好,保证闸门启闭自如及止水良好。

5.2.2 止水材料的选择与安装

止水材料可选用橡塑复合材料以尽可能地减小客观存在的止水摩阻力。露顶平面闸门主轨预埋安装在门槽内,止水板最好设置在门槽外、紧邻门槽的闸墩墙上,或者设置在闸门长年承受总水压力作用的一侧,这样可有效地避免止水材料实际承受闸门传递过来的水压力,而且第1种安装方法也有利于止水材料的维修更换。

5.2.3 胸墙设置

潜孔平面闸门止水材料的布置需要考虑到胸墙设置的位置和具体操作运行要求,胸墙设置不合理会影响闸门止水布置和闸门实际启闭力^[2],根据谏壁节制闸实际运用情况胸墙就宜设置在长江侧。

5.2.4 主滚轮制作安装

闸门上布置多滚轮时,为调整滚轮踏面在同一平面上,宜采用偏心轴^[1-2]。(下转第80页)

表 2 模型表面测量高程 cm

测点 横坐标	清水条件测量高程		浑水条件测量高程	
	静水	动水	静水	动水
0.0	-64.2	-64.2	-64.3	-64.2
3.5	-64.2	-64.2	-64.3	-64.3
7.0	-64.1	-64.1	-64.2	-64.2
10.5	-64.2	-64.2	-64.3	-64.3
14.0	-64.2	-64.3	-64.3	-64.3
17.5	-64.2	-64.2	-64.3	-64.3
21.0	-64.2	-64.2	-64.2	-64.2
24.5	-64.3	-64.3	-64.3	-64.3
28.0	-64.2	-64.2	-64.3	-64.3
31.5	-64.3	-64.2	-64.3	-64.3
35.0	-64.2	-64.2	-64.3	-64.3
38.5	-64.1	-64.1	-64.2	-64.2

差在 1 mm 以内,而大部分点的数值是相同的;浑水水体对测量结果有一定影响,与清水条件下的测量值相比,二者间误差在 1 mm 左右。试验中还发现若浑水浓度在空间分布很不均匀,则测量的精度会很差。

由于本试验中所用超声波发射和接收探头的直径为 3 cm,再考虑到安装的因素,因此测点间的水平距离大于 3 cm,又由于探头具有一定面积,所测量的点也具有一定面积,故对于形貌变化剧烈且坡面倾角较大的沙床,本文所述方法及装置不能准确测量其形貌。而对于床面连续变化且坡面倾角较平缓(坡角一般小于 30°)的沙床,本文所述方法及装置能得到满意的测量结果。

4 结 语

针对二维冲刷剖面,笔者提出一种测量沙床表面冲刷形貌的高精度、高效率、非接触式的方法,详细描述了该方法的测量原理和实施方案,同时开发了相应的测试装置。初步测试结果表明,本文所述方法在静态清水中的测量精度可在 0.8% 以内;运动水流(流速在 0.46 m/s 以下)对测量结果影响很小,可忽略不计;浑水水体对测量结果有一定影响,可引起测量误差在 0.25% 以内;所开发的测试装置在 2 s 内可完成 20 个点的测量,可满足一般室内试验(如水槽试验)实时在线测量的要求。

参考文献:

[1] 钱宁,万兆惠.泥沙运动力学[M].北京:科学出版社,1983.

[2] CHIEW Y M. Mechanics of local scour around submarine pipeline[J]. Journal of Hydraulic Engineering ,ASCE ,1990 ,116(4) 515-529.

[3] SUMER B M ,JENSEN H R ,MAO Y ,et al. Effect of lee-wake on scour below pipelines in current[J]. Journal of Waterway , Port ,Coastal and Ocean Engineering ,1988 ,114(5) 599-614.

[4] SUMER B M ,FREDSOE J. The mechanics of scour in the marine environmen[M]. Singapore :World Scientific ,2002.

[5] 杨兵,高福平,吴应湘.单向海流载荷下海底管道局部冲刷试验研究[J].工程力学 ,2008 ,25(3) 206-210.

[6] 杨兵,高福平,吴应湘.海流引起海底管道悬空的数值模拟[J].中国造船 ,2005 ,46(增刊) 221-226.

[7] GAO F P ,YANG B ,WU Y X ,et al. Steady currents induced seabed scour around a vibrating pipeline[J]. Applied Ocean Research ,2006 ,28(5) 291-298.

[8] SUMER B M ,TRUELSEN C ,SICHMANN T ,et al. Onset of scour below pipelines and self-burial[J]. Coastal Engineering ,2000 ,42(4) 313-335.

[9] 王振先,金欢阳.实验室用超声地形测量仪[J].海洋工程 ,2001 ,19(1) 94-98.

[10] 陈诚,唐洪武,陈红,等.国内河工模型地形测量方法研究综述[J].水利水电科技进展 ,2009 ,29(2) :76-94.

[11] 中国机械工程学会无损检测分会.超声波检测[M].北京:机械工业出版社,2000.

(收稿日期 2011-06-12 编辑:骆超)

(上接第 77 页)然而,谏壁节制闸滚轮制作安装时却没有采用这样的工艺。

5.2.5 启闭力计算

计算启闭力时要注意一些细节问题,如止水材料一般都预留压缩量,在计算自重较小的闸门启闭力时建议将压缩橡皮而引起的摩阻力计入^[3];闸门自重计算时若有拉杆则应计入拉杆自重,计算闭门力时还应考虑浮重;计算启闭力时几个滑动摩擦系数要取大值等^[1]。

谏壁节制闸启闭力不足的实际原因已查明,当前通过应急运行管理也基本能够实现常规水情下的控制运用。不过,目前已启动实施的全国大中型水闸除险加固工程应该从中吸取经验教训,在工程设计和施工中避免类似事件的再次发生。

参考文献:

[1] 水利部建设与管理司,水利部水利建设与管理总站.水闸工程通用法规标准选编[M].北京:中国水利水电出版社,2009 503-513,522-527,544,614,1119-1123,1130-1138.

[2] 范崇仁.水工钢结构设计[M].北京:中国水利水电出版社,2000 34-36.

[3] 刘细龙,陈福荣.闸门与启闭设备[M].北京:中国水利水电出版社,2003 77-83,118-119.

(收稿日期 2010-10-28 编辑:高建群)