

# 常州澡港河水利枢纽船闸闸门钢丝绳调节浅析

陈 飞, 陈 锋, 狄祖兴

(常州市长江堤防工程管理处, 江苏 常州 213127)

**摘要:** 在双吊点卧式闸门启闭机中, 钢丝绳对闸门起着起吊作用, 钢丝绳的好坏、长短决定了闸门的安全稳定运行, 特别是钢丝绳长短的调节, 如果闸门两吊点不水平造成闸门倾斜, 给液压启闭设备以及闸门带来重大安全隐患, 并影响设备的使用寿命。通过分析澡港河水利枢纽闸门钢丝绳运行问题及调节措施, 体现钢丝绳对闸门运行的重要性。

**关键词:** 钢丝绳; 启闭机; 调节; 受力

中图分类号: TV664 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2018) 09-0057-04

## Brief analysis on steel wire rope adjustment of lock gate in Zaogang River Hydro-junction of Changzhou

CHEN Fei, CHEN Feng, DI Zuxing

(The Yangtze River Levee Project Management Office of Changzhou, Changzhou 213127, Jiangsu)

**Abstract:** In the double hanging horizontal sluice gate hoists, the steel wire rope plays a lifting role. The quality and length of the rope determine the safe and stable operation of the gate, especially the adjustment of the length. If the two lifting points of the gate are not horizontal, the gate will be tilted, which will bring significant safety hazards to the hydraulic opening and closing equipment and the gate, and affect the service life of the equipment. The importance of the steel wire rope to the gate operation was reflected by analyzing the operation problems and adjusting measures on the steel wire ropes of the gate in Zaogang River Hydro-junction.

**Key words:** steel wire rope; hoist; adjustment; force

## 0 引言

闸门启闭机形式有卷扬机式、液压启闭机式, 卷扬机式启闭机用于自重比较轻的闸门, 若大型闸门自重比较重, 需用液压启闭机来启闭。大型升卧式闸门启闭需用钢丝绳对闸门进行升降, 钢丝绳受闸门的启闭运行以及温度的影响会有一定距离的伸长, 钢丝绳伸长较长将给闸门运行及启闭机系统带来安全隐患<sup>[1-2]</sup>。

## 1 工程概况

澡港水利枢纽, 位于太湖流域湖西, 沿江主要河道澡港河, 距长江口 200 m, 工程主要包括 1 座单孔净宽 16 m 设计流量 100 m<sup>3</sup>/s 节制闸, 1 座闸口宽 12 m、闸室宽 16 m、长 190 m 套闸和 1 座 2×20 m<sup>3</sup>/s 双向泵站组成。船闸、节制闸闸门采用钢丝绳液压启闭机, 泵站闸门采用液压杆启闭机。

## 2 闸门启闭机结构原理

澡港水利枢纽船闸计通航能力为 500 t 级, 设计最高水位 6.84 m, 最低通航水位 1.77 m, 闸门

收稿日期: 2018-03-08

作者简介: 陈飞 (1981—), 男, 本科, 工程师, 主要从事水利工程管理工作。

为平板钢闸门, 输水方式为门底输水, 闸门自重为 45 t, 由于闸门自重比较重且闸门启闭形式为升卧式, 故不能使用卷扬式启闭机或者是立式液压启闭机, 因此采用双吊点卧式液压启闭机, 澡港船闸采用的是 QPPY-I-2×1250-7.4 型液压启闭机, 其示意图见图 1。

QPPY-I-2×1250-7.4 型液压启闭机, 启门力为 125 t, 最大行程为 7.4 m, 闸门双吊点分别使用 2 根钢丝绳 (A、B) 连接, 绕过一组定滑轮再绕过油缸动滑轮与机架固定, 通过组合滑轮, 油缸的行程与作用力可以减半, 油缸做横向运动, 闸门做升卧运动 (如图 1)。

### 3 运行中存在的问题及调节措施

澡港枢纽船闸使用的钢丝绳为 6×37+FC-47 镀锌麻芯钢丝绳, 由于闸门自重比较重, 闸门经过

长时间的启闭运行, 闸门钢丝绳有一定的伸缩性导致启闭闸门的 2 根钢丝绳不一样长, 从实际运行情况来看, 伸长距离也不一样长, 通常长钢丝绳 B 伸长距离比短钢丝绳 A 伸长距离长, 这样就导致了闸门两吊点不平行, 吊点有水平上下差, 使闸门在启闭过程中出现倾斜, 使得闸门启门力加大, 加大启门负荷及钢丝绳的载荷, 出现闸门滚轮卡死、启闭机活塞杆跑偏、油封拉坏等现象, 导致安全隐患, 严重影响启闭机的使用寿命。

出现以上现象, 可通过钢丝绳调节器 C, 调节钢丝绳长度 (如图 2), 当 2 根钢丝绳伸长, 产生吊点水平差 H 时, 一般情况下调节长钢丝绳调节器, 也就是在油缸下方与钢丝绳 B 连接的调节器。判断闸门钢丝绳是否需要调节的方法为: 一是通过闸门闭门到底时看闸门两边哪边先到底, 如果闸门两边到底时有先后顺序就说明闸门运行不平

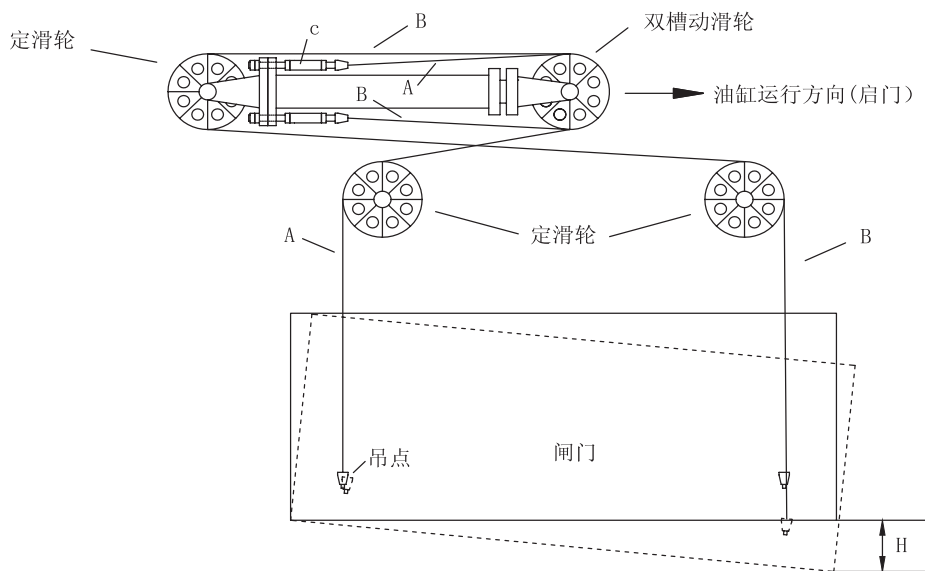


图 1 闸门启闭机示意图

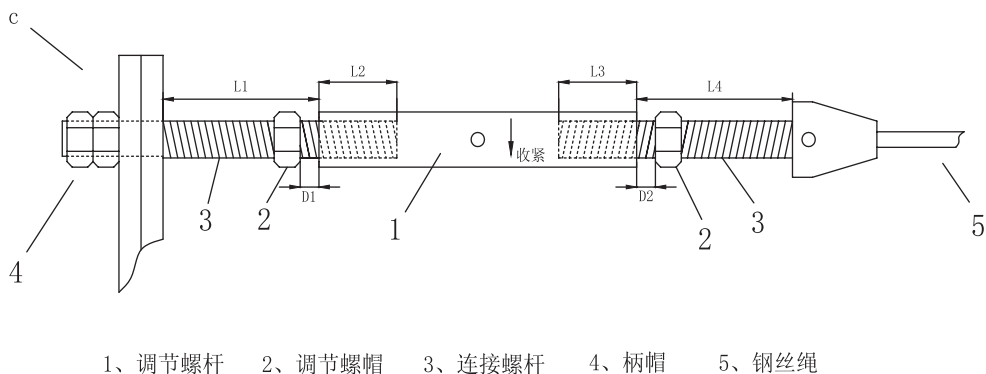


图 2 闸门钢丝绳调节器

整有倾斜, 闸门吊点有水平差(闸门先到底的那边吊点的钢丝绳需要收紧, 一般为长钢丝绳 B); 二是当闸门关到底时观测启闭机油缸上下方的钢丝绳, 看其松紧程度, 如果很松就说明要调节; 三是在闸门启门过程中听声音, 如果启门声音很大, 闸门有卡涩现象, 说明闸门侧偏, 钢丝绳也需要调节。

调节时, 首先将调节螺帽 2 向两边旋, 使其与调节螺杆 2 有  $D1=D2$  的距离, 吊点水平差  $H=D1+D2$ , 然后再向下旋转调节螺杆, 这样两边的螺杆 1 就同时向中间旋进, 起到收紧作用, 反之就是松开钢丝绳。实际情况中, 闸门吊点水平差  $H$  是很难测出的, 只能根据闸门的运行情况, 一般每次调节距离  $D1=D2=10\text{ mm}$ , 然后让闸门启闭几次, 在启闭过程中闸门会自动适应调整, 这样小距离多次调节, 直到闸门运行异常消失。

澡港枢纽船闸闸门钢丝绳调节器连接螺杆 3 长为  $L1+L2=L3+L4=500\text{ mm}$ , 在安装过程中为了安全, 连接螺杆 3 必需旋进调节螺杆 1 内的长度不能小于  $L2=L3=250\text{ mm}$ , 由于钢丝绳的拉力, 连接螺杆 3 必需与调节螺杆 1 可靠连接。因此, 通常情况下是禁止以旋松钢丝绳来达到吊点水平, 如果旋松钢丝绳, 当  $L2=L3$  且小于  $250\text{ mm}$  时会带来安全隐患。在调节过程中, 调节距离  $D1$  必需与  $D2$  相等, 保持连接螺杆两边的余量相等, 因此在调节过程中必须固定好两边的连接螺杆 3, 确保不在调节过程中跟随调节杆转动, 如果跟随转动导致  $L1$  与  $L4$  不相等, 经过多次调节最后  $L1$  和  $L4$  有一边全部旋进调节杆内, 另一边没有旋进, 就会导致钢丝绳调节余量变少, 必需把两边连接螺杆全部退出重新进行调节。

钢丝绳伸长是一种结构缺陷, 对钢丝绳及闸门启闭设备危害很大, 一般的处理措施是预张拉, 这是新钢丝绳安装前消除伸长最有效方法, 可以改善钢丝绳的性能, 提高钢丝绳的寿命。一般钢丝绳在重载荷、多弯曲或偏转的工作环境下伸长率在 1% 左右, 纤维芯钢丝绳伸长率能达到 2%, 澡港船闸使用的就是纤维芯钢丝绳, 钢丝绳单根总长度为  $60\text{ m}$ , 经过多道滚轮弯曲, 按照伸长率 2% 计算, 伸长能达到  $1.2\text{ m}$ , 而调节机构最大调节范围为  $0\sim 1\text{ m}$ , 已经超范围, 没有余量调节了。

当钢丝绳调节器没有余量调节时需注意, 闸门安装搁门器后可能会出现无法脱离搁门器的现象, 这是因为在澡港枢纽的闸门启闭机设计中油

缸的行程短, 没有很大的余量, 搁门器高度为  $14.5\text{ m}$ , 闸门脱离搁门器需将闸门再提升  $0.2\text{ m}$ , 两者加起来最大开度需  $14.7\text{ m}$ , 需要油缸行程为  $7.35\text{ m}$ , 由于澡港液压启闭机行程为  $7.4\text{ m}$ , 经过滑轮组合, 闸门最大开度为  $14.8\text{ m}$ , 如果在钢丝绳调节器没有余量的情况下, 钢丝绳再伸长  $0.1\text{ m}$ , 油缸行程需增加  $0.05\text{ m}$ , 达到  $7.4\text{ m}$ 。因此, 在钢丝绳调节器没有余量调节的情况下, 钢丝绳伸长距离不能大于  $0.1\text{ m}$ , 否则闸门就会出现安装了搁门器后就无法脱离的现象, 唯一的办法就是截短钢丝绳重做。

## 4 钢丝绳伸长原因分析

### 4.1 闸门下降过程中突然暂停

由闸门受力示意图(如图 3)可知, 澡港枢纽上闸首闸门的重量为  $45\text{ t}$ , 即  $m=45\times 10^3\text{ kg}$ , 闸门下降速度  $v=0.3\text{ m/s}$ , 假设闸门从开始暂停到闸门停止时间  $\Delta t=0.1\text{ s}$ , 根据动量定理(如图 3),  $(mg-F)\Delta t=\Delta p=0-mv$ , 钢丝绳所受到的冲击力  $F=$

$$\frac{mv}{\Delta t}+mg=\frac{45\times 10^3\times 0.3}{0.1}+45\times 10^3\times 10=585\times 10^3\text{ N}$$

( $g=10\text{ n/kg}$ )。由于闸门是双吊点, 因此单根钢丝绳所受冲击力为  $292.5\text{ kN}$ 、 $29.25\text{ t}$ , 根据 GB/T8918-1996 查得  $6\times 37+FC-47$  钢丝绳的最小破断拉力为  $1270\text{ kN}$ , 起重机类钢丝绳安全系数取 5,  $6\times 37+FC-47$  单根钢丝绳起重安全吨位为  $1270\text{ kN}\div 5=254\text{ kN}$ 、 $25.4\text{ t}$ , 而闸门突然暂停对钢丝绳的瞬时拉力能达到  $29.25\text{ t}$ , 由以上分析可得出闸门下降过程中突然暂停, 钢丝绳的瞬时受力已经大于它的最大安全受力, 因此闸门下降过程中突然暂停对钢丝绳的损害很大, 这也是导致钢丝绳

结构性伸长的一个主要原因。由  $F=\frac{mv}{\Delta t}+mg$  可看

出钢丝绳所受冲击力大小与闸门的运行速度和停止时间有关, 运行速度越快, 停止时间越短, 则钢丝绳所受冲击力就越大, 同时对液压系统管道、阀组的冲击力也很大。实际操作中, 可以通过液压启闭机的节流阀减小液压油回油流量来降低关门速度, 缓解闸门对钢丝绳的冲击力, 而不能通过加长暂停时间  $\Delta t$  来改善, 因为当液压系统按下暂停按钮时, 阀组已经瞬时关闭, 而此处  $\Delta t=0.1\text{ s}$  是当按下暂停按钮时, 阀组瞬时关闭时间与油缸内液压油被压缩缓冲时间之和 ( $0.1\text{ s}$  是预估, 甚至

更短,但不可能是0),这个时间是固定的不能改变。理想状态是当按下暂停键时能让闸门缓慢停下,但这种情况在工程实际运行过程中是不可能的。

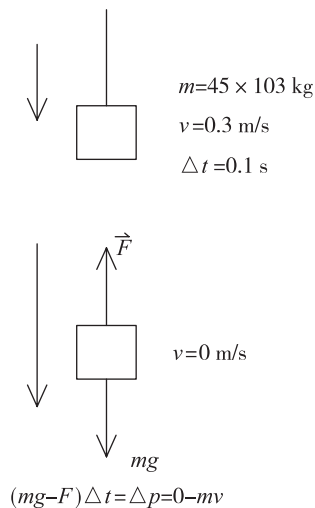


图3 闸门受力示意图

#### 4.2 闸门启闭机的结构问题

如图1可知,长钢丝绳B由下部调节机构经一组油缸动滑轮进行180°弯曲运动后,再经一组定滑轮进行180°弯曲运动,然后再经一组定滑轮进行90°弯曲运动,最后到闸门吊点;短钢丝绳A由上部调节机构经油缸动滑轮进行180°弯曲运动,再经一组定滑轮进行90°弯曲,再到闸门吊点。由此可见钢丝绳经过了多道弯曲,这也是导致钢丝

绳伸长的原因之一,也会加剧钢丝绳的磨损和断丝现象<sup>[3-4]</sup>。

### 5 改进措施

(1) 钢丝绳连接螺杆比较短,导致调节最大距离小于钢丝绳伸长距离,这时可以加长图2中的连接螺杆3和4的长度。

(2) 在钢丝绳安装前进行预张拉。

(3) 减少关闸时的暂停次数,原则上可以做到关闸时不需要暂停。

(4) 钢丝绳要经常保养,涂抹润滑油,特别是针对滑轮组滚动部位,要经常检查有无断丝现象。

(5) 对闸门钢丝绳调节器要经常巡视检查,检查调节器各个部位有无螺栓、螺杆松动现象,定期对调节器涂抹润滑油脂等。

#### 参考文献:

- [1] 李寿柏. 钢丝绳主要设备[M]. 机械工业出版社, 2013.
- [2] 江宁, 等. 水利工程启闭机·机械部分[M]. 中国水利水电出版社, 2010.
- [3] 钟锡华, 周岳明. 大学物理通用教程·力学(第二版)[M]. 北京大学出版社, 2010.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB8918—2006 钢丝绳国家标准[S]. 2006.