



大跨度升卧式闸门在船闸上的应用

李树海¹, 赵月桂², 陶书东¹

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京100007;

2. 山东省交通运输厅京杭运河工程建设办公室, 山东 济南 250000)

摘要: 升卧式闸门一般跨度不大, 在水利上应用较多, 在船闸工程中应用较少, 尤其在23 m口门三级通航建筑物上的应用缺少工程实例和经验。以丹金船闸为研究对象, 比选适应23 m口门及水文条件的三角门和升卧门, 对大跨度升卧门设计难点及应对措施进行论述。

关键词: 三角闸门; 升卧式闸门; 启闭机

中图分类号: U 641.6

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2013)08-0152-04

Application of large-span lift gate on ship lock

LI Shu-hai¹, ZHAO Yue-gui², TAO Shu-dong²

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2. Beijing-Hangzhou Canal Engineering Construction Office, Department of Transport, Shandong Province, Jinan 250000, China)

Abstract: The lift gate is usually characterized by a small span, thus it is mostly applied to the water conservancy engineering, and seldom used in the lock engineering, especially for the ship lock of 23 m width. Taking Danjin lock as a study case, this paper compares the triangular gate and lift gate on the 23 m wide lock, and discusses the design difficulties and countermeasures for the large-span lift gate.

Key words: triangular gate; lift gate; headstock gear

丹金船闸为Ⅲ级通航建筑物, 设计最大船舶等级为1 000吨级, 船闸基本尺度为180 m × 23 m × 4 m (闸室长 × 宽 × 槛上水深), 受单向水头作用, 最大设计水头1.71 m, 校核水头2.0 m, 有开通闸需求, 门缝或门底输水。结合已建船闸工程, 该船闸能满足开通闸、门缝输水要求的成熟门型为三角门, 升卧式闸门也能满足开通闸、门底输水的要求但在船闸应用较少, 尤其在23 m口门三级通航建筑物上的应用缺少工程实例和经验。本文对三角门、升卧门进行比选, 并对大跨度升卧门设计难点及应对措施进行论述。

1 门型比选

丹金船闸单向水头, 最大设计水头1.71 m,

校核水头2.0 m, 有开通闸要求, 丹金闸工作闸门可采用升卧式平面闸门或三角闸门。

1.1 方案1: 工作闸门采用升卧式平面闸门

船闸上、下闸首各安装一扇升卧式平板闸门, 闸门由门体结构、主滚轮运转件、止水系统、锁定装置、埋件系统组成, 门体结构采用双主梁结构, 主梁为实腹式变截面主梁, 承受水压侧的主轨道自上而下成直轨、弧轨和斜轨段, 主轨对侧的反轨皆为直轨, 闸门吊点位于门下(靠近下主梁)面板上游侧。闸门提升采用双吊点固定式卷扬启闭机, 闸门在提升时先直升一段, 然后闸门的顶部向下游转动, 至闸门全开时, 闸门呈水平状卧于闸首的上部。

收稿日期: 2013-01-19

作者简介: 李树海(1978—), 男, 硕士, 工程师, 从事码头装卸工艺、通航建筑物金属结构及启闭机设计。

1.2 方案2: 工作闸门采用三角门

上、下闸首各安装两扇三角门, 闸门由门体结构、支承运转件、止水系统、防护系统、润滑系统、埋件系统组成。三角门采用空间网架式结构, 网架管件采用圆形管材, 空间节点采用空心球节点。闸门采用液压启闭机, 开门时, 三角门在液压启闭机的驱动下运动至门库。

两种门型主要结构工程量见表1。

1.3 两种门型方案主要优缺点比较

表2为两种门型方案主要优缺点比较。

表1 主要结构工程量 t

方案	门体结构件	运转件	预埋件
方案1 (升卧式)	163.5	20.34	42.3
方案2 (三角门)	380.0	98.00	30.4

注: 表中工程量为全闸用量。

综上所述, 升卧式和三角门均能较好地适用于本船闸的水文条件, 完成过闸通航功能, 但通过分析可以发现升卧式工程量较三角门少, 启闭机投资估算较三角门低, 考虑丹金船闸建成后有开通闸情况, 闸门使用频率不高, 工程投资有限, 故本船推荐采用升卧式平面闸门。

表2 方案比较

方案	启闭机	优点	缺点
方案1	固定式双吊点卷扬机 QH-2x630 kN-18.0 m 投资估算约150万	1. 升卧式平面闸门兼具平面直升闸门和弧形闸门的优点, 使平面闸门在弧形轨道上作弧形运动, 适用于简易船闸的工作闸门 ^[1] 2. 采用向下游转动的升卧式平板闸门, 闸门的转动方向与水压力使闸门转动的方向一致, 有利于启门 ^[1] 3. 易于维护 4. 闸门结构简单, 投资低	1. 门体结构长期处于闸首高位, 且自重较大, 为保证下方通航船舶的安全, 结构及运转件需要考虑较大安全系数 2. 23 m跨度较大, 未有已建船闸的工程实践经验
方案2	直推式液压启闭机 QBJ-350 Kn-4.62 m 投资估算约280万	1. 三角门可以承受双向水头的作用, 在动水中启闭灵活, 而且可以利用门缝进行输水 2. 三角门闸面板均布置于朝向引航道一侧, 可以利用三角门的门库作为消能室, 保证闸室停泊条件; 3. 运行平稳, 技术成熟	1. 投资高, 闸门长期处于水中不利于防腐

2 升卧式设计

2.1 设计难点

1) 目前国内船闸最大升卧式孔口宽度为16 m, 丹金船闸为Ⅲ级通航建筑物, 孔口宽度为23 m, 升卧式宽度增加近44%, 要控制好跨中挠度、整体变形、整体应力需在结构设计进行认真考虑。

2) 由于升卧式的运行特点决定单侧边柱仅能安装2个主滚轮, 4个主滚轮承受约315 t的水压力, 闸门运转件受集中力大。

3) 闸门跨度大, 采用双吊点固定卷扬式启闭机, 双侧吊点的同步对闸门的平稳运行尤为重要, 在启闭机的选型中即要参考已建工程, 又要适用新变化, 采取新方法。

2.2 闸门设计特点

2.2.1 闸门结构

大跨度升卧式采用双主梁结构, 由面板、次梁、纵梁、主横梁、端柱组成, 传力模式是通过面板将水压力依次传给次梁、纵梁、主横梁、端

柱、主滚轮、闸首, 闸门跨度增大, 控制主梁挠度的方法主要是增加主梁高度, 加厚后翼缘板厚度, 闸门主梁采用实腹式主梁结构, 梁高1.9 m, 主梁翼板厚度20 mm, 主梁腹板厚度14 mm, 经过计算闸门主梁的跨中挠度满足L/600的要求。设计闸门的尺寸为22.94 m × 8.33 m × 1.9 m (宽 × 高 × 厚)。图1 为结构简图。

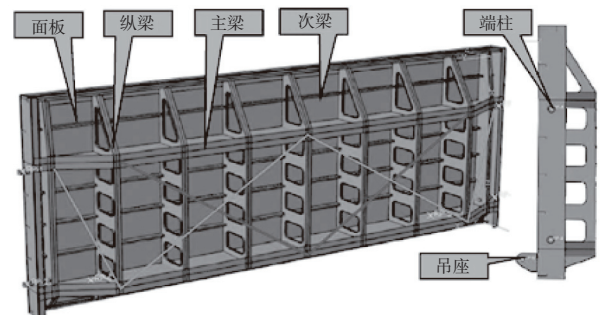


图1 闸门结构

闸门结构在强度、刚度满足设计要求的情况下, 尽量减轻自重, 以减小启门力, 闸门纵梁

采取开洞加围板的方式；闸门背部安装多道背拉杆，控制整体变形；闸门启闭机吊座是闸门的应力集中点，闸门吊座底板采用30 mm厚板，吊座耳板延伸到底梁，吊座后部加多道加筋肋板^[2]。

闸门选用船用钢板作为主材，船用钢板较传统碳钢防腐性能更好，外涂装采用喷锌、水性无机富锌底漆、氯化橡胶面漆等复合防腐措施。确保闸门在运营中不发生锈蚀现象。

2.2.2 闸门运转件

大跨度升卧闸门由于在上升的最后阶段有向下游方向翻转的运动，决定了闸门一侧端柱上只能安装2个悬臂主滚轮。闸门处于挡水位置时2 m校核水头时产生的全部水压力由4个悬臂主滚轮承受，单个悬臂主滚轮承受的径向力达到78.5 t，为了将踏面接触应力控制在许用范围，轮径加大到 $\phi 1\ 000\text{ mm}$ ，主滚轮采用铸钢ZG310-570，表面淬火；为了减少维护量，轴套采用高强度自润滑材料；主滚轮轴弯矩最大位置轴径取为280 mm，采用40 Cr材料，调质处理，表面镀铬，轴的大、小头分别固定在门叶端柱的腹板上；为限制闸门侧向位移，在主滚轮轴端部做成球面与侧轨接触^[2]（图2）。

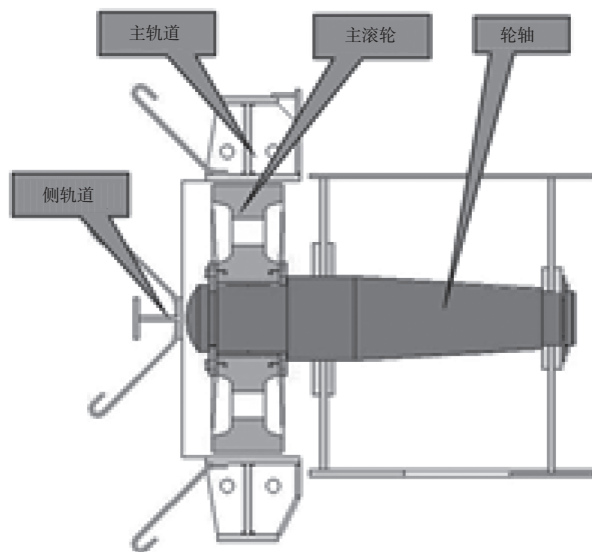


图2 闸门运转件

2.2.3 止水及锁定装置

止水由侧止水、底止水组成，考虑侧止水在闸门提升过程中与闸首钢面护板摩擦接触较多，侧止水P型橡皮采用球头橡胶复合水封，球头覆盖聚四氟乙烯塑料，耐磨性好。P型止水通过螺栓固定在支撑角钢上，角钢上的固定螺孔为椭圆孔，便于调整侧止水位置，改善密封效果。闸门底止水采用平板型止水橡皮（图3）。

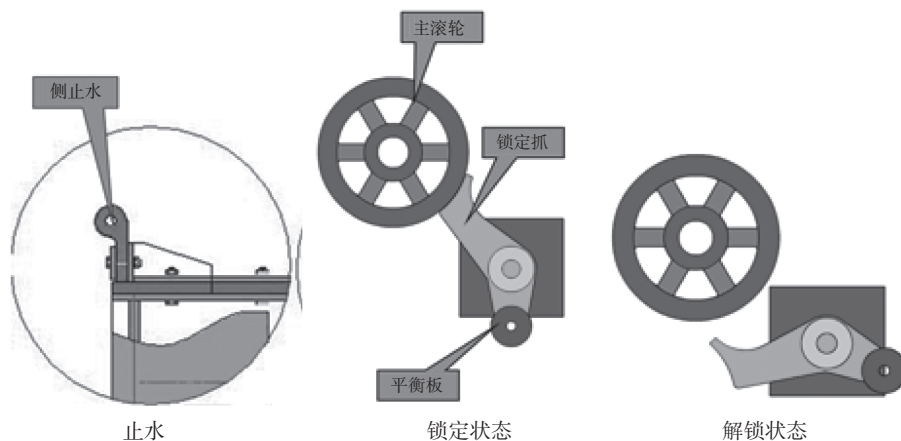


图3 止水及锁定装置

锁定装置是闸门安全运行的保护装置，一般锁定装置需要动力驱动，实现锁定，本次设计锁定装置采用自平衡原理，可自行锁定，闸门主滚轮上行，带动锁抓旋转，锁抓旋转约45°后，进入锁定位，主滚轮被锁定。解锁时，闸门主滚轮先上行约120 mm，锁抓在重力作用下旋转恢复至原平衡

位，主滚轮解锁。锁定装置的主受力构件为锁定座悬臂轴，销轴的轴径和材料选择上考虑足够的安全储备，另外闸门锁定时启闭机处于抱闸状态，即便锁定装置失效亦不会造成闸门下落事故。

2.3 启闭机设计特点

升卧式闸门跨度大，吊点间距达16.14 m，启

闭力大,行程长,双侧吊点同步精度要求高,需安装于闸墩顶部大梁之上启闭机房内,结合丹金船闸启闭机的这些特点,在启闭机的选用上比较了QPQ和QH两种型号的启闭机^[3]。启闭机比较见表3。

表3 方案比较

型号	优点	缺点
QPQ-2×630 kN-18.0 m 启闭机	1. 自重小,约20 t/套 2. 投资少,约30万/套	1. 滑轮倍率大,钢丝绳多,倍率为6,钢丝绳易乱绳 2. 钢丝绳总长度长,双吊点同步精度难于保证
QH-2×630 kN-18.0 m 启闭机	1. 滑轮倍率小,钢丝绳少,倍率为2,不会出现乱绳现象 2. 钢丝绳总长度短,钢丝绳粗,双侧同步精度高	1. 自重大,约38 t/套 2. 投资大,约48万/套

大跨度升卧式门的启闭机。一套启闭机由2套独立的电动机、减速器、制动器、卷筒、滑轮组、荷载限制器等组成,为保证双吊点的同步运行采用中间传动轴机械同步装置。具体参数如下:启闭机型号:QH-2×630 kN-18.0 m;最大启门力:2×630 kN;启闭机最大扬程:约18 m;启门高

综上所述,QPQ启闭机适用于跨度不大,双吊点同步精度要求不高的升卧式门,QH启闭机适用于大跨度,双侧吊点要求同步精度高的升卧式门和弧门,综合考虑选用QH型号启闭机作为丹金船闸

度:16.6 m;启闭速度:1.57 m/min;电机功率:22 kW;卷筒直径:1 120 mm;钢丝绳直径:56 mm;吊点距:16.14 m;同步轴支墩间距:4.1 m。

启闭机均采用专用变频电机,由PLC控制变频器实现变速运行,启闭机配有开度仪,行程限位及过载保护装置(图4)。

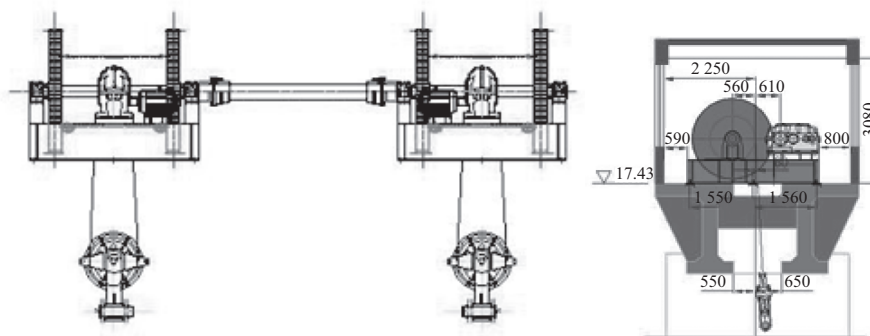


图4 升卧式启闭机

3 结论

丹金船闸升卧式门已经通过调试、验收,运行平稳,无任何异响,锁定装置锁定准确。工程实践表明:大跨度升卧式门在船闸上应用是可行的,同三角门对比,大跨度升卧式门节省了大量投资。在大跨度升卧式门设计中采取的控制整体变形的措施非常有效,锁定装置安全可靠,启闭机选用合理。

参考文献:

- [1] 邵春芬, 窦维娥. 大型升卧式平面钢闸门设计[R]. 上海: 上海勘测设计研究院机电分院, 2004.
- [2] 胡必要, 孙亚东, 张楠. 升卧式闸门的安装及启闭机联合调试[J]. 江苏水利, 2007(8): 32-33.
- [3] 河北省水利厅勘测设计院. 升卧式平面闸门[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1981.

(本文编辑 郭雪珍)