

内外置行星启闭机在天生桥船闸上的运用

王波¹, 沈静¹, 戴健²

(1. 江苏省水利机械制造有限公司, 江苏扬州 225000; 2. 江苏省太湖地区水利工程管理处, 江苏苏州 215128)

摘要:传统弧门启闭机由于自身没有滑轮组的省力效果,卷筒承受的力就是闸门的额定启闭力,为了满足使用及规范要求,传统弧门启闭机在设计和选型上,自身体积和重量几乎是同吨位的平门启闭机的2倍甚至更多,对土建启闭机工作桥的布置和设计带来了很大的不便。在天生桥套闸项目上,针对上述问题,经过不断的方案优化比选,选择把行星减速机内置于卷筒,可以最大优化启闭机的外形尺寸;同时做到减速机卷筒同轴。

关键词:船闸;弧门启闭机;内外置行星;减卷同轴

中图分类号:TV66 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2022)09-0039-0004

Application of internal and external planetary hoist on Tiansheng Bridge lock

Wang Bo¹, Shen Jing¹, DAI Jian²

(1. Jiangsu Water Conservancy Machinery Manufacturing Co., Ltd., Yangzhou 225000, China;
2. Water Conservancy Engineering Management Office of Taihu Region of Jiangsu Province, Suzhou 215128, China)

Abstract: Due to the nonexistence of a block and tackle exerting a labor-saving effect on the traditional radial gate hoist, the force its drum bears is equivalently the rated hoisting capacity. In order to meet the requirements of operation and specification, the size and weight of the traditional radial gate hoist is almost twice or more than that of the flat door hoist of the same tonnage in terms of the design and type selection, which has brought a lot of inconvenience to the design and layout of the civil construction hoist working bridge. In the project of Tiansheng Bridge double dike lock, aiming at the problems above, after a series of program optimization, we decided to make the planetary transmission installed in the drum, which can optimize the shape and the size of the hoist. Meanwhile, it makes the reducer and the drum coaxial.

Key words: ship lock; radial gate hoist; internal and external planetary; coaxial reducer and drum

启闭机作为水工建筑金属结构的主要设备,是重要的启闭闸门的设备^[1],除满足正常安全使用,使用单位对启闭机的主要要求为:结构简单、重量轻、安全可靠、效率高、后期维护成本低、外观整洁、体积小、占地少等。

弧门卷扬式启闭机一般采用单根钢丝绳或双根钢丝绳启闭闸门,因没有滑轮组的省力效果,卷筒所承受的压力就是启闭的载荷,因此弧门启闭机

的质量是同吨位的平门启闭机质量的2倍甚至更多。为了满足启闭机的安装使用条件,启闭机工作桥在设计上会随着固定卷扬机的体积增大而占用更多的空间,随着固定卷扬机的质量增加,工作桥在整体的强度设计上也会随之增加。为改善这一局面,提出了内外置行星启闭机机型。

天生桥套闸位于南京市溧水区。天生桥套闸是连接秦淮河与石臼湖水系的控制性水工建筑物,

收稿日期: 2022-07-16

基金项目: 江苏省水利科技项目(2017034)

作者简介: 王波(1975—),男,高级工程师,本科,主要从事启闭机设计工作。Email:80027907@qq.com

具有防洪、蓄水、引水、通航、分洪、旅游等主要功能。天生桥套闸、节制闸闸门的启闭设备均采用固定卷扬式启闭机;其中套闸启闭机为QH-2×630kN-17m-Q4闭式弧门启闭机2台套,节制闸启闭机为QH-2×630kN-17m-Q2闭式弧门启闭机2台套。

天生桥套闸、节制闸闸门采用了平面升卧门的形式,闭门位置为垂直状态,开门位置为水平状态,吊耳位于闸门的最下面,动滑轮组不宜长期浸泡在水中,选择采用QH弧门系列启闭机。

1 研究思路

近年来闭式启闭机已被广泛使用,逐渐取代了开式启闭机,闭式启闭机取消了开式齿轮维护工作量,封闭在减速机内部的齿轮可以更好地润滑,提高了可靠性和运行寿命。但QH弧门闭式启闭机可选的标准减速机种类非常少,一般的弧门启闭机的总速比在1 000以上,而标准的圆柱齿轮减速机速比最大只能达到500,故弧门闭式启闭机无法选择使用标准的圆柱齿轮减速机,只能选择少齿差的摆

线、三环和行星减速机。

摆线针轮减速器由摆线轮与针齿轮上一组环形排列的针齿相啮合,以组成齿差为一齿的内齿合减速机构,减速器体积小、结构紧凑,但无自锁,输出轴不能承受大的轴向力和径向力,速比大时,效率低。三环少齿差、行星齿轮减速器传动比大(在理论上可达到1 500)、体积较大、重量较重,输出轴在减速机的中间,顺水流方向尺寸过大。标准的行星一般也是三级传动再带个外置小减速机才能达到1 000以上的速比。也可以采用2个圆柱齿轮机互联的方式,但布置上不紧凑,整体性不够。

经过不断的方案优化比选,把行星减速机大扭矩输出特点和输入输出同轴的特点内置于卷筒,将能发挥出行星传动的最大效果,也可以最大优化启闭机的外形尺寸。外置行星采用标准行星减速机,将发挥出行星传动紧凑直联布置的最大效果,垂直安装的电机转向模块也方便左右机的刚性同步^[4]。各类启闭机特点对比见表1。

表1 各类启闭机的性能对比

启闭机	维护	寿命	噪音	体积	重量
传统开式启闭机QP、QH系列	难	短	大	大	大
闭式启闭机QPB、QHB系列	难	较长	较大	较大	大
内外置行星启闭机QPX、QHX	易	长	小	小	小

传统开式启闭机已经逐渐淘汰,目前使用较多的是闭式传动启闭机,而内外置行星启闭机在各方面性能都优于前者,是未来启闭机的发展方向。

2 内外置行星启闭机的设计

内外置行星卷扬式启闭机设计根据《水利水电工程启闭机设计规范》^[2]和《水利水电工程启闭机制造安装及验收规范》^[3]的要求。内外置行星卷扬式启闭机主要由电机、制动器和转向减速器的三合一模块、外置行星减速模块、内置行星减速模块、卷筒模块、轴承座、机架、中间轴以及荷载限制器、开度传感器、机械限位装置等安全设施组成。所有组成部件均成直线型布置,电机垂直安装,顺水流方向尺寸只比卷筒直径略大,启闭机整体宽度1 338 mm。

根据工作运行管理特点,主要从电机的选择、

外置行星减速器形式选择、卷筒和内置行星模块设计和整机布置形式等方面进行设计研究。

采用双联卷筒的弧门启闭机的速比一般都比较大,启闭机常规的启闭速度是1~2.5 m/min,卷筒的线速度在1~2 r/min,因此所需的总速比都要达到1 000~1 500,甚至更多,如果是传统的单联卷筒,因卷筒的线速度慢,所需总速比要达到1 500以上。如果启闭速度为慢速,则所需总速比要达到5 000以上。

2.1 电机的选择

电机的选择主要是功率和转速的选择,考虑套闸的速度不宜过慢,选择在2 m/min左右,载荷按照最大载荷2×630 kN,按效率0.8进行计算,单边功率需大于26 kW,因此单边功率选择为30 kW。电机与制动器采用三合一减速电机,选型同减速器型号。

2.2 外置行星减速器形式的选择

外置行星减速器的选择主要考虑左右机的布置形式,如果采用电机轴同步,转速必须达到电机转速,8级电机也要达到728 r/min,这种转速是必须要加装防护安全装置的,而且吊点距过大时,相应的挠度也会大幅增加,给安全带来隐患。因此,选用带一级K级减速的标准行星减速机,通过K级减速机降级后再进行左右机刚性同步,这样同步轴转速控制在60 r/min左右比较安全。电机、制动器和转向减速器的三合一模块,让电机垂直安装,也可以充分利用左右机之样的空间,选择了型号为DLPIINBH08-40的外置行星减速器。

2.3 卷筒和内置行星模块的设计

内置行星是该启闭机的核心模块,即需要承受输出的扭矩,也需要承受径向载荷。普通的减速机主要承受的都是扭矩,因此在行星模块的设计上,充分考虑承受径向力的需要,在设计时将行星模块的轴承和轴承座的轴承合二为一进行设计,并按照1.25倍静载进行复核。在行星模块的设计中,为了最大程度的大扭矩输出,采用5对行星轮的结构。为了能够内置也改变了标准行星减速机行星架输出的结构,采用内齿圈输出。因外置行星模块可选的速比范围较广,本次设计时内置行星模块仅考虑单级速比,为4.1(如需要减少外置减速机的尺寸,内置模块可以进行双级甚至多级设计)。至此,带轴承座的一个行星减速装置通过内齿圈紧密的内置于卷筒内部,而且内置的行星减速装置是可以根据卷筒的扭矩大小和卷筒的内径尺寸进行特殊设计,形成一套紧密的内置行星卷筒模块。

2.4 启闭机布置形式

启闭机布置见图1。如图1所示,启闭机的布置完全成直线型布置,在顺水流方向极大地优化了空间。

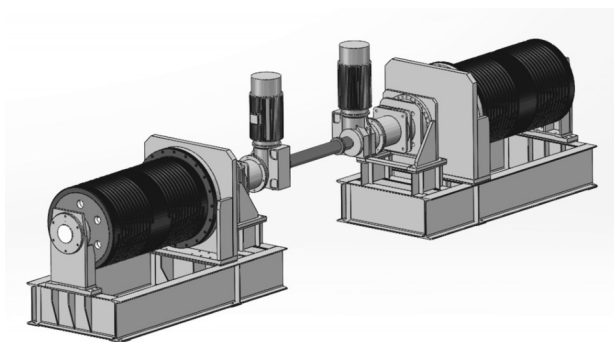


图1 启闭机布置

3 内外置行星弧门启闭机与传统弧门启闭机的比较

3.1 启闭机所占空间

弧门启闭机一般滑轮组倍率为1,故钢丝绳选型直径比较大,造成启闭机卷筒直径大的特点。传统弧门启闭机分为开式启闭机和闭式启闭机,开式启闭机由减速机一级减速后再由开式齿轮组二级减速,所以开式弧门启闭机所占空间由开式齿轮组尺寸决定,启闭机所占空间较大;闭式启闭机只有减速机减速后直接与卷筒连接,为了满足启闭速度,故减速机选用大速比减速机,由于减速机的体积随着速比的增大成倍增加,所以闭式弧门机所占空间由选用的减速机尺寸决定,启闭机所占空间大;内外置行星弧门启闭机采用卷筒内置行星减速机与外置三合一减速电机双减速,三合一减速电机为标准产品,水流方向尺寸小于卷筒直径,故内外置行星弧门启闭机所占空间由卷筒尺寸决定,所占空间大幅减小,较传统弧门启闭机顺水流方向尺寸优化了40%以上,土建启闭机工作桥尺寸也可以进一步减小,减小了土建的工作量,较少工程造价。

3.2 后期维护

传统开式弧门启闭机由于开式齿轮组为暴露在空气中,在后期的运行、维护、保养中开式齿轮采用黄油涂抹的方式保护齿轮表面,黄油在启闭机使用过程中易发生变质或者吸附灰尘与杂物后对齿轮啮合运行时产生不可逆破坏,而且黄油在高温状态下会发生融化滴落对水质环境遭到污染,后期维护难度大;传统闭式启闭机由于采用大速比减速机,减速机体积大,减速机内部齿轮采用油池润滑,每次启闭机进行维护更换齿轮油的用量大,直接造成维护成本的增加,后期维护难度较大;内外置行星弧门启闭机由于采用行星减速机,在后期维护中,因行星采用360°旋转,减速机的齿轮油用量少,而且由于双减速,内外行星减速机工作环境优于闭式启闭机减速机,减速机使用寿命更长,后期维护简易。

4 结语

天生桥套闸是连接秦淮河与石臼湖水系的控制性水工建筑物,安装的内外置行星弧门启闭机为该工程的主要运行控制设备,该启闭机创新性的将内置外置行星减速装置接合在一起使用,内置行星模块申请了发明专利,独特的外观获得了外观专

利,本工程2018年安装完成放水投入使用,经过2年的考验,该启闭机顺利地完成了船闸、防汛等各项任务。2019年12月19日,天生桥套闸除险加固工程启闭机通过竣工验收会,并获得2019年度江苏省水利厅科技进步二等奖。

参考文献:

[1] 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.

[2] 水利部水利水电规划设计总院. 水利水电工程启闭机设计规范:SL 41—2018[S]. 北京:中国水利水电出版社,2018.

[3] 水利部水利工程建设司. 水利水电工程启闭机制造安装及验收规范:SL/T 381—2021[S]. 北京:中国水利水电出版社,2021.

[4] 谭志国,胡凡,郭金涛. 双吊点固定卷扬式启闭机吊点同步性问题研究[J]. 人民长江,2021,52(增刊1):194-196.

(上接第38页)

含量。

(5)通过整体透水的植物纤维和多孔特点,粗纤维素所含的羟基上的氢原子物化性质非常活泼,可以螯合重金属离子使其在污水中脱除。还有秸秆花生壳的高表面比,在重金属离子的物理吸附方面能发挥很好的效果,对磁性絮状物(水处理残留)进行直接吸附,对非磁性污染物、杂质金属离子等进行磁化,提高微污染水的生物水净化进程及降解效率。

参考文献:

[1] 孙桃. 农林废弃物吸附废水中Cd²⁺的研究进展[J].

生物化工,2020,6(5):156-159.

[2] 刘冬冬,李金铭,赵博骏,等. 秸秆水热炭与热裂解炭结构表征及铅吸附机制研究[J]. 农业机械学报,2020,51(12):304-314.

[3] 张心亚,魏霞,陈焕钦. 水性涂料的最新研究进展[J]. 涂料工业,2009,39(12):17-23,27.

[4] 章凌,彭悦欣,张娟,等. 沸石分子筛材料在消除挥发性有机化合物反应中的吸附与催化性能[J]. 催化学报,2016,37(6):800-809.

[5] 王松. 酸性废水中磷的去除及回收利用研究[D]. 上海:上海第二工业大学,2019.

[6] 李永飏,黄友谊,吴志超. 沸石粉吸氨性能影响因素研究[J]. 四川环境,2005(1):91-94.