

水利工程开闭式启闭机的研究与应用

孙承祥, 钱邦永, 罗 震

(江苏省淮沭新河管理处, 江苏 淮安 223005)

摘要: 提出了开闭式启闭机的研究思路, 采用将电机、制动器及减速机集成一体的摆线针轮减速机, 减速机与末级的大小齿轮箱体进行对接, 采用模块化设计, 结构合理紧凑, 且外形美观, 造价优越, 值得推广应用。

关键词: 水利工程; 开闭式; 启闭机

中图分类号: TV664 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 05-0069-04

Research and application of open-closed hoist in water conservancy project

SUN Chengxiang, QIAN Yongbang, LUO Zhen

(New Huaishu River Management Division of Jiangsu Province, Huai'an 223005, Jiangsu)

Abstract: The research idea of open-closed hoist was put forward. Adopting cycloidal needle wheel decelerator integrated with motor, brake and reducer, the reducer was connected with the size gear box of the final stage, with the modular design, reasonable and compact structure, beautiful appearance, superior cost, and it was worth popularizing and applying.

Key words: water conservancy project; open-closed; hoist

1 引言

启闭机关系到水工建筑物的正常运行, 除应满足一般起重机械的设计要求外, 对启闭机的主要要求为: 工作安全可靠、效率高、结构简单、重量轻、造价及维护费用低、操作方便、外观整洁、体积小、占地少等。长期以来, 水利工程采用的卷扬式启闭机为传统开式传动, 传统开式传动有以下问题:

(1) 启闭机露天放置, 比如农村水闸、偏远地区, 风沙易进入, 开式齿轮易磨损, 腐蚀严重。

(2) 启闭机开启频繁, 开式齿轮采用油脂润滑, 润滑不足, 磨损严重, 使用寿命短。

(3) 制动器调试复杂, 摩擦片易磨损, 维护时易粘油打滑。启闭机开式齿轮保养维护工作量大,

成本高且存在安全隐患, 易夹伤手。维护时易污染环境, 特别是水库、养殖场、水源地。

随着社会的发展, 启闭机除满足基本的功能外, 人们越来越重视启闭机的自动化程度、景观效果以及它的运行管理是否方便等, 出现了一种闭式传动启闭机, 闭式启闭机减速机输出轴直接驱动卷筒, 使得启闭机结构更加紧凑, 但它的造价高, 造价约为开式启闭机的 1.5 倍, 不便于在全国范围内推广应用。研制出一种既能达到闭式启闭机的效果又能降低造价的一种新型启闭机, 是运行管理中最直接和最迫切的现实问题。

2 研究思路

对开式启闭机的经典传动方式进行创新, 提

收稿日期: 2018-02-02

作者简介: 孙承祥 (1969-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事水利工程管理工作。

出了开式齿轮闭式改进的设计思路。开闭式启闭机采用将电机、制动器及减速机集成一体的摆线针轮减速机,减速机与末级的大小齿轮箱体进行对接,采用模块化设计,结构合理紧凑,且外形美观。由于闭式启闭机对减速机的选型不仅要考虑所传递的扭矩与功率,还要考虑到减速机末级所能承受的最大径向力,通过校核,径向力按所传递相应功率来选的减速机都是不够的,必须放大减速机型号,才能满足要求,造成造价上升。由此可见,开式启闭机运行至今,不愧为一种经典设计,但随着社会的发展,人们已不满足于它原有的功能。比如开式齿轮寿命短、不美观、维护保养成本高,这些缺点日渐显现。采用开式齿轮闭式装配的方式,有效解决原启闭机寿命短和安全运行的问题,也方便管理单位维护保养,使得环境整洁美观,性价比高。

启闭机底座安装钢丝绳开合装置,开机时自动打开,关机时自动闭合,可以防止灰尘与昆虫进入机房,保证了运行环境的整洁、卫生。它的产业化与推广应用,将会大大节省水利工程投资。

3 开闭式启闭机的性能特点

(1)保留了开式齿轮组的经典传动方式,选用集成化的摆线针轮减速机,该减速机具有高速比、结构紧凑、噪音低、寿命长、过载能力强等优点。减少了累计装配误差,装配工艺简化。

(2)采用密封箱体,实现了开式齿轮油浴润滑,齿轮寿命显著提高,采用密封箱体,防止杂物(如沙粒)的进入,降低磨损,同时提高了安全性。

(3)钢丝绳封孔装置的设计需考虑装置的可操作性、可靠性、美观性,故采用电动推杆经过机械结构实现开合。

(4)整机布置紧凑、线条流畅、外形美观,且整机造价合理,性价比高。

4 开闭式启闭机的设计

为了对设计思路进行验证,需进行样机试制,选用2×160 kN规格进行设计,该规格为常用吨位,便于推广应用。

4.1 材料的选定

启闭机采用集中驱动方式,选用合适型号的三合一减速机,减速器两侧通过开式齿轮组,带

动左右起升机构,实现闸门上升或下降。卷筒采用螺旋绳槽,单层缠绕方式,钢丝绳最大偏角满足规范规定,卷筒采用铸铁卷筒,材料HT200。钢丝绳采用交互捻、线接触、镀锌钢丝绳,开式齿轮中大齿轮材料采用ZG340-640,小齿轮材料采用40 Cr。

4.2 电动机选择与计算

选用冶金及起重用三相异步电动机,该电机采用锥形制动,具有制动迅速、结构简单、可靠性高、通用性强等优点。

4.2.1 电动机静功率的计算

电动机静功率的计算式为:

$$N_{\text{静}} = \frac{Q_{\text{起}} v}{1000 \cdot \eta_0} \quad (1)$$

式中:

$Q_{\text{起}}$ —起升载荷,为350 kN;

v —起升速度,为1.8 m/min;

η_0 —机构总效率, $\eta_0 = \eta_{\text{滑}} \eta_{\text{齿}} \eta_{\text{筒}} \eta_{\text{机}} = 0.9$ 。

$$\text{则 } N_{\text{静}} = \frac{350000 \times 1.8}{1000 \times 0.9 \times 60} = 11.67 (\text{kW})$$

4.2.2 电动机功率的确定

为了满足电动机起动时间与不过热要求,对起升机构,按式(2)初选电动机功率:

$$N_{JC} \geq K_{\text{电}} N_{\text{静}} = 0.9 \times 11.67 = 10.5 (\text{kW}) \quad (2)$$

该启闭机一次连续运行约为10 min,可按30 min短时工作制定额选择电动机功率。查产品目录,选取YZE型电动机,其在该工作制下为11 kW、1500 r/min,满足要求。

4.2.3 电动机过载校验

按《水利水电工程启闭机设计规范》附录进行电动机过载校验,校验公式如下:

$$P_n \geq \frac{H}{m \lambda_m} \cdot \frac{Q_{\text{起}} v}{1000 \cdot \eta} \quad (3)$$

式中:

P_n —基准工作制时电动机额定功率,为11 kW;

H —系数,笼型异步电动机取2.2;

m —电动机个数,此处为1个;

λ_m —基准工作制时,电动机转矩允许过载倍数,为2.7。

$$\text{则 } \frac{H}{m \lambda_m} \cdot \frac{Q_{\text{起}} v}{1000 \eta} = \frac{2.2}{1 \times 2.7} \cdot \frac{350000 \times 1.8}{1000 \times 0.9} = 9.51 (\text{kW})$$

可得 $P_n = 11 \text{ kW} > 9.51 \text{ kW}$, 满足要求。

4.3 减速机的选择与计算

选用集成化的摆线针轮减速机,该减速机具有高速比、结构紧凑、噪音低、寿命长、过载能力强等优点。

4.3.1 驱动装置传比的确定

驱动装置传比的计算式为:

$$i = \frac{n}{n_{\text{筒}}} \quad (4)$$

式中:

n —电动机额定转速, 1438 r/min;

$n_{\text{筒}}$ —卷筒转速, $n_{\text{筒}} = \frac{mv}{\pi D_0} = \frac{2 \times 1.8}{\pi \times 0.4} = 2.87 \text{ r/min}$ 。

则 $i = \frac{n}{n_{\text{筒}}} = \frac{1438}{2.87} = 501.05$, 分配给减速器为 87,

则开式齿轮为 $501.05/87=5.76$ 。

4.3.2 减速器的选择

减速器速传比前面已确定,再按允许输入功率即可确定减速器型号,即使减速器允许输入功率 $[N] \geq N_{\text{静}} = 11 \text{ kW}$,查产品目录,选型减速器, $i=87$ 可满足要求。

4.4 开式齿轮的设计与计算

根据所分配的传动比 $i_{\text{齿}}=5.76$,取小齿轮齿数 $Z_1=17$,大齿轮齿数 $Z_2=98$,则 $i_{\text{齿}}=Z_2/Z_1=98/17=5.76$ 。初选模数 $m_t=10$,小齿轮材料为 45# 钢,大齿轮材料为 ZG340-640。

4.5 密封箱体的设计与制造

减速机大齿轮采用密封箱体,实现了开式齿轮油浴润滑,其他传动件采用润滑油脂润滑方式,各润滑点设在检修人员便于作业的位置。

密封箱体的设计需要考虑开式齿轮的润滑、运行时可观察、安装方便等因素,设计了一种上下分开的密封箱体,密封箱体上设有观察口、放油口,密封箱体采用板材焊接形成,上下部分装配后一次性加工形成。

4.6 保护装置设计

为确保启闭机控制准确,更好地满足运行要求,减速机设有荷载限制器、高度指示器与行程限位开关。

本机采用安装在平衡滑轮上的轴销式荷载传感器,传感器测量准确,反应灵敏。当钢丝绳受拉时,传感器承受一定压力,并随时输出信号,显示仪表上显示出与实际负荷相对应的数值。当钢

丝绳欠载或拉力超过额定荷载的 10% 时,自动切断电源,制动器抱闸,起升机构停止工作。

高度指示装置由行程限位开关、绝对值编码器和显示仪表组成。通过安装于小齿轮轴端的绝对值编码器和行程开关输出信号,显示并控制闸门的任何位置。编码器具有断电记忆功能,可有效地控制闸门上、下极限位置和开度预置,当闸门到达上限、下限和预置开度到位时,显示仪表发出声光报警信号,并有相应控制触点输出,控制启闭机停止运行。

行程限位开关仅控制闸门的上、下极限位置,当编码器失灵时动作,起保护作用。

5 启闭机绳孔密封装置设计

目前,水闸的钢丝绳绳孔或观测孔多是在启闭机座相应部位采用多块灰塑板进行封堵,以便于观察,开闸时人工将封堵的灰塑板挪开,关闸时再逐孔盖上,费时费力。近年来,通过不断改进,采用在绳孔处制作两块灰塑板或有机玻璃,在钢丝绳行走的相应直线部位预留矩形孔,矩形孔内固定平板橡皮或柔软毛刷,闸门开启过程中不必挪开封板,钢丝绳行走挤压橡皮或柔软毛刷,起到了省时省力的效果,但此装置也会在运行时常有钢丝绳上的灰尘或油污脱落,污染地面,不利于观察闸门运行状况。

针对运行中存在的不足,探索并创新出一套卷扬式启闭机绳孔封闭自动装置。封孔装置通过支架固定在启闭机机架内,由电动推杆、连接杆、铰接装置、封板和导轨等部件组成。通过电动推杆推动连接杆,使其竖直向下运动。连接杆两端的端件与铰接装置一起向下,每个铰接装置上面的两个杆件对两边封板作用。封板用螺栓固定在滑块上面,使其在导轨上滑动,从而实现封板双边打开。这样就使启闭机在工作的时候,钢丝绳有行走的空间。当启闭机停止工作时,钢丝绳是不动的,由电动推杆回缩,使两边的封板达到对关的功能,两片封板边上固定有一排刷毛,从而起到封闭启闭机穿绳孔的功能,达到防尘、防风的效果。封孔装置在启闭机不工作的时候处于封闭状态,当启闭机要工作的时候,先给封孔装置中的电动推杆通电,从而打开封口,给钢丝绳走动的空间。当启闭机一次运行结束后,再给封孔装置中的电动推

