

摩天轮驱动随动压紧装置设计

张晶亮

(中煤科工集团上海有限公司 上海 200030)

摘要: 文章通过对摩天轮驱动系统及其主要部件的介绍,叙述驱动装置、压紧装置的组成。根据实际应用中出现的问题,提出并设计基于伺服的随动压紧装置。针对实际应用中需要的各种控制工艺、工况,对其控制原理和方法进行计算分析,并给出控制系统的控制方案。同时,在此基础上,简要论述不同控制工艺下的结果。

关键词: 摩天轮; 驱动装置; 压紧装置; 伺服

0 引言

摩天轮的驱动系统作为其动力、制动来源,对摩天轮的运行尤为重要。受站台、摩天轮轮辐形式等因素的影响,摩天轮驱动和压紧装置的形式也多种多样。本文以常见的电机驱动、驱动轮侧向布置为例,对驱动系统的压紧装置进行介绍研究。图 1 所示的驱动系统主要由驱动单元(减速机、电动机、导向管、摩擦轮)、压紧装置(调节杆、弹簧)及基座组成。

驱动单元为驱动系统的动力源,摩天轮的运行是利用安装在驱动单元上的摩擦轮靠摩擦力带动摩天轮转盘使摩天轮转动。因而,驱动单元需要由压紧装置将其压紧在摩天轮转盘上,压紧装置的压紧力和摩擦轮与转盘的摩擦系数决定了驱动力的大小。故而,压紧装置是否可靠,在一定程度上影响摩天轮是否能够安全运行,一旦压紧装置损坏或压紧力不足,摩擦力减小,则会出现打滑或溜车现象。

1 压紧装置概述

1.1 工作原理

如图 1 所示,通过调节调节杆使弹簧压紧或放松来调节驱动轮和转盘之间的压力,当调整到位后由锁紧螺母进行锁紧,以保持压紧压力,其力学公式为:

$$F=kx-f \quad (1)$$

式中: F 为驱动系统压紧力; k 为弹簧弹性系数; x 为弹簧弹性变量; f 为导向管与基座摩擦力。

1.2 存在问题

摩天轮因制造、安装的原因,不可避免其转盘摩擦面并非是一

个完全垂直的平面,在其运行过程中存在端面跳动,《观览车类游乐设施通用技术条件》中规定:摩天轮转盘上驱动环的端面圆跳动偏差不大于驱动直径的 $1/1500$ 。不同高度的摩天轮,其端面跳动大小不一,高度越高,端面跳动越大。在安装和运行中存在如下问题:

(1) 为保证驱动单元在驱动时有足够的压紧力,在脱离时需要有足够的距离,安装基准位置的确定需要反复调整,难以做到统一标准;

(2) 在运行过程中,随着不同位置的端面跳动大小不同,弹簧压紧距离不同,压紧装置的压紧力不同,则驱动轮的驱动摩擦力不同,电动机出力不均;

(3) 长时间运行,锁紧螺母会松动,压紧力会减小,需要人为调整完毕后划线确定基准位置,后期根据该基准线人为观察压紧装置状态,并进行调整,难以做到实时调整;

(4) 因系统为多点驱动,各驱动之间难以形成一致

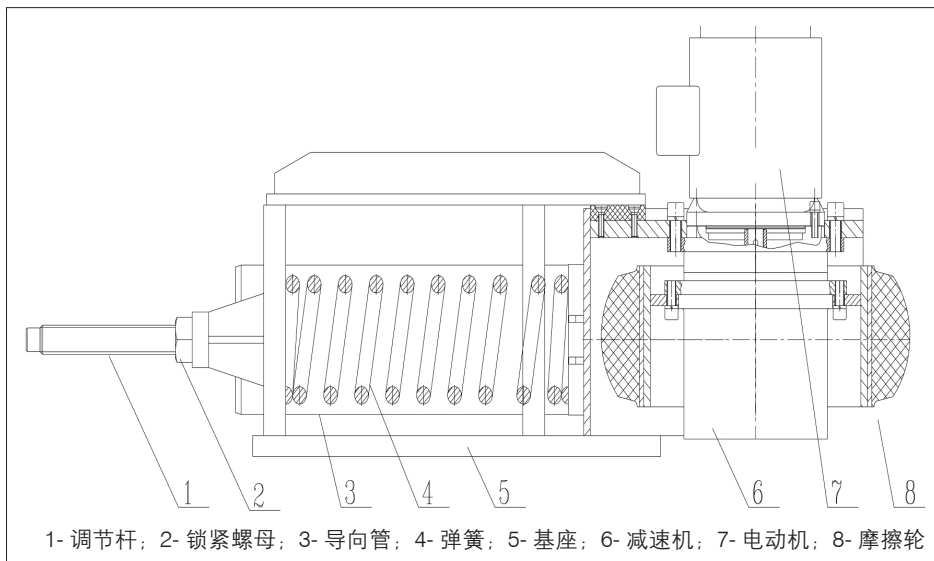


图 1 驱动系统结构图

的压紧力和一致的摩擦驱动力。

2 优化技术方案研究与设计

摩天轮驱动系统目前存在的问题可以归纳为两点：一是安装基准位置的确定；二是运行过程中压紧力的一致性和保持性。系统中，驱动装置的位置、压紧力均由弹簧的变形量决定。因此，控制了弹簧的变形量就解决了这两个问题。

伺服系统（位置随动系统）的根本任务是实现执行机构对位置指令的准确跟踪，被控制量一般是负载的空间位移，当给定量随机变化时，系统能使被控制量准确无误地跟随并复现给定量。本系统优化方案，以压紧力作为控制的基准输出变量，通过换算，以位置信号作为控制变量，实现压紧力始终保持在稳定值。

2.1 优化方案

优化系统设计方案如图2所示，主要增加了伺服系统和位置测量系统。

2.2 系统原理及分析

2.2.1 基本工作原理

本优化驱动系统主要由测量单元（测距传感器、后退限位开关）、压紧装置（伺服电机、减速机、齿轮、丝杆、调节装置、弹簧）、驱动单元（导向管、驱动系统、摩擦轮）、基座共4部分组成。

基座为整个系统的支承系统，优化方案中，伺服系统、测量系统均安装在基座之上，基座一旦安装完毕，位置不再变动，可作为整个系统的基准。

压紧装置用于将驱动单元压在滚道之上以形成压力，进而将电机转矩转化为摩擦驱动力。当整个驱动系统定位完毕，需要驱动时，伺服电机启动，通过减速机、齿轮、丝杆带动调节装置横向移动，由弹簧弹性变量提供的压力推动驱动单元向前运动压到滚道上；在设备运行过程中，随着端面跳动实时调整弹簧弹性变量调整压力。当需要将驱动装置脱离时，该系统通过调节装置向后移动使摩擦轮和滚道脱离接触，并避开端面跳动

范围。

测量单元主要由测距传感器和后退到位限位开关等组成，测距传感器用于测量管道摩擦面和基准线的距离，其距离的变化由端面跳动引起。后退限位开关用于系统退出时定位控制、停机控制。

2.2.2 基准位（线）确定

图2所示的整个系统在驱动时需要一定的压紧力压在滚道上，在脱离时需要避开端面跳动范围，避免被带动旋转或驱动在刹车状态时硬磨造成损坏。其安装位置的确定方式如下：

(1) 以基座前固定板端面为基准线，设定基准线到滚道摩擦面理论距离 y_1 。该距离为弹簧完全自由状态下，基准线到摩擦轮外边缘距离（定值）与摩擦轮外边缘到滚道摩擦面（放样理论值）距离之和。

(2) 设基准线到摩擦轮外边缘距离为 x_1 ；并通过放样，确定滚道边缘理论位置，在无端面跳动时，摩擦轮边缘与滚道边缘距离 x_3 为整个装置脱离时的安全距离（一般取5cm）。根据滚道直径的1/1500作为额定端面跳动范围值 x_2 ，则安装时基准线位置至滚道边缘理论位置距离 y_1 由公式（2）确定：

$$y_1 = x_1 + x_2/2 + x_3 \quad (2)$$

2.2.3 初始压紧行程

摩天轮常态下，为保证设备停止时摩天轮不会因外力（比如大风）而自转，需要将驱动系统在一定的压紧力下长期压紧在滚道上。

(1) 装置根据 y_1 值安装完毕，则测距传感器所测量距离 y_2 为基准线至滚道边缘实际值。

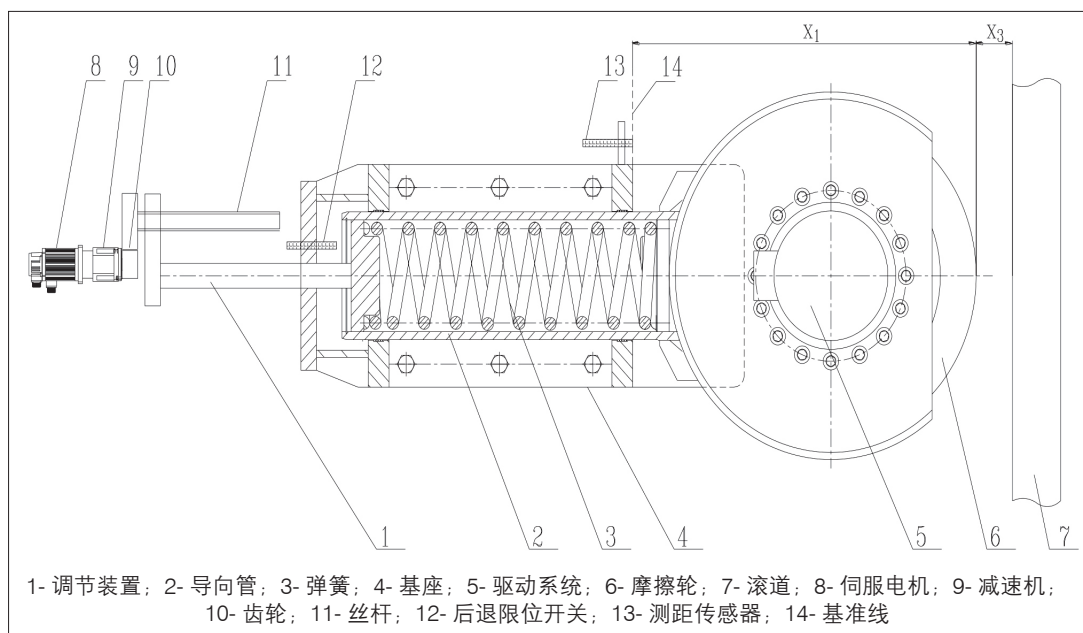


图2 优化方案

(2) 根据公式 (1) 可知, 弹簧弹力除提供压紧力还用于克服驱动单元和基座之间的摩擦力, 系统中设计滚轮结构减少摩擦力, 使其相较于压紧力可以忽略不计, 则达到所需压紧力弹簧弹性变量即压紧距离为 x_4 , 该值为定值。

(3) 初始压紧时, 以驱动装置压紧至滚道放样理论位置调节装置行程 y_3 为:

$$y_3 = x_2/2 + x_3 + x_4 \quad (3)$$

因端面跳动的存在, 驱动装置基准线至滚道实际位置为测距传感器测量值 y_2 , 则初始压紧时调节装置实际行程为时已经达到所需压紧力:

$$y'_3 = y_2 - x_1 + x_4 \quad (4)$$

2.2.4 摩天轮运行中压力调整

随着摩天轮的开始运转, 不同位置 y_2 值大小不同, 当下一位置时测距传感器测量值为, 其与 y_2 差值为 Δx (当滚道与基座距离变远时为正, 变近时为负), 此时首先弹簧变形量变为 x_5 :

$$x_5 = \Delta x + x_4 \quad (5)$$

为保证压紧力始终为定值, 则相应调节装置应在伺服电机带动下反方向移动 Δx 。

2.2.5 伺服驱动计算

通过以上分析可知, 以测距传感器测量距离作为系统输入值 (给定量), 弹簧变形量 x_4 (定值) 为控制值, Δx 为校正值。

根据控制对象的不同, 由伺服电机组成的伺服系统一般有位置控制、速度控制、力矩控制三种控制方式, 本系统需要实施对 Δx 进行校正, 对于本设备而言, 因采用摩擦驱动, 允许驱动力有 $\pm 2\%$ 的调节范围, 将其换算为压紧力为 $\pm 1.2\text{cm}$ 。因此, 本文采用位置控制、速度控制联合控制方式实现初始压紧、实时地将 Δx 控制在此范围之内、驱动系统退出等功能。伺服电机给定速度计算如下。

系统减速机减速比为 i , 大齿轮与小齿轮模数比为 t , 伺服电机速度为 c (即每转需要脉冲数), 丝杆行程即丝杆每转带动调节装置前进、后退距离为 PB 。

(1) 初始压紧时, 采用位置控制方式, 设定固定转速 c , 则位置控制脉冲数 $NUM1$ 为:

$$NUM1 = c \times i \times t \times y'_3 / PB \quad (6)$$

(2) 摩天轮运行实时节调时, 采用速度控制模式, 速度脉冲数 c 为:

$$c = k \times i \times t \times \Delta x / PB \quad (7)$$

式中, k 为比例系数, 通过调节 k 的大小可以控制调整的快慢以及压紧力调节范围。

(3) 驱动系统退出时, 系统首先释放弹簧压紧力, 当弹簧压紧力完全释放后, 再由调节装置带动驱动单元后退到位, 此时采用速度控制方式定速运行和机械限位

方式退出和定位。

2.3 控制功能概述

本控制系统由 PLC 和伺服控制器组成, 由 PLC 完成数据采集和逻辑控制功能, 伺服控制系统作为执行机构完成预设功能:

(1) 初始压紧;

(2) 常态下每天投入运行时零点校正, 即根据 y_2 值由初始化程序根据测量端面调动实际值确定的实际 y_1 值进行校正, 使每个压紧装置弹簧弹性变量均为 x_4 ;

(3) 将输入的 y_2 值进行换算, 转化为脉冲信号控制伺服系统进行压紧装置的实时调整;

(4) 异常状态下驱动退出;

因摩天轮为多点驱动, 设备中存在多个驱动系统, 故以上各功能均分别采用子程序方式编制, 主程序根据每个驱动系统工况调用相应的子程序。

2.4 思考

2.4.1 测距传感器设置

上述方案中测距传感器设置在基座基准线处, 用于检测基准线到滚道边缘的距离, 该方案下, 测距传感器完成两个控制功能: 一是用于压紧装置控制; 二是计算出实际的端面跳动值, 该值长期积累可用于分析整个摩天轮工况用于智能化维护系统。从单一的压紧装置控制用测距传感器设置而言, 若将其设置在调节装置之上, 直接检测弹簧弹性变量 x_4 , 数据更直观, 减少相应的换算、编程工作量。

2.4.2 压紧力调整方式

方案中采用适时调整, 伺服电机根据 Δx 值进行不间断调整。实际工况下允许有一定的偏差, 亦可设定一定的调整范围, 当 Δx 处于该范围之外时再进行调整, 即间断式调整。

3 结语

通过优化设计, 增加伺服随动系统, 首先解决了人力调整的不方便性, 其次能够在一定程度上使压紧力始终保持固定, 相应各驱动电机负载均衡, 再者亦能将测量数据用于大数据分析, 为维修提供支持。

参考文献:

- [1] 王盼盼, 王诗柔, 宋晓光, 等. 摩天轮驱动系统计算方法的研究 [J]. 装备制造技术, 2016(05): 65-67.
- [2] GB/T 18164-2020, 观览车类游乐设施通用技术条件 [S].
- [3] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统 (第二版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [4] 曾一新. 基于 PLC 和触摸屏的伺服电机控制程序设计 [J]. 机电机械, 2016(121): 184.