

高精度自动化行星减速机扭矩检测装置设计要点分析

奚尧舜

浙江贝托传动科技有限公司 314200

【摘要】本文主要探讨了高精度自动化行星减速机扭矩检测装置的设计要点,分析了当前行星减速机扭矩检测技术的现状及其发展趋势,重点探讨了检测装置的精度指标、自动化要求、机械结构设计、传感器选型、电气控制系统等关键设计要点。通过精确加载机构的设计、传感器的优化选择以及控制系统的精密调节,保证了测量结果的准确性与稳定性。

【关键词】高精度自动化;行星减速机;扭矩检测装置;设计要点

Analysis of design points of high precision automatic planetary reducer torque detection device

Xi Yaoshun

Zhejiang Beto Transmission Technology Co., LTD. 314200

【Abstract】 This paper mainly discusses the design key points of high-precision automated planetary reducer torque detection devices, analyzes the current status and development trends of planetary reducer torque detection technology, and focuses on the precision indicators, automation requirements, mechanical structure design, sensor selection, and electrical control system of the detection device. By designing precise loading mechanisms, optimizing sensor selection, and making meticulous adjustments to the control system, the accuracy and stability of the measurement results are ensured.

【Key words】 high precision automation; planetary reducer; torque detection device; design points

引言:

行星减速机作为机械传动系统中的关键部件,其性能的好坏直接影响到整机设备的工作效率和稳定性。在行星减速机的应用过程中,扭矩检测作为评估其传动效率、承载能力和运行状态的重要手段,已经被广泛应用于各类精密设备的研发与维护中。然而,现有的扭矩检测方法普遍存在精度不高、测试条件复杂等问题。因此设计一种高精度自动化的扭矩检测装置迫在眉睫。

1.行星减速机扭矩检测概述

1.1 行星减速机扭矩的重要性

行星减速机是机械传动系统的核心元件,扭矩是直接影

响整个系统性能发挥的重要环节,行星减速机的扭矩设计可从整体上影响设备传动效率、工作稳定性、设备的使用寿命等,如果扭矩过高或者过低,会使得行星减速机的传动效率严重下降,出现过早失效现象。扭矩优化设计可以保持负载能力的强强联合,防止行星减速机因为过载或者不足而出现故障;在工业生产中需要进行扭矩控制的地方很多,甚至一些工作环境具有动态载荷特点的机器设备,其扭矩控制系统是控制该系统运行是否稳定的有效因素之一,对生产精度和机器使用寿命起到决定性作用,如机器人、风力发电设备和高精度机床等。

1.2 现有扭矩检测方法分析

传统的应变片测量法和扭力扳手测量法一直是许多工程应用的测量方法。应变片是在被测件的表面粘贴弹性应变片,当被测件受到力作用形变时,发生电阻的改变从而求得扭矩值。此方法抗干扰能力强,测量精度高,价格低廉,但是对测量的位置、安装的精准度和温度改变很敏感,容易出误差。且应变片的安装难度大,使用不慎易加大误差的大小。扭力扳手测量法只适合低速小型的设备,是利用机械扭力传感器直接读取力矩的方法,精度很高,但是应用范围小,不具备实时动态监测的能力,受限于应用的环境。近年来,现代扭矩检测技术以光学测量技术为发展趋势,利用传感器实现扭矩非接触测量,降低传感器和被测体之间的接触误差以及摩擦力的影响,传感器精度高、响应速度快、频响宽,适用于高速、高精度测量要求。但光学测量由于受到环境光的影响和反射面的质量,适用的环境受到了限制,另外,设备的成本过高,费用较高。无线传输测量技术不与被测对象接触,利用无线电波将信号传至测量终端,广泛用于监测现场不方便、不可见等情况。操作方便、灵活,具备无线技术的优势和长处,但也有信息传输上的延迟和信号干扰的缺憾,影响高精度、及时性的监测工作。

2.高精度自动化行星减速机扭矩检测装置架构设计

2.1 机械结构

加载机构设计是在对行星减速机进行机械结构设计时不可缺少的一个环节,其须提供适当的、精确调整扭矩大

小来适应行星减速机工作时产生的不同工况负载。综合考虑测量稳定性条件,加载机构采用电动伺服加载机构通过精密转矩控制器对扭矩大小进行精确设定,这样设置才能满足测试条件。为了保证行星减速机的固定到位,同时防止行星减速机安装误差引起的不确定测量问题,固定及定位机构须具有足够的刚度和强度,其一般由高精度定位平台、调节螺栓和锁紧机构组成,用来固定行星减速机轴和加载轴;传动机构是为了保证加载力传递的平稳性而设置,在一般情况下选用滚珠丝杠和精密齿轮传动系,尽量减少机械误差。

2.2 传感器系统

扭矩传感器的选择需要基于对测量精度、量程以及响应速度等要求的基础上进行筛选。例如,扭矩传感器应选择应变式的传感器,该传感器的精度高(达到 0.1%),同时其响应速度较快,并且可以实现扭矩数据的实时显示,因此,扭矩传感器在实现测量时需保证能满足任意的负载状况下才能实现精准的测量,所以,在该方面上,扭矩传感器在选定,量程的设定需实现最大工作扭矩的 150%。除此之外,除了扭矩传感器外,还需搭配转速传感器以及温度传感器进行合理的选择。转速传感器可实现测量行星减速机输出轴的转速,从而实现测量实际扭矩与实际输出功率;温度传感器则可以用来测量设备运行时间下所产生的温度,以此来保障在工作过程中不会因温度较高而产生的测量误差。

2.3 电气控制系统

电气控制系统中应进行精确的扭矩测试程序和自动控制,PLC(Programmable Logic Controller)可编程逻辑控制器通常会作为该设计所选用的控制器类型,PLC 有优良的数据计算功能和多种输入/输出接口,可以根据选择的加载方式实现加载、测量、停止的自动化工作。PLC 控制系统通过精确编制程序,实现对传感器数据的准确采集和处理。驱动电路能够控制加载装置和传动机构在运动过程中的运行状态,并精确控制其运行状态。抗干扰设计在系统中很关键,在进行电气设计时应加入相关抗干扰设计,以避免电磁干扰给 PLC 程序带来不良影响,可以采取电磁屏蔽和滤波电路等抗干扰设计,从而使 PLC 控制程序能在工业环境中正常工作。而电气控制系统中的通信接口设计也是非常重要的,采用高速串行通讯方式,以便传感器与控制程序的数据传输不因网络传输的高速率而出现传输失败等现象的发生,可以为传感器采集的数据实时处理和远程监控等工作提供可靠、方便的处理条件。

2.4 数据处理与显示单元

数据处理模块则对输入传感器的数据进行滤波、标定和分析处理。对采集的数据添加数字滤波算法,特别是低通滤波和卡尔曼滤波算法处理,消除外界环境带来的噪声对测量数据的干扰。对采集的数据进行标定,通过基于最小二乘法算法对测量数据进行拟合,提升测量精度。此外,对于显示模块,要使显示的数据清晰直观,应用液晶触摸屏显示测量的数据,如扭矩大小、转速、温度等^[1]。

3.高精度自动化行星减速机扭矩检测装置关键设计要点

3.1 机械结构设计要点

(1) 加载机构的力学分析与优化

行星减速机一般加载方法有液压加载或电动加载方式,为控制行星减速机进行不同扭矩加载,液压加载是利用液压缸加载方式,调压方便、力矩值较大等特点,比较适合加载力较大情况;通过液压系统的泵调整系统输出的压强和流量,可精确的控制输出力的变化,较为平稳、低摩擦耗损失等优点;电动加载是利用伺服电机驱动加载力,加载力反应更快、精度更高,尤其对于有频繁更改环境有较大优势,不管是采用何种加载方式,精确加载力是设计的关键,一般选择闭环的方式,通过对力的实时检测,控制电压或液压流量控制输出力^[2]。

(2) 固定与定位机构的精度保证

扭矩检测设备的定置定位装置是整个设备安装与检测的重要部分。行星减速机定置定位装置的好坏对行星减速机安装与检测最终结果的准确性与重复性起到决定作用,因此,在行星减速机的安装时一般采取高精度平台定位与激光对中定置方式。其中高精度平台定位采取机械与数控定位方式,且轴线对中精度误差不超过 0.01mm。行星减速机的定置结构采用高强度铝合金材料或者金属钢构材料作为行星减速机检测定置基础材料;行星减速机定置夹具采用高精度定置夹具可实现行星减速机的快速定位与精确定置要求,同时采用弹簧卡与自锁定置机构的设计能够提高行星减速机检测定置夹具的定置精度与稳定性,避免行星减速机在检测过程中因定置误差引起数据测量的误差与偏差。

(3) 传动机构的设计与优化

传动机构的主要目的是将加载力平稳传递到行星减速机,降低机械传动误差,为不同的扭矩加载进行调整,传动比的选取最为关键。传动比应该根据减速机本身的工作特性以及测试的要求,尽量在减速器的传动过程中,确保传动的扭矩特性为线性变化。一般常用的是伺服高精度电机与减速器的结合,通过改变电机的速度、负载达到精确控制扭矩的目的。传动结构中的齿轮、轴承、联轴节选型非常关键,以最低的传动误差为出发点。齿轮一般选用高强度合金钢,表面通过精密磨削的方法使其拥有更高的传动效率和更低的磨损。对轴承的选择为精密角接触球轴承,用来降低摩擦系数,提高传动精度。对于整个装置来讲,润滑系统的设计同样重要,选用粘度高的润滑油减小了齿轮间的摩擦力,保证了整个装置传动过程的稳定性和长期性,不断提高整个装置的精度和可靠性^[3]。

3.2 传感器选型与安装要点

(1) 扭矩传感器的安装位置与方式

扭矩传感器的安装位置应选择距传动轴越近,受力越均匀的位置安装,这样才能降低外部因素对测量结果的影响。行星减速机在测量扭矩中,传感器的安装方式有两种,即轴

向安装和径向安装,其中,轴向安装方式可以直接对传递至减速机上的实际扭矩进行反映,适用于对测量结果要求较高的场合;径向安装方式适用于对测量结果精度要求不高的场合。在传感器的安装过程中,由于受到高强度螺栓及锁紧装置的约束,避免了传感器受到松动所产生的误差。其安装位置与测量轴线的平行度及同轴度误差应控制在 0.01mm 以内,才能提高扭矩传感器的测量精度。

(2) 传感器的校准与补偿

对于扭矩传感器的长期精度,如何保证其准确性就需要对其进行定期的校准、补偿。对传感器的校正一般是和现有的精度高且确切的标准仪器或机构进行对比,使仪器达到对比目的。利用扭矩标定台等标定机构,进行比较。传感器的误差主要来源于温度、湿度、磨损等因素造成的。所以对传感器进行补偿,要同时考虑到这些因素的影响。由于扭矩传感器是经过长期工作后的磨损等因素造成的误差,如果对其进行及时校准和补偿,就可以保证检测设备的精度始终处于误差允许范围以内^[4]。

3.3 电气控制系统设计要点

(1) 控制器的编程与逻辑设计

电气控制系统是对高精度自动化扭矩检测装置运行的保障,其相关控制程序和逻辑的设定对检测过程中自动化程度和系统的运行稳定性有重要影响。控制器的相关编程设计中,采用 PLC(可编程序的逻辑控制机)作为主要控制器件,通过对加载、测量、停止等进行相关程序设计,实现相关信号的自动操作。控制系统采集传感器数据,反馈对加载系统的自动调节,从而保证加载力始终在设定值的范围内运行。设计闭合控制的逻辑程序,反馈信号驱动电机电压的驱动或者通过反馈信号来改变液压系统的压力。故障诊断和报警逻辑控制的逻辑设计,控制程序设计中,加入故障诊断模块的程序设计。通过实时检测设备当前的状况,迅速判断是否出现问题,如电机过载、传感器故障等,及时反馈相关信息,产生报警信号,这对保证设备安全运行具有十分重要的意义。

(2) 抗干扰设计

对于工业电气控制系统,受到各种来源的电磁干扰、电源干扰等对控制系统产生了较大影响,需要在进行控制系统设计的时候加强抗干扰设计工作。对于电气控制系统中的电

磁干扰信号,可以通过设计电磁屏蔽壳来隔离外界干扰,防止干扰进入控制系统。而低通滤波电路、共模抑制电路的合理使用能够降低控制系统中的高频噪声,提高控制系统中信号的纯净度,可以在系统中合理地选择合适的电源滤波技术、接地设计,保证电源的稳定性及抗干扰性能。而将所有的线缆及线缆插口进行屏蔽设计,从而能够有效地防止外部噪声干扰信号的传输,影响传感器获取的信号数据的准确性^[5]。

3.4 数据处理与显示设计要点

(1) 数据处理算法的优化

对于扭矩检测装置的设计还要对传感器采集到的数据进行滤波处理,去除传感器噪声的影响,常用的数字滤波算法有低通滤波算法或者卡尔曼滤波算法,对采集信号进行低通滤波能有效去除信号的高频噪声,有利于测量数据的稳定。在数据校验方面,为了获取精确的测量数据,一般采用最小二乘法的算法对数据进行拟合,对测量信号的误差进行最小平方的计算后得到最优的拟合曲线,可以有效减小测量误差。此外,数据处理算法要保证实时性,使测量的返回结果能够被控制系统获取并及时调节加载过程,进而避免超载或加载不足现象。

(2) 显示界面的人性化设计

检测过程的控制及数据采集可以在显示屏上清楚地实时读取,如扭矩、转速、温度等实时值以及现场参数调整显示。检测过程中可采用触摸屏或操作按钮设置参数值、检测过程中加载参数调节以及采集数据参数记录,将各个参数按键、功能菜单、数据图表的设定及布局合理科学,避免界面堆叠,便于操作使用。系统在检测完成后还可以进行历史数据分析以及检测过程趋势分析^[6]。

4. 结语

综上所述,本研究围绕高精度自动化行星减速机扭矩检测装置的设计展开,提出了在机械结构、传感器系统、电气控制和数据处理等方面的创新设计思路。通过精密的加载机构、合理的传感器选型以及稳定的控制系统,确保了装置能够在复杂工况下实现高精度、高效能的扭矩测量。

参考文献

- [1]王昕.行星减速机的设计与性能分析[J].机械工程师, 2022, 45(10): 112-114.
 - [2]王立新.基于精密传感器的减速机扭矩测量技术研究[J].传感器与微系统, 2022, 40(03): 59-61.
 - [3]陈维红.自动化控制技术在行星减速机测试中的应用[J].自动化仪表, 2020, 41(06): 88-90.
 - [4]刘德凯.行星减速机扭矩检测系统的优化设计[J].机械设计与研究, 2020, 35(04): 46-47.
 - [5]张志华.高精度扭矩传感器在机械传动系统中的应用研究[J].传感器技术, 2021, 39(05): 75-76.
 - [6]高宏伟.自动化行星减速机扭矩检测装置的设计与实现[J].机械制造与自动化, 2020, 47(08): 120-121.
- 作者简介: 奚尧舜, 出生年: 1989.11., 民族: 汉族, 籍贯: 浙江省嘉兴市, 学历: 本科, 研究方向: 机电制造。