

基于 STM32 单片机的高精度螺旋检测装置设计

周吉

(临海市中等职业技术学校 浙江 台州 317000)

摘要: 本文设计了一种高精度螺旋检测装置,采用高精度传感器采集丝杠螺母的旋转角度和轴向位移数据,用来检测螺旋传动参数,其能够精确、高效地检测出高精度滚珠丝杠等螺旋传动元件的传动误差,并具备检测数据输出显示和上传云平台的功能。检测装置采用斜楔顶出的可调式V型架支撑,可以安装不同规格的轴类零件,检测轴类零件的形位公差。

关键词: 螺旋检测; 传感器; 形位公差检测

0 引言

在各种精密机械设备中,精密滚珠丝杠副是确定线性位移精度的关键部件之一,由于它具有把旋转的角位移转换成线性位移等特点,在机械设备中应用极为广泛。精密滚珠丝杠副的加工精度要求越来越高,驱动线速度越来越高,高精度、高速化已成为近年来国内外滚珠丝杠副的一大发展趋势^[1]。

目前,丝杠螺旋线误差检测的方法可以分为静态测量法和动态测量法。静态测量法是指在测量过程中丝杠不动,沿丝杠同一截面逐牙测量的方法。静态测量法精度高,但是效率低,劳动强度大。因此,目前在精密丝杠的测量中一般采用动态测量法。动态测量法是指在丝杠回转中连续测量丝杠螺旋线误差,并自动记录误差值。它在精度、测量速度、劳动量方面都有很大改善^[2]。

本文研发了一种螺旋类零件测量实验教学仪器,运用角度传感器和位移传感器,检测并采集螺旋传动中螺母的旋转角度和位移两种数据,通过与理论数据比对来完成螺旋精度的测量和分析。同时,设计了斜楔顶出的可调式V型支撑架,可检测阶梯轴类零件的形位误差,例如径向圆跳动检测、轴向跳动检测等。

该装置可实现一种新的螺旋检测方法,能精确、高效地检测高精度滚珠丝杠等螺旋传动元件的参数和误差,也能实现阶梯轴类零件形位公差的检测。该装置简单灵巧,价格低廉,不仅可应用于实验教学,也可应用于企业零件检测,为精密测量技术实验教

学提供了新的素材与思路。

1 设计简介

螺旋测量实验装置如图1所示,设计功能:主要用于螺旋类产品的测量实验教学与检测,可完成螺旋精度和轴类零件形位误差的测量,具体应用如图2所示。其功能模块设计分为两部分:斜楔顶出的可调整V型支架模块和螺旋参数测量模块。两模块具有不同的设计功能,可独立拆卸,组装灵活,不仅可以分开使用,还可以组合使用。

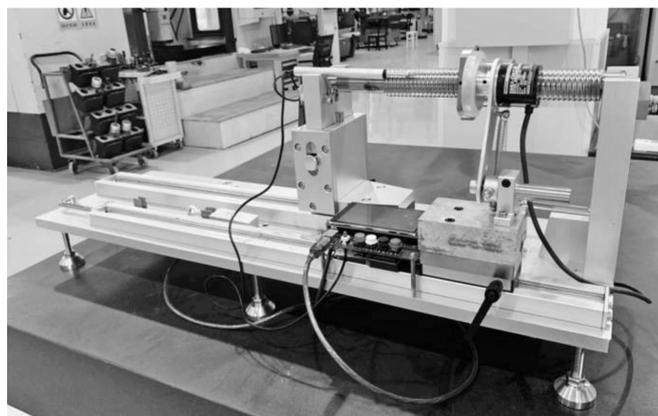


图1 测量装置实物图

1.1 斜楔顶出的可调整V型支架模块设计及原理

由于不同轴类零件的形状、尺寸各不相同,为提升测量装置的测量范围和适应性,采用了可调节V型支架的设计,其三维结构如图3所示。其中,左V型支架为固定装置,整体高度为204mm,右V型支架可进行垂直高度调整,并能水平方向左右移动,

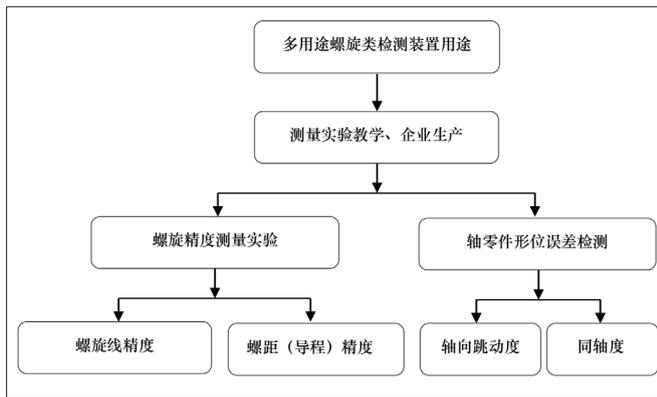


图2 测量装置应用结构图

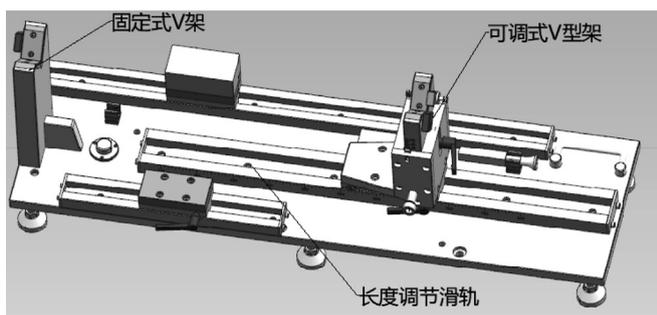


图3 可调节支架三维设计

以适应不同直径和长度轴类零件的水平支撑。该支架可支承的零件长度范围为0~500mm，回转直径范围为0~380mm。

斜楔机构是机械设计中的常见机构，该机构具有动作灵敏、装配性好、调整精密、可以自锁等优点，故以斜楔机构为基础设计支架升降机构，通过顶出螺栓旋进旋出，带动斜楔块升降，从而调节支架高度，如图4(a)所示。考虑到斜楔机构行程较小，升降调整范围仅为0~20mm，调整高度有限，再加以14mm、30mm标准垫块提升总体高度。如图4(b)所示，总调节范围可达到0~50mm，方便轴类零件水平摆放。

1.2 螺旋参数测量模块设计及原理

测量控制模块共分为三部分：螺旋角度测量单元、螺母位移测量单元和手持式I/O控制盒，如图5所示。

该装置主要通过传感器采集螺母旋转的角度和轴向位移数据，从而得出螺杆导程（螺距）、丝杠间隙精度等参数值，实现螺旋线的多点精密检测，并将实验数据上传阿里云平台存储。

1.2.1 螺旋线性位移测量单元

如图6所示，采用西瓦卡CW-141接触式位移传感器（最高检测精度为0.001mm），检测螺母轴向位移。

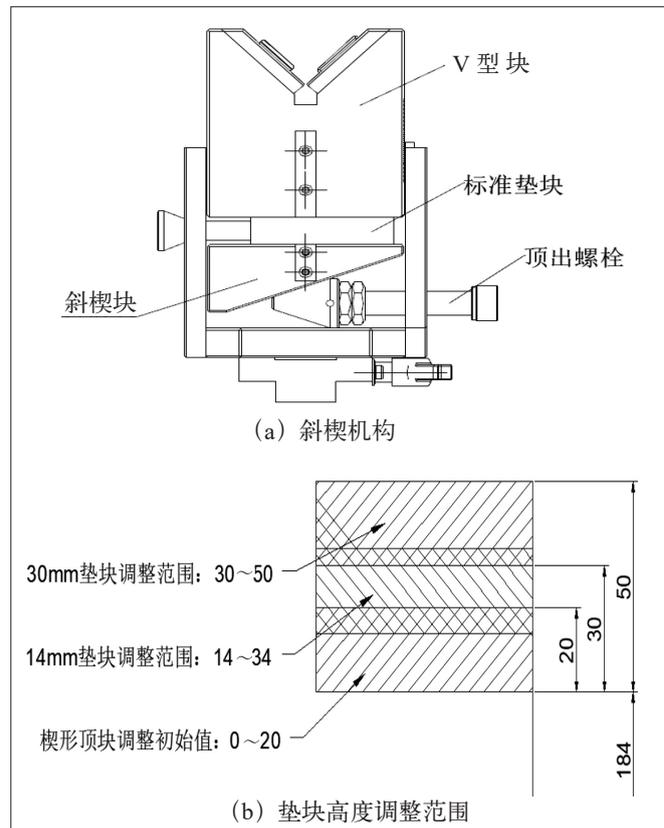


图4 高度调整模块设计

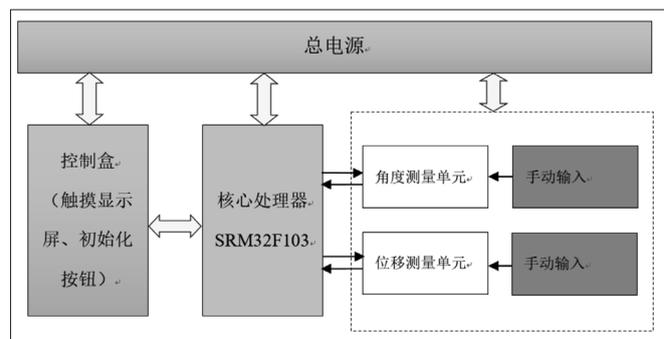


图5 测量控制模块系统框图

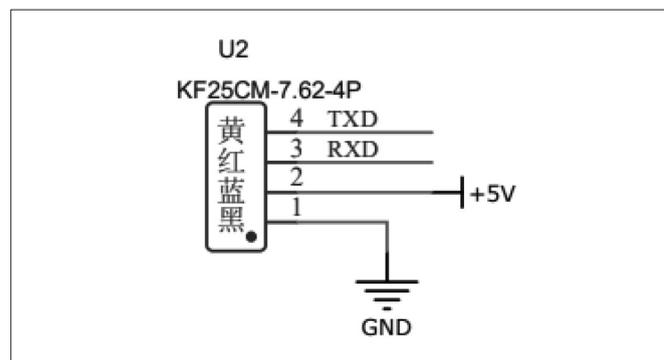


图6 接触式位移测量传感器电路图

由于丝杠螺母壁厚较小，传感器测头与螺母侧壁接触困难，故在螺母外径上套一增径套（增径套壁

厚约为 10mm)，增加螺母壁厚，增大测头的接触范围，以保证传感器与丝杠无干涉接触，提高检测的准确性。如果螺母壁厚较大，则无需增径即可测量。丝杠螺母在旋转的同时，推动线性位移传感器测头左右移动，传感器通过 MODBUS 协议完成与单片机的通讯，发送指令并在控制盒 LCD 屏显示测量结果，完成位移数据的采集。

1.2.2 螺旋旋转角度测量单元

滚轮式计米器是精度较高的测量长度的装置，其主要工作原理是摩擦滚轮的旋转带动编码器测量长度。摩擦滚轮是一个标准计量元件，其周长至关重要。在本设计中，将计米轮作为测量角度的元件，根据螺母直径和滚轮直径的比例来计算转动角度。采用滚轮式计米器检测螺母的旋转角度，首先需要测量螺母增径套的外径尺寸，与计米轮滚轮直径进行换算并输入，确定增径套与摩擦滚轮的传动比，然后将螺母增径套与计米轮的摩擦滚轮通过弹簧压紧，旋转螺母带动角度传感器旋转、实现角度数值 θ 的输出并在 LCD 屏显示。计米轮编码器旋转一周，脉冲数为 1000，角度值计算公式如下：

$$\theta = \frac{\phi_2 \times \pi}{\phi_1} \times \frac{1000}{360} \quad (1)$$

式中： θ - 角度值；

ϕ_1 - 摩擦滚轮直径；

ϕ_2 - 螺母增径套直径。

1.2.3 自主研发手持式测量控制盒

如图 7 所示，测量控制盒由 STM32F103 主板、LCD 显示屏、无线模块、开关等元器件组成，与传感器相连，实现实验数据自动或手动读取、清零复位、Wi-Fi 上传云平台等功能。

1.2.4 测量模块原理

如图 8 所示，在初始化界面输入螺母增径套直径，确认后旋转螺母，摩擦滚轮驱动编码器旋转产生脉冲，通过主控芯片的计算，在测量界面会实时显示丝杠旋转的角度与圈数。编码器通过电源线和信号线连接 Wi-Fi 模块的控制 PCB 板，测量过程中得到的检测数据，可以通过 Wi-Fi 模块发送至阿里云端，方便对数据进行存储。

2 检测实例

以 SFU2505 滚珠丝杠为例，进行导程和螺旋线误差动态检测。实验数据如表 1 所示，序号 4 为



图 7 自主研发手持式测量控制盒及电路图

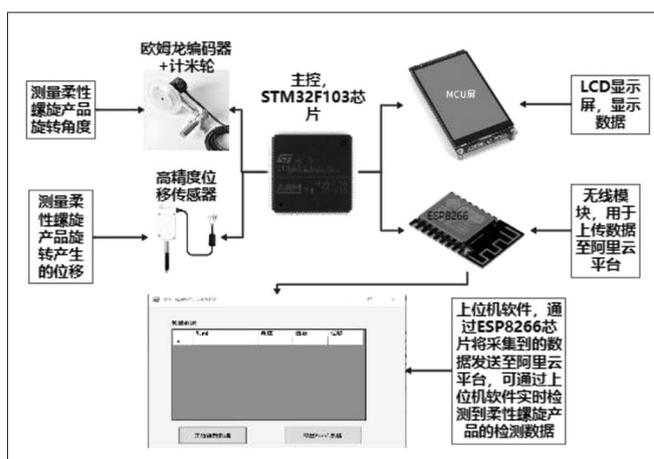


图 8 测量模块设计原理

标准导程值，序号 1、2、3 为实测导程。图 9 中标准导程为横坐标直线，曲线 1、曲线 2、曲线 3 为实际动态误差测量曲线，任意角度时刻对应的实测导程值与标准导程值之差即为螺旋线偏离误差值。

表 1 滚珠丝杠检测实验数据

单位：mm

序号	测量角度	初始值 0°	60°	120°	180°	240°	300°	360°
1	实测导程 1	0.001	0.849	1.684	2.585	3.409	4.189	4.99
2	实测导程 2	0.005	0.843	1.692	2.594	3.399	4.173	5.002
3	实测导程 3	0.001	0.837	1.692	2.600	3.429	4.190	5.003
4	标准导程	0.000	0.833	1.667	2.5	3.333	4.167	5.000

根据表 1 实验检测结果分析，三次实测数据的偏离误差曲线类似，该螺旋线最大偏离误差发生在旋转角度 180° 处，平均值为 0.093mm。由此可见，此螺杆螺旋线误差较大，传动精度较差。

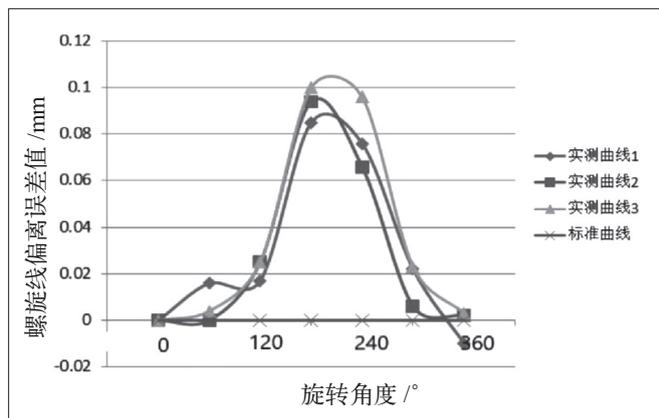


图9 主轴螺旋线偏离误差曲线

3 结语

本文设计了一种高精度螺旋检测装置,本测量装置能有效、快速地检测螺旋零件的导程、螺旋线精度,也可以检测轴类零件的形位误差,如径向圆跳动、轴向跳动、径向轮廓精度等,检测精度稳定可靠。

该螺旋检测装置精度高,测量步骤简易,不仅可以作为实验教学仪器,亦可应用在企业生产过程中的螺旋类产品检测中,有较大的推广价值。相较于市面上的视觉螺纹检测仪、三坐标测量机等检验

设备,此款螺旋产品检测仪在保持高精度测量的同时,价格低廉,操作简便,并且可进行后期优化改进,以适应更多产品的检测。

参考文献:

- [1] 宋现春,张强,孙溪,等.基于FPGA的滚珠丝杠螺旋线误差动态检测系统[J].山东建筑大学学报,2008,23(01):27-30.
- [2] 刘介良.高精度丝杠动态检测系统的研究[D].西安:西安理工大学,2005.
- [3] 陈贤高,祖莉,欧屹,等.滚珠丝杠螺母内滚道型面的检测方法[J].组合机床与自动化加工技术,2019(05):102-105+110.
- [4] 谢光伟.滚珠丝杠外螺纹径向尺寸的智能检测教学设计研究[J].科技风,2019(31):28.
- [5] 韩雪,徐李珩.基于STM32F103设计的智能购物系统设计与实现[J].无线互联科技,2020,17(02):45-46+56.

作者简介:周吉(1992.12-),男,汉族,浙江台州人,本科,讲师,研究方向:数控加工技术、机电一体化。

