

doi: 10.7690/bgzd.2016.06.016

# 一次性装卡完成质量以及三维质心测量的系统

游广飞

(郑州机械研究所机械自动化研究室, 郑州 450052)

**摘要:** 为解决产品三维质心测量时装卡繁琐的问题, 介绍一种一次性装卡完成质量以及三维质心的测量系统。该系统采用新型的翻转工装装卡完成物体 90° 翻转, 基于力矩平衡原理, 利用测力传感器采取测量数据, 工控机完成分析计算, 并对系统的原理、测量方法以及精度进行分析。测试结果表明: 该系统能减少被测物体的重新吊装次数, 通过使系统设备自身旋转来满足被测物体的位置需求来完成质量及三维质心的测量。

**关键词:** 一次性装卡; 质量; 三维质心

**中图分类号:** TP206 **文献标志码:** A

## Quality and the System of the Measurement of the Three Dimensional Center of Mass are Finished by One Time

You Guangfei

(Mechanical Automation Research Room, Zhengzhou Research Institute of Mechanical Engineering, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of the difficult installation of 3D center of mass measurement, the paper introduces a method of measuring the quality of the finished product and the measurement system of the three dimensional center of mass. The system using new flip pack card of the object is completed 90 degree turn, based on the principle of moment balance, measured by a force sensor adopted is that the measured data, the computer complete calculation and analysis, and the system principle, measuring method and accuracy analysis. The test results show that the system can reduce the number of re hoisting of the measured object, and the measurement of the quality of the position of the measured object and the measurement of the three center of mass can be satisfied by the rotation of the system equipment.

**Keywords:** a one-time fixation; quality; 3D center of mass

### 0 引言

物体的质量与三维质心测量一般需要对被测物体进行多次吊装以完成物体轴向质心与横向质心的测量。笔者介绍的系统减少了被测物体的重新吊装次数, 使系统设备自身进行 90° 的翻转, 来满足被测物体的位置需求, 质量测量和质心测量则采用测力三点法实现。该测量系统在保证测量精度的前提下解决了产品装卡频繁的问题, 实现了一次性装卡完成物体的质量以及三维质心的测量。

### 1 系统机构介绍

总体结构包括机械结构部分与电气控制部分。机械部分主要包括: 测量秤体主机(带 3 个支撑臂的旋转轴系, 在其上方与之连接的二维转换 U 形架)、样件托盘、标准样件(砝码)。数据采集与计算部分由称重传感器、信号切换控制电路、称重仪表和计算机系统组成。

#### 1.1 机械部分

如图 1 所示为整体的秤体结构(用于测量质量

质心), 其秤体是以 3 个称重传感器为主体的电子秤, 具体结构是以带有 3 个支撑臂的精密旋转轴系为基础<sup>[1]</sup>, 在精密旋转轴系上方与其连接的是一个二维转换的 U 形架, 用于一次性装卡后的质量、三维质心的测量。称重传感器安装有超载保护装置。

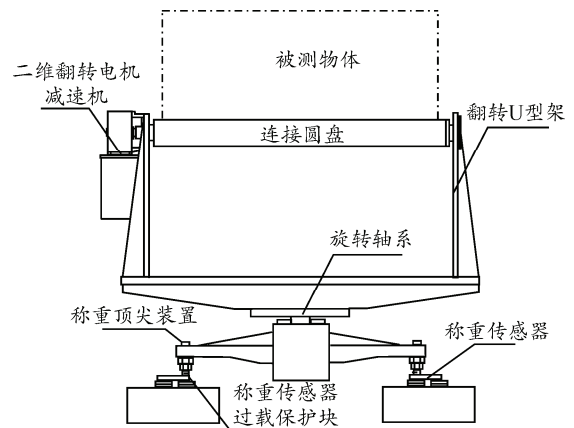


图 1 测量系统主体机构

如图 2 所示的二维转换 U 形架主要由称重 U 形架和产品连接圆盘组成, 用于直立状态安装产品。一次装卡实现质量和三维质心的测量, 产品连接圆

收稿日期: 2016-03-03; 修回日期: 2016-04-15

作者简介: 游广飞(1982—), 男, 湖北人, 学士, 工程师, 从事物体质量、三维质心、转动惯量等质量特性参数测量技术, 非标自动化、仿真测试设备等系统的制造与研究。

盘通过两端的轴系安装在称重 U 形架上, 由电机及减速机驱动, 可实现产品的自动旋转, 以实现产品三维质心的测量。产品连接圆盘的上法兰面与产品的连接面通过销钉及连接螺钉实现连接紧固, 进而实现产品的测量, 转接工装上同时设计有与样件托盘连接用的销孔及连接孔, 以实现设备的标定校准。

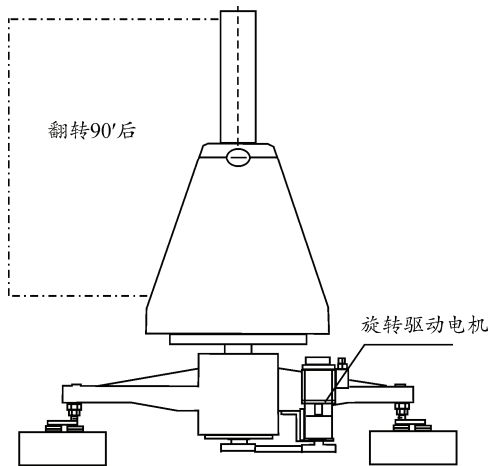


图 2 主体机构翻转视图

称重 U 形架用于支撑产品连接盘, 使其放置在带有 3 个支撑臂的精密旋转轴系上, 精密旋转轴系通过 3 个支撑臂上的承力球头顶尖与称重传感器接触。3 个球头顶尖几何位置成 120° 均布, 用于保证质心计算的准确性, 定位销孔保证空盘状态与承物状态位置不发生变化, 顶起保护用于设备加载过程和设备非工作状态时的保护。

标准样件一是用于标定传感器系数, 二是检验设备精度, 包括质量测量精度和质心位置测量精度。该样件质量经计量所检定, 可作为砝码用于系数标定和质量精度校核, 同时经动平衡检定, 其质心与形心相重合, 可用于质心精度校核。样件托盘与连接工装精确定位连接, 同时与标准样件精确连接, 以保证标准样件位于秤体几何中心。

### 1.2 电气控制部分

电气部分由称重传感器、信号切换控制电路、称重仪表和计算机系统组成。3 个称重传感器将承受的重力转换为模拟电压信号, 通过信号切换电路分时送到称重仪表。称重仪表将模拟信号转换成数字量后送到计算机的串口 1。计算机将收到的数据经过计算处理后得出被测对象的质量和质心位置, 可显示在显示器上或用打印机打印出测量结果。信号切换控制电路通过串口 2 接收计算机的指令, 将 3 只称重传感器之一输出的信号与称重仪表接通。

信号切换电路: 自制, 主要由单片机和光电继

电器组成。

## 2 测量计算原理

### 2.1 质量测量

设 3 个传感器 A、B、C 标定后称量读数为  $P_A$ 、 $P_B$ 、 $P_C$ , 总质量为  $M$ , 则

$$M = P/g = (P_A + P_B + P_C)/g \tag{1}$$

### 2.2 质心测量

产品直立状态时, 根据静力平衡可知:

$$\left. \begin{aligned} YG &= \frac{P_B + P_C - 2P_A}{2P} R \\ ZG &= \frac{P_B - P_C}{P} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} R \right) \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

产品水平状态时, 根据静力平衡可知:

$$X_G = \frac{P_B' + P_C' - 2P_A'}{2P} R \tag{3}$$

在实际测量中, 质心测量需要通过 0° 和 180° 两组测量结果的综合处理得到<sup>[2]</sup>, 以此消除由于轴线偏移带来的误差, 进一步提高测量精度。

## 3 技术关键及解决措施

### 3.1 3 个承力点的位置精度控制

3 个承力点的位置是计算的依据。由计算公式可知, 几何参数必须高精度控制, 一是提高设计和加工精度, 二是依靠后期标定减少其影响。位置精度还受刚度的影响, 在设计中既要尽量减小秤盘重量, 又要保证整体刚度。经计算校验, 尽量减小其对测量结果的影响。经计算, 样件和产品工装的最大挠度均不超过 0.09 mm。

如图 3 所示, 3 个承力点的水平度在安装时通过水平仪调整到 0.1 mm/m 以内, 并由精密加工保证成 120° 均匀分布。

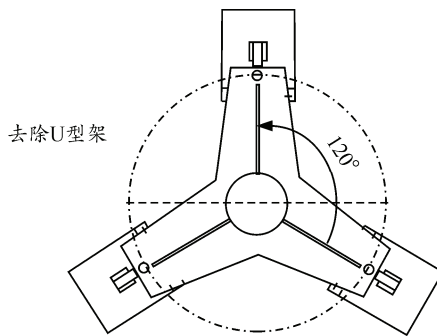


图 3 称重承力点分布图

### 3.2 被测产品的定位精度控制

被测产品的定位精度与最终结果相关。被测产

品轴线应该与理论轴线重合，否则其差值将直接叠加到测量结果中<sup>[3]</sup>。笔者在工装圆盘上增加定位产品轴线的工艺轴，将旋转轴系与产品固定环的轴线连接装配，以保证测量轴线的定位精度。

提高标准样件的设计和加工精度，并通过使用样件多次测量的方法进行精度的标定，消除误差。

#### 4 系统标定及精度检定

该设备属非标设备，采用标准样件和标准砝码对设备进行检定。

##### 4.1 标准样件和标准砝码

标准样件作为标准砝码使用，质量由有关资质单位出具有效质量证明。

标准样件作为质心样件采用动平衡方法进行了质心调配，其质心与形心偏移量小于 0.05 mm，样件托盘经精密加工保证样件的位置度与垂直度。

##### 4.2 传感器系数精度标定

在系统标定时，因需要进行质心计算，要分别求得 3 个传感器的灵敏度系数  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 。对于本台测量设备，可以应用 3 次称量联立方程的办法确定  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ <sup>[4]</sup>。

设传感器加载后的示值分别为  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 。标准样件的质量为  $m$ ，则有：

$$K_1V_1 + K_2V_2 + K_3V_3 = mg。$$

通过将标准样件分别向 3 个传感器偏置，使 3 个传感器尽量呈偏载状态。设 3 个状态下的传感器的压差示值分别为  $V_{ij}(i=1, 2, 3; j=1, 2, 3)$ ，其中  $i$  为传感器号， $j$  为测量次数。这样可联立 3 个方程：

$$K_1V_{11} + K_2V_{21} + K_3V_{31} = mg；$$

$$K_1V_{12} + K_2V_{22} + K_3V_{32} = mg；$$

$$K_1V_{13} + K_2V_{23} + K_3V_{33} = mg。$$

解方程可得：

$$K_1 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & V_{21} & V_{31} \\ 1 & V_{22} & V_{32} \\ 1 & V_{23} & V_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} V_{11} & V_{21} & V_{31} \\ V_{12} & V_{22} & V_{32} \\ V_{13} & V_{23} & V_{33} \end{vmatrix}} mg； \quad K_2 = \frac{\begin{vmatrix} V_{11} & 1 & V_{31} \\ V_{12} & 1 & V_{32} \\ V_{13} & 1 & V_{33} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} V_{11} & V_{21} & V_{31} \\ V_{12} & V_{22} & V_{32} \\ V_{13} & V_{23} & V_{33} \end{vmatrix}} mg；$$

$$K_3 = \frac{\begin{vmatrix} V_{11} & V_{21} & 1 \\ V_{12} & V_{22} & 1 \\ V_{13} & V_{23} & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} V_{11} & V_{21} & V_{31} \\ V_{12} & V_{22} & V_{32} \\ V_{13} & V_{23} & V_{33} \end{vmatrix}} mg。$$

按上述方法进行多次测量，求的其平均值作为测量系数。

#### 4.3 设备精度校验

1) 质量检定过程：首先将样件托盘放置在直立托盘上，并用定位销定位，然后去皮重，按测量范围进行设备的质量检定，将称量值与标准值对比。

2) 质心测量精度检定：首先将样件托盘放置在工装圆盘上，并用定位销定位，然后去皮重(传感器置零)，再将样件置于样件托盘进行称量，计算样件的质心  $Y$  和  $Z$  坐标测量系统误差<sup>[5]</sup>。

重复 10 次上述过程，按不确定度进行评定，标准偏差用贝塞尔公式  $\sqrt{\frac{1}{ni-1} \cdot \sum_{k=1}^{ni} (X_{ik} - \bar{X}_i)^2}$  计算。

设备旋转测量纵向质心，利用产品多次的质心  $X$  坐标测量系统误差<sup>[6]</sup>。

产品按上述过程重复 10 次，按不确定度进行评定，标准偏差用贝塞尔公式  $\sqrt{\frac{1}{ni-1} \cdot \sum_{k=1}^{ni} (X_{ik} - \bar{X}_i)^2}$  计算。

#### 5 结束语

系统测试结果如下：

- 1) 对标准样件进行质量测量，误差小于被测物体的 0.05%；
- 2) 对标准样件的三维质心位置测量，误差均小于 0.5 mm。

测试结果表明：该测量系统解决了产品装卡繁琐的问题，实现了一次性装卡完成物体的质量以及三维质心的测量。

#### 参考文献：

- [1] 卢志辉，薄悦，张磊乐，等. 一种新型的质心测量机构与测量方法[J]. 计量学报, 2010(2): 119-122.
- [2] 卢志辉，孙志扬，李祥云，等. 高精度质心测量方法研究[J]. 兵工学报, 2009(12): 1748-1752.
- [3] 薄悦. 提高质心测量灵敏度的关键技术研究[D]. 郑州：郑州机械研究所, 2002.
- [4] 鲁四平，卢志辉，孙志扬，等. 导弹弹头质量特性参数测量方法研究[J]. 机械强度, 2002, 24(4): 623-625.
- [5] 卢志辉，孙志扬，陈惠南，等. 旋转体质心、形心和质心横偏量的测量机构设计及精度分析[J]. 机械设计, 2001(4): 25-27.
- [6] 陈扬. 在三维形状测量中运用条纹投影解决相位-高度关系的混合方法[J]. 四川兵工学报, 2015, 36(9): 136.