

触针式二维轮廓测量评定系统的改进

Improvement on Stylus 2-D Contour Gauging System

哈尔滨量具刀具集团有限责任公司 代晓颖 刘琦 郎岩梅 刘力岩

[摘要] 对触针式二维轮廓测量评定系统作了较大的改进:改进了测量方法和设备结构,提高了测量精度;设计了系统误差补偿算法,大大减小了由系统误差所造成的测量误差;提出了螺纹零件评定的新方法,简化了操作步骤,提高了评定结果的准确度;设计了轮廓对比功能,可将设计尺寸与被测轮廓进行整体对比,以判定被测零件是否满足设计要求。

关键词: 轮廓测量评定系统 误差补偿 螺纹评定 轮廓对比

[ABSTRACT] The stylus 2-D contour gauging system is greatly improved. The device structure is designed newly for the modified measuring method, and the measuring precision gets much better than before. And the system error compensation algorithm is designed for reducing gauging error. A new thread gauging method is put forward, which simplifies the operation process and improves the assess accuracy. A new function of contour comparison is designed to assess the quality of the measured part by comparing it to another standard contour.

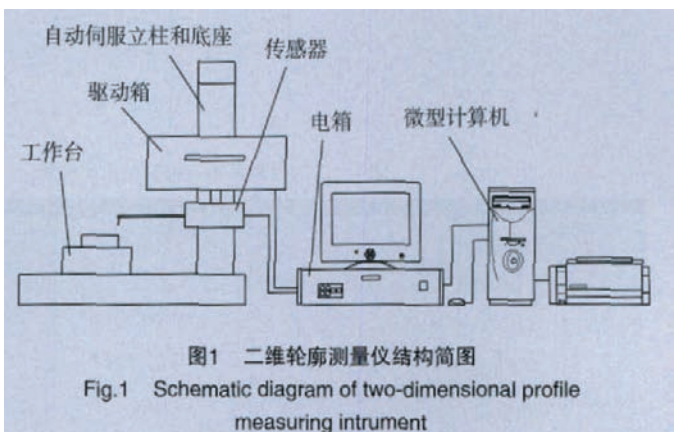
Keywords: Contour gauging system Error compensation Thread gauging Contour comparison

随着国家对航天工业、船舶制造业以及民用产品的大力发展与投入,国内制造业得到了前所未有的发展机遇,数控机床、电火花加工以及线切割加工等先进的加工手段被广泛地应用于生产当中,各种新型零部件也逐渐投入生产和应用,所以零部件加工质量的好坏标志着整个制造业的发展水平。零件的生产过程主要由设计、制造和检测3个环节组成,这3个环节相辅相成、相互制约,所以发展制造业不仅要发展新型设计方法和加工手段,检测技术的提高也至关重要。目前普遍应用的零件轮廓测量方法主要有机械触针式测量方法、光学探针式测量方法、干涉显微测量方法、扫描电子显微镜以及扫描探针显微镜等方法。其中,触针式二维轮廓测量仪具有测量直观、测量范围大、分辨率高、测量结果稳定可靠、重复性好等优点^[1],是机械加工企业和计量检定单位测量工件轮廓和表面粗糙度的一种常用仪器^[2]。本

课题对哈量集团2301型二维轮廓测量仪进行了较大的改进,研制了2303型二维轮廓测量仪,本文将详细探讨新型轮廓仪的功能及其关键技术。

1 触针式二维轮廓测量仪工作原理

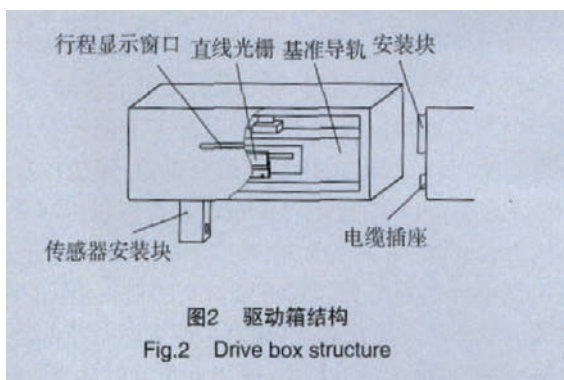
二维轮廓测量仪结构如图1所示,当仪器测量表面形状时,传感器的测针与工件的被测表面接触,驱动箱以恒定的速度(0.2mm/s、0.4mm/s、0.5mm/s等)带动传感器沿测量方向运动,使测针在工件表面匀速滑行。驱动箱的光栅在传感器滑行经过每一个采样间隔时,发出采样信号,传感器将工件表面轮廓点的纵坐标转换为电感信号,经后续电路转换为数字量,送入计算机,从而实现表面形状的等间隔采样,并将得到的轮廓数据存入计算机,同时将工件的表面形状显示在显示器的屏幕上。通过软件计算,可以得到2点间的垂直和水平距离、2直线间的夹角、圆弧处的曲率半径等参数^[3],将测量结果标注在轮廓图形上,还能将表面形状及测量结果通过打印机输出。



2 轮廓测量评定系统改进及其关键技术研究

2.1 测量精度的提高及其关键技术研究

为了更加准确地测量工件水平方向的尺寸,提高测量步距的精度,改变了以前依靠驱动电机上的光电编码器测量水平位移的方式,设计了采用直线光栅测距的检测方式,可达到 $1\mu\text{m}$ 的测量分辨率和 $2\mu\text{m}/100\text{mm}$ 的测量精度,驱动箱结构如图2所示。



· 传感器安装块: 将传感器的安装螺栓插入该安装孔中,然后靠端面的螺帽锁紧。

· 行程显示窗口: 窗口内有一个 LED 指示灯,当仪器开机后,指示灯发光,根据指示灯显示的光标相对于面板上刻度尺的位置显示传感器当前位置。

· 直线光栅: 与主轴左、右滑行联动,是感知传感器水平位移的传感器件。

· 基准导轨: 在电机的驱动下,该主轴做匀速直线运动,其滑行的直线度误差不大于 $1\mu\text{m}/100\text{mm}$ 。

· 电缆插座: 驱动箱与电箱连接电缆线的插座。

· 安装块: 用于将驱动箱固定在立柱的滑架上。

驱动箱的基准导轨行程为 100mm ,为了弥补加工误差以及运动部件自重造成的直线度误差,设计了主轴补偿功能。根据试验分析,导轨经过研磨加工能够达到 μm 量级的加工精度。主轴误差主要是由于运动部件自重造成的,尤其当运动到导轨中间部位时,最大有 $2\mu\text{m}$ 左右的直线度误差。根据分析结果,本课题设计了修正主轴误差趋势的补偿方法,操作者首先将测针在一块长度大于 100mm 的水平样块上进行满量程测量,测量结果在形状评定界面内打开,点击“主轴补偿”菜单项,弹出“主轴修正”对话框,点击“生成主轴补偿文件”按钮即可。软件对轮廓点进行多项式拟合,拟合出误差趋势线,并将计算结果保存,生成主轴补偿文件,该文件将自动对以后测量的轮廓点进行修正。生成主轴补偿文件功能主要为专业调试人员提供,为避免错误操作,需要密码才可点击该按钮。

2.2 螺纹类零件标注方法

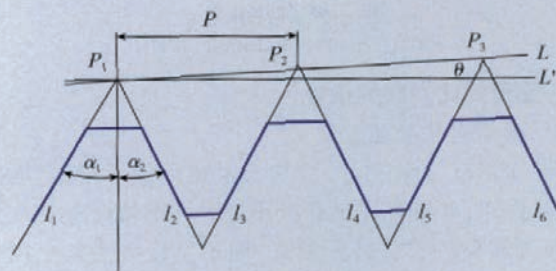
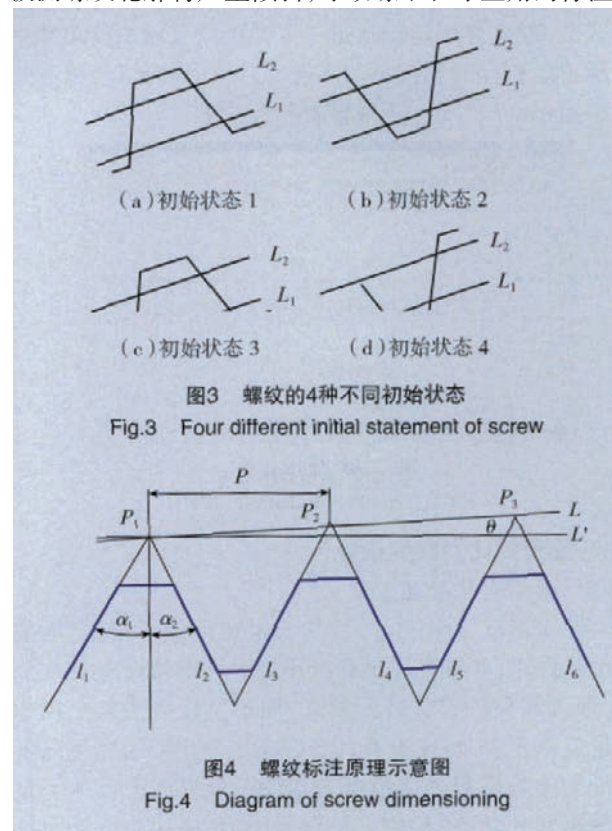
螺纹连接是机械结构中常见的连接方式,螺纹零件作为一种常用的紧固件,在机械领域发挥着巨大的作用。应用轮廓仪测量螺纹一般主要测量螺距和牙型角 2 个参数,以往的方法是工作人员在一个牙型的 2 个牙侧分别选取 2 组起点和终点,拟合出 2 条牙侧线作出牙型角。这 2 条牙侧线的交点与相邻一组牙侧线交点的距离即为螺距。此标注方法过于繁琐,而且人工选取牙型拟合区域会造成每次牙型标注的结果都不一致。为了满足一次性准确标注螺纹的要求,本课题通过用户输

入被测螺纹的标称值,排除牙顶和牙底的部分区域(该区域加工毛刺较多,而且对于检定螺纹不起主要作用),对被评定区域进行拟合计算,并自动标注出螺距和牙型前角及后角^[4]。

2.2.1 螺纹智能化标注方法

要完成智能化、一次性标注螺纹,首先要正确判断螺纹的开始位置,这样才能在无需人为干预的情况下确定哪一段轮廓点参与标注。如图 3 所示,根据测针开始测量的不同位置,可以绘制 4 种不同初始形状的螺纹。根据用户输入的螺纹标称参数和排除区域百分比,计算出 2 条边界线 L_1 和 L_2 的函数公式,对于不同的初始状态选用不同的计算流程。将 2 边界线范围内的各段轮廓点进行最小二乘拟合,得出拟合直线 $l_1\sim l_6$ 和拟合直线的交点 $P_1\sim P_3$,由此可以得到螺距 P 和牙型角 α_1 和 α_2 的大小,如图 4 所示。

由于螺纹零件装卡定位时无法保证轴线完全水平,被测螺纹轮廓将产生倾斜,导致螺距和牙型角的标注结

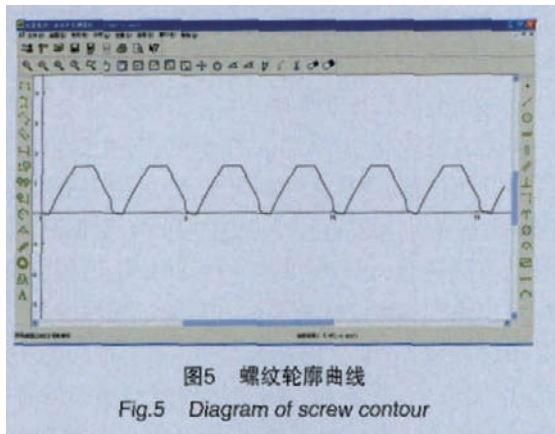


果产生偏差。为了解决这个问题,设计了先校正后计算的方法。如图 4 所示,先根据拟合直线的交点 $P_1\sim P_3$ 计算出顶点的最小二乘拟合直线 L ,将该直线转动一个角度 θ 调整到水平线 L' 位置,所有轮廓点也随之转动 θ 角,然后再进行轮廓点拟合和计算,作出螺距及牙型角。

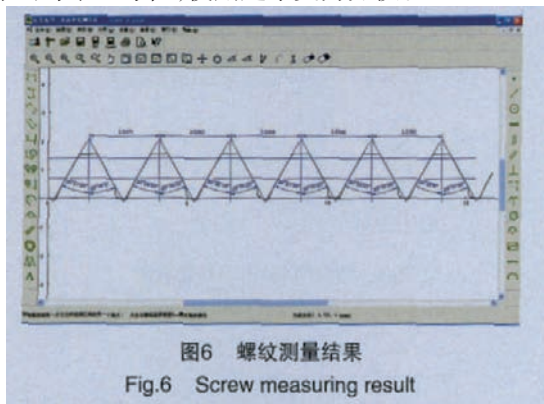
2.2.2 螺纹标注示例

图 5 所示的轮廓曲线是一螺距为 2.54mm 、牙型半

角 30° 的普通螺纹量规。点击螺纹尺寸标注按钮,可以显示螺纹公称尺寸输入对话框。



输入被测螺纹的公称尺寸和排除区域范围,即可得到如图 6 所示的标注结果。该方法避免了测试人员的人为误差,重复性好,并大大减少工作量。螺纹尺寸标注结果不仅可以保存为图形文件,还可以保存为文本形式的文档,详细地记录每一个螺距以及牙型前角和后角数值。打印时不仅打印图形文件,还同时以表格形式打印出每个尺寸值,使用起来更为方便。



2.3 图形对比功能的设计

2.3.1 图形对比功能介绍

针对形状复杂工件,检测人员难以做出全面、准确的形状评定,并且根据最新推出的零件形貌评定 ISO 标准,强调零件的整体公差要求,而不是仅针对某个尺寸满足公差要求,这样更有利于在满足使用要求的情况下降低加工难度和加工成本。本课题根据需求设计了整体图形对比功能,检测人员可将 DXF 格式的设计图形作为标准图形载入本测量软件,该软件可自动做出被测轮廓与标准图形的对比,并给出合格范围与不合格范围的比例,同时用不同颜色显示。

2.3.2 图形对比功能算法的研究

要进行 2 个图形对比,首先要载入一个 DXF 格式的文档,所以对 DXF 文件信息的提取是第一步,本软件针对 DXF 格式文件设计了一套读取模块,可以将线段

和圆弧等图形文件的信息提取出来并保存为本软件的图形格式。第二步,将 2 个图形的左端点重合,并将其中一个图形旋转以保证 2 个图形在 X 方向具有相同的长度。第三步,根据用户给定的公差值,做出标准图形的 2 条包络线。第四步,判断被测轮廓点是否在 2 条包络线内,内部的为合格部分,外部的为不合格部分,并计算出每部分的百分数。第五步,以一定的间距,将被测轮廓上下串动一段距离,计算每个位置时对应的合格百分数,以最大值为最终结果,画出此位置时的 2 个图形,并以绿色表示合格区域,红色表示不合格区域。

3 结束语

本文介绍了二维轮廓测量评定系统的改进及其相关技术。采用了精度更高的测量手段,设计了主轴线性误差补偿方法,提高了测量结果的准确度;提出了螺纹标注的新方法,提高了对螺纹类零件测量的准确度及稳定性,大大减少了人为误差和测量时间;设计了图形对比功能,简化了检测人员的操作,对于复杂零件具有很好的适用性,同时具有较高的应用价值和广阔的市场前景。

参考文献

- [1] 吕会娣,郎岩梅. 触针式轮廓仪的测针形状及其检定. 工具技术, 2003, 37(7):70-71.
- [2] 王晓强,李兵,蒋庄德,等. 二维轮廓测量仪的系统建模及标定. 轴承, 2007(9):39-41.
- [3] 刘琦,姚英学,代晓颖,等. 零件轮廓测量软件关键技术的研究. 机械制造, 2008(12):47-50.
- [4] 谢峰,李建林,谢铁邦,等. 工程表面粗糙度两用测量系统. 工具技术, 1999, 33(4):28-30.

(责编 小颖)

(上接第 85 页)

参考文献

- [1] 孙义敏,安鸿章. 劳动定额术语、中华人民共和国国家标准 (GB-T14002-1992). 北京: 全国劳动定额标准化技术委员会, 1993.
- [2] 蔡启明,张庆,庄品. 基础工业工程. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 李冠生. 企业劳动定额. 北京: 中国劳动出版社, 1997.
- [4] 安鸿章,孙义敏. 劳动定额标准化导论. 北京: 中国劳动出版社, 1995.
- [5] Taylor J, C. The Evolution and effectiveness of maintenance Resource management (MRM), International Journal of Industrial Ergonomics 26, 2000.
- [6] 郑东良. 航空维修管理. 北京: 国防工业出版社, 2006.
- [7] Armando V. Cordova, Andy Padilla, "Just the Facts", Implementation of a Fact-Based Work Management System Within a Merchant Utility, AACE International Transactions, 2005.
- [8] Bill Tolo. Powerful work measurement in retail applications. Industrial Engineer, 2005 (7):34-37.

(责编 侧卫)