

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2017.06.14

三坐标批量测量典型零件的方法

刘红, 张云江, 曹昆武, 姚江伟

(核工业理化工程研究院, 天津 300180)

摘要: 在相同类型零件测量任务中, 一次性送检批量零部件时, 按照原单件零件的测量方法, 不能按时完成任务。为准确而高效的实现批量测量, 需研究并改进原有方法。本文通过研究典型零件如回转件测量点数对测量结果的影响、设计固定夹具、建立坐标系、设计编写程序模块, 实现了批量零件多件同时连续不间断自动测量及测量结果自动文本输出, 建立了批量关键件的自动化测量方法。此方法在保证测量结果准确性的同时, 提高了测量效率, 减轻了劳动强度, 为科研和生产提供了有效保障。

关键词: 三坐标; 批量测量; 自动化; 编程; 文本输出

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2017)06-0052-04

Research on Method of Three Coordinate Measuring Batch Parts

LIU Hong, ZHANG Yunjiang, CAO Kunwu, YAO Jiangwei

(Tianjin Nuclear Physical and Chemical Engineering Institute, Tianjin 300180, China)

Abstract: In the same type of parts measurement tasks, there are one-time inspection batch parts in addition to a single piece of inspection parts. Tasks can not be finished according to the original plan. In order to measure accurately and efficiently, the method of improvement should be studied. Through the study of typical parts such as rotating parts the impact of measurement points, influence on the measurement results of the design of fixed fixture, coordinate system, design programming module, realize batch parts more than at the same time continuous automatic measurement and measurement results of automatic text output, set up automatic measuring method of batch of key parts. It ensures the accuracy of measurement results, improves efficiency, reduces labor intensity, and the effective guarantee for scientific research and production is provided.

Key word: three coordinate; batch measurement; automation; programming; text output

0 引言

测量中经常遇到批量零件的测量任务, 加之测量人员少、测量零件种类多、零件测量复杂, 则工作难度较大, 使完成任务时间不能保证, 从而造成了批量零件的积压。为了及时准确的将测量结果提供给研究部门, 必须提高测量效率, 开发测量机的功能应用。本文通过相关研究, 建立了三坐标测量批量关键零件的测量方案, 以保证科研的进度。

目前, 存在以下几点问题:

1) 测量点数的合理性有待实验研究。被测零件为圆筒形, 需测量指定截面的内、外径及圆度。过去通常采用 32 点测量, 测量点数是否合理就成为在测量中

要研究解决的问题。三坐标测量圆形零件内、外径及圆度。从理论上讲, 同一平面上 3 个点即可确定唯一的圆, 但受加工精度影响, 圆形零件同一截面圆周轮廓通常不是理想圆。只测量 3 点, 不可能得出准确的圆度测量结果, 查阅相关文件也没有找到确定测量点数的依据。

2) 零件以往采用橡皮泥固定定位, 测量位置易改变, 容易引起测量碰撞事故或导致测量数据带有粗大误差。

3) 劳动强度大, 测量效率低。批量测量时, 若采用单件测量时的方法, 一个零件测量完成后, 停下机器, 测量员取下该零件, 换上另一件, 再运行测量程序。批量越大, 重复的次数越多, 还要清洁零件, 并需要 1 人专门负责及时记录测量结果, 则共需 2 名人员完成此过程。测量完成后再逐一录入电脑打印, 不仅工作效率低, 还易产生人为差错。

收稿日期: 2017-08-16; 修回日期: 2017-09-16

作者简介: 刘红(1964-), 女, 高级工程师, 现主要从事精密测试工作。

针对上述问题,制定了研究方案,包括:①研究圆形零件测量点数对测量结果的影响,确定最佳测量点数;②设计固定夹具、建立坐标系,实现批量零件多件连续自动测量;③设计编写程序模块,测量结果以文本格式自动输出。

1 最佳点数的确定

坐标测量机的基本原理是将被测零件放入它允许的测量空间^[1],精确测出被测零件表面的点在空间三个坐标位置的数值,将这些点的坐标数值用计算机进行数据处理,拟合形成测量元素,再经过数学计算的方法得出其几何量数据。三坐标测量直径和圆度的计算方法采用最小二乘法,如图1所示。

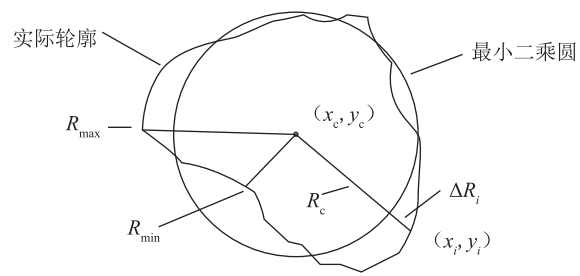


图1 最小二乘圆示意图

最小二乘法(又称最小平方方法)是一种数学优化技术。它通过最小化误差的平方和寻找数据的最佳函数匹配。利用最小二乘法可以简便地求得未知的数据,并使得这些求得的数据与实际数据之间误差的平方和为最小。在数据处理中,用最小二乘圆(近似的理想元素)替代轮廓圆(不理想圆)。

计算半径的数学模型为

$$F(x_c, y_c, R_c) = \min \sum_{i=1}^n \Delta R_i^2$$

式中: x_c, y_c, R_c 分别为最小二乘圆圆心坐标值和半径; ΔR_i 为被测圆上各点到最小二乘圆距离^[2]。最小二乘圆就是指实际轮廓^[3](被测圆)上各点到该圆距离的平方和为最小的一个圆,被测圆上实测点的坐标为 $(x_i, y_i) (i = 1, 2, \dots, n)$, 各点到最小二乘圆的距离

$$\Delta R_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2} - R_c$$

最小二乘圆法评定圆度误差就是以最小二乘圆的圆心作为评定圆度的基准点^[4], 求出实际轮廓上各点到基准点的距离 R_i , 计算公式为

$$R_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}$$

从求出距离中找到最大值 $R_{\max}$ 和最小值 $R_{\min}$, $R_{\max}$

- $R_{\min}$ 即为圆度误差值。

测量点数的确定,直接影响到测量准确度和测量效率,若点数过少,则测量准确度低,若点数过多,则测量时间长,效率低。

因此,选取了几个不同圆度的零件(编号1#, 2#, 3#),进行了测量点数对测量结果的影响实验研究。为了能测到有特征的点,取点位置在同一截面上均匀分布,利用三坐标进行测量点数对测量结果影响的试验,编号1#, 2#, 3#零件在不同测量点数下直径测量结果见表1。

表1 测量结果

mm

测量 点数	编号 1#		编号 2#		编号 3#	
	直径	圆度	直径	圆度	直径	圆度
6 点	90.395	0.015	92.634	0.058	89.064	0.202
8 点	90.394	0.017	92.634	0.066	89.058	0.244
12 点	90.394	0.019	92.630	0.067	89.057	0.248
16 点	90.392	0.019	92.631	0.075	89.055	0.255
20 点	90.392	0.020	92.631	0.075	89.055	0.253
24 点	90.393	0.020	92.630	0.074	89.056	0.255
28 点	90.392	0.021	92.631	0.075	89.055	0.258
32 点	90.393	0.002	92.631	0.076	89.055	0.257

从表1中测量结果可看出,测量点数大于8点以后,直径变化 $\leq 0.003\text{mm}$ 。测量点数大于16点以后,圆度变化 $\leq 0.005\text{mm}$ 。随着测量点数增加,直径、圆度趋于恒定,测量值不再随着点数增加而大幅度变化,同时,圆度较大的零件需采更多的点,测量结果才趋于稳定。根据公差要求,可以得出测量典型回转件不同圆度公差要求的零件最佳测量点(因实验样本较少,实验结果仅对本批样品有效,其它情况可参考本实验方法另行确定)见表2。

表2 不同圆度公差最佳测量点数

圆度误差	最佳测量点数
≤ 0.05	8-12 点
≤ 0.15	12-16 点
≤ 0.30	16-20 点

注: 通常情况选用下限点数即可。

最佳测量点数的确定,既保证测量准确性,满足公差要求,又提高测量效率。

2 关于批量零件多件连续自动测量的研究

2.1 设计专用测量具, 建立零件坐标系

三坐标测头运行位置坐标都是以机器坐标系为准。要提高效率, 就要将操作人员手动测量过程变为机器执行的程序, 进行程序化测量, 首先要建立坐标系。测量程序以建立的零件坐标系为基准编写, 测头可自动寻找到被测要素在工件坐标系中的位置。工件坐标系的建立是后续零件自动测量的基础。具体采用了如下方法: 一是利用原有机坐标系, 通过测量平台上的定位孔和设计测量零件专用器具定位零件, 保证零件处在首次编程时所在的位置, 如图2所示, 通过定位孔和专用器具保证零件的位置和编程时一致, 由定位螺钉固定测量器具, 测量位置不易改变。二是根据零件形状特点建立零件坐标系, 如图3所示。

这两种方法结合运用, 即保证总体测量位置不变, 又避免每批零件因为尺寸差异等原因而导致的无法触测问题, 零件准确的位置及精确的零件坐标系, 保证了测量精度, 实现程序化自动测量, 提高了测量效率。

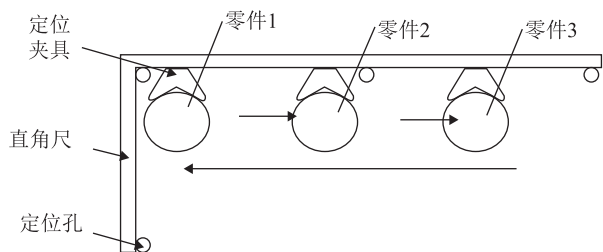


图2 多件循环测量示意图

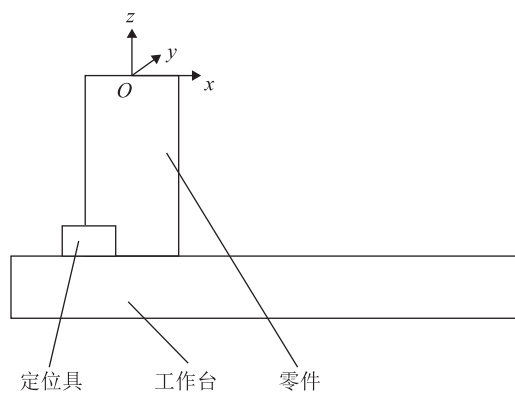


图3 零件坐标系示意图

2.2 设计自动测量流程

经试验, 在单件测量基础上, 只要更换零件的时间小于单件测量的时间, 测头就可以实现2件以上同时不间断测量, 并实现同型号批量零件不间断自动测量。测完一件, 机器在测量另一件的同时, 不用停机

更换已测零件, 测量程序循环运行, 从而节省了停机时间。多件连续自动测量流程图见图4。

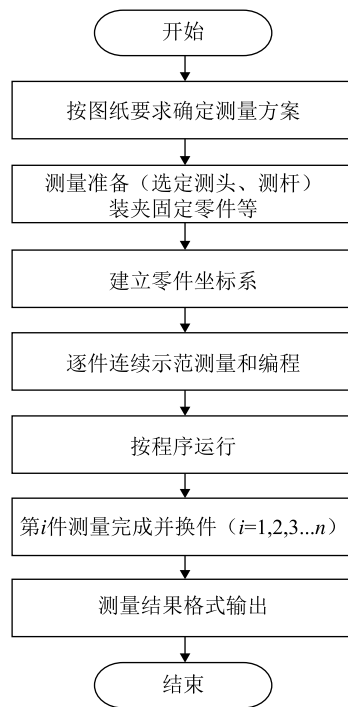


图4 多件连续自动测量流程图

2.3 设计编写测量结果输出程序模块

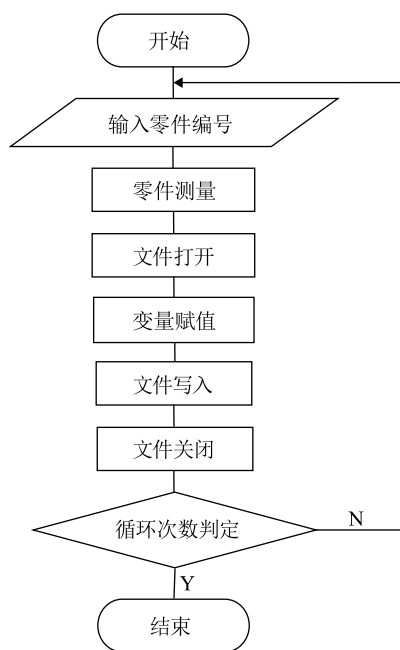
2.3.1 输出测量结果的要求

输出测量结果的要求有以下几点: ①测量结果以文本格式输出; ②每件测量结果要随着该件测量完成自动输出并保存; ③测量结果要具有专一性、可识别性, 每个零件编号对应一个测量结果; ④输出的内容还应包括送检单位、测量日期、零件名称、零件数量及编号、测量项目等信息; ⑤在同一批量零件(含单个)全部测量完成后, 可一次性打印输出。

2.3.2 编写程序模块

利用PC-DMIS软件语句进行编程, 实现上述要求, 编程流程图见图5。

编程流程图说明: ①输入零件编号: 建立变量, 保证零件编号与测量结果一一对应; ②零件测量: 操作仪器测量被测元素所生成的测量程序; ③文件打开: 打开文本文件进行零件测量数据读取, 写入和依次向后附加, 然后将文件名存储到文件指针FPTR中; ④变量赋值: 通过创建多个表达式, 按照要求的格式进行零件编号赋值、测量结果赋值; ⑤文件写入: 包括测量报告台头信息(送检单位、时间、零件名称、测量项目等)写入、赋值变量的写入(零件编号、所有测量结果), 并保证输出内容及格式排列清楚整齐; ⑥文件



关闭：关闭已打开的磁盘文件，提交对磁盘文件作出的所有更改；⑦循环次数判定：反复运行程序，直至达到设定的循环次数。

利用 PC-DMIS 软件编程, 形成该批零件的人工编程模块, 加入到零件的测量程序中, 形成零件专用测量程序, 实现该零件的批量自动测量。

(上接第 12 页)

复频率的稳定性进行了量化处理。比较锁定前后重复频率稳定度变化可知, 锁定后其稳定度变化明显, 提高了至少 4 个数量级。

参考文献

- [1] 曹士英, 方占军, 孟飞, 等. 双路光谱展宽的钛宝石飞秒光学频率梳系统[J]. 物理学报, 2011, 60(8): 080601.
- [2] Jones D J, Diddams S A, Ranka J K et al. Carrier-Envelope Phase Control of Femtosecond Mode-Locked Laser and Direct Optical Frequency Synthesis[J]. Science, 2000, 288: 635-639.
- [3] Touahri D, Nez F, Abed M, et al. LPTF frequency-synthesis chain-results and improvement for the near future[Z]. LPTF 94&CPM 94, Boulder, CO, Jun, (1994).
- [4] Schnatz H, Lipphardt B, Helmcke J, et al. First Phase-Coherent Frequency Measurement of Visible Radiation[J]. Physical Review Letters, 1996 76(1): 18-21.

3 结论

经过试验,原来测量 30 件圆筒形零件,一个零件需要测量 20 个参数,采用一次测量 1 个零件的方法,需要运行 30 次程序,更换 30 次零件,记录 600 个数据,30 个编号;现在仅需运行 10 次程序,集中 10 次更换零件,测量中间做到了不停机,测量结果自动文本输出。

这种批量关键零件的测量方案,通过试验确定合理测量点数,设计运用固定夹具、建立坐标系、设计编写程序模块,通过程序化实现零件的多件连续测量,测量结果以文本格式输出,不仅保证了测量精度,提高了测量效率,而且降低测量人员劳动强度 and 对其工作技能的要求,避免了差错的产生。该方案在大批量零部件测量中,可发挥重要作用。

参考文献

- [1] PC-DMIS 参考手册[Z].
- [2] 陈永鹏, 岳晓斌, 曾孝云. 一种基于 MATLAB 的圆度评定方法[J]. 工具技术, 2003, 37(4): 39-42.
- [3] 海克斯康测量技术公司. 实用三坐标测量技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [4] 计量测试技术手册编辑委员会. 计量测试技术手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1995.
- [5] 吴翰钟, 曹士英, 张福民, 曲兴华. 光学频率梳基于光谱干涉实现绝对距离测量[J]. 物理学报, 2015, 64(2): 020601.
- [6] Wu Yuanjie, Ye Huiqi, Han Jian, et al. Astronomical Laser Frequency Comb for High Resolution Spectrograph of a 2.16-m Telescope[J]. Acta Optical Sinica. 2016, 36(6): 0614001.
- [7] 赵春播, 武腾飞, 梁志国. 飞秒激光器脉冲重复频率的锁定技术研究[J]. 计测技术, 2014, 34(6): 23-24.
- [8] 罗浆, 杨松, 郝强, 曾和平. SESAM 锁模全保偏光纤激光器重复频率的精确锁定[J]. 光学学报, 2017, 37(02): 0206003.
- [9] Razavi B. Phase - Locking in High - Performance Systems, Reprint Volume[M]. New York: IEEE Press, New York and Wiley, 2003.
- [10] 韩海年, 张炜, 王鹏, 等. 飞秒激光频率梳的精密锁定及其对碘稳 532 nm 激光的初步测量[C]//中国光学学会 2006 学术大会论文摘要集. 北京: 中国光学学会, 2006.