

DOI: 10.3901/JME.2008.12.199

大螺纹在线测试系统*

张红岩^{1,2} 张国雄¹

(1. 天津大学精密测试技术及仪器国家重点实验室 天津 300072;
2. 河南理工大学机械与动力工程学院 焦作 454000)

摘要:一种大型螺纹自动检测的方法采用了新型螺纹测头,其中包括TESA电感传感器和测针,测针按螺纹牙型选择。测量方法基于螺纹综合测量原理,采用接触式测量方式。通过试验分析完成了螺纹作用中径数值的检测。通过频谱分析,对螺纹作用中径数值测试的动态误差进行了剔除并且得到了相关信息。检测方式的测量力远小于用常规的螺纹量规检测的测量力从而解决了接触应力引起薄壁管件测量误差的问题,试验表明这种新型螺纹测头能够提高测量精度,经过数据处理测头测量精度达到 $1\mu\text{m}$ 。

关键词:大螺纹 在线测量 新型螺纹测头 螺纹作用中径

中图分类号: TG85 TH82

Online Test System of Large Screw Thread

ZHANG Hongyan^{1,2} ZHANG Guoxiong¹

(1. State Key Laboratory of Precision Measuring Technology and Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072;
2. School of Mechanical and Power Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000)

Abstract: A new method for automatically detecting the large screw thread is discussed by using the neotype gauge head of thread which includes TESA inductance type transducer and survey probe chosen according to the tooth-type of thread. The way of contact measurement is adopted on the basis of the synthetically measuring principle for thread. The functional diameter of thread is investigated and analyzed experimentally. Through spectrum analysis, the dynamic error is picked out while data of functional diameter of thread will be obtained. Because the measurement strength of the neotype gauge head is much smaller than that of the regular screw gauge so as to diminish the most measurement error resulted from the contact stress. Experimental results show that the neotype gauge head of thread can improve measuring accuracy and the measuring accuracy reaches $1\mu\text{m}$ after data processing.

Key words: Large screw thread Online test Neotype gauge head of thread Functional diameter of thread

0 前言

螺纹的检测方法众多,其发展也非常迅速^[1-3]。螺纹的综合测量通常是用螺纹极限量规检验被测螺纹是否满足旋合性和可靠性要求,这种方法由于效率高,操作简单,使用方便,因此在大批量生产中,目前许多企业仍然使用螺纹量规进行螺纹零件制造过程中的检验,但是对于大直径尺寸(大于180 mm)螺纹工件测量,由于需要全套量规,量具数量多,

体积大,重量重,存在制造成本高,有人为误差,劳动强度大等问题。本文提出一种基于螺纹综合测量原理的接触式螺纹自动检测方法,采用一种新型螺纹测头在实际螺纹工件旋转中进行在线测量。这种新型螺纹测头通过TESA电感传感器,将测量值传输到微机中进行数据处理。该检测方式的测量力由于远小于螺纹量规的测量力从而解决了接触应力引起的测量误差问题^[4],尤适用于薄壁管状螺纹工件。不仅提高测量精度,而且能够快速地把检测结果实时反馈到螺纹加工现场,这样既提高了生产效率和螺纹工件的合格率,还减轻了工人的劳动强度和人为误差的影响^[5-7]。

* 晋西机器厂国防资助项目。20080102收到初稿,20080926收到修改稿

1 测试原理

本文针对大直径螺纹管件采用了与量规综合测量方法一致的新型接触型测头,这种新型测头的工作原理就是模仿了螺纹量规进行工作^[8],即采用截面具有锯齿牙型的测针在某个截面与被测工件螺纹啮合,被测工件旋转时,已经啮合的测针只是随着螺纹升角作轴向直线运动,相对于工件螺纹,锯齿牙型测针在做旋合螺纹的运动。这个测针在空间的运动轨迹相当于一个标准的螺纹量规,测针设计在径向是可以移动的并且和测针架紧密连接的是一个精密电感位移传感器,测量时,当被测工件螺纹参数与测针在空间形成的标准量规有差别的时候就使得电感位移传感器输出这个差值。这样测针在整个螺纹或者规定圈数的螺纹上旋合完成后,就可以对该被测螺纹工件的作用中径有严格的评价。

为了验证这个测头是否真正合理有效,是否能够真正测量螺纹的作用中径需要通过试验验证,根据项目要求,本文在天津大学校内实验大楼进行了如下试验:采用研制的一台能实现联动功能的多测头坐标测量机。实际测试过程见图1所示。在测量机上对被测工件进行螺纹作用中径的检测,电感测头通过电控箱与计算机连接。使得新型螺纹测头所测定的数据能够在微机屏幕显示,并且能够存储起来以供分析。被测工件选用大直径锯齿形外螺纹,将其连同新型螺纹测头同时固定在测量机转台的相关位置。在测试过程测头同锯齿形外螺纹完全啮合,其测针在转台上的工件运动时轨迹同加工外螺纹的车刀头一样。被测外螺纹如果存在中径、螺距和牙型角等误差,则使测针引起电感测头的输出数据发生变化。通过分析这些变化数据,可以得到螺纹作用中径的误差变化。

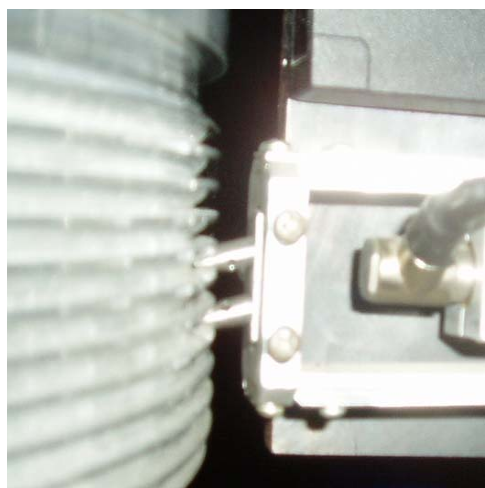


图1 实际测试过程

2 新型螺纹测头

2.1 结构简图

本文采用的螺纹测头是根据工厂实际应用课题研制的,其结构如图2所示。

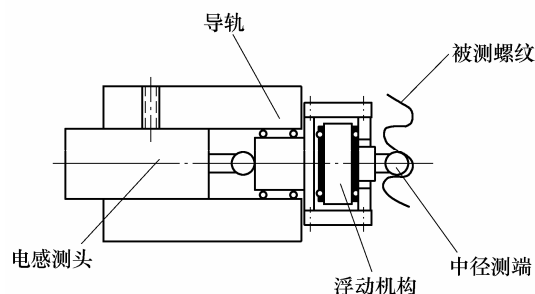


图2 螺纹测头结构简图

图2中,被测螺纹为大直径管件锯齿形螺纹;中径测端即测针可以按被测牙型选择;电感测头选用了TESA电感传感器,其重复性精度为 $0.2\ \mu\text{m}$;导轨选用精密互换性线性滑轨;浮动装置采用的柔性铰链机构。

2.2 测头设计

新型螺纹测头主要包含测针,测架,浮动机构及弹性机构等。为分析方便需要下面简单介绍如下。

(1) 测针,即测头前端触头部分。测针的形状一般为球形。本文中认为,如果测针形状能实现与被测螺纹牙型形状相啮合,经过回转相当于形成一个标准的螺纹量规进行旋合测量,这样保证了测量结果反映的是被测螺纹作用中径误差大小。如针对本文中锯齿形螺纹采用锥状测针,能够避免测针直径误差大小对工件测试结果的影响。

(2) 测架,测头的测架包括了测针座,TESA传感器安装架,浮动机构及弹性机构。其中,测针座主要用来固定测针并且能够调整测针位置和角度,测试安装前在万能工具显微镜下调整即可。

(3) 浮动机构及弹性机构,这是完成螺纹测试功能的辅助机构,浮动机构即测头内部采用了柔性铰链机构,主要实现测针能够在被测螺纹轴向方向上进行浮动调节。弹性机构由套在机架导向芯轴的弹簧与测针座联结构成,它不仅保证了螺纹测量时具有一定测量力,而且可以实现测头双向测量。

2.3 测头测量力设计

由于薄壁螺纹管件要求测量力不能够太大,但是测量时又必须保证具有一定的测量力。因此本文测试过程中的弹性机构使拉压两个方向的弹性系数均为 $1.6\ \text{N/mm}$,使用的弹簧经过检测达到设计

要求。

3 测量程序及过程框图

现将螺纹测量控制程序框图表述如图 3 所示。

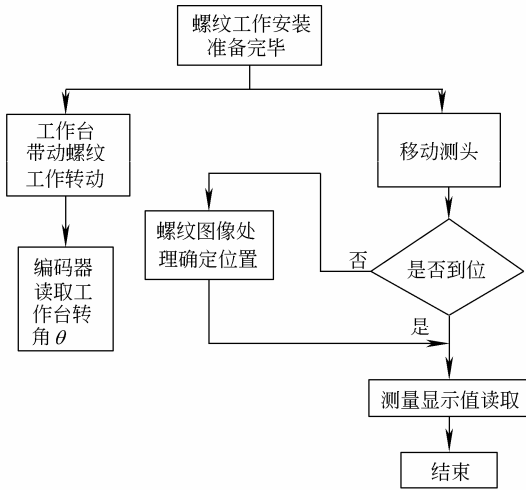


图 3 螺纹测量控制程序框图

其螺纹测头测量过程总体框图如图 4 所示。

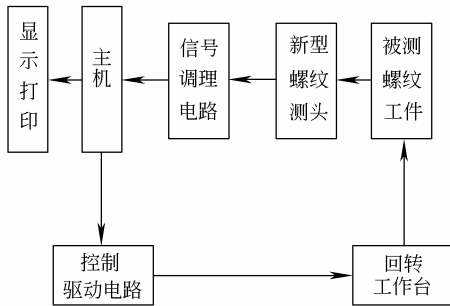


图 4 螺纹测量过程总体框图

在螺纹测量时本文针对不同的测试目的，相应采集了多组测试数据。TESA 测头分辨率为 1 μm，光栅读数的分辨刻度亦为 1 μm，即为测试的数据单位。

4 测试结果分析

考虑到这种螺纹检测方法是自动并且在线的，采集的数据有其动态方面误差，经分析我们认为对该测试数据处理的方法不仅应该基于精密测量原理，而且还要考虑到在线动态测量误差，通过频谱分析，可以得到更多的信息，使数据结果更精确，实用。另外针对接触式测头对薄壁管件测量力对测试时引起的变形及测量精度的影响，本文作者亦进行了相关的试验，试验测量数据经过分析得到了有关的信息。根据上述确定的测试试验参数开始试验

并记录数据，通过试验数据分析可以得出该测试系统的几个特征，以下分析几点。①重复性，试验数据的重复性很好，改变不同的测量力可得到一组数据如图 5 所示。从图 5 中可以看出，当测量力增加的时候，测试段的数据基本趋势是完全一致的，而且数据大小的增幅和测量力大小的增幅是成比例的。②工件偏心问题，在每次测试数据中可以看出图 5 中还可以看出数据曲线由一些有规律的大波浪组成，在大的波浪曲线上还存在很多不同的小的毛刺。这些有待数据进一步分析才能得出结论。下面采用 50 ms 采样频率得出的数据进行说明。

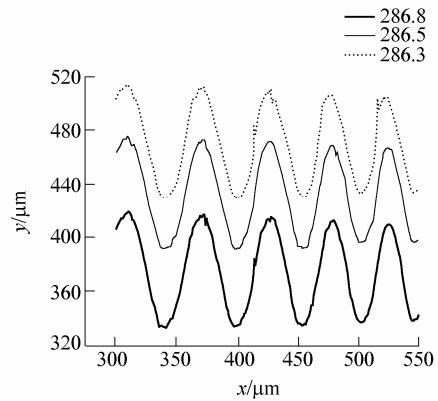


图 5 测试曲线显示重复性规律

选取测点在 350 到 550 点之间的测试数据，这正好是测头和锯齿形螺纹的啮合段。如图 6 所示。关键信息在曲线上不同的小毛刺上体现，而这些小毛刺才是剔出了测量出现的偏心问题后的螺纹真正的误差表现。通过使用 Origin7.0 软件进行数据处理，数据滤波去掉偏心数据，经过放大可以看出螺纹误差的测量数据，其被测件选用螺纹塞规，当作外螺纹工件来测试。其误差范围在 5 μm 以内，符合量规的实际设计要求。如图 7 所示。

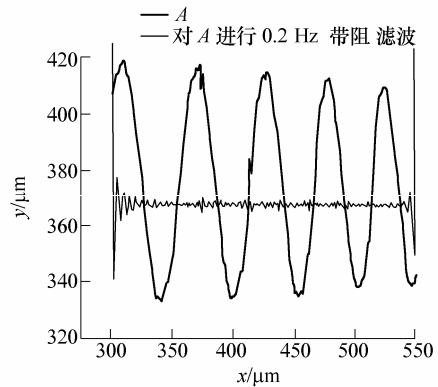


图 6 螺纹测试曲线及其数据滤波处理

由于被测工件是一个标准的塞规(外螺纹)来代替的，因而测量值是一个相对较小的变化范围，本

文检测系统采用的 TESA 测头的精度正好能够真正反映出这个被测工件的作用中径误差大小。测量机对实际工件的中径测量即 TESA 读数与光栅叠加值的平均。4 次测量分别为 100.096, 100.099, 100.096, 100.089 mm, 因此测量误差在 10 μm 以内。

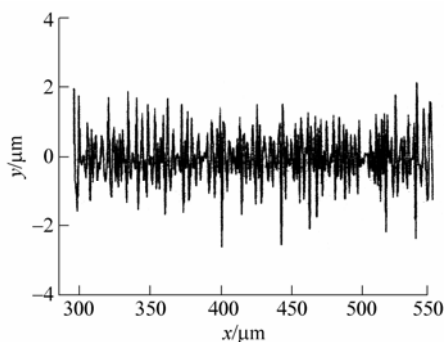


图 7 经过滤波处理的曲线

5 结论

本文描述了一种大螺纹在线检测系统, 采用新型螺纹测头进行大螺纹作用中径在线检测以及较为简约的数据处理。目前该测量系统已研制完成, 从上述原理分析和实际测量进行了验证。

(1) 经过试验研究和实际检测, 用上述系统进行大型螺纹作用中径测量的精度, 可以达到 1 μm 。

(2) 该新型螺纹测头及测量系统能够分析出工件作用中径误差的大小以及相对变化大小。由此可以判断出大型螺纹工件的可旋入性。

(3) 这一方法较好地解决了大直径螺纹作用中径的在线测量问题, 而且本文在螺纹精密测量中独特运用了动态误差理论, 处理了静态测量难以克服的在线误差。

(4) 通过测针的选择, 该测量系统不仅适用于大型锯齿形螺纹, 也适用于其他种类的大直径螺纹; 不仅能测量外螺纹, 也能测量内螺纹。

(5) 本文中测量系统由机械、光学、电子、微型计算机相结合, 操作简单, 测量速度快, 重复性好, 精度较高完全可以满足现场快速、实用的要求。

参 考 文 献

[1] 刘荣元. 螺纹检测技术的现状及其发展方向[J]. 紧固件技术, 2004(1): 33-35.
LIU Rongyuan. Thread detection technology and its

development[J]. Fastener Technology, 2004(1): 33-35.

[2] LIU Chenchung, CHEN Wenyuan. Screw pitch precision measurement using simple linear regression and image analysis[J]. Applied Mathematics and Computation, 2006, 178(2): 390-404.

[3] 张涛, 于飞, 杨树勋. “模糊成像法”在螺纹图像测量系统中的应用[J]. 国外电子测量技术, 2006, 25(3): 34-36.

ZHANG Tao, YU Fei, YANG Shuxun. Application of fuzzy image method to improve the accuracy of screw thread metrology system[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2006, 25(3): 34-36.

[4] 方南家, 伍沛刚. 测量力对螺纹量规测量结果的影响[J]. 计量与测试技术, 2003(6): 5-6.

FANG Nanjia, WU Peigang. The impact of measuring force to the thread gauge measuring[J]. Metrology & Measurement Technique, 2003(6): 5-6.

[5] 左建中, 刘锋, 张定昭. 机器视觉技术在螺纹检测中的应用[J]. 机械设计与制造, 2006(4): 113-114.

ZUO Jianzhong, LIU Feng, ZHANG Dingzhao. The application of machine vision technology in measuring screw thread[J]. Machinery Design & Manufacture, 2006(4): 113-114.

[6] 徐爱群, 项占琴, 陈子辰. 非接触式自动螺纹检测仪的研制[J]. 浙江大学学报, 2005, 39(8): 1 179-1 183.

XU Aiqun, XIANG Zhanqin, CHEN Zichen. Development of non-contact automatic thread measuring instrument[J]. Journal of Zhejiang University, 2005, 39(8): 1 179-1 183.

[7] 王庆广, 马树元, 吴平东, 等. 三坐标测量机测量外螺纹螺距和中径的方法[J]. 计量技术, 2002(4): 11-13.

WANG Qingguang, MA Shuyuan, WU Pingdong, et al. CMM measurements approach for diameter and pitch of outside thread [J]. Measurement Technique, 2002(4): 11-13.

[8] 张国雄. 三坐标测量机[M]. 天津: 天津大学出版社, 2000.

ZHANG Guoxiong. Coordinate measuring machines[M]. Tianjin: The Tianjin University Press, 2000.

作者简介: 张红岩, 男, 1963年出生, 博士研究生。主要研究方向为机械检测技术及仪器。

E-mail: zhanghy@hpu.edu.cn