

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2019.03.09

大型结构件数控加工在位计量检测技术研究

何学军

(航空工业北京长城计量测试技术研究所, 北京 100095)

摘要: 在位计量检测以加工机床为硬件载体, 实现加工、测量一体化, 对提高产品质量和生产效率有重要意义。介绍了数控加工在位计量检测系统的组成与方案的实现过程, 对系统的性能进行了现场试验, 结果表明大型结构件数控加工在位计量检测系统可对大型数控加工零件工艺过程中的尺寸和形位误差进行准确在位测量, 大大缩短了大型数控加工件的定位时间, 有效提高了一次装夹加工的效率 and 合格率, 避免了工件的二次装夹, 降低了生产成本, 为数字化装配提供有力保证。

关键词: 在位计量; 检测; 机床

中图分类号: TB92

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2019)03-0051-04

Research on On-machine Measurement and Detection Technology of Large-scale Structural Parts in NC Machining

HE Xuejun

(Changcheng Institute of Metrology & Measurement, Beijing 100095, China)

Abstract: On-machine measurement and testing takes machine tool as hardware carrier to realize the integration of processing and measurement, which is of great significance to improve product quality and production efficiency. This paper introduces the composition and implementation process of the in-situ measurement and testing system for NC machining, and tests the performance of the system. The results show that the in-situ measurement and testing system can realize the size and position error measurements in the process of large NC machining parts. Position measurement ability greatly shortens the positioning time of large NC parts, effectively improves the efficiency and qualified rate of one-time clamping, avoids the second clamping of workpieces, reduces the production cost and provides a strong guarantee for digital assembly.

Key words: on-machine measurement; testing; machine tool

0 引言

数字化设计与制造技术的发展使得现代飞机的生产制造过程不断地朝着高准确度、柔性化、实时响应直至高效率定制的方向发展。在某型飞机的研制工程中, 以三维的计算机辅助设计(CAD)为核心, CAE/CAT/CAPP/CAM/PDM等计算机技术已全面融入工程的各个环节。以往对加工对象实施离线测量的工作模式因受到重复装夹等因素的局限而难以实现高效率、高准确度的生产, 更易因人工操作、环境条件变化等干扰而出现变形、超差等问题造成巨大的成本损失。

以数控机床为支撑的数控加工技术在保证产品质量和提高生产效率方面起着决定性的作用, 大型结构件的数控加工生产过程中, 在位检测技术能力是保证

产品加工一次合格率的关键。因此以加工机床为硬件载体, 发展在位计量检测, 实现加工、测量一体化, 对提升产品质量和提高生产效率有着重要意义, 对从根本上保证飞机型号研制工程顺利实施、保障产品全寿命期质量可靠与经济高效起积极的支撑作用。本研究通过基于五轴数控加工中心配备无线电传输的触发式测头系统和相应的测量软件, 组成了机床在位计量检测系统。这种组合方式在当前绝大多数数控加工中心均可以实现, 只需将测头放置在刀库中, 电器部分稍加设置, 安装相应的软件即可使用, 操作相当方便。机床在位计量检测系统能够实时掌握加工状态, 避免了重复装夹、人工操作干扰等问题, 提升了测量准确度和工作效率。

1 在位计量检测系统组成

数控加工在位计量检测系统主要由数控机床、测头系统、上位机及测量软件组成，具体组成如图 1 所示。

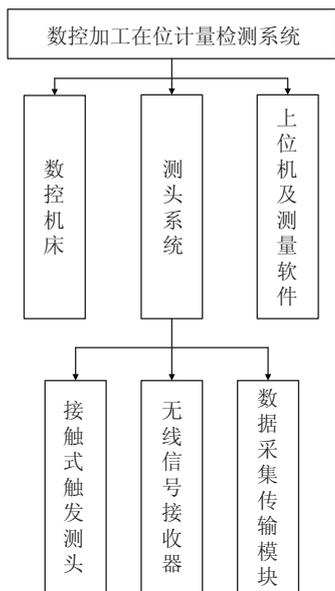


图 1 数控加工在位计量检测系统组成框图

测头系统包括接触式触发测头、无线信号接收器、数据采集传输模块等，测头系统与数控机床数控系统配和使用，实现触发式测量。测头系统是在位计量检测系统最重要的组成部分，直接影响到系统的检测准确度。其中触发测头为关键部件，在加工过程中触发测头能够对加工件的尺寸进行实时测量，并根据测量结果对加工程序进行自动修正，从而提高机床加工准确度，使得数控机床在实现加工工件的过程中，能够对工件进行实时在位检测，兼具测量机的功能。

基于在位计量检测系统的组成及实现过程，采用模块化的设计思路，可得在位计量检测软件各个功能模块组成如图 2 所示。测量系统软件包括基本宏程序库和上位机测量软件两部分。基本宏程序库为机床专用控制语言，实现在位检测基本程序库。宏程序嵌入数控系统中，并与测头系统、机床控制系统组成一个闭环反馈控制系统，能够实现便携式采点、直径测量、距离测量等基本参数的测量。上位机测量软件根据被测特征及测量要求，自动进行测量路径的规划与仿真，并针对不同型号的数控系统，自动生成测量后处理程序，测量程序通过上位机与数控系统之间的通讯接口

传输到数控系统中，实现数控加工过程的在位计量检测。

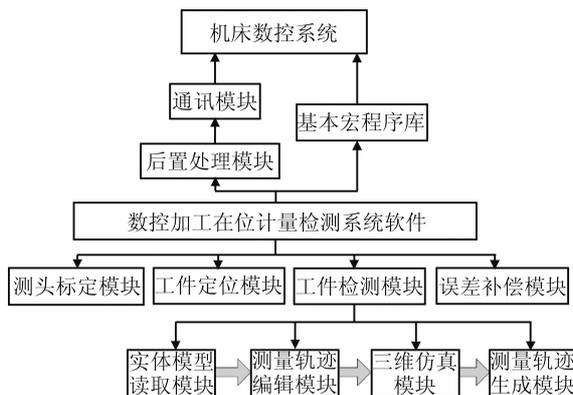


图 2 在位计量检测系统软件功能模块框图

2 在位计量检测的实现过程

数控机床在位计量检测时，首先在上位机测量软件上生成检测主程序，并将检测主程序通过通信接口传输给机床 CNC 数控系统，数控系统通过 G 代码中 G31 跳步指令，使机床调用宏程序库执行测量程序，测头按程序规定路径运动，当测头与工件接触时产生触发信号，并由无线接收器同时接收。无线接收器通过控制系统专用接口将触发信号传给机床的控制系统，信号被接收后，机床停止运动，机床 CNC 数控系统记录当前测量点的坐标值，并将该点的坐标通过通讯接口传回计算机，然后机床继续执行下一个测量动作。上位机软件根据 CNC 数控系统返回的测量值，对工件测量结果进行计算处理及判断、显示等。数控加工在位计量检测系统实现过程如图 3 所示。

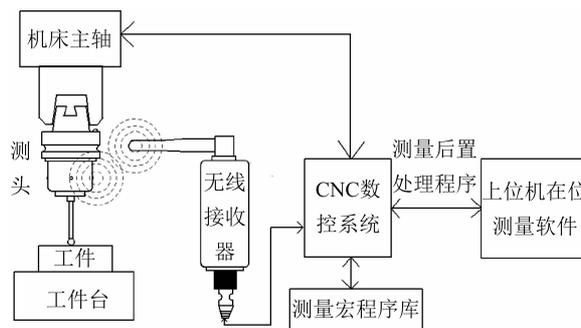


图 3 数控加工在位计量检测系统实现示意图

零件检测时检测路径与步骤：首先确定被检零件待测形状特征与准确度特征，之后根据测量形状特征

几何要素和准确度特征, 确定检测点数量及分布; 然后根据测点数量及分布形式建立测量模型, 确定工件坐标系, 再根据检测条件确定检测路径、测头运动轨迹, 之后进行数据的采集、传输和处理, 得出检测结果。最终根据零件技术指标要求, 判定其是否合格。如图 4 所示。

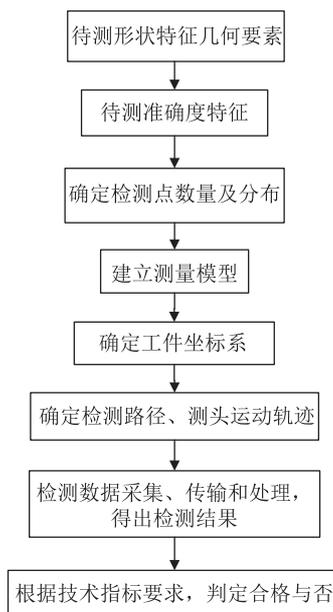


图 4 零件检测时路径与步骤

3 在位计量检测系统的试验验证

在航空某主机厂, 针对其机加车间的一台 5 轴机床, 加装在位检测用测头以及接收器, 在用户终端上安装应用检测系统软件。针对一件典型工件, 测试标准件如图 5 所示, 首先用在位计量检测系统实施在位检测, 之后在坐标测量机上开展了针对同一工件的检测, 并对两组数据进行比对分析。在位检测系统和坐标测量机的测试结果分别如表 1 与表 2 所示。

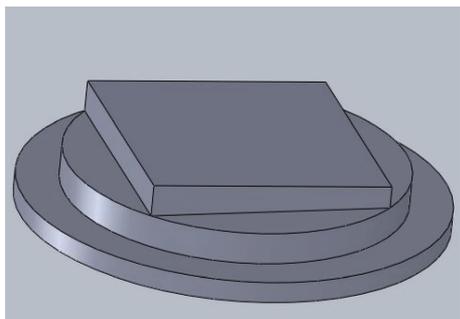


图 5 测试标准件示意图

表 1 在位检测系统测试结果

mm

测量次数	圆盘直径	正方形边长 1	正方形边长 2
第 1 次	319.145	224.842	224.681
第 2 次	319.140	224.849	224.687
第 3 次	319.141	224.841	224.689
平均值	319.142	224.844	224.686

表 2 坐标测量机测试结果

mm

测量次数	圆盘直径	正方形边长 1	正方形边长 2
第 1 次	319.123	224.837	224.668
第 2 次	319.125	224.837	224.669
第 3 次	319.125	224.835	224.665
平均值	319.124	224.836	224.667

测试中采用坐标测量机的最大允许示值误差为: $\pm(2.5 + 0.003 L) \mu\text{m}$, L 单位为 mm。测试结果对比情况如表 3 所示。

表 3 测试结果对比表

mm

测量位置	在位测量数据	坐标测量机数据	差值	允许差值
圆盘直径	319.142	319.124	+0.018	± 0.036
正方形边长 1	224.844	224.836	+0.008	± 0.034
正方形边长 2	224.686	224.667	+0.019	± 0.034

由表 3 可知, 在位检测系统对圆盘直径、正方形边长 1 和边长 2 的测量示值误差分别为 +18, +8 μm 和 +19 μm , 均在允许误差范围之内。

因此, 数控机床加装在位计量检测系统, 不仅解决了利用该机床加工大型结构件的过程中原有的效率低、准确度不高的问题, 更是摆脱了以往依靠工人目测、手工加塞尺对工件进行找正的落后工作模式。依靠在位计量检测系统的测量循环, 大幅提升了工作效率和测量准确度, 减少了废品率。

4 结论

数控机床作为高效、高准确度的制造装备广泛应用于航空制造企业, 并越来越智能化、复合化。一台机床上通过一次装卡定位尽可能的完成大部分的加工任务, 从而保证工件加工准确度, 提高生产效率。大型结构件数控加工在位计量检测系统运用三维造型、

数字控制、自动坐标测量、激光干涉测量、误差补偿控制等技术，能够高效实现大型数控加工零件工艺过程中尺寸和形位误差的准确在位测量，极大地缩短了大型数控加工件的定位时间，提高了一次装夹加工的效率 and 合格率，避免了工件的二次装夹，降低了生产成本，可靠性、稳定性好，且易操作，为数字化装配提供有力保证。

参 考 文 献

[1] 王正明, 何雪明, 刘伟, 等. 三坐标测量机自动测量技术的研究[J]. 机床与液压, 2009, 37(12): 127-129.

[2] 白月飞, 高青松, 金伟, 等. 浅谈三坐标测量机及其应用[J]. 现代制造技术与装备, 2009, 25(6): 29-31.

[3] 李昆, 王瑞涛, 何学军. 光栅数显装置的优化设计与实现[J]. 电子设计工程, 2015, 23(11): 90-93.

[4] 赵英剑, 王建利, 马新辉, 等. 三坐标测量机智能技术[J]. 计量学报, 2001, 22(3): 164-167.

[5] 张秀珍, 晋其纯. 机械加工质量控制与检测[M]. 北京: 北京大学出版社, 2008.

[6] 夏为. 三坐标测量机与 CAD 系统间数据接口的方法研究[J]. 上海汽车, 2002(10): 19-21.

[7] 李昆, 何小妹, 唐志锋, 等. 基于 PXIe 总线的位移控制系统现场校准系统研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(11): 135-137.

[8] 马其华, 张春燕, 任洪娟. 三坐标测量系统在某白车身测量中的应用研究[J]. 机械设计与制造, 2010(6): 79-80.

[9] 西安爱德华测量设备有限公司. 三坐标测量仪使用说明书[Z].

[10] 龚玉玲. 基于准 CAD 模型的 CMM 自动测量技术研究[D]. 江苏: 江南大学, 2008.

[11] 何章毅. 智能化三坐标测量机软件关键技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2006.

[12] 解林中. 三坐标测量机 CMM 通用子程序的编辑及其应用[J]. 计量技术, 2003(3): 26-28.

[13] ISO 15530-2011 产品几何量技术规范(GPS)坐标测量机(CMM): 确定测量不确定度技术第 3 部分: 检定工件或标准的使用[S]. 2011.

收稿日期: 2018-12-16

作者简介



何学军(1977-), 男, 高级工程师, 研究领域包括几何量计量测试技术及仪器。

中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所长度研究室主任。国家计量标准一级考评员, 全国光伏专用计量器具计量技术委员会委员。

2000年毕业于中国计量学院测控技术及仪器专业, 同年到中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所工作至今, 期间在北京航空航天大学完成了控制工程领域工程硕士专业学位培养计划, 授予工程硕士学位。主持完成了大型结构件数控加工在位计量检测技术研究、锥度校准技术研究, 参加过十余项科研项目, 获国防科学技术进步一等奖两次, 主持起草行业规范 2 篇, 参与编写教材 1 部。