空间自由曲面测量技术的动态与发展(二)

张凤林 虞和济 虞 钢

(东北大学, 沈阳 110006) (中科院力学所, 北京 100080)

摘要: 本文的第二部分论述了空间自由曲面测量系统及测量数据处理技术。

关键词: 空间自由曲面 扫描测量 系统 数据处理

四、扫描测量系统

实现对空间自由曲面进行扫描测量的测量系统应满足如下的条件:

①能实现三维运动, 可控制测头对空间自由曲面进行扫描测量, 但实现三维运动的方法不限, 如采用直角坐标系、圆柱坐标系、球坐标系或采用机器人的多关节坐标结构等;

②测量范围、精度满足要求;

③控制功能满足测量要求。

目前, 对空间自由曲面进行扫描测量的系统比较多, 如三坐标测量机、工业CT 等。以下就典型的测量系统作一介绍。

1. 三坐标测量机

三坐标测量机是一类精密测量仪器。它大多采用直角坐标系结构, 具有空间三个相互垂直的X、Y、Z 运动导轨和相应的三个坐标测量装置, 可配有各种性能的测头, 从而可测出其空间范围内各测量点的坐标位置。其测量的基本原理是: 将被测物体放入三坐标测量机的测量空间, 测得被测几何型面上各点的几何坐标尺寸, 再根据这些点的空间坐标值, 经过数学运算求出待测的几何尺寸、形状和相互位置。为了扩大测量范围, 有些三坐标测量机还配有分度头、回转台等, 构成四坐标、五坐标测量机。

三坐标测量机属于离线测量, 测量精度高, 速度快, 测量功能完善, 测量范围宽, 但成本高。如果测量工作量大, 工件变化频繁, 测量精度要求又高, 选择三坐标测量机是合理的。

2. 测头+ 软件——借机测量系统

所谓借机测量, 就是借助于其他设备或装置的坐标测量功能来完成空间点坐标测量。这里的"机"是指CNC 机床和加工中心。利用这些设备上的坐标轴测量装置, 配置上测头和计算机软件, 构成简易的三坐标测量仪, 以达到投资少、见效快、事半功倍的效果。该测量系统属于准在线测量系统。目前国内外已研制出类似的测量系统, 如Siements 840D/FM-NC 数字化功能, 雷尼绍(Renishaw)的Retroscan、Renscan200系统等。

这种测量系统的突出特点是经济, 硬件成本很低, 一般只有一个标准的测头和几根电缆及必要的接口, 见图5。其中电缆和接口用于与数控伺服系统的位置检测单元相连接以进行坐标数据的传输, 有时甚至通过标准接口, 如RS232等, 来完成数据的传输。该系统的功能主要体现在软件上。利用软件技术完成CNC 系统伺服控制、位置测量控制、数据传输、数据处理、后置加工程序生成等。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

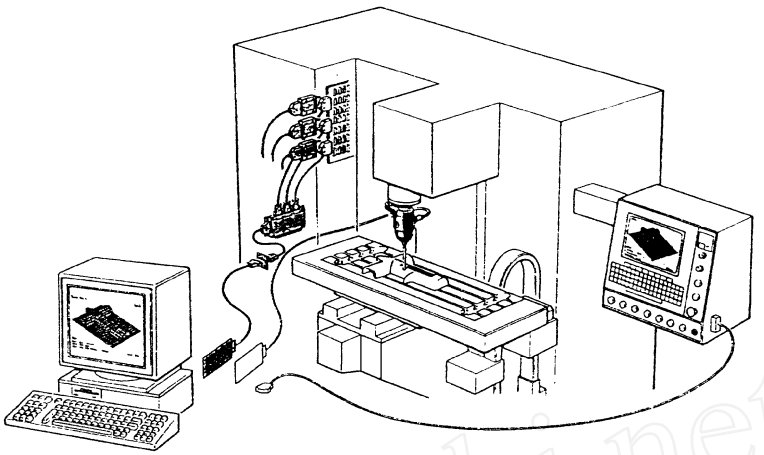

图5　借机测量系统组成图

由于采用的是现有CNC 机床做为其测量系统主体结构, 因此它还具有如下特点:

(1) 测量精度适中。主体结构设计时是以满足加工需要而不是测量要求为目标的, 相应的测量误差补偿方法也不完善, 一般重复定位精度在±1—5μm 左右。

(2) 测量速度受CNC 机床及其传输接口限制。采用串行口RS232时, 测量速度范围为0—300mm/min, 而直接从CNC 机床位置反馈环节读取坐标信息时, 测量速度可达800—1500mm/min。

(3) 在同一台设备上完成测量加工, 无工件二次装夹误差, 但测量与加工不同步。

(4) 测量功能丰富, 几乎等同于三坐标测量机。

由此可以看出, 这是一个方向。如测量精度要求不高, 工作量不很大, 又无现成的三坐标测量机, 研制或选用"测头+ 软件"这种借机测量系统不失为一种明智之举。

3. 计算机断层扫描——工业CT

计算机断层扫描技术是目前测量三维内轮廓曲面最先进的方法之一, 特别是当内轮廓曲面内有肋板、凸块、凹块时更是如此。

计算机断层扫描或工业CT 进行三维曲面测量的工作原理是: 利用一定波长、强度的射线从不同方向照射被测物体, 由光电转换器件采集透射或反射的射线, 根据所采集射线的强弱, 通过图象处理技术, 最后形成被测工件表面形状。

计算机断层扫描属于离线非接触式测量, 空间分辨率较低, 外缘有时模糊不清, 同时, 获得数据需要较长的积分时间, 重建图象工作量大, 设备成本高, 因此现场应用很少。

五、数据处理技术

1. 坐标数据采集存贮代码与格式

对坐标点数据传输存贮有二种代码: ASCII 码和二进制数。ASCII 码比较直观, 但传输、存贮数据位数较多, 二进制数则与之相反。目前由于传输、存贮技术的发展, 常利用ASCII 码来传输存储数据。

存贮格式因机而宜。当采用ASCII 码记录数据时, 其格式为

N5　X±5.3　　Y±5.3　　Z±5.3

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

其中N 为顺序号, 后跟五位十进制数, X ±5. 3表示X 轴坐标尺寸, 可正可负, 最多由8位十进制数字组成, 小数点前五位, 单位为mm (有的规定为5位十进制数, 小数点前3位, 具体见使用说明)。

当偏移量需指定时, 可采用下列格式:

N5　X±5. 3　　Y±5. 3　　Z±5. 3　　DX±1. 3　　DY±1. 3　　DZ±1. 3

2. 数据处理

主要包括以下内容:

(1) 将采集到的数据转换成软件处理系统所要求的格式;

(2) 测头半径补偿, 测量系统误差补偿等;

(3) 异点剔除, 去除明显有错误或偏差过大的点。

3. 光顺与拟合

目的是建立一个具有良好曲面特性的数学模型。这一部分工作主要是根据预处理后的坐标数据进行数学运算, 以求出能代表测量数据的数学关系式。所采用的数学处理方法较多, 如最小二乘法、三次样条法等, 其目的是尽量减小拟合误差, 满足测量要求(如平滑性等)。

4. 数据处理

这是测量后数据处理的主要内容, 也是反映测量系统性能好坏的主要所在之一。目前测量系统这方面功能差别较大, 共性功能(针对模具测量 —— 即三维立体曲面) 如下, 见图6。

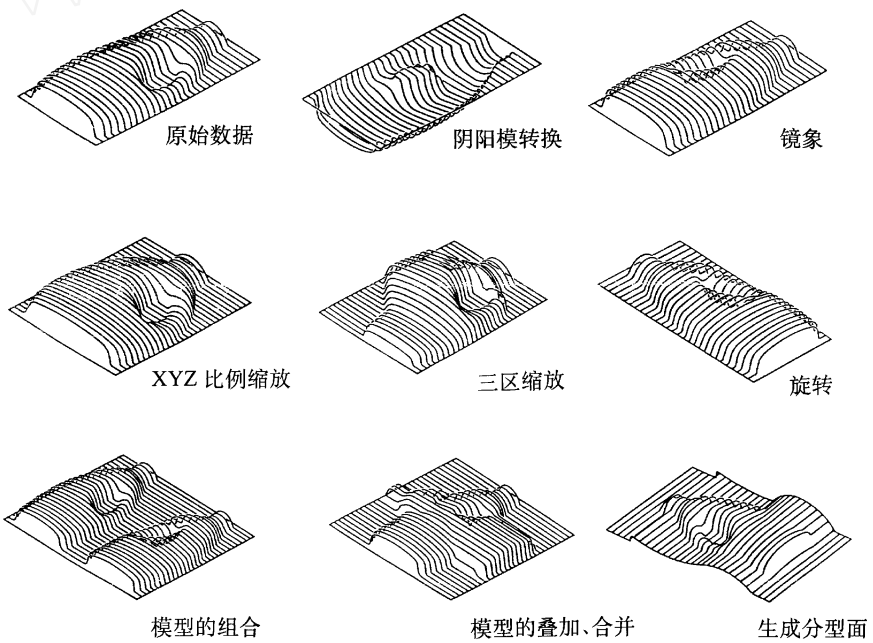

图6　测量数据处理示意图

(1) 凸凹模转换功能　即根据对凸模或凹模的测量数据分析, 参考其他技术参数(如成品厚度, 弯角等), 自动生成其对应模的数据。

(2) 镜像加工功能　即以某一坐标轴或直线为轴, 对测量数据进行反对称处理。

(3) 比例缩放功能　根据测量数据和放大比例, 放大或缩小模具数据。X、Y、Z 可同比例缩放, 也可不同比例缩放。

(4) 旋转功能　绕某个坐标轴或某一直线将实物转动某个角度, 这种功能在设计模具型腔位置、模具加工和使用时很有用。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(5) 图形显示功能　以平面或三维立体图显示实测数据或模型。

5. 数据后置处理和加工仿真

根据加工被测工件的CNC 机床或加工中心编程指令要求, 生成刀具的运动轨迹, 有的可直接生成加工程序, 供CNC 机床或加工中心使用, 实现CAM 的功能。这部分的实现方法很多, 功能各异, 主要是针对切削类刀具的运动轨迹生成的。

同时, 对所生成的刀具运动轨迹在计算机上进行三维实体加工仿真, 以检查生成的刀具轨迹正确与否。有的加工仿真软件能表示任意复杂的实体和连续的加工过程, 并有剖面显示与翻转工件的功能等。

六、结论

目前针对空间自由曲面, 特别是内轮廓曲面的测量研究开展得比较多, 方法各种各样, 技术也各有所长。总结起来, 有如下特点:

①利用计算机的数据处理能力来记录、处理测量数据, 完善、丰富测量系统的功能;

②有利用现有设备技术进行测量的趋势。通过现有设备进行坐标测量, 通过软件程序实现特定的工作要求;

③测量原理尽量简单, 传感器工作可靠。

参 考 文 献

[1] 李礼夫等, 三维内曲面轮廓非接触式激光扫描图象测量, 现代计量测试, 96年第3期, P17～21.

[2] 刘晓军等, 曲面形貌轮廓仪传感器的机构设计, 现代计量测试, 97年第3期, P19～23.

[3] 机电一体化技术手册编委会编, 机电一体化技术手册(上), 北京: 机械工业出版社, 1994年2月.

Review of the Development of Measuring Techniques for 3-D Compound Free Surface (Ⅱ)

ZHANG Fenglin, YU Heji

(Northeastern University, Shengyang　110066)

YU Gang

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Science, Beijing　100080)

Abstract: In the secend part of the paper, the features of the scanning measurement systems and the data processing techniques are analysed.

Key Words: Scanning Measurement System, Data Processing, Analysis

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net