

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.05.008

基于 CMM 的曲面反求夹具设计

周 杨, 胡义刚, 李 琦

(上海工程技术大学 工程实训中心, 上海 201620)

摘 要:用三坐标测量机反求曲面,读取曲线上的点在空间位置坐标时,如果不按曲面矢量方向接触曲面会出现测量误差。针对这一问题,提出测量曲面的关键是按矢量方向接触曲面,减小测量余弦误差,基于此设计一个测量曲面的夹具,通过改变测量夹具三坐标板角度使测量方向和曲面法向重合,达到减少测量误差的目的。以鼠标曲面轮廓为例,用设计的夹具反求曲面,实验的结果表明,夹具起到了方便取曲线上的点,且不用改变侧头角度的效果,减少了测量误差。

关 键 词:三坐标测量机;测量;曲面;反求

中图分类号:TG751

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)05-0031-04

Design of Surface Reverse Clamp Based on CMM

ZHOU Yang, HU Yigang, LI Qi

(Department of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Reverse surfaces with three coordinate measuring machine, readed the points on the surface coordinates in space, if not follow the direction of surface vector contact surfaces, measuring errors appeared. To solve this problem, proposed the key technique for the measurement of surface of three coordinate measuring machine according to vector direction of the contact surface, reducing the measuring error. Based on this, designed a fixture for measuring surfaces, made measurements directions and normal coincide by changing angle of measuring clamp plate to reduce errors. Took the mouse surface profiles for example, designed the fixture for reverse surface. Experimental results show that the fixtures play the effects of pick up point easily on the surface and without changing lateral head angle, and reduce measurement error.

Key words: three coordinate measuring machine; measuring; surface; reverse

随着航空、汽车等现代工业的飞速发展,对复杂曲面尺寸的测量变得越来越重要^[1]。三坐标测量机(CMM)精度较高、稳定性也较好,被广泛应用于制造业的检测、逆向工程的反求、产品的质量控制在方面。三坐标测量机的原理是将被测物体置于三坐标测量空间中,通过测头接触物体从而获取点的空间坐标,再根据所得的空间坐标值经过运算,获得零件的形状尺寸和位置公差^[2-6]。逆向工程技术对一般形状的零件通过测量都能较好反求出零件的结构,而对于曲面测量反求,不正确的矢量测量会产生余弦误差,且测量过程中误差也不稳定。针对这一问题,本文设计出一套测量曲面的夹具来减小测量反求过程中的余弦误差。

1 余弦误差介绍

在反求实验中要实现曲面轮廓的精密测量,除了曲面定位、测量路径和测量点分布及测头选择、测针半径补偿等方法外,最关键的是必须以矢量化测量方法进行测量,即按照矢量方向接触、按矢量方向补偿,否则,会产生很大的误差^{[7]20}。

以图1所示,图示的测杆方向为A0B0方向,即为垂直方向。测头实际要测的目标点为M点,但是测头与曲面实际触碰的测点为N,而不是目标点M。此时三坐标测量机将会误把M'点的坐标误认为M点的坐标,从而会产生误差,大小为|MM'|。而如果以矢量方向接触曲面测量,如图2所示,当测头上的M点和曲面上的M'点重合的时候,则可避免这种误差的产生,

收稿日期:2014-03-14;修回日期:2014-04-14

作者简介:周杨(1987),男,河南信阳人,硕士研究生,主要研究方向为计算机辅助工艺设计。E-mail:yang_zhou8@163.com

从而获得相对准确的坐标值。

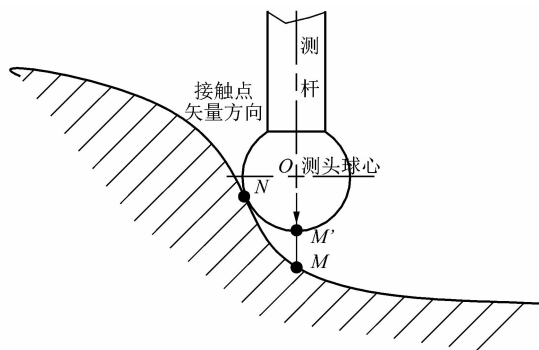


图1 不按矢量方向接触曲面

Figure 1 Contact surfaces without follow surface vector

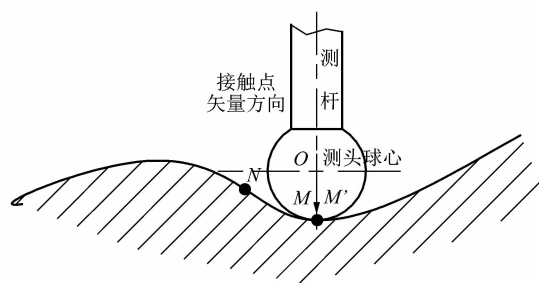


图2 按矢量方向接触曲面

Figure 2 Contact surfaces by surface vector

由于测头球心坐标精度由三坐标测量机本身的精度决定,而在测量曲面的时候很难保证所测的点就是按照接触点矢量方向测量。如果通过编程去补偿误差,也是很难做到,因为误差时多时少,很难控制。因此,在三坐标测量机上使用矢量化测量的方法测量曲面轮廓可以获得较高的测量精度,测量的误差只与三坐标测量机本身的精度有关。

2 求解方法

实现三坐标矢量化测量的关键是找到准确计算法向矢量及坐标参数的方法和途径^{[7]21}。求解方法和途径有很多,例如解析法。

对于有些已知解析式的曲面,设曲面 S 的方程为 $F(x, y, z) = 0$, 曲面中的任意一点 $M_0(x_0, y_0, z_0) = 0$, 满足如下条件: $F(x, y, z) = 0$ 在 M 点有连续偏导数且 $F_x^2(x_0, y_0, z_0) + F_y^2(x_0, y_0, z_0) + F_z^2(x_0, y_0, z_0) \neq 0$, 则曲面 S 在 $M_0(x_0, y_0, z_0)$ 点的法向矢量为

$$[F_x(x_0, y_0, z_0), F_y(x_0, y_0, z_0), F_z(x_0, y_0, z_0)]。$$

在实际测量的过程中经常会遇到无法求解的复杂曲面或者没有解析式的曲面,所以解析法在实际工程测量的过程中很少使用。

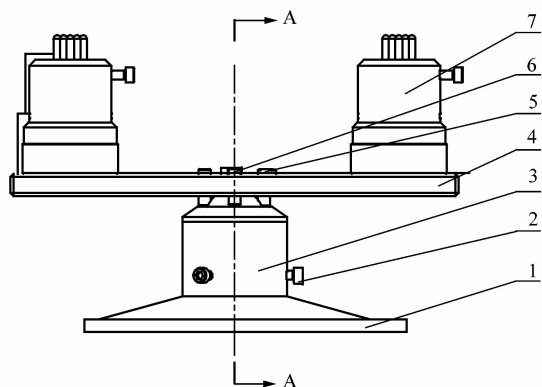
基于这样一个情况,提出了在工程实际测量过程

中,按曲面上测量点矢量方向测量获得测量点坐标的设想,因此设计了一套适用于三坐标测量机的测量曲面的测量夹具。

2.1 测量夹具

设计要求是能够对不规则的零件以及曲面零件定位夹紧,而且在同一个测量基准面下可以摆动,保证数据点相对位置不变。在摆动工作台上设计基准面,结合测量软件建立坐标系功能,无论测量零件的空间位置如何变化,在同一坐标系下的测量,数据点相对位置不变。

测量夹具的主要结构(图3)由夹具底座、下支撑柱、三坐标板、紧定螺钉、异形夹具组成。



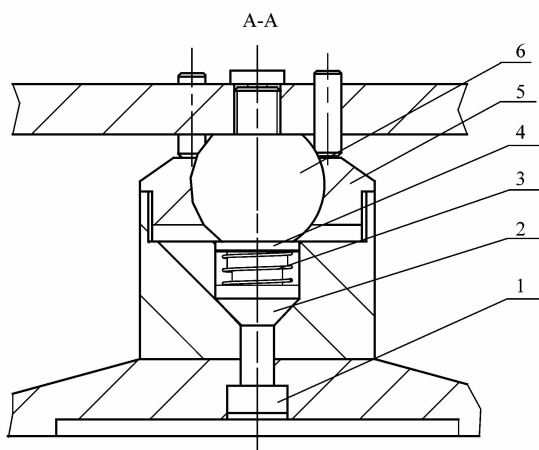
1—底座;2—螺钉;3—下支撑柱;4—三坐标板;5—紧定螺钉;
6—螺钉;7—异形夹具

图3 夹具的主要结构

Figure 3 Clamp main structure

根据确定的设计方案,三坐标板是要摆动的,所以下支撑柱配合三坐标板任意摆动,并且在测量的时候可以锁住三坐标板的摆动。下支撑柱的内部结构如图4所示。

工作原理:该夹具通过调整图3中螺钉2来放松三坐标板,从而达到三坐标板平面旋转目的;通过调整图3中3个紧定螺钉5,让三坐标板以图4转动球6的球心为摆动轴心在空间中摆动,并且调整3个紧定螺钉5(图3)与转动球6的配合,可控制三坐标板的摆动角度。拧紧图3中螺钉2可以使三坐标板在平面旋转方向上固定。这样就可以让所测曲面轮廓在三坐标板上按照测量意图任意的摆动,从而达到侧头的下极点与所测曲面轮廓目标点重合,减小误差。在每一次摆动三坐标板后,都要先以图5基准柱为标准建立坐标系,并且每次建立坐标系都必须一致,因为曲面相对基准柱的位置没有改变,所以测得的每片点云拼接以后就是曲面的整个轮廓。



1—螺钉;2—顶锥;3—弹簧;4—定位环;5—锁紧盖;6—转动球

图4 下支撑柱内部结构

Figure 4 Internal structure of the lower support columns

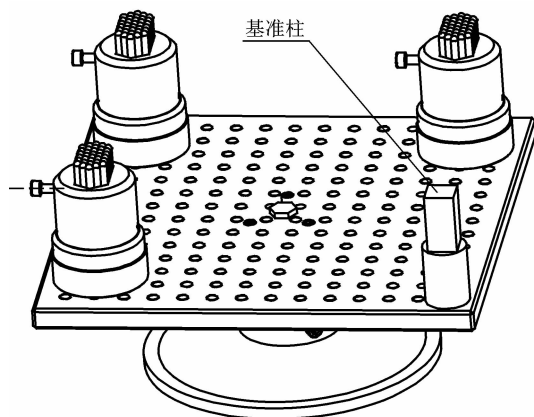


图5 夹具的总体结构

Figure 5 General structure of the clamp

2.2 测量

反求测量实验是以鼠标的曲面轮廓为例,实验所用的三坐标测量机是德国托米精密技术公司的 Rapid-Plus 系列的三坐标测量机,所用软件为美国 AAT 公司 (Applied Automation Technologies, Inc.) 研发的 CAPPS DMIS 软件。

操作步骤:①用铅笔在鼠标曲面轮廓上画方格线,再把鼠标装夹在三坐标板上,固定好。②打开 CAPPS DMIS 软件,选择快速测量,根据标准柱建立坐标系。建立坐标系的原则是若测量 3 个面,先选择第 1 个面,系统自动规定第 1 个面的法向为 Z 轴;再选择一个面,系统自动规定第 1 个面和第 2 个面的交线为 Y 轴;选择第 3 个面,系统默认 3 个面的交点为原点(每次摆动后所选择的 3 个面要一致并且 3 个面的先后顺序也不允许打乱)。③用测头在曲面上取点,获得点的空

间坐标,测完一个区域的所有点后导出,导出的格式为 IGES。结束自学习过程。

测完一个区域以后,为了减少不按矢量方向接触曲面所产生的误差,调整三坐标板,在一个合适的位置上固定三坐标板,重新建立坐标系,测曲面轮廓上点的空间坐标,测完该区域所有点以后导出。在测鼠标的曲面轮廓一共摆动 4 次,每次三坐标板摆动以后重新建立坐标系,取点、导出。所以一共得到 4 片点云。测量过程如图 6 所示。



图6 测量

Figure 6 Measurement

3 反求曲面

将所得 4 片点云导入 Imageware 软件,每片点云如图 7 所示,从视图区看到 4 片点云拼接以后有鼠标曲面轮廓样子如图 8 所示。选择软件中 Construct→Surface from Cloud,弹出点云构造曲面菜单,然后 Uniform Surface,输入曲面的阶次 (Order) 和跨度 (Span) 的数量^[8-9]。此命令把点云直接拟合成曲面。拟合后的曲面见图 9。

从图 9 反求的曲面结果看,误差还是有的,图中 1 部位误差较大是因为鼠标滚轮所产生较大误差;中间 2 部位误差也是比较大,分析可能是因为中间是几片点云在拼接拟合过程中造成的误差;在 4 个角的位置上也有误差,在测量的过程中分的区域只有 4 块,所以在测量的过程中会有不按矢量方向接触曲面造成的误差。

4 结语

曲面反求技术的基本要求是准确易行,准确是指反求出的曲面和实际曲面误差尽量小,易行是指反求过程中所用的方法易于实施^[10]。通过设计一个反求实验的测量夹具,解决不用改变三坐标测量机侧头角

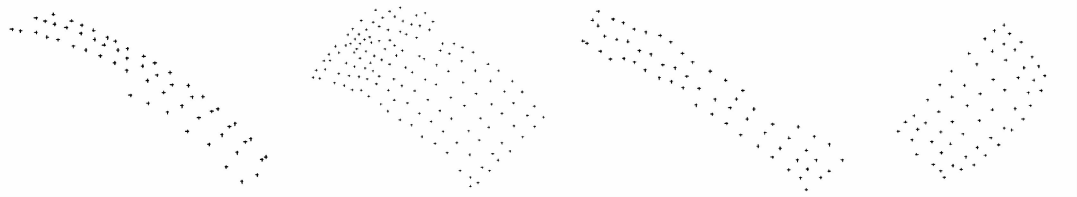


图7 四片点云

Figure 7 Four pieces of point clouds

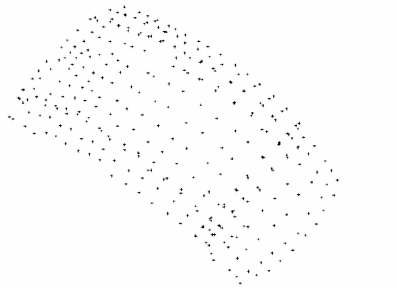


图8 四片点云拼接图

Figure 8 Four pieces of Mosaic map

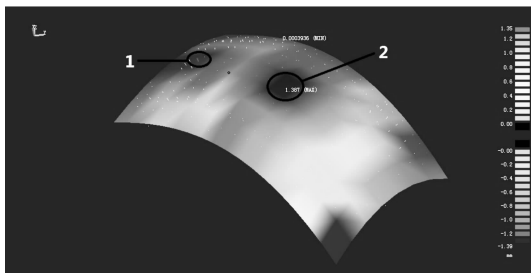


图9 反求的鼠标曲面

Figure 9 Reverse mouse surface

度就能按矢量方向接触曲面减少余弦误差的问题。获得曲面点数据,将点云导入 Imageware 软件,拟合成曲面,可以大大缩短产品设计、制造周期,更加有效地提高产品的竞争力^[11]。本文没有探讨如何去处理三维点云的数据,直接用逆向软件拟合曲面,在解决实际问

题过程中可以满足要求,另外也很方便快捷。在以后研究过程中,需要进一步探索如何自动识别侧面是否按矢量方向接触曲面,或者说没有按照矢量方向接触,误差如何去补偿的问题。

参考文献:

- [1] 王增强,蔺小军,任军学. CMM 测量曲面测头半径补偿与路径规划研究[J]. 机床与液压,2006(3):75-77.
- [2] 张国雄. 三坐标测量机[M]. 天津:天津大学出版社,1999:35-36.
- [3] 石光林,陆维钊,邵以东. 三坐标测量机的计算机辅助测量系统研究[J]. 广西工学院学报,2006,17(3):60-63.
- [4] 姚兵,陈军. 基于 CMM 的复杂曲面数据测量规划研究[J]. 机床与液压,2012,40(3):77-79.
- [5] 张玉连,王晓翠. 基于三坐标测量机的复杂曲面的重构设计与实现[J]. 航空精密制造技术,2007,43(1):27-30.
- [6] 陈锋,邵智刚,李尚会,等. 实现超长零件测量的三坐标测量机辅助设备研制及检测方法研究[J]. 机电工程,2013,30(7):820-823.
- [7] 郑东. 复杂曲面三坐标矢量化测量方法研究及应用[J]. 航空精密制造技术,2012,48(5):20-22.
- [8] 张晋西,郭雪琴,张甲瑞. 逆向工程基础及应用实例教程[M]. 北京:清华大学出版社,2011:63-64.
- [9] 洪定鸽,江雄心,张明魁. 逆向工程中的曲面模型重构[J]. 电气技术与自动化,2006,35(5):133-135.
- [10] 胡义刚,沈永刚. CAD/CAM 综合性训练的探索与实践[J]. 实验室研究与探索,2008,27(6):131-135.
- [11] 高永祥. 基于逆向工程技术对摩托车后视镜模具的建模及数控加工[J]. 轻工机械,2013,31(4):99-102.

(上接第 30 页)

参考文献:

- [1] ASTM Committee D20. ASTM D638-03 Standard test method for tensile properties of plastics[S]. New York: American National Standards Institute,2003.
- [2] 中国机械工业联合会. GB/T 12622-2008 管法兰用垫片压缩率及回弹率试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [3] 中国机械工业联合会. GB/T 12621-2008 管法兰用垫片应力松弛试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [4] 王云英,孟江燕,陈学斌,等. 复合材料用碳纤维的表面处理[J]. 表面技术,2007,36(3):53-60.
- [5] 吴庆,陈惠芳,潘鼎. 碳纤维的表面处理[J]. 化工新型材料,2000,28(3):11-14.
- [6] 孙春峰,李丽,张旺玺,等. 碳纤维增强聚四氟乙烯耐磨材料的研究[J]. 塑料工业,2002,30(4):25-26.
- [7] 康勇,项素云,梁培亮. 沥青基碳纤维表面复合处理的研究[J]. 功能高分子学报,1999,12(4):450-452.
- [8] 中国机械工业联合会. JB/T 10688-2006 聚四氟乙烯垫片-技术条件[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [9] 徐佳伟. 颗粒填充 PTFE 密封材料的制备及其性能研究[D]. 南京:南京工业大学,2008.
- [10] 孙春峰,李丽,张旺玺. 玻璃纤维增强聚四氟乙烯材料性能的研究[J]. 合成树脂与塑料,2003,20(3):36-39.