



三坐标测量机的矢量检测功能及其应用

上海大众汽车有限公司 (201805) 朱正德

TH7 B

在当代制成品工业中,随着数控技术的发展,产品中以自由曲面为主要特征的零部件的数量不断增多,对制造质量的要求也在提高。这些工件的 CAD 模型是已知的,并成为加工和是否检查的依据,轿车车身就是最有代表性的例子。从图 1 可以看出,整车有一个确定的坐标系,车身上的任何零部件——无论是单一的冲压件、拼合后的焊接总成、还是整个车身,它们的 CAD 模型均以这个坐标系为基础。

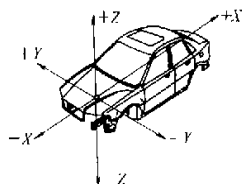


图 1

1. 关于曲面测量中的误差表述

为了对组成这类工件的自由曲面进行准确的测量和作出评定,具有矢量检测功能的现代 CNC 坐标测量机发挥了重要的作用。那么,为什么要强调“矢量检测”呢?这是因为对于一个具有自由曲面

的工件来讲,其曲面上某一被测点的误差并非一个单纯的数值,而是一个有着明确定义和严谨的数学表达的矢量。

从工件的 CAD 模型可以得到曲面上某点 M 的理论坐标值 (x_0, y_0, z_0) 和过该点的法线向量与 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴的正向夹角 θ_{10} 、 θ_{20} 、 θ_{30} ,以及该法线向量的方向余弦 $\cos\theta_{10}$ 、 $\cos\theta_{20}$ 、 $\cos\theta_{30}$ 。事实上,在对一个工件实施曲面测量时,三坐标测量机的测头正是沿着该点的法线方向接触工件的。由于存在着制造误差,很显然,被测工件的实际曲面是不会与 CAD 模型中的理论曲面相重合的,而且实际测量点(即测头与工件的接触点)的法线向量也不一定会与过该名义点的法线向量重合。关于曲面测量中的误差表述正是基于此面确定的。人们有时候把工件曲面上某一点的误差简单地说是“法向偏差”,严格地讲这种讲法欠严谨。虽然“法向偏差”的称谓并没有错,但它的真正含

4. 软件功能的组合使用

对于比较复杂的几何量精密测量,可以将 CAT 软件“几何测量”项目组合成新的功能使用,测量和求解就显得非常简便,既扩大了测量范围,又提高了测量效率。

灵活地组合使用 CAT 软件“几何测量”处理功能,可以减少采样次数,提高测量效率。例如,一组点生成直线;两直线相交生成一个新点;一组点也可生成一个圆,圆心是生成的一个新点。这些在处理过程中生成的点,软件都给它们编了号,应随时记下有用的生成新点的编号,以便在进一步处理时调用。

在此还应指出,为了提高测量准确度,在对直线和圆弧进行采集时,可以多采一些点,不必受“两点线”、“三点圆”的限制。软件对线元素和圆元素均采用“最小二乘法”处理。

一般,被测件都是由点、线、圆弧等几何元素组成的。CAT 软件中各个单个功能也都可以相互组合出许多新的功能。测量时不应仅仅机械的套用软件的单个功能,既要能熟练的掌握软件的各个功

能,又要善于将各个单个功能组合起来使用。

微型机万工显 CAT 软件的最大特点是:数据采集和数据处理分开。对于所采集的任何一组数据,可以根据测量的需要处理成不同的测量结果。测量时,应根据测量的几何要素,先确定测量方案,计划一下要采哪些点?哪些点用来建立直线?哪些点用来建立圆?然后再进行坐标点采集,最后调用软件处理功能,按程序输入参数,得到最后测量结果。

5. 几点说明

(1) 尽管在万工显上采用计算机辅助测试软件时,不必对被测件基准边进行找正,测量时也不必进行读数,只通过采点和按程序操作就可迅速得到测量结果。但切记,影像法必须做到正确调焦、得到清晰影像和正确采点(压线)后,才能获得准确的测量结果。

(2) 计算机辅助测试软件,备有汉字提示,操作非常容易,一般计量人员都可进行操作。但应指出,在微型机万工显上测量时,计量人员也必须具备基本的几何量精密测量知识和仪器操作技能。

(收稿日期:20020902)

义乃是从名义点到实测点的向量在前者法线方向上的投影。

至于通过矢量检测得到的误差的指向,即偏差值“正”、“负”的规定,可参见图 2。在图 2a 的工件曲面呈

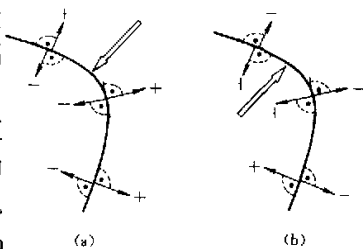


图 2

凸形,而图 2b 中的工件曲面呈凹形。

2. 关于偏差计算

三坐标测量机在对工件表面上的某一名义点 M_0 进行测量时,实际测得点为 M_1 ,令它的坐标是 (x_1, y_1, z_1) 。实测值与名义值在 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴上的差值分别为: $D_x = x_1 - x_0$, $D_y = y_1 - y_0$, $D_z = z_1 - z_0$ 。

以名义点 M_0 为起点,以实测点 M_1 为终点的向量 $\vec{M_0M_1}$ 为: $\{D_x, D_y, D_z\}$, 其模为:

$$|\vec{M_0M_1}| = \sqrt{(D_x)^2 + (D_y)^2 + (D_z)^2}$$

过 M_0 点的单位向量 m 为 $\{\cos\theta_{10}, \cos\theta_{20}, \cos\theta_{30}\}$, 其方向和过该点的法线方向一致,而指向工件外,即测头一方,其实也就是图 2 所示情况。按两向量的夹角余弦公式,向量 $\vec{M_0M_1}$ 与向量 m 的夹角 ϕ 的余弦为 $\cos\phi =$

$$\frac{D_x \cos\theta_{10} + D_y \cos\theta_{20} + D_z \cos\theta_{30}}{\sqrt{\cos^2\theta_{10} + \cos^2\theta_{20} + \cos^2\theta_{30}} \sqrt{(D_x)^2 + (D_y)^2 + (D_z)^2}}$$

如前所述,工件表面上 M_1 点的误差简单以“法向偏差”称之,即为向量 $\vec{M_0M_1}$ 在 m 上的投影,等于 $\vec{M_0M_1}$ 的模乘以向量 $\vec{M_0M_1}$ 与向量 m 的夹角 ϕ 的余弦,令该法向偏差为 P :

$$P = |\vec{M_0M_1}| \cos\phi = D_x \cos\theta_{10} + D_y \cos\theta_{20} + D_z \cos\theta_{30}$$

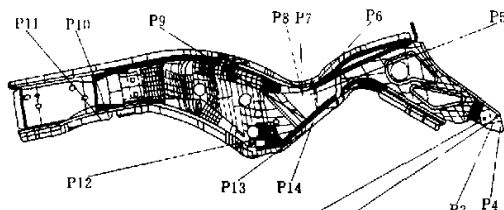
若 $\cos\phi$ 为正值,则 $0 \leq \phi < 90^\circ$, 实测点在过该点的切平面的外侧,此时法向偏差 P 也为正值,说明工件做大了。如果 $\cos\phi$ 为负值,则 $90^\circ < \phi \leq 180^\circ$, 实测点在过该点的切平面的内侧,此时法向偏差为负值,说明工件做小了。因此,从法向偏差 P 的符号就可直观地看出了工件在某处是偏大还是偏小。

3. 矢量检测的实际应用

利用测量机对具有前述特征的工件实施矢量检测的第一步就是建立坐标系,因为这一类工件只有

处于图 1 所示的车身坐标系中进行测量才是有意义的。常用的建立车身坐标系的方法有以下几种:①利用承载工件的专用测量支架或检验夹具上所带的基准块(面)。②利用工件图样上给定的若干个 RPS 点(基准/参考点系统 Reference Points Systems),经适当编程后予以建立。③采用将工件的实际曲面与 CAD 模型中的理论曲面加以拟合的方法。前两种是目前常用的方式,而第三种方法虽然操作简便、效率高,但由于必须配备较昂贵的专用测量支架和检具而使它的应用受到一定限制。

图 3 是具有矢量检测功能的三坐标测量机对一个自由曲面类工件进行测量的实例,通过图示测量报告,能清楚地了解矢量检测功能的表现和所能提供的信息。被测的 14 个点($P_1 \sim P_{14}$)都在曲面上,坐标测量机检测的结果既显示在上方与图形中各点相连的框中,又被归纳在下方的表中。其实两者完全一致,只是前者更直观。图 3 不仅提供了各被测点法向偏差的大小和正负(见框中第一项),同时还给出了被测点的矢量表达 $\{D_x, D_y, D_z\}$,指明了误差的方向。为便于估计该点的偏离状态,在下方表的最后一项“Dir”中,还给出了倾向的方位,参照图 1 就可了解“+Y”或“-X”等符号的含义了。



P1				1.95			
	0.50					0.50	
X	282.15 ^M	282.14 ^b	0.01 ^D				
Y	334.31	332.36	1.95				
Z	39.15	-39.16	0.01				

P2				-2.08			
	-0.50					0.50	
X	295.99 ^M	295.98 ^b	0.01 ^D				
Y	334.38	332.30	2.08				
Z	-39.30	-39.32	0.01				

No. of Points	X_m	X_n	D_z	Y_m	Y_n	D_y
* P ₁	282.15	282.14	0.01	334.31	332.36	1.95
* P ₂	295.99	295.98	0.01	334.38	332.30	2.08
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
No. of Points	Z_m	Z_n	D_z	min T	max T	Der
* P ₁	-39.15	-39.16	0.01	-0.50	0.50	-1.95 + Y
* P ₂	-39.30	-39.32	0.01	-0.50	0.50	-2.08 + Y
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图 3

(收稿日期: 20020929)