

TS640 测头在五轴数控机床的应用分析

郑有良

(广西制造工程职业技术学院, 广西壮族自治区 南宁 530105)

摘要: 文章以当前先进的五轴数控机床为例, 对 TS640 测头在其中的应用进行分析。包括五轴数控机床与 TS640 测头的基本介绍, TS640 测头在五轴数控机床中的应用及其发展方向分析。希望通过本次的分析, 可以为 TS640 测头的合理应用与五轴数控机床运行效果的提升提供一定参考。

关键词: 五轴数控机床; TS640 测头; 测头安装; 测头连接; 标定试验

一、TS640 测头在五轴数控机床中的应用分析

(一) 机床上的测头安装

具体应用中, TS640 测头的触发信号传输主要借助于红外线光束来实现, 因此, 其接收单元 (SE640) 需要安装到五轴数控机床上的加工区域里。因红外传输并不会受到噪音影响, 甚至可以允许被反射, 这就使其在五轴数控机床中具备了极强的适用性。通常情况下, TS640 需要安装到五轴数控机床摆动主轴头上, 若其实际工作中所需的传输范围比较大, 工作人员也可以借助于 APE642 连接单元将两个 SE640 接收单元连接在一起, 以此来确保其信号接收效果。而在 TS640 测头检测到了相应的数据之后, 该测头中的 KKH250 标准球 (反馈单元) 便会立即向控制系统反馈检测到的数据, 并做好数据表记录工作。通过这样的方式, 便可使 TS640 测头在五轴数控机床中发挥出良好的数据检测、数据接收以及数据反馈等应用效果, 以此来充分满足该数控机床的实际测量工作需求, 尽最大限度提升其产品的生产加工精度。

(二) 测头连接数控系统

就目前的五轴数控机床来看, 其中最为典型的数控系统为 iTNC 530 系统, 在该系统中, X12 接口主要负责 TS 工件和刀具测头之间的连接; X13 接口主要负责 TT 工件和刀具测头之间的连接。具体应用时, 操作者可将密码 (123) 输入到 MOD 模式条件下的用户参数分区内, 从而进入到该系统分区。在该分区里, 参数从 6000 到 6599 的是 TS 以及 TT 测头所能检测到的控制参数区域。在对 TS 测头参数进行修改时, 操作者需要将表 1 所示的测量参数表作为依据, 结合实际应用需求来修改, 其他数据都保持默认值便可。

表 1-TS640 测头测量参数表

序号	释义	赋值	参数
1	测头信号通过电缆传输: 0	1	MP6010
2	侧头信号通过红外线传输: 1	1	MP6010
3	触发式测头进给速率: 1-3000mm/min	800	MP6120
4	与第一测点之间的最大行程	30	MP6130
5	自动测量时和测点之间的安全距离	5	MP6140
6	触发式测头在快速移动时的速度	2000	MP6150
7	通过 MP6150 进行速度预定位: 0	0	MP6151
8	通过快速移动速度进行预定位: 1	0	MP6151

在该系统内的标准 PLC 文件录里, TS 系列测头运行过程中需要的所有控制程序均已包含在内, 所以在具体的应用过程中, 用户并不需要对 PLC 自动化控制程序进行任何的编程操作。当系统处于手动模式时, 用户可进入 (TOOL, TABLE) 刀具表中, 假设测头应用的是 18 号刀具, 用户便可将 PLC 一项改成 %00000001, 然后从刀具表中退出, 此项设置便可生效。在用户对 18 号刀具进行调用时, 其界面的后下方将会有红色字符闪动, 其内容是

PROBE, 此时便表明该测头已经被成功调用。

(三) 摆动主轴标定试验

1、试验准备: 为试验 TS640 测头在五轴数控机床中的应用效果, 本次试验中, 试验者特将 HR2500 型五轴螺旋锥齿轮式数控机床用作研究对象, 通过 TS640 测头来标定该机床摆动主轴在实际运行中的几何误差, 并以此为依据, 为其几何误差建立了相应的补偿模型。在正式开始试验之前, 科学合理且全面的准备工作至关重要。为达到这一目标, 试验者首先选择一个合适的位置来停放回转工作台, 并将 HEIDENHAIN KKH250 型标准求在回转工作台上做好固定, 在其主轴上安装 TS640 测头。完成上述安装工作之后, 试验者便可开始进行试验。

2、摆动主轴摆动误差值计算: 具体试验时, 试验者需要再手动工作模式下降五轴数控机床启动, 使 TS640 测头上的探针逐渐与标准球表面接近, 在探测到目标点 A 时, 该测头便会显示出相应的警报, 同时自动控制五轴数控控制机床立即停止进给, 并将数控机床此刻的坐标记录下来, 记作 $A(x_1, y_1, z_1)$ 。然后让 A 轴按一定的角度 (设为 α) 摆动, 再将数控机床开动, 使测头上的探针再一次与标准球表面逐渐接近, 当探测到下一个目标点 B 时, 测头同样会将相应的警报发出, 同时自动控制数控机床立即停止进给, 并将数控机床此刻的坐标记录下来, 记作 $B(x_2, y_2, z_2)$ 。根据目标点 A 以及目标点 B 的坐标, 以及两者之间存在的特殊三角函数关系, 测试者便可对 A 轴的实际摆动角度 (设为 α') 做出准确计算, 从而进一步计算得出 A 轴在实际运行过程中的摆动误差 (设为 $\Delta\alpha$), 其计算公式为:

$$\Delta\alpha = \alpha' - \alpha \quad (1)$$

图 1 为 TS640 测头在五轴数控机床中的摆动误差计算原理示意图:

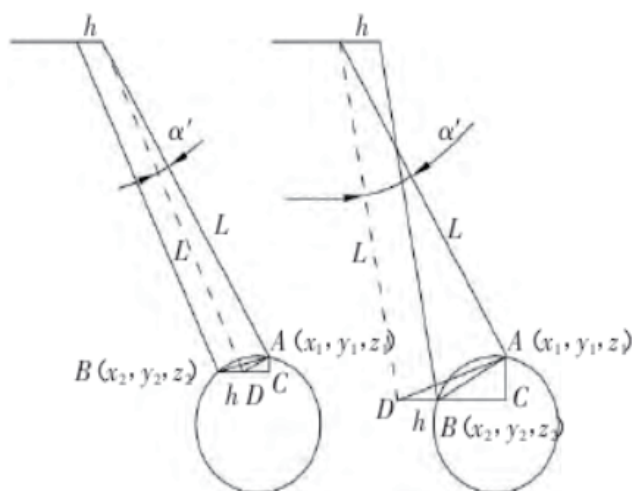


图 1-TS640 测头在五轴数控机床中的摆动误差计算原理示意图

其中,左侧图代表摆动主轴 A 具有较小的摆动角度;右侧图代表摆动主轴 B 具有较大的摆动角度。

如果摆动主轴 A 的摆动角度比较小,在直角三角形 ABC 里有:

$$L_{AB} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2},$$

$$L_{AC} = z_1 - z_2,$$

$$L_{BC} = y_1 - y_2,$$

因此有:

$$\tan \angle ABC = \frac{L_{AC}}{L_{BC}}, \angle ABC = \arctan \frac{L_{AC}}{L_{BC}} \quad (2)$$

在三角形 AED 里, $\angle ABD$ 和 $\angle ABC$ 相等, LBD 的值为 h, 根据余弦定理可计算出:

$$LAD = \sqrt{L_{AB}^2 + h^2 - 2L_{AB} \cdot h \cdot \cos \angle ABD} \quad (3)$$

同样的, 根据余弦定理可进一步计算得出:

$$L_{AD} = \sqrt{L^2 + L^2 - 2L \cdot L \cdot \cos \alpha'} \quad (4)$$

联立以上 (2)、(3)、(4) 可计算出:

$$\alpha' = \arccos \frac{2L^2 - [L_{AB}^2 + h^2 - 2L_{AB} \cdot h \cdot \cos(\arctan \frac{L_{AC}}{L_{BC}})]}{2L^2} \quad (5)$$

由此便可计算出摆动主轴 A 在实际运行过程中的摆动误差值。

如果摆动主轴 A 的摆动角度比较大, 其摆动误差的计算方法依然与上述计算方法相同, 在此便无需赘述。

3、摆动主轴摆动误差和角度之间的函数关系分析: 在具体的试验过程中, 因为对摆动主轴 A 的不同摆动角度进行取点测试时可能会对其摆动误差产生一定程度的不良影响, 所以在此项试验的实施过程中, 试验者还需要深入研究摆动误差和摆动角度这两者之间存在的函数关系, 从而为此项研究提供更多的参考依据, 使获得到的研究结论更加科学、准确。特别是在一些对摆动角度具有较高要求的螺旋锥齿轮数控加工过程中, 加工企业与试验人员更应该格外注重这两者之间的函数关系, 并以此为依据来建立相应的几何误差模型。为达到这一目标, 试验者就需要实施曲线拟合处理。

所谓曲线拟合, 就是通过刻画法或近似描述法将平面上由多个离散形成的可表示坐标间函数关系的点连接成连续性的曲线, 简而言之就是对这些离散形式的数据点实施公式化处理, 使其转变为以下求解函数关系的简单问题: 即 (x_i, y_i) 是一个已知样本点, 其中的 i 为 1, 2, 3, ..., n, 试求出一个这样的解析函数 $y \approx f(x)$, 使其在原来的样本点 (x_i) 上的值尽量和 y_i 接近。

就目前的曲线拟合来看, 其主要的拟合方法有最小二乘法以及 n 维线性插值法等。在这些拟合方法中, 因最小二乘法更容易通过计算机中的一些简单程序来实现, 所以此种算法在实际应用中也得到了更多的认可。基于此, 本次试验中, 试验者便通过最小二乘法来实施曲线拟合处理。该拟合方法的基本原理就是对最小的误差平方和多项式进行拟合, 以便在误差平方和最小的条件下找到一条最接近所有数据点的曲线, 最终合理找出 $f(x)$, 令

$$\sum_{i=1}^n [f(x) - y_i]^2 \min, \quad (i=1, 2, 3, \dots, n)。$$
 借助于 Malab 软件中

的数据分析以及数据计算等功能, 试验者便可将测量以及计算获得出的摆动主轴摆动误差进行合理的曲线拟合处理, 从而实现其摆动误差值的科学求解。在这样的情况下, 便可得出, 摆动主轴在实际运行中的摆动误差和摆动角度之间具有以下函数关系:

$$f(x) = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e \quad (6)$$

其中, a, b, c, d, e 均为常数。

通过这样的方式, 便可使 TS640 测头在五轴数控机床的生产加工过程中发挥出更加精准的标定测量效果, 从而为其生产加工精度的提升与产品质量的保障提供有力支持。这对于五轴数控机床的合理应用与相关生产企业的生产质量提升都将具有非常深远的影响意义。

二、TS640 测头在五轴数控机床中的主要发展方向

在后续的应用和研究中, 研究者与技术人员应使 TS640 测头朝着以下几个方向发展: 1) 精准化, 将具备更高探测精度的传感器应用在此类测头中, 从而进一步提升其探测精度, 为机床运行中的标定精度提升提供有力支持。2) 智能化, 将更多先进的智能化技术与智能化算法等引入到此类测头的智能化控制过程中, 使其探测与控制都更加智能化, 尽最大限度降低其实际操作过程中的人力资源成本与人为因素影响等。经济化, 通过更多应用程序的优化与新型配套设备的应用等, 进一步降低此类设备的投资及其运行成本, 并通过其应用性能的提升来为生产企业创造更多经济效益。

三、结束语

综上所述, TS640 型测头是目前十分先进的一种非接触式标定测量装置, 凭借着测量精度高、稳定性好、使用寿命长等的诸多优势, 此类测头在当前的数控机床生产加工领域中得到了非常广泛的应用。尤其是在五轴数控机床的生产加工过程中, TS640 测头更是发挥着非常显著的应用优势。为实现此类测头的合理应用, 研究者与技术人员首先应明确其基本情况与应用原理, 然后再结合五轴数控机床实际生产运行中的标定需求, 合理安装该测头, 并做好其调用参数设置。通过这样的方式, 才可以使该 TS640 测头在五轴数控机床中发挥出充分的应用优势, 在满足其实际生产加工需求的同时进一步提升其自动化控制效果, 为五轴数控机床的合理应用以及现代数控加工技术的自动化与智能化发展提供有力支持。

参考文献:

- [1] 常州速凯智能科技有限公司. 数控机床用压电驱动式电主轴夹屑检测装置: CN202321743592.7[P]. 2024-01-19.
- [2] 王舒玮, 薛敏杰. GA-LSTM 模型在数控机床故障预测中的应用[J]. 机床与液压, 2023(24): 197-201.

基金项目: 2022 年度广西高校中青年教師科研基礎能力提昇項目: 五軸加工策略研究與實踐——以某種卡通藝術品為例, 項目編號 2022KY1963。

作者簡介: 鄭有良(1984—), 男, 廣西平南縣人, 本科學歷, 高級實驗師, 研究方向: 數控加工。