

一种有效规避余弦误差的叶片测量方法

杨庆先

中国航发常州兰翔机械有限责任公司 江苏常州 213022

摘要：以叶片测量为主线，通过针形测针测量截面的方法，巧妙回避了余弦误差，提高了测量精度，具有很好的实用性和可操作性，值得推广。

关键词：叶片测量；针形测针；余弦误差

1 序言

叶片是航空发动机上的关键零部件，种类繁多，其质量直接影响发动机的空气动力性能和机械效率，其测量也成为控制发动机质量的关键。

按航标HB 5647-98要求，叶片都是分截面测量和评价的。普通三坐标测量截面曲线一般按二维曲线测量和计算，而实际上叶片截面是沿纵向变化的（见图1），这样就会存在余弦误差（见图2），余弦误差的大小依叶片沿纵向变化程度而定。



图1 叶片沿纵向变化

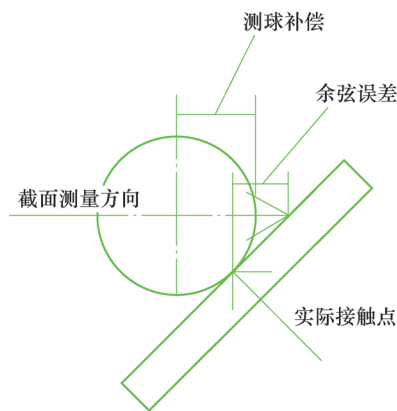


图2 余弦误差示意

2 测量方法

为有效规避余弦误差，我们总结了一种测量方法，具体如下。

(1) 特制测杆测针 特制一套测杆测针（见图3），1[#]球形测针是为建立叶片坐标系所用，2[#]针形

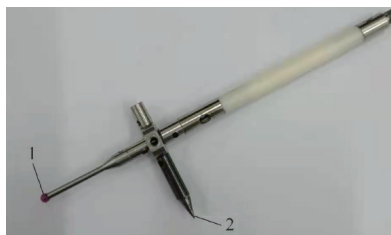


图3 测杆测针

1—球形测针 2—针形测针

参考文献：

[1] 广数数控设备有限公司. GSK980TDc车床CNC数控系统使用手册[Z]. 2014.

[2] 崔兆华. 数控车床编程与操作（广数系统）[M]. 北京：中国劳动社会保障出版社，2012

MW 20201220

测针是为测量叶型所用，长短可调。长短依叶片大小形状而定，可特制也可借用RENISHAW公司测杆进行组合。

该测杆测针的校准可参照星形测针的校准格式，取针形测针的测球直径为0，改变标准球纬度控制校准精度，一般针形测针的测球校准后等效直径 $<0.03\text{mm}$ 即可。

(2) 建立测量坐标系 叶片坐标系可分为两大类，一类是将坐标系建立在叶片安装夹具上，基准可在夹具上选取，可使用1[#]球形测针按常规建立；另一类是将坐标系建立在叶片上，采用6点定位原理，可使用1[#]球形测针迭代建立。

(3) 测量路径规划 首先读入叶片CAD数模，根据叶片的设计和检测要求，在叶片上沿叶身方向截取数个截面线，提取截面规划测量点位，如图4所示。

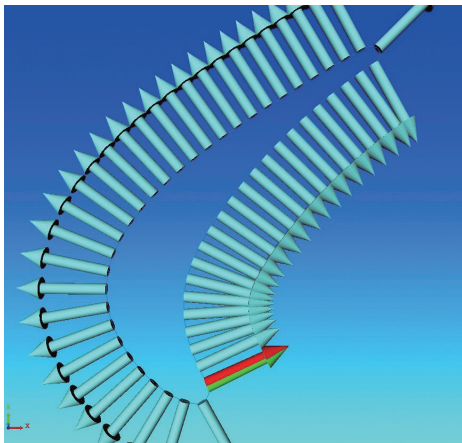


图4 测量点位

其次，将叶身分为叶盆和叶背两部分，使用2[#]针形测针在相应部分和坐标平面内测量。叶盆部分测量如图5所示。再将测杆旋转180°进行叶背部分测量，如图6所示。

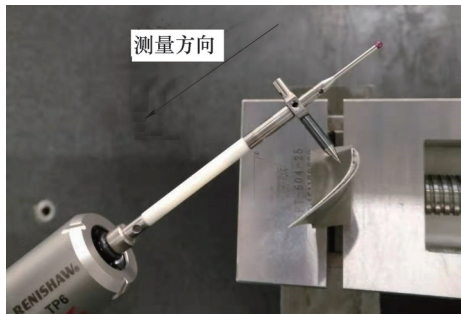


图5 叶盆部分测量

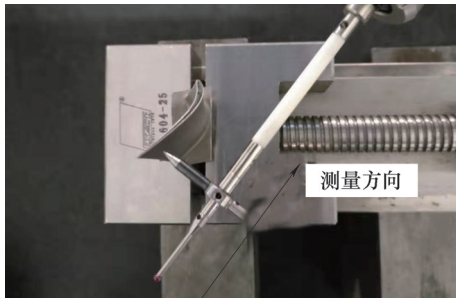


图6 叶背部分测量

相应增加躲避碰创的goto点，最后将几次采集的数据统一到同一个数据文件中，返回到CAD模型，沿叶身方向移动到下一截面，继续上述操作，直至完成测量。

(4) 测量结果误差比对 由于是在CAD模型上直接规划的测量位置和点数，测量结果与CAD数模是关联在一起的，这样就可以进行曲线的理论与实际最佳拟合比较（见图7）和形状误差分析（见图8）。



图7 最佳拟合比较



图8 形状误差分析

3 结束语

本文使用的是生产型三坐标、ARCOCAD测量软件、PH10M旋转测座和TP6传感器。由于采用针形测针测量叶片截面，测球半径几乎为0，因此有效躲避了余弦误差，使测量精度得到了有效提高，是目前较好的前解决余弦误差的方式。

参考文献：

- [1] 俞学兰，叶佩青．航空发动机压气机叶片型面检测技术[J]．航空制造技术，2007（11）：46-48．
- [2] 王红敏，孙殿柱，张志诚．基于CMM的曲面检测技术与测头半径补偿[J]．工具技术，2006，40（10）：77-80．