

Leitz叶轮检测方案

Leitz: Impeller Testing Solution

海克斯康测量技术(青岛)有限公司 刘彬



刘彬

海克斯康测量技术(青岛)有限公司高级工程师,从事 Quindos 测量软件和超高精度 Leitz 测量机应用和培训工作,具有丰富的测量应用经验,主要研究方向为各种复杂曲面零件的检测,例如齿轮、压缩机转子、叶片、叶轮和凸轮等,曾主导开发国内知名企业叶轮专用检测软件。

2012年,海克斯康计量开发出高效率、高精度的叶轮专用测量系统,使测量时间缩短了约80%,并且测量过程更加安全可靠。该方案根据叶轮均匀分度且每个叶片相同,非常适合在转台上检测的特点,以海克斯康计量旗下的专业测量软件 QUINDOS 7 为测量软件平台,加上配置转台的 Leitz PMM-C 12.10.7 超高精度测量机,通过软件定制开发,实现了测量过程的自动化,参数、界面的标准化,测量报告的通用化。

整体叶轮作为动力机械的关键部件,广泛应用于航空航天等领域。叶轮叶片的型面非常复杂,对发动机性能影响大,设计研制周期长,制造工作量大。其加工、检测一直被视为制造业中的难题之一,叶轮加工过程中的全面质量控制是叶轮制造过程中的重要环节。

叶轮主要检测位置有叶片、流道和前缘等,参见图1。检测项目有叶片轮廓度和厚度、叶尖和内流道轮廓

度、前缘轮廓度等。

叶轮检测的难点在于:

(1) 叶轮叶片属于自由曲面(包括窄流道),叶片扭曲严重,测量时极易发生干涉。自动生成无干涉探针移动轨迹比较困难。

(2) 叶片上的坐标点属于空间三维曲面上的点,测量时应采用三维补偿,轮廓度评价时需要采用六维最佳拟合,对测量软件算法和机器精度要求很高。

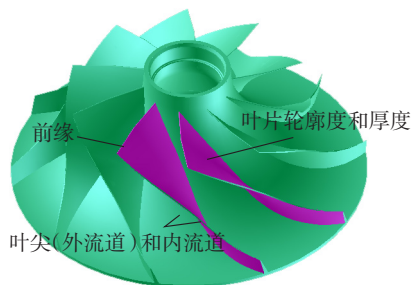


图1 叶轮检测位置

(3) 国内、国际没有一个关于叶轮检测的标准。很多客户要求从坐标系建立方法、轮廓度计算、报告样式等方面对测量软件进行定制,并要求测量软件平台具有很强的扩展性,便于加入新增功能。

(4) 效率和精度要高。叶轮通常要求全尺寸检测,项目较多,如果采用单点测量,则会耗费大量的时间,无法从效率上满足要求。

2012年,海克斯康计量开发出高效率、高精度的叶轮专用测量系统,使测量时间缩短了约80%,并且测量过程更加安全可靠。该方案根据叶轮均匀分度且每个叶片相同,非常适合在转台上检测的特点,以海克斯康计量旗下的专业测量软件QUINDOS 7为测量软件平台,加上配置转台的Leitz PMM-C 12.10.7超高精度测量机,通过软件定制开发,实现了测量过程的自动化,参数、界面的标准化,测量报告的通用化。其中关键检测项目全部采用高速四轴联动扫描,大幅度提高了测量效率的同时,保证了测量精度,实现了叶轮检测方案的最终交付。

海克斯康叶轮检测方案特点

(1) 高效率: 叶轮叶片检测的难点在于扭曲的复杂型面, Leitz 高速四轴扫描完美地解决了这个问题。2010年,德国 Leitz 推出高速四轴扫描高效智能控制柜,使测量时间大幅降低。VHSS 可变高速扫描技术,可根据零件曲率变化自动调节扫描速度,自动识别并删除无效点,最优

化测量数据的同时保证了测量效率。利用 VHSS 可变高速扫描技术,边缘扫描速度达 2~5mm/s, 叶盆和叶背最大扫描速度达 100mm/s (图 2)。

测量前, QUINDOS 7 先根据叶片扭曲间隙自动计算出每个测量点的转台角度和测针进出叶片安全点的位置,图 3 是转台角度的计算命令界面。

叶轮叶片的前缘通常是一段小圆弧或者曲线,曲率变化较大,常规测量容易产生较大误差甚至停机,为此, Leitz 推出了“返回式扫描技术”来解决这个问题。

扫描时通常在测头扫描偏置内的扫描点精度较高。利用“返回式扫描技术”,在扫描过程中 QUINDOS 7 实时监测测头受力,当测头偏置超



图2 Leitz叶轮检测方案

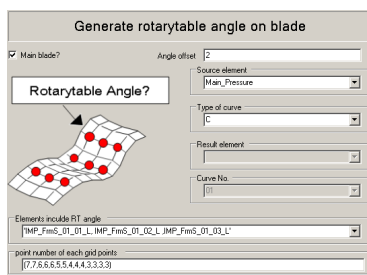


图3 叶片测量点转台位置计算命令界面

出公差或者工件脱离工件表面时,软件自动修正扫描路径重新扫描,做到测量过程中“永不停机”,并能做到无人值守的测量操作。图 4 是返回式扫描的命令界面。

(2) 高精度: 高速四轴扫描不仅能够节约大量的测量时间,而且能够保证高精度和重复性。智能

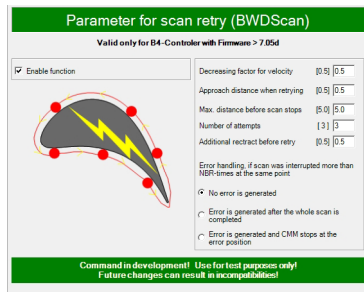


图4 返回式扫描界面

的 QUINDOS 7 编程时,只需要提供 CAD 模型和测量点 X、Y、Z 坐标(无需 I、J、K 矢量)即可实现编程,如果用户有专用夹具,则无需手动建坐标系,完全实现自动测量。

(3) 高灵活性: 功能强大的 QUINDOS 7 提供了很好的二次开发平台(QUINDOS 编程语言), QUINDOS 7 二次开发语言构成简单,功能全面,支持各种变量、条件语句、多达 40 多个数学计算公式、强大的绘图命令库和多功能报告编辑工具等,可以很方便地实现新增功能的编程。

(4) 多处理器并行的评估和分析: 大多数的测量软件顺序执行指令,在大量的数据处理时可能会浪费大量的时间。解决方案是多处理器并行处理——主 CPU 负责测量,并行 CPU 负责数据处理。例如当一组叶片测完后,数据分析(半径补偿、轮廓度计算、报告绘图等)可以交给另一个 CPU 处理,主 CPU 则继续负责测量下一组叶片,测量机无需等待。与其他测量软件对比,节约大约 10% 左右的时间。

(5) I++ 模拟器几乎能完成叶轮检测 100% 的脱机编程能力: I++ simulator 是一个可以使用一台设备进行集中检测编程活动的编程工具。一台中央设备可以管理不同生产现场的设备。现场的机器(包括机器、测头、更换架、校验工具、转台、温度传感器、夹具、传送设备、存储托盘、办公设备、测量实验室、工厂等)可以用称作 scenario(场景)的方法进

行仿真。一个程序可以在一个或者全部 scenario 中进行编写和验证,然后分别布置到不同的制造现场进行实施。

海克斯康计量叶轮软件 全功能描述

(1) 采用经典 QUINDOS 7 友好界面(图 5),用户可以自由选择测量任务和坐标系建立方式。一条指令 Impeller 即可完成坐标系、测量、评价和报告输出整个过程。

(2) 软件评价功能包括: 叶片分度; 叶片轮廓度、厚度和步距误差; 流道轮廓度和跳动,同时流道支持变公差评价; 前缘轮廓度等,并可输出测量点到 TXT 文件,供加工机床分析。输出点包括点偏差, X、Y、Z 理论和实测值。

(3) 适合任意类型叶轮测量,包括单片、双片,左旋、右旋。

(4) 叶片、流道、前缘均支持单

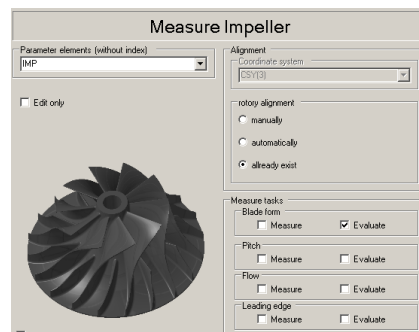


图5 QUINDOS 7 叶轮测量界面

点、扫描两种测量方式。所有测量点安全路径,转台角度,报告自动生成,并支持一键式操作,即使是车间工人也可以在极短时间内学会测量。

(5) 所有轮廓度评价均支持 6 个方向自由度最佳拟合,并可指定最佳拟合旋转量。

海克斯康计量 叶轮测量的步骤

测量过程参见图 6,下面介绍关键步骤。

1 理论数据

根据客户给定的叶片点坐标,编辑成下面格式的文本文件,然后用指令 CNVFIL 导入。

```
$ELE (NAME=ELE:ELLE
NAME,TYP=NPT,FLD=(D,X,Y,Z))
1,19.5306,4.5331,45.5021
2,19.9117,4.8122,45.8518
3,,22.1205,6.1231,46.9054
.....
73,,66.9221,92.8680,91.6669
$END
```

2 零件的摆放

用户可以任意摆放工件角向位置,无需在没有专用夹具的情况下将零件坐标系的 X 轴和机器 X 轴平行, QUINDOS 7 可以设置转台偏置——将角向坐标系 X 轴设置为转台零位。

3 坐标系建立

(1) 测量 AB (两端圆柱) 基准



图6 QUINDOS 7 叶轮测量步骤

和端面建立 Z+ 和 XY 原点。

(2) 角向坐标系的建立。角向坐标系是指将坐标系第二轴向迭代旋转和理论数据相匹配, 机器坐标系 X' Y' 迭代后生成 XY 零件坐标系。测量时采用叶盆和叶背最远端两点, 取中点迭代和数模相差小于 $5\mu\text{m}$, 且每组叶片建立一个坐标系。

(3) P 点测量(有些叶轮坐标系原点设计在内流道): 在大小叶片之间每个间隔相距边缘 2mm 左右扫描, 查找每个间隔中最高和最低点, 然后在所有最高点和最低点中选择一个最高点和最低点, 取中点作为 Z 轴零点。

4 叶片轮廓度和厚度测量

叶型和厚度测量: 每组叶片测量时, 先扫描大叶片的吸力面, 然后再扫描大叶片的压力面、小叶片的吸力面和压力面。其他组叶片按照相同的方式循环测量。评价时, 厚度根据对应的叶盆和叶背点计算点间距离, 和理论的点间距离相减得出厚度偏差。轮廓度评价时用户可以根据对话框选择 6 个自由度任意方向做最佳匹配, 得出相应的轮廓度公差。一个叶片包括两张报告: 压力面和吸力面的轮廓度和厚度。所有测量点显示在拓扑图上, 并通过不同的颜色显示测量点在不同的偏差范围, 参见表 1。

全新的三维补偿技术: 在之前的 QUINDOS 中, 三维半径补偿需要使用两条或多条平行的线。在 QUINDOS 7 中, 选择最合适的线条类型, 仅用一条线即可进行真正的三

维半径补偿。使用理论曲线中的矢量补偿工件上的实测点。新的算法缩短了测量时间, 叶片三维补偿界面参见图 7。

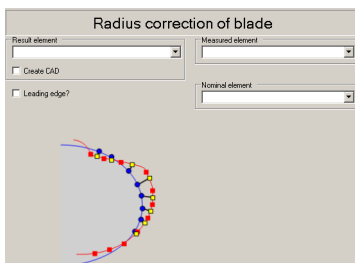


图7 叶片三维补偿界面

最佳拟合: QUINDOS 7 提供 6 个方向的空间最佳拟合, 并预设几个典型的最佳拟合组合: 仅旋转 (ABP)、不拟合 (Fix all) 和自由匹配 (No fix), 分别对应图纸上标注的 3 种轮廓度公差, 并可指定旋转量。

轮廓度计算: 计算每个点矢量方向的偏差 (T 值), 然后根据 ISO 国际标准计算轮廓度。

5 流道和前缘测量

流道和前缘测量过程中的数据处理如半径补偿、最佳拟合等和叶片轮廓度计算原理类似, 只是流道增加了变公差功能。流道检测样例报告参见图 8。

6 其他轮廓度的测量

叶轮测量除了叶片、流道和前缘外, 还有其他位置如内腔、端面倒角等部位的轮廓度测量, QUINDOS 7 针对这些尺寸开发了专用于曲线的测量命令—MeaEva3DCurve(界面见图 9)。

该命令具有下面的特点:

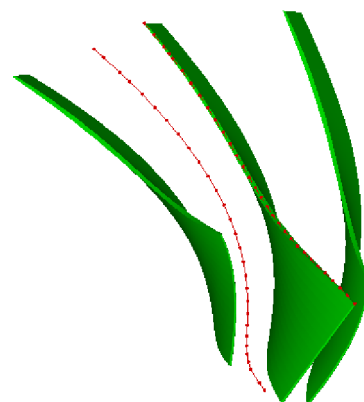


图8 流道检测模拟图

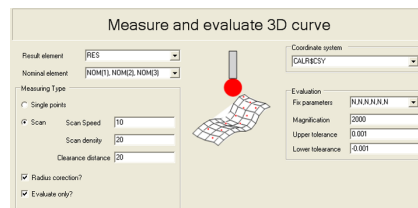


图9 MeaEva3DCurve界面

(1) 一条命令完成 2D、3D 曲线测量。

(2) 两种测量方式: 单点、扫描。并自动完成半径补偿, 测量前后自动回到安全位置。

(3) 输出结果为点矢量方向偏差, 并支持 6 个自由度方向的空间最佳拟合和轮廓度评价。

7 报告输出

QUINDOS 7 支持多种样式的报告输出, 如 PDF 文件、图片或者 TXT 文本文件, 也可直接打印。

结束语

通过 QUINDOS 7 软件、Leitz PMM-C 12.10.7 超高精度测量机以及转台的方案, 海克斯康计量为客户提供了完善的叶轮检测方案, 不仅为客户节省了大量的人力、维护、培训和运行等成本, 而且在技术上不断改进和创新。同时, 海克斯康计量超高精度测量系统与动力总成专业技术一直引领检测技术的发展, 并和全球高端客户建立了长期战略合作, 在给客户全面计量解决方案的同时, 海克斯康不断塑造着测量的未来。

(责编 良辰)

表1 点偏差颜色显示

超差范围	颜色	
	材料方向 -	材料方向 +
超差 $C \geq 0.1$	蓝色	红色
超差 $0.05 \leq C < 0.1$	淡蓝色	橘黄色
超差 $0 \leq C < 0.05$	淡绿色	黄色
合格	绿色	