螺旋桨关键工序数控加工

杨兴隆，吴永钢，付海，刘锐
淮海工业集团有限公司　山西长治　046012

摘要：分析了螺旋桨桨叶加工的难点，通过选择合适的加工方式，得到了精确控制的刀具轨迹，经生产实践证明，加工工艺正确可行。

关键词：螺旋桨；4.5轴加工；同心圆；流线驱动

1　序言

对螺旋桨进行简单的流体动力学分析可知，从桨叶表面流过的水流方向非常重要。如果水流方向能够平行于桨叶剖面，则设计者就可以按照理想的算法计算流体动力，否则就会产生回流，或者因为一些不知情的原因影响螺旋桨的推进性和空泡性能。而桨叶表面的表面粗糙度和刀具纹路对水的流动起着非常重要的作用，因此螺旋桨的桨叶对表面性能要求很高，对机械加工提出了严格的要求，需要加工制造人员具备充足的理论功底和编程技巧。

2　加工方式的选择

桨叶的加工必须在五轴数控铣床或者五轴加工中心上完成，但一般采用4.5轴加工而不用五轴联动，原因如下。

1）表面容易产生波纹。五轴联动加重了插补运算的负担，要求控制器有更高的运算精度，而且旋转坐标的微小误差就会大幅降低加工质量。而定向加工可以先将旋转轴的坐标固定，再用线性轴加工，其表面质量要高于五轴联动加工。实际加工中产生的波纹如图1所示。

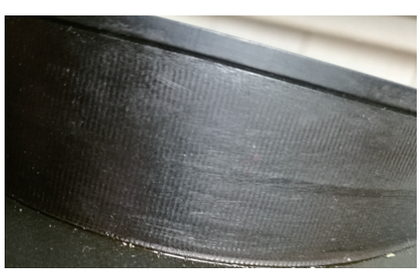

图1　波纹

2）刀具受力不均匀。在五轴联动加工时，旋转轴不断变化，随着球头铣刀加工曲面的切削点不停变换，刀具的受力点和受力方向也在不停地变化，造成许多非线性误差，切削精度亦随之下降。

3）奇异性问题。所谓的奇异性是指曲面在造型过程中若存在不易觉察的小坑小洼，且奇异点正好处于旋转轴极限位置，则在奇异点附近产生的微小振荡会导致旋转轴180°翻转，这种情况相当危险。

考虑到种种不利因素，再结合桨叶的几何特征，采用4.5轴加工，其刀具路径可以全范围覆盖桨叶的叶面。需要说明的是，在4.5轴加工不能满足叶片加工需求的时候，必须采用五轴联动方式，只是联动加工对机床、控制器及编程员的要求更高而已。

3　刀具轨迹的生成

考虑到水流方向，刀具轨迹方向需要与桨叶剖面平行，也就是说螺旋桨旋转时，桨叶的加工轨迹在正俯视的状态下应该是由一系列同心圆构成，且应与理想桨叶刀具轨迹模型（见图2）中的曲线方向一致，而没有产品理念的加工者有可能会做出图3所

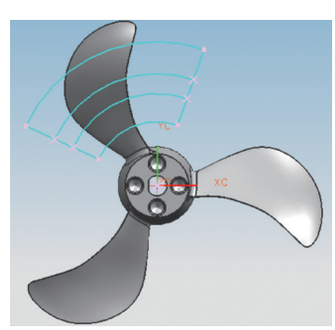

图2　理想桨叶刀具轨迹模型

示的不合理刀具路径。

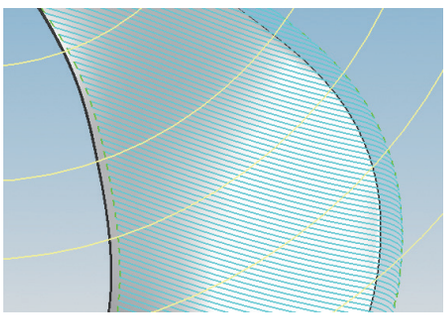

图3　不合理刀具路径

在UG软件的固定轴加工选项中，已经有一种同心圆刀具路径的加工方式（见图4）。为方便起见，直接应用其制作刀具轨迹，确认能否达到预期的效果。将刀具路径图样中心定义为桨叶的轮毂中心，采用ϕ4mm球头刀精加工，得到图5所示的正俯视图下的同心圆加工方式刀具轨迹。

图4　同心圆加工方式

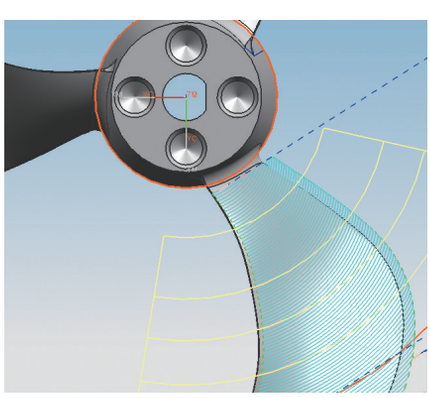

图5　同心圆加工方式刀具轨迹

由图5可知，虽然采用了同心圆加工方式，但是软件给出的刀具轨迹仍与理想的同心圆存在一定程度的差别，需要采取更为有效的办法。

要想精确控制螺旋桨叶上的进给方向，必须采用流线驱动的办法。所谓流线驱动，就是用软件默认的曲面流线或者人为绘制的曲线来控制进给方向。如果软件默认的进给路径满足设计要求，编程员就没必要绘制曲线。

选取正确的切削区域后，驱动曲线选择方法采用“自动”生成，如图6所示，正俯视图下的软件默认流线仍然和理想状态相差甚远。

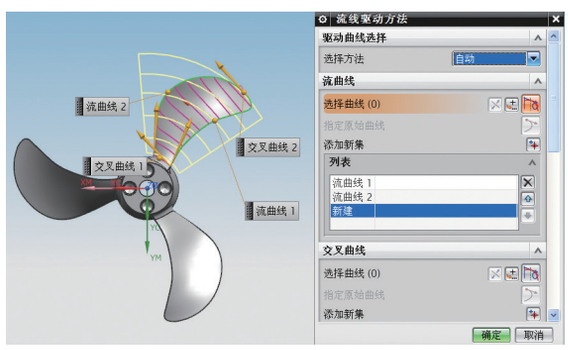

图6　软件默认流线

将手工绘制的同心圆沿正俯视方向投影到桨叶表面，将投影的曲线作为“流曲线”、桨叶边缘的两条曲线作为“交叉曲线”，流线选区如图7所示。指定切削方向、生成刀具轨迹即可完成流线加工编程，精确控制的刀具轨迹如图8所示。

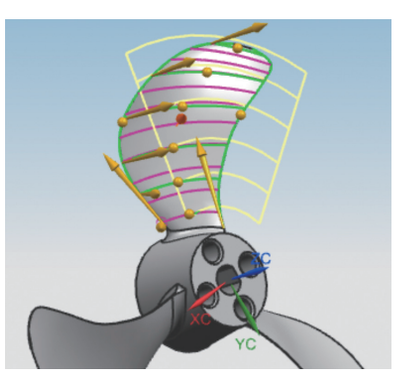

图7　流线选区

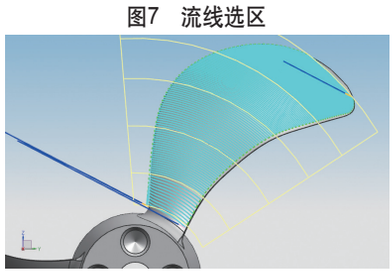

图8　精确控制的刀具轨迹

由图8可看出，经过精密控制的刀具轨迹和理想

基于PLM系统的三维工装参数化设计与应用

吴昊，张建锋，包鹏，刘煜
杭州汽轮机股份有限公司　浙江杭州　310022

摘要：结合实例介绍了杭州汽轮机厂利用SolidWorks与PLM系统实现三维工装参数化模板设计与应用的过程。实际应用表明，三维工装参数化模板的使用能够提高工作效率，降低生产成本。

关键词：智能制造；PLM系统；三维工装；参数化

1　序言

智能制造是未来制造业的发展方向，其主要特点是数字化、信息化、网络化和智能化。数字化设计与制造是智能制造的核心技术，是搭建工业互联网平台的关键。因此不管是零部件产品还是工装，模型的三维数字化都将成为趋势。与传统的二维纸质工装相比，三维工装具有如下优点。

1）以可视化的形式直接呈现模型的尺寸、结构、几何公差和加工面等，减少了加工者的图样阅读时间。

2）工装设计后都需进行强度校核，与带入一些计算公式相比，三维工装可直接应用有限元软件分析，大大节约校核时间，且保证了校核的准确性。

3）未来数控机床将会普及，传统的普通机床加工方式将会被数控加工所替代，有了三维模型即可用专业的三维编程软件进行数控编程，极大地减少了手动编程的时间。

4）数控程序在实际使用前需进行仿真验证，验证时带入实际所使用的工装，更能确保程序的安全可靠性，避免实际加工时出现干涉或者刀具与工装、机床的碰撞问题。

5）将三维零件模型与工装模型进行装配，可验证工装的可使用性，避免干涉。

工业汽轮机的非标定制会导致加工或者装配汽轮机各零部件时所用到的工装种类繁多，例如有内外缸水压试验工具、液压套装工具、动平衡连接法兰及试车法兰等，大多数情况下都需要重新设计相应的工装。本文主要以某一类工装为例介绍杭州汽轮机厂基于PLM系统的三维工装参数化设计与应用的过程。

2　三维工装参数化设计

2.1　创建三维工装及参数化模板

动平衡连接法兰是转子动平衡试验时连接动平衡机与转子的专用工装，针对不同转子，都需重新

刀具轨迹吻合。在正俯视图中观察，刀具轨迹的走动方向与桨叶剖面平行，与水流方向一致，与轮毂同心，符合设计要求。而且刀具运动方向的精度完全由操作者控制，绘制的流曲线越密、精度越高，刀具轨迹的可控程度就越高，越符合设计理念。

4　结束语

刀具轨迹得到精确控制后，在实际加工中经试切验证，满足零件各项技术要求，证明该方法正确可行。文中所述质量理念、数学计算、产品性能分析以及工艺分析方法，在解决同类零件的加工难题时也可推广应用。

参考文献：

[1] 胡健．螺旋桨空泡性能及低噪声螺旋桨设计研究[D]．哈尔滨：哈尔滨工程大学，2006．

MW 20210305