基于 Moduleworks 组件的多轴编程软件刀路编制方法

武汉技师学院机械学院 武志鹏 邵全兵
武汉软件工程职业学院机械工程学院 焦红卫

以叶轮零件为例，对比了 3 种以 Moduleworks 为内核的常用多轴加工软件。这些 CAD\CAM 三维软件多轴加工模块功能较为齐全，能通过控制刀轴矢量、投影方向和驱动方法来实现多轴加工。虽然软件平台不一样，但其多轴刀具轨迹的生成原理都是基于投影法而产生的。

一、概述

Moduleworks 是德国 Moduleworks 公司的一款 CAD/CAM 组件总称。包含防碰撞、后处理、模拟、全方位的组件放置及质量优化等等。通过模型固定区域的角度参数限制刀具姿态，可以有效地提高刀具路径的灵活性和可控性。市面上 50% 的 CAD\CAM 软件如 Cimatron、Siemens NX、MasterCAM、CAXA、EdgeCAM 等多轴编程模块都使用了该组件。而该组件生成多轴刀路的核心原理就是投影法，所以只要理解了该组件的投影原理，就能在上述任意一个软件平台上编制出相同的刀具轨迹。

二、投影原理

1. 投影法

光线照射物体时，可在预设的地面或墙面上产生影子，经反复观察研究，总结出了投影法。投射线通过物体，向预定的面投射，并在该面上得到影像的方法称为投影法。常用的投影法可分为两类：中心投影法(图 1 中 a)和平行投影法(图 1 中 b、c）。

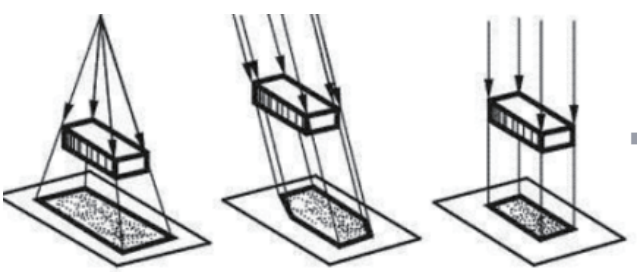

图 1 常用的投影方式

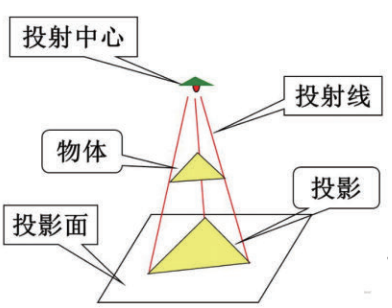

图 2 投影五要素

2. Moduleworks 的投影规则

由投影法可知投影五要素分别为：投射中心（投射源）、投射线、物体（被投射对象）、投影面及投影（图 1、图 2）。结合 Moduleworks 后得出：投射源与投射物体重合，可以是点、线或矢量；投射线是刀具轴线，箭头指向刀尖；投影面是待加工曲面；投影范围则可以通过选择某条边界作限定。改变上述任意一个参数即可改变投影结果，因此需要谨慎设计上述五个参数。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

三、Cimatron13 平台的多轴刀路

以某叶轮零件为例（图 3），其叶轮主要特征有：叶冠、叶片、流道和根部圆角。本文仅介绍叶片及流道的精加工刀具路径策略，均采用【5X Production】策略下的【Pro】方式进行编制，参数设置对话框如图 4 所示。

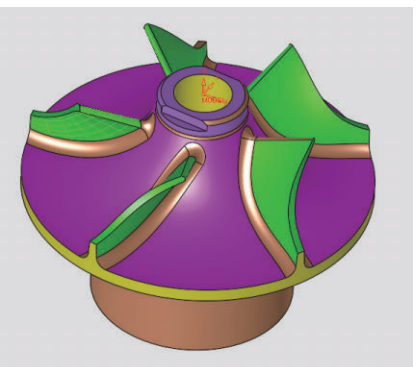

图 3 某叶轮零件

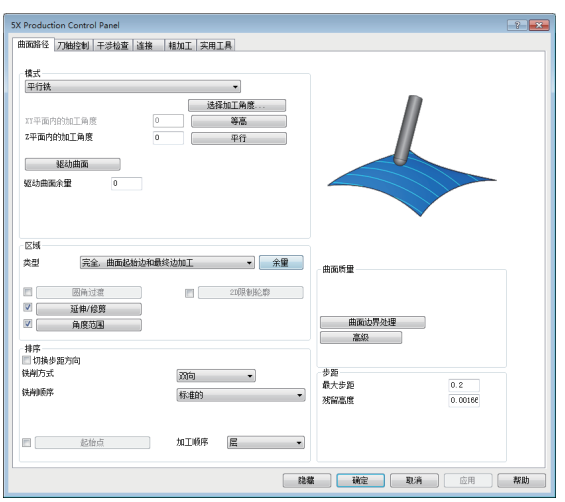

图 4【Pro】方式参数设置对话框

1. 叶片

图 5 是较为理想的叶片加工刀具轨迹。该刀具轨迹可被定义为：将球刀刀尖点（被投射对象）按流道底面即轮毂的曲率，沿轮毂的法线方向层层（按一定层数）投影至叶片曲面（到叶片表面的距离为刀具半径 + 余量），同时刀轴不能与其他部位发生干涉。

由此可知，需要设置的主要参数有：叶片作为驱动面（投影面）；轮毂作为引导面；按数量决定层数或按叶片高度决定层数（投影范围）；刀轴（投射线与投射源）按引导曲面的标准方向侧倾一定角度避开叶片；设置干涉检查以双重保险。

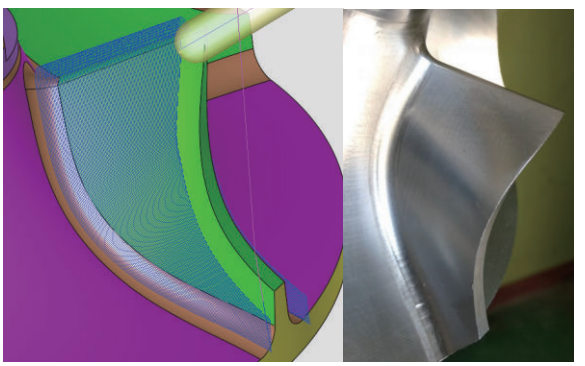

图 5 叶片加工刀具轨迹及加工结果

2. 流道

图 6 是较为理想的流道加工刀具轨迹。该刀具轨迹亦可被定义为：将球刀刀尖点（被投射对象）按左右两叶片面的几何形态投影至轮毂，同时刀轴不能与其他部位发生干涉。

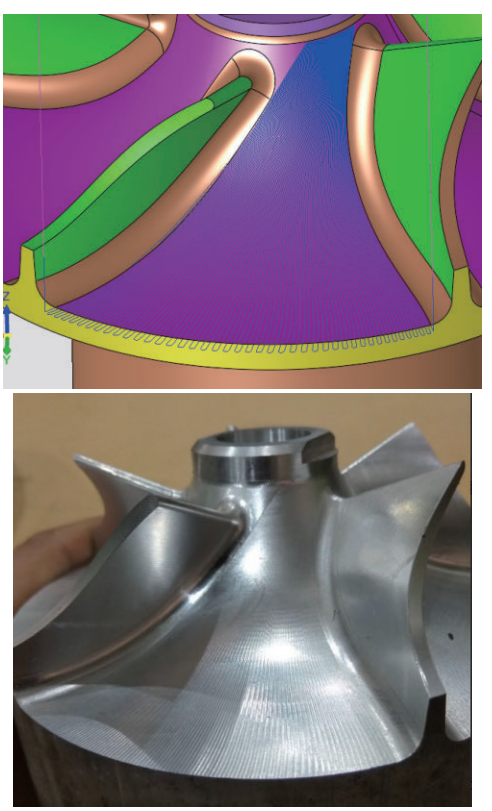

图 6 流道加工刀具轨迹及加工结果

由此可知，需要设置的主要参数有：轮毂作为驱动面（投影面）；左右两叶片曲面作为仿形面；按数量决定层数或按叶片高度决定层数（投影范围）；刀轴（投射线与投射源）按【相对铣削方向的倾斜】，侧倾定义为【垂直于每个位置上的铣削方向】，设置干涉检查使刀杆避开叶片。

四、其它常用软件平台的对比

1.CAXA 制造工程师软件平台

CAXA 制造工程师软件是一款国产 CAD\CAM 软件，该软件 2015R1 版本中的多轴加工模块也使用了 Moduleworks 组件。虽然在干涉检查方面没有 Cimatron 软件完善，但是该软件对计算机性能要求极低，且只要合理地设置了各项参数，也能安全合理高效地编制出多轴刀具路径。

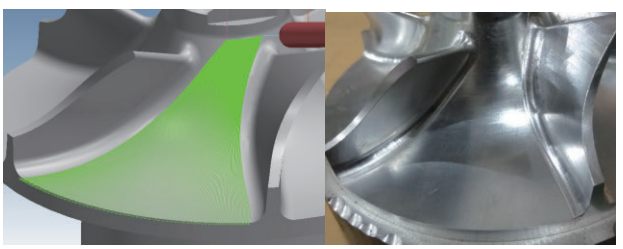

图 7 叶片加工刀具轨迹及加工结果

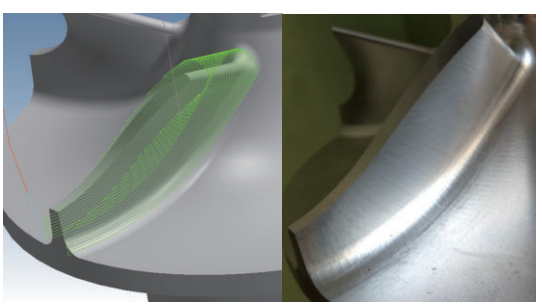

图 8 流道加工刀具轨迹及加工结果

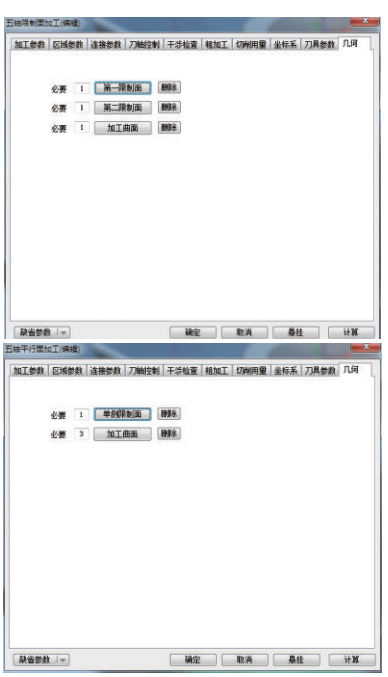

图 9【五轴限制面加工】和【五轴平行面加工】参数设置对话框

同样以上述叶轮零件为例，在该软件平台中可生成与 Cimatron 软件中同样的刀具路径，使用【五轴限制面加工】策略可以编制出叶片加工刀具路径如图 7 所示，使用【五轴平行面加工】策略可以编制出流道加工刀具路径如图 8 所示。其参数设置对话框的主要区别在第 10 个标签【几何】如图 9 所示，不同的刀路策略有不同的选项。参数设置原理方法同 Cimatron 一致，只是对话框布局有所不同。

2.Siemens NX10.0（UG）软件

在 Siemens NX10.0 软件中，可以用【mill_multi-axis】中的【Counter Profile】策略来实现与上述两种软件类似的刀路。但该方式生成刀具路径时需要设置的参数多、计算时间长。另外该策略中只能定义顺铣或逆铣，故切削叶片等非闭合曲面时每层都有进退刀的动作。如图 10 所示。

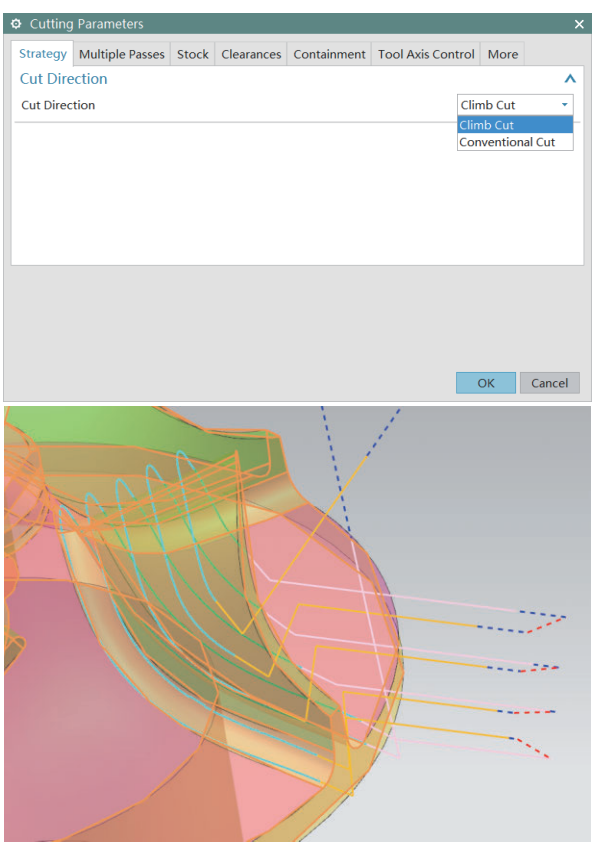

图 10【Counter Profile】切削参数对话框及刀具路径

也可使用【mill_multi-axis】中的【Variable Countour】，通过设置驱动方式为【Streamline】，可以实现如图 11 所示的流线轨迹，主要参数为框选的 4 个选项：由上至下依次为切削区域（投影面）、驱动方式（投影范围）、投影矢量（投射线与投射源）和刀轴。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

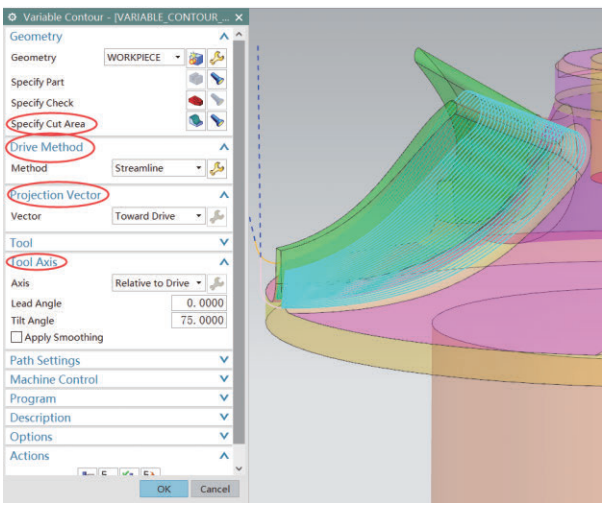

图 11【Streamline】流线方式的刀具路径

选择叶片曲面为切削区域后，在流线驱动方式参数对话框中可以通过自动方式自动判别驱动曲线，如图 12 所示。

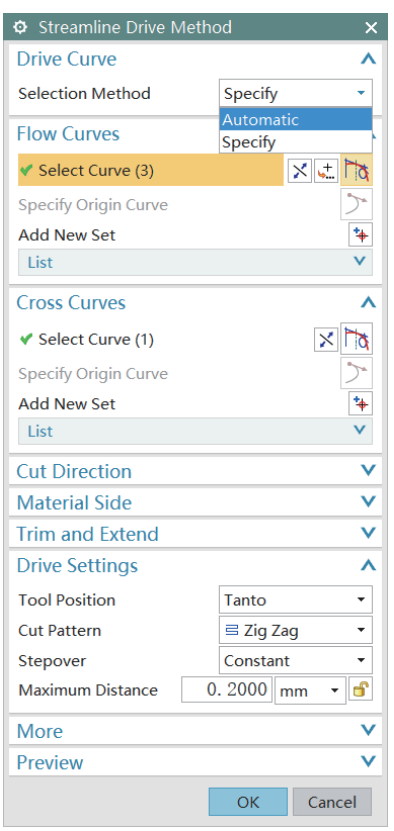

图 12 流线驱动方式参数设置对话框

使用流线方式生成刀具路径方便快捷，轨迹生成速度快。通过设置刀轴侧倾角为 75° 能使刀杆避开叶片。但使用该方式加工本叶轮时，虽然设置了最大层高步距为 0.2mm，由于叶片高度不一致，叶片两端刀具轨迹密度不一致，最终会致使叶片表面粗糙度不一致。刀具轨迹及加工结果如图 13 所示。流线方式也可以用于流道刀具路径编制，刀具轨迹及加工记过如图 14 所示

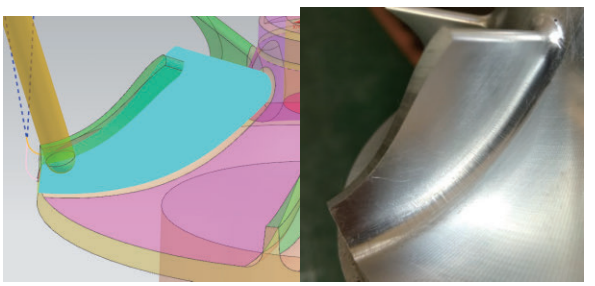

图 13 流线方式刀具轨迹及加工结果

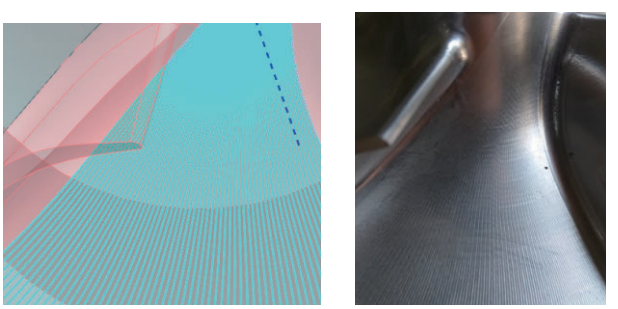

图 14 流道加工刀具轨迹及加工结果

五、结语

本文以某叶轮为例，介绍了基于 Moduleworks 组件的 3 种常用五轴编程软件的刀具路径策略。Moduleworks 内核功能强大，在各软件中该模块灵活易用，技术突出，可控性高，行业适应性强。使用该组件的软件平台在加工策略上有共通性，即使有部分区别，其产生的原因还在软件平台本身，如数据格式接口、参数化建模等 CAD 功能是否强大，以及软件平台在开发时对该组件的优化程度高低有关。通过对该模块针对性地对比分析，可促进多轴加工从业者对编程软件的学习理解，有利于实践应用技能的提升。