

基于CATIA的轴向钻孔编程技术

李紫刚

庆安集团有限公司 陕西西安 710077

摘要：高压冷却系统可以将钻削过程中产生的金属切屑及时排出，内冷的加工方式可提高刀具寿命，节省加工时间，提高加工效率。但加工中心并无针对内冷加工的编程，利用CAM软件CATIA中的轴向连续切削指令，规划内冷钻头加工的策略，并结合在实际应用中的经验，提供一种操作方法，能更高效、准确且安全地实现数控程序的编制。

关键词：深孔加工；内冷；CATIA编程

1 序言

内冷钻头加工特点是切削液可以直达加工区域，并且高压冷却系统可以将钻削过程中产生的金属切屑及时排出，避免切屑堆积在加工区域造成钻头温升过高^[1]，从而延长刀具寿命，同时节省了加工时间，使孔加工效率大幅提升。

在航空领域，尤其是复杂液压壳体中，深孔加工较多。本文将孔深度与孔直径比 >10 的孔定义为深孔，不同深度孔的加工策略也有所不同。在加工中心操作系统中，没有针对内冷钻头的加工模块，当不抬刀连续钻孔且需实现不同的切削参数时，需手动输入切削参数，其缺点是易出错、效率低^[2]。

2 内冷钻孔轴向连续加工

2.1 内冷钻孔加工策略

选择内冷钻头加工时，需要先确认加工机床具有内冷功能且压力符合要求。加工时孔深度不同，所选用的内冷钻头规格及加工步骤、方法均不相同，结合内冷钻头加工的特性与在实际加工中的应用，可按孔深的倍径将其分为以下几种加工情况。

1) 当钻孔深度 <8 倍孔直径时，可用一般钻孔方式，钻头在孔口安全高度打开内冷，中间不抬刀，一次性加工至最终深度。

2) 当 8 倍孔直径 $\leq$ 钻孔深度 <20 倍孔直径时，分两步加工，先用定心内冷钻，在孔口安全高度开内冷，不抬刀钻深度为 3 倍孔直径的引导孔；再调用

深孔内冷钻头，钻深 2 倍孔直径时开内冷，不抬刀钻至最终深度，关闭内冷，再退刀至外部。

3) 当钻孔深度 ≥ 20 倍孔直径时，需分 3 步进行。先用定心内冷钻，在孔口安全高度开内冷，不抬刀钻深度为 2 倍孔直径的第 1 引导孔；再用中等长度的内冷钻头钻第 2 引导孔，钻入深度为 1.5 倍孔直径时开内冷，不抬刀钻至 10 倍孔直径；最后调用深孔加工钻头，关闭内冷，主轴反转进入引导孔，至深度为 2 倍孔直径，然后主轴正转，钻入深度为 9.5 倍孔直径时内冷打开，不抬刀钻至最终深度，关闭内冷，再退刀至外部。

以上每一步分别对应相同直径但不同长度规格的内冷钻头。对于分多步加工的深孔，需将以上加工方法在数控程序编制中进行设置，在CATIA软件编程时，可用轴向连续切削指令实现。

2.2 轴向连续切削设置

按以上方法加工深度不同的孔，钻头的钻入、钻削与退刀需设置不同的加工参数，包括转速、进给速度和冷却方式等。

在CATIA加工界面，孔加工工具栏有轴向连续钻孔指令图标，此加工指令主要用于深孔加工，可在同一孔系中实现不同转速、不同进给速度以及内冷的关闭与打开等动作^[3]，此加工指令的几何参数设置及刀具路径参数设置与一般钻孔不同，需单独设置每个孔的加工过程。

图1所示为液压壳体深孔，孔直径为 4mm ，孔

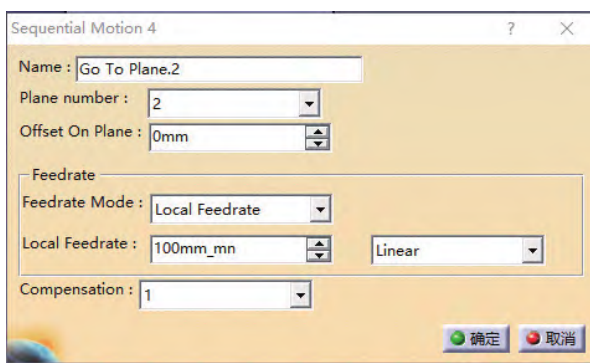


图5 钻孔深度及局部进给速度设置

冷，手动插入内冷关闭指令“INSERT/M9”，然后设定退刀时的局部转速、进给，退刀至安全平面，引导孔钻孔动作完成。对于深度小于20倍孔直径的孔，可用此方法完成深孔加工。

3) 同理，还需设置加长钻头的钻孔动作。首先，钻入深度8mm（2倍孔直径），该过程主轴需反转，机床运动方式选择“CCLW”；其次，以较快的速度钻入深度38mm（平面2向上偏置0.5倍直径），该过程主轴正转，机床运动方式选择“CLW”；再次，打开内冷，手动插入打开内冷指令“INSERT/M7”，以钻削速度钻入深度127.36mm（平面3），加工至最终深度；最后，钻孔完成后退刀，退刀时需关闭内冷，手动插入关闭内冷指令“INSERT/M9”，再设定退刀的转速、进给，退刀至安全平面，至此，深孔加工动作全部完成。设置完后的策略如图6所示。

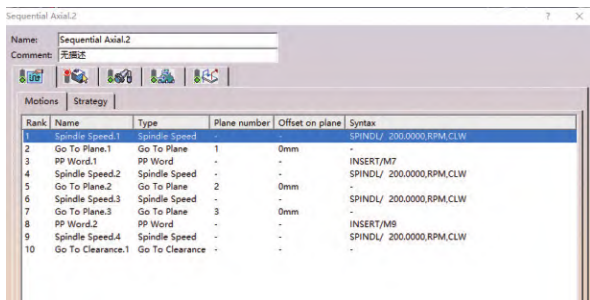


图6 轴向钻孔加工策略

(3) 生成NC文件 所有加工策略设置完成后，需将加工策略转换为机床代码。选择需要后置处理的程序段，在程序段“对象”选项中选择“交互生成NC代码”。如图7所示，选择文件的保存地址及需后置处理的程序段，执行后置处理，CATIA软件可生成APT前置文件。

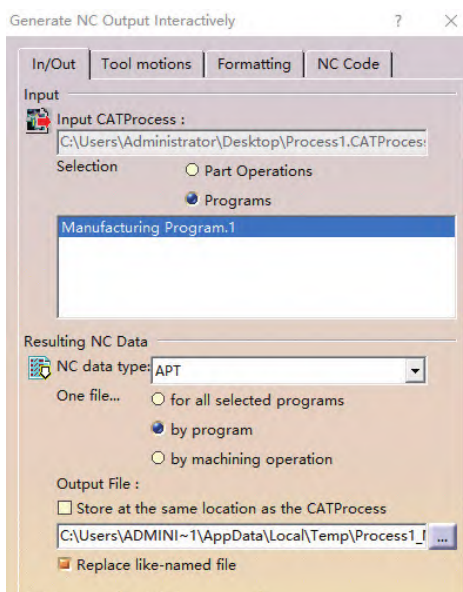


图7 生成APT前置文件

数控机床无法直接识别APT前置文件，需对其进行后置处理生成机床可识别的NC文件。利用IMSpst后置处理软件对选定的文件进行处理^[5]，其中深孔加工生成的部分NC代码如下（不同深度对应的机床转速与进给速度局部相同，实现了不同深度用不同的切削参数的钻削过程）。

```
N26 S600 M3
N28 GO X-66.5 Y116.5
N29 Z115.5
N30 M8
N31 Z65.5
N32 S100
N33 G1 Z45.5 F80. M7
N34 S1000 M4
N35 Z10.5 F200.
N36 S1500 M3
N37 Z-39.5 F300. M9
N38 S200
N39 Z65.5 F1000.
N40 G0 Z165.5
```

NC代码生成后，在机床加工零件前，应对数控程序进行几何仿真，以保证走刀路径的正确性，提高程序的编制质量。

3 结束语

CATIA软件中，内冷钻头的加工设置难点主要

Mastercam和VERICUT在汽轮机叶片四轴加工和仿真中的应用

张成林

中车大连机车车辆有限公司 辽宁大连 116000

摘要：针对工业汽轮机叶片，利用四轴联动加工中心，对四轴数控加工相关技术进行了探索，通过自动编程软件的合理运用，使叶片加工更高效。

关键词：四轴联动；汽轮机叶片；Mastercam编程；VERICUT仿真；加工效率

1 序言

四轴联动加工中心比传统的三轴联动加工中心增加了旋转轴，三轴即X、Y、Z三根直线轴，第四轴一般是旋转的A轴，即刀轴和工件的表面法线形成夹角，可以扩大加工范围，在加工不规则曲面或结构复杂的零件时，可使切削刀具以最佳姿态接近工件，实时调整旋转轴角度，从而达到高精度。在多角度和曲面形状复杂零件的加工中，目前国产机床应用已较为广泛，其价格相对较低，维护费用相对于进口机床也较低，这对于中小型企业尤为关键。

对汽轮机性能和寿命有直接影响的是工业汽轮机叶片，它是汽轮机的核心部件。传统的三轴加工方法难以满足叶片复杂曲面的加工需求，而四轴加

工技术通过增加一个旋转轴，使得加工变得更加高效和精准。Mastercam软件提供多种四轴加工功能，是较为先进的计算机辅助制造（CAM）工具^[1]。本文研究了基于Mastercam软件的汽轮机叶片四轴加工工艺及其效率，通过理论分析和实际案例，探讨其在实际应用中的优势及对生产效率的提升作用。

2 汽轮机叶片的结构及工艺分析

扭叶片（见图1）和直叶片（见图2）均为工业汽轮机动叶片，直叶片主要特点是结构简单、制造成本较低以及从叶根到叶冠的型线不变。扭叶片则由叶根至叶冠为不规则型线，具有扭转的曲面叶身，其型面的加工是制约叶片生产效率和产品质量提升的瓶颈。因为叶片型面是由复杂的自由曲面构

在钻头切削路径策略的规划，根据孔深需预先设置好加工方式，再在软件中依次定义。本文结合实际加工操作中的切削路径，介绍了在软件中如何实现走刀方式的设置。利用CAM软件规划刀具的走刀路径、生成NC代码，能更高效、准确且安全地实现数控代码的编制，以减少在加工时操作人员手动输入程序的情况，为数控程序的高效编制提供参考。

参考文献：

[1] 陈俐华，武文革，于大国，等. 深孔加工技术工艺分析[J]. 工具技术，2022，56（8）：56-62.

[2] 陈丹. 基于机械加工的深孔加工技术研究[J]. 现代制造技术与装备，2022，58（8）：143-145.

[3] 赵东辉. 基于机械加工的深孔加工技术探析[J]. 科技创新与应用，2019（20）：138-139.

[4] 李瑞. 基于UG的模块孔加工过程分析[J]. 电子技术与软件工程，2018（17）：70-71.

[5] 张晓东，韩策. 航空复杂壳体零件深孔加工技术研究[J]. 航空制造技术，2017（15）：50-57.

MW 20241010