高速加工及 PowerMILL 软件中的创新思想浅析

英国达尔康(中国)有限公司 (100086) 翟万略

TG/B

一、前言

高速加工切削系统主要由高速切削的高速加工中心、高性能的刀具夹持系统、高速切削刀具、安全可靠的高速切削 CAM 软件系统组成，因此说高速加工是一项庞大的工程。

高速加工设备的大量应用，对编程系统的要求越来越高，价格昂贵的高速加工设备对软件提出更高的要求——安全性、有效性。高速加工走刀速度是常规加工的 5～10 倍或更高，任何编程过程的失误(如过切、干扰、碰撞等)都会造成非常严重的事故，而且由于高速运动无法靠人工急停来预防。高速加工设备是非常贵重的设备，任何意外事故都会给企业造成不可估量的损失，这需要 CAM 系统必须具备全自动的(而不能是半自动或人工的)防过切、防碰撞功能，确保 NC 指令的绝对安全性，这对高速加工设备提出一个基本要求。另外，要保证刀具路径的光滑平稳，来确保零件加工质量和机床主轴等部件的寿命，以及刀具在切削过程中载荷的均匀性。

PowerMILL 是基于知识、基于工艺特征的、有多种独有加工方式、全程防过切、适用于高速加工的一款智能化 CAM 系统。本文从高速加工所要求的各项条件及 PowerMILL 适合高速加工的功能、安全防护措施来展开讨论。

二、高速加工的加工方式

高速加工一般可分为：以去除余量为目的的粗加工、残留粗加工及以获取高质量的加工表面及细微结构为目的半精加工、精加工、镜面加工等。

1.粗加工

高速加工的粗加工所应采取的工艺方案是：高切削速度、高进给率和小切削量的组合，PowerMILL 的粗加工(区域清除)尽可能地保持刀具负荷的稳定，减少任何切削方向的突然变化，从而减少切削速度的降低，并且尽量采取顺铣的加工方式。

PowerMILL 粗加工中的赛车线加工方式，是本人纵观多种加工软件中所少有的一种极为适合高速加工原理的加工方式，其基本原理(如图 1)：把刀具路径看成赛车在跑道内高速行驶，赛车可以偏离跑道的中心，从而产生类似于赛车在跑道内的运动路径。赛车可以在不失速率的情况下来转弯，增加了刀路运动的光滑性、平衡性，避免刀路突然转向、频繁地切入切出所造成的冲击。图 2 是用 PowerMILL 的赛车线粗加工方式产生的单层刀具路径。

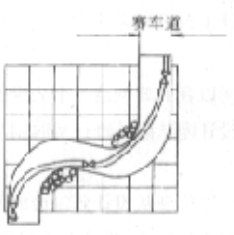


图 1

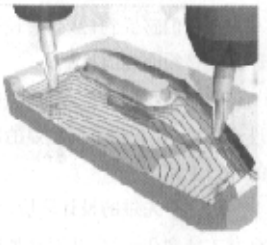


图 2

残留粗加工(图 3)也是只有部分 CAM 所拥有的一个高级加工功能，PowerMILL 能自动识别上一刀的残留量，对零件进一步进行残留粗加工及对上次粗切的优化功能。上刀粗切中，由于零件存在非平面区域，那么就会留有台阶，使残留余量不尽均匀。系统可以判别，然后在层间切削，尽可能使余量保持均匀，进而生成优化的粗加工刀具路径，得到没有空走刀的刀具路径。

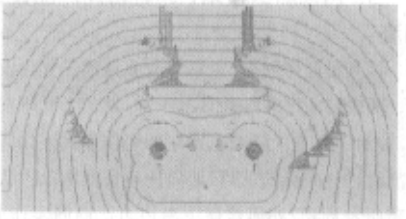


图 3

PowerMILL 粗加工中另外一个特有加工功能是自动摆线加工选项。摆线加工(图 4)是利用刀具沿一滚动的圆的运动来逐次、逐层对零件表面进行高速、高效、小切量的切削。以前对高速加工的要求是，必须保证使用比传统

加工方法小的行距和下切步距，而最新切削刀具技术和 CAM 技术的发展使得下切步距大小不再受到限制。采用摆线加工方式可在高速加工中采取大的下切步距。摆线加工还能减少全刀宽切削，并且其产生的刀具路径始终是光滑的、平稳的。PowerMILL 的智能余量识别功能能在大加工量、全刀宽、拐角等区域自动判定，自动采用摆线加工方式，从而使摆线加工方式在大余量的粗加工中得以应用。图 5 是用粗加工中摆线加工选项生成的刀具路径。

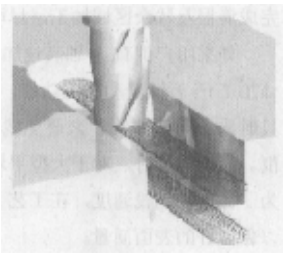


图 4

PowerMILL 粗加工中的区域过滤选项也是仅部分 CAM 软件所拥有的高级加工功能，亦即对于不具备中心切削能力的刀具，基于知识、基于工艺特征的 PowerMILL 系统会自动过滤掉刀具盲区干涉区域的粗加工路径，从而避免事故的发生。另外，PowerMILL 粗加工的连接方式如螺旋下刀、之字形下刀、沿轮廓斜向下刀都非常适合高速加工的加工要求，编程时可以选用，尽可能避免直接下刀。另外粗加工中，必须使用偏置加工策略，而不是使用传统的平行加工策略。在可能的情况下，都应从工件的中心开始向外加工，以尽量减少全刀宽切削。

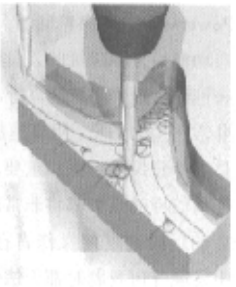


图 5

2.精加工

精加工的基本要求是要获得很高的精度和光滑的零件表面质量，轻松实现精细区域的加工，如：小的圆角(小于 1mm)、小的沟槽等。高速加工的出现是一场制造行业的革命，可以使诸如要使用耗时的放电加工工艺完全在高速加工中心上完成，淬硬材料在高速加工中心上能够获得十分高的表面质量(R_a0.4μm)等，这使得传统工艺人员必须重新考虑工艺。如果要获得高的表面质量，切入切出工件时，无论是粗加工还是精加工，都应使用圆弧切入和切出方法来切入或离开工件。应尽量避免垂直下刀直接接触零件表面，因为这样会降低切削速度，同时会在零件表面上留下很多刀痕。PowerMILL 的切入切出及连接方式极大限度地满足了高速加工的要求，特别在精加工中一定要采用切入切出的工艺方案。同时 PowerMILL 是一款加工策略非常丰富的 CAM 系统(如图 6)。

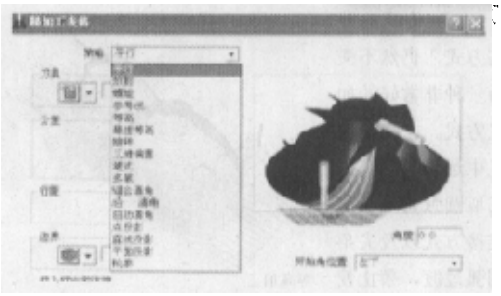


图 6

对许多形状来说，精加工最有效的策略是使用三维螺旋策略(如图 7)。使用这种策略可避免使用平行策略和偏置精加工策略中出现的频繁的方向改变，从而提高加工速度，减少刀具磨损。这个策略可以在很少抬刀的情况下生成连续光滑的刀具路径。

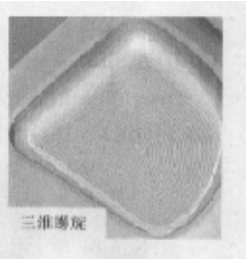


图 7

传统的等高加工方式是众多 CAM 软件普遍采用的一种加工方式，PowerMILL 在此经典加工方式上做的创新让人耳目一新：

(1) 螺旋等高，是在加工区域仅一次进刀，在不抬刀的情况下生成连续光滑的刀具路径(图 8)，进、退刀方式采用圆弧切入切出。螺旋等高方式的特点是没有等高层之间的刀路移动，避免频繁抬刀、进刀对零件表面质量的影响及机械设备不必要的耗损。

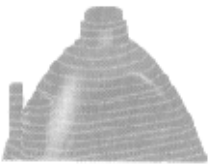
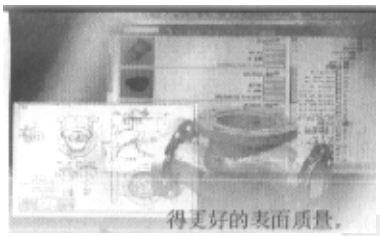


图 8

(2) 等粗糙度等高加工，可谓独具特色的一种加工方式，一改其他 CAM 软件的单一等 Z 轴方式，智能识别、智能转换将大幅提高曲面加工质量，刀路的优化将大幅减少加工时间。

(3) 最佳等高方式同样是非常适合高速加工的一种加工方法。PowerMILL 系统会自动利用区域分析算法对陡峭和平坦区域分别处理，计算适合等高及适合使用类似 3D 偏置的区域，并且同时可以使用螺旋方式在很少抬刀的情况下生成优化的刀具路径(图 9)，获

图 9



得更好的表面质量。

(4) 传统的等高方式，仍然不失为一种非常好的加工方式。在高速加工中运用，一定要采取圆弧切入切出连接方式以及尖角圆弧过渡，禁止使用直接下刀的连接方式来生成高速加工的程序(图 10)。

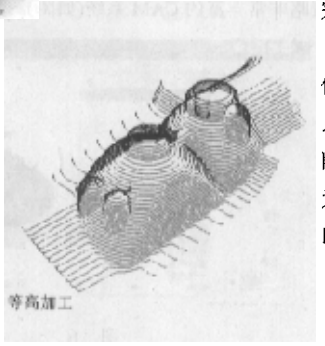


图 10

PowerMILL 的清根功能是笔者接触的 CAM 软件中方式多样(图 11)、安全性好、考虑周到的 CAM 软件系统。

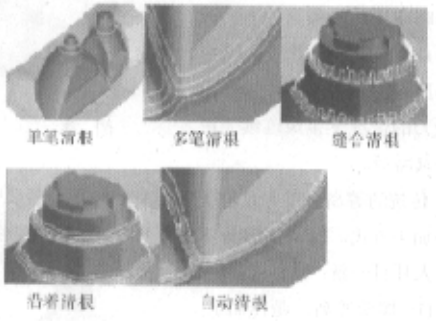


图 11

(1) 自动清根　基于模型余量特征的多道往复自动清根，PowerMILL 系统会自动利用区域分析算法对陡峭和平坦区域分别处理，并根据加工工艺自动在陡峭拐角采用等高的方式来生成刀具路径，平坦区域产生沿着的刀具路径，并且沿根方向全自动从外向内往复加工，确保余量均匀，保证刀具路径的自然光滑、平稳、载荷均匀(图 12)。

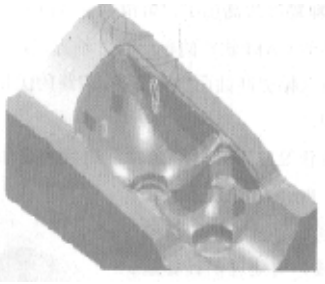


图 12

(2) 残余量清根加工　系统自动比较上次加工与原模型，自动找出残余量边界。除单笔清根外，其余清根方式都可利用残余量清根选项，由外向内的 3D offest 方式完成清根及残余区域加工，尽可能地减少人工修复。

如果用户拥有 5 轴高速加工中心，3+2 轴加工(五面体加工)及五轴联动加工功能，那么就可以在使用球型刀具时采用前倾侧倾，来避免线速度非常低的刀尖参加切削。高速加工时，对于大型平坦表面如汽车覆盖件模具，为了保证切削线速度，在工艺上需要刀具固定摆角加工，以保证好的表面质量。

三、干涉检查及后编辑

在编程过程中，使用要用于加工的实际刀具长度刀夹尺寸进行干涉检查(图 13)，系统可以根据设置快速检查刀具、刀柄、夹具是否干涉。实际加工过程中，刀具、刀柄、夹具的干涉碰撞是操作者最为担心的问题，PowerMILL 提供精确的刀具、刀柄、夹具的干涉检查，自动截掉发生碰撞的刀具路径与指令，并可以给出不发生碰撞的最短夹刀长度，指导操作者最优化备刀准备，具有非常实用的意义。用高速加工状态下，完全避免过切和刀具夹持碰撞检查更加重要，因为任何这样的损坏都将非常严重。高的运转速度使操作者在加工中发现任何问题时都无法停机，因而加工前一定要用 ViewMILL 检查刀具加工路径及仿真检查进行结果校验。

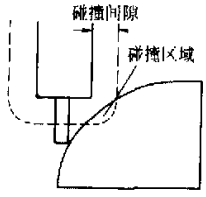


图 13

高速加工状态下，刀具碰撞和过切问题显得更加严重。PowerMILL 的刀具夹持碰撞检查和过切避免功能消除了 NC 程序员对此问题的忧虑。

四、切削速度的优化高速控制器具有 NURBS 选项

使用 PS-Optifeed 优化 F 值，系统可以根据生成刀具路径在切削时的切削量的变化，自动进行速度优化处理。在切削量小的地方加快切削速度，而在加工余量大的地方增加切削速度，从而缩短加工时间，提高了工作效率，减少刀具的损坏，延长刀具的寿命，保证机床和刀具需要的切削载荷的更小变化，提高精加工的表面质量。图 14 是优化 F 值的过程，图 15 是优化 F 值后切削时，等值的刀具载荷及切削速度根据余量大小的变化曲线。

五、高速控制器具有 NURBS 选项

最新的高速控制器具有 NURBS 选项，从而允许用

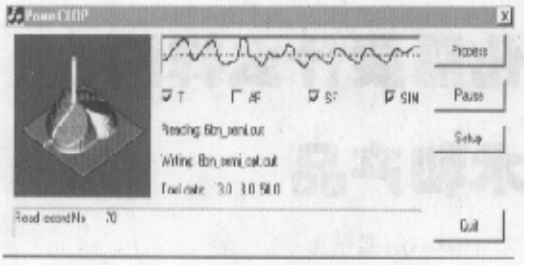


图 14

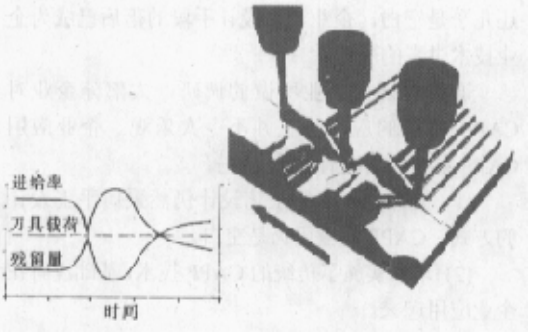


图 15

一系列曲线运动而不是大量的、短的直线运动来进行精加工。这样过程控制不再是速度瓶颈，因而加工速度就更加提高。由于每一段 NURBS 运动更长，机床控制器能向前看得更远，这样使得路径计和进给速率设置更加智能化。同时，使用曲线路径比使用一系列直线路径有更少的速度调整，如减少、减速，产生更适合高速加工的 NURBS 曲线控制代码。

六、结束语

本文是笔者对高速加工的理解以及在实际工作中的一些经验。我个人认为高速加工程序的安全性是首要的，在前面已经多次谈到，因此选择智能化的 CAM 系统就是必须的。因为传统的 CAM 系统一般都是面向局部的加工方式，靠操作者指定过切控制面或形体，采用人工或半自动的方式防过切处理。由于不是全自动的过切防护，所以操作者的精神压力极大，受到情绪、责任心等方面人为因素的影响大，这无法从根本上杜绝错误的发生，具有发生严重事故的隐患，因此传统的 CAM 系统不合适于高速加工技术的应用。以上是笔者应用 PowerMILL 进行高速加工编程的一点体会，不足之处请大家指正。

(收稿日期：20021212)

（上接第 13 页）

或某个人如果在一段时间内不响应，则自动把工作流信息传递给另一个人等。功能做得太细，结果势必是工作流定义复杂；而如果功能太简单，又满足不了企业的实际需求。

（5）如何提高 PDM 系统的易用性和实用性。PDM 要用好，需要定义大量的基础数据，如组织结构、产品结构等。而如果要用好 PDM 的项目管理功能，则需要进行大量、烦琐的定义工作。这些工作一定程度上制约了 PDM 的实用性和易用性。

（6）如果要将 PDM 应用于异地协同设计，就要求 PDM 在体系架构方面支持开放平台，采用多层结构等和 B/S 模式。

（7）PDM、OA、ERP 功能的重叠。由于 PDM、OA、ERP 是在不同的背景上发展起来的，从不同的角度来解决企业信息化的一部分问题，因此，功能上存在着许多重叠之处。例如，文档管理在 PDM 和 OA 中都有，工作流和权限管理在 PDM、OA、ERP 中都有，项目管理在一些大型的 ERP 和企业级的 PDM 中都有，每个软件都管不彻底，管不全面，对制造业企业造成诸多理解、应用和管理上的不便，大量信息需要重复输入，限制了各个管理软件实用价值和应用效果，导致了信息孤岛问题。

3. PDM 技术与市场的发展前景

首先，由于各省市的制造业信息化工程逐步开始实施，省市科技厅局扶持制造业信息化示范企业方面的资金逐步到位，2003 年 PDM 市场将会继续升温，市场容量将有较大增长。

第二，制造业企业对 PDM 的选型将变得更加理智与慎重。制造业企业将会权衡 PDM、OA 和 ERP 实施和应用的先后次序，有选择地应用适合自己的 PDM 的功能模块，在应用实施前就对 PDM 厂家提出明确的功能需求与开发需求，甚至在选型过程中对 PDM 软件公司的实施人员、实施策略进行考核。

第三，随着技术的发展和制造业企业对实现信息集成的迫切需求，PDM、ERP 与 OA 的许多功能将逐渐融合。在不远的将来，一种建立在统一的数据库、中间件平台、工作流平台、组织结构定义工具、权限管理工具基础上，集成各种应用组件的企业综合管理系统将会出现，该系统将实现对企业各类数据、信息、资源的统一管理，使整个企业真正实现在统一的平台上，运用信息技术，从决策层、战略层和战术层，全方位地实现管理、协调、控制，使制造业企业发展成为真正的数字化企业。

(收稿日期：20021224)