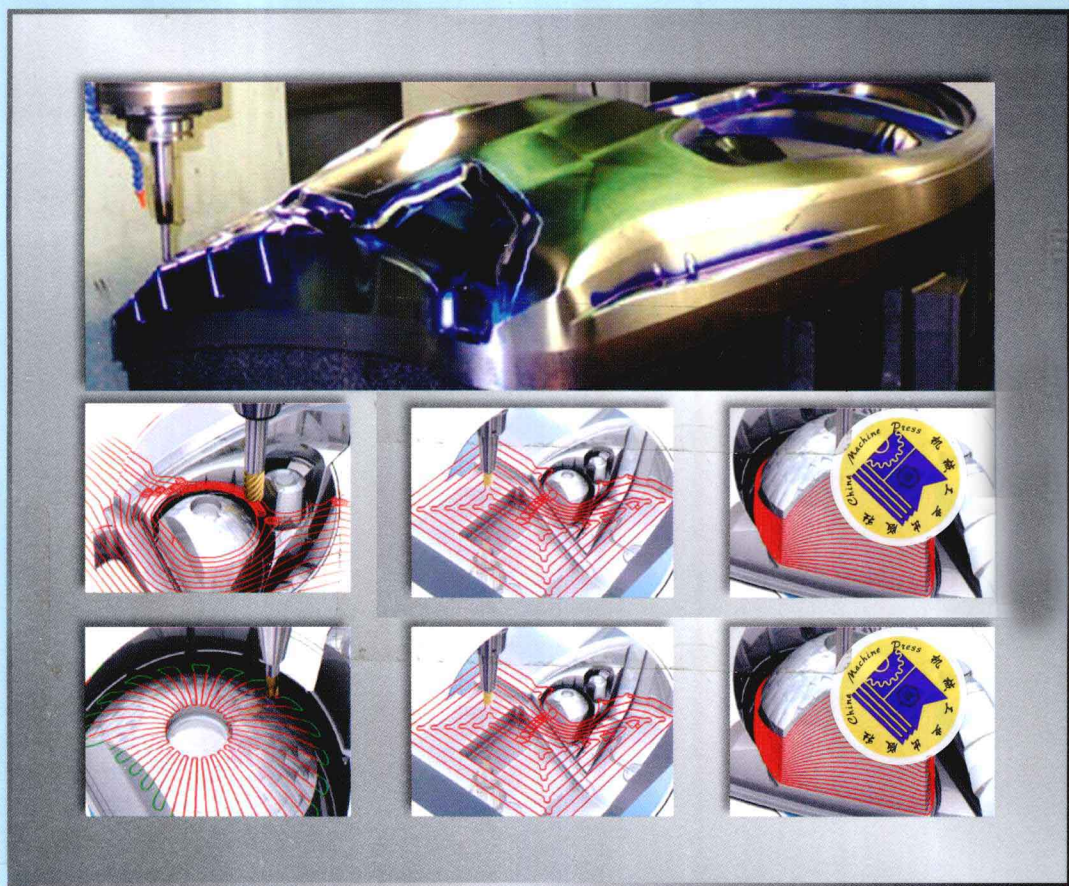


英国Delcam (中国) 有限公司正式授权培训教材
数控铣工专业技能竞赛参考教材

PowerMILL

高速数控加工 编程导航

◎ 朱克忆 编著



英国 Delcam (中国) 有限公司正式授权培训教材
数控铣工专业技能竞赛参考教材

PowerMILL

高速数控加工编程导航

朱克忆 编 著



机械工业出版社

本书紧密结合数控加工实际情况,详尽地作了数控编程工艺思路分析,并讲解应用 PowerMILL 2011 各功能解决高速数控加工编程中问题的方式和操作方法。全书按数控加工工艺流程编排章节内容,第 1~3 章介绍 PowerMILL 2011 的基础知识、基本操作以及高速数控加工刀具路径方面的知识等内容,第 4 章集中讲解应用 PowerMILL 2011 编制高速粗加工刀具路径,第 5 章介绍应用 PowerMILL 2011 编制高速精加工刀具路径,第 6 章详细地讲解了刀具路径切入段、切出段和连接段各种方式和参数的设置,第 7 章介绍加工范围的控制方式和方法,第 8 章介绍了用于引导和优化刀具路径生成的参考线及刻线加工编程,第 9 章讲解高速清角加工编程,第 10 章介绍钻孔加工编程,第 11 章介绍编辑刀具路径的方法及刀具路径的安全检查,第 12 章集中介绍刀具路径后置处理及三轴、四轴机床后处理文件的订制。为方便读者学习,本书附带了一张光盘,包含了书中所有的实例源文件以及部分实例的操作视频文件。

本书可供大中专院校、职业院校、技工学校和各类短期培训班数控技术应用专业师生使用,还可供机械加工企业、工科科研院所从事数控加工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

PowerMILL 高速数控加工编程导航/朱克忆编著. —北京:
机械工业出版社, 2012.3

ISBN 978-7-111-37240-0

I. ①P… II. ①朱… III. ①数控机床—加工—计算机
辅助设计—应用软件, PowerMILL IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 012430 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 周国萍 责任编辑: 周国萍

责任校对: 刘怡丹 封面设计: 姚毅

责任印制: 乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 25.25 印张 · 621 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-37240-0

ISBN 978-7-89433-327-8 (光盘)

定价: 59.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑: (010) 88379733

社服务中心: (010) 88361066

网络服务

销售一部: (010) 68326294

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

PowerMILL 是英国 Delcam 公司面向机加工行业推出的 2~5 轴高速数控加工自动编程软件。该软件面向工艺特征, 先进智能, 基于工艺知识的积累进行编程优化, 具有编程策略丰富、操作过程简单、刀具路径算法先进及编辑功能强大等特色, 根据 CIMDATA 公司的统计数据, 它已经成为数控加工行业市场增长率最高的 CAM 系统。

作为一本工程应用软件的教材, 所关注的中心问题应该从实践中来, 通过详尽的解释和演练, 使读者掌握解决问题的技能并应用到实践中去, 以解决实际工程问题为首要目标。在这样一种理念指导下, 本书在编排时, 尽量按数控加工的操作流程, 提出问题, 讲解 PowerMILL 2011 解决该问题的思路和方法。在基于应用的前提条件下, 对 PowerMILL 2011 加工策略选项作了详尽的解释和举例。

我们认为, 工程应用软件教材不能仅仅着眼于操作技能这一层面, 优秀的工具软件教材绝对不是简单的操作手册翻译本, 而应该在讲解操作技能、步骤的同时, 渗透零件结构加工性分析、工艺特征的划分及其加工策略选择、高速加工编程参数等知识, 使读者领悟到机械加工的精髓——加工工艺思路, 并能帮助读者培养或提高这种工艺分析能力。编著者一直追求着这样的目标, 希望本书能够为读者抛砖引玉。

本书主要面向有志于从事数控编程的学生、技术人员以及对数控编程有兴趣的广大读者。可以作为大中专院校、技工学校和培训班师生的教材, 也可以供工程技术人员以及社会有需要的人士参考。为方便读者学习, 随书赠送的光盘中收录了书中全部实例源文件以及部分实例的操作视频文件, 读者在练习过程中可以调用它们。

由于编著者水平有限, 书本中难免存在一些错误和不妥之处, 恳请各位读者在发现问题后告诉作者, 以便改正。

编著者

2012 年 4 月

电子邮箱: keyizhu@163.com

目 录

前言

第 1 章 PowerMILL 2011 概述	1
1.1 CAM 技术与 PowerMILL 软件	1
1.2 PowerMILL 软件的独特优势	1
1.3 PowerMILL 软件的主要功能	3
1.4 PowerMILL 2011 软件的工作界面	5
1.5 PowerMILL 软件的基本概念	7
1.6 “文件”下拉菜单条详解	8
1.7 PowerMILL 编程操作全过程及引例	11
第 2 章 PowerMILL 2011 基本操作	24
2.1 设置	24
2.1.1 系统选项设置	24
2.1.2 用户自定义路径设置	25
2.1.3 系统颜色设置	26
2.1.4 PowerMILL 命令显示功能	26
2.1.5 PowerMILL 重设表格功能	27
2.2 PowerMILL 软件的基本操作	27
2.2.1 PowerMILL 软件中的鼠标操作	27
2.2.2 与加工项目文件有关的操作	27
2.2.3 图层和组合操作	28
2.2.4 模型分析与测量	30
2.2.5 模型分中	35
2.2.6 坐标系及用户坐标系设置	36
2.2.7 PowerMILL 常用快捷键	39
2.3 PowerMILL 数控编程的公共操作	39
2.3.1 创建毛坯	39
2.3.2 创建刀具	44
2.3.3 数控加工切削用量及其设置	49
2.3.4 计算安全高度	51
2.3.5 设置刀具路径开始点和结束点	54
第 3 章 高速数控加工刀具路径概述	57
3.1 数控加工刀具路径质量	57
3.2 高速加工对刀具路径的要求	59

3.3 PowerMILL 刀具路径策略及其典型特点	60
3.4 数控加工工艺规划概述	63
第4章 PowerMILL 2011 高速粗加工编程	66
4.1 二维曲线区域清除	66
4.2 模型区域清除	72
4.2.1 模型区域清除策略概述	72
4.2.2 模型区域清除策略常用选项详解	78
4.2.3 刀具路径策略公共选项详解	88
4.2.4 PowerMILL 2011 高速粗加工编程	108
4.3 模型轮廓粗加工策略	118
4.4 插铣	122
4.5 二次粗加工及残留模型	127
第5章 PowerMILL 2011 高速精加工编程	138
5.1 向下投影精加工策略	139
5.1.1 平行精加工策略	140
5.1.2 精加工刀具路径刀位点的优化	147
5.1.3 平行平坦面精加工策略	153
5.1.4 偏置平坦面精加工策略	156
5.1.5 螺旋精加工策略	159
5.1.6 放射精加工策略	161
5.2 三维偏置精加工策略	163
5.3 等高层切精加工策略	168
5.3.1 等高精加工策略	168
5.3.2 最佳等高精加工策略	174
5.3.3 陡峭和浅滩精加工策略	176
5.4 轮廓精加工策略	180
5.4.1 轮廓精加工策略	180
5.4.2 线框轮廓加工策略	186
5.5 PowerMILL 二维精加工策略	189
5.5.1 二维曲线轮廓	189
5.5.2 平倒角铣削	191
5.5.3 面铣削	194
第6章 刀具路径的切入切出和连接	197
6.1 刀具路径切入切出和连接概述	197
6.2 设置刀具路径的提刀和下切距离	199
6.3 设置初次切入方式	204
6.4 设置切入和切出方式	210

6.5 设置刀具路径延伸	215
6.6 设置刀具路径的连接方式	216
第 7 章 PowerMILL 2011 加工范围控制	224
7.1 边界概述	224
7.2 创建边界的方法及其应用	225
7.2.1 毛坯边界	225
7.2.2 残留边界	227
7.2.3 已选曲面边界	230
7.2.4 浅滩边界	233
7.2.5 轮廓边界	237
7.2.6 无碰撞边界	241
7.2.7 残留模型残留边界	246
7.2.8 接触点边界	249
7.2.9 接触点转换边界	252
7.2.10 布尔运算边界	255
7.2.11 用户定义边界	257
7.3 编辑边界	263
第 8 章 参考线与刻线加工编程	266
8.1 引言	266
8.2 参考线概述	267
8.3 参考线的创建方法	268
8.4 编辑参考线	275
8.5 PowerMILL 刻线加工编程	277
8.5.1 参考线精加工策略	278
8.5.2 镶嵌参考线精加工策略	285
8.5.3 参数偏置精加工策略	289
8.5.4 作为引导线使用的参考线	294
8.5.5 作为摆线粗加工刀具路径使用的参考线	297
第 9 章 PowerMILL 2011 高速清角编程	300
9.1 拐角区域清除策略及编程实例	301
9.2 清角精加工策略	309
9.3 多笔清角精加工	313
9.4 笔式清角精加工	316
第 10 章 PowerMILL 2011 孔加工编程	319
10.1 特征设置	319
10.1.1 定义特征设置	320

10.1.2 识别模型中的孔	321
10.2 孔加工策略	323
第 11 章 刀具路径的编辑及安全检查	332
11.1 刀具路径编辑	332
11.1.1 变换刀具路径	333
11.1.2 剪裁刀具路径	338
11.1.3 分割刀具路径	341
11.1.4 移动刀具路径开始点	343
11.1.5 更新区域	344
11.1.6 重排刀具路径	346
11.1.7 复制刀具路径	348
11.1.8 删除刀具路径	348
11.1.9 更新边界内的进给率	348
11.1.10 刀具路径组成元素的显示控制	349
11.1.11 刀具路径提起	351
11.1.12 替换刀具	352
11.1.13 设置开始点、结束点、快进和进给率	352
11.2 刀具路径安全检查	353
11.2.1 刀具路径碰撞检查	353
11.2.2 刀具路径过切检查	355
11.3 刀具路径仿真	358
第 12 章 刀具路径后置处理	364
12.1 PowerMILL 后置处理	364
12.2 PowerMILL 加工工艺文件制作	369
12.3 PM-post 机床选项文件订制	372
12.3.1 使用 PM-post 后处理刀具路径	374
12.3.2 机床选项文件的修改与订制	377
12.3.3 按照 NC 程序模板的要求订制后处理文件	382
12.3.4 订制 Fanuc 数控系统的四轴机床后处理文件	387
附录	391
附录 A 提高刀具路径安全性的若干措施	391
附录 B PowerMILL 常用命令一览	392
参考文献	393

第 1 章 PowerMILL 2011 概述

1.1 CAM 技术与 PowerMILL 软件

自 20 世纪 40 年代诞生计算机以来, CAD/CAM 技术(英文全写是 Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture, 翻译为计算机辅助设计/计算机辅助制造技术)作为计算机技术主要应用分枝一直处于快速发展的状态。在机械加工行业, 最早应用计算机辅助制造技术是 20 世纪 50 年代美国麻省理工学院(MIT)利用数控装置实现控制三轴铣床加工复杂曲面模型。我们知道, 简单零件(其结构要素主要为孔、槽、平面及回转面等规则特征)在普通铣床上加工还是较容易完成的, 但是一旦零件上包含自由曲面(即便是规则曲面, 如球面等)特征, 其加工过程就难以实现。这是因为加工此类曲面要求刀具作三坐标空间联合运动, 而人工控制是很难实现二维以上的联合切削运动的, 但这类曲面在飞行器、交通工具、家用电器等制造行业中却有极广泛的应用。正是在这样一种背景下, 宇航制造业内的研发人员率先涉足于使用计算机来控制机床的三坐标甚至多坐标联合运动。如何实现这一过程呢?

现代制造业加工带自由曲面零件的一般过程是, 首先, 利用计算机图形学原理和技术将零件的外形数字化, 在特定坐标系下以点、线、面、体的形式将要加工的零件描述出来(这就是 CAD 技术)。有了这些几何元素之后, 计算机可以根据几何公式计算出零件上任意点的坐标值来, 再配合编程人员设定的毛坯、刀具、切削用量和切削方式等元素, 即可计算出刀具要在毛坯上切削出零件外形的刀位点来, 将这些刀位点经数据格式转换后规则地传输到机床数控系统, 经过数控系统的插补运算实现机床的 X、Y、Z 坐标运动从而加工出零件来(这就是 CAM 技术)。

上述过程表明, 在现代机械加工流程中, CAM 技术的有效实现是整个零件数控加工过程的关键步骤。一款优秀的 CAM 软件应能帮助我们高效、高质量、安全地计算出机床所需要的坐标点数据。

PowerMILL 软件是英国 Delcam 公司推出的一款主要面向三维自由曲面的 2~5 轴高速铣削加工 CAM 系统。它的研发起源于世界著名学府剑桥大学, 1977 年英国 Delcam 公司正式成立, 1991 年 Delcam 公司产品正式进入我国。

PowerMILL 软件的应用主要集中在一些要常常面对三维自由曲面的行业, 典型应用领域包括汽车车身覆盖件模具制造业、塑料模具制造业、航空航天器异形结构件制造业、各类型整体模型(如整体车模)、整体零件(如整体叶轮)制造业等。

1.2 PowerMILL 软件的独特优势

区别于市面上其余众多的 CAM 软件, PowerMILL 软件具有以下五个方面的独特优势。

1. 独立运行，便于管理

一些传统的 CAM 系统基本上都属于 CAD/CAM 混合化的系统结构体系，CAD 功能是 CAM 功能的基础，同时它又与 CAM 功能交叉使用。这类软件不是面向整体模型的编程形式，工艺特征需由人工提取，或需进一步经由 CAD 功能处理产生，由此会造成如下一些问题。

1) 不能适应当今集成化的要求。通常情况下，我们希望软件的模块分布、功能侧重必须与企业的组织形式、生产布局相匹配，而系统功能混合化不等于集成化，更不利于网络集成化的实现。

2) 不适合现代企业专业化分工的要求。混合化系统无法实现设计与加工在管理上的分工，增加了生产管理与分工的难度，也极大地阻碍了智能化、自动化水平的提高。

3) 没有给 CAPP（计算机辅助工艺设计）的发展留下空间与可能。众所周知，CAPP 是 CAD/CAM 一体化集成的桥梁，CAD/CAM 混合化体系决定了永远不可能实现 CAM 的智能与自动化。随着企业 CAD、CAM 等技术的应用，工艺库、知识库的完善，将来 CAPP 也会有相应的发展，逐步地实现科学意义上的 CAD/CAPP/CAM 一体化集成。而混合化的系统从结构上为今后的发展留下了不可弥补的隐患。

PowerMILL 软件是面向完整加工对象的 CAM 系统，它独立于 CAD 系统，并可接受各类 CAD 系统的模型数据，因此可与 CAD 系统分开使用，单独运行于加工现场等地，使编程人员得以清晰地掌握现场工艺条件，高效率地编制符合加工工艺要求的加工程序，减少反复，提高效率。

2. 面向工艺特征，先进智能

数控加工是以模型为结果，以工艺为核心的工程过程，应该采取面向整体模型、面向工艺特征的处理方式。而传统的 CAM 系统以面向曲面、局部加工为基本处理方式。这种非工程化概念的处理方式会造成如下一些问题。

1) 不能有效地利用 CAD 模型的几何信息，无法自动提取模型的工艺特征，只能人工提取，甚至靠重新模拟计算来取得必要的控制信息，增大了操作的繁琐性，影响了编程质量与效率，导致系统的自动化程度与智能化程度很低。

2) 局部加工计算方式靠人工或半自动进行过切检查。因为不是面向整体模型为编程对象，系统没有从根本上杜绝过切现象产生的可能，因而不适合高速加工等新工艺在新环境下对安全的新要求。

PowerMILL 系统面向整体模型加工，加工对象的工艺特征可以从加工模型的几何形状中获取，如浅滩、陡峭加工区域、残余加工区域和加工干涉区域等，各加工部位整体相关，全程自动过切防护，具体表现在以下三个方面。

1) 编程时，编程人员仅需考虑工艺参数，确定后 PowerMILL 可根据加工对象几何形状自动进行程序编制。

2) 编程人员可根据工艺信息库，自动选取加工刀具、切削参数、加工步距等工艺信息进行编程。

3) 具有极其丰富的刀具路径生成策略，粗、精加工合计约有三十多种刀具路径策略可供用户选择使用。对于各类常用数控加工工步——粗加工、精加工、残余量加工、清根等，

PowerMILL 都把它们做得十分贴近加工, 操作感觉就如同在现场控制加工, 非常符合工程化概念, 易于接受, 易于掌握。

3. 基于工艺知识的编程

PowerMILL 系统实现了基于工艺知识的编程, 具体体现如下。

1) PowerMILL 系统提供工艺信息库, 信息库中包含刀具库、刀柄库、材料库、设备库等工艺信息子库, 可在编程人员选择使用某一种设备、刀具、材料时, 自动确认主轴转速、下切速率、进给速率、刀具步距等一系列工艺参数, 大大提高了工序的工艺性, 并利于标准化。

2) PowerMILL 可记录标准工艺路线, 制作工艺流程模版, 使用相同工艺路线加工同类型工件。

3) 当零件参数变化后, 系统可全自动处理刀具路径的相关信息。

4. 支持高速加工, 技术领先

英国 Delcam 公司是唯一一家拥有模具加工车间的 CAD/CAM 软件开发商, 公司先后购入多台高速加工设备, 以进行高速加工工艺和 CAM 系统的实际加工研究, 积累了丰富的工程经验。

1) 刀具路径光顺化处理功能。使用 PowerMILL 系统的优化处理功能可以计算出符合高速加工工艺要求的高效的刀具路径。

2) 基于残余模型的智能化分析处理功能, 大大减少了刀具路径中的空行程段(空刀), 因而也就减少了不安全的切入和切出刀具路径段。

3) 在 CAM 领域率先推出进给量(F 值)优化处理功能, 使设备效率提高。工艺系统在最平稳的状态下工作, 可提高加工效率 30% 以上。

4) 支持 NURBS (非均匀有理 B 样条曲线) 插补功能, PowerMILL 系统后处理出来的 NC 代码可用于所有提供 NURBS 插补功能的数控系统。

5. 易学易用, 能快速入门, 界面风格简单, 选项设置集中

PowerMILL 软件的操作过程是完全模拟铣削加工工艺过程的。从输入零件模型到输出 NC 程序, 该软件操作步骤较少(通常是 8 个步骤左右), 初学者可以快速掌握, 有使用其他软件编程经验的人员更可以快速提高编程质量和效率。

PowerMILL 软件的另一个明显特点是它的界面风格非常简单、清晰, 令人耳目一新。而且, 创建某一工步(例如精加工)的刀具路径时, 其各项参数设置基本上集中在同一张窗口(PowerMILL 软件称之为“表格”, 本书在后续章节中也会使用这一称呼)上, 修改时极为方便。

1.3 PowerMILL 软件的主要功能

1. 能读取各类数据格式的 CAD 模型文件

PowerMILL 软件通过调用同属于 Delcam 公司旗下的数据交换模块 Exchange, 可以将各类主流 CAD 系统产生的数据格式, 包括 IGES、VDA-FS、STEP、ACIS、Parasolid、Pro/E、CATIA、UG、IDEAS、SolidWorks、SolidEdge、Cimatron、AutoCAD 和 Rhino 3DM 输入到 PowerMILL 系统中。

2. 高效率的粗加工编程策略

在 PowerMILL 软件中,称粗加工为区域清除。区域清除功能要求尽可能快速地去除余量的同时保证刀具负荷稳定,尽量减少切削方向的突然变化。为实现上述目标,PowerMILL 软件针对粗加工开发了完善的模型区域清除加工策略,该策略包括平行、偏置模型、偏置全部三种刀具路径生成方式。

3. 二次粗加工编程策略

在 PowerMILL 软件中,称二次粗加工为残留加工。残留加工刀具路径将切除前一大直径刀具未能加工到而留下的材料,小直径刀具将仅加工剩余材料,轻易地实现二次粗加工。

4. 高质量的精加工编程策略

PowerMILL 软件提供了二十多种高速精加工策略,如三维偏置、等高精加工、平行精加工、投影精加工等。这些策略可以保证切削过程光滑、稳定,确保得到高精度、光滑的切削表面。

5. 丰富的多轴加工编程策略

一般地,将使用轴数大于三根运动轴的加工方式称为多轴加工,多轴加工方式主要包括四轴加工和五轴加工。PowerMILL 系统具备丰富的刀具轴指向控制功能,同时系统提供刀具轴指向编辑、优化功能。在多轴加工编程策略方面,通过配合使用恰当的刀具轴指向控制方式,系统的全部三轴加工策略均可应用于编制多轴加工刀具路径,同时,PowerMILL 系统允许使用全系列的切削刀具进行五轴加工编程。

6. 巧妙的刀具路径编辑和连接功能

PowerMILL 系统提供了丰富的刀具路径编辑工具,可以对计算出来的刀具路径进行编辑和优化。PowerMILL 系统在计算刀具路径时,会尽可能地避免刀具的空程移动,通过设置合适的切入切出和连接方法,可以极大地提高切削效率。

7. 刀具路径安全检查及加工仿真功能

PowerMILL 系统提供的安全检查包括:刀具夹持碰撞检查、过切检查。碰撞检查功能可以检查碰撞出现的深度、避免碰撞所需的最小刀具长度以及出现碰撞的刀具路径区域,过切检查可以探测出过切区域。系统提供的加工仿真功能包括:刀具路径切削仿真、集成机床的完整加工仿真。切削仿真功能可以检查过切、碰撞、顺铣/逆铣和加工质量等切削情况,机床加工仿真功能可以确保能最大限度地应用机床的功能,例如,读者可以知道将工件放置于机床工作台的不同位置或使用不同的夹具可能出现的加工状况,可以查看零件的哪种放置方向能得到最佳的切削效果等。

8. PowerMILL 具有的特色功能

(1) 变余量加工技术

PowerMILL 系统具备实现变余量加工的能力,可以分别为加工工件设置轴向余量和径向余量。该功能对所有刀具类型均有效,可以用在三轴加工和五轴加工上。变余量加工尤其适合于具有垂直角的工件,如平底型腔部件。另外,在航空工业中,加工这种类型的部件时,通常希望使用粗加工策略加工出型腔底部,而留下垂直的薄壁供后续工序加工。PowerMILL 系统除了可以设置轴向余量和径向余量外,还可对单独曲面或一组曲面应用不同的余量。

(2) 赛车线加工技术

PowerMILL 系统中包含多个全新的高效粗加工策略, 这些策略充分利用了最新的刀具设计技术, 从而实现了侧刃切削或深度切削。其中最独特的技术是 Delcam 公司拥有专利权的赛车线加工策略。在此策略中, 随着刀具路径切离主形体, 粗加工刀具路径将变得越来越平滑, 这样可以避免刀具路径突然转向, 从而降低机床负荷, 减少刀具磨损, 实现高速切削。

(3) 摆线加工技术

摆线粗加工是 PowerMILL 系统推出的另一种全新的粗加工方式。这种加工方式以圆形移动方式沿指定路径运动, 逐渐切除毛坯中的材料, 从而可以避免刀具的全刀宽切削 (或称全刃切削)。

(4) 进给量优化功能

PowerMILL 系统使用 PS-OptiFEED 模块来优化刀具路径进给率, 从而得到高效和稳定的材料切削率。使用 PS-OptiFEED 模块可以节省多达 50% 的加工时间, 提高生产效率。同时, PS-OptiFEED 模块还可以降低刀具和机床的磨损, 改善加工表面质量, 降低机床操作人员的劳动强度。

1.4 PowerMILL 2011 软件的工作界面

双击桌面上的 PowerMILL 软件图标 , 或者单击“开始”→“程序”→Delcam→PowerMILL→PowerMILL 2011→PowerMILL 2011, 打开 PowerMILL 软件。其工作界面如图 1-1 所示。

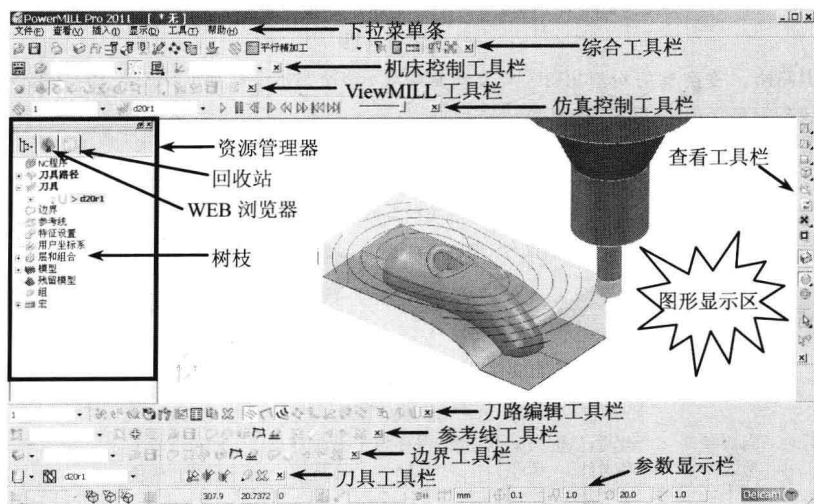


图 1-1 PowerMILL 2011 工作界面

【注】在 PowerMILL 软件中, 默认设置并没有将全部工具条调出来。读者可以在下拉菜单条中选择“查看”→“工具栏”, 勾选要查看的工具条, 就可以调出图 1-1 所示的全部工具条。

PowerMILL 系统的全部工具栏及其含义在图 1-2 中列出, 供读者在后续学习软件功能的过程中查询使用。



图 1-2 PowerMILL 系统全部工具栏一览

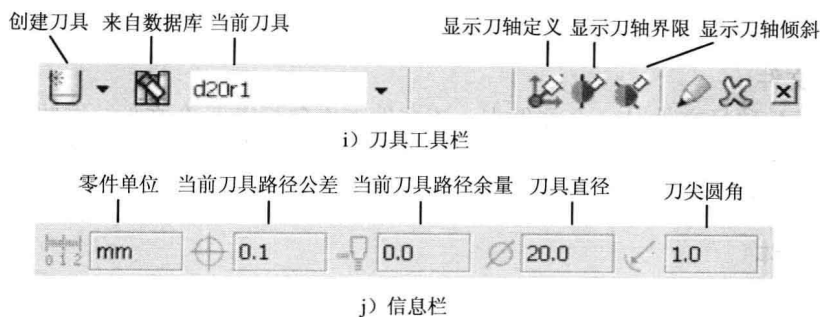


图 1-2 PowerMILL 系统全部工具栏一览 (续)

1.5 PowerMILL 软件的基本概念

1. 图素

图素是构成图形的基本要素。在 PowerMILL 系统中，图素包括点、线、面、刀具、边界线、参考线及刀具路径等要素。

2. 刀具路径策略

刀具路径策略是由加工方法（如区域清除、精加工、特征加工）、刀具路径形状和方向（如平行、放射状、螺旋线）、加工的先后排序（如逐型腔或逐层加工）、切削用量参数等要素构成的一种刀具路径计算方法。PowerMILL 系统将这些内容集中到一张表格上，统称为刀具路径策略。本书约定，在后面的章节中，为方便讲述，将刀具路径简称为刀路。

3. 三角模型

三角模型是几何图形在计算机中的一种描述形式。在 PowerMILL 系统中，加工后获得的残留模型、余量在做阴影显示时，均用若干块三角面片来表示。图 1-3 所示是零件经过半精加工后的三角模型表示，图 1-4 所示为局部放大图，可见三角模型是由一些三角面片“拼接”而成的。

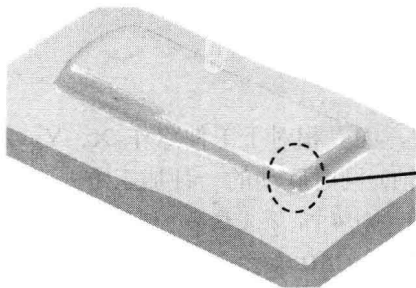


图 1-3 经过半精加工后的三角模型

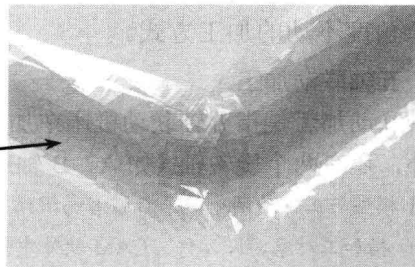


图 1-4 残留模型局部放大图

三角模型可以保存为文件，用来作为下一道加工工序的毛坯使用，它的后缀名是 dmt 或 tri、stl。

4. 残留模型

经过上一道工序加工后（如粗加工），存有加工余量的模型为残留模型。残留模型可以为制订下一工序提供选择刀具、余量和加工策略的原始依据，也可以用来衡量上一道工序加

工的效果。

5. 项目文件

PowerMILL 项目文件是一个文件夹，该文件夹内包括若干个文件，这些文件分别记录某一加工项目的全部数据，包括刀具、快进高度、起始点和结束点、进给率、刀具路径、用户坐标系以及边界线、参考线等元素。

6. 模板形体

模板形体是编程人员为了规范加工工艺，对同一类型零件的加工工艺形成的规范化加工项目文件。PowerMILL 软件允许用户将某一零件的刀具路径策略保存为一个文件，它的后缀名是 ptf。

7. 宏

宏是一个能实现某一特定功能（如创建一把直径为 10mm 的球刀）的命令集合。宏文件是一个包含一系列 PowerMILL 运行命令的文本文件，这些命令通过记录操作者所进行的操作产生，也可直接通过键入产生。产生的宏（后缀名 mac）通过浏览器可直接在 PowerMILL 中运行。

8. 二轴半加工

二轴半加工是指三坐标机床在加工时实行两根轴联合运动（通常是 X、Y 轴），另一根轴（通常是 Z 轴）作单独运动的一种加工方式。

9. 三轴加工

一般情况下，三轴加工是指三坐标联动机床在加工过程中，实现三根运动轴（X、Y、Z）同时联合运动的一种加工方式。

10. 3+2 轴加工

3+2 轴加工也称为固定五轴加工，是指五坐标机床在加工时，X、Y、Z 三根直线运动轴同时联合运动，而另外两根旋转轴（例如 A、C 轴）在加工过程中固定在某角度（如 $A=30^\circ$ ， $C=90^\circ$ ）不做运动的一种加工方式。类似的还有 4+1 轴加工，即指五坐标机床在加工过程中，四根运动轴（如 X、Y、Z、A 轴）联合运动，而另一根轴（如 C 轴）固定在某一个角度不动的加工方式。

11. 五轴联动加工

五轴联动加工是指五轴联动机床在加工过程中，刀具相对于工件除作 X、Y、Z 三坐标轴联动外，还有两个旋转轴（如 A、B 轴或 A、C 轴）同时联动的一种加工方式。

【注】模型与工件这两个概念常常容易混淆，本书在后述介绍中，界定这两个概念的涵义如下：

模型：指加工对象，即零件。CAM 软件中的模型一般来自 CAD 软件，它以数字化形式存在，所以也常称模型为“数模”。

工件：即通常所说的毛坯或素材。

1.6 “文件”下拉菜单条详解

“文件”下拉菜单条是读者与 PowerMILL 软件进行人机交互的最初菜单条，在打开

PowerMILL 系统后，插入模型、保存文件、另存为文件等操作都是在该下拉菜单中完成的。它使用频繁，所以先对它作详细的介绍。

在 PowerMILL 软件的下拉菜单条中，选择“文件”，弹出图 1-5 所示下拉菜单。

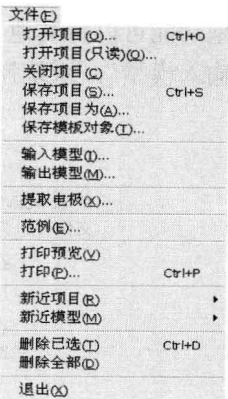


图 1-5 “文件”菜单

1) 打开项目：打开 PowerMILL 系统已经编辑过的加工项目文件。系统弹出图 1-6 所示窗口供读者选择项目文件。通常情况下，PowerMILL 加工项目文件有专门的图标，所以在打开项目文件时，可从带有图标的文件中选择。还要特别注意的是，项目文件不是一个文件，而是一个包括很多个文件的文件夹。

2) 打开项目（只读）：打开 PowerMILL 系统已经编辑过的加工项目文件，这个文件已经被锁住了，所以称为只读文件。读者也可以对该项目文件进行修改，但是不能以相同的项目文件名保存，需另外命名保存。

3) 关闭项目：关闭正在编辑的项目文件。系统会弹出警告对话框，如图 1-7 所示。



图 1-6 打开项目文件

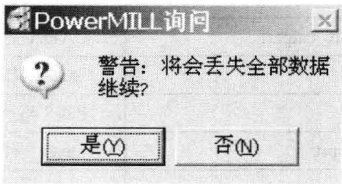


图 1-7 关闭项目文件警告

单击“是”，关闭项目文件；单击“否”，取消关闭操作。在 PowerMILL 系统中，如果当前的项目已经被修改过，系统会在标题栏的项目文件名前加一个“*”记号，如图 1-8 所示。



图 1-8 编辑文件记号

如果当前的项目文件未被修改过，则没有这个记号，如图 1-9 所示。



图 1-9 未修改的文件记号

4) 保存项目：保存加工项目文件。如果是第一次执行保存操作，系统会弹出对话框，要求输入加工项目文件名。这个名称可以跟模型名称相同，也可以取不同的名字。

5) 保存项目为：另存加工项目文件。

6) 保存模板对象：将正在编辑的项目文件中的刀路、刀具、边界等保存为模板文件，