

CAD/CAM模具设计与制造指导丛书

赠多媒体光盘

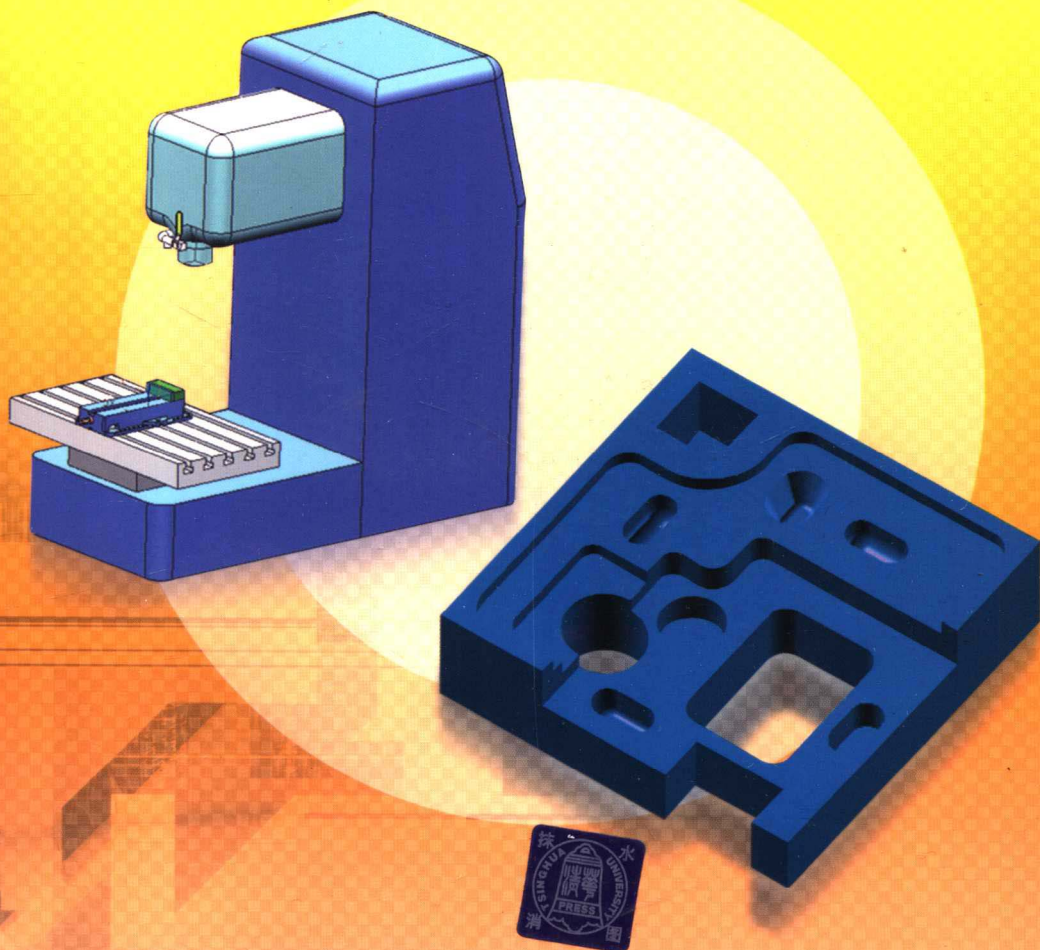
UG NX4

数控加工高级教程

杨胜群 唐秀梅 主编

李淑梅 副主编

李海泳 宣伟宏 刘维学 叶红雨 编著



清华大学出版社

UG NX4

数控加工高级教程

主编 王洪 副主编 王洪 王洪

机械工业出版社



CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书

UG NX4 数控加工高级教程

杨胜群 唐秀梅 主编

李淑梅 副主编

李海泳 宣伟宏 刘维学 叶红雨 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在《UG NX4 数控加工实用教程》的基础上,更深入地讲解了 NX 平台 4 轴~5 轴的加工功能和使用方法,是 NX4 数控加工的高级教程。本书是编者结合多年的多轴加工应用和实践经验写成的,目的是培养具有现代先进制造技能的职业技术人才,满足中国制造业对职业技术人才的需要。

全书主要讲解了可变轴曲面轮廓铣、顺序铣加工、NX CAM Library、特征加工、NX 后置处理、集成仿真与检验 (ISV)、NX CAM 加工客户化、零件铣加工应用案例等内容。

本书内容翔实、通俗易懂,同时给出了数字化加工与制造的解决方案,非常适合学习 NX CAM 的各类人员及编程人员。

在随书附带的光盘中,包含了各章节的相关实例,以提高读者的综合应用能力。

本书可作为高等院校机械、机电专业的教材,也可供具有一定基础知识的技术人员自学参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

UG NX4 数控加工高级教程/杨胜群,唐秀梅主编;李海泳等编著.

—北京:清华大学出版社,2007.7

(CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书)

ISBN 978-7-302-15464-8

I. U… II. ①杨… ②唐… ③李… III. 数控机床-程序设计-应用软件,UG NX-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 089012 号

责任编辑:许存权 周中亮

封面设计:范华明

版式设计:李永梅

责任校对:王云

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京市清华园胶印厂

装订者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14.25 字 数:309 千字

含光盘 1 张

版 次:2007 年 7 月第 1 版 印 次:2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:024395-01

《UG NX4 数控加工高级教程》读者建议反馈表

1. 姓名: _____ 2. 性别: _____ 3. 年龄: _____ 4. 电话: _____
5. 单位: _____ 6. 职务/职称: _____
7. 通信地址: _____ 邮编: _____
8. 电子信箱: _____ 单位网站: _____
9. 您的文化程度: 中专以上 大专高职 本科 研究生以上
10. 您所学专业: 机械制造 汽车工程 精密仪器 自动化 飞机制造
11. 您所在行业: 汽车交通 国防航空 离散制造 重工业 电子通信
 医疗器械 能源设施 模具工业 消费品 娱乐工业
12. 您的工作性质: 设计开发 产品加工 教学培训 学生
13. 您目前使用哪家公司的 CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM/ERP 产品?

14. 您认为 UG NX 有哪些优点?

15. 您对本书的建议和意见:

16. 您今后需要哪些关于 UG NX 的图书?

清华大学出版社第六事业部联系方式

地址: 北京清华大学校内出版社白楼二层第六事业部

邮编: 100084

电话: 010-62788951/62791976

传真: 010-62788903

网址: www.thjd.com.cn

客服: thjdbook@126.com

投稿: thjd-tougao@126.com

图书邮购方式

汇款方式: 邮局汇款

地址: 北京市海淀区清华大学校内白楼 金地公司

收款人: 金地公司

邮编: 100084

汇款金额: 书价+邮费(书价的15%) 联系电话: 010-62788951-266

序

随着我国改革开放步伐的进一步加快，中国正逐步成为全球制造业的基地，特别是加入 WTO 后，作为制造业基础的模具行业近年来得到了迅速发展。

模具是工业生产的基础工艺装备，在电子、汽车、电机、电器、仪表、家电和通信等产品中，60%~80%的零部件，都依靠模具成型。国民经济的五大支柱产业，机械、电子、汽车、石化、建筑，都要求模具工业的发展与之相适应。模具是“效益放大器”，用模具生产的最终产品的价值，往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。模具生产水平的高低，已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志，在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。因此，我国要从一个制造业大国发展成为一个制造业强国，必须要振兴和发展我国的模具工业，提高模具工业的整体技术水平。同时，模具工业的发展也日益受到人们的重视和关注，国务院颁布的《关于当前产业政策要点的决定》也把模具列为机械工业改造序列的第一位、生产和基本建设序列的第二位。

随着 CAD/CAM、数控加工及快速成型等先进制造技术的不断发展，以及这些技术在模具行业中的普及应用，模具设计与制造领域正发生着一场深刻的技术革命，传统的二维设计及模拟量加工方式正逐步被基于产品三维数字化定义的数字化制造方式所取代。在这场技术革命中，逐步掌握三维 CAD/CAM 软件的使用，并用于模具的数字化设计与制造，这就是其中的关键。

我国模具工业发展前景非常广阔，国内外模具及模具加工设备厂商已普遍看好中国市场。随着对模具设计质量与制造要求的不断提高，以及 CAD/CAM 技术在模具制造业中的大规模推广应用，急需大批熟悉 CAD/CAM 技术应用的模具设计与制造的技术人才。这是企业最为宝贵的财富，也是企业走向世界、提高产品竞争力最根本的基础。而目前这方面的专业人才非常缺乏，据了解，在目前就业形势相当严峻的环境中，我国制造业 CAD/CAM 方面的技术人才却供不应求。为满足这类人才培养的需要，同时也为提高目前从业人员的整体技术水平，我们组织了具有丰富教学、科研经验的高校教师和具有丰富生产实践经验的工程技术人员共同编写了这套“CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书”，以飨广大读者和相关的从业工程技术人员。

编辑部邮箱：xucq@tup.tsinghua.edu.cn。

编 者

前 言

随着我国制造业的发展，并逐步成为世界制造中心，越来越多的企业开始运用数字化加工与制造来增强竞争力，开始加大信息化的投入。随着对加工与制造要求的不断提高，以及数字化加工制造与仿真技术在加工制造企业的不断应用，急需大批熟悉此方面技术应用的各类人才，但目前熟悉这方面的专业人才非常匮乏，技术人才也供不应求。黎明航发集团有限公司是国家发动机科研生产基地，拥有国家级研发技术中心，对数字化加工与制造的应用也走在科技前沿。黎明公司作为加工与制造的先行者，有必要也有能力向社会推广数字化加工制造应用。为了适应现代企业发展要求，培养具有创新意识、高超实践工程项目实施能力的工程技术人员，我们组织黎明数字化加工与制造实施项目的成员和具有丰富生产实践经验的工程技术人员，同时邀请具有丰富教学、科研经验的高校教师共同编写此书，以满足广大读者和相关从业工程技术人员的需求。

全书共分 8 章，第 1 章主要讲解可变轴曲面轮廓铣，第 2 章主要讲解顺序铣加工，第 3 章主要讲解 NX CAM Library，第 4 章主要讲解特征加工，第 5 章主要讲解 NX 后置处理，第 6 章主要讲解集成仿真与检验 (ISV)，第 7 章主要讲解 NX CAM 加工客户化，第 8 章主要讲解零件铣加工应用案例。

黎明公司的工程技术人员在使用 NX CAM 实践中获得了宝贵的经验，本书是基于这些经验编写的。本书作者在写作过程中参考了大量相关手册和资料，总结运用 NX CAM 进行数控加工编程的实际经验，使读者清晰了解学习 NX CAM 的思路和应用技巧，更重要的是使读者能借鉴成功运用 UGS PLM Solutions 软件实施数字化制造的经验。

此书的出版由黎明公司杨胜群直接指导，辽东学院的李淑梅、辽宁大学的宣伟宏、渤海大学的刘维学也参加了此书的部分编写。此书由杨胜群和唐秀梅担任主编，李淑梅担任副主编，最后由李海泳统稿，在此对大家的支持和帮助表示衷心的感谢。

本书可作为机械、机电专业和高职的在校学生教材，也可供具有一定基础知识的人员自学参考。

由于时间的限制，书中错误在所难免，恳请广大读者批评指正，提出宝贵意见，以利今后改进。读者也可发 E_mail 至 lhy@lmaeg.com 与编者交流探讨。

为方便读者学习，本书附有配套光盘，各章加工实例都在随书光盘中。

编 者

目 录

第 1 章 可变轴曲面轮廓铣	1
1.1 可变轴曲面轮廓铣加工介绍	1
1.1.1 可变轴曲面轮廓铣的术语	1
1.1.2 可变轴曲面轮廓铣的加工原理	2
1.2 可变轴曲面轮廓铣加工操作步骤	2
1.3 可变轴曲面轮廓铣驱动方法	3
1.3.1 边界驱动	3
1.3.2 曲面区域驱动	4
1.3.3 曲线/点驱动	4
1.3.4 螺旋驱动	5
1.3.5 径向驱动	6
1.3.6 刀轨驱动	6
1.3.7 用户函数驱动	7
1.3.8 Contour Profile 驱动	7
1.4 可变轴曲面轮廓铣投射矢量	8
1.4.1 指定矢量	8
1.4.2 刀轴	8
1.4.3 远离点	9
1.4.4 指向点	9
1.4.5 远离线	10
1.4.6 指向线	10
1.4.7 垂直于驱动曲面	11
1.4.8 面对驱动	11
1.4.9 直纹面驱动	12
1.4.10 自定义功能	12
1.5 刀轴矢量	12
1.5.1 +ZM 轴	13
1.5.2 指定矢量与相对于矢量有关的刀轴	14
1.5.3 点和线刀轴	15
1.5.4 与零件几何相关的刀轴	17
1.5.5 与驱动几何相关的刀轴	19

1.5.6	插补刀轴.....	21
1.6	可变轴曲面轮廓铣操作实例.....	22
1.6.1	相对于矢量 (Relative to Vector) 刀轴应用.....	22
1.6.2	远离点 (Away from Point) 刀轴应用.....	27
1.6.3	垂直于零件表面 (Normal to Part) 刀轴应用.....	30
1.6.4	垂直于驱动 (Normal to Drive) 刀轴应用.....	35
1.6.5	Swarf 刀轴应用.....	40
1.6.6	Interpolate 刀轴应用.....	43
1.6.7	Contour Profile 驱动应用.....	48
第 2 章	顺序铣加工.....	52
2.1	顺序铣加工介绍.....	52
2.2	顺序铣加工操作步骤.....	53
2.3	加工几何.....	53
2.3.1	控制面.....	53
2.3.2	参考点.....	54
2.4	顺序铣的一般参数.....	54
2.5	进刀运动.....	55
2.5.1	进刀方法和进刀量的设置.....	55
2.5.2	参考点和刀轴矢量.....	55
2.5.3	进刀几何.....	56
2.5.4	刀轴控制.....	57
2.5.5	其他选项.....	60
2.6	连续加工运动.....	62
2.6.1	进给量和进给方向的设置.....	62
2.6.2	驱动面、零件面和检查面的选择.....	63
2.7	退刀运动.....	64
2.8	直线移刀运动.....	64
2.9	其他选项.....	65
2.10	操作实例.....	66
第 3 章	NX CAM Library.....	72
3.1	NX CAM Library 介绍.....	72
3.2	NX CAM Library 应用.....	72
3.2.1	刀具库.....	73
3.2.2	机床库.....	75
3.2.3	切削参数库.....	76

第 4 章 特征加工	85
4.1 特征加工介绍	85
4.1.1 加工特征管理器	85
4.1.2 特征加工的模板	87
4.1.3 特征加工的加工过程	87
4.2 孔加工	88
4.3 特征铣加工	90
第 5 章 NX 后置处理	96
5.1 NX/Post 介绍	96
5.1.1 刀轨后处理过程具备的条件	96
5.1.2 NX/Post 进行后置处理的步骤	97
5.1.3 NX/Post 进行后置处理的主要内容	98
5.1.4 NX/Post 进行后置处理的输出文件	98
5.2 NX/Post Builder 介绍	99
5.2.1 为创建后置收集数据	100
5.2.2 用 NX/Post Builder 创建一个后置处理器	101
5.3 NX/Post Builder 参数定义	103
5.3.1 机床参数设置	103
5.3.2 程序和刀轨参数设置	103
5.3.3 NC 数据定义	108
5.3.4 Output Settings (列表和输出控制)	111
5.3.5 文件预览	112
5.3.6 常见的 MOM 变量	112
5.4 NX/Post Builder 应用	114
5.4.1 后处理中实现机床的结构要求	114
5.4.2 NC 程序的要求和实现方法	115
第 6 章 集成仿真与检验 (ISV)	125
6.1 ISV 概述	125
6.1.1 ISV 介绍	125
6.1.2 ISV 的术语	125
6.1.3 ISV 特点	126
6.1.4 ISV 益处	127
6.1.5 ISV 处理过程	127
6.2 设置 ISV	128
6.3 机床构建器	128

6.3.1	使用机床构建器	129
6.3.2	机床设置配置器	130
6.3.3	创建机床运动学模型的步骤	133
6.4	切削刀具定义	135
6.4.1	创建刀具的几何装配模型	136
6.4.2	定义刀具的运动学模型	136
6.5	机床驱动器	138
6.5.1	仿真和检验命令	139
6.5.2	定制仿真控制面板	143
6.5.3	创建机床驱动器	146
6.5.4	机床驱动器中的坐标系	148
6.6	装载机床	148
6.7	使用仿真控制面板	150
6.7.1	仿真控制面板对话框	150
6.7.2	配置仿真选项	151
6.7.3	配置仿真碰撞处理器	153
6.8	ISV 应用	153
第 7 章	NX CAM 加工客户化	155
7.1	概述	155
7.2	加工环境客户化	155
7.3	加工模板客户化	160
7.4	对象对话框的客户化	161
7.4.1	对象对话框的定制	161
7.4.2	对象对话框的更新	164
第 8 章	零件铣加工应用案例	165
8.1	零件 CAM 模型的建立	165
8.2	加工坐标系的确定	165
8.3	工艺路线设计	166
8.4	数控工序工艺路线设计	167
8.5	数控工步刀具路径的设计	168
8.6	数控 NC 程序加工仿真	169
8.7	数控 NC 程序生成	170
8.8	加工操作应用示例	170
8.8.1	粗加工操作应用示例	170
8.8.2	精加工操作应用示例	173

8.8.3 清根加工操作应用示例	174
附录 A 基本的 S&V 命令	177
A.1 运动命令	177
A.2 安装命令	177
A.3 反馈命令	178
A.4 控制命令	179
A.5 查询命令	180
A.6 其他命令	184
附录 B 高水平的 S&V 命令	191
附录 C 数控程序格式	205
C.1 数控加工程序的结构	205
C.2 程序段中的字的含义	205
C.3 数控加工程序的格式示例	207
附录 D 数控编程的基本概念	208
D.1 机床坐标系	208
D.1.1 机床坐标系的确定	208
D.1.2 坐标轴方向的确定	209
D.2 机床原点	210
D.2.1 数控车床的原点	210
D.2.2 数控铣床的原点	210
D.3 零件加工坐标系	211
D.4 加工零点	211
D.5 对刀和对刀点	212
D.6 刀具补偿	213
参考文献	214

第 1 章 可变轴曲面轮廓铣

1.1 可变轴曲面轮廓铣加工介绍

可变轴曲面轮廓铣 (Variable Contour Milling) 用于复杂零件型面的加工, 通过控制刀具轴、投射方向和驱动方法, 生成复杂零件的加工刀轨。

可变轴曲面轮廓铣是指在加工过程中, 刀轴的轴线方向可变, 即随着加工表面的法线方向不同而相应改变, 从而改善加工过程中刀具的受力情况, 如图 1-1 所示。与固定轴轮廓铣加工操作不同的是, 可变轴曲面轮廓铣加工操作中主要增加了对刀轴方向的控制选项和对驱动刀轨投影方向的控制选项。由于可变轴轮廓铣对机床的要求高 (要求 4 轴或 5 轴机床), 一般只用于加工那些形状非常复杂, 用固定轴轮廓铣加工难以完成的零件。

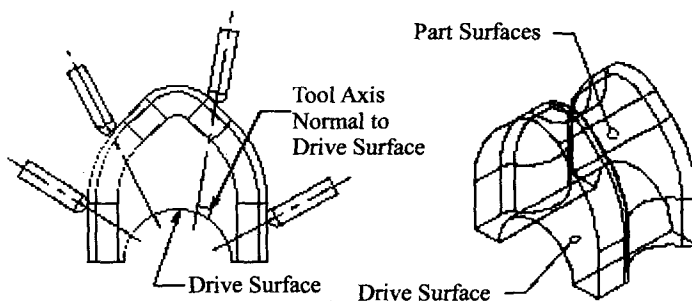


图 1-1 可变轴曲面轮廓铣加工

1.1.1 可变轴曲面轮廓铣的术语

- 零件几何体 (Part Geometry): 用于加工的几何体。
- 驱动几何体 (Drive Geometry): 用来产生驱动点的几何体。
- 驱动点 (Drive Point): 从驱动几何体上产生的, 将投影到零件几何体上的点。
- 驱动方法 (Drive Method): 驱动点产生的方法。某些驱动方法在曲线上产生一系列驱动点, 有的驱动方法则在一定面积内产生阵列的驱动点。
- 投射矢量 (Project Vector): 用于指引驱动点怎样投影到零件表面, 同时决定刀具将接触零件表面的哪一侧。所选择的驱动方法不同, 所采用的投射矢量方式也不同, 也就是说, 驱动方法决定哪些投射矢量是可选的。

- 刀轴 (Tool Axis): 用于定义刀轴的方向, 所选择的驱动方法不同, 刀轴定义方式也不同。也就是说, 驱动方法决定哪些刀轴是可选的。

1.1.2 可变轴曲面轮廓铣的加工原理

可变轴轮廓铣的加工原理与固定轴轮廓铣的加工原理大致相同, 刀轨创建都需要两个步骤, 第 1 步从驱动几何体上产生驱动点组, 第 2 步将驱动点沿投影方向投射到零件几何体上, 产生刀具轨迹点, 刀具跟随这些点进行加工。驱动点可以从零件几何体的局部或整个几何体上产生, 或在与加工不相关的其他几何体上产生。与固定轴轮廓铣不同的是, 可变轴轮廓铣产生的驱动点可以指定投影方向投射到零件表面上, 而且增加了对刀轴的控制, 如图 1-2 所示。

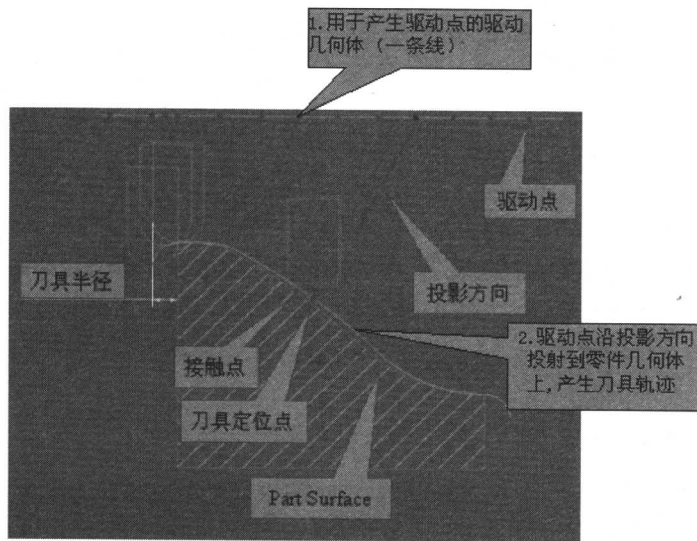


图 1-2 可变轴曲面轮廓铣的加工原理

1.2 可变轴曲面轮廓铣加工操作步骤

可变轴曲面轮廓铣加工操作步骤如下:

- (1) 创建程序、刀具、几何和加工方法 4 个父节点组。
- (2) 创建操作步骤如下:
 - ① 选择驱动方法及投影矢量。
 - ② 选择切削参数。
 - ③ 选择非切削方法及其参数。

- 常用选项——进给速率、机床控制命令。
- 刀轴控制选项。
- (3) 显示刀具路径（可选）。
- (4) 刀具路径的产生与模拟。

1.3 可变轴曲面轮廓铣驱动方法

可变轴曲面轮廓铣驱动方法（Drive Method）用于定义创建刀轨时的驱动点（Drive Point），在变轴加工中提供多种类型的驱动方法。选择何种驱动方法，与要加工的零件表面的形状以及其复杂程度有关。一旦指定了驱动方法，则可以选择的驱动几何类型也就相应地确定。可变轴曲面轮廓铣加工共有 9 种驱动方法，具体解释如表 1-1 所示。下面对可变轴曲面轮廓铣加工常用的驱动方法加以介绍。

表 1-1 可变轴曲面轮廓铣驱动方法

选 项	解 释
Undefined	没有指定驱动方法，允许生成一个区面轮廓铣模板
Curve/Point	通过指定点和选择曲线定义驱动几何
Spiral	定义的螺旋驱动点是从指定中心点向外扩展
Boundary	通过指定 Boundary（边界）和 Loop（环）来定义切削区域
Surface Area	在驱动曲面上创建网格状的驱动点阵列，产生驱动点，沿指定的投射矢量投影到零件表面上，创建刀具路径
Tool Path	沿存在文件中的一条刀具路径在当前的操作中定义驱动点，以创建一个相似的曲面轮廓铣刀具路径
Radial Cut	通过指定横向进给量、带宽与切削方法来创建给定的边界并创建垂直于边界的刀具路径
Contour Profile	通过指定 Cut Area、Wall、Auxiliary Floor 来生成有倾斜角度的复杂零件型腔的侧壁或复杂零件底面和侧壁连接处的刀具路径
User Function	退出系统，执行一个用户功能程序来定义驱动路径方法

1.3.1 边界驱动

边界（Boundary）驱动方法是通过指定 Boundary 和 Loop 来定义切削区域的，边界与零件表面的形状和尺寸无关，而环则必须符合零件表面的外边缘线。由边界定义产生的驱动点沿指定方向投影到零件表面上而生成刀轨，边界驱动方法多用于精加工操作，可跟随复杂的零件表面轮廓，如图 1-3 所示。

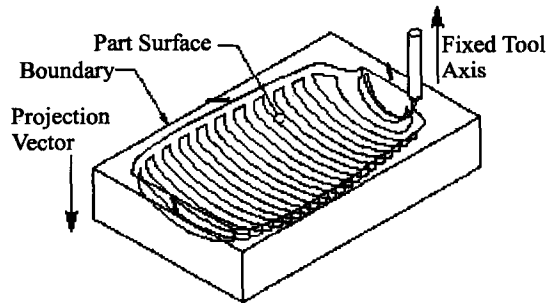


图 1-3 边界驱动示例

1.3.2 曲面区域驱动

曲面区域 (Surface Area) 驱动方法可以在驱动曲面网格上创建阵列分布的驱动点，利用这些驱动点沿指定的投射方向投影到指定的零件表面上以生成刀轨。由于曲面区域驱动方法对刀轴以及驱动点的投射矢量提供了附加的控制选项，因此常用于可变轴铣削加工形状复杂的零件表面，也可用于固定轴铣削加工复杂零件表面，如图 1-4 所示。

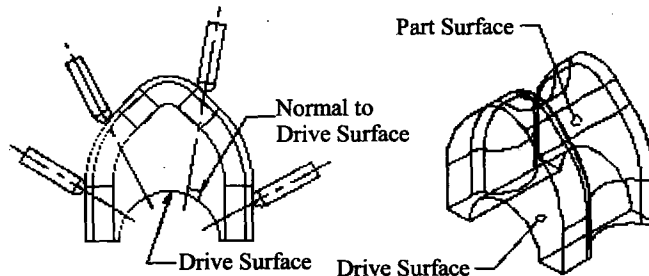


图 1-4 曲面区域驱动示例

曲面区域驱动方法的驱动曲面可以是平面或非平面。为了使驱动曲面上生成的驱动点均匀，通常要求驱动曲面必须是比较光滑的表面，且形状不要太复杂，以便驱动曲面上能够整齐地安排行和列网格。驱动表面上相邻的表面之间必须共享公共边缘线，或者边缘线之间的间隙不超出参数预置中所定义的链接公差，通常要求驱动曲面有偶数的行列网格。为了控制刀轴不过多地波动，通常利用规则的驱动曲面来控制刀轴的调整。选择驱动表面时，必须有序地选择，而不能随机选择。选择表面的顺序也决定了表面网格的行列方向。

1.3.3 曲线/点驱动

曲线/点 (Curves/Points) 驱动方法通过指定点或选择曲线来定义驱动几何。选择点作

为驱动几何时，就在所选点间用直线创建驱动路径；选择曲线作为驱动几何时，驱动点沿指定曲线生成。在两种情况下，驱动几何都投影到零件几何表面上，刀具路径创建在零件几何表面上，曲线可以是封闭或开放、连续或非连续的，也可以是平面曲线或空间曲线。当用点定义驱动几何时，刀具按选择点的顺序，沿着刀具路径从一个点向下一个点移动，如图 1-5 所示；当用曲线定义驱动几何时，刀具按选择曲线的顺序，沿着刀具路径从一条曲线向下一条曲线移动，如图 1-6 所示。

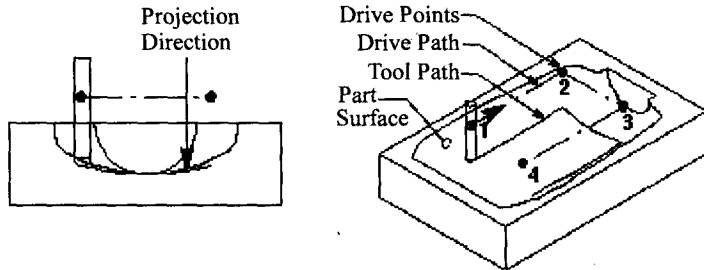


图 1-5 点驱动示例

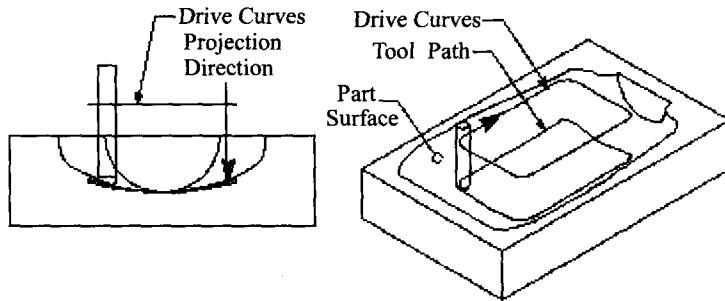


图 1-6 曲线驱动示例

选择点或曲线作为驱动几何后，会在图形窗口中显示一个矢量方向，表示默认的切削方向。对开口曲线，靠近选择曲线的端点是刀具路径的开始点。对封闭曲线，开始点和切削方向由选择段的次序决定。在曲线与点方法中，有时可以使用负的余量值，以便刀具切削到被选零件几何表面的里面。

1.3.4 螺旋驱动

螺旋 (Spiral) 驱动是通过从一个指定的中心点向外作螺旋移动来得到驱动点的方法，这些驱动点是在过中心点、垂直于投射矢量方向的平面内生成的，然后沿投射矢量方向投影到零件几何上形成刀轨，一般用于加工旋转形或近似于旋转形的表面或表面区域，如图 1-7 所示。与其他驱动方法不同，螺旋驱动方法创建的刀具路径在从一刀切削路径向下一刀切削路径过渡时，没有横向进刀，也就不存在切削方向上的突变，而是光顺地持续向外螺旋展开过渡。能保持恒定切削速度的光顺运动，特别适合高速加工。