



数字化工程与制造 (CAD/CAM) 实践丛书

Siemens PLM Software 官方指定教材

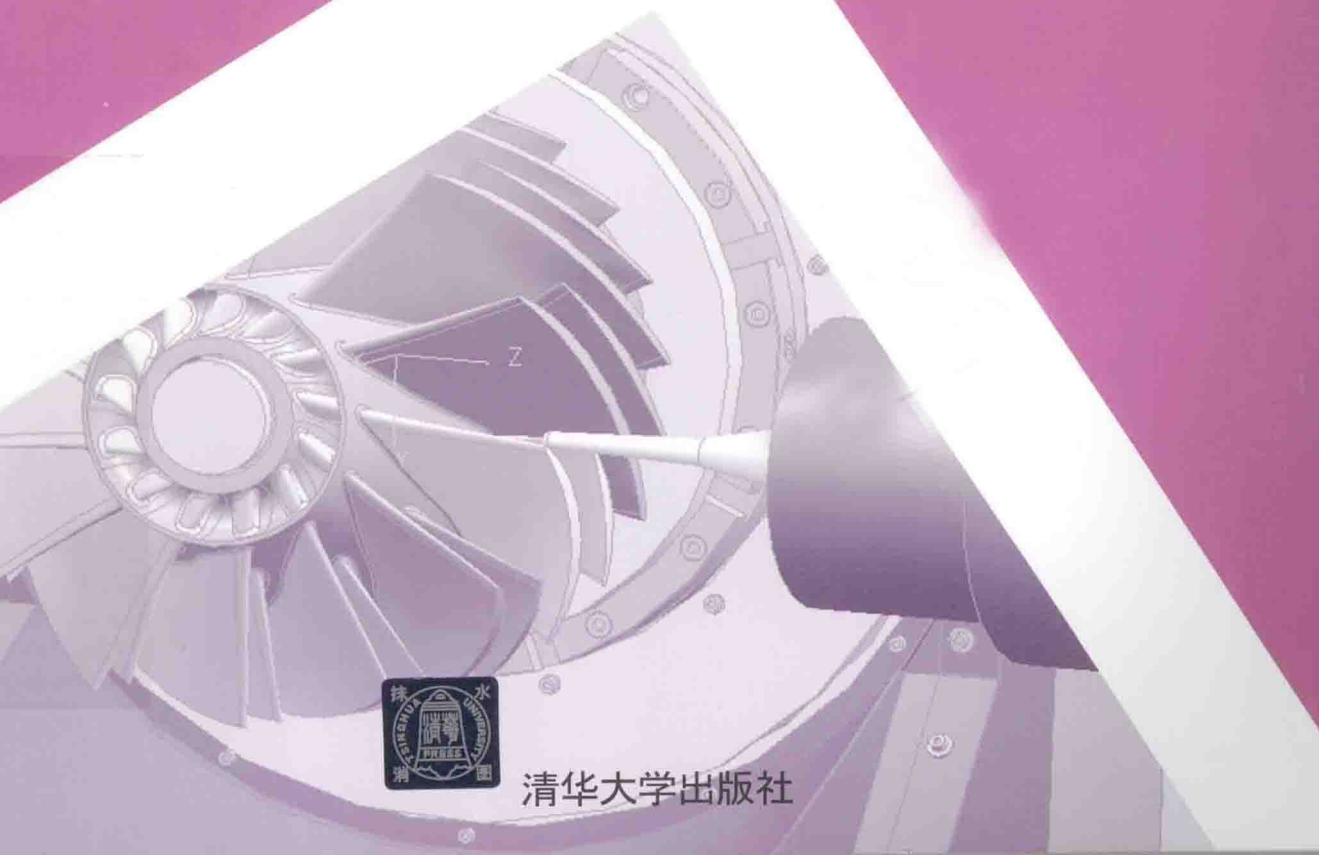
NX CAM

多轴加工编程实践教程

李海泳 ○ 主编

王辛牧 师俊东 曹彦生 李 丹 ○ 编著

青华科技 ○ 技术审校



清华大学出版社

数字化工程与制造 (CAD/CAM) 实践丛书

NX CAM 多轴加工编程实践教程

李海泳 主编

王辛牧 师俊东 曹彦生 李 丹 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于UG NX 8.5版本编写,是NX CAM编程的高级教程,主要讲解多轴加工编程基础、可变轴曲面轮廓铣、顺序铣、外形轮廓铣、多叶片铣、仿真实证等内容。在随书附带的光盘中,包含了各章相关实例的部件文件和视频文件,以帮助读者更好地掌握CAM技能。

本书以NX 8.5的中文界面进行讲解,内容翔实、通俗易懂,非常适合学习NX CAM的数控编程人员及其他各类人员。本书可作为各大院校机械、机电专业教材,也可供具有一定基础知识的人员自学参考。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

NX CAM多轴加工编程实践教程/李海泳主编;王辛牧等编著. —北京:清华大学出版社,2014
(数字化工程与制造(CAD/CAM)实践丛书)
ISBN 978-7-302-37658-3

I. ①N… II. ①李… ②王… III. ①数控机床-程序设计-应用软件-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第186465号

责任编辑:钟志芳
封面设计:刘超
版式设计:文森时代
责任校对:马子杰
责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12.75 字 数:299千字
(附DVD光盘1张)

版 次:2014年10月第1版 印 次:2014年10月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00元

产品编号:059310-01

“数字化工程与制造 (CAD/CAM) 实践丛书”序言

随着制造业再次成为全球经济稳定发展的驱动力，世界各主要工业国家都加快了工业发展的步伐：从美国的“制造业复兴”计划到德国的“工业 4.0”战略，再到中国的“十二五”发展规划，制造业正逐步成为各国经济发展的重中之重，引领未来制造业的方向也成为制造业强国竞争的一个战略制高点。

“工业 4.0”概括了智慧产品、智慧工厂、智慧设备和网络化流程等关键技术的发展，其核心思路是，通过对现有大规模工业基础设施和物联网、云计算的融合，在虚拟世界和物理世界之间建立直接、实时的链接，形成信息物理融合系统（Cyber-Physical Systems, CPS），基于大数据、互联网、人，通过数字化工程、数字化制造等各种信息技术实现智能制造，经济高效地满足客户个性化的定制需求。

作为“工业 4.0”战略的参与者，以及世界最大的工业技术公司和世界领先的自动化和工业软件提供商，西门子在今天已经为“工业 4.0”的全面实现打下了坚实基础。西门子不仅是工业技术和工业软件的战略提供商，也是工业技术和工业软件的践行者。有“数字化工厂”之称的西门子工业自动化产品成都生产研发基地于 2013 年 9 月 11 日正式投产，它是全球最先进的电子工厂之一，也是西门子在德国之外建立的首家“数字化企业”，它利用了西门子工业技术和工业软件平台，实现了从产品设计到制造过程的高度数字化。

NX 是西门子工业软件平台的组成之一，为数字化产品研发提供了集成的解决方案：

- NX 增强了工程信息的应用，帮助在产品研制中做出更好的决策——降低风险。
- NX 灵活、集成的设计工具，可设计更复杂的产品——提高效率。
- NX 经过验证、最佳的仿真和分析——确保产品质量。
- NX 集成的零件制造解决方案——打通设计到制造。
- NX 系统驱动的设计方法应用于机、电、软多学科产品研发——增强适应性。
- NX 开放的体系，允许应用来自其他系统的数据（多 CAD）——增强协同。
- NX 横跨产品研制过程的知识重用——提升规范化水平。

正是由于 NX 软件的集成性、功能的先进性，NX 在国防、航空航天、船舶、石化、机械、能源、交通运输及电子等行业都有着广泛的应用。

西门子不仅乐意与广大用户分享其自身在工业领域的实践经验，也鼓励广大用户分享他们自己的实践经验，从而相互促进，共同提高。“数字化工程与制造 (CAD/CAM) 实践丛书”就是我们的客户多年来应用西门子工业软件 NX 的经验总结和知识分享。相信其必定能让广大读者朋友们受益匪浅。

“永不让客户失败”是西门子工业软件的宗旨，我们坚信在广大客户的支持和帮助下，西门子工业软件必定能提供更具广度、更具深度的解决方案，帮助中国工业企业在“两化深度融合”的过程中实现升级转型，以更高生产力、更高效能、更短产品上市时间、更强灵活性在国际竞争中占据先机。

梁乃明
大中华区董事总经理兼首席执行官
西门子工业软件
2014年9月

前 言

本书是基于 Siemens PLM Software 公司发行的 NX 8.5 版本以上 CAM 软件所编写的多轴加工编程实践教程。Siemens PLM Software 是全球领先的产品生命周期管理 (PLM) 软件与服务提供商, 在全世界有 51000 个客户, 装机量 460 万套, 总部位于美国德克萨斯州的普莱诺市。Siemens PLM Software 的开放式企业解决方案可以助力企业及其合作伙伴通过全球化创新网络进行协作, 以提供世界级的产品和服务。

基本内容

本书作为数字化加工与制造 (CAD/CAM) 实践的高级教程, 系统地介绍了数控多轴加工技术所涉及的数控机床、控制系统、加工刀具、多轴编程操作, 全面地介绍了 NX CAM 多轴加工可变轴曲面轮廓铣、顺序铣、外形轮廓铣、多叶片铣操作以及集成仿真和验证等内容。

主要特色

- 本书从使用者的角度出发, 通过实际案例详细地介绍了 CAM 多轴编程的各种功能, 以及如何简单方便地使用来解决实际问题。本书内容全面, 循序渐进, 以图文对照方式进行编写, 通俗易懂。通过书中实际案例的操作步骤, 读者可了解每节所讲的内容, 学会操作, 举一反三应用到自己的工作当中。
- 中航工业发动机公司有关工程技术人员在 NX CAM 多轴加工编程实践中取得了宝贵的经验, 本书是基于这些经验编写的, 编者是实施项目成员和具有丰富应用实践经验的工程技术人员, 在写作过程中参考了大量相关手册和资料, 总结运用 NX CAM 数控加工编程的实际应用经验, 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并成功运用 Siemens PLM Software 公司软件实施数字化制造的经验。
- 本书配有多媒体光盘进行同步视频操作示范, 读者只要按光盘中的视频及教材中的步骤做成、做会、做熟, 再举一反三, 就能扎扎实实地掌握 NX CAM 多轴编程技术的实际应用。

本书光盘

为了方便读者学习与提高自身学习能力, 本书对大多数操作实例, 专门制作了 33 个长达 200 分钟的语音视频录像, 为读者熟练掌握编程操作提供有声帮助。本书附带操作实例

和练习实例的原材料，读者在学习过程中需要将光盘 CAM SENIOR TRAINING 文件夹所有子文件夹复制到 X:\CAM SENIOR TRAINING 文件夹参照练习，其中 X 为本地计算机盘符，如 D 盘，书中提及的素材以及实例路径均指本地磁盘。

读者对象

本书内容全面，循序渐进，以图文对照方式进行编写，通俗易懂，是 Siemens PLM Software 公司官方指定用户培训教程，既可作为在校大学、高职的机械、机电专业的学生教材，也可供具有一定基础知识的人员自学参考。

技术服务

读者可以在本书的交流社区 www.uggd.com（模具联盟网）找到本书的相关资源：勘误表、更新、训练、下载及其他相关信息，在社区中我们将对本书的技术疑难问题提供在线解答，读者也可加入数字化工程与制造 QQ 群 326258798 或发送 E-mail 至 1947414639@qq.com 与编者交流探讨。

项目团队

本书由中航工业发动机公司技术专家李海泳主编，中航工业黎明王辛牧、李丹、胡培强、俸跃伟、闵祥禄、孙学诚和中航工业动力所师俊东，以及北京航天新风机械曹彦生等参与具体章节的编写，最后由李海泳统稿。在编写过程中，青华科技孙权、Siemens PLM Software 公司刘其荣、罗梅杰、邹明政、郭涛等同仁在本书编写过程中给予技术支持与帮助，是大家的共同努力完成了这本书。同时向所有支持、期待本书的各位读者献上最诚挚的感谢！

本书是笔者多年工作经验的总结，书中难免有疏漏或不足之处，恳请广大读者批评指正，提出宝贵意见，以利我们今后改进。

编 者

目 录

第 1 章 多轴加工基础	1
1.1 多轴加工概述	1
1.2 多轴加工常见机床类型	2
1.2.1 双转台结构	2
1.2.2 双摆头结构	3
1.2.3 单摆头+单转台结构	4
1.2.4 非正交结构	5
1.2.5 附加旋转工作台	6
1.2.6 车铣复合加工中心	6
1.3 多轴加工的优点	7
1.4 多轴加工常用数控系统	7
1.4.1 HEIDENHAIN (海德汉) 数控系统	8
1.4.2 SINUMERIK (西门子) 数控系统	9
1.4.3 FANUC (发那科) 数控系统	10
1.4.4 华中数控系统	11
1.5 多轴加工刀具种类	12
1.6 多轴加工应用	15
1.6.1 3+2 轴加工	15
1.6.2 多轴联动刀具跟随	16
1.6.3 多轴联动编程方式	19
1.7 展望	20
第 2 章 多轴加工 (可变轴曲面轮廓铣)	21
2.1 多轴铣加工介绍	22
2.1.1 多轴铣加工基础	22
2.1.2 NX 多轴铣加工 (可变轴曲面轮廓铣) 的加工原理	23
2.1.3 NX 多轴编程的注意点	24
2.2 NX 多轴铣加工 (可变轴曲面轮廓铣) 操作步骤	24
2.3 驱动方法 (Drive Method)	24
2.3.1 驱动方法介绍	24
2.3.2 边界驱动	25
2.3.3 曲面区域驱动应用	28
2.3.4 曲线/点驱动应用	31

2.3.5	螺旋驱动应用	34
2.3.6	径向驱动应用	37
2.3.7	刀轨驱动	40
2.3.8	流线驱动应用	42
2.3.9	用户函数驱动	46
2.4	投影矢量 (Projection Vector)	46
2.4.1	指定矢量 (Specify Vector)	47
2.4.2	刀轴 (Tool Axis)	47
2.4.3	远离点 (Away from Point)	48
2.4.4	朝向点 (Toward Point)	51
2.4.5	远离线 (Away from Line)	54
2.4.6	朝向线 (Toward Line)	57
2.4.7	垂直于驱动体 (Normal to Drive)	60
2.4.8	朝向驱动体 (Toward Drive)	63
2.4.9	侧刃划线 (Swarf Ruling)	66
2.4.10	正确设定投影矢量的建议	70
2.5	刀轴矢量 (Tool Axis)	71
2.5.1	+ZM 轴	72
2.5.2	指定矢量	72
2.5.3	点和线刀轴	72
2.5.4	相对刀轴	78
2.5.5	垂直刀轴	92
2.5.6	侧刃驱动体 (Swarf Drive) 刀轴	99
2.5.7	插补 (Interpolate) 刀轴	102
2.5.8	优化后驱动 (Optimized to Drive) 刀轴	105
第 3 章	多轴铣加工 (顺序铣)	109
3.1	顺序铣加工介绍	109
3.2	顺序铣加工操作步骤	110
3.3	加工几何	110
3.3.1	控制面	111
3.3.2	参考点	111
3.4	顺序铣编程操作设置要点	111
3.4.1	进刀运动	111
3.4.2	连续刀轨运动	116
3.4.3	退刀运动	116
3.4.4	点到点的运动	117
3.4.5	其他选项	117
3.5	顺序铣操作实例	117

第 4 章 多轴加工（外形轮廓铣）	126
4.1 外形轮廓铣加工介绍	126
4.2 加工几何体	127
4.2.1 零件几何体	127
4.2.2 底部面几何体	127
4.2.3 壁几何体	128
4.2.4 辅助底部面几何体	128
4.2.5 检查几何体	129
4.3 外形轮廓铣编程操作要点	129
4.3.1 驱动设置	129
4.3.2 驱动方式	130
4.3.3 编程要点	131
4.4 外形轮廓铣加工操作实例	132
第 5 章 多轴加工（多叶片铣）	144
5.1 多叶片铣加工介绍	144
5.2 多叶片铣加工几何体	145
5.2.1 叶毂几何体	145
5.2.2 包覆几何体	146
5.2.3 叶片几何体	146
5.2.4 分流叶片几何体	146
5.2.5 叶根圆角几何体	146
5.3 多叶片铣加工操作	147
5.3.1 叶片粗加工	147
5.3.2 叶片精加工	150
5.3.3 叶毂精加工	154
5.3.4 叶片圆角精加工	157
第 6 章 NX 集成仿真和验证	160
6.1 NX 加工仿真和验证总体介绍	160
6.1.1 加工制造业加工仿真需求	160
6.1.2 通过加工仿真改进 CAM 流程	161
6.1.3 NX 加工仿真和验证解决方案	161
6.1.4 NX 加工仿真和验证（ISV）总体流程	162
6.1.5 NX 数控加工仿真关键技术	162
6.1.6 NX 数控加工仿真层次	164
6.2 NX 数控程序仿真应用实例	166
6.2.1 定义加工机床模拟的准备工作	166
6.2.2 定义放置模拟机床的数据的路径	167

6.2.3	创建机床的运动学组件 (K-组件)	170
6.2.4	对机床的运动学组件进行分类	174
6.2.5	在机床的运动学组件上创建联接坐标系并分类	175
6.2.6	在机床的运动学组件上创建 NC 轴	179
6.2.7	创建机床后置处理器	184
6.2.8	配置 CSE 驱动器	186
6.2.9	注册虚拟机床	187
6.2.10	装载机床	188
致谢		192

第 1 章 多轴加工基础



主要内容

- 多轴加工概述
- 多轴加工常见机床类型
- 多轴加工的优点
- 多轴加工常用数控系统
- 多轴加工刀具种类
- 多轴加工应用



学习目标

通过对多轴加工常见机床类型、常用数控系统、刀具种类和多轴加工的优点的介绍，初步了解多轴加工的应用。

1.1 多轴加工概述

多轴加工可理解为在 4 轴（至少包含一个回转轴）及以上的数控设备上完成定向或联动加工。随着制造技术的发展，当前多轴数控加工设备越来越多地应用在航空航天、汽车等行业。

多轴加工设备的种类很多，结构类型和控制系统都各不相同。多轴加工与 3 轴加工编程相比，作为加工程序的 NC 代码的主体即是众多的路径坐标点，控制系统通过坐标点来控制刀尖参考点的运动，从而加工出需要的零件形状。在 3 轴加工编程的过程中，只需要通过对零件模型按照加工策略进行计算，在零件上得到点位数据即可。而在多轴加工中，不仅需要计算出点位坐标数据，还需要得到坐标点上的矢量方向数据，这个矢量方向在加工中通常用来表达刀具的刀轴方向，这就要求在编程中要考虑更多的因素及复杂的运算。

目前，这项工作最经济的解决方案是通过计算机和 CAM 软件来完成，众多的 CAM 软件都具有这方面的能力。但是，这些软件在使用和学习上难度比较大，编程过程中需要考虑的因素比较多，能使用 CAM 软件编程的技术人员成为多坐标加工的一个瓶颈因素。即使利用 CAM 软件，从目标零件上获得了点位数据和矢量方向数据之后，并不代表这些数据可以直接用来进行实际加工。因为随着机床结构和控制系统的不同，这些数据如何能准

确地解释为机床的运动，是多坐标联动加工需要着重解决的问题。

因此，仅仅利用 CAM 软件计算出点位数据和矢量方向并不能真正地满足最终的加工需要（这些点位数据和矢量方向数据就是前置文件），还需要利用另外的工具将这些前置文件转换成适合机床使用的加工程序，这个工具就是后处理。

1.2 多轴加工常见机床类型

以五坐标联动的铣削机床为例，从结构类型上看，分为双转台、双摆头、单摆头+单转台三大类，每大类根据机床运动部件的运动方式的不同而有所不同。以直线轴 Z 轴为例，对于立式设备来说，人们编程时习惯以 Z 轴向上为正方向，但是有些设备是通过主轴头固定而工作台向下移动、刀具相对向上移动为 Z 轴正方向移动；有些设备是工作台固定而主轴头向上移动、刀具向上移动。在刀具参考坐标系和零件参考坐标系的相对关系中，不同的机床结构对三坐标加工中心没有什么影响，但是对于多轴联动的设备来说就不同了，这些相对运动关系的不同对加工程序有着不同的要求。由于机床控制系统的不同，对刀具补偿的方式和程序的格式也都有不同的要求。

加工中心一般分为立式加工中心和卧式加工中心。3 轴立式加工中心最有效的加工面仅为工件的顶面，卧式加工中心借助回转工作台，也只能完成工件的四面加工。多轴数控加工中心具有高效率、高精度的特点，工件在一次装夹后能完成 5 个面的加工。如果配置 5 轴联动的高档数控系统，还可以对复杂的空间曲面进行高精度加工，非常适于加工汽车零部件、飞机结构件等工件的成型模具。根据回转轴形式，多轴数控加工中心一般可分为以下几种方式：

(1) 双转台结构。

(2) 双摆头结构。

(3) 单摆头+单转台结构。

1.2.1 双转台结构

双转台结构类型的机床是一个工作台做回转运动，另一工作台做偏摆运动，回转工作台附加在偏摆工作台上，随偏摆工作台的运动而运动，如图 1-1 所示。其中，回转工作台通常称为机床的第 5 轴，而偏摆工作台称为机床的第 4 轴。图 1-2 所示为一典型的双旋转工作台 5 轴联动铣床。

这种设置方式的多轴数控加工机床的优点是：主轴结构比较简单，刚性非常好，制造成本比较低。但工作台一般不能设计太大，承重也较小，特别是当 A 轴回转角度 $\geq 90^\circ$ 时，工件切削时会对工作台带来很大的承载力矩。

双转台结构类机床的特征如下：

(1) 3 个直线轴建立在笛卡儿坐标系上，符合右手法则。

(2) 旋转轴平行于直线轴, 即 A 轴平行于 X 轴, C 轴平行于 Z 轴。

(3) 旋转轴轴线正交。

(4) 工件在旋转工作台上。

(5) 第一个旋转轴作为机床的第 4 轴, 它的旋转改变了第二个旋转轴的定向; 第二个旋转轴作为机床的第 5 轴, 它的旋转不改变第一个旋转轴的定向。

(6) 刀具的初始方向为 Z 轴的负方向。

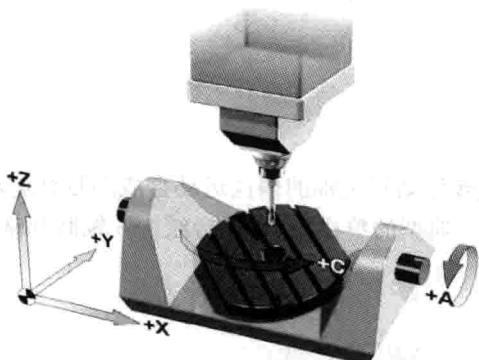


图 1-1 双转台机床结构图

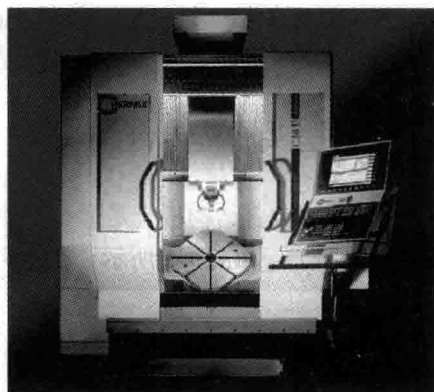


图 1-2 双转台机床

1.2.2 双摆头结构

双摆头结构类型的机床是通过主轴头在两个方向的旋转来实现 5 轴联动加工, 如图 1-3 所示。图 1-4 所示是一台双旋转主轴头的龙门 5 轴联动铣床结构。

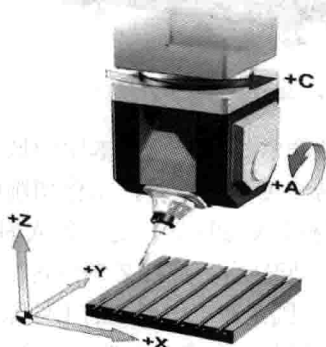


图 1-3 双摆头机床结构图

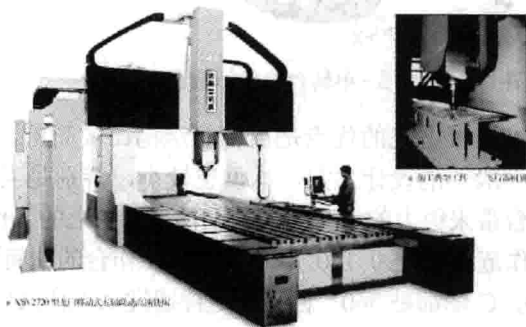


图 1-4 双摆头机床

这种设置方式的多轴数控加工机床的优点是: 主轴加工非常灵活, 工作台也可以设计得非常大。在使用球面铣刀加工曲面时, 当刀具中心线垂直于加工面时, 由于球面铣刀的顶点线速度为零, 顶点切出的工件表面质量会很差, 而采用主轴回转的设计, 令主轴相对工件转过一个角度, 使球面铣刀避开顶点切削, 保证有一定的线速度, 可提高表面加工质量, 这是工作台回转式加工中心难以做到的。

双摆头结构类机床的特征如下:

- (1) 3个直线轴建立在笛卡儿坐标系上,符合右手法则。
- (2) 旋转轴平行于直线轴,即A轴平行于X轴,C轴平行于Z轴。
- (3) 旋转轴轴线正交。
- (4) 刀具在旋转头上。
- (5) 第一个旋转轴作为机床的第4轴,它的旋转改变了第二个旋转轴的定向;第二个旋转轴作为机床的第5轴,它的旋转不改变第一个旋转轴的定向。
- (6) 刀具的初始方向为Z轴的负方向。

1.2.3 单摆头+单转台结构

单摆头+单转台结构机床是通过工作台的回转运动和主轴的偏摆运动合成的复合运动来完成零件的加工,如图1-5所示。图1-6所示为一典型的单摆头+单转台结构5轴联动铣床。

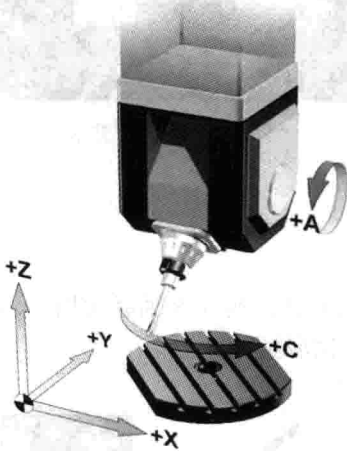


图 1-5 单摆头+单转台机床结构图

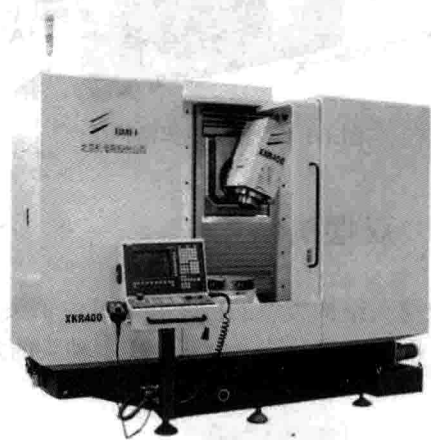


图 1-6 单摆头+单转台机床

这种设置方式的优点是主轴的结构比较简单,主轴刚性非常好,制造成本比较低。但工作台一般不能设计太大,承重也较小,特别是当A轴回转角度 $\geq 90^\circ$ 时,工件切削时会对工作台带来很大的承载力矩。设置在床身上的工作台可以环绕X轴回转,定义为A轴,A轴的工作范围一般为 $-120^\circ \sim +30^\circ$ 。工作台的中间还设有一个回转台,环绕Z轴回转,定义为C轴,C轴都是 360° 回转。这样通过A轴与C轴的组合,固定在工作台上的工件除了底面之外,其余的5个面都可以由立式主轴进行加工。A轴和C轴最小分度值一般为 0.001° ,这样又可以把工件细分成任意角度,加工出倾斜面、倾斜孔等。A轴和C轴如与X、Y、Z三直线轴实现联动,配置高档的数控系统、伺服系统以及软件就可加工出复杂的空间曲面。

单摆头+单转台结构类机床的特征如下:

- (1) 3个直线轴建立在笛卡儿坐标系上,符合右手法则。
- (2) 旋转轴平行于直线轴,即B轴平行于Y轴,C轴平行于Z轴。
- (3) 旋转轴必须正交。

(4) 刀具在旋转头上。

(5) 第一个旋转轴作为机床的第4轴，它的旋转改变了刀具的方向；第二个旋转轴作为机床的第5轴，它的旋转改变了工件的位置。

(6) 刀具的初始方向为Z轴的负方向。

1.2.4 非正交结构

非正交机床是指机床的两旋转轴的夹角不是 90° ，而是其他角度，主要是 45° 。这种机床最先由 Deckel-Maho 公司生产，现在国内的应用也越来越多。非正交机床主要有两种结构：一种是一旋转工作台加一旋转主轴头（如图 1-7 所示），图 1-8 所示为一典型的非正交单摆头+单转台结构 5 轴联动铣床；一种是双旋转工作台（如图 1-9 所示），图 1-10 所示为一典型的非正交双旋转工作台 5 轴联动铣床。

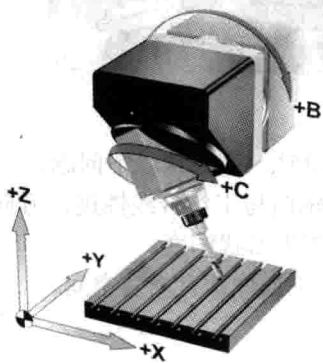


图 1-7 主轴非正交 5 轴联动铣床

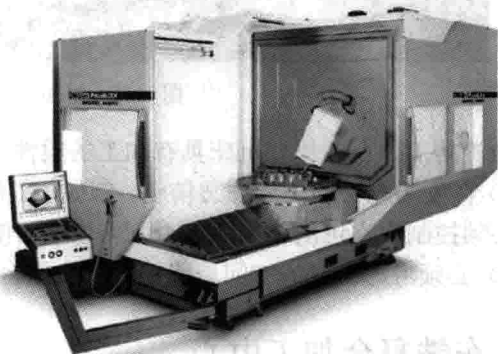


图 1-8 非正交单摆头+单转台铣床

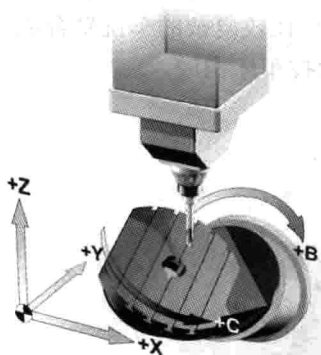


图 1-9 工作台非正交 5 轴联动铣床



图 1-10 非正交双旋转工作台铣床

非正交结构机床具有以下特点：

(1) 由于机床结构的特殊性，增加了旋转轴的定位精度。

(2) 增加了机床使用的灵活性，例如图 1-7 所示的机床，当 B 轴旋转 180° 后，机床结构就立即从立式结构转换为卧式结构。

(3) 在进行数控加工程序的编制时,特别是加工后置处理时,应特别注意其角度换算的特殊性。

1.2.5 附加旋转工作台

某些机床平时是按 3 轴数控铣床使用,但在需要的情况下,可以在其工作台上安装附加旋转工作台使其成为 4 轴数控铣床或 5 轴数控铣床,以实现加工的某些特定要求。如图 1-11 所示是一些附加旋转工作台实例。

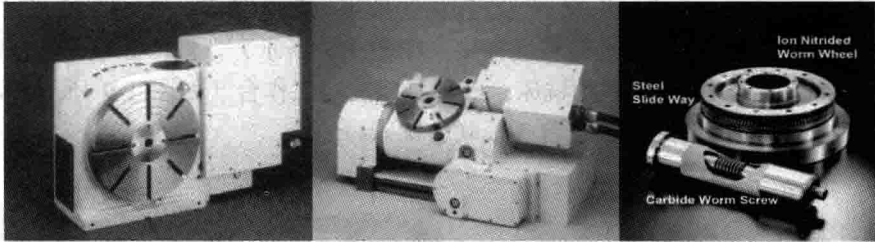


图 1-11 附加旋转工作台

附加旋转工作台结构使机床具有加工的柔性,但在使用时,应注意以下问题:

(1) 在安装时必须确保安装精度。例如,工作台旋转轴向与工作台线性进行方向的夹角误差必须控制在许可的范围内,否则将直接影响工件的加工形状精度。

(2) 必须考虑机床的空间,确保附加工作台,以及加工工件都有安装空间。

1.2.6 车铣复合加工中心

车铣复合加工中心是在车床的基础上增加了铣床的功能,随着技术的发展,这类机床的结构日益复杂,功能也日益强大。如图 1-12 所示即为一台比较复杂的车铣复合加工中心,从结构来看,它实际上由一台 5 轴联动数控铣床和两台数控车床构成。

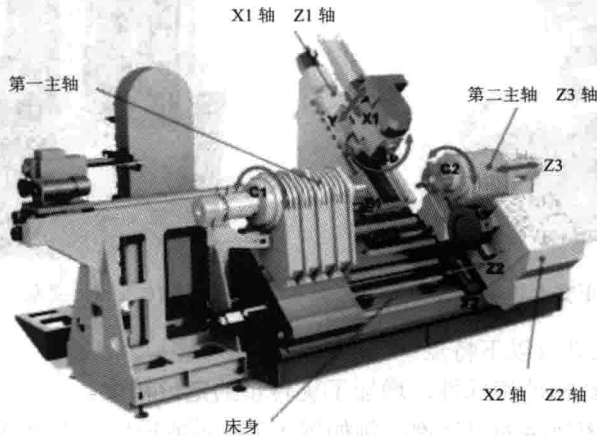


图 1-12 车铣复合加工中心