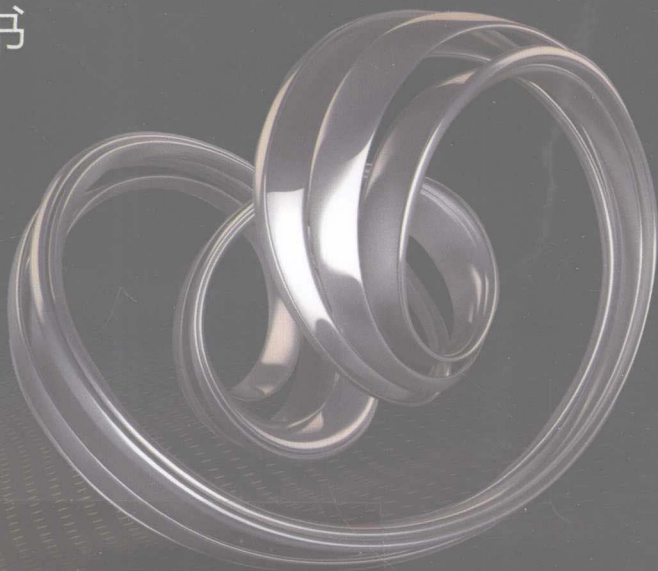


精工 CAD/CAM

行业应用实践丛书

- 典型的应用案例,挖掘您最需要的软件知识和行业技能。
- 全新写作模式,带您进入实际的行业操作流程。
- 点线面结合,让您在学习软件的同时领略行业技巧。
- 应用拓展,让您了解更多的软件技巧和行业规程,开阔视野。



Mastercam X3

数控加工

一条主线,两条线索,纵横结合,
完美展现软件在行业中的应用

行业应用实践



多媒体视频光盘
6小时超长演绎

零点工作室 童桂英 郭 忠 杨洪兰 等 / 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

精工

CAD/CAM
行业应用实践丛书

零点工作室 童桂英 郭 忠 杨洪兰 等 / 编著

Mastercam X3 数控加工 行业应用实践

Mastercam X3 是美国 CNC Software NC 公司的产品, 由于其卓越的设计及加工功能, 在世界上拥有众多的忠实用户, 被广泛应用于机械、电子、航空等领域。

本书共 9 章。其中, 7 章为基础篇, 2 章为综合实例讲解篇。第 2~7 章以一个“八凸台凸模和凹模零件”为项目应用主题, 按照项目的设计和加工流程, 每章讲解其中的一个环节, 最终实现整个项目的设计和加工。其内容涉及二维图形绘制、三维线架与曲面设计、三维实体构建、二维铣削加工、三维曲面粗加工、三维曲面精加工。每章分“相关专业知识”、“相关设计(加工)方法”、“实例分析”、“项目实现”和“应用拓展”5 部分。

本书概念清晰、实例丰富, 采用文字加图解的方法, 以流程的形式介绍知识内容和操作过程, 使读者一目了然, 轻松掌握。本书既可作为 Mastercam 初中级读者用书, 也可作为大、中专院校相关课程的教材, 同时还可作为工程机械人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam X3 数控加工行业应用实践/童桂英等编著. —北京: 机械工业出版社, 2010.9

(精工——CAD/CAM 行业应用实践丛书)

ISBN 978-7-111-31828-6

I. ①M… II. ①童… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Mastercam X3 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 176399 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: 张晓娟 责任编辑: 张晓娟 吴超莉

版式设计: 墨格文慧 责任印制: 李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2010 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·30.25 印张·750 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31828-6

ISBN 978-7-89451-698-5 (光盘)

定价: 58.00 元 (含 1DVD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

❧ 内容和特点

Mastercam 是美国 CNC Software NC 公司开发的基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件。它具有强大稳定的造型功能和强劲的曲面粗加工及灵活的曲面精加工功能,可设计出复杂的曲线、曲面零件,并可选择最适合的加工方法对其进行加工,从而保证了加工质量和效率。Mastercam 还提供了多轴加工功能,为零件的加工提供了更大的灵活性。

本书共 9 章。其中第 2~7 章以一个“八凸台凸模和凹模零件”为项目应用主题,按照项目的设计和加工流程,每章讲解其中的一个环节,最终实现整个零件的设计和加工,并形成加工程序。其内容涉及二维图形绘制、三维线架与曲面设计、三维实体构建、二维铣削加工、三维曲面粗加工、三维曲面精加工等。每章分“相关专业知识”、“相关设计(加工)方法”、“实例分析”、“项目实现”和“应用拓展”5 部分。“相关专业知识”部分主要从零件型面的设计或加工方面,介绍与本章内容相关的专业基础知识或设计、加工方法;“相关设计(加工)方法”部分介绍与本章绘图内容相关的绘图命令应用方法或加工方法、操作步骤和各加工参数设置方法;“实例分析”部分以实例形式对本章相关软件知识予以诠释,一些使用软件的技巧和经验也在这里结合实例介绍给读者;“项目实现”部分是对工程项目的实现,逐章讲解八凸台凸模的一个设计或加工环节;“应用拓展”部分从专业知识和软件应用两个方面,更深一步介绍与本书内容相关的行业知识。

本书内容既不是单纯实例的简单堆砌,也不是方法原理的枯燥叙述,而是通过实例和方法的有机统一,使本书内容既有操作上的针对性,又有方法上的普遍性。本书采用的案例尽量贴合实际工程,使读者通过这些案例的学习直接指导自己的实际工作。

本书在讲解实例和工程项目时,以图解的方法,条理清楚、深入浅出,使读者容易学习、快速掌握。通过对本书内容的学习、理解和练习,能使读者真正领会 CAD/CAM 软件的精髓,熟练掌握 Mastercam X3 的各种设计方法和加工方法。

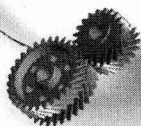
❧ 读者对象

- 具有一定 Mastercam 基础知识的初中级读者。
- 机械设计等专业的在校大中专学生。
- 从事机械工程设计和加工工程的技术人员。
- 从事三维绘图的专业人员。

本书既可作为大、中专院校机械设计等专业的教材,也可作为读者的自学用书,同时还可作为专业人员的参考用书。

为了方便读者的学习,书中所有实例和练习的源文件,以及用到的素材都包含在本书的配套光盘中,读者可以直接在 Mastercam X3 环境中运行或修改这些源文件。

本书主要由童桂英、郭忠、杨洪兰编写,参与编写的人员还有管殿柱、宋一兵、郭世永、张忠林、刘国华、赵景伟、姜洪奎、张晓杰、赵秋玲、张蔚波、范文利、吕志杰、赵



景波、张轩、付本国、曹立文、温建民等，他们为本书提供了大量的实例和素材。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习有所帮助，也希望您把对本书的意见和建议告诉我们。

零点工作室网站地址：www.zerobook.net

零点工作室联系信箱：gdz_zero@126.com

内容提要

零点工作室

编辑推荐

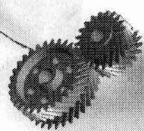
目 录

前言

第 1 章 数控加工基础	1
1.1 数控加工原理与特点	2
1.1.1 数控加工原理	2
1.1.2 零件的数控加工方法	2
1.1.3 数控加工的工艺特点	5
1.1.4 数控编程技术发展	8
1.2 基于 Mastercam X3 的数控加工	10
1.2.1 Mastercam X3 的基本功能	10
1.2.2 Mastercam X3 的数控加工流程	12
1.3 应用项目——八凸台凸模零件的数控加工	17
1.3.1 设计要求	17
1.3.2 设计方案	18
1.3.3 实施路线	18
1.4 思考与练习	20
第 2 章 二维图形绘制	21
2.1 相关专业知识点	22
2.2 相关设计方法	24
2.2.1 常用二维绘图命令	24
2.2.2 二维图形编辑	34
2.2.3 图形转换	41
2.3 实例分析	42
2.3.1 完成带群孔零件的设计	42
2.3.2 绘制槽轮零件	45
2.3.3 梅花形凹模零件	49
2.3.4 曲柄连杆图形	52
2.4 项目实施——八凸台凸模的二维造型	55
2.5 应用拓展	58
2.6 思考与练习	62
第 3 章 三维线架与曲面设计	63
3.1 相关专业知识点	64
3.1.1 三维造型的概述	64

3.1.2 三维线架和三维曲面的概念	64
3.2 相关设计方法	66
3.2.1 构图平面与构图深度	66
3.2.2 三维线架的构建	70
3.2.3 三维曲面的绘制	75
3.3 实例分析	99
3.3.1 棘轮的构建	100
3.3.2 电话机注塑外壳	103
3.3.3 驱蚊器注塑外壳	115
3.4 项目实施——八凸台三维曲面的构建	120
3.4.1 八凸台的线架构	120
3.4.2 八凸台的三维曲面构建	125
3.4.3 八凸台曲面的编辑	127
3.5 应用拓展	130
3.6 思考与练习	132
第4章 三维实体构建	135
4.1 相关专业知识	136
4.2 相关设计方法	137
4.2.1 基本实体构建	138
4.2.2 由二维图形创建三维实体	139
4.2.3 三维实体的编辑	143
4.3 实例分析	157
4.3.1 轴承座	157
4.3.2 连杆	166
4.3.3 阶梯轴	170
4.4 项目实施——八凸台凸模和凹模的三维造型	173
4.4.1 构建基台	174
4.4.2 构建中心台	175
4.4.3 构建八凸台凸模	176
4.4.4 构建八凸台凹模	177
4.5 应用拓展	178
4.6 思考与练习	183
第5章 二维铣削加工	185
5.1 相关专业知识	186
5.1.1 数控机床坐标系	186
5.1.2 工件坐标系	189
5.2 相关加工方法	191
5.2.1 外形铣削	191

5.2.2 面铣削	210
5.2.3 挖槽加工	213
5.2.4 钻孔加工	224
5.2.5 雕刻加工	229
5.3 实例分析	231
5.3.1 “梅花”铝制凹模零件加工	231
5.3.2 壳体零件	240
5.3.3 标牌雕刻	249
5.4 项目实现——八凸台凹模的二维加工	253
5.4.1 加工上平面	253
5.4.2 加工外形	255
5.5 应用拓展	259
5.6 思考与练习	262
第 6 章 三维曲面粗加工	265
6.1 相关专业知识点	266
6.2 相关加工方法	267
6.2.1 平行粗加工	272
6.2.2 放射粗加工	276
6.2.3 投影粗加工	278
6.2.4 流线粗加工	279
6.2.5 等高外形粗加工	280
6.2.6 挖槽粗加工	283
6.2.7 残料粗加工	285
6.2.8 钻削式粗加工	286
6.3 实例分析	287
6.3.1 驱蚊器注塑外壳的加工	287
6.3.2 电话机的加工	291
6.3.3 桶盖加工	300
6.4 项目实现——八凸台凸模的粗加工	314
6.5 应用拓展	322
6.6 思考与练习	324
第 7 章 三维曲面精加工	327
7.1 相关专业知识点	328
7.2 相关加工方法	328
7.2.1 平行精加工	329
7.2.2 平行陡斜面精加工	332
7.2.3 放射精加工	334
7.2.4 投影精加工	334



7.2.5 流线精加工	335
7.2.6 等高外形精加工	336
7.2.7 浅平面精加工	336
7.2.8 交线清角精加工	338
7.2.9 残料清角精加工	339
7.2.10 环绕等距精加工	340
7.2.11 融合精加工	342
7.3 实例分析	343
7.3.1 驱蚊器注塑外壳的精加工	343
7.3.2 电话机的加工	350
7.3.3 桶盖精加工	358
7.4 项目实现——八凸台凸模的精加工	368
7.5 应用拓展	376
7.6 思考与练习	378
第 8 章 三维设计综合实例	379
8.1 脚踏座	380
8.1.1 实例设计分析	380
8.1.2 构建操作过程	380
8.2 发动机气缸活塞	398
8.2.1 实例设计分析	399
8.2.2 构建操作过程	400
8.3 叶轮	414
8.3.1 实例设计分析	415
8.3.2 构建操作过程	415
8.4 思考与练习	424
第 9 章 三维实体加工	425
9.1 压铸模型腔加工	426
9.1.1 实例加工分析	426
9.1.2 操作步骤	426
9.2 望远镜模具的加工	443
9.2.1 实例加工分析	444
9.2.2 操作步骤	444
9.3 瓶盖模型腔加工	460
9.3.1 实例加工分析	460
9.3.2 操作步骤	460
9.4 思考与练习	473
参考文献	475

第 1 章 数控加工基础

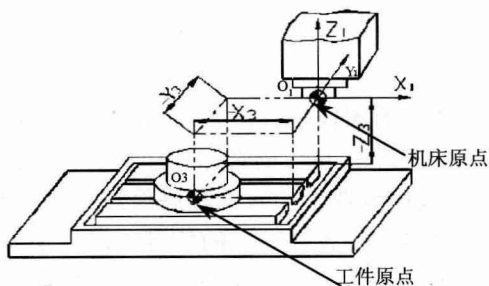


学习目标

掌握数控加工的原理和加工方法

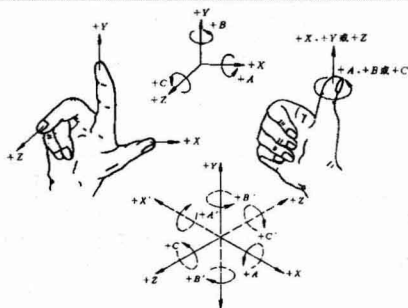
掌握数控加工的加工工艺制定方法

掌握 Mastercam X3 数控加工的流程



数控机床的机床坐标系是指在数控机床出厂之前,由机床制造厂商精确调定用来规定机床的运动方向,移动距离的基本坐标系。它是机床上其他坐标系建立的依据和基础。数控机床坐标系的设置遵守右手笛卡儿直角坐标系规则。

工件坐标系是编程时使用的坐标系,所以又称为编程坐标系。进行数控编程时,应该首先确定工件坐标系和工件原点。为保证编程与机床加工的一致性,工件坐标系也应是右手笛卡儿坐标系。



1.1 数控加工原理与特点

传统的机械加工都是用手操作普通机床作业的，加工时靠目测、用卡尺等测量产品的精度。现代的加工使用计算机数字化控制的机床进行作业，即数控机床。数控机床可以按照技术人员事先编好的程序自动对任何产品和零部件直接进行加工。这就是通常所说的“数控加工”，如图 1-1 所示。数控加工广泛应用在所有机械加工的任何领域，更是模具加工的发展趋势和重要、必要的技术手段。

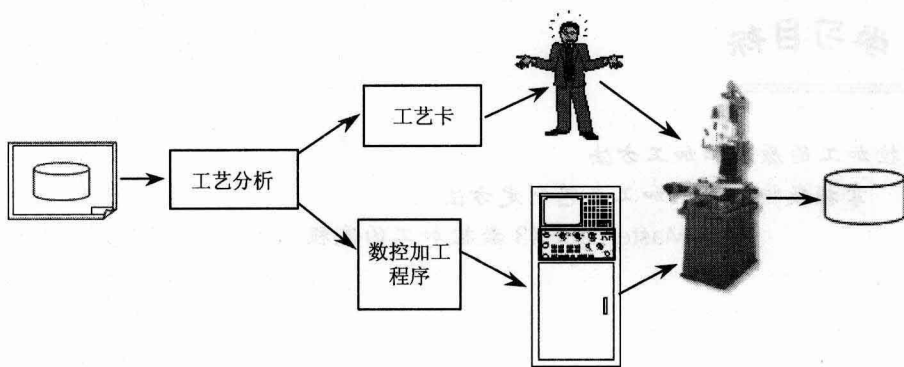


图 1-1 传统加工与数控加工的比较

1.1.1 数控加工原理

在数控机床上加工工件时，首先要根据加工零件的图样进行工艺分析（如加工路线、工艺参数、刀具参数等），然后用规定的格式编写程序单，并且记录在程序载体上，把程序载体上的程序通过输入装置输入到数控装置中去，数控装置将输入的程序经过运算处理后，向机床各个坐标的伺服系统发出信号，伺服系统根据数控装置发出的信号，通过伺服执行机构（如步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机），经传动装置（如滚珠丝杠螺母副等），驱动机床各运动部件，使机床按规定的动作顺序、速度和位移量进行工作，从而制造出符合要求的零件。其过程如图 1-2 所示。

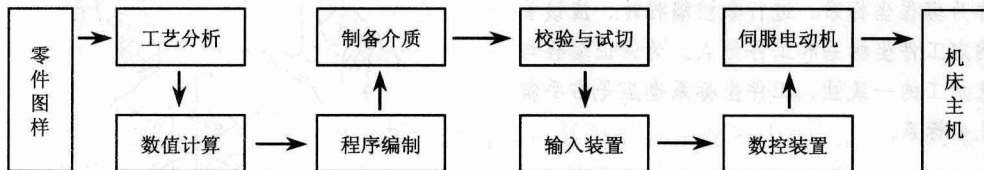


图 1-2 数控加工原理图

1.1.2 零件的数控加工方法

1. 平面孔系零件的加工方法

对这类孔的形位精度或尺寸精度要求较高的零件，采用数控钻床与镗床加工。

2. 旋转体类零件的加工方法

这类零件常用数控车床或数控磨床来加工，特别是在车削零件的毛坯多为棒料或锻坯时，加工余量较大且不均匀，因此在编程中，粗车的加工线路是主要考虑的问题。如图 1-3 所示的手柄零件，可先用直线程序进行粗加工，再按零件轮廓进行精加工。如图 1-4 所示的锻料零件，可先按图中的车削方法进行 1~4 次粗加工，再精加工成形。

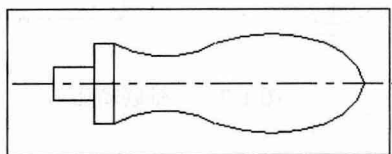


图 1-3 手柄零件

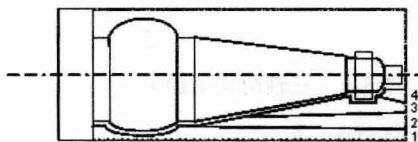


图 1-4 锻料零件

3. 平面轮廓零件的加工方法

平面轮廓零件如图 1-5 所示。这类零件常用数控铣床加工。在编程时，为保证加工平滑，应增加切入和切出程序段。若平面轮廓为数控机床所不具备插补功能的曲线时，则应先采用数控机床所具备的插补线型（直线、圆弧）去逼近该零件的轮廓。

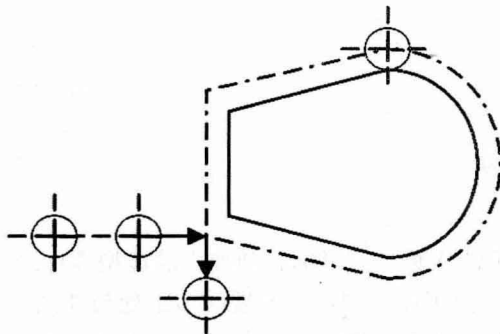


图 1-5 平面轮廓零件

4. 空间轮廓表面的加工方法

空间轮廓表面的加工根据曲面形状、机床功能、刀具形状以及零件的精度要求，可分为不同的加工方法。

(1) 三轴两联动加工——“行切法”

以 X、Y、Z 轴中任意两轴作插补运动，另一轴作周期性进给。这时一般采用球头或指形铣刀，在可能的条件下球半径应尽可能选择大一些，以提高零件表面粗糙度，如图 1-6 所示。

(2) 三轴联动加工

如图 1-7 所示为内循环滚珠螺母的回珠器示意图。其滚道母线 SS 为空间曲线，可用空间直线去逼近，因此，可在具有空间直线插补功能的三轴联动的数控机床上进行加工。但由于编程计算复杂，宜采用自动编程。

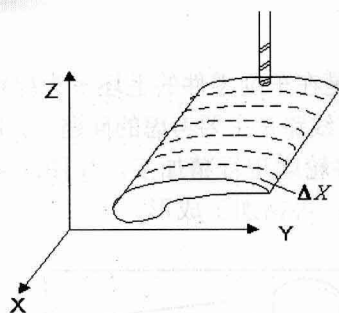


图 1-6 三轴两联动加工

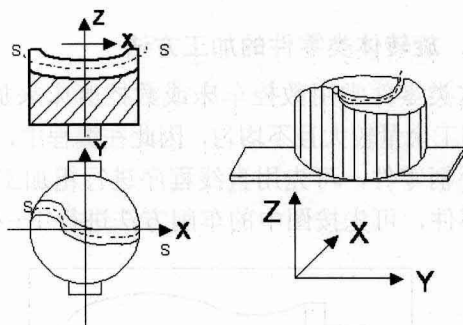


图 1-7 三轴联动加工

(3) 四轴联动加工

如图 1-8 所示为飞机大梁，其加工面为直纹扭曲面，若采用三坐标联动加工，则只能用球头刀。这样不仅效率低，而且加工表面粗糙度差，为此可采用如图 1-9 所示的圆柱铣刀周边切削方式在四轴联动机床上进行加工。由于计算较复杂，故一般采用自动编程。

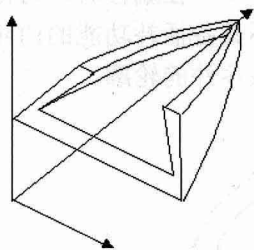


图 1-8 飞机大梁

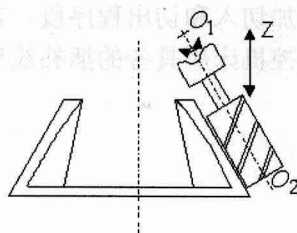


图 1-9 四轴联动加工

(4) 五轴联动加工

如图 1-10 所示的船用螺旋桨是五坐标联动加工的典型零件之一。由于其曲率半径较大，一般采用端铣刀进行加工，为了保证端铣刀的端面加工处与曲面的切平面重合，铣刀除了需要 3 个移动轴 (X、Y、Z) 外，还应作螺旋角 (与 R 有关) 与后倾角的摆动运动。并且还要作相应的附加补偿运动 (摆动中曲面与铣刀的刀位点不重合)。综上所述，叶面的加工需要五轴 (X、Y、Z、A、B) 联动，这种零件的数控编程只能利用自动编程系统。

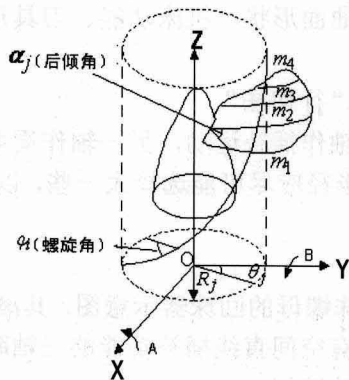


图 1-10 五轴联动加工



1.1.3 数控加工的工艺特点

数控加工柔性好, 自动化程度高, 特别适宜加工轮廓形状复杂的曲线、曲面零件, 以及具有大量孔、槽加工的复杂箱体、棱体零件。在多品种、小批量生产情况下, 使用数控机床加工能获得较高的经济效益。

数控加工工艺问题的处理与普通加工基本相同, 但又有其特点。因此, 在设计零件的数控加工工艺时, 既要遵循普通加工工艺的基本原则和方法, 又要考虑数控加工本身的特点和零件编程要求。

1. 零件装夹方法的确定与夹具选择

数控机床上被加工零件的装夹方法与一般机床一样, 也要合理选择定位基准和夹紧方案。在选择精基准时, 也要遵循“基准统一”和“基准重合”等原则。除此之外, 还应考虑以下几点。

- 尽量在一次定位夹紧中完成所有能加工的各表面的加工, 为此要选择便于各个表面都可被加工的定位方式。例如对箱体零件, 宜采用一面两销的定位方式; 也可采用以某侧面为导向基准, 待工件夹紧后将导向元件拆去的定位方式。
- 对于工件一次装夹可完成工件上各个表面的加工, 也可直接选用毛面作定位基准, 只是这时毛坯的制造精度要求要高一些。
- 对于加工中心, 工件在工作台上的安放位置的确定要兼顾各个工位的加工, 要考虑刀具长度及其刚度对加工质量的影响。例如进行单工位单面加工, 应将工件靠工作台一侧放置在工作台的正中位置, 这样可减少刀杆伸出长度, 提高刀具刚度。
- 数控加工中使用的夹具, 其结构大多比较简单, 应尽可能选用由通用元件拼装的组合可调节夹具, 以缩短生产准备周期。为了简化定位、编程和对刀, 保证工件能在正确的位置上按程序加工, 必须协调工件、夹具与机床坐标系之间的尺寸关系。

2. 加工顺序的安排

除了应按照“先面后孔”、“先粗后精”等基本原则安排加工顺序外, 还应注意遵循以下原则。

- 为了减少换刀次数和时间, 通常应按刀具集中工序。即在一次装夹中, 用同一把刀具加工完工件上所有需要加工的各个部位后, 再换下一把刀具进行加工。
- 对于同轴度要求很高的孔系, 应在一次定位后(同一工位下), 通过顺序连续换刀, 加工完该孔系的全部孔后, 再加工其他坐标位置的孔, 以消除重复定位误差的影响, 提高孔系的同轴度。

3. 对刀点和换刀点的确定

对刀点是数控加工时刀具相对于工件运动的起点, 由于程序也是从这一点开始执行, 所以对刀点也称作程序起点或起刀点。编程时应首先考虑对刀点位置的选择。

当对加工精度要求不高时,可直接用工件上或夹具上的某些表面作为对刀面;当对加工精度要求较高时,对刀点应尽量选在零件的设计基准或工艺基准上。例如以孔定位的零件,取孔的轴心作为对刀点就比较合适。

对刀点必须与工件的定位基准有一定坐标关系,这样才能确定机床坐标系与工件坐标系之间的关系。对刀点的选择应便于坐标值的计算,并使对刀方便。

对刀时,应使对刀点与刀位点重合。所谓刀位点,是指加工中刀具与工件表面相接触的点。平底立铣刀是指刀具轴线与刀具底面的交点;球铣刀是指球头部分的球心;车刀是指刀尖;钻头是指钻尖;线电极切割机床是指线电极轴心与零件面的焦点。

加工过程中需换刀时,应规定换刀点,换刀点的位置应根据换刀时不得碰伤工件、夹具以及机床的原则而设定。

4. 刀具进给路线的规划

进给路线是指数控加工过程中刀具(刀位点)相对于被加工零件的运动轨迹。规划进给路线时应遵循的原则如下。

- ❑ 保证被加工零件获得良好的加工精度和表面质量。
- ❑ 使数值计算工作简单。
- ❑ 使进给路线最短。

铣削平面零件轮廓时,一般采用立铣刀的侧刃切削。为了保证工件的外形光滑,铣刀的切入和切出点应沿零件周边外延布置,如图 1-11 所示。如果铣刀沿零件轮廓法线直接切入零件,将在零件外形上留下明显刀痕。

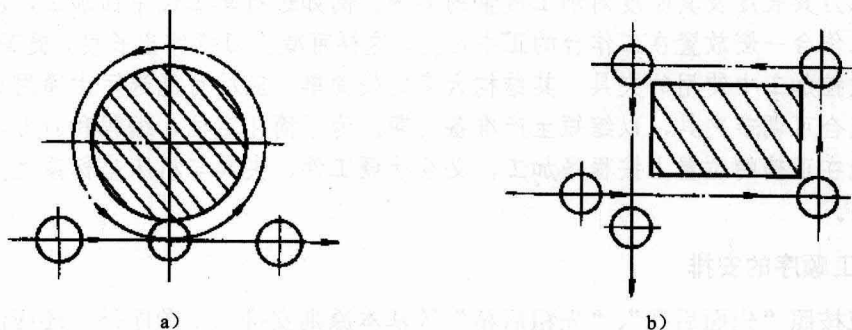


图 1-11 刀具的切入/切出路线

a) 铣削曲面轮廓 b) 铣削直线轮廓

铣削平面零件内槽的封闭轮廓时,切入/切出不能有外延部分,这时可沿零件轮廓的法线切入或切出,使其切入和切出点最好选在零件轮廓两几何元素的交点处。

轮廓加工中应避免进给停顿,因为在加工过程中,工件、刀具、夹具以及机床等都有少量的弹性变形,进给停顿会使切削力减小,刀具将在工件表面留下凹痕。

对于孔的位置精度要求高的零件,如图 1-12a 所示。在精镗或精铰孔系时,安排孔加工路线一定要注意做到各孔的定位方向一致,避免反向间隙的影响。例如图 1-12b 所示的进给路线,在加工孔 6 时,Y 的反向间隙将影响 5、6 孔的孔距精度;若按图 1-12c 所示的进给路线,可使各孔的定位方向一致,进而提高孔距精度。

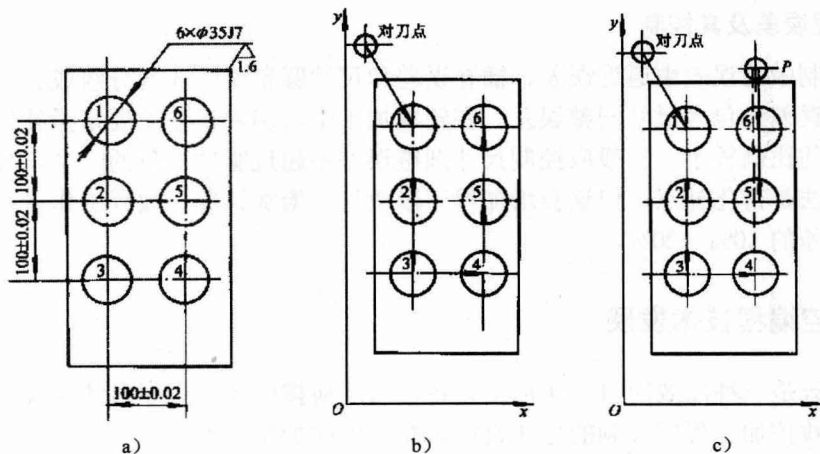


图 1-12 孔系加工的两走刀路线

5. 刀具选择

数控加工费用高，为提高效益，数控加工对刀具提出了更高要求，不仅要刚性好、精度高，而且要尺寸稳定、寿命长，调整方便。因此，凡加工情况允许选用硬质合金刀具时，就不应选用高速钢刀。应尽量选用可转位刀片以减少刀具磨损后的更换和预调时间，选用涂层刀具以提高耐磨性。精密镗孔应选用性能更好、更耐磨的金刚石和立方氮化硼刀具。

数控加工一般不采用钻模，钻孔刚度差，因此钻孔前应选用大直径钻头或中心钻先镗一个锥坑或钻一个中心孔，作为钻头切入时的定心锥面，然后再用钻头钻孔。

铰孔采用浮动铰刀，铰前孔口要倒角，铰刀两刀刃对称度要控制在 $0.02 \sim 0.05\text{mm}$ 。

由于镗孔是悬臂加工，为平衡背向力，减轻镗削振动，应采用对称的两刃或多刃镗刀头进行切削。精镗应采用微调镗刀。

6. 切削用量的确定

数控加工的切削用量选择原则与普通加工相同。由金属切削原理可知，在选择切削用量时，应首先采用最大的背吃刀量，再选用大的进给量，然后根据确定的刀具寿命选择切削速度。对于数控加工，刀具寿命至少应大于加工完一个零件，或最少不低于半个工作日。

在轮廓加工中，应注意克服由于惯性或伺服系统的随动误差而造成轮廓拐角处的“超程”或“欠程”现象。为此，要选择变化的进给量，即在接近拐角处应适当降低进给量，过拐角后再逐渐升高，以保证加工精度，如图 1-13 所示，图中 A、B、C 指刀具经过的位置。

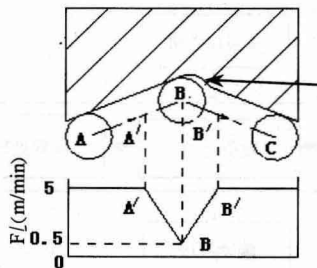


图 1-13 超程误差及控制

7. 编程误差及其控制

程序编制中的误差由逼近误差、插补误差和尺寸圆整误差 3 部分组成。在点位数控加工中, 编程误差只包含尺寸圆整误差。在轮廓加工中, 编程误差主要是插补误差, 尺寸圆整误差所占的比例较小。一般应控制尺寸圆整误差不超过脉冲当量的一半。减小插补误差的最简单方法是密化补点, 但这会增加程序段数目, 增加计算、编程工作量。通常编程误差为零件公差 的 10%~20%。

1.1.4 数控编程技术发展

数控机床是一种高效的自动化加工设备, 它严格按照加工程序自动对被加工工件进行加工。因此数控加工程序编制的好坏直接影响工件的加工质量。

数控加工程序编制的概念是从零件图样到制成控制介质的全过程。即将零件的加工信息, 加工顺序、零件轮廓轨迹尺寸、工艺参数 (F、S、T) 及辅助动作 (变速、换刀、切削液启停、工件夹紧松开等) 等, 用规定的文字、数字、符号组成的代码按一定的格式编写加工程序单, 并将程序单的信息变成控制介质的整个过程。

数控编程技术经历了 3 个发展阶段, 即手工编程、APT 语言编程和交互式图形编程。

1. 手工编程

手工编程是指在编程的过程中, 全部或主要由人工进行。对于加工形状简单、计算量小、程序不多的零件, 采用手工编程较简单、经济、效率高。

2. 自动编程 (APT 语言)

由于手工编程难以承担复杂曲面的编程工作, 因此自第一台数控机床问世不久, 美国麻省理工学院即开始研究自动编程的语言系统, 称为 APT (Automatically Programmed Tools) 语言。它是一种对工件、刀具的几何形状及刀具相对于工件的运动等进行定义时所用的一种接近于英语的符号语言。把用 APT 语言书写的零件加工程序输入计算机, 经计算机的 APT 语言编程系统编译产生刀位文件 (CLDATA file), 然后进行数控后置处理, 生成数控系统能接受的零件数控加工程序的过程, 称为 APT 语言自动编程。

APT 语言自动编程系统的组成如图 1-14 所示, 分成由 APT 语言编写的零件源程序、通用计算机以及编译程序 (系统软件) 3 个组成部分。零件源程序不同于手工编程时用 NC 指令代码写出的加工程序, 它不能直接控制数控机床, 只是加工程序计算机预处理的计算机输入程序。

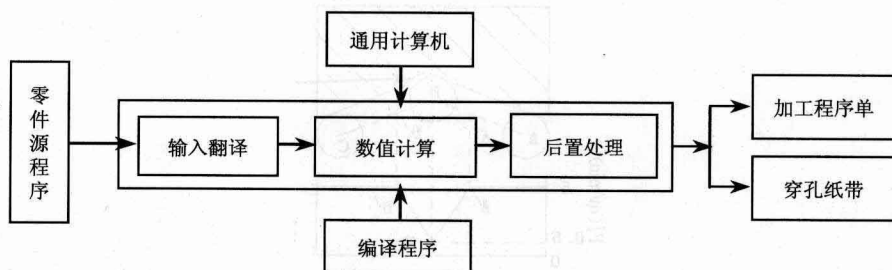


图 1-14 APT 语言自动编程系统的组成