



400分钟多媒体视频教学(训练实例、课后练习)
完备的实例源文件(训练实例、课后练习)

互动答疑QQ号: 8089249

从学习到实践

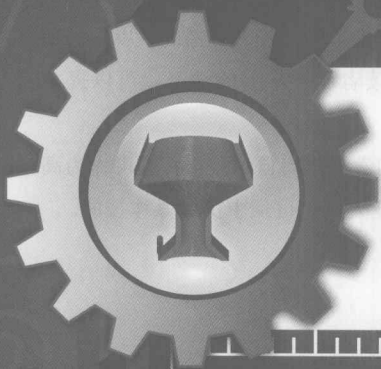
Mastercam X2 数控加工

刘文 王志奎 谭建波 编著

- 起点低，上手快，循序渐进，逐步提高
- 基础+实例+提高练习，边学边练，学以致用
- 典型的工厂应用案例，练就专业的技术水平
- 完备的实例源文件和教学视频，学习更轻松
- QQ在线互动答疑，快速解决学习中的疑问



清华大学出版社



从学习到实践

Mastercam X2

数控加工

刘文 王志奎 谭建波 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以实例为主,全方位介绍了 Mastercam X2 数控加工技术及其在实际工作中的应用。全书内容包括:数控加工技术基础、CAD 设计、二维铣削加工、线架加工、三维曲面加工、多轴加工、车削加工、线切割加工等。每个实例都针对该软件的相应功能进行了详细说明,具有条理清晰、文字精简、步骤详细等特点。配套光盘中给出了书中实例的源文件和 swf 视频教学文件。读者通过本书的学习,可以提高 Mastercam X2 的综合应用能力。

本书概念讲解清晰,内容全面深入,案例专业丰富,适合数控加工初学者作为自学教材,也可作为高等院校机械类专业的教材。从事机械零件、产品数控加工的工程技术专业人员也可从中提升操作技能。

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

从学习到实践——Mastercam X2 数控加工/刘文,王志奎,谭建波 编著. —北京:清华大学出版社,2009.6
ISBN 978-7-302-20095-6

I. 从… II. ①刘…②王…③谭… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Mastercam X2
IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 066760 号

责任编辑:刘金喜

封面设计:久久度文化

版式设计:孔祥丰

责任校对:胡雁翎

责任印制:王秀菊

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

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 刷 者:北京四季青印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28.5 插 页:2 字 数:694 千字

附光盘 1 张

版 次:2009 年 6 月第 1 版

印 次:2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:49.80 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:026031-01

前言

Preface

本书的编写目的

CAD/CAM技术的发展极大地改变了人们的设计手段和方法,更为重要的是CAD/CAM技术的广泛应用显著提高了设计的效率和质量。基于PC平台的Mastercam作为机械行业中首选的CAD/CAM软件系统,集设计和制造、数控机床自动编程于一体,由美国CNC SoftWare公司研制开发,具有超强性价比、实用性、可操作性和集成性。它几乎可以完成所有常规的简单和复杂形状零件的设计和加工,可用于数控铣床、数控车床、数控镗床、加工中心和数控线切割机床等。

Mastercam软件虽然不如工作站级软件功能全、模块多,但具有很大的灵活性。它对硬件的要求不高,且操作简单,易学易用,能使企业较快地创造效益。Mastercam X2在以前版本的基础上又增加了很多新的功能和模块,对三轴和多轴功能做了大幅提升,包括3轴曲面加工和多轴刀具路径。集二维绘图、三维曲面设计、体素拼合、数控编程、刀具路径模拟及真实感模拟等功能于一身。

本书内容导读

本书采用由浅入深的讲述方法,循序渐进地介绍了Mastercam X2的CAD和CAM功能的使用方法,全书共分9章,第一章介绍数控加工的基础知识,第二章介绍Mastercam X2软件的新特点、运行环境和利用Mastercam X2进行数控加工的概述,第三章介绍Mastercam X2的CAD设计,包括二维草图绘制、线架造型、实体造型等,第四章介绍二维铣削加工的基础知识和操作方法,第五章介绍了三维曲面加工的基础知识和操作方法,第六章介绍了多轴加工的基础知识和操作方法,第七章介绍了车削加工的基础知识和操作方法,第八章介绍了基于线架的数控加工方法,第九章介绍了利用线切割进行加工的基础知识和操作方法。

本书结构安排合理，内容翔实，实例丰富，同时，书中包含了大量的习题，使读者在学习完一章内容后能够及时检查对所学内容的掌握情况。

本书主要由刘文、王志奎、谭建波编写，吴红兵、沈文杰，贾东永等为本书的资料收集、整理和书稿的审阅做了大量的工作，并提出了宝贵意见，在此表示重新的感谢。

本书是集体智慧的结晶，除封面署名的作者外，参加本书编写和制作的人员还有仇灿华、李朝光、史俊峰、汪碧宇、万海军、朱丽云、刘海珊、李楠、张小娟、张敏、李春浩、李想、张茜、马淑娟、周毅、张弓、张乐、李大勇、朱婷婷等人。由于作者水平有限，加之创作时间仓促，不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

本书主要特色

本书的作者根据自己多年的设计工作经验，从系统和实用的角度出发，详细介绍了 Mastercam X2 的使用方法和技巧。主要特色如下。

- 语言简洁、层次清晰，操作步骤详细，对于初学者非常适用。
- 实例典型、丰富，全部来自工程实践，具有很强的实用性和指导性。
- 内容上兼顾理论基础和加工实践，实用性强，便于自学。

数控加工专业人员可以利用此书学习使用 Mastercam X2 进行数控加工编程的方法和技巧。此外，本书各章后面均配有相应的思考和练习题，便于读者复习和巩固，所以也适合作为工科院校师生、职业技术学校师生以及相关专业技术人员从事数控编程的教材或参考用书。

光盘说明

本书配套光盘中，提供了本书所有实例的模型文件和最终效果文件。全部操作实例和习题均配有相应的操作录像，读者可以利用所提供的模型进行操作，并与最终效果文件进行对比。

目 录

Contents

第 1 章 数控加工技术基础	1
1.1 数控加工技术发展概述	2
1.1.1 数控系统的发展	2
1.1.2 数控编程技术的发展	2
1.2 数控加工原理与特点	4
1.2.1 数控加工原理	4
1.2.2 数控加工的特点	4
1.3 数控机床的组成与分类	6
1.3.1 数控机床的组成	6
1.3.2 数控机床的分类	8
1.4 数控加工坐标系的设定	12
1.4.1 机床坐标系	12
1.4.2 工件坐标系	15
1.5 数控加工工艺参数的设置	15
1.5.1 主轴转速的确定	15
1.5.2 进给速度的确定	16
1.6 数控加工程序编制的内容与步骤	16
第 2 章 Mastercam X2 数控加工系统概述	19
2.1 Mastercam X2 数控加工的几个概念	20
2.1.1 轮廓	20
2.1.2 外轮廓、区域和岛	20
2.1.3 速度参数	21
2.1.4 安全高度和起止高度	21
2.2 Mastercam X2 系统加工的一般流程及工作原理	22
2.2.1 Mastercam X2 系统加工的基本过程	22
2.2.2 训练实例——Mastercam X2 数控加工实例	25
2.3 数控加工工作设置	33
2.3.1 刀具设置	34
2.3.2 Mastercam X2 中的刀具设置	36
2.3.3 素材设置	43
2.4 数控加工刀具路径的操作管理	45
2.4.1 模拟加工	46
2.4.2 锁定加工操作	51
2.4.3 关闭刀具路径	51
2.4.4 刀具路径后处理	52
2.5 刀具路径的编辑	54
2.5.1 刀具路径的修剪	54
2.5.2 刀具路径的转换	54
2.5.3 刀具路径的关联生成	58

2.5.4 综合实例——刀具路径的编辑综合实例	59	3.4.2 转换几何图形	124
2.6 上机操作题	64	3.5 综合实例	134
第 3 章 Mastercam X2 产品设计	67	3.5.1 产品设计实例 1	134
3.1 二维基本绘图	68	3.5.2 产品设计实例 2	139
3.1.1 二维绘图方法	68	3.5.3 产品设计实例 3	140
3.1.2 绘制点	68	3.6 上机操作题	146
3.1.3 绘制线	69	第 4 章 二维铣削加工	149
3.1.4 样条曲线	72	4.1 二维铣削共同参数	150
3.1.5 螺旋线	73	4.1.1 刀具的设定与管理	150
3.1.6 绘制文字	74	4.1.2 设定坐标	152
3.1.7 矩形	75	4.1.3 共同参数	153
3.1.8 多边形	76	4.2 面铣加工	155
3.1.9 圆和圆弧	76	4.2.1 面铣参数的设置	155
3.1.10 椭圆	78	4.2.2 训练实例——面铣实例	158
3.1.11 边界盒	79	4.3 挖槽加工	161
3.2 三维线架和曲面设计	80	4.3.1 2D 挖槽参数	161
3.2.1 三维造型概述	80	4.3.2 粗铣/精修参数设置	167
3.2.2 设置构图面及构图深度	81	4.3.3 训练实例——挖槽加工实例	174
3.2.3 三维线架模型	84	4.4 外形铣削加工	179
3.2.4 三维曲面的绘制	84	4.4.1 外形加工参数设置	180
3.2.5 曲面的编辑	89	4.4.2 训练实例——外形铣削实例	187
3.2.6 检测曲面/实体	98	4.4.3 训练实例——螺纹加工实例	190
3.3 构建三维实体	99	4.5 钻孔加工	193
3.3.1 实体建模概述	99	4.5.1 钻孔加工参数设置	195
3.3.2 基本实体	100	4.5.2 训练实例——钻孔加工实例	200
3.3.3 拉伸实体	102	4.6 全圆路径	203
3.3.4 旋转实体	103	4.6.1 全圆铣削	203
3.3.5 扫描实体	103	4.6.2 螺旋铣削	205
3.3.6 放样实体	103	4.6.3 自动钻孔	205
3.3.7 实体编辑	104	4.6.4 起始孔	206
3.3.8 查找实体特征	112	4.6.5 键槽铣削	208
3.3.9 检测实体	113		
3.4 编辑和转换几何图形	114		
3.4.1 编辑几何图形	114		



4.6.6 螺旋镗孔	209	5.4 三维曲面加工综合实例	289
4.7 雕刻加工	209	5.5 上机操作题	292
4.7.1 雕刻参数设置	210	第6章 多轴加工	295
4.7.2 训练实例——雕刻加工 实例	211	6.1 多轴加工共同参数	296
4.8 综合实例——二维铣削加工 综合实例	215	6.2 旋转4轴加工	296
4.8.1 初始设置	216	6.2.1 旋转4轴加工参数	296
4.8.2 创建刀具路径	216	6.2.2 训练实例——旋转4轴加工 实例	298
4.9 上机操作题	223	6.3 5轴加工	300
第5章 三维曲面加工	227	6.3.1 曲线5轴加工	301
5.1 曲面加工基本概念	228	6.3.2 钻孔5轴加工	305
5.1.1 曲面的选取	228	6.3.3 沿边5轴加工	308
5.1.2 曲面干涉问题	228	6.3.4 多曲面5轴加工	312
5.1.3 间隔和边缘设定	229	6.3.5 沿面5轴加工	317
5.1.4 曲面深度设定	229	6.4 上机操作题	320
5.2 曲面粗加工	230	第7章 车削加工	323
5.2.1 平行铣削粗加工	231	7.1 基础知识	324
5.2.2 放射状粗加工	238	7.1.1 车削加工对象	324
5.2.3 流线粗加工	244	7.1.2 车床坐标系	325
5.2.4 等高外形粗加工	248	7.1.3 工件设置	326
5.2.5 挖槽粗加工	251	7.1.4 刀具管理器	330
5.2.6 残料粗加工	255	7.1.5 刀具参数设置	335
5.2.7 钻削式粗加工	259	7.1.6 进刀方式	336
5.3 曲面精加工	262	7.1.7 车削轮廓设置	337
5.3.1 曲面精加工平行铣削	264	7.2 粗车加工	337
5.3.2 等高外形精加工	266	7.2.1 粗车加工参数	337
5.3.3 平行式陡斜面精加工	269	7.2.2 训练实例——粗车加工 实例	342
5.3.4 放射状精加工	272	7.3 精车加工	345
5.3.5 环绕等距精加工	274	7.3.1 精车加工参数	345
5.3.6 投影精加工	276	7.3.2 训练实例——精车加工 实例	346
5.3.7 流线精加工	278	7.4 端面车削加工	348
5.3.8 浅平面精加工	281	7.4.1 端面车削加工参数	349
5.3.9 交线清角精加工	283		
5.3.10 残料清角精加工	285		

7.4.2	训练实例——端面车削加工	
	实例	349
7.5	径向车削加工	351
7.5.1	径向车削参数	351
7.5.2	训练实例——径向车削加工	
	实例	357
7.6	钻孔加工	361
7.7	车削螺纹	361
7.8	截断车削	364
7.9	车床筒式加工	365
7.9.1	筒式粗车加工	365
7.9.2	筒式精车加工	366
7.9.3	筒式径向车削加工	367
7.10	车削加工综合实例	368
7.10.1	车削加工实例一	368
7.10.2	车削加工实例二	377
7.11	上机操作题	386
第 8 章	线架加工	389
8.1	线架加工概述	390
8.2	直纹加工	390
8.3	旋转加工	395
8.4	2D 扫描加工	398
8.5	3D 扫描加工	399
8.6	昆氏加工	400
8.7	举升加工	401
8.8	上机操作题	402

第 9 章	线切割加工	405
9.1	线切割加工基础知识	406
9.1.1	线切割加工原理	406
9.1.2	线切割加工的特点和应用	
	范围	407
9.1.3	线切割加工工艺的内容	408
9.2	Mastercam X2 线切割加工	410
9.2.1	线切割加工方法	410
9.2.2	线切割共同参数	410
9.3	外形线切割加工	413
9.3.1	外形切割加工对话框参数	
	设置	413
9.3.2	训练实例——外形切割加工	
	实例	421
9.4	无屑切割	427
9.4.1	无屑切割参数设置	428
9.4.2	训练实例——无屑切割	
	实例	429
9.5	四轴线切割	432
9.5.1	四轴线切割参数设置	433
9.5.2	训练实例——四轴线切割	
	实例	436
9.6	综合实例	441
9.7	上机操作题	447

第1章

数控加工技术基础



本章导读

数控加工技术是 20 世纪 40 年代后期为适应复杂外形零件的精密加工而发展起来的一种自动化加工技术。它根据被加工零件的图样和工艺要求，编制成以数码表示的程序，然后输入到机床的数控系统中，以控制刀具与工件的相对运动，从而加工出合格的零件。本章主要介绍了数控加工技术的发展状况、数控加工原理与特点、数控机床类型以及数控加工程序的编制内容与步骤，为后续章节的学习打下基础。



重点和难点

- 数控加工原理
- 数控加工特点
- 数控机床的分类
- 数控机床坐标系的设定
- 数控加工工艺参数的设定
- 数控程序编制的内容与步骤

1.1 数控加工技术发展概述

1.1.1 数控系统的发展

数控系统是数字控制系统(Numerical Control System)的简称,它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序,并将其译码,从而驱使机床运动加工出用户所需的零件。到现在数控系统的发展已经经历了两个阶段。

第一阶段为普通数控(NC)阶段,即逻辑数字控制阶段。数控系统主要由电路的硬件和连线组成,故又称为硬件数控系统。其特点是具有很多硬件电路和连接结点,电路复杂,可靠性不好。

这个阶段数控系统的发展经历了三个时代,即电子管时代(1952年)、晶体管时代(1959年)和小规模集成电路时代(1965年)。

第二阶段为计算机数字控制(CNC)阶段。数控系统主要由计算机硬件和软件组成,其突出特点是利用存储在存储器里的软件控制系统工作,故又称为软件控制系统。这种系统容易扩大功能,柔性好,可靠性高。这个阶段数控系统的发展也经历了三个时代。

20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC,又称群控系统),及采用小型计算机控制的计算机数控系统,使数控系统进入了以小型计算机化为特征的第四代。从1974年微处理器开始用于数控系统,数控系统发展到第五代,即微型机数控(MNC)系统。经过几年的发展,数控系统从性能到可靠性均得到了很大的提高,自20世纪70年代末到20世纪80年代,数控技术在全世界得到了大规模的发展和运用。从20世纪90年代开始,PC机的发展日新月异,基于个人计算机(PC)平台的数控系统(称为PC数控系统)应运而生,数控系统的发展进入第六代。现在市场上流行和企业普遍使用的仍然是第五代数控系统,其典型代表是日本的FANUC-0系列和德国的SINUMERIK810系列数控系统。

1.1.2 数控编程技术的发展

自1952年美国帕森斯(Parsons)公司与麻省理工学院(MIT)合作研究出世界上第一台数控机床以来,数控机床按照数控系统的发展已经经历了五代。与此同时,数控编程技术也有了很大的发展,由手工编程到自动编程,进一步又从语言编程发展到交互式图像编程,当前正向集成化、智能化的纵深方向发展。自动编程技术的发展对提高数控加工的生产率,发挥数控机床的潜力及改善产品加工质量都具有十分重要的作用。因此对数控编程技术的研究和应用越来越受到世界各国的高度关注与重视。

1. 手工编程

手工编程是指由人工编制零件数控加工程序的各个步骤,即从零件图纸分析、工艺分析、确定加工路线和工艺参数、计算数控系统所需输入的数据、编写零件的数控加工程序单至程序的检验均由人工来完成。

对于点位加工或几何形状不太复杂的零件加工,数控编程计算较简单,程序段较少,使用手工编程即可实现。而对轮廓形状不是由简单直线、圆弧组成的复杂零件,特别是具有复杂空间曲面的零件以及几何形状虽不复杂,但程序量很大的零件,由于数值计算相当繁琐,工作量大,容易出错,且难以校对,使用手工编程就比较困难。因此,为了缩短生产周期,提高数控机床的利用率,有效地解决复杂零件的加工问题,仅仅使用手工编程已不能满足生产要求,此时可以采用自动编程的方法。

2. 自动编程

自动编程指利用计算机来帮助人们解决复杂零件的数控加工编程问题,即数控编程的大部分工作由计算机来完成。自动编程代替设计人员完成了枯燥、繁琐的数值计算工作,并省去了编写程序单的工作,因此可将编程效率提高几十倍,同时也解决了手工编程无法解决的复杂形状零件的加工编程问题。

根据编程方式的不同,自动编程又可分为APT(Automatically Programmed Tool)编程与交互式图像编程两种方式。

- **APT 编程:**自第一台数控机床问世以来,美国麻省理工学院(MIT)即开始研究自动编程的语言系统,即APT语言。把用该语言书写的零件加工程序输入到计算机,经计算机APT编译系统编译,产生数控加工程序。经过不断的发展,APT编程已能够承担复杂自由曲面加工的编程工作。然而,由于APT语言是开发得比较早的计算机数控编程语言,而当时计算机的图像处理能力不强,因而必须在APT源程序中用语言的形式描述本来十分直观的几何图形信息及加工过程,再由计算机处理生成加工程序。这样致使其直观性差,编程过程比较复杂而不易掌握。目前已被交互式图形编程所取代。
- **交互式图像编程:**交互式图像编程是一种计算机辅助编程技术。它的主要特点是以图形要素为输入方式,而不需要使用数控语言。从编程数据的来源,零件及刀具几何形状的输入、显示和修改,刀具相对于工件的运动方式的定义,走刀轨迹的生成,加工过程的动态仿真显示,刀位检测到数控加工程序的产生等都是在图形交互方式下利用屏幕菜单和命令驱动进行的。因此,交互式图像编程具有形象、直观和效率高等优点。

20世纪70年代出现的交互式图像编程技术,推动了CAD和CAM向一体化方向发展;到了20世纪80年代,在CAD/CAM一体化概念的基础上,逐步形成了计算机集成制造系统(CIMS)的概念。目前,国内外对CIMS的近期目标看法不一,但一致认为CAD/CAM技

术是 CIMS 的基础研究内容,而 CAM 的一个重要组成部分则是数控编程技术。为了适应 CIMS 及 CAD/CAM 一体化技术的发展需要,数控编程技术出现了向集成化和智能化发展的趋势。

目前,在我国应用较为广泛的集成化图像数控编程软件主要有 Pro/ENGINEER、UG、CATIA、EUCLID、Mastercam、SolidWorks 等,这些软件的数控编程功能都比较强,且各有特色。

1.2 数控加工原理与特点

1.2.1 数控加工原理

在数控机床上加工零件时,首先要将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化。先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数,再按数控机床规定采用的代码和程序格式,将与加工零件有关的信息如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、切削进给量、背吃刀量)以及辅助操作(换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关)等编制成数控加工程序,然后将程序代码输入到机床控制系统中,再由其进行运算处理后转成驱动伺服机构的指令信号,从而控制机床各部件协调动作,自动地加工出零件来。其过程如图 1-1 所示。当更换加工对象时,只需要重新编写程序代码,输入给机床,即可由数控装置代替人的大脑和双手的大部分功能,控制加工的全过程,制造出任意复杂的零件。

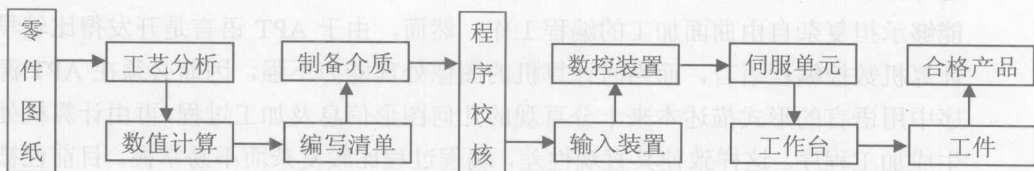


图 1-1 数控加工原理图

1.2.2 数控加工的特点

数控加工与普通机床加工在方法与内容上有许多相似之处,不同点主要表现在控制方式上。在普通机床上加工零件时,是用工艺规程、工艺卡片来规定每道工序的操作程序,操作人员按规定的步骤加工零件。而在数控机床上加工零件时,要把被加工的全部工艺过程、工艺参数和位移数据编制成程序,并以数字信息的形式记录在控制介质(穿孔纸带、磁盘等)上,用它来控制机床加工。因此,与普通机床加工相比,数控加工具有以下特点。

1. 数控加工工艺内容要求具体而详细

在使用普通机床加工时,许多具体的工艺问题,如工艺中各工步的划分与安排、刀具的几何形状及尺寸、走刀路线、加工余量、切削用量等,在很大程度上都是由操作人员根据自己的实践经验和习惯自行考虑和决定的,一般不需要工艺人员在设计工艺规程时进行过多的规定,零件的尺寸精度也可由试切削来保证。而在数控加工时,原本在普通机床上由操作人员灵活掌握并可通过适时调整来处理的上述工艺问题,不仅成为数控工艺设计时必须认真考虑的内容,而且编程人员必须事先设计和安排好并做出正确的选择,编入加工程序中。数控工艺不仅包括详细描述切削加工步骤,而且还包括夹具型号、规格、切削用量和其他特殊要求的内容。在自动编程中更需要详细地确定各种工艺参数。

2. 数控加工工艺要求更严密且精确

数控机床虽然自动化程度高,但自适应性差。它不像普通机床加工那样,可以根据加工过程中出现的问题比较灵活自由地进行人为调整。如在攻螺纹时,数控机床不知道孔中是否已挤满切屑,是否需要退刀清理切屑再继续进行,这种情况必须事先由工艺员精心考虑,否则可能导致严重的后果。在普通机床上加工零件时,通常要经过多次“试切削”过程来满足零件的精度要求,而数控加工过程是严格按程序规定的尺寸进给的,因此在对图形进行数学处理、计算和编程时一定要准确无误,以使数控加工顺利进行。

3. 制定数控加工工艺要进行零件图形的数学处理和编程尺寸设定值的计算

编程尺寸并不是零件图上设计的基本尺寸的简单再现,在对零件图进行数学处理和计算时,编程尺寸设定值要根据零件尺寸公差要求和零件的形状几何关系重新调整计算,才能确定合理的编程尺寸。

4. 选择切削用量时要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响

数控加工时,刀具怎样从起点沿运动轨迹走向终点是由数控系统的插补装置或插补软件来控制的。根据插补原理可知,在数控系统已定的条件下,进给速度越快,则插补精度越低;插补精度越低,工件的轮廓形状精度越差。因此,选择数控加工切削用量时要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响,特别是高精度加工时影响尤其明显。

5. 数控加工工艺的特殊要求

- 由于数控机床较普通机床的刚度高,所配的刀具也较好,因而在同等情况下,所采用的切削用量通常比普通机床大,加工效率也较高。选择切削用量时要充分考虑这些特点。
- 由于数控机床的功能复合化程度越来越高,因此,工序相对集中是现代数控加工工艺的特点,明显表现为工序数目少,工序内容多,并且由于在数控机床上尽可能安排较复杂的工序,所以数控加工的工序内容要比普通机床加工的工序内容复杂。
- 由于数控加工的零件比较复杂,因此在确定装夹方式和设计夹具时,要特别注意刀

具与夹具、工件的干涉问题。

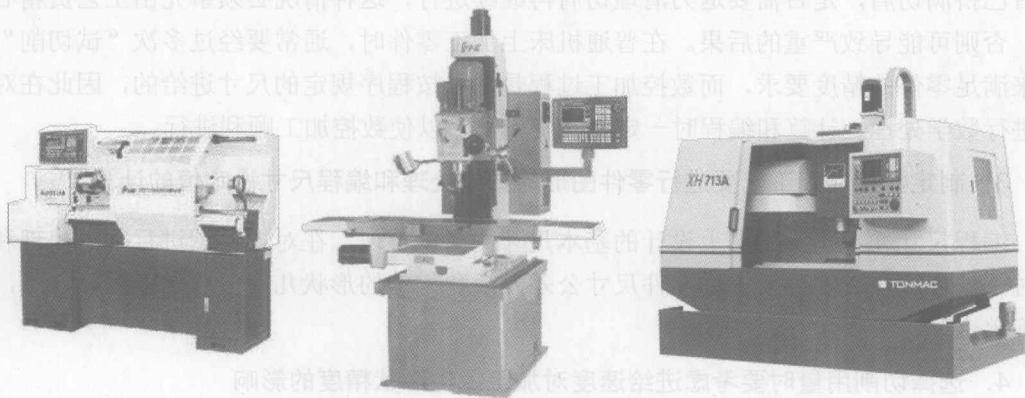
6. 程序的编写、校验与修改是数控加工工艺的一项特殊内容

普通机床加工工艺中划分工序、选择设备等重要内容对数控加工工艺来说属于已基本确定的内容，所以制定数控加工工艺的着重点在于整个数控加工过程的分析，关键在于确定进给路线及生成刀具运动轨迹。

1.3 数控机床的组成与分类

1.3.1 数控机床的组成

如图 1-2 所示，无论是车床、铣床还是加工中心，机床一般由机床本体、输入装置、数控装置、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、检测装置及辅助装置组成。



(a) 数控车床

(b) 数控铣床

(c) 立式加工中心

图 1-2 数控机床

1. 机床本体

数控机床的机床本体与普通机床相似，由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码信息转换成相应的电脉冲信号并传送至数控装置的存储器。根据程序控制介质的不同，输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。最早使用光电阅读机对穿孔纸带进行阅读，之后大量使用磁带机和软盘驱动器。

有些数控机床不用任何程序存储载体,而是将程序清单的内容通过数控装置上的键盘,用手工的方式输入。也可采用通信方式将数控程序由编程计算机直接传送至数控装置。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的中枢。主要包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。它能完成信息的输入、存储、变换、插补运算以及各种控制功能。

数控装置接受输入装置送来的脉冲信号,经过编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令来控制机床的各个部分,并按程序要求实现规定的、有序的动作。这些控制信号包括:各坐标轴的进给位移量、进给方向和速度的指令信号;主运动部件的变速、换向和启停指令信号;选择和交换刀具的刀具指令信号;控制冷却、润滑的启停,工件和机床部件松开、夹紧,分度工作台转位等辅助信号等。

4. 伺服单元

伺服单元是数控装置和机床本体的联系环节。它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同,伺服单元有脉冲式和模拟式之分,而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

5. 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号变为机械运动,通过简单的机械连接部件驱动机床,使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,最后加工出图纸所要求的零件。驱动装置和伺服单元可合称为伺服驱动系统。它是机床工作的动力装置,数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施。所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床功能的强弱主要取决于数控装置,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

6. 检测装置

检测装置也称反馈元件,通常安装在机床的工作台或丝杠上,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛。它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给数控装置,供数控装置与指令值比较产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动。

按有无检测装置,数控系统有开环与闭环之分。闭环数控系统按检测装置的安装位置又可分为闭环与半闭环数控系统。开环数控系统的控制精度取决于步进电机和丝杠的精度,闭环数控系统的控制精度取决于检测装置的精度。因此,检测装置是高性能数控机床的重要组成部分。

7. 辅助装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完

成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启停，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。目前已广泛采用可编程控制器(PLC)作为数控机床的辅助控制装置。

1.3.2 数控机床的分类

数控机床可以根据不同的方法进行分类，常用的分类方法有按伺服系统控制方式分类、按运动轨迹分类、按联动轴数分类和按控制系统的功能水平分类。

1. 按伺服系统控制方式分类

按伺服系统控制方式的不同，数控机床可分为开环控制机床、半闭环控制机床、闭环控制机床。

(1) 开环控制机床

图 1-3 所示为开环控制机床的示意图。这类数控机床采用开环进给伺服系统。其数控装置发出的指令信号是单向的，没有检测反馈装置对运动部件的实际位移量，不能进行运动误差的校正。因此步进电机的步距角误差、齿轮和丝杠组成的传动链误差都将直接影响加工零件的精度。

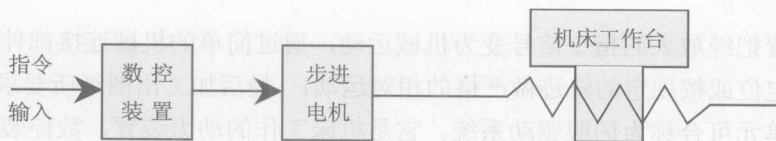


图 1-3 开环控制机床示意图

开环控制机床通常为经济型、中小型机床，具有结构简单、价格低廉、调试方便等优点，但通常输出的扭矩值大小受到限制，而且当输入的频率较高时，容易产生失步，难以实现运动部件的控制。因此，这类机床已不能充分满足日益提高功率、运动速度和加工精度的控制要求。

(2) 闭环控制机床

图 1-4 所示为闭环控制机床的示意图。这类机床的位置检测装置安装在进给系统末段的执行部件上，该位置检测装置可实测进给系统的位移量或位置。数控装置将位移指令与工作台端测得的实际位置反馈信号进行比较，根据其差值不断控制运动，使运动部件严格按照实际需要的位移量进行运动；还可利用测速元器件随时测得驱动电机的转速，将速度反馈信号与速度指令信号相比较，对驱动电机的转速随时进行修正。这类机床的运动精度主要取决于检测装置的精度，与机械传动链的误差无关。因此可以消除由于传动部件制造过程中存在的精度误差给工件加工带来的影响。