



国家中等职业教育改革发展示范学校建设项目成果教材

数控铣床 编程与操作

重庆市立信职业教育中心 组编

李建华 陈志强 主编

宋放之 钟富平 主审



配电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家中等职业教育改革
发展示范学校建设项目成果教材

数控铣床编程与操作

重庆市立信职业教育中心 组编

主 编 李建华 陈志强
副主编 刘孟军 田河平 张永东 曹 燕
参 编 廖利波 余光跃 吴连文 金 彪 邓 毅
主 审 宋放之 钟富平



机械工业出版社

本书主要内容包括数控铣床概述、数控铣床的编程代码、手工编程和数控铣床的操作、CAM 软件编程实训共四个课题,以华中系统为蓝本,以 FANUC 系统和西门子为拓展,详细介绍了数控铣床的加工工艺基础知识、数控铣床的基本代码和编程格式,从简单零件开始实训加工,再拓展到配合件加工,最后再引入计算机辅助编程 CAM,让读者一步步认识数控铣床的加工范围及加工技术。本书内容简明扼要,图文并茂,采用了理论和实践相结合的方法,是一本针对性、实用性较强的教材。

本书可作为职业学校数控专业教材,也可作为工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床编程与操作/李建华,陈志强主编. —北京:机械工业出版社, 2013.9

ISBN 978-7-111-43682-9

I. ①数… II. ①李…②陈… III. ①数控机床-铣床-程序设计-中等专业学校-教材②数控机床-铣床-操作-中等专业学校-教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 187156 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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王莉娜

版式设计:常天培 责任校对:陈立辉

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13 印张·317 千字

0 001—1 500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-43682-9

定价:32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版



序

XU



众所周知,技能人才的数量和水平关系国家的综合竞争能力,而职业教育乃是培养技能人才的重要途径。职业教育是现代教育体系的重要组成部分,是以能力为本位的教育,是为生产第一线培养技能型人才的教育。目前,教育部已经把加快发展中等职业教育作为整个职业教育事业改革发展的重要突破口和教育工作的战略重点。

2010年10月,我国加入了世界技能组织。2011年和2013年,我国选手连续两届参加世界技能大赛并取得了优异的成绩,在世界技能舞台上展示了我国青年技能人才的风采。通过参加世界技能大赛,我们发现了与世界技能强国的差距。因此,我们要进一步加快我国职业教育教学改革,加快向世界高水平职业教育接轨的步伐,继续大力培养技能人才,宣传技能人才的典型事迹,在全社会形成尊重劳动、尊重技能人才、争做技能人才的良好氛围,从而进一步推动全体劳动者技能水平的整体提高。

目前,在教育部的指导下,我国很多职业院校正在进行示范性学校的建设与实施,其中教材建设是示范校建设的一项重要内容。现代职业教育的特点是理论知识与实践操作相结合,课堂教学与企业需求相结合,所以一本好的中职教材应该是理论联系实际的教材,应该是符合职业教育规律和认知规律的教材。它应该成为教师实施教学活动的蓝本,应该成为学生理论学习和实践操作的指导书,应该成为教师与学生之间职业技能传授的载体和纽带。

数控加工是数字化制造的一个重要组成部分。目前,我国仍然十分缺乏高水平的数控加工技能人才,职业院校中数控加工技能的教学方式与方法也亟待改进与提高。由重庆立信中等职业学校李建华和陈志强老师主编的《数控铣床编程与操作》是一本具有职业教育特色的教科书。书中把数控铣削的主要知识点分成为一个个具有逻辑关系的任务,通过对每个任务中重要知识点的讲解、学习任务的实践、学习内容的小结以及案例与作业,把数控铣床编程与操作的知识由浅入深地、完整地、清晰地表达出来,内容具有很强的实践性与操作性。本书非常适合数控专业的学生学习与参考。

从书中的实际案例可以看出,编者对大量的实例进行了总结与提炼,也可以看出他们为此付出了辛勤的劳动。我相信这本教材一定能够在培养学生基本功方面、在数控加工技能的理论和实训教学方面、乃至我国的高技能人才的培养方面发挥出一定的作用。

世界技能大赛数控项目中国队专家组组长

宋放之

2013年9月





本书是依据教育部数控技能型紧缺人才的培养培训方案的指导思想及《国家职业技能标准》数控铣工中、高级的要求，并结合中职学生的实际情况而编写的。为使内容易懂易学，加强实际训练，让学生在实际训练中加深对数控知识的理解，使自身的技能在训练中得到提高，在编写本书的过程中，特别注重以下几个方面的把握。

1) 在工学交替培养模式下，依据职业岗位标准或生产实际，校企共同开发了基于工作过程的课程，重组、整合了教学内容，介绍了当前最新的数控设备和技术。

2) 按照数控铣运行岗位的工作过程要求，以综合岗位行动任务为导向，以现场工作任务实施方法、内容和过程为主线，学习数控铣的基础知识和编程操作方法、过程，实现教学过程中的“思维”和“行动”的统一。

3) 通过现场工作任务或工作案例的实施，为学生提供理论和实践整体化的链接，以数控铣的编程和操作的内容为载体，认识知识与工作过程的联系，提高综合职业能力。

4) 遵循知识、行动、目标及目标成果反馈的认知过程。

5) 体现机械行业的企业文化特色，以便学生更快适应未来的工作岗位，顺利实现角色转变。

本书建议按照工学交替的教学模式组织教学。为了更好地方便教学，本书建议总学时为140学时，按理论和实训教学1:3的学时比例交替实施，具体见下表。

序号	项 目		学时数		备注
			理论	实训	
1	课题一 数控铣床概述	任务一 数控设备的功能与分类	2	2	实训教学与理论教学交替安排
2		任务二 数控铣床的加工范围及铣削加工工艺路线	2	0	
3		任务三 数控铣削加工部位及加工工艺路线的选择与确定	1	0	
4		任务四 数控铣削刀具和夹具的选择	1	2	
5		任务五 数控铣削切削用量的选择	1	2	
6		任务六 数控铣床坐标系及对刀原理	1	0	
7	课题二 数控铣床的编程代码	任务一 数控系统 M、S、F、T 功能指令	2	0	
8		任务二 数控系统中常用的准备功能 G 指令	2	4	
9		任务三 孔的固定循环	1	4	

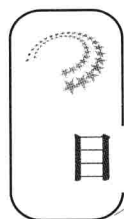
(续)

序号	项 目		学时数		备注
			理论	实训	
10	课题三 手工编程和数控铣床的操作	任务一 开机、关机与认识数控铣床界面	1	4	实训教学与理论教学交替安排
11		任务二 立式铣床的机用平口钳校正和圆毛坯对刀操作	1	4	
12		任务三 简单零件的加工	2	4	
13		任务四 外轮廓的加工	1	4	
14		任务五 孔加工	1	4	
15		任务六 长方体零件的加工	1	4	
16		任务七 外圆与孔的加工	1	4	
17		任务八 凹槽与孔的加工	2	8	
18		任务九 攻螺纹和铣螺纹	1	8	
19		任务十 配合件的加工	2	8	
20	课题四 CAM 软件编程实训	任务一 内、外轮廓的加工	2	8	
21		任务二 曲面加工	4	12	
22		任务三 配合件加工	4	18	
		总计	36	104	

本书由李建华、陈志强任主编，刘孟军、田河平、张永东、曹燕任副主编，参与编写的人员有廖利波、余光跃、吴连文、金彪、邓毅。全书由宋放之、钟富平任主审。

由于编者水平有限，书中错误之处在所难免，请广大读者批评指正。

编 者



目录

MULU



序

前言

课题一 数控铣床概述	1
任务一 数控设备的功能与分类	1
任务二 数控铣床的加工范围及铣削加工工艺路线	8
任务三 数控铣削加工部位及加工工艺路线的选择与确定	11
任务四 数控铣削刀具和夹具的选择	17
任务五 数控铣削切削用量的选择	19
任务六 数控铣床坐标系及对刀原理	23
课题二 数控铣床的编程代码	30
任务一 数控系统 M、S、F、T 功能指令	30
任务二 数控系统中常用的准备功能 G 指令	33
任务三 孔的固定循环	54
课题三 手工编程和数控铣床的操作	63
任务一 开机、关机与认识数控铣床界面	63
任务二 立式铣床的机用平口钳校正和圆毛坯对刀操作	68
任务三 简单零件的加工	77
任务四 外轮廓的加工	86
任务五 孔加工	90
任务六 长方体零件的加工	95
任务七 外圆与孔的加工	102
任务八 凹槽与孔的加工	107
任务九 攻螺纹和铣螺纹	115
任务十 配合件的加工	120
课题四 CAM 软件编程实训	129
任务一 内、外轮廓的加工	129
任务二 曲面加工	145
任务三 配合件加工	169
附录 综合练习	187

附录 A 理论练习部分	187
附录 B 实训练习部分	196
参考文献	200

课题一 数控铣床概述

本课题完成对数控机床的初步认识，主要了解数控铣床的特点、分类、工艺范围、工艺路线、刀具和夹具等知识，展望数控铣床的未来发展方向。

任务一 数控设备的功能与分类

【任务目标】

- 1) 了解数控加工设备的结构与功能。
- 2) 认识数控机床的特点。
- 3) 了解数控机床的分类。

【任务引入】

数控机床是基本的机械加工设备，为了正确使用此类设备，必须正确认识数控加工设备的结构与功能，了解数控机床的特点及其分类。

【相关知识】

一、数控设备的结构与功能

数控设备是指通过数字化操作指令进行控制的一种设备，其基本结构框图如图 1-1 所示。

1. 输入输出设备

输入输出设备的主要功能是编制程序、输入、打印和显示。对于简单的数控设备，这一部分的硬件可能只包含键盘和发光二极管（LED）显示器、编程操作键盘和 CRT 显示器；高级的数控设备可能还包含有一套自动编程机或者 CAD/CAM 系统。由这些设备实现编制程序、输入程序、输入数据以及显示、储存和打印等功能。

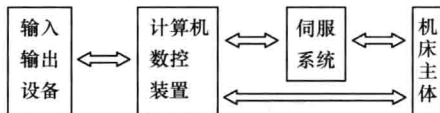


图 1-1 数控设备基本结构框图

2. 计算机数控装置

计算机数控装置是数控设备的“头脑”和“核心”。它根据输入的程序和数据完成数值计算、逻辑判断和输入输出控制等功能。计算机数控装置一般由专用（或通用）计算机、输入输出接口板以及机床控制器（可编程控制器）等部分组成。机床控制器主要用于实现对机床辅助功能 M、主轴选速功能 S 和换刀功能 T 的控制。

3. 伺服系统

伺服系统包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电动机等执行装置。它接收计算机数控装置发来的各种动作命令，驱动受控设备的运动。伺服电动机可以是直流伺服电动机或交



流伺服电动机。

4. 机床主体

机床主体与普通机床大体相似，只是在各部分机械结构设计上更符合现代技术发展水平，具有独特的机械结构。

1) 主传动结构。主传动结构具有传动链，且传动链相对于普通机床较短，可保证传动精度。主轴转速范围宽，且能实现主轴无级变速。为了实现自动换刀，主轴上还必须具有刀具的自动夹紧、主轴准停和主轴内孔的自动清除装置。

2) 进给传动系统。进给传动系统是数字控制的直接对象，常采用齿轮传动达到一定降速比的要求。但齿轮存在齿面误差，从而使进给系统存在反向失动量即反向误差，因此要进行反向间隙补偿来消除反向误差。

3) 实现某些部件的自动功能和辅助功能，如切削液和自动换刀等。

二、数控机床的特点

数控系统取代了通用机床的手工操作，具有充分的柔性，只要重新编制零件程序，更换相应工装，就能加工出新的零件。数控机床主要具有以下特点。

1) 零件加工精度一致性好，避免了通用机床加工时人为因素的影响。

2) 生产周期短，并能进行高效率的加工。如立式铣床和加工中心能在一次装夹中完成铣、钻、镗、铰和攻螺纹等功能，数控车削中心机床能在一次装夹中完成车、铣、钻、铰和攻螺纹等功能。

3) 可加工复杂形状的零件，如二维轮廓或三维轮廓的加工。

4) 可进行高难度零件的加工，如车削“口小肚大”的内成形面。

5) 易于调整机床，与其他加工方法相比，所需调整时间较少。

6) 易于建立计算机通信网络。

7) 数控机床不适合加工余量特别大或材质及余量不均匀的坯件。

8) 设备初期投资大。

9) 由于系统本身的复杂性，增加了维修的技术难度和维修费用。

三、数控机床的分类

数控设备五花八门，种类繁多，许多行业都有自己的数控设备和分类方法。机床行业常见的数控机床分类方法有以下四种。

1. 按设备的工艺用途分类

(1) 普通数控机床 这类数控机床和传统的通用机床一样，有车、铣、钻、镗、磨床等，而且每一类又有很多品种，例如数控铣床中就有立铣、卧铣、工具铣和龙门铣等。这类机床的工艺性能和通用机床相似，所不同的是它能自动加工具有复杂形状的零件。

(2) 加工中心机床 这是一种在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置而构成的数控机床。它和普通数控机床的区别是：工件经一次装夹后，数控装置就能控制自动地更换刀具，连续地自动对工件各加工面进行铣（车）、镗、钻、铰、及攻螺纹等多工序加工，故有些资料上又称它为多工序数控机床。

(3) 多坐标数控机床 有些复杂形状的零件，用三坐标的数控机床还是无法加工，如螺旋桨、飞机机翼曲面及其他复杂零件的加工等，都有需要三个以上坐标的合成运动才能加工

出的形状。于是出现了多坐标的数控机床，其特点是数控装置控制的轴数较多，机床结构也比较复杂，其坐标轴数的多少取决于加工零件的复杂程度和工艺要求。现在常用的有4坐标、5坐标和6坐标的数控机床。

(4) 数控特种加工机床 如数控线切割机床、数控电火花加工机床和数控激光切割机床等。

2. 按运动轨迹方式分类

(1) 点位控制系统（见图 1-2a） 这类控制系统只控制刀具相对工件从某一加工点移到另一个加工点之间的精确坐标位置，而对于点与点之间移动的轨迹不进行控制，且移动过程中不作任何加工。通常采用这一类系统的设备有数控钻床、数控镗床和数控冲床等。

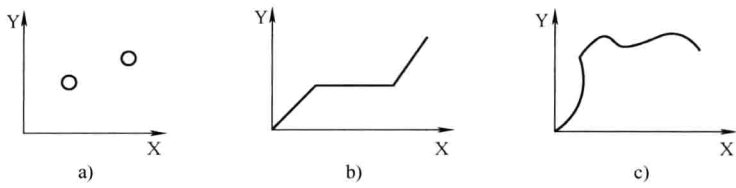


图 1-2 数控机床按控制的运动轨迹方式分类

a) 点位控制系统 b) 直线控制系统 c) 轮廓控制系统

(2) 直线控制系统（见图 1-2b） 这类系统不仅要控制点与点的精确位置，还要保证两点之间的移动轨迹是一条直线，且在移动中能以给定的进给速度进行加工。采用此类控制方式的设备有数控车床和数控铣床等。

(3) 轮廓控制系统（见图 1-2c） 连续控制系统又称为连续控制系统或轨迹控制系统。这类系统能够对两个或两个以上坐标方向进行严格控制，即不仅控制每个坐标的行程位置，同时还控制每个坐标的运动速度。各坐标的运动按规定的比例关系相互配合，精确地协调起来连续进行加工，以形成所需要的直线、斜线或曲线、曲面。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控电加工机床和数控特种加工机床等。

常用数控机床的应用举例见表 1-1。

表 1-1 常用数控机床的应用举例

数控机床的种类	按数控装置功能分类	主要用途	工件举例
数控车床	点位、直线控制	车削没有锥度、圆弧的轴	轴
	轮廓控制	车削有锥度、圆弧的轴	轴
加工中心机床	点位、直线控制	一次装夹后进行钻孔、铰孔、攻螺纹、铣削和镗孔加工	一般行业使用的齿轮箱和机构箱
	特殊用途的轮廓控制	除上述加工内容外，加入轮廓铣削	很适于加工飞机零件
数控铣床	点位、直线控制	1) 用同一刀具进行多道工序的直线切削而且需要进行大切削量加工的工件 2) 用同一刀具又在定位精度要求下进行加工	原材料是方料，加工时，要求保证长、宽、高尺寸的工作
		平面轮廓（特别是由圆弧和直线形成的形状）的加工	凸轮、铸型
	轮廓控制	立体曲面形状的铣削	



(续)

数控机床的种类	按数控装置功能分类	主要用途	工件举例
数控钻床	点位控制	用于加工同样尺寸的许多孔	印制电路板、开关柜和多孔零件
数控磨床	轮廓控制	凸轮、轧辊和其他成平面的磨削	定时凸轮、平面凸轮、轧辊和平行块
数控镗床	点位、直线控制	以控制定位为主的各种镗削加工	箱体件

3. 按控制原理分类

(1) 开环控制系统 (见图 1-3) 这类控制方式通常不带位置检测元件, 其伺服驱动元件为功率步进电动机或伺服步进电动机加液压马达。数控系统每发出一个指令脉冲, 经驱动电路功率放大后, 驱动步进电动机旋转一个角度, 再经传动机构带动工作台移动。这类系统的信息流是单向的, 即进给脉冲发出去后, 实际移动值不再反馈回来,

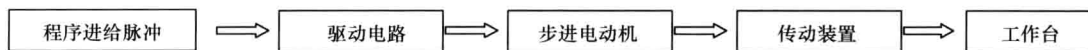


图 1-3 开环控制系统的控制回路

所以称为开环控制。但由于这种系统结构较简单, 成本较低, 技术容易掌握, 所以使用较广泛, 特别适用于旧机床改造的简易数控系统。

(2) 闭环控制系统 (见图 1-4) 这类控制方式带有检测装置, 直接对工作台的实际位移量进行检测。当指令值发送到位置调节电路时, 若工作台没有移动, 则没有反馈量, 指令值使得伺服电动机转动, 传递到工作台, 工作台将实际位置及速度反馈回去, 并将其在位置比较电路中, 与指令值进行比较, 用比较后得出的差值进行控制, 直至差值等于零时为止。这类控制系统因为把机床工作台纳入了控制环, 故称闭环控制系统。该系统可以消除包括工作台传动链在内的误差, 因而定位精度高, 调节速度快。但由于工作台惯性大, 对系统稳定性会带来不利影响, 使调试和维修都较困难, 且系统复杂、成本高, 故较适用于精度要求高的数控设备, 如数控精密镗铣床。

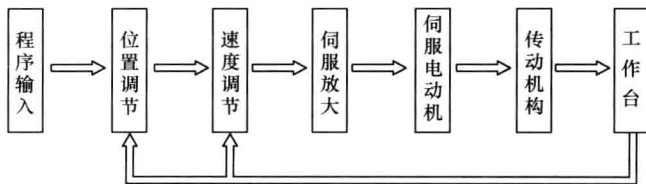


图 1-4 闭环控制系统的控制回路

(3) 半闭环控制系统 这类控制方式与闭环控制方式的区别在于其检测反馈信号不是来自工作台, 而是来自与电动机相联系的测量元件。

半闭环控制系统的控制回路如图 1-5 所示, 通过测速发电机和光电编码盘 (或旋转变压器) 间接检测伺服电动机的转角, 推算出工作台的实际位移量, 将此值与指令值进行比较, 用差值来实现控制。从图中可以看出, 由于工作台传动链没有完全包括在控制回路内, 因而称之为半闭环控制。这类控制系统介于开环控制与闭环控制之间, 精度没有闭环控制高, 调试却比闭环控制方便, 因而得到了广泛的应用。

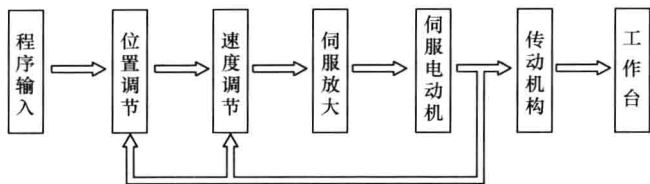


图 1-5 半闭环控制系统的控制回路

4. 按照功能水平分类

按功能水平分类，数控机床分为低档数控机床、中档数控机床和高档数控机床，见表 1-2。

表 1-2 数控机床分类表

类型 功能	低档数控机床	中档数控机床	高档数控机床
进给量和进给速度	分辨率为 10μm/min，进给速度为 8～15m/min	分辨率为 1μm/min，进给速度为 15～24m/min	分辨率为 0.1μm/min，进给速度为 15～100m/min
伺服进给系统	开环、步进电动机	半闭环直流伺服系统或交流伺服系统	闭环伺服系统、电动机主轴、直线电动机
联动轴数	2～3 轴	3～4 轴	3 轴以上
通信功能	无	RS232 或 DNC 接口	RS232、RS432、DNC 和 MAP 接口
显示功能	数码管显示或简单的 CRT 字符显示	功能较齐全的 CRT 显示或液晶显示	功能齐全的 CRT（三维动态图形显示）
内装 PLC	无	有	有强功能的 PLC，有轴控制的扩展功能
主 CPU	8 位 CPU 或 16 位 CPU	由 16 位 CPU 向 32 位 CPU 过渡	32 位 CPU 向 64 位 CPU 发展

【知识拓展】

数控技术的发展方向

随着计算机和现代信息技术的不断发展，在机械行业中，用计算机代替了繁重的手工制图，“甩掉了图板、丁字尺、铅笔等”老式制图工具，CAD 技术的普及，为设计工程师提供了先进的设计手段，产品设计更快捷、准确，新产品开发日新月异，使人们的生活品质发生了翻天覆地的变化。然而，传统的加工技术及工具已不能适应设计技术的发展。计算机辅助制造技术（CAM）越来越成为加工需求的热点，使零件的加工精度更高，加工时间缩短，大大降低了工人的劳动强度，改善了工人的工作条件。它不仅是提高产品质量和劳动生产率必不可少的物质手段，而且使现代各种新兴技术或尖端技术得以存在或发展。以它为基础的相关产业是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业。



我国的机床制造业正在健步进入世界主要角色的行列,成为继日本、德国、意大利和美国之后的全球第五大机床制造国。尤其是数控机床的发展成为了汽车工业、航空航天工业、能源工业、军事工业和新兴模具工业、电子工业等行业主要的加工技术,也是这些工业迅速发展的重要因素,如汽车、飞机、精密机械的加工精度一般为 $5\mu\text{m}$,甚至已达 $2\sim 3\mu\text{m}$ 。

近年来,我国企业的数控机床占有率逐年上升,在大中企业已有较多的使用,在中小企业甚至个体企业中也普遍开始使用。这些数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心、数控磨床、数控特种加工机床、数控剪板机、数控成形折弯机和数控压铸机等。随着计算机技术、网络技术日益普遍运用,数控机床走向网络化、集成化已成为必然的趋势和方向,互联网进入制造工厂的车间只是时间的问题。以FANUC和西门子为代表的数控系统生产厂商正在开发互联网通信功能,已实现信息流在工厂、车间的底层之间及底层与上层之间通信的畅通无阻。

数控技术也已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志之一,这些高技术装备需要一支掌握专门技术的操作工人。国家数控系统工程技术研究中心的专项调研显示,全国数控机床操作工这样的“蓝领”高级工人十分短缺,需尽快培养出大批数控技术工人。

1. 数控设备的发展动向

随着微电子技术和计算机技术的发展,数控设备的性能日臻完善,数控设备的应用领域日益扩大。科学技术的发展推动了数控设备的发展,各生产部门加工要求的不断提高又从另一方面促进了数控设备的发展。当今数控设备正不断采用最新技术成就,朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、小型化、系统化与高可靠性等方向发展。

(1) 高速化 速度和精度是数控设备的两个重要技术指标,它直接关系到加工效率和产品质量。

对于数控设备,高速化首先是要求计算机数控系统在读入加工指令数据后,要能高速处理并计算出伺服电动机的移动量,并要求伺服电动机能高速地做出反应。此外,要实现生产系统的高速化,还必须谋求主轴转速、进给率、刀具交换、托板交换等各种关键部分的高速化。

(2) 高精度化 对于数控设备,向高精度化转化的方向是①采用具有高分辨率和高采样频率的新型插补技术,在保证速度的前提下大幅度提高轨迹生成的精度;②通过新型双位置闭环控制,有效保证希望轨迹的高精度实现。③以信息化轨迹校正消除机械误差和干扰对轨迹精度的影响,从而保证所控制的机床可在生产环境中长期高精度运行。

2. 数控编程及其发展

在数控加工飞速普及的今天,数控机床程序的编制已由手工编程向CAD/CAM编程方向发展,尤其在模具行业,更显示着编程的优越性。计算机造型和编程已成为机械以及模具从业人员必学的一种技艺。

数控编程是目前CAD/CAM系统中最能明显发挥效益的环节之一,其在实现设计加工自动化、提高加工精度和加工质量、缩短产品研制周期等方面发挥着重要作用,在航空工业和汽车工业等领域有着大量的应用。

3. 常用CAD/CAM软件简介

目前,CAD/CAM行业中普遍使用的是Master CAM、Cimatron、Pro/E、UG(Unigraphics)和Powermill软件。中职技能大赛中,大多中职学校学生采用国产的CAXA制造工程师



软件。

(1) Master CAM Master CAM 是如今珠三角地区最常用的一种软件。它最早进入中国,您去工厂看到的 CNC 师傅,70% 使用 Master CAM。它集画图和编程功能于一身,绘制线架结构最快,缩放功能最好。

(2) Cimatron Cimatron 是迟一些进入中国的以色列军方软件,在刀路上的功能优于 Master CAM,弥补了 Master CAM 的不足。该系统现已被广泛地应用在机械、电子、航空航天、科研和模具行业。在加工编程中,99% 使用 Cimatron 与 Master CAM。早期都用这两种软件进行画图及编写数控程序,但其在画图造型方面的功能不是很好,Pro/E 就在这时候走进了中国。

(3) Pro/E Pro/E 是美国 PTC (参数技术有限公司) 开发的软件,十多年来已成为全世界最普及的三维 CAD/CAM (计算机辅助设计与制造) 系统,广泛用于电子、机械、模具、工业设计和玩具等行业。它集合了零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、造型设计等多种功能于一体,1997 年开始在中国流行,用于模具设计、产品画图、广告设计、图像处理、灯饰造型设计,且可以自动产生工程图样。目前大部分企业都装有 Pro/E 软件。它与 UG 是最好的画图软件,但 Pro/E 在中国最流行。用 Pro/E 画图,用 Master CAM 和 Cimatron 加工已经得到了公认。

(4) Unigraphics Unigraphics (简称 UG) 进入中国比 Pro/E 晚很多,但它同样是当今世界上最先进、面向制造行业的 CAD/CAE/CAM 高端软件。UG 软件被当今许多世界领先的制造商用来从事工业设计、详细的机械设计以及工程制造等各个领域。UG 自 20 世纪 90 年代进入中国市场以来,发展迅速,已经成为汽车、机械、计算机及家用电器、模具设计等领域的首选软件。

(5) Powermil Powermil 是英国的编程软件,其刀路最优秀,特别适合残料加工。

与之相配的比较典型的系统有 FANUC 和西门子系统。

(6) CAXA 制造工程师 依托北京航空航天大学的科研实力,北航海尔开发出了中国第一款完全自主研发的 CAD 产品——CAXA,并拥有完全自主知识产权。它是我国制造业信息化 CAD/CAM/PLM 领域自主知识产权软件的优秀代表和知名品牌。CAXA 十多年来坚持“软件服务制造业”的理念,开发出 20 多个系列软件产品,拥有自主知识产权的 CAD、CAPP、CAM、DNC、PDM、MPM 等 PLM 软件产品和解决方案,覆盖了制造业信息化设计、工艺、制造和管理四大领域。

【任务小结】

本任务对数控机床的结构、分类、加工范围、加工能力及发展方向进行了简单介绍。

【任务练习】

查阅资料认识各类数控机床。

任务二 数控铣床的加工范围及铣削加工工艺路线

【任务目标】

- 1) 了解数控铣床的加工范围。
- 2) 初步具有数控铣削加工工艺路线的知识。

【任务引入】

数控铣床是机床设备中应用非常广泛的加工机床，可以进行平面铣削、平面型腔铣削、外形轮廓铣削、三维及三维以上复杂型面铣削，还可进行钻削、镗削、螺纹切削等孔加工。加工中心和柔性制造单元等都是在数控铣床的基础上产生和发展起来的。

【相关知识】

一、数控铣床的加工范围

数控铣床主要适合于下列几类零件的加工。

1. 平面类零件

平面类零件是指加工面平行或垂直于水平面以及加工面与水平面的夹角为定角的零件，这类加工面可展开为平面。

如图 1-6 所示的三个零件均为平面类零件。其中，曲线轮廓面 *A* 垂直于水平面，可采用圆柱立铣刀加工。凸台侧面 *B* 与水平面成一定角度，这类加工面可以采用专用的角度成型铣刀来加工。对于斜面 *C*，当工件尺寸不大时，可用斜板垫平后加工；当工件尺寸很大，斜面坡度又较小时，也常用行切加工法加工，这时会在加工面上留下进刀时的刀锋残留痕迹，要用钳修方法加以清除。

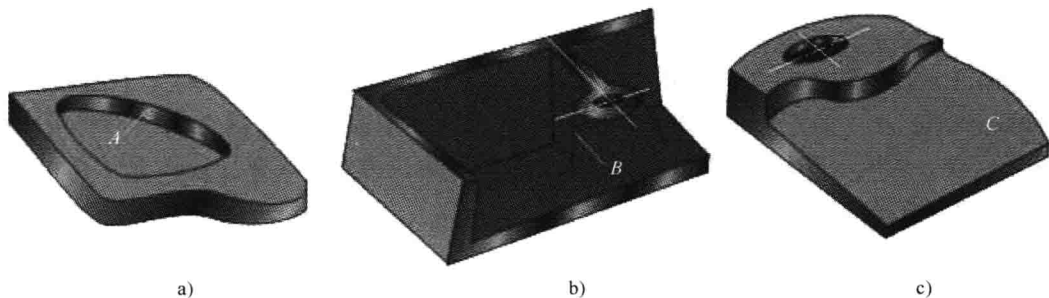


图 1-6 平面类零件

2. 直纹曲面类零件

直纹曲面类零件是指由直线依某种规律移动所产生的曲面类零件。图 1-7 所示零件的加工面就是一种直纹曲面，当直纹曲面从截面（1）至截面（2）变化时，其与水平面间的夹角从 $3^{\circ}10'$ 均匀变化为 $2^{\circ}32'$ ；从截面（2）到截面（3）变化时，又均匀变化为 $1^{\circ}20'$ ，最后到截面（4），斜角均匀变化为 0° 。直纹曲面类零件的加工面不能展开为平面。

当采用四坐标或五坐标数控铣床加工直纹曲面类零件时，加工面与铣刀圆周接触的瞬间

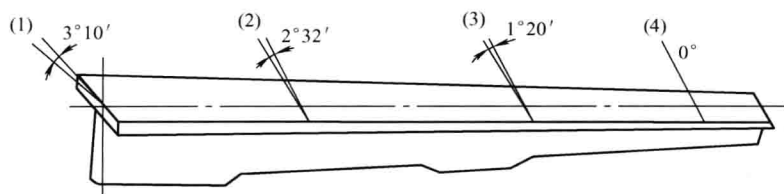


图 1-7 直纹曲面

为一条直线。这类零件也可在三坐标数控铣床上采用行切加工法实现近似加工。

3. 立体曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为立体曲面类零件。这类零件的加工面不能展成为平面，一般使用球头铣刀进行切削，加工面与铣刀始终为点接触。若采用其他刀具进行切削，易产生干涉而铣伤邻近表面。加工立体曲面类零件一般使用三坐标数控铣床，采用以下两种加工方法。

1) 采用三坐标数控铣床进行二轴半坐标控制加工，即行切加工法，如图 1-8 所示，用球头铣刀沿 XY 平面的曲线进行圆弧插补加工，当一段曲线加工完后，沿 X 方向进给 ΔX 再加工相邻的另一曲线，如此依次用平面圆弧曲线来逼近整个曲面。相邻两曲线间的距离 ΔX 应根据表面粗糙度的要求及球头铣刀的半径选取。球头铣刀的球半径应尽可能选得大一些，以增加刀具刚度，提高散热性，减小表面粗糙度值。加工凹圆弧时的铣刀球头半径必须小于被加工曲面的最小曲率半径。

2) 采用三坐标数控铣床三坐标联动加工，即进行空间直线插补。如图 1-9 所示半球形，可用三坐标联动的方法加工。这时，数控铣床用 X 、 Y 、 Z 三坐标联动的空间直线插补，实现球面加工。

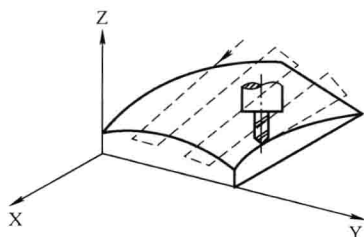


图 1-8 行切加工法

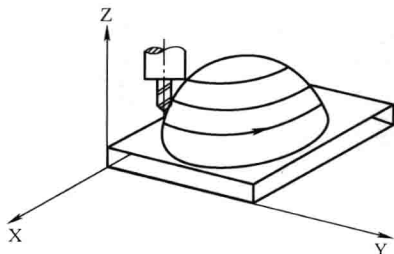


图 1-9 三坐标联动加工

4. 数控铣床常用的加工范围

图 1-10 ~ 图 1-13 所示为数控铣床常用的加工范围。

二、数控铣削加工工艺路线

数控铣削加工的工艺路线设计是在普通铣削加工工艺设计的基础上，考虑和利用数控铣床的特点，充分发挥其优势，关键在于合理安排工艺路线，协调数控铣削工序与其他工序之间的关系，确定数控铣削工序的内容和步骤，并为程序编制准备必要的条件。

数控铣削加工工艺路线，通常包括切削加工工序、热处理工序和辅助工序等。加工顺序安排得科学与否将直接影响到零件的加工质量、生产率和加工成本。切削加工工序通常按以下原则安排。