

名师课堂

本丛书由国家教学名师王爱玲教授主编

数控职业技能实践系列教程

数控铣削 编程与操作

■ 王爱玲 主编

■ 孙旭东 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

数控职业技能实践系列教程

数控铣削编程与操作

王爱玲 主 编
孙旭东 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地讲解了数控铣削中编程和操作的知识和基本技能。全书共7章,主要内容包括:数控原理和数控铣床概述,数控铣床结构,数控铣床加工工艺,数控铣床编程的基本知识,以及从生产实践中选取了三种常见数控铣削系统的功能与特点、系统构成与参数、系统的控制面板、铣削基本操作等。书中部分章节以实例介绍了 Master CAM 自动编程的特点及应用。

本书取材新颖,内容由浅入深、循序渐进,图文并茂、形象生动,理论联系实际;并突出简明性、系统性、实用性和先进性。

本书可作为高职高专机电类、数控技术类专业的教材,及机电一体化类专业各种层次的继续工程教育的数控专业的培训教材;也可供自动化领域及机械制造业有关工程技术人员和研究人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削编程与操作/王爱玲主编.—北京:电子工业出版社,2008.6

(数控职业技能实践系列教程)

ISBN 978-7-121-05743-4

I.数… II.王… III.①数控机床:铣床—金属切削—程序设计—技术培训—教材②数控机床:铣床—金属切削—操作—技术培训—教材 IV.TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 001028 号

责任编辑:徐 静 特约编辑:吕亚增

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:21.5 字数:469 千字

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

《数控职业技能实践系列教程》

编 委 会

主 编 王爱玲

副主编 (按姓氏笔画排序)

刘中柱 刘永姜 孙旭东 李 清 杨福合 曾志强

编 委 (按姓氏笔画排序)

马清艳	马维金	王爱玲	王永楦	刘中柱	刘永姜
孙旭东	成云平	李 清	朱丽梅	陆春月	吴晶莹
杨福合	郑智贞	贺小宇	绍云鹏	赵丽琴	曾志强
崔 亚	温海骏	蓝海根	翟 宁	蔡国轩	

前 言

数控技术是现代制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，离开了数控技术，先进制造技术就成了无本之木。数控技术的广泛使用给机械制造业的生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化，它的关联效益和辐射能力更是难以估计。数控技术及数控装备已成为关系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，其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志，实现加工机床及生产过程数控化，已经成为当今制造业的发展方向。

我国数控技术及其产业尽管在改革开放以来取得了显著的成就，但是，与发达国家相比，我国的数控技术及产业仍然有比较大的差距，原因是多方面的，但最重要的是数控人才的匮乏。目前，随着国内数控机床用量的剧增，急需培养一大批各种层次的数控人才，特别是应用型高级技术人才及能熟练操作数控设备的技能人才，而数控车床、铣床、加工中心及一些特种数控设备的操作人员的培养更加显得紧迫。

为了适应我国高等职业技术教育发展及数控技能型人才培养的需要，我们特编写了这一套《数控职业技能实践系列教程》。

本系列教程分6册：《数控加工技术基础》、《数控车削编程与操作》、《数控铣削编程与操作》、《数控加工中心编程与操作》、《特种数控设备编程与操作》、《数控设备故障诊断与维修》。

承担本系列教程编写工作的中北大学机械工程与自动化学院机械工程系，在“机械设计制造及其自动化”——山西省品牌专业建设的基础上，1995年就开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业，其专业基础课程《机床数控技术》被评为省级精品课程。在继续教育方面，作者单位作为“兵器工业现代数控技术培训中心”和“全国数控培训网太原分中心”的承办单位，自1995年以来，开办了50多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班，为80多个企事业单位培训了大量现代数控技术方面的工程技术人才。目前，中北大学是教育部、国防科工委、中国机械工业联合会认定的数控技术领域技能型紧缺人才培养培训基地。

本系列教程是经过10多年的教学实践的积累和检验，不断进行补充、更新、修改而编著完成的。本教材力求取材新颖，介绍的内容由浅入深，循序渐进，深入浅出，图文并茂，形象生动，理论密切联系实际，特别着重于应用，每一部分都列举了大量实例。为了适应数控技术应用人才的市场需要，理论部分的讲解突出了简明性、系统性、实用性和先进性，反

映机与电的结合,减少繁杂的数学推导,系统全面地介绍了数控技术、数控装备、数控加工工艺等方面的知识。

本系列教程的特色表现在以下几方面:

(1) 系列教程的每本教材突出了“应用”的特色,精选了大量的应用实例。

(2) 注重理论与实践的合理搭配,既有相关技术的基础理论知识,又有数控实践操作知识。

(3) 在有限的课时内,安排较多的实验、习题,以锻炼学生实际动手能力及学习解决实际问题的能力。

(4) 本系列教程编写工作,由学校教师和企业技术人员共同完成。

参加本系列教程的编写者均为主讲过“机械设计制造及其自动化”类“数控技术”专业本、专科各门数控专业课程,并参加相关科研项目的青年教师,由博士生导师王爱玲教授担任系列教程的总策划与主编。

本系列教程可作为高等职业教育的教学与实践用教材或教学参考用书,同时对从事数控技术开发人员、数控设备使用人员、维修人员、数控编程技术人员以及数控机床操作人员均有较大的参考价值;同时也可作为各种层次的继续工程教育用数控专业培训教材。

《数控铣削编程与操作》由中北大学王爱玲教授主编、孙旭东副主编。其中第2章由王爱玲编写;第1章、第3章、第5章、第6章由孙旭东编写;第4章由郑智贞编写;第7章由王永祯编写。全书由王爱玲提出总体构思及编写思想并进行审稿,由孙旭东负责统稿。

本书编写时参阅了很多院校和企业的教材、资料和文献,部分资料来源于网络,并得到很多专家和同事的支持和帮助,在此谨致谢意!

限于编者的水平和经验,书中难免会有不少疏漏和错误,恳请读者和各位同仁批评指正。

编 者
2008 年 6 月

目 录

第 1 章 数控铣床概述	1
1.1 数控技术基础	2
1.1.1 插补原理概述	2
1.1.2 计算机数控系统	5
1.2 数控铣床简介	6
1.3 数控铣床的分类	6
1.3.1 按主轴布置形式分类	6
1.3.2 按数控系统的功能分类	8
1.4 数控铣床加工的主要对象	9
1.5 典型的数控系统	12
1.5.1 SINUMERIK 840D 数控系统	12
1.5.2 FANUC 数控系统	13
1.5.3 华中数控系统	15
第 2 章 数控铣床结构	16
2.1 数控铣床的结构特点	16
2.2 数控铣床的结构及总体布局	18
2.2.1 总布局与工件形状、尺寸和质量的关系	19
2.2.2 运动分配与部件的布局	20
2.2.3 总布局与铣床的结构性能	21
2.2.4 铣床的使用要求与总布局	22
2.3 数控铣床的传动及其结构特点	23
2.3.1 数控铣床的主传动系统	23
2.3.2 数控铣床的进给传动系统	28
2.4 数控铣床的辅助装置	41
第 3 章 数控铣床加工工艺	43
3.1 数控铣床加工工艺概述	43
3.2 数控铣床加工工艺的基本特点及主要内容	43
3.2.1 数控铣床加工工艺的基本特点	43
3.2.2 数控铣床加工工艺的主要内容	45
3.3 数控铣床加工工艺分析	45
3.3.1 数控铣床加工零件的工艺分析	45

3.3.2	零件毛坯的工艺性分析	50
3.4	数控铣床加工方法的选择	52
3.5	数控铣床加工工艺路线的拟定	58
3.5.1	工序的划分	58
3.5.2	加工顺序的安排	59
3.6	加工路线的确定	61
3.6.1	点位控制加工路线	62
3.6.2	孔系加工的路线	64
3.6.3	铣削平面的加工路线	64
3.6.4	铣削曲面的加工路线	67
3.7	夹具的选择	67
3.7.1	常用夹具	68
3.7.2	组合夹具	68
3.8	铣刀的选择	71
3.8.1	铣刀类型	71
3.8.2	对刀具的基本要求	72
3.8.3	铣刀选择时的注意事项	72
3.9	切削用量的选择	72
3.10	数控铣床加工工艺文件	75
3.11	数控铣削典型零件加工工艺分析	77
3.11.1	平面凸轮的数控铣削工艺分析	77
3.11.2	异形件的数控铣削工艺分析	81
第4章	数控铣床的编程	85
4.1	数控程序编制基础	85
4.1.1	数控程序编制的概念	85
4.1.2	程序编制的内容和方法	85
4.1.3	程序结构与格式	88
4.1.4	数控机床坐标系和运动方向	93
4.1.5	绝对坐标系和增量(相对)坐标系	96
4.1.6	工件坐标系	96
4.1.7	编程坐标系	98
4.1.8	数控编程的特征点	99
4.2	程序编制中的基本指令	103
4.2.1	准备功能指令	103
4.2.2	辅助功能指令	106
4.2.3	其他功能指令	109

4.2.4	数控铣床坐标系指令	110
4.2.5	一般通用功能指令	116
4.3	刀具半径补偿功能	119
4.3.1	刀具长度补偿	120
4.3.2	二维刀具半径补偿	122
4.3.3	刀具半径 B 补偿	125
4.3.4	刀具半径 C 补偿	127
4.3.5	三维刀具补偿	128
4.4	主子程序调用	130
4.5	数控铣床的典型零件编程举例	132
4.5.1	连杆的数控铣削加工及编程	132
4.5.2	凸轮数控铣削工艺分析及程序编制	134
4.5.3	主子程序编程举例	137
4.6	数控铣床自动编程	139
4.6.1	自动编程主要特点	139
4.6.2	自动编程系统的基本类型	140
4.6.3	APT 语言自动编程	140
4.6.4	CAD/CAM 软件在数控铣床自动编程中的应用	144
第 5 章	FANUC 系统数控铣床操作与应用	158
5.1	FANUC 0i - MA 系统介绍	158
5.1.1	主要功能及特点	158
5.1.2	基本构成	160
5.1.3	部件的连接	160
5.1.4	机床参数	162
5.2	FANUC 0i - MA 系统数控铣床控制面板	166
5.2.1	控制面板	166
5.2.2	铣床操作面板	169
5.3	FANUC 0i - MA 系统数控铣床的基本操作	175
5.3.1	电源的接通与断开	175
5.3.2	手动操作	175
5.3.3	自动进行的操作	180
5.3.4	数据的输入/输出	185
5.4	FANUC 0i - MA 系统数控铣床编程及实例	192
5.4.1	FANUC 0i - MA 数控系统功能	192
5.4.2	FANUC 0i - MA 系统数控铣床固定循环	197
5.4.3	FANUC 0i - MA 系统 B 类宏程序应用	208

第 6 章	SIEMENS 系统数控铣床操作与应用	219
6.1	SINUMERIK 802D 系统介绍	219
6.1.1	主要性能	219
6.1.2	系统的组成	221
6.1.3	技术参数	221
6.2	SIEMENS 系统数控铣床控制面板	223
6.2.1	数控系统控制面板	223
6.2.2	外部机床控制面板	226
6.2.3	屏幕划分	228
6.2.4	软件功能	230
6.3	SIEMENS 系统数控铣床的基本操作	230
6.3.1	开机	230
6.3.2	回参考点	232
6.3.3	参数设置	232
6.3.4	手动操作	237
6.3.5	MDA 运行	238
6.3.6	自动运行	239
6.3.7	程序的管理	240
6.3.8	加工操作	242
6.4	SIEMENS 系统数控铣床编程及实例	246
6.4.1	SIEMENS 数控系统功能	246
6.4.2	SIEMENS 系统 R 参数固定循环功能	251
6.4.3	SIEMENS 系统参数编程	258
第 7 章	华中数控系统数控铣床操作与应用	264
7.1	HNC-21/22M 系统介绍	264
7.1.1	系统特点及主要功能	264
7.1.2	系统技术规格	266
7.1.3	系统部件的连接	266
7.1.4	系统的软件结构	268
7.1.5	环境条件	270
7.2	HNC-21M 系统数控铣床操控系统	270
7.2.1	数控铣床控制面板	270
7.2.2	数控铣床的系统操作界面	271
7.2.3	数控铣床功能菜单	273
7.3	HNC-21M 系统数控铣床的基本操作	274
7.3.1	开机、关机、急停	274

7.3.2	方式选择·····	276
7.3.3	手动运行·····	277
7.3.4	自动运行、单段运行和空运行·····	281
7.3.5	手动数据输入运行·····	282
7.3.6	数据设置·····	284
7.3.7	显示方式·····	286
7.3.8	参数查看和设置·····	297
7.3.9	故障对策·····	302
7.4	HNC-21M 系统数控铣床编程及实例·····	303
7.4.1	HNC-21M 数控系统功能·····	303
7.4.2	HNC-21M 数控铣床特殊系统指令·····	305
7.4.3	A 类宏功能应用·····	322
参考文献·····		334

第1章 数控铣床概述

数控机床指的是采用数控技术控制的机床，即装备了数控系统的机床称之为数字控制机床（Numerically Controlled Machine Tool）。国际通用定义如下：数控机床是一种装有程序控制系统的机床，该系统能逻辑地处理具有特定代码或其他符号编码指令规定的程序。

数控机床的发展是为了满足单件、小批、多品种自动化生产的需要而研制的一种灵活的、通用的、能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床，具有适应性强、加工精度高、加工质量稳定和生产效率高的优点。它综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等多方面的技术成果。随着机床数控技术的迅速发展，数控机床在机械制造业中的地位越来越重要。

数控机床首先由美国率先发展，并且是为了适应航空工业制造复杂零件的需要而产生的。1948年，美国帕森斯公司接受美国空军委托，研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样，精度要求高，一般加工设备难以适应，于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。1949年，该公司与美国麻省理工学院（MIT）开始共同研究，并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床，当时的数控装置采用电子管元件。

1959年，数控装置采用了晶体管元件和印制电路板，出现带自动换刀装置的数控机床，称为加工中心（Machining Center，MC），使数控装置进入了第二代。

1965年，出现了第三代的集成电路数控装置，不仅体积小，功率消耗少，且可靠性提高，价格进一步下降，促进了数控机床品种的发展和产量的提高。

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（DNC）系统，又称群控系统；采用小型计算机控制的计算机数控（CNC）系统，使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974年，研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控（MNC）装置，这是第五代数控系统。20世纪80年代初，随着计算机软硬件技术的发展，出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置；数控装置愈趋小型化，可以直接安装在机床上；数控机床的自动化程度进一步提高，具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20世纪90年代后期，出现了PC+CNC智能数控系统，即以PC为控制系统的硬件部分，在PC上安装NC软件系统，此种方式系统维护方便，易于实现网络化制造。

1.1 数控技术基础

1.1.1 插补原理概述

1. 插补原理

机床数字控制的核心问题,就是如何控制刀具或工件的运动。对于平面曲线的运动轨迹需要两个运动坐标协调的运动,对于空间曲线或立体曲面则要求三个以上运动坐标产生协调的运动,才能走出其轨迹。数控加工时,只要按规定将信息送入数控装置就能进行控制。输入信息可以用直接计算的方法得出,如 $y=f(x)$ 的轨迹运动,可以按精度要求递增给出 x 值,然后按函数式算出 y 值。只要定出 x 的范围,就能得到近似的轨迹,正确控制 x 、 y 向速比,就能走出精确的轨迹来。但是,这种直接计算方法,曲线阶次越高,计算就越复杂,速比也越难以控制。另外,还有一些用离散数据表示的曲线、曲面(列表曲线、曲面)又很难计算。所以数控加工不采用这种直接计算方法作为控制信息的输入。

机床上进行轮廓加工的各种工件,一般都是由一些简单的、基本的几何元素(直线、圆弧等)构成。若加工对象由其他二次曲线和高次曲线组成,可以采用一小段直线或圆弧来拟合(有些场合,需要抛物线或高次曲线拟合),就可以满足精度要求。这种拟合的方法就是“插补”(Interpolation),它实质上是根据有限的信息完成把“填补空白”的“数据密化”的工作,即数控装置依据编程时有限数据,按照一定方法产生基本线型(直线、圆弧等),并以此为基础完成所需要轮廓轨迹的拟合工作。

可见数控系统根据零件轮廓线型的有限信息,计算出刀具的一系列加工点,完成所谓的数据“密化”工作。插补有两层含义:一是用小线段逼近产生基本线型(如直线、圆弧等);二是用基本线型拟合其他轮廓曲线。

无论是普通数控(硬件数控NC)系统,还是计算机数控(CNC)系统,都必须有完成“插补”功能的部分,能完成插补工作的装置叫插补器。NC系统中插补器由数字电路组成,称为硬件插补,而在CNC系统中,插补器功能由软件来实现,称为软件插补。

2. 插补方法

在数控系统中,常用的插补方法有逐点比较法、数字积分法、时间分割法等。下面介绍数控系统中用得最多的方法——逐点比较法。

逐点比较法又称代数运算法、醉步法。这种方法的基本原理是:计算机在控制加工过程中,能逐点地计算和判别加工误差,与规定的运动轨迹进行比较,由比较结果决定下一步的移动方向。逐点比较法既可以作直线插补,又可以作圆弧插补。这种算法的特点是,运算直

观,插补误差小于一个脉冲当量,输出脉冲均匀,而且输出脉冲的速度变化小,调节方便。因此,在两坐标联动的数控机床中应用较为广泛。

逐点比较法的插补原理可概括为“逐点比较,步步逼近”。逐点比较法的插补过程分为四个步骤:

(1) 偏差判别。根据偏差值判断刀具当前位置与理想线段的相对位置,以确定下一步的走向。

(2) 坐标进给。根据判别结果,使刀具向 X 或 Y 方向移动一步。

(3) 偏差计算。当刀具移到新位置时,再计算与理想线段间的偏差以确定下一步的走向。

(4) 终点判别。判断刀具是否到达终点。未到终点,则继续进行插补。若已到终点,则插补结束。

1) 直线插补

如图 1-1 所示,是应用逐点比较法插补原理进行直线插补的情形。机床在某一程序中要加工一条与 X 轴夹角为 α 的 OA 直线,在数控机床上加工时,刀具的运动轨迹不是完全严格地走 OA 直线,而是一步一步地走阶梯折线,折线与直线的最大偏差不超过加工精度允许的范围,因此,这些折线可以近似的认为是 OA 直线。当加工点在 OA 直线上方或在 OA 直线上,该点的偏差值 $F_n \geq 0$,若在 OA 直线的下方,即偏差值 $F_n < 0$,机床数控装置的逻辑功能,根据偏差值能自动判别走步。当 $F_n \geq 0$ 时朝 $+X$ 方向进给一步;当 $F_n < 0$ 时,朝 $+Y$ 方向进给一步,每走一步自动比较一下,边判别边走步,刀具依次以折线 $0-1-2-3-4 \cdots A$ 逼近 OA 直线。就这样,从 O 点起逐点穿插进给一直加工到 A 点为止。这种具有沿平滑直线分配脉冲的功能叫做线插补,实现这种插补运算的装置叫做直线插补器。

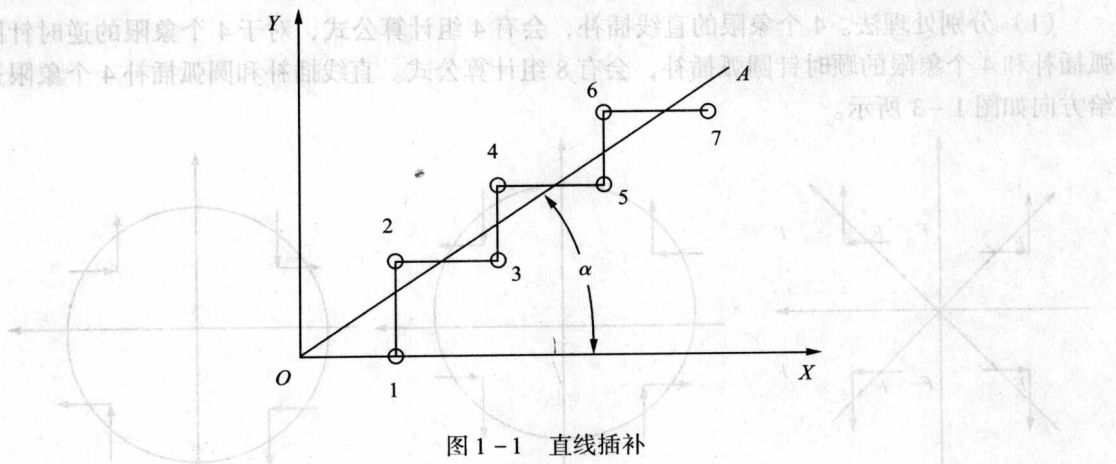


图 1-1 直线插补

2) 圆弧插补

如图 1-2 所示,是应用逐点比较法插补原理进行圆弧插补的情形。机床在某一程序中

要加工半径为 R 的 AB 圆弧，在数控机床上加工时，刀具的运动轨迹也是一步一步地走阶梯折线，折线与圆弧的最大偏差不超过加工精度允许的范围，因此这些折线可以近似的认为是 AB 圆弧。当加工点在 AB 圆弧外侧或在 AB 圆弧上，偏差值（该点到原点 O 的距离与半径 R 的比值） $F_n \geq 1$ ；若该点在圆弧 AB 的内侧，即偏差值 $F_n < 1$ 。加工时，当 $F_n \geq 1$ 时，朝 $-X$ 方向进给一步；当 $F_n < 1$ 时，朝 $+Y$ 方向进给一步，刀具沿折线 $A-1-2-3-4 \cdots B$ 依次逼近 AB 圆弧，从 A 点起逐点穿插进给一直加工到 B 点为止。这种沿圆弧分配脉冲的功能叫做圆弧插补，实现这种插补运算的装置叫做圆弧插补器。

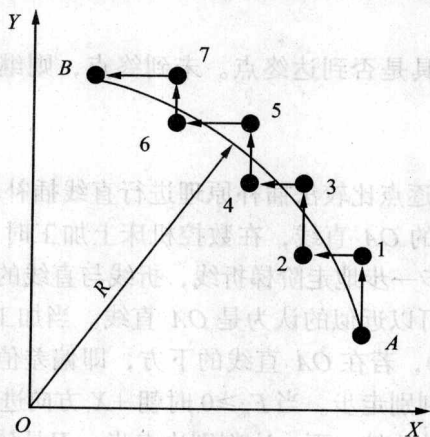


图 1-2 圆弧插补

3) 逐点比较法的象限处理

(1) 分别处理法。4 个象限的直线插补，会有 4 组计算公式，对于 4 个象限的逆时针圆弧插补和 4 个象限的顺时针圆弧插补，会有 8 组计算公式。直线插补和圆弧插补 4 个象限进给方向如图 1-3 所示。

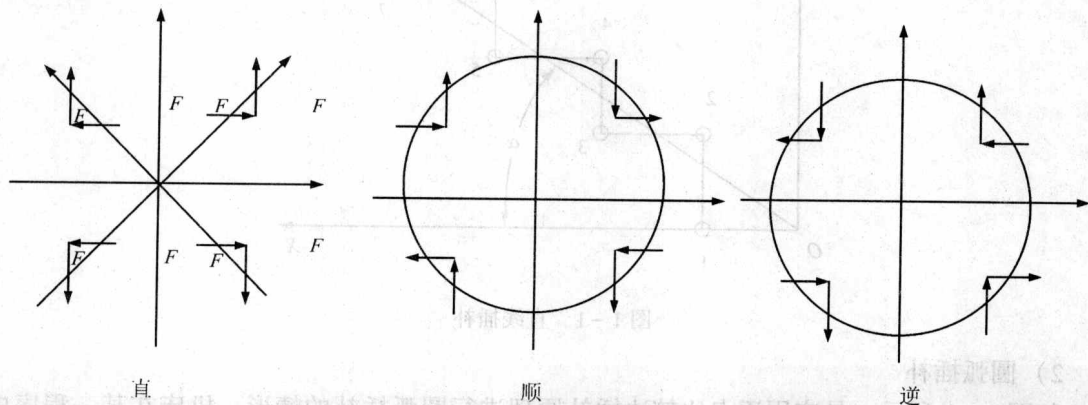


图 1-3 直线插补和圆弧插补 4 个象限进给方向

插补运算具有实时性，直接影响刀具的运动。插补运算的速度和精度是数控装置的重要指标。插补原理也叫轨迹控制原理。五坐标插补加工仍是国外对我国封锁的技术。

(2) 坐标变换法。用第一象限逆圆插补的偏差函数进行第三象限逆圆和第二、四象限顺圆插补的偏差计算，用第一象限顺圆插补的偏差函数进行第三象限顺圆和第二、四象限逆圆插补的偏差计算。

1.1.2 计算机数控系统

随着电子技术的发展，数控系统有了较大的发展，从硬件数控发展成计算机数控。计算机数控系统是 20 世纪 70 年代发展起来的新的机床数控系统，它用一台计算机代替先前硬件数控所完成的功能。所以，它是一种包含有计算机在内的数控系统。其原理是根据计算机存储的控制程序执行数控功能。数控系统分轮廓控制和点位控制系统。轮廓控制系统比较复杂，功能齐全，有的还包括了点位控制功能的内容，点位控制系统比较简单（如钻、镗），目前以轮廓控制系统为主。

CNC 系统由程序、输入/输出设备、CNC 装置、可编程控制器（PLC）、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成。图 1-4 为 CNC 系统框图。

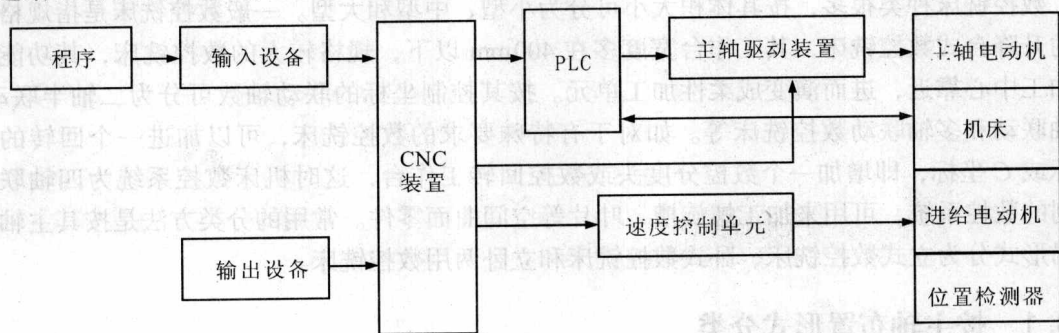


图 1-4 CNC 系统框图

CNC 系统与 NC 系统的主要区别在于，CNC 机床采用专用的或通用的计算机控制，系统软件常驻内存中，零件加工程序可以输入到内存中。只要改变计算机的控制软件，就能实现一种新的控制方式，从而加工出另一种新的工件。CNC 系统是采用通用计算机元件与结构，并配备必要的输入/输出部件构成的。采用控制软件来实现加工程序存储、译码、插补运算、辅助动作逻辑连锁以及其他复杂功能。

完整的 CNC 系统分为 NC 部分与 PLC 部分。NC 部分主要控制机床主运动和进给运动；PLC 部分称为可编程控制器，它主要接收程序中辅助功能指令或操作控制面板的操作指令，控制各种辅助动作及其连锁等，并显示各种控制信号状态。

1.2 数控铣床简介

数控铣床的产生先于其他所有数控机床,应用也最为广泛,主要采用铣削方式加工工件。数控铣床适合于各种箱体类和板类零件的加工。它能够进行外形轮廓铣削、平面或曲面型铣削及三维复杂型面的铣削,如凸轮、模具、叶片、螺旋桨等。另外,数控铣床还具有孔加工的功能,通过特定的功能指令可进行一系列孔的加工,如钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻丝等。

数控铣床的机械结构,除基础部件外,还包括:主传动系统;进给传动系统;实现工件回转、定位装置和附件;实现某些部件动作和辅助功能的系统和装置,如液压、气动、润滑、冷却等系统和排屑、防护等;特殊功能装置,如刀具破损监视、精度检测和监控装置;为完成自动化控制功能的各种反馈信号装置及元件等。

1.3 数控铣床的分类

数控铣床种类很多,按其体积大小可分为小型、中型和大型。一般数控铣床是指规格较小的升降台式数控铣床,其工作台宽度多在 400mm 以下,规格较大的数控铣床,其功能已向加工中心靠近,进而演变成柔性加工单元。按其控制坐标的联动轴数可分为二轴半联动、三轴联动和多轴联动数控铣床等。如对于有特殊要求的数控铣床,可以加进一个回转的 A 坐标或 C 坐标,即增加一个数控分度头或数控回转工作台,这时机床数控系统为四轴联动控制的数控系统,可用来加工螺旋槽、叶片等空间曲面零件。常用的分类方法是按其主轴的布局形式分为立式数控铣床、卧式数控铣床和立卧两用数控铣床。

1.3.1 按主轴布置形式分类

1. 立式数控铣床

立式数控铣床(图 1-5)的主轴轴线垂直于水平面,是数控铣床中最常见的一种布局形式,应用范围也最广泛。立式数控铣床中又以三坐标(X 、 Y 、 Z)联动铣床居多,其各坐标的控制方式主要有以下几种:

(1) 工作台纵、横向移动并升降,主轴不动方式。目前,小型数控铣床一般采用这种方式。

(2) 工作台纵、横向移动,主轴升降方式。这种方式一般运用在中型数控铣床中。

(3) 龙门架移动式,即主轴可在龙门架的横向与垂直导轨上移动,而龙门架则沿床身做纵向移动。许多大型数控铣床都采用这种结构,又称之为龙门数控铣床,如图 1-6 所示。