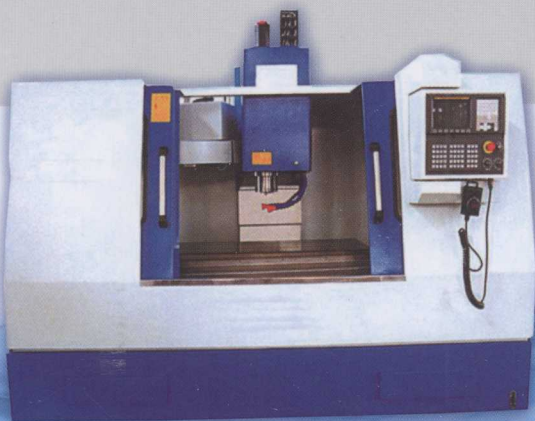


国家职业技能鉴定培训教材

数控铣床操作工

(中、高级)

黄登红 主编



化学工业出版社

国家职业技能鉴定培训教材

数控铣床操作工

(中、高级)

黄登红 编

SHUKONG XICHUANG CAOZUOGONG



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床操作工(中、高级)/黄登红主编. —北京:化学工业出版社, 2009.3

国家职业技能鉴定培训教材

ISBN 978-7-122-04618-5

I. 数… II. 黄… III. 数控机床: 铣床—操作—职业技能鉴定—教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 006338 号

责任编辑: 王 焯

装帧设计: 关 飞

责任校对: 郑 捷

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 10 字数 275 千字

2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

数控加工是机械制造业中的先进加工技术,在企业生产中,数控机床的使用已经非常普遍。在现代机械制造业中,数控技术被广泛采用,以提高工件的加工精度和生产效率。随着数控机床的大量使用,社会急需大批熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的技能型人才。本书就是为了适应我国目前缺乏数控操作技术工人的现状,以及职业教育发展的需要而编写的。

本书根据《国家职业标准》中、高级数控铣床操作工的基本要求,紧紧围绕职业技能鉴定,以数控铣床操作工的编程和操作技能为主线,在技能操作中讲解相关的理论知识,而在讲解某个理论知识点时,又针对该知识点配备了相关技能实例。因此本书将理论知识和操作技能有机结合在一起,内容精练实用,既利于教师讲解,又有利于学生自学。具体来说有以下几个特点。

1. 全书分为数控铣床编程与操作篇、实操模拟试题篇。这种内容结构不但有利于考工复习,也兼顾了广大读者日常工作中操作机床的基本要求。

2. 在数控铣床编程与操作篇,以考点为序进行内容编排,内容涉及编程、操作、综合实例分析、自动编程与加工、加工仿真软件的应用等。

3. 模拟试题篇收录了数控铣床(中级)实操模拟试题和数控铣床(高级)实操模拟试题各五套,并给出详细的加工要点和评分标准,为读者备考提供了充足的演练资料。

本书可以作为数控铣床操作工职业技能培训与鉴定考核用书,也可以作为中职中专、高职高专相关课程的教材,还是从事数控铣床操作与编程的工程技术人员实用参考书。

本书考点一、考点二、考点三由黄登红编写,考点四由杨丰编

写，考点五由邓中华编写，考点六由童建平、张加峰编写。全书由黄登红统稿。

由于编写时间仓促，编者水平和经验有限，数控技术发展迅速，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 篇 数控铣床编程与操作	1
考点一 数控铣床编程基本知识	1
1.1 数控铣床编程基本概念	1
1.1.1 数控铣床概述	1
1.1.2 数控铣床的坐标系	3
1.1.3 程序组成和格式	6
1.1.4 数控指令分类	8
1.2 数控铣床常用编程指令	14
1.2.1 基本编程指令	14
1.2.2 刀具半径补偿指令	22
1.2.3 刀具长度补偿指令	29
1.2.4 固定循环指令	31
1.3 子程序	41
1.3.1 子程序的结构	42
1.3.2 子程序的调用	42
1.3.3 子程序应用实例	42
1.3.4 注意事项	44
1.4 宏程序	44
1.4.1 宏程序的定义	44
1.4.2 宏程序中的变量	44
1.4.3 运算指令	46
1.4.4 控制指令	47
1.4.5 宏程序调用	49
考点二 数控铣床的操作	51
2.1 数控铣床操作面板	51

2.1.1	MDI 操作面板	51
2.1.2	机床操作面板	53
2.2	数控铣床的操作	56
2.2.1	电源的接通与关断	56
2.2.2	手动运转	56
2.2.3	对刀	57
2.2.4	刀具补偿值的输入和修改	62
2.2.5	程序编辑	63
2.2.6	计算机通信输入输出程序	65
2.2.7	程序运行	67
考点三	手工编程与加工	70
3.1	平面铣削	70
3.1.1	平面铣削常用的装夹方法	70
3.1.2	平面铣削的常用刀具及刀具参数的选择	71
3.1.3	平面铣削的刀具路线安排	74
3.1.4	铣削用量及其选择	76
3.1.5	平面加工实训——六方体铣削	78
3.1.6	常用测量工具及其使用	81
3.2	轮廓铣削	85
3.2.1	刀具的选择	85
3.2.2	加工路线的确定	88
3.2.3	轮廓铣削实训——凸模板的铣削	90
3.3	型腔铣削	93
3.3.1	型腔零件的铣削加工工艺	93
3.3.2	型腔铣削实训——矩形型腔零件的铣削	96
3.3.3	利用百分表测零件的高度(深度)	100
3.4	孔加工(钻、铰、铰)	101
3.4.1	孔加工典型方法及其刀具	101
3.4.2	孔加工路线安排	103
3.4.3	孔加工实训——销孔、螺栓孔的加工	105
3.4.4	孔的测量与孔加工精度误差分析	109

105	3.5 攻螺纹与镗孔	112
205	3.5.1 攻螺纹的加工工艺	112
015	3.5.2 镗孔的加工工艺	114
115	3.5.3 攻螺纹与镗孔实训——支撑座零件上孔的加工	116
115	3.5.4 螺纹测量与镗孔、攻螺纹精度分析	121
025	3.6 规则曲面加工	122
025	3.6.1 规则曲面的加工方法	122
125	3.6.2 规则曲面实训——凹球面加工	124
135	3.7 综合零件加工	128
025	3.7.1 腰形槽底板的加工	128
025	3.7.2 十字槽底板加工实训	136
02	考点四 自动编程与加工	143
115	4.1 CAD/CAM 软件介绍	143
115	4.1.1 CAD/CAM 基础知识	143
115	4.1.2 Mastercam 9.0 简介	144
115	4.2 面铣削加工实例	152
015	4.2.1 平面铣削参数设置	152
815	4.2.2 平面铣削实例	158
085	4.3 外形铣削加工实例	164
085	4.3.1 外形铣削参数设置 (Contour parameters)	164
585	4.3.2 外形铣削实例	169
185	4.4 挖槽加工实例	178
085	4.4.1 挖槽加工参数设置	178
885	4.4.2 挖槽加工实例	183
005	4.5 孔加工实例	188
585	4.5.1 点的选择	189
485	4.5.2 钻孔参数设置	190
085	4.5.3 钻孔加工实例	193
805	4.6 曲面加工编程实例	197
005	4.6.1 曲面加工刀路类型	197
305	4.6.2 曲面加工通用参数设置	198

4.6.3	曲面粗加工 (Rough)	201
4.6.4	曲面精加工 (Finish)	205
4.6.5	曲面加工实例	210
4.7	综合加工应用	227
4.7.1	中级工操作样题	227
4.7.2	高级工操作样题	236
考点五	数控加工仿真软件的应用	254
5.1	数控铣床仿真软件的基本操作	254
5.1.1	选择数控机床和系统	254
5.1.2	机床台面仿真操作	256
5.1.3	机床面板仿真操作	260
5.2	数控铣床仿真加工实例	269
考点六	数控铣床安全操作规程与日常维护	273
6.1	数控铣床安全操作规程	273
6.2	数控铣床日常维护和保养	275
6.2.1	数控铣床的维护	275
6.2.2	数控系统的维护	276
6.3	数控铣床常见的操作故障	278
第 2 篇	实操模拟试题	280
	数控铣床操作工 (中级) 实操模拟试题 (一)	280
	数控铣床操作工 (中级) 实操模拟试题 (二)	282
	数控铣床操作工 (中级) 实操模拟试题 (三)	284
	数控铣床操作工 (中级) 实操模拟试题 (四)	286
	数控铣床操作工 (中级) 实操模拟试题 (五)	288
	数控铣床操作工 (高级) 实操模拟试题 (一)	290
	数控铣床操作工 (高级) 实操模拟试题 (二)	292
	数控铣床操作工 (高级) 实操模拟试题 (三)	294
	数控铣床操作工 (高级) 实操模拟试题 (四)	296
	数控铣床操作工 (高级) 实操模拟试题 (五)	298
附录	数控铣工国家职业技能鉴定标准 (中、高级)	300
	参考文献	306

第1篇 数控铣床编程与操作

考点一 数控铣床编程基本知识

1.1 数控铣床编程基本概念

1.1.1 数控铣床概述

数控铣床在机床设备中应用非常广泛，它能够进行平面铣削、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、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。

(1) 数控铣床按主轴位置不同分类

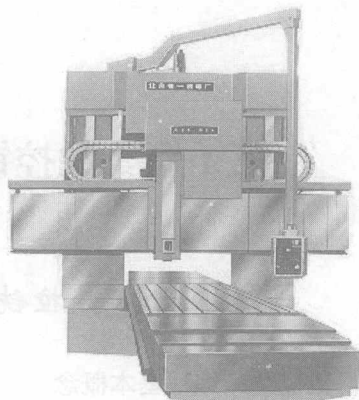
① 立式数控铣床 立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面，是数控铣床中最常见的一种布局形式，应用范围也最广泛。从机床数控系统控制的坐标数量来看，目前3坐标数控立铣仍占大多数，一般可进行3坐标联动加工。此外，还有机床主轴可以绕 X 、 Y 、 Z 坐标轴中的其中一个或两个轴进行数控摆角运动的4坐标和5坐标数控立铣。

图 1-1(a)所示为立式数控铣床，一般用在中型数控铣床中；图 1-1(b)所示为龙门数控铣床，大型数控铣床多采用此种结构。

② 卧式数控铣床 卧式数控铣床（图 1-2）与普通卧式铣床相同，其主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能，卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现4、5坐标加工。这样，不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来，而且可以实现在一次安装中，通过转盘改变工位，进行“四面加工”。



(a) 立式数控铣床



(b) 龙门数控铣床

图 1-1 立式数控铣床



图 1-2 卧式数控铣床

③ 立卧两用数控铣床 由于这类铣床的主轴方向可以更换，能达到在一台机床上既可以进行立式加工，又可以进行卧式加工，其使用范围更广，功能更全，选择加工对象的余地更大，且给用户带来不少方便。特别是生产批量小，品种较多，又需要立、卧两种方式加工时，用户只需买一台这样的机床就行了。

(2) 数控铣床按系统功能不同分类

① 经济型数控铣床 经济型数控铣床是在普通铣床基础上改造而来的，采用经济性数控系统，成本低，机床功能较少，主轴转速和进给速度不高，主要用于精度要求不高的简单平面或曲面类零件的加工。

② 全功能数控铣床 全功能数控铣床一般采用半闭环或闭环控制，控制系统功能较强，一般可实现 4 坐标或以上的联动，加工

适应性强,应用最为广泛。

③ 高速数控铣床 高速数控铣床主轴转速在 $8000\sim 40000$ r/min, 进给速度可达 $10\sim 30$ m/min, 采用全新的机床结构(主体结构及材料变化)、功能部件(电主轴、直线电动机驱动进给)和功能强大的数控系统,并配以加工性能优越的刀具系统,可对大面积的曲面进行高效率的、高质量的加工。

1.1.2 数控铣床的坐标系

为了便于在数控程序中统一描述机床运动,简化程序的编制,并使程序具有互换性,在数控机床中引入了坐标系的概念。无论机床机构如何,在编制程序与说明进给运动时,统一以坐标系来规定进给运动的方向和距离。

(1) 数控铣床的机床坐标系

数控机床坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系,如图 1-3 所示。用右手的拇指、食指和中指分别代表 X 、 Y 、 Z 三个直线轴,三个手指互相垂直,所指方向分别为 X 、 Y 、 Z 的正方向。围绕 X 、 Y 、 Z 各轴的回转运动分别用 A 、 B 、 C 表示,其正方向用右手螺旋定则确定。在运动方向的表示中,刀具相对于工件的运动方向用 X 、 Y 、 Z 和 A 、 B 、 C 表示,而工件相对于刀具的运动方向用 X' 、 Y' 、 Z' 和 A' 、 B' 、 C' 表示。

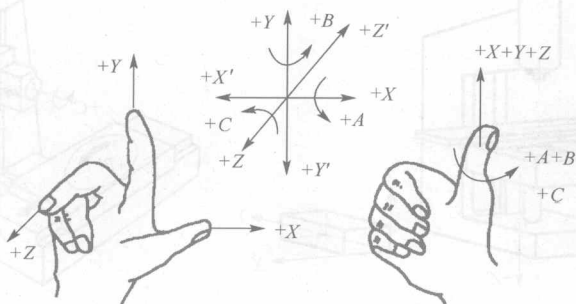


图 1-3 右手直角笛卡儿坐标系

笛卡儿坐标系表明了六个坐标之间的关系,而对于数控机床各坐标及其方向的判断则有如下规定。

原则一：刀具相对于静止的工件运动。

由于机床的结构不同，有的是刀具运动，零件固定；有的是刀具固定，零件运动等。为了统一编程规则，永远假定刀具相对于静止的工件而运动。

原则二：坐标轴方向的判断顺序为先 Z 轴后 X 、 Y 等其他轴。

① Z 坐标的方向 与主轴轴线平行的坐标轴为 Z 坐标轴。 Z 轴正方向为刀具远离工件的方向。

② X 坐标的方向 X 坐标轴平行于工件的装夹平面。对于立式铣床，则站在工作台前，从刀具主轴向立柱看，水平向右方向为 X 轴的正方向，如图 1-4 所示。对于 Z 轴是水平的，则从主轴向工件看（即从机床背面向工件看），向右方向为 X 轴的正方向，如图 1-5 所示。

③ Y 坐标的方向 根据 Z 坐标轴和 X 坐标轴的正方向，利用右手定则可以确定 Y 坐标轴的正方向。如图 1-4 和图 1-5 所示。

④ 旋转轴的方向

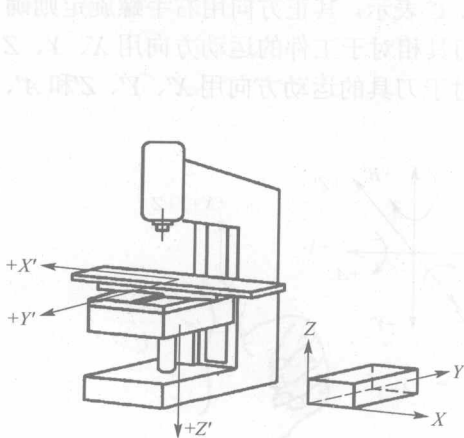


图 1-4 立式数控铣床坐标系

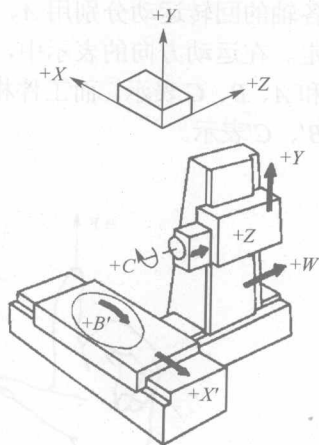


图 1-5 卧式数控铣床坐标系

旋转坐标轴 A 、 B 、 C 分别表示其轴线平行于 X 、 Y 、 Z 的旋转坐标轴。可用右手判定，大拇指为坐标轴正向，则弯曲的四指为旋

转坐标轴的正向。

(2) 机床原点 (机械原点)

机床原点是机床坐标系的原点,一般用字母 M 表示,是机床制造商设置在机床上一个物理位置。其作用是使机床与控制系统同步,建立测量机床运动坐标的起始点。机床原点一般设置在坐标轴正向的极限位置。

(3) 机床参考点

对于大多数数控机床,开机第一步总是首先进行返回机床参考点(即所谓的机床回零)操作。机床参考点是数控机床上一个特殊位置的点,一般用字母 R 表示。机床参考点与机床原点的距离由系统参数设定,其值可以是零,如果其值为零,则表示机床参考点和机床原点重合,如果其值不为零,则机床开机回零后显示的机床坐标系的值即是系统参数中设定的距离值。

回参考点是机床的一种工作方式,目的就是为了确定机床坐标系的原点,建立机床坐标系。该坐标系一经建立,只要机床不断电,将永远保持不变,并且不能通过编程对它进行修改。

(4) 工件坐标系及其设定

机床坐标系的建立保证了刀具在机床上的正确运动。但是,由于加工程序的编制通常是针对某一工件,根据零件图纸进行的,为了便于尺寸计算、检查,编程人员需要根据零件图纸及加工工艺等在工件上建立坐标系,这种坐标系称为工件坐标系(亦称编程坐标系)。数控程序中的所有坐标值都是假设刀具的运动轨迹点在工件坐标系中的位置。确定工件坐标系时不必考虑工件毛坯在机床上的实际装夹位置。工件坐标系各坐标轴方向与机床坐标系各轴方向一致。

编程人员以工件图样上某点为工作坐标系的原点,称工作原点,一般用字母 W 表示。工件原点的选择有以下两条原则。

原则一:工件原点应尽量选择在设计基准或工艺基准上,如图 1-6 所示。

原则二:对称零件,工件原点应选在对称中心上,如图 1-7 所示。

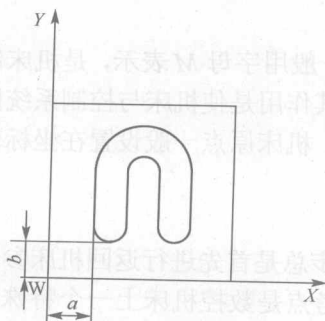


图 1-6 一般零件

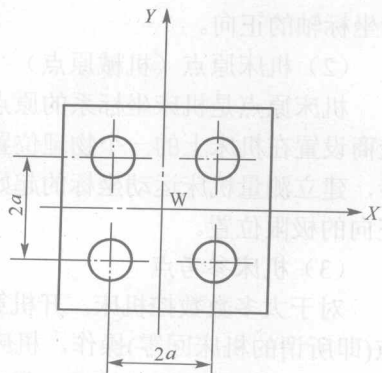


图 1-7 对称零件

工件坐标系原点通常通过零点偏置的方法来进行设定，其设定过程为：选定装夹后工件的工件坐标系原点，找出该点在机床坐标系中的机械坐标值（图 1-8 中的 a 、 b 和 c 值），将这些值通过机床面板操作输入机床偏置存储器参数（这种参数有 G54~G49 共计 6

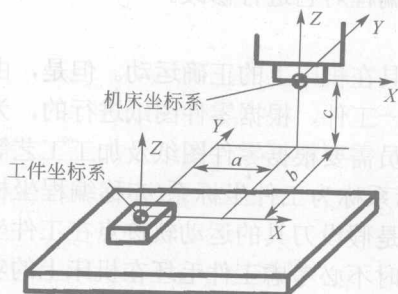


图 1-8 工件坐标系原点设定

个)中，从而将机床坐标系原点偏移至工件坐标系原点。找出工件坐标系在机床坐标系中位置的过程称为对刀。

零点偏置设定工件坐标系的实质就是在加工之前让数控系统知道工件坐标系在机床坐标系中的具体位置。通过这种方法设定的工件坐标系，只要不对其进行修改、删

除操作，该工件坐标系将永久保存，即使机床关机，其坐标系也将保留。

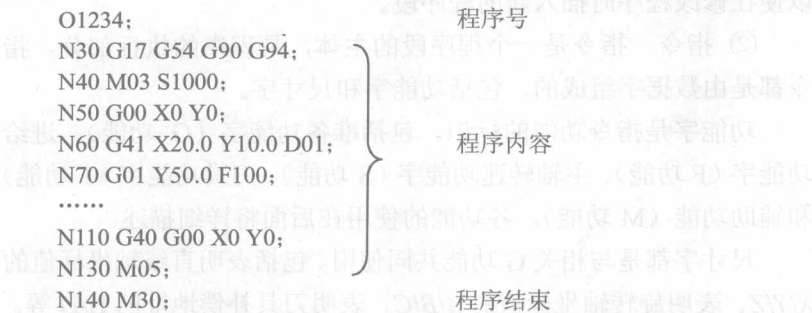
1.1.3 程序组成和格式

每一种数控系统，根据系统本身的特点与编程的需要，都规定有一定的程序格式。对于不同的系统，其程序格式也不尽不同。因

此，编程人员必须严格按照机床(系统)说明书规定的格式进行编程，但加工程序的基本格式却是相同的。

(1) 程序的组成

一个完整的程序由程序号、程序内容和程序结束组成，如下所示。



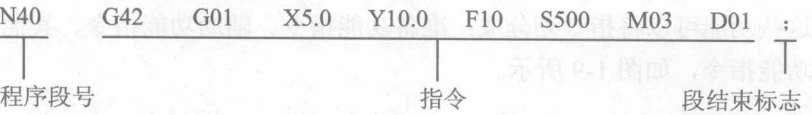
① 程序号 程序号为程序的索引号，处于程序的开始部分，用于区别存储器中的程序。通常在自动加工模式下，数控系统界面中可以显示当前运行或调用程序的程序号。程序号的格式根据系统不同而有所不同。在 FANUC 系统中，采用的格式为：O××××。其中××××为 4 位数字，表示程序索引号。例如 O1001、O1211 等。

② 程序内容 程序内容是整个加工程序的核心，它由许多程序段组成，每个程序段由一个或多个指令字构成，它表示数控机床中除程序结束外的全部动作。

③ 程序结束 大多数的数控系统，都以 M02 或 M30 作为程序结束的标志，来结束整个程序。

(2) 程序段的组成

程序可以看出，程序的主体是由一行一行的指令组成的，通常我们将这一行的程序代码称为一个程序段。程序段通常由程序段号、指令、段结束标志组成。例如，有下面的程序段：



① 程序段号 用以识别程序段的索引号，由 N 和后面若干位数字组成。程序段号是非执行部分，也可以不使用程序段号。程序段号的顺序与程序执行顺序无关，只用于阅读、查找程序段时便于索引。此外，建议在长程序中一定使用程序段号，一般设增量为 10，以便在修改程序时插入新的程序段。

② 指令 指令是一个程序段的主体，是程序的执行部分。指令都是由数据字组成的，包括功能字和尺寸字。

功能字是指令功能的标识。包括准备功能字（G 功能）、进给功能字（F 功能）、主轴转速功能字（S 功能）、刀具功能字（T 功能）和辅助功能（M 功能），各功能的使用在后面将详细描述。

尺寸字都是与相关 G 功能共同使用。包括表明直线轴坐标值的 X/Y/Z、表明旋转轴坐标值的 A/B/C、表明刀具补偿地址的 H/D 等。

通常一个程序段中可以包含多条不同功能的指令，而同一程序段中对各种指令的排列顺序要求不严格。例如，在上面的例子中，G42 和 G01 的位置可以互换且不影响执行的功能。

③ 段结束标志 用于表示一个程序段的结束，系统不同所使用的结束符不同。当用 EIA 标准代码时，结束符为“CR”（回车）；使用 ISO 标准代码时为“LF”（表现为分号，或不可见）。

1.1.4 数控指令分类

根据数控系统不同，其编程指令的格式、功能也有所不同，因此编程人员必须根据所使用的数控系统编程手册上规定的指令内容和格式进行编程。同时 ISO 国际标准化组织和我国国标对数控指令都有标准规定，可以参见国标 GB / T 8129—1990 和 ISO4343—1985 中的有关规定。下面以 FANUC 0i 系统为例介绍数控铣床的指令系统。虽然国内外数控系统的指令系统都有差异，但其基本功能大体相同，都包含轨迹控制、辅助动作控制和切削参数控制等功能，按这些功能可以将指令划分成：准备功能指令、辅助功能指令、其他功能指令，如图 1-9 所示。