

全国中等职业技术学校数控机床加工专业教材

数控机床编程与操作

(数控铣床 加工中心分册)

中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校数控机床加工专业教材

数控机床编程与操作

(数控铣床 加工中心分册)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

版权所有 翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作. 数控铣床 加工中心分册/汤伟文主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2000. 5

ISBN 7-5045-2568-5

I. 数…

II. 汤…

III. ①数控机床加工中心: 铣床-程序设计 ②数控机床加工中心: 铣床-操作
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 12403 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 唐云岐

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷 新华书店经销

787×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 405 千字

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

印数: 5000 册

定价: 18.50 元

简 介

《数控机床编程与操作》(数控铣床 加工中心分册)分基础篇和应用篇。基础篇有六章,主要讲述较流行的 KND 数控系统、FANUC 数控系统、SINUMERIK 数控系统的编程与操作;数控铣床、加工中心的基本操作;MASTERCAM 软件微机编程及数控铣、加工中心常见故障维修的基本知识。应用篇根据职业技术学校的教学特点,共分七个课题,主要介绍数控铣床、加工中心的安全操作规程与日常维护,零件加工前的准备工作,轮廓加工、孔系加工、镗孔加工、壳体(复杂零件)加工和宏指令的应用。

本书深入浅出,内容丰富,针对性强,既介绍经济型数控机床,又介绍先进性较强的数控机床,是一本实用性强、适应面广的教材。

本书既可供职业技术学校数控机床加工专业的学生使用,也可用于初、中级数控技术人员的培训,或作为从事数控机床工作的工程技术人员参考书。

本书由广东韶关市第二高级技工学校汤伟文、潘钊国、范新登、黎志伟、谢光,韶关市液压元件厂钟于民等编写,主编汤伟文。天津职业技术师范学院机械系张永丹审稿。

目 录

绪论.....	(1)
---------	-------

基 础 篇

第一章 国产数控铣床的编程与操作.....	(3)
§ 1—1 XK5040A 型数控铣床简介	(3)
§ 1—2 编程指令.....	(7)
§ 1—3 编程实例.....	(30)
§ 1—4 操作面板与控制功能.....	(37)
§ 1—5 数控系统的操作.....	(40)
思考练习题.....	(52)
第二章 国产加工中心的编程与数控系统的操作.....	(54)
§ 2—1 TH6350 卧式加工中心简介	(54)
§ 2—2 FANUC—6M 系统准备功能和辅助功能	(58)
§ 2—3 编程实例.....	(66)
§ 2—4 控制系统简介.....	(79)
§ 2—5 数控系统的操作.....	(85)
思考练习题.....	(92)
第三章 德国西门子 880 数控系统加工中心的编程与操作.....	(94)
§ 3—1 德国西门子 880 数控系统编程概述.....	(94)
§ 3—2 编程指令.....	(98)
§ 3—3 编程实例.....	(124)
§ 3—4 数控系统的操作.....	(132)
思考练习题.....	(148)
第四章 数控铣床、加工中心的基本操作.....	(150)
§ 4—1 机床的基本操作.....	(150)
§ 4—2 主轴转速的设定、自动换刀和 MDI 方式下工作台转动的操作	(152)
思考练习题.....	(154)
第五章 微机编程.....	(155)
§ 5—1 Master CAM 软件系统简介.....	(155)
§ 5—2 Master CAM 系统的 CAD 功能	(158)

§ 5—3 Master CAM 绘图实例.....	(176)
§ 5—4 Master CAM 系统的铣削功能.....	(181)
§ 5—5 Master CAM 微机编程实例.....	(191)
思考练习题.....	(200)
第六章 数控铣床、加工中心的故障诊断与排除.....	(202)
§ 6—1 常见故障分类.....	(202)
§ 6—2 故障诊断.....	(203)
§ 6—3 故障排除的一般方法.....	(205)
思考练习题.....	(209)

应 用 篇

课题一 安全操作规程与日常维护.....	(210)
课题二 数控机床加工零件前的准备工作.....	(215)
作业.....	(224)
课题三 轮廓加工.....	(225)
作业.....	(228)
课题四 孔系加工.....	(229)
作业.....	(231)
课题五 镗孔.....	(232)
作业.....	(234)
课题六 壳体加工.....	(235)
作业.....	(240)
课题七 宏指令应用.....	(241)
作业.....	(246)
附录.....	(247)
SINUMERIK 880M 常见报警信号中英文对照.....	(247)
附表 1 数控铣床一般操作步骤.....	(250)
附表 2 常用数控术语.....	(250)
主要参考文献.....	(254)

绪 论

数控机床是一种用电子计算机或专用电子计算装置控制的高效自动化机床,它综合应用了自动控制、计算技术、精密测量和机床结构等方面的最新成就。由于它的出现,机床自动化进入了一个新阶段。

随着科学技术的发展,机械产品的形状和结构不断改进,对零件加工质量的要求越来越高。由于产品变化频繁,目前在一般机械加工中,单件、小批生产的产品约占 70%~80%。为了保证产品的质量,提高生产率和降低成本,机床不仅应具有较好的通用性和灵活性,而且要求加工过程实现自动化。在汽车、拖拉机等大量生产的工业部门中,大都采用自动机床、组合机床和自动生产线。但这种设备的第一次投资费用大,生产准备时间长,这与改型频繁、精度要求高、零件形状复杂的舰船、宇航、深潜以及其他国防工业的要求不相适应。如果采用仿形机床,首先要制造靠模,不仅生产周期长,精度亦受到限制。数控机床就是在这种条件下发展起来的一种适用于精度高、零件形状复杂的单件、小批量生产的自动化机床。

自从美国帕森斯(Parsons)公司和麻省理工学院(M. I. T.)合作于 1952 年研制成三坐标数控铣床以来,随着电子元件的发展,数控装置经历过使用电子管、分立元件、集成电路的过程。特别是使用了小型计算机和微处理机以来,数控机床的价格逐渐下降,可靠性日益提高。在工业发达的国家中,无论国防工业或民用工业,数控机床的应用已相当普遍。它由开始阶段为解决单件、小批量的形状复杂的零件加工,发展到为减轻劳动强度、保证质量、降低成本等,在中批量生产甚至在大批量生产中得到应用。现在认为,即使是批量在 500~5 000 件之间的不复杂的零件用数控机床也是经济的。随着我国经济发展和科学技术的进步,数控机床在我国企业中的应用越来越广泛,特别在沿海经济发达地区的大部分企业里,数控机床已成为机械加工的主力军,正在为沿海地区经济的再次腾飞起着关键性的作用。

数控铣床、加工中心是功能较全的数控加工机床。它把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺手段。加工中心设置有刀库,刀库中存放着不同数量的各种刀具或检具,在加工过程中由程序自动选用和更换。这是它与数控铣床、数控镗床的主要区别。加工中心是一种综合加工能力较强的设备,采用加工中心加工产品,可以省去工装和专机。这会为新产品的研制和改型换代节省大量的时间和费用,从而使企业具有较强的竞争能力。可以说,拥有加工中心是判断企业技术能力和工艺水平的一个标志。

数控机床是一种先进的加工设备,随着我国数控机床用户的不断增加,应用范围的不断扩大,普及与提高数控加工技术,培养跨世纪现代高级技工人才,已成为我国职业教育中不可缺少的重要组成部分。

《数控机床编程与操作》(数控铣床 加工中心分册)是集理论与实习于一体的一门专业课程。它主要介绍了国际上具有代表性的两种数控系统——日本 FANUC 数控系统和德国 SINUMERIK 数控系统的编程指令、操作方法和微机自动编程软件 MASTERCAM 的使用方

法。针对职业教育的特点，还介绍了数控机床日常维护、维修、保养等方面的知识；以及以典型加工实例作为课题，将理论知识用于生产实习。

数控加工涉及的内容很广，也比较复杂。掌握数控机床编程与操作，不但要结合车、铣、钻、镗等普通加工工艺方面的知识，而且还要了解数控加工工艺的特点。在学习中，必须边学理论边训练，勤于思考，不断培养分析和解决问题的能力，才能收到比较满意的学习效果。

基 础 篇

第一章 国产数控铣床的编程与操作

数控铣床是一种用途广泛的机床，分有立式和卧式两种，一般数控铣床是指规格较小的升降台数控铣床，其工作台宽度多在 400 mm 以下，规格较大的数控铣床，例如工作台宽度在 500 mm 以上的，其功能已向加工中心靠近，进而演变成柔性加工单元。数控铣床多为三坐标、两坐标联动的机床，也称两轴半控制，即在 X、Y、Z 三个坐标轴，任意两轴都可以联动。一般情况下，在数控铣床上只能用来加工平面曲线的轮廓。对于有特殊要求的数控铣床，还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，这时机床的数控系统为四坐标的数控系统，可以用来加工螺旋槽、叶片等立体曲面零件。

§ 1—1 XK5040A 型数控铣床简介

图 1—1 为 XK5040A 型数控铣床的布局图，床身 6 固定在底座 1 上，用于安装和支撑机床各部件。操纵台 10 上有 CRT/MDI 操作面板和机床操作面板。纵向工作台 16、横向溜板 12 安装在升降台 15 上，通过纵向进给伺服电动机 13、横向进给伺服电动机 14 和垂直升降进给伺服电动机 4 的驱动，完成 X、Y、Z 坐标进给。强电柜 2 中装有机床电气部分的接触器、继电器等。变速器箱 3 安装在床身立柱的后面。数控柜 7 内装有机床数控系统。保护开关 8、11 可控制纵向行程硬限位；挡铁 9 为纵向参考点设定挡铁。主轴变速手柄和按钮板 5 用于手动调整主轴的正、反转、停止及切削液开停等。

一、数控铣床的结构特点

数控铣床在外观上与通用铣床有不少相似之处，但实际上数控铣床在结构上的内涵要复杂得多，与其他数控机床（如数控车床等）相比，数控铣床在结构上主要有以下两个特点：

1. 控制机床运动的坐标特点

为了要把工件上各种复杂的形状轮廓连续加工出来，必须控制刀具沿设定的直线、圆弧轨迹运动，这就要求数控铣床的伺服拖动系统能在多坐标方向同时协调动作，并保持预定的相互关系，也就是要求机床应能实现两轴以上的联动，该机床控制的坐标数是三坐标中任意两坐标联动。因此，数控铣床所配置的数控系统一般比其他数控机床（除加工中心）档次相应高一些。

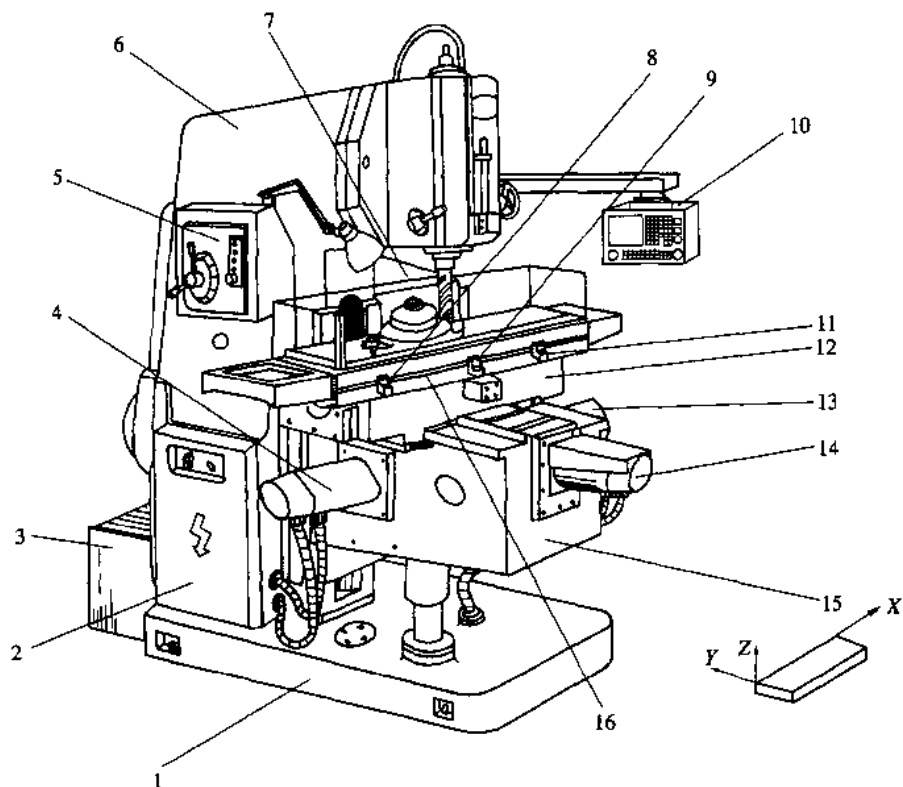


图 1—1 XK5040A 型数控铣床布局图

1—底座 2—强电柜 3—变速器箱 4—升降进给伺服电动机 5—按钮板
6—床身 7—数控柜 8、11—保护开关 9—挡铁 10—操纵台 12—横向溜板
13—纵向进给伺服电动机 14—横向进给伺服电动机 15—升降台 16—纵向工作台

2. 数控铣床的主轴特点

现代数控铣床的主轴开启与停止，主轴正反转与主轴变速等都可以按程序介质上编入的程序自动执行。在数控铣床的主轴套筒内设有自动拉、退刀装置，能在数秒钟内完成装刀、卸刀，使换刀显得较方便。

二、机床主要技术参数

工作台工作面积 (长×宽)	1 600 mm×400 mm
工作台最大纵向行程	900 mm
工作台最大横向行程	375 mm
工作台最大垂直行程	400 mm
工作台 T 形槽数	3
工作台 T 形槽宽	18 mm
工作台 T 形槽间距	100 mm
主轴孔锥度	7:24; 莫氏 50 [#]
主轴孔直径	27 mm
主轴套筒移动距离	70 mm

主轴端面到工作台面距离	50~450 mm
主轴中心线至床身垂直导轨距离	430 mm
工作台侧面至床身垂直导轨距离	30~405 mm
主轴转速范围	30~1 500 r/min
主轴转速级数	18
工作台进给量 纵向	10~1 500 mm/min
横向	10~1 500 mm/min
垂直	10~600 mm/min
主电动机功率	7.5 kW
伺服电动机额定转矩 X 向	18 N·m
Y 向	18 N·m
Z 向	35 N·m
机床外形尺寸 (长×宽×高)	2 495 mm×2 100 mm×2 170 mm

三、KND200M 数控系统的主要技术规格及功能

XK5040A 型数控铣床配置 KND200M 数控系统。KND200M 是北京凯恩帝数控技术公司针对中国国情开发生产的控制步进电机的经济型钻、镗、铣床及加工中心用数控系统。控制电路采用高速微处理器，超大规模定制式集成电路芯片，多层印刷电路板，从而极大地提高了系统的可靠性。在控制软件上，首次将全功能数控系统的机能引入步进电机控制系统中，并针对步进电机的特点增加了许多适合步进电机的机能，使其发挥最佳性能，从而使系统具有较高的性能价格比。

KND200M 数控系统的主要技术规格及功能如表 1—1 所示。

表 1—1 KND200M 数控系统主要技术规格及功能

序号	名 称	规 格
1	控制轴数	X、Y、Z 三轴
2	同时控制轴数	可同时控制三轴，手动操作仅一轴（本机床可同时控制两轴）
3	设定单位	最小设定单位 0.001 mm 0.000 1 in 最小移动单位 0.001 mm 0.000 1 in
4	最大指令值	±9 999.999 mm ±999.999 9 in
5	零件程序的输入	零件程序输入方式如下： (1) MDI 键盘输入 (2) KERNEL 通用编程器输入
6	零件程序存储容量	48KB
7	零件程序的编辑	用 MDI 面板操作，对程序进行下述编辑： (1) 字符的插入、修改、删除 (2) 程序段或到指定程序段以前的删除 (3) 程序的删除

续表

序号	名 称	规 格
8	小数点的输入	可以输入带小数点的数值,使用小数点的地址是 X、Y、Z、J、J、K、R、F、Q
9	零件程序的输出	把存储器中的程序输出到 KERNEL 编程 (PC) 机
10	快速进给速率	单轴快速进给速率由机床厂家设定 (参数 NO. 38~40), 最高可达 1 500 mm/min 或 600 in/min。
11	快速进给倍率	F ₀ 、25%、50%、100%四挡, 进给速度范围: 1~1 500 mm/min 或 0.01~600.00 in/min
12	进给速度	切削进给速度上限可用参数 (NO. 045) 设定
13	进给速度倍率	0~150% (每挡 10%)
14	自动加减速	在移动开始和移动结束或移动速度变化时自动地进行加减速, 能平稳地启动、停止和变速
15	绝对/增量值指令	通过 G 代码的变换, 可以进行绝对值和增量值输入 G90: 绝对值输入 G91: 增量值输入
16	坐标设定 (G92)	用 G92 后面的 X、Y、Z 轴指令设定坐标系, 其中 X、Y、Z 轴的指令值为现在刀具坐标值
17	点定位 (G00)	指令 G00, 各轴可以独立地进行快速进给, 在终点减速停止。
18	直线插补 (G01)	指令 G01, 可以用 F 代码指令的进给速度进行直线插补
19	圆弧插补 (G02、G03)	指令 G02 或 G03, 可以用 F 代码指定的进给速度进行 0°~360°的任意圆弧的插补, 用 R 指定圆弧半径。G02: 顺时针方向 G03: 逆时针方向
20	暂停 (G04)	利用 G04 指令, 可以暂停执行下一程序段的动作, 其暂停时间由指令值决定, 地址用 P 或 X
21	返回参考点	返回参考点的方式如下。 (1) 手动返回参考点 (2) 返回参考点校验 (G27) (3) 自动返回参考点 (G28) (4) 从参考点返回 (G29)
22	刀具半径补偿 (G39~G42)	用指令 G39~G42, 可以进行刀具半径补偿, 最多可以指令 32 个偏置量最大值为 ±999.999 mm (99 999.9 in), 偏置号用 H 代码指定
23	刀具长度补偿 (G43、G44、G40)	G43、G44 指令进行 Z 轴刀具位置偏置, 偏置号用 H 代码指定
24	固定循环 (G73、G74、G76、G80~G89)	有钻孔循环、精镗循环、攻螺纹循环、反攻螺纹循环等 12 种循环
25	辅助功能 (M××)	用地址 M 后两位数指令, 可以控制机床的开/关, 在同一个程序段中, M 代码只能指令一次
26	主轴功能 (S××××)	用地址 S 后的四位数值, 可以指令主轴速度
27	刀具功能 (T××)	用地址 T 后两位数指令, 指令刀具号选择
28	镜像 (对称)	根据设定的参数, 在自动运行时, 使 X、Y 轴的运动反向

续表

序号	名 称	规 格
29	空运行	在空运行状态, 进给速率为手动速度。快速进给指令 (G00) 不变, 快速进给倍率有效。根据参数设定, 对快速进给指令 (G00) 也可以有效
30	单程序段	使程序一个程序段一个程序段地执行
31	跳过任选程序段	把机床上跳过任选程序段开关置于“开”状态, 在程序执行中, 便可跳过“/”的程序段
32	机床锁住	除机床不移动外, 其他方面像机床在运动一样动作, 显示也如机床运动一样, 机床锁住功能即使在程序段中途也有效
33	进给保持	在各坐标上的进给可停止一段时间。按循环启动按钮后, 进给可以再开始。在进给开始前, 用手动状态可以手动操作
34	紧急停止	用紧急停操作, 全部指令功能停止发送, 机床立即停止
35	外部复位	可以从外部进行 NC 复位。利用复位全部指令被停止, 机床减速停止
36	外部电源开/关	从机床操作面板等 NC 装置外部, 进行电源的接通和切断
37	手动连续进给	(1) 手动进给时, 手动进给速度用旋转开关可以分为 16 挡。 (2) 手动快速进给时, 速度用参数设定。
38	增量进给	本系统可以进行下述步进量的定位: 0.001 mm, 0.01 mm, 0.1 mm (公制输入) 0.0001 in, 0.001 in, 0.01 in (英制输入)
39	程序号检索	利用 CRT/MDI 操作面板可以检索地址 O 后面位数的程序号
40	间隙补偿	用来补偿机床运动链中固有的刀具运动的空行程。补偿量在 0~127 的范围内, 每一个轴用的最小移动单位, 作为参数可以设定
41	环境条件	(1) 环境温度: 运转时 0~45°C; 保管、运输时, -20~-60°C (2) 温度变化: 最大 1.1°C/min (3) 湿度: 通常 <75% (相对湿度) 短时间最大 95%

§ 1—2 编 程 指 令

数控机床加工中的动作在加工程序中用指令的方式事先规定, 这些指令有准备功能 G 指令、辅助功能 M 指令、刀具功能 T 指令、主轴功能 S 指令和进给功能 F 指令等, 国际上广泛应用 ISO (国际标准组织) 制订的 G 代码和 M 代码标准。我国原机械部依据 ISO1056—1975 (E) 国际标准制订了 JB3208—83 部颁标准 (即《数字控制机床穿孔带程序段格式中的准备功能 G 和辅助功能 M 的代码》)。由于我国目前使用的数控机床的形式和数控系统的种类较多, 它们的指令代码定义还没有完全统一, 个别同一 G 指令或同一 M 指令含义不完全相同, 甚至完全不同。因此, 编程人员在编辑前必须对自己使用的数控系统的功能进行仔细研究, 以免发生错误。本章以 KND—200M 数控系统为例介绍数控铣床的编程指令。

一、准备功能 G 指令

准备功能又称 G 功能，它是建立机床或控制系统工作方式的一种命令，它由地址符 G 及其后的两位数字组成。

G 指令分为模态指令（又称续效指令）和非模态指令两种。所谓模态指令是指某一 G 指令（如 G01）一经指定就一直有效，直到后面程序段中使用同组 G 指令（如 G03）才能取代它。而非模态指令只在程序段中有效，下一段程序需要时必须重写（如 G04）。KND—200M 数控系统准备功能如表 1—2 所示。

表 1—2 KND—200M 数控系统准备功能

G 代码	组别	功 能	G 代码	组别	功 能
G00	01	点定位（快速移动）	*G49	08	刀具长度偏移注销
*G01		直线插补（切削进给）	G65	00	宏程序命令
G02		圆弧插补 CW（顺时针）	G73	09	钻深孔循环
G03		圆弧插补 CCW（逆时针）	G74		左旋攻螺纹循环
G04	00	暂停、准停	G76		精镗循环
G10		偏移值设定	*G80		固定循环注销
*G17	02	XY 平面选择	G81		钻孔循环（点钻循环）
G18		ZX 平面选择	G82		钻孔循环（镗阶梯孔）
G19		YZ 平面选择	G83		深孔钻循环
G20	06	英制数据输入	G84		攻螺纹循环
G21		公制数据输入	G85		镗孔循环
G27	00	返回参考点检查	G86		钻孔循环
G28		返回参考点	G87		反镗孔循环
G29		从参考点返回	G88		镗孔循环
G39		拐角偏移圆弧插补	G89		镗孔循环
*G40	07	刀具半径补偿注销	*G90	03	绝对值编程
G41		左侧刀具半径补偿	G91	00	增量值编程
G42		右侧刀具半径补偿	G92		坐标系设定
G43	08	正方向刀具长度偏移	G98	10	在固定循环中返回初始平面
G44		负方向刀具长度偏移	G99		返回到 R 点（在固定循环中）

注：①带有 * 记号的 G 代码，当电源接通时，系统处于这个 G 代码的状态。G20、G21 为电源切断前的状态；G00、G01 可以用参数设定来选择。

②00 组的 G 代码是非模态指令，是一次性 G 代码。

③如果使用了 G 代码一览表中未列出的 G 代码，则出现报警（NO. 010），或指令了不具有的选择功能的 G 代码，也报警。

④在同一个程序段中可以指令几个不同组的 G 代码，如果在同一个程序段中指令了两个以上的同组 G 代码时，最后一个 G 代码有效。

⑤在固定循环中，如果指令了 01 组的 G 代码，固定循环则自动被取消，变成 G80 状态。但是 01 组的 G 代码不受固定循环的 G 代码影响。

⑥G 代码分别用各组号表示。

1. 绝对尺寸和增量尺寸指令 G90、G91

绝对值尺寸指令 G90 表示程序段中的尺寸字为绝对坐标值,即机床运动位置的坐标值是以工件坐标系坐标原点(程序零点)为基准来计算。增量尺寸指令 G91 表示程序段中的尺寸字为增量坐标值,即机床运动位置的坐标值是以前一位置为基准计算,也就是相对于前一位置的增量,其正负可根据移动方向来判断,沿坐标轴正方向为正,沿坐标轴负方向移动为负。如图 1—2 所示,刀具由 A 点直线插补到 B 点,绝对尺寸编程时程序段为

G90 G01 X30.0 Y60.0 F100;

增量尺寸编程时程序段为

G91 G01 X-40.0 Y30.0 F100;

2. 工件坐标系设定指令 G92

当用绝对尺寸编程时,必须先建立一坐标系,用来确定绝对坐标原点(又称编程原点或程序原点),或者说要确定刀具起始点在坐标系中的坐标值,这个坐标系就是工件坐标系。

程序格式:

G92 X~ Y~ Z~

式中 X、Y、Z 尺寸字是指起刀点相对于程序原点的位置。

执行 G92 指令时,机床不动作,即 X、Y、Z 轴均不移动,但 CRT 显示器上的坐标值发生了变化。以图 1—3 为例,在加工工件前,用手动或自动的方式,令机床回到机床零点。此时,刀具中心对准机床零点(图 1—3a),CRT 显示各轴坐标均为 0。当机床执行 G92 X-10 Y-10 后,就建立了工件坐标系(图 1—3b)。刀具中心(或机床零点)应在工件坐标系的 X-10 Y-10 处,图中虚线代表的坐标系,即为工件坐标系。 O_1 为工件坐标系的原点, CRT 显示的坐标值为 X-10.000 Y-10.000,但刀具相对于机床的位置没有改变。在运行后面的程序时,凡是绝对尺寸指令中的坐标值均为点在 $X_1O_1Y_1$ 这个坐标系中的坐标值。

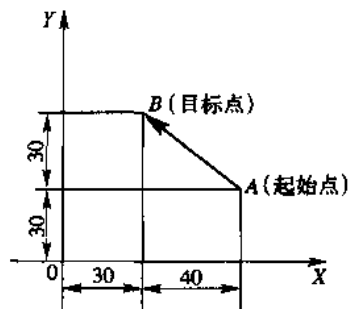


图 1—2 G90、G91 编程举例

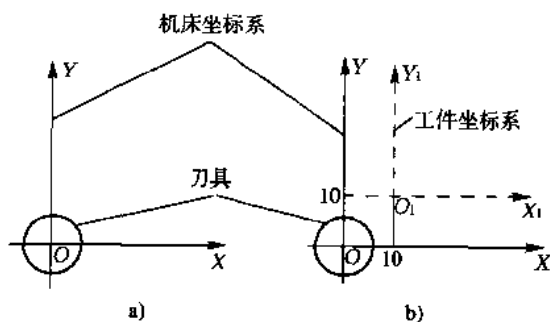


图 1—3 G92 建立工件坐标系

3. 坐标平面选择指令 G17、G18、G19

坐标平面选择指令是用来选择圆弧插补的平面和刀具补偿平面的。右手直角笛卡尔坐标系的三个互相垂直的轴 X、Y、Z,两两组合分别构成三个平面,即 XY 平面、XZ 平面和 YZ 平面。G17 表示在 XY 平面内加工;G18 表示在 XZ 平面内加工;G19 表示在 YZ 平面内加工,如图

1—4 所示。由于数控铣床多数时候在 XY 平面内加工,数控系统默认 G17 指令,故 G17 指令一般可省略。

4. 快速点定位指令 G00

G00 指令命令刀具以点位控制方式从刀具所在点快速移动到下一个目标位置。在机床上,G00 的具体速度用参数来控制,一经设定后不宜常作改变。三个坐标机床是这样执行 G00 指令的:从程序执行开始,加速到指定的速度,然后以此快速移动,最后减速到达终点。假定指定三个坐标的方向都有位移量,那么三个坐标的伺服电机同时按设定的速度驱动工作台移动,当某一轴向完成了位移时,该向的电机停止,余下的两轴继续移动。当有一轴向完成位移后,只剩下最后一个轴向移动,直至达到指令点。这种单向趋进方法,有利于提高定位精度。可见,G00 指令的运动轨迹一般不是一条直线,而是三条或两条直线的组合。如果忽略这一点,就容易发生碰撞。

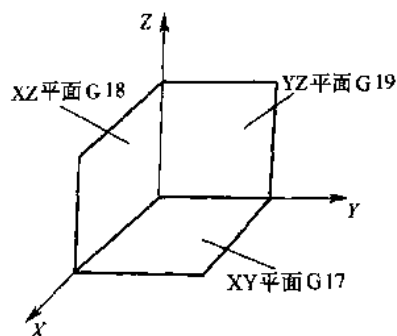


图 1—4 平面设定

程序格式:

G00 X~ Y~ Z~;

式中 X、Y、Z 表示目标位置的坐标值。

5. 直线插补指令 G01

G01 用于按指定速度进给的直线运动,可使机床沿 X、Y、Z 方向执行单轴运动,或在各坐标平面内执行任意斜率的直线运动,也可使机床三轴联动,沿指定的空间直线运动。

程序格式:

G01 X~ Y~ Z~ F~;

式中 X、Y、Z 为指定直线的终点坐标值。

G01 是模态指令,F 在本系统中是模态指令,G01 程序段中须含有 F 指令,如无 F 指令则认为进给速度为零。

6. 圆弧插补指令 G02、G03

G02 表示按指定速度进给的顺时针圆弧插补指令,G03 表示按指定速度进给的逆时针圆弧插补指令。顺圆、逆圆的判别方法是:沿着不在圆弧平面内的坐标轴由正方向向负方向看去,顺时针方向为 G02,逆时针方向为 G03,如图 1—5 所示。

程序格式:

在 XY 平面内的圆弧插补

G17 $\begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix}$ X~ Y~ $\begin{Bmatrix} I~ J~ \\ R~ \end{Bmatrix}$ F~;

在 XZ 平面内的圆弧插补

G18 $\begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix}$ X~ Z~ $\begin{Bmatrix} I~ K~ \\ R~ \end{Bmatrix}$ F~;

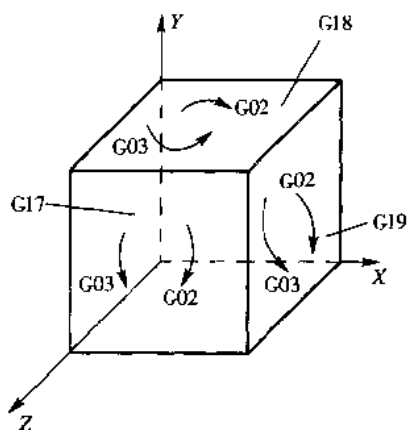


图 1—5 圆弧顺逆的区分

在 YZ 平面内的圆弧插补

G19 $\begin{Bmatrix} G02 \\ G03 \end{Bmatrix}$ Y~ Z~ $\begin{Bmatrix} J~ K~ \\ R~ \end{Bmatrix}$ F~;

式中 X、Y、Z 为圆弧终点坐标值，可以用绝对值，也可以用增量值，由 G90 或 G91 决定。在增量方式下，圆弧终点坐标是相对于圆弧起点的增量值。I、J、K 表示圆弧圆心的坐标，它是圆心相对于圆弧起点在 X、Y、Z 轴方向上的增量值，也可以看作圆心相对于圆弧起点为原点的坐标值，R 是圆弧半径，当圆弧所对应的圆心角为 $0^\circ \sim 180^\circ$ 时，R 取正值；当圆心角为 $180^\circ \sim 360^\circ$ 时，R 取负值。封闭圆（整圆）只能用 I、J、K 来编程。

如图 1—6 所示，设刀具从 A 开始沿 A→B→C 切削。

绝对值尺寸编程：

G92 X200.0 Y40.0 Z0;

G90 G03 X140.0 Y100.0 I-60.0 J0 (或 R60) F100;

G02 X120.0 Y60.0 I-50.0 J0 (或 R50);

增量值尺寸编程：

G91 G03 X-60.0 Y60.0 I-60.0 J0 (或 R60.0) F100;

G02 X-20.0 Y-40.0 I-50.0 J0 (或 R50.0);

图 1—7 为一封闭圆，现设起刀点在坐标原点 O。加工时从 O 快速移动至 A，逆时针加工整圆。

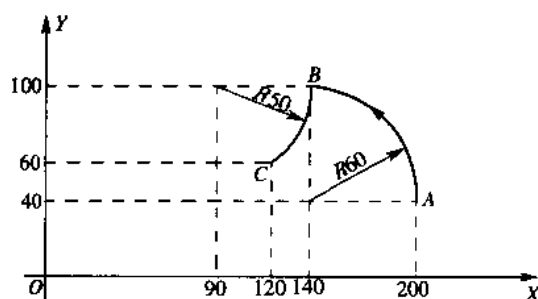


图 1—6 G02、G03 编程举例

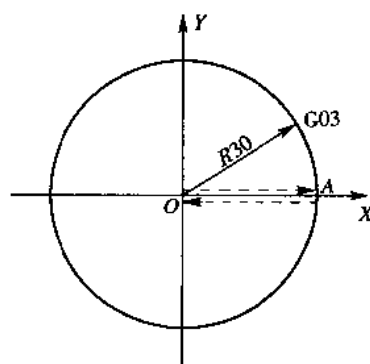


图 1—7 整圆编程

绝对值尺寸编程：

G92 X0 Y0 Z0;

G90 G00 X30.0 Y0;

G03 X30.0 Y0 I-30.0 J0 F100;

G00 X0 Y0;

增量值尺寸编程：

G91 G00 X30.0 Y0;

G03 X0 Y0 I-30.0 J0 F100;

G00 X-30.0;