

全国中等职业技术学校 数控加工专业教材

GUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI

数控机床编程与 Shukong 操作

(第二版)

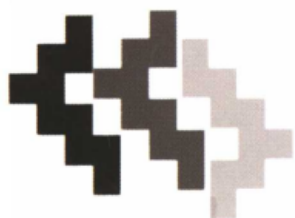
数控铣床 加工中心分册

中国劳动社会保障出版社



全国中等职业技术学校

数控加工专业教材



ShuKong

数控加工工艺学（第二版）

数控机床编程与操作（第二版 数控车床分册）

数控机床编程与操作（第二版 数控铣床 加工中心分册）

数控加工技术

责任编辑 / 宋 正

责任校对 / 孙艳萍

封面设计 / 刘林林

版式设计 / 朱 姝

ISBN 7-5045-2180-9



9 787504 521804 >

ISBN 7-5045-2180-9 定价：16.00 元

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

数控机床编程与操作

(第二版 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

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)/沈见峰主编. —2版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

ISBN 7-5045-2180-9

I. 数… II. 沈… III. ①数控机床-程序设计 ②数控机床: 铣床-程序设计
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 040962 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: 张梦欣

*

北京外文印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11 印张 271 千字

2005 年 7 月第 2 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

印数: 15000 册

定价: 16.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

全国中等职业技术学校数控加工专业教材自出版以来,为满足中等职业技术学校教学及相关职业培训发挥了重要作用,受到了广大师生的好评。但是,随着我国社会主义市场经济和现代加工技术的迅速发展,社会及企业对技能人才的知识与技能结构提出了更新、更高的要求,数控技术和设备也有了很大的进步。为适应培养 21 世纪技能人才的需要,满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学,我们根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《数控加工专业教学计划和教学大纲(2005)》,组织有关专家对原版教材进行了全面修订,修订后的教材包括:《数控加工工艺学(第二版)》《数控机床编程与操作(第二版 数控车床分册)》《数控机床编程与操作(第二版 数控铣床、加工中心分册)》《数控加工技术》,其中,前三种教材还配有习题册。

在本套教材的编写过程中,我们始终坚持了以下几个原则:

以学生就业为导向,以企业用人标准为依据。在专业知识的安排上,紧密联系培养目标的特征,坚持够用、实用的原则,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,同时,进一步加强技能训练的力度,特别是加强基本技能与核心技能的训练。

在考虑各地办学条件的前提下,力求反映机械行业发展的现状和趋势,尽可能多地引入新技术和新设备,使教材富有时代感。同时,采用最新的国家技术标准,使教材更加科学和规范。

遵从中等职业技术学校学生的认知规律，在结构安排和表达方式上，强调由浅入深，循序渐进，强调师生互动和学生自主学习，并通过大量生产中的案例和图文并茂的表现形式，使学生能够比较轻松地掌握所学内容。

教材在编写过程中，还参照了有关国家职业标准。

本套教材的编写工作得到了江苏、山东、陕西等省劳动和社会保障厅及有关学校的支持和帮助，对此我们表示衷心的感谢。

《数控机床编程与操作（第二版 数控铣床、加工中心分册）》主要内容有：数控铣床、加工中心编程基础，FANUC-0系统的编程与操作，SIEMENS系统的编程与操作，编程与加工实例。

《数控机床编程与操作（第二版 数控铣床、加工中心分册）》由沈建峰、朱勤惠编写，沈建峰主编；冯小平审稿。

劳动和社会保障部教材办公室

2005年6月

目 录

第一章 数控铣床、加工中心编程基础.....	(1)
第一节 数控铣床、加工中心概述.....	(1)
第二节 数控铣床、加工中心编程基础知识.....	(6)
第三节 数控铣床、加工中心刀具功能.....	(24)
第四节 子程序.....	(32)
第二章 FANUC - 0 系统的编程与操作.....	(44)
第一节 FANUC - 0 系统功能简介	(44)
第二节 数控铣床、加工中心的固定循环.....	(48)
第三节 数控铣床、加工中心的坐标变换指令.....	(55)
第四节 用户宏程序.....	(64)
第五节 数控铣床、加工中心的操作.....	(76)
第三章 SIEMENS 系统的编程与操作	(95)
第一节 SIEMENS - 840D/810D 系统功能简介	(95)
第二节 SIEMENS - 840D/810D 的固定循环	(98)
第三节 数控铣床、加工中心的坐标变换.....	(114)
第四节 参数编程与蓝图编程.....	(122)
第五节 数控铣床、加工中心的操作.....	(130)
第四章 编程与加工实例.....	(145)
第一节 轮廓铣削编程实例.....	(145)
第二节 固定循环编程实例.....	(154)
第三节 自动化编程加工实例.....	(165)

第一章

数控铣床、加工中心编程基础

第一节 数控铣床、加工中心概述

随着科学技术的飞速发展，产品的更新换代越来越快、生产批量越来越小、生产周期也变得越来越短，但是产品的精度却越来越高。为满足以上要求，数控机床在机械行业的使用已越来越普及，特别是数控铣床与加工中心更是在当今的各种机械制造、模具生产等行业企业中得到了广泛运用，学好数控方面的专业技术已成为当代机械类技术工人的必备条件。

一、数控铣床、加工中心及其编程特点

1. 数控铣床

(1) 数控铣床的定义

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。根据数控机床的用途进行分类，用于完成铣削加工的数控机床称为数控铣床。有的机床生产厂将以铣削加工为主，并辅以镗削加工的数控镗铣床简称为数控铣床。图 1—1—1 所示为 TK7650 型立式数控镗铣床。

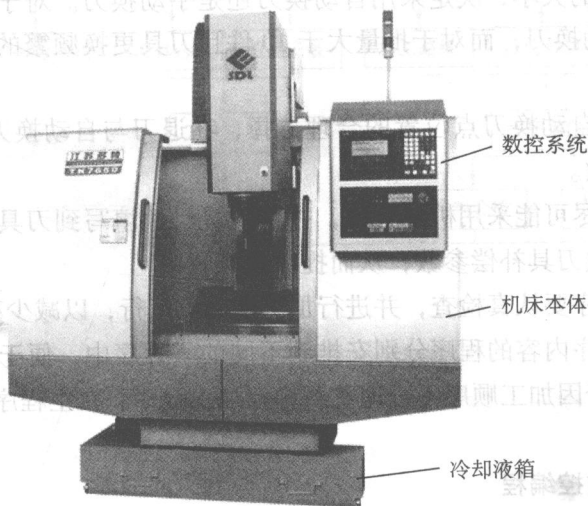


图 1—1—1 立式数控镗铣床

(2) 数控铣床编程特点

首先, 为了方便编程中的数值计算, 在数控铣床的编程中广泛采用刀具半径补偿来进行编程。其次, 为适应数控铣床的加工需要, 对于常见的镗孔、钻孔切削加工动作, 可以通过采用数控系统本身具备的固定循环功能来实现, 以简化编程。另外, 大多数的数控铣床都具备镜像加工、比例缩放等特殊编程指令以及极坐标编程指令, 以提高编程效率, 简化程序。

2. 加工中心 (Machine Center—MC)

(1) 加工中心的定义

加工中心是指带有刀库和自动刀具交换装置 (Automatic Tool Changer—ATC) 的数控机床 (带有回转刀架的数控车床除外)。图 1—1—2 所示为 TH5660C 型立式加工中心。

加工中心结合了数控铣床、数控镗床、数控钻床的优点, 通过刀具的自动交换, 可以在一次装夹中完成多工序的加工, 实现工序的集中与工艺的复合, 从而缩短辅助加工时间, 提高机床的加工效率; 减少零件安装、定位次数, 提高加工精度。加工中心是目前数控机床中产量最大、应用最为广泛的数控机床。



图 1—1—2 立式加工中心

(2) 加工中心的编程要求

根据加工中心的特点, 加工中心的编程有如下特殊要求:

1) 由于用于加工中心加工零件的工序较多, 使用的刀具种类复杂, 而一次装夹往往要完成粗加工、半精加工、精加工等所有工序, 所以在加工中心编程前要进行合理的工艺分析, 周密安排各工序的加工顺序, 以提高加工效率与加工精度。

2) 根据加工批量的大小, 决定采用自动换刀还是手动换刀。对于单件或很小批量的工件加工, 一般采用手动换刀, 而对于批量大于 10 件且刀具更换频繁的工件加工, 一般采用自动换刀。

3) 程序中要注意自动换刀点位置的合理选择, 在退刀与自动换刀过程中要避免刀具、工件、夹具的碰撞事故。

4) 在对刀过程中尽可能采用机外对刀, 并将测量尺寸填写到刀具卡片上, 以便操作者在运行程序前及时修改刀具补偿参数, 从而提高机床效率。

5) 对于编好的程序要认真检查, 并进行加工前的试运行, 以减少程序的出错率。

6) 尽量将不同工序内容的程序分别安排到不同的子程序中, 便于对每一独立的工序进行单独的调试, 也便于因加工顺序不合理重新调整加工程序。在主程序中主要完成换刀及子程序的调用。

二、数控加工与数控编程

1. 数控加工的定义

数控加工是指在数控机床上自动加工零件的一种工艺方法。数控加工的实质就是数控机

床按照事先编制好的加工程序，自动地对被加工零件进行加工。

2. 数控加工的内容

一般来说，数控加工流程如图 1—1—3 所示，主要包括以下几方面的内容。

(1) 分析图样，确定加工方案 对所加工的零件进行技术要求分析，选择合适的加工方式，再根据需要的加工方式，选择合适的数控加工机床。

(2) 工件的定位与装夹 根据零件的加工要求，选择合理的定位基准，并根据零件批量、精度、加工成本选择合适的夹具，完成工件的装夹与工件在夹具中的找正。

(3) 刀具的选择与安装 根据零件的加工工艺性与结构工艺性，选择合适的刀具材料与刀具种类，完成刀具在机床中的安装与对刀，并将对刀所得参数在数控系统中进行正确的设定。

(4) 编制数控加工程序 根据零件的加工要求，对零件进行正确的编程，并将这些程序通过控制介质或手动方式输入机床数控系统。

(5) 试切削、试运行并校验数控加工程序 对所输入的程序进行试运行，并进行首件的试切削。试切削一方面用来校验所编制的数控程序，另一方面用来校验工件的加工精度。

(6) 数控加工 当程序正确无误后，便可进入数控加工阶段。

(7) 工件验收和质量误差分析 工件入库前，先进行工件的检验，并进行质量分析，分析误差产生的原因，找出纠正误差的方法。

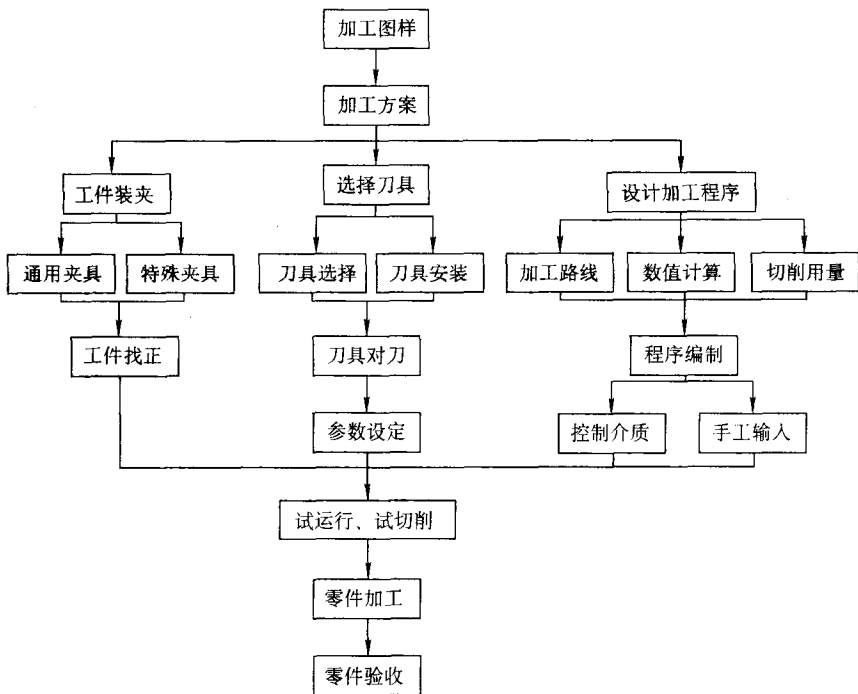


图 1—1—3 数控加工流程图

3. 数控编程的定义

为了使数控机床能根据零件加工的要求进行动作,必须将这些要求以机床数控系统能识别的指令形式告知数控系统,这种数控系统可以识别的指令称为程序,制作程序的过程称为数控编程。

数控编程的过程不仅仅指编写数控加工指令代码的过程,它还包括从零件分析到编写加工指令代码,再到制成控制介质以及程序校核的全过程。在编程前首先要进行零件的加工工艺分析,确定加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(切削速度、进给量、背吃刀量)以及各项辅助功能(换刀、主轴正反转、切削液开关等);接着根据数控机床规定的指令代码及程序格式编写加工程序单;再把这一程序单中的内容记录在控制介质上(如软盘、移动存储器、硬盘等),检查正确无误后采用手工输入方式或计算机传输方式输入数控机床的数控装置中,从而指挥机床加工零件。

4. 数控编程的内容与步骤

数控编程步骤如图 1—1—4 所示,主要有以下几个方面的内容:

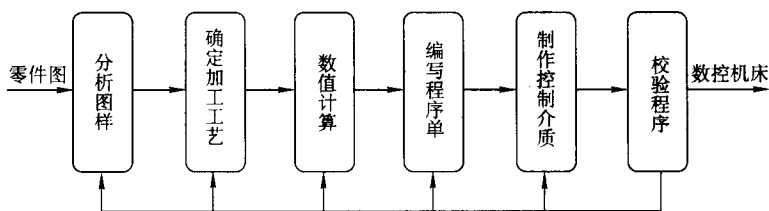


图 1—1—4 数控编程步骤

(1) 分析图样 包括零件轮廓分析,零件尺寸精度、形位精度、表面粗糙度、技术要求的分析,零件材料、热处理等要求的分析。

(2) 确定加工工艺 包括选择加工方案,确定加工路线,选择定位与夹紧方式,选择刀具,选择各项切削参数,选择对刀点、换刀点。

(3) 数值计算 选择编程原点,对零件图形各基点进行正确的数学计算,为编写程序单做好准备。

(4) 编写程序单 根据数控机床规定的指令代码及程序格式编写加工程序单。

(5) 制作控制介质 简单的数控程序直接采用手工输入机床,当程序自动输入机床时,必须制作控制介质。现在大多数程序采用软盘、移动存储器、硬盘作为存储介质,采用计算机传输来输入机床。目前,除了少数老式的数控机床仍在采用穿孔纸带外,现代数控机床均不再采用此种控制介质了。

(6) 程序校验 程序必须经过校验正确后才能使用。一般采用机床空运行的方式进行校验,有图形显示卡的机床可直接在 CRT 显示屏上进行校验,现在有很多学校还采用计算机数控模拟进行校验。以上方式只能进行数控程序、机床动作的校验,如果要校验加工精度,则要进行首件试切校验。

三、数控编程的分类

数控编程可分为手工编程和自动编程两种。

1. 手工编程

手工编程是指所有编制加工程序的全过程,即图样分析、工艺处理、数值计算、编写程序单、制作控制介质、程序校验都是由手工来完成。

手工编程不需要计算机、编程器、编程软件等辅助设备,只需要有合格的编程人员即可完成。手工编程具有编程快速及时的优点,其缺点是不能进行复杂曲面的编程。手工编程比较适合批量较大、形状简单、计算方便、轮廓由直线或圆弧组成的零件的加工。对于形状复杂的零件,特别是具有非圆曲线、列表曲线及曲面的零件,采用手工编程则比较困难,最好采用自动编程的方法进行编程。

2. 自动编程

自动编程是指用计算机编制数控加工程序的过程。

自动编程的优点是效率高,程序正确性好。自动编程由计算机代替人完成复杂的坐标计算和书写程序单的工作,它可以解决许多手工编制无法完成的复杂零件编程难题,但其缺点是必须具备自动编程系统或编程软件。自动编程较适合形状复杂零件的加工程序编制,如:模具加工、多轴联动加工等场合。

实现自动编程的方法主要有语言式自动编程和图形交互式自动编程两种。前者通过高级语言的形式表示出全部加工内容;计算机运行时采用批处理方式,一次性处理、输出加工程序。后者是采用人机对话的处理方式,利用 CAD/CAM 功能生成加工程序。

CAD/CAM 软件编程加工过程为:图样分析、零件分析、三维造型、生成加工刀具轨迹、后置处理生成加工程序、程序校验、程序传输并进行加工。

四、常用 CAD/CAM 软件介绍

1. UG (Unigraphics)

UG 起源于麦道飞机制造公司,是由 EDS 公司开发的集成化 CAD/CAE/CAM 系统,是当前国际、国内最为流行的工业设计平台。其庞大的模块群为企业提供了从产品设计、产品分析、加工装配、检验,到过程管理、虚拟动作等全系列的支持,其主要模块有数控造型、数控加工、产品装配等通用模块和计算机辅助工业设计、钣金设计加工、模具设计加工、管路设计布局等专用模块。该软件的容量较大,对计算机的硬件配置要求也较高,所以早期版本在我国使用不很广泛,但随着计算机配置的不断升级,该软件在国际、国内的 CAD/CAE/CAM 市场上已占有了很大的份额。

2. Pro/Engineer

Pro/Engineer 是由美国 PTC (参数科技公司)于 1989 年开发的,它开创了三维 CAD/CAM 参数化的先河,采用单一数据库的设计,是基于特征、全参数、全相关性的 CAD/CAE/CAM 系统。它包含零件造型、产品装配、数控加工、模具开发、钣金件设计、外形设计、逆向工程、机构模拟、应力分析等功能模块,因而广泛应用于机械、汽车、模具、工业设计、航天、家电、玩具等行业,在国内外尤其是制造业发达的地区有着庞大的用户群。

3. CATIA

CATIA 由法国达索飞机制造公司开发,最早用于航空业的大型 CAD/CAE/CAM 软件,目前 60% 以上的航空业和汽车工业都使用该软件。该软件是最早实现曲面造型的软件,它开创了三维设计的新时代,首次实现了通过计算机完整地描述产品零件的主要信息,使 CAM

技术的开发有了现实的基础。目前 CATIA 系统已发展成为具有产品设计、产品分析、数控加工、加工装配、检验,以及过程管理、虚拟动作等众多功能的大型软件。

4. SolidWorks

SolidWorks 是一个在微机平台上运行的通用设计的 CAD 软件,它具有高效方便的计算机辅助设计功能。该软件主要功能有产品的设计、产品造型、产品装配、钣金设计、焊接及工程图等,除此之外,它还具有极强的图形格式转换功能,几乎所有的 CAD/CAE/CAM 软件都可以与 SolidWorks 软件进行数据转换,美中不足的是其数控加工功能不够强大而且操作也比较烦琐,所以该软件常作为数控自动化编程中的造型软件,再将造型完成的三维实体通过数据转换到 UG、Mastercam、Cimatron 软件中进行自动化编程。

5. Mastercam

Mastercam 是由美国 CNC Software 公司推出的基于 PC 平台,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功能于一身的 CAD/CAM 软件,该软件尤其对于复杂曲面的生成与加工具有独到的优势,但其对零件的设计、模具的设计功能不强。由于该软件对运行环境要求较低、操作灵活易掌握、价格便宜,所以受到我国中小数控企业的欢迎。

6. Cimatron

Cimatron 系统是源于以色列为了设计开发喷气式战斗机所发展出来的软件。它是由以色列的 Cimatron 公司提供的一套集成 CAD/CAE/CAM 的专业软件,它具有模具设计、三维造型、生成工程图、数控加工等功能。该软件在我国得到了广泛的使用,特别是在数控加工方面更是占有很大的比重。

7. CAXA 制造工程师

CAXA 制造工程师是我国北航海尔软件有限公司研制开发的全中文、面向数控铣床与加工中心的三维 CAD/CAM 软件,它既具有线框造型、曲面造型和实体造型的设计功能,又具有生成二至五轴的加工代码的数控加工功能,可用于加工具有复杂三维曲面的零件。由于该软件是我国自行研制的数控软件,采用了全中文的操作界面,学习与操作都很方便,而且价格也较低,所以该软件近几年在国内得到了较大程度的推广。另外,CAXA 系列软件中的“CAXA 线切割”也是一种方便实用的线切割自动编程软件。

第二节 数控铣床、加工中心编程基础知识

一、程序的结构与格式

每一种数控系统,根据系统本身的特点与编程的需要,都有一定的程序格式。对于不同的机床,其程序格式也不同,因此,编程人员必须严格按照机床说明书的格式进行编程。但程序的常规格式却是相同的。

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三部分组成,如下所示:

00001		程序号
N10	G90 G94 G17 G40 G80;	程序内容
N20	G91 G28 Z0 T01;	
N30	M06;	
N40	G90 G54 G00 X0 Y30.0;	
N50	M03 S800;	
...		
N200	G91 G28 Z0;	
N210	M05;	
N220	M30;	程序结束

(1) 程序号

每一个存储在零件存储器中的程序都需要指定一个程序号来加以区别，这种用于区别零件加工程序的代号称为程序号。程序号是加工程序的识别标记，因此同一机床中的程序号不能重复。

程序号写在程序的最前面，必须单独占用一行。

FANUC 系统程序号的书写格式为 $O \times \times \times \times$ ，其中 O 为地址，其后为四位数字，数值从 00000 到 09999，在书写时其数字前的零可以省略不写。如 00020 可写成 O20。另外，需要注意的是，00000 及 08000 以后的程序号，有时在数控系统中有特殊的用途，因此在普通数控加工程序中应尽量避免使用。

SIEMENS 系统中，程序号用字符“%”代替“O”，有时还可以直接用英文字母开头的多字符程序名（如 AAA1 等）来代替程序号。

(2) 程序内容

程序内容是整个程序的核心，它由许多程序段组成，每个程序段由一个或多个指令构成，它表示数控机床的全部动作。

在数控铣床与加工中心的程序中，子程序的调用也作为主程序内容的一部分，主程序中只完成换刀、调转速、工件定位等动作，其余加工动作都由子程序来完成。

(3) 程序结束

程序结束通过 M 代码来实现，它必须写在程序的最后。

可以作为程序结束标记的 M 代码有 M02 和 M30，它们代表零件加工主程序的结束。为了保证最后程序段的正常执行，通常要求 M02（M30）也必须单独占一行。

此外，子程序结束有专用的结束标记，FANUC 系统中用 M99 来表示子程序结束后返回主程序。而在 SIEMENS 系统中则通常用 M17 或字符 RET 作为子程序的结束标记。

2. 程序段的组成

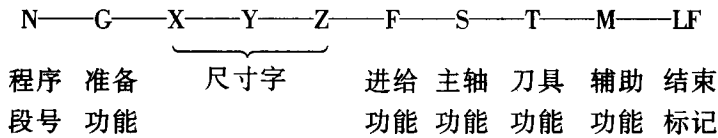
(1) 程序段基本格式

程序段是程序的基本组成部分，每个程序段由若干个数据字构成，而数据字又由表示地址的英文字母、特殊文字和数字构成。如 X30、G90 等。

程序段格式是指一个程序段中字、字符、数据的排列、书写方式和顺序。通常情况下，程序段格式有字—地址程序段格式、使用分隔符的程序段格式、固定程序段格式三种。后面两种程序段格式除在线切割机床中的 3B 或 4B 代码中还能见到外，已很少使用了，所以下面

主要介绍字 - 地址程序段格式。

字 - 地址程序段格式如下：



N50 G01 X30.0 Y30.0 Z30.0 F100 S800 T01 M03;

(2) 程序段号与程序段结束

程序段由程序段号 N × × 开头，以程序段结束标记 CR (或 LF) 结束，实际使用时，常用符号 “;” 或 “*” 表示 CR (或 LF)。程序段的中间部分是程序段的内容，主要包括准备功能字、尺寸功能字、进给功能字、主轴功能字、刀具功能字、辅助功能字等，但并不是所有程序段都必须包含所有功能字，有时一个程序段内可仅包含其中一个或几个功能字，如下列程序段都是正确的程序段。

N10 G01 X100.0 F100;

N10 M05;

N × × 为程序段号，由地址 N 和后面的若干位数字表示。在大部分系统中，程序段号仅作为“跳转”或“程序检索”的目标位置指示。因此，它的大小及次序可以颠倒，也可以省略。程序段在存储器内以输入的先后顺序排列，而程序的执行是严格按信息在存储器内的先后顺序一段一段地执行，也就是说执行的先后次序与程序段号无关。但是，当程序段号省略时，该程序段将不能作为“跳转”或“程序检索”的目标程序段。

程序段号也可以由数控系统自动生成，程序段号的递增量可以通过“机床参数”进行设置，一般可设定增量值为 10。

(3) 程序的斜杠跳跃

有时，在程序段的前面有 “/” 符号，该符号称为斜杠跳跃符号，该程序段称为可跳跃程序段。如下列程序段：

/N10 G00 X100.0;

这样的程序段，可以由操作者对程序段和执行情况进行控制。若操作机床使系统的“跳过程序段”信号生效，程序执行时将跳过这些程序段；若“跳过程序段”信号无效，程序段照常执行，该程序段和不加 “/” 符号的程序段相同。

(4) 程序段注释

为了方便检查、阅读数控程序，在许多数控系统中允许对程序进行注释，注释可以作为对操作者的提示显示在屏幕上，但注释对机床动作没有丝毫影响。程序的注释应放在程序的最后，并用 “()” 括起来，不允许将注释插在地址和数字之间。如下程序段所示：

O0000; (PROGRAM NAME - M1)

G21 G17 G40 G49 G80 G90;

T1 M6; (16.0 FLAT ENDMILL TOOL)

...

二、数控铣床的坐标系

1. 机床坐标系

(1) 机床坐标系概述

在数控机床上加工零件，机床的动作是由数控系统发出的指令来控制的。为了确定机床的运动方向和移动距离，就要在机床上建立一个坐标系，这个坐标系就叫机床坐标系，也叫标准坐标系。在数控机床显示屏上常见的“机械坐标”就是指机床坐标系的坐标值。

(2) 机床坐标系中的规定

数控铣床的加工动作主要分刀具的动作和工件的动作两部分，因此，在确定机床坐标系的方向时规定：永远假定刀具相对于静止的工件运动。

对于机床坐标系的方向，均将增大工件和刀具间距离的方向确定为正方向。

数控机床的坐标系采用右手定则的笛卡尔坐标系。如图 1—2—1 所示，左图中大拇指的方向为 X 轴的正方向，食指指向 Y 轴的正方向，中指指向 Z 轴的正方向，而右图则规定了转动轴 A、B、C 轴的转动正方向。

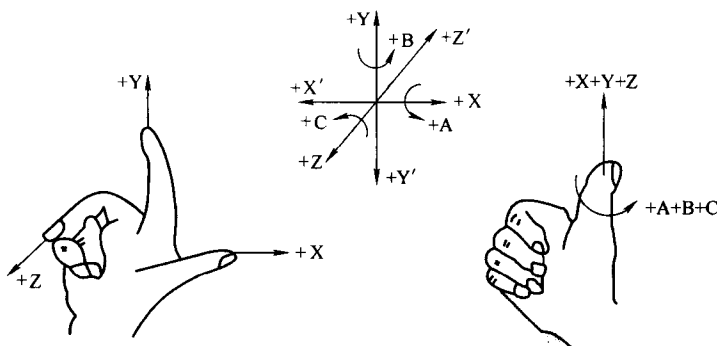


图 1—2—1 右手笛卡尔坐标系

(3) 机床坐标系的方向

1) Z 坐标方向

Z 坐标的运动由传递切削力的主轴所决定，与主轴轴线平行的坐标轴即为 Z 轴。根据坐标系正方向的确定原则，在钻、镗、铣加工中，钻入或镗入工件的方向为 Z 轴的负方向。

2) X 坐标方向

X 坐标一般为水平方向，它垂直于 Z 轴且平行于工件的装夹。对于立式铣床（Z 轴垂直），人站在工作台前，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—2—2 所示。对于卧式铣床（Z 轴水平），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—2—3 所示。

3) Y 坐标方向

Y 坐标垂直于 X、Z 坐标轴，根据右手笛卡尔坐标系来进行判别。由此可见，确定坐标系各坐标轴时，总是先根据主轴来确定 Z 轴，再确定 X 轴，最后确定 Y 轴。

4) 旋转轴方向

旋转运动 A、B、C 相对应表示其轴线平行于 X、Y、Z 坐标轴的旋转运动。A、B、C 正方向，相应地表示在 X、Y、Z 坐标正方向上按照右旋旋进的方向。

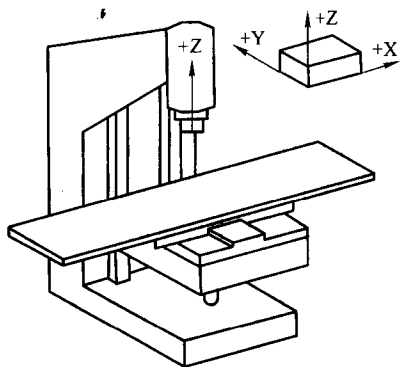


图 1—2—2 立式升降台铣床

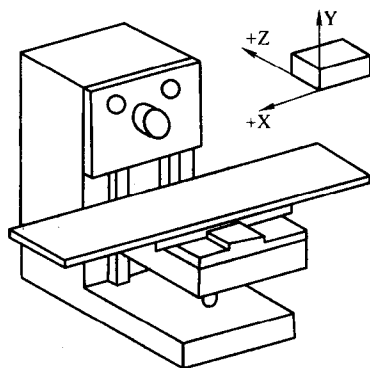


图 1—2—3 卧式升降台铣床

对于工件运动而不是刀具运动的机床，编程人员在编程过程中也按照刀具相对于工件的运动来进行编程。

2. 机床原点、机床参考点

(1) 机床原点

机床原点（亦称为机床零点）是机床上设置的一个固定的点，即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已调整好，一般情况下不允许用户进行更改。

机床原点是数控机床进行加工运动的基准参考点，该点一般设在刀具远离工件的极限点处，即坐标正方向的极限点处，并由机械挡块来确定其具体的位置，也就是说该点确定了机床运动的极限位置。

(2) 机床参考点

对于大多数数控机床，开机第一步总是先使机床返回参考点（即所谓的机床回零）。开机回参考点的目的是为了建立机床坐标系，该坐标系一经建立，只要机床不断电，将永远保持不变，且不能通过编程来对它进行改变。

机床参考点是数控机床上一个特殊位置的点，该点一般位于靠近机床零点的位置，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零点重合，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。

机床除设立参考点外，还可用参数来设定第 2、3、4 参考点，设立这些点的目的是为了建立一个固定的位置，在该位置处数控机床执行诸如换刀等一些特殊的动作。

机床参考点与机床零点的关系如图 1—2—4 及表 1—2—1 所示，机床参考点必定处在数控机床的行程范围内。

3. 工件坐标系

(1) 工件坐标系

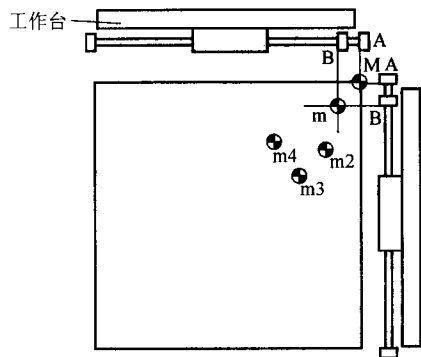


图 1—2—4 机床零点与参考点

A—极限位置 B—参考点位置

M—机床零点 m—参考点

m2—第 2 参考点 m3—第 3 参考点

m4—第 4 参考点