

中等职业学校机械系列教材
中等职业教育新形态一体化教材

数控铣床 加工与编程（华中）

主 编 单忠生 何 花
副主编 苏瑞双 袁玉琼



西北工业大学出版社
西 安

【内容简介】 本书以理论知识学习为基础,以实践技能培养为重点,主要介绍华中数控铣床加工与编程的相关知识和技能。本书共六章,包括数控铣床概述、华中世纪星 HNC-21M 数控铣床的操作常识、数控铣削加工工艺、华中世纪星 HNC-21M 数控铣床基本零件的编程与加工、华中世纪星 HNC-21M 数控铣床特殊零件的编程与加工、宏程序编程等。

本书既可供中等职业学校数控专业教学使用,也可作为相关专业技术人员和管理人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床加工与编程 : 华中/单忠生,何花主编
—西安:西北工业大学出版社,2023.8
ISBN 978-7-5612-8924-2

I. ①数… II. ①单… ②何… III. ①数控机床-铣床-加工 ②数控机床-铣床-程序设计 IV. ①TG547

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 151342 号

SHUKONG XICHUANG JIAGONG YU BIANCHENG (HUAZHONG)

数 控 铣 床 加 工 与 编 程 (华 中)

单忠生 何花 主编

责任编辑:朱晓娟

装帧设计:张瑞阳

责任校对:张友

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88491757, 88493844

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:11.75

字 数:211千字

版 次:2023年8月第1版 2023年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5612-8924-2

定 价:36.00元

如有印装问题请与出版社联系调换



前言

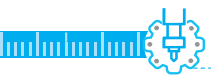
Preface

党的二十大报告指出,我国要“建设现代化产业体系,坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国”。随着制造业的高质量发展,我国正在由制造大国向制造强国迈进,市场对数控人才的需求量越来越大,要求越来越高。因此中等职业学校应不断加强对数控专业学生的专业素质的培养,要求学生不仅具有良好的职业道德,还应掌握数控机床的各种加工操作及编程方法。

数控铣床加工与编程是中等职业学校数控专业必修的一门核心课程,是在对装备制造业数控铣削加工企业岗位进行整体调研与分析的基础上,以培养数控铣床手工编程和操作加工能力为主的课程,是集数控铣削加工工艺、编程、数控铣床操作、工件加工和质量检测于一体的课程。学生学完本课程应具有制定中等复杂程度零件的数控铣削加工工艺、编写程序、操作数控铣床进行加工和实施产品检测的能力,达到国家职业标准规定的数控铣工中级水平,能满足数控铣床操作员工作岗位的基本能力要求。

编者拥有多年的实践和教学经验,编写时参阅了大量相关资料,力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,重点突出数控铣床操作技能。本书的理论知识以“必需、够用”为度,具有较强的针对性。

本书以华中世纪星数控系统为主,内容设计逻辑严谨、梯度明晰,



文字表述规范、准确、流畅,图文并茂,形式新颖,特别是在基本操作和指令讲解部分配备了相关视频。书中的课题均来自教学实践,突出实训与生产实践相结合的特点,以能生产出合格的产品为标准,具有较强的实用性和可操作性。

本书由河北省玉田县职业技术教育中心单忠生、何花任主编并统稿,河北省玉田县职业技术教育中心苏瑞双、袁玉琼任副主编,河北省玉田县职业技术教育中心王维尊、桂振宇、孙永波、梁立红参与编写。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

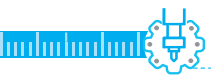
编者
2023年4月



目 录

Contents

第一章 数控铣床概述	1
第一节 数控加工技术	1
第二节 数控铣床基础知识	3
第三节 数控铣削编程基础	6
第四节 数控铣床常用编程指令	12
第二章 华中世纪星 HNC-21M 数控铣床的操作常识	20
第一节 数控铣床安全文明生产与日常维护	20
第二节 数控铣床的基本操作	25
第三节 常用的数控铣床对刀方法	37
第四节 数控铣床程序的编辑、管理与运行	41
第三章 数控铣削加工工艺	48
第一节 数控铣削加工工艺分析	48
第二节 零件的加工工艺设计	52
第三节 数控铣床零件安装及刀具、切削用量的选择	63
第四章 华中世纪星 HNC-21M 数控铣床基本零件的编程与加工	79
第一节 平面图形铣削加工	79
第二节 轮廓铣削加工	88
第三节 孔类零件的加工	109



第五章 华中世纪星 HNC-21M 数控铣床特殊零件的编程与加工	124
第一节 简化程序编程指令的应用	124
第二节 薄壁零件的加工	140
第三节 翻转类零件的加工	146
第六章 宏程序编程	163
第一节 宏程序编程基础知识	163
第二节 宏程序编程实例	170
参考文献	181



第 一 章

数控铣床概述



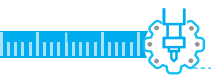
第一节

数控加工技术

随着科学技术和社会生产的快速发展,人们对机械产品的质量和生产效率的要求也越来越高。特别是在船舶、航空航天、国防军工、重型机械以及电子等工业中,其加工批量小、零件形状复杂、改型频繁、精度要求高、加工困难、生产效率低、劳动强度大和质量难以保证的生产特点,已经不能靠传统的加工设备和制造方法来适应这种柔性化程度很高的加工要求。为了解决上述问题,一种灵活、通用、高精度、高效率、机械加工工艺过程自动化的“柔性”生产设备——数控机床应运而生,成为工业生产中主要的加工设备,并逐步取代普通机床成为机械加工行业的主流设备。

一、数控加工的概念

在普通机床上加工零件时,用工艺规程或工艺卡来规定每道工序的操作程序和切削用量,操作者按工艺卡上规定的“程序”手动加工零件。数控加工不需要动手去进行直接操作,而是严格按照一套特殊的命令(简称指令),经机床数控系统处理后,使机床自动完成零件加工。因此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指令,自动地对被加工零件进行加工。编制数控加工程序是数控机床使用中



最重要的环节之一。

二、数控加工的步骤

一般情况下,数控加工的步骤如图 1-1 所示。

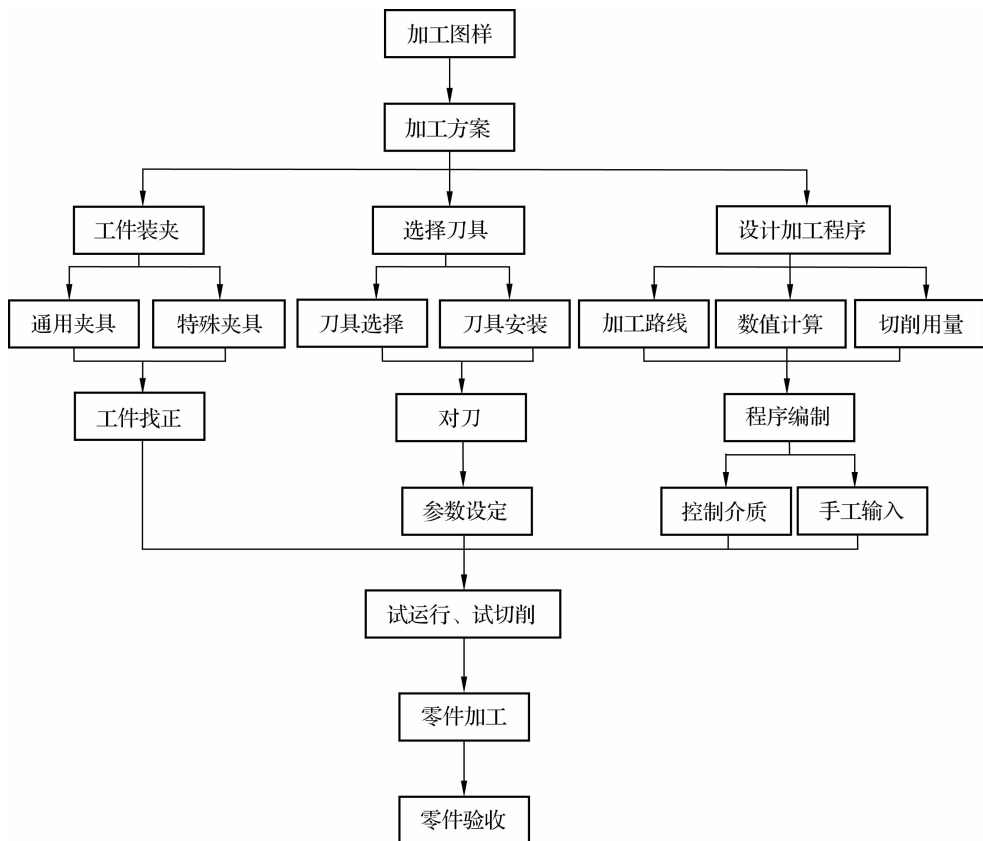


图 1-1 数控加工的步骤

数控加工的步骤主要包括以下几方面内容。

1. 分析图样,明确加工内容

对所要加工的零件进行技术要求分析,选择合适的加工方式和走刀路线,确定切削用量等工艺参数。

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,正确编辑零件程序,并将这些程序通过控制介质或手工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首件试切削,一方面用来校验所编制的数控程序是否正确,另一方面用来校验工件的加工精度,以便进行修改。

6. 零件加工

在程序正确无误后,便可进入数控加工阶段。

7. 零件验收和质量误差分析

零件入库前,先进行零件的检验,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。



第二节

数控铣床基础知识

一、数控铣床的定义

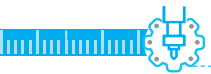
铣削是铣刀旋转做主运动,工件或铣刀做进给运动的切削加工方法。数控铣削是一种应用非常广泛的数控切削加工方法。用于完成数控铣削加工的数控机床称为数控铣床。有的机床生产厂将以铣削加工为主,并辅以镗削加工的数控镗铣床简称为数控铣床。

二、数控铣床的加工范围

数控铣床可加工各种平面轮廓和曲面轮廓的零件,如凸轮、模具、叶片、螺旋桨等。此外,数控铣床也可进行钻、扩、铰、攻螺纹、镗孔等加工。数控铣床加工的零件如图 1-2 所示。



图 1-2 数控铣床加工的零件



三、数控铣床的加工特点

(1)加工精度高。目前,数控装置的脉冲当量一般为 0.001 mm,高精度的数控系统的脉冲当量可达到 0.1 μm ,基本上能保证工件精度。同时,数控铣削还能避免操作人员的操作误差,提高产品的质量。

(2)多刃切削。铣刀同时有多个刀齿参加切削,生产率较高。

(3)可选用不同的铣削方式。数控铣削主要有顺铣和逆铣两种方式,如图 1-3 所示。当工件表面无硬皮、机床进给机构无间隙、铣削不易夹牢或薄而长的工件时,采用顺铣可使加工表面质量好,刀齿磨损小,可以将铣刀耐用度提高 2~3 倍;反之,则采用逆铣。逆铣时刀齿是从已加工表面切入的,不会崩刃,机床进给机构也不会发生窜动现象,铣削较平稳。当铣削阶梯及铣削深度较大时,建议采用逆铣。

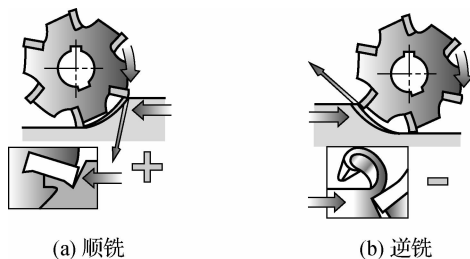


图 1-3 顺、逆铣

(4)断续切削。铣削时,刀齿依次切入和切出工件,易引起周期性的冲击振动。

(5)半封闭切削。铣削的刀齿多,使每个刀齿的容屑空间小,呈半封闭状态,容屑和排屑条件差。

四、数控铣床的结构

华中世纪星 HNC-21M 数控铣床的基本结构如图 1-4 所示,主要包括工作台、主轴箱、伺服系统、电气柜、数控装置、行程开关、机床本体等部分。其中数控装置是数控铣床的核心。

1. 工作台

工作台主要用于放置相关的夹具、工件及实现 X 轴和 Y 轴的进给运动。

2. 主轴箱

主轴箱主要用于实现铣刀旋转的主运动及 Z 轴的进给运动。

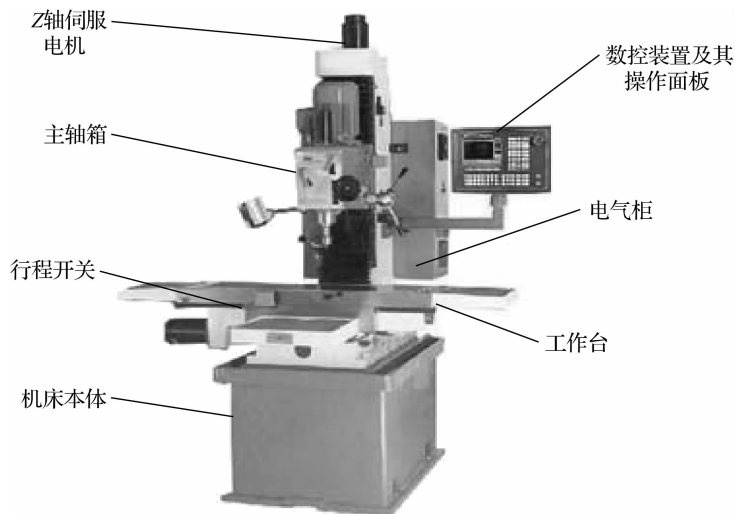


图 1-4 华中世纪星 HNC-21M 数控铣床的基本结构

3. 伺服系统

伺服系统由伺服电机和伺服驱动装置组成,用于接收来自数控装置的指令信号,驱动机床移动部件跟随指令脉冲运动,并保证动作的快速和准确。

4. 电气柜

电气柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件,除了提供数控、伺服等弱电控制类系统的输入电源,以及各种短路、过载、欠压等电气保护外,主要在可编程控制器(programmable logical controller, PLC)的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元器件之间起桥梁作用,即控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁开关或电磁离合器等,起到扩展接点和扩大触点容量等作用。

5. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。它根据输入的程序和数据完成数值计算、逻辑判断、输入/输出控制等功能。数控装置一般由专用(或通用)计算机、输入/输出接口板及机床控制器(可编程控制器)等部分组成。机床控制器主要用于对数控机床辅助功能、主轴转速功能和换刀功能进行控制。

6. 行程开关

行程开关主要用于控制机械设备行程和限位保护,安装在事先预留的位置。当机床运动部件上的模块撞击在行程开关上时,机床处于急停状态,从而避免因超程而损坏相应的部件。

7. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部件,它是在



原普通机床的基础上改进而得到的。

除上述几个主要部分外,有的数控铣床还有一些辅助装置和附属设备,如电气、液压、气动系统与冷却、排屑、润滑、照明、储运等装置以及对刀仪等。



第三节 数控铣削编程基础

一、数控编程的内容与步骤

1. 数控编程的内容

把零件的加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、进给量、背吃刀量等)以及辅助功能(换刀,主轴正转、反转,切削液开、关等)按照数控系统规定的指令代码及程序格式编写成加工程序,然后把程序中的内容记录在控制介质(如移动存储器、硬盘等)上,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中,从而指挥机床加工零件。这种从零件分析到形成数控加工程序的全部过程称为数控编程。

2. 数控编程的步骤

数控编程的步骤如图 1-5 所示。

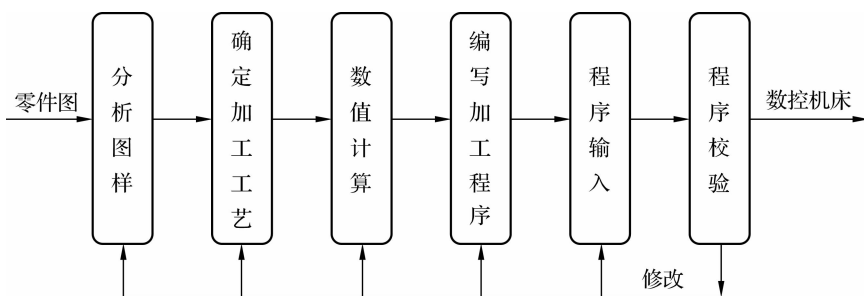


图 1-5 数控编程的步骤

1) 分析图样

通过对零件的材料、形状、尺寸和精度、表面质量、毛坯情况和热处理等要求进行分析,确定该零件是否适合在数控铣床上加工。

2) 确定加工工艺

在分析零件图样的基础上确定零件的加工工艺(如确定定位方式,选用工、夹具等)和加工路线(如确定对刀点、走刀路线等),并确定加工余量、切削用量



(如切削宽度、进给速度、主轴转速等)。

3)数值计算

根据零件图样和走刀路线计算刀具中心运动轨迹。对于外形较复杂的零件,要充分利用数控系统的插补功能和刀具补偿功能来简化计算。对于列表曲线、自由曲面等的程序编制,数学处理复杂,需要借助计算机使用专门软件进行计算。

4)编写加工程序

根据工艺过程、数值计算结果以及辅助操作要求,按照数控系统规定的程序指令及格式编写出加工程序。

5)程序输入

把编写好的程序输入数控系统中,具体的输入方法有以下两种:

(1)在数控铣床操作面板上进行手工输入。

(2)利用 DNC(分布式数字控制)功能,先把程序录入计算机,再由专用的 CNC(计算机数控)传输软件把加工程序输入数控系统,然后调出执行。如果程序太长,就采用 DNC 边传边加工的方法进行加工。

6)程序校验

在开始切削前必须先对程序进行校验,确定没有错误后,再进行首件试切。常用的校验方法有以下三种。

(1)利用空运行进行校验,该方法不仅能校验程序格式、指令代码是否正确,还能够校验加工轨迹是否正确。

(2)利用数控系统在操作面板的屏幕上显示刀具运动轨迹,观察刀具是否与工件或夹具发生碰撞,以检查程序编写是否合理。

(3)用其他材料(木材、尼龙、塑料)来代替毛坯进行试切,确定程序和加工轨迹无误后再进入正式首件试切。

只有首件通过检验,符合零件的质量要求,才可认为数控加工程序无误,才能正式投入生产。

二、数控编程的分类

数控加工的编程方法主要有手工编程和自动编程两类。

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、程序输入、程序校验都由手工来完成。对于点位加工或几何形



状简单、批量较大的零件,不需要经过复杂的计算,程序段不多,此时使用手工编程方法较为合适。

2. 自动编程

对于具有非圆曲线及曲面等形状复杂、工序较长的零件,需要进行烦琐的计算,程序段很多,出错也难以校核,此时就可以采用自动编程。自动编程是利用计算机专用软件来编制数控加工程序的,编程人员只需根据零件图样的要求,使用数控语言,由计算机自动地进行数值计算及后置处理,编写出零件加工程序。自动编程编出的程序还可通过计算机或自动绘图仪进行刀具运动轨迹的图形检查,编程人员可以及时检查程序是否正确,并及时修改。目前,国内应用较多的编程加工软件有 CAXA、Mastercam、UG、Pro/Engineer、CATIA、SolidWorks、Cimatron 等。

1) CAXA

CAXA 是北京北航海尔软件有限公司研制开发的全中文、面向数控铣床和加工中心的三维 CAD(计算机辅助设计)/CAM(计算机辅助制造)软件。CAXA 基于微机平台,采用原创 Windows 菜单和交互方式,全中文界面,便于学习和操作。CAXA 可以生成 3~5 轴的加工代码,可用于加工具有复杂三维曲面的零件,为数控加工行业提供了从造型设计到加工代码生成、校验一体化的全面解决方案。

2) Mastercam

美国 CNC Software 公司的 Mastercam 软件是在微机档次上开发的,在使用线框造型方面较有代表性。另外,它又是侧重于数控加工方面的软件,这样的软件在数控加工领域内占有重要的地位,有较高的推广价值。Mastercam 的主要功能包括:2D/3D 图形设计、编辑;三维复杂曲面设计;自动尺寸标注、修改;可直接调用 AutoCAD、CADKEY、SURFCAM、UniMod 等文件;设有多种零件库、图形库、刀具库;2~5 轴数控铣削加工;车削数控加工;线切割数控加工;钣金、冲压数控加工;加工时间预估和切削路径显示,过切检测及消除;可直接连接 300 多种数控机床。

3) UG

UG 起源于麦道飞机制造公司,是由美国电子数据系统公司开发的集成化 CAD/CAE(计算机辅助工程)/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并不广泛,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 市场上已占有很大的份额。

三、数控铣削坐标系

1. 机床坐标系

在加工过程中,为了确定数控机床的运动方向、移动距离,就要在数控机床上建立一个坐标系,称为机床坐标系或机械坐标系。机床坐标系是机床制造商在出厂时已设置的一个坐标系。在机床运动时,以机床坐标系来表示其运动的方向和距离,从而确定工件在机床中的位置。

1) 坐标轴运动方向的原则

(1) 假定以刀具相对于静止的工件而运动为原则,即不论数控铣床是刀具运动还是工件运动,均以刀具的运动为准,将工件看成静止不动的,这样可将零件图轮廓直接确定为数控铣床刀具的加工运动轨迹。

(2) 采用的标准的坐标系是右手直角笛卡儿坐标系,如图 1-6 所示。

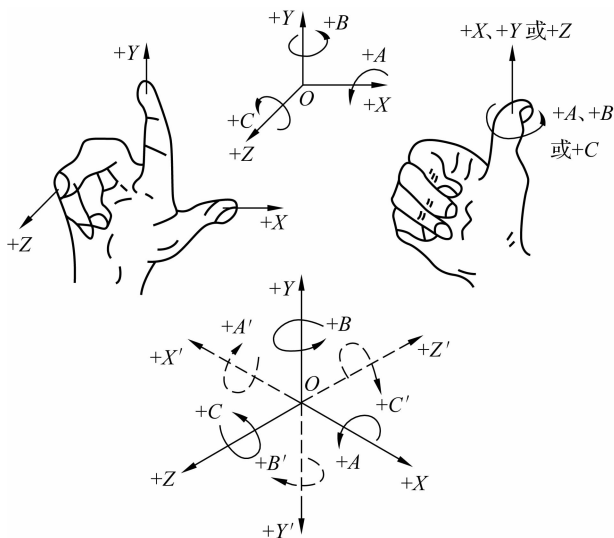


图 1-6 右手直角笛卡儿坐标系

(3) 刀具远离工件的运动方向为坐标轴的正方向。

(4) 机床主轴旋转运动的正方向是按照右旋螺纹进入工件的方向。



2) 机床坐标轴的规定

如图 1-6 所示,根据右手直角笛卡儿坐标系的原则,图中拇指指向为 X 轴的正方向,食指指向为 Y 轴的正方向,中指指向为 Z 轴的正方向。

围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示,根据右手螺旋定则,若手指指向表示 $+X/+Y/+Z$ 方向,则相应圆周进给运动为 $+A/+B/+C$ 方向。

3) 数控铣床机床坐标轴的确定方法

以华中世纪星 HNC-21M 立式数控铣床为例,机床坐标轴如图 1-7 所示。

(1) Z 轴。 Z 轴的运动由传递切削动力的主轴所规定,对于数控铣床, Z 坐标轴是带动刀具旋转的主轴,垂直于工件装夹面。

(2) X 轴。 X 轴一般是水平的,它垂直于 Z 轴且平行于工件的装夹平面。

(3) Y 轴。确定了 X 轴、 Z 轴的正方向后,根据右手直角笛卡儿坐标系的原则确定 Y 轴的方向。

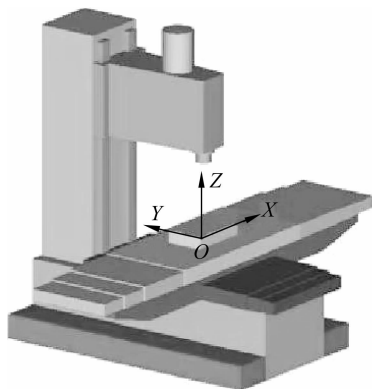
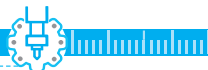


图 1-7 机床坐标轴

4) 机床原点、机床参考点

(1)机床原点。机床原点即数控机床坐标系的原点,又称机床零点,是数控机床上设置的一个固定点,它在机床装配、调试时就已设置好,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,一般设置在刀具远离工件的极限位置,即各坐标轴正方向的极限点处。

(2)机床参考点。该点在机床制造出厂时已调好,并且数据已被输入数控系统中。对于大多数数控机床,开机时必须首先进行刀架返回机床参考点操作,以确认机床参考点。回参考点的目的就是建立机床坐标系,并确定机床坐标系的原点。只有机床回参考点,机床坐标系才能建立起来,刀具移动才有了依据;否则不仅加工无基准,而且会发生碰撞等事故。机床参考点可以与机床原点重合,也可以不重



合。当两者重合时,回机床参考点操作可以称为回机床零点操作,简称回零。

2. 工件坐标系和工件原点

1) 工件坐标系

编制数控程序时,为了编程方便,需要在工件上建立一个坐标系,程序中的坐标值均以此坐标系为依据。编程人员选择工件上的某一已知点为原点,建立一个新的坐标系,称为工件坐标系(也称编程坐标系)。工件坐标系是编程人员在编程时使用的,一旦建立便一直有效,直到被新的工件坐标系所取代。

2) 工件原点

为了方便编程,将工件坐标系原点设在工件的某点上,称其为工件原点(或编程原点)。工件坐标系的原点选择要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件。数控铣床编程原点一般都设在工件上表面的对称中心处或某角点处,如图 1-8 所示。通过将相应坐标轴的偏移量输入机床的工件偏置坐标系(G54~G59)当中,从而完成在机床上设置工件原点的操作过程。

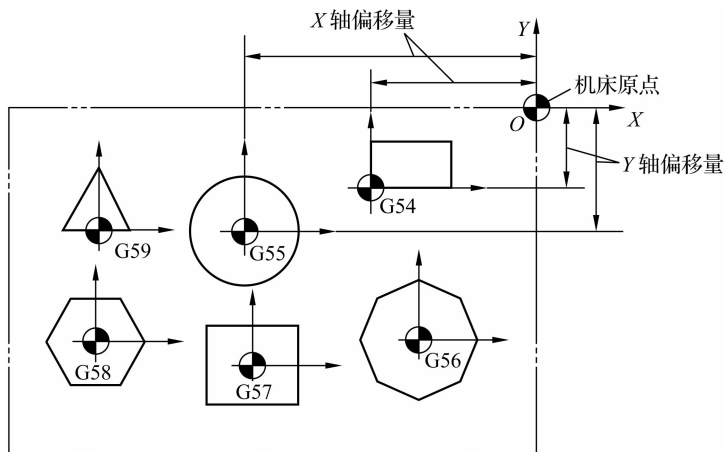


图 1-8 工件坐标系的设置

3. 绝对坐标系与增量坐标系

1) 绝对坐标系

坐标点的坐标值均从编程原点计算的坐标系,称为绝对坐标系。如图 1-9 所示,刀具由 A 点移动到 B 点,终点坐标用绝对坐标值表示为(X10,Y40)。

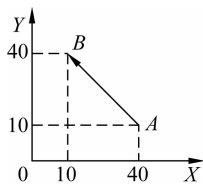


图 1-9 点坐标

2) 增量坐标系

坐标点的坐标值是相对刀具前一位置或起点计算的坐标系,称为增量(相对)坐标系。如图 1-9 所示,刀具由 A 点移动到 B 点,终点坐标用增量(相对)坐标值表示为(X-30,Y30)。



4. 对刀点与换刀点

1) 对刀点

对刀点是数控加工中刀具相对于工件运动的起点,一般来说就是编程的起点,所以对刀点也称编程起点。对刀点既可选在工件上,也可选在工件外面,如图 1-10 所示。

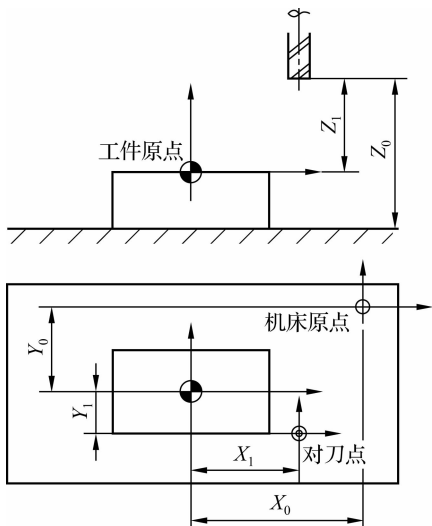


图 1-10 对刀点

为了加工方便,对刀点不仅是编程的起点,往往也是编程的终点。通常,采用绝对坐标系检验对刀点距机床原点的坐标值(X_0 、 Y_0 、 Z_0),以此来检验对刀的精度。对刀点找正的正确度直接影响加工精度,找正方法根据零件几何形状和零件加工精度要求来确定。为了提高找正精度或缩短找正时间,一般采用光学或电子式寻边器进行找正。

2) 换刀点

换刀点指刀具更换时的位置。换刀点的位置可以是固定的,也可以是任意一点,它的设定原则是换刀时不碰工件及其他部件。一般换刀点设在工件或夹具的外部。



第四节 数控铣床常用编程指令

一、数控系统程序的结构与格式

每种数控系统,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。在此,以华中世纪星 HNC-21M 数控铣床为例进行讨论。

1. 程序的结构

一个完整的程序分为程序编号、程序内容和程序结束三部分。每个部分都是由若干个程序段组成的,而每个程序段又由一个或若干个指令字组成,指令字代表某一信息单元,每个指令字又由字母、数字和符号组成。

%1234	程序编号
N1 G90 G80 G40 G49;	} 程序内容
N2 G54 G00 X0 Y0;	
N3 M03 S800;	
N4 Z100.0;	
N5 Z5.0;	
N6 G01 Z-10.0 F100;	
.....	
N47 G40 X0 Y0;	
N48 G00 Z100.0;	
N49 M05;	
N50 M30	程序结束

(1)程序编号。程序编号用来区别不同的加工程序,是加工程序的识别标志,因此同一机床的程序号不能重复。不同的机床厂家使用编号的数值范围不同,一般用四位数字表示,即 0001~9999,但在数字前面必须给出标识符号“%”,有的系统也可直接用“O”。

(2)程序内容。程序内容由许多程序段组成,是整个程序的核心,它表示数控铣床的全部动作。对于采用子程序进行零件加工程的程序,子程序也作为主程序内容的一部分,负责完成主要的加工动作。

(3)程序结束。程序结束通过 M 代码来完成。主程序结束的 M 代码有 M02 和 M30。M02 是停止指令,表示完成工件加工程序段的所有指令后,使主轴、进给和切削液停止。M30 是复位指令,表示完成停止动作后,重新复位,即使存储器中的加工程序返回到初始状态。子程序结束的 M 代码则是 M99。



2. 程序段的格式

程序段是程序的基本组成部分,是数控装置执行的指令行。程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法,如图 1-11 所示。

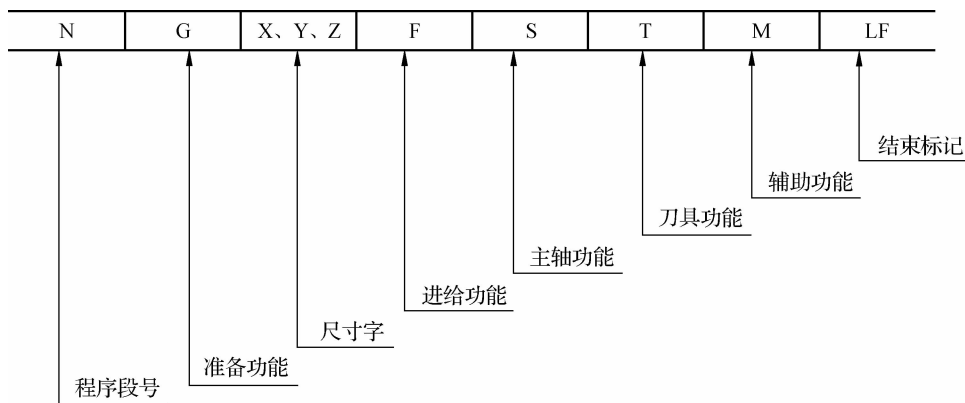


图 1-11 程序段的格式

3. 指令字的格式

一个指令字是由地址符(指令字符)和带符号(如定义尺寸的字)或不带符号(如准备功能字 M、G 代码)的数字组成的。

程序段中不同的指令字符及其后续数值确定了每个指令字的含义。在数控程序段中包含的主要指令字符如表 1-1 所示。

表 1-1 指令字符一览表

功 能	指令字符	意 义
零件程序编号	%	程序编号:%0001~%9999
程序段号	N	程序段编号:N0,N1,N2,...
准备功能	G	指令动作(直线、圆弧等):G00~G99 等
尺寸字	X、Y、Z A、B、C U、V、W	坐标轴的移动值,可为±99999.999
	R	圆弧半径,属于固定循环的参数
	I、J、K	圆心相对于起点的坐标,属于固定循环的参数
进给功能	F	进给速度的指定:F0~F24000
主轴功能	S	主轴旋转速度的指定:S0~S9999



续表

功 能	指令字符	意 义
刀具功能	T	刀具编号的指定:T01~T99
辅助功能	M	主轴转动,程序结束,切削液开、关,等等
刀具补偿号	H、D	刀具补偿存储地址的指定:01~99
暂停	P、X	暂停时间的指定(单位:s)
子程序号	P	子程序号的指定:P1~P9999
重复次数	L	子程序重复调用次数、固定循环的重复次数
参数	P、Q、R	固定循环的参数

二、华中世纪星 HNC-21M 数控系统常用指令

数控系统功能指令有辅助功能指令、准备功能指令和其他功能指令三种,这些指令是编制数控铣床程序的基础。在数控编程中,有的指令是不常用的,有的只适用于某些特殊的数控机床,这里只介绍一些华中世纪星 HNC-21M 数控系统常用的编程指令,对于不常用的编程指令,请参考相应的数控机床编程手册。

1. 辅助功能指令

辅助功能指令也叫 M 功能指令或 M 代码,由字符 M 加两位数字组成,是主要用于完成加工操作时机床或系统的开、关等辅助动作的功能指令,如切削液的开、关,主轴的正、反转,程序的结束,等等。华中世纪星 HNC-21M 数控系统常用的辅助功能指令如表 1-2 所示。

表 1-2 华中世纪星 HNC-21M 数控系统常用的辅助功能指令

M 代码	功 能	说 明	M 代码	功 能	说 明
M00	程序停止	非模态	M08	切削液开	模态
M01	选择程序停止		M09	切削液关	
M02	程序结束		M06	刀具交换	
M03	主轴顺时针旋转	模态	M30	程序结束并返回	非模态
M04	主轴逆时针旋转		M98	调用子程序	
M05	主轴停止		M99	子程序取消	



1) 模态指令

模态指令又称续效指令,在程序段中一经指定,便一直有效,直到后面出现同组另一指令或被其他指令取消才失效。编写程序时,与上段相同的模态指令可以省略不写。不同组的模态指令编在同一程序段内,不影响其续效,如 G01 与 G41、G42、G40 以及 F、S 等。

2) 非模态指令

非模态指令又称非续效指令,其功能仅在出现的程序段内有效,如 M00。

2. 准备功能指令

准备功能指令也叫 G 功能指令或 G 代码,由字符 G 加 1~2 位数字组成,如 G01、G03、G40 等。其主要功能是指定机床的运动方式,为数控系统的插补运算做准备。华中世纪星 HNC-21M 数控系统常用准备功能指令如表 1-3 所示。

表 1-3 华中世纪星 HNC-21M 数控系统常用准备功能指令

G 代码	组 别	功 能	G 代码	组 别	功 能
G00	01	定位(快速进给)	G68	05	建立旋转
G01		直线插补(切削进给)	G69		取消旋转
G02		圆弧插补	G73	06	深孔钻固定循环
G03		圆弧插补	G74		反攻螺纹循环
G04	00	暂停指令	G76		精镗循环
G17	02	XY 平面选择	G80		固定循环取消
G18		ZX 平面选择	G81		钻孔固定循环
G19		YZ 平面选择	G82		钻孔循环
G20	08	英制单位	G83		深孔钻固定循环
G21		米制(公制)单位	G84		攻螺纹循环
G24	03	建立镜像	G85		镗孔循环
G25		取消镜像	G86		镗孔循环
G40	09	取消刀具半径补偿	G87	反镗孔循环	
G41		刀具半径左补偿	G88	镗孔循环	
G42		刀具半径右补偿	G89	镗孔循环	



续表

G 代码	组 别	功 能	G 代码	组 别	功 能
G43	10	刀具长度正偏置	G90	13	绝对坐标编程方式
G44		刀具长度负偏置	G91		相对坐标编程方式
G49		取消刀具长度补偿	G94	14	每分钟进给
G50	04	取消缩放	G95		每转进给
G51		建立缩放	G98	15	固定循环返回起始点
G54~G59	11	工件坐标系	G99		固定循环返回 R 点

1) 代码分组

所谓代码分组,就是将系统中不能同时执行的代码分为一组,并以编号区别,如 G00、G01、G02、G03 就属于同组代码,其编号为 01 组。类似的同组代码还有很多,详见表 1-3。同组代码具有相互取代的作用,同一组代码在一个程序段内只能有一个生效,当在同一程序段内出现两个或两个以上的同组代码时,一般以最后输入的代码为准。有的机床还会出现机床系统报警,因此,在编程过程中要避免将同组代码编入同一程序段内,以免引起混淆。对于不同组的代码,在同一程序段内可以进行不同的组合,如“G90 G94 G40 G80 G17 G21 G54;”这个程序段是规范正确的程序段,所有代码均为不同组代码。再如,“G01 G02 X30.0 Y30.0 R30.0 F100;”这个程序段是不规范的程序段,其中 G01 与 G02 是同组代码。

2) 开机默认代码

为了避免编程人员编程时出现指令代码遗漏,数控系统中对每组的代码指令都选取其中的一个作为开机默认代码,此代码在开机或系统复位时可以自动生效,因而在程序中允许不再编写。不同系统的机床选取的代码有所不同,常见的开机默认代码有 G01、G17、G40、G49、G54、G80、G90、G94、G98 等。

3. 其他功能指令

1) 进给功能 F 指令

进给功能 F 指令用来指定刀具相对于工件运动的速度,由字符 F 和其后面的数字组成。根据加工的需要,进给功能分为 G94 每分钟进给(mm/min)和 G95 每转进给(mm/r)两种。华中世纪星数控铣床一般开机默认为 G94 每分钟进给



(mm/min)。在实际操作过程中,进给速度可通过机床操作面板上的进给速率开关进行修整。

2) 主轴功能 S 指令

主轴功能 S 指令用来指定主轴转速,由字符 S 和其后面的数字组成,单位为 r/min。如 M03 S1000 表示主轴正转,转速为 1 000 r/min。

3) 刀具功能 T 指令

刀具功能 T 指令用来指定加工时所选用的刀具号,华中世纪星数控铣床的刀具功能指令由字符 T 和其后面的两位数字组成。T 后面的两位数字用来指定刀具号,如 T01 表示选用 01 号刀具,同时调入 01 号刀具补偿存储器中的刀补偿。刀具功能 T 指令在装有自动换刀装置的机床上应用得比较广泛。



思考与练习

- 1-1 数控加工指的是什么?
- 1-2 数控编程的步骤有哪些?
- 1-3 数控编程的方法有哪些? 其区别是什么?
- 1-4 什么是数控铣床? 数控铣床是由哪些部分组成的?
- 1-5 数控铣削方式有哪些?
- 1-6 右手直角笛卡儿坐标系中拇指、食指、中指分别表示哪个轴?
- 1-7 什么是机床坐标系? 用户可以对其进行更改吗?
- 1-8 坐标轴正方向的确定原则是什么?
- 1-9 回参考点的目的是什么?
- 1-10 数控程序由哪几部分组成?
- 1-11 试写出一个完整的数控程序段格式,并说明各部分的含义。
- 1-12 简述模态指令与非模态指令的区别。



知识拓展

加工中心

加工中心是一种功能比较齐全、能力较强的带有刀库和自动刀具交换装置的数控加工机床(带有回转刀架的数控车床除外),如图 1-12 所示。加工中心将



铣削、镗削、钻削、攻螺纹等加工集于一身,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。加工中心是目前世界上产量最大、应用最为广泛的数控机床之一。

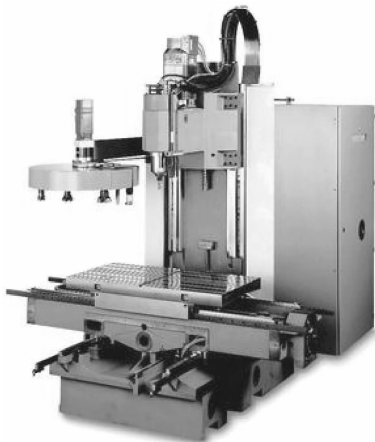


图 1-12 华中世纪星立式加工中心

加工中心的加工特点如下:

(1)由于加工工序较多,使用的刀具种类烦杂,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;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)编写程序时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产生刀具、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,以降低程序的出错率。

(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,以便对每个独立的工序进行调试,也便于在发现加工顺序不合理时重新调整加工程序。在主程序中主要完成换刀及子程序的调用。