



国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
高等职业院校数控技术专业任务驱动型教材

数控铣床Fanuc系统 编程与操作实训

SHUKONG XICHUANG FANUC XITONG BIANCHENG YU CAOZUO SHIXUN

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写



国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
高等职业技术学院数控技术专业任务驱动型教材

数控铣床Fanuc系统 编程与操作实训

SHUKONG XICHUANG FANUC XITONG BIANCHENG YU CAOZUO SHIXUN

主 编 秦曼华
副主编 李国华 钱逸秋

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床 Fanuc 系统编程与操作实训/秦曼华主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

高等职业院校数控技术专业任务驱动型教材

ISBN 978-7-5045-8000-9

I. 数… II. 秦… III. ①数控机床:铣床-程序设计-高等学校:技术学校-教材②数控机床:铣床-操作-高等学校:技术学校-教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 160146 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

*

北京鑫正大印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 321 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定价:26.00 元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

前 言

为了贯彻落实全国职业教育工作会议精神，切实解决目前机械设计制造类专业（包括数控技术、模具设计与制造）教材不能满足高等职业技术学院教学改革和培养高等技术应用型人才需要的问题，人力资源和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师与行业、企业一线专家，在充分调研的基础上，共同研究、制订机械设计制造类专业培养计划和教学大纲，并编写了相关课程的教材，共40种。

在教材的编写过程中，我们贯彻了以下编写原则：

一是充分汲取高等职业技术学院在探索培养高等技术应用型人才方面取得的成功经验和教学成果，从职业（岗位）分析入手，构建培养计划，确定相关课程的教学目标；二是以国家职业标准为依据，使内容分别涵盖数控车工、数控铣工、加工中心操作工、车工、工具钳工、制图员等国家职业标准的相关要求；三是贯彻先进的教学理念，以技能训练为主线、相关知识为支撑，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想；四是突出教材的先进性，较多地编入新技术、新设备、新材料、新工艺的内容，以期缩短学校教育与企业需要的距离，更好地满足企业用人的需要；五是以实际案例为切入点，并尽量采用以图代文的编写形式，降低学习难度，提高学生的学习兴趣。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、人力资源和社会保障部门以及一些高等职业技术学院的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年9月

内 容 简 介

本书为国家级职业教育规划教材，由人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐。

本书根据高等职业技术学院教学实践，由人力资源和社会保障部教材办公室组织编写。主要内容包括：熟悉数控铣床；刀具中心轨迹加工；轮廓铣削；平面区域铣削；孔加工；宏程序加工；曲面铣削；凸凹模铣削。

本书意在通过完成平板、轮毂、凸凹模等零件的具体编程、加工任务，使学生掌握相关的工艺分析、编程指令和加工方法、步骤等，最终系统掌握 Fanuc 铣床的编程方法和加工技术。

本书为高等职业技术学院数控技术专业教材，也可作为成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的数控技术专业教材，或作为自学用书。

本书由秦曼华主编，李国华、钱逸秋副主编，吴娜、王程参编，崔昭国主审。

目 录

《国家级职业教育规划教材》

CONTENTS

模块一 熟悉数控铣床	1
课题一 数控铣床开、关机操作	1
任务1 了解数控铣床	1
任务2 数控铣床开机与关机	8
课题二 数控铣床操作面板的使用	13
任务1 数控铣床的面板操作	13
任务2 数控铣床的日常保养	23
模块二 刀具中心轨迹加工	27
课题一 平面铣削	27
课题二 端面凸轮槽铣削	38
课题三 深槽的铣削	53
课题四 三维槽铣削	57
模块三 轮廓铣削	63
课题一 内、外轮廓铣削	63
课题二 对称轮廓铣削	72
课题三 旋转轮廓铣削	77
模块四 平面区域铣削	85
课题一 型腔铣削	85
课题二 岛屿铣削	97
模块五 孔加工	108
课题一 单孔加工	108
任务1 小直径孔加工	108

任务2 大直径孔加工.....	123
课题二 孔系加工.....	132
模块六 宏程序加工	143
课题一 斜角铣削.....	143
课题二 参数线轮廓铣削.....	154
课题三 曲面加工.....	160
任务1 半球槽加工(平刀)	160
任务2 半球台加工(平刀)	165
课题四 阵列孔加工.....	169
模块七 曲面铣削	184
课题一 柱面铣削.....	185
课题二 球面铣削.....	191
课题三 锥面铣削.....	198
模块八 凸凹模铣削	204

模块一

熟悉数控铣床

课题一 数控铣床开、关机操作

任务1 了解数控铣床

学习目标

1. 掌握数控铣床的分类、组成和工作原理；
2. 掌握数控铣床的主要加工对象；
3. 掌握数控铣床开机启动前的注意事项和安全操作规程。



任务引入

如图 1—1—1 所示是一台 MC01 数控铣床，它是一种自动化程度高、结构复杂且又昂贵的先进加工设备，与普通铣床相比具有加工精度高、加工灵活、通用性强、生产效率高、加工质量稳定等优点，特别适合加工多品种、小批量、形状复杂的零件。



任务分析

要操作数控铣床，必须了解数控铣床的分类，掌握数控铣床的功能结构和性能特点，熟悉数控铣床的操作注意事项和安全操作规程。



相关知识

一、数控铣床的分类

1. 按主轴的位置分类

(1) 立式数控铣床

主轴轴线垂直于水平面，如图 1—1—2 所示。立式是数控铣床中常见的一种布局形式，应用范围广泛。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，但也有部分机床只能进行 3 个坐标中的任意两个坐标联动加工。

(常称为 2.5 坐标加工)。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做数控摆角运动的 4 坐标和 5 坐标数控立铣。

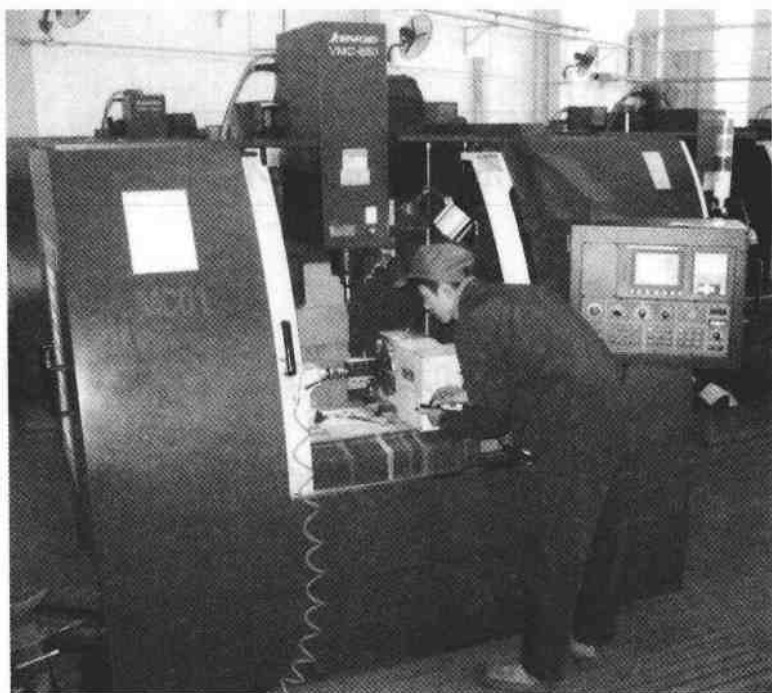


图 1—1—1 数控铣床

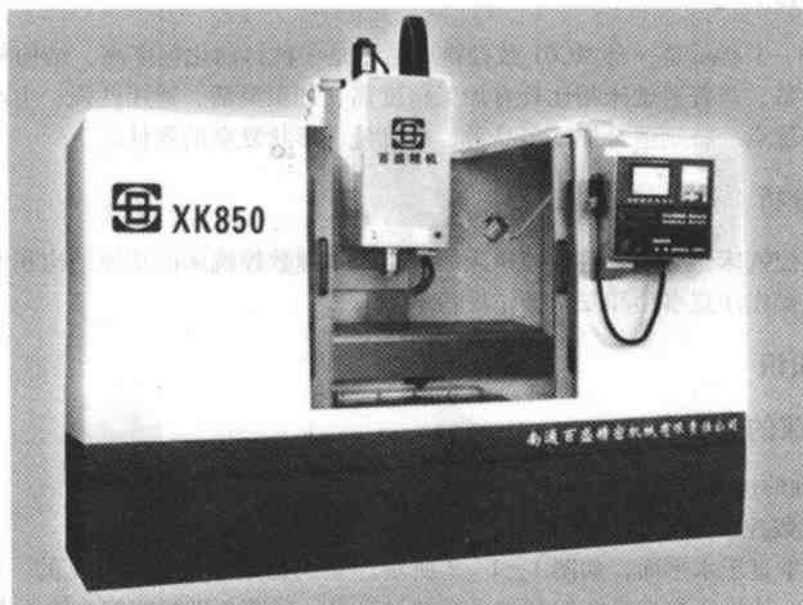


图 1—1—2 立式数控铣床

(2) 卧式数控铣床

主轴轴线平行于水平面,如图 1—1—3 所示。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 坐标、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”。



图 1—1—3 卧式数控铣床

(3) 立卧两用数控铣床

如图 1—1—4 所示,立卧两用数控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,而同时具备上述两类机床的功能,其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,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. 按构造分类

(1) 工作台升降式数控铣床

采用工作台移动、升降,而主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式。

(2) 主轴头升降式数控铣床

工作台纵向和横向移动,主轴沿垂向溜板上下运动;主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载质量、系统构成等方面具有很多优点,已成为数控铣床的主流。

(3) 龙门式数控铣床

数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动,龙门架则沿床身做纵向运动。大型数控铣床,要考虑到扩大行程、缩小占地面积及刚度等技术上的问题,往往采用龙门架移动式。如图 1—1—5 所示。

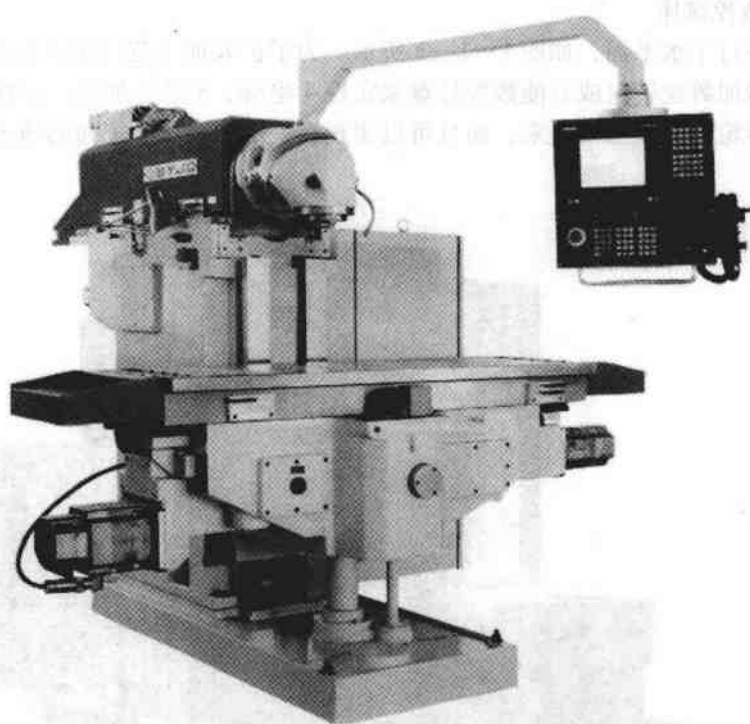


图 1—1—4 立卧两用数控铣床

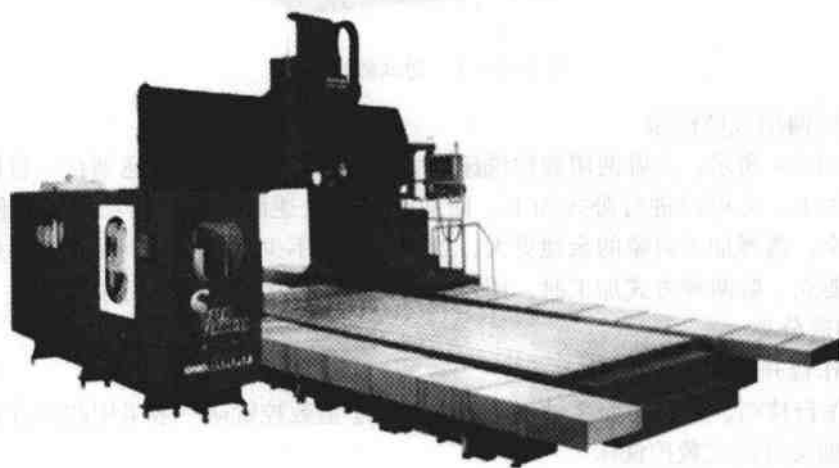


图 1—1—5 龙门式数控铣床

二、数控铣床的组成和工作原理

1. 数控铣床的组成

数控铣床一般由主传动系统、进给伺服系统、数控系统、冷却润滑系统等几大部分

组成。

(1) 主传动系统

包括主轴箱体和主轴传动系统, 主轴下端的锥孔用于安装铣刀并带动刀具旋转, 切削工件。主轴箱还可沿立柱上的导轨在 Z 向移动, 使刀具上升或下降。主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

(2) 进给伺服系统

由进给电动机和进给执行机构组成。按照数控加工程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动, 包括直线进给运动和旋转进给运动。

(3) 工作台

工作台用于安装工件或夹具。工作台可沿滑鞍上的导轨在 X 向移动, 滑鞍可沿床身上的导轨在 Y 向移动, 从而实现工件在 X 和 Y 向的移动。无论是 X 、 Y 向, 还是 Z 向的移动都靠步进电动机驱动滚珠丝杠来实现。

(4) 数控系统

数控铣床运动控制的中心, 执行数控加工程序控制机床进行加工。

(5) 辅助装置

液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

(6) 机床基础件

通常是指底座(床身)、立柱、横梁等, 它是整个机床的基础和框架。床身用于支撑和连接机床各部件。

2. 数控铣床的工作原理

根据零件形状、尺寸、精度和表面粗糙度等技术要求制定加工工艺, 选择加工参数。通过手工编程或利用 CAM 软件自动编程, 根据编好的加工程序由数控系统控制刀具和工件之间的相对运动, 从而完成工件的加工。

3. 数控铣床加工的特点

(1) 质量稳定。如果忽略刀具的磨损, 用同一程序加工出的零件具有相同的精度。

(2) 加工能力强。数控铣床尤其适合加工形状比较复杂的零件, 如各种模具。

(3) 自动化程度高。生产效率高。

(4) 柔性好。可以适应加工不同的零件。

三、数控铣床的主要加工对象

1. 平面类零件

加工面平行、垂直于水平面或与水平面成定角的零件称为平面类零件, 这一类零件的特点是加工面为平面或可展开成平面。其数控铣削相对比较简单, 一般用两坐标联动就可以加工出来, 如图 1—1—6a、b、c 所示。

2. 变斜角类零件

加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件, 以飞机零部件常见。例如, 飞机上的整体梁、框、缘条与肋等, 此外还有检验夹具与装配型架等。如图 1—1—6d 所示。其特点是加工面不能展开成平面, 加工中加工面与铣刀接触的瞬间为一条直线。最好

采用 4 坐标和 5 坐标数控铣床摆角加工，在没有上述机床时，也可在 3 坐标数控铣床上进行 2.5 坐标近似加工。

3. 曲面类（立体类）零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件。曲面类零件的特点：其一是加工面不能展开为平面；其二是加工面与铣刀始终为点接触，如图 1—1—6e、f、g、h 所示。此类零件一般采用 3 坐标数控铣床加工。

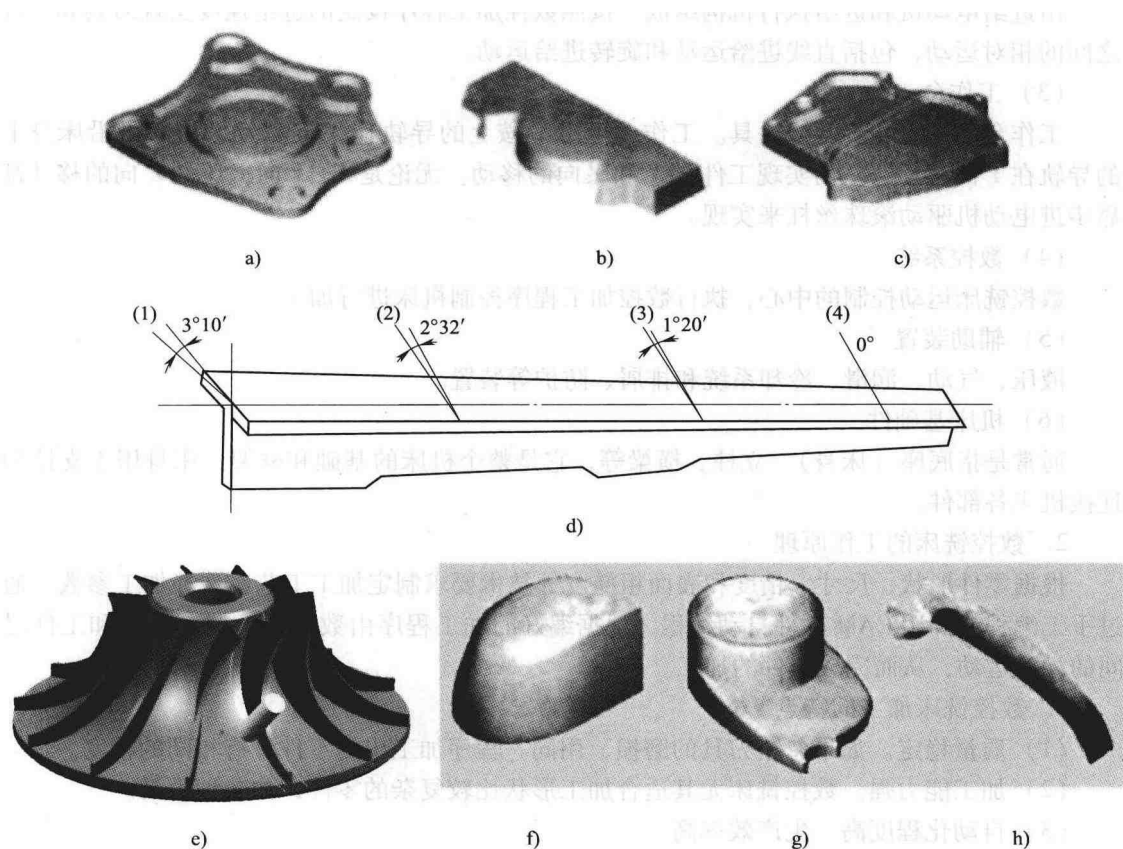


图 1—1—6 数控铣床的主要加工对象

4. 孔及螺纹

采用定尺寸刀具进行钻、扩、铰、镗及攻螺纹等，一般数控铣床都有镗、钻、铰的功能。

四、数控铣床开机操作注意事项

(1) 操作者应经专门培训，熟悉机床的性能、结构、传动原理以及控制技术，持岗位操作证上岗。

(2) 不得穿凉鞋、拖鞋、高跟鞋、背心、裙子和戴围巾进入车间。使用机床时，必须戴上防护镜，穿好工作服，戴好工作帽，不准戴手套。

- (3) 检查导轨润滑油箱的油量,油量不足时按规定要求加足润滑油。
- (4) 检查主轴润滑恒温油箱的油量,油量不足时应按说明书加入合适的润滑油。
- (5) 检查机床电气控制系统是否正常,润滑系统是否畅通、油质是否良好。
- (6) 检查压缩空气气源压力是否正常。
- (7) 检查机床各开关、手柄位置是否在规定位置上,检查工作台面的润滑情况以及清除切屑和脏物,检查导轨面有无刮伤损坏。
- (8) 开机前检查各操纵按钮、安全保险装置灵敏可靠后,方可工作。
- (9) 检查液压和气压系统的调整,检查总系统的工作压力必须在额定范围内,溢流阀、顺序阀、减压阀等调整压力正确。
- (10) 不可拆卸设备上的安全装置或安全护罩。

五、数控铣床安全操作规程

- (1) 开机前或做任何控制操作时,一定要确认机器内和机器工作半径内没有他人方可进行。
- (2) 机床应遵循正常的开机顺序。
- (3) 机床开机后应先回各轴机械原点。
- (4) 正确装夹工件,以防与刀具发生干涉或工件发生松动。
- (5) 开机后先低速运转 2 min,使各部润滑正常后,再开始工作。
- (6) 在工件加工之前,仔细核对输入内容,如程序、工件设定值、刀具补偿值等,为保证工件的正确性,机床应进行试运行。
- (7) 加工过程中,认真检查切削及冷却情况,确保机床、刀具的正常运行及工件质量。
- (8) 工件加工结束后,及时清理机床和环境卫生。
- (9) 关机前应先使机床各坐标轴停在中间位置,然后再按照正常的关机顺序进行关机。
- (10) 在加工过程中,工作台面不得放其他多余物,不允许以工作台面直接对刀,严禁划伤工作台面。在接近被加工工件表面 15~20 mm 时,不允许快速进刀。
- (11) 禁止用铁锤敲打固紧的台虎钳、分度盘和机床部件、附件,不得用手直接制止机床转动,吊装工件上工作台要慢运轻落,严禁撞击机床台面。
- (12) 如发生碰撞事故、突发故障,应保护现场并立即报告,进行现场处理,排除故障后方可继续工作。
- (13) 机床工作时,不允许擅自离岗。
- (14) 机床使用记录要认真填写,每天工作完毕要认真打扫机床,滑动部分涂润滑油,整理好工作现场。
- (15) 操作机床时,必须擦净手上油污,避免按键短路引起机床故障,机床有异常,要立即报告。
- (16) 不可用压缩空气去清理机床及环境。
- (17) 小心高压电,湿手绝不可触摸开关。
- (18) 任何电的问题应该由电器维修人员处理。更换熔丝时,必须关闭总电源。

任务2 数控机床开机与关机

学习目标

1. 掌握数控机床的正确开关方法；
2. 能够安全熟练地进行回零操作。



任务引入

数控机床如何启动？如何关闭？如何进行回零操作？



任务分析

只要按照开、关机的安全操作规程，数控机床的开机和关机并不是难事。

对于机床的回零操作，需要我们掌握机床数控系统的坐标系的相关知识，才能正常进行回零操作。



相关知识

一、数控机床的坐标系统和运动方向

我国按照 ISO 841 标准制定了 JB 3051—82《数控机床坐标和运动方向的命名》标准。

1. 刀具相对于工件运动的原则

由于机床的结构不同，有的是刀具运动，工件固定，有的是刀具固定，工件运动等。为编程方便，一般规定为工件固定，刀具相对工件运动。

2. 标准的坐标系

在标准中统一规定采用右手直角笛卡儿坐标系对机床的坐标系进行命名。用 X , Y , Z 表示直线进给坐标轴， X , Y , Z 坐标轴的相互关系由右手法则决定，如图 1—1—7 所示。

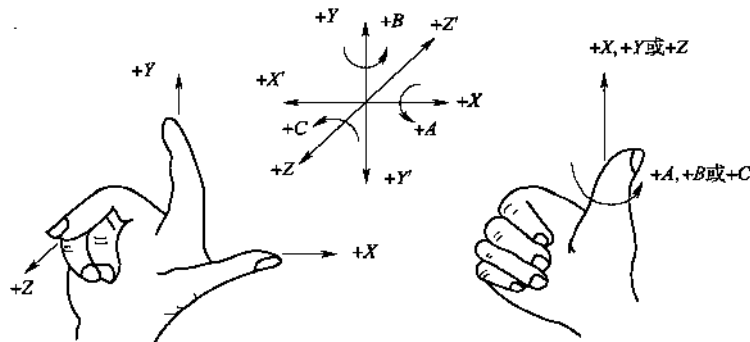


图 1—1—7 右手直角笛卡儿坐标系

拇指为 X 轴，食指为 Y 轴，中指为 Z 轴，指尖指向各坐标轴的正方向，标准规定刀具远离工件的方向作为坐标的正方向。

3. 机床的坐标系

在确定机床坐标轴时，一般先确定 Z 轴，然后确定 X 轴和 Y 轴，最后确定其他轴。JB 3051—82 标准中规定，机床运动的正方向，是指增大工件和刀具之间距离的方向。

(1) Z 轴

Z 轴的方向是由传递切削力的主轴确定的，与主轴轴线平行的坐标轴即为 Z 轴。如图 1—1—8 所示。如果机床没有主轴，则 Z 轴垂直于工件装卡面。同时规定刀具远离工件的方向作为 Z 轴的正方向。例如，在钻、镗加工中，钻入和镗入工件的方向为 Z 坐标的负方向，而退出为正方向。

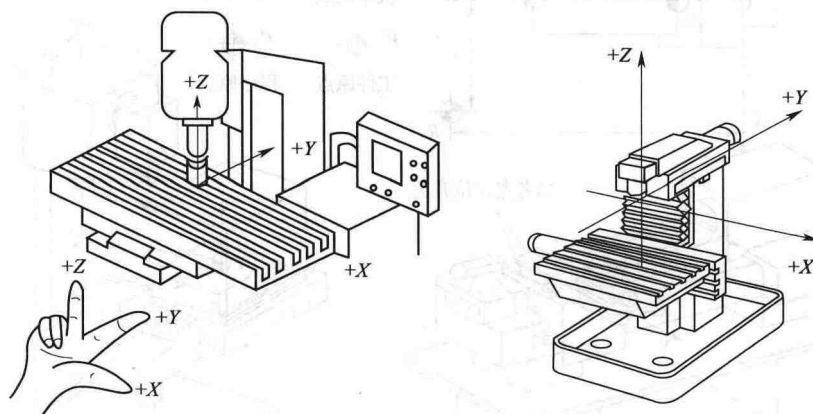


图 1—1—8 立式数控铣床坐标系

(2) X 轴

X 轴是水平的，平行于工件的装卡面，且垂直于 Z 轴。这是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。对于工件旋转的机床（如车床、磨床等）， X 坐标的方向是在工件的径向上，且平行于横滑座。刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向。对于刀具旋转的机床（如铣床、镗床、钻床等），如果 Z 轴是竖直的，当从刀具主轴向立柱看时， X 运动的正方向指向右。如果 Z 轴是水平的，当从刀具主轴向工件方向看时，主轴的正方向指向右。例如，立式铣床，面对刀具主轴向立柱方向看，向右运动的方向为 X 轴的正方向（ $+X$ ），如图 1—1—8 所示。

(3) Y 轴

Y 坐标轴垂直于 X 、 Z 坐标轴。 Y 运动的正方向根据 X 和 Z 坐标的正方向，按照右手直角笛卡儿坐标系来判断。

(4) 旋转轴

若有旋转轴时，规定绕 X 、 Y 、 Z 轴的旋转轴为 A 、 B 、 C 轴，其方向为右旋螺纹方向，如图 1—1—7 所示。旋转轴的原点一般定在水平面上。若还有附加的旋转轴时用 D 、 E 定义，其与直线轴没有固定关系。

(5) 附加轴

如果除 X 、 Y 、 Z 坐标以外，还有平行于它们的坐标，可分别指定为 P 、 Q 和 R 。

二、数控机床坐标系

1. 机床原点 M

机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点。机床原点是由厂家确定的，用户一般不可更改，它是固定的点，是确定其他坐标系和机床参考点（或基准点）的基准，如图1—1—9所示。

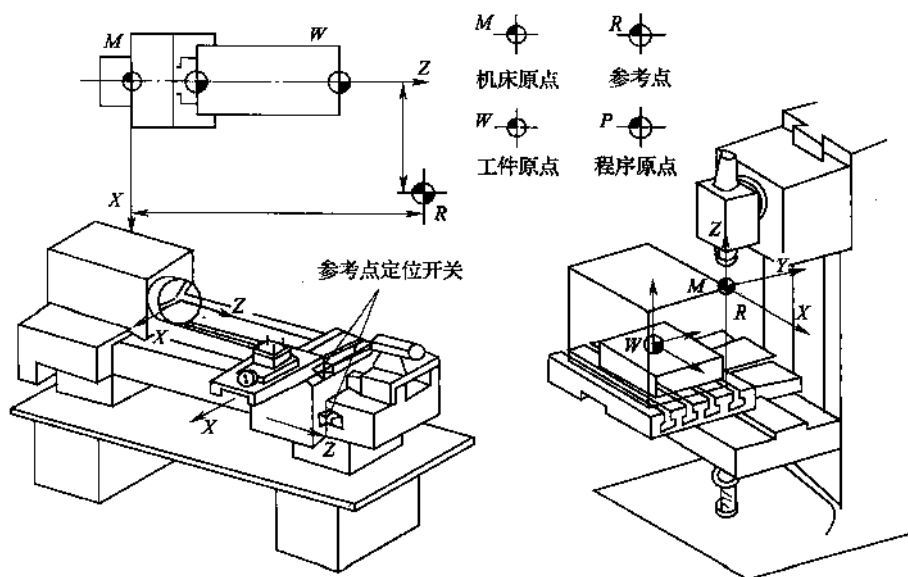


图 1—1—9 机床原点与参考点

2. 机床参考点 R

数控机床坐标系是机床固有的坐标系，它是通过操纵刀具或工件返回机床零点 M 的方法建立的。但是，在大多数情况下，当已装好刀具和工件时，机床的零点已不可能返回，因而需设参考点 R ，如图 1—1—9 所示。机床参考点 R 也是由机床制造厂家定义的一个点， R 和 M 的坐标位置关系是固定的，其位置参数存放在数控系统中。当数控系统启动时，都要执行返回参考点 R ，即回零，由此建立机床坐标系。机床参考点可以与机床零点重合，也可以不重合，通过机床参数指定机床参考点到机床零点的距离。

参考点的位置通常都设在各轴的正向行程极限附近，也有厂家将个别轴设在负向极限附近。

参考点 R 的位置是在每个轴上用挡块和限位开关精确地预先确定好，参考点 R 多位于加工区域的边缘。

在绝对行程测量的控制系统中，参考点是没有必要的，因为每一瞬间都可以直接读出运动轴的准确坐标值。而在增量（相对）行程测量的控制系统中，设置参考点是必要的，它可用来确定起始位置。由此看出，参考点是用来对测量系统定标，用以校正、监督床鞍和刀具运动的测量系统。