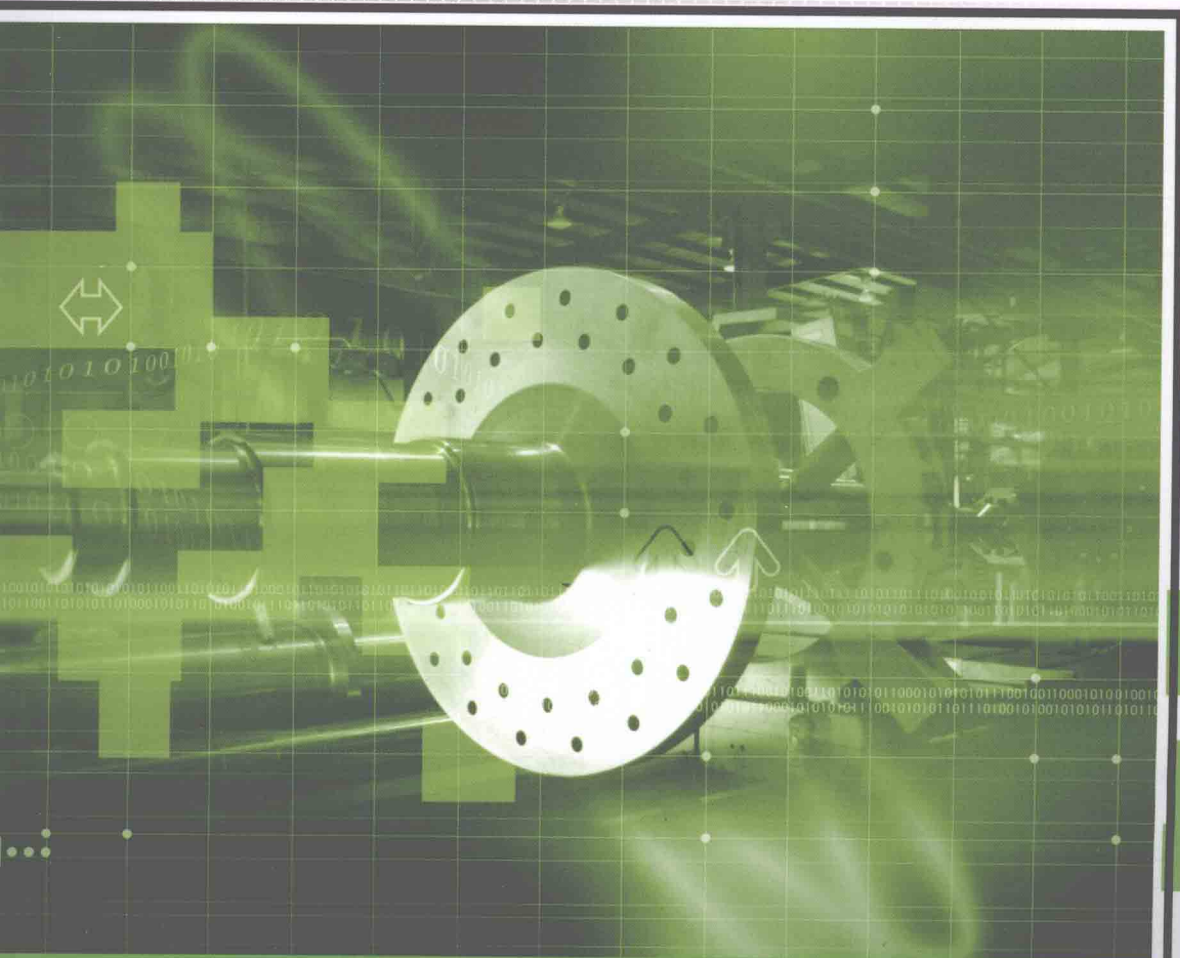


河南省中等职业技术教育实验教材
机械类专业项目教学系列(数控技术应用)

数控铣削技术

河南省职业技术教育教研室 编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

河南省中等职业技术教育实验教材
机械类专业项目教学系列（数控技术应用）

数控铣削技术

河南省职业技术教育教学研究室 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 提 要

本书是中等职业学校机械类专业系列教材之一,是依据教育部颁布的相关教学指导方案,结合河南省教学改革实践经验编写的。

本书共设五个部分。依据数控中级铣工国家职业标准,通过简单图形加工、轮廓加工、孔类零件加工及子程序应用、宏程序应用、综合训练,由浅入深,由易到难,使学生掌握数控铣削技术,基本达到中级工基本要求。

本书可作为中等职业学校机械类专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材。

本书配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削技术/河南省职业技术教育教学研究室编. —北京:电子工业出版社, 2008.5

河南省中等职业技术教育实验教材. 机械类专业项目教学系列. 数控技术应用

ISBN 978-7-121-06013-7

I. 数… II. 河… III. 数控机床: 铣床—专业学校—教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 061586 号

策划编辑: 白 楠

责任编辑: 毕军志

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 13.5 字数: 345.6 千字

印 次: 2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 23.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言



本书是中等职业学校机械类专业系列教材之一,是依据教育部颁布的相关教学指导方案,结合河南省教学改革实践经验编写的。本书坚持“以服务为宗旨,以就业为导向”的职业教育办学方针,采用“项目引领,任务驱动,一体化教学”教学模式,充分体现以全面素质为基础,以能力为本位,以满足学生需求和社会需求为目标的编写指导思想。在编写中,力求突出以下特色:

1. 内容先进。本书及时吸纳最新职业教育成果,采用流行数控系统,更新了教学内容,体现了新知识的应用。

2. 知识实用。结合中等职业学校教学实际,坚持“必需、够用”原则,降低了理论难度。

3. 突出操作。体现以应用为核心,以培养学生实际动手能力为重点,力求做到学与教并重,科学性与实用性相统一,紧密联系生活、生产实际,将讲授理论知识与培养操作技能有机地结合起来。

4. 结构合理。本书紧密结合职业教育的特点,借鉴近年来职业教育课程改革和教材建设的成功经验,在知识体系和内容编排上做了一些新的尝试,符合学生心理特征和认知、技能养成规律。

5. 适用性强。版面设计活泼、新颖。每个项目有明确的学习目标,通过若干课题采用小任务的形式围绕实践技能开展教学,并设计有多样化小栏目。通过测评对项目有效总结,附有思考练习,难度适中,便于教学。

本书教学时数为 196 学时,在教学过程中可参考以下课时分配表:

序 号	项目名称	理 论	实 践	合 计	说 明
1	简单图形加工	36	20	56	• 一体化教学 • 交叉连续 • 每周集中安排两天或一天
2	轮廓加工	15	20	35	
3	孔类零件加工及子程序应用	15	20	35	
4	宏程序应用	15	20	35	
5	综合训练	10	25	35	
合计(学时)		91	105	196	

本书由河南机电学校王庆海担任主编,河南省经济管理学校文向前担任副主编。项目 1 的课题 1~2 由南阳工业学校刘春玲编写,项目 1 的课题 3~5 由河南省轻工业学校车世明编写,项目 1 的课题 6~8 由河南省经济管理学校文向前编写;项目 2 由河南机电学校任新梅

编写,项目3由河南机电学校李巧玲编写,项目4由河南机电学校王庆海编写,项目5由
阳市电子信息学校高帆编写,附录由郑州旅游职业学院薛国芳编写。

全书由河南机电学校王庆海统稿,由张莉洁主审。

由于作者水平所限,书中瑕疵之处,敬请读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版)。请有此需要的
教师登录华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn 或 www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下
载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者

2008 年 3 月



目 录



项目 1 简单图形加工	1
课题 1 组建学习团队, 仿真软件及数控铣床初识	1
任务 1 组建学习团队	2
任务 2 仿真软件入门	4
任务 3 认识数控铣床的控制面板	10
课题 2 草图绘制及开机回零操作	14
任务 1 零件草图绘制	14
任务 2 熟悉仿真软件实现开机回参考点	17
任务 3 掌握数控铣床开机回零操作	19
课题 3 工具选择及手动加工	23
任务 1 根据加工零件图形选择刀具、量具和夹具	24
任务 2 仿真软件使用——手动操作	26
任务 3 练习手动操作机床	29
课题 4 安装工件、安装刀具及对刀	31
任务 1 工件、刀具的安装	32
任务 2 仿真软件的操作——刀具和工件的安装、对刀	35
任务 3 练习机床对刀操作	38
课题 5 走刀路线、切削用量与程序输入	40
任务 1 合理走刀路线设计	40
任务 2 切削用量合理选择	43
任务 3 掌握程序输入操作	45
课题 6 程序识读及自动加工	47
任务 1 加工参考程序识读	47
任务 2 掌握自动加工操作	53
任务 3 十字槽加工程序的识读	56
课题 7 简单编程练习及质量控制	57
任务 1 数值计算及基本指令学习	57
任务 2 质量控制	59
课题 8 合作加工及评测	61
任务 1 自由设计简单几何图形	61
任务 2 完成零件编程及仿真加工	61
任务 3 项目测评	63
习题 1	64
项目 2 轮廓加工	66
课题 1 零件草图的绘制及圆弧插补指令	67
任务 1 绘制零件草图	67

任务 2	圆弧插补指令	71
任务 3	规范机床操作	73
课题 2	走刀路线设计及刀具半径补偿指令	74
任务 1	走刀路线设计	74
任务 2	刀具半径补偿	76
任务 3	仿真软件操作中常出现的问题和机床的养护	79
课题 3	内外轮廓程序单的编写及加工中的尺寸控制	81
任务 1	外轮廓的加工程序	81
任务 2	内轮廓的加工程序	83
任务 3	加工中的尺寸控制	87
课题 4	项目零件的加工	88
任务 1	编写项目零件的程序单并仿真加工	88
任务 2	在机床上完成项目零件的加工	93
课题 5	项目测评	94
习题 2		95
项目 3	孔类零件加工及子程序应用	98
课题 1	剖面视图、固定循环指令及换刀练习	98
任务 1	孔的剖视图及标注	99
任务 2	孔加工固定循环指令	100
任务 3	练习换刀操作	107
课题 2	孔类零件加工	109
任务 1	孔的成形方法及常用孔加工刀具	109
任务 2	孔类零件编程与仿真加工	113
任务 3	合作完成孔类零件加工	116
课题 3	子程序及其应用	117
任务 1	子程序	117
任务 2	子程序的应用	118
课题 4	项目测评	122
任务 1	零件加工	122
任务 2	项目考核	122
任务 3	总结	123
习题 3		124
项目 4	宏程序应用	126
课题 1	宏程序应用理论基础	126
任务 1	宏程序基本概念	126
任务 2	用户宏程序功能 B	130
任务 3	数学基础	134
任务 4	数铣宏程序编程技巧	138
课题 2	孔系零件加工	144
任务 1	设计程序流程框图	144
任务 2	编制宏程序	145
任务 3	应用实例	146
课题 3	椭圆类零件加工	147
任务 1	设计程序流程框图	147

任务 2	编制宏程序	148
任务 3	应用实例	149
课题 4	项目测评	151
任务 1	五角星加工	151
任务 2	项目考核	152
任务 3	总结	153
项目 5	综合训练	154
课题 1	中级实训一	154
任务 1	确定加工方案	154
任务 2	掌握操作要点	156
任务 3	编制参考程序	157
任务 4	仿真加工	160
任务 5	中级实训评分	161
课题 2	中级实训二	162
任务 1	确定加工方案	162
任务 2	加工准备	164
任务 3	编制参考程序	164
任务 4	仿真加工	168
任务 5	中级实训评分	168
课题 3	中级实训三	169
任务 1	确定加工方案	169
任务 2	加工准备	171
任务 3	编制参考程序	171
任务 4	仿真加工	173
任务 5	中级实训评分	173
附录		175
附录 A	仿真软件快速入门	175
附录 B	数控铣工国家职业标准	187
附录 C	中级数控铣工知识考核试卷	191
附录 D	中级数控铣工技能试卷	199

项目1 简单图形加工



项目要求

- 通过一种数控系统的学习，掌握数控铣床操作要点。
- 通过识读参考加工程序，理解数控铣削程序的编制要点。
- 掌握数控基本指令的使用。
- 逐步理解数控机床的组成原理，基本工艺知识。
- 通过协作加工，培养团队精神。
- 通过规范操作，建立安全文明生产意识。
- 设计相似图案并加工出零件，树立学习信心，提高学习兴趣。



知识链接——数控铣床的应用

数控铣床应用十分广泛，可以加工各种平面轮廓和立体轮廓的零件，如凸轮、模具和叶片等，如图 1.1 所示；还可以进行钻、扩、铰、攻螺纹和镗孔等。

数控铣床较普通铣床有以下特点：

- (1) 加工适应性强，能完成复杂形面的加工；
- (2) 加工精度高，质量稳定；
- (3) 生产率高；
- (4) 可大大减轻工人的劳动强度。

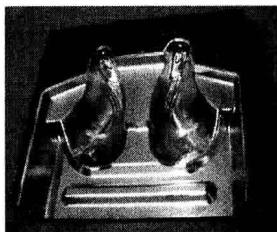
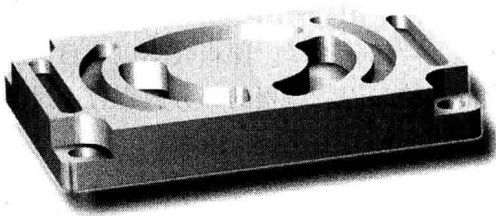


图 1.1 数控铣床加工零件

课题1 组建学习团队，仿真软件及数控铣床初识



教学目标

- 建立学习团队，树立协作精神和安全文明生产意识，加强素质教育。

- 明确本课程的特点、教学特色及学习方法。
- 了解数控铣床的组成及铣床的坐标系。
- 熟悉仿真软件的界面组成及基本使用方法。

任务1 组建学习团队

1. 组建学习团队

(1) 分组。科学合理的分组是学习团队高效运作，达到良好学习效果的基础。对于一个教学班，一般以每5~7个人为一组，分组时男、女生要搭配，以自愿结合为主，老师结合学生学习情况做局部调整。组建若干个“组内异质，组间同质”的学习团队。教师应该在进行团队合作学习前，让学生清楚，进行团队合作学习的步骤，要点、注意事项。

(2) 确立组长。每个团队里都要有一个组长，负责学习团队的日常管理和团队组织工作，领还物品、材料，了解并记录学习团队成员的任务完成情况，及时进行信息反馈，协调、督促、帮助本组成员人人完成任务。

(3) 组员的分工。在团队中每位同学在完成规定任务的同时，要重点负责1个任务，负责组织这个任务的预习、复习总结以及信息反馈。

(4) 团队学习的流程：课前预习→课上协作完成任务→课后及时复习→完成作业。

(5) 合作学习团队的评价机制：对于学习团队的评价是个重要的问题，学生平时在一起进行团队合作学习，最后的评价不仅要进行个人成绩排名，最主要的是进行团队评比。把团队里所有成员的分数统计，算平均分，然后再排出学习团队的成绩名次。让学习团队的同学都体验到团队成功的快乐，更好地体验团队精神，团队合作的理念。

想一想

我怎样做好团队的一名成员？和团队成员一起讨论，谈一谈自己的想法。

2. 本课程的教学特点

本课程的特色是项目引领，任务驱动，一体化教学。课程教学以项目实践教学为主，理论课堂讲授为辅，在实践中讲解所应用的理论知识。课程的部分内容可通过多媒体方式进行教学，应充分利用计算机开展仿真加工练习。

3. 本课程的特点及学习方法

- (1) 实践性、实用性强。学习中要重视实践环节，积极参与实验实习。
- (2) 综合性强。学习中要注意知识和技能的综合应用。
- (3) 有一定的灵活性和先进性。学习中要具体问题具体分析，要有创新精神，勤于学习，勇于探索，要在知识转换为能力上下工夫。

做一做

给自己的团队命名并确定队训，填写表1.1。

表 1.1 成员基本情况表

[illegible] 知识链接——团队合作学习的优越性

传统模式教学中学生是独立学习的个体，个体掌握教师布置的相关学习任务即可，而项目式教学的一个主要不同就是采用小组合作，共同探究完成任务，这就要培养学生的团队精神，使学生能够尽快适应这一转变。

团队合作学习是一种富有创新意识,具有良好教学效果的教学理论。团队合作学习已经成为老师课堂教学、学生个体自学以外的第三种学习形式。在学习团队之间形成赶、帮、超的良好风气,使课堂气氛生动活跃,学生在民主愉快的氛围内自主探索。学生在团队合作学习中学会沟通、合作的技能,学会处理分歧,分享学习成果,培养学生的社交能力和团队合作精神。在本课程的学习中有许多任务、活动需要通过小组成员的合作来完成,所以需要分组组建学习团队。

 拓展与延伸——数控铣床安全操作

1. 安全操作基本注意事项

- (1) 工作时请穿好工作服、安全鞋，戴好工作帽及防护镜，注意：不允许戴手套操作机床。
- (2) 不要移动或损坏安装在机床上的警告标牌。
- (3) 注意不要在机床周围放置障碍物，工作空间应足够大。
- (4) 某一项工作若需要两人或多人共同完成时，应注意相互间协调一致。
- (5) 不允许采用压缩空气清洗机床、电气柜及 NC 单元。

2. 工作前的准备工作

- (1) 机床开始工作前要有预热, 认真检查润滑系统工作是否正常, 若机床长时间未开动, 可先采用手动方式向各部分供油润滑。
- (2) 使用的刀具应与机床允许的规格相符, 有严重破损的刀具要及时更换。
- (3) 调整刀具所用工具不要遗忘在机床内。
- (4) 刀具安装好后应进行一二次试切削。
- (5) 按顺序开、关机。先开机床再开数控系统, 先关数控系统再关机床。

(6) 开机后首先进行返回机床参考点的操作, 必须使 Z 轴先回参考点, 再将 X、Y 轴回参考点, 以建立机床坐标系。

(7) 手动操作沿 X、Y 轴方向移动工作台时, 必须使 Z 轴处于安全高度位置, 移动时应注意观察刀具移动是否正常。

3. 工作过程中的安全注意事项

- (1) 禁止用手接触刀尖和铁屑, 铁屑必须要用毛刷来清理。
- (2) 禁止用手或其他任何方式接触正在旋转的主轴、工件或其他运动部位。
- (3) 禁止加工过程中量活、变速, 更不能用棉丝擦拭工件, 也不能清扫机床。
- (4) 铣床运转中, 操作者不得离开岗位, 机床发现异常现象立即停车。
- (5) 经常检查轴承温度, 过高时应找有关人员进行检查。
- (6) 在加工过程中, 不允许打开机床防护门。
- (7) 严格遵守岗位责任制, 机床由专人使用, 他人使用须经本人同意。

4. 工作完成后的注意事项

- (1) 清除切屑、擦拭机床, 使用机床与环境保持清洁状态。
- (2) 检查润滑油、冷却液的状态, 及时添加或更换。
- (3) 依次关掉机床操作面板上的电源和总电源。

任务2 仿真软件入门

1. 进入数控铣床仿真软件

(1) 用鼠标左键单击“开始”按钮, 在“程序”目录中弹出“数控加工仿真系统”的子目录, 在接着弹出的下级子目录中单击“加密锁管理程序”。

(2) 在屏幕右下方工具栏中出现的图标后, 重复上面的步骤, 在最后弹出的目录中单击“数控加工仿真系统”。

(3) 单击“快速登录”按钮, 直接进入数控铣床仿真软件。系统界面如图 1.2 所示。



知识链接

目前设备不足的情况下, 用仿真软件做教学中的过渡是理想的选择。国内外的数控仿真软件很多, 并且都能满足基础教学, 建议采用。

2. 选择、定义机床类型

(1) 单击菜单“机床/选择机床…”或单击工具条上小图标, 在选择机床对话框中控制系统选择 FANUC——FANUC 0I, 机床类型选择“铣床”, 控制面板选“标准”, 单击“确定”按钮, 此时界面如图 1.3 所示。

(2) 单击菜单“视图/选项…”, 在“视图选项”对话框中不勾选“显示机床罩子”, 单击“确定”按钮, 机床工作台全显示, 如图 1.4 所示。



图 1.2 “数控加工仿真系统”软件界面

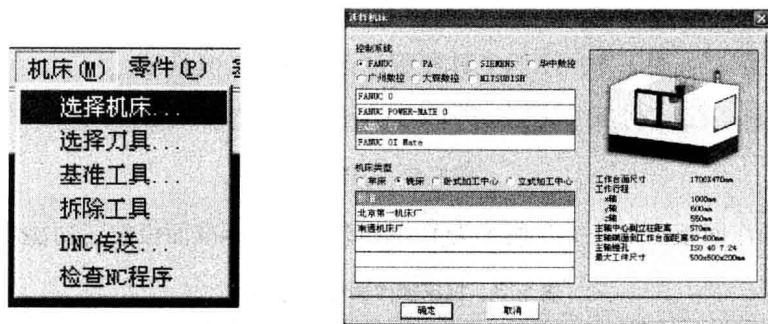


图 1.3 “机床”菜单及选择机床对话框

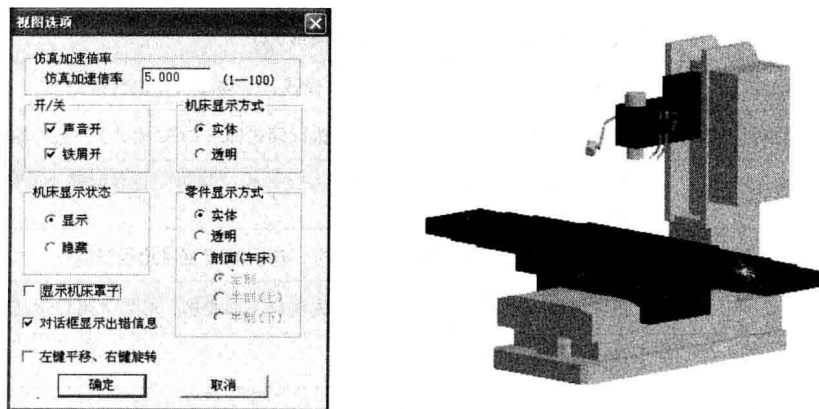


图 1.4 视图选项与机床显示



做一做

在计算机上练习进入软件及选择机床的方法，并填写表 1.2。

表 1.2 进入软件及选择机床

仿真软件		数控系统	
机床面板（生产厂）		机床规格	
进入软件操作步骤	1. 2. 3.		
选择机床	1. 2. 3.		

3. 数控铣床仿真软件的工作窗口

数控铣床（加工中心）仿真软件的工作窗口分为标题栏区、菜单区、工具栏区、机床显示区、机床操作面板区、数控系统操作区，参见图 1.2。

（1）菜单区。菜单区包含了文件、视图、机床、零件、塞尺检查、工艺分析、远程控制、系统管理、帮助菜单。

（2）工具栏区。如图 1.5 所示为工具栏所包含的各种工具选项。



图 1.5 工具栏

（3）机床操作面板。如表 1.3 所示为 FANUC 0I 铣床标准面板按钮功能。

表 1.3 机床操作面板按钮功能

按钮	名称	功能说明
	自动运行	此按钮被按下后，系统进入自动加工模式
	编辑	此按钮被按下后，系统进入程序编辑状态
	MDI	此按钮被按下后，系统进入 MDI 模式，手动输入并执行指令
	远程执行	此按钮被按下后，系统进入远程执行模式即（DNC 模式），输入输出资料
	循环启动	程序运行开始；系统处于“自动运行”或“MDI”位置时按下有效，其余模式下使用无效
	循环停止	程序运行停止，在数控程序运行中，按下此按钮停止程序运行
	回原点	机床处于回零模式；机床必须首先执行回零操作，然后才可以运行
	手动	机床处于手动模式，连续移动
	手动脉冲	机床处于手动脉冲控制模式
	手轮	机床处于手轮控制模式
	X 轴选择按钮	手动状态下 X 轴选择按钮



续表

按钮	名 称	功 能 说 明
	Y 轴选择按钮	手动状态下 Y 轴选择按钮
	Z 轴选择按钮	手动状态下 Z 轴选择按钮
	正向移动按钮	手动状态下，单击该按钮系统将向所选轴正向移动。在回零状态时，单击该按钮将所选轴回零
	负向移动按钮	手动状态下，单击该按钮系统将向所选轴负向移动
	快速按钮	单击该按钮将进入手动快速状态
	主轴控制按钮	依次为：主轴正转、主轴停止、主轴反转
	启动	系统启动
	停止	系统停止
	超程释放	系统超程释放
	主轴倍率选择旋钮	将光标移至此旋钮上后，通过单击鼠标的左键或右键来调节主轴旋转倍率
	进给倍率	调节运行时的进给速度倍率
	急停按钮	按下急停按钮，使机床移动立即停止，并且所有的输出如主轴的转动等都会关闭
	手轮显示按钮	按下此按钮，则可以显示出手轮
	手轮面板	单击按钮，将显示手轮面板，单击手轮面板右下角的按钮手轮面板将被隐藏
	手轮轴选择旋钮	手轮状态下，将光标移至此旋钮上后，通过单击鼠标的左键或右键来选择进给轴
	手轮进给倍率旋钮	手轮状态下，将光标移至此旋钮上后，通过单击鼠标的左键或右键来调节点动/手轮步长。X1、X10、X100 分别代表移动量为 0.001mm、0.01mm、0.1mm
	手轮	将光标移至此旋钮上后，通过单击鼠标的左键或右键来转动手轮

(4) 系统操作面板。图 1-2 所示为 FANUC 0I 系统的 MDI 键盘（右半部分）和 CRT 界面（左半部分）。MDI 键盘用于程序编辑、参数输入等功能。MDI 键盘上各个键的功能列于表 1.4。

表 1.4 MDI 键盘功能和 CRT 界面

MDI 软键	功 能
	软键实现左侧 CRT 中显示内容的向上翻页；软键实现左侧 CRT 显示内容的向下翻页
	移动 CRT 中的光标位置。软键实现光标的向上移动，软键实现光标的向下移动，软键实现光标的向左移动，软键实现光标的向右移动
	实现字符的输入，单击键后再单击字符键，将输入右下角的字符。例如，单击将在 CRT 的光标所处位置输入“O”字符，单击软键后再单击将在光标所处位置处输入 P 字符；软键中的“EOB”将输入“；”号表示换行结束

续表

MDI 软键	功 能
	实现字符的输入, 例如, 单击软键  将在光标所在位置输入“5”字符, 单击软键  后再单击  将在光标所在位置处输入“5”
	在 CRT 中显示坐标值
	CRT 将进入程序编辑和显示界面
	CRT 将进入参数补偿显示界面
	本软件不支持
	本软件不支持
	在自动运行状态下将数控显示切换至轨迹模式
	输入字符切换键
	删除单个字符
	将数据域中的数据输入到指定的区域
	字符替换
	将输入域中的内容输入到指定区域
	删除一段字符
	本软件不支持
	机床复位



拓展与延伸——数控铣床的主要组成部分

数控铣床一般由铣床主机、控制部分、驱动装置、辅助装置、控制面板、防护等装置等几大部分组成(以 XK714B 数控铣床为例, 见图 1.6 所示)。

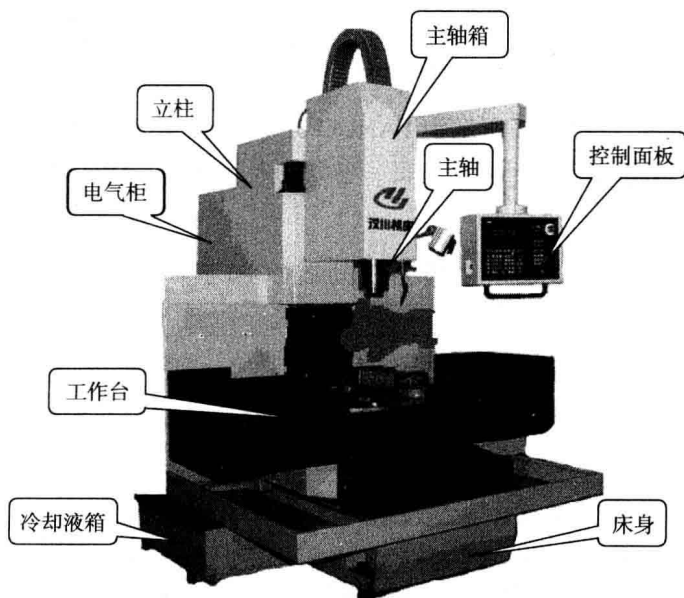


图 1.6 数控铣床的组成

1. 铣床主机

铣床主机是数控铣床的机械部件，包括床身、主轴箱、工作台和进给机构等。

床身固定在底座上，是整个机床的基础和框架，用于安装与支撑机床各部件。主轴箱包括主轴箱体和主轴传动系统，用于装夹刀具并带动刀具旋转。

2. 控制部分

控制部分（CNC 装置）是数控铣床运动的控制核心，执行数控加工程序控制机床进行加工。

3. 驱动装置

驱动装置是数控铣床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机、进给伺服电动机及进给执行机构组等，其中后者按照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运动）。

4. 辅助装置

例如，液压、气动、润滑、冷却系统和排屑等都属于数控铣床的辅助装置。

5. 控制面板

控制面板（操纵台）上有 CRT 显示器、机床操作按钮和各种开关及指示灯。

数控机床的工作过程是：数控程序既可以通过操作面板上的 MDI 键盘，用手动方式直接输入，还可以利用 CAD/CAM 软件在计算机上进行自动编程，然后通过机床与计算机直接通信的方式将程序传送到数控装置，如图 1.7 所示。

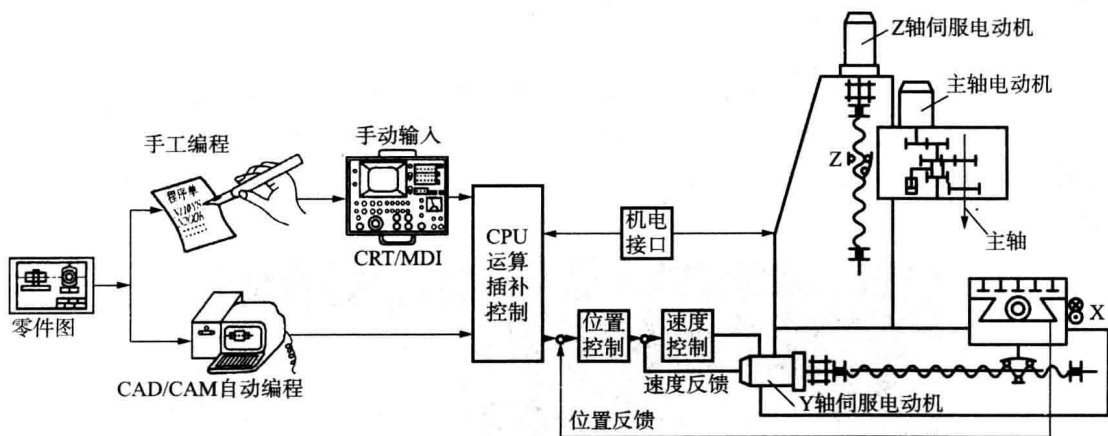


图 1.7 数控铣床工作原理框图

数控装置发出脉冲信号控制进给伺服电动机转动，纵向工作台、横向溜板安装在升降台上，通过纵向进给伺服电动机、横向进给伺服电动机和垂直升降进给伺服电动机的驱动，完成 X、Y、Z 坐标进给运动，同时数控装置控制主轴电动机旋转完成主切削运动。