

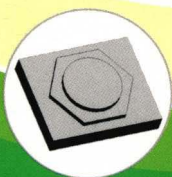
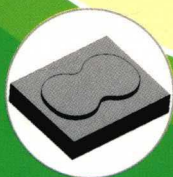


职业教育“十二五”规划教材

数控铣削加工 项目进阶教程

SHUKONG XIXUE JIAGONG
XIANGMU JINJIE JIAOCHENG

主编 余英良

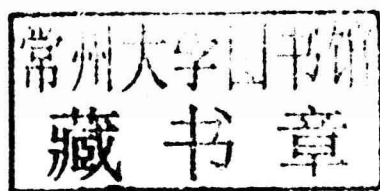


航空工业出版社

职业教育“十二五”规划教材

数控铣削加工 项目进阶教程

主编 余英良



航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书以项目教学的模式,从岗位需求出发,以岗位职业能力培养为核心,采取“教—学—做”一体化的教学方法组织数控铣削的知识和技能内容。

本书内容包括 5 个项目,每个项目下包括若干任务,每个任务以数控工艺分析、数控编程和数控铣削加工为主线,通过项目的引领,首先介绍项目任务实操的具体做法,然后介绍完成该项目任务所需的理论知识。此外,本书最后在附录中还给出了实用的数控铣削刀具、常用量具与使用、常用铣削切削用量选择表、华中 HNC-22M 和 FANUC 指令表、过程性考核记录评价表等。

本书可作为职业教育数控技术、模具技术、计算机辅助设计与制造、机电一体化等专业的教学用书,也可以作为成人教育、数控技术培训的教材,同时也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削加工项目进阶教程 / 余英良主编. — 北京:
航空工业出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5165-0653-0

I. ①数… II. ①余… III. ①数控机床—铣削—教材
IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 011205 号

数控铣削加工项目进阶教程

Shukong Xixue Jiagong Xiangmu Jinjie Jiaocheng

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2015 年 1 月第 1 版

2015 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 17

字数: 393 千字

印数: 1—5000

定价: 38.00 元



数控机床的日益普及对数控机床编程和操作人员提出了更高的要求。本书以项目教学的模式,从岗位需求出发,以岗位职业能力培养为核心,采取“教—学—做”一体化的教学方法组织数控铣削的知识和技能。

在本书的编写过程中,按照学生的认知规律,从易到难设置了5个项目,每个项目包括若干任务,每个任务以数控工艺分析、数控编程和数控铣削加工为主线,通过项目的引领,首先介绍项目任务实操的具体做法,然后介绍完成该项目任务所需的理论知识。此外,本书最后在附录中还给出了实用的数控铣削刀具、常用量具与使用、常用铣削切削用量选择表、华中 HNC-22M 和 FANUC 指令表、过程性考核记录评价表等。

本书的编写具有以下特点:

1. 案例典型。按照实际数控铣加工的工艺过程(工件装夹→刀具切削参数选择→确定刀具运行轨迹路线→轨迹节点计算→程序编制与剖析→加工操作)的模式,详尽地给出了项目任务在实际中的具体做法。这种做法实质就是一个实用的生产型案例,掌握了从易到难多种零件结构的数控编程和加工,就可以掌握千变万化的各类零件的数控编程和加工。

2. 程序完整。在确定刀具运行轨迹路线的工艺环节,本书详尽地给出了确定刀具运行轨迹路线的具体做法,同时准确地确定轨迹节点并进行轨迹节点的标记,然后与相应的程序段配合讲解,方便学生学习和借鉴。

3. 实用性突出。在本书的附录中,以工具书的形式给出了实用的数控铣削刀具、常用量具与使用、铣削切削用量选择表以及过程性考核记录评价表等,方便学生学习和教师教学时进行考核评价。

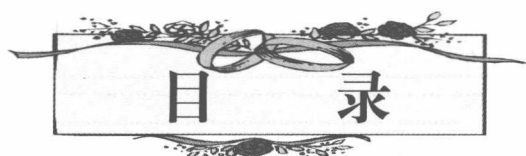
本书案例取材于广东省示范性高等职业院校建设的资助项目“零件的数控铣削加工”精品资源共享课程的教学资源。

本书由珠海城市职业技术学院余英良担任主编,珠海城市职业技术学院李军利、廖桂波担任副主编,参加编写的还有珠海城市职业技术学院尹秉奎、龙卫仁、黄志强、杨宝鹏、郑州信息科技职业学院李东辉、漯河职业技术学院余轶等。

限于编写水平,书中错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2014年12月



项目 1 数控铣床操作	1
任务 1.1 数控铣床及其仿真软件操作	1
任务说明	1
进阶目标	2
实施条件	2
考核与评估	2
知识连接	3
1.1.1 数控铣床/加工中心	3
1.1.2 数控加工仿真软件	6
1.1.3 工件的装夹方式	7
1.1.4 工件的实际装夹操作	9
任务 1.2 数控铣床控制面板操作	10
任务说明	10
进阶目标	10
实施条件	10
考核与评估	11
知识连接	11
1.2.1 华中数控 HNC-22M 系统面板操作	11
1.2.2 FANUC 0i M 系统面板操作	14
任务 1.3 数控铣床系统面板对刀操作	18
任务说明	19
进阶目标	19
实施条件	19
考核与评估	19
知识连接	20
1.3.1 铣刀刀位点	20
1.3.2 铣刀的安装操作	21
1.3.3 华中数控 HNC-22M 系统对刀操作	23



1.3.4 FANUC Oi M 系统对刀操作	26
训练题集	30
项目 2 零件轮廓铣削加工	31
任务 2.1 使用基本编程指令的轮廓铣削加工	31
任务说明	31
进阶目标	31
任务决策	32
2.1.1 工艺分析与对策	32
2.1.2 数控编程与剖析	36
2.1.3 加工操作及说明	39
实施条件	40
考核与评估	41
知识连接	41
2.1.4 编程基础	41
2.1.5 华中数控 HNC-22M 系统程序操作流程	47
2.1.6 FANUC Oi M 程序操作流程	48
2.1.7 进退刀走刀规范	49
任务 2.2 不使用刀具半径补偿的轮廓铣削加工	50
任务说明	51
进阶目标	51
任务决策	52
2.2.1 工艺分析与对策	52
2.2.2 数控编程及剖析	55
2.2.3 加工操作及说明	58
实施条件	59
考核与评估	59
知识连接	59
2.2.4 圆弧插补指令 G02 和 G03	59
2.2.5 如何确定不使用刀具补偿指令的刀具轨迹	61
任务 2.3 使用刀具半径补偿的轮廓铣削加工	62
任务说明	62
进阶目标	63
任务决策	63
2.3.1 工艺分析与对策	63



2.3.2 数控编程与剖析	65
2.3.3 加工操作及说明	71
实施条件	72
考核与评估	73
知识连接	73
2.3.4 刀具半径补偿指令	73
2.3.5 刀具长度补偿指令	78
训练题集	80
项目 3 零件内轮廓铣削加工	84
任务 3.1 零件狭窄内轮廓的铣削加工	84
任务说明	84
进阶目标	84
任务决策	85
3.1.1 工艺分析与对策	85
3.1.2 数控编程与剖析	92
3.1.3 加工操作及说明	96
实施条件	98
考核与评估	98
知识连接	99
3.1.4 内轮廓加工的进刀方式	99
3.1.5 内轮廓加工的工艺路线	100
任务 3.2 零件一般内轮廓铣削加工	102
任务说明	103
进阶目标	103
任务决策	104
3.2.1 工艺分析与对策	104
3.2.2 数控编程与剖析	111
3.2.3 加工操作及说明	117
实施条件	118
考核与评估	119
知识连接	119
3.2.4 子程序与简化编程指令	119
训练题集	127



项目 4 配合件铣削加工	130
任务 4.1 配合件配作加工	130
任务说明	130
进阶目标	130
任务决策	132
4.1.1 工艺分析与对策	132
4.1.2 数控编程与剖析	139
4.1.3 加工操作及说明	146
实施条件	147
考核与评估	148
知识连接	148
4.1.4 配合加工方法	148
4.1.5 装配方法	150
训练题集	151
项目 5 孔系零件的铣削加工	156
任务 5.1 使用固定循环指令钻孔	156
任务说明	156
进阶目标	156
任务决策	157
5.1.1 工艺分析与对策	157
5.1.2 数控编程与程序剖析	159
5.1.3 加工操作及说明	159
实施条件	162
考核与评估	163
知识连接	163
5.1.4 固定循环编程指令	163
5.1.5 钻孔加工	167
任务 5.2 深孔钻削及铰孔	170
任务说明	170
进阶目标	171
任务决策	172
5.2.1 工艺分析与对策	172
5.2.2 数控编程与剖析	174



5.2.3 加工操作及说明	176
实施条件	177
考核与评估	178
知识连接	178
5.2.4 深孔加工循环编程指令	178
5.2.5 铰削加工	180
任务 5.3 镗孔及攻螺纹	181
任务说明	181
进阶目标	182
任务决策	183
5.3.1 工艺分析与对策	183
5.3.2 数控编程与剖析	184
5.3.3 加工操作及说明	188
实施条件	189
考核与评估	189
知识连接	190
5.3.4 镗孔加工循环编程指令	190
5.3.5 螺纹攻丝编程指令	193
5.3.6 镗削及攻丝加工	194
训练题集	195
附录	201
附录 1 数控铣削刀具	201
附录 2 常用量具与使用	213
附录 3 常用铣削切削用量选择表	225
附录 4 华中 HNC-22M 指令表	232
附录 5 FANUC 0iM 指令表	233
附录 6 过程性考核记录单、评价表	235
参考文献	259

项目 1 数控铣床操作

学习数控铣削编程和加工之前，应当首先进行数控铣床的手动操作练习，初步了解数控铣床的结构、控制面板和系统操作以及机床的性能和运动，为后续学习编程打下良好的基础。本项目基于数控铣削仿真软件和数控铣床，设置了仿真软件基本操作（包含工件的装夹方式及工件的实际装夹操作）、数控铣床控制面板操作、数控铣床系统面板（包含手动装刀操作）对刀操作等 3 个循序渐进的任务。

任务 1.1 数控铣床及其仿真软件操作



数控仿真软件是初学者学习数控机床操作与编程的重要工具，它是怎样的一个操作平台？与真实的数控铣床有何异同？又包含哪些主要功能呢？



任务说明

运行数控加工仿真软件，了解软件界面操作，选择合适的数控铣床系统，完成工件设置与工件装夹等基本操作。

手动操作，完成如图 1-1-1 所示工件在数控铣床上的装夹，综合地体验工件在数控铣床上进行装夹的基本手动操作，包括定位基准选择，夹具选择、装夹方式确定等。

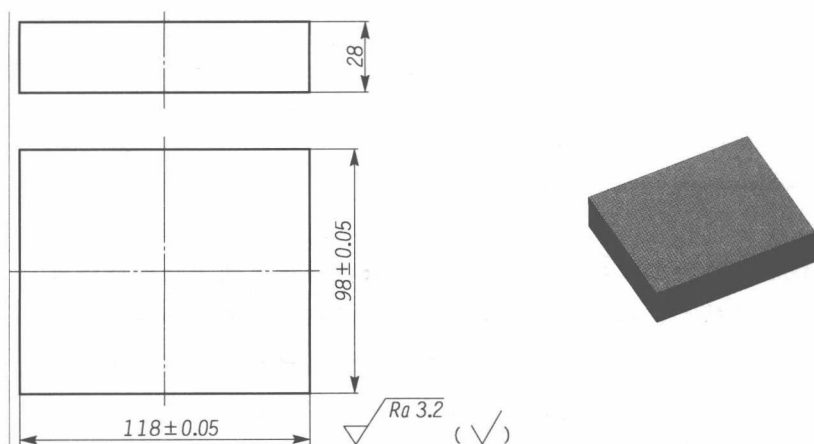


图 1-1-1 工件图



进阶目标

- 熟悉一款仿真软件的界面操作；
- 熟悉虚拟数控铣床的操作准备。



实施条件

完成本任务需要多方面条件的准备与资源配合，包括计算机房、配套仿真软件等，详细内容如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 实施条件清单

序号	名称	规格	数量	备注
设备与场地				
1	计算机	计算机室	1 台/人	条件允许可使用理实一体化教学场地
2	仿真软件	仿真软件正常运行	1 套/台	
3	数控铣床	数控铣床实训场地（室）	1 套/台	



考核与评估

本任务考核内容包括仿真软件操作、基本机床配置操作、工作过程中所表现的职业素养等，考核结合自评、互评、教师评价因素，评定总体表现。任务考核与评估内容汇总按

附录6表1-1进行。



选择一款合适的仿真软件进行讲授和示范,学员跟随模仿,反复练习。直到实现独立操作。

学习过程中除教师引导和使用本教材之外,学员应主动查阅互联网、机床操作手册等参考资料。

对于首次接触数控铣床的学员,学会使用机用虎钳进行手动装夹工件即可,可节省任务时间,工件的其他装夹方式操作在后续任务中陆续引入。



知识连接

1.1.1 数控铣床/加工中心

数控铣床是数字程序控制铣床的简称,它具有通用性好、加工精度高、加工效率高的特点,广泛应用于一般机械加工和模具制造中。数控铣床和加工中心的主要区别是:数控铣床没有刀库和自动换刀装置,而加工中心是带有刀库并具有自动换刀功能的数控铣床。

数控铣床一般按主轴位置可以分为:卧式数控铣床、立式数控铣床和卧立两用数控铣床,如图1-1-2所示。

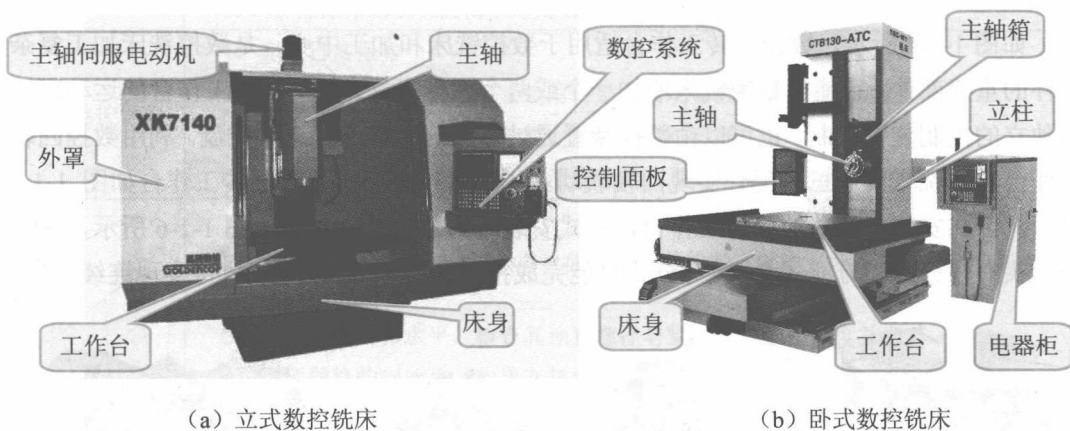


图1-1-2 数控铣床的常见种类

立式数控铣床其主轴轴线垂直于水平面,立式数控铣床通常采用三轴坐标联动或三轴坐标两轴联动加工。卧式数控铣床主轴轴线平行于水平面,为了扩大加工范围,卧式数控铣床通常通过增加数控回转工作台来实现四坐标轴或五坐标轴加工。立卧两用数控铣床的主轴轴线方向可以变换,既具备立式数控铣床的功能又具备卧式数控铣床的功能。

按采用的数控系统功能,数控铣床可以分为经济型数控铣床、全功能数控铣床和高速

铣削数控铣床；本书主要介绍立式数控铣床及其铣削加工。

1. 数控铣床的加工工艺类型

铣削加工是机械加工中最常见的加工方法之一，主要以平面铣削和轮廓铣削为主。数控铣床的加工工艺类型主要包括：铣平面、铣槽、铣台阶、铣曲面等，还包括对零件的钻、扩、铰、镗、铰以及铣螺纹等加工功能，如图 1-1-3 所示。

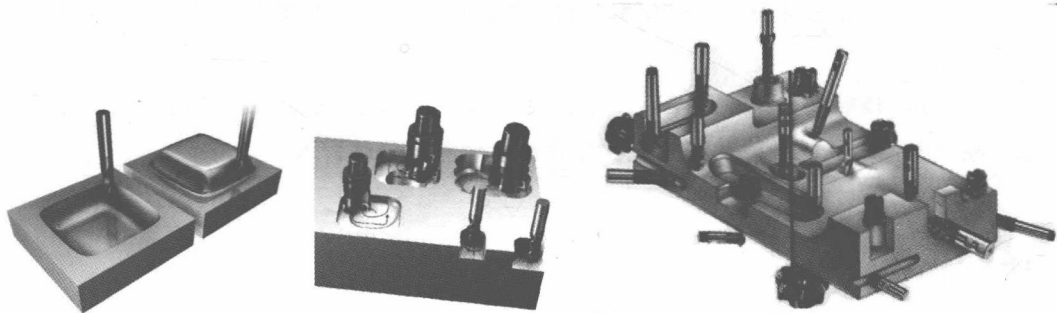


图 1-1-3 数控铣床加工工艺类型

2. 数控铣床结构

(1) 数控铣床整体结构

数控铣床的典型结构包括：床身、工作台、电气柜、立柱、主轴箱、主轴、数控系统、主轴伺服电动机、控制面板等，还包括检测装置等。

(2) 数控铣床的常用附件

如图 1-1-4 所示，数控回转工作台适用于数控铣床和加工中心，是数控铣床加工复杂零件的重要部件。它能使数控铣床增加一个或两个回转坐标。数控回转工作台的运动可以由独立的控制装置控制，也可以由数控装置通过相应的接口连接进行控制。利用数控回转工作台可与铣床其他三轴配合实现四轴联动。华中数控生产的数控回转工作台如图 1-1-5 所示，卧式安装时为数控回转工作台，立式安装时为数控分度头。如图 1-1-6 所示，数控分度头有等分式和万能式两类。等分式只能完成指定的等分分度，万能式可实现连续分度。

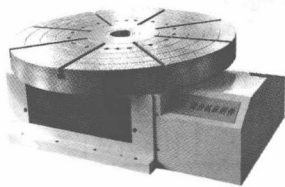


图 1-1-4 数控回转工作台

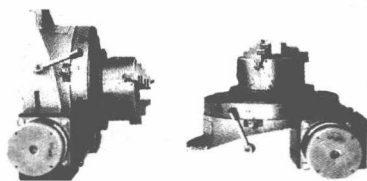


图 1-1-5 数控回转工作台

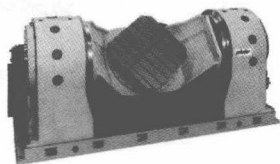


图 1-1-6 数控分度头

3. 数控铣床的维护保养

为了使数控铣床保持良好的工作状态，保持稳定的加工质量，防止和减少故障发生，坚持定期检查和按要求维护保养十分重要。不同型号的数控铣床日常保养内容和要求不完



全一样，对于具体的机床，应按其说明书的规定执行。

数控机床的维护保养要有科学的管理，有计划、有目的制定相应的规章制度，对此应该严格遵守。对于维护过程中发现的故障隐患应及时加以清除，避免停机待修，从而延长平均无故障时间，增加机床的开动率。

数控铣床常规的日常维护保养工作按表 1-1-2 的要求进行。

表 1-1-2 数控铣床定期维护保养项目表

维护保养周期	检查及维护保养内容
日常维护保养	1. 清除围绕在工作台、底座、十字滑台等周围的切屑灰尘以及其他的外来物质 2. 清除机床表面上下的润滑油、切削液与切屑 3. 清除无护盖保护的导轨上的所有外来物质 4. 清理导轨护盖 5. 清理外露的极限开关及其周围 6. 小心清理电气组件 7. 检查中央润滑油箱的油量液面，应维持油量在适当的液位 8. 检查并确认空气过滤器的杯中积水已被完全排除干净 9. 检查所需的压力值是否达到正确值 10. 检查管路有无漏油，如果发现漏油，应采取必要的对策 11. 检查切削液、切削液管，切削液箱中是否有外来物质，如果有将其清除 12. 检查切削液容量，如有需要则添加补充 13. 检查操作面板上的指示灯是否正常或是闪烁不定
每周维护保养	1. 完成日常保养 2. 检查主轴前端，刀塔与其他附件是否出现锯齿状裂纹或其他损伤 3. 检查主轴周围有无其他异物，如有请及时清理 4. 检查液压系统的油液位，如液位偏低，及时添加补充所指定的液压油
每月维护保养	1. 完成每周保养 2. 清理电气箱内部与 NC 设备，如果空气过滤器已脏则更换，不要使用溶剂清洗过滤网 3. 检查机床是否水平，检查其地脚螺栓与紧固螺帽的松紧度并调节 4. 清理导轨的刮油片，如果有耗损或破裂情形须及时更换 5. 检查变频器与极限开关是否功能正常 6. 清理主轴头润滑单元的油路过滤器 7. 检查配线是否牢固，有无松脱或中断的情形 8. 检查互锁装置的功能是否正常 9. 更换切削液，清洗切削液箱及管路内部，重新加入新的切削液



续表

维护保养周期	检查及维护保养内容
半年维护保养	1. 完成每周与每月的保养 2. 清理 NC 设备中电气控制单元与机床 3. 更换液压油以及主轴头与工作台的润滑剂,在供应新的液压油或是润滑剂之前,先清理箱体内部 4. 清理所有的电机 5. 检查电机的轴承有无噪声,如果有异音,请更换电机轴承 6. 目视检查电气装置与操作面板 7. 检查每一个指示器与电压计,看是否正常,如有需要,要及时调整或更换 8. 按照生产厂指示,清洗润滑泵 9. 使用一个测试用卷尺,检查机床的移动 10. 测量每一个驱动轴的间隙,如有必要请调整其间隙

1.1.2 数控加工仿真软件

机床操作、程序仿真校验、工艺验证等问题是初级学员学习数控加工会遇到的主要难题,而缺乏机床操作机会是最主要的原因。随着数控仿真技术的发展,国内外均涌现出许多优秀的数控加工仿真软件,为数控加工学习和数控加工工作带来极大地便利。该技术面向实际生产过程的机床仿真操作,加工过程三维动态的逼真再现,能使每一个学生,对数控加工建立感性认识,可以反复动手进行数控加工操作,有效地解决了因数控设备昂贵造成的实训训练成本高的问题,同时降低了初级学员实际操作的危险性,在培养全面熟练掌握数控加工技术的实用型技能人才方面发挥了显著作用。

① 采用数控仿真软件作为学习平台,能大大减少材料的损耗,降低训练场地与设备的管理难度。

② 减低初级学员操作的风险,在电脑上练习,无须担心误操作导致撞机、断刀等事故,尤其是关乎人身安全的事故。

③ 编程实践无须在特定的场地和设备上练习,学员可以不受地点时间的限制,做到全方位全天候的学习和练习。

④ 数控加工中进行验证与优化。可以进行干涉检查,协助预判刀具与工件、夹具、机床部件等相互间的碰撞,这在多轴加工和使用复杂夹具的场合尤其重要;可以进行切削检查,协助预判工件在某些部位的过切或少切现象;可以进行智能工艺验证与切削参数优化等。

图 1-1-7 所示为某数控铣削仿真软件的主界面。

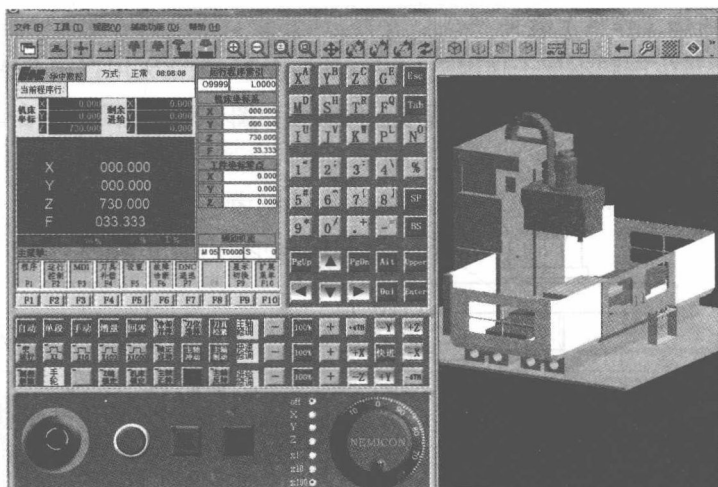
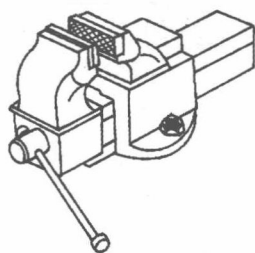


图 1-1-7 数控铣削仿真软件

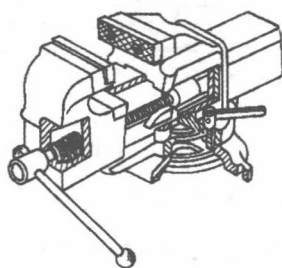
1.1.3 工件的装夹方式

1. 机用虎钳装夹

在数控铣床加工中,最常采用的工件装夹方法是利用机用虎钳进行工件的装夹。机用虎钳的结构如图 1-1-8 所示,用机用虎钳装夹矩形工件如图 1-1-9 所示。



(a) 固定式



(b) 回转式

图 1-1-8 机用虎钳

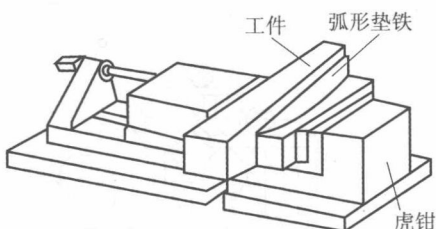
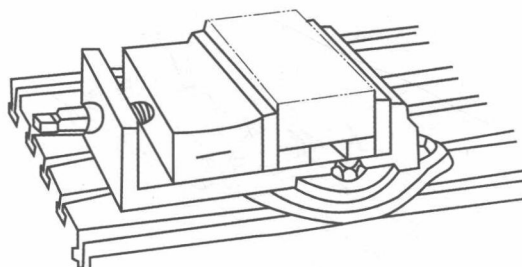


图 1-1-9 机用虎钳装夹工件



2. 直接在铣床工作台上装夹

在单件或少量生产和不便于使用夹具夹持的情况下,常常采用直接在铣床工作台上装夹。矩形工件装夹如图 1-1-10 所示,圆形工件装夹如图 1-1-11 所示。

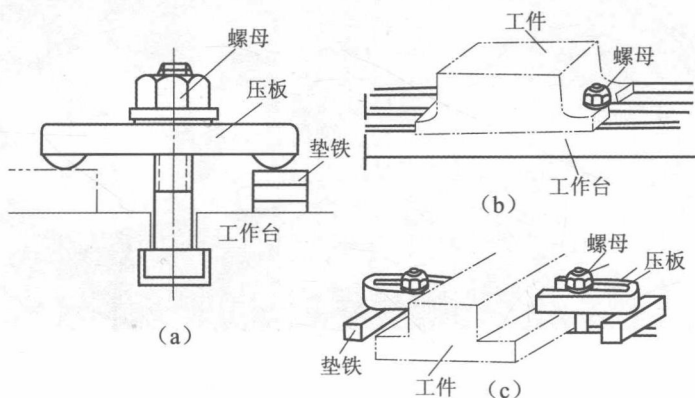


图 1-1-10 矩形工件装夹

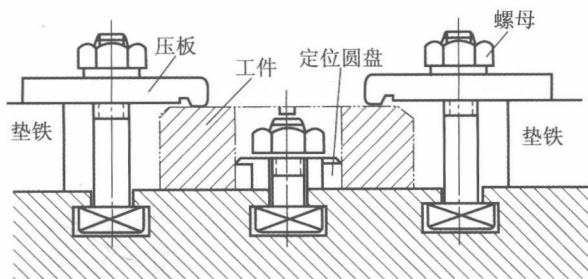
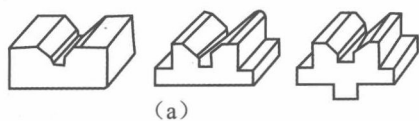


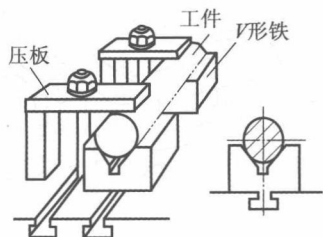
图 1-1-11 圆形工件装夹

3. 利用 V 形铁和双虎钳装夹

轴类工件通常用 V 形铁进行装夹,利用压板将工件夹紧。V 形铁的类型和装夹如图 1-1-12 所示。铣削长形工件时,可使用双虎钳把工件夹紧,如图 1-1-13 所示。



(a)



(b)

图 1-1-12 V 形铁装夹工件

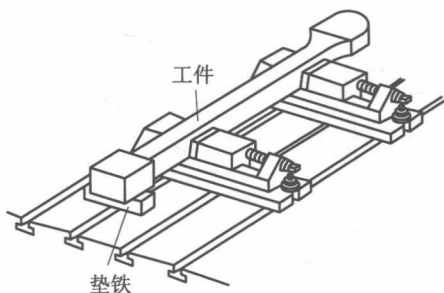


图 1-1-13 长工件的装夹方法