

国家职业资格技能培训与鉴定教材

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

国家职业技能培训与鉴定教程 数控铣工

初级、中级/国家职业资格五级、四级

主审 皮智谋

主编 刘瑞已

湘潭大学出版社

国家职业技能培训与鉴定教程

数 控 铣 工

(初级、中级/国家职业资格五级、四级)

主
主
副主



编：李 强 欧阳陵江 陈志坚

湘潭大学 出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控铣工：初级、中级/国家职业资格五级、四级/刘瑞已主编. — 湘潭：湘潭大学出版社, 2013.10

国家职业技能培训与鉴定教程

ISBN 978-7-81128-553-6

I. ①数… II. ①刘… III. ①数控机床—铣床—职业技能—鉴定—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 265573 号

责任编辑：王亚兰 丁立松

封面设计：刘 扬

出版发行：湘潭大学出版社

社 址：湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真)：0731-58298966 0731-58298960

邮 编：411105

网 址：<http://press.xtu.edu.cn/>

印 刷：湖南贝特尔印务有限公司

经 销：湖南省新华书店

开 本：787×1092 1/16

印 张：14.5

字 数：353 千字

版 次：2013 年 10 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 978-7-81128-553-6

定 价：29.00 元

(版权所有 严禁翻印)

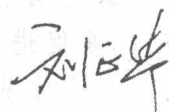
序 言

人力资源是国家发展、民族振兴最重要的战略资源,是国家经济社会发展的第一资源,是促进生产力发展和体现国家综合国力的第一要素。加强人力资源开发工作和人才队伍建设是加快我国现代化建设进程中事关全局的大事,始终是一个基础性、全面性、决定性的战略问题。坚持人才优先发展,加快建设人才强国对于全面实现小康社会目标、建设富强民主文明和谐的社会主义现代化国家具有决定性意义。党和国家历来高度重视人力资源开发工作,改革开放以来,尤其是进入新世纪新阶段,党中央和国务院作出了实施人才强国战略的重大决策,提出了一系列加强人力资源开发的政策措施,培养造就了各个领域的大批人才。但当前我国人才发展的总体水平同世界先进国家相比仍存在较大差距,仍有许多地方不适应我国经济社会发展的需要。为此,《国家中长期人才发展规划纲要(2010~2020年)》提出:“坚持服务发展、人才优先、以用为本、创新机制、高端引领、整体开发的指导方针,培养和造就规模宏大、结构优化、布局合理、素质优良的人才队伍,确立国家人才竞争比较优势,进入世界人才强国行列,为在本世纪中叶基本实现社会主义现代化奠定人才基础。”职业教育培训是人力资源开发的主要途径之一,加强职业教育培训,创新人才培养模式,加快人才队伍建设是人力资源开发的重要内容,是落实人才强国战略的具体体现,是实现国家中长期人才发展规划纲要目标的根本保证。

职业教育培训教材是职业教育培训的重要支柱,是体现职业教育培训特色的知识载体和教学的基本工具,是培养和造就高技能人才的基本保证。为满足广大劳动者职业培训鉴定需要,湖南省职业技术培训研究室紧跟我国人力资源开发需要,坚持“以职业活动为导向,职业能力为核心,职业技能标准为依据”的原则,有计划地组织省内院校和大型企业专家,采用先进的开发理念和开发模式,陆续开发了相关职业的职业技能培训教程、职业技能鉴定指南等一系列教材。这是推动培训鉴定紧密结合的大胆尝试,是促进广大劳动者深入学习、提高职业能力和综合素质、促进人才队伍建设的一项重要基础性工作,很有意义,是一件大好事。

组织开发高质量的职业培训鉴定教材,加强职业培训鉴定教材建设,为技能人才培养提供技术和智力支持,对于提高技能人才培养质量,推动职业教育培训科学发展非常重要。我们要适应新形势、新任务的要求,针对职业培训鉴定工作的实际需要,统一规划,总结经验,加以完善,努力把职业培训鉴定教材建设工作做得更好,为提高劳动者素质、促进就业和经济社会发展作出积极贡献。

湖南省人力资源和社会保障厅副厅长



2012年10月

前 言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物。它的出现以及所带来的巨大效益,引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。随着科学技术的迅猛发展,数控机床技术已是衡量一个国家机械制造业水平的重要标志。发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路,是制造业大国必不可少的技术依托,是未来工厂自动化的基础。数控机床的大量使用,需要大批熟练掌握其编程、操作和维修的工程技术人员和技术工人,这为高等职业教育和职业技能培训提供了广阔的市场。

数控加工技术(数控机床、数控刀具、数控工艺、数控编程、数控加工及操作)是一门应用性极强的技术。学生在校所培养的能力与实际生产中的要求不可避免地存在着一定的差距,需要在走向工作岗位后继续不断地学习。学习的重点在于:在实际生产中细化所学知识,不断提高应用水平,以解决生产中遇到的各种实际问题。首先需要培养的是进行数控实际加工的能力,其次是能够编制和使用从数控加工到生产技术管理涵盖数控应用技术全过程的数控加工技术文件。这对于在实际应用中规范和完善数控技术将起到重要的作用。目前,机械领域的人才培养模式越来越完善,在职业院校和企业推广并实施职业资格技能鉴定考试,取得了非常好的成效,越来越多的机械技术工人通过技能鉴定考试取得了职业资格上岗证书。

但是,目前很多机械技术工人和院校学生对技能鉴定的试题考点了解得还不是很清楚,缺少相关的实际操作训练课题。为了使数控技术员工顺利通过职业资格技能鉴定考试,并在学习中提高实际工作技能,满足技术工人的自学和技工学校、职业学校的数控教学之用,湖南省劳动和社会保障厅组织省内有关专家编写了《数控铣工职业技能鉴定培训教程》等图书。

本书内容紧密联系职业技能鉴定的要求,按照国家职业标准,并结合湖南省实际情况安排了数控铣工初、中级职业技能鉴定的有关知识,其目的是让考生学习并掌握技能鉴定的考点、知识点,并按照实例进行操作训练。在讲解每一个技能样例的过程中,针对知识点和技能点,着重分析该样例的加工工艺及编程技能技巧,简明扼要、图文并茂、通俗易懂。另外,本书还提供了职业技能鉴定训练试题。

全书由湖南省工业职业技术学院刘瑞已老师主编并统稿,由李强、欧阳陵江和陈志坚老师任副主编,湖南省工业职业技术学院皮智谋副教授任主审。在编写过程中,湖南省工业职业技术学院数控教研室对本书的编写也给予了大力帮助和支持,在此表示感谢。

限于编者水平,书中疏漏、不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

数控铣工职业技能培训和职业技能鉴定研究课题组

2013年4月

目 录

第 1 章 数控铣床基础知识	(1)
1.1 数控铣床简介	(1)
1.1.1 数控铣床的基本组成	(1)
1.1.2 数控铣床的主要加工对象	(2)
1.1.3 数控铣床的主要功能	(3)
1.2 数控铣削加工常用工具	(4)
1.2.1 数控铣削常用刀具	(4)
1.2.2 数控铣削常用夹具	(5)
1.2.3 数控铣削常用量具	(6)
1.3 数控铣床坐标系和刀具补偿	(6)
1.3.1 数控铣床坐标系	(6)
1.3.2 数控铣削的刀具补偿	(9)
1.4 数控铣削加工基本指令代码	(11)
1.5 编程规则与方法	(14)
1.5.1 编程规则	(14)
1.5.2 编程方法	(16)
第 2 章 数控铣削加工工艺	(18)
2.1 数控铣削加工工艺分析	(18)
2.1.1 数控铣削加工工艺概述	(18)
2.1.2 数控加工工艺文件	(19)
2.1.3 零件的工艺分析	(20)
2.1.4 数控铣削加工工艺	(22)
2.2 工件的安装	(27)
2.3 数控铣削加工刀具的类型及选用	(37)
2.3.1 对刀具的基本要求	(37)
2.3.2 常用铣刀的种类	(37)
2.3.3 铣刀的选择	(41)

第 3 章 数控铣床的基本操作	(44)
3.1 数控铣床面板功能	(44)
3.2 数控铣床的安全操作与维护	(49)
3.3 数控铣床的启动和停止	(50)
3.3.1 数控铣床的启动	(50)
3.3.2 数控铣床的停止	(51)
3.4 机床回参考点	(51)
3.4.1 机床回参考点注意事项	(51)
3.4.2 机床回参考点操作步骤	(51)
3.5 手动操作	(52)
3.5.1 用手轮移动坐标轴	(52)
3.5.2 手动连续进给(JOG)	(52)
3.5.3 增量进给	(53)
3.6 MDI 操作	(53)
3.6.1 MDI 操作说明	(53)
3.6.2 MDI 操作步骤	(54)
3.7 数控程序的输入与编辑	(55)
3.8 对刀操作与刀具补偿	(57)
第 4 章 数控铣床的编程	(63)
4.1 数控铣床坐标系	(63)
4.1.1 机床原点、机床坐标系和机床参考点	(63)
4.1.2 编程原点与编程坐标系	(64)
4.1.3 工件坐标系原点与工件坐标系	(65)
4.2 数控铣床编程通用 G 指令	(66)
4.3 法那克系统编程	(72)
4.3.1 法那克系统基本编程指令的应用	(72)
4.3.2 法那克系统基本编程实例	(77)
4.3.3 法那克系统高级指令编程	(79)
4.3.4 固定循环	(89)
4.4 SIEMENS 系统的编程	(97)
4.4.1 SIEMENS 系统程序的格式与结构	(97)
4.4.2 SIEMENS 系统基本编程指令	(98)
4.4.3 SIEMENS 系统简化编程指令	(103)
4.4.4 循环指令	(107)
4.4.5 子程序	(126)

4.5 数控铣床华中 HNC-21/22M 系统编程	(127)
4.5.1 主要编程指令	(127)
4.5.2 典型实例	(132)
第 5 章 数控铣工初、中级训练试题	(137)
5.1 职业技能鉴定初级工实操训练试题	(137)
5.1.1 初级工职业技能鉴定实操试题一	(137)
5.1.2 初级工职业技能鉴定实操试题二	(141)
5.1.3 初级工职业技能鉴定实操试题三	(146)
5.1.4 初级工职业技能鉴定实操试题四	(151)
5.1.5 初级工职业技能鉴定实操试题五	(156)
5.2 中级工职业技能鉴定实操训练试题	(162)
5.2.1 中级工职业技能鉴定实操试题一	(162)
5.2.2 中级工职业技能鉴定实操试题二	(167)
5.2.3 中级工职业技能鉴定实操试题三	(172)
5.2.4 中级工职业技能鉴定实操试题四	(179)
5.2.5 中级工职业技能鉴定实操试题五	(184)
5.3 初级工职业技能鉴定理论试题	(190)
5.3.1 初级工职业技能鉴定理论试题一	(190)
5.3.2 《初级工职业技能鉴定理论试题一》参考答案	(194)
5.3.3 初级工职业技能鉴定理论试题二	(195)
5.3.4 《初级工职业技能鉴定理论试题二》参考答案	(199)
5.3.5 初级工职业技能鉴定理论试题三	(200)
5.3.6 《初级工职业技能鉴定理论试题三》参考答案	(204)
5.3.7 初级工职业技能鉴定理论试题四	(205)
5.3.8 《初级工职业技能鉴定理论试题四》参考答案	(207)
5.4 中级工职业技能鉴定理论试题	(208)
5.4.1 中级工职业技能鉴定理论试题一	(208)
5.4.2 《中级工职业技能鉴定理论试题一》参考答案	(213)
5.4.3 中级工职业技能鉴定理论试题二	(214)
5.4.4 《中级工职业技能鉴定理论试题二》参考答案	(219)
参考文献	(220)

第 1 章 数控铣床基础知识

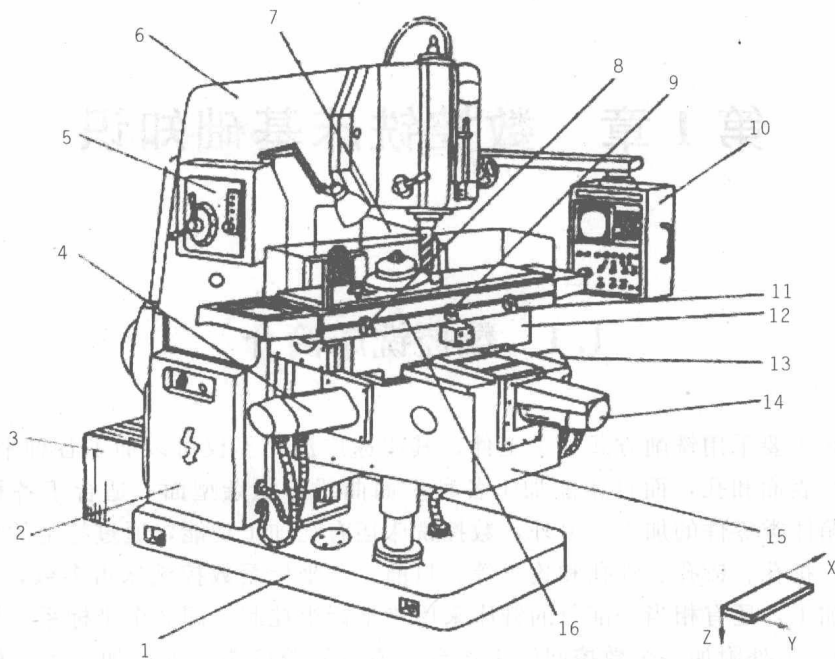
1.1 数控铣床简介

数控铣床主要采用铣削方式加工工件，其用途广泛，不仅可以加工各种平面、沟槽、螺旋槽、成形表面和孔，而且还能加工各种平面曲线等复杂型面，适合于各种模具、凸轮、板类及箱体类零件的加工。另外，数控铣床还有孔加工功能，通过特定的功能指令可以进行钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻丝等。目前，三坐标数控铣床占多数，可以进行 3 个坐标联动加工，还有相当一部分的铣床采用二坐标半控制（即 3 个坐标系中任何 2 个坐标联动加工）。另外附加一个数控回转工作台（或数控分度头）就增加一个坐标，可扩大加工范围。

1.1.1 数控铣床的基本组成

这里以 XK5040A 型数控铣床为例，XK5040A 型数控铣床主要用于加工小批量、多品种、尺寸形状复杂、精度要求较高的零件，如凸轮、样板、靠模、模具弧形模等平面曲线。

图 1-1 所示为 XK5040A 型数控铣床的外形图，它为两轴半控制的数控铣床。床身 6 固定在底座 1 上，用于安装机床各部件。操纵箱 10 上有 CRT 显示器、机床操作按钮和各种开关及指示灯。纵向工作台 16、横向滑板 12 安装在升降台 15 上，通过纵向进给伺服电动机 13、横向进给伺服电动机 14 和垂直升降进给伺服电动机 4 的驱动，完成 X、Y、Z 方向进给。强电柜 2 中装有机床电气部分的接触器、继电器等。变压器箱 3 安装在床身立柱后面。数控柜 7 内装有机床数控系统。保护开关 8、11 可控制纵向行程硬限位；挡铁 9 为纵向参考点设定挡块，主轴变速手柄 5 和按钮板用手动调整主轴的正、反转和停止以及切削液的开/停等。



1-底座;2-强电柜;3-变压器箱;4、13、14 伺服电动机;5-主轴变速手柄;6-床身;7-数控柜;
8、11-保护开关;9-挡铁;10-操纵箱;12-横向滑板;15-升降台;16-纵向工作台

图 1-1 XK5040A 型数控铣床的外形图

1.1.2 数控铣床的主要加工对象

铣削是机械加工中最常见的加工方法之一，它主要包括平面铣削和轮廓铣削。在铣削加工中，它特别适用于加工下列几类零件：

1. 平面类零件

平面类零件是指加工平面与水平面的夹角为定角的零件。这类零件的特点是，各个加工表面都是平面，或可以展开为平面，如图 1-2 中的曲线轮廓面 M 和斜平面 P ，以及圆台侧平面 N 。

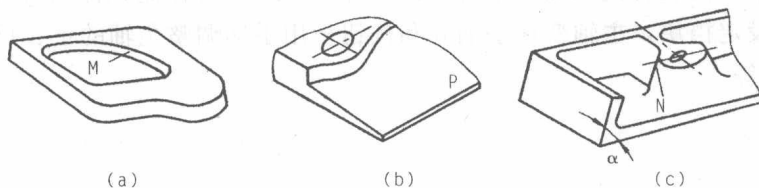


图 1-2 平面类零件

2. 变斜角类零件

变斜角类零件是指加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件，如图 1-3 所示。其加工面不能展开为平面，但在加工中，铣刀圆周与加工面接触的瞬间为一条直线。

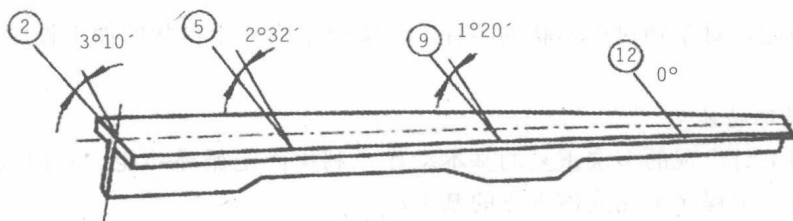


图 1-3 变斜角类零件

3. 曲面类零件

曲面类零件是指加工面为空间曲面的零件，如图 1-4 所示。其特点是，加工平面不能展开为平面，且加工面与铣刀始终为点接触。

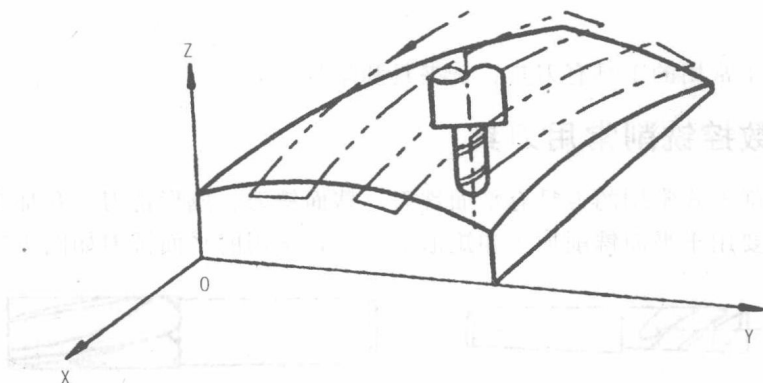


图 1-4 曲面类零件

1.1.3 数控铣床的主要功能

各类数控铣床配置的数控系统不同，其功能也不相同。除具有各自的特点以外，常具有以下功能：

1. 点位控制功能

利用此功能，数控铣床可以进行只需要作点位控制的钻孔、扩孔、铰孔、铰孔和镗孔等加工。

2. 连续轮廓控制功能

利用此功能，数控铣床通过直线与圆弧插补，可以实现对刀具运动轨迹的连续轮廓控制，加工出由直线和圆弧两种几何要素构成的平面轮廓工件以及一些空间曲面。

3. 刀具半径自动补偿功能

在编程时利用此功能可以很方便地按照工件实际轮廓形状和尺寸进行编程计算，而加工中可以使刀具中心自动偏离工件轮廓一个刀具半径，加工出符合要求的轮廓表面。通过改变刀具半径补偿值的正负，还可以用同一加工程序加工某些需要相互配合的工件（如相互配合的凹凸模）。

4. 刀具长度自动补偿功能

利用此功能，可以自动改变切削平面的高度，降低制造与返修时对刀具长度尺寸的精度要求，还可以弥补轴向对刀误差。

5. 镜像加工功能

利用此功能，对于轴对称形状的零件，只需要编出一半形状的加工程序就可以完成全部加工。

6. 固定循环功能

为简化加工时出现的多次重复的基本动作，利用固定循环功能，专门设计一子程序，在需要时调用该子程序来完成该重复的基本动作。

7. 特殊功能

比如数控仿形加工等。

1.2 数控铣削加工常用工具

数控铣床加工常用的工具有刀具、铣夹具和量具。

1.2.1 数控铣削常用刀具

数控立式铣削方式常用的刀具有平面铣刀、球面铣刀、成形铣刀、孔加工刀具。

平面铣刀主要用于平面铣削加工和矩形槽加工，常用的平面铣刀如图 1-5 所示。

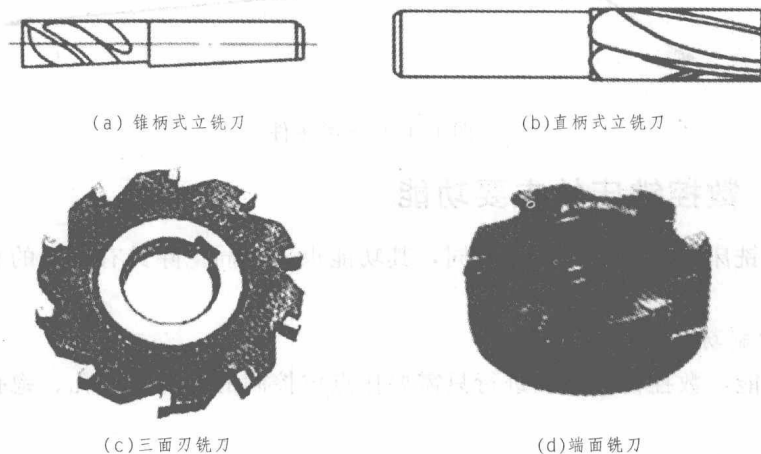


图 1-5 平面铣刀

球面铣刀常用于模具型腔加工和三维曲面加工，如图 1-6 所示。

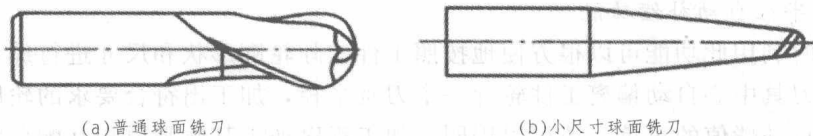


图 1-6 球面铣刀

成形铣刀常用于型槽的加工，如梯形槽、矩形槽、燕尾槽、V 形槽等，如图 1-7 所示。

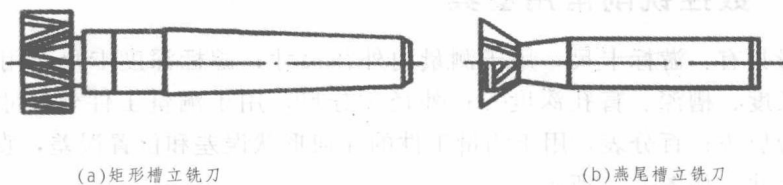


图 1-7 成形铣刀

孔加工刀包括中心钻、麻花钻、扩孔钻、铰刀、镗刀、丝锥等。中心钻用于钻定位孔；麻花钻用于钻小直径孔；扩孔钻用于扩孔，加工比较大的孔径尺寸；铰刀、镗刀用于孔的半精加工和精加工；丝锥用于内螺纹加工。如图 1-8 所示。

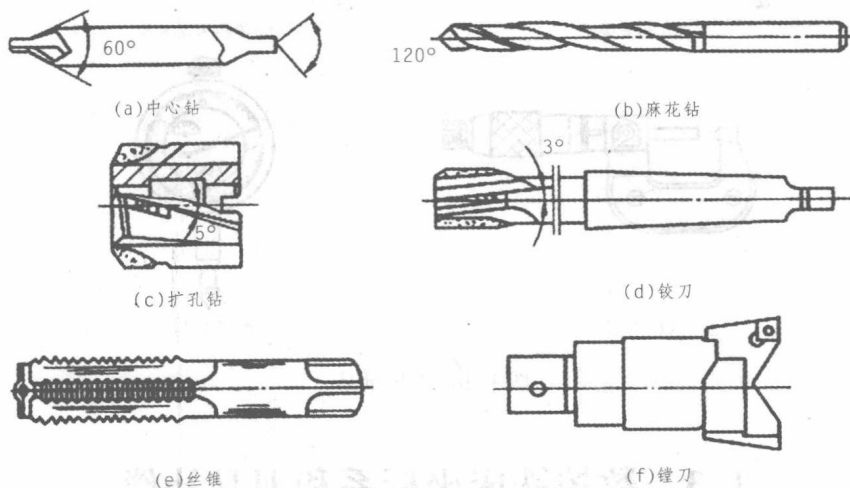


图 1-8 孔加工刀具

1.2.2 数控铣削常用夹具

数控铣削加工常用夹具具有机用平口钳、三爪卡盘及专用夹具。图 1-9 所示为机用平口钳。

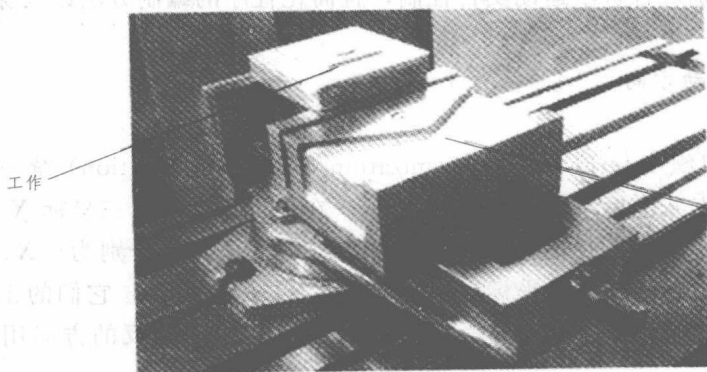


图 1-9 机用平口钳

通常还用垫板和压块作为辅助夹紧工具。

1.2.3 数控铣削常用量具

常用的量具有：游标卡尺，用于测量内外径尺寸；游标深度卡尺，用于测量深度尺寸，如阶梯长度、槽深、盲孔深度等；外径千分尺，用于测量工件外尺寸，如长度、厚度、外径及台肩等；百分表，用于测量工件的几何形状误差和位置误差，直接或比较测量工件的长度尺寸。如图 1-10 所示。

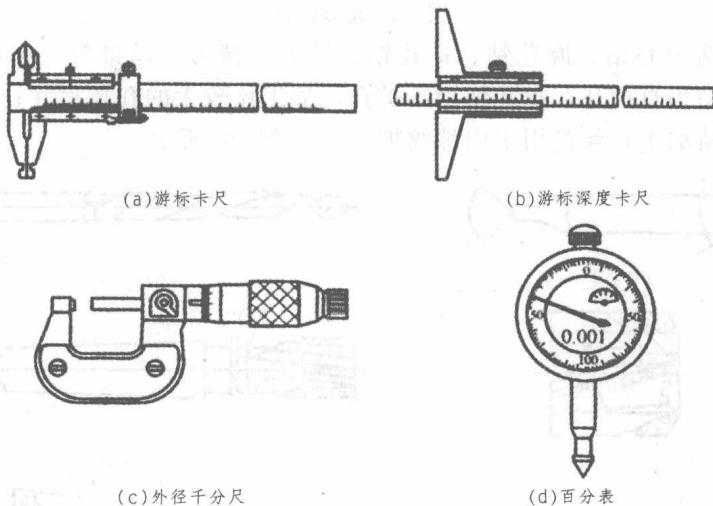


图 1-10 常用量具

1.3 数控铣床坐标系和刀具补偿

1.3.1 数控铣床坐标系

数控铣床的坐标系包括机床坐标系、坐标原点与运动方向。坐标系的建立是为了方便数控机床的控制系统分别对各进给运动实行控制，且简化程序的编制方法以及保证记录数据的互换性。

1. 标准坐标系及运动方向

(1) 坐标系

ISO（国际标准化组织 International Organization for Standardization）统一规定标准坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系，如图 1-11 所示。在该坐标系中，三坐标 X 、 Y 、 Z 表示三条直线坐标轴，三者的关系及正方向用右手定则判定，正方向分别为 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ ；围绕 $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 各轴的回转坐标轴分别为 A 、 B 、 C 坐标轴，它们的正方向用右手螺旋法则判定，正方向分别为 $+A$ 、 $+B$ 、 $+C$ 。与以上正方向相反的方向用 $+X'$ 、 $+A'$ 、 $\dots$ 来表示。

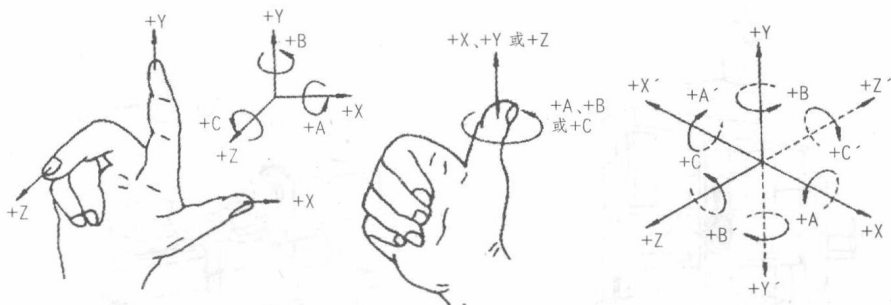


图 1-11 右手直角笛卡儿坐标系

(2) 坐标轴运动方向和命名的原则

① 假定刀具相对于静止的工件运动。当工件移动时，则坐标轴符号上加“'”表示。

注：工艺和编程人员在编程时只考虑不带“'”的运动，机床设计者在设计时还要考虑“'”的运动。

② 刀具远离工件的运动方向为坐标轴的正方向。

③ 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。

(3) 坐标轴

① Z 坐标轴

Z 坐标的运动方向是由传递切削动力的主轴所规定的。规定平行于主轴轴线的坐标为 Z 坐标，若机床有许多主轴，则选尽可能垂直于工件装夹面的主要轴为 Z 轴；对于没有主轴的机床（如刨床），则规定垂直于工件装夹表面的轴为 Z 坐标。Z 坐标的正方向（+Z）是使刀具远离工件的方向。

② X 坐标轴

X 坐标一般是水平的，它平行于工件的装夹平面，平行于主要的切削方向。若 Z 轴是水平的，则从刀具（主轴）向工件看时，X 坐标的正方向指向右边。如果 Z 轴是垂直的，则从主轴向立柱看时，对于单立柱机床，X 轴的正方向指向右边。对于龙门式机床，当从主要主轴向左侧看时，X 坐标的正方向指向右边。对于没有旋转刀具或旋转工件的机床，X 坐标平行于主要的切削力方向，且以该方向为正方向（+X）。

③ 机床的 Y 坐标

Y 轴垂直于 Z、X 轴，根据 Z、X 轴的正方向用右手判别法则确定 Y 坐标的正方向。

(4) 附加坐标轴

为便于编程和加工，有时设置了附加坐标。对于直线运动：如在 X、Y、Z 主要运动之外的第二组平行或不平行它们的坐标 U、V、W，以及第三组运动 P、Q、R。对于旋转运动 A、B、C 以外的其他平行或不平行 A、B、C 的第二组旋转运动坐标 D、E、F。

(5) 数控机床的坐标简图

图 1-12~图 1-15 是 4 种具有代表性的数控机床的坐标简图。图中字母表示运动的坐标，箭头表示运动的正方向。