




■ 全国中等职业技术学校数控加工专业教材 ■

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI

数控加工工艺 编程与操作

(SIEMENS系统铣床与加工中心分册)

 中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

数控加工工艺编程与操作

(SIEMENS 系统铣床与加工中心分册)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺编程与操作: SIEMENS 系统铣床与加工中心分册/沈良翼主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2008

全国中等职业技术学校数控加工专业教材

ISBN 978-7-5045-6884-7

I. 数… II. 沈… III. ①数控机床-加工工艺②数控机床-程序设计③数控机床:铣床④数控机床加工中心 IV. TG659 TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 045848 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 23 印张 513 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

定价: 38.00 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

随着数控加工技术迅速发展和普及，企业对数控加工技能人才的知识和能力结构以及相应的职业教育和培训提出了更高、更新的要求。为适应这一形势，更好地满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学的需要，我们根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《数控加工专业教学计划与教学大纲》，在广泛调研的基础上，组织行业专家、职业教育研究人员、学校一线教师共同开发了中等职业技术学校数控加工专业教材。

本套教材主要包括：《数控加工工艺编程与操作（FANUC 系统车床分册）》《数控加工工艺编程与操作（FANUC 系统铣床与加工中心分册）》《数控加工工艺编程与操作（SIEMENS 系统车床分册）》《数控加工工艺编程与操作（SIEMENS 系统铣床与加工中心分册）》《数控加工工艺编程与操作（国产数控系统车床分册）》《数控加工工艺编程与操作（国产数控系统铣床与加工中心分册）》《CAD/CAM 基础与实训（CAXA）》《CAD/CAM 基础与实训（Mastercam）》《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》《数控机床电气控制系统及其故障诊断与维修》《模具结构与制造》等。

在本套教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：

在教材体系构建方面，充分考虑各个学校教学条件和设备选型的差异，力求满足学校对数控系统和仿真软件的个性化需求。如针对数控加工工艺教学，按照车床、铣床（加工中心）两个系列，分别编写适合 FANUC、SIEMENS 和国产数控系统教学的 6 本教材；针对仿真教学，选取 CAXA 和 Mastercam 两种最常用的软件分别编写《CAD/CAM 基础与实训（CAXA）》《CAD/CAM 基础与实训（Mastercam）》。此外，考虑到各校在专业课程设置上会有某些差异，我们还开发了《数控机床机械系统及其故障诊断与维修》和《数控机床电气控制系统及其故障诊断与维修》，为学校拓展数控加工专业课程设置创造了条件。

在教材编写模式方面，力求反映先进的教学理念，突出理论实训一体化教学的原则。根据任务驱动的先进教学理念，对教材内容进行重组，以典型零件的生产为载体，有机融入理论知识和操作技能。同时，在教材中尽可能多地采用图片、照片以及步骤清晰的操作流程，这样既再现了工作岗位的情境，又激发了学生的学习兴趣。

在教材内容安排方面，根据国家职业标准《数控车工》《数控铣工》《加工中心操作工》《数控机床装调维修工》，以及企业对数控加工人员的岗位要求，以够用实用为度，删除“繁难偏旧”的理论知识，加大技能训练环节教学内容的编写力度。

在教材配套和服务方面，力求满足教师和学生需求。6 本编程教材均配有练习指导，并按照应知和应会两部分内容编写，一方面梳理知识，提供更多的例题解析，另一方面设计了大量练习，帮助学生复习巩固所学知识。此外，教材中涉及的程序均制作成素材包，可以

从中国劳动保障出版社网站 www.class.com.cn 下载。

本套教材的编写得到江苏、浙江、广东、山东、四川、河南、河北、福建等省劳动和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

《数控加工工艺编程与操作 (SIEMENS 系统铣床与加工中心分册)》是为配合学校开展数控加工教学开发的专业教材，主要内容包括数控铣床和加工中心的进阶认识、数控铣削工艺、西门子数控铣床系统编程、数控铣床及加工中心编程实例、数控技术应用等。本书根据数控行业的岗位要求，按照任务驱动的模式编写，通过教学目的、技能导入、相关知识、技能指导、拓展知识等环节组织教材内容，使教材紧紧围绕技能培养这一核心，实现了理论与实践的有机结合。

本书由沈良翼主编，王苏东、陈萧参加编写。

劳动和社会保障部教材办公室

2008年3月

《数控加工工艺编程与操作 (SIEMENS 系统铣床与加工中心分册)》

参 考 学 时

章节内容	总学时	讲授	训练
单元一 数控铣床和加工中心的进阶认识	39	18	21
课题一 认识数控铣床		4	7
课题二 数控系统基本原理		12	7
课题三 西门子数控系统编程及用户操作		2	7
单元二 数控铣削工艺	76	20	56
课题一 数控铣床加工工艺概述		4	7
课题二 数控铣床及加工中心刀具系统		4	7
课题三 数控铣床夹具概述		6	14
课题四 数控铣床及加工中心对刀与常用量仪		4	14
任务五 数控铣床加工工艺编排		2	14
单元三 西门子数控铣床系统编程	130	32	98
课题一 数控编程中的数学计算		6	14
课题二 通用数控代码在数控铣床及加工中心的编程应用		8	28
课题三 SINUMERIK 802D 系统数控铣床加工中心基本指令编程与应用		6	28
课题四 循环指令的编程应用		12	28
单元四 数控铣床及加工中心编程实例	130	18	112
课题一 数控铣床练习件		4	28
课题二 型台加工练习		4	28
课题三 坐标旋转加工型腔		4	28
课题四 环槽复合型体		6	28
单元五 数控技术应用	108	24	84
课题一 CAXA 制造工程师 2006 实体造型		10	35
课题二 CAXA 制造工程师 2006 实体的后处理		8	21
课题三 Vnuc 仿真加工		4	21
课题四 PC 与数控机床的通信		2	7

续表

章节内容	总学时	讲授	训练
附录 中级数控铣工训练与考核题集	32		32
课题一 槽轮板			4
课题二 腰形槽底板			4
课题三 月牙圆盘			4
课题四 模板			4
课题五 圆弧连接板			4
课题六 键槽端盖板			4
课题七 型台			4
课题八 圆弧连接板			4
合计	515	112	403

注：“*”部份为选修内容

7	2		数控铣床操作(二) 铣削
8	10	30	手工精密切削(二) 锉平
9	1		铣削加工(二) 铣削
10	1		铣削加工(二) 铣削
11	1		铣削加工(二) 铣削
12	1		铣削加工(二) 铣削
13	1		铣削加工(二) 铣削
14	1		铣削加工(二) 铣削
15	1		铣削加工(二) 铣削
16	1		铣削加工(二) 铣削
17	1		铣削加工(二) 铣削
18	1		铣削加工(二) 铣削
19	1		铣削加工(二) 铣削
20	1		铣削加工(二) 铣削
21	1		铣削加工(二) 铣削
22	1		铣削加工(二) 铣削
23	1		铣削加工(二) 铣削
24	1		铣削加工(二) 铣削
25	1		铣削加工(二) 铣削
26	1		铣削加工(二) 铣削
27	1		铣削加工(二) 铣削
28	1		铣削加工(二) 铣削
29	1		铣削加工(二) 铣削
30	1		铣削加工(二) 铣削
31	1		铣削加工(二) 铣削
32	1		铣削加工(二) 铣削
33	1		铣削加工(二) 铣削
34	1		铣削加工(二) 铣削
35	1		铣削加工(二) 铣削
36	1		铣削加工(二) 铣削
37	1		铣削加工(二) 铣削
38	1		铣削加工(二) 铣削
39	1		铣削加工(二) 铣削
40	1		铣削加工(二) 铣削
41	1		铣削加工(二) 铣削
42	1		铣削加工(二) 铣削
43	1		铣削加工(二) 铣削
44	1		铣削加工(二) 铣削
45	1		铣削加工(二) 铣削
46	1		铣削加工(二) 铣削
47	1		铣削加工(二) 铣削
48	1		铣削加工(二) 铣削
49	1		铣削加工(二) 铣削
50	1		铣削加工(二) 铣削
51	1		铣削加工(二) 铣削
52	1		铣削加工(二) 铣削
53	1		铣削加工(二) 铣削
54	1		铣削加工(二) 铣削
55	1		铣削加工(二) 铣削
56	1		铣削加工(二) 铣削
57	1		铣削加工(二) 铣削
58	1		铣削加工(二) 铣削
59	1		铣削加工(二) 铣削
60	1		铣削加工(二) 铣削
61	1		铣削加工(二) 铣削
62	1		铣削加工(二) 铣削
63	1		铣削加工(二) 铣削
64	1		铣削加工(二) 铣削
65	1		铣削加工(二) 铣削
66	1		铣削加工(二) 铣削
67	1		铣削加工(二) 铣削
68	1		铣削加工(二) 铣削
69	1		铣削加工(二) 铣削
70	1		铣削加工(二) 铣削
71	1		铣削加工(二) 铣削
72	1		铣削加工(二) 铣削
73	1		铣削加工(二) 铣削
74	1		铣削加工(二) 铣削
75	1		铣削加工(二) 铣削
76	1		铣削加工(二) 铣削
77	1		铣削加工(二) 铣削
78	1		铣削加工(二) 铣削
79	1		铣削加工(二) 铣削
80	1		铣削加工(二) 铣削
81	1		铣削加工(二) 铣削
82	1		铣削加工(二) 铣削
83	1		铣削加工(二) 铣削
84	1		铣削加工(二) 铣削
85	1		铣削加工(二) 铣削
86	1		铣削加工(二) 铣削
87	1		铣削加工(二) 铣削
88	1		铣削加工(二) 铣削
89	1		铣削加工(二) 铣削
90	1		铣削加工(二) 铣削
91	1		铣削加工(二) 铣削
92	1		铣削加工(二) 铣削
93	1		铣削加工(二) 铣削
94	1		铣削加工(二) 铣削
95	1		铣削加工(二) 铣削
96	1		铣削加工(二) 铣削
97	1		铣削加工(二) 铣削
98	1		铣削加工(二) 铣削
99	1		铣削加工(二) 铣削
100	1		铣削加工(二) 铣削

目 录

单元一 数控铣床和加工中心的进阶认识	1
课题一 认识数控铣床	1
课题二 数控系统基本原理	16
课题三 西门子数控系统编程及用户操作	28
单元二 数控铣削工艺	41
课题一 数控铣床加工工艺概述	41
课题二 数控铣床及加工中心刀具系统	47
课题三 数控铣床夹具概述	58
课题四 数控铣床及加工中心对刀与常用量仪	66
课题五 数控铣床加工工艺编排	73
单元三 西门子数控铣床系统编程	81
课题一 数控编程中的数学计算	81
课题二 通用数控代码在数控铣床及加工中心的编程应用	91
课题三 SINUMERIK 802D 系统数控铣床加工中心基本指令编程与应用	115
课题四 循环指令的编程应用	152
单元四 数控铣床及加工中心编程实例	215
课题一 数控铣床练习件	215
课题二 型台加工练习	221
课题三 坐标旋转加工型腔	227
课题四 环槽复合型体	231
单元五 数控技术应用	239
课题一 CAXA 制造工程师 2006 实体造型	239
课题二 CAXA 制造工程师 2006 实体的后处理	268
课题三 Vnuc 仿真加工	301
课题四 PC 与数控机床的通信	336
附录 中级数控铣工训练与考核题集	344
课题一 槽轮板	344

课题二	腰形槽底板	346
课题三	月牙圆盘	348
课题四	模板	349
课题五	圆弧连接板	351
课题六	键槽端盖板	352
课题七	型台	354
课题八	圆弧连接板	356
1	.....	一元单
3	.....	二元单
8	.....	二元单
11	.....	二元单
13	.....	二元单
14	.....	二元单
16	.....	二元单
19	.....	二元单
24	.....	二元单
25	.....	二元单
213	.....	二元单
218	.....	二元单
262	.....	二元单
263	.....	二元单
264	.....	二元单
265	.....	二元单
266	.....	二元单
267	.....	二元单
268	.....	二元单
269	.....	二元单
270	.....	二元单
271	.....	二元单
272	.....	二元单
273	.....	二元单
274	.....	二元单
275	.....	二元单
276	.....	二元单
277	.....	二元单
278	.....	二元单
279	.....	二元单
280	.....	二元单
281	.....	二元单
282	.....	二元单
283	.....	二元单
284	.....	二元单
285	.....	二元单
286	.....	二元单
287	.....	二元单
288	.....	二元单
289	.....	二元单
290	.....	二元单
291	.....	二元单
292	.....	二元单
293	.....	二元单
294	.....	二元单
295	.....	二元单
296	.....	二元单
297	.....	二元单
298	.....	二元单
299	.....	二元单
300	.....	二元单
301	.....	二元单
302	.....	二元单
303	.....	二元单
304	.....	二元单
305	.....	二元单
306	.....	二元单
307	.....	二元单
308	.....	二元单
309	.....	二元单
310	.....	二元单
311	.....	二元单
312	.....	二元单
313	.....	二元单
314	.....	二元单
315	.....	二元单
316	.....	二元单
317	.....	二元单
318	.....	二元单
319	.....	二元单
320	.....	二元单
321	.....	二元单
322	.....	二元单
323	.....	二元单
324	.....	二元单
325	.....	二元单
326	.....	二元单
327	.....	二元单
328	.....	二元单
329	.....	二元单
330	.....	二元单
331	.....	二元单
332	.....	二元单
333	.....	二元单
334	.....	二元单
335	.....	二元单
336	.....	二元单
337	.....	二元单
338	.....	二元单
339	.....	二元单
340	.....	二元单
341	.....	二元单
342	.....	二元单
343	.....	二元单
344	.....	二元单
345	.....	二元单

单元一 数控铣床和加工中心的进阶认识

课题一 认识数控铣床

教学目的

本课题的任务是通过对数控铣床及加工中心的功能、结构、组成等方面知识的学习，认识并掌握数控铣床及加工中心的相关知识，为进一步学习打下基础。熟练掌握数控铣床及加工中心各组成部分名称及作用，认识数控铣床及加工中心所使用的各种附件，熟悉数控加工基本流程，对以后的学习会有很大的帮助。

技能导入

下表列举出了一些常用的数控铣床及加工中心所使用的刀具、量具、附件等，请在学习完本课题后将表中的空白区域填满。

图 例	名 称	功 能 简 介
		
		
		
		
		

相关知识

一、数控铣床和加工中心简介

数控铣床通常以铣削加工为主,是具备镗削、钻削、攻螺纹等多种功能的数控金属切削加工机床。

数控铣床是一种功能性很强的数控机床,它加工范围广、工艺复杂、涉及的技术问题多。目前迅速发展的加工中心、柔性制造系统等都是在数控铣床的基础上产生、发展起来的。

由于数控铣床使用的刀具数量很多,一次装夹加工可能需要使用多把不同类型和规格的刀具,手工换刀费时费力,影响机床的工作效率,由此出现了加工中心 (Machining Center, MC),它带有刀库和自动换刀装置,可以根据程序的设定自动更换刀具,先进的加工中心换刀时间仅需数秒,大大提高了机床的生产效率和自动化程度。

实际上,所谓铣加工中心多是指带有刀库和自动换刀装置的数控铣床。

二、数控铣床及加工中心的分类

1. 按构造分类

(1) 工作台升降式数控铣床。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,如图 1-1-1 所示的 XK5032 铣床。

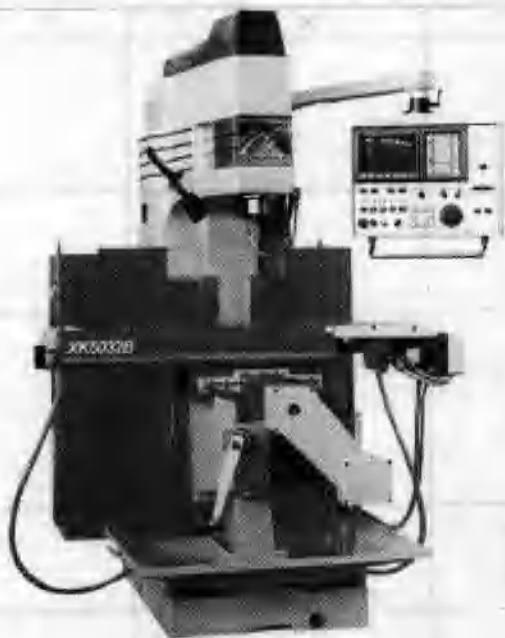


图 1-1-1 工作台升降式数控铣床

(2) 床身式数控铣床 (床身式铣加工中心)。床身式数控铣床也称主轴头升降式数控铣床。这类数控铣床采用工作台纵向和横向移动,且主轴沿垂向溜板上下运动的工作方式。床

身式数控铣床在精度保持、质量承载、系统构成等方面具有很多优点，已成为数控铣床的主流，如图 1-1-2 所示。



图 1-1-2 床身式数控铣床

提示：上述两种数控铣床是同学们学习和应用的主流机床。因此，有必要对这两类机床的结构有深刻的认识。

(3) 龙门式数控铣床（龙门式加工中心）。龙门式数控铣床的主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动，而龙门架则沿床身做纵向运动。大型数控铣床，因为要考虑到扩大行程、缩小占地面积及刚性等技术上的问题，往往采用龙门架移动式，龙门式数控铣床如图 1-1-3 所示。



图 1-1-3 龙门式数控铣床

2. 按主轴空间状态分类

(1) 数控立式铣床或立式加工中心。数控立式铣床是指主轴在空间位置呈垂直状态布置的数控铣床。数控立式铣床在使用上一直占据数控铣床的主流,应用范围较广。从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前3坐标数控立式铣床仍占大多数,它一般可进行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,机床可以添加数控分度头和数控回转工作台,以实现4坐标和5坐标数控加工。图1-1-1和图1-1-2都是典型的数控立式铣床(立式铣加工中心)。

(2) 数控卧式铣床或卧式镗铣类加工中心。数控卧式铣床与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能,数控卧式铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘的方式来实现4坐标或5坐标加工。这样,不但可以加工出工件侧面上的连续回转轮廓,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”,数控卧式铣床或卧式镗铣类加工中心如图1-1-4所示。



图1-1-4 数控卧式铣床或卧式镗铣类加工中心

提示:通过上面的学习,同学们已经对数控铣床有了一个简单的认识了,如果有机会的话,可以到工厂里实地感受一下数控铣床和加工中心,听听工人师傅们的介绍,并可以使用互联网查询更多的相关信息。

三、数控立式铣床及加工中心的主要加工对象

根据数控铣床的特点,从铣削加工的角度来考虑,适合数控铣削的主要加工对象有以下几类。

1. 平面类零件

平面类零件是指加工面平行或垂直于水平面,或加工面与水平面的夹角为定角的零件,

如图 1-1-5 所示。平面类零件是数控铣削加工中最简单的一类零件，一般只需用两轴半数控铣床（指三轴两联动）就可以将它们加工出来。

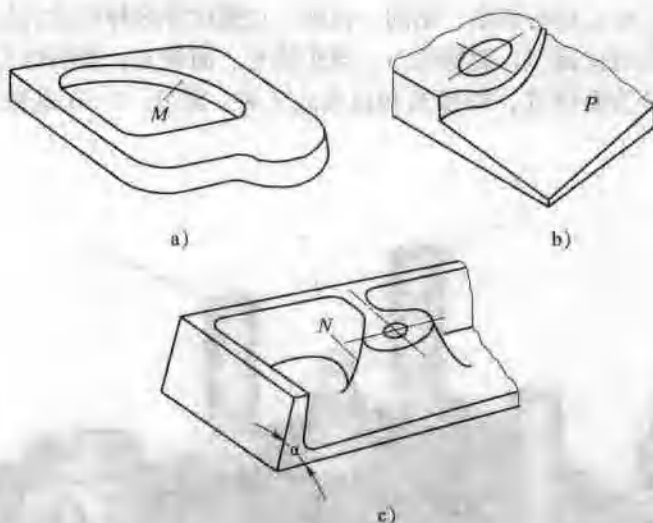


图 1-1-5 平面类零件

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，如图 1-1-6 所示的飞机变斜角梁椽条。

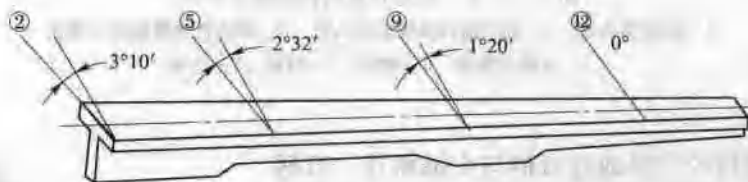


图 1-1-6 飞机变斜角梁椽条

3. 曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件，如模具、叶轮、螺旋桨等，如图 1-1-7 所示。曲面类零件不能展开为平面。在加工时，铣刀与加工面始终为点接触，一般采用球头铣刀在 3 轴数控铣床上加工。由于数控铣床控制系统的水平不断提升，使得多联动数控铣削加工得以实现，当所加工的曲面较复杂、通道较狭窄、会伤及相邻表面及需要刀具摆动时，更适合采用 4 坐标或 5 坐标铣床进行加工。



图 1-1-7 叶轮

四、数控铣床及加工中心常用刀夹具及附件

1. 常用刀具

数控铣床及加工中心进行铣削、钻削、镗削、攻螺纹等多种形式的加工，使用的刀具种类也很多，常用刀具有立铣刀、键槽铣刀、球头铣刀、面铣刀、微调镗刀、机用丝锥、钻头等等，从结构上主要分为整体式、焊接式和机夹式三种，图 1-1-8 是铣刀的常用切削加工形式。

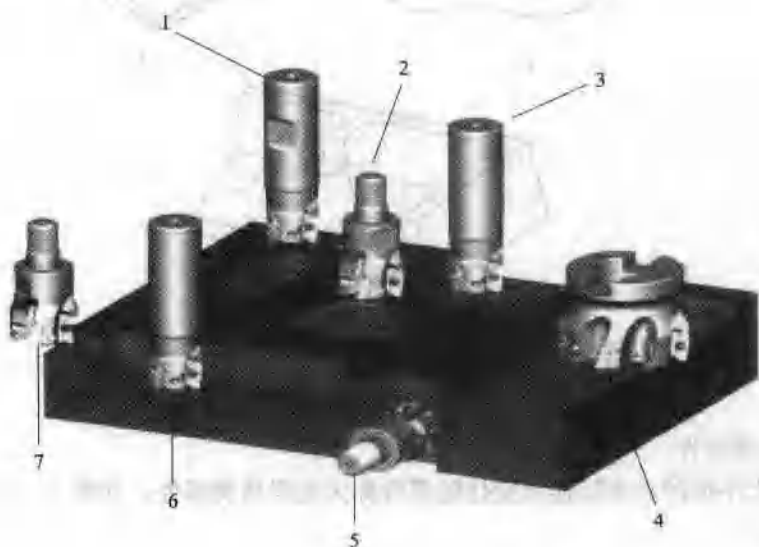


图 1-1-8 铣刀的常用切削加工形式

1—斜坡切入铣 2—轴向插铣及螺旋切入铣 3—圆线轨迹螺旋切入槽铣
4—肩铣及面铣 5—槽铣 6—肩铣 7—边铣

2. 刀柄

数控铣床使用的刀具通过刀柄与主轴相连，刀柄通过拉钉和主轴内的拉紧装置固定在主轴上，由刀柄夹持传递切削动力，常见的刀柄形状如图 1-1-9 所示。

3. 铣床常用夹具

最常用的数控铣床夹具有用于夹持方形零件的精密平口钳（如图 1-1-10 所示）、平板类零件的铣床压板和类似回转类零件的三爪或四爪铣床用卡盘等。

4. 常用量仪

除了通用量具，如各类千分尺外，数控铣床还有些专用的对刀量仪，如用于确定坐标系原点位置的寻边器和 Z 向设定器等，如图 1-1-11 所示。



图 1-1-9 刀柄



图 1—1—10 精密机用平口钳



图 1—1—11 偏心式寻边器

五、数控机床的基本规定

1. 数控铣床的坐标轴

数控机床有别于普通机床，它的运行不是由操作人员直接干涉的，而是通过数控加工程序来控制机床，操作人员把零件的形状、工艺步骤用规定的数控程序语言格式表述出来，并输入数控机床的“计算机大脑”，由计算机控制机床做相应的动作。所谓数控编程实际上是在设定的坐标系中描述刀具运动的轨迹和速度。

要学习数控铣床加工编程，必须了解数控铣床的坐标系。与数控铣床坐标系相关的规定如下所示。

Z轴：其判定由“传递切削动力”的主轴所规定，对铣床而言，铣刀的旋转运动是主运动，即主轴轴线方向为Z轴。

X轴：位于主轴的径向上且平行于铣床的横导轨。

Y轴：同时垂直于Z轴和X轴的第三轴。在数控立式铣床上体现为工作台纵向导轨方向。

移动坐标轴的正负方向：假定工件位置相对不变，刀具远离工件的方向为正。

对应三个移动轴的还有旋转轴，旋转轴A轴、B轴和C轴分别对应三个移动轴X轴、Y轴和Z轴。它们的方向符合右手笛卡儿坐标系规定，如图1—1—12所示。

某些机床还设定有附加移动轴，比如对应Z轴方向的W轴，如图1—1—13和图1—1—14所示。

2. 机床坐标系和编程坐标系

(1) 机床原点与机床坐标系。机床原点是生产厂家在制造机床时设置的固定坐标系原点，也称为机床零点，它是在机床装配、调试时就已经确定下来的。机床原点一般处于机床移动部件沿其坐标轴正向的极限位置，这一点通常也称为机床参考点，即机床原点与机床参考点重合。以机床原点为坐标原点的坐标系称为机床坐标系。

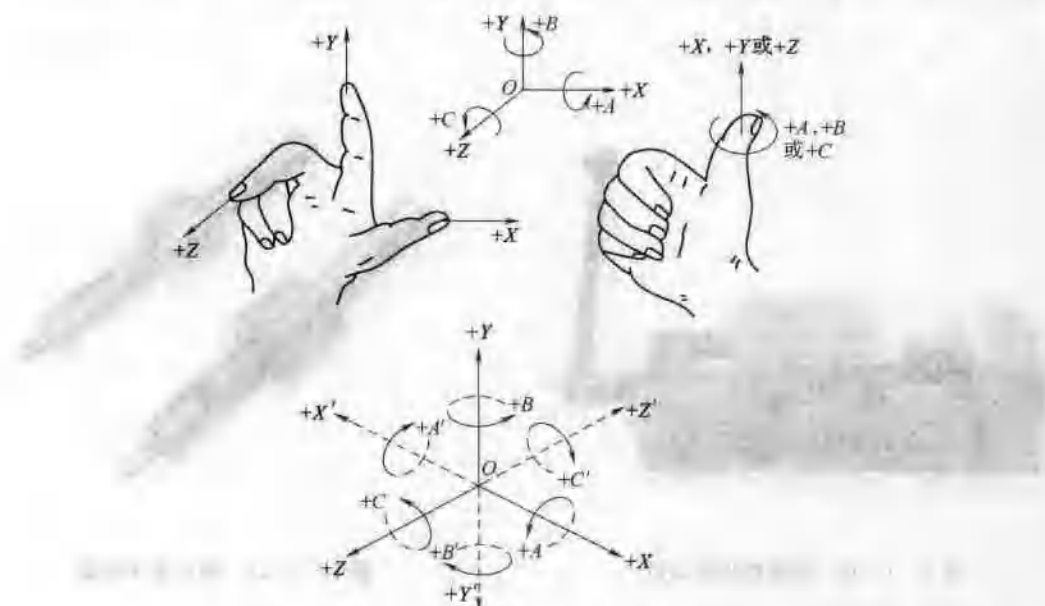


图 1-1-12 右手笛卡儿坐标系

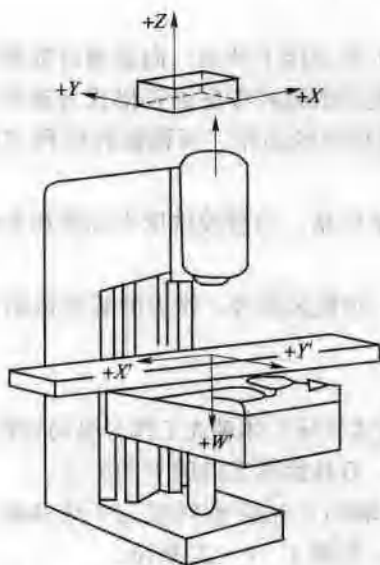


图 1-1-13 数控立式铣床坐标系

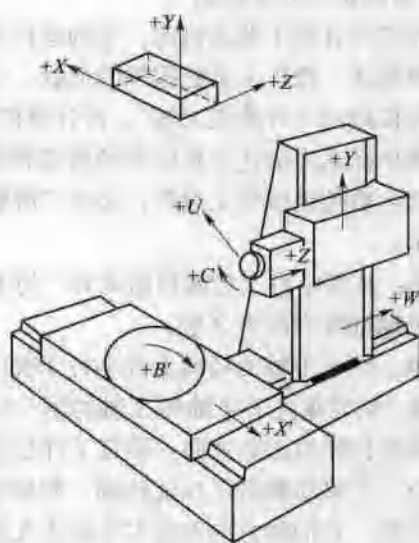


图 1-1-14 数控卧式铣床坐标系

提示：坐标轴正负方向的规定是以基本刀具运动而工件不动为前提的，对于数控铣床，一般在 X 轴、Y 轴总是刀具相对不动，而工作台运动来实现加工，请注意在手动操作时方向不能弄反，以免发生刀具碰撞。对于实际上是工作台运动而刀具相对不动的方向，在坐标轴字母后加撇以示区别，如 X' 。

(2) 编程坐标系与编程原点。以编程原点为坐标原点的坐标系称为编程坐标系，也可称