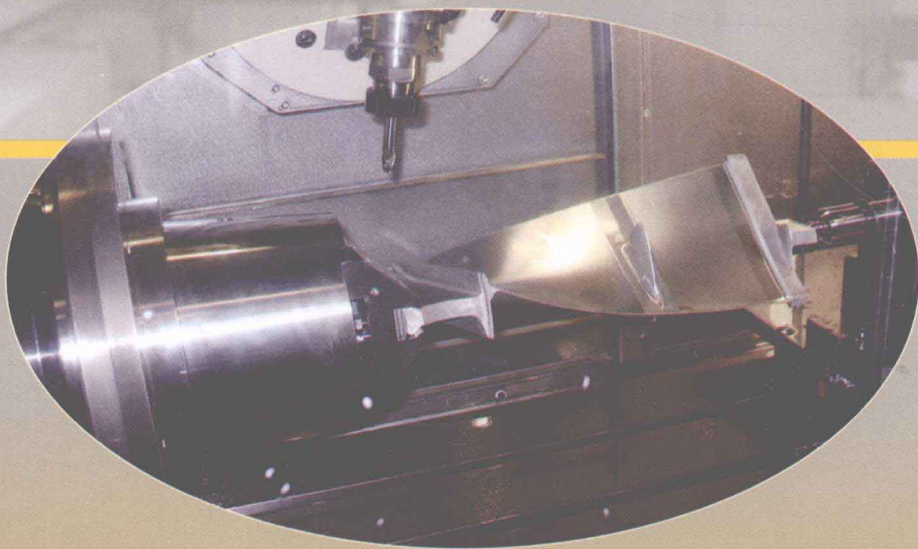


现代数控技术系列

现代数控机床 实用操作技术

(第3版)

王彪 蓝海根 王爱玲 刘中柱 等编著
主编 王彪 副主编 蓝海根



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代数控技术系列

现代数控机床 实用操作技术

(第3版)

王彪 蓝海根 王爱玲 刘中柱 等编著
主编 王彪 副主编 蓝海根

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共9章,第1章总体概述了数控机床的组成、分类及特点;第2章较为系统地阐述了有关数控操作的基础知识如坐标系统、编程指令、工艺设计等内容;第3章着重介绍了数控刀具的种类、特点、材料及其选用方法;第4章介绍工件的定位、装夹及夹具选用等内容,第5~8章以FANUC、SIEMENS、HNC等常见数控系统为例,详细介绍了数控车床、数控铣床、加工中心、数控电火花线切割机床的基本操作与加工方法,考虑到各种版本的使用现状和未来发展,有意介绍了多种版本,使本书具有更广泛的指导作用。相信这对学习其它数控系统会具有一定普遍意义,并能起到触类旁通的作用;第9章对数控机床的选用、调试、验收、维护以及故障处理等一些实际应用问题作了必要的说明。

全书兼顾数控加工技术的先进性与实用性,内容详简得当、层次分明,可作为高等院校机电类相关专业的教学教材,也可供从事数控加工技术与维修的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床实用操作技术 / 王彪等编著. —3版. —北京: 国防工业出版社, 2009.3
(现代数控技术系列)
ISBN 978-7-118-06197-0

I. 现... II. 王... III. 数控机床—操作 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 015351 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 405 千字

2009 年 3 月第 3 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

《现代数控技术系列》编辑委员会

主 编 王爱玲

副主编 张吉堂

编 委 (按姓氏笔画排序)

马维金	王 彪	王俊元	王爱玲	朱丽梅
刘中柱	刘永姜	关世玺	孙旭东	李梦群
李耀明	杨福合	吴淑琴	辛志杰	沈兴全
张吉堂	陆春月	武文革	赵丽琴	彭彬彬
曾志强	蓝海根			

第3版序

《现代数控技术系列》包括六个分册:《现代数控原理及控制系统》、《现代数控机床伺服及检测技术》、《现代数控编程技术及应用》、《现代数控机床故障诊断及维修》、《现代数控机床实用操作技术》和《现代数控机床》,前五个分册 2001 年 1 月初版,2005 年 1 月再版;后一分册 2003 年 4 月初版,2005 年 8 月第 2 次印刷时列入《现代数控技术系列》。该系列图书出版以来,深受数控技术领域广大师生和相关技术人员的欢迎。天津大学、天津工业大学、西安工业大学、广东工业大学、兰州理工大学等几十所高等院校将其作为本科生或研究生教材,天津工业大学还将《现代数控原理及控制系统》作为博士生入学考试参考用书,许多从事数控技术的科技人员也将其作为常备的参考书,广大读者对该系列书籍给予很高的评价。前两版各分册市场销售均超过 3 万册,取得了较好的社会效益和经济效益,为我国飞速发展的数控事业做出了一定贡献。

根据读者的反映及收集到的大量宝贵意见,结合数控技术发展的现状,现再次对《现代数控技术系列》进行修订,出版第 3 版(《现代数控机床》出版第 2 版)。本次修订对各分册进行了较大幅度的修改和结构调整,主要体现在以下几个方面:

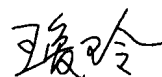
1. 力求反映数控技术的最新发展。如《现代数控原理及控制系统》:删除了一部分陈旧的内容,增加了介绍 STEP-NC 标准的内容、STEP-NC 数控系统的译码过程、DNC 数控系统输入方式、曲面插补和螺纹加工算法、S 型加减速控制、自适应加减速控制、开放式数控系统接口等内容;《现代数控编程技术及应用》:在加工中心的编程部分,增加四轴、五轴加工中心编程内容的介绍,同时增加大型 CAD 软件中 CAM 部分的内容,如 Pro/E、Master CAM 等;《现代数控机床》:更新了数控机床的新技术和最新发展趋势,增加了并联机床、多轴车削中心、复合加工中心等内容,并结合参编作者的博士学位论文研究成果,更新了数控机床结构设计基本原则、数控机床的总体布局、数控机床的计算机辅助分析与设计等内容;《现代数控机床故障诊断及维修》:对第 2、8、9、10 章进行较大改动,增加开放式数控系统维修的内容,增加并重写了信号的描述、常用数学变换、时域分析、频域分析到频谱分析、时间序列分析,以及故障检测及常用诊断仪器仪表,精选了数控机床维修实例并增加了数控机床故障诊断技术的最新进展;《现代数控机床实用操作技术》:对数控操作技术相关的知识如数控刀具、工件装夹等作了较为详细的阐述,并增加或更新了每一章节的内容,在选用典型控制系统时,既考虑到目前国内常用的系统,又体现科学性、先进性;《现代数控机床伺服及检测技术》分册已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,结合最新成果进行了重新编写。

2. 重新确定各分册具体内容,使各分册间的内容衔接更紧密,既避免了重复内容,又

考虑到各分册单独使用时的相对独立性,使知识的系统性更强、更科学。

3. 调整了编著者队伍,邀请有实际经验的教师、学业有成的教授、博士参加编写。

我希望第3版《现代数控技术系列》带给大家更多实用的知识,同时也希望得到更多读者的批评与指正。



2008年11月

序 言

现代数控技术集机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通讯技术、液压气动技术、光机电技术于一体,是现代制造技术的基础,它的发展和运用,开创了制造业的新时代,使世界制造业的格局发生了巨大变化。

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的物质手段,它的广泛使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化,它的关联效益和辐射能力更是难以估计;数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等,都是建立在数控技术之上。数控技术是国际商业贸易的重要构成,发达国家把数控机床视为具有高技术附加值、高利润的重要出口产品,世界贸易额逐年增加。

因此,数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志,实现加工机床及生产过程数控化,是当今制造业的发展方向。专家们曾预言:机械制造的竞争,其实质是数控的竞争。

有鉴于此,发达国家把提高数控技术水平作为提高制造业水平的重要基础,竞相发展本国的数控产业。日本由于数控技术高度发展使其制造业迅速崛起,美国要挽回其失去的地位,欧洲要适应市场竞争的需求,从而以数控技术为主要标志的现代制造技术成了美国、日本和欧洲等工业国家竞争的焦点之一。日本、美国、意大利、西班牙、印度等国,都采用了一些扶植本国数控产业发展的政策措施。中国政府正积极采取各种有效措施大力发展中国的数控产业,把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。数控技术在制造业的扩展与延伸所产生的辐射作用和波及效果对机械制造业的产业结构、产品结构、专业化分工方式、机械加工方式及管理模式、社会的生产分工、企业的运行机制等正带来深刻的变化,对国民经济的发展起着重要的促进作用。

现代机械加工业逐步向柔性化、集成化、智能化方向发展,需要将不断飞速发展的通用计算机技术及其体系结构、现代自动控制理论及现代的电力电子技术应用于新一代数控机床并突出其“开放式”及“智能化”的特征。

我国从发展数控技术的战略高度结合国民经济发展的特点对数控技术进行创新性研究,重点开发“开放式”、“智能化”的数控车床、数控加工中心及数控电加工机床系列产品。

本系列书籍作者选准了这个题材,1995 年就在本单位机械设计制造及其自动化专业

开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业方向;在继续工程教育方面,作者所在单位作为“兵器工业现代数控技术培训中心”和“全国数控培训网太原分中心”的承办单位,自 1995 年以来,开办了 40 多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班,为 70 多个企事业单位培训了大量现代数控技术方面的工程技术人才。

在新产品研究开发方面,作者应用现代数控技术为企业开发出复杂曲面 CAD/CAM 一体化多种产品。

本系列书籍是在作者多年从事现代数控技术方面的教学、科研、基础理论研究和工作的基础上总结深化撰写成的。本系列书籍系统地分专题详细论述了现代数控技术的有关理论,内容充实,重点突出,同时尽可能地反映数控技术领域内的新成就和新的应用经验;在注重理论系统性的同时,强调如何应用理论分析实际问题,如数控编程实例及故障诊断实例等。在编写结构上,内容深入浅出,图文并茂,条理清楚,便于学用。

相信这套系列书籍能够有益于我国数控技术领域人才的培养,有益于我国数控技术的发展,有益于我国立足世界数控技术之林。



2001 年 9 月 13 日于太原

第3版前言

随着科学生产的发展,机械产品的性能、结构及形状不断改进,对零件加工质量和精度的要求越来越高。这些变化都对传统的设备和加工方式提出严峻的挑战,现代数控机床的出现和应用为满足新的生产要求提供了可能,它使机械制造、航空航天、船舶、国防和其它领域的生产方式、产品结构、产业结构发生了深刻变化,并带来了巨大的效益。它的广泛应用与快速发展使数控机床加工技术也愈来愈显得重要。为此,我们编写了《现代数控机床实用操作技术》一书,旨在普及与提高数控加工技术。全书力求取材新颖实用,注重内容的先进性、实用性和系统性,围绕数控机床加工技术的能力培养,尽可能全面地介绍了数控操作技术各方面的内容。

趁本书再版之际,作者根据从事数控加工和教学的经验并结合广大师生和社会读者的使用意见对原书作了部分修订与补充。本版进一步精选内容、调整编排,力求叙述详简得当、层次分明、通俗易懂。这次修订主要是对数控操作技术相关的知识如数控刀具、工件装夹等作了较为详细的阐述,并增删或更换了部分其它章节内容。本书着重数控机床操作技术,有关编程指令与自动编程的具体使用书中介绍较少,读者阅读时可参考其它相关书籍或资料。

本书由王彪教授、博士担任主编,蓝海根工程师担任副主编,其中第1、2章由刘中柱讲师、博士编写,第3、4章由赵丽琴讲师、硕士编写,第5、6、7章由蓝海根编写,第8、9章由王彪编写。全书由蓝海根、王彪统稿,王爱玲教授、博导统一定稿。本书在编写过程中参考和借鉴了诸多同行的相关资料、文献等,并得到国防工业出版社的大力支持,在此一并表示诚挚感谢!

由于编者水平有限,书中定有不少错误与欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2008年11月

目 录

第 1 章 数控机床概况	1
1.1 数控机床的组成原理及性能指标	1
1.1.1 数控机床的组成与结构	1
1.1.2 数控机床的工作过程	4
1.1.3 数控机床的性能指标	4
1.2 数控机床的分类	5
1.2.1 按控制系统的特点分类	5
1.2.2 按进给伺服系统的类型分类	6
1.2.3 按工艺用途分类	8
1.2.4 按数控机床的功能水平分类	8
1.2.5 按所用数控装置的构成方式分类	9
1.3 数控机床的特点和应用范围	9
1.3.1 CNC 机床与普通机床的区别	9
1.3.2 数控机床的特点	10
1.3.3 数控机床的应用范围	11
第 2 章 数控机床操作基础	12
2.1 数控编程基础	12
2.1.1 数控机床的坐标系统	14
2.1.2 数控编程格式	16
2.1.3 常用的数控程序指令	22
2.1.4 数控车床编程要点	36
2.1.5 数控铣床及加工中心编程要点	38
2.2 数控加工工艺基础	39
2.2.1 数控加工工艺分析	39
2.2.2 数控加工工艺路线设计	40
2.2.3 数控加工工序设计	41
2.3 回机床参考点与手动操作	48
2.3.1 回机床参考点	48
2.3.2 手动操作	49

2.4	数控机床的一般操作规程	50
第3章	数控刀具及其选择	52
3.1	数控刀具的种类及特点	52
3.1.1	数控刀具的种类	52
3.1.2	数控刀具的特点	55
3.2	数控刀具的材料	57
3.2.1	数控刀具材料的性能	57
3.2.2	各种数控刀具材料	57
3.3	数控刀具的选择	60
3.3.1	选择数控刀具应考虑的因素	60
3.3.2	数控车削刀具的选择	61
3.3.3	数控铣削刀具的选择	67
3.3.4	加工中心刀具的选择	69
3.3.5	数控机床刀柄的选择	74
3.4	数控机床的对刀	75
3.4.1	数控加工中与对刀有关的概念	76
3.4.2	对刀的基本原则	77
3.4.3	对刀方法	77
第4章	数控机床上工件的装夹	80
4.1	工件的装夹方式	80
4.1.1	直接找正装夹	80
4.1.2	划线找正装夹	80
4.1.3	采用夹具装夹	81
4.2	工件的定位	81
4.2.1	六点定位原理	81
4.2.2	六点定位原理的应用	81
4.2.3	定位与夹紧的关系	84
4.3	定位基准的选择	84
4.3.1	基准及其分类	84
4.3.2	定位基准的选择	86
4.4	常见定位元件及定位方式	89
4.4.1	工件以平面定位	91
4.4.2	工件以圆孔定位	93
4.4.3	工件以外圆柱面定位	95
4.4.4	工件以一面两孔定位	96

4.5	定位误差	97
4.6	工件的夹紧	98
4.6.1	夹紧装置的组成及基本要求	98
4.6.2	夹紧力的确定	99
4.6.3	机床夹具的类型及特点	101
4.6.4	机床夹具的组成	102
4.6.5	典型夹紧机构简介	103
4.6.6	组合夹具简介	106
4.6.7	夹具的选择	109
第 5 章	数控车床的操作与加工	113
5.1	数控车床概述	113
5.1.1	数控车床的组成	113
5.1.2	数控车床的分类	114
5.1.3	数控车床的加工对象	115
5.2	FANUC - O - TD 系统数控车床的操作	116
5.2.1	操作面板	116
5.2.2	基本操作	123
5.3	SINUMERIK 802S 系统数控车床的操作	129
5.3.1	操作面板	129
5.3.2	软件功能	133
5.3.3	基本操作	138
5.4	数控车床的对刀操作	149
5.4.1	相对刀偏法	150
5.4.2	绝对刀偏法	152
5.5	零件加工实例	152
第 6 章	数控铣床的操作与加工	157
6.1	数控铣床概述	157
6.1.1	数控铣床的组成	157
6.1.2	数控铣床的分类	157
6.1.3	数控铣床的加工对象	159
6.2	HNC - 21M 系统数控铣床的操作	160
6.2.1	操作面板	160
6.2.2	软件功能	162
6.2.3	基本操作	164
6.3	FANUC - O - MD 系统数控铣床的操作面板简介	175

6.4	数控铣床的对刀操作	178
6.4.1	G92 设定工件坐标系对刀	179
6.4.2	G54 ~ G59 设定工件坐标系对刀	180
6.5	零件加工实例	181
第 7 章	加工中心的操作与加工	185
7.1	加工中心概述	185
7.1.1	加工中心的组成	185
7.1.2	加工中心的分类	185
7.1.3	加工中心的加工对象	187
7.2	加工中心的换刀系统	187
7.2.1	自动换刀装置	187
7.2.2	加工中心的自动换刀	189
7.3	SINUMERIK 802D 系统加工中心的操作	191
7.3.1	操作面板	192
7.3.2	软件功能	193
7.3.3	基本操作	194
7.4	SINUMERIK 840D 系统操作面板简介	202
7.5	零件加工实例	208
第 8 章	数控电火花线切割机床操作与加工	212
8.1	数控电火花线切割机床概述	212
8.1.1	数控电火花线切割机床的加工原理与特点	212
8.1.2	数控电火花线切割机床的组成	213
8.1.3	数控电火花线切割机床的分类与加工对象	217
8.2	数控电火花线切割加工工艺	218
8.2.1	模坯准备	218
8.2.2	加工路线的选择	219
8.2.3	穿丝孔位置的确定	220
8.2.4	切入点位置的确定	220
8.2.5	工件的装夹与找正	220
8.2.6	电极丝的选择与对刀	222
8.2.7	脉冲参数的选择	223
8.2.8	补偿量的确定	224
8.2.9	工作液的选配	225
8.3	数控电火花线切割编程指令	225
8.3.1	ISO 代码	225

8.3.2	3B、4B 代码	228
8.4	数控电火花线切割机床的操作	230
8.4.1	操作面板	231
8.4.2	软件功能	232
8.4.3	基本操作	234
8.4.4	加工步骤及故障预防	237
8.5	零件加工实例	238
第 9 章	数控机床的选用与维护	242
9.1	数控机床的选用	242
9.2	数控机床的安装调试与验收	249
9.2.1	数控机床的安装调试	249
9.2.2	数控机床的验收	253
9.3	数控机床的故障分析与处理	259
9.3.1	数控机床常见故障分类	259
9.3.2	数控机床故障的常规检测方法	262
9.3.3	数控机床常见故障处理	263
9.4	数控机床的维护与保养	268
	参考文献	272

第 1 章 数控机床概况

数控机床(Numerically Controlled Machine Tool, NC)是采用数控技术控制的机床,即装备了数控系统的机床。由于现代数控机床都用计算机来进行控制,所以一般称为计算机数控(CNC)。数控机床具有适应性强、加工精度高、加工质量稳定和生产效率高的优点。随着机床数控技术的迅速发展,数控机床在机械制造业中的地位越来越重要,已成为现代制造技术的基础。

1.1 数控机床的组成原理及性能指标

1.1.1 数控机床的组成与结构

1. 数控机床的组成

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体四部分组成,对于闭环系统还要有测量反馈装置。数控机床的组成框图如图 1-1 所示。

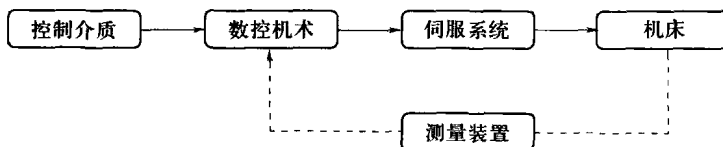


图 1-1 数控机床的组成

1) 控制介质

在数控机床上加工时,控制介质是存储数控加工所需要的全部动作和刀具相对于工件位置等信息的信息载体,它记载着零件的加工工序。

数控机床中,常用的控制介质有穿孔纸带、穿孔卡片、磁带和磁盘或其它可存储代码的载体,至于采用哪一种,则取决于数控装置的类型。此外,还可以利用键盘手工输入程序及数据(MDI 方式)。随着 CAD/CAM 技术的发展,有些系统还可利用 CAD/CAM 软件在其它计算机上编程,然后通过计算机与数控系统通信,将程序和数据直接传送给数控装置。

2) 数控装置

数控装置是数控机床的核心,其功能是接受输入装置输入的数控程序中的加工信息,经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理后,发出相应的脉冲送给伺服系统,使伺服系统带动机床的各个运动部件按数控程序预定要求动作。一般由输入/输出装置、控制器、运算器、各种接口电路、CRT 显示器等硬件以及相应的软件组成。数控装置能完成信息的输入、存储、变换、插补运算以及实现各种控制功能,其主要功能如下:

- (1) 多轴联动控制;
- (2) 直线、圆弧、抛物线等多种函数的插补;
- (3) 输入、编辑和修改数控程序功能;
- (4) 数控加工信息的转换功能:ISO/EIA 代码转换、公英制转换、坐标转换、绝对值和相对值的转换、计数制转换等;
- (5) 刀具半径、长度补偿、传动间隙补偿、螺距误差补偿等补偿功能;
- (6) 实现固定循环、重复加工、镜像加工等多种加工方式的选择;
- (7) 在 CRT 上显示字符、轨迹、图形和动态演示等功能。

3) 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,它是数控系统的执行部分。伺服系统接受数控系统的指令信息,并按照指令信息的要求带动机床的移动部件运动或使执行部分动作,以加工出符合要求的零件。

伺服系统是数控机床的关键部件,它直接影响数控加工的速度、位置、精度等。一般来说,数控机床的伺服驱动系统,要求有较高的刚度、好的快速响应性能,以及能灵敏而准确地跟踪指令功能。

伺服机构中常用的驱动装置,随控制系统的不同而不同。开环系统的伺服系统常用步进电机;闭环系统常用的是直流伺服电机和交流伺服电机,都带有感应同步器、编码器等位置检测元件,而交流伺服电机正在取代直流伺服电机。

4) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,主要由机床的基础大件(如床身、底座)和各运动部件(如工作台、床鞍、主轴等)所组成。它是完成各种切削加工的机械部分,是在原普通机床的基础上改进而得到的,与传统的手动机床相比,数控机床的外部造型、整体布局,传动系统与刀具系统的部件结构及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。数控机床的主体结构有下面几个特点:

- (1) 数控机床采用了高性能的主轴及伺服传动系统,机械传动结构简化,传动链较短;
- (2) 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能,适应连续地自动化加工;
- (3) 更多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠副,直线滚动导轨等。

除上述四个主要部件外,数控机床还有一些辅助装置和附属设备,如电器、液压、气动系统与冷却、排屑、润滑、照明、储运等装置以及编程机、对刀仪等。

2. 数控机床的结构布局

1) 数控车床的典型布局

数控车床在刀架和床身导轨的布局形式上与传统车床发生了根本的变化,这是因为刀架和床身导轨的布局形式不仅影响机床的结构和外观,还直接影响数控车床的使用性能,如刀具和工件的装夹、切屑的清理以及机床的防护维修等。数控车床床身导轨与水平面的相对位置有四种布局形式。

- (1) 水平床身 如图 1-2(a)所示,水平床身的工艺性好,便于导轨面的加工。水平床身配上水平放置的刀架可提高刀架的运动精度,但水平刀架增加了机床宽度方向的结

构尺寸,且床身下部排屑空间小,排屑困难。

(2) 水平床身斜刀架 如图 1-2(b)所示,水平床身配上倾斜放置的刀架滑板,这种布局形式的床身工艺性好,机床宽度方向的尺寸也较水平配置滑板的要小且排屑方便。

(3) 斜床身 如图 1-2(c)所示,斜床身的导轨倾斜角度多采用 30° 、 45° 、 60° 、 75° 等角度。它和水平床身斜刀架滑板都因具有排屑容易、操作方便、机床占地面积小、外形美观等优点而被中小型数控车床普遍采用。

(4) 立床身 如图 1-2(d)所示,从排屑的角度来看,立床身布局最好,切屑可以自由落下,不易损伤导轨面,导轨的维护与防护也较简单。但机床的精度不如其它三种布局形式的精度高,故运用较少。

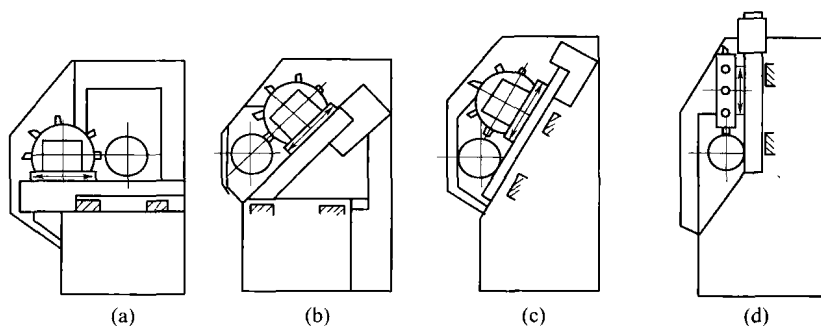


图 1-2 数控车床的布局形式

2) 数控铣床的典型布局

数控铣床一般分为立式和卧式两种,其典型布局有四种,如图 1-3 所示,不同的布局形式可以适应不同的工件形状、尺寸及重量。如图(a)适应较轻工件,图(b)适应较大尺

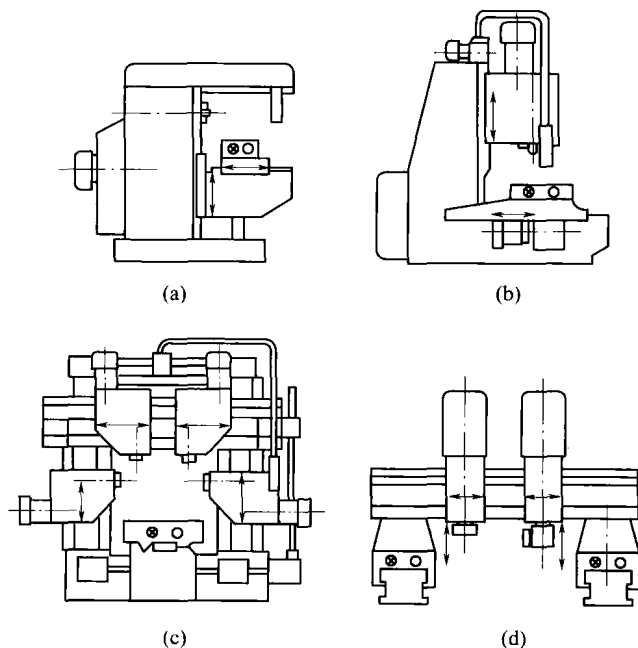


图 1-3 数控铣床的四种典型布局