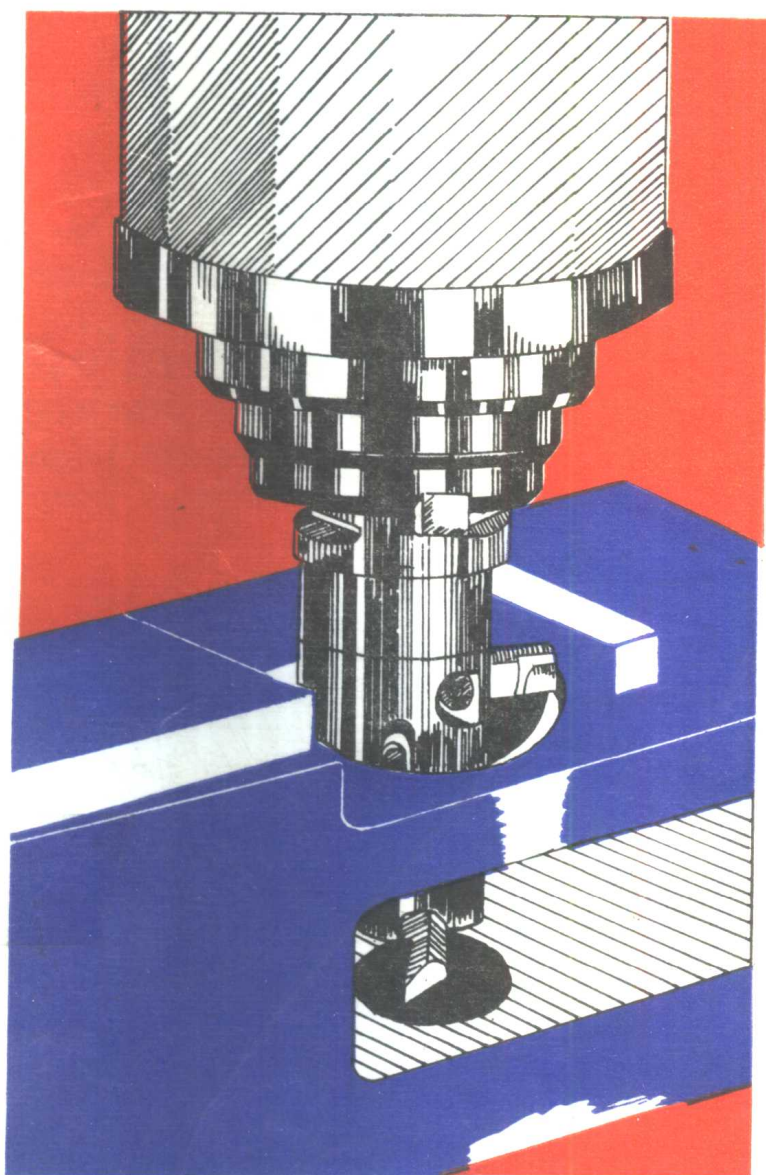


数控机床 应用与维修

曹 琰 主编



電子工業出版社

数控机床应用与维修

曹琰主编

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本书共分八篇,除介绍数控机床的发展概况、分类、验收条件、使用条件、安装调试方法、操作要点、最佳切削条件和提高效率的方法、应用实例外,还介绍刀具的选择方法、使用要点、刀柄和金刚石刀具与附件的使用技术,还介绍自动编程和手工编程的技术与实例、还介绍数控机床故障诊断和监视技术与实例,还介绍数控机床改造技术与实例,书末附有丰富的实用资料。本书既可作数控机床用户选购、操作指南和手册,又可作为各种数控机床用户的培训教材,还可作为数控机床设计、制造、维修人员的读物。

数控机床应用与维修

曹 琰主编

责任编辑 王德声

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京百善印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 47.875 字字数: 1195千

1994年7月第1版 1994年7月第1次印刷

印数: 5500册 定价: 53元

ISBN 7-5053-2407-1/TN-699

本书编委及编写者名单

主编 曹 琰

总体编写组 曹琰 傅广忠 张俊清 王兆原 唐宗杰 姚峻 郭毅贞 秦杰 张家钦

编委会名单

编委会主任

北京机床研究所 沈福金 杜树奇

编委

北京机床研究所 俞圣梅 历承兆 曹琰 张世莹

航天航空部生调司机动处 张健民

中国机电装备维修与改造技术协会 姚家瑞

东方汽轮机厂 王兆原

鸡西煤矿机械厂 张俊清

淮南煤矿机械厂 郭毅贞

长春航空机载设备公司 傅广忠

审稿

北京航空航天大学 邬学礼

清华大学精仪系 王则豪

中国机电装备维修与改造技术协会 姚家瑞

机床工具司 王 璞

北京机床研究所 李世铎

编写者名单

绪论：曹 琰

第1篇：曹 琰

第2篇第1章：王兆原 李明业 仲文庆 常连启 郭毅贞

第2章：曹 琰 俞圣梅 李渝坤 周定伍

第3章：欧阳文周

第4章：姚 峻 陈希哲 倪关法 盛香孙 徐有利 赵立华

第5章：薛利生 施鸣华 何东海 秦 杰

第6章：陈伟琪 袁鉴珩 夏超群 吉朝冈 张文萱

第7章：付广忠 曹 琰

第3篇：曹 琰 李明业 欧阳文周 姚 峻 盛香孙 王兆原

第4篇：历承兆 刘希金

第5篇：张俊清 周定伍 秦 杰 郭毅贞 刘荣滨 才志祥 周延勋

第6篇：唐宗杰 林洪波 张铁铭 林家龙 江晓乐

第7篇：曹 琰 张铁铭

第8篇：薛燕军 王兆原 张家钦 欧阳文周

附录：刘希金 曹 琰

前 言

由于机械电子技术的飞跃发展,数控机床已成为国内各机械制造厂的现代化技术装备。我国数控机床拥有量已达三万多台。各种数控车床、加工中心、数控铣床、数控磨床、数控电加工机床已经进入实用化阶段,成为生产现场的主力军。由于数控机床能在工件一次装卡后完成自动换刀和工件的各个工序的连续加工。显示出它强大的生命力,受到广大数控机床用户的欢迎。

为了使广大购置数控机床用户达到高精度和高效率的使用水平,北京机床研究所组织各数控机床生产厂家的科技人员,介绍各种数控机床和工具的使用技术,并请使用数控机床年限较长的专家介绍使用经验。

为了达到引导使用的目的,本书收集了各种数控机床的使用实例,各种数控机床机械故障的排除方法。详细地介绍了数控系统的故障诊断技术、监视技术和维修技术。数控机床编程包括自动编程、手工编程和编程实例。数控机床刀具使用技术包括刀具选择方法、使用要点和刀柄、附件的使用技术,数控机床常用标准、验收标准,并介绍了数控机床技术改造实例。

本书可作为各数控机床生产厂用户的培训教材,也可做为从事数控机床设计、制造、科研的各种技术人员的培训教材,高等学校的教学参考书。

由于编者水平有限,疏漏之处请读者指正。

本书编委和编写者名单如下所示。

本书编委会向支持本书编写的各位领导和单位表示感谢。总体编写组同志负责本书总体修改和编写。王兆原负责第2篇第1章总体编写,付广忠负责第2篇第7章第5章总体编写,姚峻负责第2篇第4章总体编写,张俊清负责第5篇总体编写,唐宗杰负责第6篇总体编写,郭毅贞、秦杰、张家钦负责第5篇有关章节编写。

编者

1993.12

绪 论

随着生产的发展,数控机床做为高效率自动化装备,越来越被广大用户采用。我国数控机床已进入实用阶段。目前,我国数控机床拥有量已达三万台。数控车床、加工中心、数控铣床、数控电加工机床已成为广大机械制造厂的主要技术装备。根据大量用户调查资料得知,在我国数控机床使用中,有一些成熟的经验;但也有一些工厂由于没有掌握正确的使用方法,机床闲置或不能充分发挥作用。为了引导使用,北京机床研究所拟定编写“数控机床应用与维修”一书。广大读者购到此书后,能学到数控机床的使用方法、故障诊断及排除方法、加工实例、维修保养规则、刀具夹具使用要点等知识和经验。本书以国内数控机床制造厂主要产品为主,介绍数控机床的使用方法。

全书可以作为数控机床使用维修用书,也可作为数控机床用户培训教材。

目 录

第1篇 数控机床概述	(1)
第1章 世界各国数控机床发展概况	
1 数控机床的出现和发展	(1)
2 世界各国数控机床发展概况	(2)
第2章 数控机床的分类	(3)
1 加工中心的种类	(3)
2 数控车床的种类	(3)
3 数控磨床的分类	(4)
4 数控铣床的分类	(5)
5 数控电加工机床的分类	(5)
第3章 数控机床发展方向	(6)
第2篇 各种数控机床的使用技术	(14)
第1章 数控车床的使用技术	(14)
1 选用原则	(14)
2 安装调试方法	(15)
3 验收要求	(16)
4 使用条件	(17)
5 数控车床使用上的优点	(18)
6 最佳的切削条件	(21)
7 夹具、工位器具安装方法、安装要点	(22)
8 数控车床使用实例	(24)
第2章 加工中心的使用技术	(68)
1 加工中心的选用原则	(68)
2 加工中心安装调试的方法	(76)
3 加工中心的验收要求及验收方法	(78)
4 加工中心操作要点	(80)
5 加工中心的生产管理技术	(81)
6 加工中心夹具的应用	(82)
7 提高加工中心使用效率的方法	(85)
8 加工中心复杂零件加工实例	(87)
第3章 数控铣床的使用技术	(111)
1 选用原则	(111)
2 安装调试方法	(112)
3 验收要求	(113)

4	铣削加工最佳切削条件·····	(113)
第4章	数控磨床使用技术·····	(115)
1	数控平面磨床使用技术·····	(115)
2	数控坐标磨床使用技术·····	(124)
3	数控外圆磨床的使用技术·····	(131)
4	数控成形磨床加工实例·····	(137)
第5章	数控电加工机床使用技术·····	(151)
1	数控电火花成型机床的使用技术·····	(151)
2	数控线切割机床的使用技术·····	(159)
第6章	数控重型机床的使用技术·····	(182)
1	数控重型机床的使用技术·····	(182)
2	数控重型机床的安装实例·····	(194)
3	上汽轮机厂加工汽轮机汽缸的实例·····	(211)
第7章	数控机床的管理与维修·····	(218)
1	数控机床的维修管理·····	(218)
2	数控机床的维护保养·····	(222)
第3篇	数控机床监视技术与机械故障排除·····	(244)
第1章	数控机床监视技术·····	(244)
1	概述·····	(244)
2	数控机床的各种监视技术·····	(245)
第2章	各种数控机床机械故障的排除·····	(256)
1	数控车床机械故障的排除·····	(257)
2	加工中心机械故障的排除·····	(263)
3	数控平面磨床机械故障的排除·····	(265)
4	数控坐标磨床机械故障的排除·····	(267)
5	数控外圆磨床机械故障的排除·····	(268)
6	数控铣床机械故障的排除·····	(271)
7	数控电火花成型机床机械故障的排除·····	(273)
8	数控重型机床机械故障的排除·····	(273)
第4篇	数控系统故障诊断技术及维修技术·····	(277)
第1章	CNC系统概述·····	(277)
1	CNC系统的构成·····	(277)
2	CNC装置的组成·····	(277)
3	CNC装置的主要优点·····	(279)
4	CNC装置的工作过程·····	(280)
5	CNC装置的功能·····	(280)
第2章	数控系统故障诊断技术·····	(281)
1	系统可靠性及故障基本概念·····	(281)
2	故障诊断内容·····	(283)

3	CNC系统诊断技术	(283)
4	伺服系统的诊断方法	(287)
第3章	数控系统维修技术	(287)
1	数控系统维修概述	(287)
2	正确操作和使用数控系统	(287)
3	CNC系统的日常维护	(289)
4	故障处置	(290)
5	故障排除的一般方法	(293)
6	典型的CNC系统的维修方法	(296)
第4章	数控系统故障维修实例	(309)
1	CNC装置的故障实例	(310)
2	有关伺服故障实例	(319)
第5篇	数控加工程序编制	(321)
第1章	编程概论	(321)
1	概述	(321)
2	数控编程的工艺处理	(321)
3	数控加工工艺文件	(329)
4	数控机床编程方法	(331)
第2章	手工编程	(331)
1	数控机床的指令格式	(331)
2	手工编程技巧	(340)
3	数控车床手工编程	(349)
4	数控铣床和加工中心手工编程	(359)
第3章	自动编程	(390)
1	自动编程分类	(390)
2	APT语言自动编程	(398)
3	CAD/CAM软件中的数控模块	(416)
4	多坐标数控自动编程系统 (QHAPT)	(426)
5	FAPT数控自动编程系统	(430)
6	微机三坐标数控自动编程应用软件 (NC3APS-M)	(440)
7	微机多坐标数控编程应用软件 (CAMNCS)	(448)
8	计算机高级语言自动编程	(451)
第6篇	数控机床刀具及附件的使用	(463)
第1章	数控机床刀具种类及特点	(463)
1	数控机床刀具种类及特点	(463)
2	刀具材料	(467)
3	刀具 (刀片) 的涂层	(473)
4	可转位刀片的代码	(475)
5	可转位刀片的断屑槽槽形	(481)

6	可转位刀片的夹固方式	(486)
第2章	数控机床刀具的选择	(491)
1	选择刀片(刀具)应考虑的因素	(491)
2	选择镗孔(内孔)刀具的考虑要点	(492)
3	刀片(刀具)的选择步骤	(492)
4	有关的刀片品种和数据	(512)
第3章	金刚石刀具使用技术	(516)
1	多晶金刚石(PCD)刀具使用技术	(516)
2	天然金刚石刀具使用技术	(521)
第4章	数控刀具刀柄结构及选择方法	(525)
1	数控刀具刀柄结构特点	(525)
2	数控刀具刀柄的选择方法及应注意事项	(547)
第5章	数控机床附件使用技术	(551)
1	数控机床附件的种类	(551)
2	数控机床附件的应用	(552)
第7篇	数控机床常用标准	(579)
第1章	数控机床制造与验收要求	(579)
1	数控卧式车床制造与验收技术要求 (中华人民共和国机械工业部部标准JBn4368-86)	(579)
2	加工中心技术条件 (机械工业部机床工具行业内部标准JB/GQ1141-89)	(609)
第2章	国内数控机床用刀具标准	(618)
1	可转位刀片标准及可转位刀具型号编制标准	(618)
2	可转位刀具标准	(619)
3	硬质合金焊接刀具标准	(636)
第3章	国内数控机床刀柄标准	(638)
1	国内应用的数控机床工具柄部及配用拉钉标准	(638)
2	整体式工具系统标准: JB/GQ5010-1983《TSG工具系统型号与尺寸》	(644)
3	国内常用的模块式工具系统标准	(650)
第8篇	数控机床的技术改造	(658)
第1章	FS41M15/43型数控铣床的技术改造	(658)
1	改造前机床的概况	(658)
2	FS41M15/43机床的改造	(658)
3	FS41M15/43机床技术改造后的性能及效益	(674)
第2章	CF5225立式车床两坐标半闭环的数控改造	(677)
1	改造方案	(677)
2	传动系统设计	(678)
3	机电联动调试	(683)
第3章	沈阳鼓风机厂三轴仿型铣床改成三轴数控铣床	(685)

1	改造课题的提出.....	(685)
2	DYNAPATH10AM的主要性能、技术指标.....	(685)
3	改造步骤.....	(686)
4	改造电路的设计.....	(686)
5	用模拟试验电路确定机床参数.....	(687)
6	将DYNAPATH10AM系统与机床连接上, 确定机床的参数, 如快速速率, 增益 K_{v1} 和 K_{v2} , 转折点速率、定位精度等参数	(688)
7	伺服系统的调整.....	(688)
8	系统的总框图.....	(689)
9	DYNAPATH10AM数控系统使用上的优点.....	(689)
10	程序概论.....	(690)
11	程序题目.....	(690)
12	输入数据方式.....	(690)
13	直线铣削程序.....	(692)
附录		(694)
附录1	数控系统诊断测试仪器BW4040-EX介绍	(694)
附录2	复杂形状的车削加工实例.....	(696)
附录3	国内数控机床产品及其特点.....	(705)
参考文献		(740)

第1篇 数控机床概述

第1章 世界各国数控机床发展概况

1 数控机床的出现和发展

数控机床是多品种小批量生产的高效自动化的技术群体。数控机床主要组成部分是数控车床、加工中心、数控磨床、数控铣床和数控电加工机床。它是把多工序加工、切削处理、刀具磨损和测量等各种功能集为一体的自动化机床。数控机床经济性能好，生产效益高，广泛地受到机械加工制造厂的欢迎。如今，各厂商纷纷改进产品性能、降低成本、缩小交货期，竞争日益激烈。

随着市场经济的发展，市场不断地对产品提出多样化和商品流通快的要求，这就要求厂家将大量的工件采用集约化的形式生产出来。这样，就出现了高生产率的数控机床。随着生产规模的增大，数控机床得到蓬勃发展。

1949年，美国John·T·parsons为了制造飞机机翼轮廓的板状样板，当时采用的是手工制作方法，非常复杂。后来提出在坐标镗床上用脉冲信号控制的加工方法，这就是数控机床诞生的出发点。parsons和麻省理工学院的伺服机构研究所于1951年研制成数控三坐标铣床，1955年用于制造航空零件的数控铣床正式问世。1956年日本富士通公司研制成功数控转塔式冲床。美国G & L公司制造的数控蒙皮铣床长12m。此时美国IBM公司也研制成功了“APT”（刀具程序控制装置）。1956年美国帕克工具公司研制成功了数控转塔钻床。1958年美国K & T公司研制出带ATC（自动刀具交换装置）的加工中心。1959年，数控机床已可用于片状复杂形状零件的加工。1960年数控机床不仅能用于轮廓加工，而且还可用于冲压和钻削加

表1.1-1 世界各国数控机床年产量（台）

年 份 \ 国 别	美国	原联邦德国	日本	法国	原苏联	英国	中国
1981	8945	—	25926	1238	10100	1196	891
1982	6066	—	24138	1246	10600	1510	1269
1983	4781	—	26408	—	11400	1825	1394
1984	5581	9966	38036	1294	13300	2630	1620
1985	5518	—	44969	—	17600	—	1959
1986	5901	—	38766	1876	—	—	2393
1987	6084	—	35460	2259	—	—	2604
1988	6158	18597	47650	2641	—	—	2610
1989	8184	21468	58042	—	—	—	1360*
1990	7965	20327	61697	—	—	—	1190*

*机械部系统数字

工。这时,数控装置已由半闭环控制发展成全闭环控制。以后相继问世的有三井精机的坐标镗床、牧野的数控铣床、日立制作所的双立柱数控万能工作机等。1966年日本FANUC研制出全集成电路化的数控装置。1967年出现了FMS(柔性制造系统)。1978年以后,加工中心急速发展,带有ATC装置,可实现钻、铣、镗、攻丝等多种工序的加工,步入了机床发展史的黄金时期。

在数控机床全面发展的同时,电火花成型加工机床也急速普及。如今,电加工和激光加工已普遍采用数控装置。世界上数控机床生产台数见表1.1-1。

2 世界各国数控机床发展概况

近年来,数控机床的性能、加工精度、操作性能及可靠性都有新的发展。由于大量使用数控机床,生产效率获得极大的提高。

世界上广大机械制造厂对数控机床的需求飞跃增加。日本1970年数控机床的生产台数为1500台,1979年为14000台,1984年达43300台,1990年为61697台。在这些品种中,加工中心和数控车床占全部数控机床的2/3。在销售额上,加工中心销售量居首位。近3~4年,又产生了新的动向,数控车床居第三位。然而,在特种加工机床中,电火花加工机床和激光加工机床占的比例大。

数控机床的发展,很大程度上依赖于以半导体为中心的集成电路的飞跃发展。数控机床在加工精度、数控功能丰富、可靠性以及价格低廉等方面,均取决于半导体技术的发展。

日本战后,不断采取振兴机床工业的措施。1990年生产数控机床6.17万台,出口数控机床1.93万台。数控机床产量及其出口量均占世界第一。自70年代以来,高效自动化机床的设计、制造技术不断提高。各种基础元部件过了关。实现了多品种、小批量的生产高效能化。到80年代,在普遍数控机床的基础上,试点搞了工厂自动化、计算机集成制造等。日本全国机床拥有量1987年金切机床为60万台,其中数控机床拥有量为8.6万台,占11%。多数数控机床出现在生产第一线,普遍地实现了高生产率化。

日本为了省力和投资合理化才开发数控机床。美国的目的则不同,它是为了提高产品的附加价值。美国的数控机床多用于国防、航空、宇宙等制造业。以这些市场为背景,数控机床的开发需要投入资金。1972~1977年为初级阶段,数控机床做为战略产品,首先满足国内市场的需要,此时数控车床年产量达800台,加工中心达300台。1977~1985年以数控车床和加工中心为主体,销售市场不断扩大。在价格方面,展开了竞争,在缩短交货期、降低成本、反馈用户信息方面也提出了要求,市场非常活跃。1985年数控车床为3200台,加工中心为2800台。1985年以后,进行了新的投资,开发出FMS、FMC和大型数控机床。FMS由各种高度自动化机床所组成,它使各种自动化机床的复合性能得到充分的发挥,能进行各种另件的批量加工。称柔性制造系统(Flexible),以卧式加工中心为主流,具有各种自动刀具交换装置,可进行铣削、孔加工、攻丝各种五面加工。美国机床厂商多,但机床产业规模小。

美国1990年机床产值占世界第5位。1978年日本超过美国,美国产量为5688台,日本则为7342台。此后,日本数控机床得到了迅速发展,而美国机床进口量不断增加,1990年进口台数占消费额的比率为68.6%。1989年拥有数控车床74077台,加工中心53585台,数控磨床12747台,数控镗床10688台,数控钻床10383台。数控机床总拥有量为22万台。

英国是世界上最早研制各类机床和发展机床工业的国家,机床的先进性和机床工业的实

力曾兴旺一时,对世界机床技术的发展作出了贡献。但是后来由于技术力量减弱,高效自动化机床发展缓慢,先后为美、德、日所超过。80年代后期,政府加强了对机床工业的重视,机床工业不断进行改组。1989年,英国的数控机床产量约为4000台,机床产值的数控化率,约为42~45%。

第2章 数控机床的分类

1 加工中心的种类

(1) 按功能特征分类

1) 镗铣加工中心 镗铣加工中心和龙门式加工中心。以镗铣为主,适用于加工箱体、壳体以及各种复杂零件的特殊曲线和曲面轮廓的多工序加工。适用于多品种小批量的生产方式。

2) 钻削加工中心 以钻削为主,刀库形式以转塔头形式为主。适用于中小零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻丝及连续轮廓铣削等多工序加工。

3) 复合加工中心 复合加工中心主要指五面复合加工,可自动回转主轴头,进行立卧加工。在主轴自动回转后,在水平和垂直面实现刀具自动交换。

(2) 按结构特征分类

按工作台种类分类加工中心工作台有各种结构,可分成单双和多工作台。设置工作台的目的是为了缩短零件的辅助准备时间提高生产效率和机床自动化程度。最常见的是单工作台和双工作台两种形式。

(3) 按主轴种类分类

按主轴结构特征分类分为单轴、双轴、三轴及可换主轴箱的加工中心。

(4) 按自动换刀装置分类

1) 转塔头加工中心 转塔头加工中心有立式卧式两种。主轴数一般为6~12个,换刀时间短、数量少、主轴转塔头定位精度要求较高。

2) 刀库+主轴换刀加工中心 这种加工中心特点是无机械手式主轴换刀,利用工作台运动及刀库转动,并由主轴箱上下运动进行选刀和换刀。

3) 刀库+机械手+主轴换刀加工中心 这种加工中心结构多种多样,由于机械手卡爪可同时分别抓住刀库上所选的刀和主轴上的刀,换刀时间短。并且选刀时间与机加工时间重合,因此得到广泛应用。

4) 刀库+机械手+双主轴转塔头加工中心 这种加工中心在主轴上的刀具进行切削时,通过机械手将下一步所用的刀具换在转塔头的非切削主轴上。当主轴上的刀具切削完毕后,转塔头即回转,完成换刀工作,换刀时间短。

2 数控车床的种类

数控车床由于采用了数控系统,具有快速性、灵活性和通用性。通过改变软件可增加性能,可采用人机对话,动态图形显示等技术,使数控车床的性能不断发展。数控车床的种类可按机床分为以下几种:

(1) 倾斜式床身

在水平导轨床身上布置三角形截面的床鞍,这种布局兼有水平床身造价低和横滑板导轨倾斜便于排屑和易接近操作的优点,适用于数控车床总体布局。床身使用钢筋混凝土制作,床身减震性好,热稳定性高。倾斜式数控车床分小规格、中规格、大规格3种。

(2) 水平床身(即卧式车床)

分单轴卧式车床和双轴卧式数控车床。采用正面操作方式可使操作者易接近工件。采用短床身可占地面积小和宜于加工盘类零件。双轴型可便于加工零件正反面。

(3) 立式数控车床

分单柱立式数控车床和双柱立式数控车床。采用主轴立置方式,适用于加工中等尺寸盘形或壳体形零件。便于装卸工件。

(4) 高精度数控车床

分中规格、小规格两种。最小设定单位0.00025,适于精密仪器、航天及电子工业部门加工精密零件。

(5) 四坐标数控车床

机床设有两个X、Z坐标或多坐标复式刀架。可提高加工效率,扩大工艺能力。

(6) 车削加工中心

车削中心可在一台车床上完成多道工序的加工。从而缩短了加工周期,提高了机床的生产效率和加工精度。数控车床配有门架式机械手,刀库料台和自动测量监控装置构成车加工单元,用于中小批量的柔性加工。

(7) 各种专用数控车床

如数控卡盘车床、数控管子车床等。

3 数控磨床的分类

采用数控技术可以使磨削加工实现自动化、柔性化,一般可提高生产效率2~5倍,减少操作人员,保证复杂零件的加工精度,减轻劳动强度。自1958年世界上出现数控磨床以来,产量成倍增长。

(1) 数控外圆磨床

采用多功能专用数控装置,可适于多品种小批量的自动化和省力化加工。采用自动化变频式砂轮恒线速装置和直流或交流伺服电机的进给机构可提高加工效率。

数控外圆磨床砂轮架有直置式或斜置式,可进行多阶梯轴的磨削。

(2) 数控平面磨床

随着平面磨削工艺的发展,平面磨削分成缓进给磨削、全切削磨削、全深度磨削三种。为提高磨床自动化程度,数控磨床控制系统分为三种:①手工操作,②可编程序控制或固定循环,③数字控制。

采用数控方式磨削复杂工件轮廓,就是用数控方法对砂轮直接进行成型修整后,再磨出复杂工件轮廓。在磨削过程中,自动测量工件尺寸。近年来已有采用计算机控制自动装卸、自动夹持工件、自动测量工件尺寸和自动更换砂轮的磨削中心,数控平磨精度可达 $0.1\mu\text{m}$ 。

(3) 数控内圆磨床

数控内圆磨床工件可在一次装夹中磨削阶梯孔、锥孔外圆和内外端面等加工表面。可以磨削复杂形状的零件,自动完成各种磨削程度。可以进行单双向和切入磨削。

数控内圆磨削中心采用四工位分度转塔式砂轮架。二次装夹同时磨削若干个表面和单砂轮架多工位回转或带砂轮库的数控磨削中心。采用激光表面测量技术的数控内圆磨床精度可达 $0.025\mu\text{m}$ 。

(4) 数控无心磨床

采用数控装置可处理砂轮修整的两个坐标。该数控装置除了可以编程外，还可用作人机对话、显示磨削参数的测量数值、加工程序号、机床故障等。

(5) 数控工具磨床

可在一次调整后全自动地完成几个工序的磨削。两轴控制是控制工件头架运动和纵向工作台运动，以保证高精度螺旋磨削。由伺服电机通过高精度的蜗轮驱动装置完成工件头架的回转、分度、圆周进给运动，实现螺旋运动。若具有三轴控制的机床，第三轴用于磨头横向运动，磨削刀具的主付后角和端面；第四轴用在磨头垂直移动，用来加工形状复杂的刀具。

(6) 数控专用磨床

数控螺纹磨床设有CRT显示装置和两坐标数控修正器。操作者可在现场编程、检查和修改程序。轴承套圈磨床采用数控技术是提高效率的有效途径，并且也可提高轴承套圈磨削的精度。

4 数控铣床的分类

数控铣床分数控仿形铣床、数控摇臂铣床和数控龙门铣床等。

(1) 数控仿形铣床

通过数控装置将靠模移动量数字化后，可得到高的加工精度，可进行较高速度的仿形加工。这样进给速度仅受刀具和材料的影响。

用于模具加工的数控铣床除了有刀具自动交换装置外，还配有自动靠模装置、螺杆式切屑输送机。

(2) 数控摇臂铣床

采用数控装置可提高效率和加工精度，可以加工手动铣床难以加工的零件。

(3) 数控万能工具铣床

采用数控装置的万能工具铣床有手动指令简易数控型、直线点位系统数控型和曲线轨迹系统数控型。操作方便、便于调试和维修。

(4) 数控龙门铣床

采用数控装置能铣大工件大平面。

5 数控电加工机床的分类

数控电加工机床包括数控电火花成型机床、数控线切割机床、高速小孔电加工机床。

1) 数控电火花成型加工机床有电极自动交换、程序控制、自动检测、自动补偿、自动定位和自动找中心等功能。还包括二轴同时控制的二维轨迹加工，可对垂直轴进行圆弧直线插补，可用简单的电极进行轮廓加工。可提高加工精度和精度保持性。

2) 数控电火花切割机床采用数控系统，可提高加工工艺，扩大机床应用范围，改善劳动条件，提高加工精度。

3) 数控高速小孔电加工机床 可加工小孔并提高孔的光洁度。

第3章 数控机床发展方向

随着微电子技术的进步，数控技术不断发展。促进数控机床发展的主要因素是数控系统和伺服系统功能的发展。

数控系统以集成电路的集成度为推动力，采用先进的数控技术后，数控机床、机器人、生产加工系统得到蓬勃发展，组成了先进的生产体系，促进了工厂自动化水平不断提高。如今，世界上已出现了各类数控系统，数控系统功能如纸带存储能力、PC容量、会话编程、随机图形显示，宏程序已经比较齐全。表1.3—1说明了升级换代的情况。

表1.3-1 计算机数控升级换代情况

	世 代	诞生年代	构 成 方 式 其 他
硬接方式 NC	第1代	1952	真空管、继电器、模拟电路
	第2代	1959	晶体管数字电路
	第3代	1965	集成数字电路
计算化数控 CNC	第4代小型机数控	1970	内装小型计算机、采用中小规模集成电路
	第5代微处理器数控	1974	微处理数控、数字显示、故障自诊断
	Ⅱ	1979	超大规模集成电路、大容量磁泡存储器、可编程接口
	Ⅲ	1981	人机对话、动态图形显示、实时软件、遥控接口、精度补偿，适应机床无人化运转要求

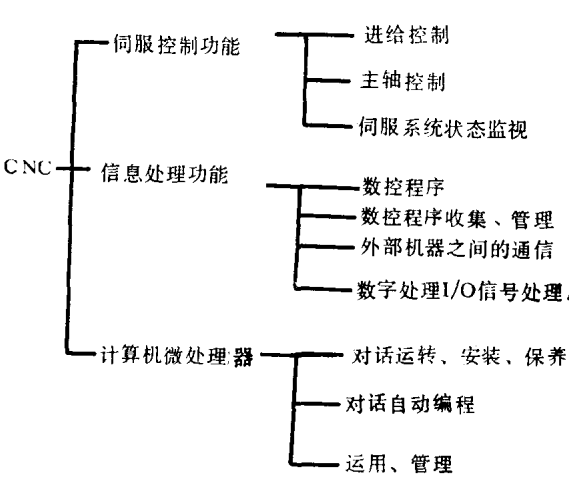


图1.3-1 CNC的主要功能

60年代的数控系统主要使用逻辑集成电路，大量使用信息处理方式和步进电机。随着实用化的进程，1970年实现了16位的CPU和CRT。采用了微处理机计算机化和软件化方式。形成了计算机数控系统。数控系统的主要功能有三部分，主要是计算机微处理器的功能。图1.3—1所示为数控系统的主要功能。

伺服系统控制功能向高速化和高精化发展，见表1.3—2。1960年后半年出现了高速控制的AC电机，由以前的反馈控制变成跟踪控制、随机补偿。

如今的数控系统已向综合控制方向发展。数控系统自动化功能包括按程序操作的工件、

刀具和夹具，判断加工状态的好坏和补偿作业等。今后，伺服系统使用数字化控制方式。用监视方式进行软件控制、协调程序和切削状态监视。在外部系统通信方面，把集成电路与数控系统连接起来，用于数据的保存。在数据处理方面，不仅用于操纵机械手的程序，而且可显示内部状态，进行异常诊断。在PC功能的提高方面、机床操作的接口处理方面，为了超过以