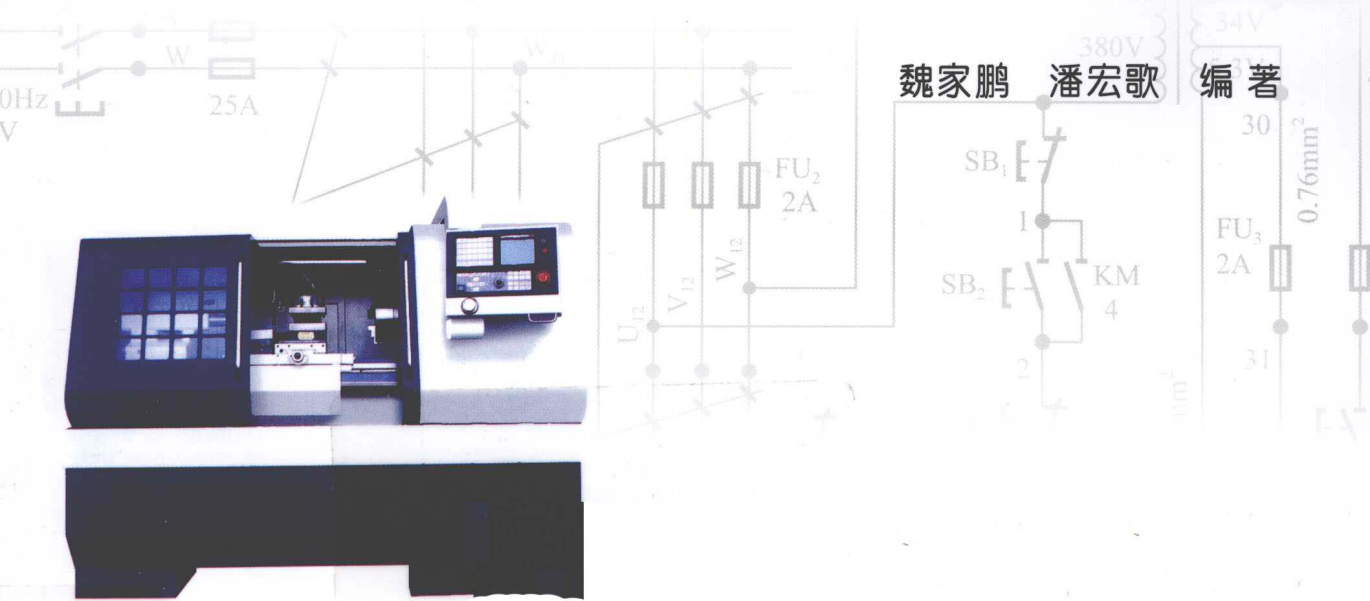


华中数控系统数控车床

编程与维护 (第2版)



魏家鹏 潘宏歌

编著

- »» 多媒体视频光盘，方便老师讲解与学生理解
- »» 配套电子课件，提供课后习题答案，供老师备课参考
- »» 大量编程应用实例，便于学生理解和提高



华中数控系统数控 车床编程与维护

(第2版)

魏家鹏 潘宏歌 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书分为8章,内容包括数控车床基础知识、数控车削加工工艺、数控车床程序编制、CAXA数控车辅助设计、数控车床的操作、典型零件的车削编程与加工、数控车床的故障诊断与简单故障处理。本书在介绍数控车床的编程操作与维护的同时,添加了CAXA软件生成华中数控系统代码的内容,力求为企业解决疑难问题,努力做到系统性强、实用性好、需求性大。

本书可作为数控技术应用专业、数控机床加工专业和机电一体化专业高等职业教育教材,也可作为从事数控车床工作的工程技术人员的参考书、数控车床短期培训用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

华中数控系统数控车床编程与维护/魏家鹏,潘宏歌编著.—2版.—北京:电子工业出版社,2012.3
ISBN 978-7-121-16190-2

I. ①华… II. ①魏… ②潘… III. ①数控机床:车床—程序设计—高等职业教育—教材②数控机床:车床—维护—高等职业教育—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第039554号

策划编辑:李洁

责任编辑:李洁 特约编辑:钟永刚

印 刷:

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:372千字

印 次:2012年3月第1次印刷

印 数:4000册 定价:35.00元(含光盘1张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

本书自 2008 年出版以来,受到读者广泛欢迎。先后经过 4 次印刷,仍然供不应求。为了回馈广大读者的厚爱,编者总结了 4 年多来读者反馈回来的意见和建议,对原书进行了较大幅度的修订。修订时,我们在保持第 1 版特色的基础上,努力更新内容,特别着力于增加本书的实践性,力求为企业解决疑难问题,同时也利于各院校在使用本书时,辅以必要的实践活动。此次修订新增设了数控编程案例、数控机床选型、安装和调试等方面的内容,同时增加了数控机床操作实例部分的内容,系统性地介绍了轴类零件、套类零件、盘类零件和螺纹类零件等常见数控车削零件的编程与操作,使数控技术人员和学生通过本书就可以全面地掌握数控设备从选型、安装、调试,到数控编程和操作的全部知识。

本书以“应用为先,实用至上”为宗旨,在修订过程中注意到该书的针对性,做到知识和技能“实用、够用、管用”,同时仍保持原书理论与实践有机结合的特色,努力做到全书系统性强、实用性大、需求性好。在素材的组织上,为突出实用的特点,搜集了大量来源于企业当前加工的零件和一线维修的实例,便于读者借鉴。在特色上,借鉴国内外较权威的图书,精选大量的实物和操作界面图片,使读者能够提高阅读效率,而接受起来也更加容易。

本书可作为数控技术应用专业、数控车床加工专业和机电一体化专业高等职业教育教材,也可作为从事数控车床工作的工程技术人员的参考书和数控车床短期培训用书。为了方便教师教学和技术人员自学,本书配有课件,有需要者,可登录华信教育资源网 www.hxedu.com.cn 注册下载。同时配有操作案例视频光盘供读者借鉴。

衷心感谢广大读者对本书第 1 版的厚爱,由于编者经验不足、能力所限,书中的错误和疏漏之处在所难免,恳请广大读者继续批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控车床概述	(1)	2.2.4 数控车削加工中的装刀与 对刀	(26)
1.1 数控机床的概念及发展状况	(1)	2.3 典型零件的加工工艺分析	(28)
1.1.1 数字控制及数控机床的 概念	(1)	2.3.1 轴类零件	(28)
1.1.2 数控机床的产生与发展	(1)	2.3.2 轴套类零件	(31)
1.2 数控机床的工作原理及基本 组成	(3)	练习与思考题	(33)
1.2.1 数控机床的工作原理	(3)	第 3 章 数控车床编程基础	(36)
1.2.2 数控机床的基本组成	(3)	3.1 数控编程的内容与方法	(36)
1.3 数控车床的分类	(4)	3.2 数控机床坐标系	(38)
1.4 数控车床的加工特点与加工 对象	(6)	3.2.1 机床坐标系	(38)
1.4.1 数控车床的加工特点	(6)	3.2.2 工件坐标系	(41)
1.4.2 数控车床的加工对象	(8)	3.3 编程中的数学处理	(42)
1.5 车床数控系统	(9)	3.3.1 数学处理的内容	(42)
1.5.1 车床数控系统的功能 简介	(9)	3.3.2 尺寸链计算	(44)
1.5.2 常用数控系统的种类与 特点	(10)	3.3.3 坐标值的常用计算 方法	(46)
练习与思考题	(12)	3.4 零件程序的结构	(47)
第 2 章 数控车削加工工艺	(14)	3.4.1 指令字	(47)
2.1 数控车削加工工艺的基本特点及 主要内容	(14)	3.4.2 程序段的格式	(48)
2.1.1 数控车削加工工艺的基本 特点	(14)	3.4.3 程序的格式	(49)
2.1.2 数控车削加工工艺的主要 内容	(14)	练习与思考题	(49)
2.2 数控车削加工工艺分析	(15)	第 4 章 数控车床手工编程	(51)
2.2.1 数控车削加工零件的工艺 性分析	(15)	4.1 编程概述	(51)
2.2.2 数控车削加工工艺路线的 拟定	(17)	4.1.1 准备功能	(51)
2.2.3 数控车削加工工序的 设计	(20)	4.1.2 辅助功能	(53)
		4.2 主轴功能、进给功能和刀具 功能	(53)
		4.2.1 主轴功能 S	(53)
		4.2.2 进给功能 F	(54)
		4.2.3 刀具功能 T	(54)
		4.3 辅助功能代码	(54)
		4.4 准备功能代码	(56)
		4.4.1 单位的设定	(57)
		4.4.2 编程方式的选定	(57)
		4.4.3 坐标系的设定与选择	(59)

4.4.4	进给控制指令	(60)	6.1.2	主要技术规格	(145)
4.4.5	回参考点控制指令	(68)	6.2	“世纪星”数控系统操作装置	(146)
4.4.6	刀具补偿功能指令	(70)	6.2.1	显示装置	(146)
4.4.7	暂停指令 G04	(75)	6.2.2	NC 键盘	(147)
4.4.8	恒线速度指令 G96、G97	(75)	6.2.3	机床控制面板(MCP)	(147)
4.4.9	简单循环	(76)	6.3	软件操作界面	(149)
4.4.10	复合循环	(81)	6.3.1	操作界面	(149)
4.5	宏程序与子程序编程	(88)	6.3.2	系统菜单结构	(150)
4.5.1	宏程序编程	(88)	6.4	数控车床的一般操作步骤	(151)
4.5.2	子程序编程	(90)	6.5	开机、关机及返回参考点	(151)
4.6	数控车床手工编程综合实例	(92)	6.5.1	开机步骤	(151)
4.6.1	轴类零件编程实例	(92)	6.5.2	复位	(152)
4.6.2	套筒类零件编程实例	(95)	6.5.3	返回机床参考点	(152)
4.6.3	盘类零件编程实例	(98)	6.5.4	紧急情况处理	(153)
4.6.4	螺纹类零件编程实例	(102)	6.5.5	关机步骤	(153)
	练习与思考题	(106)	6.6	数控车床的手动控制	(153)
第 5 章	数控车床自动编程	(109)	6.6.1	坐标轴的运动控制	(153)
5.1	计算机辅助编程步骤	(109)	6.6.2	主轴手动操作	(155)
5.2	CAXA 数控车自动编程软件基础知识	(110)	6.6.3	其他手动操作	(155)
5.3	CAXA 数控车的 CAD 功能	(113)	6.7	工作参数设置	(156)
5.3.1	基本图形的构建	(113)	6.7.1	工件坐标系设置	(156)
5.3.2	曲线的编辑	(115)	6.7.2	刀具补偿设置	(157)
5.3.3	几何绘图(建模)实例	(116)	6.8	程序输入与文件管理	(160)
5.4	CAXA 数控车的 CAM 功能	(119)	6.8.1	选择程序	(160)
5.4.1	机床设置与后置处理	(119)	6.8.2	程序编辑	(161)
5.4.2	轮廓粗车功能	(122)	6.8.3	零件程序管理	(162)
5.4.3	轮廓精车功能	(127)	6.9	程序运行与控制	(163)
5.4.4	切槽功能	(128)	6.9.1	正式加工前的准备	(163)
5.4.5	螺纹加工功能	(130)	6.9.2	自动运行的启动、暂停、中止、再启动	(164)
5.4.6	代码生成	(130)	6.9.3	加工断点的保存与恢复	(167)
5.5	典型零件车削的自动编程实例	(132)	6.9.4	运行时干预	(169)
	练习与思考题	(141)	6.9.5	MDI 运行	(170)
第 6 章	数控车床的操作	(144)	6.10	数控车床避免撞刀的方法	(171)
6.1	华中数控“世纪星”数控系统简介	(144)		练习与思考题	(172)
6.1.1	基本配置	(144)	第 7 章	典型零件的车削编程与加工	(175)
			7.1	轴类零件的车削加工	(175)

7.1.1 轴类零件的车削加工		8.2.2 数控车床的使用要求及	
案例 1	(175)	注意事项	(199)
7.1.2 轴类零件的车削加工		8.2.3 数控车床的维护与	
案例 2	(181)	保养	(199)
7.2 套类零件的车削加工	(185)	8.3 数控车床故障诊断方法	(200)
7.2.1 套类零件的车削加工		8.4 数控车床常见故障	(202)
案例 1	(185)	8.4.1 数控车床常见机械故障	
7.2.2 套类零件的车削加工		及实例分析	(202)
案例 2	(189)	8.4.2 数控系统常见故障及	
第 8 章 数控车床的维护与常见故障		实例分析	(205)
分析	(193)	8.4.3 电气系统故障及实例	
8.1 数控车床的选用、安装与		分析	(207)
调试	(193)	8.4.4 伺服系统故障及实例	
8.1.1 数控机床的选用	(193)	分析	(210)
8.1.2 数控机床的安装	(195)	8.4.5 HNC-21T 数控系统内部	
8.1.3 数控机床的调试	(197)	报警信息清单	(212)
8.2 数控车床的使用维护与保养		练习与思考题	(214)
基础知识	(198)	附录 A 数控车床常用代码表	(216)
8.2.1 数控车床操作、编程、		参考文献	(224)
维修人员必备的基本			
知识	(198)		

第 1 章 数控车床概述

数控车床是数字程序控制车床的简称，它集通用性好的万能型车床、加工精度高的精密型车床和加工效率高的专用型普通车床的特点于一身，是国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床，占数控机床总数的 25% 左右（不包括技术改造后的车床）。

近几年来，我国在继续开发国产化数控机床的同时，还大力引进和吸收国外先进数控机床的设计与制造技术，研制、开发并批量生产了功能丰富、可靠性与生产率更高的全功能数控车床、数控纵切自动车床及车削加工中心等高档产品，满足了国内市场的需要，部分数控车床（包括经济型）还销往国外。

1.1 数控机床的概念及发展状况

1.1.1 数字控制及数控机床的概念

数字控制（Numerical Control, NC），在机床领域是指用数字化信号对机床的运行过程及加工过程实行控制的自动化技术。

数字控制机床是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床，简称数控机床。机床数字控制技术是把零件的加工尺寸和各种要求用代码化的数字表示后输入数控装置，再经过处理与计算后，发出各种控制信号，使机床的运动及加工过程在程序控制下有步骤地进行，并将零件自动加工出来的技术。

1.1.2 数控机床的产生与发展

随着科学技术的不断发展，对机械产品的质量和生产效率提出了越来越高的要求。为了有效地提高产品质量与生产效率、降低生产成本、改善劳动条件，一种新型的数字控制机床应运而生。它极其有效地解决了在普通机床加工中存在的一系列缺点和不足，为单件、小批量生产的精密复杂零件提供了自动化加工手段。

1. 国外数字控制技术的产生和发展

最早采用数字控制技术进行机械加工的思想，是在 20 世纪 40 年代初提出的。当时美国

北密执安的一个小型飞机工业承包商帕尔森斯公司(Parsons Corporation)在制造飞机框架及直升机叶片轮廓样板时,利用全数字电子计算机对叶片轮廓的加工路径进行了数据处理,并考虑了刀具半径对加工路径的影响,使加工精度达到 $\pm 0.0381\text{mm}$ (± 0.0015 英寸)。从当时的水平来看,是相当高的。

1952年,美国麻省理工学院研制出一套试验性数字控制系统,并把它装在一台立式铣床上,成功地实现了同时控制三轴的运动。这台数控机床被人们称为世界上第一台数控机床,是数控机床的第一代。1954年11月,在帕尔森斯专利基础上,第一台工业用的数控机床由美国本迪克斯公司(Bendix-Corporation)生产出来。

1959年,电子行业研制出晶体管元器件,在数控系统中广泛采用晶体管和印制电路板,从而使数控机床跨入了第二代。同年3月,美国克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker Corp)发明了带有自动换刀装置的数控机床,称为“加工中心”。

1960年,小规模集成电路的出现,使数控系统的可靠性得以进一步提高,数控系统发展到第三代。以上三代数控系统,都是采用专用控制的硬件逻辑数控系统(NC)。

1967年,英国首先把几台数控机床连接成具有柔性的加工系统,这就是最初的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。之后美、欧、日也相继进行开发和应用。随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降。小型计算机开始取代专用控制的硬件逻辑数控系统,数控系统的许多功能由软件程序实现。由计算机作控制单元的数控系统(Computer Numerical Control, CNC),称为第四代数控系统。1970年,在美国芝加哥国际展览会上,首次展出了这种数控系统。

1970年前后,美国英特尔公司开发和使用了微处理器。1974年,美、日等国首先研制出以微处理器为核心的数控系统。随后微处理器数控系统的数控机床得到飞速发展和广泛的应用,这就是第五代数控系统MNC(Microcomputer Numerical Control)。人们一般将MNC统称为CNC。

20世纪80年代初,国际上又出现了柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。这种单元投资少、见效快,既可单独长时间无人看管运行,也可集成到FMS或更高级的集成制造系统中使用。FMC和FMS被认为是实现计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的必经阶段和基础。

2. 我国数控机床的产生和发展

我国从1958年开始研究数字控制技术,到1965年,国内开始研制晶体管数控系统。20世纪60年代末至70年代初研制成功X53K-1G立式数控铣床、CJK-18数控系统和数控非圆齿轮插齿机。

从20世纪70年代开始,数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工等领域全面展开,数控加工中心在上海、北京研制成功。但系统的可靠性、稳定性未得到解决,没能被广泛推广。由于线切割机结构简单、使用方便、价格低廉,在模具加工中得到了应用和推广。20世纪80年代,我国从日本FANUC公司引进了部分系列的数控系统和直流伺服电动机、直流主轴电动机等技术,并进行了国产化改造,在机床的性能和质量上产生了质的飞跃。1995年以后,我国数控机床品种不断增多,规格齐全。许多技术复杂的大型数控机床、重型数控机床都相继研制出来。为了跟踪国外技术的发展,北京机床研究所研制出了JCS-FM-102

型的柔性制造单元和柔性制造系统。一些较高档次、高精度数控系统、数字仿形系统、为柔性单元配套的数控系统都开发出来了，并开始了专业化生产和使用。

21世纪为数控机床的开发、生产和应用，开辟了更加广阔的前景，我国已成为数控机床的生产、使用大国。

1.2 数控机床的工作原理及基本组成

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床是一种高度自动化的机床，它在加工工艺与加工表面形成方法上与普通机床基本相同，最根本的不同在于实现自动化控制的原理与方法：数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。

在数控机床上加工零件时，首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化。先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数，再按数控机床规定采用的代码和程序格式，将与加工零件有关的信息，如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数（主轴转速、切削进给量、背吃刀量）以及辅助操作（换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关）等编制成数控加工程序，然后将程序输入到数控装置中，经数控装置分析处理后，发出指令控制机床进行自动加工。

1.2.2 数控机床的基本组成

数控机床通常由程序载体、输入装置、数控装置、辅助控制装置、伺服驱动系统、机床本体等部分组成。

1. 数控程序及程序载体

数控程序由数控机床自动加工零件所需工作指令组成，包含切削过程中所必需的机械运动、零件轮廓尺寸、工艺参数等加工信息。编制程序的工作可以人工进行，也可以在数控机床以外用计算机自动编程系统来完成。

编制好的零件加工程序，存放在控制介质（存储载体）上，常用的控制介质有穿孔纸带、磁带、磁盘等信息载体。采用哪种存储载体，取决于数控装置的设计类型。最早使用的存储载体是穿孔纸带，这种存储载体如今已经被淘汰。对于配置有计算机驱动器的数控机床，可以将程序存储在磁盘上，通过软驱输入系统。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码信息转换成相应的电脉冲信号并传送至数控装置的存储器。根据程序控制介质的不同，输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。

手动输入就是操作者利用机床上的键盘及显示屏输入加工指令。通信方式输入是指使用数控装置的串行口,通过相关软件和对有关参数的设定,直接读入在自动编程机上或其他计算机上编制好的程序。目前,随着CAD、CAM、CIMS技术的发展,以通信方式进行程序的传输越来越多地被采用。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,包括微型计算机、各种控制电路、显示器等硬件及相应的软件。它能完成信息的输入、存储、变换、插补运算及各种控制功能。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统。其主要作用是接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和变换,以及其他辅助装置动作等指令信号,经必要的编译、逻辑判别和运算,再经功率放大后直接驱动相应的电动机,带动机床机械部件和液压气动等辅助装置完成指令规定的动作,从而实现数控机床在加工过程中的全部自动操作。此外,机床上的限位开关等开关信号经它的处理后传送到数控装置进行处理。

5. 伺服驱动系统

伺服驱动系统是数控系统的执行部分。它接受数控装置的指令信息,经功率放大后严格按指令的要求驱动机床的运动部件,完成规定的运动,加工出合格的零件。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。目前大都采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

6. 机床本体

数控机床本体由主运动部件、进给运动执行部件、床身及工作台以及辅助运动部件、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床的机床本体组成与普通机床相似,但传动结构要求更为简单,在精度、刚度、抗振性等方面要求更高,而且其传动和变速系统便于实现自动化控制。

1.3 数控车床的分类

数控车床与普通车床一样,也是用来加工零件旋转表面的,一般能够自动完成外圆柱面、圆锥面、球面及螺纹的加工,还能加工一些复杂的回转面,如双曲面等。数控车床和普通车床的工件安装方式基本相同,为了提高加工效率,数控车床多采用液压、气动和电动卡盘。数控车床品种繁多,规格不一,可按如下方法进行分类。

1. 按车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床。立式数控车床简称为数控车床,其车床主轴垂直于水平面,并有一

个直径很大的圆形工作台，供装夹工件用。这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

(2) 卧式数控车床。卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性，并易于排除切屑。

2. 按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床。这类车床未设置尾座，适合车削盘类（含短轴类）零件。其夹紧方式多为电动或液动控制，卡盘结构多具有可调卡爪或不淬火长爪（即软卡爪）。

(2) 顶尖式数控车床。这类数控车床配置有普通尾座或数控尾座，适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

3. 按刀架数量分类

(1) 单刀架数控车床。普通数控车床一般都配置有各种形式的单刀架，如四工位卧式自动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架，如图 1-1 所示。

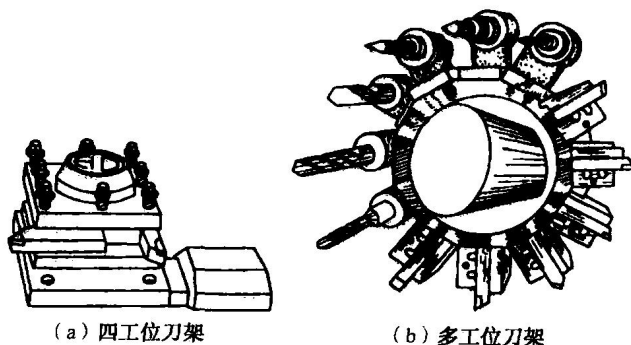


图 1-1 基本结构形式的自动转位刀架

(2) 双刀架数控车床。这类车床其双刀架的配置（即移动导轨分布）可以是如图 1-2 (a) 所示的平行分布，也可以是如图 1-2 (b) 所示的相互垂直分布，还可以是同轨结构。

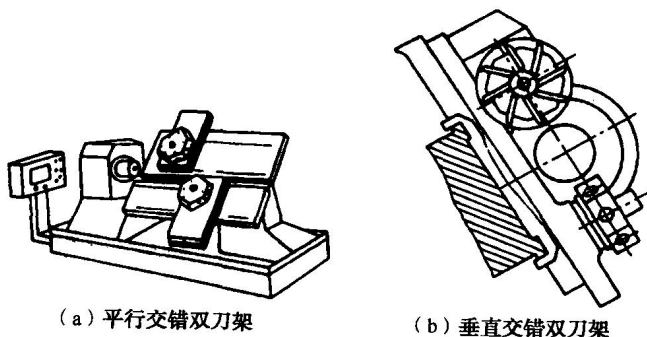


图 1-2 组合形式的自动转位刀架

4. 按功能分类

(1) 经济型数控车床。经济型数控车床是采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床,其成本较低,但自动化程度和功能都比较差,车削加工精度也不高,适用于要求不高的回转类零件的车削加工。

(2) 普通数控车床。普通数控车床是根据车削加工要求,在结构上进行专门设计,并配备通用数控系统而形成的数控车床。其数控系统功能强,自动化程度和加工精度也比较高,适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴,即 X 轴和 Z 轴。

(3) 车削加工中心。车削加工中心是在普通数控车床的基础上,增加了 C 轴和动力头。更高级的数控车床带有刀库和换刀机械手,可控制 X 、 Z 和 C 3个坐标轴,其联动控制轴可以是 $(X、Z)$ 、 $(X、C)$ 或 $(Z、C)$ 。由于增加了 C 轴和铣削动力头,故这种数控车床的加工功能大大增强,除可以进行一般车削外,还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。有的车削加工中心还具有很高精度的角度定位(即分度值达 0.001° 的 C 轴位置控制功能),从而实现3轴($X、Z$ 和 C)联动轮廓控制。

5. 其他分类方法

按数控系统的不同控制方式等指标,数控车床可以分很多种类,如直线控制数控车床、两主轴控制数控车床等;按特殊或专门工艺性能可分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等多种。

1.4 数控车床的加工特点与加工对象

1.4.1 数控车床的加工特点

数控车床与传统车床相比,具有以下一些加工特点。

1. 具有高度柔性

在数控车床上加工零件,主要取决于加工程序。它与普通车床不同,不必制造、更换许多工具、夹具,不需要经常重新调整车床。因此,数控车床适用于零件频繁更换的场合,即单件、小批生产及新产品的开发。它的应用缩短了生产准备周期,节省了大量工艺装备的费用。

如图1-3所示的“口小肚大”的内成型面零件(局部图),不仅在普通车床上难以加工,而且还难以检测。采用数控车床加工则很方便,其车刀刀尖运动的轨迹由加工程序控制。

对于由非圆曲线或列表曲线(如流线型曲线)构成其旋转面的零件、各种非标准螺距的螺纹或变螺距螺纹等多种特殊螺旋类零件,以及表面粗糙度要求非常均匀且表面粗糙度值又较小的变径表面类零件,都可通过车床数控系统所具有的同步运行及恒线速度等功能保证其精度要求。

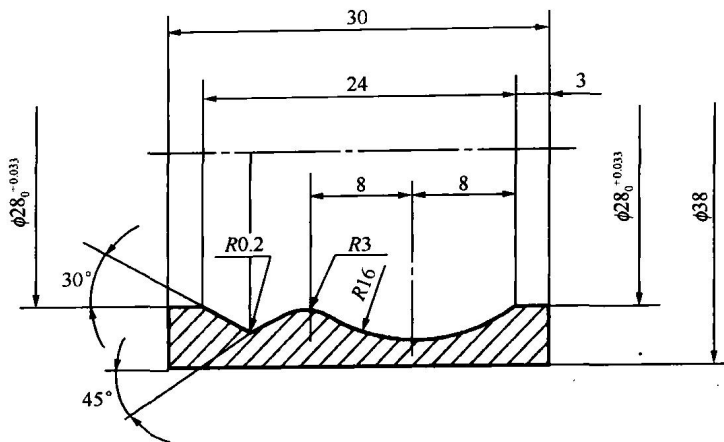


图 1-3 特殊内成型面零件的局部图

例如，在具有特殊数控系统（如 FAGOR 8025/8030 型）的车床或某些车削加工中心上，通过使用同步刀具（数个切削刀头可同时绕其自身轴线旋转，且具有独立动力），即可加工截面为四边形、六边形、八边形等的多棱柱类零件。

2. 加工精度高

数控车床的加工精度一般可达 $0.01\sim 0.001\text{mm}$ 。数控车床是按数字信号形式控制的，数控装置每输出一个脉冲信号，则车床移动部件移动一个脉冲当量（一般为 0.001mm ），而且车床进给传动链的反向间隙与丝杠螺距的平均误差可由数控装置进行补偿，因此数控车床的定位精度比较高。复印机中的回转鼓、录像机上的磁头及激光打印机内的多面反射体等超精零件，其尺寸精度可达 $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度值可达 $0.02\mu\text{m}$ ，这些高精度零件均可在高精度的特殊数控车床上加工完成。

3. 加工质量稳定、可靠

加工同一批零件时，在同一车床上、在相同加工条件下、使用相同刀具和加工程序，刀具的走刀轨迹完全相同，即零件的一致性良好，质量稳定。

4. 生产率高

数控车床可有效地减少零件的加工时间和辅助时间，其主轴转速和进给量的范围大，允许车床进行大切削量的强力切削。数控车床目前正进入高速加工时代，车床移动部件的快速移动和定位及高速切削加工，极大地提高了生产率。另外，配合车削中心的刀具使用，实现了在一台车床上进行多道工序的连续加工，减少了半成品工序间的周转时间，也提高了生产率。

为了进一步提高车削加工的效率，可通过增加车床的控制坐标轴，在一台数控车床上同时加工两个多工序的相同或不同的零件，也可实现一批工序特别复杂的零件车削加工过程的自动化。

5. 改善劳动条件

在加工前，输入零件加工程序并启动，数控车床就能自动连续地进行加工，直至加工结束。所以，操作者的工作主要是程序的输入、编辑、装卸零件、刀具准备、加工状态的观测、零件的检验等，劳动强度极大降低，趋于智力型工作。另外，数控车床一般是封闭加工，既清洁又安全。

6. 利于生产管理现代化

数控车床的加工是以标准代码为控制信息来实现的，因此易于实现加工信息的标准化，目前已和计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）系统有机地结合起来，成为先进制造技术的基础。

1.4.2 数控车床的加工对象

与传统车床相比，数控车床比较适合车削具有以下要求和特点的回转体零件。

1. 精度要求高的零件

由于数控车床的刚性好，制造和对刀精度高，以及能方便、精确地进行人工补偿，甚至自动补偿，所以它能够加工尺寸精度要求高的零件，在有些场合可以以车代磨。此外，由于数控车削时刀具运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的，再加上车床的刚性好、制造精度高，所以它能加工对母线直线度、圆度、圆柱度要求高的零件。

2. 表面粗糙度好的回转体零件

数控车床能加工出表面粗糙度小的零件，不但是因为车床的刚性好、制造精度高，还由于它具有恒线速度切削功能。在材质、精车余量和刀具已定的情况下，表面粗糙度取决于进给速度和切削速度。使用数控车床的恒线速度切削功能，就可选用最佳线速度来切削端面，这样切出的粗糙度既小又一致。数控车床还适合车削各部位表面粗糙度要求不同的零件，粗糙度小的部位可以用减小进给速度的方法来达到，而这在传统车床上是做不到的。

3. 轮廓形状复杂的零件

数控车床具有圆弧插补功能，所以可直接使用圆弧指令来加工圆弧轮廓。数控车床也可加工由任意平面曲线所组成的轮廓回转零件，既能加工可用方程描述的曲线，也能加工列表曲线。车削圆柱零件和圆锥零件时既可选用传统车床，也可选用数控车床，但车削复杂的回转体零件时就只能使用数控车床。

4. 带一些特殊类型螺纹的零件

传统车床所能切削的螺纹相当有限，它只能加工等节距的直面、锥面的公制、英制螺纹，而且一台车床只限定加工若干种节距。而数控车床不但能加工任何等节距的直面、锥面的公制、英制和端面螺纹，而且能加工增节距、减节距，以及要求等节距、变节距之间平滑过渡

的螺纹。数控车床加工螺纹时主轴转向不必像传统车床那样交替变换，它可以一刀又一刀不停顿地循环，直至完成，所以它车削螺纹的效率很高。数控车床还配有精密螺纹切削功能，再加上一般采用硬质合金成型刀片，可以使用较高的转速，所以车削出来的螺纹精度高、表面粗糙度小。可以说，包括丝杠在内的螺纹零件很适合于在数控车床上加工。

5. 超精密、超低表面粗糙度的零件

磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜及其模具，以及隐形眼镜等要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值的零件，适合在高精度、高功能的数控车床上加工。以往很难加工的散光用的塑料透镜，现在也可以用数控车床来加工。超精加工的轮廓精度可达到 $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度可达 $0.02\mu\text{m}$ 。超精车削零件的材质以前主要是金属，现已扩大到塑料和陶瓷。

1.5 车床数控系统

1.5.1 车床数控系统的功能简介

车床数控系统不仅具有直线、圆弧和螺纹等基本插补运算功能和主轴转速、进给速度等基本控制功能，还具有满足不同加工需要的一些特别功能，这些功能分别视不同的数控系统而定。

1. 主轴功能

主轴除对车床进行无级调速外，还具有同步进给控制、恒线速度控制及最高转速控制等功能。

(1) 同步进给控制。

在加工螺纹时，主轴的旋转与刀具的进给运动必须保持一定的同步运行关系。例如，车削等螺距螺纹时，主轴每旋转一周，刀具在进给运动方向（Z 轴或 X 轴）上必须严格移动一个螺距或导程。其控制方法是通过检测主轴转速及角位移原点（起点）的元件（如主轴脉冲发生器）与数控装置相互进行脉冲信号的传递而实现的。

(2) 恒线速度控制。

在车削表面粗糙度要求十分均匀的变径表面，如端面、圆锥面及由任意曲线构成的旋转面时，车刀刀尖处的切削速度（线速度）必须随着刀尖所处直径的位置不同而相应地自动调整。该功能由 G96 指令控制其主轴转速按所规定的恒线速度值运行，如 G96 S200 表示其恒线速度值为 200m/min 。当需要恢复恒定转速时，可用 G97 指令对其注销，如 G97 S1200。

(3) 最高转速控制。

当采用 G96 指令加工变径表面时，刀尖所处直径在不断变化，当刀尖接近工件轴线（中心）位置时，其直径接近零，线速度又规定为恒定值，故主轴转速将会急剧升高。为预防因主轴转速过高而发生事故，可用 G46 指令限定其恒线速度运动中的最高转速，如 G46 P2000。

2. 自动返回参考点功能

数控系统具有刀具从当前位置快速返回至参考点位置的功能,其指令为 G28,该功能既适用于单坐标轴返回,又适用于 X 和 Z 两个坐标轴同时返回。

3. 螺纹车削功能

该功能可控制完成各种等螺距(米制或英制)螺纹的加工,如圆柱(右、左旋)、圆锥及端面螺纹等的加工。

4. 多种循环切削功能

为缩短加工程序的长度,使程序更加简洁,并减少其编程的工作量,有利于加工,数控系统应具有以下一些循环切削功能。

(1) 单一固定循环。

单一固定循环包括车削外圆、端面的矩形循环,车削圆锥面的固定循环和螺纹切削循环。

(2) 多重复合循环。

多重复合循环的形式很多,主要有以下几种。

① 外圆、端面的粗车循环。这两种循环均针对成组轮廓的粗车而设置,进给路线也不同于单一的矩形或锥形,编程也比较复杂。在已编好精车加工路线的程序段之后,将有关精车余量、每次进给的切削深度和退刀量等参数设定后,就可实现其粗车循环。

② 固定形状的粗车循环。这种循环加工的特点是每次循环进给的路线形式(由精车路线提供)均固定不变,只改变其循环起点的位置。该循环功能适用于已经过铸造或模锻等基本成型的坯件的粗车加工。

③ 精车复合循环。该循环加工的特点与固定形状的粗车循环相仿,但因其适用于经粗车后的精车,故不需设定 X 轴和 Z 轴方向的总退刀量及循环次数等参数,而仅需指定精车路线中各程序段的第一条和最后一条程序的顺序号即可。

④ 端面、钻孔复合循环。这种循环功能用于断续切削端面及钻孔,以利于刀具冷却或排屑。

⑤ 外圆、车槽复合循环。该功能用于断续车削外圆或车削外沟槽。例如,用刀宽较小的车槽刀断续车削 Z 轴方向尺寸较宽的矩形外沟槽时,就可采用该循环功能。

1.5.2 常用数控系统的种类与特点

数控系统可以控制机床实现 2 轴、3 轴或多轴联动加工。数控系统控制联动的进给轴数越多,加工过程中数控系统的计算数据量就越大,要求数控装置的计算速度也越快,从而导致数控系统的结构更加复杂,数控机床的制造成本大大提高。

新型数控系统在保留传统数控系统功能的基础上,增加了更多的计算机系统的功能。

(1) 具有与计算机网络进行通信和联网的能力。该功能将数控系统与计算机网络直接相连,通过计算机网络可以将经过数控系统验证的 NC 代码存档备用,在计算机网络上由 CAD/CAM 软件生成的 NC 代码能够随时向数控系统传送。在加工复杂曲面时,由计算机网