

21 世纪高等职业技术教育规划教材
国家示范性高等职业院校规划教材

机械工程类

SHUKONGCHE BIANCHENG YU CAOZUO
YITIHUA JIAOCHENG

数控车编程与操作 一体化教程

缪凯歌 翟士述 于素华 主编

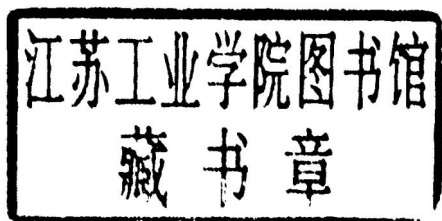


西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类
国家示范性高等职业院校规划教材

数控车编程与操作一体化教程

缪凯歌 翟士述 于素华 主编



西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

数控车编程与操作一体化教程 / 缪凯歌, 翟士述, 于素华主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.7

21 世纪高等职业技术教育规划教材. 机械工程类
ISBN 978-7-5643-0288-7

I. 数… II. ①缪…②翟…③于… III. ①数控机床: 车床—程序设计—高等学校: 技术学校—教材②数控机床: 车床—操作—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 106718 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类
国家示范性高等职业院校规划教材

数控车编程与操作一体化教程

缪凯歌 翟士述 于素华 主编

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 19

字数: 476 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0288-7

定价: 38.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前言

随着机电一体化技术的迅猛发展,数控机床的应用已经日趋普及,现代装备制造业普遍采用数控技术以提高加工精度和生产效率。随着数控机床的大量使用,社会急需大量掌握现代数控机床编程、操作、维修的技能型人才。数控车是数控专业一项非常重要的课程,这门课主要培养学生的动手能力,而现有的相关教材不是过于强调理论性的学习,就是单纯的操作指导,很难贴近学生在生产实践中的需求。根据生产实际的需要,我们将整个课程按“基于工作过程”的观点进行分解来编写这本教材,便于教师完全以生产实际为主线来进行教学。通过企业生产实例提高学生的认识,使学生能尽快适应企业的要求,为学生通过相应职业资格考试提供帮助。

本书是根据 2003 年教育部办公厅、国防科工委办公厅和中国机械工业联合会颁布的《高等职业教育学校数控技术应用专业领域技能紧缺型人才培养培训指导方案》的核心课程与实训项目“数控车削编程与操作训练”的教学内容和教学要求,并参照数控车工国家技能鉴定标准中的中高级技术工人考核标准编写的。在编写过程中,本着以服务为宗旨,以就业为指导的办学思想,注重结合我国数控专业领域人才需求的实际情况,借鉴国内外先进职业教育的理念、模式和方法,突出以工作过程为导向,对数控技术专业教学内容和教学方法进行了改革。

一体化教学即理论实践一体化教学法,该教学法打破了理论课、实验课和实训课的界限,将课程的理论教学、实践教学,生产、技术服务融于一体,教学环节相对集中,由同一教师主讲,教学场所直接安排在实训车间,师生双方边教、边学、边做,理论和实践交替进行,直观和抽象交错出现,没有固定的先实践后理论或先理论后实践,而是“理中有实,实中有理”。突出学生动手能力和专业技能的培养,充分调动和激发学生的学习兴趣。本书在编写时侧重于数控车编程理论与数控车操作技能二者的有机结合,理论与实践交替进行,在讲解编程理论时,采取边进行理论讲授边实际操作的教学模式,使学生对所讲理论有感性认识;在零件加工时采取对照图纸直接编程,然后在机床上加工操作的方法,使学生对数控加工工艺以及编程中存在的问题一目了然,为学生掌握编程知识和机床操作技能提供了方便。

本书的主要特点为:

(1) 打破原有学科体系,在基础理论知识上,以“必需够用”为原则,摒弃了传统的专业教学课程方案,根据教学目标和任务,将各个知识点分解到实践训练任务中,有计划地开展技能训练。

(2) 注重理论知识和实践技能相结合,教学和生产实践相结合。在训练中让学生知其然。教师将学生实践中出现的问题,用专业理论知识来加以解释,使学生知其所以然,从而实现理论与实践的有机结合。

(3) 以数控车工国家职业技能鉴定标准为依据。突破了传统的教材重视理论的全面性和系统性的课程体系。以能力为本位,以职业实践为主线,以任务驱动为主体,对课程内容进

行创新整合, 根据企业用人的具体要求, 结合学生的个性发展需要, 对教材内容进行必要的取舍与组合。对内容的深度和广度进行适当的调整, 结合“双证融通”的人才培养模式, 把职业资格标准融入教材中。将“综合性”与“职业性”有机统一, 针对职业学校的培养目标, 降低专业理论的重心, 突出与实践技能相关的必备专业知识。

(4) 选择目前在国内企业使用较多的 FANUC、西门子、华中数控系统进行介绍。

(5) 采用模块化方式组织编排。充分体现了“教、学、做合一”的高职教学思想, 学生将来做什么, 学生要学什么教师就教什么。

本书内容安排:

第一、二章为数控车削编程与操作基础知识, 主要介绍数控车床的组成工作原理、数控加工工艺知识及编程基本知识。第三章为 FANUC 系统数控车编程与操作。第四章为西门子系统数控车编程与操作。第五章为华中系统数控车编程与操作。第六章数控车床的维护和保养。

本书适用于高职院校数控、模具、机电专业教学及参加国家职业技能鉴定等级工考工与培训使用。也可作为数控车床技术工人的培训教材。

本课程建议学时 150~170。

本书由辽宁铁道职业技术学院缪凯歌编写第三章、第六章, 翟士述编写第四章、第五章, 于素华编写第一章、第二章及附录, 王婷、李萌老师协助编写, 王晓丹主审。

我们要衷心感谢许许多多不知名的朋友, 因为在互联网上, 我们拜读、借鉴了他们的一些真知灼见, 正是由于他们的无私, 才使我们少走了一些弯路。在本书编写过程中我们参阅了大量的教材、手册等资料, 在此向有关作者表示衷心感谢。

数控技术发展迅猛, 日新月异, 限于编者水平, 学识经验有限, 时间仓促, 书中难免有疏漏和不妥之处, 恳请读者批评指正。

尽管我们的努力有了一点收获, 但缺点不会太少, 为此, 把我们的联系方式留给大家, 并愿意听到中肯的批评, 因为那才是促使我们进步的源头活水。(jzyxmkg@126.com)

编 者

2009 年 6 月

目 录

第一章 数控技术基础	1
第一节 数控技术的基本概念	1
第二节 数控车床的组成及分类	5
第三节 数控车床的控制系统	9
第四节 数控车床的机械系统	14
第五节 数控机床的工作原理	18
思考与练习	21
第二章 数控切削编程基础及加工工艺	22
第一节 数控切削编程基础	22
第二节 数控车削加工工艺概述	32
第三节 数控车削加工工艺分析及工艺设计	36
第四节 数控车床安全操作规范	61
思考与练习	63
第三章 FANUC 系统数控车编程与操作	66
第一节 FANUC 0i Mate-TC 系统指令代码	66
第二节 FANUC CAK6136V/750 型数控车床基本操作	70
第三节 直线车削加工编程	84
第四节 圆曲线车削加工编程	92
第五节 多重循环车削加工编程	95
第六节 非圆曲线车削加工编程	108
第七节 螺纹车削加工编程	112
第八节 典型零件加工编程与操作	120
思考与练习	135
第四章 SIEMENS 系统数控车编程与操作	140
第一节 SIEMENS-802S 系统的指令代码	140
第二节 SIEMENS-802S 系统数控车床基本操作	141
第三节 直线车削加工编程	153
第四节 圆弧车削加工编程	154
第五节 非圆曲线车削编程	158
第六节 螺纹车削加工编程	164

第七节 多重循环车削加工编程	169
第八节 SIEMENS-802D 系统介绍	174
第九节 典型零件编程与操作实例	183
思考与练习	199
第五章 华中 (HNC-21/22T) 系统数控车编程与操作	202
第一节 华中 (HNC-21/22T) 系统数控车床指令代码	202
第二节 华中 (HNC-21/22T) 系统数控车床基本操作	203
第三节 直线车削加工编程	213
第四节 圆弧车削加工编程	217
第五节 多重循环车削加工编程	221
第六节 非圆曲线车削加工编程	226
第七节 螺纹车削加工编程	229
第八节 典型零件车削编程与操作实例	235
思考与练习	247
第六章 数控车床维护与保养	250
第一节 数控机床维护与保养基础	250
第二节 数控车床机械故障维修	259
附录一 数控车工国家职业技能鉴定标准	263
附录二 数控车工国家职业技能鉴定模拟试题	268
参考文献	297

第一章 数控技术基础

第一节 数控技术的基本概念

一、数控的基本概念

随着现代微电子技术的飞速发展，微电子器件集成度和信息处理功能不断提高，而价格不断降低，使微电子技术，特别是微型计算机在机械制造领域得到广泛应用。由于市场竞争日趋激烈，传统的普通加工设备越来越难以适应市场对产品多样化的要求，难以适应市场高质量、高效率的要求，而以微电子技术为基础，将传统机械制造技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术以及网络通信技术有机结合，构成高度信息化、高度柔性和自动化的制造系统，满足了当今市场竞争的需求。

数字控制 (Numerical Control) 技术，简称数控技术 (NC 技术)，是采用数字化信号对加工过程中的各种信息进行数字化运算、处理，并通过驱动装置对执行构件进行全程控制的技术。

1. 数字控制

普通的数字控制是指用数字化信号对过程进行的控制。机床中数字控制是指用数字化信号对机床的运动及加工过程进行的可编程自动控制。

2. 数控系统

数控系统是用数字控制技术实现自动控制的系统，即能阅读输入载体上事先给定的数字值，并将其译码，从而使机床自动加工零件的一种控制系统，例如 FANUC 系统、SIMMENS 系统、华中数控系统、广州数控系统等。

3. 数控机床

数控机床是采用数控技术对其加工过程进行自动控制的机床，或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟第五技术委员会 (IFIP) 对数控机床定义如下：数控机床是一种装有程序控制系统的机床，该系统能逻辑地处理具有特定代码或其他符号编码指令规定的程序。

4. 计算机数控系统

计算机数控系统是以计算机为核心的数控系统，习惯上称其为 CNC 系统。CNC 系统包括装有数控系统程序的专用计算机、输入/输出设备、可编程控制器 (PLC)、存储器、主轴驱动及进给驱动装置等。

5. 开放式 CNC 系统

国际电子与电气工程师协会 (IEEE) 提出的开放式 CNC 系统的定义是：一个开放式系

统应保证使开发的应用软件能在不同厂商提供的不同软硬件平台上运行,且能与其他应用软件系统协调工作。

由此,开放式 CNC 系统有以下 5 个特征:

(1) 对于使用者是开放的。应可以采用先进的图形交互方式支持下的简易编程方法,使得数控机床的操作更容易。

(2) 对机床制造商是开放的。应允许机床制造商在开放式 CNC 系统软件的基础上开发专用的功能模块及用户操作界面。

(3) 对硬件的选择是开放的。即一个开放式 CNC 系统应能在不同的硬件平台上运行。

(4) 对主轴及进给驱动系统是开放的。即能控制不同厂商提供的主轴及进给驱动系统。

(5) 对于数据传输及交换等是开放的。

二、数控加工的概念

在普通机床上加工零件时,一般是由工艺人员按照零件图事先制定好加工工艺规程。在工艺规程中有零件的加工工序、切削用量、机床的规格及刀具、夹具等内容。操作人员按工艺规程的规定步骤操作机床,加工出图纸给定的零件。也就是说零件的加工过程(如开车、停车、改变主轴转速、进给量、背吃刀量等)以及辅助功能(换刀,主轴正反转,切削液开、关等)都是由人工手动操纵来完成的。

用数控机床加工零件时,是按照事先编制好的加工程序自动地对被加工零件进行加工。

1. 数控加工

数控加工过程是根据零件图及工艺要求等条件编写的数控加工程序,输入数控系统,控制数控机床中刀具与工件的相对运动,从而完成零件的加工。

2. 数控程序及数控程序的编制

所谓加工程序,就是把零件的加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、进给量、背吃刀量等)以及辅助功能(换刀,主轴正反转,切削液开、关等),按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单,再把程序单的内容通过控制介质或直接输入到数控机床的数控装置中,从而控制机床加工零件。这种从零件图的分析到生成程序单的全过程叫数控程序的编制。

三、数控机床的适用范围

1. 数控加工的特点

(1) 生产效率高。与传统的加工相比,数控机床自动化程度高,一次装夹能完成较多表面的加工,省去了对刀、划线、多次装夹、检测等工序;数控机床的运动速度比传统的机床高,空行程时间短。目前,数控车床的主轴转速已达到 $5\,000 \sim 7\,000\text{ r/min}$ 。

(2) 加工精度高。数控加工的尺寸精度通常在 $0.005 \sim 0.1\text{ mm}$ 之间,最高可达到 $\pm 0.0015\text{ mm}$,不受零件复杂程度的影响,消除了人为误差,提高了同批零件的尺寸一致性,保证了加工质量的稳定性。

(3) 自动化程度高。数控机床的加工,除装卸零件、操作键盘、观察机床运行外,其他的机床动作都是按加工程序要求自动连续进行的。在柔性制造系统上,上下料、检测、诊断、对刀、传输、调度、管理等全由机床自动完成,大大降低了劳动强度。

(4) 易于建立计算机通信网络。由于数控机床使用数字信号,容易与计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)系统连接,形成二者紧密结合的一体化系统。

(5) 适应能力强。传统的自动式半自动机床上加工一个新零件,一般需要调整机床或机床附件,以使机床适应加工零件的要求;而使用数控机床加工不同形状的零件时,只要重新编制或修改加工程序就可达到加工要求,大大缩短了更换机床附件的技术准备时间。

(6) 成本高。数控机床价格昂贵,技术复杂,对工艺及编程要求较高,加工成本高;加工过程中调整困难,维修困难。

由于数控加工具有上述特点,所以有其一定的适用范围。

2. 最适合在数控机床上加工的零件

(1) 轮廓形状复杂,加工精度较高的零件。

(2) 用普通机床加工时,需要制作复杂的工艺装备的零件,或普通机床不能加工的零件。

(3) 用普通机床加工时,工艺路线过长,工装过多的零件。

(4) 新产品的试制零件。

(5) 生产周期短的急需件。

(6) 集铣、钻、镗、扩、铰、攻螺纹等多种工序于一体的零件。

(7) 多品种、小批量生产的零件。

(8) 价值昂贵,加工中不许报废的关键零件。

3. 不适宜使用数控机床加工的零件

(1) 轮廓简单,精度要求低或生产批量特别大的零件。

(2) 装夹困难或需人工找正、定位才能保证其加工精度的单件零件。

(3) 加工中,刀具的质量特别差时。

(4) 加工余量特别大或材质及余量都不均匀的坯件。

四、数控加工技术的发展趋势

1. 高速度

由于生产率要求越来越高,高速度已成为现代数控技术发展的趋势。数控机床的高速度主要体现在主轴转速上,还表现在快速移动和进给速度的提高以及换刀等时间的缩短上。

主轴的转速高可以减少切削力,有利于克服机床的振动,切屑易于排出,切削液被切屑带走,使得传导到被加工零件中的热量减少,热变形大大减小,提高了加工精度及表面质量。

在进给速度方面,目前的最大进给速度可达 80 m/min。

2. 高精度

在加工精度方面,数控机床的加工精度从 10 μm 提高到了 5 μm ,超精密加工精度甚至开始进入纳米级。

为实现更高速、更高精度指标,其主要研究方向为:

(1) 数控系统。采用位数、频率更高的微处理器,以提高系统的运算速度。目前普遍已由原来的 8 位 CPU 过渡到 16 位、32 位及 64 位 CPU,主频已由原来的 5 MHz 提高到 32 MHz,有些系统已开始采用双 CPU 结构。

(2) 伺服系统。在采用全数字伺服系统的基础上,开始采用直线伺服电机直接驱动机床工作台的“零传动”直线伺服进给方式。随着数字信号微处理器速度的大幅度提高,伺服系统的信息处理可完全用软件来完成,数字伺服系统利用计算机技术,在电机上有专用 CPU 来实现数字控制,一般具有下列特性:

a. 采用现代控制理论,通过计算机软件实现最佳控制。

b. 数字伺服系统是由采样器和保持器组成的离散系统,它具有动、静态精度高,灵敏度高,抗干扰能力强等优点。

c. 系统一般配有 SERCOS (Seral Real-time Communication System) 串行实时通信系统板。与现场总线相比,它不仅可以实现高速闭环控制,而且可以实现多个运动轴的控制。同时,还可以采用精确、高效的光纤接口(光纤连接可以确保通信过程无噪声),简化模块之间的电缆连接,提高系统的可靠性。

d. 所谓直线伺服电机是为了满足数控机床向高速、超高速方向发展而采用的新的伺服驱动装置,其最大进给速度可达 120 m/min。

(3) 高速大功率电主轴的应用。由于在超高速加工中,对机床主轴转速提出了极高的要求,传统的齿轮变速传动系统已不能满足其要求。为此,比较多地采用“内装式电动机主轴”(Build-Motor Spindle,简称“电主轴”),并进一步实现了变频电动机与机床主轴一体化。该结构主轴电动机的轴承需要采用磁浮轴承、液体动静压轴承或陶瓷滚动轴承等形式,以适应主轴高速运转的要求。

(4) 配置内装式可编程控制器。为提高可编程控制器的运行速度,满足数控机床高速加工的要求,应用了具有专用 CPU 的新型 PLC 器件,其基本指令执行时间达 $0.2\ \mu\text{s}/\text{步}$,可编程步数可扩大到 16 000 步以上。利用 PLC 的高速处理功能,使 CPU 与 PLC 之间有机地结合起来,可满足数控机床运行中的各种实时控制要求。

(5) 机床静、动摩擦的非线性补偿技术。机床动、静摩擦的非线性会导致机床工作台爬行。除了在机械结构上采取措施降低摩擦外,新型的数控伺服系统具有自动补偿机械系统静、动摩擦非线性的控制功能。

3. 复合化

机床的复合化加工是指通过增加机床功能,减少工件装夹次数、重新定位、对刀等辅助工艺时间,来提高机床的利用率。

复合化加工可以从两方面来理解:第一,工序和工艺的集中,即在一台机床上一次装夹可完成多工种多工序的任务。例如,数控车床向车削中心发展,加工中心则趋向更多能。第二,工艺的成套,即企业向复合型发展以满足用户成套服务的要求。

4. 智能化

随着人工智能技术的发展,为了满足制造业生产柔性化、制造自动化的要求,数控技术智能化程度不断提高。

(1) 加工过程自适应控制技术。通过监测加工过程中刀具磨损、主轴功率、切削力等方面信息,并且反馈,利用现代技术进行运算,及时调整加工参数及指令,使设备处于最佳运行状态,提高了加工精度和设备运行的安全性,降低了工件表面粗糙度。

(2) 加工参数的智能优化与选择。把加工专家的经验、切削加工的规律,按人工智能中知识表达的方式建立知识库存入计算机中,以加工工艺参数数据库为支撑,建立专家系统,并通过它提供经过优化的切削参数,使加工系统始终处于最优和最经济的工作状态,以提高编程效率和加工工艺技术水平,缩短生产准备时间。目前已开发出带自学功能的神经网络电火花加工专家系统。

(3) 故障自诊断功能。故障诊断装置发展的最新趋势是故障诊断专家系统,它为数控设备提供了二次监测、故障诊断、安全保障及经济策略等方面的智能诊断和维护决策信息。

(4) 智能化交流伺服驱动装置。现代技术已发展到研究能自动识别负载、自动调整参数的智能化伺服系统,包括智能主轴交流驱动装置和智能化进给伺服装置。这种驱动装置可以自动识别电动机及负载的转动惯量,且自动对控制系统参数进行优化和调整,使驱动系统达到最佳的运行状态。

5. 网络化

数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求,网络化也是实现新的制造模式(如敏捷制造、虚拟企业等)的基础单元。

6. 计算机集成制造系统

随着计算机技术的发展,计算机与机械制造方面的结合越来越广泛。计算机集成制造反映了制造系统的新发展,计算机集成制造系统是技术上的具体实现,现代制造企业要想在激烈的市场竞争中快速、灵活地响应,则势必要有计算机集成制造系统这个战略性系统技术。计算机集成制造系统的发展可以实现整个机械制造厂的全盘自动化,成为自动化工厂或无人化工厂,是自动化制造技术的发展方向。

7. 高可靠性

一般用平均无故障时间来衡量可靠性。国外的数控装置的可靠性可达 6 000 h 以上,伺服系统的可靠性可达 30 000 h 以上,表现出非常高的可靠性。

第二节 数控车床的组成及分类

数控车床是数控机床中应用最广泛的一种,它是将事先编制好的零件加工程序输入到专用计算机中,由计算机指挥数控车床各坐标轴的伺服电机、控制车床各运动部件的先后顺序、速度和移动量,并与选定的主轴转速相配合,加工出各种形状的工件。

一、数控车床的组成

数控车床的组成大体可分为 5 部分,如图 1.2.1 所示。

1. 机床本体

机床本体指的是数控车床中的机械部件，主要包括床身、刀架、床头箱、尾座及进给传动机构等。

2. 数控系统

数控系统是数控车床的控制核心，其主要部分是计算机，与我们日常使用的计算机从构成上讲基本是相同的。其中包括 CPU（中央处理器）、存储器、显示器等部分。但从其硬件的结构和控制软件上讲，它与一般的计算机又有较大的区别。数控系统中用的计算机一般是专用机，也有一些是工业控制用计算机（工控机）。

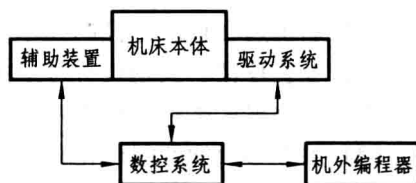


图 1.2.1

3. 驱动系统

驱动系统是数控车床切削工作的动力部分，其作用是实现主运动和进给运动。在数控车床中，驱动系统又称伺服系统，由伺服驱动电路和驱动装置组成。

伺服驱动电路的作用是接受指令，经过软件处理，推动驱动装置工作。驱动装置主要由主轴电机、进给系统步进电机、交流伺服电机、直流伺服电机等组成。

4. 辅助装置

辅助装置是指为加工服务的配套部分，如液压、气动装置，冷却、照明、润滑、防护和排屑装置等。

5. 机外编程器

由于数控车床经常用于加工一些复杂的零件，比如加工具有复杂母线的回转体零件等，所以可能有一些加工程序会比较复杂。如果在车床上编制这些加工程序，一方面要占用大量的机时，另一方面在程序的编制过程中容易发生错误，于是机外编程器就应运而生了。机外编程器是在普通的计算机上安装一套编程软件，使用这套编程软件以及相应的后置处理软件，就可以生成加工程序。通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质（如软盘、光盘等），把生成的加工程序输入到车床的控制系统中，完成零件的加工。

从总体上看，数控车床与普通车床的机械结构相似，即由床身、主轴箱、进给传动系统、刀架以及液压、冷却、润滑系统等辅助部分组成，其主要的机械部分也与普通车床基本一致。但由于数控车床的特点与普通车床不同，其某些机械结构也有一定的改变，只是基本形式是相同的。两者不同的是对加工过程的控制，简单来讲，普通车床是由操作人员直接控制，车床的每一个动作都依赖于操作人员；而数控车床则是由操作人员操作数控系统，再由控制系统来驱动机床的运动。

数控车床由于采用了计算机数控系统，其进给系统与普通车床相比发生了根本性的变化。普通车床的运动是由电动机经过主轴箱变速，传动至主轴，实现主轴的转动，同时经过交换齿轮架、进给箱、光杠或丝杠、溜板箱传到刀架，实现刀架的纵向进给移动和横向进给移动。主轴转动与刀架移动的同步关系依靠齿轮传动链来保证。而数控车床则与之完全不同。数控车床的主运动（主轴回转）由主轴电动机驱动，主轴采用变频无级调速的方式进行变速。驱动系统采用伺服电动机（对于双功率的车床，采用步进电动机）驱动，经过滚珠丝杠传送到机床滑板和刀架，以连续控制的方式，实现刀具的纵向（Z 向）进给运动和横向（X

向)进给运动。这样,数控车床的机械传动结构大为简化,精度和自动化程度大大提高。数控车床主运动和进给运动同步信号来自于安装在主轴上的脉冲编码器。当主轴旋转时,脉冲编码器便向数控系统发出检测脉冲信号。数控系统对脉冲编码器的检测信号进行处理后传给伺服系统中的伺服控制器,伺服控制器再去驱动伺服电动机移动,从而使主运动与刀架的切削进给保持同步。

二、数控车床的布局

1. 床身和导轨的布局

数控车床床身导轨与水平面的相对位置关系如图 1.2.2 所示。一共有 4 种布局形式:平床身,斜床身,平床身斜滑板,立床身。

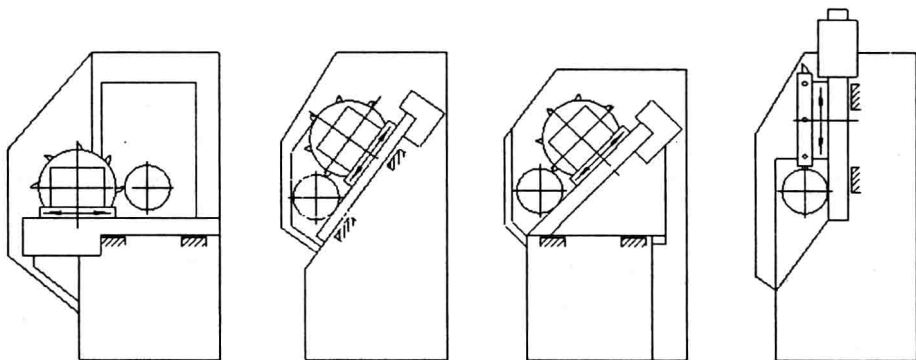


图 1.2.2

水平床身配上水平放置的刀架工艺性好,可提高刀架的运动精度,一般可用于大型数控车床或小型精密数控车床的布局。但是水平床身下部空间小,排屑困难,且刀架水平放置使得滑板横向尺寸较长,从而加大了机床宽度方向的结构尺寸。水平床身配上倾斜放置的滑板,并配置倾斜式导轨防护罩,这种布局形式一方面有水平床身工艺性好的特点,另一方面机床宽度方向的尺寸较水平配置滑板的要小,且排屑方便。

由于水平床身配上倾斜放置的滑板和斜床身配置斜滑板布局这两种布局形式具有排屑容易,从工件上切下的炽热铁屑不会堆积在导轨上,便于安装自动排屑器;易于安装机械手,以实现单机自动化;机床外形简洁、美观,占地面积小、容易实现封闭式防护等特点,所以中、小型数控车床普遍采用这两种形式。

斜床身导轨倾斜角有 30° 、 45° 、 60° 、 75° 和 90° 几种,当角度为 90° 时成为立式床身。倾斜角度小,排屑不便;倾斜角度大,导轨的导向性及受力情况差。导轨倾斜角度的大小还会直接影响机床外形尺寸高度与宽度的比例、机床的刚度、排屑、占地面积、宜人性,以及刀架质量作用于导轨面垂直分力的大小等。选用时,应结合机床的规格、精度等选择合适的倾斜角。一般来说,小型数控车床多采用 30° 、 45° ;中等规格数控车床多采用 75° 形式。

2. 刀架的布局

刀架作为数控车床的重要部件之一,它对机床整体布局及工作性能影响很大。回转刀架在机床上有两种布局形式:一种是用于加工盘类零件的回转刀架,其回转轴垂直于主轴;另

一种是用于加工轴类和盘类零件的回转刀架，其回转轴平行于主轴。两坐标联动数控车床多采用 6 工位的回转刀架，也有采用 4 工位、8 工位、10 工位、12 工位回转刀架的。

三、数控车床的分类

1. 按数控系统的功能分类

(1) 简易数控车床。简易数控车床一般是用单板机或单片机进行控制的，属于低档次数控车床。机械部分由卧式车床略作改进而成。主电动机一般不作改动，进给多采用步进电动机，开环控制，4 刀位回转刀架。简易数控车床没有刀尖圆弧半径自动补偿功能，所以编程时计算比较繁琐，加工精度较低。

(2) 经济型数控车床。经济型数控车床一般有单显 CRT、程序储存和编辑功能，属于中档次数控车床。多采用开环或半闭环控制。它的主电动机仍采用普通三相异步电动机，所以它的显著缺点是没有恒线速度切削功能。

(3) 全功能型数控车床。全功能（或多功能）数控车床主轴一般采用能调速的直流或交流主轴控制单元来驱动，进给采用伺服电动机，半闭环或闭环控制，属于较高档次的数控车床。多功能数控车床具备的功能很多，特别是具备恒线速度切削和刀尖圆弧半径自动补偿功能。

(4) 高精度型数控车床。高精度数控车床主要用于加工类似磁鼓、磁盘的合金铝基板等需要镜面加工，并且形状、尺寸精度要求都很高的零部件，可以代替后续的磨削加工。这种车床的主轴采用超精密空气轴承，进给采用超精密空气静压导向面，主轴与驱动电动机采用磁性联轴器等。床身采用高刚性厚壁铸铁，中间填砂处理，支撑也采用空气弹簧三点支撑。总之，为了进行高精度加工，在机床各方面均采取了很多措施。

(5) 高效率型数控车床。高效率数控车床主要有一个主轴两个回转刀架及两个主轴两个回转刀架等形式，两个主轴和两个回转刀架同时工作，提高了机床加工效率。

(6) 车削中心。车削中心是以全功能型数控车床为主体，并配置刀库、换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等，实现多工序的复合加工的机床。在工件一次装夹后，它可完成回转类零件的车、铣、钻、铰、攻螺纹等多种加工工序。其功能全面，但价格较高。

(7) FMC 车床。FMC 车床实际上是一个由数控车床、机器人等构成的柔性加工单元。它能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化。

2. 按数控车床主轴位置分类

(1) 立式数控车床。主轴轴线处于垂直位置的数控车床。

(2) 卧式数控车床。主轴轴线处于水平位置的数控车床。

3. 按加工零件类型分类

(1) 卡盘式数控车床。这类数控车床未设置尾座，主要适于车削盘类（含短轴类）零件，其夹紧方式多为电动液压控制。

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

4. 数控车床主要技术参数

- (1) 主要规格尺寸：最大回转直径、最大车削长度、最大车削直径等。
- (2) 主轴：主轴转速、恒线速度、主轴孔径等。
- (3) 进给系统：切削进给速度范围、快速移动速度、最小移动增量（运动分辨率）、定位精度、重定位精度等。
- (4) 刀具系统：刀架工位数、换刀时间、刀架重复定位精度等。
- (5) 尾座：套筒孔径、行程长短等。
- (6) 冷却系统：切削液牌号、切削液泵输出量等。
- (7) 电气系统：主轴电机的功率、力矩、伺服电机及功率等。
- (8) 控制系统：CNC、主轴电机控制方式、伺服电机控制方式等。

数控车床加工零件精度高，质量稳定。加工时的切削量、进给速度、主轴转速、使用刀具等加工所需的条件、参数等，都可以根据工艺要求预先编程予以规定，加工过程中可以避免人为因素的干扰。自动控制和人工智能的应用，不仅可保持加工条件不变，而且可达到加工最优化，进而大大提高同一批零件的加工一致性，同时还可以利用软件进行误差补偿，以获得更高的加工精度和重复精度。由于数控车床至少是两轴联动，因此，能够加工普通车床上难以完成的复杂回转曲面。由于采用了标准化夹具，减少了装夹时间，缩短了工艺准备时间；由于预先编制了加工程序，减少了加工时间；由于重复精度高、一致性好，节省了准备、调整及检验时间；由于提高了加工精度，从而使装配效率得以提高。使用数控设备将有效地提高生产率，减轻劳动强度，减少误操作。

第三节 数控车床的控制系统

一、数控车床的控制系统组成

1. 输入/输出设备

数控机床必须由操作人员输入零件的加工程序，才能按照加工程序加工出所需要的零件。在向数控系统输入命令后的加工过程中，数控系统要显示必要的信息，如切削方向、坐标值、报警信号等。此外，输入的加工程序可能不完全正确，时常需要进行编辑、修改和调试。上述操作人员与机床数控系统的信息交互过程，要通过数控系统中的输入/输出设备（即交互设备）来完成。

键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备。操作人员通过键盘及显示器输入程序、编辑修改程序和发送操作命令。手动数据输入（MDI, Manual Data Input）是最重要的输入方式之一。键盘是 MDI 中最主要的输入设备。显示器为操作人员提供程序编辑或机床加工信息的显示。现代数控机床都配有 CRT 显示器或点阵式液晶显示器，能显示字符、加工轨迹和图形等丰富的信息。

编制好的数控加工程序也可以存放到磁带、磁盘或光盘上（也可存储在穿孔纸带上），分别由磁带机、磁盘驱动器或光盘驱动器等输入设备输入到数控系统内。

数控机床的程序输入方法,除上述的键盘输入以外,通常可以用串行同行方式输入。随着 CAD/CAM 和 CIMS 技术的发展,机床数控系统的计算机通信功能显得越来越重要。特别是对单件生产,程序的传输较为频繁,采用串行方式是最快捷方便的手段。

2. 数控系统

数控系统中主要包括 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路和与其他部分联系的接口等部分,以及相应的控制软件。数控系统的作用就是根据输入的数据段,插补运算出理想的运动轨迹,输出到执行部件(伺服单元、驱动装置等),加工出所需要的零件。CNC 系统的监控软件可以使系统具有各种不同的控制功能。不同的监控程序可以使系统应用到不同种类的机床上。

3. 伺服单元

伺服单元可以接受来自数控系统的进给指令,经变换和放大后通过驱动装置转换成车床工作台或刀架的直线运动,或者回转工作台的转动。伺服单元是数控系统和车床本体的联系环节,它能将来自数控装置的微弱指令信号,放大成控制驱动装置的大功率信号。按照接受指令的形式不同,伺服单元可分为数字式伺服单元和模拟式伺服单元。按照驱动电动机的不同,又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

4. 驱动装置

驱动装置的作用是将放大后的指令信号转变成机械运动,利用机械传动件驱动工作台移动,使工作台按规定轨迹进行严格的相对运动或精确定位,保证能够加工出符合图样要求的零件。对应于伺服单元的驱动装置,有步进电动机、直流电动机和交流电动机等不同种类。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统,数控系统的指令需要通过伺服驱动系统付诸实施。所以,伺服驱动系统是数控车床的重要组成部分。从某种意义上讲,数控车床功能的高低主要取决于数控系统,而数控车床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

5. 可编程控制器

这是一种专门应用于工业环境,以微处理器为基础的通用型自动控制装置。这种装置的主要作用是解决工业设备的逻辑关系与开关量控制,故也称为可编程序逻辑控制器(PLC, Programmable Logic Controller)。当 PLC 用于控制车床的顺序动作时,称为可编程序车床控制器(PMC, Programmable Machine Controller)。

数控车床的自动控制由 CNC 和 PLC 共同完成。其中 CNC 负责完成与数字运算和管理有关的功能,如编辑加工程序、插补运算、译码、位置伺服控制等;PLC 负责完成与逻辑运算有关的各种动作。PLC 接受 CNC 控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等顺序动作信息,对其进行译码后转换成相应的控制信号,驱动辅助装置完成一系列开关动作,如装夹工件、更换刀具和开关切削液等;PLC 还接受来自车床操作面板的指令,直接控制车床动作,并将部分指令送往 CNC 用于加工过程的控制。

某些 PLC 还可以单独使用,用于控制那些没有轨迹要求、只需进行逻辑控制的设备。应用于数控车床的 PLC 分两类,一类是 CNC 系统的生产厂家为实现数控车床顺序控制,而将 CNC 与 PLC 综合设计在一起,称为内装式(或集成式)PLC;另一类是由专门的生产厂家开