

中等职业学校机电类规划教材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



数控技术应用专业系列

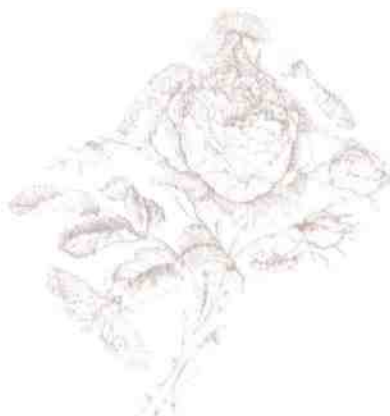
数控机床故障诊断 与维护

王文浩 主编
张涛 副主编

CNC TECHNOLOGY



- 根据岗位要求，构建知识体系
- 典型案例引领，注重知识应用
- 遵循职业标准，突出技能培养



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中 等 职 业 学 校 机 电 类 规 划 教 材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO JIDIANLEI GUIHUA JIAOCAI



数控技术应用专业系列

数控机床故障诊断 与维护

王文浩 主编

张涛 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

数控机床故障诊断与维护 / 王文浩主编. — 北京 :
人民邮电出版社, 2010.5
中等职业学校机电类规划教材. 数控技术应用专业系
列
ISBN 978-7-115-22303-6

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床—故障诊断—
专业学校—教材②数控机床—维护—专业学校—教材
IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第042499号

内 容 提 要

本书共6章, 内容包括数控机床概述、数控机床的维护与设备管理、数控机床机械结构的维护、数控机床电气系统的维护、数控机床故障诊断的基础知识、数控机床常见故障的诊断。书中详细地介绍了故障产生的原因、诊断方法及处理过程, 突出内容的先进性、实用性与技术的综合性。

本书可作为中等职业学校机电技术应用专业、数控技术应用专业、数控机床维修专业的教材, 也可作为数控加工行业的技术员、维修与调整工、数控机床维修人员的自学用书。

中等职业学校机电类规划教材

数控技术应用专业系列

数控机床故障诊断与维护

-
- ◆ 主 编 王文浩
副 主 编 张 涛
责任编辑 刘盛平
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 9.25
字数: 233
印数: 1—3 000 册
 - 2010年5月第1版
2010年5月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22303-6

定价: 17.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

丛书前言

我国加入 WTO 以后,国内机械加工行业和电子技术行业得到快速发展。国内机电技术的革新和产业结构的调整成为一种发展趋势。因此,近年来企业对机电人才的需求量逐年上升,对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地,为满足机电行业对人才的需求,中等职业学校机电类专业的招生规模在不断扩大,教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应机电行业快速发展和中等职业学校机电专业教学改革对教材的需要,我们在全中国机电行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研;以培养技能型人才为出发点,以各地中职教育教研成果为参考,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,经过充分研讨与论证,精心规划了这套《中等职业学校机电类规划教材》,包括六个系列,分别为《专业基础课程与实训课程系列》、《数控技术应用专业系列》、《模具制造技术专业系列》、《机电技术应用专业系列》、《计算机辅助设计与制造系列》、《电子技术应用专业系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向,以能力为本位”的精神,结合职业技能鉴定和中等职业学校双证书的需求,精简整合理论课程,注重实训教学,强化上岗前培训;教材内容统筹规划,合理安排知识点、技能点,避免重复;教学形式生动活泼,以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校的教学计划,面向优秀教师征集编写大纲,并在国内机电行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了多次评议及反复论证,尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校机电专业教学的要求。

在工作的选择上,充分考虑了教学和就业的实际需要,邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底,同时具有实际生产操作的丰富经验,能够准确把握中等职业学校机电专业人才培养的客观需求;他们具有丰富的教材编写经验,能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学,我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助光盘,光盘的内容为教材的习题答案、模拟试卷和电子教案(电子教案为教学提纲与书中重要的图表,以及不便在书中描述的技能要领与实训效果)等教学相关资料,部分教材还配有便于学生理解和操作演练的多媒体课件,以求尽量为教学中的各个环节提供便利。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作,并希望能得到职业教育专家和广大师生的批评与指正,以期通过逐步调整、完善和补充,使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址:liushengping@ptpress.com.cn

读者服务热线:010-67143761, 67184065

前言

随着现代加工技术的迅速发展,数控机床的使用数量急剧上升,我国已成为世界第一大数控机床使用国。数控机床的维护及维修问题日渐突出,本书是根据相关的国家职业标准和原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》编写而成的。

本书的主要内容有:数控机床概述、数控机床的维护与设备管理、数控机床机械结构、电气系统的维护、数控机床故障诊断的基础知识、数控机床常见故障的诊断等,书中带*部分为选学内容。本书编写时力求体现如下几个特点。

1. 内容突出“职业性”。教材始终贯穿职业素质培养的理念,充分反映了行业企业对机电类从业人员职业素质的要求。

2. 定位体现“养成性”。教材从中职学生职业素质养成的需求进行策划和编写,打破了现有的课程标准规划,有创新。

3. 编写强调“体验性”。教材内容充分考虑了体验式教育的元素,设计了形式多样、新颖有趣的职业素质教育实践活动,在体验中养成良好的职业素质。

4. 案例彰显“行业性”。教材案例主要选自机械行业、企业、院校的典型案例,以情节化的叙事方式展开,通俗、简明、有趣,具有指导和警示作用。

本课程的教学时数为36个学时,各章节的参考教学课时分配如下。

章 节	课 程 内 容	课 时 分 配	
		理 论	实 践
第1章	数控机床概述	3	1
第2章	数控机床的维护与设备管理	3	1
第3章	数控机床机械结构的维护	4	4
第4章	数控机床电气系统的维护	4	4
第5章	数控机床故障诊断的基础知识	2	—
第6章	数控机床常见故障的诊断	6	4
课时总计		22	14

本书由王文浩任主编,张涛任副主编。

限于编者水平,书中难免有疏漏和错误之处,请广大读者批评指正。

编者

2010年2月

目 录

第1章 数控机床概述	1
1.1 数控机床的产生与发展	1
1.1.1 数控机床的产生	1
1.1.2 数控机床的发展	2
1.2 数控机床的特点及主要技术指标	5
1.2.1 数控机床的使用特点	5
1.2.2 主要技术指标	7
1.3 数控机床的组成及分类	8
1.3.1 数控机床的组成	8
1.3.2 数控机床的工作过程	10
1.3.3 数控机床的分类	10
本章小结	17
思考与练习	17
第2章 数控机床的维护与设备管理	19
2.1 数控机床的维护	19
2.1.1 点检	19
2.1.2 数控机床的抗干扰	22
2.2 数控机床的设备管理	26
2.2.1 “5S”管理	26
2.2.2 数控设备的管理	30
本章小结	32
思考与练习	32
第3章 数控机床机械结构的维护	33
3.1 主轴部件	33
3.1.1 结构特点	33
3.1.2 主轴部件的维护要点	35
3.2 滚珠丝杠螺母副	36
3.2.1 结构特点	36
3.2.2 滚珠丝杠螺母副的维护要点	38
3.3 导轨副	39
3.3.1 结构特点	39
3.3.2 导轨副的维护要点	41

3.4 刀库及换刀装置	44
3.4.1 结构特点	44
3.4.2 刀库及换刀装置的维护要点	46
3.5 液压及气压传动装置	46
3.5.1 结构特点	46
3.5.2 液压及气压传动装置的维护要点	49
本章小结	52
思考与练习	52
第4章 数控机床电气系统的维护	54
4.1 数控系统的维护	54
4.1.1 常见数控系统的介绍	54
4.1.2 数控系统的维护	60
4.2 伺服系统的维护	62
4.2.1 主轴驱动系统的维护	62
4.2.2 进给驱动系统的维护	65
4.2.3 常见位置检测元件的维护	67
4.2.4 常见I/O元件的维护	70
本章小结	78
思考与练习	78
第5章 数控机床故障诊断的基础知识	79
5.1 数控机床故障诊断概述	79
5.1.1 数控机床故障诊断的目的	79
5.1.2 数控机床故障诊断的内容	80
5.1.3 数控机床故障诊断对人员的要求	81
5.2 数控机床故障的分类及处理	82
5.2.1 数控机床故障的分类	82
5.2.2 故障处理的步骤	84
5.2.3 故障处理的方法	85
本章小结	88
思考与练习	89
第6章 数控机床常见故障的诊断	90
6.1 数控机床无法回参考点的报警	90

6.1.1 回参考点的作用	90
6.1.2 回参考点的方式	91
6.1.3 回参考点故障诊断案例	93
6.2 数控机床超程故障及处理方法	97
6.3 数控机床操作中常见故障及诊断方法	100
6.3.1 机床手动和自动操作均无法执行	100
6.3.2 机床手动 (JOG) 或手摇脉冲 (MPG)	
不执行而自动正常	101
6.3.3 自动操作无效而手动操作正常	102
6.4 数控车床自动换刀装置常见故障的诊断	103
6.5 加工中心自动换刀装置常见故障的诊断	108
6.6 数控机床进给伺服系统的报警处理	112
6.6.1 伺服过热和伺服不能就绪的报警	
处理	112
6.6.2 伺服移动误差过大和伺服停止误差	
过大的报警处理	114

6.6.3 伺服反馈线和伺服参数错误的报警	
处理	115
6.7 数控机床传动间隙误差调整及补偿方法	119
本章小结	125
思考与练习	125

附录 A FANUC 0TC 系统程序错误报警表	
(中英文对照)	127

附录 B SIEMENS 802D 系统程序错误	
报警表 (中英文对照)	139

参考文献	142
------	-----

1

第 1 章

数控机床概述

随着社会对产品需求的多样化与科学技术发展的现代化,要求机械产品的形状及结构日趋复杂,加工质量越来越高,而且生产周期短,单件、小批生产的机械产品所占比重越来越大。数控机床就是在这样的条件下产生和发展起来的,它能有效地适应产品不断变化的、多品种、小批量、高精度、高效率的自动化生产的需求。

数控机床加工工件所需要的各种操作,如工件或刀具的定位、刀具相对于工件之间的进给运动换刀、变换加工对象等等,可以用编程指令编制控制程序,再通过计算机数控装置的自动运算实现控制,将程序中的指令变为机床的各种操作或运动,实现零件的自动加工。

知识目标



- 了解数控机床的组成、分类;熟悉数控机床的工作流程、技术特点
- 掌握数控机床的性能特点

1.1 数控机床的产生与发展

1.1.1 数控机床的产生

数控机床是综合运用了计算机技术、微电子技术、自动控制技术、自动检测技术、精密机械制造技术、网络通信技术、液压气动技术等高新技术而发展起来的,是具有高精度、高自动化、高效率的典型机电一体化产品。它的产生和发展是制造技术发展过程中的一个重大突破,标志着制造领域中数控加工时代的开始,从此机械加工业进入了一个崭新的时代。

采用数字控制技术进行机械加工的思想,最早是在 20 世纪 40 年代初提出的。当时,美国北密执安州的一个小型飞机工业承包商帕森斯公司(Parsons Co.)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轮廓路径进行数据处理,并考虑了刀具直径对加工路径的影响,提高了加工精度。当时的加工精度达到 $\pm 0.0015\text{in}$ ($\pm 0.0381\text{mm}$)。

1949 年帕森斯公司正式接受美国空军委托,在麻省理工学院伺服机构实验室的协助下,开始从事数控机床的研制工作。经过 3 年时间的研究,于 1952 年试制成功世界第一台数控机床试验性样机,并取名“Numerical Control”。这是一台采用脉冲乘法器原理的直线插补三坐标连续控制铣

床,这便是数控机床的第1代产品。利用帕森斯公司的技术,第一台工业用数控机床于1954年由美国的本迪克公司(Bendix Co.)生产出来。1959年,电子行业研制出晶体管元器件,数控装置中便广泛采用晶体管和印制电路板,数控机床的控制系统跨入了第2代。1965年,出现了小规模集成电路。由于集成电路体积小、功耗低,使数控系统的可靠性得以进一步提高,使数控系统发展到第3代。在此期间,由美国克耐·杜列克公司(Keaney & Trecker Co.)发明了带有自动换刀装置的数控机床,被称为“加工中心”。以上3代数控机床,都是采用专用控制计算机的硬接线逻辑数控系统(NC系统)。

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数控计算机,数控的许多功能由软件程序实现。这样的数控系统称为计算机数控系统(简称数控系统)。1970年,在美国芝加哥国际机床展览会上,首次展出了这种系统,称为第4代数控系统。

1974年以后,国际上又出现了以微处理器为核心的数控系统,即微机控制的数控系统,这种数控系统体积小、价格低、性能稳定、功能强大。近30年来,微机数控系统的数控机床得到了飞速发展和广泛应用,这就是第5代数控系统(MNC),但人们现在仍习惯将MNC系统称为数控系统。第4代以后的产品,由于基本的数控功能可由软件程序实现,所以又称为软接线数控系统。

20世纪80年代以后,国际上相继又研制出了柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)及柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。

20世纪90年代,出现了包括市场预测、生产决策、产品设计与制造和销售等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统(CIMS),其中数控机床是其基本控制单元,FMC和FMS是实现CIMS的必经阶段和基础。

目前,我国是世界机床第一大消费国,数控机床的占有率也逐年提高,2008年我国机床的数控化率为16%~18%,到2013年将达到23%左右。同时,我国已经建立起了门类齐全,以生产中、低档数控机床为主的产业体系,并积极研制开发了高档数控机床及数控系统。随着数控机床产量的高速增长,我国数控机床的年均增速在30%以上。2004年,国产金属切削机床年产量达到38.94万台、数控机床产量5.19万台;数控机床生产企业166家,高精度机床生产企业31家,大型机床生产企业40家。

随着制造业的中心向亚洲转移,我国已成为数控机床生产、使用的大国。

1.1.2 数控机床的发展

随着科学技术的发展,世界先进制造技术的兴起,对数控加工技术的要求越来越高。随着一些高新技术的发展,如超高速切削、精密加工等技术的应用,对数控机床的机械结构、主轴驱动、数控系统、伺服系统等提出了更高的性能要求,使数控机床在技术上呈现以下7个方面的发展趋势。

1. 高精度化

数控机床的高精度,包括高的机床几何精度和高的加工精度,而高的几何精度是提高加工精度的基础。几何精度中最主要的是定位精度和重复定位精度,定位精度的提高,加上机床的结构特性和热稳定性的提高,使得数控机床的加工精度得到了大幅度提高。例如,加工中心的加工精度从过去的 $\pm 0.01\text{mm}$ 提高到 $\pm 0.001\text{mm}$,甚至更高。精整加工所需精度已提高到 $0.1\mu\text{m}$,加工精度进入了亚微米状态。

(1) 采用先进的伺服驱动系统。采用数字式交流伺服系统,在定位精度、进给速度等伺服性

能方面较以往模拟式直流伺服系统有极大地改进,而且已经出现采用直线电动机直接驱动机床工作台的所谓“零传动”的直线伺服进给方式,从而极大地提高了加工精度。

(2) 采用前馈控制技术。以前的伺服系统是将指令位置 and 实际位置的偏差乘以位置环的增益之积作为速度指令,去控制电动机的速度。这种方式总是存在位置跟踪滞后误差,使得在加工拐角或圆弧时加工情况恶化。现在采用的前馈控制,就是在原来的控制系统上加上速度指令的控制方式,这样使跟踪滞后误差大大减小,提高了拐角切削加工精度。

(3) 采用机床动、静摩擦的非线性补偿控制技术。机床动、静摩擦的非线性会导致机床床鞍爬行。除了在机床结构上采取措施降低静摩擦外,新型的数字伺服系统具有自动补偿机械系统动、静摩擦非线性的控制功能。

(4) 补偿技术的发展和广泛应用。现代数控机床利用计算机数控系统的软件补偿功能对伺服系统进行多种补偿,如轴向运动定点误差补偿、丝杠螺距误差补偿、齿轮间隙补偿、热变形补偿等。

(5) 采用高精度的脉冲当量。高精度的脉冲当量可提高定位精度和重复定位精度。

(6) 采用高分辨率的位置检测装置。例如,高分辨率的脉冲编码器,内装微处理器组成的细分电路,使得分辨率大为提高。

2. 高速化

近年来,数控机床的生产效率有很大提高,主要方法是减少切削时间和非切削辅助时间。减少切削时间是从提高切削速度,即提高主轴转速来实现的。加工中心的主轴转速已从 10 多年前的 4 000~6 000 r/min 提高到 8 000~12 000 r/min,最高的达 100 000 r/min 以上,数控车床的主轴转速也提高到 5 000~20 000 r/min,磨削的砂轮线速度提高到 100~200 m/s。

高速切削机床主轴的高转速减少了切削力,有利于克服机床振动,排屑率大大提高,热量被切屑带走,热变形大大减小,提高了加工精度,也改善了加工面的粗糙度。因此,经过高速加工的工件一般不需要精加工。

据统计,加工中心的切削时间不超过整个工作时间的 55%,因此,减少非切削时间是提高生产效率的一个主要手段。非切削时间由两部分组成:一是空程时间,即快速移动所需的时间;另一个是辅助时间,主要是刀具交换时间和工件交换时间。

要缩短空程时间,就需要提高快速移动的速度。目前,一般的快速移动速度已达 20~24 m/min,有的达到 30 m/min 左右,最快的可达 240 m/min。特别是直线伺服进给方式的出现,为进一步提高移动速度带来了可能。另外,要减少辅助动作的时间,就需要缩短自动换刀时间和自动交换工件的时间。目前,数控车床刀架的转位时间已达到 0.4~0.6s,加工中心自动换刀时间已达到 3s 左右,快的可达到 1s 以内。而加工中心托板交换时间已从过去的 12~20s 缩短到 6~10s,快的已达到 2.5s。现主要从以下几个方面采取措施以提高速度指标。

(1) 采用高性能 CPU。微处理器是现代数控系统的核心部件。采用位数、频率更高的微处理器,以提高系统的基本运算速度。目前已由 16 位 CPU 过渡到 32 位 CPU,并向 64 位 CPU 发展。采用 32 位微处理器和多微处理器结构,以提高系统的数据处理能力,即提高插补运算的速度和精度。

(2) 配置高速、功能强大的内装式可编程序控制器(PLC)。通过提高可编程序控制器的运行速度,来满足数控机床高速加工的要求。新型的 PLC 具有专用的 CPU,基本指令执行速度每步可达 1 μ s,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 CNC 与 PLC 之间

能有机结合,满足数控机床运行中的各种实时控制。

(3) 提高多轴控制水平。新型的数控系统都具有多轴控制功能,采用多轴联动可实现对复杂及特殊型面的加工,还可采用多刀具同时加工的多刀架控制。

(4) 使用超高速切削刀具。目前金刚石涂层刀具和陶瓷刀具已在超高速加工中得到应用。

3. 高自动化

从数控系统发展到以微处理器为主的 CNC 装置后,系统的功能得到不断扩大,因此,数控机床的自动化程度也不断提高。除了自动换刀和自动交换工件外,先后出现了如刀具寿命管理、自动更换备用刀具、刀具尺寸自动测量和补偿、工件尺寸自动测量及补偿、切削参数的自动调整等功能,使单机自动化达到了很高的程度。刀具磨损和破损的监控功能也在不断完善。

4. 高可靠性

数控机床工作的可靠性主要取决于数控系统和伺服系统的可靠性,目前主要采用以下措施以提高其可靠性。

(1) 提高数控系统的硬件质量。选用更高集成度的电路芯片,建立并实现对元器件的严格筛选,稳定产品制造,完善性能测试等。

(2) 模块化、标准化和通用化。目前,现代数控系统的功能越来越强大,使得系统的硬件和软件结构实现了模块化、标准化和通用化,便于组织生产、提高质量及产品的维修。

5. 多功能化

(1) 数控机床采用一机多能,以提高设备利用率。一机多能就是把不同机床的功能集中于一台机床中实现。其典型代表是配有自动换刀机构(刀库容量可达 100 把以上)的各类加工中心,能在同一台机床上同时实现铣削、镗削、钻削、车削、扩孔、铰孔、攻螺纹,甚至磨削等多种工序的加工。为了进一步提高工效,现代数控机床又采用了多主轴、多面体切削,即同时对一个零件的不同部位进行不同方式的切削加工,如各类五面体加工中心。另外,现代数控系统的控制轴数也在不断增加,有的多达 31 根,同时联动的轴数已达 7 根。这种机床有更高的加工精度,还可以大大提高工作效率,节约占地面积、减少设备台数、操作人数和节约投资。

(2) 良好的人机对话功能。在一台机床上可同时进行零件加工和程序编制,即具有前台操作、后台编辑的功能。现代数控系统利用彩色 CRT 进行二维图形的轨迹显示,有的还可实现彩色三维动态图形的模拟,显示所编程序的加工轨迹,便于零件程序的调试、修改,确保实际加工过程的安全。

(3) 更强的通信功能。数控机床由单机发展到 FMC、FMS,进而联网形成计算机集成制造系统(CIMS),需要数控系统具有更强的通信功能。大多数数控系统都具有 RS-232C 和 RS-422 高速远距离串行接口,可以按照用户级的格式要求,同上一级计算机进行多种数据交换。高档的数控系统应具有 DNC 接口,可以实现几台数控机床之间的数据通信,也可以直接对几台数控机床进行控制。

现代数控机床,为了适应自动化技术的进一步发展,满足工厂自动化规模越来越大的要求,满足不同厂家、不同类型数控机床联网的需要,已采用了 MAP 工业控制网络,现已实现了 MAP 3.0 版本,为现代数控机床进入 FMS 及 CIMS 创造了条件。

6. 数控编程自动化

CAM 自动编程是当前最先进的数控加工编程方法。目前 CAD/CAM 图形交互式自动编程软件得到较多的应用,它是利用 CAD 完成零件几何图形的计算机绘制,再经计算机内的刀具轨迹数据计算和后置处理,而自动生成 NC 零件加工程序,再通过通信接口传入数控机床,进行自动

控制加工,从而达到 CAD/CAM 集成一体化,实现无图样化设计与制造。另外,随着 CIMS 技术的发展,当前又出现了 CAD/CAPP/CAM 集成的全自动编程方式,它与 CAD/CAM 系统编程的最大区别是其编程所需的加工工艺参数不必由人工参与,而直接从系统内的 CAPP(计算机辅助工艺设计)数据库获得。

7. 智能化

现代数控系统中,引进了自适应控制(Adaptive Control, AC)技术。自适应控制技术要求在随机变化的加工过程中,通过自动调节加工过程中所测得的工作状态、特性,按照给定的评价指标自动校正自身的工作参数,以达到或接近最佳工作状态的技术。自适应控制技术能根据切削条件的变化,自动调整并保持最佳工作状态,以达到很高的加工精度及较小的表面粗糙度,同时也能提高刀具的使用寿命和设备的生产效率。

智能化的数控系统主要体现在以下几个方面。

(1) 刀具寿命自动检测更换。对工件超差、刀具磨损与破损,进行及时报警、自动补偿或更换备用刀具。

(2) 自动诊断、自动修复。出现故障时自动诊断、自动修复。

(3) 实时补偿。根据加工时的热变形,对滚珠丝杠等的伸缩进行实时补偿。

(4) 引进模式识别技术。应用图像识别和声控技术,由系统自己辨认图样,按照自然语言命令进行 CNC 自动加工。

图 1.1 所示为某型号的车削中心,可进行车、铣、钻等多种加工。

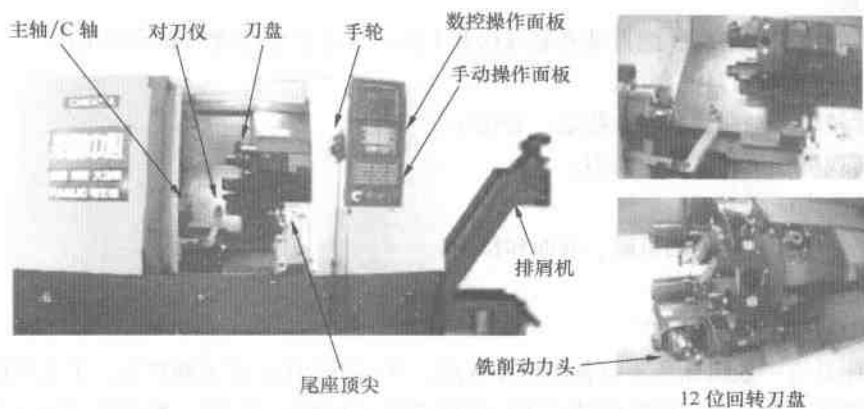


图 1.1 车削中心

课后练习

上网查一查数控技术的最新发展动态。

1.2 数控机床的特点及主要技术指标

1.2.1 数控机床的使用特点

1. 对操作及维修人员的技术水平要求较高

数控机床采用的计算机控制和伺服系统技术等十分复杂,机床精度很高。因此,要求操作、

维修及管理人员具有较高的文化水平和技术素质。

数控机床是根据程序进行加工的,程序的编制既要有一定的技术理论又要有一定的经验技巧,可由操作人员手工编制,也可以使用计算机辅助编制。加工程序的编制直接关系着数控机床功能的开发和使用,并直接影响数控机床的加工精度。因此,数控机床的操作人员除了要具有一定的工艺基础知识外,还应对数控机床的结构特点、工作原理以及程序编制进行必备的技术理论培训和操作训练,经考核合格后才能上机操作,以防操作使用时发生人为事故。除此之外还应能正确编写或快速理解程序,对数控加工过程中出现的各种情况作出正确的综合判断和处理。

正确和有效的维护是提高数控机床效率的基本保证。数控机床的维修人员应有较高的、较全面的数控理论知识和维修技术。例如,机修人员要懂得一些数控机床的电气维护知识,电气维修人员要了解数控机床的结构和程序编制,维修人员应有比较全面的机、电、液压方面的专业知识,才能综合分析、判断故障根源,缩短故障停机时间,实现高效维修。因此,数控机床维修人员也必须经过专门的培训才能上岗。

此外,还要对与数控机床使用有关的工作人员进行数控加工技术知识的普及,以便于数控机床发挥更高的效能。

2. 对夹具和刀具的要求较高

(1) 数控机床对夹具的要求。

① 单件或小批量生产时,一般采用通用夹具;批量生产时,为节省加工时间,应使用专用夹具或组合夹具。

② 夹具应该定位可靠,能自动夹紧或松开工件,具有良好的排屑和冷却结构。

(2) 数控机床对刀具的要求。

① 精度较高、寿命长、尺寸稳定、变化小。

② 能实现机外预调、快速换刀。

③ 刀柄应为标准系列。

④ 能很好地控制切屑的折断、卷曲和排出。

⑤ 具有良好的冷却性能。

3. 数控机床的应用范围广

数控机床具有一般机床所不具备的许多优点,其应用范围正在不断扩大,但它目前并不能完全代替一般机床,也不能以最经济的方式解决机械加工中的所有问题。数控机床最适合加工具有以下特点的零件。

(1) 多品种、小批量生产的零件。

(2) 形状结构比较复杂的零件。

(3) 需要频繁改型的零件。

(4) 价值昂贵,不允许报废的零件。

(5) 需要最短周期的急需零件。

(6) 批量较大、精度要求高的零件。

由于数控机床可实现自动化加工,能实现一人操作多台数控机床,从而减少操作工人数,提高生产率。综合考虑成本因素,某些大批量生产的零件也可采用数控机床加工。特别是采用经济型数控机床加工也是可行的。

1.2.2 主要技术指标

1. 主要技术规格

数控车床主要技术规格有床身规格尺寸、最大车削直径、刀架最大回转直径、最大车削长度等；数控铣床主要技术规格有工作台尺寸、工作台 T 形槽尺寸、工作台行程等规格尺寸。

2. 运动指标

数控机床的运动指标主要是指主轴转速。数控机床主轴采用直流或交流伺服电动机驱动，选用高速精密轴承支撑，保证主轴具有较宽的调速范围和较高的回转精度，以及较高的刚度和抗震性。现代数控机床的主轴转速普遍达到 $5\,000\sim 10\,000\text{ r/min}$ ，甚至更高。主轴转速可以通过操作面板上的“主轴转速倍率”开关直接调整。

3. 精度指标

(1) 脉冲当量（分辨率）。脉冲当量是影响数控机床加工精度的主要因素，是数控机床的重要精度指标之一。经济型数控机床的脉冲当量一般为 0.01 mm ，普通数控机床的脉冲当量多为 0.001 mm ，精密或超精密数控机床的脉冲当量一般为 $0.0001\sim 0.001\text{ mm}$ 。

(2) 定位精度。定位精度是指数控机床工作台等移动部件所达到的实际位置精度，实际位置与指令要求位置的差值为定位误差，引起定位误差的因素包括伺服系统、检测系统、进给系统误差以及运动部件的几何误差。定位误差将直接影响零件加工的精度，一般数控机床的定位精度为 $0.001\sim 0.008\text{ mm}$ 。

(3) 重复定位精度。重复定位精度是指在相同的条件下，采用相同的操作方法，重复进行同一动作时得到的定位精度一致性程度。一般数控机床的重复定位精度为 0.008 mm 。

4. 刀具系统

数控机床的刀具系统包括刀架工位数、刀具孔直径、刀杆尺寸、换刀时间等各项指标。加工中心刀库的容量与换刀时间直接影响加工效率，通常数控车床的回转刀架容量为 $4\sim 8$ 个刀位，中小型加工中心的刀库容量为 $16\sim 60$ 把，大型加工中心的刀库容量为 100 把以上。

5. 其他指标

除了以上性能指标外，还有主轴变频电动机、进给伺服电动机的规格型号和功率等电气指标，冷却系统指标，数控机床外形尺寸、机床重量等。

课后阅读 MJ-460 数控车床的主要技术参数如下：

允许最大工件回转直径—— 460 mm ；

最大切削直径—— 292 mm

最大切削长度—— 650 mm ；

主轴转速范围—— $50\sim 2000\text{ r/min}$ （无级）

床鞍定位精度——X 轴： $0.015/100\text{ mm}$ ； Z 轴： $0.025/300\text{ mm}$ ；

床鞍重复定位精度——X 轴： $\pm 0.003\text{ mm}$ ； Z 轴： $\pm 0.005\text{ mm}$ ；

刀架有效行程——X 轴： 215 mm ； Z 轴： 675 mm ；

快速移动速度——X 轴： 12 m/min ； Z 轴： 16 m/min ；

刀具规格——车刀 $20\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ ；镗刀 $\phi 8\text{ mm}\sim \phi 40\text{ mm}$ ；

自动润滑——15 分/次；

卡盘最大夹紧力——4 2140N；

安装刀具数——12 把；

尾座套筒行程——90mm；

主轴电动机功率——11/15kW；

进给伺服电动机——X 轴：AC 0.6kW；Z 轴：AC 1.0kW；

控制轴数——2 轴（X 轴、Z 轴，手动方式时仅 1 轴）；

联动轴数——2 轴；

最小输入增量——X 轴：0.001mm；Z 轴：0.001mm；

最小指令增量——X 轴：0.0005mm/P；Z 轴：0.001 mm/P；

最大编程尺寸—— $\pm 9\,999.999\text{mm}$ ；

程序存储量——256M；

程序号——O××××。

1.3 数控机床的组成及分类

1.3.1 数控机床的组成

数控机床的组成如图 1.2 所示，通常由控制介质、数控装置、伺服系统、检测及反馈系统、机床主机及辅助装置组成。数控装置用于数控机床的运算、管理和控制；伺服系统根据控制系统的指令驱动机床，使刀具和零件执行数控代码规定的运动；检测及反馈系统则是用来检测机床执行件的位移和速度变化量，并将检测结果反馈到输入端，与输入指令值进行比较，调整机床运动以消除误差。

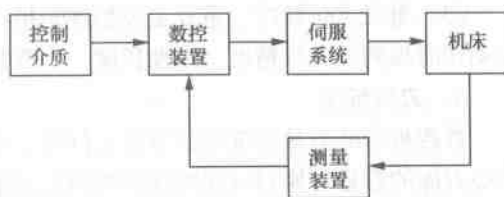


图 1.2 数控机床组成

1. 控制介质

数控机床加工时，所需的加工程序及各种控制信息要靠某种中间载体携带和传输，这种载体称做“控制介质”。控制介质上存储零件加工的全部程序，如数控加工所需要的全部动作和刀具相对于工件位置信息等。

控制介质有多种，如早期使用的穿孔带、磁带，现在一般使用磁盘、光盘等，采用何种控制介质取决于数控装置的类型。另外，也可通过通信接口直接输入所需各种信息。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。数控机床正是在它的控制下，按照给定的程序自动地对零件进行加工。数控装置可控制位置、速度、角度等机械量以及温度、压力等物理量，其控制方式可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补运算模块就是根据所读入的零件程序，通过译码、编译等信息处理后，进行相应的刀具轨迹插补运算，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号相比较，从而控制机床各个坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常主要由可编程控制器（PLC）来完成，它根据机床加工过程中的各个动作要求进行协调，按各检测信号进行逻辑判别，从而控制机床各个部件有条不紊地有序工作。

数控装置由硬件和软件组成。CNC 的硬件为一款专用计算机,通过软件来实现部分或全部数控功能,也可以改变软件更改或扩展其功能。数控装置的基本工作包括输入、译码、刀具补偿、进给速度处理、插补、位置控制、故障处理、显示、诊断等。

3. 伺服系统

机床伺服系统是数控装置与机床的连接环节,它是以机床移动部件(工作台)的位置和速度作为控制量的自动控制系统,用来接收数控装置(或计算机)插补生成的进给脉冲或进给位移量,驱动机床的执行机构运动。

伺服系统主要由驱动装置、执行机构、位置检测反馈装置等部分组成。目前大多采用交、直流伺服电动机作为系统的执行机构,各执行机构由驱动装置驱动。交、直流伺服电动机一般适用于全功能型数控机床,而步进电动机多用在经济型或简易数控机床上。数控系统发出的脉冲指令信号与位置检测反馈信号比较后作为位移指令,再经驱动装置功率放大后,驱动电动机运转,进而通过丝杠拖动刀架或工作台运动。

数控机床的伺服系统要求有良好的快速响应性能,进给速度范围要大,能灵敏而准确地跟踪指令,在较大范围内有良好的工作稳定性。

4. 检测及反馈装置

检测及反馈装置可以包括在伺服系统中。它由检测元件和相应的电路组成,其作用主要是检测速度和位移,并将信息反馈到控制系统,构成闭环控制。无测量反馈装置的系统称为开环系统。常用的测量元件有脉冲编码器、光栅、旋转变压器、感应同步器、磁尺、激光位移检测系统等。

5. 机床主机

主机是数控机床的主体,包括床身、箱体、导轨、主轴、进给机构等机械部件。数控机床主机的结构有下面几个特点。

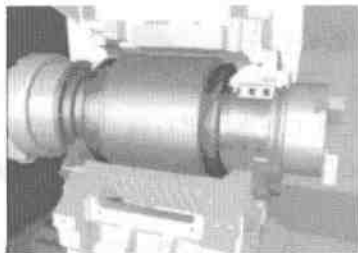
(1) 由于采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置,简化了数控机床的机械传动结构,传动链较短。

(2) 数控机床的机械结构具有较高的动态特性,以及动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能,适应连续自动化加工。

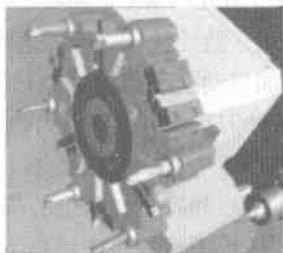
(3) 较多地采用高效传动件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨、静压导轨等。

6. 辅助装置

辅助装置主要包括:工件自动交换机构(APC)、刀具自动交换机构(ATC)、工件夹紧与松开机构、回转工作台、液压控制系统、润滑冷却装置、排屑照明装置、过载与限位保护功能以及对刀仪等部分。机床的功能与类型不同,其包含辅助装置的内容也有所不同。图 1.3 所示为部分机床最新辅件。



(a) 电主轴结构



(b) 全车刀具的安装



(c) 转位刀盘的内部结构

图 1.3 机床辅件

1.3.2 数控机床的工作过程

利用数控机床进行零件加工的工作过程如图 1.4 所示。首先根据被加工零件的图样（零件形状、尺寸）及工艺要求等，采用手工或计算机编制零件的加工程序，把加工零件所需机床的各种动作及工艺参数变成数控装置所能接收的程序代码，并将这些程序代码存储在控制介质（如穿孔带、磁带、光盘等）上，然后输入数控装置。进入数控装置的信息经一系列的处理、运算及控制转变成脉冲信号，再将脉冲信号传送到机床的伺服系统，经传动装置驱动机床的有关运动部件，产生加工零件所需的各种运动。

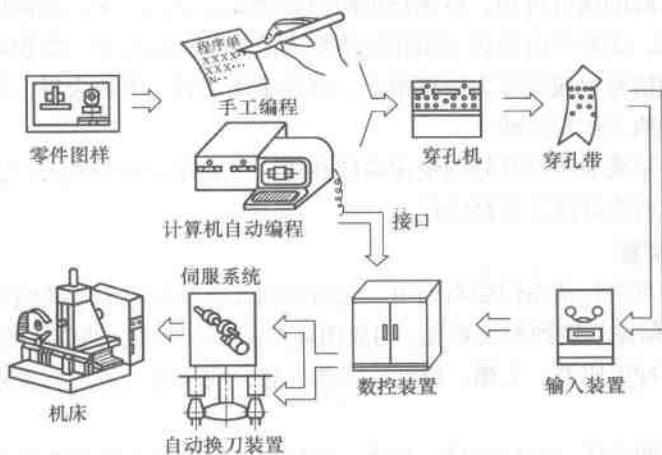


图 1.4 数控机床的工作过程

1.3.3 数控机床的分类

随着数控技术的迅速发展，绝大部分普通机床都有相应的数控机床，并且还出现了一些特殊类型的数控机床，其加工用途、功能特点各不相同，据不完全统计，目前数控机床的品种规格已达 500 多种，并且还在不断增加。按数控机床产品的品种规格、结构、功能各不相同，通常可按以下 4 种方法进行分类。

1. 按工艺用途分类

(1) 金属切削类数控机床。它与普通金属切削机床品种一样，是具有车、铣、镗、铰、钻、刨、磨等各种切削工艺特点的数控加工机床。每一种数控加工机床又包括很多品种，如数控铣床中包含有立铣、卧铣、工具铣、龙门铣等。切削类数控机床发展最早，目前种类繁多，功能各异，又可被分为普通型数控机床和数控加工中心（MC）两类。

① 普通型数控机床。如数控车床、数控铣床、数控磨床、数控镗床等。

② 在普通数控机床的基础上增加自动换刀机构（ATC）和一个刀库，即称为数控加工中心。工件经一次装夹后，通过自动更换各种刀具，可在同一台机床上对工件连续进行铣、镗、钻、铰、攻螺纹等多道工序的加工，如镗铣类加工中心、车削类加工中心等。此外，加工中心又以主轴的空间布置位置的不同可分为立式加工中心和卧式加工中心等。

(2) 金属成形类数控机床。金属成形类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成形工艺的数控机床。这类数控机床有数控折弯机、数控弯管机、数控组合压力机、数控回转头压力机等。这类