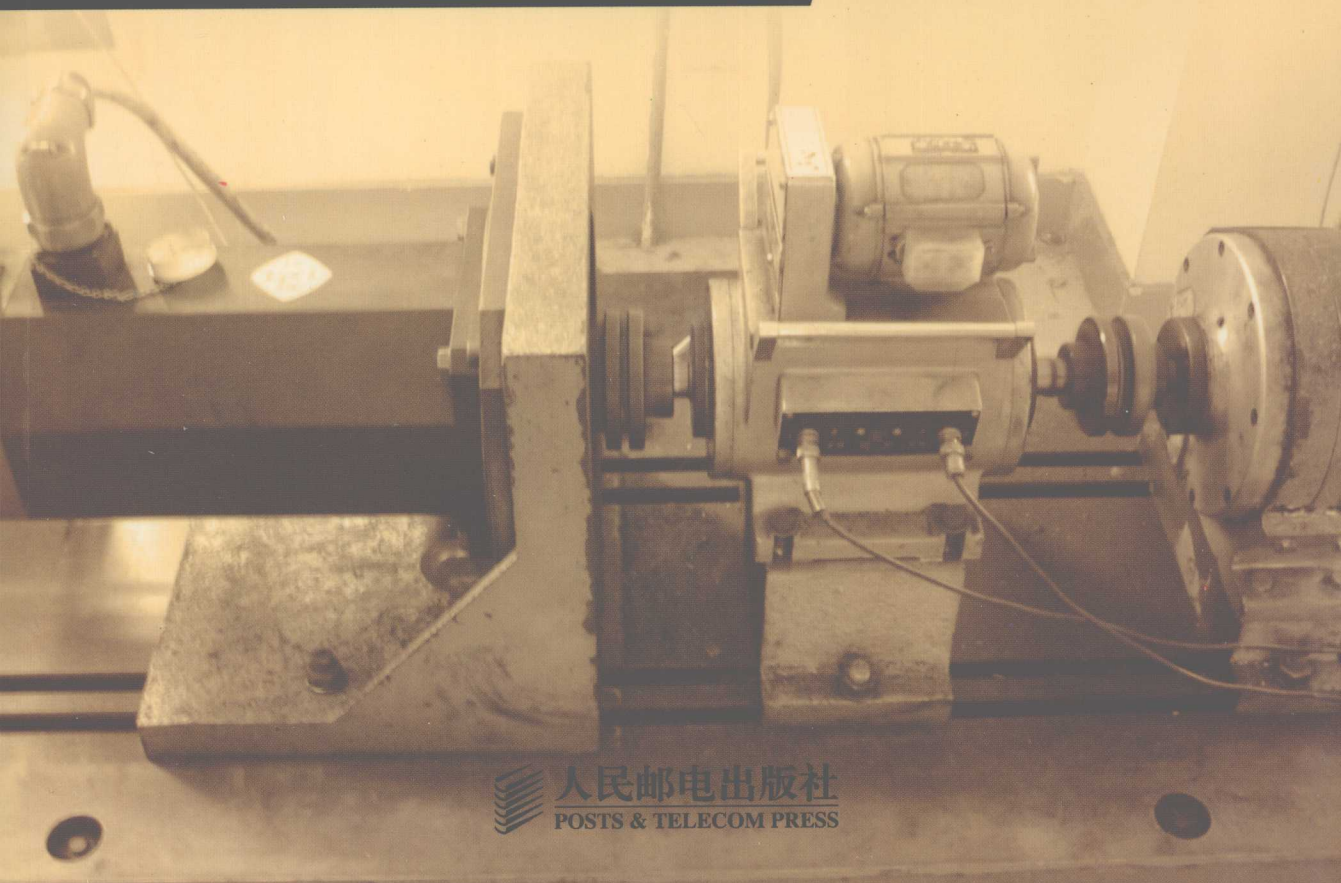


21世纪 高等职业教育
数控技术 规划教材

现代数控机床 全过程维修

左文刚 主编 杨好学 蔡向朝 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

ISBN 978-7-111-21111-1

21世纪高等职业教育数控技术规划教材

21世纪高等职业教育数控技术规划教材

ISBN 978-7-111-21111-1

现代数控机床全过程维修

主要内容

左文刚 主编

杨好学 蔡向朝 副主编

数控技术全书

蔡向朝 主编

左文刚 副主编

人民邮电出版社

地址：北京市丰台区右安门外大街22号

邮编：100054

网址：<http://www.ptpress.com.cn>

电话：(010) 51095100

传真：(010) 51095101

发行：(010) 51095102

零售：(010) 51095103

邮购：(010) 51095104

人民邮电出版社

北京 (010) 51095100 邮政编码：100054

图书在版编目 (CIP) 数据

现代数控机床全过程维修 / 左文刚主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.1

(21 世纪高等职业教育数控技术规划教材)

ISBN 978-7-115-16625-8

I. 现... II. 左... III. 数控机床—维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 114909 号

内 容 提 要

本书从数控机床的结构特点, 数控机床的选型, 数控机床的安装、调试与精度检测, 数控机床的故障分析与维修, 数控机床的技术改造以及数控机床的维护和保养等几个方面对数控机床使用的全过程维修进行阐述。本书具有理论与实践相统一, 并且重在实践的特点。每个章节的开始有导读, 章节的后面有小结, 每章最后附有习题。

本书可作为高等职业技术学院数控专业的教材, 也适合企业数控机床维修人员使用。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

现代数控机床全过程维修

-
- ◆ 主 编 左文刚
副 主 编 杨好学 蔡向朝
责任编辑 潘新文
 - ◆ 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>
人民邮电出版社内蒙古印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.75
字数: 379 千字 2008 年 1 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2008 年 1 月内蒙古第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16625-8/TN

定价: 24.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

丛书前言

会员委审编

数控技术作为制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，是制造业提高产品质量和生产效率的重要手段，数控技术的应用水平更是体现国家综合国力的重要标志。加入 WTO 以后，中国正在逐渐成为“世界制造中心”，制造业已经成为国民经济的支柱产业。为了增强竞争能力，中国制造业开始更加广泛地使用先进的数控技术。然而，除了需要技术条件、政策环境和廉价劳动力等方面的支持外，企业更需要大批高素质的专门人才，特别是大批具有较高素质的数控技术应用型人才。人力市场上也因此出现数控技术应用型人才的严重短缺，而培养高素质的数控人才是高等职业教育义不容辞的责任。

为此，人民邮电出版社按照教育部、中国机械工业联合会等六部门关于高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养的一系列精神，专门针对数控行业现阶段的特点和要求，组织全国范围内高等职业院校中对数控技术应用专业教学和实践经验都非常丰富的教师、专家和在职企业人员成立了“21 世纪高等职业教育数控技术规划教材编审委员会”，就数控专业的课程体系结构的设置以及新型数控教材的编写进行了一系列研讨。从职业分析入手，对职业岗位进行能力分解，以技术应用能力和岗位工作技能为支撑，明确数控专业领域核心能力，并且围绕核心技能的培养形成数控专业领域的课程体系。其后，在全国广泛调研的基础上，再经过反复的讨论，决定编写出版《21 世纪高等职业教育数控技术规划教材》系列教材。

本系列教材的作者，由高等职业教育一线的优秀骨干教师和数控企业的技术人员所组成。这套教材体现了企业对数控人才的具体要求和学校多年的教育、教学经验的结合，并且力求文字表达的简练和知识内容的实用，希望能够最大限度地适合高等职业教学的要求。

高等职业教育改革和教材建设不是一朝一夕可以完成的，作为一项工程它需要反复地研讨和实践。我们衷心希望，全国关心高等职业教育的广大读者能够对本套教材的不当之处给予批评指正、提出修改意见；我们也热切盼望从事高等职业教育的教师、专家以及数控企业的技术专家和我们联系，共同探讨数控教学的课程组织方案和教材编写等相关问题。来信请发至 panxinwen@ptpress.com.cn；我们也殷切的期待您的投稿。

本系列教材在调研和编写过程中，得到了机械工业联合会数控专业教材指导委员会几位专家的大力帮助，在此表示衷心的感谢。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材编审委员会

编者的话

数控机床是机电一体化的高性能、高自动化的机械加工机床，作为现代机械加工的先进工具，它已经渗透到机械加工的各个领域。要满足现代加工的需要，生产出高质量的产品，可以说，数控机床是一种最为理想的机械加工工具。

在数控机床的应用过程中要使用好数控机床，提高数控机床的综合效率，必须解决数控机床的维修问题。目前，数控机床的维修已经成为摆在许多企业面前的一个亟待解决的问题。

本书的编者多年从事企业数控机床维修、数控机床管理以及数控机床教学工作。本书更是其多年经验的总结，是校企合作的产物。在编写过程中，充分考虑到高等职业技术学院的特点和相关专业课程的需要，以及机械加工企业中数控机床维修和管理等方面的要求，本书从内容上、结构上都力争做到易学、实用，同时又便于理解和实践。

本书提出了“数控机床全过程维修”的理论。“数控机床全过程维修”是从数控机床的前期管理开始，就要贯穿数控机床的维修理念，并把对数控机床的维修理论和思想在数控机床的全寿命周期管理中全方位运用，这就要求维修人员能够比较全面地把握维修理论和技能，以便在数控机床的维修工作中展现出自己的能力，使数控机床的维修工作全面、合理、科学地开展起来。

本书共分为6章，第1章主要介绍数控机床的组成，加工中心、数控车床和数控坐标镗床的结构及特点。第2章主要介绍数控机床生产厂商及品牌的确定、数控机床的性能价格比、数控机床位置精度的评定方法和对比、CNC系统的选择和数控机床主机在造型中的重要性。第3章主要讲解数控机床的安装、数控机床调试前的检查工作、CNC系统的功能检查和调试、数控机床的整机调试和数控机床的精度检测。第4章讲述数控系统的故障分析与维修和数控机床主机的故障分析与维修。第5章主要讲解普通机床数控化改造的总体思路和实施及数控机床技术改造的总体思路和实施。第6章主要讲解数控机床的维护与数控机床的保养。

本书可作为高等职业技术学院机电、数控专业的教材，也可作为数控机床维修人员的参考用书，同时又可作为企业培训数控机床维修人员的培训教材。

本书由中国一航西安航空动力控制有限责任公司的左文刚工程师担任主编，西安航空技术高等专科学校的蔡向朝、杨好学任副主编。在编写本书时得到了西安航空技术高等专科学校机械系领导和老师的大力支持和协作，在这里对他们的辛勤工作一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误或不妥之处，恳请读者批评指正。

编者
2007年6月

目 录

02	绪论	1
12	第1章 数控机床的结构特点	4
32	1.1 数控机床的组成	4
32	1.1.1 数控机床的整体结构	4
32	1.1.2 计算机数控系统(CNC)的组成	5
32	1.1.3 主机的组成	8
32	1.2 数控机床的结构及特点	14
32	1.2.1 加工中心的结构和特点	14
32	1.2.2 数控车床的结构及特点	23
32	1.2.3 数控坐标镗床的结构及特点	28
32	1.3 小结	33
32	习题	33
32	第2章 数控机床的选型	35
32	2.1 数控机床的选型	35
32	2.1.1 基本工艺参数、加工范围的确定	35
32	2.1.2 市场占有率与售后服务	36
32	2.1.3 市场调研与货比三家	38
32	2.1.4 公开招标与设备选型	38
32	2.2 数控机床的性能/价格比	39
32	2.2.1 数控机床性能/价格比的市场规律	39
32	2.2.2 数控机床性能/价格比的发展趋势	40
32	2.3 数控机床位置精度的评定方法和对比	41
32	2.3.1 位置精度在数控机床选型中的重要性	41
32	2.3.2 数控机床位置精度的评定方法	41
32	2.3.3 数控机床位置精度的标准术语定义对比	42
32	2.3.4 数控机床的精度储备	46
32	2.4 CNC系统的选择	46
32	2.4.1 CNC系统的优点	47
32	2.4.2 CNC系统的选择	47
32	2.4.3 CNC系统的选型要优化	48
32	2.5 数控机床主机在选型中的重要性	48
32	2.5.1 对数控机床主机的要求	48
32	2.5.2 对数控机床坐标伺服系统机械与电气接口的要求	49

2.6	小结	50
	习题	51
第3章	数控机床的安装调试与精度检测	53
3.1	数控机床的安装	53
3.1.1	数控机床安装前的技术准备	53
3.1.2	数控机床的安装	57
3.2	数控机床调试前的检查工作	60
3.2.1	输入电源电压、频率和相序的确认及检查	60
3.2.2	机械部分、液压系统、气动系统、中心润滑系统、制冷系统、冷却液系统和排屑装置的检查	61
3.2.3	接通电源后的检查	62
3.3	CNC 系统的功能检查和调试	64
3.3.1	CRT 显示内容检查和功能调试	64
3.3.2	数控机床 CNC 系统通电后的硬件检查和调试	70
3.3.3	数字伺服系统的检查和调试	72
3.3.4	交流主轴驱动系统的检查和调试	73
3.4	数控机床的整机调试	75
3.4.1	对数控机床主机各部位的调试	75
3.4.2	数控车床的空运转和负荷试验	78
3.4.3	卧式加工中心的空运转和负荷试验	82
3.5	数控机床的精度检测	85
3.5.1	数控机床几何精度的检测	85
3.5.2	数控机床的位置精度检测	97
3.5.3	加工中心可交换各工作台托板的重复定位精度检测	101
3.5.4	加工中心的加工试件	102
3.6	小结	104
	习题	106
第4章	数控机床的故障分析与维修	109
4.1	数控系统的故障分析与维修	109
4.1.1	CNC 系统的自诊断功能和故障报警	109
4.1.2	自诊断报警的故障分析与维修	118
4.1.3	控制系统的故障分析与维修	125
4.1.4	主轴伺服系统的故障分析与维修	132
4.1.5	坐标伺服系统的故障分析与维修	142
4.1.6	可编程逻辑控制器 (PLC) 的故障分析与维修	156
4.2	数控机床主机的故障分析与维修	161
4.2.1	卧式加工中心主传动系统的原理分析与故障维修	161
4.2.2	数控铣床主传动系统的噪声分析与控制	165
4.2.3	卧式加工中心自动换刀系统原理分析	172

4.2.4 立式加工中心机械手的故障分析与排除	176
4.2.5 数控机床热变形对机床精度的影响	179
4.3 小结	187
习题	188
第5章 数控机床的技术改造	191
5.1 普通机床数控化改造的总体思路和实施	191
5.1.1 普通机床数控化改造的前提条件	191
5.1.2 普通机床数控化改造的总体方案	192
5.1.3 普通卧式车床数控化改造实施	195
5.1.4 普通铣床数控化改造实施	204
5.2 数控机床技术改造的总体思路和实施	208
5.2.1 数控机床改造前的技术状况	208
5.2.2 数控机床技术改造的方案设计	210
5.2.3 数控系统的调试	215
5.3 小结	219
习题	220
第6章 数控机床的维护与保养	223
6.1 数控机床的维护	223
6.1.1 数控机床维修或维护中的管理工作	223
6.1.2 TPM 全员生产维修(维护)在数控机床维修和维护、保养中的作用	228
6.2 数控机床的保养	231
6.2.1 数控机床一级保养的内容和要求	231
6.2.2 数控机床二级保养的内容和要求	233
6.2.3 数控机床三级保养的内容和要求	235
6.3 小结	238
习题	238
参考文献	241

绪论

1. 数控机床维修在机械制造领域中的重要作用

(1) 数控机床在机械加工设备中的地位

自 20 世纪中叶以来,数控机床的出现使机械制造业发生了一场巨大的革命,彻底改变了机械加工的性质。数控机床发展到今天,作为现代机械加工的先进工具,已经渗透到机械加工的各个领域,并且越来越被人们所重视。要满足现代工业的需要、生产出高质量的产品,数控机床是最为理想的机械加工工具之一。

当前,在许多机械加工企业中正在推行精益制造理论和精益生产。精益制造就是以创造利润为头等大事,要满足任何客户的需求,确保生产不停顿,充分进行人员流动、物料流动和仪器流动,把过去传统的推动式生产变成拉动式生产。数控机床不但可以满足人们形状复杂、精度高、互换性好的加工需要,同时还可以减轻工人的劳动强度,把操作人员从繁重的体力劳动中解放出来。并且数控机床在精益制造中,特别是在拉动式生产中,可以满足多品种小批量,甚至单件生产的需要。

人为的手工操作很难生产出几何形状复杂、精度高、互换性好的产品。而且工件的工装、刀具、量具等相对比较复杂,制造成本高。因此可知,传统设备进行单件生产时,要做到满足要求非常困难。而数控机床弥补了上述缺陷,它所需要的工装比较简单,互换方便,非常适合小批量或单件生产。数控机床的适用范围如图 1 所示。

(2) 数控机床维修的重要性

数控机床是一种比较复杂、精度较高的机械加工设备。设备越复杂,出现故障的概率就越大。数控机床的数控系统、机械系统、液压系统、气动系统等部分出现故障的概率肯定比传统设备大许多。数控机床发展到今天,对可靠性提出了非常高的要求,而且可靠性的提高给数控机床的使用带来了经济效益的迅速提高,企业从中获取了丰厚的回报。尽管如此,数控机床在使用过程中不出现故障是绝对不可能的,出了故障就必须去排除、去修理。

从另外一个角度来说,数控机床的使用状况和可靠性也反映了对数控机床的维修水平。衡量数控机床维修人员维修水平的高低就是看其维修的理论知识是否扎实、实践经验是否丰富及积累总结掌握的如何。实践离不开理论,没有一个较全面、较系统的数控技术知识,要提高对数控机床的维修水平几乎是不可能的。

对一位高水平数控机床维修人员来说,要求其所掌握的知识必须全面,心须具备弱电、强电、计算机原理、数控原理、机械设计与制造理论、液压、气动、润滑系统等知识。这是

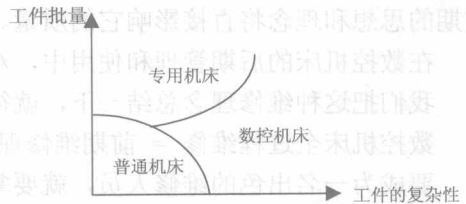


图 1 数控机床的适用范围

维修好数控机床的前提条件。

数控机床在生产线上一般都占有举足轻重的地位,不管它在生产线上担任什么样的角色,一旦出现故障势必会影响整个生产过程。这时就要看数控机床维修人员的水平和技术。

TPM 全员生产维修提出“零故障”工程,这是我们追求的目标。提高状态监测,把数控机床的故障率降到最低,把数控机床的故障维修周期安排到最佳,使数控机床的综合效率达到最优状态,企业使用数控机床的目的才算达到。因为此时数控机床所创造的最高利润才能真正的体现出来。

2. 数控机床全过程维修

(1) 全过程维修的含义

本书提出的数控机床全过程维修实际上就是对数控机床全寿命使用过程中的维修。它包括前期使用和后期使用。

所谓前期就是从对数控机床的选型调研开始,一直到数控机床的合同签定,数控机床初验收和终验收。即在对数控机床进行前期管理和使用时,就要考虑到数控机床的维修问题。

数控机床中 CNC 系统的选择影响到维修,主轴伺服和驱动系统的选择影响到维修,坐标伺服及测量反馈系统的选择影响到维修,机械手、刀库、工作台、刀塔等的选择也会影响到维修。甚至主轴的结构、各传动系统的结构、液压系统、气动系统、中心润滑系统、冷却液系统以及冷却装置等都会影响到维修。

数控机床在后期使用和管理中更离不开维修,因为对数控机床的维修直接关系到设备管理的各方面工作。预防性维修、事后维修、状态维修,甚至对数控机床必须进行的各种类型的维护、保养将全面贯穿到对数控机床的维修中。

可以说,在对数控机床前期管理和使用时要贯穿对数控机床维修的思想和理念,并且还要把这种维修的思想和理念放在非常重要的位置上,因为在对数控机床的后期管理和使用中,前期的思想和理念将直接影响它的质量。

在数控机床的后期管理和使用中,对数控机床的维修将是更直接、更具体的。

我们把这种维修理念总结一下,就得到了如下的结果:

数控机床全过程维修 = 前期维修理念+后期维修实施。

要成为一名出色的维修人员,就要掌握数控机床的结构特点,要熟知数控机床的选型,要学会对数控机床的安装、调试与精度检测,要熟练地对数控机床的故障进行分析与维修,还要学会对数控机床的技术改造,把握好对数控机床的维护与保养。

(2) 全过程维修与 TPM 全员生产维修的关系

在数控机床的使用过程中,离不开操作人员,离不开编程人员,也离不开管理人员。当数控机床出现故障以后,它不仅仅是维修人员的事情,而应当是这些人员共同的事情。只有相互配合,才能尽快排除故障。

从“零故障”工程方面来说,数控机床的故障是人造成的。那么,正确的使用、维护、保养和管理工作也是数控机床维修工作中的重要组成部分。数控机床的使用、维护、保养和管理工作搞好了,其故障率就会降到最低。

对数控机床进行全过程维修,加上全员参与的对数控机床的生产维修,就是我们确立的数控机床维修理念的真正意义所在。

3. 本课程的特点及学习方法

(1) 本课程的特点

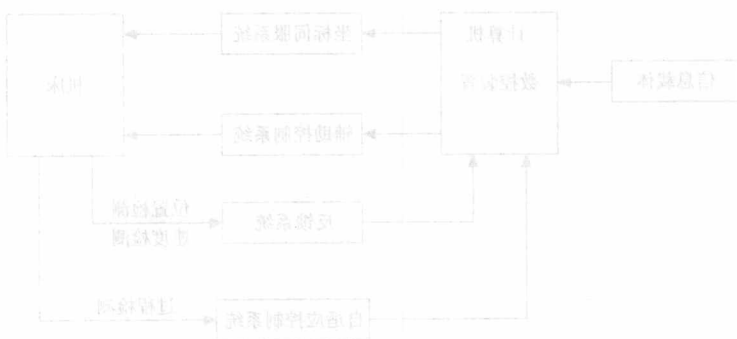
本课程具有理论与实践相统一，并且重在实践的特点。数控机床全过程维理论要求维修人员对数控机床机、电、液、气等方面的理论知识要有比较全面的了解和掌握，抓住数控机床结构的特点、CNC 系统的原理、进给伺服系统和主轴伺服驱动系统的工作特点，以及液压系统、气动系统、中心润滑系统、冷却液系统等工作原理和特点，开展对数控机床方方面面的维修。

对数控机床全过程维修要有理论知识的指导，同时还要在具体的实践中不断应用，不断总结和积累维修工作中的经验。通过“理论—实践—再理论—再实践”这个反复学习、实践的过程，不断丰富自己的知识，才能成为合格的数控机床维修人员。

(2) 本课程的学习方法

在本书每一章的前面都有导读，每一章的后面都有小结。在学习每一章时，应当首先认真阅读导读，以便在学习时能抓住重点。学完每一章后，一方面要认真看一下小结，同时也要认真回顾一下所学习的内容，看哪些内容掌握了，哪些内容还没有掌握或者掌握得不好。不妨自己也动手总结一下本章的学习心得和体会。每一章的最后都有习题，在做习题时，最好结合相关的数控机床进行实际训练，这样学习的效果会更佳。

在学习本课程之前，应当具备数控机床的一些基本原理知识，否则在学习过程中可能会碰到难题。当具备了数控机床的基本原理知识后，学习本课程就一定会得心应手。



第 1 章

数控机床的结构特点

本章主要讲解数控机床的组成、计算机数控系统的组成、主机的组成、加工中心的结构及特点、数控车床（车削中心）的结构及特点、数控坐标镗床的结构及特点等内容。学习本章的目的就是在学习过数控机床的基本原理和相关知识以后，对数控机床的组成作一次概括的复习，起一个承上启下的作用。同时，要掌握有关加工中心、数控车床（车削中心）和数控坐标镗床这几类典型数控机床的基本结构和特点。

1.1 数控机床的组成

数控机床是技术密集型和知识密集型的机电一体化设备，它是一种利用数控技术，准确地按照事先安排的工艺流程，实现规定加工动作的金属切削机床。数控机床在现代机械加工领域中起着非常重要的作用。

1.1.1 数控机床的整体结构

数控机床的组成，从大的方面划分，主要由信息载体、计算机数控装置、坐标伺服系统、辅助控制系统、位置和速度检测反馈系统以及过程检测的自适应控制系统等六部分组成。数控机床的组成框图如图 1.1 所示。

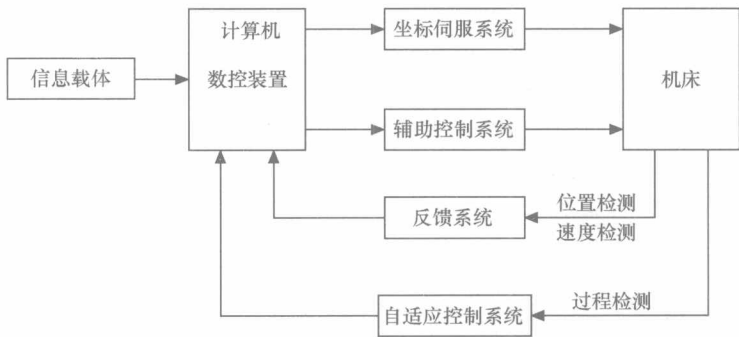


图 1.1 数控机床的组成框图

1. 信息载体

它是把加工零件通过建立数学模型及数学处理后，按规范编制成工艺流程，形成程序文件，然后通过计算机存储到软盘或磁带上，再将软盘或磁带的程序输送到数控系统中。或者通过键盘将加工程序输送到数控系统中，也可通过 DNC 接口用通用计算机直接将加工程序

输送到数控系统中。这些软盘、磁盘、键盘或通用计算机就是信息载体。我们把可用不同形式将零件的加工程序记录在上面，并可传输给数控装置的这种载体称为信息载体，也可称为控制介质。

在早期的数控机床上，常用纸带、穿孔卡片、磁带等作为信息载体。

2. 计算机数控装置

加工程序由输入装置传送到数控系统中后，经过中央处理单元（CPU）、运算器、存储器、控制器等，又通过数控系统软件、机床参数等的支持，再经过输出装置，分配到坐标伺服系统和辅助控制系统中去。同时又将坐标伺服系统中的位置检测信号、速度检测信号和自适应控制的温度、转矩、振动、摩擦、切削力及液压、气压、中心润滑等系统的压力多因素变化过程检测的反馈信息，经与给定值和最佳参数反复比较、处理后，再输出给坐标伺服系统和辅助控制系统。这里的输入/输出装置、中央处理单元、运算器、存储器和控制器等组成的装置称为计算机数控装置。

3. 坐标伺服系统

由伺服控制电路、功率放大器、交流伺服电机或线性电机、位置和速度检测装置等组成，将数控装置发出的脉冲信号转换成机床的各坐标运动，这种系统称为坐标伺服系统。

坐标伺服系统中的位置检测装置和速度检测装置，对坐标运行的直线位置、角向位置的准确性和直线运行速度、角向回转速度进行检测、修正。其中包括主轴转换成伺服坐标的角向位置检测和回转运行的速度检测。坐标伺服系统中的坐标运行位置精度和运行速度将直接影响数控机床的加工精度和生产效率。

早期的伺服系统中，伺服电机常常采用步进电机和直流伺服电机。老式的数控机床还采用电液脉冲马达作为伺服系统的执行元件。半闭环伺服系统中常常采用旋转变压器进行间接位置检测，闭环伺服系统中常常采用感应同步器进行直接位置检测。当代数控机床的坐标伺服系统中，伺服电机已大量选用交流伺服电机和线性交流伺服电机；半闭环伺服系统中，大量采用圆光栅尺组成的编码器进行间接位置检测。闭环伺服系统中，大量采用直线光栅尺和圆光栅尺进行直接的直线位置检测和角向位置检测。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置的作用，就是通过接收数控装置发出的辅助控制指令，经输入/输出接口电路转换成强电信号，用来控制机床主轴的启动、停止，主轴的无级调速，机械手、刀库、换刀的动作，刀塔的动作，尾座的动作，工作台的交换、定位、夹紧，冷却液装置的动作，排屑器的动作，液压装置的动作，气压装置的动作及中心润滑装置的动作等。辅助控制装置用辅助指令来控制数控机床各开关量，能使机床在运行过程中形成一套完整或较完整的逻辑工作状态。

1.1.2 计算机数控系统（CNC）的组成

计算机数控系统（CNC）主要由微型计算机、外围设备和机床控制装置三大部分组成，而CNC的工作就在于硬件和软件的组合。CNC系统的组成框图如图1.2所示。

1. 微型计算机

微型计算机是CNC系统的核心，是CNC的主体设备，是软件得以施展、完成各项控制功能的硬件保证。它主要由微处理器（CPU）、存储器和接口电路组成。

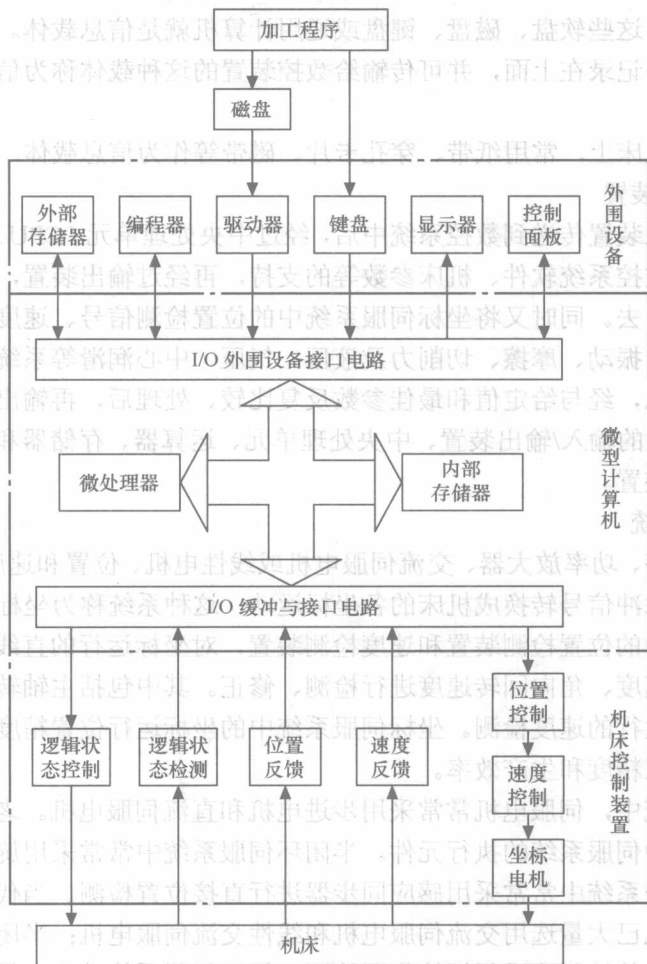


图 1.2 CNC 系统的组成框图

CPU 由运算器和控制器组成，主要任务是完成对数控系统的运算和管理。运算器对存储器提供的数据进行算术和逻辑运算，并将运算的中间结果送回存储器暂时存储。控制器从存储器中依次取出组成程序的指令，经译码后向数控系统的各部分按逻辑顺序发出控制信号。控制器是统一指挥和控制数控系统各部分的中央机构，它根据程序中的指令信息和反馈信息，在向各部件发出执行程序指令的同时，又决定下一步的操作指令。存储器用于存储系统软件和加工程序，在 EPROM 中存放系统程序，在 RAM 中存放中间数据。

CPU 与机床和外围设备的联系，通过相应的输入/输出 (I/O) 接口电路完成。I/O 接口电路的作用，一方面是作为 CPU 与机床和外围设备联系的信息通道，另一方面是将 CPU 与机床和外设之间隔离起来，起到缓冲和保护作用。

2. 外围设备

外围设备 (简称外设) 由操作面板、键盘、显示器、磁盘驱动器、可编程控制器 (PLC 机) 以及外部存储器等组成。这些外围设备通过 I/O 接口与计算机相连，形成了计算机与外围设备的双向通信，同时在计算机的统一指挥下对机床各部分进行控制。

操作面板主要分两大部分,一部分用来安装操作计算机及数控装置的各按键、按钮开关和标准计算机键盘、固定鼠标等;另一部分用来安装操纵机床的各种控制开关、按键、手摇脉冲发生器以及机床工作状态指示器、各种信号灯等。目前,大部分数控机床为了操作方便,将后一部分常用的控制开关、按键、手摇脉冲发生器等安装在一个可围绕机床工作区周围附近移动的盒内,与固定操纵面板上相对应的控制开关、按键等起着相同作用。又有很多数控机床还把为控制紧急情况的急停开关安装在机床 2~3 个操作人员经常观察加工情况的部位,这些都是为方便操作而设计安装的。

因数控系统生产厂家和型号的不同,操作面板的设计也有很大的不同。但最基本的思路是达到自动控制 and 手动控制数控系统的常用功能。近几年,随着数控机床的发展,其软件功能越来越丰富,而硬件操作越来越简化,更加增强了数控机床的可操作性。

键盘的主要作用就是输入各种操作指令,也可以将工件的加工程序通过键盘用手动方式直接输入到数控系统中存储起来,并可随时调用。当然,也可以实现对工件加工程序的现场编辑和修改。在机床手动(MDI)方式下操纵键盘可实现主轴的启动、停止,主轴的顺时针、逆时针旋转,各坐标的正、负方向运行,主轴旋转速度的倍率调整,各坐标运行速度的倍率调整,工作台的交换,刀库、冷却液装置、排屑器等的动作。

显示器就是用来显示 CNC 系统的相关信息,例如,工件加工程序和静态、动态模拟图形,主轴转速(S指令),主轴的工作状态(M指令),工作台或刀架的速度(F指令),方向、位置、刀具号(T指令),刀具长度补偿(H)值和刀具直径补偿(D)值等。显示器还可选用硬键或软键,选择和提取计算机内部功能,例如机床参数、机床控制强电线路的梯形图,机床自适应控制的温度、转矩、振动、摩擦、切削力等因素的变化以及与最佳参数的比较显示。同时,它还显示机床自诊断的报警编号、内容、时间,机床各坐标在运行时的随机误差等。总之,显示器所显示的内容与该数控系统功能的多少有着直接关系,功能越强越多,显示的内容就越丰富。

数控系统中的软盘驱动器与通用计算机的软盘驱动器功能相同,就是将软盘上存储的加工程序通过软盘驱动器的工作输入到数控系统的存储器中存储起来,以便使用和备用。

近年来,PC 在数控机床上的应用越来越广泛,它实际上是一种专用的工业控制计算机。PC 主要由 CPU 模块、输入输出模块、编程器和电源模块组成。它的主要作用就是用来对数控机床的顺序动作进行逻辑控制,这些顺序动作的逻辑控制在过去老式数控机床上都采用继电器逻辑电路来控制。但是,对功能发展日益强大的数控机床来说,显然继电器逻辑控制是无法适应的。而 PC 具有逻辑运算、计时、计数、模拟控制、数据处理等控制功能,同时又具有可靠性高、应用方便、总体所占空间小等优势,作为数控系统中的外围设备,通过 I/O 外设接口电路与计算机相连,对输入、输出信号进行逻辑控制,达到数控机床的高功能化。可程序控制器又分为内置 PC 和外置 PC 两种,当选用的 CNC 系统内置 PC 的 I/O 点不够使用时,才配置外置 PC。一般在较复杂的数控机床或大型数控机床上都配置相应 I/O 点的 PC。

目前,大多数数控机床使用的工件加工程序都是在通用的计算机上作前期编制和存储的,并将工件加工程序再存储到磁盘上。存有加工程序的磁盘一是作为信息载体输送给数控系统;二是可作为工件加工程序的备份档案随时调用。如果工件加工程序不存储在磁盘上,而是直接存储在计算机的存储器中,当某数控机床要使用时,可通过 RS232 标准接口连接电缆,或

通过 DNC 直接传输给数控系统。这时的通用计算机就相当于这台数控系统的外部存储装置。在老式数控系统上是用磁带录音机和磁盘机来充当外部存储装置的。

3. 机床控制装置

CNC 系统是通过伺服系统的机构进行控制, 来实现对各线性坐标和旋转坐标的直线位置、角向位置的坐标运动速度控制的。为了提高这些线性坐标和旋转坐标的位置精度和运行速度的准确性, 常常采用半闭环和闭环伺服检测系统来检测机床坐标运行的实际位置, 用测速电机来检测伺服电机的速度, 以提高控制精度。因此, 在机床坐标位置和速度控制中要具有位置反馈和速度反馈系统。

机床逻辑状态检测输入接口电路, 用于输入机床上安装的与自适应控制相关的传感元件和液压、气压、检测元件的输出信号。机床逻辑状态控制输出接口电路, 用于控制机床的各开关量, 包括各辅助装置的开关量。

在一般具有半闭环伺服检测系统的数控机床上, 用于转角位置检测的编码器和用于对伺服电机进行速度检测的测速电机往往成套组合安装在一起, 也有将编码器分开安装的。对于闭环伺服检测系统的数控机床, 往往是采用光栅尺进行位置检测的。

1.1.3 主机的组成

主机即数控机床的机床部分。当主轴驱动系统和坐标伺服系统接收到计算机系统发出的动作信号以后, 开始驱动机床的主轴、工作台和刀具去定位或按程序中所指定的轨迹进行动作, 并配以必要的机械、液压、气压、冷却液、中心润滑等动作, 按照要求的形状和尺寸去完成零件的切削加工。

数控机床是高精度、高效率、自动化程度很高的机械加工机床, 被加工零件的型面越复杂, 尺寸精度越高, 互换性要求越严, 越能体现出数控机床的优势。因此, 数控机床与普通机床相比, 应具有更好的抗震性、耐磨性和刚性。要求机床所有的相对运动面的摩擦系数要小, 主轴的传动部分、坐标的传动部分间隙要小, 所以在设计主机时, 要求的技术条件比普通机床更加严格, 加工制造更加精密, 并要采用加强刚性、减小热变形、提高精度的设计措施。

数控机床主机的组成如图 1.3 所示。它主要由主传动系统、坐标传动系统、工作台、换刀系统或刀架、液压系统、气压系统、润滑系统、冷却液系统、制冷系统和自动排屑系统等组成。

1. 主传动系统

近年来, 大多数的数控机床都采用交流调速电机作为主电机。这种交流调速电机的特点是转速高、功率大、调速范围宽, 同时变速快且可靠。

数控机床的主传动方式有以下三种。

① 在大、中型数控机床上常采用变速齿轮的传动方式, 这样可以加大主轴的输出扭矩, 以满足主轴低速旋转时为大输出扭矩特性的要求。这种传动方式往往用高、低速两挡齿轮进行机械变速, 然后分别在高转速区和低转速区实现交流电机的无级调速。



图 1.3 数控机床主机的组成框图