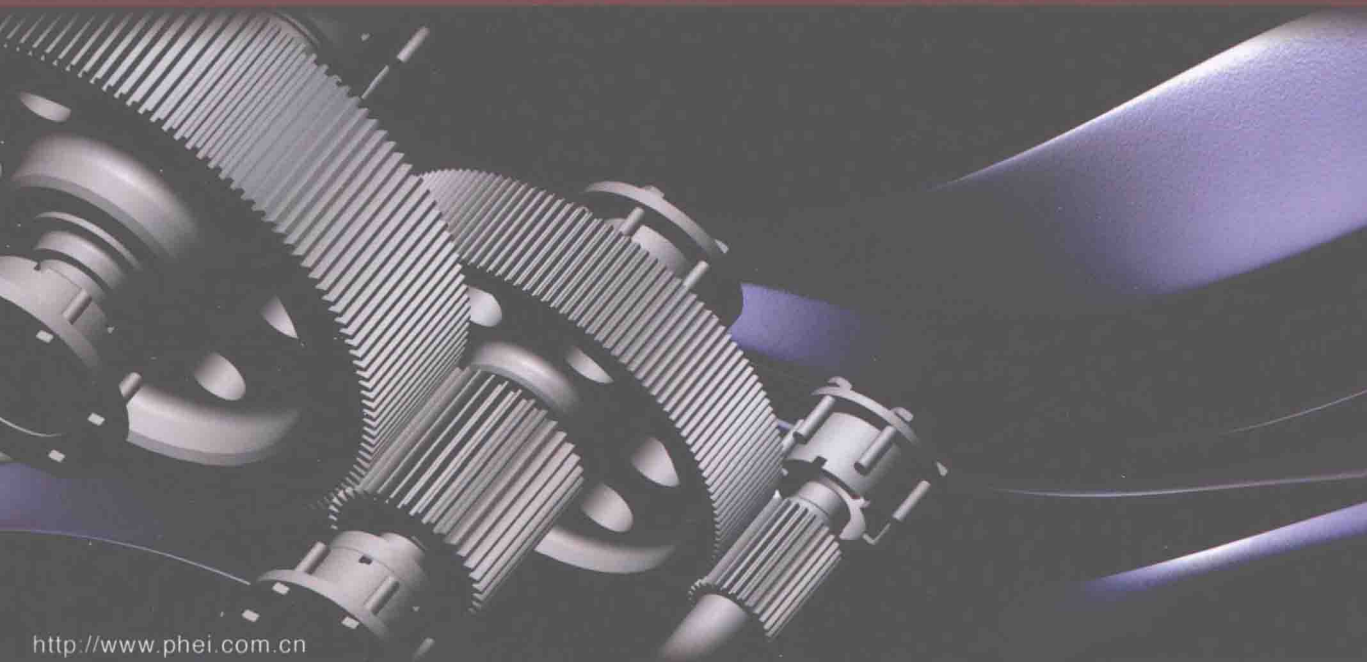


技工学校机电技术专业系列教材



<http://www.phei.com.cn>

# 数控机床 编程与操作

## — 数控车床分册

黎向荣 主编    钟国祯 副主编    蒋赞成 曾玉 唐忠玲 参编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

技工学校机电技术专业系列教材

# 数控机床编程与操作

## ——数控车床分册

黎向荣 主 编  
钟国祯 副主编  
蒋赞成 曾 玉 唐忠玲 参 编

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以我国十分普及的国产系统——广州数控 GSK980TA 为例编写,重点以实例方式介绍数控车床编程的方法和技巧。

选取了大量具有代表性的中级、高级数控车工职业技能鉴定样例,详细介绍了加工工艺、刀具选择、程序编制及说明。配有零件平面图、实体图和选用刀具图,可增强学生的感性认识。每章内容之后,配有思考练习题。

书中所有图样经过精心选择,外形美观,加工出来就是一件件艺术品,令人爱不释手,可大大激发学生的兴趣,提高学习积极性;同时兼顾了节约材料、降低成本和全面训练。十分适合于学校实习实训操作。

本书还介绍了实习安全操作规程、数控机床的日常维护和操作。

本书可以作为中职、技工学校的数控、机械加工、模具和机电类专业教材,也可作为职业技术学院机电一体化、机械制造类专业理论和实训教材,以及机械类工人岗位培训理论和实训教材。

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

数控机床编程与操作——数控车床分册/黎向荣主编.北京:电子工业出版社,2009.3

(技工学校机电技术专业系列教材)

ISBN 978-7-121-06625-2

I. 数… II. 黎… III. ①数控机床-程序设计-技工学校-教材 ②数控机床-操作-技工学校-教材 ③数控机床:车床-程序设计-技工学校-教材 ④数控机床:车床-操作-技工学校-教材 IV. TG659 TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 012226 号

策划编辑:施玉新

责任编辑:施玉新 牛旭东 特约编辑:刘奇旭

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

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:11.25 字数:288 千字

印 次:2009 年 3 月第 1 次印刷

定 价:18.80 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,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 zlt@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

本书是以我国数控技能型紧缺人才培养、培训方案为指导思想，以劳动和社会保障部制定的《数控车工职业技能鉴定标准》为依据，以培养学生理论知识和实际操作相结合的能力为目标，根据中等职业学校、技工学校的教学特点编写的。

职业学校、技工学校是培养“能工巧匠”、“智能型操作人员”的地方，学生的技能训练必然是教学工作的重点。因此，所选取的内容都力求理论与实训相匹配。

本书以我国使用十分普遍的国产系统——广州数控 GSK980TA 为例，详细地介绍了它的编程与操作方法（广州数控 GSK980TA、凯恩蒂 KND-K1Ti、华中数控、FANUC 的指令格式、编程方法十分接近，只要学会其中一个，另外几个也就掌握了）。

针对数控车工职业技能鉴定考试的要求，结合多年培训、实习、考证和数控大赛的教学经验，力求符合中职学校、技工学校学生的认知水准，列举了大量中级工、高级工职业技能鉴定考核样例，详细描写了加工工艺、刀具选择和程序的编制，配有零件平面图、实体图和选用刀具图，可增强学生的感性认识。

围绕数控车床编程和操作这条主线，注重基本理论的阐述。在结构安排和表达方式上，强调由浅入深，循序渐进，图文并茂，使学生能够轻松掌握。所有图样经过精心选择，外形美观，加工出来就是一件件艺术品，令人爱不释手，可大大激发学生的兴趣，提高学习积极性；同时对节约材料、降低成本、全面训练，进行了优化组合。十分适合于学校实习实训操作。

安全教育关系到学生实习的人身安全大事，强调要树立“安全第一”的思想，本书介绍了实习安全操作规程和数控机床的日常保养与维护。

在每章内容之后，配有相应的思考练习题。

本书可以作为中等职业学校、技工学校数控技术应用、模具制造、机械加工专业教材，也可作为职业技术学院机电一体化、机械制造类专业教材及机械类工人岗位培训和自学用书、实习用教材。

本书由桂林技师学院（桂林高级技工学校）黎向荣老师主编，桂林工业学校钟国祯为副主编，桂林高级技工学校蒋赞成、曾玉，桂林市第二技工学校的唐忠玲参加了本书的编写。全书由黎向荣统稿并主审。

由于编者水平有限，错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者  
2009年1月

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 数控加工技术的产生和发展 .....	1
1.1.1 数控加工技术的产生 .....	1
1.1.2 数控加工技术的发展 .....	1
1.1.3 我国数控技术发展的概况 .....	2
1.2 数控机床的基本组成 .....	3
1.2.1 基本概念 .....	3
1.2.2 数控机床的工作过程 .....	3
1.2.3 数控机床的组成 .....	3
1.3 数控机床的分类 .....	5
1.3.1 按控制运动的方式分类 .....	5
1.3.2 按驱动装置的特点分类 .....	6
1.3.3 按数控系统的功能分类 .....	7
1.3.4 按数控机床的工艺用途分类 .....	7
1.4 数控机床的特点 .....	7
1.4.1 数控机床的加工特点 .....	7
1.4.2 数控机床的使用特点 .....	8
思考题 .....	10
习题一 .....	10
第 2 章 数控车床编程基础 .....	11
2.1 数控加工程序编制基础 .....	11
2.1.1 数控编程的一般步骤 .....	11
2.1.2 数控车床的坐标系和运动方向 .....	12
2.1.3 数控车床编程的特点 .....	13
2.1.4 数控编程常用的术语 .....	15
2.1.5 加工程序的结构 .....	16
2.2 数控车床编程指令 .....	17
2.2.1 辅助功能指令 .....	17
2.2.2 准备功能指令 .....	19
2.3 GSK980TA 系统数控车床基本编程指令 .....	19
2.3.1 绝对值编程和增量值编程 .....	19
2.3.2 快速定位指令 G00 .....	19

2.3.3 插补功能指令	20
2.3.4 固定循环	23
2.3.5 螺纹切削加工	30
2.3.6 子程序	35
2.3.7 程序暂停 G04	36
2.3.8 自动回原点指令 G28	36
2.3.9 坐标系设定 G50	37
2.3.10 进给功能设定 G98、G99	37
2.3.11 主轴功能指令(S指令)和主轴转速控制指令(G96、G97)	38
2.3.12 刀具补偿功能	38
2.4 数控车床编程实例分析	42
2.4.1 工艺分析	42
2.4.2 加工程序及说明	43
2.4.3 机械加工工序卡和工序卡的填写	46
2.5 数控编程中数值的计算方法	49
2.5.1 数值计算的概念	49
2.5.2 基本坐标点的计算方法	49
思考题	54
习题二	55
<b>第3章 数控车床编程实例</b>	<b>58</b>
3.1 数控车床中级技能考证工件实例	58
3.1.1 数控车工中级职业技能鉴定样例1	58
3.1.2 数控车工中级职业技能鉴定样例2	61
3.1.3 数控车工中级职业技能鉴定样例3	64
3.1.4 数控车工中级职业技能鉴定样例4	68
3.1.5 数控车工中级职业技能鉴定样例5	71
3.1.6 数控车工中级职业技能鉴定样例6	74
3.1.7 数控车工中级职业技能鉴定样例7	77
3.1.8 数控车工中级职业技能鉴定样例8	80
3.1.9 数控车工中级职业技能鉴定样例9	84
3.1.10 数控车工中级职业技能鉴定样例10	86
3.2 数控车床高级技能考证工件实例	90
3.2.1 数控车工高级职业技能鉴定样例1	90
3.2.2 数控车工高级职业技能鉴定样例2	95
3.2.3 数控车工高级职业技能鉴定样例3	100
3.2.4 数控车工高级职业技能鉴定样例4	106
3.2.5 数控车工高级职业技能鉴定样例5	111
3.2.6 数控车工高级职业技能鉴定样例6	117

3.2.7 数控车工高级职业技能鉴定样例 7 .....	122
3.2.8 数控车工高级职业技能鉴定样例 8 .....	127
3.2.9 数控车工高级职业技能鉴定样例 9 .....	133
3.2.10 数控车工高级职业技能鉴定样例 10 .....	139
思考题 .....	144
习题三 .....	145
<b>第 4 章 数控车床的操作 .....</b>	<b>154</b>
4.1 实习安全操作规程 .....	154
4.1.1 数控车床操作安全规程 .....	154
4.1.2 数控车床的维护与保养 .....	155
4.2 GSK980TA 系统数控车床操作面板 .....	156
4.2.1 显示页面键 .....	156
4.2.2 键盘功能键 .....	159
4.2.3 操作键功能 .....	159
4.3 GSK980TA 系统数控车床基本操作 .....	160
4.3.1 开机 .....	160
4.3.2 回零操作(返回参考点)和手动操作 .....	161
4.3.3 工件棒料与刀具的装夹 .....	162
4.3.4 对刀操作 .....	162
4.3.5 加工程序的管理 .....	163
4.3.6 程序的空运行操作 .....	164
4.3.7 程序的自动运行操作 .....	164
4.3.8 程序的断点作业 .....	164
4.3.9 设置参数的设定 .....	165
4.3.10 安全操作 .....	166
思考题 .....	167
<b>附录 A 广州数控 GSK980TA 系统常见报警代码表 .....</b>	<b>168</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>171</b>

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 数控加工技术的产生和发展

#### 1.1.1 数控加工技术的产生

随着科学技术的发展,机械产品日趋复杂和精密,改型、更新换代也日益频繁,生产类型也由单品种、大批量生产向多品种、小批量生产转化。因此,对机床的性能、精度、自动化程度等提出了越来越高的要求。传统的普通机床面临着加工困难,其生产效率和产品质量已难以适应形势的发展。数控机床就是在这种情况下被开发并逐渐发展起来的。

由于数控系统综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测和新型结构等方面的科技成果,具有高柔性、高精度、高自动化的特点,解决了机械制造业中常规加工难以解决的,甚至是无法解决的单件、小批量,尤其是复杂型面零件的加工。

应用数控技术是机械制造业的一次技术革命,它大幅度提高了机械制造业的制造水平,为社会提供了高质量、多品种和高可靠性机械的产品,它使机械制造业的发展进入了一个崭新的阶段。

数控机床以灵活性强,生产效率高,加工精度高,加工质量稳定,适合加工形状复杂的工件,以及良好的经济效益等优势,得到了机械制造行业界的青睐和广泛应用。

目前,数控加工技术的应用领域已从当初的航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等民用机械制造业,并已取得了巨大的经济效益。

#### 1.1.2 数控加工技术的发展

第一代数控系统:1948年,美国人最早提出数控的构想并且付诸行动。1952年,美国帕森斯公司和美国麻省理工学院的伺服机构实验室,合作研制成功世界上第一台三坐标数控立式铣床,用它来加工直升机叶片轮廓检查用样板。这是一台采用专用计算机进行运算与控制的直线插补轮廓控制的数控铣床,专用计算机采用电子管元件,逻辑运算与控制采用硬件联结的电路。1955年,这类机床进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用,这就是第一代数控系统。在此后的50多年来,随着自动控制技术、微电子技术、计算机技术、精密测量技术、机械制造技术的发展,数控机床也得到了迅速发展,不断地更新换代。

第二代数控系统:1959年,晶体管元件问世,数控系统中广泛采用晶体管和印制电路,标



志着数控系统跨入了第二代。

第三代数控系统:1965年,出现了小规模集成电路,由于其体积小,功耗低,使数控系统的可靠性得到了进一步提高,数控系统发展到了第三代。

第四代数控系统:1970年,随着计算机技术的发展,出现了以小型计算机代替专用硬接线装置,以控制软件实现数控功能的计算机数控系统,即CNC系统,使数控机床进入了第四代。

第五代数控系统:1974年,美国、日本等国家首先研制出以微处理器为核心的数控系统。由于中、大规模集成电路的集成度高和可靠性高、价格低廉,所以微处理器系统得到了广泛的应用。微机数控系统已经是数控系统的第五代产品了。

第六代数控系统:1990年年后,基于PC-CNC的智能数控系统的发展和应用,充分利用现有PC的软件和硬件资源,规范设计了新一代数控系统,从而使数控系统进入了第六代,即我们现在普及使用的数控系统。

### 1.1.3 我国数控技术发展的概况

我国是从1958年开始研制数控机床的,到20世纪60年代末70年代初,已经研制出一些晶体管式的数控系统,并用于生产。但由于受到各方面因素的影响,一直没有取得实质性的成果。数控机床的品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

直到改革开放后的20世纪80年代初,我国才先后从日本、德国、美国等国家引进了一些先进的CNC装置及主轴和伺服系统的生产技术,并陆续投入了生产。这些数控系统性能比较完善,稳定性和可靠性都比较好,在数控机床上采用后得到了用户的认可,结束了我国数控机床发展徘徊不前的局面,使我国数控机床在质量、性能及水平上有了质的飞跃。到1985年,我国的数控机床的品种累计已达80多种,进入了实用阶段。

1986~1990年是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”,以及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收”等,推动了我国数控机床的快速发展。

1991年以后,一方面从日本、德国、美国等购进数控系统,另一方面积极开发、设计、制造具有自主知识产权的中、高档数控系统,并且取得了可喜的成果。我国的数控产品已覆盖了车、铣、镗铣、钻、磨、加工中心、折弯机、电火花、线切割等,品种达500多种。中、低档数控系统已达到小批量生产能力。

数控技术是先进制造技术的核心,是制造业实现自动化、网络化、柔性化、集成化的基础。数控装备的整体水平标志着一个国家工业现代化水平以及综合国力的强弱。

由于数控系统是一个国家科技实力的象征,世界上许多国家对它的科研和应用方面投入了大量的人力、物力和财力,都以战略眼光视之为高度的国家机密,对它的出口更是采取了十分严厉的封锁手段。

目前,在我国使用较多的数控系统有:

- (1) 日本产:FANUC(法那克、法那科)、MITSUBISHI(三菱)、DASEN(大森)、
- (2) 美国产:HAAS(哈斯)
- (3) 德国产:SIEMENS(西门子)
- (4) 法国产:FAGOR(法格)

5. 中国产:凯恩蒂数控(KND,北京)、广州数控(GSK,广州)、华中数控(武汉)、华兴数控(WA,南京)、友嘉数控(台湾)、广泰数控(成都)、仁和数控(RENHE,江苏)、四开数控(SK,南京)

其中,FANUC(法那克、法那科,日本),凯恩蒂数控(KND,北京)、广州数控(GSK,广州)、华中数控(武汉)数控车床的编程指令格式相近。

## 1.2 数控机床的基本组成

### 1.2.1 基本概念

(1) 数控(NC):即数字控制(Numerical Control)的简称,它是用数字化信号对机床进行自动控制的技术。

(2) 数控系统(CNC):是指由计算机数字控制装置、可编程序控制器、进给驱动与主轴驱动装置等相关设备来实现逻辑控制,实现数控功能,称为计算机数控系统,简称CNC系统。

(3) 数控机床:用数字化信号进行自动控制的机床就叫数控机床。

早期的数字控制系统是采用数字逻辑电路连接,即NC。而目前普遍采用的是计算机数控系统(Computer Numerical Control),即CNC。现在人们提及的数控机床一般是指CNC机床。包括数控车床、数控铣床、加工中心、数控钻床、数控折弯机、数控电火花机床、数控磨床、数控线切割机床等。

### 1.2.2 数控机床的工作过程

数控机床加工零件的工作过程(如图1-1所示)分以下几个步骤实现:

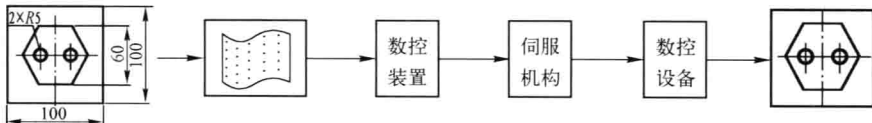


图 1-1 数控机床加工零件的工作过程

- (1) 根据被加工零件的图样与工艺方案,用规定的代码和程序格式编写程序;
- (2) 将所编的程序指令输入机床数控装置中;
- (3) 数控装置对程序(代码)进行编译、运算之后,向机床各个坐标的伺服驱动机构和辅助控制装置发出信号,驱动机床的各运动部件,并控制所需要的辅助动作;
- (4) 在数控机床上加工出合格的零件。

### 1.2.3 数控机床的组成

数控机床配备有数控系统,可以按照事先编好的程序控制机床的运动和动作。数控机床由控制介质、输入装置、数控装置、伺服系统和机床的机械部件构成(如图1-2所示)。

#### 1. 控制介质

数控机床是按照输入的工件加工程序进行加工的。加工程序上存储加工零件所需的全部

操作信息和刀具相对工件的位移信息等。将工件加工程序以一定的格式和代码存储在一种载体上,这种载体称为程序载体,亦称控制介质。控制介质有穿孔纸带、盒式磁带、软磁盘和光盘等。

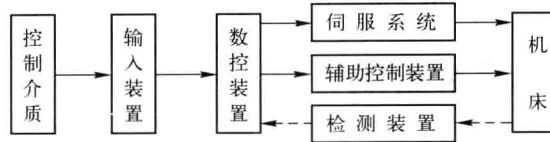


图 1-2 数控机床的组成

## 2. 输入装置

输入装置的作用是将控制介质上的数控代码传递并存入数控系统内。根据控制介质的不同,相应有不同的输入装置。例如,对于穿孔纸带,配用光电阅读机;对于盒式磁带,配用录放机;对于软磁盘,配用软盘驱动器。现代数控机床一般采用通过键盘,用手动方式(MDI方式)直接将加工程序输入数控系统;也可由编程计算机用RS-232接口或采用网络通信方式传送到数控系统中。

## 3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。现代数控装置通常是一台带有专门系统软件的专用计算机。它由输入装置、控制运算器和输出装置三部分组成。数控装置将数控加工程序经过控制软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令控制机床的各个部分,进行规定、有序的动作。

## 4. 伺服系统

伺服系统是数控机床的执行机构,由驱动和执行两大部分组成。它接受数控装置的指令信息,并按指令信息的要求控制执行部件的进给速度、方向和位移。指令信息以脉冲信息来体现,对于每一个脉冲信号使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量。

## 5. 检测装置

检测装置的作用是对数控机床各坐标轴的实际位移量进行检测并反馈给数控装置,数控装置将反馈回来的实际位移与设定值进行比较,并发出指令,纠正所产生的误差。常用的检测元件有:脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅和磁尺等。

## 6. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信息,经过编译、逻辑判断和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启/停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启/停,液压夹紧装置的松开、夹紧,分度工作台转位分度等开关辅助动作。

## 7. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部分,除了主运动系统以及辅助部分以外,尚有一些特殊部件,如储备刀具的刀库、自动换刀装置(ATC)等。

# 1.3 数控机床的分类

## 1.3.1 按控制运动的方式分类

### 1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床只要求控制机床的移动部件从某一位置移动到另一位置的准确定位,对于两位置之间的运动轨迹不作严格要求,在移动过程中刀具不进行切削加工,如图1-3所示。为了实现既快又准的定位,常采用先快速移动,然后慢速趋近定位点的方法来保证定位精度。具有点位控制功能的数控机床有数控钻床、数控冲床、数控镗床、数控点焊机等。

### 2. 直线控制数控机床

直线控制数控机床不仅能控制由一位置到另一位置的精确定位,而且能以给定的速度,实现平行于坐标轴方向的直线切削加工运动。其轨迹为平行机床各坐标轴的直线,或两轴同时移动形成 $45^\circ$ 的斜线,移动过程中可进行加工。如图1-4所示,具有直线控制功能的数控机床有比较简单的数控车床、数控铣床、数控磨床等。单纯用于直线控制的数控机床不多见。

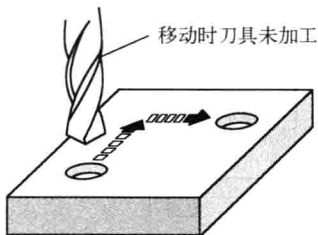


图1-3 点位控制机床

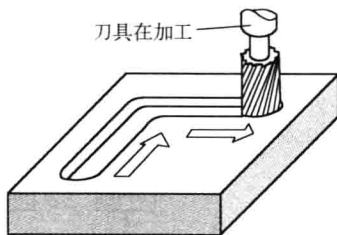


图1-4 直线控制机床

### 3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床又称连续控制数控机床,它可实现复杂廓形的工件加工。能够同时对两个或两个以上的坐标轴进行控制,不仅能严格控制定位,还控制刀具的运动轨迹。因而可以进行曲线或曲面的加工,如图1-5所示。具有轮廓控制功能的数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心等。

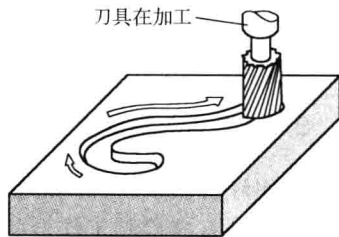


图1-5 轮廓控制机床

## 1.3.2 按驱动装置的特点分类

### 1. 开环控制数控机床

开环控制数控机床的特点是其控制系统不带检测反馈装置,通常使用功率步进电动机为伺服执行机构。如图 1-6 所示为开环控制数控机床的工作原理图,数控装置将工件加工程序处理后,输出数字指令脉冲信号,通过驱动电路控制功率步进电动机转动,再经减速器带动丝杠转动,从而使工作台移动。改变进给脉冲的数目和频率,就可控制工作台的移动量和速度。开环控制系统由于没有检测装置,即没有纠正偏差能力,因此它的加工精度低;但结构简单,调试方便,维修容易,价格低廉。一般适用于经济型数控机床和旧机床数控化改造。

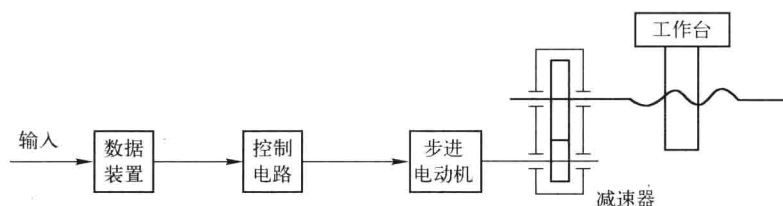


图 1-6 开环控制数控系统工作原理图

### 2. 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床的特点是装有位置测量反馈装置,在加工过程中安装在工作台上的检测元件将工作台的实际位移量反馈到数控系统中,与程序所要求的位置指令进行比较,用比较的差值进行控制,直到差值消除。由于闭环控制系统可以消除机械传动的各种误差及工件加工过程中产生干扰的影响,故可大大提高加工精度。适用于精度要求很高的数控机床,如精密数控镗铣床、超精密数控车床等。如图 1-7 所示的是闭环控制数控机床的工作原理图。

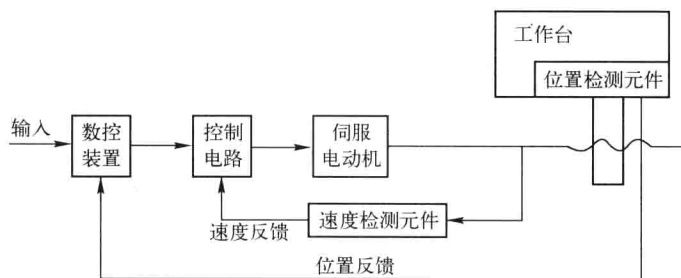


图 1-7 闭环控制数控系统工作原理图

### 3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制系统与闭环控制系统的控制方式相类似。它们之间的主要区别在于半闭环控制系统不是直接检测工作台的位移量,而是检测角位移,并将检测装置安装在伺服电动机轴或丝杠端头上。这种系统可以控制电动机做精确的角位移,但是不能纠正机床传动部件带来的误差,所以称为半闭环控制系统。如图 1-8 所示,由转角检测元件检测出伺服电动机或丝杠

的转角,推算出工作台的实际位移量,反馈到数控装置中与指令值进行比较,用比较的差值进行控制。因此仍可获得满意的精度。中档数控机床广泛采用半闭环控制数控系统。

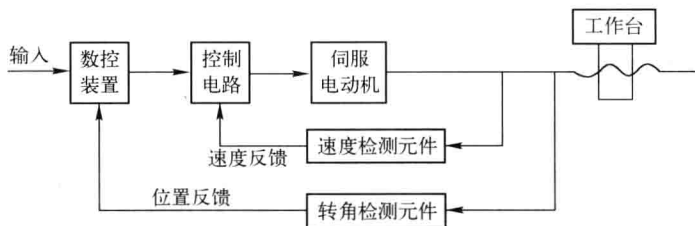


图 1-8 半闭环控制数控系统工作原理图

### 1.3.3 按数控系统的功能分类

#### (1) 多功能数控机床

多功能机床数控系统的功能比较齐全,适用于功率较大、动作较复杂、定位精度较高的大、中型数控机床。

#### (2) 经济型数控机床

根据实际加工要求,合理地简化系统以降低机床价格。

### 1.3.4 按数控机床的工艺用途分类

#### (1) 金属切削类数控机床

与传统的普通机床相对应有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床及数控加工中心等。

#### (2) 特种加工类数控机床

特种加工是指电火花加工、电解加工、激光加工、超声波加工等。其对应设备有数控电火花线切割机床、数控电火花成型机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

#### (3) 板材加工类数控机床

常见的应用于金属板材加工的数控机床有数控压力机、数控剪板机、数控折弯机、数控冲床等。

#### (4) 其他

近年来,许多非加工设备中也大量采用了数控技术,如数控三坐标测量机、自动绘图仪以及工业机器人等。

## 1.4 数控机床的特点

### 1.4.1 数控机床的加工特点

数控机床与普通机床相比,具有以下特点。

#### 1. 加工精度高,产品质量稳定

数控机床是按程序指令进行加工的。由于数控机床的脉冲当量普遍达到了  $0.001\text{ mm}$ ,而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿,所以数控机床能达到

很高的加工精度。此外,数控机床的传动系统和机床结构都具有很高的刚度和热稳定性,制造精度高。数控机床的自动加工方式避免了人为的干扰因素,使同一批工件的尺寸一致性好,加工质量十分稳定。

## 2. 加工对象的适应性强

在数控机床上改变加工零件时,只需要重新编制(更换)程序,就能实现对新工件的加工。这就为复杂结构的单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。对普通手工操作的机床很难或根本无法加工的精密复杂零件,数控机床也能实现精密自动加工。

## 3. 自动化程度高,劳动强度低

机床对工件的加工是按事先编好的程序自动完成的,工件加工过程中不需要人的干预,加工完毕后自动停车,使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻。另外,数控机床一般都具有安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件也大为改善。

## 4. 生产效率高

零件加工所需要的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控机床主轴的转速和进给量的变化范围比普通机床大,因此数控机床每一道工序都可以选用最有利的切削用量。由于数控机床的结构刚性好,故也允许进行大切削用量的强力切削,这就提高了数控机床的切削效率,节省了机动时间。数控机床的移动部件空运行运动速度快,工件装夹时间短,刀具可自动更换,辅助时间亦可比一般机床少。

数控机床更换工件时,不需要调整机床。数控机床加工质量稳定,一般只做首件检验和工序间关键尺寸的抽样检查,因此节省了停机检验时间。在加工中心上加工时,一台机床实现了多道工序的连续加工,生产效率的提高更为明显。

## 5. 经济效益好

数控机床虽然设备昂贵,加工时分摊到每个零件上的设备折旧费较高。但在单件、小批量生产的情况下,使用数控机床加工可节省画线工时,减少调整、加工和检验时间,节省直接生产费用。数控机床加工零件一般不需要制作专用工夹具,节省了工艺装备费用。数控机床加工精度稳定,减小了废品率,使生产成本进一步下降。此外,数控机床可实现一机多用,节省厂房面积,减少建厂投资。因此,使用数控机床加工可以获得良好的经济效益。

## 6. 有利于现代化管理

采用数控机床加工,能准确地计算零件加工工时和费用,有效地简化检验工装夹具和半成品的管理工作,有利于生产管理现代化。

### 1.4.2 数控机床的使用特点

#### 1. 对操作维修人员的技术水平要求较高

数控机床采用计算机控制,伺服系统技术复杂,机床精度要求很高。因此,数控机床的操

作、维修和管理人员应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技巧。程序可由操作人员手工编写,也可以使用计算机辅助编制。加工程序的编制直接关系到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有一定的工艺知识外,还应对数控机床的结构特点、工作原理以及程序编制进行专门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,并能正确编写、修改或快速理解程序,对数控加工过程中出现的各种情况做出正确的综合判断和处理。

合理的维护和有效的维修是提高数控机床效率的基本保证。因此,数控维修人员只有具有较高的、较全面的数控理论知识和维修技术,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。

## 2. 对夹具和刀具的要求较高

数控机床对夹具的要求是:单件生产时,一般采用通用夹具;批量生产时,为节省加工工时,应采用专用夹具,而且夹具应该定位可靠,能自动夹紧或松开工件,具有良好的排屑和冷却功能。

数控机床对刀具的要求是:

### (1) 精度高、寿命长,尺寸稳定、变化小

数控车床能兼作粗、精车削,为使粗车能大吃刀、大走刀,要求粗车刀具强度高、耐用度好;精车首先是保证加工精度,所以要求刀具的精度高、耐用度好。为充分发挥数控机床的高质高效的加工优势,保证同一批产品尺寸的一致性,还要求刀具尺寸稳定、变化小。

### (2) 能实现机外预调、快速换刀

刀具结构应能预调尺寸,以便达到很高的重复定位精度。如果数控机床采用人工换刀,则应使用快换夹头;对于有刀库的加工中心,则实现自动换刀。

### (3) 刀柄应为标准系列

数控加工系统是高柔性化的加工系统,刀具数量多,要求更换迅速。因此,刀具的标准化和系列化十分重要。发达国家对刀具的标准化和系列化都十分重视,不少国家不仅有国家的标准,而且一些大的公司也都制定了自己的标准和系列。切削刀具通过刀柄与数控铣床主轴连接,其强度、刚性、耐磨性、制造精度及夹紧力等对加工有直接的影响,进行高速铣削的刀柄还有动平衡、减震等要求。数控铣床刀柄一般采用7:24锥面与主轴锥孔配合定位,刀柄及其尾部供主轴内拉刀机构使用的拉钉也已实现标准化,应根据使用的数控铣床的具体要求来配备。在满足加工要求的前提下,刀柄的长度尽量选择短一些,以提高刀具加工的刚性。

### (4) 能很好地控制切屑的折断、卷曲和排出

数控车床自动化程度高,切削常常在封闭环境中进行,所以在车削过程中很难对大量切屑进行人工处置。如果切屑断得不好,它就会缠绕在刀头上,既可能挤坏刀片,也会把切削表面拉伤。

### (5) 具有良好的可冷却性能

数控加工刀具的特点:

#### (1) 高刚性;



- (2) 高耐用度；
- (3) 较高的换刀精度和定位精度；
- (4) 合理的断屑、卷屑和排屑措施；
- (5) 装卸调整方便；
- (6) 标准化、系列化、通用化程度高。

### 3. 数控机床的应用范围

- (1) 多品种、小批量生产的零件；
- (2) 形状比较复杂的工件；
- (3) 精度要求高的零件；
- (4) 需要频繁改型的零件；
- (5) 价格昂贵、不允许报废的关键零件；
- (6) 生产周期短的急需零件；
- (7) 批量大、精度要求高的零件。

## 思考题

- 1. 数控机床为什么能在各制造行业中得到广泛运用？
- 2. 数控机床是如何实现零件的加工的？
- 3. 轮廓控制数控机床有什么特点？
- 4. 数控机床对刀具有哪些要求？

## 习题一

- 1. 什么是数控？什么是数控机床？
- 2. 数控机床由哪些部分组成？各组成部分的作用是什么？
- 3. 开环、闭环和半闭环控制系统的工作特点是什么？有何异同？
- 4. 数控机床有什么特点？
- 5. 数控机床的应用范围有哪些？