



教育部高职高专规划教材

数控车床编程与技能训练

陈云卿 主编



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

教育部高职高专规划教材

数控车床编程与技能训练

陈云卿 主编



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

· 北 京 ·

本书主要包括数控加工基本概念、数控车床结构及其功能、数控编程方法和典型零件的编程、数控车床的操作和程序加工等。并使数控编程和相关工艺、刀具、切削用量等理论知识与生产实际相结合,力求突出数控编程与机床操作两方面的技能训练,使学生在教学计划时间内,达到具有中、高级数控编程技术和技能的水平。

本书以 GSK980T 编程系统为主进行编程和操作教学,同时介绍了华中 HNC21-22 编程系统和西门子 SINUMERIK 810T 编程系统的编程指令和编程特点,并分别介绍了法拉克系统宏指令编程和西门子系统参数编程方法。

本书配套编写有《数控车床编程与技能训练习题册》,它根据本书各章内容编写多种形式的训练题,并使实操训练题标准化,使学生能够系统地复习和巩固所学知识。

本书可作为高职高专、成人高校和中专、技校等数控专业的教科书和数控技术的培训教材,也可供从事数控加工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与技能训练/陈云卿主编. —北京:化学工业出版社, 2006. 6
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-9036-6

I. 数… II. 陈… III. 数控机床: 车床-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 071089 号

教育部高职高专规划教材
数控车床编程与技能训练

陈云卿 主编

责任编辑: 韩庆利 高 钰

责任校对: 于志岩

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行

职业教育教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 303 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9036-6

定 价: 22.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

数控机床是综合应用了计算机、自动控制、自动检测以及机床新结构、新技术的典型机电一体化产品,是机械制造行业最先进的新型工艺装备。

数控机床的发展在数控技术和数控装置方面经历了从20世纪40年代的电子管时代到60年代的分立电子元件时代,然后发展到20世纪70年代后集成电路时代三个过程。20世纪80年代后由于计算机技术的迅猛发展,小型计算机和微处理器应用到数控装置中,更提高了数控机床自动化程度和精确性、可靠性。数控技术的发展促进了机床在结构设计、传动技术、液压和气压等方面研发出许多新技术,使数控机床和数控技术更加先进,成为现代制造业的重要标志之一。

随着科学技术的不断发展,机械产品的性能不断提高,使产品要求更高的质量。由于普通机床已不能满足高精度和高效率的生产要求,先进的数控机床就担当起此重任。近20年来数控机床的应用越来越多,许多企业都有先进的各类数控设备用作保证产品加工质量的重要技术措施,并且为企业带来了较大的经济效益。随着数控机床制造业和数控机床应用在我国蓬勃发展,数控机床的品种、数量、加工范围和精度都取得惊人的成就。在我国加入世贸组织(WTO)后,许多大型跨国公司进入我国制造业领域,使我国逐渐成为“世界制造业中心”,企业对数控技术型人才的需求越来越多,这就需要培养大量的数控技术专业人才,以满足企业的需要。

数控车床是加工精度高、生产效率高,在国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床。当前,在工厂和企业、技校和中专、职业学院和职业培训机构都在大量培养数控车床编程与操作方面的专门技术人才,以满足人才市场日益增长的需要。编写《数控车床编程与技能训练》一书的目的在于面向职业技术教育和职业技能培训,以培养大量不同层次的技能型人才。本书的特点是理论教学与实操技能训练相结合;编程指令与编程实例相结合;编程应用与工艺知识、刀具知识和实际生产知识相结合,系统地介绍了在我国应用较为广泛的GSK980T、HNC-21/22T和西门子810T等编程系统。通过这些不同系统的学习,使学员具有较全面的数控车床编程知识与实操技能,达到数控车床编程专业型人才和中、高级技工的水平。

在学习《数控车床编程与技能训练》课程之前,学员要学好初、高中数学知识,机械制图和公差与配合知识,金属材料与热处理知识,普通车床的工艺与操作技能,切削原理与刀具知识等。较好地掌握了这些知识,对学习这门课程有很大的帮助。同时,该专业课是实践性较强的课程,在教学和学员学习编程理论及零件编程的同时,要及时进行实操训练,使理论学习与技能训练紧密结合。

本书由陈云卿任主编,参加编写人员有陈云卿、傅剑辉、周海鹰、吴镜平、梁方波。

在本书编写过程中,得到院校领导的大力支持,在此表示衷心感谢!

在编写本书过程中,还得到柳花娥、刘建平、张东生、杨景波、吴晓喜、刘少娴等多位老师的支持和帮助,在此向他们表示衷心的感谢!

限于编者的水平和经验,书中难免有缺点和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006年5月30日

目 录

第 1 章 数控加工基本概念	1
1.1 数控基本概念	1
1.1.1 数控的定义	1
1.1.2 数控加工原理	2
1.1.3 二进制及 BCD 编码	2
1.1.4 信息载体与传输	3
1.2 数控机床	5
1.2.1 数控机床的组成	5
1.2.2 数控机床的功能	7
1.2.3 数控机床的分类	8
1.2.4 数控机床的先进性	10
第 2 章 数控车床及其功能	11
2.1 数控车床的分类和组成	11
2.1.1 数控车床的分类	11
2.1.2 数控车床的组成及结构	11
2.1.3 典型数控车床的结构及调整	13
2.1.4 典型数控车床的技术性能	15
2.2 数控车床编程的基本知识	17
2.2.1 数控车床的坐标系统	17
2.2.2 数控车床坐标系中的各原点	19
2.2.3 数控车床坐标系中坐标值的确定	21
2.3 数控车床的基本功能	23
2.3.1 数控装置的基本功能	23
2.3.2 车床编程系统的功能	24
第 3 章 数控车床的编程	25
3.1 数控编程的基本知识	25
3.1.1 数控车床的编程系统	25
3.1.2 数控加工的编程方法	25
3.1.3 数控程序编制的内容	26
3.2 数控加工程序的结构	27
3.2.1 数控程序的结构和内容	27
3.2.2 信息字的规定	28
3.2.3 编程格式	28
3.3 GSK980T 系统的编程	30
3.3.1 辅助功能 M 代码	30

3.3.2	准备功能 G 代码	31
3.3.3	各 G 功能代码的编程应用	32
3.3.4	用户宏程序	67
第 4 章	数控车床编程与加工中的相关知识	74
4.1	零件编程前的工艺准备	74
4.1.1	加工零件的工艺分析	74
4.1.2	工件的定位和装夹方法	75
4.1.3	零件加工工艺方案的制定	77
4.1.4	数控车床加工的刀具选择	79
4.1.5	数控加工中切削用量的选择	85
4.2	刀具功能及刀具偏移	87
4.2.1	刀具的安装方式	87
4.2.2	刀具代号	88
4.2.3	刀具功能	88
4.2.4	数控车床的对刀方法	92
4.3	数控编程中的坐标计算	93
4.3.1	直接换算法	93
4.3.2	间接换算法	94
4.3.3	作图法	102
4.3.4	计算机作图法	103
4.4	数控编程中的精度控制	103
4.4.1	数控编程时保证零件加工精度的措施	103
4.4.2	数控加工中保证零件加工表面质量的措施	109
第 5 章	典型加工零件的编程	111
5.1	轴类零件编程	111
5.1.1	传动轴	111
5.1.2	辊轴	113
5.1.3	空心轴	116
5.2	套类零件编程	119
5.2.1	锥套	119
5.2.2	鼓形齿轴套	121
5.3	盘形零件的编程	124
5.4	综合性零件编程	126
5.4.1	球面蜗杆	126
5.4.2	皮带轮	129
第 6 章	数控车床的操作	133
6.1	安全生产和安全操作规程	133
6.1.1	有关安全文明生产的规定	133
6.1.2	数控车床基本操作规程	133
6.2	数控车床的操作面板	135
6.2.1	数控车床的操作面板的组成	135

6.2.2	操作面板上的代号及键盘的说明	135
6.3	手动操作方式	138
6.3.1	手动返回参考点	138
6.3.2	手动连续进给	138
6.3.3	单步进给	139
6.3.4	手轮进给(选择功能)	139
6.3.5	手动辅助机能操作	140
6.4	程序存储和编辑	141
6.4.1	把程序存入存储器中	141
6.4.2	程序号的检索	144
6.4.3	程序的删除	145
6.4.4	程序的输出	145
6.4.5	程序的编辑	146
6.4.6	存储程序的个数及存储容量	150
6.5	程序自动运行	150
6.5.1	程序试运转	150
6.5.2	图形功能	151
6.5.3	单程序段运行	152
6.5.4	进给停止或者停止后的再启动	152
6.5.5	程序自动运行	152
6.5.6	自动运转的停止	153
6.5.7	自动运转中冷却液控制	154
6.5.8	进给速度倍率	154
6.5.9	快速进给倍率	154
6.6	对刀与建立工件坐标系	154
6.6.1	用基准刀试切工件并建立工件坐标系	154
6.6.2	建立换刀点 P, 也称程序原点	155
6.6.3	非基准刀的对刀和刀补值设置	155
6.6.4	对刀的检验	155
6.6.5	用 G54~G59 建立工件坐标系	156
6.7	数据的显示和设定	157
6.7.1	刀具补偿	157
6.7.2	设置参数的设定	158
6.7.3	用户宏变量的显示及设定	159
6.7.4	参数设置	160
6.7.5	诊断	161
6.8	显示	162
6.8.1	状态显示	162
6.8.2	键入数据显示	162
6.8.3	程序号、顺序号的显示	163
6.8.4	程序存储器使用量的显示	163

6.8.5 指令值的显示 ( 键)	163
6.8.6 现在位置的显示 ( 键)	164
6.8.7 加工时间、零件数显示	165
6.8.8 报警显示 ( 键)	165
6.8.9 液晶画面亮度调整	166
6.8.10 软键盘机床面板	166
第7章 数控机床的维护和故障排除	167
7.1 数控机床的维护	167
7.1.1 数控机床的工作环境要求	167
7.1.2 数控机床的维护	167
7.2 数控机床的常见故障与排除	168
第8章 其他数控车床编程系统及自动编程简介	172
8.1 其他数控车床的编程系统简介	172
8.1.1 华中 HNC-21/22T 数控车床编程系统	172
8.1.2 德国西门子编程系统	176
8.2 自动编程系统简介	182
8.2.1 Mastercam	183
8.2.2 CAXA	183
8.2.3 Pro/E	184
8.2.4 UG	184
参考文献	185

第 1 章 数控加工基本概念

随着科技的进步和生产的发展,对机械产品的性能和质量要求愈加先进,因而对产品零件的复杂程度、加工精度和表面质量的要求越来越高,致使普通机床较难满足这些精度要求,而且生产效率低。为解决这种矛盾,近三十年来,经科技界的研究和开发,使数控机床和数控技术得到迅速发展,在品种、数量、加工能力和精度等方面不断提高,使其在当前机械产品制造业中占了主导地位,而且是未来发展的方向。

数控加工与普通机床的加工方法有什么不同?加工原理和加工特点怎样?首先要从学习数控加工的基本概念开始,逐渐深入到数控机床、数控编程、实际操作等的学习中。

1.1 数控基本概念

1.1.1 数控的定义

什么叫数控?简单地说,数控就是数字程序控制。它是英文“Numerical Control”的缩写,简称为 NC。随着数控技术的发展,先进的数控机床都配置有小型计算机或微型计算机的数控装置,有的数控机床可以直接与外部计算机连接,由计算机进行自动编程,然后直接控制数控机床进行加工。带有小型计算机(Computer)数控装置的机床,简称为 CNC;由外部计算机及其外围设备对零件自动编程后直接控制数控机床进行加工,叫做直接数控,简称为 DNC。

对于数控设备来说,数字指令所控制的一般都是机械设备工作部分的位置和角度的变动。对其他数控设备而言可控制压力、温度、流量等物理参数值和方向的变动。最初,数控是从机床的加工控制进行研制和开发的,并且迅速发展和得到广泛应用。所以,“数控”一词直接与数控机床密切相关。当前普遍应用的数控机床有数控车床、数控铣床、加工中心、数控镗铣床、数控切割机床等。数字程序控制应用在其他领域也非常多,小到智能型玩具,大到机器人、数字通讯、航天航空、卫星测控等,只是它们没有冠以“数控”两字而已。

数字程序怎样控制机床进行切削加工呢?

举例说明,精车一段外圆,如图 1-1 所示。

如果在普通车床上加工,手动操作将车刀横向移动到 A 点,然后纵向进给车到 B 点,外圆车削就完成了。

如果在数控车床上加工,就是由数字程序指令来完成

这些加工步骤的。刀架上已装好刀具并对好刀,启动程序进行自动加工。其程序是:

OXXXX; (程序号)

N10 M03 S1000;

(主轴正旋转,速度 1000r/min)

N20 G01 X50 Z0 F50;

(刀具以 50mm/min 的进给速度切削到达 A 点)

N30 G01 Z-150;

(刀具切削到 B 点)

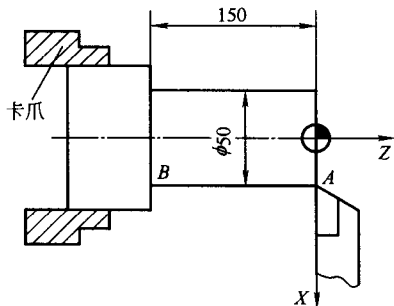


图 1-1 车削外圆

N40 G00 X100;

(刀具快速退出)

.....

当数控装置执行第一段程序指令时, 主轴以 1000r/min 正方向旋转, 然后第二段程序使车刀径向以 50mm/min 的进给速度到达 A 点, 第三段程序纵向进给切削到 B 点, 第四段程序刀具快速退出, 这段外圆加工就完成了。

由例子说明, 数控的定义就是将数字、字母和符号等组成的控制指令输入到机床的数控装置中并转换成信息, 用以控制机械设备的状态和加工过程。很显然, 在这里的数字是 03, 1000, 01, 50, 150 等; 字母有 G, M, X, F, Z 等; 符号有 “+” 和 “-”, 只是 “+” 号不用写出。数字指令 M03 S1000 就是车床主轴以 1000r/min 正方向的旋转 “状态”, G01 X50 F50 和 Z-150 就是车刀以 50mm/min 的速度先切削到 A 点, 再切削到 B 点的 “工作过程”。数控加工就是通过许多这样的数字指令组成的程序进行连续加工, 完成零件的加工任务。

1.1.2 数控加工原理

机械零件的加工过程是由许多工序组成的, 每一个工序都有不同的加工内容和加工要求, 并由不同的机床或其他设备来完成。对于零件形状复杂, 尺寸精度要求很高的表面, 大都安排在数控机床上加工。所以, 需要由数控机床加工来完成的工序称为数控工序。

在数控工序中, 根据零件图的形状、尺寸精度和加工工艺过程, 合理选择刀具和切削用量, 首先编制出加工程序, 然后将程序通过信息载体或手动方式输入到机床的数控装置中, 经过数控装置进行数据处理并转换成信息传送到机床的伺服系统, 再由伺服系统严格按照指令信息控制机床和刀具的各种运动, 从而加工出符合编程要求的零件。简而言之, 数控加工原理就是将被加工零件的工艺过程、工艺参数的要求用数控程序语言以手动或信息载体输入到数控机床的数控装置中, 数控装置便根据程序指令直接控制机床的各种运动对零件进行加工。当程序结束, 机床自动停止, 零件加工完成。

数控程序加工的过程可以用下面的框图表示, 见图 1-2。

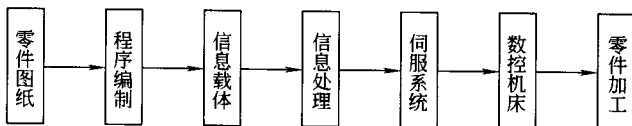


图 1-2 数控程序加工过程示意框图

1.1.3 二进制及 BCD 编码

在前面讲到的数控定义中, 数控就是由数字、字母和符号组成的程序指令, 用以控制机械设备的状态和工作过程。那么, 数控机床是怎样识别这些数字程序指令, 并严格按照这些指令进行运动呢?

大家都知道, 电子设备和电子计算机都不拥有自身的 “智力”, 而是人们事先把智力 “编辑” 在准备的预定范围, 然后由它们来展现这些智力。电子设备的 “词汇” 只有两个相对的概念: 开和关。或者换成另一种表达方式: 用 1 表示开, 用 0 表示关, 或者用 1 表示通电, 用 0 表示断电。数控机床是装有先进数控装置的电子设备, 它是用电子脉冲进行工作的。有电子脉冲, 就是有电流流动, 表示为 (1); 无电子脉冲, 就是无电流流动, 表示为 (0)。这种用 (1) 和 (0) 表示的电子脉冲信号正符合二进制的运算法则。所以, 把 (1) 和 (0) 的表达方式称为二进制编码, 表达单位称为二进制数位 (Bit)。

怎样用二进制数位表示单个数, 数字, 字母和符号呢? 这就要通过二进制数位的组合,

使它能表达一个任意大小的数，并把一些确定的字母、数字和符号配置成二进制数位的组合，这称为编码。能实现这种转换功能的装置称为“编码器”。所以数控程序在输入数控装置后都要进行编码处理才能转换成电子脉冲信息。

下面举例说明用二进制数字表达十进制数字的实例。

十进制数字是0~9共十个数字，它们是十进位的；二进制数字是由0和1共二个数字组成，它们是二进位的。两者之间的对应关系如下：

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
二进制数	0	1	10	11	100	101	110	111	1000	1001

当十进制数较大时，转换成二进制数位就很长。例如，508这个数变成二进制数就是111111100，如果数字再大，转换成的二进制数位就更长了，这在数控装置的实际应用中就遇到困难。因此必须用二进制数编译十进制数，对数控程序的数值进行编译。这种用二进制数编译十进制数的编码，就称为BCD编码。

例如，十进制数173可以分解成三个相对应的二进制数0001 0111 0011。

十进制数173的数位为 1 7 3

有了BCD编码，十进制数的大小就不受限制，例如：

0001 0111 0100 0010 0011 0110

1 7 4 2 3 6 = 174236

使用二进制和二进制组合，并应用BCD编码，就能对输入到数控装置中的程序在执行加工前进行数据处理和编码处理，使程序中的数字、字母和符号都能转换成机床伺服系统能够识别和准确执行的信息。

1.1.4 信息载体与传输

零件的数控加工程序是由技术人员或数控机床操作人员用手工编程或计算机自动编程完成的，只有将编制好的加工程序传送到数控机床的数控装置中，才能执行该程序的加工。较简单的加工程序可以不通过信息载体传输，而用手动从数控机床的操作面板上直接输入到数控装置中。但操作中容易出错，又占用了机床的加工时间。较复杂的程序就需要有信息载体预先录制这些程序，待需要加工零件时，就将信息载体放入数控机床相关附件设备上，把载体上的程序输入到数控装置中。这种方法准确可靠，程序在输入中不易出错，又节省了手工输入程序所占用的机床工作时间。

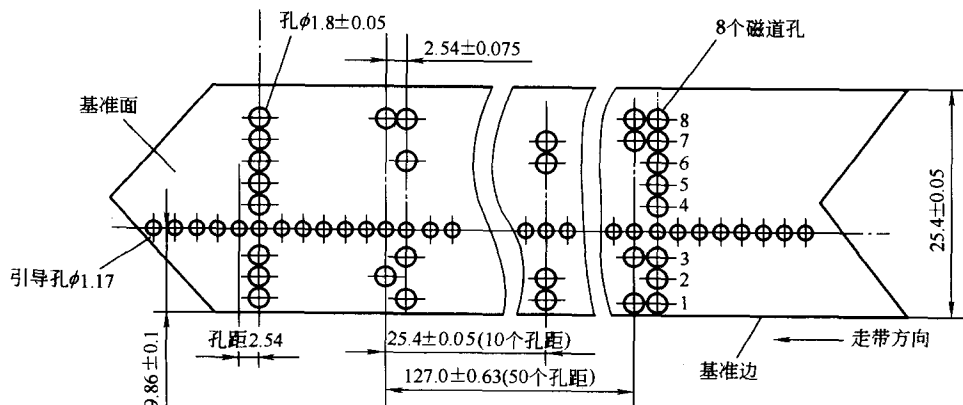


图 1-3 ISO 标准穿孔纸带

表 1-1 ISO 编码穿孔纸带的数字、字母、字符

对应的二进制编码	磁道号								注 解
	8	7	6	5	4	3	2	1	
1 0 0 0 1 0 0 0	●				●	●			NUB 超点, 零位
1 0 0 0 1 0 0 1	●				●	●		●	BS 返回
1 0 0 0 1 0 1 0	●				●	●		●	HT 列表, 制表
1 0 0 0 1 1 0 1	●				●	●	●	●	LF 换行, 程序段结束符
1 0 0 1 0 0 0 0	●		●		●	●		●	CR 回车
1 0 0 1 0 0 0 1	●		●		●	●		●	SP 空格
1 0 0 1 0 0 1 0	●		●		●	●		●	(注解前括号
1 0 0 1 0 0 1 1	●		●		●	●		●	) 注解后括号
1 0 0 1 0 1 0 0	●		●		●	●	●	●	% 程序开, 程序启动
1 0 0 1 0 1 0 1	●		●		●	●	●	●	: 主程序段
1 0 0 1 0 1 1 0	●		●		●	●	●	●	/ 路过程序段
1 0 0 1 0 1 1 1	●		●		●	●	●	●	- 负号
1 0 0 1 1 0 0 0	●		●	●	●	●	●	●	0
1 0 0 1 1 0 0 1	●		●	●	●	●	●	●	1
1 0 0 1 1 0 1 0	●		●	●	●	●	●	●	2
1 0 0 1 1 0 1 1	●		●	●	●	●	●	●	3
1 0 0 1 1 1 0 0	●		●	●	●	●	●	●	4
1 0 0 1 1 1 0 1	●		●	●	●	●	●	●	5
1 0 0 1 1 1 1 0	●		●	●	●	●	●	●	6
1 0 0 1 1 1 1 1	●		●	●	●	●	●	●	7
1 0 1 0 0 0 0 0	●		●	●	●	●	●	●	8
1 0 1 0 0 0 0 1	●		●	●	●	●	●	●	9
1 0 1 0 0 0 1 0	●		●	●	●	●	●	●	B 第2角度b, 几何循环
1 0 1 0 0 0 1 1	●		●	●	●	●	●	●	E 转移指令
1 0 1 0 0 1 0 0	●		●	●	●	●	●	●	F 进给指令
1 0 1 0 0 1 0 1	●		●	●	●	●	●	●	G 准备功能
1 0 1 0 0 1 1 0	●		●	●	●	●	●	●	I 在X方向中心点坐标
1 0 1 0 0 1 1 1	●		●	●	●	●	●	●	J 刀具的调整位置
1 0 1 0 1 0 0 0	●		●	●	●	●	●	●	K 在Z方向中心点坐标
1 0 1 0 1 0 0 1	●		●	●	●	●	●	●	M 辅助功能
1 0 1 0 1 0 1 0	●		●	●	●	●	●	●	N 程序段号
1 0 1 0 1 0 1 1	●		●	●	●	●	●	●	S 转速指令
1 0 1 0 1 1 0 0	●		●	●	●	●	●	●	T 刀具指令
1 0 1 0 1 1 0 1	●		●	●	●	●	●	●	X
1 0 1 0 1 1 1 0	●		●	●	●	●	●	●	Y
1 0 1 0 1 1 1 1	●		●	●	●	●	●	●	Z
1 1 1 1 1 1 1 1	●		●	●	●	●	●	●	BELET (删除)

补偶孔

引导孔

储存有程序的纸带、磁带或软盘等叫信息载体。当前使用的信息载体有穿孔纸带、磁带或磁盘两种。

1.1.4.1 穿孔纸带

在计算机上自动编程生成零件的加工程序后, 可以通过外接的穿孔机将程序穿孔在标准纸带上, 就制成了该程序的纸带。需要用该程序加工零件时, 就把程序纸带放入数控机床的光电阅读机上, 启动阅读机, 就将纸带上的程序读入了数控装置中, 然后就可执行程序加工。

穿孔纸带已国际标准化。纸带上有 8 个孔位代表 8 个磁道, 另有一个小孔是引导孔, 供阅读机转动纸带导向用。

穿孔纸带使用的编码有两种: 公制的为 ISO 编码, 英制的为 IEA 编码。

(1) ISO 编码 它是国际公制标准。纸带上 1~4 磁道和 5+6 磁道结合, 表达数字 0~9; 1~5 磁道与 7 磁道结合, 表达字母 A~Z; 1~4 磁道与 6 磁道结合, 表达符号; 第 8 磁道为奇偶校验孔, 对于 ISO 编码, 每一排孔数都必须是偶数的, 如果有奇数孔的编码, 就在第 8 磁道打孔, 使该排孔就成偶数孔了。

(2) IEA 编码 它为英制标准。对纸带上各排孔表达的含义: 第 1~4 磁道表达数字 1~9, 第 5 磁道为奇偶校验孔; 第 6 磁道表达数字 0; 6+7 磁道分别和 1、4 磁道联合使用表达字母和符号; 对于 IEA 编码, 每一排孔数都必须是奇数的, 如果为偶数孔, 就在第 5 磁道打孔后成奇数。

ISO 标准穿孔纸带见图 1-3, 纸带厚度 1.10mm, 穿孔环境温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $50\% \pm 2\%$ 。

1.1.4.2 磁带或磁盘

将计算机上编好的程序经外接设备录制到磁带或磁盘上, 在需要加工零件时, 再将磁带或磁盘送到数控机床的附加阅读装置中, 启动阅读装置就将磁带或磁盘上的程序输入数控装置中, 然后就可执行程序加工了。

为了实现信息载体在数控机床上输入程序, 数控机床应备有相应的输入和输出接口。输入接口用于与穿孔纸带阅读机或磁带阅读机连接, 向数控装置输入程序; 输出接口用于与穿孔机连接, 可以从数控装置中输出重要的加工程序制成穿孔纸带, 以便保存。许多数控机床还备有 RS232C 串行接口, 用它与计算机通信传输电缆连接可实现数控机床的 DNC 控制。以上接口在数控机床上是必备的, 但与之连接的相关设备在购买数控机床时属于选项, 要根据用户的需要在订货合同中明确。

如果数控机床用 DNC 直接控制程序加工, 就不需要用信息载体了。

ISO 编码穿孔纸带上对应表达的数字、字符、字母及二进制编码, 见表 1-1。

1.2 数控机床

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是一种自动化程度高、加工精度高、生产效率高的先进设备。它除了机床本体部分与普通同类机床相似外, 还配备有功能齐全、技术先进的数控装置, 伺服系统, 位置检测元件, 空压和液压装置, 刀具系统等, 它们共同组成一个相互关联的有机统一体, 保证了数控机床加工的高精度、高效率 and 自动化程度。数控机床各部分的组成示意图见图 1-4。

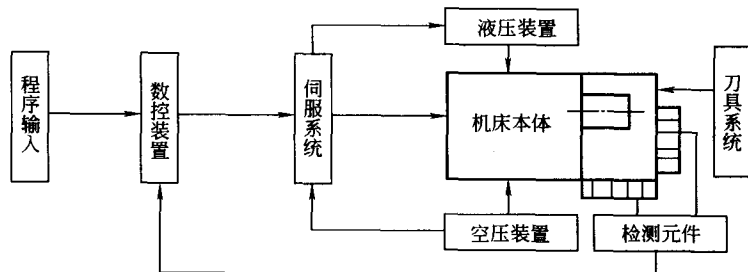


图 1-4 数控机床的组成示意图

1.2.1.1 机床本体

对于不同类型的机床, 它的机床本体的组成有所不同。像数控车床的机床本体主要是床

身、床头箱及主轴，刀架及进给传动机构；而数控加工中心的机床本体主要是床身、立柱、主轴箱及主轴，工作台及进给传动机构。虽然这些部件与普通机床的部件相似，但为了保证数控机床的加工具有高精度和高效率，对机床各部分的结构设计采用了许多新技术，对机床主轴精度和工作部分的运动精度采用了国际上先进的制造精度标准。例如：

① 对床身和立柱的结构设计必须保证有良好的静刚度和动刚度，才能使机床在加工中有良好的稳定性，减小机床的冷、热变形；

② 采用表面淬硬的大直径主轴，刚性好，制造精度很高，主轴的轴承采用高精密轴承与液体静压轴承相结合，保证了主轴有很高的加工精度和承受很大的切削力；

③ 对于移动的立柱和工作台广泛采用空气静压导轨，导轨副采用了镶钢淬硬导轨与耐磨塑料新技术，保证了立柱和工作台能高速而平稳移动，导轨不易磨损；

④ 在进给机构中采用无间隙传动的滚珠丝杠，而且伺服电机直接与滚珠丝杠相连，缩短了传动链和减少了丝杠传动误差对加工精度的影响；

⑤ 为了提高数控机床加工自动化程度，配备有刀具库和自动换刀机构，还有自动排屑装置和冷却润滑装置等。

以上说明，数控机床本体的先进性对零件的加工精度和生产效率起着十分重要的作用。

1.2.1.2 数控装置

数控装置的组成主要有：小型或微型计算机，液晶显示器，各种存储器和寄存器，编码器，脉冲发生器，各种集成电路，操作面板等。

数控装置除了上述硬件部分外，还有内部编程系统软件部分。当前，各国普遍应用的编程系统有西门子（SIEMENS）和法拉克（FANUC）两大类。根据机床类型不同，又可分为镗铣类的 M 编程系统和车床类的 T 编程系统。数控装置只有在装入内部编程参数、机床数据和机床内部程序后，才能实现数控机床的各种功能，成为数控机床的“智能”核心，并将各种指令信息输出和控制数控机床各相关部分的运动。

1.2.1.3 伺服系统

伺服系统是由伺服电机、伺服电路、伺服驱动元件和执行机构组成。伺服系统的功能是将数控装置输入的脉冲信号转换成控制机床运动部件的位移。每个脉冲信号就是运动部件的位移量，也称脉冲当量。脉冲当量的大小与伺服系统的精度，特别是伺服驱动元件的精度有关，一般的经济型数控机床的脉冲当量为 0.01mm/脉冲，高精度数控机床的脉冲当量为 0.001mm/脉冲。伺服驱动元件有直流伺服电机、交流伺服电机、电液伺服电机等。

1.2.1.4 位置检测系统

为了保证数控加工的位置精度，在程序加工中，伺服系统发出的位移指令与机床运动部件应到达的实际位置是否相符，就必须有位置检测元件记录运动部件的实际位置。位置检测元件能对机床运动部件的实际运动速度、方向、位移量及加工状态进行在线检测，并将检测的数据经反馈电路输入数控装置。数控装置会将实际数据与程序指令值进行比较，计算出误差，再向伺服系统发出纠正误差的指令，使运动部件能准确到达指令值的位置。

目前数控机床上使用的测量元件有直线型和回转型两类。直线型常用的有光栅尺、感应同步器、磁栅尺；回转型常用的有圆光栅、圆感应同步器、旋转变压器、圆磁栅等。

1.2.1.5 刀具系统

数控机床应该配备先进的刀具才能实现很高的生产效率。在刀具系统中，除了机床本体中配有的刀具库和自动换刀机构外，还应根据机床的加工性能配置各种系列刀具和辅具。数

控机床上使用的刀具大多数应该是可转位的硬质合金刀具,这样才能充分发挥数控机床的切削性能,采用较大的切削用量,提高生产效率。刀辅具方面,对不同类型的机床有所不同,根据机床的具体情况配置。

1.2.2 数控机床的功能

随着数控技术的进步,小型或微型计算机广泛应用到数控装置中,使数控机床的软件功能越来越多,也促进了硬件功能的增多,这就提高了数控机床的整机性能和扩大了加工范围。

数控机床的功能可以分为两大类:第一是基本功能,也就是数控机床的必备功能;第二是选择功能,是用户根据产品加工需要可供选择的其它功能。

1.2.2.1 基本功能

(1) 控制功能 是指控制的坐标轴数和同时受控的联动轴数。一般车床的数控系统只需同时控制两个坐标轴运动,铣床和加工中心则需要控制三个或三个以上的坐标轴运动或联动。当三个受控轴中,可任意两轴联动时,则称为两轴半数控机床。三轴和三轴以上联动的数控机床称为三轴、五轴数控机床,可用于加工空间曲面,例如船用螺旋桨,汽轮机叶片,复杂模具的曲面等。

(2) 插补功能 主要插补功能是直线插补 G01 和圆弧插补 G02/G03。

(3) 进给功能

① 快速运动功能,用于坐标轴的快速定位。

② 程序进给功能,用 F 表示。在程序加工中用 F 表示切削加工的进给速度, F 后的数值代表 mm/min。

③ 手动进给,用于手动加工时进给速度。其中有手摇脉冲发生器的进给,手压按钮开关的进给,增量开关的进给等。

④ 自动加减速。在快速运动的启动和停止时,需要有自动加速和自动减速的运动。

(4) 主轴功能

① 主轴速度选择功能,用 S 后的数字表示主轴每分钟转速。

② 主轴定向停止功能。在加工螺纹或有特定位置进刀或退刀要求时,需要主轴定向停止转动,使刀停止在确定的圆周位置。

③ 恒线速度控制和最高转速限制,在数控车床加工大的变径表面时采用。

(5) 刀具功能

① 刀具选择功能,用字母 T 及后面的数字代表要选择的刀具。

② 刀具补偿功能,有刀尖半径补偿、刀尖长度补偿、刀尖圆弧半径补偿、磨损补偿。

(6) 编程功能

① 坐标系设定功能。相对于机床零点可以设置多个工件坐标零点和实际值存储零点,它们对零件编程很方便。

② 零件程序的存储和编辑功能。

③ 数据输入和显示功能,通过 MDI (手动数据输入) 方式从操作面板上输入数据和单段程序,并在 CRT (显示器) 上显示。

④ 辅助编程功能,例如小数编程、固定循环、子程序、宏指令等。

⑤ 准备功能和辅助功能。准备功能也称 G 功能,是由编程系统研制单位设计的,零件的加工程序用各种 G 功能指令编程。辅助功能也称 M 功能,由数控机床制造厂设置。编程时,用 M 指令表示主轴的正转、反转、停止,还有冷却液的开和关,换刀指令等。

(7) 机械误差补偿功能 有进给传动链之间反向间隙补偿和存储式的螺距误差补偿, 用于提高数控加工精度。

(8) 诊断功能 它是监视数控机床正常工作的自检功能, 能及时显示机床或程序加工中的故障, 并显示报警号和故障内容, 便于及时处理和排除故障。

1.2.2.2 选择功能

数控机床和编程系统不同, 供选择的功能也不同。一般情况下, 由用户选择的功能有如下几种。

① 在插补功能中有抛物线插补、螺旋线插补、正弦曲线插补等。

② 在刀具功能中有自动换刀功能。因为有的用户购买的数控机床不带刀具库, 就不需自动换刀机构, 所以是选项。

③ 在辅助编程功能中还有变量编程、宏指令编程、镜像编程、坐标轴旋转等。

④ 激光自动测量。在零件程序加工完成后, 用激光测量头自动测量零件尺寸。

1.2.3 数控机床的分类

由于数控机床和数控技术的发展突飞猛进, 数控机床的品种、型号和规格越来越多, 结构和功能不断创新, 对它们的分类没有统一的标准, 可以按照工艺用途、控制运动的轨迹、伺服系统的类型、控制的坐标轴数等进行分类。下面介绍几种常用的分类方法。

1.2.3.1 按工艺用途分类

目前常用的数控机床类型如下。

① 数控车床: 有数控卧式车床、数控立车。

② 数控铣床: 有立式数控铣床、数控龙门铣床。

③ 数控加工中心: 有立式加工中心、卧式加工中心。

④ 数控镗铣床: 有带回转工作台的数控镗床和不带回转工作台的数控镗床, 数控坐标镗床。

⑤ 数控磨床: 有数控平面磨床、数控轧辊磨床。

⑥ 数控齿轮机床: 有数控滚齿机、数控磨齿机。

⑦ 数控切割机床: 有数控线切割机床、数控火焰切割机床。

⑧ 其他: 有数控电火花加工机床、数控三坐标测量机, 等等。

1.2.3.2 按控制运动的轨迹分类

(1) 点位控制数控机床 这类机床只控制刀具从一个点到另一个点的位置精度, 并不控制在移动中的轨迹。此类机床有数控钻床、数控冲床、数控镗床中的钻孔和镗孔的位置控制。

(2) 直线控制数控机床 这类机床是控制刀具或工作台以给定的速度, 沿平行于某一坐标轴方向由一个位置到另一个位置的移动。这个移动不但要求有精确的定位, 还要控制位移速度, 以适用不同刀具和工件材料的加工要求。控制刀具移动的有数控车床, 控制工作台移动的有数控铣床、加工中心、数控磨床等。

(3) 连续控制的数控机床 该类机床主要同时控制两轴或两轴以上的轮廓加工, 它不仅要求控制加工的起点和终点, 还要控制整个加工过程各坐标轴同时移动的瞬时位置和速度及速度方向, 保证加工轨迹符合工件轮廓的要求。这类机床有数控车床、数控铣床、加工中心、数控镗铣床等。

1.2.3.3 按伺服系统控制方式分类

按数控机床伺服系统的控制方式不同, 可分为以下三类。