

中国职工教育和职业培训协会科研成果教材类一等奖
第九届中国石油和化学工业优秀教材一等奖



教育部高职高专规划教材

数控车床 编程与技能训练

第二版

陈云卿 主编



化学工业出版社

教育部高职高专规划教材

数控车床编程与技能训练

第二版

陈云卿 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要内容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。本书特点是将数控编程理论与生产实际紧密结合,正确应用相关工艺、刀具、切削用量等知识,力求突出数控编程与数控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。为方便教学,配套电子教案。

本书可作为高职高专院校、成人高校和中专、技校等相关专业的教材,也可作为相关单位的培训教材,并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. —2版. —北京:化学工业出版社,2011.5

教育部高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-10829-6

I. 数… II. 陈… III. 数控机床:车床-程序设计-
高等职业教育-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第046674号

责任编辑:韩庆利

装帧设计:杨北

责任校对:宋玮

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数342千字 2011年7月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00元

版权所有 违者必究

第二版前言

本书第一版自 2006 年由化学工业出版社出版以来,得到高职高专院校、中专、技工学校老师的肯定,也受到企业的技工和技术人员的欢迎。不少老师反映,该书编写通俗易懂,层次清晰,编程理论与生产实例密切结合,使读者容易理解和掌握,使学生在编程学习和技能训练两者紧密相连,取得了良好的效果。该书第一版曾获得中国职工教育和职业培训协会评审的科研成果教材类一等奖,第九届中国石油和化学工业优秀教材一等奖。

随着数控技术的不断研发和创新,数控编程和操作技术也不断更新和优化,我们编写的教材也要及时修改和更新。因此,第二版修订时,在保持第一版的基本内容和特色的同时,及时更新有关内容,特别是增加教材的生产实践性,以利于学生在编程理论与操作技能两方面都得到最佳的教学效果,删除了过时的知识,并且与中高级技能鉴定进行了紧密结合,增加了大量典型实例,如编程和工艺知识的应用实例,宏程序编程实例,零件数控加工方案制定的实例和螺纹典型零件加工质量控制的实例等,使教材更加实用。

为了使老师教学方便,特制作了本教材的多媒体课件,可赠送给用本书作为授课教材的院校和老师,如有需要可发邮件至 hqlbook@126.com 索取。

本书由陈云卿主编,参加编写人员还有吴镜平、周海鹰、柳花娥、梁方波。在本书编写过程中,得到广州从化市技工学校和广州工程技术职业学院领导的大力支持,同时还得到刘建平、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,书中难免会有不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2011 年 3 月

第一版前言

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，得到广州从化市技工学校 and 广州工程技术职业学院领导的大力支持，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	12
2.1 数控车床的分类和组成	12
2.1.1 数控车床的分类	12
2.1.2 数控车床的组成及结构	13
2.1.3 典型数控车床的结构及调整	15
2.1.4 典型数控车床的技术性能	18
2.2 数控车床编程的基本知识	20
2.2.1 数控车床的坐标系统	20
2.2.2 数控车床坐标系中的各原点	22
2.2.3 数控车床坐标系中坐标值的确定	25
2.3 数控车床的基本功能	27
2.3.1 数控装置的基本功能	27
2.3.2 数控车床编程系统的功能	27
第 3 章 数控车床的编程	29
3.1 数控编程的基本知识	29
3.1.1 数控车床的编程系统	29
3.1.2 数控加工的编程方法	30
3.1.3 数控程序编制的内容	30
3.2 数控加工程序的结构	32
3.2.1 数控程序的结构和内容	32
3.2.2 信息字的规定	33
3.2.3 编程格式	33
3.3 GSK980T 系统的编程	35

3.3.1	辅助功能 M 代码	35
3.3.2	准备功能 G 代码	36
3.3.3	各 G 功能代码的编程应用	37
3.3.4	用户宏程序	74
第 4 章	数控车床编程的工艺知识	85
4.1	零件编程前的工艺准备	85
4.1.1	零件加工的工艺分析	85
4.1.2	工件的定位和装夹方法	86
4.1.3	零件加工工艺方案的制定	90
4.1.4	数控车床加工的刀具选择	91
4.1.5	数控加工中切削用量的选择	98
4.1.6	零件加工工艺方案制定举例	100
4.2	刀具功能及刀具偏移	103
4.2.1	刀具的安装方式	103
4.2.2	刀具代号	104
4.2.3	刀具功能	104
4.2.4	数控车床的对刀方法	109
4.3	数控编程中的坐标计算	109
4.3.1	直接换算法	110
4.3.2	间接换算法	110
4.3.3	计算机作图法	119
4.4	数控编程中的精度控制	119
4.4.1	数控编程时保证零件加工精度的措施	119
4.4.2	数控加工中保证零件加工表面质量的措施	126
4.4.3	典型零件加工的精度控制	126
第 5 章	典型加工零件的编程	132
5.1	轴类零件编程	132
5.1.1	传动轴	132
5.1.2	辊轴	135
5.1.3	空心轴	137
5.2	套类零件编程	140
5.2.1	锥套	140
5.2.2	鼓形齿轴套	143
5.3	盘形零件的编程	146
5.4	综合性零件编程	148
5.4.1	球面蜗杆	148
5.4.2	皮带轮	151
5.5	中高级技能鉴定编程实例	154
第 6 章	数控车床的操作	159
6.1	安全生产和安全操作规程	159

6.1.1	有关安全文明生产的规定	159
6.1.2	数控车床基本操作规程	160
6.2	数控车床的操作面板	161
6.2.1	数控车床的操作面板的组成	161
6.2.2	操作面板上的代号及键盘的说明	161
6.3	手动操作方式	165
6.3.1	手动返回参考点	165
6.3.2	手动连续进给	165
6.3.3	单步进给	165
6.3.4	手轮进给(选择功能)	166
6.3.5	手动辅助机能操作	166
6.4	程序存储和编辑	168
6.4.1	把程序存入存储器中	168
6.4.2	程序号的检索	171
6.4.3	程序的删除	172
6.4.4	程序的输出	172
6.4.5	程序的编辑	173
6.4.6	存储程序的个数及存储容量	177
6.5	程序自动运行	177
6.5.1	程序试运转	177
6.5.2	图形功能	178
6.5.3	单程序段运行	179
6.5.4	进给停止或者停止后的再启动	179
6.5.5	程序自动运行	179
6.5.6	自动运转的停止	181
6.5.7	自动运转中冷却液控制	182
6.5.8	进给速度倍率	182
6.5.9	快速进给倍率	182
6.6	对刀与建立工件坐标系	182
6.6.1	用基准刀试切工件并建立工件坐标系	182
6.6.2	建立换刀点 P , 也称程序原点	183
6.6.3	非基准刀的对刀和刀补值设置	183
6.6.4	对刀的检验	184
6.6.5	用 G54~G59 建立工件坐标系	185
6.7	数据的显示和设定	185
6.7.1	刀具补偿	185
6.7.2	设置参数的设定	186
6.7.3	用户宏变量的显示及设定	187
6.7.4	参数设置	188
6.7.5	诊断	190

6.8 显示	191
6.8.1 状态显示	191
6.8.2 键入数据显示	191
6.8.3 程序号、顺序号的显示	191
6.8.4 程序存储器使用量的显示	192
6.8.5 指令值的显示 ( 键)	192
6.8.6 现在位置的显示 ( 键)	193
6.8.7 加工时间、零件数显示	194
6.8.8 报警显示 ( 键)	194
6.8.9 液晶画面亮度调整	194
6.8.10 软键盘机床面板	194
第7章 数控机床的维护和故障排除	195
7.1 数控机床的维护	195
7.1.1 数控机床的工作环境要求	195
7.1.2 数控机床的维护	195
7.2 数控机床的常见故障与排除	196
第8章 其他数控车床编程系统及自动编程简介	200
8.1 其他数控车床的编程系统简介	200
8.1.1 华中 HNC-21/22T 数控车床编程系统	200
8.1.2 德国西门子编程系统	204
8.2 自动编程系统简介	211
8.2.1 Mastercam	211
8.2.2 CAXA	211
8.2.3 Pro/E	212
8.2.4 UG	213
参考文献	214

第1章

数控加工基本概念

教学目标：通过数控基本概念的教学，使学生了解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。从而引导学生认识数控加工的定义和基本原理，懂得数控机床的组成和分类，数控机床的主要功能，为以后学习数控车床和数控编程做准备。

1.1 数控基本概念

1.1.1 数控的定义

简单地说，数控就是数字程序控制，英文名称是“Numerical Control”，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、数字通信、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）

N40 G00 X100；（刀具快速退出）

.....

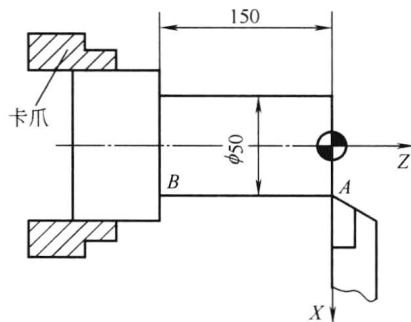


图 1-1 车削外圆

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入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。

储存有程序的纸带、磁带或磁盘等叫信息载体，也称为存储介质。

存储介质上记载的加工信息需要通过输入装置传送给机床数控系统，内存中的数控加工程序可以通过输出装置传送到存储介质上。程序输入/输出装置是机床的外部设备，它与机床上设置的接口相连。

随着数控技术的进步，存储介质也在更新换代，从最早的纸带和磁带或磁盘到当今的 U 盘等。

(1) 穿孔纸带

在 20 世纪 80 年代，零件的数控加工程序除手工编程外，较复杂零件的编程是在计算机上自动编程生成零件的加工程序后，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。在那时的数控机床必须配备有光电阅读机和穿孔机，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,启动光电阅读机,就将纸带上的程序读入到数控机床的数控装置中,然后就可执行程序加工。如果要将机床程序存储器中的重要已加工程序保存,可以通过穿孔机打出该程序纸带后保存。ISO 编码穿孔纸带的数字、字母、字符,见表 1-1。标准穿孔纸带见图 1-3。

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 1 0 0 0 0 0	●		●		○			CR 回车
1 0 1 0 0 0 0 1	●		●		○			SP 空格
1 0 1 0 0 1 0 1	●		●		○	●	●	(注解前括号
1 0 1 0 0 1 1 0	●		●		○	●	●	) 注解后括号
1 0 1 0 1 0 0 1	●		●		○	●	●	% 程序开,程序启动
1 0 1 0 1 0 1 0	●		●		○	●	●	: 主程序段
1 0 1 0 1 1 1 1	●		●		○	●	●	/ 路过程序段
1 0 1 1 0 0 0 0	●		●		○	●	●	- 负号
1 0 1 1 0 0 0 1	●		●		○	●	●	0
1 0 1 1 0 0 1 0	●		●		○	●	●	1
1 0 1 1 0 0 1 1	●		●		○	●	●	2
1 0 1 1 0 1 0 0	●		●		○	●	●	3
1 0 1 1 0 1 0 1	●		●		○	●	●	4
1 0 1 1 0 1 1 0	●		●		○	●	●	5
1 0 1 1 0 1 1 1	●		●		○	●	●	6
1 0 1 1 1 0 0 0	●		●		○	●	●	7
1 0 1 1 1 0 0 1	●		●		○	●	●	8
1 0 1 1 1 0 1 0	●		●		○	●	●	9
1 0 1 1 1 0 1 1	●		●		○	●	●	B 第2角度b,几何循环
1 0 0 0 0 1 0	●		●		○	●	●	E 转移指令
1 1 0 0 0 1 0 1	●		●		○	●	●	F 进给指令
1 1 0 0 0 1 1 0	●		●		○	●	●	G 准备功能
1 1 0 0 0 1 1 1	●		●		○	●	●	I 在X方向中心点坐标
1 1 0 0 1 0 0 1	●		●		○	●	●	J 刀具的调整位置
1 1 0 0 1 0 1 0	●		●		○	●	●	K 在Z方向中心点坐标
1 1 0 0 1 0 1 1	●		●		○	●	●	M 辅助功能
1 0 0 0 1 1 0 1	●		●		○	●	●	N 程序段号
1 0 0 0 1 1 1 0	●		●		○	●	●	S 转速指令
1 0 1 0 0 1 1	●		●		○	●	●	T 刀具指令
1 1 0 1 0 1 0 0	●		●		○	●	●	X
1 1 0 1 0 1 0 1	●		●		○	●	●	Y
1 1 0 1 0 1 1 0	●		●		○	●	●	Z
1 1 0 1 0 1 1 1	●		●		○	●	●	BELET (删除)

补偶孔

引导孔

(2) 磁带或磁盘

20 世纪 80 年代的数控机床也有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,启动录入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。

由于当今的数控机床已经不用穿孔纸带和磁带作为程序的存储介质了,数控机床上的光

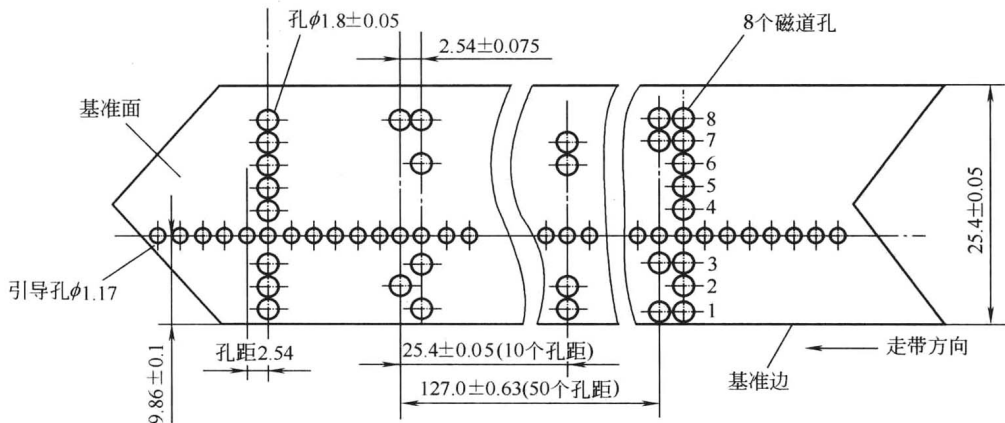


图 1-3 ISO 标准穿孔纸带

电阅读机或磁带录入机、穿孔机等附件也不需要了，有关穿孔纸带和磁带其他技术内容也不作介绍。

（3）U 盘

近年来生产的数控机床的外部都备有 U 盘插孔，便于将自动编程获得的零件程序复制在 U 盘里，当需要加工该零件时，将 U 盘插入数控机床的 U 盘插孔，从 U 盘里选择需要的零件程序输入到数控机床的程序存储器中，就可以执行程序加工了。典型 U 盘见图 1-4。



图 1-4 典型 U 盘之一

如果采用计算机自动编程后直接控制数控机床进行程序加工，即用 DNC 方式，那么在计算机与数控机床之间需要配置 RS232 通信接口传输程序，以控制机床的程序加工，就不需要用信息载体了。

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 1-5。

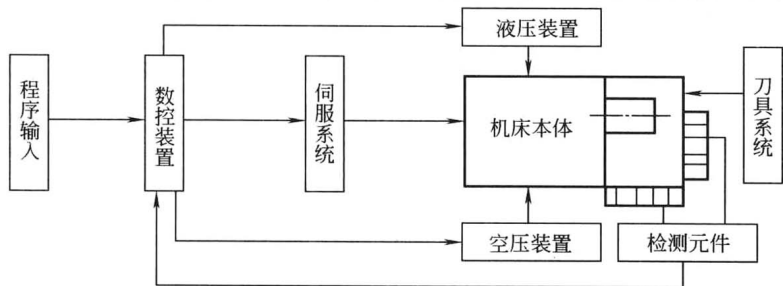


图 1-5 数控机床的组成示意图

(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。

(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。

(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 $0.01\text{mm}/\text{脉冲}$,高精度数控机床的脉冲当量为 $0.001\text{mm}/\text{脉冲}$ 。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。

(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。

(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他功能。

1.2.2.1 基本功能

(1) 控制功能

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。