



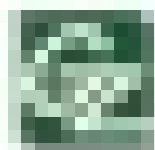
高职高专规划教材

数控加工技术

主 编 来建良
副主编 王道宏 吴晓苏

SHUKONG JIAGONG JISHU

浙江大學出版社



高等院校计算机教材

数控加工技术

主 编 陈建良
副主编 王德胜 李德胜

机械工业出版社

高职高专规划教材

数控加工技术

主 编 来建良

副主编 王道宏 吴晓苏

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术/来建良主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2004. 8

高职高专机电类规划教材

ISBN 7-308-03814-9

I. 数... II. 来... III. 数控机床—加工—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 078066 号

丛书策划 樊晓燕

封面设计 刘依群

责任编辑 樊晓燕

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 12.5

字 数 252 千

版 印 次 2004 年 8 月第 1 版 2006 年 4 月第 3 次印刷

印 数 4001—6000

书 号 ISBN 7-308-03814-9/TG·025

定 价 19.00 元

内 容 提 要

本书介绍了有关数控技术的基本概念、主要特征及数控技术的发展,简述了数控编程的基础内容和方法,说明了数控坐标系的建立,并讲述了数控程序的结构和主要功能、必要的数值计算以及数控工艺设计知识。在此基础上,本书对数控车床的编程、加工工艺和简单操作,数控铣床的加工工艺、编程要点和方法,加工中心的特点等进行了详细讲述,并加以举例说明。

本书可作为高职高专机电类专业,包括机电、数控、机制、模具、计算机辅助设计与制造等专业的教材,也可用作数控技术培训教材。

高职高专机电类规划教材

参编学校(排名不分先后)

浙江机电职业技术学院

杭州职业技术学院

宁波高等专科学校

宁波职业技术学院

嘉兴职业技术学院

金华职业技术学院

温州职业技术学院

浙江工贸职业技术学院

台州职业技术学院

浙江水利水电高等专科学校

浙江轻纺职业技术学院

浙江工业职业技术学院

丽水职业技术学院

湖州职业技术学院

前 言

数控机床主要有数控车床、数控铣床和数控加工中心等类型,它以其高精度、高效率在制造业中日益普及。由于数控机床高度自动化的加工特征,必然需要有与普通加工设备不同的、可控制数控机床各部件运动的加工指令以及适合数控机床加工的工艺规程,因而,数控编程加工指令和数控工艺构成了数控加工技术的主要要素。

《数控加工技术》作为高职高专机电类专业的规划教材,重点针对数控车床、数控铣床和加工中心三种主要加工类型进行编写,突出各自特征。由于数控系统众多,相互间有较大差别,本教材限于篇幅尽量述其共性特征;对每一类机床,也只能选其中一种进行详解,希望读者在实际操作数控机床之前,能详细阅读操作对象的说明书,举一反三,区别对待各系统的不同部分。

本书第一章主要介绍与数控技术有关的基本概念、主要特征及数控技术的发展状况;第二章介绍了数控编程的基础内容和方法,详细说明了数控坐标系的建立、程序结构和主要功能,必要的数值计算,以及数控工艺设计知识;在第三章中对数控车床的编程、加工工艺和简单操作进行了讲解;第四章分析了数控铣床的加工工艺,详细讲述了数控铣床的编程要点和方法,并加以举例说明;第五章针对加工中心的特点进行实例分析。全书力求简要、实用。

本书第1章由浙江机电职业技术学院来建良和杭州职业技术学院吴晓苏编写,第2章由吴晓苏编写,第3章由嘉兴职业技术学院王道宏编写,第4,5章由浙江机电职业技术学院来建良和杜红文编写,来建良任主编。全书由浙江大学张纪文主审。本书在编写过程中得到了许多同行的帮助,在此谨表谢意。由于编写仓促,错误难免,请读者不吝指正。

编者
于2004年夏

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 数控机床概述	(1)
1.1.1 基本概念	(1)
1.1.2 数控机床的工作过程	(4)
1.1.3 数控机床的基本组成	(5)
1.2 数控机床的分类	(8)
1.2.1 按工艺用途分类	(8)
1.2.2 按控制系统功能分类	(8)
1.2.3 按伺服系统类型分类	(11)
1.3 数控加工的特点和适应性	(13)
1.3.1 数控加工的特点	(13)
1.3.2 数控机床的使用特点	(15)
1.3.3 数控加工的适应性	(16)
1.4 数控技术的发展	(17)
1.4.1 数控机床的现状	(17)
1.4.2 数控技术的发展趋势	(18)
1.4.3 CAD/CAM 与数控技术	(19)
1.4.4 FMS 和 CIMS	(21)
思考与练习题	(26)
第 2 章 数控编程基础	(27)
2.1 概述	(27)
2.1.1 程序编制的内容及步骤	(27)
2.1.2 数控编程的方法	(29)
2.2 数控机床的坐标系	(32)

2.2.1	坐标系和运动方向命名原则	(32)
2.2.2	机床坐标轴的确定	(33)
2.2.3	机床坐标系与工件坐标系	(37)
2.3	程序代码和结构	(38)
2.3.1	程序代码	(38)
2.3.2	程序结构与程序段格式	(39)
2.3.3	程序指令字	(41)
2.3.4	数值单位的确定	(49)
2.4	数控编程中的数值计算	(50)
2.4.1	数值计算的内容	(50)
2.4.2	基点计算	(51)
2.4.3	节点计算	(52)
2.4.4	工件廓形为列表曲线时的数值计算	(54)
2.4.5	编程误差	(54)
2.5	数控加工的工艺设计	(55)
2.5.1	数控加工工艺内容的选择	(55)
2.5.2	数控加工工艺性分析	(56)
2.5.3	数控加工工艺路线的设计	(57)
2.5.4	数控加工工序的设计	(58)
2.5.5	数控加工专用技术文件的编写	(61)
思考与练习题		(63)
第3章 数控车床的编程及操作		(64)
3.1	数控车床编程基础	(64)
3.1.1	数控车床的工作原理	(64)
3.1.2	数控车床分类	(64)
3.1.3	数控车床的基本功能	(65)
3.1.4	数控车床编程要点	(68)
3.1.5	数控车床的坐标系	(70)
3.1.6	数控车床加工工艺分析	(72)
3.2	数控车床编程方法	(81)
3.3	刀具补偿功能	(87)

3.3.1 刀尖圆弧半径补偿·····	(87)
3.3.2 刀具位置补偿·····	(91)
3.4 车削固定循环·····	(91)
3.4.1 单一形状的固定循环·····	(91)
3.4.2 多重固定循环·····	(93)
3.4.3 编程举例·····	(95)
3.5 子程序·····	(97)
3.5.1 子程序的定义格式·····	(97)
3.5.2 子程序的调用·····	(97)
3.5.3 子程序的特殊使用方法·····	(98)
3.5.4 编程举例·····	(98)
3.6 数控车削加工编程实例·····	(99)
3.7 数控车床操作按钮及其功能·····	(105)
思考与练习题·····	(114)
第4章 数控铣床编程·····	(115)
4.1 数控铣削加工工艺分析·····	(115)
4.1.1 数控铣削的工艺分析·····	(115)
4.1.2 数控铣削加工对象分析·····	(117)
4.1.3 数控铣削用刀具及其选用·····	(118)
4.1.4 数控铣床夹具·····	(120)
4.1.5 数控铣削编程时应注意的问题·····	(120)
4.2 数控铣床编程基础·····	(122)
4.2.1 数控铣床的主要功能·····	(122)
4.2.2 FANUC 0M 系统功能介绍·····	(124)
4.2.3 数控铣床的坐标系·····	(127)
4.3 基本编程方法·····	(130)
4.3.1 绝对值方式和增量值方式编程·····	(130)
4.3.2 坐标平面选择·····	(131)
4.3.3 基本编程指令·····	(131)
4.3.4 子程序调用·····	(135)
4.3.5 图形比例及镜像功能指令 G50,G51·····	(136)

4.3.6 坐标系旋转指令 G68,G69	(138)
4.4 刀具半径自动补偿指令	(140)
4.4.1 刀具半径自动补偿指令 G41,G42,G40	(141)
4.4.2 刀具长度补偿指令 G43,G44,G49	(142)
4.4.3 编程举例	(143)
4.5 孔加工固定循环	(145)
4.6 用户宏功能	(149)
4.6.1 A类宏程序	(149)
4.6.3 B类宏程序	(156)
4.7 数控铣削加工实例	(162)
4.7.1 零件的手工程序方法和步骤	(162)
4.7.2 数控铣削加工程序编制实例	(165)
4.7.3 编制模具冲头数控铣床加工程序实例	(168)
思考与练习题	(171)
第5章 加工中心的编程	(174)
5.1 加工中心的编程基础	(174)
5.1.1 加工中心的主要功能	(174)
5.1.2 加工中心加工工艺的特点	(176)
5.1.3 加工中心的坐标系	(176)
5.2 编程指令	(181)
5.2.1 自动返回参考点 G27,G28,G29	(181)
5.2.2 选刀和换刀	(182)
5.2.3 子程序的运用	(182)
5.3 编程举例	(184)
思考与练习题	(187)
参考文献	(189)

第1章

第1章

绪论

1.1 数控机床概述

1.1.1 基本概念

数控技术和数控装备是制造工业现代化的重要基础,是体现一个国家经济发展和综合国力的重要因素。因此,世界上各工业发达国家均采取重大措施,来发展自己的数控技术及其产业。近年来,数控技术在我国已经有了长足的进步。

1. 什么叫数控技术

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术,数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透形成的机电一体化产品,即所谓的数字化装备。其技术范围覆盖很多领域:(1)机械制造技术;(2)信息处理、加工、传输技术;(3)自动控制技术;(4)伺服驱动技术;(5)传感器技术;(6)软件技术等。

2. 什么叫数控机床

数控机床,简言之,就是采用了数控技术的机床,或者说是装备了数控系统的机床。国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing, IFIP)第五技术委员会对数控机床作如下定义:数控机床即数字控制(Numerical Control, NC)机床,是一个装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用代码或其他符号编码指令规定的程序。它是一种灵活、通用、能够适应产品频繁变化的柔性自动化

机床。

定义中所指的程序控制系统,就是所说的数控系统。数控系统是一种控制系统,它能自动阅读输入的数控程序,按程序中的代码和数据控制机床动作和加工零件。数控系统包括数控装置、可编程序控制器、主轴驱动及进给驱动装置等部分。

数控机床加工过程中所需的各种操作,比如主轴变速、工件松夹、刀具进退、刀具选择、机床开停、冷却液供给,以及刀具与工件之间的相对位移量等,都是以代码和数据的形式编制在控制程序中,该程序经过计算机的运行处理,发出各种指令来控制机床的伺服系统和其他执行元件,使机床自动完成加工工作。数控机床与其他自动机床的显著区别就在于:当加工对象改变时,只要改变相应的加工程序即可,而不必对机床作其他的改变。这正是数控机床的“柔性”优于其他“刚性”自动化设备之所在。

1948年,美国帕森斯公司(Parsons Co.)承担研究设计和加工直升飞机浆叶轮廓用检查样板的加工机床任务时,该公司经理帕森斯(John T. Parsons)根据自己的设想,提出了革新这种样板加工机床的新方案,由此便产生了研制数控机床的最初萌芽。1949年,作为这一方案主要承包者的帕森斯公司,正式接受委托,在麻省理工学院伺服机构研究所(Servo Mechanismus Laboratory of the MIT)的协助下,开始从事数控机床的研制工作。经过三年的研究,于1952年试制成功世界上第一台数控机床试验性样机。这是一台采用脉冲乘法器原理的直线插补三坐标数控立式铣床。从此以后,众多厂家都开始了数控机床的研制开发工作。1958年美国的Keaney & Treckre公司开发出了具有刀库、刀具交换装置和回转工作台,可以在一次装夹中对工件的多个面进行钻孔、镗孔、攻螺纹、镗削、平面铣削、轮廓铣削等多种加工的数控机床。由于它将钻、铣等多种机床加工的功能集于一身,不仅减少了工件的搬运、装夹、换刀等辅助工作时间,提高了生产效率,而且也使加工精度大为提高。这样又产生了数控机床的一个新种类——加工中心(Machining Center, MC)。早期的数控机床属硬件数控(NC),20世纪70年代电子计算机被引入NC,出现了计算机数控(Computer Numerical Control, CNC),现在CNC已经全面替代了NC。

3. NC 与 CNC

随着微电子技术的不断发展,数控装置也在不断的更新换代,先后经历了电子管(1952年)、晶体管(1959年)、小规模集成电路(1965年)、大规模集成电路及小型计算机(1970年)和微处理机或微型计算机(1974年)等五代数控系统。

前三代数控装置属于采用专用控制计算机的硬接线(硬件)数控装置,一般称为NC数控装置。硬件数控装置的控制逻辑由固定接线的硬件结构组成的专用计算机来实现,数控装置的输入、插补运算、控制等功能都由逻辑电路来实现,制成后就不易改变、柔性差,这类系统在20世纪60年代末70年代初以前应用得比较广泛,现在NC硬件数控装置已被淘汰。

20 世纪 70 年代初,随着计算机技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,出现了采用小型计算机代替专用硬件控制计算机的第四代数控系统。这种数控系统不仅在经济上更为合算,而且许多功能可用编制的专用程序实现,并可将专用程序存储在小型计算机的存储器中,构成控制软件。这种数控系统称为计算机数控系统,亦称为 CNC 系统。自 1974 年开始,以微处理机为核心的数控系统(Microcomputerized Numerical Control, MNC)得到迅速发展。CNC 和 MNC 称为软接线(软件)数控系统,目前软件数控系统均采用 MNC,习惯上人们仍称为 CNC。

CNC 较 NC 数控系统具有很多优点:

- (1) 增强了柔性,改变系统软件就改变了控制逻辑,且便于修改、增添更完善的功能;
- (2) CNC 系统较易实现多轴联动插补,采用更高精度的插补方法,所以能提高机械的工作精度;
- (3) CNC 系统简化了硬件结构,意味着减少了 NC 系统中焊点、接插点、连接线等出现的故障;
- (4) CNC 系统简化了用户编制的工作程序,减少了差错;
- (5) 用户工作程序可一次输入存储器,避免了以往 NC 系统中频繁开动光电输入机等造成的几乎占总故障 50% 的故障;
- (6) CNC 系统易于设置各种诊断程序,可以进行故障预检和自动查找,而 NC 系统是很难做到的;
- (7) CNC 系统的可靠性比 NC 系统提高了 1~2 个数量级;
- (8) CNC 系统引入通用的微处理机或微型计算机,不仅能大大降低硬件的成本,还能及时分享目前通用计算机迅速更新换代带来的各种好处,从而使数控系统的控制速度和精度提高得更快、功能更强、容量更大、工作更可靠、人机界面更友好。

CNC 系统的性能优越,它把成本很低的微处理机和微型计算机用于 CNC 系统,大大提高了其性能价格比,迅速占领了数控市场。使用微处理机和微型计算机后,数控装置的体积大大减少,以至于可以和机械本体做成一体,因而成为“机电一体化”的一个典范。

NC 系统向 CNC 系统发展是一个总的趋势;即所谓的“硬件软化”。但在软件数控中,若一切功能均由计算机指令来实现,则计算机内部的运算处理工作将非常繁忙,甚至达不到系统的速度要求。例如在快速连续插补时,往往不能满足速度要求。近年来,由于超大规模集成电路技术的发展,利用硬件电路速度快的优点,把 CNC 中一些大量占用计算机实时控制时间的程序模块固化在硬件芯片中,大大提高了运算和处理速度,这就是所谓的“软件硬化”。“硬件软化”和“软件硬化”这两种趋势,相互渗透、彼此补充,加快数控装置功能的不断扩大,性能和可靠性不断提高。

我国的数控机床行业起步于 1958 年,当时清华大学和北京机床研究所研制成功了

中国第一代电子管 101 数控机床。1964 年研制出一些晶体管式的数控系统,并用于生产。但由于历史的原因,数控技术的研究和开发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 20 世纪 80 年代初,我国才从日本、德国、美国等国家引进一些先进的 CNC 装置及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,这些先进的 CNC 装置及伺服系统在数控机床采用后,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、性能及水平上有了一个大飞跃。到 1985 年,我国数控机床的品种累计达 80 多种,数控机床进入了实用阶段。

1986 年至 1990 年(国家第七个五年计划)期间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”及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收(数控机床一条龙)”的研究开发,推动了我国数控机床的发展。1991 年以来,一方面从日本、德国、美国等国家购进数控系统,另一方面也积极开发、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(包括仿型铣)、钻、磨、加工中心及齿轮机床、折弯机、火焰切割机、柔性制造单元等,品种达 300 多种。中、低档数控系统已达到批量生产能力。

1.1.2 数控机床的工作过程

在数控机床上加工一个零件,一般包含以下几个步骤:

- (1) 根据零件的图样,结合加工工艺方案,用规定的代码和程序格式来编写加工程序;
- (2) 所编程序指令输入机床数控装置;
- (3) 首件试切削加工,检验零件的合格性,并修改程序;工厂一般允许首件报废,第二件开始就必须达到合格要求;
- (4) 在机床上加工出合格的零件。

数控机床通过程序调试、试切削,进入正常批量加工后,操作者一般只要进行工件上下料装卸,再按程序自动循环按钮,机床就能自动完成整个加工过程。

为了能使数控机床按输入的程序加工零件,数控装置首先要对程序(代码)进行翻译,然后由它的插补运算器进行加工轨迹运算处理,再向机床各个坐标的伺服驱动机构提供控制信号,最后实现对刀具与零件相对运动的控制,并通过位置检测反馈以确保位置精度;与此同时,CNC 装置提供的信号,还可以通过 PLC 实现对机床其他各运动部件的控制与操作,包括主轴变速、主轴齿轮换档、工件松夹、刀具转位以及开关冷却液等。

对于零件程序编制,可分为手工编程和自动编程。手工编程是指程序员根据加工图样和工艺,直接按照数控机床的数控程序指令和指定格式(目前一般采用字地址程序段标准格式)进行程序编写,然后通过操作键盘送入数控系统内,再进行调试、修改等。对于自动编程,目前已经有许多商品化的 CAM 系统软件。用户可以利用系统的交互式图形界面,输入零件和工艺的信息。这些信息通过计算机处理后,自动生成数控程序,并通过接口直接输入数控系统内。

1.1.3 数控机床的基本组成

数控技术可以应用于各种加工机床,例如数控车床、数控铣床、加工中心、数控钻床、数控冲床、数控电火花、线切割、激光加工机床等等。虽然数控机床的种类繁多,但它们的主要组成部分基本相同。图 1-1 是典型的现代数控机床的构成框图,它主要包括以下几个方面。

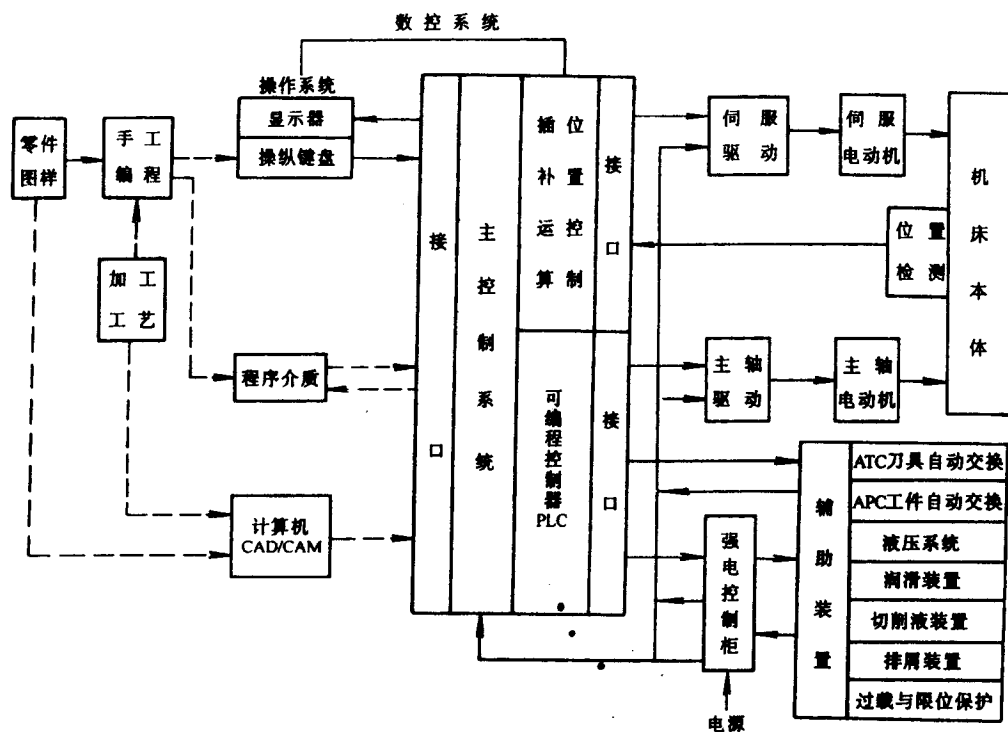


图 1-1 数控机床的基本组成示意图

1. 机床本体

数控机床的本体即数控机床的主要机械结构部分。包括数控机床的床身、主轴传动装置、进给传动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等。与传统的机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统、刀具系统以及操作机构等方面都已发生了很大的变化,这些变化的目的是为了满足不同数控技术的要求,从而使数控机床的特点得以充分发挥。归纳起来有以下几点:

(1) 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、调速范围宽、较高的精度与刚度、传动平稳、噪音低、抗振性好及热稳定好等优点。

(2) 进给传动采用高效传动件。具有传递链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等。

(3) 有较完善的刀具自动交换和管理系统。工件在加工中心类机床上一次装夹后,能自动地完成或者接近完成工件各面的加工工序。

(4) 有工件自动交换、工件夹紧与放松机构。如在加工中心类机床上采用工作台自动交换机构。

(5) 床身机架具有很高的动、静刚度。

(6) 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工,为了操作安全等,一般采用移门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部位进行全封闭。

2. 数控系统

数控系统是数控机床的控制部分,也叫做计算机数控(CNC)装置。CNC装置实际上就是一个计算机系统,通过对加工程序的运行处理,发出控制信号,实现对加工过程的自动控制。CNC装置一般包含以下几个部分:

(1) 微处理器及其总线

微处理器(CPU)及其总线(BUS)是CNC装置的核心。CPU由运算器和控制器组成,实现数据的算术运算和逻辑运算以及指令的操作控制。CPU最基本的运算处理就是插补运算,所谓插补就是求取零件加工路径的坐标数据,用以控制数控机床坐标轴的运动。总线是计算机系统内部各部分之间传递信号的渠道,一般由数据总线、地址总线和控制总线等组成。

(2) 输入装置

输入装置是把加工程序输入至计算机的装置,通常可以采用以下三种方式:

1) 纸带输入 纸带输入方式是数控技术发展初期常用的方式,就是在特制的纸带上穿孔,用孔的不同位置的组合,构成不同的数控代码,通过纸带阅读机,把纸带上的代码转换为计算机可以识别和处理的电信号。穿孔纸带上的代码标准有两种,一种为ISO(国际标准化组织)标准,另一种为EIA(美国电子工业协会)标准。纸带输入方式目前已极少见,基本不采用。

2) 手动输入 手动输入方式就是使用数控机床上的键盘输入加工程序。输入方法有两种:一是 MDI(手动数据输入),这种方法适用于比较短的程序,只能使用一次,机床动作后程序就消失;二是在控制装置的 EDIT(编辑)状态下输入加工程序,存放在控制装置的内存中,用这种方法可以对程序进行修改,并且可以重复使用。

3) 直接输入存储器 直接输入方式是采用 CNC 装置的通信接口,通过对有关参数的设定,直接读入由自动编程机或者其他计算机编制的程序。

目前一般采用的微处理机数控系统,系统内存容量已大大增强。数控系统内存 ROM 中本身就有系统软件,支持在线编程。并且零件程序也能较多地直接保存在数控系统内存 RAM 中。

(3) 存储器

存储器用来存放 CNC 装置的数据、参数及程序。存储器一般由存放系统程序的只读存储器 ROM、存放运算中间结果的随机存储器 RAM 以及存放加工零件程序、数据和参数的 RAM 等组成。

(4) 位置控制单元

位置控制单元是把插补运算求取的坐标给定值,与位置检测装置测得的实际值进行比较,然后将结果送入控制单元,对进给机构的运动进行控制。

(5) 可编程序控制器

可编程序控制器(PLC)是用来替代传统的机床强电控制线路,实现对数控机床的切削液供给、主轴停止、刀具的自动交换、工作台的自动交换等自动控制功能。

(6) 通信接口

现代数控机床往往都带有标准数据通信接口,以便与编程机及上级计算机联接,实现通信功能。随着柔性制造系统 FMS、计算机集成制造系统 CIMS 的发展,CNC 装置的通信功能将发挥更加重要的作用。CNC 与上级计算机等的网络通信功能主要是通过数据通信接口来实现的。

3. 伺服系统

伺服系统接收来自 CNC 装置的指令信息,严格按照指令信息的要求,拖动机床的移动部件,完成零件的加工。伺服系统直接决定了刀具与零件的相对位置,因而伺服系统的性能是决定数控机床加工精度的重要因素。伺服系统主要由伺服控制电路、功率放大电路、检测装置以及伺服电动机等部分组成。

4. 附加装置

为了进一步提高生产率、加工精度和自动化程度,数控机床还具有许多附加装置,例如自动换刀装置、自动交换工作台及切屑处理装置等。