

21

世纪高职高专系列规划教材 · 机电类



主编 狄 丽

数控机床电气控制



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

数控机床电气控制

SHUKONGJICHUANGDIANQIKONGZHI

主 编 狄 丽

副主编 周 武 苏宏志

邓利红 侯晓方

西北大学出版社

【内容提要】 全书共分八章,系统介绍了电气控制技术、数控技术的概念、CNC 装置及系统、PLC 控制技术、自动调速系统、数控机床伺服系统等内容。在编写时,注重反映电气控制技术和数控技术的现状,特别是在此领域中的新技术和新发展,使该书具有一定的先进性;同时既注重基础理论,又注重实用技术和实用技能的培养。书中共编写了五个实训部分,供读者使用,以提高应用技能。教材适用于数控技术、机电一体化及相关专业,也可作为从事数控技术、数控机床、机电一体化技术等工作的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气控制/狄丽主编. —西安:西北大学出版社,2005.8

ISBN 7-5604-2020-6

I. 数... II. 狄... III. 数控机床—电气控制—高等学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083427 号

书 名 数据机床电气控制
主 编 狄 丽
出版发行 西北大学出版社
通信地址 西安市太白北路 229 号 邮编: 710069 电话: 029-88302590
经 销 新华书店经销
印 刷 陕西向阳印务有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 17.25
字 数 290 千字
版 次 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5604-2020-6/TH·9
定 价 26.00 元

随着科学技术的发展,数控机床电气控制的应用越来越广泛。在机床设备的控制中,数控机床电气控制比其他的控制方法使用得更加普遍。然而,数控机床电气控制应用领域缺乏较高素质技能型人才的现状,阻碍了我国制造业的发展和提高。本课程贯彻教育为社会主义现代化建设服务的方针,以提高学生的职业能力和职业素养为宗旨,为制造业培养技能型数控机床电气控制的紧缺人才。

本书介绍常用电气控制系统的基本电路、典型机床通用电气控制系统分析、PLC 控制原理及应用、数控系统及原理、数控机床的信息传递、数控机床伺服系统、数控机床的位置检测元件。为了进行岗位综合实践训练,使学生积累岗位工作经验,加强了各种典型的实训环节,突出了实践性教学环节,将理论课与实践课融为一体。

本书在编写上结合技能型数控机床电气控制技术人才培养特点,力求突出针对性、适用性和先进性。叙述方法由简到繁、深入浅出、详略得当,尽量突出专科教材的特色。

本书适用于高等专科学校数控专业、机电一体化专业、工业自动化专业、机制专业及其他相关专业,对于机电相关专业的本科生和工程技术人员来说也是一本较好的自学教材和参考书。

本书由西安航空技术高等专科学校狄丽担任主编,周武、邓利红,以及陕西国防工业职业技术学院侯晓方,陕西工业职业技术学院苏宏志担任副

主编。狄丽编写第三章,周武编写第一、六章,邓利红编写第四章,侯晓方编写第五章,苏宏志编写第七章,西安铁路运输职工大学刘家军编写第二章,西安航空职业技术学院陈荷编写第八章,全书由狄丽、邓利红统稿。

由于编者水平有限,时间仓促,书中的不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 3 月

目 录

第1章 概 述	/1
1.1 机床电气控制简介	/1
1.2 数控技术	/5
1.3 数控机床的分类与发展	/10
小 结	/15
习题与思考题	/15
第2章 常用低压控制电器	/16
2.1 低压电器的基本知识	/16
2.2 闸刀开关和主令电器	/22
2.3 接触器	/31
2.4 继电器	/34
2.5 自动开关	/46
2.6 熔断器	/48
小 结	/53
习题与思考题	/53
第3章 电气控制系统的基本控制电路及典型设备分析	/55
3.1 电气图	/55
3.2 笼型异步电动机启动控制电路	/58
3.3 笼型异步电动机制动控制电路	/69
3.4 直流电动机控制电路	/73
3.5 电气控制线路的逻辑代数分析方法	/75
3.6 电气控制线路的其他基本环节	/77
3.7 车床的电气控制	/80
3.8 铣床的电气控制	/85

3.9 实训一(X62W 铣床电气原理与故障分析)	/92
小 结	/98
习题与思考题	/99
第4章 PLC 控制原理及应用	/100
4.1 概述	/100
4.2 PLC 的基本原理	/103
4.3 欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 概述	/107
4.4 欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 的编程指令介绍	/110
4.5 PLC 编程规则及编程举例	/125
4.6 实训二(加工中心刀库控制)	/133
小 结	/136
习题与思考题	/136
第5章 数控原理及系统	/138
5.1 数控系统的插补原理	/138
5.2 CNC 系统中的刀具补偿	/149
5.3 CNC 系统的组成	/151
5.4 数控系统的硬件结构	/153
5.5 数控系统的软件结构	/160
5.6 典型数控系统介绍	/165
5.7 数控系统的参数设置及通信	/170
小 结	/177
习题与思考题	/178
第6章 自动调速系统	/179

6.1 速度控制的基本概念和指标	/179
6.2 三相异步电动机的变频调速	/182
6.3 实训三(变频器的设置与调试操作)	/188
小 结	/195
习题与思考题	/195
第7章 数控机床伺服驱动系统	/196
7.1 概 述	/196
7.2 步进电机	/200
7.3 开环伺服驱动系统	/207
7.4 伺服电动机工作原理	/214
7.5 闭环伺服驱动系统与位置控制	/224
7.6 进给伺服系统的性能分析	/229
7.7 实训四(步进电动机驱动系统的调试及使用)	/235
7.8 实训五(交流伺服系统的构成、调整及使用)	/242
小 结	/250
习题与思考题	/251
第8章 数控机床的位置检测元件	/252
8.1 概 述	/252
8.2 旋转变压器	/254
8.3 光栅测量装置	/257
8.4 脉冲编码器	/259
小 结	/262
习题与思考题	/262
附 录	/263
参考文献	/268

第 1 章 概 述

1.1 机床电气控制简介

1.1.1 机床在国民经济中的重要作用

工业、农业、科学和国防的现代化发展,要求机械产业不断地提供各种先进的设备,如电力机车、内燃机车、各种车辆、起重运输机械、装卸机械、工程机械、养路机械等设备。为制造和维修这些技术设备,就必须具备制造各种金属零件的设备,如铸造、锻造、焊接、冲压和切削加工设备等。机械零件的形状精度、尺寸精度和表面粗糙度要求较高,主要靠切削加工来达到,特别是形状复杂、精度要求高和表面粗糙度要求高的零件,往往需要经过几道甚至几十道切削加工工序才能完成。

机床的性能直接影响机械产品的性能、质量和经济性,因此,它是国民经济中具有战略意义的基础工业,机床的拥有量及其先进程度将直接影响到国民经济各部门生产发展和技术进步的能力。

1.1.2 电气自动控制的地位和作用

自动控制是指在没有人力直接参与或仅有少量人力参与的情况下,利用自动控制系统,使被控对象或生产过程自动地按预定的规律去进行工作。如机床按规定的程序自动地启动和停车;机床按照可编程控制器中预先编制的程序,实现各种自动加工循环;数控机床按照计算机发出的程序指令,自动按预定的轨迹加工等。

实现自动控制的手段是多种多样的,可以用电气的方法实现,也可以用机械、液压、气动等方法实现。由于现代化的金属切削机床均采用交流或直流电动机作为原动机,因而电气自动控制是现代机床的主要控制手段。即使采用其他控制方法,也离不开电气自动控制的配合。而且电气自动控制化程度越高,机床的加工性能、质量、效率就越高。

机床电气自动控制的方法同样也适用于其他机器设备及生产过程。现代机床在电气自动控制方面综合应用了许多先进科学技术成果,如计算机技术、电子技术、传感技术、伺服驱动技术,使机床的自动化程度、加工效率、加工精度、可靠性不断提高,同时扩大了工艺范围,缩短了新产品的试制周期,对加速产品更新换代、降低成本和减轻工人劳动强度方面起到了重要作用。

由此可见,电气自动控制对于现代机床、其他机器设备及生产过程,有着极其重要的作用。

1.1.3 机床电气自动控制的基本概念

现代机床由工作机构、传动机构、原动机、自动控制系统组成。

自19世纪有了电动机以后,由于电力在传输、分配、使用和控制方面的优越性,使电动机拖动获得了广泛应用。现代机床的动力主要由电动机来提供,即由电动机来拖动机床的主轴和进给系统。电动机通过传动机构,来带动工作机构的拖动方式,就称为电力拖动。

电力拖动在速度调节方面,具有无可比拟的优越性和发展前途。采用直流或交流电动机驱动机床,实现无级调速控制,使结构复杂的变速箱变得十分简单,简化了机床结构,提高了效率、刚度和精度。如电机—主轴部件,将交流电动机转子直接安装在主轴上,完全代替了主轴变速齿轮箱,振动和噪音大大减小。

机床的控制任务是实现对主轴的转速和进给量的控制,有时还要完成像各种保护、冷却、照明等系统的控制。机床的电气自动控制系统就是用电气手段为机床提供动力,并实现上述控制任务的系统。

人们总是把电动机、传动机构及工作机构视为电力拖动部分;把为满足加工工艺要求,电动机启动、制动、反向、调速等的控制部分视为电气自动控制部分。

1.1.4 机床电气自动控制的发展概况

机床电气自动控制的发展与电力拖动和电气自动控制的发展紧密相联。

1. 电力拖动的发展过程

20世纪初,由于电动机的出现,使得机床的拖动发生了根本性的变革,电动机代替了蒸汽机,机床的电力拖动也随着电动机的发展而不断更新。

(1) 成组拖动 19世纪末,交、直流电动机相继出现,最初是由电动机直接代替

蒸汽机,即由一台电动机拖动一组机床,称之为成组拖动。电动机是通过拖动传动轴(天轴),再由传动轴经过皮带来实现能量分配与传递。这种拖动方式机构复杂、传递路径长、损耗大、生产灵活性小、工作中极不安全,在电动机成本逐渐下降后就被淘汰。

(2) 单电机拖动 20 世纪 20 年代,出现了单独拖动形式,即由一台电动机拖动一台机床,称为单电机拖动。与成组拖动相比较,简化了传动机构、缩短了传动路径、降低了能量传递中的损失、提高了传动效率,同时也可充分利用电动机的调速性能,并易于实现自动控制。至今中小型通用机床仍有采用单电机拖动方式的。

(3) 多电机拖动 由于生产的发展,机床在结构上有所改变,机床的运动要求增多。如果各种辅助运动也用同一台电动机拖动,其机械传动机构将变得十分复杂,而且也不能满足生产工艺的需求,因此出现了多台电动机分别拖动不同的运动机构,这种多台电动机拖动一台机床就称为多电机拖动。

采用了多电机拖动以后,简化了机床的机械结构,提高了传动效率;各运动部件能够选择最合理的运动速度,缩短了加工时间;便于分别控制,易于实现各运动部件的自动化,提高机床整体的自动化程度。多电机拖动已经成为现代机床最基本的拖动方式。

2. 电气自动控制的发展历程

在电力拖动方式的演变过程中,电力拖动的控制方式也由手动控制逐步向自动控制方向发展。电气自动控制发展的历史,也就是电动机调速技术和电气控制技术发展的历史。

(1) 电动机调速技术的发展 一方面,为了提高机床的工作效率,在满足加工精度与光洁度的前提下,对于不同的工件材料和不同的刀具,应选择各自不同的最合理的切削速度。另一方面,机床的快速进刀、快速退刀和对刀调整等辅助工作,也需要不同的运动速度。因此,为了保证机床能在不同的速度下工作,要求包括主拖动和进给拖动在内的电力拖动系统,必须具备调节速度的功能。

现代机床一般采用下列调速系统:

① 机械有级调速系统。在机械有级调速系统中,电动机采用不调速的鼠笼式异步电动机,而速度的调节是通过改变齿轮箱的变速比来实现的。

在这种系统中,负载转矩是经机械传动机构传到电动机轴上,电动机轴上转矩只是负载转矩的传动比的数倍,可以选择转矩较小的电动机。但机械系统变得复

杂,影响了机床的加工精度。在普通车床、钻床、铣床中一般都采用这种机械有级调速系统。

② 电气—机械有级调速系统。在机械有级调速系统中,用多速鼠笼式异步电动机,就可简化机械传动机构,这样的系统就是电气—机械有级调速系统。多速电动机一般采用双速电动机,少数机床采用三速、四速电动机。中小型机床的主拖动系统多采用双速电动机。

③ 电气无级调速系统。通过直接改变电动机转速来实现机床工作机构转速的无级调节的拖动系统,称为电气无级调速系统。这种调速系统具有调速范围宽、可以实现平滑调速、调速精度高、控制灵活等优点,还可大大简化机床的机械传动机构,因而广泛应用于机床的主拖动和进给拖动系统中。

电气无级调速系统主要分为直流无级调速系统和交流无级调速系统两大类。

由于交流电动机具有结构简单、造价低及容易维护等特点,交流拖动系统在普通机床中占主导地位。但直流电动机具有良好的启动、制动和调速性能,可以很方便地在大范围内实现平滑无级调速,20 世纪 30 年代,直流调速系统在重型和精密机床上得到广泛应用。20 世纪 60 年代以后,由于大功率晶闸管的问世,大功率整流技术和大功率晶体管的发展,晶闸管直流电动机无级调速系统取代了直流发电机—直流电动机、交磁放大机等直流调速系统,采用脉宽调制的直流调速系统也得到了广泛应用。

(2) 电气控制技术的发展 常用的控制系统有:

① 手动控制。它是用一些手动电器(如刀开关、控制器等)来控制执行电器(电动机),称为手动控制。它适合那些容量小、动作单一、不需要频繁操作的场合。

② 继电器接触器控制。20 世纪二三十年代出现了继电器接触器控制,采用继电器、接触器、位置开关、保护元件,实现对控制对象的启动、停车、调速、制动、自动循环以及保护等控制,通常称为电气控制。

由于控制器件结构简单、价廉,控制方式简单、直接、工作可靠、易维护,因此在机床控制上得到长期、广泛的应用。其缺点:一是接线固定,一台控制装置只能针对某一种固定程序的设备,一旦工艺程序有所变动,改变控制程序困难,就得重新配线,满足不了对程序经常改变、控制要求比较复杂的系统的需求;二是控制装置体积大、功耗大、控制速度慢;另外它是有触点控制,在控制复杂时可靠性降低。

③ 顺序控制器控制。为了解决复杂和程序可变的控制对象的需要,在 20 世纪

60 年代出现了顺序控制器。它是继电器和半导体元件综合应用的控制装置,通过编码、逻辑组合来改变程序,实现对程序经常变动的控制要求。具有通用性强、程序可变、编程容易、可靠性高、使用维护方便等特点,广泛应用于组合机床、自动控制线上。

④可编程控制器控制。随着计算机技术的发展,又出现了以微型计算机为基础的,具有编程、存储、逻辑控制及数字运算功能的可编程控制器 PLC。PLC 的设计以工业控制为目标,接线简单、通用性强、编程容易、抗干扰能力强、工作可靠。它一问世即以强大的生命力,大面积地占领了传统的控制领域。PLC 的发展方向之一是微型、简易、价廉,企图取代传统的继电器控制;而它的另一个发展方向是大容量、高速度、高性能、对大规模复杂控制系统能进行综合控制。

⑤数字控制。数字控制是机床电气自动控制发展的另一个重要方面。数控机床就是数控技术用于机床的产物。它是 20 世纪 50 年代初,为适应中小批量的机械加工自动化的需要,应用电子技术、计算技术、现代控制理论、精密测量技术、伺服驱动技术等现代科学技术的成果。下面将全面介绍数控方面的相关内容。

1.2 数控技术

1.2.1 数控及数控机床

数字控制简称数控(Numerical Control 缩写为 NC),是指用数字指令来控制一台或一台以上机械的动作。它所控制的—般是位置、角度、速度等机械量,但也有温度、压力等物理量。数控是与机床的控制密切结合而发展起来的。因此,数控一词,一般是“数控机床”的狭义使用。当然,广义的数控也有用在例如造纸、化工、石油精炼等流程工艺方面,但这是另外一种类型的数字控制,其叫法也大多采用别的名称。

由于科学技术和社会生产的迅速发展,使机械产品日趋精密、复杂而且改型频繁。这不仅给机床设备提出精度与效率的要求,也提出了通用性与灵活性的要求。尤其在造船、航天航空、机床、重型机械以及军工生产部门,其需要加工的零件的特点是批量小、形状复杂、经常改型且精度要求高。使用普通机床加工,不仅劳动强度大、生产效率低,还难以保证精度甚至无法加工。仿形机床使小批量、复杂零件的自动化加工得到了部分的解决。它借助靠模能加工出比较复杂的零件,有一定的灵活

性。但靠模的制造、安装与调整要花费许多手工劳动,生产的准备时间较长,如批量很小甚至单件零件制造靠模也很不经济。另外,仿形机床加工出的零件精度受靠模制造误差的影响,不能满足一些高精度零件的加工要求。大批量的零件加工使用专用自动机床、组合机床以及由它们组成的专用加工生产自动线,可以得到高的加工效率,但一般初期投资大,对于约占机械加工总量 80% 的单件、小批量(10~100 件)零件的加工并不经济。同时,由于近年来市场竞争日趋激烈,为满足市场迅速变化的需要,还要求不断开发新品,缩短生产周期,因此这种不易变更的“刚性”自动化设备在生产中也日益暴露其缺点。因而数控机床作为灵活通用,能够快速适应产品频繁变化的“柔性”自动化机床应运而生,且集微电子、计算机、自动控制、自动检测以及精密机械等技术的最新成果而迅速发展起来。

所谓数控机床就是将加工过程中所需的各种操作(如主轴变速、松夹工件、进刀与退刀、开车与停车、选择工具、供给冷却液等)和步骤以及工件的形状尺寸用数字化的程序表示(称为数字信息),通过控制介质(如光盘或磁盘等)将数字信息送入数控装置(专用的或通用的计算机),数控装置对输入的信息进行处理与运算,发出各种控制信号(或指令),来控制机床的伺服系统或其他驱动(执行)元件,使机床自动加工出所需要的工件。数控机床与其他自动机床的一个显著区别在于当被加工的工件改变时,除了重新装夹工件和更换刀具之外,只需要更换一条新的“描写”该工件的穿孔纸带或磁带,而不需要对机床作任何调整。

1.2.2 数控机床的组成与原理

数控机床通常由控制介质、数控装置、伺服系统和机床组成,必要时还加上检测装置,如图 1-2-1 所示。

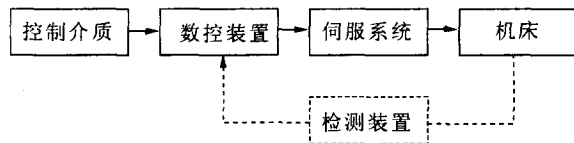


图 1-2-1 数控机床的组成

1. 控制介质

要对数控机床进行控制,就要将图 1-2-1 数控机床的组成在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物即称为控制介质,也称为信息载体。在控制介质上存储着加工零件所需要的全部操作信息和刀具相对工件的位移信息。控制介

质可以是多种形式的,它随着数控装置的类型不同而异。常用的有光盘和磁盘。

磁盘上的程序由计算机逐行地转换为数控装置可以识别和处理的电信号。也有一些数控机床,常使用数码拨盘、数码插销或按键直接将程序或数据输入。

程序编制与磁盘等控制介质的准备,在一定程度上影响了数控机床的使用效率。用通用计算机辅助,实现自动程序编制,是现在解决此问题的重要途径。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的中心环节,它接收控制介质输入的信息,经处理与运算去控制机床的动作。对各种具体控制对象,数控装置处理运算的步骤都是预先安排好的。这种“安排”可以用专用计算机固定接线的硬件结构来实现,称为硬线数控或硬联接数控;也可以用预先放在小型通用计算机或微型计算机内的系统程序来实现,称为软线数控或软联接数控。

硬线数控通常由输入装置、控制器、运算器和输出装置,如图 1-2-2 所示数控装置四大部分组成。

图 1-2-2 中,虚线内包含的部分为数控装置。输入装置接收由计算机输出的代码,经过识别与译码之后分别输送到各相应的寄存器,这些指令与数据是数控运算的原始依据。控制器接收输入装置的指令,根据指令控制运算器与输出装置,以实现机床的各种操作(例如控制工作台沿着某一坐标轴的运动,主轴变速或冷却液开关等)以及控制整机的工作循环。运算器接收控制器的指令,将输入装置送来的数据进行某种运算,并不断向输出装置送出运算结果,使伺服系统执行所要求的运动。

输出装置根据控制器的指令将运算器送来的计算结果输送到伺服系统,经过功率放大驱动相应的坐标轴,使机床完成刀具相对工件的运动。

软线数控目前常采用微型计算机作为数控装置。微型计算机的中央处理单元(CPU)又称为微处理器,是一种大规模集成电路,它将运算器、控制器等集成在一块集成电路芯片上。在微型计算机中,输入与输出电路即 I/O 接口也采用大规模集成

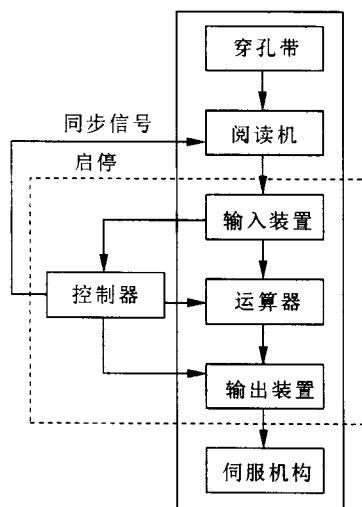


图 1-2-2 数控装置组成

电路;存储器采用高密度的存储介质,如半导体存储器,存贮容量大。存储器分为只读存储器(ROM)和随机存取存储器(RAM),前者用于存放系统的控制程序,后者存放系统运行时的工作参数或用户的零件加工程序。

硬线数控与软线数控的工作原理基本相同,只是后者采用通用硬件,不同的功能通过改变软件来实现,因此更为灵活与经济。

3. 伺服系统

伺服系统接收来自数控装置的指令信息,严格按照指令信息的要求带动机床的移动部件,以加工出符合图纸要求的零件。它是数控机床的重要组成部分,它的伺服精度和动态响应是影响数控机床的加工精度、表面质量与生产率的重要因素之一。

伺服系统包括驱动装置和执行机构两大部分。目前大都采用直流伺服电机或交流伺服电机作为执行机构,这些电机常带有光电编码器等位置测量元件和测速发电机等速度测量元件。各种执行机构由相应的驱动装置来驱动。

4. 机床

与传统的手动机床相比,数控机床的结构强度、刚度和抗振性以及外部造型、整体布局,传动系统与刀具系统的部件结构和操作机构等方面都已发生了很大的变化,其目的是为了满足不同数控技术的要求和充分发挥数控机床的效能。

1.2.3 数控机床的特点与适用范围

数控机床具有以下几个特点。

1. 对加工对象改型的适应性强

由于在数控机床上改变加工零件时,只需要重新编制程序,更换一条新的穿孔纸带或者手动输入程序就能实现对零件的加工。它不同于传统的机床,不需要制造、更换许多工具、夹具和模具,更不需要重新调整机床。因此数控机床可以快速地由加工一种零件转变为加工另一种零件,这就为单件、小批以及试制新产品提供了极大的便利。它缩短了生产准备周期,而且节省了大量工艺装备费用。

2. 加工精度高

数控机床是按以数字形式给出的指令进行加工的,由于目前数控装置每输出一个脉冲信号数控机床移动部件相应的移动量(称脉冲当量)可以达到 0.001mm ,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,因此,数控

机床能达到比较高的加工精度。对于中、小型数控机床,定位精度普遍可达到 0.03mm ,重复定位精度为 0.01mm 。因为数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性,而且提高了它的制造精度,特别是数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差,因此,同一批加工零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量稳定。

3. 加工生产率高

零件加工所需要的时间包括机动时间与辅助时间两部分。数控机床能够有效地减少这两部分时间,因而加工生产率比普通机床高得多,数控机床主轴转速和进给量的范围比普通机床的范围大,每一道工序都能选用最有利的切削用量,良好的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削,有效地节省了机动时间;数控机床移动部件的快速移动和定位均采用了加速与减速措施,因而选用了很高的空行程运动速度,消耗在快进、快退和定位的时间要比一般机床的少得多。

数控机床在更换被加工零件时几乎不需要重新调整机床,而零件又都安装在简单的定位夹紧装置中,用于停机进行零件安装调整的时间可以节省不少。数控机床的加工精度比较稳定,可以减少停机检验时间。因此数控机床的利用系数比一般机床的利用系数高得多。

使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心机床时,在一台机床上实现了多道工序的连续加工,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高就更为明显。

4. 减轻操作者的劳动强度

数控机床对零件的加工是按事先编好的程序自动完成的,操作者除了安放穿孔带或操作键盘,装卸零件、关键工序的中间测量以及观察机床的运行之外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻,劳动条件也得到相应的改善。

5. 良好的经济效益

使用数控机床加工零件时,分摊在每个零件上的设备费用是较昂贵的。但在单件、小批量生产情况下,可以节省许多其他方面的费用,如节省加工前的划线工时及零件安装到机床后调整、加工和检验时间,从而减少了直接生产费用;节省了手工制作模型、钻模板及其他工夹具的工艺装备费用;由于加工精度稳定,减少了废品率、使生产成本下降等等,因此能够获得良好的经济效益。

6. 有利于生产管理的现代化

用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化了检验和