



GAODENG ZHIYE JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 高等职业教育规划教材 •

数控设备与编程

主编 林 琦

主审 司乃钧



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

高等职业教育规划教材

数控设备与编程

(数控技术应用专业)

主 编 林 琦

参 编 丁 晖

王 飒

邓向伟

主 审 司乃钧

图书在版编目(CIP)数据

数控设备与编程/林琦主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2006. 8

高等职业教育规划教材

ISBN 7-5019-5298-1

I. 数… II. 林… III. 数控机床—程序设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 016419 号

责任编辑: 王 淳 策划编辑: 王 淳 封面设计: 刘 鹏
版式设计: 马金路 责任终审: 孟寿萱 责任监印: 胡 兵

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 11.25

字 数: 270 千字

书 号: ISBN 7-5019-5298-1/TG·008

定 价: 18.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

51174J4X101ZBW

内 容 简 介

本书着重介绍了数控设备和数控编程的基本知识,以及典型数控设备的基本编程方法。全书共分六章,具体内容包括:数控编程基础;数控车床及其编程;数控铣床和加工中心及其编程;其它数控设备;数控教学实件加工实例;自动编程基础。本书从培养职业技术型人才的目的出发,注重实用性,强调理论联系实际。本书简明扼要,图文并茂,所采用的加工实例详实可靠,是一本针对性和实用性很强的教材,便于读者迅速理解和掌握。同时,本书各章节的内容相对独立,可按模块方式组织教学,以适应当前多种形式、不同层次的办学需要。

本书为高等职业技术学院数控技术应用专业教材用书,也可作为机械制造、机电一体化等其它相关专业及中等职业技术学校 and 技工学校等各级职业技术学院相关专业教材,还可作为初、中级数控技术人员的培训教材和从事相关专业的工程技术人员的工作参考用书,也可供对数控加工技术感兴趣的广大读者自学使用。

前 言

本书是根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专教育人才培养目标的要求编写的,是工科高等职业技术教育数控技术应用专业及机械制造和机电一体化等相关专业的通用教材。

本书严格贯彻“数控技术应用专业教学计划与大纲”的精神,在确保理论教学的基础上,更加注重实践内容,做到了理论与实践相结合。本书系统性强,条理明晰,深入浅出,易于理解和接受。本书的内容充实、覆盖面广,但重点突出,简详得当,对非当前教学重点但仍需作一般性了解的内容,本书在其章节前打“*”,作为选讲或学生自学的内容。本书的许多编程实例,与工厂的实际加工结合得非常紧密,为学生未来就业后能较快适应工作岗位的要求创造了有利条件。

本书由哈尔滨职业技术学院林琦担任主编,哈尔滨职业技术学院丁晖、黑龙江信息技术职业学院王飒和哈尔滨轻工业学校邓向伟参加了本书的编写工作。其中,林琦编写了第二章和第三章;丁晖编写了第一章;王飒编写了绪论和第四章;邓向伟编写了第五章和第六章。全书由林琦负责统稿。

本书由哈尔滨理工大学资深学者司乃钧教授担任主审。同时,哈尔滨理工大学工程训练中心主任谭光宇教授和哈尔滨理工大学测控技术与通信工程学院副院长于晓洋教授也详细审定了本书并提出了不少宝贵的意见和建议,在此深表谢意。另外,在本书的编写过程中,还得到了李晓里、高波、洪滨、李文彬、宋家俊、李忠和赖建男等多位同仁的鼓励和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之经验不足,编写时间又较仓促,书中难免会存在一些缺点和错误,敬希广大读者批评指正。

编 者

2005年12月

于哈尔滨

目 录

绪 论	(1)
第一章 数控编程基础	(3)
第一节 数控机床的基础知识	(3)
第二节 数控编程的基础知识	(8)
第三节 数控加工工艺基础	(16)
第四节 数控编程计算基础	(24)
习题与思考题	(28)
第二章 数控车床及其编程	(29)
第一节 典型数控车床介绍	(29)
第二节 数控车床编程基础	(34)
第三节 辅助功能、主轴功能、刀具功能和进给功能代码	(38)
第四节 工件坐标系设定和快速定位	(40)
第五节 直线和圆弧插补	(43)
第六节 外圆、锥面和圆弧的一般加工方法	(45)
第七节 刀具暂停和与参考点有关的指令	(48)
第八节 刀具补偿	(50)
第九节 车削固定循环	(55)
第十节 螺纹加工	(64)
第十一节 车削子程序	(69)
习题与思考题	(72)
第三章 数控铣床和加工中心及其编程	(75)
第一节 典型数控铣床介绍	(75)
第二节 典型加工中心介绍	(79)
第三节 立式数控铣床和立式加工中心编程基础	(87)
第四节 辅助功能、主轴功能、刀具功能和进给功能代码	(90)
第五节 加工平面选择和程序段间过渡方式	(93)
第六节 工件坐标系设定和零点偏置	(94)
第七节 快速定位、直线和圆弧插补	(96)
第八节 刀具补偿	(99)
第九节 孔加工固定循环	(106)
第十节 铣削子程序	(119)
习题与思考题	(123)
第四章 其它数控设备	(125)
第一节 经济型数控车床和车削中心	(125)

第二节 卧式加工中心.....	(128)
* 第三节 数控电火花线切割机.....	(133)
* 第四节 其它数控设备.....	(142)
* 第五节 工业机器人.....	(145)
习题与思考题.....	(148)
第五章 数控教学实件加工实例.....	(149)
第一节 数控车床实件加工实例.....	(149)
第二节 数控铣床实件加工实例.....	(154)
习题与思考题.....	(158)
第六章 自动编程基础.....	(160)
第一节 概述.....	(160)
第二节 Master CAM 自动编程软件简介	(163)
* 第三节 CAXA-ME2000 自动编程软件简介	(165)
* 第四节 Master CAM8.0 自动编程简例	(169)
习题与思考题.....	(171)
参考文献.....	(172)

绪 论

一、机械制造业在国民经济中的地位、作用和发展概况

机械制造业是国民经济的基础产业,它为国民经济各部门的发展提供所需的机器、仪器、工具等机械装备。据统计,美国 68% 的社会财富来源于制造业,日本国民总产值的 49% 是由制造业提供的,中国的制造业在工业总产值中也占有 40% 的比例。可以说,没有发达的制造业,就不可能有国家的真正繁荣与富强。因此,机械制造业的发展规模和水平,是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志。

经过建国以来 50 多年的发展,我国的机械制造业已经有了相当的实力,并逐步形成了一个具有相当规模和较强技术基础的机械工业体系。改革开放 20 多年来,我国制造业充分利用国内外两方面的技术资源,有计划地推进企业的技术改造,引导企业走依靠科技进步的道路,使制造技术水平、产品质量及经济效益都发生了显著变化,为繁荣国内市场、扩大出口创汇、推动国民经济的发展作出了很大贡献。

我国的机械制造业虽然已经取得了很大成绩,但与工业发达国家相比,在生产能力、技术水平、管理水平和劳动生产率等方面都还有很大的差距。存在这些问题的主要原因在于我国的机械制造技术水平还有待提高。因此,大力发展制造技术,已经成为我国机械工业的当务之急。

随着科学技术的发展,尤其是计算机技术的发展,促使常规机械制造技术与精密检测技术、数控技术等相互结合。机械产品的结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,更新换代频繁,生产类型由大批大量生产向多品种、中小批量生产变化。这些变化对机械制造技术提出了更高的要求,使机械制造技术不断向着高柔性 with 高度自动化、高精度和高速高效率的趋势发展。

1. 机械制造向高柔性 with 高度自动化方向发展

随着计算机技术在机床中的应用,计算机数字控制(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)以及计算机集成制造系统(CIMS)等自动化制造设备的应用比例迅速增加,使得机械制造过程逐步柔性化,适应了生产类型由大批大量生产向多品种、中小批量生产及产品更新换代快的方向转变,缩短了生产周期。

2. 机械制造向高精度方向发展

精密与超精密加工技术是一个国家制造技术水平的重要标志之一。目前,人们正积极从事超精密加工和超微细加工的研究,其精度可达 $0.005 \sim 0.01 \mu\text{m}$ 。另外,不少工业发达国家已开始向纳米级($1\text{nm} = 0.001 \mu\text{m}$)加工精度发展,可望在不远的将来,机械制造业将能实现分子级或原子级的加工精度。

3. 机械制造向高速高效率方向发展

由于机床结构设计与制造水平的提高和新型刀具材料的应用,使切削加工速度提高到每分钟几百米甚至一千多米,从而促使切削效率显著提高。

二、数控加工技术在机械制造业中的地位、作用和发展状况

现代机械制造要求产品品种多样化,更新换代加速,从而使多品种、中小批量生产的比重明显增加。在传统的机械制造中,单件小批量生产一般都采用通用机床加工,当产品改变时,机床与工艺装备均需作相应的变换和调整,而且通用机床的自动化程度不高,基本上由人工操作,难以提高生产效率和保证产品质量。特别是对于一些曲线、曲面轮廓组成的复杂零件,只能借助靠模和仿形机床加工,加工精度和生产效率均受到很大程度的限制。

为了解决多品种、中小批量及复杂零件机械加工自动化的技术难题,数控加工技术应运而生。由于数控技术综合应用了计算机、自动控制、精密检测等方面的技术成果,具有高柔性、高精度与高度自动化的特点,因此,采用数控加工手段,解决了机械制造中常规加工技术难以解决甚至无法解决的单件小批量,特别是复杂型面零件加工的自动化问题。数控加工技术是机械制造业的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个崭新的阶段,提高了机械制造业的制造水平,为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。

美国于1948年最早开始数控技术的研发工作,并于1952年试制成功了世界上第一台数控机床。而我国数控技术的研发开始于1958年。

我国的数控技术发展过程可分为四个阶段:第一阶段是1958~1965年,开始研究数控铣床,当时采用的是电子管控制、步进电动机和液力放大器拖动的开环控制系统,基本上是处于试制、试用阶段。第二阶段是从1965年开始,研制晶体管数控系统,直到60年代末和70年代初。这一阶段的特点是,虽然数控机床的数量和品种不多,但在少数复杂零件的加工中,已经开始从试验阶段进入生产试用阶段。第三阶段为1972~1979年,是数控技术的生产和试用阶段。例如,研制成功集成电路数控系统;数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工、电加工领域开始研究或应用;数控加工中心研制成功;数控线切割机床也取得了较大的发展等。1980年以后为第四阶段,是稳定发展阶段。通过研究和引进国外的先进技术,我国的数控技术水平发展很快,已自行研制开发了三轴、四轴和五轴联动的数控系统和具有工艺处理能力的加工中心等,数控机床的品种已超过500种,其中金属切削机床品种的数控化率已达20%以上。

虽然我国数控技术水平有了较大的提高,但与发达国家相比,仍存在较大的差距,需要我们继续探索和研究,以提高数控技术的应用水平。

三、数控加工技术的前景

当今社会是科学技术飞速发展的知识经济社会。知识经济社会不仅需要一定数量的高级尖端人才,更需要大量既具备一定的专业基础理论,又能熟练胜任专业技能操作的复合型人才,即所谓的“蓝领”。尤其在近几年,机械加工、电子和计算机等行业,对于专业复合型人才的需求与日俱增。就机械制造业而言,随着企业体制改革的深入,几乎大部分制造企业,特别是北京、上海和南方较发达地区,数控加工及相关专业的复合型人才严重不足。目前,以培养社会急需的专业复合型人才为目的的中、高等职业院校大都开设了数控加工技术及相关专业,但仍难以缓解这方面人才紧缺的压力。

可以预见,也有理由相信,数控专业技术人才的供不应求,必然会促进数控加工技术的发展;另一方面,数控加工技术的发展又会孕育产生大量的数控专业技术人才,进而推动现代机械制造业进一步走向繁荣。

第一章 数控编程基础

第一节 数控机床的基础知识

随着科学技术的发展,机械产品也日趋精密和复杂,而且改型频繁。尤其是一些宇航、造船、军工等生产部门的零件,精度要求高,形状复杂,批量又小。用普通机床加工这些零件,效率低、劳动强度大,有时甚至不能加工。为了满足上述要求,一种新型的数字程序控制机床,即数控机床,便应运而生。

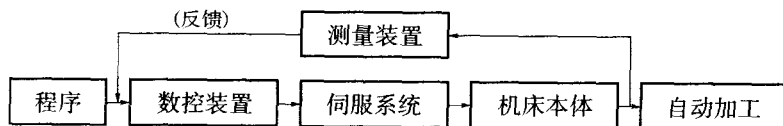
一、数控机床的概念

数控机床是通过预先编制的程序来实现对工件自动加工的机床。它是微电子技术、先进计算技术、自动控制技术、精密测量技术和先进制造技术等多项新技术综合作用的结果。

数控机床与普通机床的区别在于,其整个加工过程几乎不需要人工调整和操作,完全由其自身自动完成对工件的加工。

二、数控机床的加工原理

数控机床的加工原理是:把预先编制的程序输入到数控装置,由数控装置发出指令,控制伺服系统产生动作,使机床本体按预定的轨迹运动。对于高精度的数控机床,其机床本体上还安装有测量装置,能够对机床本体的实际运动实现反馈,从而保证机床获得较高的加工精度。其大致工作过程可表示为:



测量装置也可以安装在伺服系统的末端来实现反馈,但由于反馈过程未包括机床本体的实际运动,因此,采用这种反馈方式的数控机床获得的加工精度不如前者高。

三、数控机床的组成

数控机床主要由输入输出设备、数控装置、伺服系统、机床本体和测量装置五部分组成。输入输出设备、数控装置、伺服系统和测量装置共同组成了数控机床的数控系统。

1. 输入输出设备

输入输出设备的主要功能是编写、输入和显示程序及有关数据。目前,数控机床的输入输出设备主要有数控系统操作面板上的键盘、计算机磁盘和 CRT 显示器,高级的可能还包含有一套自动编程机或 CAD/CAM 系统。

零件的加工程序编好以后,通过键盘或计算机磁盘输送给数控装置,并可在 CRT 显示器上显示出来。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心,也是整个数控机床的控制指挥中心。它能够根据输入的程序和数据,完成相关的数值计算、轨迹插补、逻辑判断、输入输出控制等功能。目前,数控装置已经普及到采用微型计算机控制(CNC)的程度。

3. 伺服系统

伺服系统是数控装置与机床本体之间的电传动联系环节。其主要功能是将数控装置插补产生的脉冲信号,经系统功率放大器放大后,驱动伺服电动机运转,从而通过机械传动装置拖动机床本体运动。因此,伺服系统是数控机床的执行机构,它使机床本体按预定的轨迹运动。伺服系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成。常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。伺服系统的性能是决定数控机床加工精度和生产效率的主要因素之一。

4. 机床本体

机床本体也称受控设备,是数控机床的主体。与普通机床相比,由于传动系统引入了微电子技术和自动控制技术,故其结构较普通机床大为简化,但就功能而言,则较普通机床要求更高。因此,数控机床的本体在制造精度、刚度和抗热变形性等方面比普通机床有更为严格的要求。

5. 测量装置

一般数控机床的精度主要取决于伺服电动机的精度;而高精度的数控机床,其精度还取决于测量装置的精度。

测量装置也称反馈元件,通常安装在机床的工作台或丝杠上,相当于普通机床的刻度盘或人的眼睛。它把机床运动的实际位移转变成放大的电信号反馈给数控装置,数控装置再将这个电信号与它所发出的指令值进行比较并产生误差信号,以控制机床向消除该误差的方向移动,从而有利于保证数控机床获得更高的加工精度。

由输入输出设备、数控装置、伺服系统和测量装置所组成的数控系统是数控机床的核心。作为数控机床核心的数控系统,目前仍以国外进口产品为主,主要有日本的 FANUC、德国的 SIEMENS、西班牙的 FAGOR 等。国产数控系统主要有华中理工大学数控研究所开发的中华世纪星等,但尚有待推广和普及。

四、数控机床的特点

数控机床的特点可归纳为以下几点:

1. 加工精度高且产品的一致性

因为数控机床是按照预定的加工程序自动进行加工,加工过程消除了操作者人为的操作误差,而且加工精度还可以利用软件来进行校正及补偿,因此可以获得很高的加工精度和重复加工精度。

2. 生产率高

实践证明,与普通机床相比,数控机床可以提高生产率至少 2~3 倍,尤其对某些复杂零件的加工,生产率可提高十几倍甚至几十倍。

3. 可同时实现几个坐标轴的联动,简化夹具的结构,且适应性强

由于可同时实现两个或两个以上坐标轴的联动,故数控机床在加工时,多数情况下不需要

专用夹具,采用通用标准化夹具或组合夹具即可,从而减少了夹具设计和制造的劳动量,并且还能够完成普通机床难以完成或根本无法完成的复杂曲面或特形曲面的加工,如汽轮机叶片、螺旋桨以及复杂模具的型腔等。同时,数控机床是靠程序来对工件进行加工,因此,当加工对象发生变化时,只要对新的加工工件重新编程,就能实现对新工件的加工,故其适应性很强,特别适合于多品种、中小批量零件的生产及新产品的试制加工。

4. 减轻了工人的劳动强度,改善了劳动条件

数控机床在加工时是自动进行的,零件在加工过程中并不需要工人干预,加工完毕即可自动停车,这使工人的劳动强度和劳动条件大为改善。

5. 有利于向计算机控制与管理生产方面发展

数控机床使用数字信号与标准代码作为输入信号,适于与计算机连接,所以它为计算机控制与管理生产创造了条件,也为实现生产过程的自动化创造了有利条件。

但是,同时也应该看到,数控机床的一次性投资较大,对操作人员的技术要求高,且保养和维修也需要较高的专业技术,这也在一定程度上限制了数控技术在中小企业的普及。

五、数控机床的分类

数控机床的种类很多,从不同的角度,有不同的分类方法。

1. 从工艺角度分类

(1) 一般数控机床

一般数控机床即普通数控机床。和普通机床一样,一般数控机床也有数控车床、铣床、磨床、钻床、镗床和齿轮加工机等多种。此外,还有数控冲床、数控线切割机。

(2) 加工中心

加工中心是性能更好、功能更全面的高级数控机床。它具有刀具库,能自动更换刀具,并可对一次装夹的工件进行多工位或多工步加工。工件经一次装夹后,数控系统能控制机床按不同工位或工步自动选择和更换刀具,依次完成工件几个表面的加工。加工中心的自动换刀过程可以通过机械手或换刀装置完成。

加工中心由于工序高度集中,大大缩短了加工的辅助时间,故生产率更高,经济性也更好,同时又避免了工件多次安装带来的误差,使各加工表面间的位置精度更高。因此,加工中心更适合于形状复杂、加工精度要求较高的零件的中、小批量生产。

2. 按运动轨迹的控制方式分类

(1) 点位控制式数控机床

点位控制式数控机床能够控制机床以系统设定的快移速度获得准确的加工坐标点的位置,且在控制过程中,刀具不进行切削。

比较典型的点位控制式数控机床主要有数控钻床、冲床和镗床。图 1-1 为数控钻床的加工示意图。

(2) 轮廓控制式数控机床

轮廓控制也称连续控制。轮廓控制式数控机床能够对两个或两个以上坐标轴的同时运动进行准确而不间断的控制,且在控制过程中,刀具对工件进行切削。

绝大部分数控机床均采用轮廓控制的方式进行工作。如常见的数控车床、铣床和加工中心等。图 1-2 为数控铣床的加工示意图。

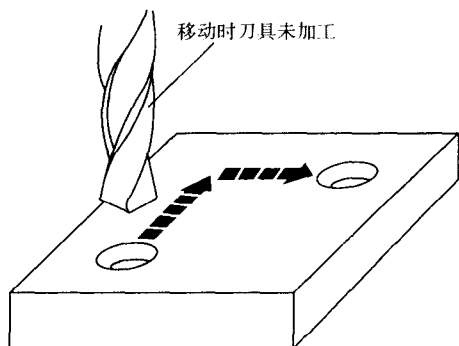


图 1-1 点位控制式数控钻床加工示意图

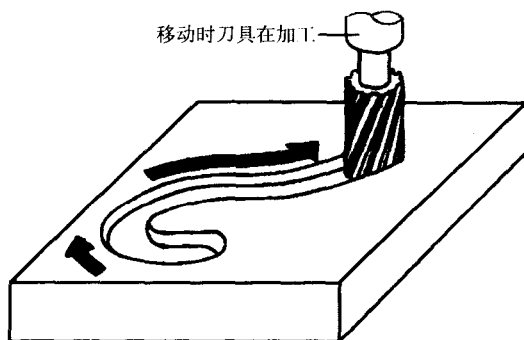


图 1-2 轮廓控制式数控铣床加工示意图

除此之外,还有一类直线控制式数控机床。这类数控机床的特点是:既要准确控制从一点到另一点的运动轨迹,还要保证这两点间的运动轨迹是一条直线,而且在控制过程中,刀具对工件进行切削。直线控制式数控机床实际上只能同时控制一个坐标轴,因此只能加工简单的直线形零件,而无法完成曲面的加工。相对普通机床而言,这类数控机床的优势并不明显,因此,只有少数的数控车床、铣床和磨床采用这种控制方式。

3. 按伺服控制方式分类

(1) 开环控制数控机床

图 1-3 是开环控制系统框图。这类数控机床的进给伺服驱动是开环的,即没有检测反馈装置,指令信号单方向传送,指令发出后,不再反馈回来,故称开环控制。其驱动电动机采用步进电动机。这类电动机的主要特点是控制电路每变换一次指令脉冲信号,电动机就转动一个步距角,通过齿轮、丝杠传动使工作台移动一定距离。因此,工作台的位移量与步进电动机转动角位移成正比,即与进给脉冲的数目成正比,改变进给脉冲的数目和频率,就可以控制工作台的位移量和速度。

开环控制系统的最大特点是控制方便,结构简单,容易维修,价格便宜;但由于机械传动误差不经过反馈校正,所以位移精度一般不高。目前,国内大力发展的经济型数控机床或旧机床的数控改造,普遍采用开环控制系统。

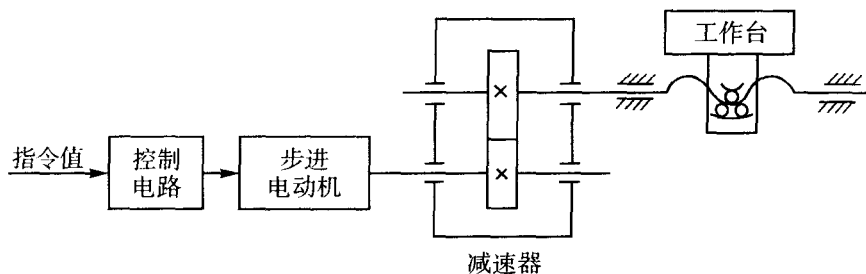


图 1-3 开环控制系统

(2) 闭环控制数控机床

图 1-4 是闭环控制系统框图。闭环控制系统是在机床移动部件工作台上直接装有直线位置检测元件,将检测到的实际位移反馈到数控装置的比较器中,与所要求的位置指令进行比较,用比较后的差值进行控制,直到差值消除为止,以达到精确定位、提高位移精度的目的。速度检测元件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号传送到速度控制电路中,进行反馈校正,以保证电动机转速保持恒定不变。常用的速度检测元件是测速发电机。

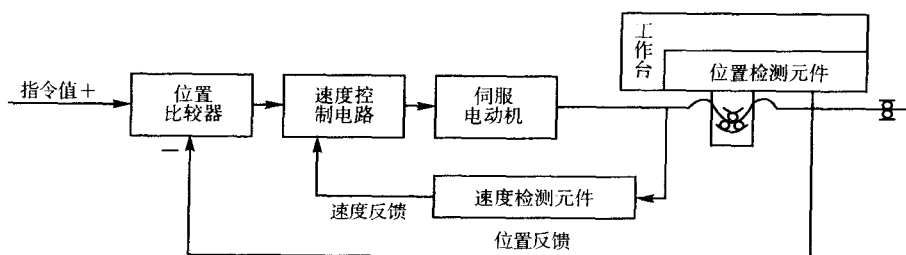


图 1-4 闭环控制系统

闭环控制系统的特点是定位精度高,一般可达 $\pm 0.01\text{mm}$,最高可达 0.001mm 。但由于这类控制系统采用直流伺服电动机或交流伺服电动机作为驱动元件,电动机的控制线路比较复杂,检测元件的价格也较高,因而使整个控制系统结构复杂,调试和维修比较困难,成本高。因此,闭环控制系统主要用于精度要求很高的数控坐标镗床、数控精密磨床等高精度数控机床和加工中心。

(3) 半闭环控制数控机床

图 1-5 是半闭环控制系统框图。半闭环控制系统不直接检测工作台的位移量,而是采用直接安装在伺服电动机或滚珠丝杠端部的转角检测元件,通过检测伺服电动机的转角或滚珠丝杠的转角,推算出工作台的实际位移量,然后反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,直到差值消除为止。由于半闭环控制系统没有将工作台和滚珠丝杠包括在内,所以滚珠丝杠螺母副的误差仍然会影响移动部件的位移精度,故其控制精度不如闭环控制系统,但可获得比较稳定的控制特性。

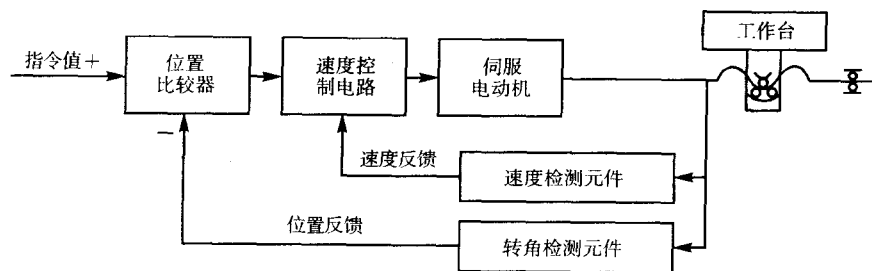


图 1-5 半闭环控制系统

虽然半闭环控制系统的控制精度较闭环控制系统的控制精度差,但其稳定性好,成本低,调试和维修也较容易,兼顾了开环控制系统和闭环控制系统两者的特点,因此,目前的数控机床采用这种控制方式的比较多。

4. 按坐标轴联动的数目分类

(1) 两坐标轴联动数控机床

最典型的两坐标轴联动数控机床是数控车床。数控车床的数控系统可控制 X、Z 两个坐标轴的同时运动,从而完成诸如圆弧表面的复杂轴类零件的加工。

(2) 三坐标轴联动数控机床

比较典型的三坐标轴联动数控机床有数控钻铣床、数控镗铣床和某些加工中心。这类数控机床的数控系统可控制 X、Y、Z 三个坐标轴的同时运动,从而完成较复杂的轮廓平面或空间型面的加工。

(3) 多坐标轴联动数控机床

多坐标轴联动数控机床主要指某些高性能的加工中心。这类数控机床的数控系统除了可以控制 X、Y、Z 三个坐标轴的同时运动以外,还可以同时控制其它附加坐标轴的运动,从而完成更复杂的空间型面的加工。

此外,根据数控系统的功能水平,数控机床还可分为全功能型数控机床和经济型数控机床。全功能型数控机床采用微型计算机(CNC)控制;而经济型数控机床则多由普通机床改装而成,主要采用成本相对较低的单片机控制。

六、数控机床的应用

尽管数控机床价格较高,但由于它具有普通机床无可比拟的优越性,因此,应用范围在不断扩大,目前不仅在宇航、军工等方面得到应用,而且已扩展到机械制造的各个生产部门,不仅用于复杂零件的生产,在一般零件的生产方面也得到了广泛的应用。随着数控技术的进一步发展,以数控机床为主导的机电一体化进程正在日益加快,发展数控机床的生产已成为目前机床行业的首要目标。

第二节 数控编程的基础知识

一、数控编程的工作内容

利用编制的程序成功加工出合格的零件,应做好以下主要工作:

1. 对零件图进行工艺性分析

主要分析零件的材料、形状、尺寸、精度及毛坯形状和热处理要求等,以便确定该零件适合在何种类型的数控机床上加工,同时要明确加工的内容和要求。

2. 确定零件的加工工艺过程

根据加工内容,确定加工方案,选择合适的数控机床、夹具与刀具,确定工序、工步顺序和进给路线以及切削用量等工艺参数。这些工作与普通机床加工零件时编制工艺规程的工作基本相同。

3. 进行必要的数值计算

根据零件的尺寸、加工路线,在规定的工件坐标系内计算与程序编制有关的零件的轮廓和刀具的运动轨迹,即进行所谓的“节点计算”,诸如计算组成零件形状的几何元素的起点、终点、交点、切点或圆弧的圆心等坐标值。如果数控系统没有刀具的半径补偿功能,则有时还需根据刀具直径,计算刀具中心运动轨迹的坐标值,以获得刀位数据。

4. 编写和修改零件的加工程序

根据所用数控系统的编程指令代码和程序的格式,编写零件的加工程序,经校对输入数控系统后进行模拟演示或空运行,以检验零件的加工轨迹是否正确,如发现问题,则修改程序,确保无误。

5. 首件试切

正式加工前,有必要对零件进行首件试切,以现场检验零件的加工轨迹是否正确,同时确认加工程序开始时的刀具调整是否正确,是否能够保证零件的加工精度,即最后确认零件的加工程序是否可行,以确保零件在正式加工中不出现任何问题。

二、数控编程的种类

目前,数控编程主要有手工编程和自动编程两种。

1. 手工编程

手工编程在目前的日常生产中的应用很广泛。尤其对于形状简单的零件,节点计算简单且计算量不大,程序也比较简单,采用手工编程比较容易完成。但对于形状复杂的零件,尤其是具有非圆曲线、特形曲面的零件,采用手工编程就很困难,出错的概率也增大,有的甚至无法完成编程,这时必须采用自动编程。

2. 自动编程

自动编程也称计算机辅助编程,即借助计算机编制零件加工程序的过程。编程人员只需根据零件的加工要求,使用特有的数控编程语言,就可以由计算机完成有关的数据计算和后置处理并自动编写出零件的加工程序。自动编程能够完成计算繁琐、手工编程困难或根本无法完成的程序,因此,自动编程的发展前景是非常广阔的。

三、数控编程指令代码标准及编程手册

数控产业是一项高新技术产业,产生和发展仅数十年的历史。在这几十年中,为满足设计、制造、维修和普及的要求,数控机床在各个方面正逐步趋向统一。特别是用于编程的指令代码,国际上已形成了两种通用标准,即国际标准化组织(ISO)标准和美国电子工业学会(EIA)标准。我国根据 ISO 标准也制定了有关标准。但是,尽管如此,各数控机床生产厂家的编程指令代码仍然无法达到统一。因此,在编程时,不是根据有关的编程指令代码标准来编程,而是根据数控机床生产厂家的编程手册来编程。

编程手册是数控机床生产厂家将自己生产的数控机床的编程指令代码编辑成册,用来指导编程人员进行编程的参考书。编程手册是编程人员编程的依据。因此,编程人员在编程前,一定要熟悉所使用机床的编程手册。

四、数控编程指令代码的种类

数控编程指令代码可以认为是数控编程时所使用的具有特定含义的编程符号。数控编程指令代码按控制功能的不同,可分为以下几种:

1. 准备功能 G 代码

准备功能 G 代码是用来控制与加工轨迹形成有关的各种动作的指令代码,如直线和圆弧的插补指令代码。该类代码由字母 G 和其后的两位数字组成。G 代码在实际使用中的标准化程度不高,常因数控机床生产厂家及数控机床结构和规格的不同而各异。表 1-1 为我国 JB3208—1983 标准中规定的常用 G 代码。

2. 辅助功能 M 代码

辅助功能 M 代码是用来控制机床各种开关功能的指令代码,如主轴启动和停止的指令代码。该类代码由字母 M 和其后的两位数字组成。表 1-2 为我国 JB3208—1983 标准中规定的常用 M 代码。

3. 主轴功能 S 代码

主轴功能 S 代码是用来控制主轴功能的指令代码。具体来说,就是控制主轴的转速或加

工时的切削速度。该代码由字母 S 和其后的数字组成。

表 1-1

JB3208—1983 标准常用准备功能 G 代码

代 码	功 能	代 码	功 能
G00	快速点定位	G44	刀具负向偏置补偿
G01	直线插补	G54	沿 X 轴直线偏移
G02	顺时针方向圆弧插补	G55	沿 Y 轴直线偏移
G03	逆时针方向圆弧插补	G56	沿 Z 轴直线偏移
G04	暂停	G57	XOY 平面直线偏移
G08	自动加速	G58	XOZ 平面直线偏移
G09	自动减速	G59	YOZ 平面直线偏移
G17	XOY 平面选择	G63	攻螺纹
G18	XOZ 平面选择	G80	固定循环取消
G19	YOZ 平面选择	G81~G89	固定循环
G33	切削等螺距螺纹	G90	绝对值输入方式
G34	切削增螺距螺纹	G91	增量值输入方式
G35	切削减螺距螺纹	G92	预置寄存
G40	刀具半径补偿或偏置补偿取消	G94	每分钟进给速度设定
G41	刀具半径左补偿	G95	每转进给速度设定
G42	刀具半径右补偿	G96	恒线速度切削
G43	刀具正向偏置补偿	G97	主轴每分钟转速设定

表 1-2

JB3208—1983 标准常用辅助功能 M 代码

代 码	功 能	代 码	功 能
M00	程序暂停(中断)	M08	1 号切削液开
M01	程序选择中断	M09	切削液关
M02	程序结束	M10	夹紧
M03	主轴顺时针转动(正转)	M11	夹紧松开
M04	主轴逆时针转动(反转)	M13	主轴顺时针转动,切削液开
M05	主轴停止转动	M14	主轴逆时针转动,切削液开
M06	换刀	M19	主轴定向停止
M07	2 号切削液开	M30	程序结束并返回到程序开头

4. 刀具功能 T 代码

刀具功能 T 代码是用来控制刀具进行换刀并认定当前使用刀具的指令代码。加工中心在换刀时,可以自动换刀。对于一般的数控机床,尚不具备自动换刀功能,换刀时仍需靠人工换刀或事先将刀具安装在刀盘的指定位置上。该代码由字母 T 和其后的两位或四位数字组成。