

数控技术及应用

SHUKONG JISHU JI YINGYONG

主 编 连碧华

副主编 陆晨芳 李 俊



 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

数控技术及应用

主 编 连碧华
副主编 陆晨芳 李 俊
参 编 林红艳 封金徽
审 核 范世祥

图书在版编目(CIP)数据

数控技术及应用/ 连碧华主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-308-15408-6

I. ①数… II. ①连… III. ①数控机床—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 301905 号

数控技术及应用

连碧华 主编

责任编辑 吴昌雷

责任校对 王元新

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州林智广告有限公司

印刷 富阳市育才印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 20.5

字数 499

版印次 2016 年 1 月第 1 版 2016 年 1 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-308-15408-6

定价 40.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心邮购电话: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前言

数控机床是集机械、电子、计算机、自动控制、液压等众多技术于一体的现代化制造设备,是机电一体化技术的典型代表。数控技术是机械加工自动化的基础,是数控机床的核心技术,其水平高低体现了一个国家的综合国力。随着信息技术、微电子技术、自动化技术和检测技术的发展,数控技术包含的内容很多,作为高职高专的教材,要体现高职教育的特色,就得取舍其内容,使学生和读者掌握其关键的技术和内容。

本教材共分为两大模块,模块一为数控机床模块,着重叙述了数控机床的结构组成、计算机数控装置的软硬件、数控装置的插补原理、数控机床的伺服系统及数控技术的基本概念、数控机床的检测装置、数控机床的机械结构、数控技术的发展等。模块二为编程模块,分为数控车削工艺编程和数控铣削工艺编程,均采用项目教学的方式组织内容,以零件的工艺分析和程序设计为核心,讲解服务于项目实施的应知知识和应会知识,并给出了相应的技术文件。编程上以国内广泛应用的 FANUC 数控系统为对象进行指令的解说;按照“够用、必须”原则,通过具体的零件工艺、编程分析案例使学生做到有例可循,从而提高学习者运用知识的能力及实践技能的熟练程度。

本教材建议学时为 48~64 学时,可根据自身具体情况进行调整,教学方法建议采用理实一体化教学,以 64 学时为例,各模块参考学时见学时分配表。

学时分配表

模块	项目及内容		学时
数控机床	项目一 数控技术绪论		2
	项目二 数控机床认知		12
编程	数控车削工艺编程	项目一 简单轴类零件数控车削工艺编程	8
		项目二 综合轴类零件数控车削工艺编程	10
		项目三 复杂轴类零件数控车削工艺编程	4
	数控铣削加工工艺编程	项目一 槽零件数控铣削工艺编程	6
		项目二 轮廓零件数控铣削工艺编程	12
		项目三 孔系零件数控铣削工艺编程	10
课时总计		64	



本教材由南京机电职业技术学院连碧华任主编并负责统稿,其中数控机床模块由陆晨芳编写,数控车削工艺编程模块项目一、项目二由李俊编写、项目三由连碧华编写,数控铣削工艺编程模块由连碧华编写。林红艳、封金徽参与本书的程序校验工作。由于编者水平和经验有限,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

CONTENTS 目 录

模块一 数控机床结构

项目一 数控技术绪论	3
任务一 认识数控技术 / 3	
任务二 了解先进制造技术 / 16	
项目二 数控机床认知	24
任务一 数控系统认知 / 24	
任务二 主传动系统认知 / 39	
任务三 进给传动系统认知 / 61	
任务四 机床本体认知 / 82	

模块二 数控车削工艺编程

项目一 简单轴类零件数控车削工艺编程	99
任务一 阶梯轴零件加工工艺编程 / 99	
任务二 销轴零件加工工艺编程 / 119	
项目二 综合轴类零件数控车削工艺编程	133
任务一 球形轴零件加工工艺编程 / 133	
任务二 圆弧轴零件加工工艺编程 / 149	
项目三 复杂轴类零件数控车削工艺编程	159



任务一 螺纹轴零件加工工艺编程 / 159

任务二 传动轴零件加工工艺编程 / 180

模块三 数控铣削工艺编程

项目一 槽零件数控铣削工艺编程 201

任务一 十字槽零件加工工艺编程 / 201

任务二 圆弧槽板零件加工工艺编程 / 217

项目二 轮廓零件数控铣削工艺编程 228

任务一 U形台零件加工工艺编程 / 228

任务二 型芯零件加工工艺编程 / 245

项目三 孔系零件数控加工工艺编程 266

任务一 垫板零件加工工艺编程 / 266

任务二 调整板零件加工工艺编程 / 285

任务三 凸模板零件加工工艺编程 / 302

模块一 数控机床结构

项目一 数控技术绪论

学习目标

数控技术是现代机械制造的重要基础知识之一,数控机床是现代制造业中应用最广泛的一类机床。数字控制,简称数控(Numerical Control, NC),是利用数字化的信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。用数控技术实施加工控制的机床,或者说装备了数控系统的机床称为数控(NC)机床。通过本项目的学习,使大家对数控技术有一个全面的认知、对先进制造技术有一个基本的了解。其具体目标为:

- (1) 了解数控技术的发展历程。
- (2) 掌握数控机床的组成和工作过程。
- (3) 掌握数控机床的分类。
- (4) 理解数控加工的特点。
- (5) 了解目前的先进制造技术。

任务一 认识数控技术

任务引入

如图 1-1-1 所示为数控车床和典型轴套类零件示意图,如图 1-1-2 所示为加工中心和典型盘盖类零件示意图。数控车床的基本运动形式:主轴带动工件做旋转运动、刀架带动刀具做直线运动,以此实现零件的切削,此类机床适用于加工轴套类零件。加工中心的基本运动形式:主轴带动刀具做旋转运动、工作台带动工件做直线或回转运动,以此实现零件的切削,此类机床适用于加工盘盖类及箱体类零件。

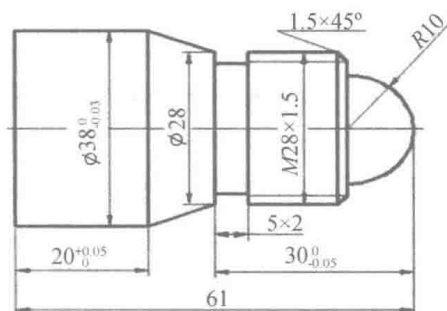
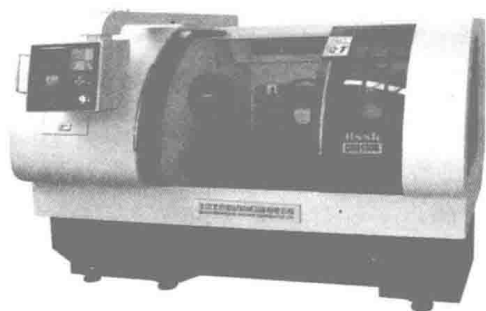


图 1-1-1 数控车床和典型轴套类零件

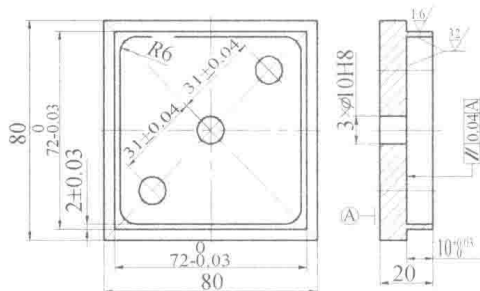
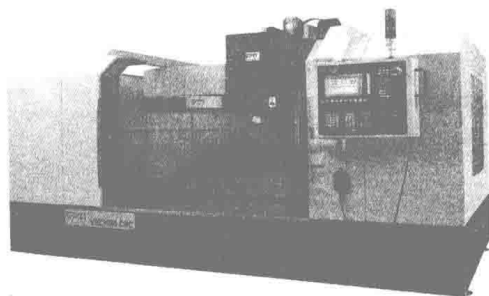


图 1-1-2 加工中心和典型盘盖类零件

任务分析

在掌握机械制图、互换性与技术测量、机械设计基础、机械制造基础等机械加工相关知识基础之上,当大家拿到如图 1-1-1、图 1-1-2 所示的图纸时,已经会画出这类图,会对该图纸进行结构分析、尺寸分析、形位公差分析、粗糙度分析、材料和热处理分析等。接下来,自然就会想到:如何把这个零件加工出来?由此引出目前主流的机械加工方法——数控加工技术。本书主要为大家解决数控技术的两大问题:

- (1) 数控机床为什么可以加工出零件?这就是书中的机床结构和原理部分。
- (2) 如何使用数控机床加工出零件?这就是书中的零件编程部分。

相关知识

一、数控技术的产生和发展

(一) 数控技术的产生

随着科学技术的不断发展,机械制造对产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。机械加工工艺过程的自动化是实现上述要求最主要的方法之一。它不仅提高产品的质量、提高生产效率、降低生产成本,还能够大大改善操作者的劳动条件。大批量的自动化生产广泛采用自动机床、组合机床、专用机床以及专用自动生产线,实行多刀、多工位、多面同时加工,以达到高效率和高自动化。但这些都属于刚性自动化,在面对小批量生产时并不适用,因为小批量生产需要经常变换产品的种类,这就要求加工具有柔性。而从某种程度上说,数控机床的出现正是很好地满足了这一要求。

1948 年,美国帕森斯公司接受美国空军的委托,研制一种计算装置,用以实现日益复杂的飞机零部件的自动加工,于是该公司提出应用计算机控制机床加工的设计,并与麻省理工学院合作进行研制,1952 年试制成功第一台三坐标立式数控铣床,利用脉冲乘法器原理的试验性数控系统,并把它装在一台立式铣床上。当时用的电子元件是电子管。

(二) 数控技术的发展历程

自从 1952 年研制出第一台试验性数控机床以来,数控机床大致经历了以下四个阶段:

1. 1952—1969 年：研究开发阶段

典型应用：数控车床、铣床、钻床；

工艺方法：简单工艺；

数控功能：NC 控制、3 轴以下；

驱动特点：步进、液压电机。

2. 1970—1981 年：推广应用阶段

典型应用：加工中心、电加工、锻压；

工艺方法：多种工艺方法；

数控功能：CNC 控制、刀具自动交换、五轴联动、较好的人机界面；

驱动特点：直流伺服电机。

3. 1982—1989 年：系统化阶段

典型应用：柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)；

工艺方法：完整的加工过程；

数控功能：多台机床和辅助设备协同、多坐标控制、高精度、高速度、友好的人机界面；

驱动特点：交流伺服电机。

4. 1990 年至今：性能集成化阶段

典型应用：计算机集成制造系统(CIMS)、无人化工厂；

工艺方法：复合设计加工；

数控功能：多过程、多任务调度、模板化和复合化；

驱动特点：数字智能化直线驱动。

我国从 1958 年开始研究数控技术，一直到 20 世纪 60 年代中期都处于研制、开发时期。当时，一些高等院校、科研单位研制试验样机也是从电子管开始的。1965 年国内开始研制晶体管数控系统。从 20 世纪 70 年代开始，数控技术在车、铣、钻、镗、磨、齿轮加工等领域全面展开，数控加工中心在上海、北京研制成功。在这一时期，数控线切割机床由于结构简单、使用方便、价格低廉，在模具加工中得到了推广。20 世纪 80 年代，我国从日本发那科公司引进了 3、5、7 等系列的数控系统和交流伺服电机、交流主轴电机技术，以及从美国、德国引进一些新技术。这使我国的数控机床在性能和质量上产生了一个质的飞跃。1985 年，我国数控机床品种有了新的发展。

(三) 数控技术的发展趋势

从 20 世纪中叶数控技术出现以来，数控机床给机械制造业带来了革命性的变化。数控加工具有加工柔性好，加工精度高，生产率高，减轻操作者劳动强度、改善劳动条件，有利于生产管理的现代化以及经济效益的提高等特点。数控机床是一种高度机电一体化的产品，适用于加工多品种小批量零件，如结构较复杂、精度要求较高的零件、需要频繁改型的零件、价格昂贵不允许报废的关键零件、要求精密复制的零件，以及需要缩短生产周期的急需零件。数控机床的特点及其应用范围使其成为国民经济和国防建设发展的重要装备，加速推进数控机床的发展是解决机床制造业持续发展的一个关键。随着制造业对数控机床的大量需求以及计算机技术和现代制造技术的飞速进步，数控机床的应用范围还在不断扩大，并且不断发展以更适应生产加工的需要。



1. 性能发展方向

(1) 柔性化: 包含数控系统本身的柔性、群控系统的柔性。数控系统采用模块化设计, 功能覆盖面大, 可裁剪性强, 便于满足不同用户的需求。同一群控系统能依据不同生产流程的要求, 使物料流和信息流自动进行动态调整, 从而最大限度地发挥群控系统的效能。

(2) 高速高精高效化: 速度、精度和效率是机械制造技术的关键性能指标。由于采用了高速 CPU 芯片、RISC 芯片、多 CPU 控制系统以及带高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统, 同时采取了改善机床动态、静态特性等有效措施, 机床的高速高精高效化已大大提高。

数控机床的运算速度主要体现在主轴转速、进给速度等方面。

① 主轴转速: 机床采用电主轴(内装式主轴电机), 主轴最高转速达 200000r/min;

② 进给速度: 在分辨率为 $0.01\mu\text{m}$ 时, 最大进给速度达到 240m/min;

③ 运算速度: 微处理器的迅速发展为数控系统向高速、高精度方向发展提供了保障, CPU 已发展到 32 位以及 64 位的数控系统, 频率提高到几百上千兆赫;

④ 换刀速度: 目前国外先进加工中心的刀具交换时间普遍已在 1s 左右, 高的已达 0.5s。德国 Chiron 公司将刀库设计成篮子样式, 以主轴为轴心, 刀具在圆周布置, 其刀到刀的换刀时间仅 0.9s。

数控机床对精度的要求已经不再局限于静态的几何精度, 机床的运动精度、热变形以及对振动的监测和补偿越来越获得重视。

① 提高 CNC 系统控制精度: 采用高速插补技术, 以微小程序段实现连续进给, 使 CNC 控制单位精细化。并采用高分辨率位置检测装置, 提高位置检测精度(日本已开发装有 106 脉冲/转的内藏位置检测器的交流伺服电机, 其位置检测精度可达到 $0.01\mu\text{m}/\text{脉冲}$), 位置伺服系统采用前馈控制与非线性控制等方法。

② 采用误差补偿技术: 采用反向间隙补偿、丝杆螺距误差补偿和刀具误差补偿等技术, 对设备的热变形误差和空间误差进行综合补偿。研究表明, 综合误差补偿技术的应用可将加工误差减少 60%~80%。

③ 采用网格检查来提高加工中心的运动轨迹精度, 并通过仿真预测机床的加工精度, 以保证机床的定位精度和重复定位精度, 使其性能长期稳定, 能够在不同运行条件下完成多种加工任务, 并保证零件的加工质量。

(3) 工艺复合性和多轴化: 以减少工序、辅助时间为主要目的的复合加工, 正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。数控机床的工艺复合化是指工件在一台机床上一次装夹后, 通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施, 完成多工序、多表面的复合加工。

复合机床的含义是指在一台机床上实现或尽可能完成从毛坯至成品的多种要素加工。根据其结构特点可分为工艺复合型和工序复合型两类。工艺复合型机床如镗铣钻复合, 加工中心、车铣复合, 车削中心、铣镗钻车复合, 复合加工中心等; 工序复合型机床如多面多轴联动加工的复合机床和双主轴车削中心等。采用复合机床进行加工, 减少了工件装卸、更换和调整刀具的辅助时间以及中间过程中产生的误差, 提高了零件加工精度, 缩短了产品制造周期, 提高了生产效率和制造商的市场反应能力, 相对于传统的工序分散的生产方法具有明显的优势。加工过程的复合化也导致了机床向模块化、多轴化发展。德国 Index 公司最新推

出的车削加工中心是模块化结构,该加工中心能够完成车削、铣削、钻削、滚齿、磨削、激光热处理等多种工序,可完成复杂零件的全部加工。随着现代机械加工要求的不断提高,多轴联动数控机床越来越受到各大企业的欢迎。

(4) 实时智能化:在数控技术领域,实时智能控制的研究和应用正沿着几个主要分支发展:自适应控制、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前馈控制等。例如,在数控系统中配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统,在高速加工时的综合运动控制中引入提前预测和预算功能、动态前馈功能,在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制,使数控系统的控制性能大大提高,从而达到最佳控制的目的。

随着人工智能技术的发展,为了满足制造业生产柔性化、制造自动化的发展需求,数控机床的智能化程度在不断提高,具体体现在以下几个方面:

① 加工过程自适应控制技术:通过监测加工过程中的切削力、主轴和进给电机的功率、电流、电压等信息,利用传统的或现代的算法进行识别,以辨识出刀具的受力、磨损、破损状态及机床加工的稳定性状态,并根据这些状态实时调整加工参数(主轴转速、进给速度)和加工指令,使设备处于最佳运行状态,以提高加工精度、降低加工表面粗糙度并提高设备运行的安全性;

② 加工参数的智能优化与选择:将工艺专家或技师的经验、零件加工的一般与特殊规律,用现代智能方法,构造基于专家系统或基于模型的“加工参数的智能优化与选择器”,利用它获得优化的加工参数,从而达到提高编程效率和加工工艺水平、缩短生产准备时间的目的;

③ 智能故障自诊断与自修复技术:根据已有的故障信息,应用现代智能方法实现故障的快速准确定位;

④ 智能故障回放和故障仿真技术:能够完整记录各种信息,对数控机床发生的各种错误和事故进行回放和仿真,以确定错误引起的原因,找出解决问题的办法,积累生产经验;

⑤ 智能化交流伺服驱动装置:能自动识别负载,并自动调整参数的智能化伺服系统,包括智能主轴交流驱动装置和智能化进给伺服装置。这种驱动装置能自动识别电机及负载的转动惯量,并自动对控制系统参数进行优化和调整,使驱动系统获得最佳运行;

⑥ 智能 4M 数控系统:在制造过程中,加工、检测一体化是实现快速制造、快速检测和快速响应的有效途径,将测量(Measurement)、建模(Modeling)、加工(Manufacturing)、机器操作(Manipulator)四者(即 4M)融合在一个系统中,实现信息共享,促进测量、建模、加工、装夹、操作的一体化。

2. 功能发展方向

(1) 用户界面图形化:用户界面是数控系统与使用者之间的对话接口。图形用户界面极大地方便了非专业用户的使用,人们可以通过窗口和菜单进行操作,便于蓝图编程和快速编程、三维彩色立体动态图形显示、图形模拟、图形动态跟踪和仿真、不同方向的视图和局部显示比例缩放功能的实现。

(2) 科学计算可视化:科学计算可视化可用于高效处理数据和解释数据,使信息交流不再局限于用文字和语言表达,而可以直接使用图形、图像、动画等可视信息。可视化技术与



虚拟环境技术相结合,进一步拓宽了应用领域,如无图纸设计、虚拟样机技术等,这对缩短产品设计周期、提高产品质量、降低产品成本具有重要意义。在数控技术领域,可视化技术可用于 CAD/CAM,如自动编程设计、参数自动设定、刀具补偿和刀具管理数据的动态处理和显示以及加工过程的可视化仿真演示等。

(3) 插补和补偿方式多样化:多种插补方式如直线插补、圆弧插补、圆柱插补、空间椭圆曲面插补、螺纹插补、极坐标插补、样条插补(A、B、C样条)、多项式插补等。多种补偿功能如间隙补偿、垂直度补偿、象限误差补偿、螺距和测量系统误差补偿、与速度相关的前馈补偿、温度补偿以及相反点计算的刀具半径补偿等。

(4) 内装高性能 PLC:数控系统内装高性能 PLC 控制模块,可直接用梯形图或高级语言编程,具有直观的在线调试和在线帮助功能。编程工具中包含用于车床铣床的标准 PLC 用户程序实例,用户可在标准 PLC 用户程序基础上进行编辑修改,从而方便地编写自己的应用程序。

(5) 多媒体技术应用:多媒体技术集计算机、声像和通信技术于一体,使计算机具有综合处理声音、文字、图像和视频信息的能力。在数控技术领域,应用多媒体技术可以做到信息处理综合化、智能化,在实时监控系统和生产现场设备的故障诊断、生产过程参数监测等方面有着重大的应用价值。

3. 体系结构的发展

(1) 网络化:机床联网可进行远程控制和无人化操作。通过机床联网,可在任何一台机床上对其他机床进行编程、设定、操作、运行,不同机床的画面可同时显示在每一台机床屏幕上。

(2) 集成化:采用高度集成化 CPU、RISC 芯片和大规模可编程集成电路 FPGA、EPLD、CPLD 以及专用集成电路 ASIC 芯片,可提高数控系统的集成度和软硬件运行速度。应用 FPD 平板显示技术,可提高显示器性能。通过提高集成电路密度、减少互连长度和数量来降低产品价格,改进性能,减小组件尺寸,提高系统的可靠性。

(3) 模块化:硬件模块化易于实现数控系统的集成化和标准化。根据不同的功能需求,将基本模块,如 CPU、存储器、位置伺服、PLC、输入输出接口、通讯等模块,做成标准的系列化产品,通过积木方式进行功能裁剪和模块数量的增减,构成不同档次的数控系统。

(4) 通用型开放式闭环控制模式:采用通用计算机组成总线式、模块化、开放式、嵌入式体系结构,便于裁剪、扩展和升级,可组成不同档次、不同类型、不同集成程度的数控系统。闭环控制模式是针对传统的数控系统仅有的专用型单机封闭式开环控制模式提出的。由于制造过程是一个具有多变量控制和加工工艺综合作用的复杂过程,包含诸如加工尺寸、形状、振动、噪声、温度和热变形等各种变化因素,因此,要实现加工过程的多目标优化,必须采用多变量的闭环控制,在实时加工过程中动态调整加工过程变量。加工过程中采用开放式通用型实时动态全闭环控制模式,易于将计算机实时智能技术、网络技术、多媒体技术、CAD/CAM、伺服控制、自适应控制、动态数据管理及动态刀具补偿、动态仿真等高新技术融为一体,构成严密的制造过程闭环控制体系,从而实现集成化、智能化、网络化。

① 向未来技术开放:由于软硬件接口都遵循公认的标准协议,只需少量的重新设计和调整,新一代的通用软硬件资源就可能被现有系统所采纳、吸收和兼容,这就意味着系统的

开发费用将大大降低而系统性能与可靠性将不断改善并处于长生命周期；

② 向用户特殊要求开放：更新产品、扩充功能、提供硬软件产品的各种组合以满足特殊应用要求；

③ 数控标准的建立：国际上正在研究和制订一种新的 CNC 系统标准 ISO14649 (STEP-NC)，以提供一种不依赖于具体系统的中性机制，能够描述产品整个生命周期内的统一数据模型，从而实现整个制造过程乃至各个工业领域产品信息的标准化。标准化的编程语言，既方便用户使用，又降低了和操作效率直接有关的劳动消耗。

二、数控机床的组成和工作过程

(一) 数控机床的组成

数控机床 (Numerical Control Machine Tools) 是用数字代码形式的信息 (程序指令)，控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床，是数字控制工作机床的总称。如图 1-1-3 所示，数控机床一般由输入/输出设备、数控装置 (也称作数控系统)、伺服系统、检测反馈装置和机床本体几部分组成：

1. 输入/输出设备

主要用于零件数控程序的编辑、存储、打印和显示等。一般的输入/输出设备除了人机对话编程键盘和显示器外，还包括 U 盘、CF 卡和通信接口等。高级的数控系统还使用自动编程机或 CAD/CAM 系统。

2. 数控装置

是数控机床的核心。它接受来自输入设备的程序和数据，根据输入信息的要求，经过系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令。数控装置通常是指一台专用计算机或通用计算机、输入/输出接口板以及机床可编程逻辑控制器 PLC (内装型或独立型) 等所组成的控制系统。PLC 的主要作用是实现对机床辅助功能 M、主轴转速功能 S 和刀具功能 T 的控制。

3. 伺服系统

由伺服驱动电路和伺服驱动装置组成，并与机床的执行部件和机械传动部件组成数控机床的传动系统，包括主轴伺服系统和进给伺服系统。它接受数控装置发出的速度和位移指令，控制执行部件的进给速度、方向和位移。

4. 检测反馈装置

用于检测机床的速度和位移，并将信息反馈给数控装置，构成闭环控制系统。没有检测反馈装置的系统称为开环控制系统。常用的测量元件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅和磁尺等。

5. 机床本体

是数控机床的主体，是用于完成各种切削加工的机械部分。包括床身、立柱、主轴、进给

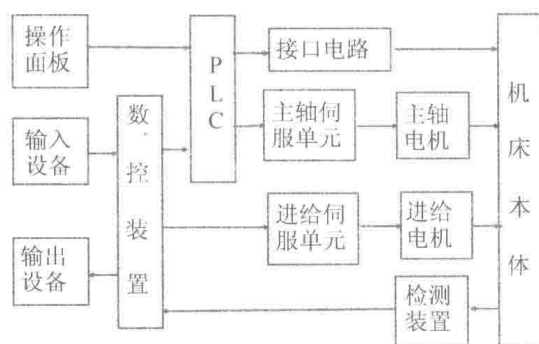


图 1-1-3 数控机床的组成框图



机构等机械部件,还有冷却、润滑、转位、夹紧、排屑、照明等辅助装置。对于加工中心,还有存放刀具的刀库,交换刀具的机械手等部件。

(二) 数控机床的工作过程

数控机床通过各种输入方式,接受加工程序的数据信息,经过数控装置译码,再进行计算机的处理、运算,然后将各个坐标轴的分量送到各控制轴的驱动电路,经过转换、放大去驱动伺服电动机,带动各控制轴运动,并进行实时反馈控制,使各个坐标能精确地走到所要求的位置。机床运动部件的运动轨迹取决于所输入的加工程序。

1. 数控加工程序的编制

在零件加工前,首先根据被加工零件图样所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等,确定零件的工艺流程、工艺参数、几何参数以及切削用量等,然后根据数控机床编程手册规定的代码和程序格式编写零件加工程序单。对于较简单的零件,通常采用手工编程。对于形状复杂的零件,则采用自动编程。

2. 输入

即把零件程序、控制参数和补偿数据输入到数控装置中去。输入的方法因输入设备而异,有键盘输入、存储器输入以及通信方式输入等。

3. 译码

数控装置接受的程序是由程序段组成的,程序段中包含零件轮廓信息(如直线还是圆弧、线段的起点和终点等)、加工进给速度(F代码)等加工工艺信息和其他辅助信息(M、S、T代码等)。计算机不能直接识别它们,译码程序就像一个翻译,按照一定的语法规则将上述信息解释成计算机能够识别的数据形式,并按一定的数据格式存放在指定的内存专用区域。在译码过程中还要对程序段进行语法检查。

4. 刀具补偿

零件加工程序通常是按零件轮廓轨迹编制的。刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹,从而加工出所要求的零件。

5. 插补

数控装置根据输入的零件轮廓数据,通过计算,把零件轮廓描述出来,边计算边根据计算结果向各坐标轴发出运动指令,使机床在相应的坐标方向上移动一个单位位移量,将工件加工成所需的轮廓形状。所以说,插补就是在已知曲线的起点、终点之间进行“数据点的密化”。

6. 位置控制和机床加工

在每个采样周期内,将插补计算出的指令位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制伺服电动机,伺服电机使机床的运动部件带动刀具相对于工件按规定的轨迹和速度进行加工。

三、数控机床的分类

(一) 按加工工艺方法分类

1. 金属切削类

利用刀具与工件之间的相对运动切削加工。与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的