

► 高等学校应用型本科“十三五”规划教材



- 以知识的教、学、用为主线
- 按照实际加工顺序编排知识点

数控加工技术



主 编 吴 睿
副主编 冯启国 孟 杰 陈沛富 李绪武
主 审 丁又青



西安电子科技大学出版社
<http://www.xdph.com>

高等学校应用型本科“十三五”规划教材

数控加工技术

主 编 吴 睿

副主编 冯启国 孟 杰 陈沛富 李绪武

主 审 丁又青

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

数控加工技术既是工艺、机床、刀夹具等前期专业基础课程的知识升华及应用拓展,又有着自身独特的知识体系,理论性和实践性都较强。本书以知识的教、学、用为主线展开。全书共分五章,第1章绪论部分对数控技术的发展、现状及应用等进行了简单回顾与展望;第2章从电子系统对机械系统的控制视角出发,梳理了数控加工技术的独特性,为学生深刻认识数控加工技术原理奠定了基础;第3章为数控加工工艺及应用,既兼顾其与传统工艺的关联,又强调知识体系自身应用的独特性,并结合具体工艺设定案例,帮助读者加深理解;第4章通过数控车削加工重点学习手工编程方法与技巧,体会数控加工的核心知识及加工理念,是数控加工技术必须掌握的基础能力;第5章通过铣削加工重点讲解自动编程,从自动编程的工具、方法及应用角度作了较为详尽的阐述,并通过具体例子使学生真正掌握自动编程技术及应用技巧。

本书是为适应应用型技术人才培养需要而编写的课改教材,内容架构重点考虑了完整的加工过程所需要的知识,并按实际加工顺序编排知识点,适合应用型本科院校学生选用,对于自学数控加工技术的读者,本书也具有一定的借鉴意义。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工技术/吴睿主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2015.7

高等学校应用型本科“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3748 - 8

I. ①数… II. ①吴… III. ①数控机床—加工—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 134668 号

策划编辑 李惠萍 戚文艳

责任编辑 李惠萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 8.5

字 数 167千字

印 数 1~3000册

定 价 15.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3748 - 8/TG

XDUP 4040001 - 1

如有印装问题可调换

西安电子科技大学出版社
高等学校应用型本科“十三五”规划教材
编审专家委员会名单

主 任：鲍吉龙(宁波工程学院副院长、教授)

副主任：彭 军(重庆科技学院电气与信息工程学院院长、教授)

张国云(湖南理工学院信息与通信工程学院院长、教授)

刘黎明(南阳理工学院软件学院院长、教授)

庞兴华(南阳理工学院机械与汽车工程学院副院长、教授)

机电组

组 长：庞兴华(兼)

成 员：(成员按姓氏笔画排列)

王志奎(南阳理工学院机械与汽车工程学院系主任、教授)

刘振全(天津科技大学电子信息与自动化学院副院长、副教授)

丁又青(重庆科技学院机械与动力工程学院副院长、教授)

何高法(重庆科技学院机械与动力工程学院院长助理、教授)

胡文金(重庆科技学院电气与信息工程学院系主任、教授)

前 言

随着高校转型和应用技术型大学建设的不断推进,课程改革也围绕着教学重心向知识应用方向逐渐展开。为此,我们特编写本书,以适应机械设计制造及自动化专业教学需要。

数控加工技术是高等工科院校机械设计制造及自动化专业方向的主要专业课程,是工艺、机床、刀夹具等前期专业基础课程的知识升华及应用拓展,同时本课程又有着自身独特的知识体系,理论性和实践性都较强。本书结合编著者多年教学实践经验,参考了近年来出版的同类理论及实训教材,在梳理数控加工技术知识的基础上,偏重知识应用与升华,充分体现应用技术型大学的人才培养目标,以知识为主线,以应用为导向进行编写。内容编排上力求化繁为简,突出重点。全书共分五章,第1章为绪论,第2章为数控机床典型零部件及其工作原理,第3章为数控加工工艺及应用,第4章为数控车床编程及操作,第5章为数控铣加工及自动编程技术。

本书按照64学时进行内容编排,反映了数控加工技术的基本原理、基本设备、工艺规律及主要特点,在体现与前期工艺等知识对接的基础上,突出本课程知识体系特色,并强调知识的应用。以手工编程强化基本加工知识技能培养,以自动编程体现工程实践能力培养。根据学习特点和规律,内容安排体现由浅入深,逐步展开,注重先进性、实用性和科学性。根据应用型知识传授特点,教学安排上建议4节连排,考试方式建议以实际制作取代传统的单一的理论考试方式,以学生最终上交所加工的零件为考评依据,结合平时现场训练成绩和理论考试成绩,按照一定比例综合给出学生本门课的成绩。

本书是在重庆科技学院机械工程与动力学院老师们的辛勤耕耘及院领导的关怀和大力支持下完成的,其中,第1章由李绪武、陈沛富编写,第2、4章由吴睿编写,第3章由孟杰编写,第5章由冯启国编写,丁又青教授担任本书的主审,对全书内容进行了细致审阅,提出了很多宝贵意见。衷心感谢学院的大力支持和赞助,并向所有给予本书关心和帮助的老师表示诚挚谢意,感谢你们为完成本书所付出的辛苦劳动。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳请各位读者、专家批评指正。

编 者

2015年4月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 数控技术发展现状、趋势及应用	(1)
1.1.1 数控技术的国内外发展现状	(1)
1.1.2 数控技术的发展趋势	(3)
1.1.3 数控技术的应用	(5)
1.2 数控系统总体构成及工作原理	(5)
1.2.1 数控系统总体构成	(5)
1.2.2 数控系统工作原理	(7)
1.3 数控系统的分类	(7)
1.3.1 按运动轨迹分类	(7)
1.3.2 按伺服系统分类	(9)
1.4 本课程内容及学习要求、学习方法	(11)
第 2 章 数控机床典型零部件及其工作原理	(12)
2.1 引言	(12)
2.2 主运动及进给运动速度的数控调节原理	(13)
2.2.1 电机数控调速原理	(13)
2.2.2 电机调速要求	(14)
2.3 主运动系统及其典型零部件	(14)
2.3.1 主轴驱动方式	(14)
2.3.2 典型主轴部件及其工作原理	(15)
2.4 进给运动系统及其典型零部件	(17)
2.4.1 导轨	(17)
2.4.2 数控回转工作台	(19)
2.4.3 滚珠丝杠螺母副	(20)
2.4.4 零传动进给系统	(22)
2.5 自动换刀系统	(23)
2.5.1 自动换刀方式	(23)
2.5.2 带刀库自动换刀	(24)

第3章 数控加工工艺及应用	(27)
3.1 引言	(27)
3.1.1 数控加工工艺的特点	(27)
3.1.2 数控加工的对象	(28)
3.1.3 数控加工内容的选择	(29)
3.1.4 数控加工工艺的主要内容	(30)
3.2 数控加工工艺分析	(30)
3.2.1 零件图工艺分析	(31)
3.2.2 零件的结构工艺分析	(32)
3.3 数控加工工艺设计	(33)
3.3.1 工序的划分	(34)
3.3.2 装夹方案及夹具的选择	(35)
3.3.3 数控加工刀具的选择	(36)
3.3.4 刀具的预调	(36)
3.3.5 对刀点与换刀点的选择	(37)
3.3.6 走刀路线的确定	(38)
3.3.7 编程误差及其制定	(42)
3.4 数控加工工艺文件的编制	(43)
3.5 典型零件数控加工工艺分析	(43)
第4章 数控车床编程及操作	(47)
4.1 引言	(47)
4.2 加工准备	(47)
4.2.1 数控车床常用夹具及工件的装卸	(47)
4.2.2 刀具选择及安装	(49)
4.3 加工程序编制基础	(50)
4.3.1 坐标系	(51)
4.3.2 程序结构与格式	(52)
4.4 编程指令及应用	(52)
4.4.1 指令分类	(52)
4.4.2 基本指令	(53)
4.4.3 常用指令	(60)
4.4.4 其他指令介绍	(64)
4.4.5 程序管理	(68)

4.5 切削加工	(69)
4.5.1 对刀操作	(70)
4.5.2 图形模拟加工	(72)
4.5.3 自动加工	(73)
第 5 章 数控铣加工及自动编程技术	(74)
5.1 引言	(74)
5.2 自动编程介绍	(74)
5.2.1 关于 CAXA 数控加工的几个术语	(74)
5.2.2 加工中通用参数的定义与选择	(78)
5.2.3 CAXA 常用加工方法	(84)
5.2.4 后置处理	(105)
5.2.5 DNC 通信	(106)
5.3 数控铣加工编程	(107)
5.3.1 关于坐标系的指令	(107)
5.3.2 关于刀具补偿的指令	(109)
5.4 自动编程实例	(114)
5.4.1 象棋加工	(114)
5.4.2 碟刹支架模具加工	(117)
5.5 数控铣床坐标系规定及操作	(120)
5.5.1 坐标系规定	(120)
5.5.2 对刀操作	(120)
5.5.3 程序传输	(123)
5.5.4 自动加工	(125)
参考文献	(126)

第1章 绪 论

1.1 数控技术发展现状、趋势及应用

数控系统是数字控制系统的简称,英文名称为 Numerical Control System,它是根据计算机存储器中存储的控制程序,执行部分或全部数值控制的功能,并配有接口电路和伺服驱动装置的专用计算机系统。该系统通过利用数字、文字和符号组成的指令来实现对一台或多台机械设备动作的控制,它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和开关量。

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,它是集传统的机械制造技术、计算机技术、现代控制技术、传感检测技术、网络通信技术和光机电技术等于一体的现代制造业的基础技术,具有高精度、高效率、柔性自动化等特点,对制造业实现柔性自动化、集成化和智能化起着举足轻重的作用。同时,它也是制造自动化的基础,是现代制造装备的灵魂与核心,是国家工业和国防工业现代化的重要手段,关系到国家战略地位,体现了国家综合国力与水平。数控技术水平的高低和数控装备拥有量的多少是衡量一个国家工业现代化的重要标志。

1.1.1 数控技术的国内外发展现状

数控技术来源于军事扩张的需求,第一台数控铣床就是为军用直升飞机加工复杂的精密零件的。数控技术及装备是发展新兴高新技术产业和尖端工业的使能技术和最基本的装备。世界各国信息产业、生物产业,以及航空、航天等国防工业广泛采用数控技术,以提高其制造能力和制造水平,提高设备对市场的适应能力和竞争能力。

1948年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,研制直升飞机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。1949年,该公司与美国麻省理工学院开始共同研究,并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。1959年,数控装置采用了晶体管元件和印刷电路板,出现了带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(MC, Machining Center),使数控装置进入了第二代。

1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,不仅体积小,功率消耗少,且可靠性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。1970年之前,先后出现了由一

台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称 DNC), 又称群控系统; 采用小型计算机控制的计算机数控系统(简称 CNC), 使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。1974 年, 成功研制出使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称 MNC), 这是第五代数控系统。到 20 世纪 80 年代初, 随着计算机软、硬件技术的发展, 出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置, 数控装置愈趋小型化, 可以直接安装在机床上; 数控机床的自动化程度进一步提高, 具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。20 世纪 90 年代后期, 出现了 PC+CNC 智能数控系统, 即以 PC 机为控制系统的硬件部分, 在 PC 机上安装 NC 软件系统, 此种方式系统维护方便, 易于实现网络化制造。

我国数控技术起步较晚, 相对于国外的技术研究较落后, 近 50 年的发展历程大致可分为三个阶段: 第一阶段为 1958—1979 年, 即封闭式发展阶段。在此阶段, 由于国外的技术封锁和我国基础条件的限制, 数控技术的发展较为缓慢。第二阶段是在国家的“六五”、“七五”期间以及“八五”的前期, 即引进技术、消化吸收、初步建立起国产化体系阶段。在此阶段, 由于改革开放和国家的重视, 以及研究开发环境和国际环境的改善, 我国数控技术在研究、开发和产品的国产化方面都取得了长足的进步。第三阶段是在国家“八五”的后期和“九五”期间, 即实施产业化的研究, 进入市场竞争阶段。在此阶段, 我国国产数控装备的产业化取得了实质性进步。在“九五”末期, 国产数控机床的国内市场占有率达 50%, 配有国产数控系统(普及型)的机床也达到了 10%。

目前我国一部分普及型数控机床的生产已经形成一定规模, 产品技术性能指标较为成熟, 价格合理, 在国际市场上具有一定的竞争力。我国数控机床行业所掌握的五轴联动数控技术较成熟, 并已有成熟产品走向市场。但目前我国占据市场的产品主要集中在经济型产品上, 而在中档、高档产品上市场比例仍然很小, 与国外一些先进产品相比, 在可靠性、稳定性、速度和精度等方面均存在较大差距。与发达国家相比, 我国数控机床行业在信息化技术应用上仍然存在很多不足, 主要表现在以下三个方面:

(1) 信息化技术基础薄弱, 对国外技术依存度高。我国数控机床行业总体的技术开发能力和技术基础薄弱, 信息化技术应用程度不高。行业现有的信息化技术来源主要依靠引进国外技术, 对国外技术的依存度较高, 对引进技术的消化仍停留在掌握已有技术和提高国产化上, 没有上升到形成产品自主开发能力和技术创新能力的高度。具有高精、高速、高效、复合功能、多轴联动等特点的智能数控机床基本上还依赖进口。

(2) 产品成熟度较低, 可靠性不高。国外数控系统平均无故障时间在 10 000 h 以上, 国内自主开发的数控系统仅为 3000~5000 h; 整机平均无故障工作时间国外达 800 h 以上, 国内最好的也只有 300 h。

(3) 创新能力低, 市场竞争力不强。我国生产数控机床的企业虽达百余家, 但大多数未能形成规模生产, 信息化技术利用不足, 创新能力低, 制造成本高, 产品市场竞争能力不强。

1.1.2 数控技术的发展趋势

数控技术不仅给传统制造业带来了革命性的变化,使制造业成为工业化的象征,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,它对国计民生的一些重要行业的发展起着越来越重要的作用。尽管十多年前就出现了高精度、高速度的趋势,但是科学技术的发展是没有止境的,高精度、高速度的内涵也在不断变化,目前正在向着精度和速度的极限发展。从目前世界上数控技术发展的趋势来看,主要有如下几个方面:

1. 机床的高速化、精密化、智能化、微型化发展

随着汽车、航空航天等工业轻合金材料的广泛应用,高速加工已成为制造技术的重要发展趋势。高速加工具有缩短加工时间、提高加工精度和表面质量等优点,在模具制造等领域的应用也日益广泛。机床的高速化需要新的数控系统、高速电主轴和高速伺服进给驱动,以及机床结构的优化和轻量化。高速加工不仅是设备本身,而且是机床、刀具、刀柄、夹具和数控编程技术,以及人员素质的集成。高速化的最终目的是高效化,机床仅是实现高效的关键之一,绝非全部,生产效率和效益在“刀尖”上。

按照加工精度,机床可分为普通机床、精密机床和超精机床,加工精度大约每8年提高一倍。数控机床的定位精度即将告别微米时代而进入亚微米时代,超精密数控机床正在向纳米进军。在未来10年,精密化与高速化、智能化和微型化将汇合而成新一代机床。机床的精密化不仅是汽车、电子、医疗器械等工业的迫切需求,还直接关系到航空航天、导弹卫星、新型武器等国防工业的现代化。

机床智能化包括在线测量、监控和补偿。数控机床的位置检测及其闭环控制就是简单的应用案例。为了进一步提高加工精度,机床的圆周运动精度和刀头点的空间位置,可以通过球杆仪和激光测量后,输入数控系统加以补偿。未来的数控机床将会配备各种微型传感器,以监控切削力、振动、热变形等所产生的误差,并自动加以补偿或调整机床工作状态,以提高机床的工作精度和稳定性。

随着纳米技术和微机电系统的迅速发展,开发加工微型零件的机床已经提到日程上来了。微型机床同时具有高速和精密的特点,最小的微型机床可以放在掌心之中,一个微型工厂可以放在手提箱中。操作者通过手柄和监视屏幕可以控制整个工厂的运作。

2. 五轴联动加工和复合加工机床快速发展

采用五轴联动对三维曲面零件进行加工,可用刀具最佳几何形状进行切削,不仅光洁度高,而且效率也大幅度提高。一般认为,1台五轴联动机床的效率可以等于2台三轴联动机床,特别是使用立方氮化硼等超硬材料铣刀进行高速铣削淬硬钢零件时,五轴联动加工可比三轴联动加工发挥更高的效益。但过去因五轴联动数控系统主机结构复杂等原因,其价格要比三轴联动数控机床高出数倍,加之编程技术难度较大,制约了五轴联动机床的发展。当前数控技术的发展,使得实现五轴联动加工的复合主轴头结构大为简化,其制造

难度和成本大幅度降低,数控系统的价格差距缩小。因此五轴联动技术促进了复合主轴头类型五轴联动机床和复合加工机床的发展。

3. 新结构、新材料及新设计方法的发展

机床的高速化和精密化要求机床的结构简化和轻量化,以减少机床部件运动惯量对加工精度的负面影响,大幅度提高机床的动态性能。例如,借助有限元分析对机床构件进行拓扑优化,设计箱中箱结构以及采用空心焊接结构和使用铝合金材料等已经开始从实验室走向实用。

我国机床设计和开发手段要尽快从二维 CAD 向三维 CAD 过渡。三维建模和仿真是现代设计的基础,是企业技术优势的源泉。在此三维设计基础上进行 CAD/CAM/CAE/PDM 的集成,加快新产品的开发速度,保证新产品的顺利投产,并逐步实现产品生命周期管理。

4. 开放式数控系统的发展

目前许多国家对开放式数控系统进行了研究,数控系统开放化已经成为数控系统的未来之路。所谓开放式数控系统,就是数控系统的开发可以在统一的运行平台上,面向机床厂家和最终用户,通过改变、增加或剪裁结构对象(数控功能),形成系列化,并可方便地将用户的特殊应用和技术诀窍集成到控制系统中,快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统,形成具有鲜明个性的名牌产品。目前开放式数控系统有三种形式:

(1) 全开放系统,即基于微机的数控系统,以微机作为平台,采用实时操作系统,开发数控系统的各种功能,通过伺服卡传送数据,控制坐标轴电动机的运动。

(2) 嵌入系统,即 CNC+PC, CNC 控制坐标轴电动机的运动,PC 作为人机界面和网络通信。

(3) 融合系统,在 CNC 的基础上增加 PC 主板,提供键盘操作,提高人机界面功能。

开放式数控系统的体系结构规范、通信规范、配置规范、运行平台、数控系统功能库以及数控系统功能软件开发工具等是当前研究的核心。

5. 可重组制造系统的发展

随着产品更新换代速度的加快,专用机床的可重构性和制造系统的可重组性日益重要。通过数控加工单元和功能部件的模块化,可以对制造系统进行快速重组和配置,以适应变型产品的生产需要。机械、电气和电子、液体和气体,以及控制软件的接口规范化和标准化是实现可重组性的关键。

6. 虚拟机床和虚拟制造的发展

为了加快新机床的开发速度和质量,在设计阶段借助虚拟现实技术,可以在机床还没有制造出来以前,就能够评价机床设计的正确性和使用性能,在早期发现设计过程的各种失误,减少损失,提高新机床开发的质量。

1.1.3 数控技术的应用

从目前世界上数控技术及其装备应用来看,其主要应用领域有以下几个方面:

1. 制造行业

机械制造行业是最早应用数控技术的行业,它担负着为国民经济各行业提供先进装备的重任。目前主要应用有研制开发与生产现代化军事装备用的高性能五轴高速立式加工中心、五坐标加工中心、大型五坐标龙门铣等;汽车行业发动机、变速箱、曲轴柔性加工生产线上用的数控机床和高速加工中心,以及焊接、装配、喷漆机器人、板件激光焊接机和激光切割机等;航空、船舶、发电行业加工螺旋桨、发动机、发电机和水轮机叶片零件用的高速五坐标加工中心、重型车铣复合加工中心等。

2. 信息行业

在信息产业中,从计算机到网络、移动通信、遥测、遥控等设备,都需要采用基于超精技术、纳米技术的制造装备,如芯片制造的引线键合机、晶片光刻机等,这些装备的控制都需要采用数控技术。

3. 医疗设备行业

在医疗行业中,许多现代化的医疗诊断、治疗设备都采用了数控技术,如CT诊断仪、全身治疗机以及基于视觉引导的微创手术机器人,口腔医学中的正畸及牙齿修复等方面都需要采用高精度数控机床对牙齿进行加工生产。

4. 军事装备

现代的许多军事装备大量采用伺服运动控制技术,如火炮的自动瞄准控制、雷达的跟踪控制和导弹的自动跟踪控制等。

5. 其他行业

在轻工行业,有采用多轴伺服控制的印刷机械、纺织机械、包装机械以及木工机械等;在建材行业,有用于石材加工的数控水刀切割机,用于玻璃加工的数控玻璃雕花机,用于席梦思加工的数控行缝机和用于服装加工的数控绣花机;在艺术品行业,目前越来越多的工艺品、艺术品都会采用高性能的五轴加工中心进行生产。

1.2 数控系统总体构成及工作原理

1.2.1 数控系统总体构成

数控系统主要由软件系统和硬件系统构成,如图1.1所示。其中硬件系统主要包括:微机部分、外围设备部分、机床控制部分等。软件系统包括系统软件和应用软件,其中系统软件主要包括:输入数据处理程序、插补运算程序、速度控制程序、管理程序、诊断程序

等。应用软件是其他公司开发、应用于数控软件系统的软件，主要包括 CAD、UG、PROE 等二维与三位设计软件。



图 1.1 数控系统总体构成框图

1. 硬件系统

(1) 微机部分是数控系统的核心，主要由 CPU、存储器和接口电路组成。其中，CPU 由运算器和控制器组成，而运算器主要实现对数据进行算术和逻辑上的运算。

(2) 外围设备部分主要包括：操作面板、键盘、显示器、光电阅读机、纸带穿孔机和外部存储器等。针对不同的数控机床，其所配备的操作面板是不同的。一般的操作面板具有以下按钮和开关：

进给轴手动控制按钮——用于手动调整时移动各坐标轴；

主轴启停与主轴倍率选择按钮——用于主轴的启停与正、反转以及主轴调速；

自动加工启停按钮——用于自动加工过程的启动与停止；

条件程序段选择开关——用于选择条件程序段是否执行；

另外还有一些状态指示灯、报警装置等。

(3) 机床控制部分，主要是通过对伺服机构的控制来实现对机床移动部件的控制，包括速度和位移的控制以及它们反馈装置的控制。

2. 软件系统

(1) 输入数据处理程序：接收加工程序，对程序进行译码，对数据进行处理。加工程序给定的是待加工工件的轮廓，而实际上，应该控制刀具中心的运动轨迹。这就存在一个轮廓转换的问题。只要告诉系统所使用的刀具并将刀具相应的参数输入系统中，该转换工作由输入数据处理程序自动完成。

(2) 插补程序：根据加工程序所提供的加工信息，如曲线的种类（直线、圆弧或其他曲线）、起终点（直线的起点、终点，圆弧的起点、终点及圆心）、加工方向（顺时针、逆时针），对这些信息进行插补运算，决定每一个脉冲到来时的移动方向及步长，以及曲线与曲线之间如何过渡等。

(3) 速度控制程序：根据给定的速度值控制插补运算的频率，保证预定的进给速度，

并能根据反馈值的正与负自动地调节速度的大小。

(4) 管理程序：负责对数据输入、数据处理、插补运算等各种程序进行调度管理；对诸如面板命令、时钟信号、故障信号等引起的中断进行处理；子程序的调用；共享资源的分时享用等。

(5) 诊断程序：通过识别程序中的一些标志符来判断故障的类型和所在地。

1.2.2 数控系统工作原理

数控系统是将机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字表示；通过信息载体输入数控装置；经运算处理由数控装置发出各种控制信号，控制机床的动作；按图纸要求的形状和尺寸自动将零件加工出来。其工作原理如图 1.2 所示。

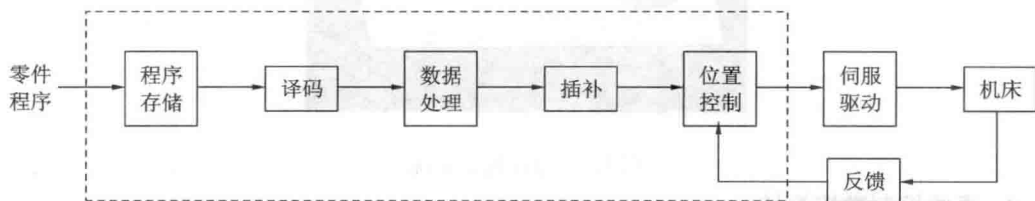


图 1.2 数控系统工作原理框图

(1) 首先根据零件加工图样进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移数据。

(2) 用规定的数控系统程序代码和格式规则编写零件加工程序，将这些程序输入在数据存储柜中。

(3) 通过译码器将标准程序格式翻译成便于计算机处理数据的格式，然后将所接收的信号进行一系列处理(数据处理、插补、位置控制)后，再将处理结果以脉冲信号形式向伺服系统发出执行的命令。

(4) 数控车床伺服系统接到执行信息的指令后，立即驱动车床进给机构严格按照指令的要求进行位移，使车床自动完成相应零件的加工，同时，数控机床会将参数信息反馈到位移装置，对数控机床随时进行监测。

1.3 数控系统的分类

数控系统的分类方法很多，根据数控系统的运动形式、功能等，可大致从运动轨迹、加工工艺、伺服系统、功能水平等方面来进行分类。

1.3.1 按运动轨迹分类

1. 点位控制数控系统

如图 1.3 所示，这种控制系统控制工具相对工件从某一加工点移到另一加工点之间的

精确坐标位置,而对于点与点之间移动的轨迹不进行控制,也即与所走的位置无关,且移动过程中不作任何加工。采用这种控制方式的设备主要有数控钻床、数控坐标镗床和数控冲床等。

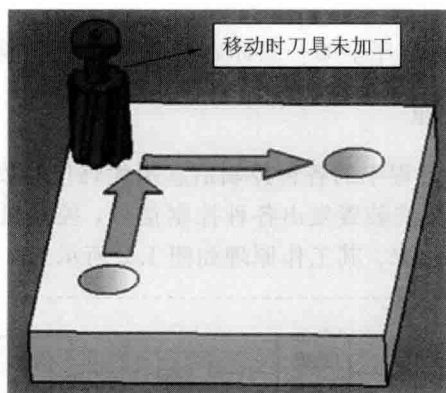


图 1.3 点位控制系统

2. 直线控制数控系统

如图 1.4 所示,这种控制系统控制工具相对于工件的移动不仅要控制点与点的精确位置,还要控制两点之间的移动轨迹是一条直线,且在移动中工具能以给定的进给速度进行加工。相对于点位控制数控系统,其辅助功能要求较多,如它可能被要求具有主轴转数控制、进给速度控制和刀具自动交换等功能。采用这种控制方式的设备主要有简易数控车床、数控镗铣床等。

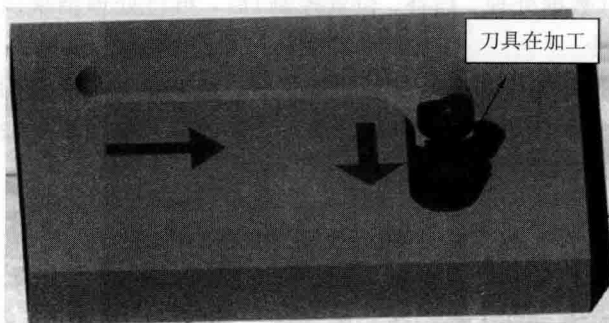


图 1.4 直线控制系统

3. 轮廓控制数控系统

如图 1.5 所示,这类系统能够对两个或两个以上坐标方向进行严格控制,即不仅控制每个坐标的行程位置,同时还控制每个坐标的运动速度。各坐标的运动按规定的比例关系

相互配合,精确地协调配合,连续进行加工,以形成所需要的直线、斜线或曲线、曲面。

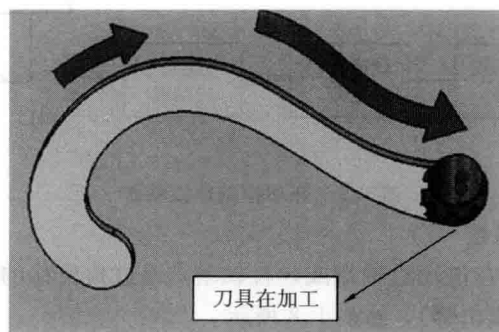


图 1.5 轮廓控制系统

轮廓控制系统组成的数控机床通常又根据联合运动坐标轴数的不同分为2轴、2周半、3轴、4轴和5轴等数控机床。图1.6(a)所示为4轴数控机床,图1.6(b)所示为5轴数控机床。

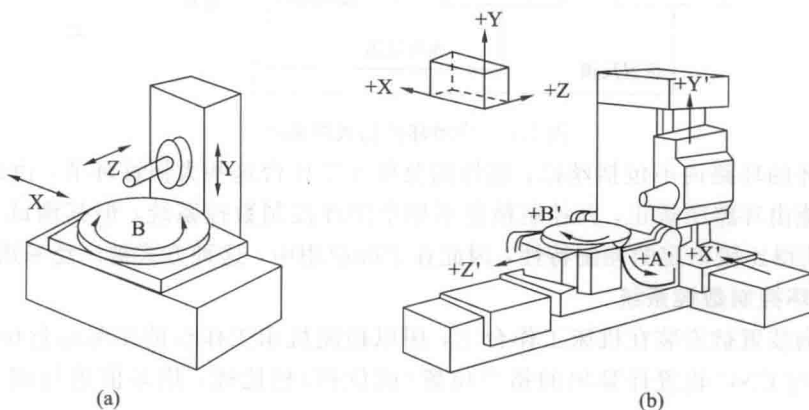


图 1.6 4轴与5轴数控机床

1.3.2 按伺服系统分类

按照伺服系统的控制方式,可以把数控系统分为以下几类:

1. 开环控制数控系统

这类数控系统不带检测装置,也无反馈电路,以步进电动机为驱动元件,如图1.7所示。

数控机床装置输出的进给指令经驱动电路进行功率放大,转换为控制步进电动机各定子绕组依此通电、断电的电流脉冲信号,驱动步进电动机转动,再经机床传动机构带动工作台移动。这种方式控制简单,价格比较低廉。