

数控技术

SHUKONGJISHU

周宏甫 主编



华南理工大学出版社

广东省自然科学基金资助项目 (000383)

数 控 技 术

周宏甫 主编

华南理工大学出版社
·广州·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控技术/周宏甫主编. —广州: 华南理工大学出版社, 2003. 9
ISBN 7-5623-2010-1

I. 数… II. 周… III. 数控机床 IV. TG569

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 063802 号

总 发 行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn <http://www2.scut.edu.cn/press>

责任编辑: 吴兆强

印 刷 者: 广东省农垦总局印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.75 插页: 1 字数: 580 千

版 次: 2003 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1~3000 册

定 价: 35.00 元

版权所有 盗版必究

编 委 会

主 编 周宏甫

副主编 张伦玠 徐 伟 宋小春

潘宝权 杨启明 匡洪文

杨伟明

主 审 梅雪松 华 林

前 言

数控技术是先进制造技术的基础,在机械及相关行业的应用已呈普及的趋势。作为数控加工的主体设备,数控机床是一种机电一体化的高新技术产品,目前已成为金属加工企业的必要装备。随着数控技术在我国普及和发展,迫切需要培养大量高素质、能力强的数控技术人才,以加强对学生能力素质的培养。

为了配合培养数控技术人才的需要,华南理工大学出版社策划出版《数控技术》一书。在编写中,力求反映数控技术和数控机床系统的基本知识,并兼顾到理论与实际的联系;取材和叙述上要求层次分明和合理,叙述简练,便于实训教学。

本书第1章介绍数控机床发展与数控机床的组成和分类;第2章介绍计算机数控技术的体系结构与软硬件;第3章介绍数控加工程序的编制,其中包括数控加工的基本概念、工艺知识及数值处理方法等,详细讲解了数控车床、数控铣床、加工中心的指令系统及编程方法,最后简要介绍了自动编程与CAD/CAM/CMM的有关知识;第4章介绍数控机床的位置检测装置;第5章介绍了开闭环进给驱动装置及位置检测元件,同时对位置闭环控制原理进行了分析;第6章的数控机床的主轴控制与刀库控制,对数控机床的主轴驱动、无级变速、主轴准停控制和刀库控制作了详细介绍;第7章的数控机床结构设计与总体布局,介绍数控机床的机械结构及特点、回转工作台与分度工作台等;第8章介绍了典型数控机床;第9章介绍了数控机床的常见故障诊断与处理;第10章介绍了典型数控系统设计。

本书由华南理工大学周宏甫博士主编(第1章、第2章、第3章、第10章)。参加编写的副主编有广东师范技术学院张伦玠老师(第6章)、徐伟老师(第7章),华南理工大学宋小春老师(第8章、第9章),广州市高级职业培训学院潘宝权(第4章)、杨伟明(第5章)。全书由西安交通大学梅雪松教授、武汉理工大学华林教授主审。

编写过程中参阅了有关院校、工厂、科研院所的一些教材、资料和文献,并得到许多同行专家、教授的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本书可作为机械类各专业大学本科教材,也可作为条件较好的专科的选用教材和从事机电设备或电机工程产品开发、设计和科研人员的参考资料。

限于编者的水平,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003年1月

目 录

第 1 章 概述.....	(1)
1.1 数控系统发展简史及趋势.....	(1)
1.1.1 数控系统发展简史.....	(1)
1.1.2 数控技术在国民经济中的地位.....	(2)
1.1.3 数控系统发展趋势.....	(3)
1.2 数控机床的特点与层次划分.....	(7)
1.3 数控机床的组成与分类.....	(7)
1.3.1 数控机床的组成.....	(7)
1.3.2 数控机床的分类.....	(9)
思考题.....	(10)
第 2 章 计算机数控技术.....	(12)
2.1 计算机数控概述.....	(12)
2.1.1 数控系统.....	(12)
2.1.2 数控系统的基本功能.....	(13)
2.2 数控机床工作原理.....	(13)
2.2.1 数控基本原理.....	(13)
2.2.2 数控系统的结构及工作过程.....	(17)
2.2.3 常用微处理器简介.....	(20)
2.2.4 总线与接口规范.....	(22)
2.2.5 CNC 系统的几种总线.....	(23)
2.3 CNC 系统的软件插补.....	(30)
2.3.1 插补的概念.....	(30)
2.3.2 逐点比较法.....	(31)
2.3.3 数字积分法.....	(35)
2.3.4 时间分割直线插补算法.....	(43)
2.3.5 时间分割圆弧插补算法.....	(44)
2.4 数控系统的软件.....	(46)
2.4.1 典型数控系统的软件.....	(46)
2.4.2 刀具数控磨削自动编程软件.....	(47)
2.4.3 刀具测量与自动对刀软件.....	(48)
2.5 典型 PC 数控.....	(48)
2.5.1 CNC 装置体系结构.....	(48)
2.5.2 操作系统选择.....	(49)
2.5.3 CNC 面板结构.....	(49)
2.5.4 华中 I 型数控系统的体系结构.....	(49)
2.5.5 蓝天系列 CNC 系统 LT1.....	(51)

2.5.6 FANUC 数控系统的体系结构	(51)
2.5.7 串行总线计算机数控系统	(51)
思考题	(53)
第 3 章 数控加工程序的编制	(57)
3.1 数控编程基础	(57)
3.1.1 数控编程的基本指令	(57)
3.1.2 数控编程的方法	(59)
3.1.3 NC 的指令字	(62)
3.1.4 NC 纸带	(63)
3.1.5 自动编程的现状和发展趋势	(64)
3.2 数控加工工艺基础	(67)
3.2.1 数控加工工艺的主要内容	(67)
3.2.2 数控加工的工艺特点	(68)
3.2.3 数控加工的工艺设计	(69)
3.3 二维数控加工编程技术	(78)
3.3.1 二维数控加工的基本概念	(78)
3.3.2 数控车床编程中的有关问题	(79)
3.3.3 数控车床常用指令的编程方法	(81)
3.3.4 车削加工的常用方法	(87)
3.4 数控铣床编程技术	(89)
3.4.1 坐标系和编程零点	(89)
3.4.2 被加工零件的工艺分析	(90)
3.4.3 数控铣削编程常用的功能指令	(91)
3.4.4 二坐标数控铣削加工	(94)
3.5 数控加工中心编程	(101)
3.5.1 加工中心编程的特点	(101)
3.5.2 准备功能与辅助功能	(102)
3.5.3 机床坐标系	(105)
3.5.4 刀具的选择与刀具交换	(106)
3.5.5 子程序	(107)
3.6 多坐标数控编程技术	(108)
3.6.1 多坐标加工刀具轨迹计算	(108)
3.6.2 曲面加工参数线加工方法	(110)
3.6.3 截面线加工方法	(112)
3.6.4 三坐标球形刀多面体曲面加工方法	(113)
3.6.5 曲面交线加工方法	(113)
3.6.6 曲面间过渡区域加工方法	(114)
3.6.7 曲面腔槽加工方法	(115)
3.7 自动编程与 CAD/CAM/CMM	(116)
3.7.1 Master CAM 软件概述	(116)
3.7.2 Master CAM 主功能表	(117)

3.7.3 Master CAM 系统的 CAM 功能	(123)
3.7.4 Master CAM 的 CAM 实例	(127)
3.7.5 基于 PC 微机的 CAD/CAM 软件分析	(129)
3.7.6 三坐标测量系统(CMM).....	(132)
3.7.7 CAD/CAM 间的数据交换	(135)
3.7.8 采用 CAD/CAM 软件进行数控加工的计算机编程	(138)
思考题	(146)
第 4 章 位置检测系统	(156)
4.1 概述	(156)
4.2 感应同步器	(159)
4.2.1 感应同步器的特点	(159)
4.2.2 结构与安装	(160)
4.2.3 工作原理	(162)
4.2.4 感应同步器的应用	(162)
4.3 旋转变压器位置检测装置	(164)
4.4 磁尺位置检测装置	(165)
4.4.1 磁尺位置检测装置的组成及特点	(166)
4.4.2 磁尺位置检测装置的工作原理	(167)
4.5 光栅位移检测装置	(169)
4.5.1 光栅测量原理	(170)
4.5.2 辨向原理	(171)
4.5.3 细分技术	(172)
4.5.4 结构示例	(173)
4.6 脉冲编码器	(173)
4.6.1 分类	(173)
4.6.2 增量式光电脉冲编码器	(173)
4.6.3 绝对式脉冲编码器	(175)
4.6.4 编码器的密封结构	(177)
思考题	(178)
第 5 章 机床进给伺服系统	(179)
5.1 进给驱动的要求	(179)
5.2 进给伺服电机类型	(181)
5.3 步进电机进给伺服系统	(182)
5.4 半闭环进给伺服系统	(183)
5.5 闭环进给伺服系统	(183)
5.6 提高伺服系统定位精度的方法	(187)
5.6.1 伺服系统定位误差形成原因与克服办法	(187)
5.6.2 分段线性减速精确定位	(188)
思考题	(189)
第 6 章 数控机床的主轴控制与刀库控制	(191)
6.1 数控机床的主轴控制原理	(191)

6.1.1 直流调速系统	(192)
6.1.2 交流调速系统	(193)
6.2 常见的主轴控制单元	(195)
6.2.1 直流主轴控制单元	(195)
6.2.2 交流主轴控制单元	(196)
6.2.3 SIMODRIVE 主轴驱动系统	(197)
6.2.4 电主轴	(201)
6.3 数控机床的主传动系统	(202)
6.3.1 传动系统的特点	(202)
6.3.2 数控机床主轴变速方式	(202)
6.3.3 数控车床主传动系统及主轴部件	(203)
6.3.4 加工中心主传动系统及主轴部件	(208)
6.4 刀库	(211)
6.4.1 刀库的常见类型	(211)
6.4.2 数控机床的自动换刀装置	(212)
思考题	(234)
第 7 章 数控机床结构与总体布局	(235)
7.1 数控机床结构	(235)
7.1.1 数控机床的模块化和机电一体化	(235)
7.1.2 提高机床的结构刚度	(236)
7.1.3 减少机床的热变形	(240)
7.1.4 减少运动件的摩擦和消除传动间隙	(244)
7.1.5 提高机床的寿命和精度保持性	(245)
7.1.6 减少辅助时间, 改善操作性	(245)
7.2 数控机床的总体布局	(246)
7.2.1 总体布局与工件形状、尺寸和质量的关系	(247)
7.2.2 运动分配与部件的布局	(247)
7.2.3 总体布局与机床结构性能	(249)
7.2.4 自动换刀数控卧式镗铣床(加工中心)的总体布局	(252)
7.2.5 机床的使用要求与总体布局	(252)
7.2.6 数控机床总体布局的其他趋向	(253)
7.2.7 机床总体布局的 CAD	(254)
7.3 进给系统的机械传动结构	(258)
7.3.1 基本要求	(258)
7.3.2 典型结构	(259)
7.3.3 进给系统机械结构的关键元件	(259)
7.4 数控机床的辅助装置	(269)
7.4.1 液压和气动装置	(269)
7.4.2 数控回转工作台	(276)
7.4.3 排屑装置	(280)
7.4.4 高速动力卡盘	(281)

7.4.5 对刀仪	(281)
7.4.6 数控分度头	(282)
思考题	(286)
第 8 章 典型数控机床与产业数控机床	(287)
8.1 数控车床	(287)
8.1.1 数控车床结构	(287)
8.1.2 数控机床的应用	(289)
8.2 数控铣床	(290)
8.2.1 数控铣床的特点与种类	(290)
8.2.2 DXK32 型数控铣床的结构	(292)
8.2.3 数控铣床的应用	(295)
8.3 加工中心	(296)
8.3.1 加工中心的特点与种类	(296)
8.3.2 DHK40 型加工中心的结构	(297)
8.3.3 加工中心的应用	(299)
8.4 数控雕刻机	(300)
8.4.1 雕刻机的特点与种类	(300)
8.4.2 CL-2MA CNC 高速雕刻机的结构	(302)
8.4.3 数控雕刻机的应用	(304)
8.5 产业数控机床	(305)
8.5.1 CNC 压力机	(305)
8.5.2 CNC 板料折弯机	(310)
8.5.3 CNC 弯管机	(311)
8.5.4 CNC 弹簧机	(313)
8.5.5 CNC 自动绕线机	(314)
8.5.6 CNC 旋压机	(315)
思考题	(319)
第 9 章 常见故障报警与排除	(320)
9.1 安全操作与维护	(320)
9.1.1 安全操作	(320)
9.1.2 数控机床的维护	(321)
9.2 数控机床常见故障的现象和原因	(322)
9.2.1 工作台不能进行 X 轴或 Z 轴方向的移动	(322)
9.2.2 数控刀库(刀架)不能正常工作	(322)
9.2.3 自动运行后工件尺寸达不到要求	(323)
9.2.4 数控系统没有得电	(323)
9.2.5 主轴不能转动	(323)
9.2.6 切削出来的工件有锥度(斜度)	(324)
9.2.7 工作台间隙过大	(324)
9.3 CNC 系统的故障诊断方法	(324)
9.3.1 GSK928TA 或 GSK928M 系统	(325)

9.3.2 GSK928TA 或 GSK928M 系统常见故障诊断及排除实例	(325)
9.4 伺服系统	(333)
9.4.1 步进驱动器系统	(333)
9.4.2 交流伺服驱动系统	(335)
9.4.3 伺服系统故障的排除方法	(336)
9.4.4 故障的诊断与排除实例	(337)
9.5 机床电器	(339)
9.5.1 工作原理简介	(339)
9.5.2 电器系统故障诊断的常见方法	(340)
9.5.3 故障的诊断和排除方法	(340)
9.6 机械系统	(343)
9.6.1 机械故障诊断的常见方法	(343)
9.6.2 常见故障的诊断与排除	(344)
9.7 综合故障实例分析与处理	(346)
第 10 章 典型数控系统设计实例	(349)
10.1 控制系统的功能及电气控制结构框图	(349)
10.2 CPU 和存储器	(350)
10.2.1 CPU	(350)
10.2.2 存储器扩展电路	(354)
10.2.3 8031 芯片与 27128、6264 连接	(355)
10.3 I/O 接口电路	(356)
10.3.1 8155I/O 接口芯片	(356)
10.3.2 8255 可编程接口芯片	(358)
10.3.3 8188、8255 与系统的连接	(362)
10.4 辅助电路	(362)
10.4.1 键盘显示接口电路	(362)
10.4.2 步进电机接口及驱动电路	(362)
10.4.3 其他辅助电路	(364)
10.5 各存储及 I/O 接口芯片的地址编码	(365)
参考文献	(367)

第 1 章 概 述

1.1 数控系统发展简史及趋势

数控 NC，即数字控制，是 Numerical Control（数字控制）的略语和缩写，数控 NC 在 JIS 中定义为“在 NC 机床中，将工具对工件的位置用对应的数字信息进行指令控制”。

1946 年诞生了世界上第一台电子计算机，这表明人类创造了可增强和部分代替脑力劳动的工具。它与人类在农业、工业社会中创造的那些只是增强体力劳动的工具相比，起了质的飞跃，为人类进入信息社会奠定了基础。

数控机床自 1952 年在美国麻省理工学院(MIT)问世以来，相继引进新技术进行产品生产。控制元件也由电子管到晶体管、集成电路，体积不断缩小，可靠性不断提高。近半个世纪以来，数控系统经历了两个阶段六代发展。

1.1.1 数控系统发展简史

1. 数控(NC)阶段(1952~1970 年)

早期计算机的运算速度低，对当时的科学计算和数据处理影响还不大，不能适应机床实时控制的要求。人们采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统，被称为硬件连接数控(HARD-WIRED NC)，简称为数控(NC)。随着元器件的发展，这个阶段历经了三代发展：

第一代 NC 是电子管 NC。它是 1948 年美国帕森兹公司为研制新型直升机桨叶，在 MIT 的协助下，于 1952 年完成的。由电子管、继电器、模拟电路构成的三坐标连续轨迹控制的数控铣床，用作数控机床的原型机或样品机。

第二代 NC 是晶体管 NC。1959 年，晶体管取代了电子管，并广泛采用印制线路板。

第三代 NC 是采用小规模集成电路的 NC。1965 年的第三代——小规模集成电路。

2. 计算机数控 (CNC) 阶段(1970 年~现在)

到 1970 年，通用小型计算机已出现并成批生产，于是将它移植过来作为数控系统的核心部件，从此进入了计算机数控 (CNC) 阶段(把计算机前面应有的“通用”两个字省略了)。到 1971 年，美国 INTEL 公司在世界上第一次将计算机的两个最核心的部件——运算器和控制器，采用大规模集成电路技术集成在一块芯片上，称之为微处理器(MICROPROCESSOR)，又可称为中央处理单元(简称 CPU)。

到 1974 年，微处理器被应用于数控系统。这是因为小型计算机功能太强，控制一台机床能力有富裕(故当时曾用于控制多台机床，称之为群控)，不如采用微处理器经济合理，而且当时的小型机可靠性也不理想。早期的微处理器的速度和功能虽还不够高，但可以通过多处理器结构来解决。由于微处理器是通用计算机的核心部件，故仍称为计算机数控。

到了 1990 年, PC 机(个人计算机, 国内习惯称微机)的性能已发展到很高的阶段, 可以满足作为数控系统核心部件的要求。数控系统从此进入了基于 PC 的阶段。

计算机数控阶段也经历了三代: 即 1970 年的第四代——小型计算机; 1974 年的第五代——微处理器和 1990 年的第六代——基于 PC(国外称为 PC-BASED)。

还要指出的是, 虽然国外早已改称为计算机数控(即 CNC)了, 而我国仍习惯称数控(NC)。所以, 我们日常讲的“数控”, 实质上已是“计算机数控”。

1.1.2 数控技术在国民经济中的地位

当今世界上一切制成品, 无一不是直接或间接由机床所制造的机器或工具器械所制造的, 因此机床又称为工作母机, 其现代化程度直接关系着制造业的现代化程度, 而机床的现代化程度又集中体现在数控机床上, 数控机床是工厂自动化的基础, 数控技术是数控机床的关键技术。

现代数控技术集传统的机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通讯技术、液压气动技术、光机电技术于一体, 是现代制造技术的基础, 它的发展和运用, 开创了制造业的新时代, 使世界制造业的格局发生了巨大变化。

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的物质手段, 它的广泛使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化, 它的关联效益和辐射能力更是难以估计; 数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础, 现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等, 都是建立在数控技术之上, 离开了数控技术, 先进制造技术就成了无本之木; 数控技术是国防现代化的重要战略物质, 国外对高级型数控机床的控制以及举世瞩目的“东芝事件”充分反映了数控机床在国防现代化方面所起的至关重要的作用; 数控技术是国际技术和商业贸易的重要构成, 工业发达国家把数控机床视为具有高技术附加值、高利润的重要出口产品, 世界贸易额逐年增加。

因此, 数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业, 其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志, 实现加工机床及生产过程数控化, 已经成为当今制造业的发展方向。专家们曾预言: 机械制造的竞争, 其实质是数控的竞争。

有鉴于此, 各工业发达国家把提高数控技术水平作为提高制造业水平的重要标志, 竞相发展本国的数控产业。日本由于数控技术高度发展使其制造业迅速崛起, 美国要挽回其失去的地位, 欧洲要适应市场竞争的需求, 从而以数控技术为主要标志的现代制造技术成了美国、日本和欧洲等工业国家竞争的焦点。由于数控产业的发展并不完全是企业行为, 而是某种程度上体现了政府意志, 其发展快慢, 有赖于政府的支持。因此, 日本、美国、意大利、西班牙、印度等国, 都采用了一些扶持本国数控产业发展的政策措施。我国政府已充分意识到发展数控技术的重要性, 正积极采取各种有效措施大力发展中国的数控产业, 把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。

1.1.3 数控系统发展趋势

1.1.3.1 数控的技术特点

数控技术是综合机械加工技术、自动化技术、计算机技术、测量技术和微电子技术而形成的一门边缘学科。数控技术是 CIMS 和 FA (无人化工厂) 的基础技术之一, 也是当今世界机械制造业的核心技术, 从 NC 到 FA 的技术发展流程, 也是制造技术、信息技术和管理技术相互渗透和发展的过程。

(1) 数控技术对软件要求高。CNC 系统把计算机引入数控系统, 用存储的软件代替普通 NC 的硬件控制, 可利用计算机的数据处理能力方便地实现各种控制策略; 用可编程逻辑控制器 PLC 代替普通 NC 的继电器逻辑, 用软件实现机床的开关控制。CNC 软件的技术专业强, 每套软件不但需要根据系统的性能配置各种不同功能的控制软件, 还要根据加工工艺特征和用户特殊要求, 不断开发出具有各种工艺特色的应用软件, 因此, 开发软件的人, 不懂机械加工工艺是开发不好的。

(2) 可靠性指标高。数控机床的工作环境比较恶劣, 又必须能抵抗电网电压波动和干扰, 因此, 对 CNC 的可靠性要求优于一般的计算机。数控机床一般加工的零件型面较复杂, 加工周期长, 要求平均无故障时间 MTBF 在 2 万 h 以上, 要有多种报警和保护措施, 出故障时尽可能不损坏机床、刀具和工件, 并能根据报警信息了解故障部件, 及时排除故障。

1.1.3.2 我国数控机床领域的现状

近几年来, 我国机床行业发奋图强, 埋头苦干, 向航天工业、造船业、大型发电设备制造、冶金设备制造、机车车辆制造等重要用户, 提供了一批高质量的数控机床和柔性制造单元。北京第一机床厂研制成功的五坐标数控螺旋桨铣床, 用于加工直径 6m 的 10 万 t 级远洋轮用的螺旋桨叶面; 武汉重型机床厂为加工 30 万 kW 水轮发电机组提供了 16m 数控立式车床, 最大加工直径为 16m、加工精度为 0.02mm 等。这几年, 我国数控机床产业在技术上已有六个方面的跨越:

(1) 可供应网络化、集成化、柔性化的制造装备。如北京机电院等开发的 6 台机床联成的局域网, 可在服务器上实现加工对象的实体造型, 并将加工程序通过网络, 自动传送到各台数控机床。

(2) 五轴联动数控技术更加成熟。如常州机床总厂研制的 5 轴联动数控机床。

(3) 进入世界高速数控机床生产国行列。如一批主轴转速在 8000~10000r/min 以上、进给速度达 60m/min 的数控机床研制成功。

(4) 进入高精度精密数控机床生产国行列。如北京机电院研制的定位精度达 $\pm 3\mu\text{m}$ 的立式加工中心和宁江机床厂研制的精度达 $\pm 8\mu\text{m}$ 的卧式加工中心等。

(5) 进入全数控化螺旋齿轮切齿机生产行列。秦川机床集团与西安交通大学和长沙铁道学院研制的六轴五联动的全数控化的螺旋齿锥齿轮切齿机, 使中国成为继美国、瑞士、德国之后, 第四个能生产这类机床的国家。

(6) 关联杆系(虚拟轴) 机床开始走向实用化。如国内研制的三条腿机床经过切削加工试验, 表明已开始步入实用化阶段。在数控系统方面, 我国已拥有从低档到高档次产品的

自主知识产权,这实际上已突破国外对我国的限制。

1.1.3.3 数控技术未来发展方向

(1) 继续向开放式、基于 PC 的第六代方向发展。基于 PC 所具有的开放性、低成本、高可靠性、软硬件资源丰富等特点,更多的数控系统厂家会走上这条道路。至少采用 PC 机作为它的前端机,来处理人机界面、编程和联网通信等问题,由原有的系统承担数控的任务。PC 机所具有的友好的人机界面将普及到所有的数控系统,远程通讯、远程诊断和维修将更加普遍。日本、欧盟和美国等针对开放式的 CNC,正在进行前后台标准的研究。

(2) 向高速化和高精度化发展。这是适应机床向高速和高精度方向发展的需要。要求数控系统高速处理并计算出伺服电机的移动量,并要求伺服电机能快速地做出反应。为使在极短的空程内达到高速度和在高行程速度下保持高定位精度,必须具备高加、减速度和高精度的位置检测系统和伺服品质。通过减少数控系统的误差和采用补偿技术来提高精度。

(3) 向智能化方向发展。随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展,数控系统的智能化程度将不断提高。

① 用自适应控制技术。数控系统能检测过程中一些重要信息,并自动调整系统的有关参数,达到改进系统运行状态的目的。

② 引入专家系统指导加工。将熟练工人和专家的经验,加工的一般规律与特殊规律存入系统中,以工艺参数数据库为支撑,建立具有人工智能的专家系统。当前,已开发出模糊逻辑控制和带自学习功能的人工神经网络电火花加工数控系统。

③ 引入故障诊断专家系统。当数控机床某部分出现故障时,故障诊断专家系统会进行判断、反馈,产生报警,或显示故障代号、故障部位等信息。

④ 智能化数字伺服驱动装置。通过自动识别负载而自动调整参数,使驱动系统获得最佳的运行。

1.1.3.4 智能数控系统技术进展

1. 智能数控系统技术内涵

智能数控系统技术是研究将被加工工件的几何信息和加工工艺信息等经智能化交流伺服系统处理,转换成一系列运动、动作指令,输送给伺服电动机来完成工件加工的一门技术。

2. 智能数控系统技术的地位和作用

在先进制造技术中,智能数控系统技术是柔性制造自动化技术的最重要的基础技术,具有智能化交流伺服系统的数控机床对通用加工具有良好的适应性,为单件、中小批量常规零件或常规复杂零件的加工提供了高效的自动化加工手段。

3. 智能数控系统技术前沿分析

(1) 21 世纪初十年的需求:高精度、高速化、高柔性化、高可靠性、复合加工功能、智能化和基于工业 PC 机的开放式的智能数控系统。

(2) 智能数控系统技术发展趋势:

① 能进行高速、高精度和多轴(5 轴以上)联动加工。

② 高可靠性。

③ 具有一定智能化能力。

- ④ 有完善的监控和诊断能力。
- ⑤ 易于进线或联网。
- ⑥ 简化编程和能进行图形仿真。
- ⑦ 可控制多种外围设备。

(3) 智能数控系统技术发展前沿分析: 高性能智能化交流伺服系统的研究是智能数控系统技术发展的前沿。将人工神经网络、专家系统、模糊逻辑及遗传算法等人工智能系统与现代交流伺服控制理论方法相结合, 研究适合高性能智能化交流伺服系统的控制方法: 分层递阶智能控制、定性与定量控制的协调方法, 模糊神经网络并行学习算法, 智能容错鲁棒控制器设计及智能控制的稳定性分析方法。使交流伺服系统的性能达到快响应、高精度及高可靠性智能化的目标, 并能在高精度数控机床中得到应用。

(4) 智能数控系统技术发展特点:

① 选用高速 32 位处理机, 采用高速高精度采样插补, 大幅度提高采样频率, 根据被插补曲线曲率的变化, 自适应地调节进给速度并自动进行加减速控制。

② 采用智能化交流伺服系统, 实现多轴控制。

③ 采用基于工业 PC 机的开放式数控系统、彩色 CRT 图形显示、人机对话及自动诊断功能, 具有多种监控、监测和补偿功能。

④ 有很强的网络功能、系统化功能和通信功能, 实现标准化、通用化和模块化。

⑤ 采用转角直线位移双闭环位置控制, 实时映射加工控制以及位置自适应控制。

4. 智能数控系统重要技术分析与预测

(1) 智能数控系统技术概要:

① 高可靠性。选用新型高速、高性能 CPU 作为系统的运算和控制核心。CPU 主要完成系统管理、人机交互、动态显示、预处理和插补计算等任务。提高系统集成度, 严把质量关, 在软件设计、电源设计、接插件设计、接地与屏蔽设计等方面采用强抗干扰、高可靠性设计, 从而全面提高系统的可靠性。

② 高精度控制。数控系统的控制精度, 是保证数控机床加工精度的关键。数控系统对机床的各坐标轴采用高精度智能化交流伺服系统驱动控制。高精度智能化交流伺服系统由智能控制器、自动检测和自动识别技术与新型高性能微机、新型功率电子器件(IGBT)的逆变器、数字信号处理器(DSP)、数字式位置传感器、SPWM 以及交流永磁同步电动机或笼型异步伺服电动机构成。利用知识工程、机器学习、人工智能技术、实时逻辑模型、模糊 Petri 网的原理和方法, 建立适合于复杂交流伺服系统的知识结构、广义知识表示及知识的自动获取方法, 为综合智能控制提供信息基础。将模糊逻辑、人工神经网络、遗传算法和专家系统所具有的特性(自学习、自组织、自识别)集中于交流伺服控制器上, 设计出不依赖于对象模型的智能控制器, 这是智能化交流伺服系统的基础。

③ 操作方便。在操作方面, 利用多媒体技术, 增加触摸屏操作功能及语音提示功能, 使系统的使用更加方便。

④ 加工信息获取的自动化。在加工信息获取方面, 往上实现 CAD/CAM/CNC 一体化, 使复杂工作的加工更加容易; 往下增加实物映射加工功能, 实现无程序数控加工。

⑤ 功能先进。一方面, 采用新型现场总线联网技术, 增加网络实时控制功能, 使数控

机床可以方便地组成生产线,由中央计算机进行统一管理和控制,提高机床的运行效益,在此基础上,还可进一步构成 FMS 和 CIMS;另一方面,采用位置自适应控制功能,使单件小批量工件加工时,无需采用精密夹具或进行人工找正,提高加工过程的敏捷性。

⑥ 模块化开放式结构。系统软件及硬件均采用模块化开放式结构,不仅使系统配置灵活,可适用于车床、铣床、钻床、磨床、加工中心及电加工机床等各类设备,而且还使系统易于扩充功能和升级。

(2) 智能数控系统技术发展的突破点:智能数控系统技术发展的突破点是高精度智能化交流伺服系统的研制,它的智能水平决定了数控系统的控制精度,是提高数控机床加工精度的关键技术。

(3) 智能数控系统技术在国外的发展现状及趋势:

① 智能数控系统技术的关键技术:高性能、智能化交流伺服系统的研究和开发应用已引起国内外的高度重视。国外已经开发研制了通用的变频器和高性能产品,许多类型的高精度交流伺服系统已成功运用到数控机床位置控制及电气传动执行机构中,国内在这方面的研究处于比较低的水平,实用化与国产化水平较低,没有形成相应的产品系列,无法满足工业的需要,仍有待进行深入的研究。其发展趋势是研究高精度、高可靠性、快响应的智能化交流伺服系统的控制理论方法与检测技术。

② 智能数控系统技术发展的显著特点:是基于工业 PC 机的开放式数控系统的出现,工业 PC 机以高性能、低价格、高可靠性和开放的结构进入数控系统领域,使数控系统更具开发能力,更能实现高精度加工,提高分辨率,改善伺服跟踪系统,控制功能更可靠,而价格则大幅度下降。因此,近年来基于工业 PC 机的数控系统成为开发的热点课题。国内外各大数控公司都致力于开发新型开放式数控系统,发展趋势是进一步研究可靠性、实时性等一系列问题,为全开放式智能数控系统产品走向市场铺平道路。

(4) 智能数控系统技术主要研究内容:

- ① 建立一种交流伺服系统的混合知识模型。
- ② 研究新的快速辨识、优化和自学习控制算法。
- ③ 具有自适应、自学习功能的最优鲁棒伺服控制。
- ④ 高精度数字伺服系统协调控制。
- ⑤ 多传感器信息融合的自动检测与自动识别。
- ⑥ 高精度与多轴联动加工。
- ⑦ 开发基于 CAN 总线的新型网络数控系统。
- ⑧ 实现 CAD/CAM/CNC 一体化,能对三维曲面进行现场造型、编程、修改和数控加工。
- ⑨ 实现多任务的并行处理。在数控机床加工的同时,用户还可以在系统上进行几何造型和数控编程。
- ⑩ 与可编程逻辑控制器配套,为系统完成刀库管理、主轴管理等复杂的逻辑控制功能提供保证。

智能数控系统技术是先进制造技术中最重要的基础技术,它具有高可靠性、高控制精度、使用方便、加工信息获取自动化、功能先进以及模块化开放式结构等特点。其关键技