

PC-based Numerical Control Principle, System and Applications

PC

数控原理、 系统及应用

◎ 周凯 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

PC-based Numerical Control Principle, System and Applications

PC 数控原理、系统及应用

周 凯 著



机械工业出版社

本书针对发展和应用新一代 PC 数控系统的需求,从理论与实践相结合的角度,全面系统阐述 PC 数控的有关原理、控制方法、系统实现和多方位应用。全书内容分三个部分:第 1 部分 PC 数控原理(第 1~5 章),介绍 PC 数控的工作原理、轨迹插补原理与方法、轨迹控制原理与方法,以及新发展起来的高级控制方法;第 2 部分 PC 数控系统(第 6~12 章),介绍 PC 数控系统的体系结构、硬件系统、软件系统、驱动系统、零传动系统、开关量控制系统和网络化控制系统;第 3 部分 PC 数控技术应用(第 13~15 章),介绍 PC 数控系统在车床、铣床、加工中心等设备上的典型应用,以及在机器人、坐标测量机、实物映射加工系统等方面的特殊应用,并以基于 PC 数控的网络化制造系统为例,介绍 PC 数控技术的综合应用。

本书适合于数控技术、机电一体化、工业自动控制、现代制造系统等领域的研究人员和工程技术人员学习使用,并可作为高等院校机电、自动化、计算机控制与应用等专业师生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PC 数控原理、系统及应用/周凯著. —北京:机械工业出版社, 2006.3
ISBN 7-111-18657-5

I. P... II. 周... III. 数控机床—数控系统 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 018009 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曾红

责任编辑:曾红 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

三河市宏达印刷有限公司印刷

2006 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·13.625 印张·530 千字

0001—4000 册

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

PC (Personal Computer) 的发展, 创造了计算机领域前所未有的奇迹。这一充满生命力的技术和产品, 不但广泛应用于科研、教育、生产的各种领域, 而且走进了亿万家庭, 成为人们工作和学习的必不可少的工具。同样, 在工业控制领域, 基于 PC 的数字化控制系统也已成为新一代数控系统产品的代表, 在全世界范围内得到广泛应用, 形成了势不可挡的澎湃潮流。学术界和产业界都深刻认识到, PC 数控已成为数控技术发展的必然趋势。面对这一潮流和趋势, 掌握 PC 数控这一先进技术, 已成为数控技术、工业自动化和制造工程领域广大研究人员、技术人员和应用人员的迫切需要。

本书以作者十多年来在 PC 数控方面的研究、开发和应用实践为基础, 并结合国内外在 PC 数控领域的研究、开发和应用的最新成果, 全面、系统地介绍 PC 数控技术, 主要涉及 PC 数控原理、PC 数控系统、PC 数控技术应用三个方面。

第 1 部分 PC 数控原理, 由第 1~5 章组成, 主要介绍 PC 数控的总体情况、PC 数控的基本原理、PC 数控的轨迹插补原理与方法、PC 数控的轨迹控制原理与方法、PC 数控的高级控制方法; 第 2 部分 PC 数控系统, 由第 6~12 章组成, 主要介绍 PC 数控系统的体系结构、PC 数控的硬件系统、PC 数控的软件系统、PC 数控的驱动系统、PC 数控的零传动驱动系统、PC 数控的开关量控制系统、PC 数控的网络化控制系统; 第 3 部分 PC 数控技术应用, 由第 13~15 章组成, 主要介绍 PC 数控系统在车床、铣床、加工中心、线切割机床、激光加工设备、快速成形制造设备等方面的典型应用, PC 数控系统在机器人、坐标测量机、实物映射加工系统、智能寻位加工系统、自动导引车等方面的特殊应用, 以及 PC 数控系统在网络化制造系统中的综合应用。

本书的编写力争突出以下特点:

1. 内容新颖、先进、实用, 注重系统性和科学性

在原理和方法方面, 重点介绍 PC 数控的新原理和实际应用较多并取得良好效果的先进方法, 如高速高精度轨迹插补、轨迹前瞻控制、轨迹协调控制、数字式交流驱动、零传动驱动、网络化控制等新的前沿内容。在 PC 数控系统的具体

结构方面,则以取得良好应用效果的 PC + I/O 软件化结构和有发展前途的 PC + 实时网络的分布式结构为主线进行阐述。在应用方面,则力求做到普及性与高水平的兼顾。

在力求内容新颖、先进、实用的同时,注重加强取材、组织、阐述、表达的系统性和科学性,以及理论、方法、系统实现和应用的连贯性。

2. 充实科研和生产两方面的前沿成果,理论联系实际

书中的主要内容均取自国内外在 PC 数控领域的研究、开发和应用的最新成果;包括作者及其合作企业十多年来在 PC 数控研究、开发和应用方面取得的成果。这些成果不仅是科研方面的成果,更多的是解决生产实际问题所取得的工程性成果。

3. 突出我国 PC 数控技术和产业的成就

本书在阐述有关 PC 数控的原理、方法、系统和应用时,均以国产 PC 数控系统,特别是具有中国特色的 PC 数控技术的核心成果为背景。例如,书中作为主线介绍的 PC + I/O 的软件化结构和由此派生的多种 PC 数控系统,就是我国从 20 世纪 80 年代开始研究开发,经过十多年生产应用考验,技术上相当成熟,当前仍保持技术优势的国产 PC 数控系统的典型成果。

4. 强调多学科交叉、注重机电结合

PC 数控技术是一门跨学科的综合性的技术。PC 数控技术的研究、开发和应用涉及众多学科和技术领域。因此在编写本书时,尽量从多学科交叉,机、电、控制与计算机相结合的角度组织素材和进行阐述,以使读者对 PC 数控技术的内涵有更加清晰和全面的了解。

本书的编写和出版得到机械工业出版社的支持,同时得到许多同事和同行的帮助,在此一并表示感谢!

虽然本书的编写是在多年科研和工程实践基础上进行的,并吸取了许多应用精华,但由于作者的水平和能力有限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2006 年 3 月于清华园

机械工业出版社机械行业标准出版信息

我社出版自 2002 年开始发布的现行机械行业标准 (JB), 其中包括机械、电工、仪表三大行业, 涉及设备、产品、工艺等几大类。为保证用户查询、购买方便, 特提供以下信息:

查询标准出版信息、网上订购

[http: //www.cmpbook.com/standardbook/
bz1.asp](http://www.cmpbook.com/standardbook/bz1.asp)

电话订购

直销中心电话: 010 - 88379693

010 - 88379645

010 - 88379646

直销中心传真: 010 - 68326287

直销中心地址: 北京市西城区百万庄南街 1 号

邮政编码: 100037

户名: 机械工业出版社直销中心

账号: 0200001409024901645

开户行: 北京工商银行百万庄支行

目 录

前言

第 1 部分 PC 数控原理	1
第 1 章 绪论	1
1.1 数控技术的发展历史与 PC 数控	1
1.2 PC 数控的技术经济优势	2
1.3 PC 数控的当前技术水平	3
1.4 PC 数控技术与装备的发展趋势	5
1.5 发展高性能 PC 数控产品的技术途径	9
第 2 章 PC 数控的基本原理	11
2.1 PC 系统的基本原理	11
2.1.1 PC 的发展历程	11
2.1.2 PC 系统的组成	11
2.1.3 PC 系统的工作原理	13
2.1.4 PC 用于工业控制的基本原理	14
2.2 PC 控制加工过程的基本原理	15
2.2.1 数控加工的基本概念	15
2.2.2 PC 数控加工的实现过程	15
2.3 PC 数控加工系统的组成	22
2.3.1 单机系统	22
2.3.2 多机系统	23
2.4 PC 数控系统的基本结构与运行原理	24
2.4.1 数控系统的概念	24
2.4.2 PC 数控系统的基本结构	24
2.4.3 PC 数控系统的运行原理	26
2.5 PC 数控装置的主要环节	28
2.5.1 人机交互与信息输入模块	28
2.5.2 联网通信与控制模块	29
2.5.3 加工信息处理模块	29
2.5.4 反馈信息处理模块	30
2.5.5 轨迹插补模块	30
2.5.6 进给轴控制模块	31

2.5.7 主轴控制模块	31
2.5.8 辅助控制模块	32
2.5.9 系统管理与控制模块	32
第3章 PC 数控的轨迹插补原理与方法	34
3.1 PC 数控轨迹插补的基本原理	34
3.1.1 数字方式下的轨迹插补原理	34
3.1.2 脉冲方式下的轨迹插补原理	37
3.2 PC 数控轨迹插补的基本方法	37
3.2.1 空间直线插补方法	37
3.2.2 多轴线性插补方法	39
3.2.3 圆弧插补方法	40
3.2.4 椭圆插补方法	42
3.2.5 螺旋线插补方法	43
3.3 PC 数控的高速采样插补方法	44
3.3.1 低频采样插补存在的问题	44
3.3.2 提高采样插补性能的思路	45
3.3.3 高速高精度插补的硬件环境	47
3.3.4 插补算法与软件设计	48
3.4 PC 数控的样条曲线插补方法	52
3.4.1 样条曲线插补的基本原理	52
3.4.2 样条曲线插补的实现方法	53
3.4.3 列表曲线的样条插补方法	57
3.4.4 高次曲线的样条插补方法	59
3.5 PC 数控的自由曲面插补方法	59
3.5.1 自由曲面的数学模型与信息传递	60
3.5.2 自由曲面上切削路径的 $u-v$ 域描述	61
3.5.3 切削轨迹的实时生成	62
3.5.4 自由曲面插补中的误差控制	63
3.5.5 刀具运动轨迹计算	64
3.5.6 组合曲面插补中的过渡轨迹计算	64
3.6 PC 数控的螺纹加工控制方法	65
3.6.1 软件同步控制的基本原理	66
3.6.2 同步控制算法	66
3.6.3 软件实现	68
3.7 PC 数控的数字-脉冲转换方法	69
3.7.1 数字积分原理	69
3.7.2 数字-脉冲转换的实现方法	69
3.7.3 多轴转换的软件计算流程	70

3.7.4 脉冲转换与采样插补的同步问题	70
3.8 PC 数控的柔性加减速控制方法	71
3.8.1 柔性加减速控制的基本思想	72
3.8.2 柔性自动加速控制	73
3.8.3 柔性自动减速控制	74
第 4 章 PC 数控的轨迹控制原理与方法	76
4.1 数控轨迹控制的基本原理	76
4.2 PC 数控的步进运动控制	78
4.2.1 步进运动控制的特点	78
4.2.2 软件化步进运动控制方法	78
4.2.3 PC + I/O 的步进运动控制方法	80
4.3 PC 数控的闭环步进运动控制	80
4.3.1 问题的提出	80
4.3.2 提高步进运动控制精度的新思路	81
4.3.3 闭环步进运动控制系统的组成与动态结构	82
4.3.4 位置控制器设计	83
4.4 PC 数控的连续运动控制	85
4.4.1 模拟伺服运动控制系统的组成	85
4.4.2 模拟伺服运动控制系统的控制器设计	86
4.4.3 模拟伺服运动控制系统存在的问题	87
4.5 PC 数控的数字化连续运动控制	87
4.5.1 连续运动的数字化驱动	87
4.5.2 连续运动的数字化直接控制	87
4.5.3 连续运动的数字化闭环控制	89
4.5.4 连续运动的数字化转角-线位移双闭环控制	95
第 5 章 PC 数控的高级控制方法	101
5.1 高速 PC 数控的轨迹前瞻控制方法	101
5.1.1 问题的提出	101
5.1.2 前瞻控制方法	101
5.1.3 前瞻控制的实现	104
5.2 高速 PC 数控的合成轨迹误差控制方法	105
5.2.1 进给轴跟随误差对轨迹精度的影响	105
5.2.2 从控制角度提高合成轨迹精度的途径	109
5.2.3 轨迹误差增益匹配控制方法	111
5.2.4 轨迹误差交叉耦合控制方法	112
5.2.5 轨迹误差预测补偿控制方法	113
5.2.6 轨迹误差仿真学习控制方法	115
5.3 基于 PC 数控的虚拟轴机床控制方法	117

5.3.1 虚拟轴机床的概念	117
5.3.2 Stewart 平台并联机床的控制	118
5.3.3 超长行程高速混联机床的控制	125
5.4 基于 PC 数控的位姿自适应控制方法	130
5.4.1 问题的提出	130
5.4.2 位姿自适应控制原理	131
5.4.3 位姿自适应控制的基本方法	133
5.5 基于 STEP-NC 的 PC 数控方法	139
5.5.1 STEP-NC 的基本概念	139
5.5.2 基于 STEP-NC 的 PC 数控系统的组成	141
5.5.3 STEP-NC 数控系统的新方法	141
第 2 部分 PC 数控系统	144
第 6 章 PC 数控系统的体系结构	144
6.1 NC + PC 的复合式结构	144
6.2 PC + NC 的递阶式结构	145
6.3 PC + I/O 的软件化结构	146
6.4 PC + 功率接口的集成化结构	148
6.5 PC + 实时网络的分布式结构	151
第 7 章 PC 数控的硬件系统	153
7.1 PC 数控系统的硬件平台	153
7.1.1 PC 硬件系统的基本结构	153
7.1.2 PC 的中央处理器	155
7.1.3 PC 桥路系统	158
7.1.4 PC 系统总线	159
7.2 PC 数控硬件系统的总体结构	162
7.2.1 PC 数控硬件系统的组成	162
7.2.2 基于通用 PC 的数控系统硬件结构	162
7.2.3 基于工业 PC 的数控系统硬件结构	163
7.2.4 基于 PCI04 的数控系统硬件结构	164
7.2.5 基于 USB 的数控系统硬件结构	165
7.3 基于 ISA 的数控硬件模块设计	166
7.3.1 ISA 总线信号的定义	166
7.3.2 ISA 模块设计要点	167
7.3.3 ISA 模块设计实例	168
7.4 基于 PCI 的数控硬件模块设计	172
7.4.1 PCI 总线信号定义	172
7.4.2 数控硬件模块与 PCI 总线的接口	173

7.4.3 PCI 模块设计实例	175
7.5 基于 USB 的数控硬件模块设计	183
7.5.1 USB 接口芯片选择	183
7.5.2 USB 模块设计要点	184
7.5.3 USB 模块设计实例	185
7.6 无线数控硬件模块设计	188
7.6.1 总体方案	189
7.6.2 数控装置接口电路	189
7.6.3 执行装置接口电路	190
第 8 章 PC 数控的软件系统	192
8.1 PC 数控系统的软件平台	192
8.1.1 DOS	193
8.1.2 Windows	193
8.1.3 Linux/RTLinux	194
8.2 PC 数控软件系统的总体结构	195
8.2.1 PC 数控软件系统的组成及主要模块的功能	195
8.2.2 PC 数控软件系统的实现方案	196
8.2.3 实时域与非实时域模块的协调运行与信息交换	197
8.3 基于前后台结构的 PC 数控软件系统设计	198
8.3.1 基本考虑	198
8.3.2 总体结构	199
8.3.3 关键问题	200
8.4 基于 Windows 平台的 PC 数控软件系统设计	201
8.4.1 基本考虑	201
8.4.2 总体结构	202
8.4.3 关键问题	203
8.5 基于 RTLinux 平台的 PC 数控软件系统设计	229
8.5.1 基本考虑	229
8.5.2 总体结构	229
8.5.3 关键问题	230
第 9 章 PC 数控的驱动系统	239
9.1 交流电动机的结构特点与数学模型	239
9.1.1 三相交流电动机的结构特点	239
9.1.2 交流电动机双轴理论基础	240
9.1.3 $d-q$ 坐标系下同步电动机的数学模型	242
9.1.4 $d-q$ 坐标系下异步电动机的数学模型	243
9.2 交流驱动系统的电力变换电路	246
9.2.1 电力变换电路的基本结构	246

9.2.2	三相逆变电路的 PWM 控制	246
9.2.3	三相逆变电路的 SPWM 控制	247
9.3	交流进给驱动系统	248
9.3.1	正弦波永磁同步电动机驱动系统	248
9.3.2	方波型永磁无刷电动机驱动系统	250
9.3.3	感应异步电动机驱动系统	253
9.4	交流主轴驱动系统	255
9.4.1	交流异步伺服主轴驱动系统	255
9.4.2	交流异步调速主轴驱动系统	258
9.4.3	交流同步伺服主轴驱动系统	259
9.5	交流驱动系统的数字化控制	260
9.5.1	基于 PC 的数字化位置控制	260
9.5.2	基于 DSP 的全数字化控制	261
9.5.3	PC + DSP 的数字化控制	263
9.5.4	基于 PC 的集成化数字控制	264
第 10 章	PC 数控的零传动驱动系统	265
10.1	直流直线电动机进给驱动系统	265
10.1.1	直流直线电动机的结构与工作原理	265
10.1.2	电磁力的控制	266
10.1.3	速度与位置控制	269
10.1.4	直流直线电动机驱动系统的优缺点	270
10.2	交流永磁同步直线电动机进给驱动系统	270
10.2.1	交流永磁同步直线电动机的基本结构	270
10.2.2	交流永磁同步直线电动机的工作原理	271
10.2.3	电磁力的控制	272
10.2.4	速度与位置控制	273
10.2.5	交流永磁同步直线电动机进给驱动系统的优缺点	274
10.3	交流异步直线电动机进给驱动系统	274
10.3.1	交流异步直线电动机的基本结构	274
10.3.2	交流异步直线电动机的工作原理	275
10.3.3	电磁力的控制	276
10.3.4	速度与位置控制	278
10.3.5	交流异步直线电动机驱动系统的优缺点	278
10.4	数控转台与摆头的零传动驱动系统	278
10.4.1	问题的提出	278
10.4.2	旋转零传动驱动的环形伺服电动机	279
10.4.3	旋转零传动驱动系统的位置传感器	279
10.4.4	旋转零传动驱动的控制系統	280

10.5 交流异步电主轴系统	281
10.5.1 交流异步电主轴的基本结构	282
10.5.2 交流电主轴系统的电力变换电路	282
10.5.3 交流异步电主轴的驱动控制系统	285
10.5.4 交流异步电主轴存在的问题	288
10.6 永磁同步电主轴系统	288
10.6.1 永磁同步电主轴的基本结构	288
10.6.2 永磁同步电主轴的控制方法	289
10.6.3 永磁同步电主轴的驱动控制系统	292
第 11 章 PC 数控的开关量控制系统	294
11.1 开关量计算机控制系统的基本结构与工作原理	295
11.1.1 开关量计算机控制系统的基本结构	295
11.1.2 开关量计算机控制器的工作原理	295
11.2 PC 数控的开关量控制系统与 PC 化 PLC	297
11.2.1 PC 数控的开关量控制系统	297
11.2.2 PC 化 PLC 的总体结构	298
11.2.3 PC 化 PLC 的硬件系统	299
11.2.4 PC 化 PLC 的软件系统	300
11.3 PC 化 PLC 的主要功能	301
11.4 PC 化 PLC 的内部资源与外部接口	303
11.4.1 PC 化 PLC 的内部资源	303
11.4.2 PC 化 PLC 的外部接口	304
11.4.3 输入、输出接口的硬件电路	305
11.5 PC 化 PLC 的控制程序设计	306
11.5.1 PLC 的编程指令	306
11.5.2 基本控制程序设计	307
11.5.3 综合控制程序设计	308
第 12 章 PC 数控的网络化控制系统	312
12.1 网络化 PC 数控系统的基本概念与总体结构	312
12.1.1 数控系统的联网通信与联网控制	312
12.1.2 网络化 PC 数控系统的基本概念	313
12.1.3 网络化 PC 数控系统的总体结构	314
12.1.4 网络化 PC 数控系统对网络系统的要求	314
12.2 网络化 PC 数控系统的底层控制系统	315
12.2.1 网络数控底层通信与控制系统的特点	315
12.2.2 基于 SERCOS 总线的底层控制系统	315
12.2.3 基于现场总线 PROFIBUS 的底层控制系统	320
12.2.4 基于现场总线 CAN 的底层控制系统	323

12.3 网络化 PC 数控系统的上层控制系统	325
12.3.1 基于工业以太网的上层控制系统	325
12.3.2 基于 MAP 网的上层控制系统	327
12.4 网络化 PC 数控系统的无线通信系统	331
12.4.1 问题的提出	331
12.4.2 基于蓝牙无线网的底层通信系统	332
12.4.3 基于 802.11x 无线网的上层通信系统	333

第 3 部分 PC 数控技术应用 338

第 13 章 PC 数控系统的典型应用 338

13.1 PC 数控系统在车床上的应用	338
13.1.1 车床用 PC 数控系统的应用功能	338
13.1.2 PC 数控系统与车床的连接	339
13.1.3 车床数控系统的操作	340
13.1.4 车床数控系统的特殊应用功能	343
13.2 PC 数控系统在铣床上的应用	345
13.2.1 五坐标数控铣床的结构特点	345
13.2.2 PC 数控系统与五轴铣床的连接	346
13.2.3 铣床数控系统的操作	347
13.2.4 五轴数控系统应用中的特殊问题	349
13.3 PC 数控系统在加工中心上的应用	353
13.3.1 加工中心用 PC 数控系统的主要功能	353
13.3.2 数控系统与加工中心的连接	354
13.3.3 刀库与换刀控制	354
13.3.4 加工中心数控系统应用中的特殊问题	361
13.4 PC 数控系统在线切割机床上的应用	364
13.4.1 线切割加工技术的发展	364
13.4.2 多坐标线切割机床的结构特点	364
13.4.3 基于 PC 数控平台的线切割机床控制系统	365
13.4.4 多坐标线切割机床的数控编程	366
13.5 PC 数控系统在激光加工设备上的应用	367
13.5.1 激光加工控制的要求	367
13.5.2 激光加工数控系统的总体结构	368
13.5.3 激光加工数控系统的关键环节	369
13.6 PC 数控系统在快速原型制造设备上的应用	370
13.6.1 快速原型制造的基本原理	370
13.6.2 基于 PC 数控平台的 RPM 控制系统	371
13.6.3 RPM 设备控制中的特殊问题	372

第 14 章 PC 数控系统的特殊应用	374
14.1 PC 数控系统在机器人控制中的应用	374
14.1.1 机器人控制与机床控制的共性与特殊性	374
14.1.2 基于 PC 数控平台的机器人控制系统	374
14.1.3 PC 数控系统用于机器人控制的特殊问题	376
14.2 PC 数控系统在坐标测量机上的应用	377
14.2.1 坐标测量机的结构与工作原理	377
14.2.2 基于 PC 数控平台的测量机控制系统	378
14.2.3 PC 数控系统对测量过程的控制	379
14.2.4 基于 PC 数控平台的测量数据处理	381
14.3 基于 PC 数控的实物映射加工系统	382
14.3.1 问题的提出	382
14.3.2 基于 PC 数控的实物映射加工系统的组成	383
14.3.3 实物映射加工系统的关键环节	384
14.4 基于 PC 数控的智能寻位加工系统	385
14.4.1 问题的提出	385
14.4.2 智能寻位加工的概念与方法	387
14.4.3 智能寻位加工系统的组成	387
14.4.4 智能寻位加工系统的关键环节	390
14.5 基于 PC 数控的自动导引车控制系统	391
14.5.1 自动导引车的概念	391
14.5.2 AGVS 控制系统的组成	391
14.5.3 基于 PC104 的车载控制器	392
第 15 章 基于 PC 数控的网络化制造系统	395
15.1 系统的总体结构	395
15.2 信息流子系统	396
15.2.1 信息流系统的地位和作用	396
15.2.2 管理层网络系统的组建	397
15.2.3 现场层网络系统的组建	398
15.2.4 分布式数据库系统的组建	399
15.3 运行管理子系统	400
15.4 生产调度子系统	401
15.5 过程控制子系统	402
15.6 设备控制子系统	405
15.6.1 设备控制系统的总体结构	405
15.6.2 CAN 总线接口	405
15.6.3 联网通信软件	406
15.6.4 联网控制软件	410
参考文献	415

第 1 部分 PC 数控原理

第 1 章 绪 论

1.1 数控技术的发展历史与 PC 数控

数控技术是根据设计和工艺要求，用计算机对产品加工过程进行数字化信息处理与控制，达到生产自动化、提高综合效益的一门技术。

数控技术的起源可以追溯到 20 世纪 50 年代初，迄今已经历了半个世纪六个阶段的发展历程。

1952 年美国麻省理工学院为解决复杂零件的自动化加工问题，研制出世界上第一台基于电子管和继电器的机床数控装置，并成功用于三轴立式铣床的控制，它标志着第一代数控系统——电子管数控系统的诞生，由此拉开了数控技术发展的序幕。20 世纪 50 年代末，以半导体器件晶体管为核心，通过固定布线方式所构成的第二代数控系统——晶体管数控系统研制成功，取代了昂贵的、易损坏且难以推广的电子管控制装置。1965 年出现了第三代数控系统——集成电路数控系统，不但使数控系统的可靠性得以有效提高，而且大幅度降低了生产成本。以上三代数控系统都属于“硬连接”数控，系统的功能主要由硬件实现，灵活性差，可靠性难以进一步提高。1970 年诞生了第四代数控系统——小型计算机数控系统，宣布了硬连接数控时代的结束，使得数控系统的许多功能可以通过软件来实现，由此开创了计算机数控（CNC）新纪元。但由于受成本等因素的影响，小型机数控系统发展缓慢，实际应用较少。直到 1974 年，以微处理器为核心构成的第五代数控系统——微型计算机数控系统的出现，才真正使计算机数控得到快速发展和广泛应用。这主要是由于微处理器实现了计算机核心部件的高度集成，不但可靠性高、功能强、速度快，而且价格便宜，较好地满足了数控系统等工业控制系统的特殊要求。到了 20 世纪 80 年代，微处理器完成了从 16 位到 32 位的过渡，通用化的个人计算机 PC（Personal Computer）得到迅速发展，开始

在全世界范围内普及应用，由此催生了第六代数控系统——PC 数控系统的诞生。

PC 数控是自数控技术诞生以来最具深远意义的一次飞跃。与第五代数控系统的最大不同之处在于，PC 数控系统的硬件平台和软件平台是完全通用的。虽然第五代数控系统也称为计算机数控系统，但这种数控系统的计算机是专用的，需由数控系统生产厂家自行开发和生产，即不仅其硬件系统需由数控系统生产厂家在购买来的微处理器芯片和其他元器件的基础上自行设计制造，而且连操作系统等基础性软件系统也需根据专用硬件的特点自行开发。由于开发和制造计算机并不是数控系统生产厂家的强项，因此造成开发周期长、更新换代慢、性能难以达到最佳、开发和生产成本高等问题。而第六代以 PC 为平台的通用计算机数控系统则完全避免了专用计算机数控系统的这些不足，使计算机数控技术的发展走上了更加坚实、宽广、快速的道路。

1.2 PC 数控的技术经济优势

PC 的通用性和高性能给 PC 数控技术的发展带来了巨大好处，使其在技术经济方面体现出以下显著优势：

1. 易于获得高性能

由于 PC 数控系统生产厂家可以站在最新 PC 硬件基础上来完成数控系统的开发工作，因此很容易获得高性能的硬件基础。例如，目前基于 64 位 Pentium4、Pentium D、Athlon 64、Athlon 64 × 2 等处理器的 PC 所具有的功能和性能，比一般专用计算机更为强大。再加上 PC 的通用硬件平台可以配上各种成熟的优秀操作系统，因而进一步使硬件的性能得到最大限度的发挥。此外，在 PC 平台上开发的数控系统可以吸收计算机领域的许多最新成果。这些不仅使 PC 数控系统容易获得高性能，而且能持续保持技术优势。

2. 可有效降低成本

PC 已成为计算机领域的主流产品。由于市场容量大，进入的厂商多，因而竞争非常激烈，这就促使 PC 产品的性能价格比不断提高。以 PC 为基础开发和生产 CNC 系统将使数控系统生产厂商直接从中获益。

3. 标准化程度高

在二十多年的发展过程中，PC 的硬件和软件平台已经形成了全世界广泛认同的规范和标准。PC 硬件平台的标准化和互易性非常有利于数控系统的开发、使用和维修，而且为以 PC 为基础的数控系统的标准化、模块化和开放性奠定了硬件基础。

4. 有利于提高可靠性

PC 的高度标准化、集成化以及生产的大批量化，不仅有利于进行高可靠性