

目 录

第6篇 电力电子与电气传动技术

第1章 新一代电力电子器件及其

应用.....6-3

1.1 功率晶体管(GTR)及其模块.....6-4

1.1.1 GTR的工作原理.....6-4

1.1.2 GTR的基本特性与主要参数.....6-4

1.1.3 GTR驱动电路.....6-9

1.1.4 GTR的并联连接技术.....6-16

1.1.5 GTR的保护技术.....6-16

1.2 功率场效应晶体管(MOSFET).....6-20

1.2.1 概述.....6-20

1.2.2 MOSFET的结构与特点.....6-20

1.2.3 MOSFET的定额与特性.....6-21

1.2.4 驱动电路.....6-23

1.2.5 MOSFET的保护.....6-30

1.2.6 MOSFET的并联.....6-32

1.3 绝缘门极晶体管(IGBT).....6-34

1.3.1 IGBT的基本结构与工作原理.....6-34

1.3.2 IGBT的特性.....6-34

1.3.3 IGBT的门极驱动电路.....6-37

1.3.4 IGBT的保护技术.....6-39

1.3.5 IGBT的并联技术.....6-43

1.4 智能化功率集成电路.....6-44

1.4.1 智能化功率集成电路的特点.....6-44

1.4.2 单片功率集成电路的隔离技术.....6-45

1.4.3 智能的含义.....6-45

1.4.4 智能化功率集成电路的分类.....6-46

1.4.5 典型智能功率集成电路介绍.....6-46

第2章 晶闸管整流电路和逆变电路.....6-53

2.1 可控整流电路.....6-53

2.1.1 基本假设.....6-53

2.1.2 各种整流电路联结型式和选择.....6-53

2.1.3 单相可控整流电路.....6-53

2.1.4 三相可控整流电路.....6-58

2.1.5 重叠角及换相电压降.....6-66

2.1.6 可控整流电路的参数计算.....6-71

2.2 有源逆变电路.....6-79

2.2.1 有源逆变的概念.....6-79

2.2.2 三相零式逆变电路.....6-79

2.2.3 三相桥式逆变电路.....6-81

2.2.4 逆变状态的重叠角及电压降.....6-82

2.2.5 逆变电路的外特性.....6-83

2.2.6 逆变颠覆与最小 β 角的限制.....6-83

2.2.7 逆变状态电动机的机械特性.....6-84

2.3 变流装置的运行指标.....6-85

2.3.1 效率、变流因数及损耗.....6-85

2.3.2 直流电压调整率.....6-86

2.3.3 变流装置工作时的谐波、谐波

危害及其对策.....6-88

2.3.4 功率因数及其提高方法.....6-94

第3章 变频技术.....6-99

3.1 变频器的分类、换流和控制方式.....6-99

3.1.1 变频器的分类.....6-99

3.1.2 变频器的几种换流方法.....6-100

3.1.3 变频器的控制方式.....6-100

3.2 交-交变频器.....6-101

3.2.1 交-交变频器的基本结构.....6-101

3.2.2 交-交变频器的工作原理.....6-103

3.2.3 交-交变频器触发脉冲的控制

方法.....6-103

3.3 交-直-交变频器.....6-106

3.3.1 负载谐振式逆变器.....6-106

3.3.2 电压型变频器.....6-110

3.3.3 电流型变频器.....6-114

3.4 脉宽调制(PWM)型变频器.....6-117

3.4.1 PWM的调制方法与PWM控

制器方式.....6-117

3.4.2 SPWM.....6-117

3.4.3 准SPWM.....6-118

3.4.4 用大规模集成电路HEF4752 V

产生SPWM波及其在调速系统

中的应用.....	6-118	5.1.1 异步电动机调速的方法、特点...	6-178
3.4.5 功率MOSFET-SPWM逆变器...	6-121	5.1.2 串级调速系统.....	6-178
3.4.6 由单板微机产生和控制 SPWM 波.....	6-121	5.1.3 变频调速系统.....	6-187
3.4.7 其他PWM调制方法	6-123	5.1.4 在电动机调速节能中各种调速 方法的比较.....	6-194
3.5 高频多谐振变流技术及其应用.....	6-125	5.1.5 交流电动机的矢量变换控制.....	6-199
3.5.1 谐振开关的电路结构.....	6-125	5.2 无换向器电动机及其调速系统.....	6-208
3.5.2 谐振开关技术的应用.....	6-125	5.2.1 无换向器电动机的基本工作 原理.....	6-209
第4章 直流调速系统.....	6-126	5.2.2 无换向器电动机的特性及调速 方法.....	6-214
4.1 直流电动机的调速方法与性能指标...	6-126	5.2.3 无换向器电动机调速系统的 构成和设计特点.....	6-217
4.1.1 直流电动机的调速性能与方法...	6-126	5.3 开关磁阻电机调速系统.....	6-219
4.1.2 调速系统的性能指标.....	6-127	5.3.1 基本结构和工作原理.....	6-219
4.1.3 直流调速系统的应用.....	6-128	5.3.2 主要参数和基本特性.....	6-220
4.2 晶闸管直流调速系统.....	6-128	5.3.3 设计和计算要点.....	6-222
4.2.1 晶闸管变流器-直流电动机 (U-M) 开环调速系统的 机械特性.....	6-128	5.3.4 功率变换器.....	6-225
4.2.2 闭环调速系统的静特性.....	6-129	5.3.5 传感器.....	6-226
4.2.3 测速发电机.....	6-131	5.3.6 应用.....	6-227
4.2.4 有静差和无静差调速系统.....	6-131	第6章 电气伺服系统.....	6-229
4.2.5 闭环调速系统的动态特性.....	6-134	6.1 伺服电动机的种类、特点及选用 原则.....	6-230
4.2.6 单闭环调速系统的电流控制 ——电流截止负反馈.....	6-137	6.2 直流伺服系统及其应用.....	6-231
4.2.7 电动势负反馈和电枢电压负 反馈调速系统.....	6-141	6.2.1 永磁直流电动机伺服系统.....	6-231
4.2.8 有从属电流环的调速系统—— 转速、电流双闭环调速系统.....	6-144	6.2.2 其他几种直流伺服电动机伺服 系统.....	6-231
4.2.9 调速系统动态参数工程设计 方法.....	6-145	6.2.3 直流伺服电动机的常用计算 公式.....	6-231
4.2.10 多环调速系统	6-150	6.2.4 国内外生产厂生产的直流电动 机伺服系统的型号、系列及性 能.....	6-232
4.2.11 直流电动机速度的双域调节 系统	6-151	6.2.5 直流伺服系统的典型应用.....	6-235
4.2.12 可逆直流调速系统	6-152	6.3 交流伺服系统及其应用.....	6-237
4.3 晶体管直流脉宽调速系统.....	6-163	6.3.1 交流伺服系统.....	6-237
4.3.1 脉宽调制变换器.....	6-163	6.3.2 永磁交流伺服系统.....	6-237
4.3.2 脉宽调速系统的控制回路.....	6-168	6.3.3 永磁交流伺服系统中的传感器...	6-239
4.3.3 晶体管直流脉宽调速系统.....	6-172	6.3.4 永磁交流伺服电动机的性能 特点.....	6-239
4.4 数字式直流调速系统.....	6-173	6.3.5 异步型交流伺服系统.....	6-240
4.4.1 采用16位8098单片微处理机 的数字调速系统.....	6-174	6.3.6 国内外永磁交流伺服系统的 系列及性能.....	6-240
4.4.2 转速信号的数字检测.....	6-176	6.3.7 交流伺服系统的典型应用.....	6-243
第5章 交流调速系统.....	6-178		
5.1 异步电动机调速系统.....	6-178		

6.4 专用集成电路组成的电气伺服系统	6-243
6.4.1 小功率直流电动机的控制	6-243
6.4.2 采用 L 292 实现直流电动机的速度控制系统	6-244
6.4.3 采用 L 290/L 291/L 292 实现直流电动机的速度/位置控制系统	6-245
6.4.4 由 LM628 运动控制处理器构成的伺服系统	6-251
6.5 步进电动机的驱动和控制	6-252
6.5.1 步进电动机的分类及主要技术指标	6-253
6.5.2 步进电动机的结构及特点	6-254
6.5.3 步进电动机的绕组及励磁方式	6-258
6.5.4 步进电动机的驱动电源	6-265
6.5.5 环形分配器	6-269
6.5.6 步进电动机的微机控制	6-271
6.5.7 步进电动机的闭环控制	6-272
6.5.8 步进电动机驱动系统在数控立式铣床中的应用	6-272

6.6 直接驱动伺服系统	6-274
6.6.1 直接驱动伺服系统的构成	6-274
6.6.2 直接驱动系统的特殊问题	6-274
6.6.3 直接驱动电动机及其功率放大器应具有的特性	6-275
6.6.4 直接驱动电动机的工作原理及特性比较	6-276
6.6.5 变磁阻型直接驱动电动机及其伺服系统	6-276
6.6.6 变磁阻混合型直接驱动电动机及其伺服系统	6-277
6.6.7 交流永磁无刷直接驱动电动机及其伺服系统	6-279
6.6.8 直接驱动系统中的位置传感器	6-280
6.6.9 国外几种直接驱动系统产品简介	6-281
6.10 直接驱动系统在精密装配机器人中的应用	6-285
参考文献	6-286

第 7 篇 机电一体化中的传动与执行装置

第 1 章 机电一体化机械系统分析	7-3
1.1 机械传动系统分析	7-3
1.1.1 机电一体化机械系统的定义	7-3
1.1.2 机电一体化对机械传动的要求	7-3
1.1.3 机械传动元件的选用	7-3
1.1.4 齿轮传动系统中总传动比的确定及其分配	7-4
1.1.5 机械传动系统方案的选择	7-7
1.2 动力与执行元件的选用	7-8
1.2.1 电动机的选用	7-8
1.2.2 电动机调速方式概述	7-11
1.2.3 交流变频调速器	7-13
1.2.4 伺服执行元件	7-17
1.3 控制系统的选用	7-24
1.3.1 单板和单片微机控制系统	7-24
1.3.2 普通 PC 机组成的控制系统	7-24
1.3.3 STD 总线微机控制系统	7-24
1.3.4 工业 PC 机	7-25
1.3.5 可编程序控制器	7-26
1.3.6 几种控制装置的性能比较	7-26
第 2 章 机电一体化传动与导向装置	7-27

2.1 机电一体化传动系统的特性	7-27
2.1.1 转动惯量	7-27
2.1.2 摩擦	7-29
2.1.3 阻尼	7-30
2.1.4 刚度	7-30
2.1.5 谐振频率	7-30
2.1.6 间隙	7-30
2.2 传动装置	7-33
2.2.1 滚珠丝杠	7-33
2.2.2 滚珠花键	7-41
2.2.3 谐波齿轮减速器	7-41
2.3 导轨	7-53
2.3.1 滚动直线导轨	7-53
2.3.2 塑料导轨	7-56
第 3 章 机电一体化系统的执行装置	7-68
3.1 机电一体化系统执行装置分析	7-68
3.1.1 执行装置的技术特点	7-68
3.1.2 对执行装置的技术要求	7-68
3.1.3 系统的品质	7-70
3.1.4 能量转换接口	7-74
3.2 常用执行装置	7-75

3.2.1 电动执行装置	7-75
3.2.2 微动装置	7-91
3.2.3 误差补偿装置	7-95
3.2.4 定位装置	7-97
3.2.5 CNC机床动力卡盘与回转刀架	7-98
第4章 液压伺服、比例、数字控制	
元件	7-102
4.1 电液伺服阀	7-102
4.1.1 概述	7-102
4.1.2 电液伺服阀的组成	7-102
4.1.3 电液伺服阀的类型	7-102
4.1.4 电液伺服阀的技术性能指标 和有关技术术语	7-105
4.1.5 国内外主要电液伺服阀产品	7-110
4.2 电液比例阀	7-147
4.2.1 概述	7-147
4.2.2 电液比例阀的组成	7-148
4.2.3 电液比例阀的技术性能指标 和有关的技术术语	7-149
4.2.4 国内外主要电液比例阀性能 参数比较	7-151
4.2.5 国产电液比例阀简介	7-151
4.3 电液数字阀	7-172
4.3.1 概述	7-172
4.3.2 数字式电液控制阀	7-172
4.3.3 增量式数字控制阀的性能指标	7-174
4.4 电液步进元件	7-176
4.4.1 概述	7-176
4.4.2 电液步进马达	7-176
4.4.3 电液步进缸	7-178

第5章 计算机外部设备中的精密 传动与控制	7-181
5.1 概述	7-181
5.1.1 计算机外部设备的机电一体化	7-181
5.1.2 计算机外部设备的传动与控制 系统分析	7-183
5.2 几种常用外部设备的传动、控制 系统	7-185
5.2.1 打印机	7-185
5.2.2 发光二极管(LED)印字机	7-186
5.2.3 绘图机	7-187
5.2.4 磁带机	7-190
5.2.5 硬磁盘机	7-190
5.2.6 软磁盘机	7-191
5.2.7 光盘机	7-192
5.3 定位系统	7-194
5.3.1 概述	7-194
5.3.2 直接转动驱动定位	7-198
5.3.3 直线运动直接驱动定位	7-199
5.3.4 刚性传动定位机构	7-200
5.3.5 挠性传动定位机构	7-202
5.4 跟踪系统	7-206
5.4.1 气浮式跟踪系统	7-207
5.4.2 单一执行机构的跟踪系统	7-210
5.4.3 双模式寻道跟踪机构	7-213
5.4.4 双模式跟踪伺服系统	7-215
5.5 光盘伺服系统	7-218
5.5.1 三维空间的光束跟踪	7-218
5.5.2 激光束跟踪伺服	7-221
参考文献	7-228

第8篇 工业机器人

第1章 工业机器人及其分类	8-3
1.1 工业机器人的发展现状	8-3
1.1.1 工业机器人	8-3
1.1.2 工业机器人技术的进展	8-3
1.2 工业机器人的构成	8-3
1.2.1 机器人的构成	8-3
1.2.2 操作机的构成	8-3
1.3 工业机器人的分类	8-5
1.4 工业机器人主要特性参数	8-5
1.5 工业机器人的标准	8-6
1.5.1 工业机器人性能规范	8-6

1.5.2 工业机器人特性表示	8-11
1.5.3 工业机器人通用技术条件	8-12
第2章 工业机器人的机械系统	8-13
2.1 工业机器人的运动学及力学分析	8-13
2.1.1 各类坐标系及坐标变换	8-13
2.1.2 工业机器人运动学	8-16
2.1.3 工业机器人力学分析	8-17
2.2 工业机器人操作机的机械结构	8-18
2.2.1 手臂	8-18
2.2.2 手腕	8-21
2.3 工业机器人末端执行器	8-21

2.3.1 机械夹持器	8-21	4.2.3 对离线编程系统的要求	8-63
2.3.2 特种末端执行器	8-25	4.2.4 离线编程的主要问题	8-68
2.3.3 灵巧手	8-30	4.2.5 一种商品化的图形编程系统	8-69
2.4 工业机器人的传动机构	8-30	4.3 工业机器人编程语言	8-70
2.4.1 齿轮传动	8-30	4.3.1 V+语言的由来和特点	8-70
2.4.2 螺旋传动	8-32	4.3.2 V+语言的数据处理功能	8-70
2.4.3 带及链传动	8-34	4.3.3 V+语言的运动控制功能	8-72
2.5 工业机器人的驱动系统	8-35	4.3.4 V+语言的应用实例	8-73
2.5.1 工业机器人驱动系统的分类	8-35	4.3.5 各国机器人语言概要	8-74
2.5.2 各种驱动方式的特点及比较	8-35	第5章 工业机器人的应用	8-76
第3章 工业机器人的控制系统	8-38	5.1 机器人在工业中的应用	8-76
3.1 工业机器人控制系统的构成	8-38	5.1.1 应用范围	8-76
3.1.1 机器人控制系统的特点	8-38	5.1.2 机器人作业系统	8-76
3.1.2 机器人控制系统的基本要求	8-38	5.1.3 外围设备	8-78
3.1.3 机器人控制系统的分类	8-38	5.2 工业机器人作业系统的配置	8-79
3.1.4 机器人控制系统的构成	8-39	5.2.1 使用机器人的目的	8-79
3.2 机器人控制系统的设计	8-40	5.2.2 引入机器人时必须考虑的问题	8-79
3.2.1 单关节的位置控制	8-40	5.2.3 引入机器人的方法	8-79
3.2.2 多关节的位置控制	8-43	5.3 工业机器人安全使用的基本措施	8-81
3.3 机器人的高性能控制系统	8-44	5.3.1 不安全因素	8-81
3.3.1 机器人的自适应控制	8-44	5.3.2 机器人安全工作的基本要求	8-82
3.3.2 机器人的力控制	8-46	5.3.3 用户安全措施	8-82
3.3.3 机器人的视觉	8-47	5.3.4 安装的安全要求	8-83
3.4 工业机器人的传感器	8-51	5.3.5 试运转安全措施	8-83
3.4.1 概述	8-51	5.3.6 操作说明书	8-83
3.4.2 机器人内部传感器	8-52	5.3.7 机器人及机器人系统设计的安全 要求与措施	8-83
3.4.3 机器人外部传感器	8-55	5.4 工业机器人产品介绍	8-85
第4章 工业机器人的示教、编程 及语言	8-64	第6章 工业机器人的发展	8-94
4.1 工业机器人的示教再现技术	8-64	6.1 当代工业机器人的发展趋势	8-94
4.1.1 概述	8-64	6.2 工业机器人应用领域的扩展	8-94
4.1.2 示教盒示教	8-64	6.3 向智能化方向发展的机器人技术	8-101
4.1.3 手把手示教	8-67	6.3.1 工业机器人机械系统性能 的提高	8-101
4.2 工业机器人的离线编程技术	8-67	6.3.2 机器人智能控制系统的发展	8-103
4.2.1 离线编程及其应用	8-67	参考文献	8-107
4.2.2 机器人编程的等级	8-68		

第9篇 CAD/CAM与FMS

第1章 CAD/CAM硬件系统	9-3	附录2 用于CAD系统微机性能比 较表	9-75
1.1 CAD/CAM硬件系统的结构	9-3	第2章 支持软件系统	9-86
1.1.1 硬件系统的类型	9-3	2.1 操作系统	9-86
1.1.2 硬件系统的构成	9-5	2.1.1 操作系统的功能	9-86
1.2 硬件系统的选型原则	9-10	2.1.2 选择操作系统应考虑的因素	9-86
附录1 工作站性能比较表	9-11		

2.1.3 常用操作系统简介	9-87	3.4.2 交互型	9-150
2.2 数据库管理系统(DBMS)	9-88	3.4.3 自动型	9-150
2.2.1 CAD/CAM数据管理的特点 和要求	9-88	3.4.4 智能型	9-151
2.2.2 数据库管理系统类型介绍及 比较	9-89	3.5 应用软件开发技术	9-151
2.2.3 系统选择的原则	9-90	3.5.1 开发步骤	9-151
2.3 图形软件系统	9-90	3.5.2 开发技术与方法	9-152
2.3.1 图形模型	9-90	3.5.3 人-机界面处理	9-156
2.3.2 图形标准	9-95	3.5.4 软件测试与维护	9-158
2.3.3 图形软件简介	9-97	3.6 CAD与CAM的结合	9-160
2.4 网络通信	9-98	3.6.1 CAD与CAM之间的信息联系	9-160
2.4.1 基本方法和技术	9-98	3.6.2 CAD与CAM结合的必要性	9-160
2.4.2 网络操作系统(NOS)	9-99	3.6.3 CAD与CAM的一体化技术	9-160
2.4.3 网络的主要性能指标	9-100	3.7 工业设计	9-161
2.4.4 网络与CAD/CAM	9-101	附录 典型的结构有限元分析程序	9-163
2.4.5 几种网络介绍	9-101	第4章 CAPP技术	9-169
2.5 产品数据定义模型	9-103	4.1 成组技术	9-169
2.5.1 CIM环境下对产品数据定义模 型的要求	9-103	4.1.1 概述	9-169
2.5.2 初始图形交换规范(IGES)	9-104	4.1.2 零件分类编码系统	9-169
2.5.3 数据交换与传输标准(SET)	9-104	4.1.3 零件分类编码实例	9-169
2.5.4 产品数据定义接口(PDDI)	9-108	4.2 工艺过程设计的优化	9-176
2.5.5 产品数据交换规范(PDES)	9-109	4.2.1 概述	9-176
2.5.6 标准(STEP)	9-110	4.2.2 单工序工艺设计的优化	9-177
附录1 大型CAD系统分类表	9-110	4.2.3 多工序切削加工系统的优化	9-180
附录2 大型CAD系统软件概况	9-112	4.2.4 工艺方案最佳化	9-182
第3章 CAD技术	9-126	4.3 CAPP的功能、类型与基本原理	9-183
3.1 有限元分析	9-126	4.3.1 CAPP的基本概念、结构组成 及功能	9-184
3.1.1 功能和技术方法	9-126	4.3.2 CAPP的类型及基本工作原理	9-185
3.1.2 常用商品化软件包简介	9-129	4.4 广义CAPP系统	9-188
3.1.3 集成分析系统	9-131	4.4.1 概述	9-188
3.2 优化设计	9-132	4.4.2 广义CAPP的组成及其功能 简介	9-190
3.2.1 优化设计的数学模型	9-132	附录1 JLBM-1分类系统	9-194
3.2.2 常用优化方法	9-134	附录2 国外CAPP一览表	9-201
3.2.3 优化应用例——弹簧的优化 设计	9-136	第5章 自动编程	9-207
3.3 CAGD技术	9-138	5.1 原理与实现	9-207
3.3.1 曲线、曲面生成方法	9-138	5.1.1 概述	9-207
3.3.2 基本图形生成算法	9-146	5.1.2 前置处理	9-208
3.3.3 特征造型	9-147	5.1.3 后置处理	9-208
3.4 应用软件的类型	9-149	5.2 语言编程	9-209
3.4.1 检索型	9-150	5.2.1 自动编程语言介绍	9-209
		5.2.2 数控程序的构成和工作过程	9-217
		5.2.3 应用实例	9-218

5.3 图象编制程序.....9-219	6.5.1 基本概念.....9-241
5.3.1 原理及方法.....9-219	6.5.2 专家系统开发工具类型.....9-242
5.3.2 应用特点.....9-220	6.5.3 MPPEST-2 专家系统开发工具.....9-242
5.3.3 应用实例.....9-220	附录 国外专家系统开发工具软件表9-244
5.4 实物编程.....9-221	第7章 FMS.....9-245
5.4.1 原理与方法.....9-221	7.1 FMS的结构与功能.....9-245
5.4.2 应用特点.....9-221	7.1.1 FMS技术概况9-245
5.4.3 应用实例.....9-222	7.1.2 物流与信息流.....9-249
5.5 自动编程的发展方向.....9-222	7.1.3 刀具流与刀具管理.....9-251
5.5.1 概述.....9-222	7.1.4 FMS的导入.....9-252
5.5.2 自动编程的发展.....9-225	7.2 FMS的规划和仿真.....9-255
第6章 CAD/CAM专家系统.....9-229	7.2.1 FMS规划原则与方法9-255
6.1 概述.....9-229	7.2.2 FMC的选择9-255
6.2 CAD/CAM专家系统的特点.....9-229	7.2.3 FMS仿真9-257
6.3 人工智能语言.....9-230	7.3 FMS监控9-258
6.4 CAD/CAM专家系统.....9-232	7.3.1 工件的识别.....9-258
6.4.1 CAD/CAM专家系统的基本结构.....9-232	7.3.2 刀具的监控.....9-259
6.4.2 专家系统的开发方法及研制步骤.....9-232	7.4 FMS评价9-262
6.4.3 CAD/CAM专家系统结构模式的改进.....9-233	7.4.1 FMS评价矩阵9-262
6.4.4 知识的采集和提取.....9-233	7.4.2 FMS评价标准9-262
6.4.5 知识表示方法.....9-233	7.5 FMS与CAD/CAM的集成9-262
6.4.6 推理机制.....9-237	7.5.1 FMS与CAD/CAM的关系9-262
6.4.7 系统的开发设计技巧.....9-240	7.5.2 CIMS9-262
6.4.8 CAD/CAM专家系统的评价.....9-240	7.6 应用举例.....9-264
6.4.9 CAD/CAM专家系统的发展动向.....9-241	7.6.1 SCAMP FMS9-264
6.5 专家系统开发工具.....9-241	7.6.2 Vought航空产品FMS9-265
	7.6.3 FANUC FMS9-265
	参考文献9-265
	英中名词对照.....1

第 9 篇 CAD/CAM与FMS

主 编 蔡 青

副 主 编 高光焘

主 审 赵汝嘉

编写人员

第 1 章 周正寅 蔡 颖

第 2 章 蔡 青

第 3 章 严隽琪 黄瑞清 高光焘

第 4 章 赵汝嘉 褚启勤

第 5 章 竹钦尧

第 6 章 蔡 青 赵汝嘉

第 7 章 王宁生

参编人员 莫 蓉 曾定文 江平宇

康宝生 陆长德 赵学训

王志博

第1章 CAD/CAM硬件系统^①

1.1 CAD/CAM硬件系统的结构

1.1.1 硬件系统的类型

CAD/CAM 硬件系统包括应用的计算机及其所属的外部设备。根据系统总体配置、组织方式及所用计算机的不同,有不同的分类方法。

1. 系统总体配置分类

(1) 主机系统 (Main Frame System) 这是一个中央处理机(CPU)配有多个图形终端的系统。系统终端用户可以共享数据库中的数据,但若CPU失效将影响全部用户。主机系统的初始投资很大。

(2) 成套系统 (Turn-Key System) 成套系统或称交钥匙系统是CAD供应商根据用户要求,提供的一套包括硬、软件配套在一起、交付即可使用、用户无需进行再开发的CAD系统。随着新一代的计算能力、图形功能更强的开放式工作站的出现,逐步取代了专用的成套系统。

(3) 超级微型机工作站系统 (Stand Alone Work Station System) 工作站是具有计算、图形交互处理功能的计算机系统。它采用高分辨率的图形显示器,并有一个窗口驱动的用户环境,还可随时利用网络资源,应用联网技术。近年来,工作站的性能价格比不断提高,已成为当前CAD/CAM系统的主要硬件环境。

(4) 个人计算机系统 (PC System) 由于PC (Personal Computer) 机计算能力与图形能力的不断增强,已经打破了PC机不能胜任CAD/CAM的状况,从开始承担二维图形和简单计算任务,逐步向高层次发展。随着PC机的发展,它与工作站的差别将逐渐消失。

2. 系统组织方式分类

常用的计算机系统有单机和联机两种组织方式。单机系统是由一台计算机加上输入、输出设备供单一用户使用的系统。联机系统由一组连成网络的多台计算机组成,网络内的计算机各司其职,一部分用于面向用户的数据处理,一部分用于控制整个网络的通信。网络联机系统又分为集中式和分

布式两种组织方式。

(1) 集中式 (中心式) 早期的网络组织方式多采用集中式,一个控制主机与多个工作终端相联,完成所有的数据处理任务(如:设计、工程分析、制造、计划调度、业务管理等),相邻终端之间的通信都通过控制主机进行。图9-1-1所示。这种方式结构简单,控制处理比较简便,增加终端时成本低。但若控制主机出现故障,系统将完全瘫痪,因而要求控制主机具有极高的可靠性。

(2) 分布式 (非中心式) 网络中采用不同种类的计算机进行各自的数据处理。各计算机之间的通信或通过总线进行、或按已知路径传输、或依靠预先分散设计于各自系统中的通信功能实现,而不需要控制主机加以集中管理。系统中某计算机出现故障,不会影响其它计算机的工作,因此,系统可靠性相对较高。由于计算机集成制造技术(CIM)的发展,推动了分布式CAD/CAM系统的研究与应用,使之成为目前计算机应用领域中的重要组成部分。图9-1-2为分布式CAD/CAM硬件系统示意图。

3. 系统核心计算机分类

计算机是指挥及控制整个CAD/CAM系统运行并执行实际运算和逻辑分析的核心装置。通常,根据计算速度、字长、存贮容量和用途,将计算机分为:巨型机、大型机、中型机、小型机、工作站和微型机。这是一种相对的概念,随着计算机技术的发展,各型计算机的界线将会变得越加模糊。

近年来,工作站和微型机的发展极为迅速。它不同于其它4种类型的计算机,而是把存贮、控制和运算单元集成在一个芯片上。随着微处理机功能的不断提高,超级32位微机工作站系统以及普通微

① 参阅: Grabowski H., Hosemann T., Evolution of Hardware Support in CAD. Germany: University Karlsruhe. CAD/CAM/CAE System. Delran NJ, U. S. A.; Datapro Manufacturing Automation Series 1992.7

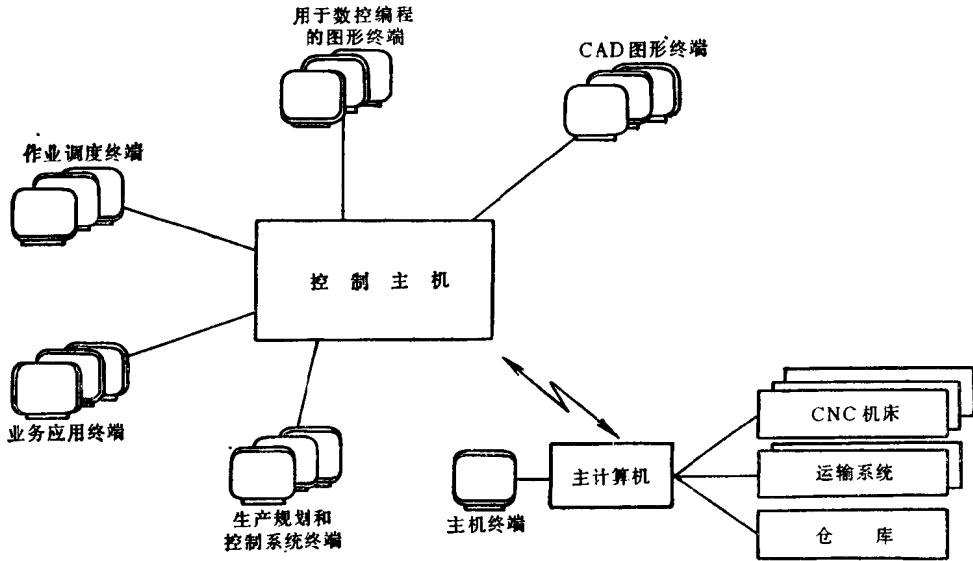


图9-1-1 集中式CAD/CAM硬件系统示意图

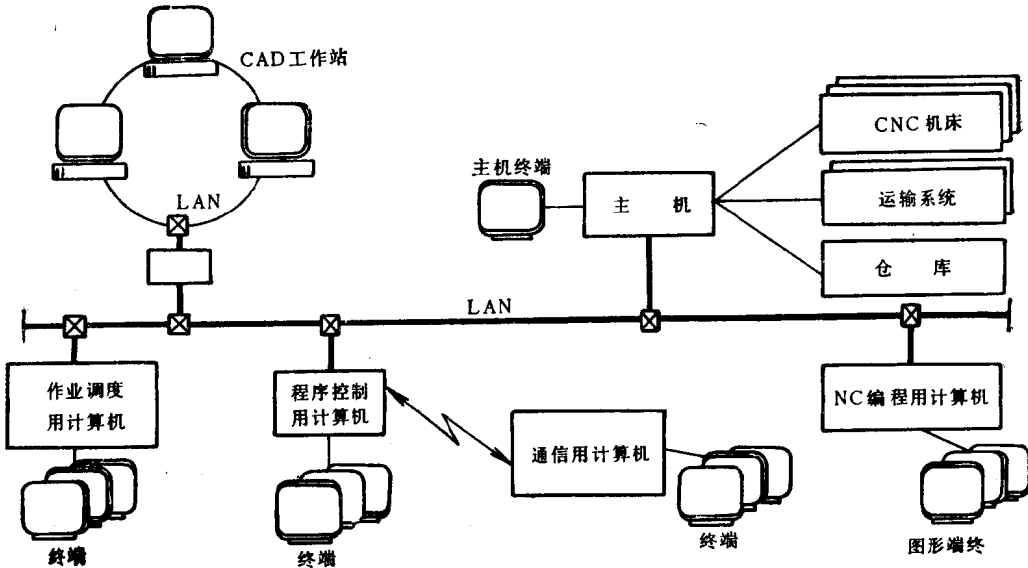


图9-1-2 分布式CAD/CAM硬件系统示意图

机系统既可以作为独立的CAD/CAM系统的主机，又可作为大型计算机的卫星机，因此，成为当前支持CAD/CAM系统的主要硬件。以下分别对工作站和微型机作简要叙述。

(1) 工作站 (Work Station) 工作站的主要特点是：运算速度快、主存贮容量大、数据处理和图形处理功能强、屏幕分辨率高、联网通信能力好、符合通用标准，便于与异种机集成。

从80年代初，工作站作为一个新的计算机品种投入市场以来，是增长较快的一种机型，即使在美国

计算机市场出现7.8%衰退的1991年仍呈现14.5%的增长率。表9-1-1列出的内容是美国DATAQUEST公司对几家主要制造商1991年的市场销售情况进行调查统计的结果。据国外预测，到2000年全世界工作站市场仍呈高速增长趋势，1995年销售量将达240万台，2000年增至720万台。当前，世界范围内工作站主要制造公司有美国的SUN、HP/Apollo、DEC、IBM、SGI、Intergraph等，其工作站性能数据参见附录1。

(2) 微型计算机 (Microcomputer) 传统

表9-1-1 1991年主要工作站市场销售量与销售额调查表

公 司	销售量 台(套)	市场份额 (%)	销售额 (百万美元)	市场份额 (%)
SUN	184,072	34.5	2,542.7	29.0
HP	84,780	15.9	1,652.3	18.8
DEC	64,130	12.0	1,015.7	11.6
IBM	45,075	8.5	1,403.1	16.0
Intergraph	20,737	3.9	514.4	5.9
其它	134,306	25.2	1,634.5	18.7

的微型计算机(简称微机)通常只供单用户使用,所以又称为个人计算机,由于其内存小、速度慢、图形功能弱,进行CAD/CAM工作显得力不从心。近年来,随着新一代芯片(如Intel80386、M68020)问世,在原微机上加配高分辨率图形显示器和控制板,采用大容量外存贮器,改进联网功能,出现了能完成较为复杂的CAD/CAM作业的新型微机。其性能接近工作站水平,实际上目前已很难在工作站和微机之间划分一条明确的界限。表9-1-2为微机与工作站的性能比较。

当前,微机CAD/CAM的硬件发展趋势是从286机向386、486机上转移,并与现代窗口软件结合,性能良好的硬件加上功能齐全、友好方便的人机界面为广大工程设计、制造人员提供了提高生产率的先进装备,极大地拓展了CAD/CAM软件的开发与应用。据调查,支持微机CAD/CAM软件的计算机硬件平台如表9-1-3所列。

在微机市场中,IBM公司占有率达14.8%,Apple公司居第2位占10.7%,日本的NEC公司为7.2%,而Compaq公司为6%。IBM和Apple两

公司还协议共同开发“开放系统硬件和多媒体”。上述常用微机性能数据参见附录2。

计算机正在继续向巨型、微型、网络和人工智能等几个方向发展。现在国际上正在开发的第5代计算机采用非冯·诺依曼(Neumann)体系结构,应用并行处理的方式,这是一种全新的智能计算机。它只要给出解决某一问题的规划和目标,而不必给出具体的运算步骤,就可自动运行、处理信息、推理决策,并具有一定的分析能力。专家们预测,未来的计算机在器件、线路及存贮方面都将发生较大的变化。如:相干光源模拟计算机、全数字化光学计算机、光学数字混合计算机以及由蛋白质生物芯片组成的生物计算机等。

1.1.2 硬件系统的构成

支持CAD/CAM系统运行的典型硬件包括以下几个组成部分:

- 中央处理机(CPU)。
- 数据存贮器(磁存贮器、光存贮器等)。
- 输入/输出装置(键盘、数字化仪、鼠标器、图形显示器、打印机、绘图机等)。

表9-1-2 微机与工作站的性能比较

性 能	微 机	工 作 站
处理器	Intel 80286~80486	MIPS R3000, SPARC
协处理器	Intel 80287~80487	MIPS R3010
时钟频率(MHz)	12~40	25~60
运算速度(最大MIPS)①	40	286, 400
内存(MB)	1~128	16~480
硬盘(MB)	20~600	最大40000
图形	VGA1024×768, 256种色彩, 输出256000	1280×1024, 256种色彩, 输出16.7Mio
主频(Hz)	50	75
操作系统	MS-DOS, OS/2, UNIX	UNIX, VMS

① MIPS——每秒钟可执行的百万指令数。

② 计算机的发展经历了几个阶段:第1代,电子管计算机(1946年~1958年);第2代,晶体管计算机(1958年~1964年);第3代,集成电路计算机(1965年~1971年);第4代,大规模、超大规模集成电路计算机(1971年以后)

表9-1-3 支持微机CAD/CAM
软件的计算机硬件

计算机硬件	适用软件 (%)
IBM PC/XT, AT及兼容机	77
IBM PS/2	33
Apple Macintosh	24
Compaq 286	10
Compaq 386	26
Compaq 486	10
Intel 286	3
Intel 386	9
Intel 486	7

关于CAM与数控设备、机器人的接口装置将在专门章节中叙述。此外，由于篇幅有限，部分外部设备将省略。

1. 中央处理机

中央处理机管理所有系统组成部分的运行，并对数据进行算术与逻辑运算，由控制器与运算器组成。

控制器协调由程序指令所规定的各种运算和数据处理；运算器提供用于完成各种数据处理与运算的电路，二者均使用寄存器实现其功能。

传统的计算机已经扩展成一套复杂的指令集（CISC），随着微电子技术的不断发展，出现了精简指令集（RISC）计算机结构。在这种结构中，指令集优化，指令格式统一，增加了大量的寄存器和指令的流水线操作，使CPU工作时间大幅度降低，从而提高了运行速度。RISC与CISC两者之间的区别见表9-1-4。

这意味着采用RISC技术，可以将原有的CISC处理器性能提高2~4倍。处理器通过能力的发展见图9-1-3。

表9-1-4 RISC与CISC简要比较

RISC	CISC
指令集小（50~75条）	指令集大（>1000条）
指令简单	指令复杂（有许多宏指令）
以寄存器操作为主	寻址方式复杂
指令格式固定	指令格式可变
内部寄存器多（32~256）	内部寄存器少（<32）
大部分指令执行只需一个周期	指令执行需要多个周期
时钟速度高（20~100MHz）	时钟速度低（40MHz）

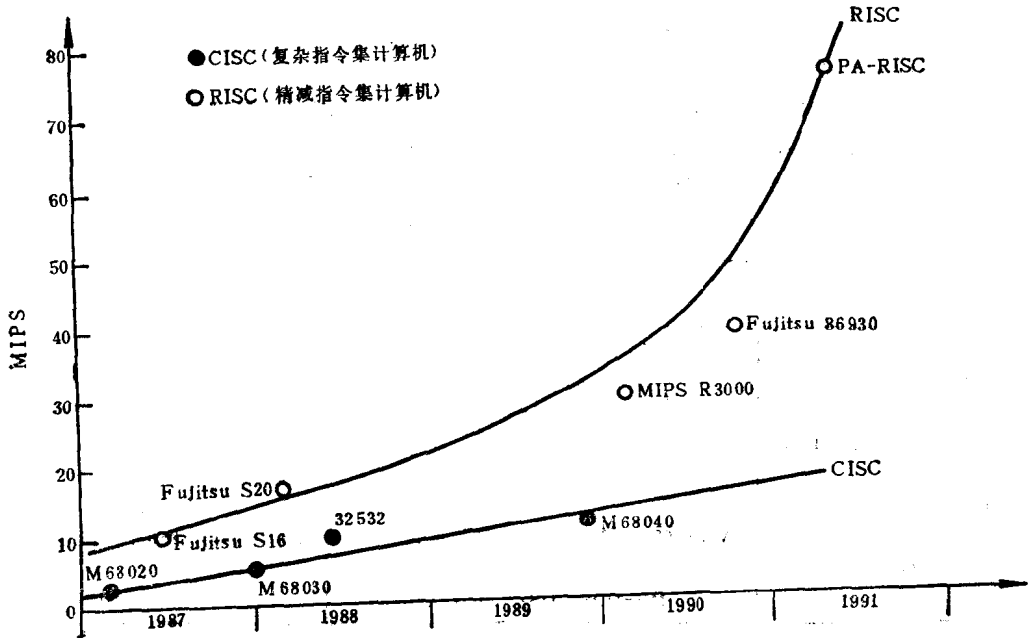


图9-1-3 处理器通过能力的发展

典型的 RISC 计算机的特点为:

- CPU 的通过能力高。
- 以 UNIX 作为操作系统。
- 良好的多用户和分时功能。
- 性能价格比高。

表9·1-5列出了微电子技术的发展对计算机性能的影响。

2. 存贮器

存贮器的功能是存贮程序和数据。一般将存贮器分为两类:主存贮器(内存)和辅助存贮器(外存)。

主存贮器直接与中央处理机联接,为其提供参与运行的指令和数据的记忆场所。辅助存贮器用于存放当前不参与运行的程序和数据,需要时再成批地与内存交换,由于设在主机外部,故又称为外存贮器。前者存贮量小,存取速度快,成本也较高;后者存贮量大,存取速度慢,价格也低。

根据采用的物理原理和存贮介质可将存贮器分为:半导体存贮器、机械存贮器、磁存贮器、光存贮器等。表9·1-6列出了不同类型存贮器及存贮介质的性能特点。

(1) 半导体存贮器 主要用于需要加快存取速度的场合。内存多采用这种存贮器。根据其性能和用途又可分为两类:只读存贮器(ROM)和随机存贮器(RAM)。

(2) 机械存贮器 指穿孔卡或穿孔带,现仍

在某些特定场合中发挥作用,如数控机床或计算机群控系统。

(3) 软盘 用于微机进行少量数据的传输和存贮。其优点是成本低。

(4) 硬盘 用于频繁使用的大量数据存贮。磁盘驱动器的主要区别是磁盘直径和存贮容量。

(5) 磁带 是在不同系统之间交换数据的存贮介质。特点是可靠,但传输速率低,容量小。

(6) 盒式带 与 $1/2$ in(12.7mm)磁带采用相同技术,只是传输速率更低。

(7) VIDEO-8 1988年以来,出现了一种更先进的技术,即基于视频和音频技术的螺旋扫描法,可在一个 VIDEO-8盒式带中存贮几个 GB。其优点是成本低、所需存贮介质数量小、占用空间也小,但对大量数据的检索和恢复要花费较长时间。

(8) 数字声频带(DAT) 这是磁带存贮器的最新发展,采用很紧凑的4mm盒带,以螺旋扫描方法记带。DAT与 VIDEO-8的特点和范围相似。

(9) 光盘 光盘与磁光盘是近年发展起来的利用激光技术实现的一种海量存贮器,其存取速度快、存贮容量大。CD-ROM 光盘是一种只读存贮器,盘上的数据在制造过程中就已写好,使用时,只能读出来,不能写入。

(10) 磁光盘(MO盘) 一种可擦洗的光盘。可在激光和磁场的帮助下双面写入、读出或擦洗。

3. 图形显示器

表9·1-5 微电子技术发展对计算机性能的影响

年 代		1965	1970	1975	1980	1985	1990	1991
存 贮 技 术 RAM	类型	铁氧体存贮		PMOS NMOS		CMOS		
	规模	1KB 4KB 16KB		256KB 1MB		32MB		
	存取时间	> 1ms		< 60ns		200ps		
单片集成度	晶体管数	10	500	1×10^3	100×10^3	300×10^3	$> 10^6$	$> 10^8$
	线宽(μm)	6×10^{-6}		3×10^{-6}	2×10^{-6}	1×10^{-6}	0.8	
微处理器 技术状态	数据处理位长 (bit)	4		8	16	32		64
	时钟频率 (MHz)	2		5	8 10	16 25	33	66
	最大速率 (MIPS)	0.002 0.02		0.2	1	3 15	20	80
	结 构	CISC		RISC				→ →

表9-1-6 存储器的性能特点

存储器种类	存储介质	容 量 (最大)		存取时间 (ms)	传输率 (MB/s)
半导体存储器	电子元件	在MB范围内		0.5	1.44
机械存储器	穿孔带	根据纸带长度		很慢	很低
磁 存 贮 器	软 磁 盘	3.5(in)①	1.44 (MB)	150~250	
		5.25 (in)	1.2 (MB)		
	硬 盘 (温盘)	3.5 (in)	500 (MB)	11~20	5
		5.25 (in)	2 (GB)	11~16	5
		8 (in)	2.5 (GB)	12~16	3
	可移动磁盘	与硬盘相似		与硬盘相似	与硬盘相似
	磁 带	取决于磁带的密度 (bpi)、带长		很慢, 一小 时写一条带, 卷成盘	220
		1600 (bpi)	40 (MB)		
		3200 (bpi)	70 (MB)		
		6250 (bpi)	140 (MB)		
	盒式带	200 (MB)			3
	VIDEO-3	5 (GB)		45	500
	数字音频带 (DAT)	2 (GB)		20	183
光存储器	光 盘 CD-ROM	5.25 (in)	600 (MB)	500	150
	WORM一次写入, 多次读取	2 (GB)			
	磁 光 盘	5.25 (in)	600 (MB)	95	0.7

① 1 in = 25.4 mm

表9-1-7 图形显示器特性比较

类型	矢量刷新式	存储管式	光栅扫描式
特性			
图象产生	随机扫描	随机扫描	光栅扫描
分辨率	高	高	较高
数据容量	有限	大	大
局部删除	能	不能	能
灰度级别	有	没有	有
彩色	较多	没有	有
动画	有	没有	较好

类似电视显象管的彩色光栅阴极射线管式显示器是当前最流行的图形显示装置。图形显示器的技术参数主要有:

- 分辨率: 以水平与垂直像素点为度量标准。
- 显示器尺寸: 以英寸度量的对角线长度表示。
- 图形显示速度: 用每秒钟显示矢量线段的条数来表示。
- 显示颜色种类数。

近年来由于采用了增强的图形处理器, 能够在显示器上进行三维图形处理、实时仿真或实景图象生成。有些超级工作站或计算机因运算速率高, 每秒钟可以做出120万个矢量或三角形和1.8万个三维多边形。

根据阴极射线管电子束在荧光屏上扫描方式不同, 其图形显示器性能特点也不同, 见表9-1-7。

4. 数字化仪

数字化仪是专门读取图形信息的输入装置。它由三部分组成: 数字化台面、数字化处理机和传感元件(触笔或游标)。其作用是把图形转换成数字

(即 x 、 y 坐标) 输入到计算机内。数字化仪的有效幅面, 大的可达 $910\text{mm} \times 1220\text{mm}$, 有时制成立式的, 小的只有 $228\text{mm} \times 304\text{mm}$, 放在桌面上使用, 所以又称为图形输入板。如果在数字化仪上建立若干“菜单”, 则变成了台板菜单, 即通过拾取某个菜单命令来执行相应的程序。数字化仪的分辨力可达到 0.025mm , 已成为 CAD 系统中常用的输入设备。

5. 打印机

打印机是计算机目前最常用的输出设备, 它把计算机内的信息转换成字符打印在纸上、变成可读的材料。不同类型的打印机具有不同的性能特点, 打印机的特点见表9-1-8。

6. 绘图机

高精度与高速度的绘图机是 CAD/CAM 系统的图形输出设备。按其可在图纸上形成图形原理的不同可分为笔式绘图机、静电绘图机、激光绘图机、热敏式绘图机和直接成像式绘图机。笔式绘图机又有滚筒式和平板式两种类型。表9-1-9为几种绘图机的性能特点。

表9-1-8 打印机性能特点

类 型	特 点
点阵式打印机	• 耐用, 价廉, 可输出图形 • 有噪声, 打印针头少时输出质量低
全字符式打印机	• 耐用, 价廉 • 不支持图形输出, 有噪声
喷墨式打印机	• 文字、图形兼用, 输出质量好, 初始成本低, 几乎无噪声 • 作业费用高
激光打印机	• 文字、图形兼用, 输出质量最好, 无噪声 • 成本高
热敏式打印机	• 色彩浓度好, 质量高, 初始成本低 • 作业费用高

表9-1-9 绘图机性能特点

类 型	特 点
笔式绘图机	• 幅面为 A4~A0 • 有4~8种色彩笔 • 一般绘图速度在 $10 \sim 100\text{m}/\text{min}$ 之间 • 综合精度约为 $\pm 0.15\text{mm}$, 重复精度可达 0.01mm
静电绘图机	• 幅面为 A4~A0 • 色彩质量好 (1024种色彩) • 分辨能力可达 $60 \sim 100\text{点}/\text{mm}^2$
激光绘图机	• 幅面为 A4~A0 • 单色 • 出图速度高达22页 (A3) / min • 成本高
热敏式绘图机	• 幅面为 A3, A4 • 色彩质量好 • 作业成本高
直接成像式绘图机	• 幅面为 A1~A0 • 最多有两种色彩 • 价格低但作业费高