

目 录

序 前言

第 1 篇 总 论

第 1 章 机电一体化技术与现代制造

产业.....1-3

1.1 新技术革命与产业竞争.....1-3

1.2 传统机械工业的技术革命——机电
一体化.....1-5

1.2.1 高新技术与传统机械工业的
技术革命.....1-5

1.2.2 机电一体化基本概念.....1-6

1.2.3 机电一体化系统的基本结构
要素.....1-6

1.2.4 机电一体化相关技术.....1-7

1.2.5 机电一体化的技术、经济和社会
效益.....1-8

1.3 机电一体化在现代制造产业结构中
的地位和作用.....1-10

1.3.1 机床产业数控化.....1-10

1.3.2 机器人产业兴起.....1-11

1.3.3 制造系统自动化.....1-11

1.4 发达国家发展机电一体化产业的
政策和策略.....1-13

1.4.1 机电一体化与高技术发展战
略.....1-13

1.4.2 资金支持与政策优惠.....1-13

1.4.3 市场开拓与保护的策略.....1-14

1.4.4 紧密联合的科研生产体系.....1-14

1.5 我国机电一体化产业现状和发展
战略.....1-15

1.5.1 发展现状.....1-15

1.5.2 发展战略.....1-16

第 2 章 机电一体化技术发展方向.....1-18

2.1 机电一体化系统的理论基础.....1-18

2.2 微型计算机技术及其在机电一体化
中的地位.....1-18

2.2.1 微型计算机技术和开发应用.....1-18

2.2.2 微型计算机在机电一体化中
的地位.....1-22

2.2.3 机电一体化中使用计算机应
注意的问题.....1-22

2.2.4 未来计算机的发展方向及对
机电一体化技术的影响.....1-22

2.3 机械制造工程的机电一体化技术
方向.....1-23

2.3.1 机械产品的机电一体化技术
方向.....1-23

2.3.2 机械制造生产过程的机电一体
化方向.....1-23

2.3.3 普通设备的机电一体化改造.....1-24

2.4 提高制造产业竞争力的技术方法.....1-24

2.5 科学研究与生产应用.....1-25

2.5.1 专门人材的培养.....1-25

2.5.2 技术融合、学科交叉.....1-26

2.5.3 科研与生产并举,相辅相成.....1-26

2.5.4 促进科研成果向产业的转移.....1-26

第 3 章 机电一体化系统设计和工程 路线.....1-28

3.1 现代系统设计的特征.....1-28

3.2 系统设计的评价.....1-28

3.3 评价分析方法.....1-29

3.3.1 技术经济性分析.....1-29

3.3.2 可靠性分析.....1-30

3.3.3 柔性、功能扩展及再组合性
分析.....1-32

3.3.4 系统匹配性分析.....1-32

3.3.5 操作性分析.....1-32

3.3.6 维修性分析.....1-32

3.3.7 安全性分析.....1-32

3.4 机电一体化产品设计与工程路线1-32	3.4.6 系统设计中的质量控制1-35
3.4.1 基本设计和工程路线1-32	3.4.7 制造工程质量管理1-36
3.4.2 市场调查与预测1-34	3.5 机电一体化的系统工程观念和方
3.4.3 构思比较1-34	法1-36
3.4.4 方案的评价1-35	参考文献1-38
3.4.5 详细设计1-35	

第 2 篇 机电一体化常用电路

第 1 章 模拟电路及其应用2-3	2.3.2 计数器2-93
1.1 常用半导体器件及其参数2-3	2.3.3 寄存器2-98
1.1.1 分立器件及其参数2-3	2.3.4 定时电路2-101
1.1.2 运算放大器及其参数2-22	2.4 接口电路2-104
1.1.3 其他模拟集成电路简介2-29	2.4.1 电平转换电路2-104
1.2 模拟信号处理电路2-30	2.4.2 外围驱动电路2-107
1.2.1 基本放大电路2-30	2.4.3 线电路2-110
1.2.2 模拟运算电路2-34	2.4.4 模数转换器 (ADC)2-113
1.2.3 检波电路2-37	2.4.5 数模转换器 (DAC)2-120
1.2.4 电压电流变换电路2-39	2.5 可编程逻辑器件 (PLD)2-126
1.2.5 比较器2-40	2.5.1 概述2-126
1.2.6 模拟开关2-42	2.5.2 PLD 的逻辑表示2-127
1.2.7 采样保持电路2-45	2.5.3 FPLA 的构成及特点2-128
1.3 振荡电路2-45	2.5.4 PAL 的结构及应用2-129
1.3.1 正弦振荡器2-45	2.5.5 GAL 的工作原理2-139
1.3.2 多谐振荡器2-48	2.5.6 GAL 的开发工具和编程写入2-151
1.3.3 石英晶体振荡器2-51	2.5.7 GAL 的编程原理2-154
1.4 功率放大电路2-53	2.5.8 GAL 的应用2-155
1.4.1 功率放大器的特点2-53	2.5.9 GAL 的特点及器件命名方
1.4.2 低频功率放大器2-53	法2-162
1.4.3 脉冲功率放大器2-55	2.5.10 GAL 使用中应注意的问题2-163
1.4.4 功率管的保护2-57	第 3 章 电源2-164
第 2 章 数字电路及其应用2-61	3.1 直流稳压电源2-164
2.1 数字电路概述2-61	3.1.1 整流电路2-164
2.1.1 数字集成电路的种类2-61	3.1.2 滤波电路2-164
2.1.2 TTL 集成电路2-61	3.1.3 并联式直流稳压电源2-168
2.1.3 CMOS 集成电路2-62	3.1.4 串联式直流稳压电源2-168
2.1.4 其他数字集成电路2-69	3.1.5 集成稳压器2-171
2.2 逻辑门和组合逻辑电路2-70	3.2 开关稳压电源2-174
2.2.1 基本逻辑门电路2-70	3.2.1 开关电源和线性电源的主要
2.2.2 运算电路2-76	性能比较2-174
2.2.3 译码器与编码器2-82	3.2.2 开关电源的基本结构2-175
2.2.4 数据选择器和数据分配器2-88	3.2.3 主要元器件的参数选择2-177
2.3 触发器和时序逻辑电路2-89	3.2.4 常用开关电源的集成控制器2-180
2.3.1 触发器2-89	3.3 UPS 电源2-180

3.3.1 UPS电源的基本结构.....2-180	4.3 过渡干扰的抑制.....2-207
3.3.2 UPS电源的选择原则及使用 方法.....2-181	4.3.1 过渡干扰的成因.....2-207
3.3.3 常用UPS电源的性能比较.....2-182	4.3.2 过渡干扰的抑制措施.....2-203
3.4 特种电源.....2-183	4.4 感性负载干扰与机械振动干扰的 抑制措施.....2-205
3.4.1 线切割机用高压脉冲电源.....2-183	4.4.1 感性负载干扰及其抑制.....2-205
3.4.2 中频、高频电源.....2-183	4.4.2 机械振动干扰的抑制.....2-208
3.4.3 直流稳流电源.....2-185	4.5 隔离、屏蔽和接地技术.....2-209
第4章 抗干扰技术.....2-188	4.5.1 正确接地方法.....2-209
4.1 干扰的基本概念.....2-188	4.5.2 屏蔽.....2-212
4.1.1 干扰的基本含义.....2-188	4.5.3 输入、输出接口窜入干扰的 隔离和抑制.....2-214
4.1.2 干扰的分类.....2-188	4.5.4 线间串扰的抑制.....2-215
4.1.3 干扰的传播.....2-189	4.6 模拟量抗干扰的其他措施.....2-220
4.1.4 提高设备抗干扰能力的一般 原则.....2-189	4.6.1 抗串模干扰的方法.....2-220
4.2 电源干扰的抑制.....2-191	4.6.2 抗共模干扰的方法.....2-222
4.2.1 电源系统引入干扰的途径和 频率范围.....2-191	4.6.3 放大器的屏蔽接地和去耦.....2-224
4.2.2 电源交流侧抑制干扰窜入的 措施.....2-193	4.7 数字系统内部固有干扰及其抑制.....2-225
4.2.3 直流电源抗干扰措施.....2-199	4.7.1 数字系统内部固有干扰.....2-225
4.2.4 其他抗电源干扰措施.....2-200	4.7.2 数字系统内部固有干扰的 抑制措施.....2-225
	参考文献.....2-226

第3篇 工业控制机及其应用

第1章 概述.....3-3	2.2.4 母板的连接.....3-32
1.1 工业控制机的发展及其特点与分类.....3-3	2.2.5 电路模板的电气特性.....3-32
1.1.1 工业控制机的发展概况.....3-3	2.2.6 机械规范.....3-32
1.1.2 工业控制机的分类.....3-4	2.3 STD总线如何与各种字长的CPU 兼容.....3-33
1.1.3 工业控制机与信息处理机的 区别.....3-7	2.3.1 STD总线如何支持Z-80、 8085等8位微处理器.....3-33
1.2 工业控制计算机总线简介.....3-8	2.3.2 总线复用与16位CPU模板设计.....3-34
1.2.1 开放式体系结构和总线系统.....3-8	2.3.3 32位STD总线——STD 32总 线.....3-35
1.2.2 常用微机总线介绍.....3-10	2.3.4 单板机模式(即 All-in-one).....3-37
1.3 微型计算机标准总线分类.....3-24	2.3.5 STD总线与单片机.....3-38
第2章 STD总线工业控制机.....3-26	2.4 工业控制机中的存贮器.....3-39
2.1 概述.....3-26	2.4.1 工业控制对存贮器的要求.....3-40
2.1.1 STD总线的实现.....3-26	2.4.2 工业控制中常用的存贮器芯片.....3-40
2.1.2 STD总线的历史和发展.....3-26	2.4.3 STD总线系统的存贮器.....3-42
2.1.3 STD总线的应用.....3-27	2.4.4 半导体虚拟磁盘.....3-43
2.2 STD总线规范.....3-28	2.5 基本系统组成和系统组合模式.....3-45
2.2.1 STD总线引脚定义.....3-28	2.5.1 工业控制机的基本系统.....3-45
2.2.2 信号描述.....3-30	
2.2.3 电气规范.....3-31	

2.5.2 工业控制机系统组合模式	3-47	标记	3-105
2.6 STD 总线的 I/O 子系统	3-49	3.4 iSBX I/O 总线	3-108
2.6.1 概述	3-49	3.4.1 iSBX I/O 总线系统的结构	3-108
2.6.2 开关量输入/输出	3-50	3.4.2 iSBX I/O 总线信号	3-108
2.6.3 A/D、D/A 及模拟信号调理	3-52	3.4.3 iSBX I/O 总线插头插座与 信号引脚分配	3-110
2.6.4 运动控制接口	3-57	3.4.4 iSBX 多模块板的机械规范	3-110
2.6.5 GPIB 和 SBX 支持	3-59	3.4.5 iSBX I/O 总线兼容程度标记	3-111
2.7 STD 总线的多处理机系统	3-60	3.5 iLBX 总线	3-111
2.7.1 主从式多 CPU 系统——智能 I/O 模板	3-60	3.5.1 iLBX 总线系统的结构	3-111
2.7.2 总线仲裁与多主 CPU 系统	3-64	3.5.2 iLBX 总线信号	3-111
2.8 分布式工业测控系统组成——串行 数据通信和工业局域网络	3-67	3.5.3 iLBX 总线操作	3-113
2.9 Watchdog、电源掉电检测及软件 可靠性措施	3-74	3.5.4 iLBX 总线的机械规范	3-115
2.9.1 Watchdog 及其应用	3-74	3.5.5 iLBX 总线兼容程度标记	3-115
2.9.2 电源掉电检测及其应用	3-76	3.6 Multibus I 系统的结构	3-115
2.9.3 提高可靠性的某些软件措施	3-77	3.7 Multibus I 并行系统总线	3-117
2.10 STD 总线工业控制机的支持软件	3-78	3.7.1 Multibus I 并行系统总线信号	3-117
2.10.1 概述	3-78	3.7.2 Multibus I 并行系统总线的 通信协议	3-121
2.10.2 STD DOS	3-78	3.7.3 Multibus I 的机械规范	3-124
2.10.3 嵌入式操作系统 POM-DOS	3-79	3.8 iLBX II 局部扩充总线	3-124
2.10.4 VRTX 嵌入式实时多任务操作 系统	3-81	3.8.1 iLBX II 局部扩充总线的功能 描述	3-124
2.10.5 AMX 实时多任务操作系统	3-84	3.8.2 iLBX II 总线信号	3-125
2.10.6 QNX 实时多任务多用户网络 操作系统	3-86	3.8.3 iLBX II 总线协议	3-126
2.10.7 高级语言的分离和固化运行	3-86	3.9 MIX 模块接口扩充总线的结构与 功能	3-126
2.10.8 在控制系统中的开发应用	3-87	3.10 iRMX 实时多任务操作系统简介	3-127
2.11 国内外先进产品介绍	3-89	3.10.1 概述	3-127
2.11.1 国内典型产品	3-89	3.10.2 iRMX 操作系统功能简介	3-128
2.11.2 国外典型产品	3-91	3.10.3 实时多任务操作系统 DOS/ RMX	3-131
第 3 章 Multibus 工业控制机	3-94	3.11 Multibus I 和 II 的系统设计与 OEM 产品简介	3-132
3.1 概述	3-94	3.11.1 Multibus I 和 II 的系统设计	3-132
3.2 Multibus I 系统的结构	3-94	3.11.2 Multibus I OEM 产品简介	3-132
3.3 Multibus I 系统总线	3-96	第 4 章 VME 总线工业控制机	3-138
3.3.1 Multibus I 系统总线信号	3-96	4.1 概述	3-138
3.3.2 Multibus I 系统总线的操作	3-98	4.1.1 VME 总线的发展	3-138
3.3.3 Multibus I 系统总线的电气 规范	3-103	4.1.2 VME 总线特点	3-138
3.3.4 Multibus I 系统总线机械性能 规范	3-105	4.2 VME 总线信号	3-138
3.3.5 Multibus I 系统总线兼容程度		4.3 机械特性	3-141
		4.4 VME 总线功能结构	3-142

4.4.1	数据传输总线	3-142	5.1.3	单片机的应用	3-166
4.4.2	优先级中断总线	3-143	5.1.4	单片机系统的扩展和配置	3-167
4.4.3	仲裁总线	3-144	5.1.5	单片机技术发展的趋势	3-167
4.4.4	公用总线	3-145	5.2	单片机产品及性能介绍	3-168
4.4.5	信号协议	3-145	5.2.1	概述	3-168
4.5	电气特性	3-146	5.2.2	4位单片机	3-169
4.5.1	VEM总线信号线驱动器	3-146	5.2.3	8位单片机	3-169
4.5.2	底板连接	3-146	5.2.4	16位单片机	3-179
4.5.3	配电	3-146	5.2.5	32位单片机	3-181
4.6	VME总线的能力	3-146	5.2.6	模糊单片机	3-183
4.6.1	寻址能力	3-146	5.3	单片机的开发环境	3-183
4.6.2	基本的数据传输能力	3-147	5.3.1	概述	3-183
4.6.3	“不结盟的”(Unaligned) 传输能力	3-147	5.3.2	单片机程序设计语言及支持 软件	3-183
4.6.4	地址流水线能力	3-148	5.3.3	开发环境中的人-机界面	3-185
4.6.5	中断能力	3-149	5.3.4	开发环境的硬件种类	3-187
4.6.6	建立虚拟通信通路	3-150	5.3.5	单片机开发环境发展趋势	3-188
4.7	VME总线的应用	3-150	5.4	单片机的多机与网络系统	3-189
4.7.1	改善CPU性能	3-150	5.4.1	工业测控领域的多机与网络 系统	3-189
4.7.2	及时地响应重要事件	3-151	5.4.2	单片机的串行接口与多机系统 Plan	3-189
4.7.3	系统初始化和诊断	3-152	5.4.3	Plan网	3-190
4.8	VME总线的规范形式	3-152	5.4.4	位总线	3-193
4.8.1	关键词	3-152	5.4.5	I ² C总线	3-197
4.8.2	定时要求	3-153	5.4.6	CAN总线	3-200
4.8.3	信号互连的专用符号	3-153	5.5	单片机的应用	3-201
4.9	VME总线系列的UNIX System V/68操作系统及其实时环境	3-154	5.5.1	单片机应用系统设计概述	3-201
4.9.1	UNIX的产生、发展及主要 特点	3-154	5.5.2	单片机应用系统的类型	3-202
4.9.2	UNIX System V/68的功能 及组成	3-155	5.5.3	单片机在仪器仪表中的应用	3-203
4.9.3	UNIX向实时领域的迈进	3-156	5.5.4	单片机在机电一体化设备控制 中的应用	3-205
4.9.4	System V/68下的实时环境 VMEexec	3-156	5.5.5	单片机在家用电器中的应用	3-206
4.9.5	System V/68下的网络环境	3-158	第6章	PLC及其应用	3-208
4.10	VME总线系统——国产0604微型 计算机系统	3-159	6.1	概述	3-208
4.11	国外VME总线系列新产品	3-160	6.1.1	PLC发展概况	3-208
第5章	微控制器技术及其发展	3-164	6.1.2	PLC的特点	3-210
5.1	概述	3-164	6.1.3	PLC的分类	3-211
5.1.1	单片机、微控制器及嵌入式 控制器	3-164	6.1.4	PLC的技术发展趋势	3-211
5.1.2	单片机的产生和发展	3-164	6.1.5	国外PLC的典型应用概况	3-213
			6.1.6	国产PLC及其在生产中的应用	3-214
			6.2	PLC硬件体系	3-215
			6.2.1	硬件结构	3-215

6.2.2 CPU和中央存储器.....3-216

6.2.3 I/O接口.....3-218

6.2.4 电源、机架及扩展箱.....3-222

6.2.5 PLC的工作原理.....3-223

6.2.6 智能I/O模板.....3-226

6.2.7 远程I/O模板.....3-228

6.2.8 通信及网络.....3-229

6.2.9 编程器.....3-230

6.3 PLC软件体系.....3-231

6.3.1 PLC系统软件和应用软件.....3-231

6.3.2 系统软件框图.....3-231

6.3.3 应用软件用编程语言.....3-233

6.3.4 应用软件模块化——PLC
功能模块介绍.....3-248

6.4 PLC产品介绍.....3-248

第7章 分散型控制系统.....3-258

7.1 概述.....3-258

7.1.1 分散型控制系统的发展.....3-258

7.1.2 分散型控制系统的特点及
类型.....3-258

7.2 分散型控制系统的体系结构.....3-259

7.2.1 建立分散型控制系统体系
结构的原则.....3-259

7.2.2 分散型控制系统体系结构.....3-260

7.2.3 典型系统配置.....3-261

7.3 分散型控制系统的通信网络.....3-262

7.3.1 概述.....3-262

7.3.2 通信协议.....3-265

7.3.3 工业局部网络的选型考虑.....3-282

7.3.4 几种DCS系统通信网络
举例.....3-283

7.4 过程级设备.....3-285

7.4.1 过程级设备功能及分类.....3-285

7.4.2 过程控制设备的构成.....3-287

7.4.3 过程级设备的可靠性设计措施.....3-290

7.4.4 典型过程级设备介绍.....3-290

7.5 监控级设备.....3-292

7.5.1 监控级设备的功能及类型.....3-292

7.5.2 监控级设备构成.....3-294

7.5.3 典型监控级设备介绍.....3-294

7.6 分散型控制系统软件系统.....3-296

7.6.1 概述.....3-296

7.6.2 实时操作系统.....3-296

7.6.3 组态软件.....3-297

7.6.4 应用软件.....3-303

7.7 典型分散型控制系统介绍.....3-307

7.7.1 国外典型分散型控制系统
介绍.....3-307

7.7.2 国内典型分散型控制系统介绍.....3-313

7.8 分散型控制系统应用举例.....3-320

7.8.1 概述.....3-320

7.8.2 工艺简介.....3-320

7.8.3 系统构成及系统功能.....3-320

7.8.4 控制策略.....3-321

附录 典型DCS产品及其主要性能.....3-322

参考文献.....3-326

第4篇 数控技术

第1章 数控设备概述.....4-3

1.1 数控设备的结构与功能.....4-3

1.2 数控设备的分类.....4-3

1.3 数控设备的发展动向.....4-5

1.4 选用数控设备的原则与方法.....4-7

第2章 数控机床的标准.....4-10

2.1 概述.....4-10

2.2 数控机床的标准代码.....4-10

2.3 数控机床的坐标轴和运动方向.....4-13

2.4 数控装置和数控机床电气设备间
的接口规范.....4-13

附录 机床数控——坐标轴和运动方向
专用术语.....4-16

第3章 典型数控系统.....4-22

3.1 典型数控系统的组成.....4-22

3.1.1 CNC系统的基本概念.....4-22

3.1.2 CNC系统的基本构成.....4-22

3.1.3 两类不同结构型式CNC
装置.....4-23

3.2 典型数控系统的硬件结构.....4-24

3.2.1 输入部件.....4-24

3.2.2 CPU及总线.....4-29

3.2.3 存贮部件.....4-47

3.2.4 I/O接口电路.....4-53

3.2.5 通信与网络接口.....4-60

3.2.6 显示部件.....4-60

- 1.3.8 流速传感器5-82
- 1.3.9 其它测速方法5-84
- 1.4 力、扭矩和压力传感器5-84
- 1.4.1 力、扭矩和压力传感器的类型
和特点5-84
- 1.4.2 弹性敏感元件5-86
- 1.4.3 电阻应变片式力、扭矩和压力
传感器5-90
- 1.4.4 压阻式力、压力传感器5-98
- 1.4.5 压电式力、压力传感器5-102
- 1.4.6 压磁式力传感器5-108
- 1.4.7 谐振式力、力矩和压力传感
器5-111
- 1.4.8 位移式力、压力传感器5-115
- 1.4.9 其它类型压力和扭矩传感器5-117
- 1.5 惯性角参数传感器5-119
- 1.5.1 压电射流速率传感器5-119
- 1.5.2 三维压电射流姿态传感器5-121
- 1.6 惯性加速度和倾角传感器5-123
- 1.6.1 石英挠性伺服加速度传感器5-123
- 1.6.2 哥氏惯性速度和加速度传感
器5-125
- 1.6.3 参量式倾斜传感器5-125
- 1.6.4 振弦式倾斜传感器5-126
- 1.6.5 力平衡式倾斜传感器5-126
- 1.6.6 气体线加速度传感器5-128
- 1.6.7 气体摆式倾角传感器5-130
- 1.7 振动加速度传感器5-131
- 1.7.1 压电振动加速度传感器5-131
- 1.7.2 压阻式振动加速度传感器5-132
- 1.7.3 磁致伸缩式振动加速度传感
器5-133
- 1.7.4 PVDF 心音脉搏传感器5-133
- 1.8 物位传感器5-134
- 1.8.1 放射性同位素物位传感器5-134
- 1.8.2 超声物位传感器5-134
- 1.8.3 超声界面传感器5-134
- 1.8.4 微波物位传感器5-135
- 1.8.5 流量式液位传感器5-135
- 1.8.6 玻璃管式液位传感器5-136
- 1.8.7 平衡浮子式液位传感器5-136
- 1.9 声敏传感器5-136
- 1.9.1 声敏传感器的分类5-136
- 1.9.2 碳粒送话器5-137
- 1.9.3 压电声敏传感器5-137
- 1.9.4 静电扬声器5-138
- 1.10 半导体彩色传感器5-138
- 1.11 热敏传感器5-139
- 1.11.1 半导体热敏电阻5-139
- 1.11.2 二极管热敏传感器5-139
- 1.11.3 晶体管热敏传感器5-139
- 1.11.4 光纤温度传感器5-140
- 1.12 磁敏传感器5-140
- 1.12.1 磁敏传感器的种类及其检测
极限5-140
- 1.12.2 霍尔效应型传感器5-141
- 1.12.3 超导量子干涉器件5-141
- 1.13 气体传感器5-142
- 1.13.1 半导体气体传感器5-142
- 1.13.2 固体电解质气体传感器5-144
- 1.13.3 真空度传感器5-144
- 1.13.4 微波气体成分传感器5-144
- 1.13.5 光学气体成分传感器5-144
- 1.13.6 谐振微桥传感器5-144
- 1.14 湿度和水分传感器5-145
- 1.14.1 湿度传感器的分类5-145
- 1.14.2 水分子亲和力和型湿度传感
器5-145
- 1.14.3 非水分子亲和力和型湿度传感
器5-147
- 1.15 生物传感器5-148
- 1.15.1 生物传感器的原理5-148
- 1.15.2 电化学生物传感器5-148
- 1.15.3 生物电子传感器5-149
- 1.15.4 光生物传感器5-150
- 1.15.5 微生物传感器5-150
- 1.15.6 离子敏场效应晶体管传感
器5-152
- 1.15.7 半导体化学集成传感器5-153
- 第2章 测量电路5-154
- 2.1 测量电路总论5-154
- 2.1.1 测量电路的类型与组成5-154
- 2.1.2 基本转换电路5-155
- 2.2 测量放大器5-161
- 2.2.1 测量放大器的主要特点与要
求5-161

2.2.2	低噪声放大器	5-161	3.5.1	国产三种类型数显装置的 对照分析	5-300
2.2.3	高稳定度放大器	5-163	3.5.2	数显装置的选用方法	5-300
2.2.4	高输入阻抗放大器	5-164	3.5.3	数显装置的安装和调试	5-301
2.2.5	高共模抑制比放大器	5-166	3.5.4	数显装置的应用实例	5-314
2.2.6	参量放大器与电荷放大器	5-168	3.6	数显装置的维护与修理	5-318
2.2.7	放大器的线性化与量程切换	5-170	3.6.1	日常维护	5-318
2.2.8	放大器的频率特性	5-173	3.6.2	数显装置的故障判断和处理	5-319
2.3	调制与解调电路	5-174	第4章 仪器仪表智能化		5-323
2.3.1	调制的功用与类型	5-174	4.1	概述	5-323
2.3.2	信号的幅值调制与解调	5-174	4.1.1	智能化仪器仪表的基本结构	5-323
2.3.3	信号的频率调制与解调	5-186	4.1.2	智能化仪器仪表的特点	5-323
2.3.4	信号的相位调制与解调	5-188	4.2	微型机与检测仪器仪表的接口 技术	5-323
2.3.5	信号的脉宽调制与解调	5-191	4.2.1	传感器与微型机的接口技术	5-324
2.4	滤波器	5-192	4.2.2	智能仪器仪表显示器件与 微机的接口	5-330
2.4.1	滤波器的基本知识	5-192	4.2.3	微型机与仪器面板的接口	5-334
2.4.2	常用二阶有源滤波器电路	5-204	4.3	仪器仪表智能化的基本运算与 处理	5-338
2.4.3	有源滤波器设计方法	5-204	4.3.1	基本函数近似计算	5-338
2.5	模拟运算电路	5-220	4.3.2	几种常用数值计算方法	5-340
2.5.1	线性加减电路	5-221	4.3.3	常用非数值计算处理方法	5-341
2.5.2	微分与积分运算电路	5-223	4.3.4	信号预处理	5-345
2.5.3	绝对值、平均值、峰值运算 电路	5-229	4.3.5	静态误差修正	5-349
2.5.4	乘、除、乘方、开方电路	5-231	4.4	信号处理技术	5-352
2.5.5	函数电路	5-233	4.4.1	信号处理基础	5-352
2.6	细分、辨向、当量变换与编码 变换电路	5-240	4.4.2	谱分析	5-370
2.6.1	细分、辨向电路的选用	5-240	4.4.3	时间序列分析	5-374
2.6.2	细分、辨向常用电路	5-240	4.5	人工智能在检测技术中的应用	5-379
2.6.3	脉冲当量变换电路	5-257	4.5.1	基本概念	5-379
2.6.4	二进制与循环码的变换	5-263	4.5.2	设备故障诊断技术	5-380
第3章 机床数显装置		5-265	4.5.3	图象识别技术在检测中的 应用	5-383
3.1	数显装置的工作原理	5-265	4.6	精密量仪的微机化	5-383
3.2	数显装置常用的位移传感器	5-265	4.6.1	精密圆度仪	5-383
3.3	国内外数显表的型谱	5-277	4.6.2	齿轮量仪	5-386
3.4	数显装置实例	5-290	4.6.3	表面粗糙度量仪	5-397
3.4.1	感应同步器数显装置	5-290	4.6.4	三坐标测量机	5-401
3.4.2	光栅数显装置	5-293	参考文献		5-419
3.4.3	磁尺数显装置	5-294			
3.4.4	单片机数显装置	5-299			
3.5	数显装置的应用	5-300			

第4篇 数控技术

主 编	甘锡英
主 审	毕承恩
编写人员	
第1章	甘锡英
第2章	甘锡英
第3章	黄 麟
第4章	龙静仪
第5章	刘艳芳 甘锡英



第1章 数控设备概述

随着生产和科学技术的发展,特别是随着航空、航天、造船、电子和兵器等工业部门的发展,机械产品日趋精密、复杂,而且改型频繁,普通机床已不能完全适应这些部门的加工要求,如对一些复杂的曲线、曲面所构成的零件,手工操作甚至根本无法进行加工。因此,数控机床已成为现代工业生产必不可少的设备。

以数控机床为代表的数控设备的生产与应用水平,反映出一个国家的机械与电子工业水平,它的研制和推广应用,对于提高劳动生产率和产品质量,改变我国制造技术落后的状况,使我国机电产品走向世界,起着极为重要的作用。

数控技术是工业自动化的一门基础技术,在数控机床及其它数控设备上得到广泛应用。由于篇幅的限制,本篇将重点介绍机电一体化的典型产品数控机床的数控技术。该项技术在其它领域也是适用的。

1.1 数控设备的结构与功能

数控设备是指通过数字化操作指令进行控制的一种设备,其基本结构框图如图4·1-1所示。

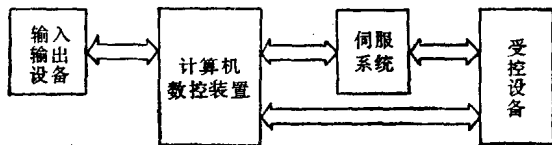


图4·1-1 数控设备基本结构框图

1. 输入输出设备

输入输出设备的主要功能是:编制程序、输入、打印和显示。这一部分的硬件,简单者可能只有键盘和发光二极管LED显示器,一般的可能再加上纸带、磁带、磁盘输入机、人机对话编程操作键盘和CRT显示器;高级的可能还包含有一套自动编程机或者CAD/CAM系统。由这些设备实现编制程序、输入程序、输入数据以及显示、贮存和打印等功能。

2. 计算机数控装置

计算机数控装置是数控设备的“头脑”和“核

心”。它根据输入的程序和数据,完成数值计算、逻辑判断、输入输出控制等功能。计算机数控装置一般由专用(或通用)计算机、输入输出接口板以及机床控制器(可编程控制器)等部分组成。机床控制器主要用于实现对机床辅助功能M、主轴选速功能S和换刀功能T的控制。

3. 伺服系统

伺服系统包括伺服控制线路、功率放大线路、伺服电机等执行装置,它接收计算机数控装置发来的各种动作命令,驱动受控设备的运动。伺服电机可以是步进电机、电液马达,直流伺服电机或交流伺服电机。

4. 受控设备

受控设备包括机床行业的各种数控机床和其它行业的许多数控设备,例如造船行业的数控火焰切割机,飞机制造行业的数控弯管机,以及电火花加工机,数控冲剪机,数控压力机、数控绘图机和数控测量机等。受控设备是被控制的对象,一般都需要对它进行位移,角度和各种开关量的控制。在受控设备上一般装有检测装置,以便将位置和各种状态信号反馈给计算机数控装置,实现闭环控制。

1.2 数控设备的分类

数控设备五花八门,种类繁多,许多行业都有自己的数控设备和分类方法。机床行业,常见的分类方法有四种。

1. 按受控设备的工艺用途分类

(1) 普通数控机床 这类数控机床和传统的通用机床一样,有车、铣、钻、镗、磨床等,而且每一类里又有很多品种,例如数控铣床中就有立铣、卧铣、工具铣、龙门铣等,这类机床的工艺性能和通用机床相似,所不同的是它能自动加工具有复杂形状的零件。

(2) 加工中心机床 这是一种在普通数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置而构成的数控机床,它和普通数控机床的区别是:工件经一次装夹后,数控装置就能控制机床自动地更换刀具,连续地自动地对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻、铰

及攻螺纹等多工序加工，故有些资料上又称它为多工序数控机床。

(3) 多坐标数控机床 有些复杂形状的零件，用三坐标的数控机床还是无法加工，如螺旋桨、飞机机翼曲面及其它复杂零件的加工等，都需要三个以上坐标的合成运动才能加工出所需形状。于是出现了多坐标的数控机床，其特点是数控装置控制的轴数较多，机床结构也比较复杂，坐标轴数的多少通常取决于加工零件的复杂程度和工艺要求。现在常用的有4、5、6坐标的数控机床。

(4) 数控特种加工机床 如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

2. 按受控设备的运动轨迹分类

(1) 点位控制系统 这类控制系统只控制运动部件从一点移到另一点的准确定位。在移动过程中不进行加工，对两点间的移动速度及运动轨迹没有严格要求，可以先沿一个坐标移动完毕，再沿另一个坐标移动，也可以沿多个坐标同时移动。这类系统主要用于数控钻床、数控坐标镗床、数控冲剪床和数控测量机等。相应的数控装置称为点位控制装置。

(2) 直线控制系统 这类控制系统除了控制点与点之间的准确位置之外，还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线，而且对移动的速度也要进行控制，以便适应随工艺因素变化的不同需要。这类系统主要用于简易数控车床、数控镗铣床等。相应的数控装置称为直线控制装置。

(3) 轮廓控制系统 这类控制系统能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制，使合成的平面或空间的运动轨迹能满足图样的要求。这类系统的控制计算机一般要求具有较高速度的数字运算和信息处理功能。这类系统主要用于数控铣床、数控车床等设备上，以便加工具有复杂形状的零件。相应的数控装置称为轮廓控制装置。

3. 按伺服系统的控制方式分类

(1) 开环控制 这类控制方式通常不带位置检测元件，伺服驱动元件为功率步进电机或伺服步进电机加液压马达。数控系统每发出一个指令脉冲，经驱动电路功率放大后，驱动脉冲电机旋转一个角度，再经传动机构带动工作台移动。这类系统信息流是单向的，即进给脉冲发出去后，实际移动值不再反馈回来，所以称为开环控制。

开环控制系统框图见图4-1-2。这类控制系统受步进电机的步距精度和传动机构的传动精度的影

响，难于实现高精度的控制，另外，进给速度也受步进电机工作频率的限制。但由于这种系统结构简单、成本较低、技术容易掌握，所以使用较广泛，特别适用于旧机床改造的简易数控系统。

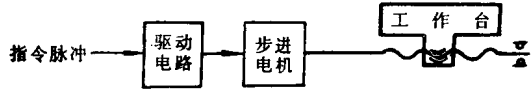


图4-1-2 开环控制系统框图

(2) 闭环控制 这类控制方式带有检测装置，直接对工作台的实际位移量进行检测。

闭环控制系统框图见图4-1-3。图中A为速度测量元件，C为位置测量元件。当指令值发送到位置比较电路时，若工作台没有移动，则没有反馈量，指令值使得伺服电机转动，通过A将速度反馈信号送到速度控制电路，通过C将工作台实际位移量反馈回去，在位置比较电路中指令值进行比较，用比较后得出的差值进行控制，直至差值等于零时为止。这类控制系统，因为把机床工作台纳入了控制环，故称闭环控制系统。该系统可以消除包括工作台传动链在内的误差，因而定位精度高，调节速度快。但由于工作台惯量大，对系统稳定性会带来不利影响，使调试和维修都较困难，且系统复杂和成本高，故较适用于精度要求高的数控设备，如数控精密镗铣床。

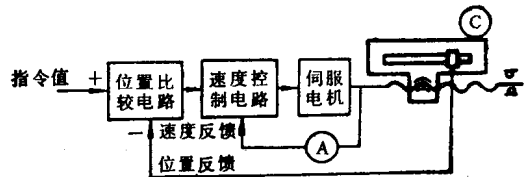


图4-1-3 闭环控制系统框图

(3) 半闭环控制 这类控制方式与闭环控制方式的区别在于检测反馈信号不是来自工作台，而是来自与电机相联系的测量元件。

半闭环控制系统框图见图4-1-4。通过测速发电机A和光电编码盘（或旋转变压器）B间接检测出伺服电机的转角，推算出工作台的实际位移量，将此值与指令值进行比较，用差值来实现控制的。从图4-1-4可以看出，由于工作台传动链没有完全包括在控制回路内，因而称之为半闭环控制。这类控制系统介于开环与闭环之间，精度没有闭环高，调试却比闭环方便，因而得到广泛的应用。

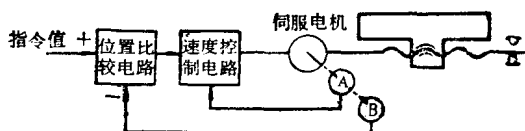


图4-1-4 半闭环控制系统框图

(4) 混合控制 将以上三类控制方式的特点有选择地集中起来,组成混合控制方式,特别适用于大型数控机床控制系统,因为大型数控机床需要较高的进给速度和返回速度,又需要相当高的精度,如果只采用全闭环控制,机床传动链和工作台全部置于控制环中,因素十分复杂,难于调试得稳定。混合控制又分为两种形式:

1) 开环补偿型 图4-1-5为开环补偿型控制方式,特点是基本控制选用步进电机的开环控制伺服机构,附加一个校正伺服电路。通过装在工作台上直线位移测量元件的反馈信号来校正机械系统的误差。

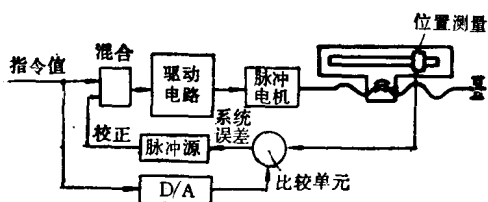


图4-1-5 开环补偿型控制

2) 半闭环补偿型 半闭环补偿型(见图4-1-6)的特点是用半闭环进行基本驱动以取得高速度控制,再用装在工作台上的直线位移测量元件实现全闭环,然后用全闭环和半闭环的差进行控制,以获得高精度。其中A是速度测量元件(如测速发电机),B是角度测量元件(如分解器),C是直线位移测量元件(如感应同步器)等。

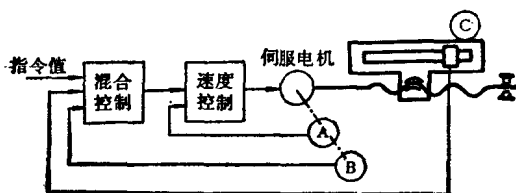


图4-1-6 半闭环补偿型控制

4. 按数控装置的功能水平分类

可以把数控机床分为低、中、高档三类。这种分类方式,在我国用得很多。低、中、高三档的界

限是相对的,不同时期,划分标准会有不同。就目前的发展水平来看,大体可从如下几个方面区分:

1) 分辨率和进给速度 分辨率为 $10\mu\text{m}$,进给速度在 $8\sim 15\text{m}/\text{min}$ 为低档;分辨率为 $1\mu\text{m}$,进给速度为 $15\sim 24\text{m}/\text{min}$ 为中档;分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,进给速度为 $15\sim 100\text{m}/\text{min}$ 为高档。

2) 伺服进给类型 采用开环、步进电机进给系统为低档;中高档则采用半闭环或闭环的直流伺服系统和交流伺服系统。

3) 联动轴数 低档数控机床联动轴数一般只到2轴;中、高档则为 $3\sim 5$ 轴。

4) 通信功能 低档数控一般无通信功能;中档可以有RS-232或DNC(Direct Numerical Control)接口;高档的还可以有MAP(Manufacturing Automation Protocol)通信接口,具有联网功能。

5) 显示功能 低档数控一般只有简单的数码管显示或单色CRT(Cathode Ray Tube)字符显示;而中档数控则具有较齐全的CRT显示,不仅有字符,而且有图形、人机对话、状态和自我诊断功能等。高档数控系统还可以有三维图形显示。

6) 内装PLC(Programmable Logical Controller) 低档数控一般无内装PLC,而中、高档数控都有内装PLC。

7) 主CPU(Central Processing Unit) 低档数控一般采用8bit CPU,中、高档已经逐步由16bit CPU向32bit CPU过渡,国外一些新的数控系统甚至已经选用了64bit CPU。

根据以上的一些功能及指标,就可以将各种类型的数控产品分为低、中、高档三类数控系统。

在我国还有经济型数控这种提法。所谓经济型数控,一般均属低档数控,是指由单板机、单片机和步进电机组成的数控系统以及其它功能简单、价格低的数控系统。它主要用于车床、线切割机床以及老机床改造等。

1.3 数控设备的发展动向

随着微电子技术和计算机技术的发展,数控设备性能日臻完善,数控设备应用领域日益扩大。科学技术的发展推动了数控设备的发展,各生产部门加工要求的不断提高又从另一方面促进了数控设备的发展。当今数控设备正不断采用最新技术成就,

朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、小型化、系统化与高可靠性等方向发展。

1. 高速高精度化

速度和精度是数控设备的两个重要技术指标,它直接关系到加工效率和产品质量。

对于数控设备,高速化首先是要求计算机数控系统在读入加工指令数据后,要能高速度处理并计算出伺服电机的移动量,并要求伺服电机能高速度地作出反应。此外,要实现生产系统的高速化,还必须谋求主轴转速、进给率、刀具交换、托板交换等各种关键部分进行高速化。

采用32位微处理器,是提高CNC速度的最有效的手段。日本FANUC公司曾宣称,该公司所有最新型号的CNC都使用32位微处理器技术。FANUC 15系统采用32位机,实现了在最小移动单位为0.1 μm 情况下达到最大进给速度为100m/min。FANUC16和FANUC18还采用了简化与减少控制基本指令的RISC机(Reduced Instruction Set Computer精简指令计算机),它能进行更高速度的数据处理,其执指速度可达到20~30MIPS(Million Instructions Per Second)。现在一个程序段的处理时间可缩短到0.5ms,在连续1mm的移动指令下能实现的最大进给速度可达120m/min。

在数控机床的高速化中,提高主轴旋转速度占重要地位。有研究报告指出,由于主轴的高速化,使得切削时间比过去缩短了近80%。主轴高速化的手段是采用高速内装式主轴电机,使得主轴的驱动不必通过变速齿轮箱,而是直接把电机与主轴连接成一体组装入主轴部件之中,从而可将主轴转速提高到40000~50000r/min。

提高数控机床的加工精度,一般是通过减少数控系统的误差和采用补偿技术来达到。在减小CNC系统控制误差方面,一般采取提高数控系统的分辨率、以微小程序段实现连续进给、使CNC控制单位精细化、提高位置检测精度(日本交流伺服电机已有装上每转可产生100万个脉冲的内藏位置检测器,其位置检测精度能达到0.01 μm /脉冲)以及位置伺服系统采用前馈控制与非线性控制等方法;在采用补偿技术方面,除采用齿隙补偿,丝杠螺距误差补偿和刀具补偿等技术外,最近人们颇为注意热变形补偿。电机、回转主轴和传动丝杠副的发热所引起的热变形会产生加工误差,为减少热变形,一方面采取减少热量,如采用流动油液对内装主轴电机和

主轴轴承进行冷却,另一方面则采取热补偿技术。

2. 多功能化

一机多能的数控设备,可以最大限度地提高设备的利用率。数控加工中心便是一个能实现多工序加工的数控机床品种。它能把许多工序甚至许多不同的工艺过程都集中在一台设备上来完成。通过自动换刀和变换工作台可以使加工自动而连续地进行,从而可以避免多次安装所造成的定位误差,减少设备台数、工夹具和操作工人,节省占地面积和辅助时间。为了提高效率,新型数控机床在控制系统和机床结构上也有所变革。例如采取多系统混合控制方式,用不同的切削方式(车、钻、铣、攻螺纹等)同时加工零件的不同部位等。现代数控系统控制轴数有的多达15轴,同时联动的轴数有的已达到6轴。

3. 智能化

数控设备应用高技术的重要目标是智能化。智能化技术主要体现在以下几个方面:

(1) 引进适应控制技术 数控系统能检测对自己有影响的信息,并自动连续调整系统的有关参数,达到改进系统运行状态的目的。如通过采用测量工作状态、调整刀具切削用量、进行尺寸控制等措施以实现提高加工精度及降低工件表面粗糙度等要求。

(2) 附加人机会话自动编程功能,建立切削用量专家系统和示教系统,从而达到提高编程效率和降低对操作人员技术水平的要求。

(3) 设置故障自诊断功能 数控设备出了故障,控制系统能够进行自诊断并自动采取排除故障的措施,以适应长时间无人运行环境的要求。

(4) 应用图象识别和声控技术,使机器自己辨认图样,按照自然语音命令进行加工。

4. 小型化与系统化

蓬勃发展的机电一体化设备,对CNC装置提出了小型化的要求,体积小化便于将机、电装置复合为一体。日本新开发的FANUC16和FANUC18都采用了三维安装方法,使电子元件得以高密度地安装,大大地缩小了系统的占有空间。此外,它们还采用了新型TFT彩色液晶薄型显示器,使CNC装置进一步小型化,这样,可以更方便地将它们装到机械设备上。

现代化的工厂正在导入柔性制造系统(FMS)

以及计算机集成制造系统(CIMS)等高新系统技术的应用。数控设备为适应这种技术发展的要求,各种监测手段和联网通信技术也在不断完善和发展。为实现上一级计算机与下一级计算机(CNC等)之间的各种通信,建立了通信局部网络 LAN (Local Area Network),作为这种LAN通信的手段,有正在成为标准化LAN的MAP。它使各机种便于联网,有可能将不同制造厂的智能设备用标准化通信网络设施连接起来,从FA(Factory Automation)上层(设计信息、生产计划信息)到下层(控制信息、生产管理信息)通过信息交流,促进集成化与综合化,实现分散处理体系以及建立能够有效地利用系统全部信息资源的计算机网络。

5. 提高可靠性

数控设备贵重,用户期望发挥投资效益,要求设备可靠。特别是对要用在长时间无人操作环境下运行的数控设备,可靠性成为人们最为关注的问题。

提高可靠性通常采取如下一些措施:

(1) 提高线路集成度 采用大规模或超大规模的集成电路,采用专用芯片及混合式集成电路,以减少元器件的数量,精简外部连线 and 降低功耗。

(2) 建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系 例如采取防电源干扰,输入输出光电隔离;使数控系统模块化、通用化及标准化,以便于组织批量生产及维修;在安装制造时注意严格筛选元器件;对系统可靠性进行全面的检查考核等,通过这些手段,保证产品质量。

(3) 增强故障自诊断功能和保护功能 由于元器件失效、编程及人为操作错误等原因,数控设备完全可能出现故障。数控系统一般具有故障自诊断功能,能够对硬件和软件进行故障诊断,自动显示出故障的部位及类型,以快速排除故障。新型数控系统还具有故障预报和自恢复功能。此外注意增强监控与保护功能,例如有的系统设有刀具破损检测、行程范围保护和断电保护等功能,以避免损坏机床及报废工件。

由于采取了各种有效的可靠性措施,现代数控系统的平均无故障时间可达到 $MTBF = 10000 \sim 36000$ h。

1.4 选用数控设备的原则与方法

随着微电子和计算机技术的飞跃发展,数控设

备性能价格比不断提高,在机械、电子和国防等行业中得到越来越多的应用,成为现代企业至关重要的基础机械和适应市场竞争必不可少的柔性制造手段。采用数控设备,对于改进产品质量,减轻工人劳动强度和 提高经济效益等都会获得显著的效果,因此,怎样选用数控设备已成为许多企业家所关心的问题。

1. 数控机床的适用范围

数控机床是一种可编程通用加工设备,但因其设备费用较高,故数控机床有其一定的适用范围。一般说来,数控机床特别适用于加工零件形状比较复杂,精度要求高的场合,以及产品更新频繁生产周期要求短的场合。

根据国内外数控机床应用实践,数控加工适用范围可用图4-1-7粗略表示。图4-1-7 a所示为随零件复杂程度和生产批量的不同,三种机床适用范围的变化。图中定性地说,当零件不太复杂,生产批量又较小时,宜采用通用机床;当生产批量很大时,宜采用专用机床。而随着零件复杂程度的提高,数控机床愈显得适用。现在,随着数控机床的普及,使用范围正由BCD向EFG复杂性较低的范围扩大。图4-1-7 b所示为随着生产批量不同,采用通用机床、专用机床或数控机床加工时,生产成本的比较。可见,在多品种、小批量生产情况下,使用数控机床能获得较高的经济效益。

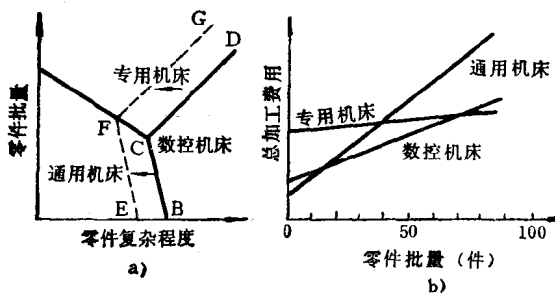


图4-1-7 数控加工的适用范围

上述分析表明,下面这些类型的零件最适宜于数控加工,即

- 1) 用通用机床加工时,要求设计制造复杂的专用夹具或需很长调整时间的零件。
- 2) 小批量生产(100件以下)的零件。
- 3) 轮廓形状复杂、加工精度要求高或必须用数字方法决定的复杂曲线、曲面零件。
- 4) 要求精密复制的零件。