

光机电一体化 技术手册

GUANG JIDIAN YITIHUA JISHU SHOUC

段正澄 主编

〔上册〕



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



光机电一体化技术手册

上 册

主 编 段正澄

副主编 丁 汉 王家序 朱志红 李 斌
张建钢 林奕鸿 唐小琦 唐霞辉
黄飞明 程善美 董永贵



机械工业出版社

《光机电一体化技术手册》系统全面地介绍了光机电一体化技术的各构成技术的运用、基础元器件和构件的选用以及典型的光机电一体化系统实例, 选用最新的国家标准, 产品型号、性能参数准确可靠, 突出先进性、实用性的特点。上册共分 6 篇, 主要内容包括: 总论、机械传动与执行装置、光机电系统常用集成器件、传感器与光机电测量技术、接口技术及现场总线和激光加工装备与快速原型装备。

本书可供光机电一体化领域的技术研究产品开发的人员、从事技术应用及产品制造的工程技术人员使用, 也可供相关部门及相关行业的技术管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

光机电一体化技术手册. 上册/段正澄主编. —北京: 机械工业出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-111-26574-0

I. 机… II. 段… III. 机电一体化—技术手册 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 035393 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: 舒雯 责任编辑: 舒雯 白刚 版式设计: 霍永明

封面设计: 马精明 责任校对: 陈延翔 张晓蓉 责任印制: 乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·74.25 印张·3 插页·2376 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-26574-0

定价: 158.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

从 20 世纪 70 年代起, 微电子技术的发展引起了新技术领域的深刻变革。光机电一体化技术就是在微电子技术向机械工业领域渗透过程中逐渐形成并发展起来的, 集光、机、电、磁、声、热、液、气于一体的独立的综合性交叉学科。经过几十年的发展, 其内涵和外延得到了丰富和拓宽, 从最初的机械电子化、机电一体化向多学科综合交叉的光机电一体化、智能化等方向发展。

光机电一体化技术是由光学、光电子学、微电子、信息和机械及其他相关技术交叉与融合而构成的综合性高新技术, 也是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础技术。先进制造、信息、材料、能源、空间、海洋等高科技领域的技术发展和产业化, 传统产业的技术改造, 武器装备的现代化, 都要用到光机电一体化技术。

制造业是国民经济高速增长的发动机, 是推进信息化的主导产业; 是科学技术的基本载体; 是实现技术创新的主要舞台; 是国家的基础和战略支柱产业。制造业的发展, 依赖于先进的制造装备的发展。光机电一体化技术是装备制造业的关键核心技术, 它能使产品实现更新和升级换代, 技术性能指标大幅度提高, 在功能、水平、质量、品种、使用效果和价格等方面能更好地满足国内外市场需求, 增强了产品的竞争性。另一方面, 光机电一体化的生产装备易于根据市场需求组织和改变产品生产, 缩短新产品生产周期, 降低能耗和生产成本, 增强企业生产经营的竞争能力。因此, 光机电一体化以其本身特有的技术优势迅速改变现代制造产业的产品结构和生产装备结构。

为了满足制造业领域的科技人员对于光机电一体化技术的迫切需求, 为读者奉献一本光机电领域及相关领域的先进实用的工具书。我们组织了华中科技大学、清华大学、重庆大学、上海交通大学、武汉科技学院和无锡美心半导体有限公司等高等院校和单位的多个领域的专家、教授和富有经验的高级工程师联合编写了这本《光机电一体化技术手册》。

本手册系统地介绍了光机电一体化技术的各构成技术的运用、基础元器件和构件的选用以及典型的光机电一体化系统实例, 选用最新的国家标准, 产品型号、性能参数准确可靠, 突出先进性、实用性的特点。

本手册包括 12 篇, 分上下两册。上册包括第 1 篇至第 6 篇, 下册包括第 7 篇至第 12 篇。

上册的主要内容包括: 总论、机械传动与执行装置、光机电系统常用集成器件、传感器与光机电测量技术、接口技术及现场总线和激光加工装备与快速原型装备。

下册的主要内容包括: 驱动技术与驱动电动机、控制用计算机与控制系统、工业机器人、数字加工装备、光机电技术在汽车电子系统中应用和其他典型光机电系统。

本书可供光机电一体化领域的技术研究产品开发的人员、从事技术应用及产品制造的工程技术人员使用, 也可供相关部门及相关行业的技术管理人员参考。

编 者

目 录

前言

第1篇 总 论

第1章 光机电一体化技术概述	1-3	3.1 光机电一体化技术发展趋势	1-13
1.1 光机电一体化技术	1-3	3.1.1 控制数字化和智能化	1-13
1.1.1 光机电一体化技术的基本概念	1-3	3.1.2 系统开放、网络化	1-13
1.1.2 光机电一体化系统的基本组成	1-3	3.1.3 操作仿生、拟人化	1-13
1.1.3 光机电一体化相关技术	1-4	3.1.4 产品绿色、微型化	1-13
1.2 光机电一体化技术在现代制造业中的地位 和作用	1-5	3.2 现代制造业光机电一体化化的技术方向	1-14
第2章 光机电一体化系统设计	1-7	3.2.1 现代制造业	1-14
2.1 光机电一体化系统工程化设计	1-7	3.2.2 制造业信息化的主要方向	1-14
2.1.1 光机电一体化系统工程化设计 特点	1-7	3.2.3 制造业信息化未来的发展趋势	1-16
2.1.2 光机电一体化系统设计的步骤	1-7	3.3 典型光机电一体化产品技术的发展	1-16
2.1.3 光机电一体化系统设计方案的 评价	1-8	3.3.1 数控机床技术的发展	1-16
2.1.4 光机电一体化系统设计中的质量 控制	1-9	3.3.2 工业机器人的发展	1-18
2.2 光机电一体化系统的评价分析	1-10	3.3.3 自动生产系统及各种自动化成套 装备的发展	1-18
2.2.1 可靠性安全性分析	1-10	3.4 国内外机电一体化技术的研究热点	1-19
2.2.2 系统柔性及匹配性分析	1-11	3.4.1 新型光机电系统的研究	1-19
2.2.3 友好操作性分析	1-11	3.4.2 高速运动控制平台的研究与 开发	1-19
2.2.4 可维修性分析	1-11	3.4.3 高速、高精度、智能化驱动部件和 控制技术	1-20
2.2.5 技术经济性分析	1-11	3.4.4 光机电一体化设备群智能管理、 控制技术及系统	1-20
2.3 光机电一体化系统抗干扰技术	1-11	3.4.5 机器人急需解决的技术问题	1-20
2.3.1 干扰的产生和传播	1-12	3.5 光机电一体化技术的发展战略	1-20
2.3.2 干扰的抑制	1-12	参考文献	1-21
第3章 光机电一体化技术发展方向	1-13		

第2篇 机械传动与执行装置

第1章 光机电一体化机械系统	2-3	2.2.1 齿轮传动系统的概述	2-10
1.1 光机电一体化机械系统概述	2-3	2.2.2 齿轮传动系统的类型及特点	2-11
1.2 光机电一体化系统对机械系统的要求	2-3	2.2.3 齿轮传动系统的选用原则	2-13
1.3 光机电一体化机械系统的分类和特点	2-4	2.2.4 齿轮传动系统的应用实例	2-14
第2章 光机电一体化中的传动装置	2-8	2.3 滚珠丝杠副	2-28
2.1 光机电一体化中的传动装置概述	2-8	2.3.1 滚珠丝杠副的结构形式和特点	2-28
2.1.1 光机电一体化对传动装置的要求	2-8	2.3.2 滚珠丝杠副的选用原则	2-31
2.1.2 光机电一体化传动装置的类型和 特点	2-8	2.3.3 滚珠丝杠副的应用实例	2-31
2.2 齿轮传动	2-10	2.4 光机电系统常用减速器	2-42
		2.4.1 光机电系统常用减速器概述	2-42

2.4.2 谐波减速器	2-42	3.7 静压气浮导轨	2-151
2.4.3 摆线针轮传动	2-51	3.7.1 气浮导轨的类型	2-151
2.4.4 活齿精密传动	2-55	3.7.2 气浮导轨的设计	2-152
2.4.5 RV 减速器	2-58	3.8 导轨的防护	2-152
2.5 同步带与多楔带传动	2-61	第4章 光机电一体化系统执行装置 ..	2-155
2.5.1 同步带传动	2-61	4.1 概述	2-155
2.5.2 多楔带传动	2-68	4.1.1 光机电一体化系统执行装置技术 的特点	2-155
2.6 滚动花键副	2-76	4.1.2 光机电一体化对执行装置的技术 要求	2-155
2.6.1 滚动花键副的类型和特点	2-76	4.2 常用执行装置	2-157
2.6.2 滚珠花键副的选择计算	2-77	4.2.1 电动执行装置	2-157
2.6.3 国内外主要滚珠花键副产品	2-78	4.2.2 定位装置	2-161
2.6.4 滚动花键副的设计实例	2-79	4.2.3 锁紧装置	2-162
2.7 联轴器、离合器和制动器	2-80	4.2.4 电动执行装置应用实例	2-164
2.7.1 联轴器的类型和特点	2-80	4.3 液压气动执行装置	2-166
2.7.2 联轴器的选用及应用实例	2-83	4.3.1 液压执行装置概述	2-166
2.7.3 离合器	2-87	4.3.2 电液步进元件	2-167
2.7.4 制动器	2-103	4.3.3 液压执行装置控制元件	2-173
第3章 光机电一体化系统的导向 装置	2-117	4.4 气压执行装置	2-188
3.1 概述	2-117	4.4.1 气压执行装置概述	2-188
3.1.1 光机电一体化系统对导向装置的 要求	2-117	4.4.2 气马达的分类及特点	2-202
3.1.2 导轨的初步选用	2-117	4.4.3 气动控制元件	2-205
3.2 导轨的功用和分类	2-119	4.5 电—气比例、伺服元件及系统	2-233
3.2.1 导轨的功用与要求	2-119	4.5.1 电—气伺服阀	2-233
3.2.2 导轨的类型	2-119	4.5.2 电—气比例控制阀	2-235
3.3 滚动导轨	2-121	4.5.3 电—气比例与伺服控制系统	2-240
3.3.1 滚动体不作循环运动的直线运动 导轨	2-122	4.5.4 电—气比例与伺服控制系统实例 ..	2-241
3.3.2 滚动体作循环运动的直线运动 导轨	2-129	4.6 新型执行机构装置	2-243
3.4 滚动直线导轨副	2-134	4.6.1 压电执行装置	2-243
3.4.1 滚动直线导轨副的类型和特点 ..	2-134	4.6.2 热变形执行装置	2-245
3.4.2 滚动直线导轨副的选择计算	2-137	4.6.3 形状记忆合金执行装置	2-246
3.4.3 滚动直线导轨副的应用实例	2-143	4.6.4 纳米级执行装置	2-247
3.5 液体静压导轨	2-144	4.6.5 超声电动机执行装置	2-247
3.5.1 液体静压导轨的特点和工作原理 ..	2-144	4.6.6 磁致伸缩装置	2-249
3.5.2 液体静压导轨的油腔结构与尺寸 ..	2-145	4.6.7 机械手执行器	2-250
3.5.3 开式液体静压导轨的设计与 计算实例	2-146	4.6.8 气压支承式直线步进电动机	2-252
3.6 塑料导轨	2-148	4.6.9 直线悬浮电动机	2-252
3.6.1 塑料导轨的类型	2-148	4.6.10 新型执行装置的应用实例	2-253
3.6.2 塑料导轨的制作	2-149	参考文献	2-261

第3篇 光机电系统常用集成器件

第1章 绪论	3-3	1.2 集成器件的发展趋势	3-3
1.1 集成器件的概述	3-3	1.3 替代 CMOS 集成器件的新产品	3-4

1.4 本篇的主要内容	3-4	2.8.6 10 端口、SPI 接口 I/O 扩展器 MAX7317	3-63
第 2 章 接口集成器件	3-5	2.8.7 其他相关通信集成器件	3-65
2.1 频率电压转换器件	3-5	2.9 常用输入驱动器件	3-66
2.1.1 频率电压器件原理概述	3-5	2.9.1 输入驱动器件原理概述	3-66
2.1.2 常用频率电压集成器件 LM331	3-5	2.9.2 I ² C 接口键盘及 LED 驱动器 ZLG7290	3-66
2.1.3 其他相关器件	3-7	2.9.3 4 线触摸屏数据转换器 MXB7846 ...	3-68
2.2 电平转换器件	3-7	2.9.4 其他相关器件	3-72
2.2.1 电平转换器件原理概述	3-7	2.10 常用显示驱动器件	3-72
2.2.2 MAX3013 8 通道电平转换器	3-7	2.10.1 显示驱动器件原理概述	3-72
2.2.3 其他相关器件	3-9	2.10.2 LCD 显示驱动器 AY0438	3-72
2.3 电压电流转换器件	3-9	2.10.3 串行接口 LED 驱动器 MAX6968 ...	3-74
2.3.1 电压电流转换器件原理概述	3-9	2.10.4 其他相关器件	3-77
2.3.2 AM442 电压电流转换器件	3-10	第 3 章 信号处理集成器件	3-78
2.3.3 其他相关器件	3-12	3.1 模拟信号处理器件	3-78
2.4 开关器件	3-12	3.1.1 运算放大器件原理概述	3-78
2.4.1 模拟开关器件原理概述	3-12	3.1.2 仪表放大器件原理概述	3-82
2.4.2 MAX4729 模拟开关	3-13	3.1.3 滤波器件原理概述	3-88
2.4.3 其他相关器件	3-13	3.1.4 采样保持放大器件原理概述	3-94
2.5 模/数转换器件	3-14	3.2 微处理器	3-97
2.5.1 模/数转换器件原理概述	3-14	3.2.1 AT89C51	3-97
2.5.2 双积分式 A/D 转换器	3-14	3.2.2 PIC16F5X 系列单片机	3-102
2.5.3 逐次逼近式 A/D 转换器	3-17	3.2.3 其他可选择的相关器件	3-109
2.5.4 Δ - Σ A/D 转换器	3-30	3.3 可编程逻辑器件原理概述	3-110
2.6 数/模转换器件	3-39	3.3.1 Lattice 的 ispLSI 系列器件 ispLSI3256A	3-110
2.6.1 数/模转换器件原理概述	3-39	3.3.2 低成本普及型 Spartan3 系列 FPGA	3-114
2.6.2 8 位串行通信电压输出 D/A 转换器 TLC7225	3-39	3.3.3 其他可选择的相关器件	3-121
2.6.3 12 位 SPI 通信电压输出型 D/A 转换器 TLV5614	3-43	3.4 常用信号处理器件外设器件	3-121
2.6.4 12 位串行输入电流输出 D/A 转换器 MAX543	3-46	3.4.1 计数器件原理概述	3-121
2.6.5 8 位并行通信电流输出型 D/A 转换器 TLC7528	3-48	3.4.2 存储器件原理概述	3-127
2.6.6 其他相关器件	3-49	3.4.3 译码器件原理概述	3-140
2.7 通用光电隔离器件	3-51	第 4 章 电力电子及电动机控制集成 器件应用	3-148
2.7.1 线性光电隔离器件原理概述	3-51	4.1 现代电力电子器件及其驱动器件	3-148
2.7.2 高线性度光耦 HCNR200/201	3-51	4.1.1 MOSFET 驱动器件	3-148
2.7.3 其他相关器件	3-53	4.1.2 IGBT 及其驱动器件	3-159
2.8 常用通信接口器件	3-53	4.1.3 其他相关 MOSFET/IGBT 驱动 器件	3-168
2.8.1 通信接口器件概述	3-53	4.2 电动机驱动集成器件	3-169
2.8.2 RS232 串行通信器件 SP2538	3-53	4.2.1 直流电动机驱动专用器件	3-169
2.8.3 高压系统 RS-485 收发器 MAX3443E	3-55	4.2.2 步进电动机驱动器件	3-174
2.8.4 I ² C 器件 DS2482—800 及其应用 ...	3-57	4.2.3 无刷直流电动机控制电路	3-180
2.8.5 USB 接口器件 ISP1581	3-60		

4.2.4 交流电动机控制集成器件	3-196	6.2.2 基于 MAX7033 的无线接收器 电路	3-269
第 5 章 电源器件	3-210	6.2.3 其他相关的无线收发器件	3-272
5.1 线性稳压电源	3-210	6.2.4 实现红外 IrDA 标准无线连接 器件 MCP2140	3-272
5.1.1 线性稳压电源概述	3-210	6.2.5 其他相关的红外器件	3-277
5.1.2 正线性稳压电源	3-210	6.2.6 蓝牙收发芯片 RF2968 的原理及 应用	3-278
5.1.3 负线性稳压电源	3-217	6.2.7 其他相关的蓝牙器件	3-282
5.1.4 其他相关器件	3-221	6.3 运动控制专用集成器件 DSP 概述	3-283
5.2 电压基准	3-221	6.3.1 TMS320C2X 系列 TI 电动机控制 专用 DSP	3-283
5.2.1 电压基准概述	3-221	6.3.2 Motorola 电动机控制专用器件 DSP56F80X 系列	3-293
5.2.2 LM285	3-221	6.3.3 其他相关的 DSP 器件	3-297
5.2.3 MCP1525	3-222	6.4 新型高性能可编程逻辑器件	3-297
5.2.4 REF102	3-224	6.4.1 ALTERA 的 CPLD 器件概述	3-297
5.2.5 其他相关器件	3-226	6.4.2 MAX7000 系列 CPLD 器件	3-297
5.3 开关电源	3-226	6.4.3 其他 CPLD 器件	3-302
5.3.1 开关电源概述	3-226	6.4.4 ALTERA 的 FPGA 器件概述	3-304
5.3.2 LM2596	3-226	6.4.5 FLEX 8000 系列 FPGA 器件	3-304
5.3.3 TC1303	3-228	6.4.6 其他 FPGA 器件	3-314
5.3.4 MAX5033	3-232	6.5 图像信号处理器件	3-315
5.3.5 LTC3415	3-236	6.5.1 JPEG 编解码芯片 ZR36060 及其 应用	3-315
5.3.6 MAX8570	3-241	6.5.2 新型的视频驱动芯片 ISL59830	3-318
5.3.7 ME331B	3-244	6.5.3 其他图像信号处理器件	3-322
5.3.8 MCP1650	3-245	6.6 微机电系统集成器件	3-322
5.3.9 BL8505	3-249	6.6.1 微机电系统	3-322
5.3.10 NCP1402	3-250	6.6.2 基于 MEMS 技术的美新公司集成 加速度计技术概述	3-324
5.3.11 MAX5072	3-253	6.6.3 集成加速度传感器芯片 MXD2125 及其应用	3-325
5.3.12 其他可用器件	3-258	6.6.4 集成 I ² C 加速度传感器芯片 MXC6202xMT 及其应用	3-328
5.4 功率因数校正器件	3-258	6.6.5 其他相关的 MEMS 器件	3-332
5.4.1 功率因数校正器件概述	3-258	附录 A 集成器件应用注意事项	3-334
5.4.2 IP3001	3-258	附录 B 厂商列表	3-335
5.4.3 NCP1650	3-258		
5.4.4 其他可用器件	3-261		
5.5 其他电源相关器件	3-262		
5.5.1 电源相关器件概述	3-262		
5.5.2 TL494	3-262		
5.5.3 其他可用器件	3-263		
第 6 章 典型系统级器件	3-265		
6.1 嵌入式片上系统	3-265		
6.2 专用数据传送 IC 概述	3-265		
6.2.1 基于 MAX7044 的无线电发射器 电路	3-266		

第 4 篇 传感器与光机电测量技术

概述	4-3	1.1.1 测量系统	4-4
第 1 章 基本知识	4-4	1.1.2 传感器	4-5
1.1 基本概念	4-4	1.1.3 信号调理与电路接口	4-6

1.2 传感器的基本特性	4-7	2.6.1 振弦式传感器	4-74
1.2.1 传感器的误差	4-8	2.6.2 谐振筒式传感器	4-75
1.2.2 静态特性	4-8	2.6.3 科里奥利质量流量传感器	4-76
1.2.3 动态特性	4-11	2.6.4 压电谐振式传感器	4-78
1.2.4 其他特性	4-12	2.6.5 声表面波传感器	4-82
1.3 传感器与测量系统的校准	4-12	第3章 光电传感器及测量技术	4-85
1.3.1 精度与不确定度	4-12	3.1 光电传感器概论	4-85
1.3.2 静态特性的校准	4-13	3.1.1 基本物理概念	4-85
1.3.3 动态特性的校准	4-14	3.1.2 光电传感器与光电测量系统	4-86
1.4 基本物理量的测量	4-15	3.1.3 光电传感器的选用	4-88
1.4.1 温度传感器	4-15	3.2 光电传感器的基本元件	4-91
1.4.2 压力传感器	4-18	3.2.1 光源	4-91
1.4.3 流速和流量传感器	4-20	3.2.2 光电探测器	4-94
1.4.4 液位传感器	4-23	3.2.3 图像传感器	4-101
1.4.5 力和力矩传感器	4-24	3.3 光电传感器及测量装置	4-106
1.4.6 加速度和倾角传感器	4-24	3.3.1 光电开关	4-106
1.4.7 速度传感器	4-25	3.3.2 光电编码器	4-109
1.5 传感器的选用原则	4-27	3.3.3 光电位移传感器	4-112
1.5.1 一般原则	4-27	3.3.4 红外测温传感器	4-114
1.5.2 介入误差与可靠性	4-27	3.3.5 红外气体传感器	4-118
1.5.3 常用传感器的选用过程	4-29	3.3.6 光电传感器在机电测量中的典型应用	4-121
第2章 机电传感器及其测量技术	4-31	3.4 光纤传感器及其测量装置	4-123
2.1 电阻式传感器	4-31	3.4.1 光纤传感器概述	4-123
2.1.1 电阻测量方法及检测电路	4-31	3.4.2 强度调制光纤传感器	4-126
2.1.2 电阻应变式传感器	4-34	3.4.3 光谱调制光纤传感器	4-130
2.1.3 热敏电阻	4-36	3.4.4 分布式光纤传感器	4-132
2.1.4 固态压阻式传感器	4-38	3.4.5 光纤传感器的应用	4-133
2.2 电容式传感器	4-40	第4章 光机电一体化系统检测设备	4-135
2.2.1 电容测量原理及检测电路	4-40	4.1 光机电一体化系统检测设备的数据获取	4-135
2.2.2 电容式位移传感器	4-45	4.1.1 传感器的数据获取技术	4-135
2.2.3 电容式压力传感器	4-48	4.1.2 模拟量输入输出通道与数据采集	4-145
2.2.4 电容式加速度传感器	4-49	4.1.3 信号的采集与处理	4-146
2.3 电感式传感器	4-50	4.2 典型的数字化光机电一体化系统测量设备	4-154
2.3.1 变磁阻式传感器	4-50	4.2.1 精密圆柱度仪	4-154
2.3.2 线性可调差动变压器	4-52	4.2.2 齿轮测量仪	4-164
2.3.3 电涡流传感器	4-55	4.2.3 三坐标测量机	4-168
2.4 磁电式传感器	4-58	参考文献	4-177
2.4.1 霍尔传感器	4-58		
2.4.2 磁敏电阻	4-61		
2.4.3 磁电式传感器的应用	4-62		
2.5 热电与压电传感器	4-65		
2.5.1 热电偶	4-65		
2.5.2 压电传感器	4-69		
2.6 谐振式传感器	4-74		

第5篇 接口技术及现场总线

第1章 概述	5-3	1.1 基本概念	5-3
---------------------	-----	----------------	-----

1.1.1 总线	5-3	2.8 I ² C 串行总线接口	5-60
1.1.2 接口和接口技术	5-3	2.8.1 I ² C 总线特点	5-60
1.2 分类与标准	5-4	2.8.2 I ² C 总线的构成及其工作原理	5-60
1.2.1 总线和接口的分类	5-4	2.8.3 I ² C 总线的信号类型	5-61
1.2.2 总线和接口标准	5-4	2.8.4 I ² C 总线基本操作	5-62
1.3 发展趋势	5-5	2.8.5 I ² C 总线应用实例	5-62
1.3.1 总线的发展趋势	5-5	2.9 A/D 转换接口	5-65
1.3.2 微机接口的发展趋势	5-7	2.9.1 A/D 转换器的分类、主要参数 以及影响因素	5-65
第2章 I/O 接口	5-8	2.9.2 A/D 转换电路中的采样保持技 术和多路选择技术	5-68
2.1 I/O 接口技术基础	5-8	2.9.3 A/D 转换电路设计实例	5-68
2.1.1 I/O 接口的基本结构形式	5-8	2.10 D/A 转换接口	5-71
2.1.2 I/O 端口地址译码技术	5-10	2.10.1 D/A 转换器分类及其主要参数	5-71
2.1.3 I/O 接口数据交换	5-15	2.10.2 D/A 转换器应用实例	5-72
2.1.4 DMA 技术	5-19	第3章 系统总线和背板总线	5-75
2.1.5 中断技术	5-20	3.1 ISA、PC/104 总线	5-75
2.2 并行输入/输出接口	5-22	3.1.1 ISA 总线	5-75
2.2.1 串行接口和并行接口简介	5-22	3.1.2 PC/104 总线	5-77
2.2.2 并行接口的基本概念	5-22	3.2 PCI、CompactPCI、PXI 总线	5-80
2.3 可编程并行 I/O 接口芯片 8255A	5-31	3.2.1 PCI 总线	5-81
2.3.1 8255A 结构及其功能介绍	5-31	3.2.2 CompactPCI 总线技术简介	5-93
2.3.2 8255A 的控制字及初始化编程	5-33	3.2.3 PXI 总线简介	5-96
2.3.3 8255A 的工作方式	5-34	3.3 VME、VXI 总线	5-99
2.4 可编程定时器/计数器 8253/8254	5-36	3.3.1 VME 总线简介	5-99
2.4.1 可编程定时器/计数器 8253 介绍	5-37	3.3.2 VXI 总线简介	5-105
2.4.2 可编程定时器/计数器 8253 的 6 种工作方式	5-39	3.4 PCIe 总线	5-108
2.4.3 8253 的初始化	5-42	3.4.1 概述	5-108
2.4.4 读取 8253 通道中的计数值	5-42	3.4.2 PCIe 总线拓扑结构	5-109
2.4.5 可编程定时器/计数器 8253/8254 的应用	5-42	3.4.3 PCIe 总线分层式协议结构	5-110
2.5 中断控制器 8259	5-47	3.4.4 PCIe 总线接口及其信号定义	5-112
2.5.1 中断控制器 8259A 的基本结构 与引脚信号	5-48	3.4.5 PCIe 与其他第三代 I/O 总线的 比较	5-112
2.5.2 中断控制器 8259A 的初始化命 令字和操作命令字	5-50	3.4.6 FPGA 中的 PCI Express 接口	5-114
2.5.3 中断控制器 8259A 的工作原理	5-53	第4章 外设总线与外设接口	5-116
2.5.4 中断控制器 8259A 的初始化	5-53	4.1 RS232、RS422、RS485 串行通信 接口	5-116
2.6 UART 接口 8250	5-54	4.1.1 串行通信接口发展历史	5-116
2.6.1 UART 结构	5-54	4.1.2 串行通信工作过程	5-116
2.6.2 UART 的设计与实现	5-54	4.1.3 RS-232、RS-422、RS-485 接口	5-118
2.7 SPI 接口	5-57	4.1.4 RS-232、RS-422 和 RS-485 及接口标准之间的比较	5-122
2.7.1 SPI 结构	5-57	4.2 Centronics 并行接口标准	5-122
2.7.2 SPI 接口应用设计（主机 方式）	5-58	4.3 USB 总线	5-124

4.3.1	USB 总线简介	5-124	5.5.5	PROFINet 技术简介	5-203
4.3.2	USB 接口应用	5-128	5.6	SERCOS 总线	5-206
4.4	SCSI 接口总线	5-130	5.6.1	概述	5-206
4.4.1	概述	5-130	5.6.2	SERCOS 规范介绍	5-207
4.4.2	SCSI 接口发展历程	5-131	5.6.3	SERCOS III 简介	5-215
4.4.3	SCSI 连接器类型	5-132	5.6.4	SERCANS 及 Soft SERCANS 简介	5-216
4.4.4	SCSI 信号定义	5-133	5.7	工业以太网	5-217
4.4.5	SCSI 总线的工作过程	5-134	5.7.1	概述	5-217
4.4.6	SCSI 接口卡结构	5-135	5.7.2	工业以太网应用的关键技术	5-218
4.5	IEEE 1394 总线	5-136	5.7.3	工业以太网互联模型	5-219
4.5.1	概述	5-136	5.7.4	几种工业以太网标准介绍	5-220
4.5.2	IEEE 1394 总线拓扑结构	5-136	5.7.5	工业以太网技术发展的趋势	5-225
4.5.3	IEEE 1394 规范	5-137	第 6 章	可编程逻辑器件的接口设计	5-226
4.5.4	IEEE 1394 总线应用设计实例	5-140	6.1	概述	5-226
4.6	GPIB 接口总线	5-141	6.1.1	可编程逻辑器件的发展概况	5-226
4.6.1	概述	5-141	6.1.2	可编程逻辑器件分类	5-226
4.6.2	GPIB 总线规范	5-142	6.1.3	CPLD 的基本结构	5-227
4.6.3	用 FPGA 实现 GPIB 控制器	5-144	6.1.4	FPGA 的基本结构	5-228
4.6.4	通用计算机平台上 GPIB 兼容 仪器的设计	5-147	6.1.5	可编程逻辑器件发展趋势	5-230
第 5 章	现场总线	5-150	6.2	可编程逻辑器件应用设计流程	5-230
5.1	概述	5-150	6.2.1	FPGA/CPLD 设计流程图	5-230
5.1.1	现场总线的产生及其现状	5-150	6.2.2	关键步骤的实现	5-231
5.1.2	现场总线的特点及优点	5-151	6.3	Verilog 硬件描述语言简介	5-232
5.1.3	现场总线网络的实现	5-152	6.3.1	Verilog HDL 程序模块	5-233
5.1.4	现场总线技术的发展趋势	5-153	6.3.2	Verilog HDL 模型中的时延	5-234
5.2	CAN 总线	5-153	6.3.3	Verilog HDL 数据流描述方式	5-234
5.2.1	概述	5-153	6.3.4	行为描述方式	5-235
5.2.2	CAN 的技术规范	5-154	6.3.5	Verilog HDL 结构化描述形式	5-235
5.2.3	CANopen 协议简介	5-162	6.3.6	Verilog HDL 混合设计描述 方式	5-236
5.2.4	CAN 通信控制器及其收发器	5-164	6.3.7	Verilog HDL 设计模拟	5-236
5.2.5	CAN 总线智能节点设计	5-168	6.4	ISA 总线连接设计举例	5-238
5.3	Modbus 总线	5-171	6.4.1	用 CPLD 实现单片机与 ISA 总线并行通信	5-238
5.3.1	概述	5-171	6.4.2	16 位 I/O ISA 总线接口实例	5-240
5.3.2	Modbus 协议介绍	5-173	6.5	异步串行通信接口设计举例	5-241
5.3.3	Modbus 的编程方法	5-178	6.5.1	UART 实现原理	5-241
5.4	Device Net 总线	5-180	6.5.2	UART 工作流程	5-242
5.4.1	概述	5-180	6.5.3	UART 各个模块的实现	5-243
5.4.2	DeviceNet 规范简介	5-180	6.5.4	实现 UART 的 Verilog HDL 语言 实例	5-243
5.4.3	DeviceNet 节点开发	5-187	6.6	光电编码器计数接口设计举例	5-247
5.5	PROFIBUS 总线	5-187	6.6.1	光电编码器的工作原理及其 类型	5-247
5.5.1	概述	5-187			
5.5.2	PROFIBUS 规范简介	5-189			
5.5.3	PROFIBUS 总线通信控制器	5-199			
5.5.4	PROFIBUS 总线产品的开发	5-201			

6.6.2 光电编码器计数接口设计举例	5-247	6.8.2 用软件实现 PWM	5-251
6.7 SPI 接口 D/A 转换设计举例	5-249	6.8.3 用 FPGA 实现 PWM	5-251
6.7.1 SPI 总线接口概述	5-249	6.8.4 有预分频功能的 8 位 PWM 可 读写模块	5-253
6.7.2 SPI 总线接口的设计与实现	5-249	参考文献	6-256
6.8 PWM 接口设计	5-250		
6.8.1 PWM 简介	5-250		

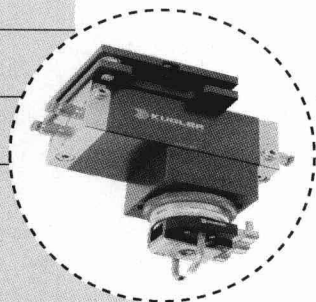
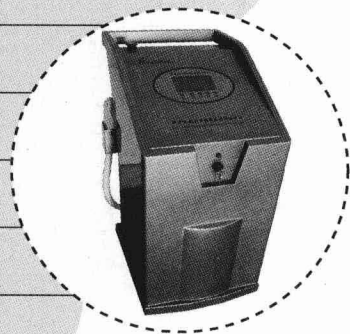
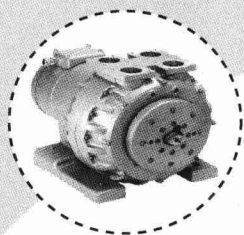
第 6 篇 激光加工装备与快速原型装备

第 1 章 概述	6-3	3.5.1 板条固体激光器	6-25
1.1 激光器基本构成	6-3	3.5.2 盘片固体激光器	6-27
1.1.1 工作物质	6-3	3.5.3 热容固体激光器	6-27
1.1.2 激励系统	6-3	第 4 章 激光光学元器件	6-29
1.1.3 光学谐振腔	6-3	4.1 光学元器件材料及工艺	6-29
1.2 激光加工光束特性参数	6-4	4.1.1 基材材料	6-29
1.3 激光加工系统	6-6	4.1.2 镜片镀膜材料及工艺	6-30
1.3.1 激光加工机的运动形式	6-6	4.2 高功率 CO ₂ 激光光学镜片选择	6-31
1.3.2 激光加工机的结构形式	6-6	4.2.1 激光器谐振腔镜片	6-31
1.4 激光加工工艺类型	6-6	4.2.2 透射式聚焦镜片	6-31
第 2 章 CO ₂ 气体激光器	6-8	4.2.3 平面反射镜及反射聚焦镜	6-32
2.1 高功率横向流动 CO ₂ 激光器	6-8	4.3 光束传输与聚焦单元器件	6-33
2.1.1 横向流动 CO ₂ 激光器结构	6-8	4.3.1 光束传输单元器件	6-34
2.1.2 横向流动 CO ₂ 激光器电源系统	6-10	4.3.2 高功率 CO ₂ 光束聚焦单元器件	6-34
2.1.3 横向流动 CO ₂ 激光器水冷机组	6-11	第 5 章 激光切割系统及工艺	6-37
2.1.4 HUST-5000 型横流 CO ₂ 激光器 主要技术指标	6-11	5.1 激光切割工艺及切割质量影响因素	6-37
2.2 高功率快速轴流 CO ₂ 激光器	6-11	5.1.1 激光切割工艺分类	6-37
2.2.1 快速轴流 CO ₂ 激光器结构	6-11	5.1.2 激光切割质量及影响因素	6-37
2.2.2 快速轴流 CO ₂ 激光器产品	6-14	5.2 典型材料的激光切割	6-39
2.3 扩散冷却板条 CO ₂ 激光器	6-15	5.2.1 金属材料的切割	6-39
2.4 中小功率射频激励波导 CO ₂ 激光器	6-17	5.2.2 非金属材料的激光切割	6-40
第 3 章 固体激光器	6-20	5.3 高功率 CO ₂ 激光切割系统	6-41
3.1 灯泵浦 YAG 激光器	6-20	第 6 章 激光焊接系统及工艺	6-48
3.1.1 灯泵浦 YAG 固体激光器基本 结构	6-20	6.1 激光焊接机理及工艺	6-48
3.1.2 灯泵固体激光器产品介绍	6-21	6.1.1 激光热传导焊接	6-48
3.2 半导体泵浦固体激光器	6-21	6.1.2 激光深熔焊接机理	6-48
3.2.1 用于泵浦的半导体激光器 (激光二极管)	6-22	6.2 典型材料及工件的激光深熔焊接	6-49
3.2.2 半导体泵浦棒状固体激光器的 结构、主要技术特点	6-22	6.2.1 汽车板拼焊	6-49
3.2.3 国外高功率二极管泵浦固体激 光器主要性能特点简介	6-23	6.2.2 硅钢板的激光拼焊	6-50
3.3 光纤激光器	6-23	6.2.3 粉末冶金材料及金刚石工具的 激光焊接	6-50
3.4 倍频紫外固体激光器	6-25	6.2.4 激光焊接在汽车零件的应用	6-52
3.5 其他全固化激光器	6-25	6.3 典型激光焊接系统	6-54
		6.3.1 钢板激光在线拼焊系统	6-54
		6.3.2 炮弹壳体激光焊接系统	6-55
		6.3.3 三工位激光焊接系统	6-56
		6.3.4 自动金刚石薄壁钻头激光焊接	

系统	6-57	9.4.6 覆膜砂的 SLS 成形	6-93
第 7 章 激光表面改性系统及工艺	6-59	9.5 选择性激光熔化快速成形技术	6-93
7.1 激光表面改性基本原理	6-59	9.5.1 SLM 技术的原理	6-93
7.1.1 激光淬火基本工艺	6-59	9.5.2 SLM 装备	6-93
7.1.2 激光熔覆及合金化的基本原理 和工艺	6-59	9.5.3 SLM 成形技术应用实例	6-95
7.2 激光表面改性技术应用	6-60	第 10 章 中小功率激光加工系统	6-96
7.2.1 轧辊激光熔凝淬火应用	6-60	10.1 激光打标技术	6-96
7.2.2 激光熔覆工程应用	6-64	10.1.1 振镜式激光打标技术	6-96
7.3 表面强化设备	6-66	10.1.2 振镜式激光打标技术的典型 应用	6-97
7.3.1 轧辊表面激光改性成套系统	6-66	10.1.3 激光飞行打标技术	6-98
7.3.2 专用典型表面改性系统	6-66	10.2 激光雕刻	6-99
7.3.3 多功能激光加工机	6-68	10.2.1 激光雕刻机的一般构造	6-100
第 8 章 激光毛化工艺及设备	6-72	10.2.2 激光雕刻的应用	6-100
8.1 轧辊激光毛化基本原理	6-72	10.2.3 激光内雕技术	6-101
8.1.1 轧辊激光毛化形貌	6-72	10.3 激光打孔技术	6-103
8.1.2 激光毛化工艺参数	6-73	10.3.1 激光打孔方法分类	6-103
8.2 YAG 固体激光毛化设备	6-73	10.3.2 激光打孔设备	6-104
8.2.1 YAG 激光毛化设备及毛化原理	6-73	10.3.3 激光打孔工艺特点	6-104
8.2.2 YAG 激光毛化工艺参数	6-74	10.3.4 激光打孔应用	6-105
8.3 CO ₂ 激光毛化设备	6-75	第 11 章 激光医疗设备	6-107
8.3.1 CO ₂ 激光毛化基本原理及工艺	6-75	11.1 激光美容机	6-107
8.3.2 CO ₂ 激光毛化成套设备整体 结构	6-76	11.1.1 小型便携式 15W CO ₂ 激光 美容机	6-107
8.3.3 大型轧辊激光毛化装备的关键 组成部件	6-76	11.1.2 双波长脉冲 Nd:YAG 激光 洗眉机	6-107
8.3.4 CO ₂ 激光毛化成套设备应用 实例	6-79	11.1.3 强脉冲光子脱毛、嫩肤机	6-108
第 9 章 激光快速成形技术及系统	6-81	11.2 激光治疗机	6-108
9.1 快速成形技术的特点	6-81	11.2.1 YAG 固体激光器及其医学 应用	6-109
9.2 分层实体制造	6-81	11.2.2 氟化钪锂固体激光器及其 医学应用	6-110
9.2.1 LOM 原理及系统	6-81	11.2.3 可调谐固体激光器及其医 学应用	6-111
9.2.2 LOM 材料	6-82	11.2.4 红宝石激光器及其医学应用	6-111
9.3 立体光造型	6-85	11.2.5 半导体激光器及其医学应用	6-111
9.3.1 SLA 快速成形原理	6-85	11.2.6 准分子激光器及其医学应用	6-113
9.3.2 SLA 快速成形设备的硬件结构	6-85	11.2.7 CO ₂ 激光器及其医学应用	6-113
9.3.3 SLA 材料	6-87	11.2.8 其他医用激光器简介	6-114
9.3.4 SLA 应用实例	6-87	11.3 激光诊断设备	6-115
9.4 选择性激光烧结	6-88	11.3.1 OCT 系统基本原理及结构	6-115
9.4.1 SLS 技术简介	6-88	11.3.2 OCT 系统主要核心单元	6-116
9.4.2 粉末烧结成形	6-89	参考文献	6-118
9.4.3 高分子材料的 SLS 成形	6-89		
9.4.4 金属材料的 SLS 间接成形	6-90		
9.4.5 陶瓷材料的 SLS 间接成形	6-91		

第 1 篇

总 论



主 编 林奕鸿 段正澄
编写人员 林奕鸿 段正澄 叶百生
周 勇 王书亭

第1章 光机电一体化技术概述

1.1 光机电一体化技术

20 世纪 70 年代, 微电子技术引起新技术领域的深刻变革。光机电一体化技术就是在微电子技术向机械工业领域渗透过程中, 逐渐形成并发展起来的集光、机、电、磁、声、热、液、气于一体的一门独立的综合性交叉学科, 是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础技术。经过几十年的发展, 光机电一体化技术的内涵和外延不断地得到丰富和拓展。从最初的机械电子化、机械电脑化进而发展到光机电一体化、机械智能化和微机械化阶段。

1.1.1 光机电一体化技术的基本概念

光机电一体化技术是在产品的整个生命周期中(包括设计、生产、服务等), 机械工程、微电子技术和光学技术融合、协同的有机集成。

光机电一体化包括技术和产品两方面: 技术是指其原理和使光机电一体化系统或设备的性能达到精密化、高柔化、智能化、拟人化的技术; 产品是指在加工制造、信息产品、军事装备、材料与能源生产、家用电器等方面, 利用各个相关技术, 使产品具有结构简单、功能多样、效率高、能耗低等特点。与传统的产品比较, 光机电一体化产品具有以下优点:

1. 系统性强

光机电一体化是各种技术的综合及多个部分的组合, 产品往往要涉及跨学科的专业知识, 在集成一个完整系统时, 对于技术的配合有严格的要求, 需要在原来各种技术的基础上按照系统总体要求, 扬长避短, 实现融合。

2. 覆盖面广

光机电一体化技术不仅体现在单台设备之中, 而且贯穿于复杂的工程系统之中。从简单的单台光机电

一体化设备, 到现代制造中的柔性制造系统; 从简单的单参数显示, 到复杂的多参数、多级控制; 从连续自动生产线, 到各种现代高速、高效率自动化生产线等, 光机电一体化技术都有着不同层次的、覆盖面广泛的应用领域。

3. 操作方便

光机电一体化技术使得操作人员能灵活方便地控制和改变生产操作程序, 如数控机床、柔性制造系统等。有些光机电一体化装置, 可实现操作全自动化, 如工业机器人、数控高速钻床等。有些更高级的光机电一体化系统, 还可通过被控对象的数学模型以及根据外界参数的变化情况, 主动优化工作程序、动作程度和速度以及协调关系, 以实现最优化工作及最佳操作。例如微机控制的热连轧机钢板测厚自控系统、电梯群控系统、智能机器人等。

4. 精度高

光机电一体化技术使机械传动部件减少, 因而使机械磨损、配合间隙和受力变形等所引起的动作误差大大减小, 同时对各种因干扰因素造成的误差, 可通过自动控制系统自行诊断、校正、补偿去达到工作要求, 使得精度提高。

5. 故障率低、可靠性和稳定性好

光机电一体化技术的应用, 使装置的运动部件减少, 磨损也大大减少。目前, 大部分光机电一体化产品具有智能化的自诊断、自修复功能, 能及时发现、消除故障。因此, 装置的故障率降低, 提高了产品的可靠性和稳定性。

1.1.2 光机电一体化系统的基本组成

图 1-1-1 所示为光机电一体化系统的基本组成。它大体包括 4 个部分: 控制器、伺服驱动装置、传感器和被控对象。

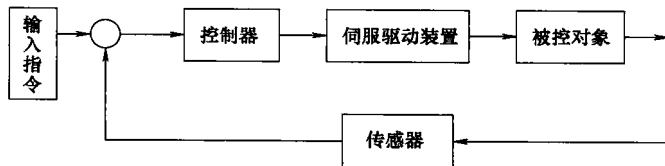


图 1-1-1 光机电一体化系统的基本组成

1. 被控对象

被控对象,是光机电一体化产品的“躯体”,例如机床的机械本体和用于连接、支撑其他的功能部分。在光机电一体化产品中往往占据很大的体积和质量,因此应尽量采用新材料、新工艺、新结构,满足产品小、轻、美观的要求。

2. 控制器

控制器相当于人体的“大脑”,是光机电一体化系统的“指挥中心”,由控制器和输入输出接口组成。在光机电一体化产品中,常用的控制器有单片机、可编程控制器和工业控制计算机等。输入接口是控制器接受传感器反馈的工作信息,并将处理结果通过输出接口,从而驱动执行装置的接口。控制器是控制系统的核心,控制算法在控制器中完成。

3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置包括伺服驱动单元及其执行装置,就像人的四肢,用于完成控制器交给的任务。伺服驱动装置一方面通过电气接口与上位控制器件相连,接受控制器的控制指令,另一方面又通过接口向下与执行装置相连,将信号转换为驱动机械部分的能力,实现对被控对象进行运动控制。执行装置有电动、气动、液压等多种类型,光机电一体化产品多数采用交流伺服电动机、直线电动机等。驱动单元目前较多采用电力电子器件及集成化功能电路。

4. 传感器

传感器是“五官”,用来感知外界和躯体内部的变化,将被控(测)对象的状态转化为电信号的装置。在闭环控制系统中,传感器作为反馈装置是必不可少的。

由此可知,光机电一体化产品是具有“头脑”、“四肢”和“五官”,能够感知外界环境的变化,并根据这种变化做出响应的设备或系统。现代数控机床和机器人就是光机电一体化产品的典型代表。

1.1.3 光机电一体化相关技术

1. 机械技术

机械技术是关于机械本体结构及运动的分析、设计和制造技术,它是光机电一体化技术的基础,涉及面很广,其中关键技术有:机械高刚性、高精度结构设计技术;高速运动机械的动力学建模、设计和安全保障技术;微细传动技术;光机电特性参数的辨识、分析技术;精密、超精密加工、测量及误差补偿技术;非线性、随机误差(如由热变形、摩擦阻尼、工艺装备受力变形引起的)的检测和智能补偿技术;消振隔振技术;仿真分析和优化设计技术;机械运动

模拟技术;动力学分析技术;可靠性设计技术;基于建模分析的定量化设计技术;光机电耦合优化设计技术。对于生产线,还必须考虑自动上下料及物流的自动传输技术;物料高速、平稳输送机构及柔性夹具设计技术;柔性生产线的高效、可靠、快速可重构技术。

2. 计算机与信息处理技术

计算机技术包括计算机硬件技术和软件技术、网络与通信技术、数据库技术等。信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策等。实现信息处理的主要工具是控制器。在光机电一体化产品中,控制器与信息处理装置指挥整个产品的运行。信息处理是否准确、及时,直接影响到系统工作的质量和效率。因此,计算机应用和信息处理技术已成为促进光机电一体化技术和产品发展中最活跃的因素。人工智能、专家系统、神经网络技术等都属于计算机与信息处理技术的范畴。

3. 检测与传感技术

检测与传感技术的研究对象是传感器及其信号检测装置。光机电一体化产品中,传感器将位移、速度、加速度、力、角度、角速度、角加速度、距离等机械运动量转换成电容、电阻、磁场强度与磁场频率的变化,以及光与声的传播等其他物理量,最终转化成电压或者频率信号,通过相应的信号检测装置反馈给控制器与信息处理装置。因此,传感与检测是实现自动控制的关键环节。

4. 自动控制技术

自动控制技术的范围很广,包括自动控制理论、控制系统设计、系统仿真、现场调试可靠运行等从理论到实践的过程。由于被控对象种类繁多,所以控制技术的内容十分丰富,包括高精度定位、速度控制、自适应控制以及自诊断、校正、补偿和示教再现、检索等控制技术。由于微型计算机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机控制技术联系在一起,成为光机电一体化中十分重要的关键技术。

5. 伺服驱动技术

伺服驱动技术的主要研究对象是伺服驱动单元及其执行装置。主要的技术包括:高精度、高响应速度、智能化伺服驱动系统开放式体系结构的设计方法;系统控制策略(包括高速化的电流控制和速度控制)模块化构造方式技术;高分辨率串行光电编码器接口以及具有内插补功能的正弦编码器接口及协议技术;伺服驱动系统“绿色化”控制技术;基于现场总线的全数字伺服驱动系统;新型直线伺服电动机系统的控制技术。