

光机电一体化丛书

光机电一体化 实用技术

殷际英 林 宋 方建军 编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

光机电一体化丛书

光机电一体化实用技术

殷际英 林宋 方建军 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

光机电一体化实用技术/殷际英, 林宋, 方建军编著.
北京: 化学工业出版社, 2003. 7

(光机电一体化丛书)

ISBN 7-5025-4498-4

I. 光… II. ①殷…②林…③方… III. 光学-
应用-机电-体化 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 043192 号

光机电一体化丛书

光机电一体化实用技术

殷际英 林宋 方建军 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 梁玉兰

责任校对: 凌亚男

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 字数 378 千字

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4498-4/TH·116

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

经过数十年发展,早期阶段的机电一体化技术在内涵和外延方面都得到不断地丰富和拓宽,而进入到光机电一体化阶段。

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。光机电一体化技术扩展了机电一体化技术的应用领域,从加工系统到医疗仪器、从家用电器到军事装备都离不开它。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。

一个机械工程师或机械技术人员如果仅有机械学方面的知识将越来越难以胜任本职工作,技术的发展要求他们必须要不断地了解和掌握足够的光机电一体化方面的综合知识。因此,培养和培训尽可能多的光机电一体化技术人员以满足日益增长的需求将是今后长期和大量的工作。《光机电一体化技术丛书》编写的目的就在于,适时推出一套侧重普及和应用,综合了光机电一体化技术基础理论和实例的科技书以满足上述需求。

本书是该丛书的一册,全书共分8章,各章节的顺序安排便于读者学习和掌握,并且这些章节的内容基本上涵盖了光机电一体化技术的各个主要方面。其中,第1章对光机电一体化技术的基本内容和方法做了概述;第2章介绍了光机电一体化技术系统通用的典型传感器技术,以便于设计选型;第3章介绍了光电探测器技术的基本理论、主要探测器的工作原理和结构,以及一些典型应用电路;第4章介绍了传感器接口电路与基于微型计算机的数据采集技术,本章侧重于介绍对模拟量的数据采集技术;第5章介绍了基于单片机、PLC和工业控制PC机的信息处理技术;第6章伺服系统设计和选型介绍了光机电一体化技术系统常用的几种典型伺服控制系统的原理和选型设计的基本计算方法;第7章介绍了光机电一体化系统机械本体技术等方面的内容;第8章介绍了光机电一体化系统构建方法,并分析了一些光机电一体化系统应用实例。本书侧重普及性、实用性和新颖性,并配有大量说明图表。

本书尽量避免出现无益的、且过于繁复冗长的公式导出过程,在内容深度和语言叙述方面力求面向不同层次的读者。

本书可作为从事机械工程领域,或其他工程领域中光机电一体化技术应用和开发人员的技术参考书,以及大专院校机械工程类相关专业本科学生的教材和学习参考书。

本书第2章、第3章、第4章和第8章的8.2.1和8.2.2由殷际英编写,第1章、第7章,第8章的8.1和8.2.3、8.2.4由林宋编写,第5章和第6章由方建军编写,全书由殷际英统稿。

参加编写的还有何广平、徐宏海、田建君、张超英、谢富春、李余江、侯艳丽、韩秀梅、赖锡煌、胡春江、白传栋、孟荣光、张若青、吴壮志。

由于编者水平所限,敬请读者对书中的缺点错误提出宝贵批评和意见。

编 者

2003年3月

序

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术的相互交叉与融合，是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。它包括产品和技术两方面：光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通讯技术于一体的高科技产品，具有很高的功能和附加值；光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用和发展发展的技术。

目前，国际上产业结构的调整使得各个行业不断融合和协调发展。作为光学、机械与电子相结合的复合产业，光机电一体化以其特有的技术带动性、融合性和普适性，受到了国内外科技界、企业界和政府部门的特别关注，它将在提升传统产业的过程中，带来高度的创新性、渗透性和增值性，成为未来制造业的支柱，被誉为 21 世纪最具魅力的朝阳产业。我国已经将发展光机电一体化技术列为重点高新科技发展项目，北京市政府也于 2001 年 7 月 23 日批准正式成立了北京市光机电一体化产业基础，预计到 2010 年，北京市光机电一体化产业总产值将达到 336 亿元。

随着光机电一体化技术的不断发展，各个行业的技术人员对其兴趣和需求也与日俱增。但到目前为止，国内还鲜有将光机电一体化技术作为一个整体技术门类来介绍和论述的书籍，这与其方兴未艾的发展势头形成了巨大反差。有鉴于此，由北方工业大学、东华大学、华中科技大学和上海交通大学联合编写光机电一体化丛书，旨在适时推出一套光机电一体化技术基本知识和应用实例的科技丛书，满足科研设计单位、企业及高等院校的科研和教学的需求，为有关技术人员在开发光机电一体化产品时，提供从产品造型、功能、结构、材料、传感测量到控制等诸方面有价值的参考素材。

本丛书共十本，包括《光机电一体化实用技术》、《现代数控机床》、《光机电一体化系统设计》、《智能机器人》、《光机电一体化技术产品实例》、《楼宇设备自动化技术》、《关节型机器人》、《微机电系统设计与制造》、《激光在加工和检测中的应用》、《光电传感器及其应用》。自 2003 年 8 月起陆续出版发行。

丛书的基本特点，一是内容新颖，力求及时地反映光机电一体化技术在国内外的最新进展和作者的有关研究成果；二是系统全面，丛书分门类地归纳总结了光机电一体化技术的基本理论和在国民经济各个领域的应用实例，重点介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法，许多内容，如楼宇自动门的专门论述，尚属国内首次；三是深入浅出，每本书重点突出，注重理论联系实际。既有一定的理论深度，又偏重实用性，力求满足不同层次读者的需求，适合工程技术人员阅读和高校机械类专业教学的需要。

由于本丛书涉及内容广泛，相关技术发展迅速，加之作者水平有限，时间紧促，书中错误和不妥在所难免，恳请专家、学者和读者不吝指教为盼！

《光机电一体化丛书》编辑委员会

2003 年 5 月于北京

《光机电一体化丛书》编辑委员会

主任 林 宋

副主任 王生泽 王石刚 程愿应

委员 (排名不分先后)

胥信平	黎 放	林 宋	王生泽	王石刚	程愿应
胡于进	张卫国	莫锦秋	何 勇	董方祥	刘继英
罗学科	朱宏军	崔桂芝	殷际英	方建军	田建君
马全明	王延璋	赵 坤	周洪江	刘杰生	徐胜林
韩少军	程 铭				

内 容 提 要

本书内容涉及光机电一体化技术中的各主要方面,包括通用的传感器技术、基于光电子学原理的光电探测器技术、传感器接口电路与基于微型计算机的数据采集技术、基于各种微型计算机的信息处理技术、伺服系统设计方法和机械本体技术,并分析了一些光机电一体化系统应用实例。本书理论与实际密切结合,既有普及性和实用性,又具有一定深度,逻辑性强,配有大量图表,易于掌握和使用。

本书可作为光机电一体化技术系统应用和开发人员的技术参考书,以及大专院校机械工程专业本科生、高等职业教育相关专业课程的教材和学习参考书。

目 录

第 1 章 光机电一体化技术概述	1
1.1 光机电一体化基本概念	1
1.2 光机电一体化的相关技术	3
1.2.1 机械技术	3
1.2.2 计算机与信息处理技术	3
1.2.3 检测与传感技术	3
1.2.4 自动控制技术	3
1.2.5 伺服驱动技术	4
1.3 光机电一体化技术的运用	4
1.3.1 设计中的运用	4
1.3.2 制造中的运用	6
1.4 国内外光电子技术的发展概况	8
1.4.1 光电子技术是 21 世纪最尖端科学技术	9
1.4.2 光电子技术是最先进的技术	10
1.4.3 光电子技术是军事上的主流技术	11
1.4.4 光电子产业是高新技术的支柱产业	11
1.5 光机电一体化技术领域的优先发展产品	11
1.6 光机电一体化技术的发展方向	12
第 2 章 传感器技术	15
2.1 概述	15
2.1.1 传感器概念及分类	15
2.1.2 传感器检测系统的基本组成	16
2.1.3 传感器在光机电一体化系统中的作用	17
2.1.4 传感器的静态特性	18
2.1.5 传感器的动态特性	19
2.2 角位移传感器	20
2.2.1 线绕电位器式角位移传感器	20
2.2.2 电感式角位移传感器	20
2.2.3 电容式角位移传感器	21
2.2.4 编码盘式角位移传感器	22
2.3 转速传感器	24
2.3.1 直流测速发电机	24
2.3.2 电容式转速传感器	25
2.3.3 光电式转速传感器	25
2.4 线位移传感器	26

2.4.1	电阻式线位移传感器	26
2.4.2	电感式线位移传感器	27
2.4.3	电容式线位移传感器	28
2.4.4	光栅式线位移传感器	29
2.4.5	霍尔效应式线位移传感器	29
2.5	线速度传感器	30
2.5.1	电磁式线速度传感器	30
2.5.2	多普勒雷达测速	30
2.6	加速度传感器	31
2.6.1	压电式加速度传感器	31
2.6.2	压电式振动加速度传感器	31
2.6.3	倾斜镜式光纤加速计	32
2.7	接近传感器	32
2.8	力传感器	33
2.8.1	电阻应变片传感器	33
2.8.2	转矩传感器	35
2.9	感压导电橡胶	35
2.10	酸度传感器	37
2.10.1	溶液 pH 值传感器	37
2.10.2	pH 值传感器的应用	38
2.11	机器人传感器	39
第 3 章	光电探测器技术	40
3.1	光电子学基础	40
3.1.1	辐射度学基本概念	40
3.1.2	光度学基本物理量	41
3.1.3	晶体半导体能带模型	42
3.1.4	热平衡下的载流子浓度	44
3.1.5	半导体中的非平衡载流子	48
3.1.6	载流子的扩散与漂移	50
3.1.7	半导体的光电效应	50
3.2	光电导探测器——光敏电阻	52
3.2.1	光敏电阻的工作原理	53
3.2.2	光敏电阻的主要特性参数	54
3.2.3	光敏电阻的基本偏置电路	55
3.2.4	光敏电阻应用实例	56
3.3	光生伏特探测器——光电池和光电二极管	56
3.3.1	光伏探测器的工作模式	57
3.3.2	光伏探测器的伏安特性	57
3.3.3	光电池	58
3.3.4	光电二极管	59

3.3.5	光电变换电路	61
3.4	发光二极管与光电耦合器	62
3.4.1	发光二极管	62
3.4.2	发光二极管的特性	63
3.4.3	数码显示管的结构与工作原理	63
3.4.4	光电耦合器的结构与工作原理	63
3.5	半导体色敏器件及应用	64
3.5.1	半导体色敏器件的工作原理	64
3.5.2	双色硅色敏器件测色电路	64
3.6	红外探测器	66
3.6.1	红外辐射的基本知识	66
3.6.2	红外探测器分类	66
3.7	固体电荷耦合成像器件 (CCD)	69
3.7.1	CCD 工作的基本原理简介	69
3.7.2	CCD 的特性参数	72
3.7.3	电荷耦合摄像器件 (CCID)	73
3.7.4	CCD 技术应用举例	76
第 4 章	数据采集技术	83
4.1	概述	83
4.2	传感器接口电路	85
4.2.1	电桥电路	85
4.2.2	放大电路	88
4.2.3	滤波电路	92
4.3	模拟数据采集系统	92
4.3.1	模拟多路转换器	94
4.3.2	采样保持器	95
4.3.3	模数 (A/D) 转换器	97
4.3.4	模拟数据采集接口板	102
4.4	数字信号的采集	110
第 5 章	信息处理技术	118
5.1	概述	118
5.2	计算机控制系统设计	119
5.2.1	控制器选型	119
5.2.2	控制系统设计内容和步骤	120
5.3	工业控制计算机	121
5.3.1	总线技术	121
5.3.2	PC 总线工控机	123
5.3.3	PC 工控机的应用	124
5.4	单片机	130
5.4.1	MCS-51 单片机组成测控系统	130

5.4.2	单片机测控系统前向通道设计	131
5.4.3	单片机测控系统后向通道设计	133
5.4.4	单片机测控系统人机界面设计	136
5.4.5	单片机应用	138
5.5	可编程逻辑控制器	140
5.5.1	PLC 工作原理	140
5.5.2	PLC 应用举例	141
5.6	光机电一体化系统的软件技术	142
5.6.1	软件工程方法	143
5.6.2	嵌入式操作系统和组态软件	145
第 6 章	伺服系统设计	148
6.1	伺服系统及其构成	148
6.2	伺服系统的基本要求和设计方法	148
6.2.1	伺服系统的基本要求	148
6.2.2	伺服系统设计方法	149
6.3	步进电机驱动及其控制	150
6.3.1	步进电机	150
6.3.2	步进电机驱动电源	153
6.3.3	步进电机的升、降速控制	156
6.3.4	步进电机选型	159
6.4	直流伺服驱动及其控制	160
6.4.1	直流伺服电机	160
6.4.2	直流伺服电机的 PWM 控制	160
6.4.3	直流伺服电机选型	164
6.5	交流伺服驱动	166
6.5.1	交流伺服电机变频调速	166
6.5.2	交流伺服电机的矢量控制	172
6.5.3	交流伺服电机的选型	175
6.6	开环伺服系统设计	175
6.6.1	开环伺服系统设计方法和步骤	175
6.6.2	开环系统设计实例	180
6.7	闭环伺服系统设计	182
6.7.1	闭环伺服系统的构成	182
6.7.2	闭环伺服系统设计	183
6.7.3	闭环伺服系统设计举例	185
第 7 章	光机电一体化系统的机械结构	191
7.1	概述	191
7.2	机械结构因素对伺服系统性能的影响	191
7.2.1	摩擦的影响	191
7.2.2	传动间隙的影响	194

7.2.3	结构弹性变形的影响	195
7.2.4	质量与转动惯量的影响	196
7.3	机械传动	197
7.3.1	同步带传动	197
7.3.2	谐波齿轮传动	200
7.3.3	精密齿轮传动	201
7.3.4	滚珠丝杠副传动	206
7.3.5	微动传动	209
7.4	导轨	211
7.4.1	导轨的功用与要求	211
7.4.2	导轨的类型	211
7.5	支承件	214
7.5.1	支承件应满足的基本要求	214
7.5.2	支承件的材料	215
7.5.3	支承件的设计原则	215
第8章	光机电一体化系统设计方法和实例	218
8.1	光机电一体化系统设计方法	218
8.1.1	概述	218
8.1.2	系统设计方案的评价与分析方法	219
8.1.3	光机电有机结合的方法	220
8.1.4	制作与调试	220
8.1.5	改进设计阶段	221
8.2	光机电一体化技术应用实例	221
8.2.1	CD-ROM 光盘驱动器	221
8.2.2	环柱式自动旋转门系统	226
8.2.3	便携式隧道断面激光测量仪	231
8.2.4	活塞外轮廓测量仪	233
参考文献	236

第 1 章 光机电一体化技术概述

现代机械系统已发展成为集光、机、电、磁、声、热、液、气、算于一体的技术系统。在 20 世纪 70 年代，微电子技术曾引起新技术领域的深刻变革，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一门独立的综合性交叉学科，经过几十年的发展，使得机电一体化的内涵和外延得到不断地丰富和拓宽。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。

从 20 世纪 90 年代开始，光机电一体化技术引导着一场新的变革，光机电一体化是由光学、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，是诸多高新技术产业和高新技术装备的基础。从加工系统到医疗仪器、从家用电器到军事装备都离不开它。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。

光机电一体化技术的特征是在机电一体化概念的基础上强调了光、光电子、激光和光纤通讯等技术的作用，属于 21 世纪应用领域更为宽阔的机电一体化技术。

世界各国高新技术及其产业竞争的焦点正从微电子产业转向光电子信息产业，光机电一体化产业已经成为 21 世纪最具魅力的朝阳产业，光机电一体化技术产业以其特有的技术带动性、融合性和广泛适用性成为高新技术产业中的主导产业，将成为新世纪经济发展的重要支柱。目前国际上产业结构不断进行调整，使各行业不断融合和协调发展，在提升传统产业的作用中，光机电一体化技术具有高度创新性、渗透性和增值性。

1.1 光机电一体化基本概念

光机电一体化包括产品和技术两方面。光机电一体化产品是包含光学技术、机械技术、微电子技术、计算机技术、信息技术、自动控制技术和通讯技术的高科技产品；光机电一体化技术是指其技术原理和使光机电一体化产品得以实现、使用 and 发展的技术。光机电一体化产品是在其组成的各种技术相互渗透、相互结合的基础上，相互辅助、相互促进和提高，充分利用各个相关技术的优势，扬长避短，使组合后的整体功能大于组成整体的各个部分功能之和，使系统或设备的性能达到精密化、高柔化、智能化。

早在 1981 年，由德国工程师协会、德国电气工程技术人员协会及其共同组成的精密工程技术专家组提出的《关于大学精密工程技术专业的建议书》中，将精密工程技术定义为光、机、电一体化的综合技术，并用图 1-1 来说明其含义。它包括机械（含液压；气动及微机械）、电工与电子、光学及其不同技术的组合（电工与电子机械、光电子技术与光学机械），其核心为精密工程技术。

光机电一体化产品具有结构简单、功能多、效

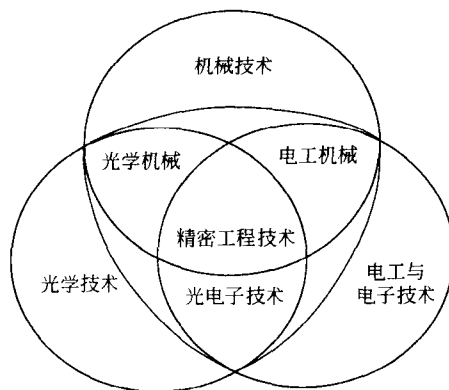


图 1-1 精密工程技术的含义

率高，能耗低等特点，它们一般由机械本体、传感器、接口、微处理器和执行机构等5部分组成。如果把光机电一体化产品比做一个人，则计算机就是它的头脑，传感器就是它的五官，软件就是使“躯体”（机械本体）能发挥效能的手段，所以，光机电一体化产品就是具有“头脑”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机器或机构。机器人就是光机电一体化产品的典型代表。与传统的机械产品比较，光机电一体化产品具有以下优点。

(1) 综合性与系统性

光机电一体化是激光技术、微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术结合而成的综合性技术。各种技术的综合及多个部分的组合，使得光机电一体化技术及产品更具有系统性、完整性和科学性。机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感技术、电力电子技术、接口技术、模拟量与数字量交换技术以及软件技术等各个组成部分在综合成一个完整系统中相互配合时有严格的要求，这就需要在原来各种技术的基础上扬长避短，更趋于合理，不断向理想化方向发展。

(2) 多层次，覆盖面广

光机电一体化技术不仅体现在一些单机产品之中，而且贯穿于工程系统设计之中。从简单的单台光机电一体化产品，到现代工业中的柔性制造系统；从简单的单参数显示，到复杂的多参数、多级控制；从机械零部件连续自动热处理生产线，到各种现代高速重型机械自动化生产线等，光机电一体化技术都有不同层次、覆盖面很广的应用领域。对于工程系统，需成套地进行开发和制造。对于光机电一体化单机产品（设备），应采用多层次的开发途径。可开发功能附加型的低级产品、功能替代型的中级产品以及功能融合型的高级产品。

(3) 结构简化，方便操作

由于光机电一体化系统采用新型器件和装置，可代替笨重而复杂的机械或电子装置，如光盘驱动器、条形码读出器、图像传感器和激光印刷机等产品都是利用光学读出和读入部件代替了电气和机械的部件。由微处理器控制装置可方便地完成过去靠机械传动链和机构实现的关联运动，使机械结构简化，体积减少，重量减轻，不仅提高了自动化程度，而且能大大提高产品质量。光机电一体化技术使得操作人员摆脱了以往必须按规定操作程序或节拍频繁紧张地进行单调重复操作的工作方式，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、印制电路板数控高速钻床等。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任何时刻外界各种参数的变化情况，随机自寻最佳工作程序、动作程度和快慢以及协调关系，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) 精度提高，功能增加

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，同时由于采用了电子技术，反馈控制水平的提高并能进行高速处理，可通过电子自动控制系统精确地按预设量使相应机构动作，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。不仅精度提高，而且功能增加。如进行地震勘探的数字式地震仪，能将传感器接受到的地震反射波噪声干扰送入微机进行处理，经过筛选后的信息可供地质学家准确了解地层结构和地质结构，而机械式勘探仪则无抗干扰能力，精度较低。

(5) 高可靠性, 高稳定性和高使用寿命

传统机械装置的运动一般都伴随着磨损及运动部件配合间隙所引起的动作误差, 而发出由于摩擦、撞击、振动等引起的噪声, 影响装置的寿命、稳定性和可靠性。而光机电一体化技术的应用, 使装置的运动部件减少, 磨损也大为减少, 像集成化接近开关甚至运动部件、无机械磨损。因此, 装置的寿命提高, 故障率降低, 从而提高了产品的可靠性和稳定性。有些光机电一体化产品甚至做到不需维修或者具有自诊断功能。

(6) 产品开发上的知识密集性

研制开发光机电一体化产品往往要涉及跨学科的专业知识, 如数学、物理学、化学、声学、机械工程学、电力电子学、电工学、系统工程学、光学、控制论、信息论和计算机科学等多门学科的专业知识。如人们熟悉的静电复印机、彩色印像机等, 就是一种由机、电、光、磁、化学等多种学科和技术复合创新的新型产品。开发这类产品对设计团队的合作以及工程技术人员的知识结构提出很高的要求。而产品一旦实现光机电一体化, 便具有很高的功能水平和附加价值, 可提高企业的效益和竞争力。

1.2 光机电一体化相关技术

光机电一体化系统是由机械装置、执行装置、能源、传感器和计算机 5 个要素构成, 光机电一体化相关技术就是与各个要素相关的硬件和软件(控制)技术。

1.2.1 机械技术

机械技术是关于机械的机构以及利用这些机构传递运动的技术, 它是光机电一体化技术的基础。光机电一体化产品的主功能和结构功能, 往往是以机械技术为主实现的。在机械与光、电、计算机信息处理的相互结合的实践中, 不断对机械技术提出更高的要求, 使现代机械技术相对于传统机械技术发生了很大变化。新材料、新工艺、新原理、新机构等不断出现, 现代设计方法不断发展和完善, 以满足机电一体化产品对减轻重量、缩小体积、提高精度和刚度、改善性能等多方面的要求。

1.2.2 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计算机。在光机电一体化产品中, 计算机与信息处理装置指挥整个产品的运行, 信息处理是否正确、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的最活跃的因素。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。

1.2.3 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两极板之间的电容量、应变引起的电阻变化、磁场强度与磁场频率变化, 光与光的传播, 声音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。“光纤传感器”近年来取得了长足的进展, 对光机电一体化技术有重要影响。

1.2.4 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，包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、示教再现、检索等控制技术。由于微型机的广泛应用，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。

1.2.5 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驱动装置。伺服驱动单元有电动、气动、液压等多种类型，光机电一体化产品中多数采用步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机、电液马达等，其驱动装置目前多采用电力电子器件及集成化功能电路。伺服驱动单元一方面通过电气接口向上与计算机相连，以接受计算机的控制指令，另一方面又通过机械接口向下与机械传动和执行机构相连，以实现规定的动作。因此，伺服驱动技术是直接执行操作的技术，对光机电一体化产品的动态性能、稳态精度、控制质量等具有决定性的影响。

1.3 光机电一体化技术的运用

目前，工业发达国家光机电一体化技术的应用已十分广泛，不仅在单机产品中占有重要位置，而且在生产制造系统内也十分活跃。例如，计算机集成制造系统（CIMS）、快速成型制造系统（RPM）、智能制造系统（IMS）等。光机电一体化产品模块化发展促进了新产品的开发，品种不断增多，花样不断翻新，缩短了开发周期。以驱动为核心的驱动模块单元（简称 D），以伺服为核心的运动控制模块单元（简称 M），以两根导线把各功能单元连接起来的总线或现场总线等，已形成了标准化的产品。

智能制造技术是 21 世纪光机电一体化技术的重点发展领域。所谓智能制造技术是指 20 世纪 90 年代初由日本发起的“智能制造系统”（IMS）国际合作研究计划提出的技术。这个合作研究组织包括日、美、欧盟、澳大利亚等相关人员，计划在十年内投资 10 亿美元，设立 100 个研究开发项目，开展智能制造的前期研究工作，目标是开发出能使人 and 智能设备都不受操作者和国界限制的合作系统。

光机电一体化技术的运用主要包括在设计中和在加工制造中的运用。光机电一体化技术在设计中的运用也就是光机电一体化设计，它要求设计者不仅要熟悉光学系统、机械结构、传感学、信息处理和控制等方面的知识，而且要熟悉计算机的硬件接口和软件设计方面的知识。光机电一体化技术在加工制造中的运用主要包括各种激光加工技术、先进制造技术、工业生产过程控制和精密检测技术。

1.3.1 设计中的运用

(1) 信息处理技术

信息的获取、传输、存储、处理等技术手段已成为设计活动的重要工具，发展速度更快、集成度更高、存储容量更大、体积更小、功能更全的计算机是人们不断追求的目标。以集成电路为代表的微电子学是依靠缩小其特征尺寸、提高集成度来提高其性能的。在微电子学中有一个著名的摩尔定律，该定律指出集成电路芯片集成度每 18 个月翻一番，或者说器件尺寸每三年缩小约 2 倍，技术整体更新一代。由于电子与电子之间存在相互作用，硅芯片的集成度是有最终极限的。科学家预见，到 2010 年集成电路的特征尺寸将达到它的极限 $0.05\mu\text{m}$ 。

而光子具有比电子更高的如下性能。

① 超大容量。一对比头发丝还要细的光纤用一束激光，理论上可以同时传递近 100 亿路电话和 1000 万路电视节目，一张光盘可以存储 6 亿多个汉字。

② 超高速。光子计算机可以并行处理，其运算速度将可达到每秒 10^{12} 次。是电子计算机的几百倍。

③ 高保密性。光电子集成是将光学系统集成到一块半导体芯片上，与集成电路相比，保密性能好。激光束在光纤中传播几乎不漏光，无信息扩散。

④ 抗干扰性强。光纤是电绝缘体，不会受到高压线和雷电的电磁效应，抗辐射的能力也强，在某些特殊场合，电通信受干扰不能工作而光通信却能正常工作。

⑤ 光子非常适合于收集和显示可视信息，光电子技术及设备能使人眼的视觉功能在黑夜如同白昼，能使红外线、紫外线和 X 射线的光图像能为肉眼所见，并大大扩展人眼对光学过程的时间分辨能力，按照现代的光电子技术水平，已经可以做到在几十飞秒 (10^{-15} s) 的极短时间内，就可观察到信息的瞬间变化。

⑥ 利用光子技术的装置具有更高精确度和更高分辨率。

⑦ 应用领域广，光电子技术是一种集固体物理、导波光学、材料科学、微细加工和半导体科学技术于一体的交叉学科；渗透性强，它现在已广泛地应用于通信、能源、国防、生物、工业加工等国民经济的各个领域，并且其影响正在迅速扩散。

传统存储采用磁盘技术，磁盘的存储容量大（可以达到几百亿字节）、存取时间短（0.1ms）、存储时间长并且可擦写。但是它遇到尺寸限制和信噪比难以提高这两方面的困难。因而难以提高其存储容量。而光盘作为存储介质和光子技术的使用，可大幅度提高存储容量。进一步提高光存储器的存储密度，记录介质和写入光源是关键。光源的波长越短，会聚光斑的尺寸将越小，存储密度也就随之提高。应用 800nm 波长的激光来记录和读出波长，5in 直径光盘的信息存储容量为 650MB。利用目前已开发的新的刻录技术和红光半导体激光器（650nm 和 630nm）缩小记录点及其间距，可把现有光盘的记录密度提高 5~10 倍。目前 DVD 单面单层 5in 光盘的存储容量可达 4.7GB，双层和双面双层光盘可分别达 9GB 和 18GB。

通信技术是信息交流的手段，通信传输干线用光纤代替铜缆，已成为不可逆转的潮流，因为光纤具有经济、耐用、保密、传输率高、信息容量大等特点，已广泛用于洲际通信干线，传输率可高达 109bit/s 以上，误码率保证在 10^{-9} 以下；用飞秒 (10^{-15} s) 重复脉冲，数字传输率可高达 1014bit/s。未来光纤通信将包括高速数据传输率、本地区域网络、光纤入户 3 大类，与计算机相结合，构成信息高速公路的技术基础。这些系统都要求宽带集成技术和数字化网络技术，统一成综合服务网，既要支持常规信息交流，也要适合图像的高速传输，并与个人的网络互联，形成数字光纤通信系统和有线、无线相结合的光纤系统。

使用计算机对设计过程中所产生的大量数据进行采集和处理，对图像信息进行自动处理和自动识别，计算结果和计算过程的可视化，实现设计的数字化。利用计算机的高速运算和存储能力，提高系统的分析、实时反应速度，实现基于网络的计算机支持的协同工作 (CSCW) 和信息共享；利用人工智能（包含各种遗传算法、神经网络数据处理方法、专家系统及决策支持系统）的方法优化数据处理，提高运行速度，并提高决策能力和正确率。

(2) 传感检测技术