



现代机电一体化技术丛书

光机电一体化技术产品 典型实例：工业

林 宋 尚国清 王侃 编著



GUANGJIDIAN YITIHUA

JISHU CHANPIN

DIANXING SHILI GONGYE



化学工业出版社

 现代机电一体化技术丛书

光机电一体化技术产品 典型实例：工业

林 宋 尚国清 王侃 编著



JISHU CHANPIN

DIANXING SHILI GONGYE



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是“现代机电一体化技术丛书”之一。本书从光、机、电有机结合的角度出发,较为全面、系统地阐述了光机电一体化系统的设计原理和方法,讲解了光机电一体化技术及其产品开发,并给出了应用实例。全书共分四章,分别介绍了光机电一体化技术及其工业产品开发、机床产品实例、测量仪器产品实例和设备产品实例。尤其对目前热门的3D打印机的工作原理和类型、3D打印机的关键技术及其应用作了全面的论述。本书的最大特点是在介绍具体产品的原理性知识的同时,通过讲解光机电系统的组成和设计过程,帮助读者了解如何设计光机电一体化产品。

本书图文并茂、内容深入浅出、注重实用。不仅可用作高等院校机电一体化等相关专业本科生的教材,也可供高职院校的相关专业师生选用,或作为机电工程师再教育培训教材。对于从事光机电一体化设计、制造、研究和管理的工程技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

光机电一体化技术产品典型实例:工业/林宋,尚国清,王侃编著. —北京:化学工业出版社, 2015. 10
(现代机电一体化技术丛书)
ISBN 978-7-122-25031-5

I. ①光… II. ①林…②尚…③王… III. ①光电技术-机电一体化 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 204807 号

责任编辑:韩亚南 张兴辉
责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张9¼ 字数219千字 2016年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.80元

版权所有 违者必究

前言
Foreword

软件丛

hnow

“现代机电一体化技术丛书”编委会

主任 林 宋

副主任 王生泽 王侃 方建军

委 员 (排名不分先后)

胡于进	王生泽	何 勇	谢少荣	罗 均	莫锦秋	王石刚
张 朴	徐盛林	林 宋	殷际英	方建军	尚国清	郭瑜茹
杨野平	戴 荣	周洪江	刘杰生	黎 放	刘 勇	王 晶
王 侃	白传栋	袁俊杰	胡福文	董信昌	马 梅	

会委编“件丛本技并机一第册开第”



丛书序

Foreword

机电一体化是指在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进电子技术，将机械装置与电子化设计及软件结合起来所构成的系统的总称。机电一体化是微电子技术、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。机电一体化产品是集机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品，具有很高的功能和附加值。

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。作为机械与电子相结合的复合产业，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。我国已经将发展机电一体化技术列为重点高新技术发展项目，机电一体化技术的广阔发展前景也将越来越光明。

随着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、上海交通大学和北京联合大学联合编写“现代机电一体化技术丛书”，旨在适时推出一套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需求，为有关技术人员在开发机电一体化产品时，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资料。

本丛书共十二种，包括《机电一体化系统分析、设计与应用》、《机电一体化系统软件设计与应用》、《机电一体化系统接口技术及工程应用》、《机电一体化系统设计及典型案例分析》、《光电子技术及其应用》、《现代传感器及工程应用》、《微机电系统及工程应用》、《光机电一体化技术产品典型实例：工业》、《光机电一体化技术产品典型实例：民用》、《现代数控机床及控制》、《楼宇设备控制及应用实例》、《服务机器人》。

丛书的基本特点，一是内容新颖，力求及时地反映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，分门别类地归纳总结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，重点介绍了机电一体化技术的工程应用和实现方法，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，重点突出，理论联系实际，既有一定的深度，又注重实用性，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，书中不妥之处在所难免，恳请专家、学者和读者不吝指教为盼！

“现代机电一体化技术丛书”编委会



前言

Foreword

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。光机电一体化产品是集光学、机械、微电子、自动控制和通信技术于一体的高科技产品,具有很高的功能和附加值。

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,光机电一体化产业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,被誉为 21 世纪最具魅力的朝阳产业。

现代产品开发人员,不仅要熟悉机械结构、光学系统、传感器、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,这样才能开发出结构简单、功能齐全、效率高、精度高、能耗低、附加值高的光机电一体化产品。本书精选了光机电一体化技术和光机电一体化产品实例,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,内容新颖,系统全面,重点地介绍了光机电一体化技术的工程应用方法和实现方法。注重理论联系实际,配有大量说明图表,尽量避免冗长的公式推导,偏重普及性、实用性和新颖性,在内容深度和语言叙述方面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求。

本书共分 4 章,第 1 章主要介绍光机电一体化技术及其工业产品开发,从第 2~4 章分别介绍了机床产品实例、测量仪器产品实例和设备产品实例。全书由林宋统稿,尚国清和王侃参与了全书的校核,并提出了很多有益的建议。在本书的编写过程中,研究生马梅在查找资料、绘图和文字处理方面给予了很多协助,对此表示深深的谢意。

由于编者水平有限,敬请读者提出宝贵的意见。

编 者

目录

CONTENTS

第 1 章 光机电一体化技术及其工业产品开发 / 001

1.1 光机电一体化产业 / 002

1.1.1 光机电一体化产业的主要领域及其关键技术 / 002

1.1.2 光机电一体化产业链 / 002

1.2 光机电一体化产品 / 004

1.2.1 光机电一体化产品的组成 / 004

1.2.2 光机电一体化产品的特点 / 004

1.2.3 光机电一体化的组成技术 / 005

1.3 光机电一体化技术的应用 / 005

1.3.1 在设计中的运用 / 006

1.3.2 在制造中的运用 / 006

1.3.3 在传感检测中的应用 / 007

1.3.4 在未来先进技术领域里的应用 / 008

第 2 章 机床产品实例 / 010

2.1 并联运动机床 / 010

2.1.1 并联运动机床结构与组成 / 011

2.1.2 并联运动机床类型和特点 / 020

2.1.3 并联运动机床数控系统 / 026

2.1.4 并联运动机床设计理论与关键技术 / 030

2.1.5 并联机床的发展趋势 / 032

2.1.6 并联运动机构的应用 / 033

2.2 激光切割机 / 036

2.2.1 激光切割的基本原理 / 037

2.2.2 激光切割机的组成 / 038

2.2.3 激光切割机的技术参数 / 042

2.2.4 激光切割机的应用及发展趋势 / 046

2.3 XHK716 型立式加工中心 / 050

2.3.1 机床组成 / 050

2.3.2 主要技术性能 / 050

2.3.3 数控系统 / 053

- 2.3.4 传动系统 / 054
- 2.3.5 自动换刀装置 / 054
- 2.4 电火花加工机床 / 058
 - 2.4.1 电火花成形加工原理 / 058
 - 2.4.2 电火花加工机床的类型 / 060
 - 2.4.3 电火花成形加工机床的组成 / 060
 - 2.4.4 电火花线切割加工原理 / 069
 - 2.4.5 电火花线切割加工机床的类型 / 069
 - 2.4.6 电火花线切割加工机床的组成 / 070
 - 2.4.7 电火花加工应用 / 072
- 2.5 数控五轴联动激光加工机 / 072
 - 2.5.1 五轴联动激光加工机的构成 / 072
 - 2.5.2 工作原理 / 073
 - 2.5.3 系统组成 / 074
 - 2.5.4 数控系统 / 075
 - 2.5.5 检测系统 / 075

第 3 章 测量仪器产品实例 / 081

- 3.1 活塞外轮廓测量仪 / 081
 - 3.1.1 系统原理与构成 / 081
 - 3.1.2 硬件系统 / 081
- 3.2 激光准直仪 / 084
 - 3.2.1 激光准直原理 / 084
 - 3.2.2 激光准直仪的组成 / 084
 - 3.2.3 激光准直的应用 / 087
- 3.3 数字显微硬度计 / 089
 - 3.3.1 数字显微硬度计的构成 / 090
 - 3.3.2 工作方式 / 090
 - 3.3.3 控制系统 / 091
 - 3.3.4 硬件部分 / 091
 - 3.3.5 功能测试软件及数据库 / 093
- 3.4 红外测油仪 / 094
 - 3.4.1 测量原理 / 094
 - 3.4.2 仪器结构 / 094
 - 3.4.3 主要应用领域 / 097

第 4 章 设备产品实例 / 098

- 4.1 3D 打印机 / 098
 - 4.1.1 3D 打印机的组成和工作原理 / 099

4.1.2	常用3D打印机的种类	/	101
4.1.3	3D打印的特点	/	101
4.1.4	3D打印的关键技术	/	102
4.1.5	典型快速成形工艺	/	104
4.1.6	3D打印技术的应用	/	109
4.1.7	3D打印的趋势	/	117
4.2	三坐标测量机	/	120
4.2.1	工作原理	/	122
4.2.2	组成与类型	/	122
4.2.3	三坐标测量机的机械结构	/	123
4.2.4	三坐标测量机的测量系统	/	127
4.2.5	三坐标测量机的控制系统	/	134
4.2.6	三坐标测量机的软件系统	/	136
	参考文献	/	138

第1章

光机电一体化技术及其工业产品开发

在当今飞速发展的社会里，人们生产和生活所需求的信息量及其加工处理的速度都有惊人的数量级上的提高。如何快捷，及时、准确地捕获各种信息，及时地加以去粗取精，去伪存真，分析、比较，归类、存储、转换和传递，发挥最大效益，达到信息共享至关重要。

随着高容量和高速度的信息发展，电子学和微电子学遇到其局限性。由于光子的速度比电子速度快得多，光的频率比无线电的频率高得多，为提高传输速度和载波密度，信息的载体由电子到光子是发展的必然趋势，它会使信息技术的发展产生突破。

机电一体化技术是随着生产的发展，在以机械技术、电子技术、计算机技术为主的多门学科相互渗透、相互结合的过程中逐渐形成和发展起来的一门边缘学科。回顾机电一体化的发展历程可以看到，数控机床的问世，揭开了机电一体化的第一页；微电子技术为机电一体化带来蓬勃生机，可编程控制器和电力电子的发展为机电一体化提供了坚实的基础，而激光技术、信息技术使机电一体化技术整体上了一个新台阶，越来越多的光学元件被应用到机电一体化系统中，导致了机电一体化的一个重要分支——光机电一体化诞生。

如果说，机电一体化的实质是以微电子技术为核心的信息技术革命，是将机械技术、微电子技术、信息技术、控制技术等在系统工程的基础上有机地加以综合的技术，实现整个机械系统的优化，达到人类的体力延伸、脑力增强的目的，而光机电一体化（Optomechatronics）技术则是由光学、光电子学、电子信息 and 机械制造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。它在机电一体化的基础上更强调了光、光电子、激光和光纤通信等技术的作用，丰富和拓宽了机电一体化技术的内涵和外延，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。

光机电一体化系统具有结构简单、功能多、效率高、精度高、能耗低的特点，与传统的机械产品比较，光机电一体化产品具有以下3个优点。

- ① 原有的机构产品中增加信息处理装置及相应软件，来替代原有产品的部分机械控制机构，不仅提高了自动化程度，而且能大大提高产品质量，降低生产成本，提高经济效益。
- ② 光机电一体化技术为主的新型产品，与原机械产品相比，不仅结构简单，而且功能增加，精度提高。

③ 将光电子技术、传感器技术、控制技术与机械技术各自的优势结合起来,形成综合化优势,可开发出具有多种功能、智能化的高新技术产品。

目前,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 光机电一体化产业

光机电一体化产业可为国民经济提供先进的基础装备,光机电一体化产业应符合两大特征:一是综合应用了激光、电子信息和机械制造技术,这些技术之间有较为和谐的融合度;二是可以为国民经济其他产业提供基础装备。

1.1.1 光机电一体化产业的主要领域及其关键技术

光机电一体化产业目前有四个主要领域:先进制造装备(工业机器人、数控机床、激光加工设备、激光三维快速成形设备)、仪器仪表装备(激光测振仪、激光测速仪、电子经纬仪、GPS 接收机、微光夜视仪、扫描隧道显微镜)、先进印刷装备(高速激光打印机、胶印机)和医疗装备(X 射线诊断仪、心血管造影系统、红外治疗设备、医用电子直线加速器)。机电一体化产业的关键技术既包括产业自身存在的需要突破的技术,也包括电力电子、激光等上游技术环节需要突破的技术,它们在如下四个主要领域中。

① 先进制造装备:包括计算机辅助设计、计算机辅助制造、管理信息系统计算机辅助工艺过程设计;

② 仪器仪表装备:包括自动测试技术、信息处理技术、传感器技术、现场总线技术;

③ 先进印刷装备:数字印刷技术、制版技术;

④ 先进医疗装备:信息处理技术、图像处理技术、影像显示技术、医用激光技术。

1.1.2 光机电一体化产业链

从生产环节上看,光机电一体化产业链涉及几个方面的内容,从图 1-1 可以看出:产业链条从客户需求环节开始,由设计环节、机械制造和数控系统、整机组装,形成最终产品,交付客户使用,产业链条基本完成。专业的服务也逐渐成为光机电一体化产业中一个重要的产业。

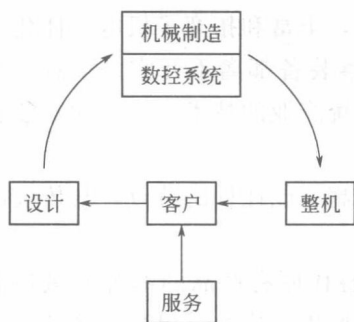


图 1-1 光机电一体化产业链的生产环节

① 设计行业 设计环节将可能是未来光机电一体化产业增值最大的一个环节。CAD 软件的设计和生产也必将成为制约光机电一体化产业发展水平高低的一个重要部分。

② 机械制造业 机械制造是光机电一体化产品从设计图纸转变为实际物体的一个必要环节。

③ 数控系统 数控系统是光机电一体化产品的核心,

数控化水平的高低是代表该产品档次高低的灵魂。

④ 整机组装 到高级阶段，设计与组装逐步分离，设计提出标准，拥有品牌，成为产业发展的主导力量，整机组装则成为相对独立而又依附于设计的品牌打工者。

⑤ 客户需求 生产链条从客户需求开始，到客户需求得到满足结束，完成一个循环。

⑥ 服务 传统的售后服务进一步扩大到全方位的服务，使服务行业独立出来，成为光机电一体化产业链条正常运转不可缺少的重要环节。

从图 1-2 的光机电一体化产业链技术环节可以看到，计算机集成制造是发展方向，而上游产业是光机电一体化产业的主要技术支撑。上游产业的每一次技术革新，又为光机电一体化产品的升级换代创造了契机。

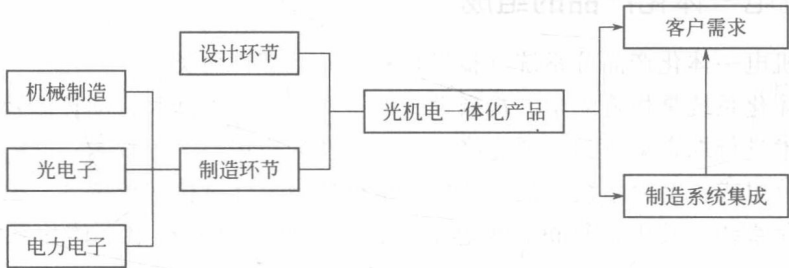


图 1-2 光机电一体化产业链的技术环节

光机电一体化技术对传统产业的技术改造、新兴产业的发展、产业结构的调整优化起着巨大的促进作用。由于光电子技术具有精密、准确、快速、高效等特点，它有助于全面提高工业产品的高、精、尖加工水平，并大幅度提高附加值及竞争能力。以激光加工技术为例，将其应用于汽车、航空、航天、通信、微电子等工业，具有加工速度快、效率高、质量好、变形小、控制方便和易于实现自动化生产等优点，对提高产品质量、降低生产成本、提高国际市场竞争能力具有重要作用。

光机电一体化是一个总的技术指导思想，它不仅体现在一些机电一体化的单机产品之中，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加工系统；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），应采用简繁并举、高低级并存的多层次发展途径。可发展功能附加型的低级产品，也可发展功能替代型的中级产品，还可发展机电融合型的高级产品，成为前所未有的新一代产品。

光机电一体化产业化主要有两个层次：一是用光电子技术改造传统产业，其目的是节能、节材、提高工效，提高产品质量，促进传统工业的技术进步；二是开发自动化、数字化、智能化光机电产品，提高产品的技术含量，促进产品的更新换代。如用数码光电技术代替胶片、用半导体激光器或发光二极管代替传统光源和某些激光器，可使产品档次迅速提高。光电子技术派生出若干新兴科学技术和新兴的高技术产业，极大地推动高科技的发展和产业结构的调整优化。

1.2 光机电一体化产品

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、自动控制技术和通信技术的高科技产品，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。

1.2.1 光机电一体化产品的组成

典型的光机电一体化产品分系统（整机）和基础元部件两类。

光机电一体化系统是指将光学、机械学、电子学、信息处理和自动控制及应用软件等当代各种高新技术进行综合集成的一项边缘性、交叉性的应用型工程技术。光机电一体化系统主要由 5 个部分组成：动力系统、机械结构、执行器械、计算机和传感器，组成一个功能完善的柔性自动化系统，其中计算机、传感器和计算机软件是光机电一体化系统的重要组成部分。

光机电一体化技术在光信息处理和光通信机两个方面的应用尤为显著，特别是大存储、高速度、高可靠性、长寿命、低成本光盘的开发以及液晶平板式显示器、光局域网的研制生产，都是光机电一体化产品的开发实例。光机电一体化的产品开发见表 1-1，它具有三个层次，即功能层、制造层和设计层。

表 1-1 光机电一体化产品开发

层次	内容	应用
功能层	机器人、医疗、环境、测量光机械（激光显微镜、相机）	光传输、光变换、光信息、光信息处理，光信息机器（光盘激光打印机、光显示）
	测量仪器、传感器	光通信机（传真光局域网、光连接器）
	非球面镜、透镜、多棱镜光传动器、扫描器	高频率激光器、短波长激光器、多束激光器、集成光器功能元件、空间光调制器
	智能材料	各种光学功能材料
制造层	微细加工工艺、光模块装配测量、控制	光刻设备、镀膜设备、工艺设备、精密工作台
设计层	设计	CAD/CAM 设计

1.2.2 光机电一体化产品的特点

光机电一体化产品具有结构简单、功能多、效率高、精度高、能耗低的特点，与传统的机械产品比较，光机电一体化产品主要有以下 3 个优点。

① 将原有的机械产品中增加信息处理装置及相应的应用软件，来替代原有产品的部分机械控制机构，不仅提高了自动化程度，而且能大大提高产品质量，降低生产成本，提高经济效益。例如，数控机床能很明确地按事先安排好的工艺流程，自动地实现高精度、高效率加工，可有效地提高生产效率和加工精度；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。

② 以光机电一体化技术为主的新型产品,与原机械产品相比,不仅结构简单,而且功能增强,精度提高。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,体积减小,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。

③ 将光电技术、测试与传感技术、自动控制技术与机械技术的各自优势结合起来,形成综合性的优势,可研制开发出具有多种功能、智能化的以前无法实现的高新技术产品。如有“头脑”的机器、会说话的机器、具有口和耳朵功能的机器等,而静电复印机、彩色印像机等则是由机、电、光、磁、化学等多种学科和技术复合创新的新型产品。

1.2.3 光机电一体化组成技术

① 机械技术 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来实现结构、材料、性能上的变更,从而满足减小质量和体积、提高精度和刚性、改善功能和性能的要求。

② 计算机与信息处理技术 信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策等。计算机是实现信息处理的工具。在光机电一体化系统中,计算机与信息处理部分控制着整个系统的运行,直接影响到系统工作的效率和质量。

③ 检测和传感技术 其研究对象是传感器及其信号检测装置。而传感与检测是系统的感受器官,是将被测量信号变换成系统可以识别的,具有确定对应关系的有用信号。

④ 自动控制技术 其内容广泛,包括高精度定位、自适应、自诊断、校正、补偿、再现、检索等控制。

⑤ 伺服驱动技术 伺服传动是由计算机通过接口与电动、气动、液压等类型的传动装置相连接,用以实现各种运动的技术。伺服驱动技术的主要对象是伺服驱动单元及其驱动装置。

⑥ 光电转换技术 光电转换过程的原理是光子将能量传递给电子使其运动从而形成电流。

⑦ 系统技术 是从全面的角度和系统的目标出发,组织应用各种相关技术将总体分解成相互联系的若干个功能单元,找出可以实现的技术方案。然后再把功能和技术方案组合成方案组进行分析、评价和选化。

1.3 光机电一体化技术的应用

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、激光和光纤通信等技术的作用,属于 21 世纪应用领域更为广阔的机电一体化技术。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机械结构、光学系统、传感器、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。

1.3.1 在设计中的运用

(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,利用计算机的高速运算和存储能力,实现对设计过程中所产生的大量数据的实时采集和处理,实现计算结果和计算过程的可视化,对图像信息进行自动处理和自动识别,实现设计的信息化和数字化,实现基于网络的计算机支持的协同工作(CSCW)和信息共享;还可以将计算机作为上位机、可编程控制器作为下位机,使系统具有层次结构,接口合理,便于维护。

通过网络技术实现包括数据、硬件和信息的资源共享,利用仿真技术来评估运行效果,辅助决策。利用包含各种遗传算法、神经网络数据处理方法、专家系统及决策支持系统的智能化软件来优化数据处理,提高运行速度,并可提高决策能力和正确率。人工神经网络是研究了生物神经网络的结果,是对人脑的部分抽象、简化和模拟,反映了人脑学习和思维的一些特点。人工神经网络是一种信息处理系统,它可以完成一些计算机难以完成的领域,模式识别、人工智能、优化等问题;也可以用于各种工程技术,特别适用于过程控制、诊断、监控、生产管理、质量管理等方面。

(2) 传感检测技术

光电子技术具有精密、准确、快速、高效等特点,利用激光的方向性和单色性可提供各种基准,如长度、频率、时间。又如大型设备的安装、准直,水坝应力监测,机场的夜间导航,矿山的远距离引爆,大型隧道的自动导航钻进等都可利用激光的准直定位装置。

激光测距具有探测距离远、测距精度高、抗干扰性强、体积小、重量轻的特点。激光干涉运用于精密丝杠、机床、零件、数控设备的测量和校验、坐标精密定位、光学平面检测和地震预测;激光测速具有测速准确、非接触测量、空间分辨率高的特点,可测量速度分布和速度梯度;激光准直能够测量平直度、平面度、平行度、垂直度,也可以做三维空间的基准测量。

(3) 设计步骤

对于光机电一体化系统的设计,需注意其从整体到局部的设计原则,应根据系统功能和设计要求提出系统设计的总任务,并进行系统的总体框图设计;然后,将总体框图分解成一个个独立的框图,可分解为光学系统、机械与执行机构、光电传感、信号采集与处理、驱动与控制、软件设计、计算机及其接口等分框图,然后再进一步设计。

设计制作完成后,先对光学系统、机械结构、计算机及其接口、软件进行单独调试,然后开将它们装配起来进行光、机、电、计算机联调。

1.3.2 在制造中的运用

(1) 激光加工

激光具有高相干性、高单色性、高方向性和高亮度的特点,激光加工方法已广泛应用于汽车、航空、航天、通信、微电子等众多行业。它可以对多种金属、非金属材料进行加工,特别是可以加工高硬度、高脆性及高熔点的材料(如电子工业中常用的陶瓷材料、硅片等)。其工艺范围广、加工速度快、无噪声、无污染,可以满足各类材料的切割、打孔、焊接、表面热处理、表面合金化。在加工过程中无切削力对工件的影响,因此工件的变形很小;同时由于激光能量高度集中以及加热冷却速度快,可通过控制激光的功率密度和脉冲计数,按要求达到确定的去除深度,从而实现高精度的线切割和点钻孔加工。

(2) 金属表面的激光强化

使用激光进行淬火,可精确控制淬硬层深度,可实行自冷淬火,并易于实现数控。只要光束能照到的部位均可进行处理。在汽车生产中,如钢套、曲轴、活塞环和齿轮等经激光热处理后,不必再进行后处理,可直接送到装配线上安装。激光合金化与熔覆可将一种或多种合金元素与基材表面快速融凝,从而使基材表层具有预定的高合金特性。

(3) 激光快速成形

快速成形技术综合了计算机、CAD、数控、物理、化学、材料等多学科领域的先进成果,其制造思想是将传统的材料去除和变形成形转变为逐渐增加材料的方法,将三维实体按一定方向平面化,然后分层叠加,最后得出快速原型体。可以一次成形复杂的零部件或模具,不需要任何工艺装备,具有速度快、柔性好、集成度高等特点。

快速成形技术的基本工作原理是离散/堆积。首先是将零件物理模型由概念设计或事物模型反求得出相应的CAD模型,然后将CAD模型转换成为各类光成形机所能接受的数据信息——STL文件格式,用分层软件将计算机三维实体模型Z方向离散,形成一系列具有一定厚度的薄片,激光束在计算机的控制下有选择性固化或黏结某一区域,从而形成零件实体的一个层面。这样逐渐形成一个三维实体。国内外在近十年已经开发出10余种激光快速成形技术,其中应用较多的有:立体光造形技术、选择性激光烧结技术、激光熔覆成形技术、激光近形制造技术和薄片叠层制造技术等。

(4) 激光金属塑性成形

激光金属塑性成形可以无需任何模具和任何机械接触就可以生产出金属板料制品。如激光弯曲成形是利用激光束扫描金属板材时,形成的非均匀温度场所导致的热应力来实现塑性变形的成形方法,与传统的金属成形工艺相比,它具有不需要外力和模具、生产柔性大、加工成本低、成形精度高等特点,特别适合于形状简单的单件小批量工件的弯曲成形,在船舶、汽车、微电子和航空航天等领域具有广阔的应用前景。

而激光冲压成形则是利用高功率密度、短脉冲的强激光冲击作用于覆盖在金属板材表面上的能量转换体,使其汽化电离,形成等离子体而爆炸,产生向金属内部传播的强冲击波。由于冲击波压力远远大于材料的动态屈服强度,激光冲压成形的板料变形时间仅为几十纳秒,从而使材料产生塑性变形。这种高速变形条件可实现高压下薄板的全塑性成形,使塑性差的难成形材料能实现冷塑性成形。

1.3.3 在传感检测中的应用

由于光机电一体化系统具有光学、电子、机械和信息处理等方面的技术优势,从而能满足生产过程中的自动监控以及图像分析、精密测量、信息处理和传输、微观探索等各个领域的要求,特别能适应对高速运动或瞬息短暂过程的观察、记录、显示、传递和储存,利用光电转换能在太空、深水、高温、有毒有害气体、核辐射等各种特殊环境下正常工作,因此现代社会迫切要求开发品种更多的光机电一体化的现代光学仪器或光电仪器设备。

例如,红外测温仪可以广泛应用于电力、炼钢等行业,运用红外诊断技术可以对电气设备的早期故障缺陷及绝缘性能做出可靠的预测,将传统电气设备的预防性试验维修提高到预知状态检修。现在大机组、超高电压的发展,对电力系统的可靠运行提出了越来越高的要求。随着现代科学技术不断发展成熟与日益完善,利用红外状态监测和诊断技术具有远距离、不接触、不取样、不解体,又具有准确、快速、直观等特点,实时地在线监测和诊断电气设备大多数故障,几乎可以覆盖所有电气设备各种故障的检测。它在炼钢行业中检测设备故障是一个典型的例子。

红外测温仪由光学系统、光电探测器、信号放大器及信号处理、显示输出等部分组成。光学系统汇聚其视场内的部件红外辐射能量，视场的大小由测温仪的光学零件及其位置确定。红外能量聚焦在光电探测器上并转变为相应的电信号。该信号经过放大器和信号处理电路，并按照仪器内贮的算法和部件发射率校正后转变为被测部件的温度值。

红外测温仪的测温原理是将物体（如钢水）发射的红外线具有的辐射能转变成电信号，红外线辐射能的大小与物体（如钢水）本身的温度相对应，根据转变成电信号的大小，可以确定物体（如钢水）的温度。

如果准确地获得被测设备的温度分布或故障相关部位温度值与温升值，对现场检测过程中或对检测结果的分析处理，保证设备在额定电压和满负荷下运行后，可用红外测温仪对炼钢设备进行检测。由于电气设备故障红外诊断时，故障判断标准往往是以设备在额定电流时的温升为依据，因此当检测时实际运行电流小于额定电流时，应该是现场实际测量的设备故障点温升换算为额定电流的温升，然后通过电子系统进行维修等工作。

1.3.4 在未来先进技术领域里的应用

德国政府在 2013 年汉诺威工业博览会上提出了工业 4.0 的概念，它描绘了制造业的未来愿景，提出继蒸汽机的应用、规模化生产和电子信息技术三次工业革命后，人类将迎来以信息物理融合系统为基础，以生产高度数字化、网络化、机器自组织为标志的第四次工业革命。工业 4.0 是工业生产中，将传统制造技术与物联网、服务网以及数据网相结合，实现生产过程全自动化，产品个性化，前端供应链管理、生产计划、后端仓储物流管理智能化。工业 4.0 是智能制造为主的第四次工业革命。它不仅可以控制将业务流程和组织重组再造，并根据由此产生海量数据及其分析运用，将催生满足动态的商业网络、异地协同设计等新型商业模式的兴起。更为深远的影响是，制造业的这种革命将会渗透到人类社会，所有人和人、人和物以及物和物之间通过互联网实现“万物互联”。

当前，中国制造业正面临前所未有的挑战，受到高端制造业向发达国家回流，低端制造业向低成本国家转移的双重挤压，推进工业化和信息化融合，抢先进入“工业 4.0”时代，保持住我国制造业的竞争力，已经是必须选择的命题。推进信息化与自动化的深度融合，是推动中国制造业转型升级的一剂良方。数字化、智能化技术深刻地改变着制造业的生产模式和产业形态，是新工业革命的核心技术。

近年来，美国总统奥巴马发起成立的先进制造业合作委员会对未来做了展望。该组织划出了包括传感、测量和过程控制、材料设计、合成与加工、数字制造技术、可持续制造、纳米制造、柔性电子制造、生物制造、增材制造、工业机器人和先进成形与连接技术等多个技术领域，认为这些领域将对提高制造业竞争力起到关键作用。

在这些技术领域中，光机电一体化技术占有重要地位。例如在传感、测量和过程控制中，需要广泛使用各种传感器，如监测湿度的传感器、确定位置的 GPS 跟踪器、测量材料厚度的卡尺等。这些设备不仅越来越多地用于智能手机的智能化，还使得智能、灵活、可靠、高效的制造技术成为可能。在一座现代化的工厂里面，传感器不仅有助于引导日益灵敏的机器，还提供管理整个工厂的运营所需要的信息。产品从诞生到送达都可以跟踪，某些情况下还可以跟踪到送达之后。在这个过程中，一旦有问题出现，比如在喷漆室的湿度不适宜喷涂的时候，传感器就会检测出来，向机器操作者发送警报信号，甚至是向工厂管理者的手机发送警报信号。

智能化赋予光机电产品一定的智能，使它具有人的判断推理、逻辑思考、自主决策能