

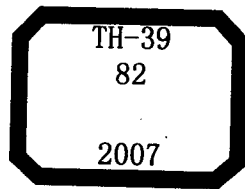
光机电一体化技术丛书

光机电一体化系统 典型实例

高学山 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





光机电一体化技术丛书

光机电一体化系统典型实例

高学山 编著

机械工业出版社

光机电一体化系统是一种高度集成的、技术门类众多的复杂系统,本书的目的是通过对光机电一体化产品典型实例的介绍,简要说明计算机技术、新机构设计、控制技术、传感器技术、光电子技术等的实用状况及其重要性。

本书主要对智能机器人、智能无人车辆、数码相机、打印机、复印机、传真机、全自动洗衣机等常见的光机电一体化典型产品实例进行了介绍,所选实例基本上都是人们比较熟悉的、成熟的和工作可靠的实用化产品,在对实例的叙述上,力求语言简单明了、直观,没有进行复杂的理论推导,便于阅读。通过这些典型实例的介绍,使读者能够基本了解光机电一体化产品的工作原理和系统构成。此外,本书还简要阐述了开发设计光机电一体化产品时应采取的一些步骤。

本书可以作为从事光机电一体化产品开发的技术人员和光机电一体化产品有兴趣的人士的参考书,也可作为各大专院校机电专业学生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

光机电一体化系统典型实例/高学山编著. —北京:机械工业出版社, 2007.1

(光机电一体化技术丛书)

ISBN 7-111-20277-5

I. 光... II. 高... III. 光电技术—机电一体化 IV. TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第129002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:黄丽梅 版式设计:冉晓华

责任校对:张晓蓉 封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2007年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·11.375印张·442千字

0 001—4 000册

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

随着科学技术的快速发展,光机电一体化技术应运而生。光机电一体化技术是机械技术、光电技术、电子技术以及计算机技术等群体技术的综合运用,光机电一体化技术涉及机械制造、交通、家电、仪器仪表、医疗、玩具娱乐等众多行业,在工业和经济发展中有着重要的地位。信息、生物、空间、海洋、新材料、新能源等高科技领域,国防装备的信息化、现代化及传统产业的改造都离不开光机电一体化技术的发展。

光机电一体化技术发展迅速,其中各项技术正从原来的技术体系分离出来,具有较强的系统特色和相对独立的研究和应用领域。随着微电子技术和微系统技术的发展,光机电一体化技术的应用与发展进入了一个全新的阶段。机电产品和光机电产品成为家电、医疗器材、玩具等产业的主要产品;光机电一体化技术对于工业设备改造、提高制造装备精度和效率起到了重要的作用;光机电一体化技术在航空航天、国防、智能机器人研制等凸现国家综合实力的科研领域中更是地位突出。

相比而言,目前图书市场上光机电一体化技术方面的图书还是比较少的。在机械工业出版社的组织下,由北京理工大学和中北大学(原华北工学院)的老师们合作编写了这套“光机电一体化技术”丛书,较全面地介绍了国内外光机电一体化技术的发展和應用,以期能够帮助相关工程技术人员学习和更新光机电一体化技术知识,促进光机电一体化技术的发展。

“光机电一体化技术丛书”以光机电一体化领域各项技术的通用原理、具体应用和设计指导为主要内容,分《光机电一体化系统设计》、《光机电一体化系统典型实例》、《控制技术》、《感测技术》、《光机电一体化系统常用机构》、《驱动技术》、《信息识别技术》、《光机电一体化系统仿真与虚拟试验技术》和《微光机电系统技术(MOEMS)》9个分册。

各分册所介绍的技术内容以先进、通用为标准,精心筛选,原理介绍简练准确,具体应用注重结合工程实践经验,使用了大量的图、表和实例,注重加强光机电一体化系统的整体设计和技术协调的理念,各分册均有相应章节深入介绍本技术在系统中的应用和设计实例,以便读者更好地学习、实践和应用,帮助从事单项技术的研发人员快速适应光机电一体化系统的研究开发工作。

丛书力求文字简练、深入浅出、内容精炼、重点突出、实用性强,为光机电

一体化工程实践提供指导。丛书以光机电一体化领域从事应用和科研开发的中、高级工程技术人员为主要读者对象，也可供大专院校相关专业的学生参考。

由于作者的时间和水平有限，不足之处在所难免，欢迎读者批评指正。

“光机电一体化技术丛书”编委会

前 言

人类科技自从进入计算机和网络时代以来,新理论、新技术不断涌现,在国民生产和人民生活当中,处处都可见到一些新型“装备”,而且大多数的“装备”都体现人机友好、便于操作的“傻瓜型”的特点,这些成果的实现离不开光、机、电技术,是这些技术的高度集成和有机统一,突破了传统的较为单一的技术,实现了传统技术与现代高新技术的高度整合。

光机电一体化技术是基于计算机技术、光学及光电子技术、传感器技术、现代机械设计及制造、材料科学与其他技术等而发展起来的一门新的交叉复杂技术,依据这种技术制造的产品机构合理、功能强大、效率高、能耗低,符合现代的生产和生活理念,而且产品还具备模块化的特点,便于维护和移植。

目前,世界各国都在大力发展高科技产业,竞争非常激烈,在技术的研究方面都致力于开发具有高附加值的、具有较强竞争力的产品,在制造业方面也都想追求领先地位,但是现代社会的技术已经不是单一性的技术,而是多门技术的交叉与综合,因此要研制内外都优的光机电一体化产品,在一支研发队伍中则要有机械、计算机及控制、光学与光电子等方面的专家,并且每个专家不仅要精通自己的专业,还要熟悉其他相关专业,大家协同攻关,这样才能开发设计出一种好的光机电一体化产品。

本书共分8章,主要对智能机器人、智能无人车辆、数码相机、打印机、复印机、传真机、全自动洗衣机等常见的光机电一体化典型产品实例进行了介绍,在介绍过程中力求简洁明了地说明原理及特点,避免大篇幅的公式推导演算,增加其可读性,力求满足多层次的读者参考借鉴的需要。

本书的编写过程中得到了徐代君博士的大力协助,徐博士查阅了大量的资料和文献,为本书的成稿付出了很多劳动,在此向其表示感谢。

由于编者在教学和科研上任务繁重,编写本书的时间有些仓促,再加上水平所限,因此书中难免会有不妥之处,敬请专家和读者提出宝贵意见。

编 者

2006年10月

目 录

丛书序

前言

第 1 章 光机电一体化系统

概述 1

- 1.1 机械系统 2
- 1.2 动作执行元件 7
- 1.3 计算机及接口技术 9
- 1.4 传感器 10

第 2 章 智能机器人 12

- 2.1 现代机器人技术的发展
动态 12
 - 2.1.1 机器人的定义 12
 - 2.1.2 机器人的发展回顾
及现状 12
- 2.2 智能机器人的分类
及应用 14
 - 2.2.1 智能机器人的分类 14
 - 2.2.2 智能机器人的应用 14
- 2.3 智能机器人的系统
构成 15
 - 2.3.1 机器人视觉系统 17
 - 2.3.2 机器人感知及多信息
融合 27
 - 2.3.3 机器人运动规划和控制
技术 45
- 2.4 典型结构 54
 - 2.4.1 轮式智能移动机器人 54
 - 2.4.2 履带式智能移动
机器人 59

- 2.4.3 足式智能移动机器人 61

2.5 智能机器人及其他 相关技术 64

- 2.5.1 智能机器人的驱动技术 64
- 2.5.2 智能机器人展望 66

第 3 章 数控机床 67

3.1 数控机床概述 67

- 3.1.1 数控机床加工工件的工作
原理 69
- 3.1.2 数控机床的组成 70
- 3.1.3 数控机床的分类 72
- 3.1.4 数控机床的运动性能指标
和精度指标 73

3.2 机床数控技术的构成 75

- 3.2.1 数控系统的控制系统 76
- 3.2.2 数控系统的伺服系统和
电动机 80
- 3.2.3 数控系统的测量反馈
系统 83

3.3 数控机床的控制系统 95

- 3.3.1 数控机床的控制对象及
控制功能 95
- 3.3.2 数控机床控制系统的
组成 95
- 3.3.3 数控机床的控制方式
及分类 97
- 3.3.4 数控机床的接口 100

3.4 数控机床的传感系统 101

- 3.4.1 位置检测元件的主要要求
和分类 101

3.4.2 旋转变压器	103	结构	149
3.4.3 感应同步器	105	4.7.1 激光打印机的机械 结构	150
3.4.4 光电脉冲编码器	112	4.7.2 激光打印机的激光扫描 系统	154
3.5 其他相关设备及技术	117	4.7.3 激光打印机的电路 部分	156
3.5.1 数控机床的刀具系统	117	4.7.4 激光打印机的开关及安全 装置	157
3.5.2 PLC在数控机床中的 应用	121	4.7.5 激光打印机的主要接口 类型	157
第4章 复印机、打印机和 传真机	126	4.8 激光打印机的工作 原理	158
4.1 复印机概述	126	4.8.1 激光扫描的工作原理	158
4.1.1 复印机的分类	126	4.8.2 成像转印的工作原理	160
4.1.2 模拟复印机和数码复印机 的比较	127	4.8.3 激光打印机的印字 质量	164
4.2 复印机的基本结构	128	4.9 传真机概述	164
4.2.1 静电复印机的机械 部分	128	4.9.1 传真机的分类和应用	165
4.2.2 静电复印机的电路 部分	131	4.9.2 传真机的特点和主要 功能	167
4.3 复印机的工作原理	132	4.9.3 传真通信的由来和 发展	169
4.3.1 模拟复印机和数码复印机 的工作原理	132	4.10 传真机的基本组成和基本 原理	170
4.3.2 静电复印机的静电复印 原理	134	4.10.1 传真机的基本组成	170
4.4 静电复印机的技术规格	140	4.10.2 传真机的基本工作 原理	176
4.5 打印机概述	142	4.11 典型传真机产品实例	187
4.5.1 打印机的种类	142	4.11.1 传真机的质量评估 指标	187
4.5.2 打印机的发展	143	4.11.2 传真机的技术规格	188
4.6 针式和喷墨打印机的结构 和工作原理	144	4.11.3 传真机产品介绍	189
4.6.1 针式打印机的结构	144	第5章 全自动洗衣机	194
4.6.2 针式打印机的工作 原理	146	5.1 洗衣机概述	194
4.6.3 喷墨打印机的结构	146	5.1.1 洗衣机分类	195
4.6.4 喷墨打印机的工作 原理	148		
4.7 激光打印机的基本			

5.1.2	洗衣机型号的含义	197	6.1.3	智能移动无人平台的关键技术	240
5.1.3	全自动洗衣机的洗涤原理和主要指标	197	6.2	自动导引搬运车	249
5.1.4	全自动洗衣机的控制方式	198	6.2.1	AGV 概述	249
5.2	程序控制全自动洗衣衣机	199	6.2.2	AGV 的结构组成	251
5.2.1	波轮式全自动洗衣衣机	201	6.2.3	AGV 的功能模块组成和主要技术参数	252
5.2.2	波轮式全自动洗衣衣机产品介绍	210	6.2.4	AGV 的导向方法和技术	255
5.2.3	滚筒式全自动洗衣衣机	211	6.2.5	AGV 的集成控制系统	262
5.2.4	滚筒洗衣衣机产品介绍	215	6.2.6	AGV 产品介绍	266
5.2.5	电脑全自动洗衣衣机的工作电路简介	217	第 7 章 数码相机		274
5.3	模糊控制全自动洗衣衣机	219	7.1	数码相机概述	274
5.3.1	模糊控制洗衣衣机的结构	219	7.1.1	数码相机的特点	274
5.3.2	模糊控制洗衣衣机的基本原理	220	7.1.2	数码相机的分类	276
5.3.3	模糊控制全自动洗衣衣机的传感器	224	7.1.3	数码相机的应用范围	277
5.3.4	模糊控制全自动洗衣衣机的控制电路	227	7.1.4	数码相机的主要性能指标	278
5.3.5	模糊控制洗衣衣机产品介绍	229	7.2	数码相机的工作原理	279
5.4	洗衣衣机的新技术和发展方向	230	7.3	数码相机的结构组成	281
第 6 章 智能无人车辆		232	7.3.1	镜头系统	282
6.1	小型智能移动无人平台	232	7.3.2	图像传感器	283
6.1.1	智能移动无人平台的应用	232	7.3.3	A/D 转换器	285
6.1.2	智能移动无人平台的移动机构	234	7.3.4	微处理器	285
			7.3.5	图像存储器	286
			7.3.6	液晶显示器	286
			7.3.7	输入输出接口	288
			7.4	数码相机的光电成像原理	288
			7.4.1	CCD 图像传感器	288
			7.4.2	CMOS 图像传感器	296
			7.4.3	CCD 与 CMOS 的性能比较	302
			7.5	数码相机的数据处理流程	303

第 8 章 特种机器人与电子玩具	305
8.1 服务机器人	305
8.1.1 服务机器人概述	305
8.1.2 服务机器人的特性	309
8.1.3 服务机器人的基本特点	310
8.1.4 移动式服务机器人的关键技术	311
8.1.5 服务机器人应用举例	315
8.2 娱乐机器人	327
8.2.1 足球机器人	327
8.2.2 机器动物	336
8.2.3 其他娱乐机器人	340
8.3 电子玩具	344
8.3.1 声控电子玩具	344
8.3.2 红外遥控光电枪	346
参考文献	348

第 1 章 光机电一体化系统概述

科技的发展与人类的生活、生产实践是息息相关的，人类在生产实践中不断发现自然界的规律，并在不断总结实践经验的基础上丰富了对自然界的认识。人类一开始利用简单的技术和工具参与自然界的活动，但是随着文明程度的进步以及近代两次工业革命，其改造自然的能力得到大大增强。特别是计算机和网络的出现，使科学技术得到了飞速发展，与此同时也认识到若只用单一或单个学科和技术去解决实践中所面临的问题已经不可能了，这是因为人类所面临的技术任务和完成的过程越来越复杂，所要求的精度等级越来越高，所生产的产品种类越来越繁杂，而且对整个技术系统来说，还要求做到提高效率、降低能耗、实时快速和绿色环保等，即如果只用简单的机械等方式根本就无法满足现代社会的需求，从而自然地导致由传统机械技术向光机电一体化高技术方向的发展。

光机电一体化系统 (Opto-mechatronics System) 是由光学、光电子学、现代机械学、微电子、信息学和计算机科学等相互交叉、渗透和融合而形成的高技术系统，由计算机系统来控制机械部分、执行机构、动力系统以及传感器系统，通过软件实现对整个系统的管理，因此大大增强了光机电系统的柔性，这样就能够使系统在面对不同任务时表现出很高的灵活性，满足现代社会对多样性产品的需求，光机电系统及其产品与传统的机电一体化或机械产品相比具有结构简单、功能强、能耗低、扩充容易和精度高等优点。机电一体化技术的出现使机械系统的自动化发生了革命性的改变，如传统的机械自动化主要依靠凸轮结构来实现，在设计、安装、调试、维修凸轮系统时必须由经验丰富的技工人员进行，而且非常麻烦。自从引进了计算机控制技术、伺服电动机、步进电动机和传感器之后，复杂的机械结构和动作变得很简单，操作和维修等也变得容易了。但是在一个机电系统中，一般来讲计算机的处理能力是很强的，影响系统速度的因素主要是数据的传输和处理，因此激光技术和光纤的应用为提高机电系统的效率注入了新的活力，从而使机电一体化技术上升到光机电一体化技术。

目前人们所见到和使用的众多光机电产品，如果单单只从技术层面上来看，几乎无法明确界定这方面属于这种技术范畴，那方面属于另外一种技术范畴，而是光、机、电等技术的高度集成。在这种技术高度集成的系统当中，并不是光、机、电等技术都被突出化，而是根据系统的具体特点和功能，表现出某种技术占主要的地位，其他的技术处于辅助地位。当然光机电一体化是一种技术统称，这里面还包含其他的相关技术。光机电一体化技术可体现在多种产品当中。例如：

办公自动化设备的打印机、复印机、扫描仪等；数码照相机和摄像机；数控机床和无人化工厂的柔性制造系统；智能机器人；军工产品；航天航空产品等。此外，根据当前的发展趋势来看，光机电一体化技术也正在经历一场变革，此技术产品的功能和工作效率也将会大大得到提高，因为在高技术领域，各种类型的智能化元器件，以及控制系统的分布式会使系统主控计算机有足够的时间和空间来进行数据的运算和智能规划，这样光机电一体化系统将更柔性化以及智能化。

作为一个基本的光机电一体化系统，应该包括计算机和传感器系统、机械结构、动力系统、执行机构、通信系统、软件及接口以及相应的其他辅助系统。

1.1 机械系统

机械结构是系统的骨架，是系统重要的组成部分。在光机电一体化设备中，机械结构的形式和功能等都与以往的传统机械结构有所不同，它在传统的机构原理的基础上融入了现代机械的设计理念，而且有些地方还采用的是新材料和新工艺，达到并体现出如高精度、小型化、轻量化、外形人性化和部件模块化等特点。机构的设计与系统的控制是紧密关联的，应尽量避免或减小非线性因素的影响，在符合动力学原理的前提下，保证系统高速状态的稳定性、刚性和实时性。机械系统主要包括支撑、传动机构和作业保障装置，而在开发光机电一体化产品时，考虑机构的传动是设计工作的重点。

传动机构有减速装置、力（力矩）和速度传递转换装置。常用的有螺旋传动、带传动、齿轮传动、链传动、杆机构、齿轮齿条机构和谐波传动等，此外还有一种新型的减速机构 RV 传动装置，以及作为传动的重要保障装置的导向部件。

1. 螺旋传动

螺旋传动是基本的传动形式，主要是以螺母和丝杠之间的啮合形成相对运动来完成动力和速度的传递，这种传动大体分为两类，一是滑动摩擦传动形式，另一个是滚动摩擦传动形式。滑动摩擦是指螺母和丝杠之间的关系处于相互接触的滑动状态。图 1-1 是丝杠与螺母滑动摩擦形式的螺旋传动结构形式。

这种形式的螺旋传动机构的特点是加工方便、成本较低、具有一定的自锁性，但是其传动效率不高，一般在 30%~40%，由于其磨损较严重，因此有高精度要求时需要具

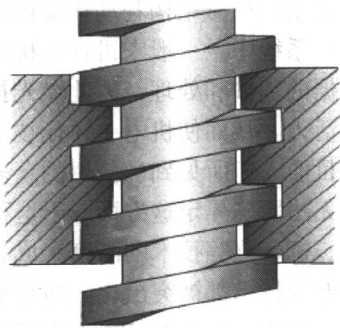


图 1-1 滑动螺旋传动机构

有间隙检测和调节装置。在实际应用过程中，根据所构成系统的结构及作业任务的要求，有四种基本传动方式。第一种是螺母固定，丝杠转动并移动。这种结构由于丝杠为杆件，在稳定性方面受到限制，因此丝杠的长度不宜过长。第二种是螺母转动，丝杠移动。对于小型的装置来说，由于这种结构需要较大的空间来布置传动机构，因此实用性受到一定的限制。第三种是丝杠转动，螺母移动。这种方式是将螺母与运动部件固连在一起，因此需要有导向机构来保证传动的精度和平稳性。第四种是螺母转动并移动，丝杠固定。该结构由于在使用上不是很方便，因此很少被设计采纳。

螺旋传动的另外一种形式是采用滚珠丝杠的滚动摩擦的形式，滚珠丝杠如图 1-2 所示。这种方式传动平稳、精度较高、螺母和丝杠之间的间隙容易调整，但是没有自锁性，对于自锁的场合需要设计并安装自锁机构。其结构基本是由丝杠、滚珠、螺母和反向器（主要实现的循环）组成，在某些精度较高的传动系统中可采用

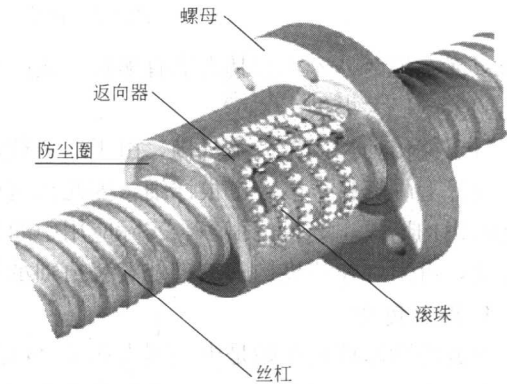


图 1-2 滚珠丝杠

滚珠丝杆的传动形式，但是相对于滑动螺旋传动来说其成本较高，同时对丝杠的密封和防尘有一定的要求。滚珠丝杠传动有内、外循环两种方式，内循环结构上比较紧凑，外循环结构比较粗大，此外，这两种方式在加工和调整方面的难易程度不同。

2. 带传动

带传动也是一种普遍应用的传动形式，可以应用于较大距离的传动，在传统的机械系统中，通常依靠带与带轮间产生的摩擦力来传递动力，由于带与带轮之间容易产生滑动，造成丢转，因此对于位置和速度要求精确的传动不宜采用这种方式。不过打滑现象可以避免传动机构由于卡死而导致机械结构发生破坏或者电机等毁坏。在光机电一体化系统中常常采用同步带来实现较大距离的传动。图 1-3 即为同步带以及带与带轮的啮合。

同步带传动具有带传动、齿轮传动和链传动的优点，带与带轮靠啮合传递运动和动力，带与带轮间无相对滑动，能保证准确的传动比，此外这种传动噪声比带传动、齿轮传动和链传动小，耐磨性好，不需油润滑，寿命比摩擦带长。主要缺点是制造和安装精度要求较高，中心距要求较严格，在某些场合也需要有带的张紧装置。针式打印机上的打印头的运动是由同步带来带动的。同步带有单面有

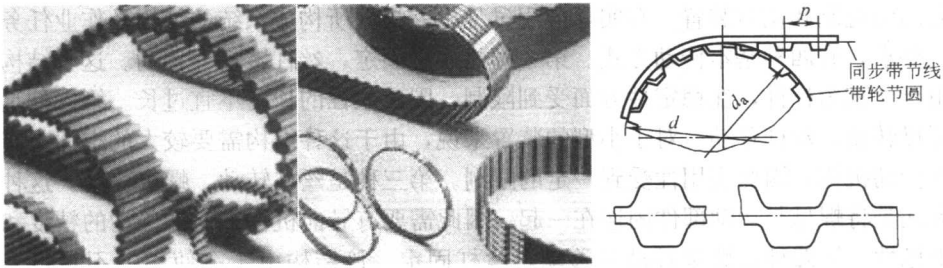


图 1-3 同步带

齿和双面有齿两种形式，其齿形有多种，我国有同步带的国家标准，其品种可由专门的生产厂家提供。

对于链传动和齿轮齿条机构，由于这两种传动形式是比较传统和普遍的，在机械设计上的资料很多，也很详细，因此在这里不做主要介绍。连杆机构也是很常见的机构形式，资料也很多，实际应用中如果使平面连杆机构进行小范围的空间运动，可采取在该机构的铰链处安装角轴承等措施加以解决。

3. 谐波传动

谐波传动原理最开始是由美国人在 20 世纪 50 年代发明的，此后通过不断改进和不断应用，从而形成一种新型的传动方式，它利用行星轮系少齿差传动的原理，主要由三个基本构件组成——波发生器、刚轮和作为柔轮的中间挠性体，对于柔轮为杯形的谐波齿轮机构，波发生器为动力的输入端，柔轮为输出端；对于扁平形的结构，一个刚轮是固定的，另一个刚轮则是输出端。这种传动方式在传动过程中，柔轮产生的弹性变形波近似于谐波，故称之为谐波传动。

谐波传动具有传动比大、传动平稳、精度高、回程误差小、噪声低、能够传递很大的力矩，并且结构紧凑简单的特点。在同样传动比的情况下，如果使用谐波传动，可以使结构尺寸更小，因此在小结构、大输出的传动设计中被经常使用。

谐波传动与行星轮系的传动比较类似，波发生器相当于系杆，柔轮相当于行星轮，刚轮相当于太阳轮。柔轮具有外齿圈，刚轮具有内齿圈，一般齿形为渐开线形或者三角形，刚轮的齿数比柔轮的齿数要多几个齿。柔轮为薄圆筒形状，能够变形。波发生器的长轴尺寸比柔轮的内径要大，当波发生器安装到柔轮内时，迫使柔轮变形为椭圆形，使得柔轮的部分外齿与刚轮的部分发生啮合接触，而其他部分的齿则处于逐渐进入啮合、逐渐脱开、不啮合的状态。图 1-4 是谐波传动装置的结构和实物图。

在工程应用的谐波传动装置一般有两个触头的波发生器和三个触头的波发生器。对于两个触头的波发生器来说，刚轮与柔轮相差两个齿数，当波发生器转一

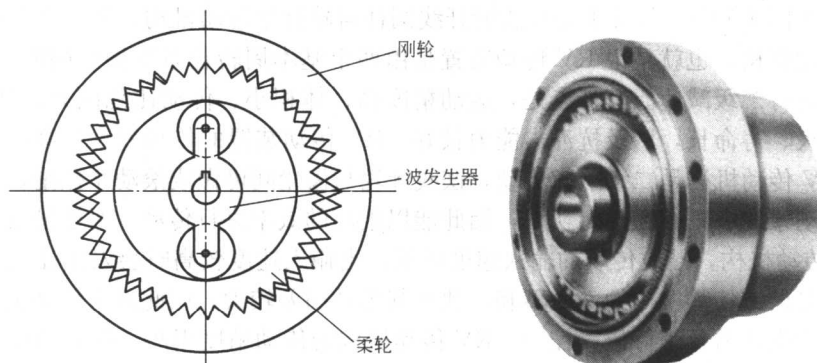


图 1-4 谐波传动装置

圈时，刚轮与柔轮相对转过两个齿距。

谐波齿轮的传动比计算与行星轮系的传动比计算类似，计算过程不复杂。目前有比较多的生产厂家，而且都有产品样品手册，设计者可以根据实际设计任务的技术需要来选择合适的谐波减速器。但是值得指出的是，微小型的光机电一体化系统，在设计上往往受到体积的限制，当选用谐波传动装置时，如果直接选用厂家的产品，则可能不满足要求，因此一般的解决方案是选用谐波传动装置中的三大件（波发生器、柔轮、刚轮），确定相应的结构连接方式。

4. RV 传动装置

20 世纪 80 年代日本的帝人制机公司将 RV (Rotate-vector) 减速器投放市场，尤其在机器人领域得到了很好的应用。这种传动方式与摆线针轮传动机构类似，它是基于摆线针轮传动而发展起来的一种新型传动机构，由渐开线圆柱齿轮行星传动和摆线针轮传动组成。图 1-5 是该传动的机构原理图，图 1-6 是其实物

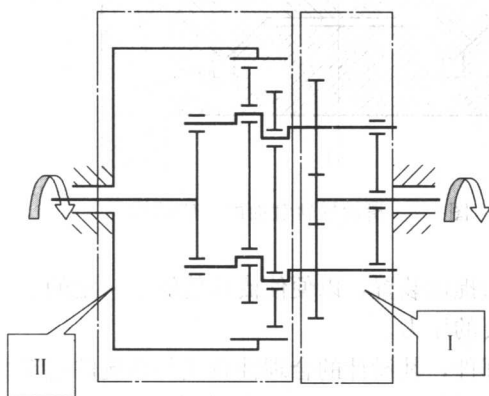


图 1-5 RV 传动机构原理图

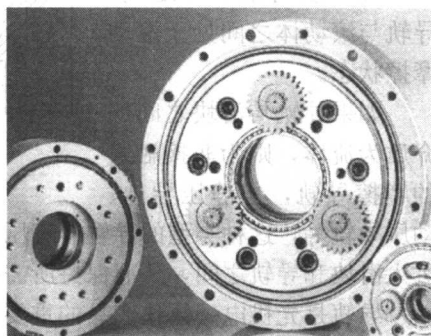


图 1-6 RV 传动机构实物图

图。在图 1-5 中，部分 I 是开式渐开线圆柱齿轮行星传动机构，部分 II 是摆线针轮传动机构，也就是说 RV 传动装置是由两个基本周转轮系所构成的混合轮系，可以进行二级减速。其特点是，运动精度高、体积小、传动比范围大、回差小、刚度大、寿命长，以及抗冲击能力较好。RV 传动装置的传动效率很高，这是因为 RV 传动机构是二级减速传动，摆线针轮与齿轮间可做成滚动摩擦副，而且整个传动系统中不存在封闭功率，因此能以很高的效率进行传动。对于谐波传动和 RV 传动机构，谐波传动的输入速度较低，当输入速度较高时会发出比较大的响声，对谐波传动机构的寿命不利。此外其传动回差较大，因此对于传动精度要求较高的设计需要进行位置控制。RV 传动机构的传动精度很高，输入速度较高时也较平稳。谐波传动机构可以根据实际需要改变“三大件”的尺寸等参数，且安装和拆卸方便，而 RV 传动机构就比较复杂。

5. 导轨

导轨在大多数光机电产品中都会用到，实际上导轨也是一种传动副，主要起到机构传动定向和支撑作用。导轨的种类很多，一般按接触面的摩擦性质可以分为滑动导轨、滚动导轨和以流体为介质的摩擦导轨。

对于导轨，一般要求具有必要的刚度、导向精度、运动灵活且无爬行现象，对环境的适应性好以及工艺上制造简单等。

滑动导轨的截面形状很多，如有三角形、矩形、燕尾形、圆形等。其结构如图 1-7 所示，一般由滑块、导轨以及其他辅助部件组成，如螺钉、密封装置、润滑装置和间隙调节装置等。

滚动导轨副的滑块和导轨之间是滚动体（如滚珠、滚柱或滚针），滑块在运动过程中，滚珠或滚柱是转动的，即滑块与滚动体之间、导轨与滚动体之间处于滚动摩擦状态。

如果导轨与滑块之间的介质为流体，则为非接触式的摩擦导轨，如静压导轨、

动压导轨等，这种类型的导轨需有压力提供装置，以便使流体能够以一定的压力进入滑块和导轨之间，从而保持所需要的压力。

导轨是光机电一体化产品的重要部件，其设计的合理性直接与系统的稳定性和精度有关，同时对系统控制也有一定的影响，在实际设计或选择导轨类型时，一般都采用组合式的，即导轨截面方向上的两处参与配合的导轨副的截面并不是

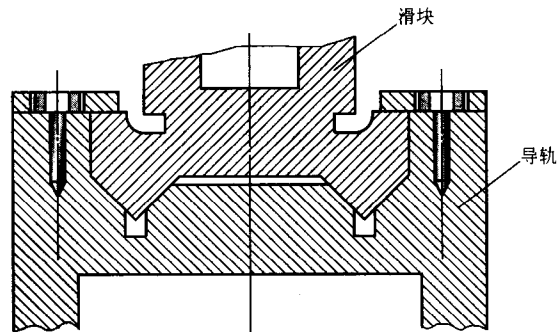


图 1-7 滑动导轨截面的一般结构

一样的。因此导轨副的选择应注意以下问题：

- 1) 应根据系统的结构形式、载荷大小、运动精度等选择导轨的类型。
- 2) 应考虑导轨副的间隙调节。
- 3) 应考虑导轨副的润滑。
- 4) 应考虑导轨副的密封。
- 5) 导轨要有足够的刚度。
- 6) 导轨和滑块的材料应尽量不同。
- 7) 应考虑制造上的工艺性等。

此外值得指出的是，对于比较精密且传动精度要求较高的微小型光机电产品，建议应该优先选择滚动导轨或者具有自润滑功能的滑动导轨。一般来讲，滚动导轨磨损比较小，移动灵活，用较小的功率就能驱动，在精密仪器中被广泛采用，但是在滚动体之间或者滚动体与接触面之间具有较高的密封要求，因此在防尘方面要有合理的措施，并且这种导轨的成本也比一般的滑动导轨要高，结构也较复杂。滚动导轨的一般结构类型有：滚珠导轨、滚柱或者滚针导轨、滚动轴承导轨等。

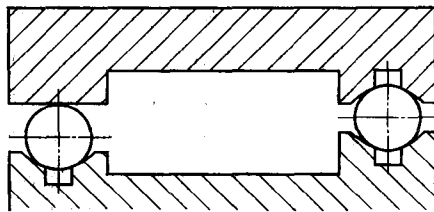


图 1-8 滚珠导轨结构图

滚珠导轨的结构形式之一如图 1-8 所示。滚珠导轨的截面形式及

组合方式也有多种，如双 V 形滚道、四圆柱滚道、双圆弧滚道、V-平面滚道（见图 1-8）等。滚珠导轨被广泛应用到显微镜、投影仪、精密仪器、机器人等光机电一体化设备中。

1.2 动作执行元件

在光机电一体化产品中，基本都是利用电动机来作为动作执行元件，作为计算机控制的电动机，一般常用的有步进电动机和伺服电动机。伺服电动机又分为交流伺服电动机和直流伺服电动机。

1. 伺服电动机 (Servo Motors)

所谓伺服系统是一种闭环控制系统，将目标值与实际结果进行比较，使其误差最小化。这种控制系统是带有反馈功能的，以便使来自控制对象的信号返回到输入上，从而在控制上能够反映出来。利用电动机的伺服控制就是在电动机或者控制对象上安装检测装置，将检测结果反映到控制装置上，并与指令值进行比较来进行控制。伺服电动机的主要特点是灵敏度很高，响应很快，即当没有控制信号时，电动机处于不动状态，一旦有控制信号存在，即使是很微弱的信号，电动