

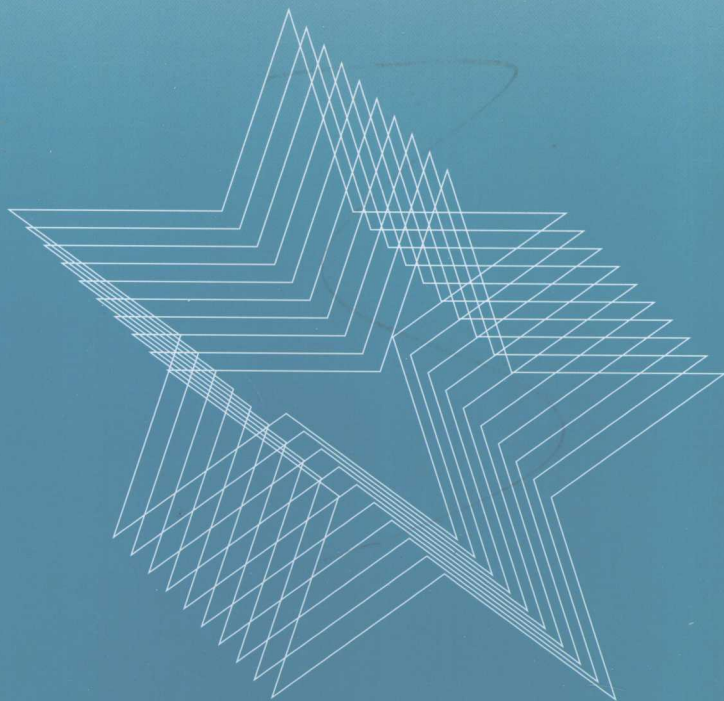
丛书主编 杨黎明

副主编 杨志勤 厉虹

机电一体化设计系列丛书

机电一体化 应用实例集锦

◎ 杨志勤 张子义 郭洪红 编著 ◎



国防工业出版社

National Defense Industry Press

TH-39/101

2008

丛书主编 杨黎明
副主编 杨志勤 厉虹

机电一体化设计系列丛书

杨志勤 张子义 郭洪红 编著

机电一体化应用实例集锦

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

内 容 简 介

本书共分2篇9章,第一篇机电一体化基础,包括绪论,常见现代驱动方法,机电一体化产品设计思想;第二篇机电一体化设计实例,包括数控机床,汽车电喷系统,ABS系统,电子钟表,微致动器,机器人技术。

本书是为从事机电一体化设计的工程技术人员学习和使用编写的,也可以供机械类专业学生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化应用实例集锦/杨志勤,张子义,郭洪红
编著. —北京:国防工业出版社,2008.5

(机电一体化设计系列丛书)

ISBN 978-7-118-05463-7

I. 机… II. ①杨…②张…③郭… III. 机电一体化
IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 177603 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11½ 字数 254 千字

2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 23.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

序 言

“机电一体化”是指在机械的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能等方面引入电子技术,并将机械装置、电力电子设备及相关技术设备组成的有机整体——机械电子产品或系统的总称。

机电一体化技术发展的状况标志着一个国家机械电子科学技术的发展水平,因此,发展机电一体化技术是发展我国机械电子科学技术的必由之路,也是振兴我国机械电子工业的主攻方向。目前,发达国家机电一体化技术已经很普及,国内一些工厂、企业、科研院所及大专院校在各领域已经开展机电一体化工作,并取得了一定成绩,但开展力度不大,不普遍。

为了促进我国机电一体化技术的发展,国防工业出版社特组织专家、教授和工程技术人员编写出版这套《机电一体化设计系列丛书》。

这套丛书包括:

- 《机构选型与运动设计》
- 《机械零部件选用与设计》
- 《机械优化设计》
- 《机械可靠性工程》
- 《转子现场动平衡技术》
- 《机电传动控制技术》
- 《伺服技术》
- 《传感器检测技术》
- 《精密机械元器件与电子元器件》
- 《机电一体化应用实例集锦》

编写这套丛书时,着重突出以下特点:

(1)系统性。这套丛书涉及的内容基本覆盖机电一体化技术的相关学科,便于读者系统、深入地学习和应用机电一体化技术。

(2)实用性。这套丛书从实用出发,本着“必需、够用、实际”的原则精选内容,在简要论述原理、方法、结构、标准的基础上,列举了大量的理论联系实际的例题,有较强的设计示范作用。

(3)针对性。这套丛书主要是为中小工厂、企业从事机电一体化技术的人员学习和应用编写的,读者在机电一体化技术相关学科都有一定的理论基础和实践经验。因此,策划丛书书目时,基本是按一门学科或一个子系统一本书的原则划分的。因此,丛书内容专、篇幅小,便于读者根据需要选购。

(4)适用性。这套丛书还可以作为大专院校和职业学校学习机电一体化技术的参考书或教材。因此,这套丛书对促进机电一体化技术的发展具有普及性和适用性。

希望读者喜爱这套丛书,并提出宝贵意见。

杨黎明
2006年9月

前 言

机电一体化技术是机械技术与微电子技术有机结合的产物,它包括机械制造技术、电子技术、计算机技术、传感器技术、通信技术和自动控制技术等诸多高新技术。但机电一体化不是简单的众多技术的叠加,它强调的是这些技术的相互渗透和有机结合,在某一具体的系统或产品设计中,取各种单项技术之所长,形成优势互补,进而达到整体最优。

机电一体化技术的发展状况标志着一个国家机械电子科学技术的发展水平,因此了解机电一体化产品的工作原理、主要结构及设计过程是每个产品开发技术人员所必须掌握的。

本书是《机电一体化设计系列丛书》中的重要组成部分之一,旨在为学习过机械基础知识和基础电工电子技术的工程技术人员提供一些常见的机电一体化应用实例和设计分析。与整套丛书的编著思想一致,本书尽量本着实用性、针对性和适用性的原则进行编写。

本书除了对机电一体化概念的及机电一体化产品设计思想进行论述以外,还对常见现代驱动方式、电梯控制技术、打印机技术、汽车电喷系统及 ABS 系统、与数控机床相关的机电一体化技术,如:电主轴、直线电机、数控机床可编程控制器等进行了详细介绍,在第 9 章中,对机器人的设计步骤及设计方法进行了详尽的分析和具体的设计,相信对读者有一定的借鉴意义。

本书共 2 篇 11 章。由北京联合大学机电学院杨志勤任主编,编写前言、第 4 章和第 8 章,并担任全书统稿工作。北京联合大学机电学院张子义担任副主编,编写第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章、第 10 章和第 11 章。北京联合大学机电学院郭洪红编写第 9 章。

由于编者的水平和经验,加之机电一体化技术的迅猛发展,本书中一定存在不少疏漏,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 机电一体化基础

第1章 绪论	1	2.3.2 单自由度橡胶	
1.1 机电一体化概述	1	驱动器	8
1.2 机电一体化系统的组成	2	2.3.3 三自由度橡胶	
第2章 常见现代驱动方法	3	驱动器	9
2.1 步进电机驱动	3	2.3.4 橡胶驱动器的应用	
2.1.1 步进电机的定义与		实例	9
分类	3	2.4 磁致伸缩驱动器	10
2.1.2 步进电机的主要性能		2.5 直流伺服电机	11
指标	3	2.5.1 直流伺服电机的	
2.1.3 步进电机的控制	4	特点	11
2.1.4 步进电机的驱动	4	2.5.2 构造与工作原理	11
2.2 超声波驱动器	5	2.5.3 特性	12
2.2.1 什么是超声波		2.5.4 驱动方法	13
驱动器	5	第3章 机电一体化产品设计思想	17
2.2.2 超声波驱动器的工作		3.1 机电一体化系统设计方法	17
原理	6	3.2 机电一体化系统设计准则及设	
2.2.3 超声波驱动器的		计程序	17
特点	7	3.2.1 设计准则	17
2.2.4 超声波驱动器的		3.2.2 设计程序	18
应用	8	3.2.3 机电一体化系统的	
2.3 橡胶驱动器	8	评价	18
2.3.1 橡胶驱动器的概念	8		

第二篇 机电一体化设计实例

第4章 数控机床	19	4.1.3 数控机床的分类	22
4.1 数控机床概述	19	4.1.4 数控机床的主要性能	
4.1.1 数控机床的工作		指标	26
原理	19	4.2 数控装置的结构与原理	29
4.1.2 数控机床的组成	19	4.2.1 数控装置的硬件	

结构	29	4.8.3 并联机床技术 体系	64
4.2.2 数控系统的软件 结构	32	4.8.4 并联机床的应用 展望	65
4.3 换刀机构	34	4.8.5 并联机床的发展 趋势	65
4.3.1 普通车床的换刀 机构	34	4.9 电滚珠丝杠	68
4.3.2 数控机床的自动换刀 装置	35	4.10 数控机床可编程控制器	68
4.4 数控系统的测量反馈系统	40	4.10.1 概述	68
4.4.1 光栅检测装置	40	4.10.2 可编程控制器的基本 组成及工作原理 ...	73
4.4.2 角度编码器	44	4.10.3 PLC 与 PRC 在数 控机床上的应用 比较	78
4.5 电主轴	48	4.10.4 数控机床用 PLC ...	81
4.5.1 电主轴的典型 结构	49	4.10.5 PLC 的主要技术 指标	83
4.5.2 电主轴的特点	50	4.10.6 数控机床 PLC 的 控制对象及接口 信号	85
4.5.3 电主轴的工作 原理	50	4.10.7 数控机床上梯形图 的设计	90
4.5.4 电主轴的基本 参数	50	4.10.8 可编程控制器在数 控机床上的应用 分析	93
4.5.5 电主轴的驱动	53	第 5 章 汽车电喷系统	101
4.5.6 电主轴的轴承	53	5.1 化油器式汽油机燃料供给 系统	101
4.5.7 电主轴的润滑与 冷却	54	5.2 机电一体化的燃油控制 思路	104
4.6 带有集成传感器的轴承 单元	55	5.2.1 电控化油器	104
4.6.1 工作原理	55	5.2.2 电控燃油喷射 系统	105
4.6.2 典型结构	56	第 6 章 ABS 系统	110
4.6.3 特点	57	6.1 车轮滑移率及对车辆制动 的影响	110
4.6.4 应用	57	6.2 理想制动过程	111
4.7 直线电机	57	6.3 ABS 的组成	111
4.7.1 工作原理	58	6.4 ABS 工作原理及控制	
4.7.2 直线电动机的 类型	58		
4.7.3 直线电动机在各种 机床上的应用	61		
4.8 并联机床	61		
4.8.1 并联机床的工作 原理	62		
4.8.2 并联机床的特点	63		

过程	113	10.2.1 连续式喷墨 技术	152
6.4.1 ABS 的形式	113	10.2.2 随机式喷墨 技术	153
6.4.2 控制过程	113	10.3 激光打印机	154
第 7 章 电子钟表	117	10.3.1 激光打印机的工作 原理	154
第 8 章 微致动器	120	10.3.2 激光扫描系统	155
8.1 工作原理	120	10.3.3 成像转印系统	157
8.2 微致动器的种类	120	10.3.4 其他装置	161
8.3 工程应用	120	第 11 章 电梯	162
第 9 章 机器人技术	124	11.1 电梯的机械部分	163
9.1 机器人的分类	124	11.1.1 电梯的机械传动	163
9.2 机器人的基本组成	126	11.1.2 电梯的机械安全 装置	168
9.3 机器人设计实例	128	11.2 电梯驱动	172
9.3.1 机器人的外形及功能 要求	128	11.2.1 直流电动机 拖动	172
9.3.2 机器人机械部分 设计	130	11.2.2 交流电动机 拖动	173
9.3.3 机器人控制部分 设计	134	11.3 电梯的电气控制	175
第 10 章 打印机	147	11.3.1 继电器控制	175
10.1 针式打印机	147	11.3.2 PLC 控制	175
10.1.1 针式打印机机械 装置	147	11.3.3 微机控制	175
10.1.2 针式打印机的控 制装置	150	参考文献	176
10.2 喷墨打印机	151		

第一篇 机电一体化基础

第1章 绪 论

1.1 机电一体化概述

机电一体化的英文 Mechatronics 起源于日本。它是 Mechanics 与 Electronics 的组合。对机电一体化的解释目前也是多种多样,但为人们较多接受的含义是由日本“机械振兴协会经济研究所”于1981年3月提出的解释:机电一体化是在机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术,并将机械装置与电子装置用相关软件有机结合而构成系统的总称。

随着技术的不断进步,光技术和微机电系统也正在被纳入机电一体化系统之中。

从控制角度上看,所说的机电一体化系统都是闭环的。在这个闭环系统中包括:

- (1) 执行机构。这是系统可以实现其功能的必要元素。
- (2) 控制及信息处理系统。这是整个系统的大脑。所有系统的动作,能量分配,信息的读取、分析、判断等均由该部分完成。
- (3) 传感元件。受系统的控制,读取必要的外界信息。实际上这部分就是常说的传感器。
- (4) 信息传输系统。其作用是将传感元件读取的信息传输到控制及信息处理系统或将控制信号传输给执行机构。

在传统的机械系统中,机械部分主要用来放大人力,而控制功能则完全由人工完成。实际上,在这样的一个系统中,人工起到了闭环整个系统的作用。比如说,一台车床,其作用是将电机发出的大功率尽量多地用在切削金属上,而切削量的多少与精度则主要靠人为控制实现,人工调整进给量,人工控制走刀速度,人工测量加工余量等。有了人工的参与才有可能加工出尺寸精确、外观漂亮的工件。在这里人工被用做控制系统、信息处理系统及传感元件。实际上,如果不考虑人工在输出功率上与机械装置的差异,人是最好的机电一体化系统。它将机电一体化系统的所有功能与元素有机地结合在一起。有鉴于此,通常可以将机电一体化系统的各个组成部分与人体作对照、比较。这种比对往往是非常形象的。

早期的机械手通常是作为人手的延伸,进而完成一些人力不可及的工作。比如:在高温、高压、放射性区域等区域内的工作。这时的机械手需要人工控制,是纯机械的结构。这点与现代的机械手大相径庭。现代机械手通常以电机、气动或液压驱动,带有控制装置,只要事先输入相应的控制程序,机械手就可以自动地完成固定的重复动作,而在

这一过程中不再需要人工参与。更进一步讲,由于现代机械手的自由度多,只要程序合适,它就可以完成各种复杂轨迹的运行。这在纯机械式的机械手中几乎是不可想象的。通过这样一个实例明显可以看出普通的机电系统与机电一体化系统的差别何在。

机电一体化系统的产生与发展是微电子技术及现代驱动方法、传感器技术、网络技术出现的结果。因此微电子技术以及现代驱动方法不可避免地会出现在机电一体化产品中。

1.2 机电一体化系统的组成

机电一体化系统组成集合了机械系统、电子控制系统和软件系统。正如机电一体化定义中所说的:机电一体化是在机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术,并将机械装置与电子装置用相关软件有机结合而构成系统的总称。

具体地说,通常的机电一体化系统不但要有机械设备,用来实现系统的功能,也要有计算机和软件用来实现控制功能,而把机械运动和计算机连接起来的器件就是传感器。用传感器感知机械的运动是否达到了控制系统的要求。另外,信号的传输也逐渐为现场总线(Field Bus)取代,使得系统的布线更加简洁,由于布线造成的故障越来越少。

随着现代机械加工技术的发展和微电子技术的发展,执行机构、传感器、控制器都在向着微型化、低功耗化方向发展,这给机电一体化系统的发展提供了非常有利的条件。

大多数的机电一体化系统的控制方式为闭环或者半闭环。只有那些对于精度要求较低的简单系统中才会考虑使用开环系统。因此大多数的机电一体化系统中,执行机构、传感器、控制器(计算机)成为缺一不可的元素。

第2章 常见现代驱动方法

在机电一体化系统中,非常重要的一个组成部分就是执行机构。执行机构通常称为驱动装置,是任何一个系统得以完成其工作任务所必须的一个部分。如前所述,驱动系统实际上是用来放大人力,代替人工完成一些难以完成的工作,同时又可以避免人工由于疲劳造成的工作状态不一致。

常见的驱动系统分为两类:动力驱动和控制驱动。两种装置具有不同的应用,因而具有不同的特点。

(1)动力驱动:功率大,运动平稳,有大的启动力(转矩)。

(2)控制驱动:一般不要求大的功率。除具有动力驱动的特点外,更注重其控制性能,要求体积小,重量轻,惯性小,停车位置准确,能方便地与计算机等控制装置接口。

机电一体化系统中的执行装置多指控制驱动装置。以下各节中主要讨论电力驱动系统以及一些新型的驱动器。

2.1 步进电机驱动

2.1.1 步进电机的定义与分类

步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的机电执行元件。若脉冲的频率高,则电机的运行速度快;反之则运行速度慢。改变励磁脉冲的相序,则电机反转。励磁电流不切换,电机就停止,而且具有较大的保持力矩。这类电机的运动形式是步进的,因而称为步进电机。

根据步进电机转子的构造和工作原理将步进电机分为:永磁式(PM型)步进电机、磁阻式(VR型)步进电机(又称为反应式步进电机)和混合式(HB型)步进电机(亦称永磁感应式步进电机)。按励磁的相数,可以将步进电机分为:二相、三相、四相、五相和六相步进电机。

2.1.2 步进电机的主要性能指标

步进电机的主要性能指标有以下几项。

(1)步距角:输入一个电脉冲信号,步进电机转子的相应角位移,以度表示,又称为脉冲当量。

(2)精度:指静态步距角误差和静态步距角的积累误差。

(3)静转矩:步进电机转子静止时,控制绕组通入直流电,由于失调角存在而引起的转矩,其最大值称为最大静转矩。

(4)保持转矩:步进电机的励磁电流不切换,电机停止运动时的最大电磁转矩。

(5)启动转矩:步进电机在一定控制电源和负载转矩惯量的条件下,从静止状态突然启动而不失步的最大输出转矩。

(6)最高启动频率:步进电机空载启动和停止,均无失步的最高频率。

(7)运行频率:步进电机额定负载条件下能无失步运行的最高频率。

2.1.3 步进电机的控制

步进电机的控制装置由变频信号源、环形脉冲分配器及功率放大器 3 部分组成。变频信号源提供频率可变的脉冲信号,是一个脉冲频率由几赫到几千赫连续可调的信号发生器。脉冲信号通过环形分配器后分别驱动步进电机的各相线圈。在利用单片机控制的步进电机驱动电路中通常利用单片机发生脉冲信号,同时利用单片机产生环形分配脉冲。这样做不仅可以使得硬件电路简单,同时也使得频率调整变得方便。频率的调整实际上就是调整步进电机的速度。

在环形分配器和步进电机之间的装置是功率放大器。它的作用是将经过环形分配器分配给各相绕组的信号进行功率放大。

2.1.4 步进电机的驱动

步进电机的驱动电路实际上就是功率放大。驱动电路的目的实际上是要将环形分配器输出的脉冲信号进行功率放大,以驱动步进电机转动。由于步进电机的绕组为感性负载,为了提高步进电机的启动频率和启动转矩,步进电机的驱动电路的设计也要做相应的调整。

1. 单电压驱动

单电压驱动电路是最简单的一种驱动电路,其工作原理如图 2-1 所示。

工作时只用一个电源对绕组供电,利用晶体管 Tr 来控制绕组 L 的通、断电。当 Tr 基极上有正脉冲输入时, Tr 导通, L 中便有电流通过。 Tr 基极上正脉冲消失时, Tr 截止, L 断电。 DF 为续流二极管,其作用在于释放 L 在通电时所储蓄的能量,防止在三极管集电极上感应出高压而损坏三极管。

这种电路的特点是:电路简单,电路中电阻 R_1 决定时间常数,太大会减小绕组的供电电流。 R_1 消耗能量,故电路损耗大、效率低,适于小功率驱动。

2. 双电压驱动

这种驱动方式的主要特点是通过提高电压,使绕组中电流的上升波形变陡峭。实际应用中有两种双电压驱动电路:双电压法和高压法。

1) 双电压法

双电压法的思路是:当步进电机的工作频率高时,使用高电源电压;当步进电机的工作频率低时,使用低电源电压。其他方面与单电压驱动相同。双电压驱动电路如图 2-2 所示。

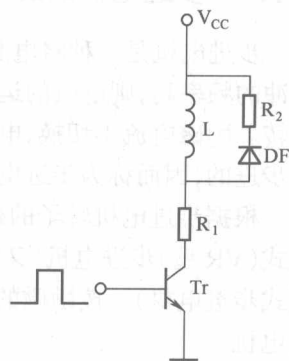


图 2-1 步进电机的单电压驱动电路工作原理

电路中 T_{r1} 的作用是控制电机绕组电压的高低。当输入的脉冲为高频时, T_{r1} 基极输入高电平, T_{r1} 导通, 从而使 L 工作于高电压 V_h 下。当 T_{r1} 基极输入低电平, T_{r1} 截止, 这时 L 工作于低电压 V_l 下。

T_{r2} 、 D_1 的作用, 与单电源驱动时相同。

2) 高、低压法

这种驱动电路的思路是: 无论电机工作的频率如何, 在绕组通电的开始使用高压供电, 使绕组中的电流迅速上升, 然后采用低压维持绕组中的正常工作电流。高、低压驱动电路的电路图如图 2-3 所示。

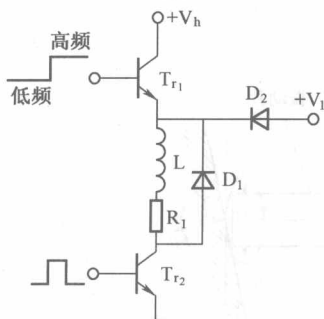


图 2-2 步进电机的双电压驱动电路

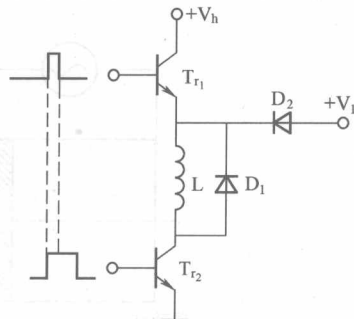


图 2-3 步进电机的高低压驱动

从图 2-3 中可以看出, T_{r1} 和 T_{r2} 的基极同时输入脉冲, 但是两个脉冲的宽度不同。 T_{r1} 的是脉冲窄。其作用是: T_{r1} 基极上的脉冲使 T_{r1} 导通, 此时 L 工作于高电压 V_h 下, 使 L 中的电流迅速上升, 从而达到提高启动转矩和启动频率的目的。至于 T_{r1} 基极上的脉冲何时消失, 通常有两种做法:

(1) 采用延时的方式。 T_{r1} 基极上的高电平维持一定时间后自动消失。这一时间一定小于 T_{r2} 基极上的高电平时间。

(2) 测量电流值。适时取消 T_{r1} 基极上的高电平, 测量 L 中电流的大小, 当其电流达到额定电流后, 切断 T_{r1} 上的高电平, 转而由 V_l 供电。

3. 细分电路

通过励磁绕组的电流是正弦波或余弦波, 达到电机步距角的微细化、运转平稳、低噪声的目的。

由于存在高次谐波, 电机的转矩波形失真, 必须加入平滑电路(滤波电路)。

通常用于细分电路的电机为专用步进电机。对于细分电路及专用步进电机的细节问题请参阅相关资料, 这里不作叙述。

2.2 超声波驱动器

2.2.1 什么是超声波驱动器

超声波驱动器是利用超声波作为驱动力的一种驱动器。由振动部分和移动部分组成, 依靠振动部分与移动部分之间的相互摩擦力进行驱动。

超声波驱动器没有铁芯,结构简单,体积小,重量轻,响应快,无需配减速装置就可低速运转。适合用于 OA 设备、高端照相机、摄像机以及机器人、汽车电器。

2.2.2 超声波驱动器的工作原理

超声波驱动器有 3 种工作方式:振动方向变换型、行进波型和复合振动体型。

1. 振动方向变换型

振动方向变换型超声波驱动器原理示意图如图 2-4 所示。振动体受控发生纵向谐振,通过振动片变换成横向振动,振动片末端的振动轨迹不是圆,而是李萨如(Lissajou)曲线。振动片的末端与转子(动子)相接触,于是驱动转子(动子)运动。

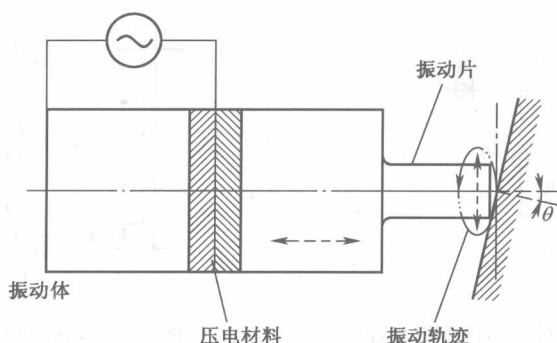


图 2-4 振动方向变换型超声波驱动器原理示意图

2. 行进波型

1) 产生行进波

把电场加到板状的压电体上,则压电体在与电场成直角的方向上会发生应变,并根据电场的极方向发生伸缩。当正负极交替配置时,一旦加上交变电场 E_1 ,则板形压电体以与交流电场 E_1 的频率相应的速度上下振动,并产生相应于电极配置的正弦波。图 2-5 为行进波的产生原理示意图。

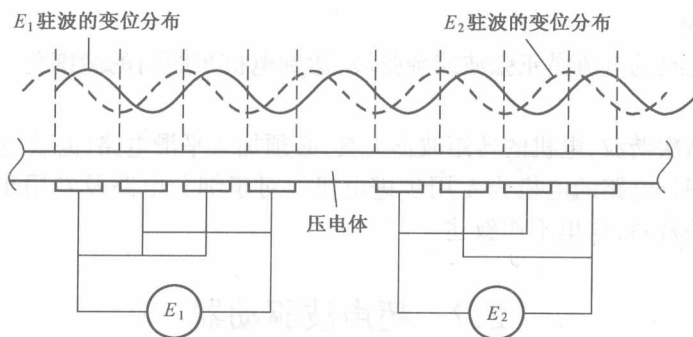


图 2-5 行进波的产生原理示意图

再加上第二个电极群 E_2 ,并使其在位置上和时间上相对于 E_1 变化 90° ,则两组电极群产生的振动组合产生行进波。

为了使压电体更好振动,要选择合适的压电体种类和形状,电源频率应使其共振频率。通常选择在耳朵听不到的 20kHz 以上的超声波频段。

2)驱动原理

超声波驱动器由相对接触的振动体部和移动体部所构成。振动体部由压电材料制成,它要把电能变为机械能;在压电材料上固定有弹性振动体(铁等金属)。移动体部则由移动体和采用摩擦材料的移动子(金属或塑料)组成。

给电极加上适当形式的电源后,振动体部产生图 2-6 中空心箭头所示的行进波。作超声振动的振动体上的各质点的运动轨迹为椭圆。振动波头(纵方向变位的最大点)具有与行进波反向运动的性质,把长于振动波波长的平板(移动体)置在振动体上,则移动体仅和波头接触,通过它们之间的摩擦力,移动体便可以沿图 2-6 中黑色箭头的方向运动。为了使运动稳定,移动体上装有摩擦材料。

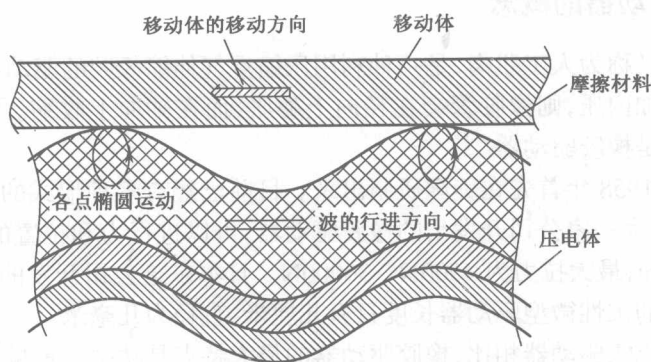


图 2-6 行进波型超声波驱动器的原理

2.2.3 超声波驱动器的特点

超声波驱动器已经具有的或已经明确的特点如下:

(1)与通常的电磁型驱动器高速下效率高而转矩小相比较,超声波驱动器低速下转矩大且效率高。

(2)单位质量下可获得的转矩大,而且由于可以减小运动部件(转子)的惯性,因而,启动、停止等的控制性好。

(3)由于转矩较大,因而无需利用减速机构增大转矩,可实现直接驱动。

(4)无需中间的增、减速机构,因而没有中间传动误差,可以实现精确定位。

(5)切断电源时由于摩擦力依然存在,因而能够保持原有的停止位置不变。

(6)由于转子结构简单且总可以找到与转子形状相适应的共振模态,因而驱动器的形状设计有很大的自由度。

(7)容易制成直线移动驱动器。

(8)无需增减速机构,因而噪声较小。

(9)由于并未使用磁场,因而不产生磁性干扰。

(10)结构简单。

(11)具有转速随负荷增加而减小的特性。

(12)需使用高频电源。

(13)需采用耐磨材料。

(14)由于必须产生共振模态,因而在数千瓦以上的功率状态下实现起来极为困难。

2.2.4 超声波驱动器的应用

目前,超声波驱动器已广泛地应用于:机器人驱动器、民用驱动器、精密定位驱动器、微小机械驱动器、航天机械用驱动器和物料输送器等。

2.3 橡胶驱动器

2.3.1 橡胶驱动器的概念

橡胶驱动器又称为人工肌肉,是一种利用压缩空气伸缩橡胶的驱动部件。

对橡胶管增加内压,则橡胶管会在径向上膨胀,而在轴向上收缩。伴随此收缩会产生收缩力。这就是橡胶驱动器。

橡胶驱动器 1958 年首先在美国研制出来。目前已经有多种形式的橡胶驱动器开发出来。例如,加拿大一家公司开发出的橡胶驱动器,可以进行力和位置的独立控制,长度为 60mm~300mm,最大拉力为 4500N~36000N。日本东芝公司开发的用于微型机器人或多关节手驱动的柔性微型驱动器长度只有几厘米,直径为几毫米。

与传统的气压式驱动器相比,橡胶驱动器的最大特点是功率—重量比高。

常见的橡胶驱动器有单自由度橡胶驱动器和三自由度橡胶驱动器两种。

2.3.2 单自由度橡胶驱动器

在实际应用中一般都是成对地使用橡胶驱动器:一张、一弛,以实现单自由度运动输出。图 2-7~图 2-9 所示为由两个橡胶驱动器所驱动的对从动件摆动和从动件平动原理示意图。

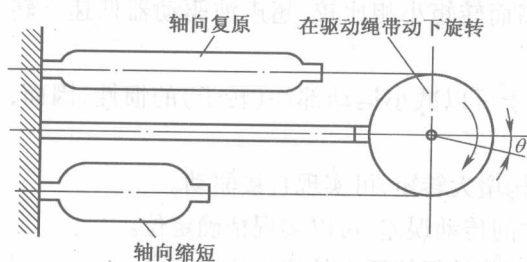


图 2-7 两个橡胶驱动器驱动从动件摆动

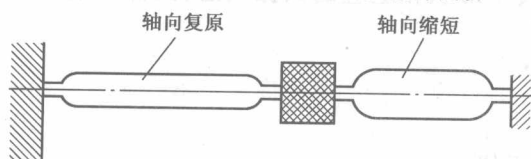


图 2-8 两个橡胶驱动器驱动从动件平动

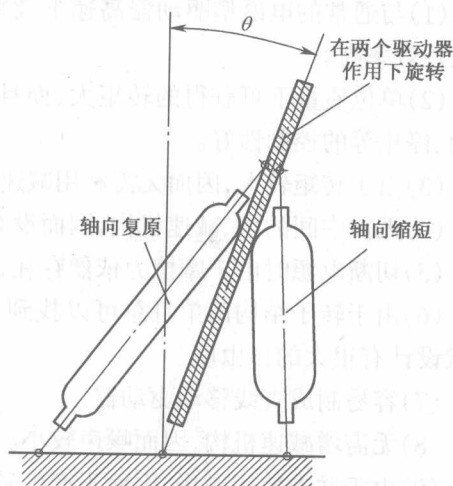


图 2-9 两个橡胶驱动器驱动从动件摆动

2.3.3 三自由度橡胶驱动器

三自由度橡胶驱动器为管状。管内分隔成为3个成 120° 的扇形柱空腔,结构如图2-10所示。它可以实现沿中心线 Z 方向的伸缩、任意方向的弯曲和绕 Z 轴扭转3个自由度。

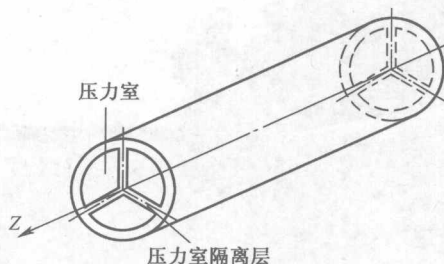


图 2-10 三自由度橡胶驱动器结构

三自由度橡胶驱动器具有如下特点：

- (1)结构简单,易于小型化,外径可以小至1mm;
- (2)柔性好,不会损坏被驱动对象;
- (3)无相对摩擦的运动部件,动作平滑;
- (4)输出力—自重比大(100~200);
- (5)输出运动的自由度多;
- (6)驱动器本身可以充当机械手的结构材料;
- (7)安全防爆。

2.3.4 橡胶驱动器的应用实例

鉴于橡胶驱动器的特点,橡胶驱动器无论在工业生产、日常娱乐、高科技方面都有着应用实例。图2-11~图2-13是几个国外单自由度橡胶驱动器应用实例示意图(均采自FESTO资料)。

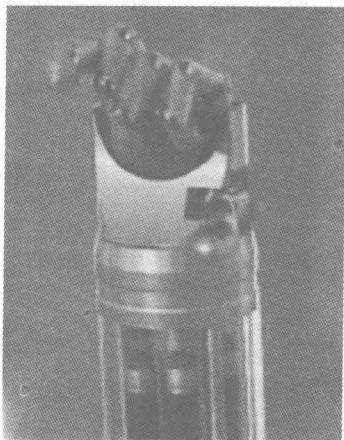


图 2-11 橡胶驱动器用于控制机械手的手指运动

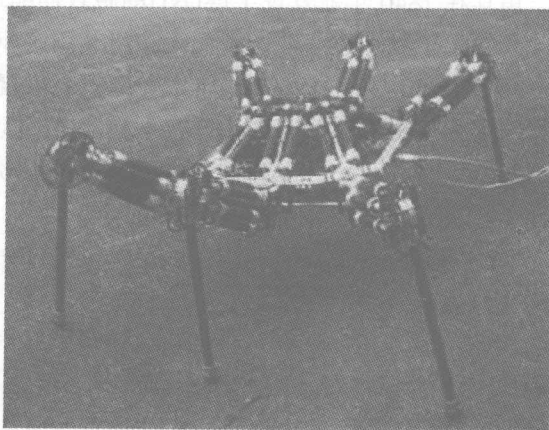


图 2-12 使用橡胶驱动器制成的机器蜘蛛