

机电

一体化基础

主 编 殷际英 副主编 刘作信



冶金工业出版社

机电一体化基础

主 编 殷际英
副主编 刘作信

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
1997

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化基础/殷际英主编. —北京:冶金工业出版社, 1997. 8

ISBN 7-5024-2085-1

I. 机… II. 殷… III. 机电一体化-基础理论 IV. TH206

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 12753 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 戴群 王庆福 封面设计 熊晓梅 责任校对 符燕荣
北京市梨园彩印厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销
1997 年 8 月第 1 版, 1997 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16, 13.75 印张, 330 千字, 210 页, 1—1700 册
28.60 元

序 言

《机电一体化基础》是在北方工业大学本科机械电子工程专业目前使用的讲义基础上编著的技术参考书。本书编写的目的在于从较宽广的应用范围讲述机电一体化的基本理论和进行机电一体化产品系统设计与研究综合知识。依据以上目标,本书在组织结构上力求体现出循序渐进、打好基础、立足应用的特点。在内容上以当前机电一体化相关技术为主,面向具有代表性的机电一体化系统的设计开发,并注意在内容介绍上有所侧重,具体地讲,就是对所涉及的硬件部分着重介绍外部特征和选型以及与其他部分的接合方法,简要介绍其内部构造,对软件部分的介绍则尽可能详细。所介绍的内容既要考虑实用性和可靠性,又要尽量体现出一定的先进性,避免过于陈旧的内容。为了保证实用性,选择了一些由部分作者参与完成的,或由生产实际中精心挑选出的机电一体化方面的工程实例和其他有关的文献技术资料,并以适量的难度和篇幅加进了书中。

全书共分七部分(绪论和第1章至第6章),绪论部分简要介绍了机电一体化的重要意义和基本知识;第1章以传感器为内容,叙述了多种机电一体化系统中常用的或有用的传感器及其应用方法;第2章为机电一体化系统的中央控制器部分,着重介绍了机电一体化控制系统中使用的可编程序控制器等的原理结构和程序设计方面的内容;第3章是机电一体化系统的动力驱动和控制技术部分,叙述了直流调速、交流调速、交流变频调速器、步进电动机及其控制装置、交流伺服电动机和电液伺服阀等方面的技术及应用;第4章为机电一体化系统的机械部分,主要叙述了机电一体化系统中普遍采用的精密机械传动结构和装置;第5章为机电一体化系统的控制技术,介绍了机电一体化系统中采用的计算机数字控制的一般方法、数控以及模糊控制技术方面的基本知识;第6章是机电一体化系统的综合应用部分,本章中论述了机电一体化系统和产品的设计方法,并且着重介绍分析了几个有关机电一体化设计方面的实际应用。

本书由殷际英主编,并承担了主要编写工作。刘作信参加了第2章和第6章的编写。刘连峰参加了第1章和第5章的编写。吴壮志参加了第2章和第6章的编写。任起龙参加了第4章的编写。由于时间短、工作量大,纰漏难免,望读者指正。在编写过程中,承蒙华北铝业公司挤压分厂设备厂长邢国良高级工程师的支持并提供设计资料;还参考了北京微电机总厂步进电动机及其控制器方面的有关资料。这些宝贵的资料对顺利完成本书的编著起到了非常重要的作用,作者在此表示衷心的感谢。

本书可供大学机电一体化专业的教学之用,也可作为从事机电一体化工作的工程技术人员参考材料。

殷际英
1996.7

目 录

绪论	1
1 传感器检测技术	4
1.1 传感器概述	4
1.1.1 传感器概念及分类	4
1.1.2 传感器在机电一体化系统中的作用	5
1.1.3 传感器检测系统	6
1.2 角位移传感器	7
1.2.1 电阻式角位移传感器	7
1.2.2 电感式角位移传感器	8
1.2.3 电容式角位移传感器	9
1.2.4 光栅式角位移传感器	9
1.2.5 编码盘式角位移传感器	9
1.2.6 角位移传感器的应用	11
1.3 转速传感器	11
1.3.1 测速发电机	11
1.3.2 电容式转速传感器	12
1.3.3 光电转速传感器	12
1.3.4 转速传感器的应用	12
1.4 线位移传感器	13
1.4.1 电阻式线位移传感器	13
1.4.2 电感式线位移传感器	14
1.4.3 电容式线位移传感器	15
1.4.4 编码式线位移传感器	15
1.4.5 光栅式线位移传感器	17
1.4.6 霍尔效应式线位移传感器	17
1.4.7 激光式线位移传感器	18
1.5 线速度传感器	18
1.5.1 电磁速度传感器	18
1.5.2 电容式速度传感器	19
1.6 振动加速度传感器	19
1.6.1 压电式振动加速度传感器	19
1.6.2 磁致伸缩式振动加速度传感器	20
1.6.3 振动加速度传感器的应用	20

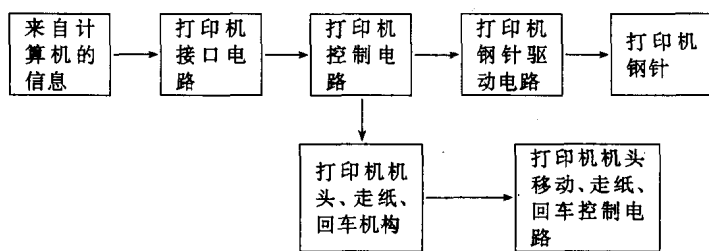
1.7	接近传感器	21
1.8	力传感器	21
1.8.1	电阻应变片传感器	21
1.8.2	转矩传感器	22
1.8.3	压阻式压力传感器	22
1.8.4	数字式压力传感器	22
1.8.5	力传感器的应用	24
1.9	光敏传感器	24
1.9.1	光电效应型光敏传感器	24
1.9.2	热电型光敏传感器	25
1.9.3	光敏传感器的应用	25
1.10	温度传感器	25
1.10.1	热电偶传感器	25
1.10.2	热电阻传感器	26
1.10.3	温度传感器的应用	26
1.11	酸度传感器	26
1.11.1	溶液 pH 值传感器	26
1.11.2	pH 值传感器的应用	28
2	中央控制器	29
2.1	可编程序控制器	29
2.1.1	概述	29
2.1.2	可编程序控制器的基本组成和工作原理	31
2.1.3	可编程序控制器的指令系统	39
3	动力系统控制技术	69
3.1	直流电动机控制技术	69
3.1.1	直流调速概述	69
3.1.2	可控硅调速	74
3.1.3	PWM 调速	76
3.2	交流异步电动机调速控制技术	78
3.2.1	概述	78
3.2.2	PWM 变频调速方法	80
3.2.3	矢量变换控制	82
3.2.4	变频调速器	87
3.3	步进电动机控制技术	89
3.3.1	步进电动机的类型和工作原理	90
3.3.2	步进电动机的控制	95
3.3.3	步进电动机的选用	103
3.4	交流伺服电动机控制技术	105
3.4.1	交流伺服电动机的结构和工作原理	105

3.4.2	交流伺服电动机的控制	105
3.5	电液伺服控制技术	107
3.5.1	电液伺服阀的原理、结构和工作特性	107
3.5.2	电液伺服系统的应用	113
4	机械工作系统	116
4.1	精密齿轮传动	116
4.1.1	齿轮传动装置的设计准则	116
4.1.2	齿轮传动装置的设计内容	117
4.2	同步齿形带传动	128
4.2.1	齿形带传动的特点	128
4.2.2	齿形带的结构和规格	128
4.2.3	带轮的结构和尺寸	130
4.2.4	齿形带的强度计算	132
4.2.5	齿形带传动的几何计算	133
4.3	滚珠螺旋传动	135
4.3.1	滚珠丝杠副传动的特点	136
4.3.2	滚珠丝杠副的参数	136
4.3.3	滚珠丝杠副的精度与代号	137
4.3.4	滚珠丝杠副的支撑和制动方式	140
4.3.5	滚珠丝杠副的润滑与防护	141
4.3.6	滚珠丝杠副的设计	142
4.4	谐波齿轮传动	148
4.4.1	谐波齿轮传动的原理及装置	149
4.4.2	谐波齿轮传动参数的选择计算	151
5	机电一体化控制技术	153
5.1	概述	153
5.2	计算机控制技术	153
5.2.1	计算机控制系统的基本组成	153
5.2.2	计算机控制系统的分类	154
5.2.3	数字控制器原理	155
5.3	数控加工技术	169
5.3.1	数控加工基本概念	169
5.3.2	数控加工的轨迹控制	170
5.3.3	数控加工的软件设计	176
5.4	模糊控制器	180
5.4.1	模糊控制概论	180
5.4.2	模糊控制的基本原理	181
5.4.3	模糊控制器的设计	188
5.4.4	模糊控制的应用	189

6 机电一体化系统的综合设计	190
6.1 机电一体化系统设计的基本方法	190
6.1.1 机电一体化产品机械部分的设计	190
6.1.2 机电一体化产品控制系统的设计	192
6.2 机电一体化系统应用分析	193
6.2.1 16MN 挤压机铝型材生产线的程控化改造	193
6.2.2 油田计配站采油冲次数自动控制系统实现	202
6.2.3 振动机系统保持共振状态的人工控制方法探讨	206
参考文献	209

绪 论

首先,介绍一下机电一体化的概念。机电一体化是“机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进了电子技术,并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成系统的总称”。机电一体化是一门新兴的工程学科,也可以看成是工程中一系列不同领域的集合。近年来,随着微电子技术和计算机应用技术的飞速发展,机电一体化的领域也在不断地扩充和完善。目前,机电一体化研究和开发的主要方面包括从计算机数控系统(CNC)和机器人到计算机辅助设计/辅助制造系统(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)的广大范围。此外,对传统的机电设备作智能化改造等工作也属于机电一体化的范围。机电一体化产品和系统之所以成为各种工程技术的有机综合,是由于它们遵循这样的原则而设计的,即产品和系统功能的实现是机构中所有部分功能共同作用的结果。这与传统的机电设备中机电系统相对独立,可以分别工作有着本质上的区别。按这个原则设计出的机电一体化产品和系统实际上是各种技术“元素”的“化合物”,而不是“混合物”。也就是说,系统中若缺少任何一部分(软件或硬件)便将无法工作。例如,一台点阵式打印机就是这样一个机电一体化的系统,它的工作原理框图如图所示。



打印机原理图框图

打印机通过其接口电路接收计算机输出的信息,并由控制电路进行判断后分别发往打印机头钢针驱动电路以驱动钢针打印字符和打印机头的移动、回车及走纸机构的控制电路,以驱动这些机构按相应的时序动作来配合打印机头的打印工作。不难看出,由信息、电路和机构等部分组成的打印机不可能在缺少其中任何一部分的情况下实现打印动作。它们的结合是有机的,具有类似生命机体的运动特征。一般说来,机电一体化的系统都具有这样的特征。

机电一体化是现代高技术发展的必然结果。在当今,机电一体化产品逐步取代传统机电产品的趋势已日益明显。机电一体化之所以具有强大的生命力,完全取决于其卓越的性能。首先,机电一体化产品可以用最简单的机械结构来实现高精度的复杂运动,传统的机电产品或者必须十分复杂和昂贵才能实现这样的运动,或者根本无法实现这样的运动。例如,借助于通用的控制装置和位置传感器就可以使电机驱动的简单链条装置取代复杂昂贵的丝杠机构和伺服电机来完成高精度的移动和定位。其二,机电一体化产品具有“柔性”,而传统的机电产品往往是“刚性”的。也就是说,机电一体化产品可以通过软件的方法来改变工作方式,而传统的机电产品则不具备这种能力。它们在使用时的工作方式是固定的,除非在硬件结构

上做不可逆的改变。其三,机电一体化产品更便于实现生产过程的自动化。机电一体化产品借助于其通信功能可以与上位计算机传递信息,也可以互相之间通信构成网络。这样的自动化与传统的“刚性”自动化是不同的,它可以方便的组态以改变生产过程,又能够各自独立地工作,使系统具有很高的可靠性和容错性。此外,机电一体化产品还有其他一些特点,如节约人力、物力和原材料等。在现代高科技和市场激烈竞争的环境下,只有那些成功地实现了机电一体化的产品和系统才能立于不败之地。因此,机电一体化的潮流不仅仅是一种时尚,还是产品生存和发展的保障。

尽管机电一体化产品种类繁多,而且还在不断地增加,但仍可以按功能划分为以下几类:

(1) 数控机械类

主要产品为数控机床、机器人、发动机控制系统和自动洗衣机等。其特点为执行机构是机械装置。

(2) 电子设备类

主要产品为电火花加工机床、线切割加工机、超声波缝纫机和激光测量仪等。其特点为执行机构是电子装置。

(3) 机电结合类

主要产品为自动探伤机、形状识别装置和 CT 扫描诊断仪、自动售货机等。其特点为执行机构是机械和电子装置的有机结合。

(4) 电液伺服类

主要产品为机电液一体化的伺服装置。其特点为,执行机构是液压驱动的机械装置,控制机构是接受电信号的液压伺服。

(5) 信息控制类

主要产品为电报机、传真机、磁盘存储器、磁带录像机、录音机、复印机和办公自动化设备等。其主要特点为执行机构的动作完全由所接收的信息类控制。

此外,还可以按其他方面来分类,这里不一一列举了。

其次,介绍一下机电一体化技术。从外部观看,机电一体化产品是智能化和多功能的。因此,支持其外部性能的核心技术,即机电一体化技术也一定是多种相关技术的综合。一般来说,机电一体化的相关技术主要是指以下技术:

(1) 传感器技术

传感器是机电一体化产品的探测装置,它将所测得的各种参量如位置、位移、速度、加速度、力、温度、酸度和其他形式的信号等转换为统一规格(1~5V,或 4~20mA)的电信号输入到信息处理系统中,并由此产生出相应的控制信号以决定执行机构的运动形式和动作幅度。传感器检测的精度、灵敏度和可靠性将直接影响到机电一体化产品的工作性能。因此,传感器的使用制造技术是机电一体化技术中的一项非常重要的相关技术。为了抗干扰和增加可靠性,应该重视光传感器和非接触型检测技术的应用。

(2) 信息处理技术

信息处理系统由计算机(包括可编程序控制器)和输入输出接口设备(统称为“硬件”),以及管理和使用这些硬件资源的程序指令系统(统称为“软件”)所组成。信息处理系统也可以看成是由输入决定输出的中央控制器,信息处理技术就是运用该系统的方法。在信息处理技术中,软件的作用是非常重要的。就同一个硬件而言,采用不同的软件将使信息处理的质

量有很大的差别。由于硬件往往是标准的和不可加工的,只需选购;因此对设计者而言,信息处理技术主要是软件技术。

(3)接口技术

接口设备将机电一体化产品的各个部分有机地连接成一体。由中央控制器发出的指令必须经过接口设备的转换才能变成机电一体化产品的实际动作。而由外部输入的检测信号也只有先通过接口设备才能为中央控制器所识别。接口技术就是将接口设备与其他部件组成有机整体的连接方法。随着硬件集成度的不断提高,对设计者而言,接口技术越来越依靠于软件。

(4)动力驱动控制技术

动力驱动控制系统主要包括电、液、气等能源的驱动和控制技术,其作用是向机电一体化产品的执行机构提供受到控制的动力。动力驱动控制技术开发的一个重要领域是研制将传感器、控制芯片、电动机和减速器封装成一体的驱动装置,或一体化的机电液伺服驱动装置。这将大大提高动力系统的耐环境能力和可靠性。

(5)机械系统技术

机械系统用于执行中央处理器发出的工作指令,是最直接的体现产品性能的部分。目前的机电一体化产品多以机械系统为其执行机构,因此对机械系统的内外品质也有相应的要求。除一般性的关于强度、刚度、精度、体积、重量和能耗等指标外,机械系统技术开发的重点还应放在机械系统的模块化、标准化和系列化上,以便于机械系统的快速组态和更换。

(6)自动控制技术

自动控制系统用于优化机电一体化产品的运行效果,处理各系统故障和保障系统运行的稳定性等。因此,自动控制技术是机电一体化的重要相关技术。值得一提的是,在机电一体化产品中,近年来模糊控制技术得到了越来越广泛的应用,代表了自动控制技术发展的一个方向。

第三,介绍一下机电一体化设计方法。

同其他机电产品的开发工作一样,机电一体化产品的研制开发首先是设计工作。然而,在开发的思路和设计方法上,机电一体化产品与常规机械产品有着本质的区别。对于常规的机械产品来说,一般是先用单纯机械设计的方法构思和设计,再为这个纯粹的机械设计选配电气设备。这种方法实际上是面向设计者的,它使所设计的机械产品笨重复杂,成本高,且工作性能不易提高。相比之下,机电一体化的设计方法要求设计者必须要同时具备各门工程技术知识,他必须具有综合运用这些知识来解决问题的能力。因此,机电一体化设计方法实际上是面向产品的。由于具有综合能力,设计者视野开阔,手段也要多得多,可以解决问题的范围和种类远远超过单纯机械设计和单纯电气设计者所能解决问题的总合。因此,机电一体化的设计方法绝非是机械设计和电气设计的简单叠加,而是它们的“乘积”,也就是说,如果可以将前者看作是一维设计的话,那么后者便是二维设计。这里所说的电应广义理解为电力、电子和计算机,以及软件。显然,机电一体化的设计体系是非常复杂的,只有受过本专业严格培训,又具有一定实际经验的设计人员才能胜任。相比之下,机电一体化产品却具有机械结构简单,工作性能优良和可编程等特点。

本书的目的在于使读者初步了解和掌握机电一体化的理论知识和设计步骤,培养运用机电一体化的思维方式去解决问题的能力,为今后从事机电一体化产品的实际设计开发奠定基础。

1 传感器检测技术

1.1 传感器概述

传感器技术是现代检测和自动化技术的重要基础之一,它已深入到人类生活的各个领域。上到宇宙探索,下到海洋开发;大到现代生产的自动控制,小到人们的日常生活,几乎每一项现代科学技术,都离不开传感器。可以说,自动化的程度愈高,控制系统对传感器的依赖性就愈大,传感器对系统的功能起决定性作用。国际上,传感器技术被列入六大核心技术(计算机、通讯、激光、半导体、超导和传感器)之一,同时,传感器技术也是现代信息技术三大基础(传感技术、通讯技术、计算机技术)之一。当今,传感器技术的发展方向主要有两个:一是开展基础研究,重点研究传感器的新材料和新工艺;二是实现传感器的智能化。

1.1.1 传感器概念及分类

人们通常把能使物理量或化学量转变为电量(或电磁量)的器件或元件叫做传感器。传感器也叫做变换器,也称为换能器(Transducer)或探测器(Sensor)。传感器一般由敏感元件、转换元件和基本转换电路三部分所组成,如图 1-1 所示。

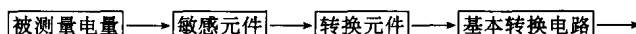


图 1-1 传感器组成框图

所谓敏感元件就是能直接感受被测量,并以确定关系输出某一物理量的元件。如弹性敏感元件可将力转换为位移或应变输出;转换元件可将敏感元件输出的非电物理量转换成电路参数量;而基本转换电路的功能就是将上述电路参数量转换成便于测量的电量,如电压、电流、频率等。

目前,传感器的分类方法有多种,从不同的角度进行研究,其分类方法也不同。

1.1.1.1 按被测物理量分类

传感器按被测物理量可分为位移传感器、速度传感器、力(压力)传感器、温度传感器、湿度传感器等等,而上述每一种传感器又可据其派生物理量加以细分,如位移传感器可包括线位移传感器、角位移传感器等。按被测物理量的分类方法明确表示了传感器的用途,使用者可以选用。

1.1.1.2 按传感器的工作原理分类

按传感器的不同工作原理可以将传感器分为电阻式、电感式、磁电式、电压式、电容式、光电式、气电式、陀螺式、谐振式等。比如,人们常用的电阻式应变片,其工作原理是应变可使应变片的电阻发生变化,利用这一原理可以制成测量力、力矩、应变、位移等传感器。

1.1.1.3 按传感器转换能量的方式分类

(1)能量转换型。又称有源传感器(或发电型传感器),即在不外加电源情况下将非电功

率转换为电功率输出。如电磁式、电动式、电压式等传感器。

(2)能量控制型。又称无源传感器(或电参量型传感器),即不能将非电功率转换成电功率的传感器。这类传感器是以被测物理量对传感器中的电参数的控制和调节作用来实现测量的目的,所以,它必须有辅助的能源(电源)。如电阻式、电感式、电容式等传感器均属此类。这里应该指出,习惯上常把工作原理和用途结合起来命名传感器。如电感式位移传感器、电压式加速度传感器等。

1.1.2 传感器在机电一体化系统中的作用

一个较完善的机电一体化系统,应该包括以下几个基本要素,即机械本体、动力部分、测试传感部分、执行机构、驱动部分、控制及信息处理单元及接口。测试传感部分的功能是对系统运行中所需的本身和外界环境的各个参数及状态进行检测,变成可识信号,传输到信息处理单元。

传感与检测装置是系统的感受器官,其关键元件就是传感器。显然,传感器的作用正像人的“五官”一样,而系统传动装置和机械系统则类似人的手足,控制及信息处理单元则类似人的大脑。传感器是这一系统中不可缺少的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度就会越高。如图 1-2 是有力控微驱动手爪的装配机器人系统,机器人系统是典型的机电一体化系统。

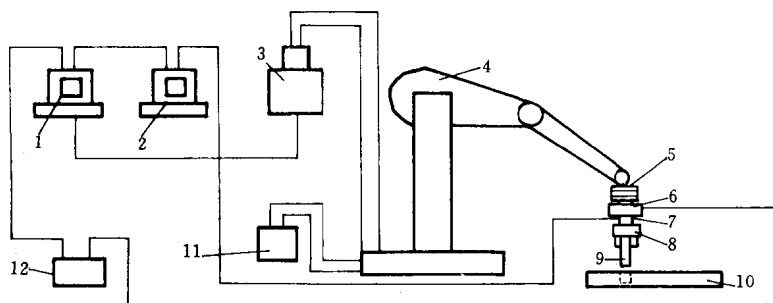


图 1-2 具有力控微驱动手爪的装配机器人系统

1—力传感器;2—力/力矩传感器控制器;3—机器人控制台;4—机器人;5—RCC 机构;
6—微驱动手;7—力/力矩传感器;8—气动手爪;9—轴件;10—孔件;11—气源;12—驱动器

这一机器人装配系统,主要用于轴孔插入装配作业。在装配作业时,首先根据力和力矩传感器所检测到的力和力矩信号进行孔的搜索,当搜索到孔的时候,则根据力和力矩的信号,用柔顺运动控制方法控制,使轴顺利地插入孔中。这一系统的特点是一个宏/微控制系统,手臂的控制实现大范围、低频响的运动,而微驱动手实现小范围、高频响的运动。从机器人寻孔到插孔成功,机器人的决策及规划均依赖于传感器所提供的信息。可以说,传感器在整个系统中的作用相当于人“眼”和“手”的综合,没有传感器,系统就接受不到机械手及工件时刻变化的信息,系统就无法也不可能实现正确的运动。

总之,传感器是机电一体化系统的一个极其重要的部件,传感技术是机电一体化技术的重要组成部分。传感技术的发展可以大大推动机电一体化系统自动控制、自动调节技术的飞速发展;同时,传感技术的落后,也会阻碍机电一体化系统的发展。现代工程技术要求传感器能快速、精确地获取信息,并能经受各种严酷环境的考验。但是,与现代计算机技术相比,传

感技术的发展显得缓慢,难以满足机电一体化技术发展的要求。不少机电一体化装置不能达到满意的效果或无法实现设计的关键原因在于没有合适的传感器。因此,大力开展传感器的研究对于机电一体化技术的发展具有十分重要的意义。

1.1.3 传感器检测系统

传感器检测系统一般由四个组成部分,即传感器、基本转换电路、测量电路及显示执行机构。当然,随着传感器输出测量信号形式及检测系统的功能不同,传感器检测系统的组成部分也有一定的不同。比如,电阻式、电感式等传感器一般输出模拟信号,而光栅、磁栅等传感器输出增量码信号;从而,其检测系统的组成将相应改变。下面就上述两种检测系统加以介绍:

1.1.3.1 模拟式传感器检测系统

电阻式、电感式、电容式、压电式、磁电压、热电式等传感器均输出模拟信号。该检测系统如图 1-3 所示。

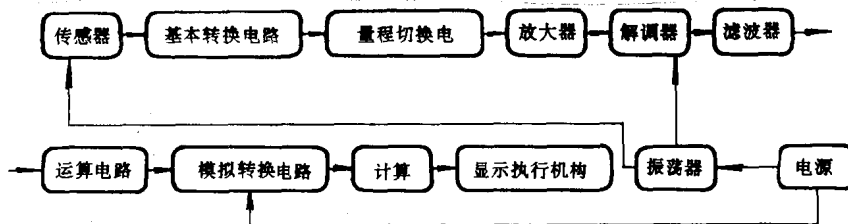


图 1-3 典型模拟式传感器检测系统

上述传感器检测系统中,如果传感器为电参量式的,即被测信号的变化引起传感器的电阻、电感或电容等参数变化,则需通过基本转换电路将其转换为电量(电压、电流、电荷等);如传感器的输出已是电量,则不需要基本转换电路。

为提高输出信号抗干扰能力,常采用对信号进行“调制”的方法。信号的调制可在传感器或基本电路中进行,也可在转换成电量后进行。经放大再经过解调器使信号恢复原有形式,通过滤波器选取代表被测量的有效信号。不进行调制时,则不需要解调,也不需要振荡器提供调制载波信号。

为了适应不通测量范围,可以引入量程切换电路。为了将被测量进行数字显示,或接入计算机处理,常采用数字转换电路,也可以不经过数字转换,由被测信号直接驱动显示机构。

1.1.3.2 增量码数字式传感器检测系统

光栅、磁栅、容栅、感应同步器等传感器输出增量码信号。其检测系统的典型组成如图 1-4 所示。

传感器的输出经放大、整形后形成数字脉冲信号。为了提高仪器分辨率,常常采用细分的方法,使传感器的输出变化 $1/n$ 周期时计一个数, n 称为细分数。细分电路还常同时完成整形作用。在许多情况下,例如激光干涉测长,工作台每移过半波长 $\lambda/2$,信号变化一个周期。 λ 为一个不读出的量。为便于读出,需要进行脉冲当量变换。辨向电路用于辨别工作台运动方向,以正确进行加法或减法计数。需要采样时,手动或由指令传感器发出瞄准采样信

号,将所计数值送入锁存器,直接或经计算机计算后,驱动显示执行机构动作。

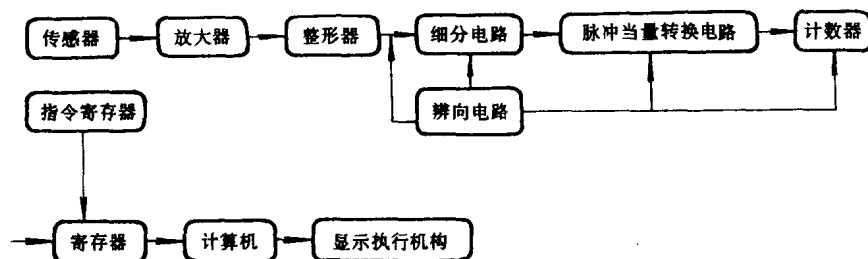


图 1-4 增量码数字式传感器检测系统

1.2 角位移传感器

1.2.1 电阻式角位移传感器

1.2.1.1 线绕电位器式角位移传感器

A 原理结构

电位器式角位移传感器的工作原理如图 1-5 所示,结构如图 1-6 所示。传感器的转轴跟待测角度的转轴相连,当待测物体的转轴转过一个角度时,电刷在电位器上转过一个相应的角位移,于是在输出端有一个跟角度成正比的输出电压 U_o 。图中 U_i 是电位器电压。

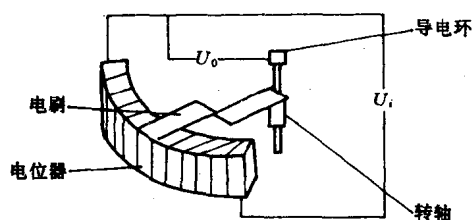


图 1-5 工作原理图

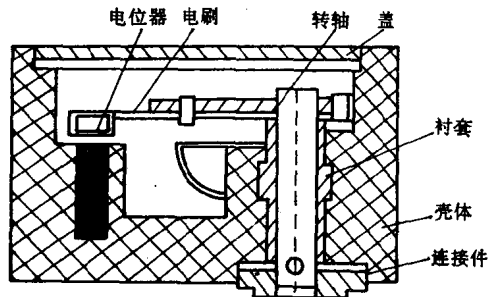


图 1-6 结构图

B 性能和用途

线绕电位器式角位移传感器一般性能如下:

动态范围	$\pm 10^\circ \sim \pm 165^\circ$	工作温度	$-50^\circ \sim 150^\circ \text{C}$
线性度	$\pm 0.5\% \sim \pm 3\%$	工作寿命	10^4 次
电位器全电阻	$10^2 \sim 10^3 \Omega$		

这种传感器有结构简单、体积小,动态范围宽,输出信号大(一般不必放大),抗干扰强和精度较高等特点,故已广泛用于检测各种回转角度和角位移。其缺点是环形各段曲率不一致会产生“曲率误差”;转速较高时,转轴与衬套间会出现“卡死”现象。

1.2.1.2 光电电位器式角位移传感器

光电电位器式角位移传感器的工作原理如图 1-7 所示,结构如图 1-8 所示。这种传感器

在基体上沉积一层 Cds 或 CdSa 光电导体后,再沉积一条薄膜电阻带。集电极是一条平行电阻带的导电层。阻带与集电极之间有很窄的缝隙,光电刷的光束可照射在该窄缝上。因为光导材料的暗电阻跟光电阻之比可达 $10^5 \sim 10^8$,因此,当窄缝上有光照射时,可看成集电极和电阻带导通,输出端有电压输出,无光照射时,集电极和电阻带之间的窄缝可看成断路。所以,固定在待测角度上的转轴上的光电刷,当随转轴在窄缝上移动时,输出端输出与角度成正比的电信号。

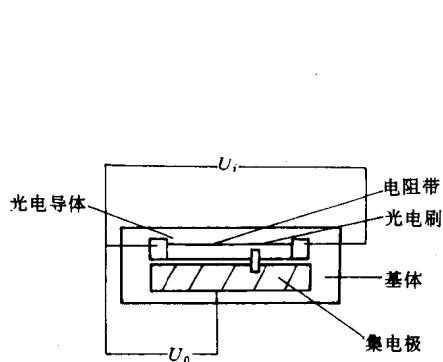


图 1-7 光电电位式角度传感器的工作原理

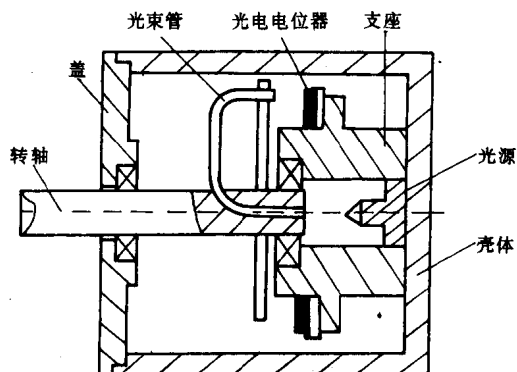


图 1-8 光电电位器式角度传感器的结构图

光电电位器式角位移传感器没有金属丝电刷造成的摩擦力矩,它有分辨率高、寿命长、扫描速度快等优点。缺点是接触电阻较大,输出信号要经过阻抗匹配变换器。

1.2.2 电感式角位移传感器

1.2.2.1 旋转变压器

旋转变压器实际上是有次级旋转绕组的变压器,当转子转动时,定子激磁绕组与转子输出绕组之间的耦合发生变化,从而使输电压按正弦、余弦或线性函数关系变化。旋转变压器的工作原理跟普通变压器的原理相似。普通变压器的输入、输出绕组相对固定,其输出电压与输入电压之比是常数。旋转变压器的激磁绕组和输出绕组分别装在定子和转子上,故输出电压随转子位置而定,如图 1-9 所示为正余弦旋转变压器工作原理。

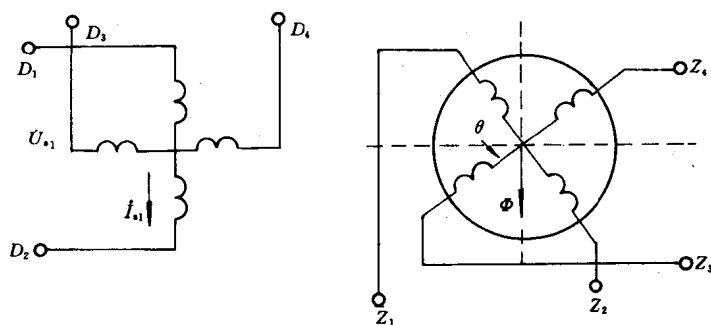


图 1-9 正余弦旋转变压器的工作原理图

D_1 、 D_2 —激励绕组； D_3 、 D_4 —交轴绕组；
 Z_1 、 Z_2 —余弦输出绕组； Z_3 、 Z_4 —正弦输出绕组

当 D_3 、 D_4 绕组开路,在激磁绕组 D_1 、 D_2 上加交流激磁电压 $\dot{U}_{s1}$ 时,激磁绕组中有电流 I_{s1} ,在气隙中建立一个与转子位置无关的交变磁通 Φ 。若 Φ 在气隙中按正弦分布,则输出绕组 Z_1 、 Z_2 和 Z_3 、 Z_4 上感应电压跟角度之间的关系如下:

$$\dot{U}_{01} = \kappa_u \dot{U}_{s1} \cos \theta \quad (1-1)$$

$$\dot{U}_{02} = \kappa_u \dot{U}_{s1} \sin \theta$$

旋转变压器精度较高,可靠性好,能完成各种功能,已广泛应用于自动解算系统、远距离同步传输系统,以及移相器和坐标变换器等。

1.2.3 电容式角位移传感器

电容式角位移传感器的工作原理如图 1-10 所示,当动极板产生角位移时,电容器的工作面积发生变化;通过检测电路检测出电容量变化,即可确定角度和角位移。

电容式角位移传感器的动态范围为 0.1° 至几十度,分辨率约为 $0.1''$,零位稳定性可达角秒级。

这种传感器结构简单,体积小,重量轻,功耗低,灵敏度高,它不受电磁场干扰,也不产生干扰磁场。因此,该传感器广泛应用于精密测角,如用于高精度陀螺和摆式加速度计。

1.2.4 光栅式角位移传感器

光栅式角位移传感器的结构如图 1-11 所示,在整圆玻璃板(光学玻璃)上刻度 10800 条线,格值 $2'$,任意两条刻线间误差不超过 $2''$ 。在 $\phi 86 \sim \phi 74$ 两圆周之间布满刻线,刻线 $\phi 80$ 跟 $\phi 42$ 的中心之间的偏心不超过 0.05mm 。在 $\phi 90.5$ 处刻基准圆。刻线数相同的主光栅和指标光栅偏心重叠在一起,从而使投射到它们上面的光形成莫尔条纹。当主光栅相对指示光栅转动时,明暗交替的莫尔条纹产生移动,从而使光敏三极管接收到强弱交替变化的光通量,输出跟光通量相对应的交变电流。主光栅每转一周,交变信号的变化次数跟光栅条纹相等。例如,主光栅刻线数为 5400 条/周,相邻刻线距为 $4'$,则主光栅每转变 $4'$,即产生一个周期的正弦波。因为主光栅安装在高精度转轴上,故检测角度的精度很高。

光栅式角位移传感器可用于整圆或非圆检测,一般精度可达 0.5 。这种传感器用于精密仪,精密机床和数控机床。

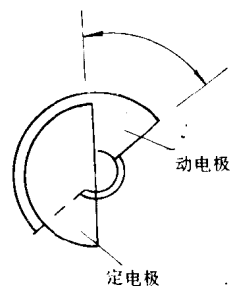


图 1-10 电容式角位移传感器的工作原理图

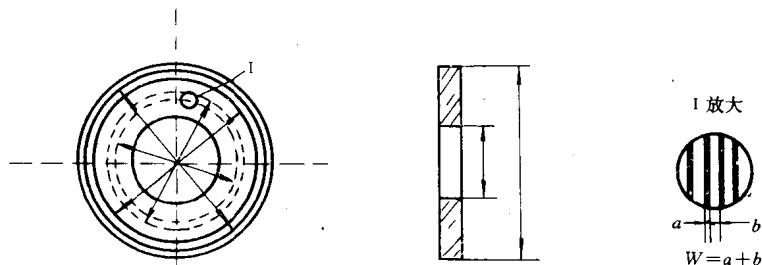


图 1-11 光栅式角位移传感器

1.2.5 编码盘式角位移传感器