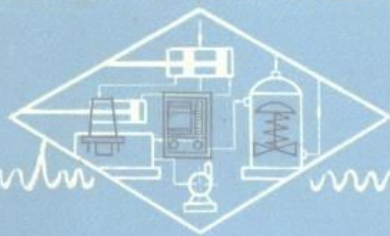


工业自动化仪表丛书



6

机械量测量仪表

许大才 编

机械工业出版社



工业自动化仪表丛书

机械量测量仪表

许大才 编



机械工业出版社

本书为《工业自动化仪表丛书》之一，主要介绍机械量的电测法和仪表。书中对各种将机械量转换为电量的传感器的基本原理、特性及测量电路作了概略的阐述，并介绍了传感器设计和应用方面的知识。关于传感器在机械量测量中的应用，书中所介绍的只是一些典型的例子。

本书可供从事工业自动化仪表工作的工人、技术人员阅读，也可供有关学校师生参考。

机械量测量仪表

许大才 编

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

民族印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32 · 印张 7 1/8 · 字数 153 千字
1980 年 8 月北京第一版 · 1980 年 8 月北京第一次印刷
印数 00,001—12,700 · 定价 0.58 元

统一书号：15033 · 4720

前 言

工业自动化仪表是实现工业生产过程自动化的一种重要装置。通过工业自动化仪表来了解生产过程中的物质变化状态,并将生产过程控制在预定的条件之下,确保生产的优质、高效和安全。

随着我国社会主义建设的发展,工业自动化仪表已日益广泛地应用于冶金、电力、化工、石油、轻纺、机械等工业部门,其发展前途是十分广阔的。

为了适应工业自动化仪表迅速发展的需要,进一步做好技术交流与推广工作,我们组织编写了这套《工业自动化仪表丛书》。

本丛书预定为二十册,分别为:《工业自动化仪表》、《温度测量仪表》、《压力测量仪表》、《流量测量仪表》、《物位测量仪表》、《机械量测量仪表》、《核辐射式测量仪表》、《自动平衡显示仪表》、《动圈指示调节仪表》、《自动调节仪表》、《电动单元组合仪表》、《气动单元组合仪表》、《射流技术及其应用》、《工业控制计算机》、《电动执行器》、《气动执行器》、《工业程序控制装置》、《工业仪表防护》、《工业仪表应用》和《工业仪表维修》等。将陆续分册出版。

本丛书力求以深入浅出、通俗易懂的文字,辅以图表的形式,简要介绍各类工业自动化仪表的结构原理、性能特点、安装使用以及维修等知识,供同志们参考。但由于我们水平有限,因而书中一定存在不少缺点,甚至错误,欢迎同志们批

IV

评指正。

本丛书在编写过程中,曾得到有关工厂、大专院校、科研单位的大力支持,在此谨致谢意。

《工业自动化仪表丛书》编写组

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、什么是机械量测量仪表	1
二、机械量测量仪表的分类和构成	1
三、机械量测量仪表发展概况	3
第二章 传感器基本知识	6
一、传感器及其分类方法	6
二、对传感器性能的要求	8
三、传感器的静特性	9
四、传感器的动特性	10
(一)刚性传递环节的动特性	10
(二)非刚性传递环节的动特性	12
五、传感器的主要性能指标	14
第三章 电位器式传感器	16
一、电位器式传感器	16
(一)工作原理	16
(二)结构	18
(三)函数型电位器式传感器	19
(四)特性	20
二、测量电路	22
第四章 电阻应变式传感器	24
一、电阻应变片	24
(一)工作原理	25
(二)分类与构造	27

(三) 胶粘剂与粘贴工艺	31
(四) 测量电桥	34
二、电阻应变式传感器	36
(一) 力(荷重)传感器	37
(二) 加速度传感器	51
(三) 非粘贴式应变传感器	52
(四) 温度补偿	53
第五章 电容式传感器	59
一、概述	59
二、电容式传感器	61
(一) 工作原理	61
(二) 结构和特性	65
三、测量电路	69
第六章 电感式传感器	76
一、可变磁阻式电感传感器	77
(一) 工作原理	77
(二) 等效电路	79
(三) 可变气隙型电感传感器的参数设计	82
(四) 输出特性	83
(五) 结构	89
(六) 测量电路	93
(七) 应用	96
二、涡流式电感传感器	99
(一) 高频反射式涡流传感器	100
(二) 低频透射式涡流传感器	105
(三) 应用	108
第七章 差动变压器	111
一、螺管形差动变压器	111
(一) 工作原理	111

(二)基本特性	113
(三)结构设计与制造工艺	121
(四)零点残余电压及其补偿	124
二、测量电路	125
(一)不平衡测量电路	125
(二)平衡测量电路	128
三、应用	129
第八章 压磁式传感器	132
一、压磁效应	132
二、压磁式测力仪	133
(一)工作原理及基本型式	133
(二)结构与工艺	136
三、磁致伸缩式转矩测量仪	145
(一)工作原理	145
(二)传感器结构	146
(三)测量电路	148
(四)特点	150
第九章 光电式传感器	151
一、光电效应和光电器件	151
(一)光电效应	151
(二)光电器件	151
二、光电器件的特性	157
三、光电式传感器及其应用	159
(一)模拟式光电传感器	159
(二)脉冲式光电传感器	162
四、光栅	166
(一)莫尔条纹形成原理	166
(二)光-电信号的转换	168
(三)光栅的构造和光学系统	169

(四)直光栅	173
(五)细分(倍频)电路	174
第十章 压电式传感器	178
一、压电效应与压电材料	178
(一)压电效应	178
(二)压电材料	180
二、压电传感器	182
三、测量电路	184
(一)压电传感器的等效电路	184
(二)对电压放大器的要求	184
(三)电荷放大器的基本原理	185
四、压电传感器在振动测量中的应用	186
(一)振动计的原理	187
(二)压电式振动计	188
第十一章 磁电式传感器	192
一、霍尔元件	192
(一)霍尔效应	192
(二)霍尔元件	194
(三)霍尔位移传感器	195
二、磁敏二极管	198
(一)工作原理	198
(二)特性	199
第十二章 电磁感应式传感器	200
一、基本原理	200
二、动圈式传感器	201
(一)工作原理	201
(二)结构	201
三、磁阻式传感器	203

第十三章 振弦式传感器	207
一、工作原理	207
(一)基本原理	207
(二)振弦振动的激发方式	208
二、传感器的基本元件与结构	210
(一)振弦	210
(二)磁钢	210
(三)振弦夹紧装置	211
三、测量电路	213
四、振弦式转矩测量仪	214

第一章 绪 论

一、什么是机械量测量仪表

随着我国国民经济的发展，对工业自动化化的要求越来越迫切。要实现工业自动化，就必须使用各种工业自动化仪表，其中检测仪表是自动化仪表中很重要的部分，通过检测仪表来了解生产过程中的参数变化状态。因此，检测仪表起着相当于人的耳、目等感觉器官的作用。

在工业生产过程中，要测的参数不仅有温度、压力、流量等热工量，也有电量、成分量和机械量。

机械量是某些几何量和力学量的统称，机械量通常包括位移、尺寸、力、重量、转矩、速度、机械振动等参数，因此，机械量测量仪表是指对这些参数进行测量的仪表。

二、机械量测量仪表的分类和构成

机械量测量仪表的检测原理有机械的、光学的、电气的多种。在生产过程中使用得较多的是采用电测原理的机械量测量仪表，这类仪表都是基于先将机械量转换成电量，然后再进行测量的检测方法。利用电测原理的机械量仪表具有：能够进行连续测量；便于实现信号远传；测量范围宽；对信号进行处理（运算和比较等）比较简单；能给出供自动控制装置及记录器等应用的信号；响应快和对被测状态的影响小等特点。

机械量测量仪表一般是按被测参数进行分类的，例如可以分为位移、厚度、力、转矩、转速、振动等测量仪表。对相同

测量参数的机械量仪表,又可按其测量原理进一步分类,例如位移测量仪可分为电感式位移测量仪、电容式位移测量仪等。

机械量测量仪表虽然品种较多,但其组成部分大致相同。让我们解剖一个机械量仪表来研究一下机械量测量仪表包括哪些组成部分?图1-1是电感式位移测量仪的方框图。它由差动变压器、交流放大电路、相敏整流电路、振荡电路、稳压电路和指示器等部分构成。

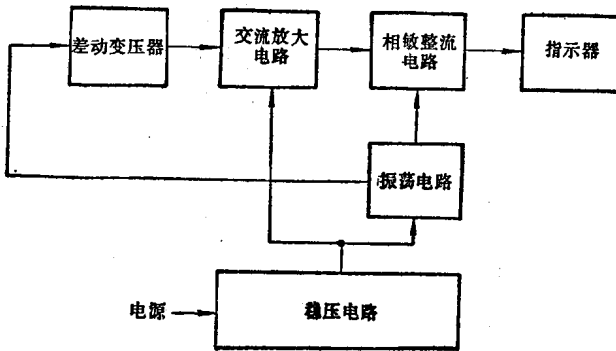


图1-1 电感式位移测量仪方框图

由振荡电路对差动变压器的输入端供给一稳频、稳幅的激磁电压,差动变压器把被测的机械位移变换为成比例的电压信号输出,此电压信号较小,还不能直接使指示器动作,因此,此电压信号还需要进行放大和整流后加到指示器上,指示器指示被测位移的大小。

从电感式位移测量仪可以看出,机械量仪表一般由下列几部分构成:

1) 把机械量转换为电量的装置。这种装置(元件)称为测量传感器,简称为传感器。图1-1中的差动变压器就是一

种位移传感器。

2) 测量电路。如果有些传感器的输出信号的性质、大小等不适于直接使指示器动作, 需要由测量电路把传感器的输出信号变换为其他电量或进行放大、运算等处理。常用的测量电路有电桥电路、放大、滤波、整流电路、积分、微分电路等。

3) 指示器。指示被测参数的大小, 指示器一般有电表、数码管、灯光等。

4) 辅助电源。包括电源稳压电路、供给传感器的电源电路(如图 1-1 中的振荡电路)等。

各部分的相互间的关系如图 1-2 所示。图中虚线表示不是每个传感器都需要辅助电源。

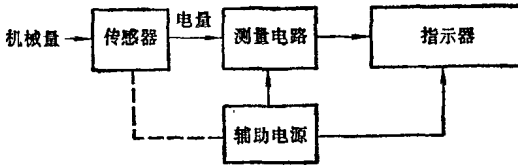


图 1-2 机械量测量仪表的构成

在机械量测量仪表中, 传感器作为机-电转换元件, 其性能对仪表有很大的影响, 因此, 对机械量测量仪表的研究, 重点是对传感器的研究。

三、机械量测量仪表发展概况

机械量测量仪表的发展相对于热工量、电量等测量仪表来说发展较晚, 这是由于在工业自动化仪表发展过程中, 早期的内容偏重于热工量的检测与控制, 而对机械量的测量, 过去主要是静态测量, 基本上没有考虑加工过程中的测量。

随着工业生产自动化的发展，有很多场合提出了对机械量进行自动测量与控制的要求，旧有的测试方法和仪器已经不能满足生产的要求。例如在轧钢工业中，原来轧机的轧制速度较低，轧机出口板厚是由人工用分厘卡测量的，但随着轧钢生产自动化水平的提高，轧制速度已提高到20~30米/秒，以往的厚度测量方法已经不能适应生产的需要，这样就促使了能够在线非接触连续测量的涡流式测厚仪、核辐射式测厚仪的发展。又如随着数控机床的出现，对精密测量技术提出了新的要求，数控机床必须对刀具相对工件的位移进行严格控制，为此就必须对此位移进行精确和快速的测量，于是光栅、感应同步器、磁尺等位移测量装置相继出现，为数控机床的发展提供了条件。

但是，从我国的自动化仪表工业来看，生产的机械量仪表在品种和数量上还远不能满足国民经济发展的需要，这是与我国的历史情况分不开的。解放前，我国整个工业水平是非常落后的，仪表工业更是一个空白。解放后，仪器仪表工业发展较快，逐步建立了机械量仪表的生产厂和研究单位，积极开展机械量仪表的研究工作，试制和生产了许多品种的机械量仪表。尤其是很多使用部门的工人和技术人员，在生产实践中创制了许多新型的、实用的机械量仪表，为机械量仪表的发展打下了坚实的基础。由于机械量仪表发展较晚，还处在初期阶段，因此在品种、数量和质量方面还不能适应我国社会主义建设发展的需要。为进一步发展机械量仪表，目前正在开展以下几方面工作。

- 1) 为了适应在生产过程中进行长期的连续测量，对现有仪表的可靠性和精度要加以提高，对有些仪表的测量范围要加以扩展。

2) 采用新元件和新材料。例如,对光电、热电、压电、磁电等半导体变换元件的采用,其特点是灵敏度高、体积小。另外,如利用集成电路技术来制造变换元件,使变换元件和测量电路一体化,以提高仪表的可靠性和缩小体积。

3) 发展新的测量原理的传感器。例如,用微波技术测量钢材厚度、用相关技术测量物体运动速度等。

4) 要不断发展仪表的品种,解决对一些过去未曾注意的参数的测量。如在轧钢生产中,由于对钢板质量要求的提高,就需要有能够在线测量钢板的板形、钢板表面质量和钢板硬度及其他机械性能等参数的仪表。

第二章 传感器基本知识

一、传感器及其分类方法

将感受到的某一物理量转换为另一种物理量(一般为电量)输出的装置称为测量传感器,有时简称为传感器。本书中“传感器”一词是指测量传感器。传感器也称为变换器或检测器,在声学里则称为换能器。

传感器中把被测量转换为仪表传输信号的器件称为转换元件或检测元件。

传感器的主要作用是把被测量变换为容易处理的转换量(如电流、电压、阻抗、频率、脉冲数等)。在机械量测量仪表中,广泛采用能把被测机械量变换成电信号输出的传感器,即机电传感器。

传感器从结构上可分为整体结构式传感器和元件式传感器两类。前一类传感器除了有转换元件外还具有另外一些部件,如压力传感器中的弹性敏感元件、振动传感器中的惯性质量系统等,有时把测量电路的一部分也放在传感器内;后一类传感器则是转换元件本身构成的,如电阻应变片、霍尔元件等。

传感器按其是否需要外加能源可分为自源式和他源式两种。自源式传感器是从被测对象中取得能量动作,从而产生电信号,所以信号的能量直接从被测对象中取得,属于转换式的能量,例如压电式传感器、光电池等就属于这一类传感器。他源式传感器必须由外部供给能量才能检测被测对象能量的

变化,这是通过被测量来控制外部能量,传感器输出信号的能量属于控制式的能量,例如电阻式、电容式、电感式、霍尔元件式等传感器。

机械量测量仪表中所应用的传感器是多种多样的,可按被测量或按传感器所利用的物理现象分类。

按被测量不同可分为位移、重量、转速、振动等传感器。按传感器所利用的物理现象可分为电阻式、电容式、电感式、压磁式、光电式、压电式等传感器。

由于机械量参数较多,对一个参数的测量要涉及多种不同作用原理的传感器,而同一原理的传感器又能用于几种机械量参数的测量。为了避免叙述上的重复,本书采用按传感器的作用原理分类的方法,并举例说明该传感器在机械量测量中的应用,以加深对传感器的了解。

表2-1列出了目前已用于机械量测量仪表中的传感器类型。

表2-1 机械量测量仪表所应用的传感器

传感器类型	被 测 量					
	位 移	力	转 矩	厚 度	转 速	振 动
电 阻 式	✓	✓	✓			✓
电 容 式	✓	✓		✓		✓
电 感 式	✓	✓		✓		✓
磁 电 式	✓				✓	✓
压 磁 式		✓	✓			
压 电 式		✓				✓
光 电 式	✓		✓		✓	✓
霍 尔 元 件 式	✓				✓	
振 弦 式	✓	✓	✓			

注:“✓”表示已有应用。