

# 工业自动化仪表手册

机械工业出版社

《工业自动化仪表手册》共分四册，第一分册是基础部分；第二、三分册是产品部分；第四分册是应用部分。全书着重介绍工业自动化仪表的基础理论、常用计算公式、数据资料、设计要领、发展趋势和系统、成套等关键问题。

全书在表达方式上，努力做到深入浅出、简明扼要、直观易懂、归类便查。读者在了解、使用、研制工业自动化仪表时，本手册可起查、提示、启发的作用。

本书为第一分册，是基础部分。其内容包括：常用术语；常用数据和资料；标准和标准化；检测基础；数字信号处理；流体力学、传热学及气动自动学基础；自动控制理论基础；自动控制系统；系统工程的方法；可靠性基础；仪表防护；仪表用材料；仪表常用元件和机构；仪表造型设计基础；仪表结构工艺性；仪表主要加工工艺。

本书可供工业自动化仪表行业的科研、设计、制造方面的工程技术人员参考使用，也可供使用、教育部门的有关人员参考。

## 工业自动化仪表手册

第一册 基础部分

《工业自动化仪表手册》编辑委员会 编

责任编辑：秦起佑

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

河北省涿水县印刷厂印刷

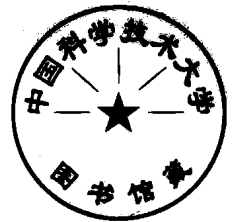
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张 96·插页 5·字数 2921 千字

1988年10月北京第一版·1988年10月河北第一次印刷

印数 00,001—7,500·定价37.40元

ISBN 7-111-00584-8/TP·39



# 《工业自动化仪表手册》

## 编辑说明

(一)为了总结我国工业自动化仪表行业的科学技术成就和吸收国外的成熟经验,发展我国的仪器仪表事业,努力为四个现代化服务,我们在机械工业部仪器仪表工业局和机械工业部科学技术情报研究所的指导下,组织编写了这部《工业自动化仪表手册》。

(二)这是一部专业手册。主要供工业自动化仪表行业的科研、设计、制造方面的工程技术人员查阅,也可供工业自动化仪表的使用、教育、管理和其他有关部门的人员参考。

(三)《工业自动化仪表手册》共有五十四篇,分四个分册出版。第一分册是基础部分;第二、三分册是产品部分;第四分册是应用部分。由于我们缺乏编辑出版专业手册的经验,漏误之处,热忱希望广大读者提出批评和建议。

在手册的编写过程中,许多单位和科技人员对本手册的有关工作给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

(四)参加本手册编辑委员会、总编辑、副总编辑工作的单位是:

机械工业部仪器仪表工业局、机械工业部科学技术情报研究所、北京市电子仪表工业局、上海市仪器仪表工业公司、机械工业部上海工业自动化仪表研究所、机械工业部重庆工业自动化仪表研究所、北京自动化技术研究所、西安工业自动化仪表研究所、天津市工业自动化仪表研究所、北京分析仪器研究所、冶金工业部自动化研究所、上海工业大学、北京工业大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、天津大学、清华大学、华东化工学院、北京化工学院、上海机械学院、西安仪表厂、上海自动化仪表一厂、云南仪表厂、广东仪表厂。

(五)各分册编辑工作负责单位是:

第一分册:北京自动化技术研究所、天津市工业自动化仪表研究所

第二、四分册:机械工业部上海工业自动化仪表研究所

第三分册:机械工业部重庆工业自动化仪表研究所、西安工业自动

化仪表研究所

(六) 编辑委员会成员

主任委员：苏天

副主任委员：王良楣、张成效、马少梅、庄德润、杨振业、罗灼明、赵景春、潘甦民

委员：王桂雨、王典训、王世杰、王银焕、关士雄、李光泉、张德琛、夏焕彬、秦永烈、谢新民、路致林

(七) 总编辑、副总编辑、编辑

总编辑：王良楣

副总编辑：

汪时雍、罗命钧、秦起佑（负责全手册技术协调）

何国森、朱良漪、王骥程、刘豹（负责第一分册）

谭祖根、吴钦炜（负责第二分册）

马少梅、严志良（负责第三分册）

蒋慰荪、申济湘（负责第四分册）

编辑：

第一分册编辑：虞承中、张嘉祥、王宗楷、沙建庚、张铁忠、侯承福

第二、四分册编辑：黄关祥、张永江、史德纪、阮伯如

第三分册编辑：李连雨、项义炳、田彝芳、石金波、刘铁椎、江志道、严立坤、陈惠生、崔敬悌

# 总 论

**主编单位**

上海工业自动化仪表研究所

**编写人**

吴钦炜

**特约编辑**

王良楣

所谓工业自动化仪表,是指在工业生产过程中进行检测、显示、控制、执行等作用的仪表的总称。过去曾称它为“热工仪表”,现在称它为“工业自动化仪表”,国外习惯把它称为“工业仪表”。按照国际电工委员会(IEC)的命名,确切地说,应该称它为“过程检测控制仪表”。工业自动化仪表本身是一类工业产品,它的用途主要是实现生产过程自动化。随着自动化技术的不断发展,从广义上讲,仪表也包括有关装置。

“工欲善其事,必先利其器”。仪表是人们从事生产劳动时使用的技术工具。工业自动化仪表不仅能提高生产劳动效率,而且还促使着生产技术发生变革。我国是世界上最早研制并应用自动装置的国家,早在公元前2697年,中国劳动人民发明的“指南车”就是一种指示方向的自动装置。在手工劳动时代,人们只使用一些简单的工具,到机械化时代,人们用机械代替体力劳动,就开始有了工业仪表。当时发明的锅炉水位调节器和蒸汽机离心式调速器对第一次工业革命起到了促进和推动作用。随后,人们为了减轻体力劳动,逐步研制出各种功能的仪表作为“耳目”和“手足”,帮助人们观察和操纵生产设备,使生产过程实现自动化,从此进入自动化时代。随着电子技术和计算机技术的迅速发展,人们又研制出能够模仿“头脑”,并具有记忆和分析判断能力的“智能”仪表。这样不仅延伸和扩展了人的耳目和手足的功能,还减轻或代替了人的部分脑力劳动,从而进入到智能化时代。可以预言,自动化仪表对生产技术的变革将带来极为深刻的影响。

## 1 工业自动化仪表的分类

任何生产过程基本上都是由“物质流程”和“信息流程”组织起来的。信息流程是人们管理物质流程所必需的。这是因为在生产中为了进行有目的的操作,人们必需对生产过程中的各种信息,先进行测量、分析、判断,然后再由生产者下令到操作机构进行控制。实现自动化的途径就是把人们对生产过程的测量控制作用移交给自动化仪表去完成。所以,工业自动化仪表实质上是一种信息机器,它和动力机器不同,其主要功能是信息形式的转换,而动力机器的主要功能是能量形式的转换。

信息不同于信号。任何事物都有它自己的特征,这就是信息。信号则是在变换传输处理过程中用来体现事物状态(即信息)的物质形式,或者说信号是信息的载体。从信息的角度来看,根据生产过程中信息流程的基本形式,可将工业自动化仪表划分为以下几类:

(1) 检测仪表——信息获得的工具。即传感器、变送器;

(2) 转换器——信息转换的工具。即放大器、转换器,如电/气、气/电、电/液、模拟/数字、数字/模拟、电压/电流、光/电等转换器;

(3) 显示仪表——信息显示的工具。即指示仪、记录仪、积算仪、报警器、信号器、屏幕显示器等;

(4) 控制仪表——信息处理的工具。即控制器、调节器、计算器、信号选择器、顺序控制器、批量控制器、工业控制计算机,以及遥测通讯遥控装置、多路信号输入输出装置、数据通信装置等;

(5) 执行器——信息执行的工具。即电动执行机构、气动执行机构、调节阀、电磁阀、液动阀等;

概括起来,工业自动化仪表包括各种过程参数的检测仪表、显示仪表、控制仪表和执行器,其组成体系如图1所示。

### 1.1 检测仪表

检测仪表是利用物理学(声、光、电、磁、热、辐射等)和化学的各种效应来实现各种信息参数的测量的。工业生产过程需要检测的变量很多,大致有热工量、电工量、机械量、物性与成分量、状态量五类(见表1)。这里面有许多是非电变量,它们是从基本量派生出来的。主要的基本量有:位移、力、速度、时间、温度等,例如长度、宽度、厚度、位置、应变、振幅等都是从位移基本量派生出来的。物性与成分量是需要检测的重要变量,因为生产自动化的目的往往要求在规定的工艺条件下保持被控物质的物性与成分为规定值。

检测仪表是自动化系统中的感觉器官,没有它们正确地获取各种生产信息,要建立一个自动化系统是不可能的。

### 1.2 显示仪表

显示仪表在生产过程自动控制系统中承担着人

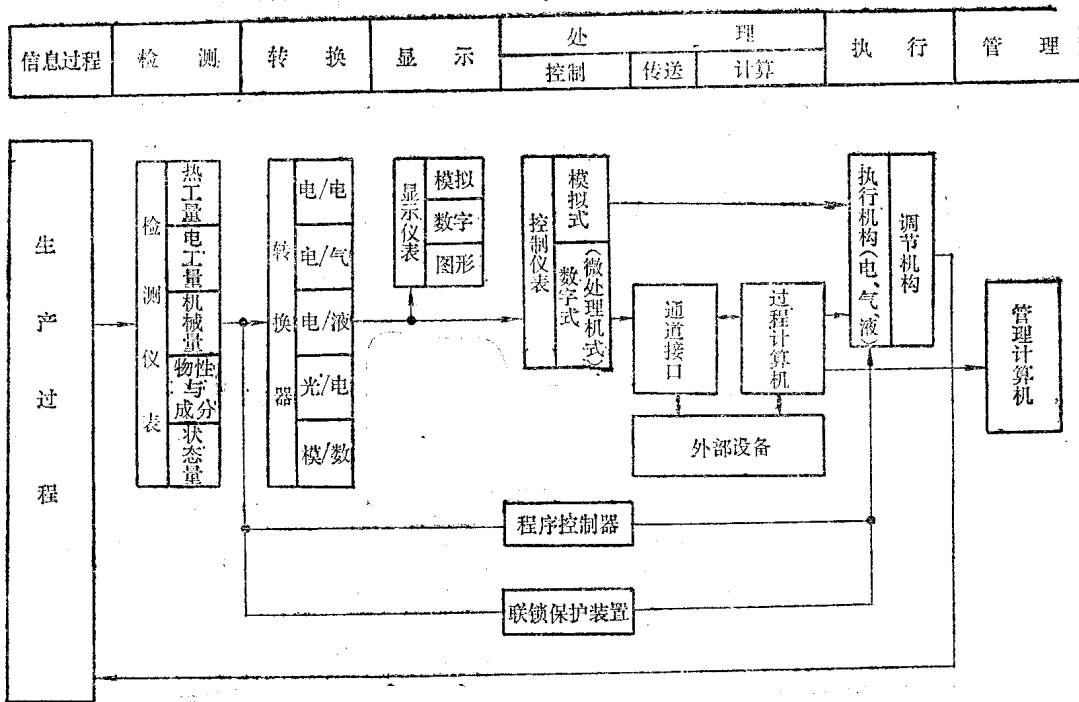


图1 自动化仪表组成体系

表1 工业生产过程检测变量分类

热工量	温度、热量、热流、压力、真空度、压差、流速、流量、质量流量、物位、液位、界面等
电工程量	电压、电流、电功率、电阻抗、频率、磁场、射线量( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ )、辐射率等
机械量	位移、角位移、速度、转速、加速度、力、应力、力矩、重量、振动、振幅、长度、宽度、厚度、椭圆度、光洁度、硬度等
物性与成分量	气体成分、液体成分、固体成分、浓度、粘度、粒度、浊度、白度、湿度、露点、水分、密度、比重、酸碱度、分子量、纯度、转化率等
状态量	机械运转状态：启停、震动、位移、声音 设备异常状态：过热、泄漏、变形、裂纹、磨损、管道堵塞、过负载等 产品在线检查：表面质量、疵品、形状等 仪表装置状态：绝缘、断线、电源等

机联系的任务,在对各种变量的检测、控制及操纵过程中都需要通过显示仪表将各种数据、图形、趋势、动态以及为操作人员所关心的工作情况如局部流程图等显示出来,以便进行必要的操作或处理,所以,显示仪表既是对以前操作结果的检验,又是以后进行再操作的依据。

显示仪表可以分为模拟式显示仪表、数字式显示仪表和字符图形显示仪表三大类。按显示方式可分为指示仪、记录仪、信号报警器、字符图形显示器等。目前在工业生产过程中,从结构简单的动圈指示仪表、自动平衡式记录仪、数字直读式仪表到字符图形显示器都被广泛采用着,而且均在原有的基型产品基础上不断改进和发展,构成较完整的显示仪表系列。其附加装置和变型品种比较多,可以适应不同的要求和使用寿命。

模拟式显示仪表、数字式显示仪表和字符图形显示器各有特点,在选用时应该根据所需测量精确度、可靠性、可护性、维修性以及使用条件和价格等加以综合考虑。

### 1.3 控制仪表

自动控制仪表是把来自检测仪表的信号值与所要求的值进行比较或综合,按照预定的调节规律,发出控制信号去操纵执行器的动作,使生产过程中的某个被控变量,如温度、流量、压力、成分等符合生产工艺规定的预期值。若控制系统为闭环时,常称为调节系统。控制仪表的作用方式很多,一般有连续控制、位式控制、比例控制、积分控制、复合控制、程序控制、联锁保护控制、批量控制等。如果按作用原理来分,则有模拟控制仪表和数字控制仪表两大类。就工业应用来说,模拟控制仪表占着多数。

自动控制仪表按照所用的能源来分有气动式、电动式和液动式三类,工业生产中最多的是气动和电动两类。如果按照仪表结构和功能特征来分,有自力式调节器、基地式调节器、简易控制仪表、单元组合式控制仪表、功能板插件组装式控制装置,以及程序控制装置、异常监视报警装置、安全联锁保护装置等。工业控制计算机也是一种控制装置,它在生产过程中不仅实现离线的数据处理,还能实现在线的直接数字控制和综合监督控制。

自七十年代以来,微处理机和微型计算机在仪

表中逐步推广应用,现代控制理论进入了实用阶段,从而出现了具有计算、存贮等功能的单回路调节器和多回路调节器,以及由微型计算机为基础的分散型综合控制装置等较为齐全的数字控制系统,并促使数字控制仪表向着微型化、标准化、智能化方向过渡。

### 1.4 执行器

执行器是安装在生产现场直接改变操纵变量的仪表,有时亦称终端主控元件。其工作条件比较恶劣,尤其是当被控介质具有高温、高压、强腐蚀、高粘度、易燃、易爆、极毒和易结晶等不同特点时,执行器能否保持正常工作将直接影响自动控制系统的安全性和可靠性。

执行器一般是由执行机构和调节机构两部分组成。执行机构接受控制信号,并将信号转换成位移,以驱动调节机构,它按照工作原理可分为气动执行机构、液动执行机构和电动执行机构三大类。调节机构可直接改变操纵变量,它们都设计成为各种通用型式,品种较多,应该根据控制功能要求进行选择配用。数字式执行机构是新设计的产品,配用于计算机控制系统中,其今后将会有较快发展。

## 2 工业自动化仪表在工业生产上的应用

工业生产过程可分为断续生产和连续生产两大类。从整个系统来说,生产过程的连续化和综合化乃是现代化生产技术发展的共同趋势,这就对自动化技术和工业自动化仪表不断提出新的任务和要求。下面对五种不同控制对象的典型工业生产中工业自动化仪表的应用特点作概要说明。

第一类:单件产品的生产——这主要有机械、电器、电子、仪表、轻工、食品等工业生产。这类生产的自动化是循环动作或流水作业的,要求对加工过程的各个阶段自动检查工件的位置、尺寸、形状、姿态、性能等,要求对加工过程及零部件装配、运送、包装、贮存等作业能够按照程序进行操作,同时还要解决不同加工机械间的传动控制问题。

第二类:液态和气态产品的生产——这主要有化学、炼油、石油化工、热力发电、食品、轻工等工业生产。这类生产的工艺条件常常具有高温、高压、深冷、腐蚀、真空等特点,要求能在特殊工艺



条件下对主要操作参数进行自动检测和控制在反应物质进行在线的成分分析,并实现多回路复杂调节、最优控制、集中监督控制和生产设备的安全监视。

第三类:固态和纤维状产品的生产——这主要有冶炼、轧钢、纺织、造纸、玻璃、橡胶等工业生产。这类生产基本上是自动连续进行的。为了使各个生产装置保持规定的工况条件,要求能连续自动检查和控制各个工况参数及产品规格性能,要求各个生产装置能协调地实现程序控制和安全连锁保护。

第四类:粉粒料产品的生产——这主要有水泥、建筑材料、煤炭、选矿、制药、食品、饲料等工业生产。这类生产的自动化要求设计出各种特殊测量仪表,如粉粒流量、贮仓料位、高精度称量、

各种物性测量、气液固混相介质流量、不同物料的混和配比调节、定量包装及计算控制装置。

第五类:物料输送和调度管理——这主要有油田和气田的开采,石油和天然气的管线长距离输送,港口和物流枢纽的精密称重计量管理,冷藏库、散装料仓库和油库的自动发货计量管理、城市上下水道和煤气的集中调度管理等。这类生产过程要求提供遥测、通讯、遥调、遥控装置,要求设计各种精密的连续计量仪表和数字式定量控制装置,要求各种高性能的特种调节控制阀,还要求采用电子计算机进行系统管理控制。

### 3 发展中的工业自动化仪表应用领域

其应用领域如图2所示。

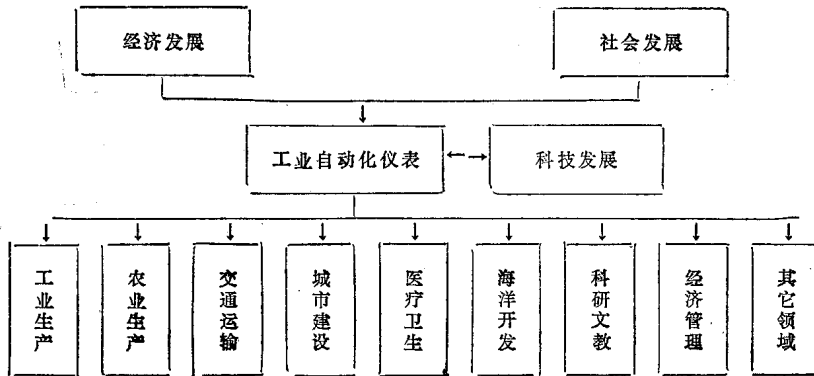


图2 发展中的工业自动化仪表应用领域

## 4 工业自动化仪表科学技术发展的动向

### 4.1 半导体技术的发展促进了仪表的更新换代

从六十年代集成电路问世以来,由小规模电路发展为中规模电路、大规模电路以至超大规模电路,经历了四代变化。半导体技术的发展是惊人的,它对工业自动化仪表科学技术发展有很大促进,因为过去集成电路技术给仪表提供的只是单独的电路器件,而现在则能提供具有转换、运算、接口等专用功能的独立部件,它打破了元器件与仪表整机的界限,将有力地促进仪表的更新换代。其明显的特点是:半导体技术实现了仪表器件的集成化和微型化,提高了仪表的可靠性和使用寿命,降低了仪表的生产成本和操作维修费用,增加了仪表新产品种

类和设计弹性。电路器件是仪表的重要基础,随着仪表所用各种功能电路的研制及电路设计与仪表设计之间的密切配合,许多新型仪表将会设计出来。

### 4.2 物性型固态传感器开创了检测仪表的新途径

物性型固态传感器是在半导体技术基础上,进一步实现“材料、器件、电路、仪表”一体化的新型检测仪表。它按照物理化学转换形式来分,已有热敏、光敏、压敏、力敏、气敏、湿敏、磁敏、辐射转换、电光转换等。近来随着半导体材料微观机理的研究,从体内理论已发展到对其表面物理的研究,从电学特性的研究已扩展到对其物理特性、化学特性和生物学特性等方面的研究,这样必将有力地促进新原理的物性型固态传感器的开发。另外,它配用集成电路后使传感器具有复合功能,对缩小

传感器体积和增强信号处理能力是特别引人注目的。可以预料,物性型固态传感器的发展必将给检测仪表带来新的变革。

#### 4.3 模拟数字混合测量技术带动测量仪表转向

由于电子技术和数字化技术的迅速发展,人们一直习惯采用的模拟测量法正转向模拟数字混合测量法和模型图象测量法方向发展。因为生产过程的高度自动化要求实现由点到线、由线到面的测量,也就是说不能满足于单点、单参数测量,而需要进行多点、多参数测量;不能满足于静态测量,还应有动态测量;不能满足于生产中某些物理化学工况条件的参数连续测量,最好能够显示出具体的形状、尺寸和性能状态所描述的对象物理模型。这种把数字仪表的高精度和模拟仪表的连续直观结合起来,把多参数定性定量测量技术和数字信息处理结合起来的测量方法的研究,将成为测量仪表转向的一个标志。

#### 4.4 微处理机的普及应用将导致仪表的技术革命

微处理机是半导体技术发展进入到第四代的产物。目前微处理机和微型计算机的出现已被公认为

具有无限发展潜力的产品,甚至被推崇为第二次工业革命的标志。它的特点是:①价格便宜;②通用性好;③应用面广;④可靠性高;⑤体积小;⑥功耗低;⑦灵活性强;⑧容易设置和普及。因此,它使应用计算机的观念和计算机应用的范围有了改变。现在可以说,新的测量技术几乎没有不考虑采用微处理机的。可以设想,不久的将来各种仪表都会带上微处理机而具有不同程度的智能!我们应该十分注意微处理机技术的发展和对比表的影响。

#### 4.5 光电子技术的应用将推动检测控制技术新发展

近年来光电子技术得到了迅速的发展。这种光学技术和光电技术的结合,已不仅用于信息的接收和显示,还可用于信息的检测转换和远距离传送。各种光电混合式传感器的研制越来越受到人们的重视,这种传感器内部设有模拟/数字转换和频率转换,可将输出信号变换成光数字信号进行传输。因此,新型电子光学转换器的半导体激光器件、集成光路器件配以光导纤维传输技术和信息处理技术,正在开拓着一种新型应用光电技术的图象测量系统和控制系统的结构。显然,光电子技术的发展和应.用将推动检测技术和控制技术的新发展。

# 目 录

## 总 论

## 第 1 篇 工业自动化仪表常用术语

### 第 1 章 概 论

#### 第 2 章 工业自动化仪表常用术语条目

1 仪表名称 .....	1-3
2 量、值、信号 .....	1-4
3 性能 .....	1-4
4 控制、系统 .....	1-5
5 元件、部件 .....	1-6

6 工作条件 .....	1-6
--------------	-----

### 第 3 章 工业自动化仪表常用术语

1 仪表名称 .....	1-6
2 量、值、信号 .....	1-8
3 性能 .....	1-11
4 控制、系统 .....	1-17
5 部件 .....	1-20
6 工作条件 .....	1-21

## 第 2 篇 常用数据和资料

### 第 1 章 物理量的符号、单位和单位换算

1 物理量符号 .....	2-3
2 国际单位制和我国计量制 .....	2-6
2.1 国际制基本单位和辅助单位(同我 国计量制) .....	2-6
2.2 国际制导出单位(同我国计量 制) .....	2-6
2.3 国际制词冠 .....	2-9
2.4 与国际制并用的单位 .....	2-9
2.5 暂时与国际制并用的单位和市制 单位 .....	2-10
2.6 具有专门名称的厘米·克·秒(CGS) 制单位 .....	2-11
2.7 建议一般不使用的其他单位 .....	2-11
2.8 国际单位制使用方法摘要 .....	2-11
3 物理量单位 .....	2-12
3.1 力学单位 .....	2-12
3.2 热学单位 .....	2-14
3.3 电学和磁学单位 .....	2-15
3.4 声学单位 .....	2-16

3.5 光学和辐射单位 .....	2-17
3.6 放射性单位 .....	2-19
3.7 物理化学单位 .....	2-19
3.8 物理量常数 .....	2-20
4 单位换算 .....	2-21
4.1 长度、面积和体积单位换算 .....	2-21
4.2 质量单位换算 .....	2-22
4.3 市制单位换算 .....	2-22
4.4 密度单位换算 .....	2-23
4.5 力单位换算 .....	2-24
4.6 力矩或转矩单位换算 .....	2-24
4.7 压力或应力单位换算 .....	2-24
4.8 功、能和热量单位换算 .....	2-25
4.9 功率单位换算 .....	2-26
4.10 电磁单位换算 .....	2-27
4.11 流量单位换算 .....	2-27
4.12 粘度单位换算 .....	2-28
4.13 热学单位换算 .....	2-28
4.14 光学单位换算 .....	2-30

# VI 目 录

## 第2章 热学常用数据和资料

1 一些物质的热性质	2-30
1.1 元素的物理性能	2-30
1.2 常用物料的密度	2-34
1.3 节流件和管道常用材质的线膨胀系数	2-35
2 一些液体的热性质	2-36
2.1 化工测量中常见液体的热性质	2-36
2.2 几种油的热性质	2-37
2.3 常用隔离液的热性质	2-38
3 一些气体的热性质	2-38
3.1 常见气体的热性质	2-38
3.2 气体的导热系数、相对导热系数及其温度系数	2-40
3.3 常见气体在不同温度下的粘度和重度	2-40
3.4 空气在不同温度和不同压力下的热性质	2-41
3.5 空气的相对湿度和露点	2-43
3.6 大气压力、温度与海拔高度的关系	2-43
4 水和水蒸汽的热性质	2-44
4.1 在不同大气压下水的沸点	2-44
4.2 饱和水、干饱和水蒸汽和过热水蒸汽的热性质	2-44
4.3 饱和气体的水分含量	2-47
4.4 水和水蒸汽的动力粘度和密度	2-48

## 第3章 电磁学常用数据和资料

1 典型电路及其计算公式	2-56
1.1 R、L、C串联和并联电路计算	2-56
1.2 星形联接与三角形联接阻抗等值互换	2-56
1.3 双T电路计算	2-56
1.4 自控系统校正网络计算	2-56
1.5 常用调节器的计算公式和特性	2-56
1.6 电桥及其计算	2-56
1.7 晶体管、场效应管、真空三极管、	

## 差分放大器等效电路及其计

算 ..... 2-56

1.8 负反馈放大器的四种基本类型及其计算	2-56
1.9 几种RC振荡电路及其计算	2-56
1.10 改进型电容三点式振荡电路及其计算	2-56
1.11 石英晶体振荡电路及其计算	2-56
1.12 多谐振荡器、单结管弛张振荡器和自激间歇振荡器及其计算	2-56
1.13 一些有源滤波器的计算	2-85
1.14 几种相移电路的计算	2-90
1.15 几种整流电路的性能	2-92

## 2 物质的电、磁及其他性能

2.1 材料的电阻率	2-93
2.2 液体的电导率及其温度系数	2-93
2.3 材料的介电常数和绝缘材料的介质损耗值	2-94
2.4 物质的热电子发射常数和二次电子常数	2-95
2.5 物质的功函数	2-96
2.6 物质的电离电压、激励电压和超电导跃迁温度	2-96
2.7 光的临界波长	2-97
2.8 氧浓差电池的氧浓差电势与氧浓度的关系	2-97
2.9 气体的体积磁化率	2-98
2.10 软磁材料和硬磁材料的性能	2-98
2.11 热轧和冷轧硅钢片的电磁性能	2-99
2.12 电磁波谱和不同波长产生的颜色	2-100
2.13 媒质中的光速和折射率	2-100
2.14 介质中的声速	2-101
2.15 某些物质的辐射吸收系数	2-102

## 附录 ..... 2-102

附录2-1 我国主要地区气象表 ..... 2-102

附录2-2 部分国家和国际组织标准代号表 ..... 2-103

参考文献 ..... 2-104

## 第 3 篇 标准与标准化

## 第 1 章 概 论

1 我国工业自动化仪表标准化简况 .....	3-3
2 工业自动化仪表标准的分级 .....	3-3
2.1 国家标准 .....	3-3
2.2 部标准(专业标准) .....	3-4
2.3 企业标准 .....	3-4
3 工业自动化仪表标准的分类 .....	3-4
3.1 完整的标准 .....	3-4
3.2 技术条件 .....	3-4
3.3 单项标准 .....	3-4
3.4 指导性技术文件 .....	3-4
4 国际标准化机构和国际标准 .....	3-4
4.1 国际标准化组织(ISO) .....	3-5
4.2 国际电工委员会(IEC) .....	3-6
4.3 国际标准与我国工业自动化仪表 标准的关系 .....	3-8

## 第 2 章 基础性和通用性标准

1 概述 .....	3-9
2 术语 .....	3-9
3 符号 .....	3-10
4 工作条件 .....	3-10
4.1 概述 .....	3-10
4.2 大气条件 .....	3-13
4.3 动力 .....	3-14
4.4 机械影响 .....	3-14
4.5 电磁干扰和电源畸变 .....	3-15
4.6 其它特殊工作条件 .....	3-16
4.7 运输、贮存和包装 .....	3-16
5 信号 .....	3-16

6 尺寸模数系统和表壳、机箱、机柜、 仪表盘等结构装置 .....	3-17
7 安全 .....	3-18
8 国际单位制(SI) .....	3-19

## 第 3 章 产 品 标 准

1 概述 .....	3-19
1.1 系列型谱 .....	3-19
1.2 参数系列 .....	3-20
1.3 型式、基本参数和尺寸 .....	3-20
1.4 技术条件 .....	3-20
2 通用性能评定方法标准 .....	3-20
3 温度仪表标准 .....	3-22
4 流量仪表标准 .....	3-23
5 执行器标准 .....	3-25

## 第 4 章 标准的制订和修订

1 标准制订和修订计划 .....	3-25
2 计划任务书 .....	3-25
3 标准的调研、试验验证 .....	3-26
4 标准草案的制订、审查和上报 .....	3-26
5 标准的幅面和格式、书写方法和 编号 .....	3-26

## 附录 .....

附录 3-1 我国工业自动化仪表标准目录 .....	3-27
附录 3-2 IEC/TC65 标准和标准草案目 录 .....	3-33
附录 3-3 ISO/TC30 标准和标准草案目 录 .....	3-35

## 第 4 篇 检 测 基 础

## 常用符号表

## 第 1 章 绪 论

1 工业过程检测的基本知识 .....	4-4
1.1 工业过程检测的特点 .....	4-4

1.2 检测仪表的品质 .....	4-4
1.3 检测方法的分类 .....	4-4
1.4 检测仪表的分类 .....	4-4
2 测量误差理论 .....	4-5
2.1 误差的概念 .....	4-5

## 目 录

2.2 误差理论与概率分布	4-5	应	4-62
2.3 误差传递和分配	4-9	1.4 物质的发光及其光谱	4-66
2.4 误差合成	4-11	1.5 光的吸收及吸收光谱	4-68
3 检测系统组成环节的一般特性	4-11	1.6 光的散射	4-68
3.1 检测系统的组成及环节	4-11	2 红外法检测	4-69
3.2 变换特性	4-12	2.1 红外辐射	4-69
3.3 输入、输出特性	4-14	2.2 红外检测系统	4-70
<b>第2章 电磁法检测</b>		2.3 红外法检测在工业中应用	4-70
1 电阻法检测	4-15	3 激光法检测	4-77
1.1 利用导体电阻	4-18	3.1 激光及其特点	4-77
1.2 利用电阻率 $\rho$ 随温度变化的热电阻	4-18	3.2 检测中常用的激光器	4-78
1.3 电阻法检测的特点	4-18	3.3 激光法检测在工业中应用	4-78
1.4 电阻法检测的常用测量电路	4-19	<b>第4章 微波法检测</b>	
2 电容法检测	4-19	1 概述	4-86
2.1 改变极板间相互覆盖面积 $S$	4-19	2 常用微波元件及微波传感器	4-86
2.2 改变介质的介电常数 $\epsilon$	4-19	2.1 常用的微波元件	4-86
2.3 改变极板之间的距离 $d$	4-19	2.2 微波传感器	4-90
2.4 电容法检测的特点	4-19	3 微波法检测在工业中的应用	4-90
2.5 电容法检测的测量电路	4-28	3.1 利用微波的反射特性检测	4-91
3 电感法检测	4-34	3.2 利用微波的透射特性检测	4-93
3.1 电感	4-34	3.3 利用微波的衍射特性检测	4-94
3.2 自感法检测	4-34	3.4 利用谐振频率或品质因数变化的检测	4-94
3.3 互感法检测	4-34	3.5 利用物体的微波辐射特性检测	4-96
3.4 电感法检测的特点	4-37	<b>第5章 超声法检测</b>	
3.5 电感法检测的测量电路	4-41	1 超声物理基础	4-96
4 电势法检测	4-41	1.1 超声波	4-96
4.1 电磁感应效应	4-42	1.2 超声波的传播	4-96
4.2 热电效应	4-52	2 超声波的发射和接收	4-101
4.3 晶体的压电效应	4-54	2.1 概况	4-101
4.4 晶体的热释电效应	4-57	2.2 超声换能器	4-102
4.5 利用电势检测的特点	4-58	2.3 发射和接收电路	4-103
5 利用磁性检测	4-58	3 超声法检测在工业中的应用	4-103
5.1 物质的磁性	4-58	3.1 利用超声波的声速特性检测	4-103
5.2 工业检测中利用的磁效应	4-59	3.2 利用超声波的衰减特性检测	4-110
5.3 测量电路	4-60	3.3 利用声阻抗特性检测	4-111
<b>第3章 光学法检测</b>		3.4 利用声发射检测	4-112
1 光的性质与光谱	4-61	<b>第6章 核辐射法检测</b>	
1.1 概述	4-61	1 放射性同位素和核辐射	4-112
1.2 光的传播和多普勒效应	4-62		
1.3 光的干涉、衍射、偏振和光电效			

1.1	放射性同位素及其衰变规律	4-112
1.2	射线的特性及其比较	4-112
2	射线和物质的作用	4-112
2.1	带电粒子和物质的作用	4-113
2.2	$\gamma$ 射线和物质的作用	4-113
3	常用核辐射探测器	4-116
3.1	电流电离室、正比计数管、G-M计数管	4-117
3.2	晶体计数器、半导体计数器、闪烁计数器	4-119
3.3	中子计数管	4-119
4	工业检测常用的放射性同位素和放射源	4-121
4.1	工业检测常用的放射性同位素	4-121
4.2	放射源的选择	4-121
4.3	放射源的形式	4-122
5	核辐射法在工业检测中的应用	4-122
6	射线防护	4-125
6.1	剂量单位及规定	4-125
6.2	防护办法	4-126

## 第7章 检测中应用的半导体效应

1	半导体的能带、载流子、电导率及p-n结	4-126
1.1	能带	4-126
1.2	半导体中的载流子及其导电类型	4-127
1.3	半导体的电导率	4-127
1.4	p-n结	4-129
2	半导体的磁电效应	4-129
2.1	霍尔效应及霍尔元件	4-129
2.2	磁阻效应及磁敏元件	4-132
3	半导体的压敏效应	4-136
3.1	压阻效应及半导体应变元件	4-136
3.2	压电效应及压(力)敏晶体管	4-137
4	半导体的光电效应	4-138
4.1	光电导效应和光敏电阻	4-138
4.2	光生伏特效应及光电池	4-140
5	半导体的热电效应	4-141
5.1	半导体电阻率的温度特性和热敏电阻	4-141
5.2	温差电效应及温差电偶	4-142
6	半导体的其它特性	4-143

6.1	气敏特性和气敏电阻	4-143
6.2	湿敏特性及湿敏电阻	4-144

## 第8章 电化学分析

1	概述	4-144
2	电导分析法	4-145
2.1	电解质溶液的导电理论	4-145
2.2	溶液电导的测定	4-146
3	电位分析法	4-147
3.1	溶液pH值与原电池电动势的关系	4-147
3.2	测量pH值使用的电极	4-150
3.3	离子选择性电极	4-152
4	电解分析法和库仑分析法	4-153
4.1	电解现象和法拉第电解定律	4-153
4.2	电解分析法	4-154
4.3	库仑分析法	4-155

## 第9章 气相色谱分析

1	概述	4-157
1.1	色谱法的定义及其分类	4-157
1.2	气相色谱法的特点	4-159
1.3	工业气相色谱的基本组成	4-159
2	工业气相色谱仪的基本原理	4-160
2.1	分离原理	4-160
2.2	鉴定器(检测器)	4-165
3	定性和定量分析	4-166
3.1	定性分析	4-166
3.2	定量分析	4-170
3.3	分析数据的自动处理	4-172

## 第10章 质谱分析

1	概述	4-173
2	质谱仪器概述	4-174
2.1	仪器方框图	4-174
2.2	仪器的分类	4-174
2.3	仪器的主要技术指标	4-174
3	质谱仪器的基本原理	4-175
3.1	离子源	4-175
3.2	质量分析器	4-178
3.3	离子检测器	4-181
4	质谱分析法	4-182

# X 目 录

4.1 同位素分析	4-183
4.2 化学分析	4-184

参考文献	4-185
------	-------

## 第5篇 数字信号处理

### 常用符号表

#### 第1章 绪 论

1 数字信号处理与工业自动化仪表	5-4
2 信号与系统	5-4
2.1 信号	5-4
2.2 系统	5-5
3 信号分析、变换和处理	5-6
4 数字信号处理简介	5-8
4.1 数字信号处理系统概况	5-8
4.2 数字信号处理系统输入信号的获得	5-10

#### 第2章 连续时间信号与系统

1 傅立叶级数与傅立叶频谱	5-11
1.1 傅立叶级数	5-11
1.2 傅立叶频谱	5-13
2 傅立叶变换	5-13
2.1 非周期函数的傅立叶变换	5-13
2.2 冲激函数	5-14
2.3 周期函数的傅立叶变换	5-16
3 傅立叶变换对的基本性质	5-16
4 卷积与相关	5-16
5 功率谱密度	5-19
6 拉普拉斯变换	5-21
6.1 定义和基本性质	5-21
6.2 求拉普拉斯逆变换的方法	5-21
7 线性时不变系统特性的时域、频域和复频域表示	5-22
7.1 传输函数和冲激响应	5-22
7.2 转移函数和阶跃响应	5-23
8 沃尔什变换	5-23

#### 第3章 离散时间信号与系统

1 离散时间信号与系统的一般概念	5-25
2 序列的傅立叶变换性质	5-27
3 采样定理	5-28
4 $z$ 变换	5-29

5 系统函数	5-29
6 离散傅立叶变换(DFT)	5-32
7 序列的卷积	5-34
8 时域、频域和 $z$ 域之间的关系	5-34
9 离散希尔伯特变换	5-35
10 二维离散时间信号和系统	5-36

#### 第4章 离散傅立叶变换的计算

1 概述	5-39
2 时析型FFT算法	5-40
2.1 概况	5-40
2.2 流图分析	5-40
2.3 原址运算与逆序	5-41
2.4 时析型FFT算法的FORTRAN子程序	5-42
3 频析型FFT算法	5-43
4 IDFT的运算方法	5-43
5 实序列的运算	5-43
6 快速卷积与快速相关	5-44
7 维诺格拉一傅立叶变换算法(WFTA)	5-45

#### 第5章 数字滤波器

1 概述	5-47
2 网络结构	5-49
3 FIR数字滤波器	5-49
3.1 概况	5-49
3.2 线性相位FIR滤波器的特性	5-49
3.3 FIR滤波器的第1种设计方法:窗函数法	5-49
3.4 FIR滤波器的第2种设计方法:频率采样法	5-56
3.5 FIR滤波器的第3种设计方法:最大误差最小法(等波纹法)	5-56
4 模拟滤波器	5-58
5 IIR数字滤波器	5-61
6 数字滤波器中的有限字长效应	5-66



## 第6章 随机信号的统计分析,

## 检测与估计

1 平稳遍历性随机信号的统计分析	5-67
1.1 概率密度函数(PDF)的统计测量	5-67
1.2 平均值和均方值的统计测量	5-67
1.3 相关函数的统计测量	5-68
1.4 功率谱密度的统计测量	5-68
2 噪声中的信号检测	5-69
2.1 最小均方误差准则与维纳(Wiener)滤波器	5-69
2.2 最大信噪比准则与匹配滤波器	5-70
2.3 噪声中的周期信号检测	5-71
3 噪声中的信号估计	5-71
3.1 估计量的性质	5-72
3.2 最小二乘估计	5-72
3.3 线性最小方差估计	5-72
3.4 极大似然估计	5-73
3.5 极大后验估计和最小方差估计	5-73
4 递推线性最小方差估计——卡尔曼(Kalman)滤波	5-74

附录	5-75
附录5-1 常用傅立叶变换、拉普拉斯变换和 $z$ 变换	5-75
附录5-2 概率论的基本知识	5-78
1 随机现象及其统计规律性	5-78
2 随机事件与概率	5-79
3 复杂事件的概率	5-79
4 随机变量及其分布	5-80
5 多维随机变量	5-82
6 随机变量的数字特征	5-83
7 随机变量的函数及其分布	5-85
8 大数定理和中心极限定理	5-86
附录5-3 随机过程的基本知识	5-87
1 随机过程的概率分布	5-87
2 随机过程的统计函数	5-87
3 随机过程的遍历性[各态历经性或埃尔过得(Ergodic)性]	5-88
4 随机过程的功率谱密度	5-89
5 线性系统对随机输入的响应	5-89
6 平稳随机过程	5-90
7 白噪声与伪随机信号	5-91
参考文献	5-92

## 第6篇 流体力学、传热学及气动自动学基础

## 常用符号表

## 第1章 流体力学基础

1 流体的一般性质	6-3
1.1 理想流体与实际流体	6-3
1.2 流体的重度和比重	6-3
1.3 流体的密度与比容	6-3
1.4 流体的压强与大气压强	6-4
1.5 流体的压缩性与膨胀性	6-5
1.6 流体的粘滞性和粘度系数	6-9
1.7 流体的导电性与导磁性	6-11
2 流体的静力学	6-13
2.1 基本概念	6-13
2.2 静止流体的平衡方程式	6-13
2.3 潜体与浮体的平衡	6-14
2.4 流体的表面张力与毛细管原理	6-15
3 不可压缩流体的流动	6-16
3.1 基本概念	6-16
3.2 稳定流的连续方程(质量方程)	6-18
3.3 稳定流的柏努利方程(能量方程)	6-19
3.4 稳定流的动量方程	6-20
3.5 雷诺准则	6-21
3.6 边界层内的流动	6-22
3.7 管内流体的流动	6-23
3.8 管道阻力计算	6-26
3.9 管径的选择	6-29
3.10 管内流体流动的过渡过程和频率特性	6-30
3.11 涡流理论	6-31
4 气动学的基本概念	6-34