

280
工业自动化仪表丛书

19



工业仪表应用

史美纪 编

机械工业出版社

工业自动化仪表丛书

工业仪表应用

史美纪 编



机械工业出版社

本书系《工业自动化仪表丛书》之一，主要介绍工业自动化仪表的选用，自动控制系统的组成、分类、选择和参数整定，以及工业自动化仪表在加热炉、空气调节、工业窑炉、合成纤维装置、火力发电设备的应用实例。

本书可供各工业部门从事工业自动化仪表应用的工人和工程技术人员阅读，也可供有关院校师生参考。

工 业 仪 表 应 用

史美纪 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出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $6\frac{1}{8}$ · 字数 131 千字

1984 年 9 月北京第一版·1984 年 9 月北京第一次印刷

印数 00,001—15,000 · 定价 0.80 元

*

统一书号: 15033 · 5609

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
第二章 工业仪表和控制系统	4
一、选用工业仪表的方法	4
(一) 温度测量仪表的选用	4
(二) 压力测量仪表的选用	8
(三) 流量测量仪表的选用	10
(四) 物位测量仪表的选用	12
(五) 显示仪表的选用	14
(六) 调节仪表的选用	15
(七) 执行器的选用	18
二、自动控制系统及其选择方法	19
(一) 自动控制系统的组成	19
(二) 自动控制系统的分类	21
(三) 自动控制系统的过渡过程	22
(四) 自动控制系统组成环节的特性	25
(五) 单回路控制系统	32
(六) 复杂控制系统	40
(七) 控制作用及系统的选择	51
三、自动控制系统的参数整定	54
(一) 调节器参数对控制过程的影响	54
(二) 单回路控制系统的参数整定	55
(三) 串级控制系统的参数整定	59
(四) 均匀控制系统的参数整定	61
(五) 比值、多冲量控制系统的参数整定	61
第三章 工业仪表在加热炉中的应用	63

一、加热炉温度的测量方法	63
(一) 盐浴炉温度的测量	64
(二) 感应加热工件温度的测量	64
二、加热炉压力、流量和气体成份的测量方法	65
(一) 压力的测量	65
(二) 流量的测量	66
(三) 气体成份的测量	66
三、电加热炉自动控制系统	67
(一) 电加热炉位式温度控制系统	67
(二) 电加热炉比例积分微分温度控制系统	71
(三) 电加热炉温度程序控制系统	72
四、煤气加热炉自动控制系统	72
(一) 煤气加热炉位式温度控制系统	72
(二) 煤气加热炉比例积分微分温度控制系统	73
(三) 辐射管气体渗碳炉温度与氧量串级控制系统	73
五、天然气台车式加热炉自动控制系统	74
(一) 台车式加热炉温度控制系统	74
(二) 台车式加热炉压力控制系统	75
(三) 台车式加热炉燃烧配比控制系统	75
(四) 多台台车式加热炉巡回控制系统	77
六、燃料油加热炉自动控制系统	78
(一) 燃料油加热炉常规控制系统	78
(二) 燃料油加热炉程序控制系统	79
(三) 燃料油加热炉采用微型计算机的DDC控制系统	79
七、可控气氛热处理炉气体成份控制系统	82
八、管式加热炉自动控制系统	83
(一) 管式加热炉油品出口温度控制系统	84
(二) 管式加热炉进料流量控制系统	86
(三) 管式加热炉空气、燃料比值控制系统	86

第四章 工业仪表在空气调节和局部恒温中的应用	88
一、定露点控制系统	91
(一) 化纤纺丝侧吹风定露点空调系统	92
(二) 化纤预检定露点空调系统	95
二、变露点控制系统	97
(一) 化纤倍捻变露点空调系统	99
(二) 气流纺纱车间变露点空调系统	102
三、精密机床局部恒温控制系统	103
(一) 母丝杆油路恒温控制系统	104
(二) 被加工丝杆淋浴油路恒温控制系统	105
第五章 工业仪表在工业窑炉中的应用	106
一、工业窑炉的自动测量方法	106
(一) 工业窑炉温度测量	106
(二) 工业窑炉压力测量	108
(三) 玻璃熔窑液位测量	108
(四) 水泥立窑料封管料位测量	113
(五) 固体粉粒料流量测量	114
(六) 锡窑玻璃带宽度测量	115
(七) 玻璃厚度的测量	116
二、玻璃熔窑自动控制系统	117
(一) 玻璃熔窑温度控制系统	117
(二) 玻璃熔窑压力控制系统	122
(三) 玻璃熔窑液位控制系统	124
三、隧道窑和辊道窑自动控制系统	125
(一) 隧道窑自动控制系统	128
(二) 辊道窑自动控制系统	131
第六章 工业仪表在合成纤维装置中的应用	135
一、合成纤维装置的自动测量方法	135
(一) 合成纤维装置温度测量	135

(二) 合成纤维装置压力测量	137
(三) 合成纤维装置流量、物位测量	139
二、合成纤维装置的自动控制系统	140
(一) 腈纶聚合反应器温度控制系统	140
(二) 锦纶纺丝机温度控制系统	142
(三) 涤纶牵伸机多点温度控制系统	143
(四) 腈纶浆料控制系统	147
(五) 锦纶后聚合器前馈控制系统	149
(六) 锦纶二氧化钛计量桶液位控制系统	150
(七) 涤纶螺杆挤压机串级控制系统	151
第七章 工业仪表在火力发电设备中的应用	152
一、锅炉自动测量和控制	153
(一) 锅炉自动测量方法	153
(二) 锅炉自动控制系统	157
(三) 锅炉程序控制系统	165
二、汽轮机自动测量和控制	169
(一) 汽轮机自动测量方法	169
(二) 汽轮机自动控制系统	173
(三) 汽轮机程序控制系统	174
三、单元机组的协调控制	177
四、采用控制计算机的系统	181
(一) 采用控制计算机的开环控制系统	181
(二) 采用控制计算机的汽轮发电机组自动起动 控制系统	183
(三) 采用微型计算机的机组分级控制系统	184

第一章 绪 论

有人把自动化比作现代化的孪生姐妹，这是一个很恰当的比喻。因为农业、工业、国防和科学技术现代化离不开自动化，所以自动化已经成为现代化的一个重要标志。

工业自动化仪表（简称工业仪表）是实现自动化的主要技术工具之一，是工农业生产、国防技术和科学实验中进行自动检测、显示、调节和控制的重要手段。这类仪表的应用范围与装备程度，已被认为是体现一个国家科学技术水平的重要标志之一。

工业仪表不仅广泛用于冶金、电力、石油、化学、纺织、轻工、煤炭、机械、建筑材料等各工业部门，而且开始应用于农业（如粮食贮运、喷灌、养鸡自动化等）、商业（冷库自动控制仪表、石油发货计量管理、商业用电子自动秤等），在国民经济中发挥着日益重大的作用。

在现代工业生产过程中，由于生产规模日益扩大，技术日趋复杂，用人工操作已不能适应生产发展的需要，因此必须采用先进的自动化技术工具，实现生产过程自动化。例如：在冶金工业中出现了 4000 立方米的高炉，由于炉子是密闭的，必须借助于工业仪表来掌握炉内各个参数的变化；大型氧气转炉的容量已达 300 吨以上，吹炼时间只有 15 至 20 分钟，要求工业仪表能够迅速反应炉内各参数情况，进行准确地控制；现代连续轧钢机的轧制速度达 25~30 米/秒，这样快的轧制速度用人工是无法进行测量控制的，必须采用电子计算机和工业仪表。在电力工业中出现了 100 万千瓦以上的火力发电机组，需要测量、监视的点数达几千点，用人工也

是无法完成的。在石油化学工业中，出现了年处理1000万吨的炼油厂，需要数万多台工业仪表；年产30万吨合成氨厂需要280个品种，3700台件的工业仪表；年产30万吨乙烯的石油化工厂需要几万台工业仪表，以年产2.5万吨聚酯装置为例，就需要8000多台工业仪表。

据统计，年处理250万吨的炼油厂停产一天，就要损失500万元；年产30万吨合成氨厂停产一天，就要少生产1000吨合成氨，1600吨化肥，相当于少增产6400吨粮食。由上可见，采用先进的工业仪表，实现生产过程自动化，已经成为安全、稳定、连续生产的必要条件。

在许多生产过程中，由于强辐射、剧毒、高温、低温等恶劣环境条件，不允许用人工进行现场操作，这样就必须借助于工业仪表进行测量控制。例如，有的农药厂现场毒性很大，不允许操作人员进入现场，必须采用工业仪表进行隔离操作和自动控制。在原子能发电站，有些场合的核辐射能量很强，采用工业仪表代替人工操作更有必要。

在生产过程中，采用工业仪表实现生产过程自动测量和控制，可以提高产品产量，保证产品质量，降低生产成本，改善劳动条件，确保安全生产。节约劳动力，经济效果很大。

例如，冲量式流量计用于测量粉粒状固体介质的流量。某水泥厂在配煤系统中采用冲量式流量计后，产量提高了14%，CaO的合格率由37.9%提高到54.5%，煤耗量显著下降，据统计全年可节煤1815吨。某化工厂在磷肥生产中采用了冲量式流量计，日产量由230吨提高到300多吨，增产近30%。某溶剂厂采用冲量式流量计测量玉米粉流量，并实现水-玉米粉比值控制，解决了长期以来未能试验成功的浓度自动控制，使浓度合格率由原来的60%提高到80%以上。

大幅度地提高了产品的产量和质量。

密度补偿式气体质量流量计用于测量气体的质量流量。某机械厂使用的氧气过去无法计量,只能以每天用量 6000米^3 估算,氧气每 1米^3 是0.15元,每年需付氧气费32.4万元,采用密度补偿式气体质量流量计后,每天累计用量为 2600米^2 ,每年只需支付14.2万元,每年可节约18.2万元。

WFH-60型红外辐射温度计用于测量热轧钢板的表面温度。某钢铁公司半连轧厂使用红外辐射温度计测量热轧钢板表面温度后,生产效率和产品质量都有所提高,产品合格率提高1.4%至13.7%,每年可增加财富50万元。

TF-400型组装式数字控制装置为反馈二极管矩阵式简易顺序控制装置。某被单厂采用该装置对印花工艺的传送带和网板动作机构实现开关量逻辑控制,实现自动印花工艺,使每个顺序间隔时间调整到最佳值,提高了印花机车速,使被单印花生产线班产量从800条提高到904条,生产效率提高到11.3%,三个月内可回收装置费用。

某钢铁公司冷轧薄板厂采用K-351型电子计算机,实现了一台计算机控制25座罩式退火炉,使产品的合格率提高3.4%,每月节约钢材90吨,电子计算机及改装的投资共50万元,使用5个月可以全部收回。

某味精厂用JSS-100微型计算机系统控制味精发酵生产过程,达到稳产、高产、低消耗,产酸率平均提高10%左右,糖酸转化率提高9%左右,在 50m^3 发酵罐上每月约增收3万元。

从上面的例子可以看出,工业自动化仪表在生产过程中应用的经济效果是非常显著的。随着我国现代化建设的发展,自动化水平的提高,工业自动化仪表必将发挥更大的作用。

第二章 工业仪表和控制系统

在生产过程中，设备和单元机组的正常运行，要求各项工艺参数严格地保持在规定的范围内，以保证产品的质量和生产高效率地进行。正确选用工业仪表和调节系统是实现生产过程自动化的关键。

一、选用工业仪表的方法

选用工业仪表应根据先进、可靠、经济、实用相结合的原则，注意以下几个方面：

1) 测量和控制系统的的设计须满足生产工艺的需要。在确定测量参数和控制系统时，必须对工艺过程有充分的了解，找到影响生产工艺的参数，才能确定那些参数需要自动检测、自动控制 and 上、下限报警，那些设备需要联锁保护，以便正确选定测量和控制系统。

2) 选用仪表须进行深入细致的分析比较，在保证技术先进、安全可靠条件下，选用经济实用的仪表。

3) 在测量和控制系统的的设计中，要尽量选用标准化、系列化、通用化的仪表，便于仪表的安装、使用、维护和修理。

4) 考虑现场环境条件对仪表的影响，如是否有易燃、易爆气氛，是否有震动、尘埃，以及环境温度、相对湿度等。

5) 监视、控制、安全系统和安装方式的选择见图2-1。

(一) 温度测量仪表的选用

温度测量仪表的选择见图 2-2。

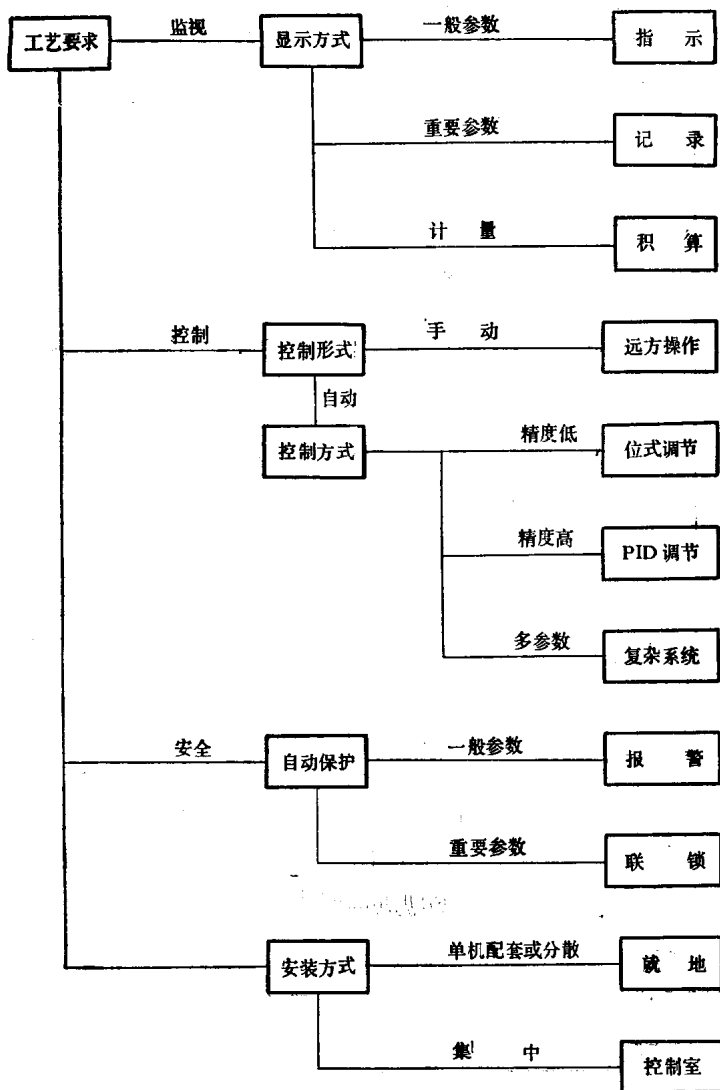


图2-1 监视、控制、安全系统和安装方式的选择

场合，还可作温度报警和位式控制。双金属温度计具有体积小，使用方便，刻度清晰，机械强度高等优点，但测量误差较大，用于指示清晰、有震动的场合，也可作报警和位式控制。压力式温度计有充气式、充液体和充蒸汽式三种，可以实现温度指示、记录、调节、远传和报警，刻度清晰，但毛细管的机械强度较差，充填系统损坏之后不易修复，测量误差较大，测量距离较短，约二十米，用于就地集中测量或要求记录的场合。热敏电阻温度计具有体积小、灵敏度高、惯性小、结实耐用等优点，但热敏电阻的特性差异很大，感温元件和仪表不能互换，用于间断测量固体表面温度的场合。

远传接触式温度测量仪表有热电阻和热电偶两大类，应根据工艺条件和测温范围正确选择热电阻、热电偶的适当类型、惰性时间、工作压力、结构形式、连接方式、补偿导线、保护套管和插入深度等。用于特殊测量的场合，可以选用特殊热电偶和特殊热电阻。热电阻和热电偶具有精度高、结构简单、制造容易、使用方便等特点，可以进行远距离的指示、记录、报警和自动控制。

测量微小物体和运动物体的温度或测量因高温、振动、冲击等原因而不能安装测温元件的物体的温度，应采用光学高温计、辐射感温器、部分辐射温度计、光电比色高温计等辐射型温度计。用辐射型温度计测温时，必须考虑现场环境条件，如受水蒸汽、烟雾、一氧化碳、二氧化碳、臭氧、反射光等影响，应采取相应措施，克服干扰。光学高温计具有测温范围广、结构简单、成本低廉、使用携带方便等优点，但只能目测，不能自动记录或控制温度。辐射感温器具有结构简单、性能稳定、使用方便、成本低廉等优点，与显示仪

表配套使用能连续指示、记录和控制温度，但测出的物体温度为辐射温度，它和真实温度相差较大，使用时应进行修正，当与瞄准管配套测量时可测得真实温度。部分辐射温度计具有反应速度快、能自动指示和记录温度等优点，但结构较复杂，仪表与被测物体间不能有烟雾、水汽及明显灰尘。光电比色高温计具有测量精度高、反应速度快、能自动指示和记录等优点，仪表与被测物体间有烟雾、水汽及灰尘时，仪表示值影响较小，但结构复杂，价格较高。

(二) 压力测量仪表的选用

压力测量仪表的选择见图 2-3。

在测稳定压力时，最大量程应为正常值的 1.5 倍；在测变化压力时，最大量程应为测定值的 2 倍。这样可以延长弹性元件的使用寿命。

在工业生产过程中，仪表精度一般选用 1.5 级、2.5 级；在需要精密测量和校验压力表时，则需要选用 0.4 级、0.25 级以上的精密压力表或标准压力表。

在易燃易爆场合，使用电动型压力仪表时，应选用防爆型。介质腐蚀性较强，可选用耐酸压力表、氨用压力表或膜片压力表。介质易结晶或粘性大，可选用膜片压力表。测量脉动压力时，需装减震器或阻尼阀。测量带粉尘气体的压力时需装置除尘器。测量强腐蚀、带固体颗粒、粘稠介质的压力时，还可采用吹气、冲液或充隔离液等措施。

用于现场指示的压力测量仪表：介质的压力、差压或绝对压力小于 1 公斤力/厘米^2 的非危险性场合，可以选用玻璃管压力计、膜盒式微压计； 1 公斤力/厘米^2 以上可选用弹簧管压力表。

用于远距离指示的压力测量仪表，一般选用远传压力表