

生产过程控制仪表常识问答

〔上册〕 检测装置

〔美〕 S. 埃朗喀 A. R. 帕逊斯著 熙甫等译

上海科学技术出版社

生产过程控制仪表常識問答

〔上册〕 檢 測 裝 置

〔美〕 S. 埃朗喀, A. R. 帕遜斯 著
配 甫 等 譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书用問答方式簡要地介紹工业生产过程中所用各种检测仪表和控制裝置的結構、应用和一般特性。全书分上下两册,上册介紹生产过程中应用的各种检测裝置,对温度、流量、压力、真空、物位的測量以及分析仪器等等都作了介紹,并对各种記錄及讀出裝置也有具体的分析。內容簡明扼要,适合一般工程技术人员以及有关管理人员参考。

STANDARD INSTRUMENTATION QUESTIONS AND ANSWERS FOR PRODUCTION-PROCESSES CONTROL

Vol. I: Measuring Systems

S. M. Elonka, A. R. Parsons

McGraw-Hill Book Co., Inc. 1962

生产过程控制仪表常識問答

〔上册〕检测裝置

熙 甫 等 譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

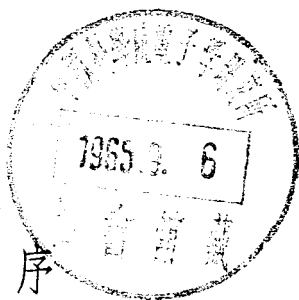
上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1156 1/32 印张 7 12/32 排版字数 195,000

1965 年 5 月第 1 版 1965 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—11,000

統一书号 15119·1807 定价(科六) 1.00 元



譯 者 序

生产过程控制仪表或简称工业仪表是工业生产过程自动化的一种重要工具。广泛地了解 and 掌握各种仪表的结构、工作性能、应用场合及范围以及了解它们在不同工业生产过程中的作用等，不论是对从事有关研究、设计、使用或是生产工作者都是需要的。

原书用问答方式对美国常用的工业仪表作了比较全面的介绍，内容也比较通俗；但原书中也有一些缺点，如：名词术语选用不严，计量单位都用英制及某些章节不尽适合我国情况等，译者都作了个别注释改正和删节，但仪表本身的内容还是尽量照译，使读者可见全豹。

全书计 15 章分上下两册（上册检测装置，下册控制装置），译者工作中不到之处，尚祈读者能随时指正。

譯 者 1965 年 1 月

目 录

譯者序

1. 仪表应用与生产过程特性	1
2. 温度测量装置	10
3. 流量测量装置	47
4. 压力与真空测量装置	84
5. 物位测量装置	112
6. 分析测量装置	125
7. 物理量与电量测量装置	161
8. 讀出和显示装置	194

(1) 磁带录音机的自动开关

磁帶录音机現在已得到非常广泛的应用，他可以正确而迅速地进行完整记录，給予人类活动以極大的方便，但是它也有缺点，就是当开会中暫停發言的时候，膠帶还是不停地作無效的轉动。如果当沒有声音輸入的时候，膠帶能自动停止運轉，这样不但可以节约膠帶而且放音時間也可以节省，在編纂节目时也可以省事。

由于新式的磁帶录音机多具有快停槓杆，而且又是电磁操作，所以当沒有声音的时候，使膠帶停止运轉是完全可能的。不过，如果只是依靠声音的有無来控制槓杆，那么在發言中只要片刻停止，膠帶就会停下来，那就太麻煩了，而且会損害原發言的語气。因此就要設法当發言暫停超过某一定時間，假設是5秒鐘后，膠帶才停下来。这样的間断对講話的气氛也沒有什么損害。只要在控制电路中加入延时电路，上述要求是完全可能作到的。不过，当再起动的时候，如果不是很快，那就不好了。磁帶录音机从起动到正常速度，必須經過一定时延。因此，如果可能，当將要再說話时，槓杆能够动作，那就太理想了，虽然这样是不可能的。下面圖1的电路可以使一开始說話就能馬上动作，在說話停止的时候却有时延。

这个装置是加在录音放大器的第2个电子管的板极上。当有输

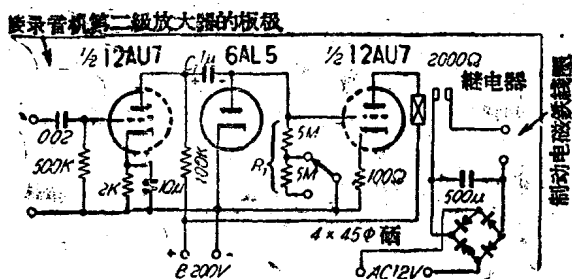


圖 1

过程控制计算机, 对逐日生产运转记录结合市场情况和其他经济数据进行控制, 则生产效率还可进一步提高。

1-4 自动控制系统和仪表装置的基本组成要素及其作用是什么?

两大主要组成部分是: 1. 过程[即对象]^①; 2. 自动控制装置(图 1-1), 它的作用是: (1)测量过程的变量(被调量), (2)显示被调量, (3)比较被调量与给定值以及(4)当有偏差存在时, 操纵另一个过程变量以校正被调量。全套自动控制装置包括测量装置(一次敏感元件、测量信号传输设备、测量元件、显示设备, 通常还起监察作用)和控制装置(调节器、控制信号传输设备、执行元

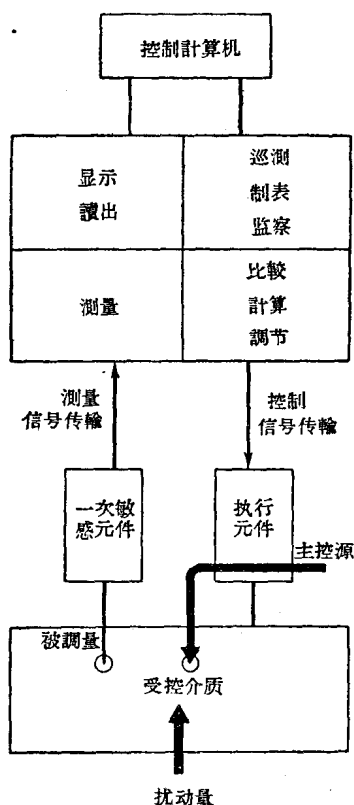


图 1-1 自动控制系统和仪表装置的基本要素

① 为便于讀者閱讀, 譯者对本书的简单注释即插在正文内, 用方括弧表明。——譯注

件)。所謂过程或对象是指被控制的設備内外起作用之和,包括足以影响被調量的全部因素。

1-5 举一个简单的控制系统并给出各組成要素的定义。

图 1-2 表示一个热交换器,控制流经加热回管的蒸汽流量把交换器内产品[物料]加热到所需要的温度。产品称为受控介质,产品的温度就是被調量和被測量。蒸汽称为主控源,蒸汽流量就是操作量,它随产品温度的变化而改变。

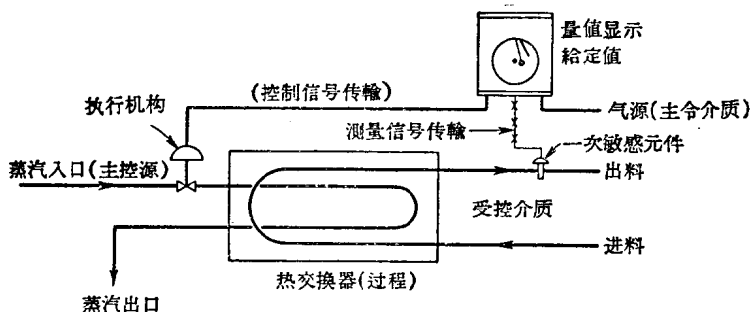


图 1-2 简单的控制系统

1-6 利用图 1-2 说明一个典型自动控制〔调节〕装置及其各組成部分的定义。

测量裝置的組成部分有：(1)一次敏感元件(检测产品温度的温包)，(2)测量信号传输設備(連接温包和测量螺簧管的毛细管)，(3)记录及調节仪表內的测量元件(把被测信号——在本例中即测温系統內的压力变化——轉換为记录笔尖在记录紙上位移用的測压螺簧管)，(4)显示裝置(记录笔、墨水和有温度分度的记录紙)。

調节裝置包括：(1)定值裝置(給定所要的被調量数值)，(2)帶檢差器的調节器(把被調量和給定值进行比较，如有偏差即发出控制信号)，(3)調节介质(把控制信号传至执行元件所用的介质，在本例即为压缩空气)，(4)执行元件(受控制信号操纵以控制操作量，在本例就是控制蒸汽的气动閥)。在图 1-2 中，系用气

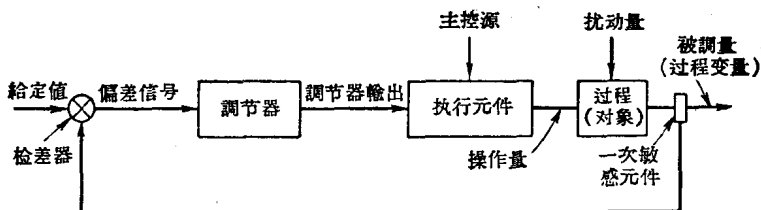


图 1-3 反饋控制回路图

动記錄型溫度調節器进行控制，把定值針在記錄紙上調整到所要的溫度。当溫包感受被測溫度時，其輸出信号即通过毛細管和螺簧管传送，使記錄筆移动。筆尖在圓圖記錄紙上对应着被測溫度画出連續的墨綫。如果由于过程受到扰动或发生負載变化而使筆尖偏离給定的溫度，带有檢差器的調節器就檢出这个偏差，并发出一个与偏差信号成比例的控制信号传送至調節閥。当被測溫度偏高时，閥即关小以减小蒸汽流量；溫度偏低时，閥即开大使流量增大。这个系統也可以用反饋控制回路图来表示(图 1-3)。

1-7 控制对象(过程)的基本特性是什么？

每一个过程都有下列两方面特性，在装設仪表和控制系統时必须加以考虑：(1)負載变化(过程内部情况发生变化时所引起的被調量变化)，(2)过程时滞(发生負載变化时，被調量达到新数值所需要的滞后時間)。在快速反应的过程中，被調量的动态响应也是一项重要的特性。

1-8 試以图 1-2 中的热交换器为例說明过程負載的意义。列举产生負載变化的四种原因。

过程負載就是任意瞬間維持过程平衡状态所需要的主控源总量。在热交换器中，流动的产品[物料]連續用蒸汽(主控源)加热。当物料以一定速率流动时，要使其溫度保持不变，就要有一定量的蒸汽。物料流量增加时，就需要更多的蒸汽；而进料溫度升高时，則需要蒸汽量較少。这就是負載变化。負載一发生变化，就要求执行元件位置改变以保持平衡状态(使被調量保持在給定值不

变)。对仪表控制系统来说,负载变化的幅度和速度很重要。

负载变化起因于: (1)对主控源需要量的增减, (2)环境条件的变化, (3)主控源的质的变化, (4)化学反应产生或吸收热量(放热或吸热过程)。

1-9 列举产生过程时滞的四种原因。

过程的: (1)容量和比容, (2)阻抗, (3)能位, (4)纯时滞。

1-10 说明什么是过程的比容及其对时滞的影响。

容量是指过程拥有能量的能力(以量为测量单位)。虽然我们對容量比较熟悉,但对过程来说,比容这一概念却更加重要。比容可用来度量过程的某一单位参比变量能拥有能量或物量的能力,其测量单位是某一种量除以参比变量。图 1-4 表示两个形状不同、但液体容量相同(128 呎³)的液槽。对液位来说,两个液槽的液体比容就不一样。8 呎高的液槽的液体比容为每呎液位 16 呎³($128 \div 8$);而 4 呎高的液槽的比容则为每呎液位 32 呎³。因此,比容总要涉及有关的能量或物料。液体的热容定义是使液体温度升高一度所需要的热能。

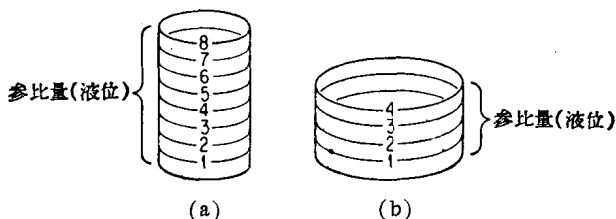


图 1-4 容量和比容的比较说明

图 1-5 表示一个有大热容的过程,有大量液体在蒸汽夹套锅炉中,控制流经夹套的蒸汽量来加热。液体温度用温包测量。液体的质量能阻止由于流量、热量输入和环境温度改变所引起的温度变化。质量起稳定作用使温度控制比较容易。图 1-6 所表示的情况恰恰相反,是一个小热容的高速热交换器。流经这一过程的流量和流经夹套锅炉的相等,但在交换器中瞬时流体总量却小得多。流体量少就没有稳定作用。因为任一瞬间在交换器中的液

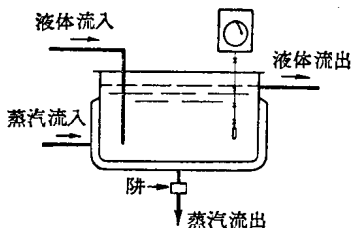


图 1-5 大热容过程

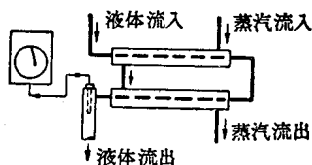


图 1-6 小热容过程

体总量和流量及热交换面积对比起来要小得多,所以,給水流量或供热率的微小变化就足以使温度控制发生很大困难。总之,大比容虽是有利因素(其作用和飞輪相类似),但从主控源发生变化到被調量反应这个变化,却有一段时间滞后。在大比容过程中要使被調量改变到一个新的数值固然并不容易,而在小比容过程中,由于它对抗动高度敏感,要維持被調量恒定也有困难。

1-11 什么是过程的阻抗,它对时滞有什么影响?

过程阻抗阻碍着流动,用产生单位流量变化所需的能位来测量。热阻就是有单位热流量流經过程或容器(以每秒热量单位来表达)时所要求的温度变化。要使在热阻大的过程中的受热材料改变温度比在热阻小的过程中需要更多的主控源。能位表示过程中某一給定点的能量情况。

1-12 什么是純时滞,它对过程时滞的影响如何?

純时滞(亦称传输时滞)是从主控源发生变化直到被調量受到影响的时间間隔。例如,在炼油管式加热炉中,油泵以恒定速度将油压經盘繞炉壁长达几百呎的管路,油料通过加热器需要时间很长。这种純时滞給自动控制系统带来的困难,比其他各种时滞都来得严重。在这个期間,調节器无能为力,因为調节器不可能在检测到偏差以前发出校正作用。

1-13 测量装置的基本特性是什么?

评价测量装置需考虑的两个基本特性是:(1)响应速度或时滞,(2)精度。

1-14 什么是测量响应速度?

測量系統对被測量变化完成响应所需的时间称为測量系統的响应速度。虽然从理想出发这一段時間應該極其短暫，但一次敏感元件、傳輸系統、和測量元件对參量变化的响应都需要一段時間。这种時間通常称为時滯。

1-15 怎样定出一次元件的响应速度？

大多数一次敏感元件，特别是感温元件，是以時滯系数表示其响应速度。時滯系数是一种任定数，表示一个裸露的感温元件受到瞬时(阶跃)温度变化后，元件本身温度到达总温度变化范围的 63.2% 时所需的响应時間。图 1-7 所示为典型感温包 A、B 的响应曲綫。感温元件在流动液体中的响应速度比在流动空气中的快(无护管的比有护管的快)。各种护管对响应時間的影响也不尽相同。护管与感温元件之間的气隙也会减慢响应速度，不过可以使感温元件末端与护管相接触来改善。流经敏感元件的流体速度也影响响应速度：流速愈高，响应愈快。热容对响应時間和对过程時滯有同样的影响。一次敏感元件与測量元件之間的响应速度决定于傳輸時滯。电动傳輸要比测温毛细管或气动傳輸系統快得多。

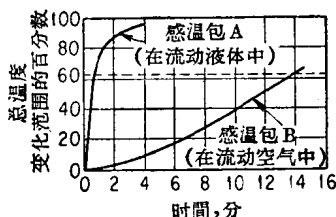


图 1-7 感温包的响应曲綫

1-16 举出影响測量精度的四个因素。

四个因素是：(1)靜誤差，(2)动誤差，(3)复現性，(4)不灵敏区。

1-17 什么是測量的靜誤差？它对精度的影响怎样？

測量的靜誤差就是仪表示值对靜止被測量真值的偏差。靜誤差虽不宜过大，但如控制要求把参数維持在一个恒定值比一个准确的絕對值更重要的話，倒并无妨碍。精度通常用仪表的靜誤差占其量程的百分数来表示。設一个量程为 $800 \sim 1800^{\circ}\text{C}$ 的仪表，其精度为 $\pm 0.25\%$ ，就是說它的标尺任何一点的靜誤差不超过 2.5°C (1800 减 800 之差的 0.25%)。

1-18 什么是测量系统的复现性？

复现性是指对同一量值多次测量结果的吻合程度。在自动控制系统中，复现性比精度更重要，因为它是一种动特性并体现出一致性。

1-19 说明什么是动误差。

图 1-8 表示过程中温度渐变时测温系统所测得的温度与实际温度之间的差别。纵使测温系统没有静误差，其示值也会立即落后于实际温度；起初这一时滞值随时间而增大，最后当实际温度渐趋稳定时，温度差也逐渐变小以至于完全一致。动误差就是实际温度与测得温度之间的差值。时滞是测得值到达测量瞬间实际温度与测得温度之间的差值。

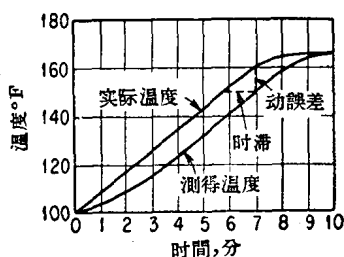


图 1-8 温度渐变时的动误差和时滞

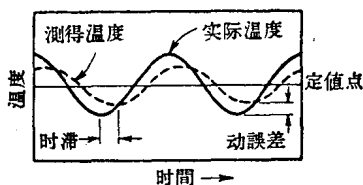


图 1-9 温度正弦变化时的动误差和时滞

际温度值的时间间隔。动误差是对静误差的附加误差，对控制和测量响应都有影响。图 1-9 是当被测量连续变化、由于调节器的校正作用引起环绕定值点的正弦变化时的动误差和时滞情况。

1-20 什么是不灵敏区和纯时滞?

不灵敏区是测量系统不起反应的被测变量的最大变化范围。如图 1-10 所示, 纯时滞是从被测量发生变化到仪表反应这个变化所经过的时间, 是被测量变化速度和测量系统的灵敏度与响应速度的函数。

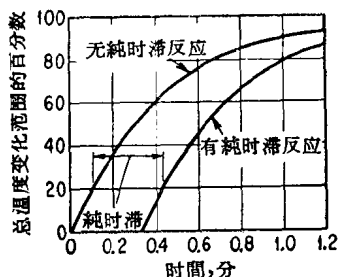


图 1-10 测量纯时滞

1-21 列举工业生产过程中 26 种常见而重要的被测参数。

(1) 温度, (2) 流量, (3) 压力, (4) 真空, (5) 物位, (6) 化学成分, (7) 湿度, (8) 露点, (9) 水分, (10) 粘度, (11) 浓度, (12) 密度, (13) 比重, (14) 速度, (15) 牵伸度, (16) 运动, (17) 应变, (18) 振动, (19) 电量, (20) 重量, (21) 力, (22) 推力, (23) 颜色, (24) 光泽, (25) 方向, (26) 核辐射。

(熙甫译)

温度测量装置

2-1 为什么温度测量现在占有重要地位?

因为在许多工业部门中,温度测量与控制产品质量、安全操作机器有很重要的关系,例如牛奶杀菌、咖啡烘炒、金属热处理、玻璃吹制、石油精炼、药物生产、消毒、发电、导弹返回实验和在很大的温度范围中进行加热或冷却等等。

2-2 温度是什么?

温度是指从特定的标尺上测量出来的冷热程度。一个物体的温度是它的热强度(不是热量)。一切物体均由大量称做分子的微小粒子构成。分子总是处于运动的状态。分子运动愈快,物体愈热;运动愈慢,物体愈冷。这种现象被描述为一个物体的热势或能量效应。当用数值加以表示时,即称之为温度度数。一个物体的热可以传给其他物体。

2-3 说明几种常用温度单位的定义。

见图 2-1 α 。华氏温标($^{\circ}\text{F}$)是将水的冰点和水的沸点之间的温度分为 180 等分(或度),并规定冰点的温度数值为 32°F ,沸点为 212°F 。

百分温标(摄氏 $^{\circ}\text{C}$)是将冰点和沸点之间的温度分为 100 等分(或度),并规定冰点的温度为 0°C ,沸点为 100°C 。

[illegible]

- 11 -

或 100°C 。

2-4 华氏温标的度数和百分温标的度数怎样互相换算?

已知华氏温标度数,利用下式可换算为百分温标度数

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(^{\circ}\text{F} - 32)$$

由百分温标度数换算为华氏温标度数的公式为

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32$$

2-5 六个用作精密温度测量基础的、可以再现的平衡温度或“定点”是什么?

(1)氧的沸点: -182.97°C 。(2)水的凝固点: -0.000°C 。(3)水的沸点: $+100.000^{\circ}\text{C}$ 。(4)硫的沸点: $+444.60^{\circ}\text{C}$ 。(5)银的熔点: $+960.8^{\circ}\text{C}$ 。(6)金的熔点: $+1063^{\circ}\text{C}$ 。

2-6 在生产过程中一般碰到的温度范围多大?

总的范围大约从 -200 到 $+4000^{\circ}\text{F}$ 。在研究工作中碰到的范围还要大一些,从极冷温度 -450°F 到极热温度 $+7000^{\circ}\text{F}$ 。

2-7 列举温度测量方法所应用的五种物理原理。

见图 2-1b。温度是无从直接加以测量,只能根据它对一特性已知的物质所产生的效应来推断。这种推断性测量可以依据以下基本物理原理之一: (1)液体、气体或固体的膨胀(充灌型测温系统)^①。(2)液体的蒸汽压力(充灌型测温系统)。(3)不同金属接触时产生的电势——热电现象(热电偶)。(4)电阻的变化(热电阻)^②。(5)热体所发出的全辐射或一特定波长范围辐射的强度(辐射高温计感温器)。

2-8 充灌型测温系统是怎样分类的?

分为膨胀型和压力-弹簧型两大类。

(1) 膨胀型,如工业用玻璃水银温度计。

(2) 压力-弹簧型,按充灌的介质不同再分为四类:

① 把利用固体膨胀原理的测温仪表纳入充灌型测温系统是不妥当的。——译注

② 原文直译为“电阻温度计”,现采用我国习用名称。——译注