

国外工业仪表的现状和发展

西安工业自动化仪表研究所技术情报室编

西安工业自动化仪表研究所

一九七八·十二

概述国外工业仪表的现状和发展

工业仪表应用已久，及至三十年代，功效日益显著，开始成为国外各大公司经营项目。但那时品种不全，功能有限，其检测对象多为热工参数；安装方式重在分散，似有天堑星，虽发扬光，但未能引入注目。战后，百业兴建，钢铁、石油、化工、电力等工业发展更快，工艺装置也相应扩大。为了更好地监控生产过程，仪表就地分散安装形式逐渐变为集控装置，而被誉为工业生产的主角。今天，各工业生产部门几乎都设置仪表集控室，采用各种功能的集装式仪表和控制台，用以检测和监控各种复杂的生产过程。于是，仪表装置不只是起着耳目的作用，而是给以更有效的分析、组织和控制生产工况的重要手段并已成为评价国外工业自动化水平的一大标志。

仪表装置在生产过程中所产生的经济效益是非常肯定的。大量事实证明它能提高产品质量，降低成本；对设备能提高生产效率和安全可靠；对入则可节省劳动、缩短劳动时间；避免危险作业并提供可靠的经济核算数据。正因为这样，国外各仪表公司竞相研制，抢占市场，广告充斥期刊，舆论跃于眼前，使人感到现代化工业生产无此而寸步难行。

为了适应工业发展的需要，工业仪表装置按照被测信息（过程变量）的获取、传递、显示、监控和处理的过程，大致分为以下几类：

1、自动检测仪表：

热工参数：温度、压力、流量、物位等机械参数：位移、速度、重量、厚度等、

电工参数：频率、相位、电压、电流等。

成仿参数：气体、湿度、密度、比重等。

2、自动显示仪表：

各种模拟的、数字的电子、气动记录、指示和积标仪表以及图象显示等。

3、集中控制装置：

各种巡回调节、程序控制、数据处理和工业控制计算机等。

4、自动调节仪表：

各种电动、气动、液动调节阀，单元组合仪表、组件。

5、执行器：

各种电动、气动和液动的执行机构和阀门。

上述各类仪表各有其不同程度的更新阶段就其大者而言，基本上经历了基地式、组合式和集散式三个发展阶段，也就是由单一过程，单一对象的局部控制向着整个企业全厂复杂对象的系统控制发展；仪表的功能也由简单的参数检测，向着自动调节，最优控制乃至识别图象和智能控制发展。

近十年来，电子学领域几乎每隔两年就出现新的技术成果。继大规模集成电路之后，超大规模的付诸实用。有人认为当前电子学领域正在发生一次革命。其初步成果之一就是微型处理器为核心的自动控制系统进入了工业生产过程，它对其它仪表装置的更新换代起着深远的影响。

但是，还应指出，当着仪表控制系统由简单向复杂发展的同时，大量习用的常规仪表也在不断地改进性能，降低成本，成为中、小型企业所欢迎。当前工业生产过程用的仪表装置，品种繁多，各具特点。最新式的控制装置就是分散型综合控制系统。它一经登上过程控制舞台，声誉日增，过程控制机为之逊色，看来有很大的发展前途。但目前国外各仪表装置仍以集散式单元组合仪表占优势，因其为人所习用且在不断改进之中。堪称廉物美组合装置。

1、气动单元组合仪表：

气动仪表历经基地式、单元组合式和集散式的发展过程。它具有本质防爆，不受电磁场干扰，结构简单、动作可靠、容易维护等优点，至今仍广泛应用于化、炼油、造纸、食品等生产过程。集散式在理论上还具有下述几个主要特点：

(1) 体积小，可密集或单独安装；

(2) 采用全即时切换机构，能自动/手动双向无扰动切换，有利于操作系统的稳定；

(3) 一机多能，以适应不同的用途；

(4) 面板风格和按钮作用与新型电动仪表一致，有利于气、电混合使用，并致于产生误动作；

(5) 内部结构单元化，气路板采用即时切换和平面气阻的先进技术，性能稳定，结构简化，便于调整和维修。

目前国外气动仪表的精度为 $\pm 0.5\%$ ~ $\pm 0.25\%$ 。各厂家致力于气动变送器系列化，使其在检测压力、差压、温度和液位等方面品种齐全，以供各种不同测量对象使用，其次也发展了气—电或电—气转换器，以解决两类不同仪表的混合使用和计算机联用等问题。

2、电动单元组合仪表：

电动仪表历经第一、二、三代（电子管型、晶体管型和集成电路型）而跨入第四代（大规模集成电路）。目前国内工业过程所用的电动仪表以集成电路型为主。它具有体积小、性能高、便于和计算机联用，在功能和可靠性方面也有很大提高。传统的电动仪表具有两种结构，即单元式和组装式。前者为石油、化工工业所习用，后者多用于动力工业，但也有为化工、炼油设计的组装式仪表，如SPEC 200系统控制装置，其结构形式接近于第四代。与电动仪表配套的变送器，现在已有新型衍位式（应变式、电

容式)，结构简单，体积小，重量轻，调整方便，性能良好，其基本精度已提高到 $\pm 0.2\%$ 。目前，电动单元仪表的成本比气动单元仪表约高30%，但随着大规模集成电路的广泛应用，其造价必然降低。

3、分散综合控制系统：

当代工业生产，规模日益扩大，系统的组成要素也日趋复杂。这样，以反馈控制为基础的模拟仪表装置难以满足过程变量间的相关控制的要求，同时在操作监控方面因仪表装置的扩大而给操作者或管理人员带来许多困难，而计算机的应用，虽然克服了模拟仪表的缺点而取得了不少的成就，但是，从生产过程本身的特点——分散性或相对的独立性来说，未免过于集中（用一台计算机控制若干系统，受控回路达70~400条之多）一旦各系统的共用部分发生故障，便会使受控系统全部停工，造成巨大损失。若用双机系统，则投资较大，一些中型厂不敢轻易采用。理想的进程控制装置应该在控制功能方面尽可能分散，以提高自控系统的可靠性，减少故障带来的危险性，而其操作监视功能则应集中。这一设想已由分散型综合控制系统实现了。它将微处理机作为控制系统的核心，由数据母线为传输信息并将CRT作为人机联系的显示装置以加强操作监视的功能。自1975年以来各国相继发表了这类控制系统的研制成果，从总体来看，这种装置可归纳为两类：

(1) 数字调控装置——主要目的是代替模拟仪表，其性能与模拟仪表无大差别，不能进行程序控制。由于采用只读存储器（ROM），此装置在出厂时规格数据已固定，灵活性不大，以八个回路为一单元。它是一种集中的多级调控装置。它的每个回路都有显示和可操作的单元的人机联系设备。

(2) 有一级的调控系统——其目的是使直接数字控制（DDC）

分散化。它具有包括程序控制在内的广泛调控性能并采用随机存取存储器(RAM)，用户可以按过程控制的要求来改变某些规格。灵活性较大，每32个回路为一单元，通过彩色图象显示，可实现集中式的入机联系。

除上述的过程控制装置外，生产过程中还有其它不可缺少的检测、显示、执行等仪表装置。简述如下：

(1)测压仪表：目前工业用测压仪表大多仍是以弹性元件为感压元件。由于材料和工艺的改进，这类测压仪表的性能也相应提高，适用范围也比以往更广泛。现在由各种材质制成的弹性元件，诸如膜片、膜盒、波纹管 and 弹簧管，可测几毫米水柱至一万公斤/平方厘米的压力。其精度一般为 $\pm 2.5\%$ 至 $\pm 0.2\%$ ，高精度的可达 $\pm 0.04\%$ 至 $\pm 0.002\%$ 。特殊条件(高温、腐蚀、震动等)用的测压仪表也已成商品，可供选用。

随着集成技术日臻完善和计算机的广泛应用，数字式压力表也应运而生。其优点是无读数误差，精度较高，又可与其它数字式仪表和计算机联用，现在商品化的数字式压力表有三位数和五位数两种，通过方挡的测头可测 0.005 kgf/cm^2 至 1400 kgf/cm^2 。数字式压力表虽在发展，但不能代替弹性元件的压力表。

工业用的压力传感器也是品种繁多，其结构大致分为机电式，即由机械和电气变换两部分组成。新型压力传感器是利用半导体或其它材料的压阻、压电等的效应，应用集成电路、数字技术，直接把检测的压力转换成电信号输出。这类传感器称为“固态压力传感器”。近几年国外非常重视开发电容式和硅片式传感器。

(2)温度仪表：一般分为接触式和非接触两大类。接触式为工业生产过程所用品种繁多，久已定型，其中一类主要由各种热电阻为其感温元件，测温范围取决于偶丝的材质，其它性能也随材质而异。近年来国外已用钨铼热电阻来测量高温，其上限达

3080°C，但锡易氧化，不能在空气中使用，最近发明了非金属材料
温差电偶，如石墨——碳化钨温差电偶，可测 2500°C、碳化硅——
碳化钨温差电偶，可测 3000~3500°C，但复现性较差，有待改进。

非接触式测温仪表，利用超声波、微波、激光、射流、光谱、
共振等测温，正在发展之中，现阶段在提高测温精度和响应速度。
以辐射式温度计为例，现已改进为光速光电式温度计，其反应速度达
1000次/秒，准确度在 1335°K 时为 $\pm 1^\circ\text{K}$ ，2700°K 时为 $\pm 2.8^\circ\text{K}$ 。

此外，数字温度计也已实用化，结构式样不一，有的采用铂
热敏元件，可在 65 米距离传送，有的采用 CMOS 电路和发光二
极管显示，电源采用镍镉电池，也有制成袖珍式，可测 $-50^\circ\sim+1100^\circ\text{C}$ ，
分辨率为 1°C，精度为 0.5%，这类测温仪表可与其它数字仪表
和计算机联用。

(3) 流量计：

在工业过程中，流量、温度和压力被列为三大参数。检测或
调节流量的仪表，除常用的定型流量计外（诸如差压式、容积式、
涡轮式、电磁式等），近十年来由于石油、化工工业的迅速发展，
各国还研制了一些新原理的流量计，如数字式质量流量计，适用于
天然气生产过程；超声波流量计适用于监测各种液体的流量和速
度；激光流量计，可用来监控不透明液体和特殊固体，它不妨碍
介质流动，不干扰监控过程；流件振动式流量计能检测与流量成
正比的旋涡数，适用于所有介质的流量测量；磁致共振流量计适
用于检测非导电性的腐蚀性，高粘度和磨蚀性液体；磁跟踪式流
量计适用于高温高压的生产过程，可测量不透明的液体和泥浆等
稠性液体的微流量。

(4) 物位仪表：

物位是指容器内的液体或固体高出参比或基准线的高度。物
位测量是在测定容器内液体或固体的体积或重量。测量范围可自

1 时到几百呎水柱。

在连续、半连续和成批生产过程中，物位仪表用来测定并控制物理或化学过程中的物料数量；控制容器内的原料数量；维持生产过程中稳定的流量；连续测定容器内物料数量，供操作及库存核算的需要。物位测量和控制化工、石油、造纸、食品、纺织、制水以及污水处理等工业都十分需要，物位测量和控制若运用得当，可减少容器体积和原料数量并可提高生产效率。

物位测量方法有直接式和间接式两种。直接式通常是指目视式、浮子式、电导式等指示式；间接式包括浮力式、液静式、电容式和核辐射式。国外生产的物位仪表以静电容式、超声波式和放射线式为主，近年来又发展了光学、同位素和微波等为其工作原理的物位仪表。

直接测量物位的仪表大多是老式的，但仍为各工业部门所习用，因其结构简单，维护方便，造价低廉，但这类仪表不能用于检测腐蚀性、毒性和放射性的物料，这种场合只能采用光学、同位素、超声波、微波等技术来测量。

(5) 机械类仪表：

机械类仪表系物理类仪表之一大类，用来测量物体的运动速度、长度、厚度、振动、重量、力等。此类仪表已向着固体电路化、数字化和非接触化发展。简述如下：

A、光学测速仪：利用反射光脉冲测量物体转速，可测 100~30000 转/分，然后由数字显示仪或以发光二极管或液晶显示仪读数。

B、长度仪和厚度仪：其敏感元件或用电子式自动量规，或用超声波装置并由数字显示读数，此外也有用射线测量法。

C、其它如测量仪表、测振动仪表等也均已电子化和数字化，便于与计算机联系。

6、显示仪表：

由检测仪表或元件测得的物理量或生产过程的参数，需要进行指示或记录，以供操作人员观察和分析。显示仪表则具备此种功能。它历经机械式、电子管式、晶体管式和集成电路式的发育过程。在显示方面也从单参数显示发展为多参数显示，并在模拟显示的基础上发展了数字显示。目前生产过程中用的显示仪表大致上存在机械式、磁电式、（模拟式）和（数字电子）式显示仪表四类。简单的显示仪表（记录或指示）大多是机械式或由机械和电磁两部分组成。此种仪表对于生产过程的就地显示是不可缺少的、精度达 $\pm 1.5\%$ 至 $\pm 1\%$ 。自动平衡式显示记录仪表用途很广，各国都有系列产品，结构上分为大、中、小型，其显示方式有圆刻度、长刻度、旋转刻度和偏差指示等，这类显示仪的特点是灵敏度方，维护方便，价格便宜。近年来有所革新，其中主要（元件已集成化和无触点化），其记录元件有的已改用磁性记录 and 特殊记录纸。

显示仪表的另一开发成果就是用数字显示和图象显示，其特点是准确直观、分辨率方。图象显示装置一般称为CRT，它利用阴极射线管作为显示元件，可以置于计算机终端作为入/机联系的显示和监控的装置。它可以代替许多常规的显示仪表而向操作者或管理人员提供过程参数包括实际值、瞬时值、平均值、越限值等、或显示被测对象的图形、编号等，一经联系、几秒之内便可通观全局。其监视功能则是通过多功能键盘和光笔进行操作调整，以便修整有关回路的设定值、给定值、PID参数、报警设定等，从而实现优越的人机联系。

除了上述CRT显示装置外，尚有发光二极管数码显示装置，液晶显示装置，等离子体显示装置，电致变色显示装置，荧光激活显示，电致显示和电致显示等，这些装置都是近几年发

产起来的新产品，各有优点，或是工作寿命长、功耗低，或是亮度高，价格低；或是响应速度快，显示清晰，可按用途选用。

7、执行器：

执行器包括执行机构和调节机构两部分。执行机构的作用是将调节器来的讯号变成功率动作，驱动调节机构移动，而调节机构则直接控制被调介质，使生产过程按予定的要求进行。

执行机构按作用特性分为连续和断续作用两种；按所用的能源及驱动方法分为气动、液动、电动和混合式等四种。目前工业流程采用的切断阀多数是电动执行机构，而调节阀多数是用气动执行机构。国外工业过程所用的执行器以气动的为主，因其具有本质防爆，且结构简单，便于维护，功率小而推力大等特点。至于执行器的品种和用途，国外技术刊物均有评述，其中值得一提的是凸轮挠曲阀（或称偏心旋转阀，转角 $0-50^\circ$ ），它是一种用途很广的新型调节阀，可代替目前工艺过程中采用的80~90%各式各样的调节阀。它具有良好的动态稳定性噪音低且可用于高温场合（ $500^\circ\text{C}-600^\circ\text{C}$ ）等优点。

8、仪表集控盘：

仪表集控盘是生产过程自动化装置实现集中管理不可缺少的组成部分。纵观现有集控盘的造型，大致有纵列布置式，纵横布置式，密集安装式，可变横列式，19吋结构式，机柜式（适于组装仪表和控制器），防震式、半流程模拟式等。集控盘的造型首先取决于仪表的标准化和技术应用水平。

随着计算机和微处理机引入过程控制，集控盘造型发生了新的监控概念。新的显示装置（CRT）可以替代许多记录仪和指示仪的功能。如美国霍尼威尔公司的TDC-2000型控系统，用若干微处理机分担生产过程的控制任务，全厂信息通过数据总线，由中央计算机进行监控，实现最佳化，在集控室的操作台设置三个

图象显示装置，分别显示全流程，个别流程和报警点，只需一人监视，随时可通观全局。这是七十年代工业控制系统的最新成就。国外各仪表公司几乎都有类似的产品，并在继续改进其显示和监控的功能，前途可观。

上述工业仪表和工业过程控制系统的发户是几国重视仪表的科研工作分不开的。凡是工业发达的国家都建立了仪表科研机构，组织精干的科技人员进行仪表的发户研究和应用工作，仪表的科研费用约占仪表销售总额的3—5%。资本主义国家的仪表科研工作几乎全由私人企业的研究单位承担，在美国，10%的仪表科研任务是由公司一级完成的。一般分为三级进行。总公司设有科研中心，重点进行技术基础理论和技术动向的研究；分公司或制造厂设有研究单位，侧重应用技术的研究；工厂内的研究所则为研制新产品服务，包括产品的改进和配套的研究。上述三级的科研工作各有目的要求，简述如下：

(1) 基础研究：它是一种近期的具有主导作用的探索性科学研究，其目的在于发现新的科学原理和发户规律。其理论成果可用来发户新技术。例如四十年代的控制论的研究促进了“系统工程”的诞生，并带动了信息论、网络理论，数模代做以及数值计算和理论的发户。这些基础理论的成果伴随着自动化仪表装置和传感元件的发户以及计算机的应用，使工业生户达到了综合自动化的新水平。

(2) 应用研究：它是基础研究和实际生产之间的桥梁，把新的科学发现和基础理论成果应用于生产，解决具有方向性的生产技术发户问题。这一环节也涉及到许多理论问题，如60年代的工业自动控制系统是以离散控制论为基础，研究如何以控制机为核心的最佳控制系统；70年代是以控制论、信息论、仿生学为基础，研究以智能机为核心的智能控制系统。

(3) 新产品发展研究：这是应用研究的纵深发展，一般在工厂内进行。它适应生产发展的需要，研制新系列的产品或成套装置。在研制前，要进行调研，选定研究项目，规定期限、调整研究力量和费用。试制的样机要进行全面性能测试并对技术上的合理性、实用性和经济性进行评议，合格后先进行商业性的试生产和现场试用并作必要的改进，然后才正式投产。

从当前工业过程控制来看，自工业控制机应用后，各种复杂的控制方式有可能实现，但还有许多基本理论和数学模型的问题有待解决，否则，就不能有效地发挥工业控制机的作用。因此，各国主要仪表公司都组织一定的人力和物力从事理论方面的研究。例如美国福克斯鲍尔公司的技术中心中就有人专门研究工业过程的辨识问题，既怎样通过试验和对象测试来确定系统对象的模型，研究多变量线性系统控制方案和自适应控制方案等。

目前自动控制领域的一个新动向是研究处理大系统的理论和方法。这反映了生产系统向自控科学技术提出了新的任务和要求。其中涉及自动化技术的乃是自动控制，信息传输和数字计算机。此三者将在系统中将输入以种种便利去分析、设计和控制复杂的工况。

工业过程控制面临的另一种课题是对一些新原理在理论上须作进一步的探讨。有的原理虽已在工业中实践，但由于理论上研究不深，妨碍了应用水平的提高和开拓新的应用领域，如射流技术的理论研究就是这类课题。

此外各资本主义仪表公司在探讨新技术应用过程中非常重视检测元件的研制工作。近年来它们在传统的传感元件基础上研制了由半导体敏感材料制成的各种小型精密检测元件。例如美国霍尼韦尔公司研制了扩散硅应变电阻元件后就发了一系类性能良好的检测压力、差压和液位仪；德克斯斯仪表公司解决了大规模集成

电路后，就产生了一系列处理机、微型计算机和终端设备。另一方面吾仪表公司也加强了研究系统的设计工作，这就是说，仪表的科研设计内容的重点在于系列和系统而不是单台仪表，或把某个科研项目所需要的仪表系统作为整个项目的一个组成部分，把仪表的研究和该科研项目构成为一个有机的整体。如 70 年代初，美国提出的十大科研项目中的“海洋开发”一项就是由霍乱威尔福克司鲍鲁两大公司共同参加研究。日本也提出 1974 年~1977 年要完成的一些成套科研项目，如瓦子能反应堆的自动控制装置、电站自动供电和新控制系统及工业流程自动控制系统等。这种方式使仪表研究工作和工业流程设备的研究有机地考虑在一起，使两者更好地结合起来。这不仅更好地发挥仪表的作用而且对提高产品质量和生产力都会产生积极的经济效果。观察一下 70 年代各国相继出现的组装仪表控制系统和以微处理机为枢纽核心的分散型综合控制系统，就可知道这些自控装置都是从整个工业流程系统和配合计算机以达到最优控制这一角度来研制的，值得注意。

参 考 资 料

- 1、100 Jahre Röhrenfedermanometer von Dr. W. Wüst, Göttingen
- 2、オキヤ-ヨヨ Vol.7 No.10, 1962
- 3、Precision Bourdon-tube gauge Vol.34 No.2 1961
- 4、《国外机械工业基本情况》参考资料—工业仪表（第一轮编写资料）
- 5、漓江科技 2/1975
- 6、计勇管理 Vol.25, No. 1976
- 7、Design Engineering February 1977.
- 8、Instrument and control system Vol.14 No.8 1968
- 9、计勇与管理 5/1977
- 10、麻省理工学院李世琼