

# 流程工业分析技术及分析仪表的发展

## The Development of Analysis Technology and Analytical Instrument for Process Industry

卞正岗

中国仪器仪表行业协会现场总线专业委员会 (北京 100825)

**摘要:** 论述流程工业分析技术发展现状及分析仪表技术问题,对现场总线技术在过程分析技术中的应用进行了探讨。

**关键词:** 过程分析技术 在线 色谱 基金会现场总线

**Abstract:** The development present of Process Analysis Technology(PAT) and analytical instrument technology are summarized in the article. The Application of fieldbus technology in PAT is inquired.

**Key words:** PAT(Process analysis technology) On line Chromatography Foundation fieldbus

### 1 流程工业分析技术的总体情况

我国化工及石化工业 2005 年已达到 2300 亿美元的产值,其重要自不待言。从学术角度看,化学是在原子—分子水平上研究物质的组成、结构、性能以及相互转化的学科,现已有上百个化学元素和 2000 万种化合物或称化学物种,还有无数的混合物和人造的复合材料、生产过程的中间体、生物催化剂(酶)等,所以化学分析的任务很繁重,而与化学相邻的物理学、生物学的发展,也促进分析化学的发展或提出新的挑战。近年来在线分析仪器在数字化的基础上,也逐步采用数据通信技术,特别是采用了自动化技术中已形成国际标准的现场总线技术。

目前在化工、钢铁、制药等流程工业中采用过程分析技术的情况,可以归结为以下几个特点:

(1) 生产中采用在线分析仪器的数量在增加。如某乙烯工厂的主流程中,在裂解炉出口、压缩机干燥出口、脱甲烷塔顶部、脱丁烷塔顶部、脱乙烷塔顶部、乙烯精馏塔顶部和底部(排乙烷)、脱丁烷塔顶部(丁烯、丁二烯出口)和底部(分解汽油出口)、MA-PD 转换器入口和出口、丙烯精馏塔顶部(丙烯出口)和底

部(丙烷出口)共 11 个测点均使用了 HTCD 在线气相色谱仪;又如某以制氧为主的空气分离装置中,CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、Ar<sub>2</sub>、微量 O<sub>2</sub>、微量 H<sub>2</sub> 不同背景下不同组分有 10 多点采用了在线分析仪表;又如某污水处理厂用到 DO、COD、BOD、氮磷指标测定及 pH、Cl 等 10 多种在线分析仪。总之,流程工业大型企业一般有近百台至数百台在线分析仪表在实际运行着,设备投资在百万美元至千万美元间。

(2) 一些新测试方法的出现,使分析仪器和在线分析仪器的测量滞后或反应时间问题逐步得到解决,如近红外(NIR)在线分析仪器在炼油厂中使用,可在几秒至几分钟内测定汽油、柴油等十几种测量参数,横河公司 NR800 可以实现成分、物性值的迅速、直接、连续测量,测量时间 40 秒(如用色谱测量要 5 分钟以上);又如丙烯腈装置中,使用 ABB 公司工业质谱仪可在几秒钟内分析多种组分,并经计算机算出转化率。

(3) 分析仪器和在线分析仪器在数字化、网络化、集成化、智能化方面的进程加快,近年我国建成的大型石化项目足以证明这方面的发展趋势。如惠州中海油壳牌 80 万吨乙烯/年石化项目(CSPC)9 个完全集成的系统中,有分析仪管理数据采集系统(AMADAS),

另有色谱网及 LIMS 系统；年产 90 万吨乙烯及配套衍生物的上海赛科 (SECCO) 石化企业，有色谱网及 LIMS 实验信息管理系统，而且集成在统一的美国 OSI soft 公司的 PI 实时数据库中，构成 PMIS 工厂管理信息系统。其中有大量分析仪表及在线分析仪表，质量好且在数字化、网络化、集成化、智能化方面有长足的进步。

(4) 分析仪器和在线分析仪器的可用性提高，即平均故障间隔增大，平均维修时间减少，价格也在逐步降低，所以在工业应用中逐渐扩大，特别是和软测量技术、先进控制技术、管控一体化技术相结合，形成了一个高中端市场。如 CSPC 实际长期运行的 95 台 ABB 和西门子的在线分析仪表（色谱）中，约有 80% 以上在逐步投运 APC 先进控制，发挥了良好的作用。

有鉴于此，2005 年 IBM 在全球医药行业用户大会上提出，PAT 过程分析技术 (Process Analysis Technology) 为 10 年内将改变制药行业的五项革命性技术之一；美国食品及医药管理局 FDA 在“过程分析技术报告”中也指出，要实现实时测量自动化，通过控制系统将数据整体化，提高对药物制造过程的理解等。

我国石化、医药等行业在流程工业中使用过程分析仪或分析仪表已有多年历史，在实验室里使用分析仪表比较有成效，在现场使用过程分析仪表困难较多。特别是节能、降耗、环保（减排）、安全的要求越来越高，而过程分析仪表确实能帮用户解决问题，所以国内用户对分析仪表和过程分析仪表的需求十分迫切。

## 2 在线问题

关于过程分析仪表和一般分析仪表的区别问题，粗浅的看法是，一个用在生产现场，另一个用在实验室，而且用在实验室的分析仪表也是与流程工业实际生产相关，并不是用于一般科研的仪器设备。如果分析仪能够接近生产现场，自动或手动取样（定期）及需要少量的人工操作，并且可较快的检测出结果并指导生产，也可以算是过程分析技术。严格地说，过程分析仪应该在线测量、监视及控制，首先应自动取样、连续取样、样品自动预处理、自动分析后输出信号，长期稳定运行，而且应做到在线校正、在线维护（过滤、清洗或反吹）。最好能够做到嵌入式传感器与主工艺

设备内的介质直接接触，或者把介质转移到与工艺装备相连的分析回路或分析采样系统中，分析完再将介质返回工艺装备内。为此，分析仪表经常形成一个主机系统以外的配套的系统，或在线分析小屋。

由于过程分析技术发展的需要，“在线”涵盖了 at line、in line、on line 三种含义。虽然常用 on line 一词，但从字面上看，应是在线、线内、线上三个含义，这都是与 off line（离线）相对而言。off line at line on line in line，我们应逐步按实际需要，将分析技术融合于工艺过程之中。

在线分析仪器一词在实际应用中应取严格的定义，而在应用中应给过程分析技术一些空间，如横河近红外分析仪 (NR800) 就有“在线机”和“离线机”两种机型，这里关系到现在很受关注的成本概念——CAPEX（投资成本）和 OPEX（运行成本），切莫片面追求在线。分析仪表价格不菲，在线分析仪表在运行成本上更是存在精心维护等问题，这些是显而易见的。更深层次的问题是在线分析仪器如何能像实验室分析仪器一样提高使用效率，即可以有租赁等使用方式，使它能成为在某工厂长期使用一种方式之外，还可以用作新型工艺设计前期获得设计数据、工厂设计开工后初期投产考核“数字模型”正确性、工艺重大变动试验期——能获得重要在线分析仪器及相应专家队伍的服务。这些不是空想，因为从理论上钱学森在 1992 年已经指出：建设“从定性到定量综合集成研讨厅体系”，要求把人的思维、思维的成果、人的知识、智慧以及各种情报、资料统统集成起来，并指出“厅”不只是一个大厅，而是由高速信息网络、计算机软硬件构成，指出即将进入“人机结合的大成智慧”的新时代。这些将给我们讨论“在线”和“离线”以启迪。

此外，基于常规测量手段（温度、压力、流量、液位）或常用简单分析仪表的测量数据，经过软测量有关算法软件计算，得出与过程中或最终产品有关的分析指标而形成的软测量技术，也可属于过程分析技术的一部分。

## 3 过程分析仪器和分析仪器

### 3.1 常用过程分析仪器

指过程分析中结构相对简单、使用维护也相对简单且常用的一类分析仪表,具体是常用的 pH 计(酸度计)、电导率计、浓度计、水分分析仪、氧分析仪、硫化物分析仪、水质分析仪、可燃气体分析仪及某些与环保有关的分析仪等。其测量原理各不相同,其中采用电化学分析法较多,技术进步较快,如电位分析法中,指示电极因被测物质不同而有多种,常用的有玻璃膜电极、离子选择电极、气敏电极、生物电极。其中生物电极因采用了将生物化学与电分析化学相结合而研制成的电极而得名,其特点是将电位法电极作为基础电极,生物酶膜或生物大分子膜作为敏感膜而实现对底物或生物大分子的分析,具体有酶电极等多种电极,可测量尿素、头孢菌素等 15 种物质的含量,与医药工业关系较大。在线应用中电极清洗是大家关心的问题,如 pH 计的玻璃电极结垢不清洗,响应时间或测量滞后时间将增加,而且精度下降,以至于失去测量功能,所以要实行自动清洗。经验表明,机械刷子清洗、超声波清洗、化学清洗剂喷射清洗等方法中,一般情况下后者效果较好。清洗中常采用一个 PLC 控制器实现定时控制相关泵、阀门和喷头清洗设备。

氧分析仪是常用的在线过程分析仪,有热磁式、磁力式、氧化锆式等,后者应用较广,可以满足燃烧系统测量烟气含氧量的需要,采用氧化锆固体电解传感器,可直接将其装于炉窑等的壁上,具有安装简单、维护方便等优点,但要定期校正。

由于以测量浓度为主的常用的过程分析仪能够帮助工艺人员了解更多的过程中的信息,所以发展很快,国外的 ABB、西门子、艾默生、横河、英维思、仕福梅、阿美特克、梅特勒—托利多、E+H、哈希等公司产品在中国应用很广,国内聚光科技、天华化工机械及自动化研究设计院、川仪、上海精科及众多的中小型企业也有多种产品。常用过程分析仪近来正向多功能、便携式、免维护方向发展,如哈希水质分析仪 HQ40  $\alpha$  便携式电化学测定仪,既可应用在实验室,又可以应用在现场,可以同时测量 pH、电导率、LDO 和 ORP 中的任意两个参数,而且测定时间为原来的 1/5,耐用性为原来的 10 倍,校准系统还可以通知用户什么时候需要重新校准;E+H 公司的 Liquiline M CM42

模块化两线制变送器,可测量 pH/ORP/电导率/电阻系数,除具有上述多种功能外,还符合 IEC61508 国际安全标准;横河为了配合使用多探头测定烟道内的氧浓度分布,开发了氧化锆多点平均转换器(AV550G),而且改进了探头结构,可以在现场简单地更换加热器部件、传感器部件,有铂头自动校正和自动寿命预测功能(通过自动测量反应速度和传感器阻抗等方法实现),满足节能的要求。

环保要求对排放总量进行控制,所以应该对排放的废气、废水的流量和相关污染成分的浓度两方面进行在线计量,所以作为常用过程分析仪表,应努力做到符合要求,其中 CO、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、臭氧、各种有害重金属和有机物(包括高挥发性有机污染物)、水中 COD 和 BOD 等的连续监测或定时监测,都有很多工作要我们去做。

### 3.2 复杂的分析仪器和过程分析仪器

在流程工业中,从原料至成品或排放物,无论是气体、液体、固体,无论是无机物或有机物,均有其化学成分,要经过定性分析和定量分析获得相关信息,根据分析化学的概念,组分含量高于 1%的称为主量成分分析,或称为常量分析;含量为 0.01%~1%的称为微量分析;含量低于 0.01%的称为痕量分析、含量低于 0.0001%的称为超痕量分析。分析方法从原理上看,主要有光谱、色谱、质谱及联用等方法。

(1) 光谱法:有原子发射光谱法(AES)、原子吸收光谱法(AAS)、紫外—可见吸收光谱法、红外光谱法等。光谱法是实现在线检测较容易的一种分析方法,在流程工业中也应用较广。AES 是元素分析常用的方法之一,AAS 还可用间接原子吸收法测定非金属和有机化合物,其中有荧光光谱分析法用于痕量分析,它有 3 类,即共振原子荧光、非共振原子荧光和敏化原子荧光。其中共振原子荧光应用最广,能进行多元素同时测定。紫外—可见吸收光谱法多研究具有共轭双键结构的分子,与医学关系较为密切,而且仪器简单,称紫外—可见分光光度计,医院常规化验中,约 95% 的定量分析均用此法。分子发光是荧光、磷光和化学发光的统称,由于灵敏度高、操作简单、选择性好,用于痕量分析、发光探针和分子取向测定。

红外光谱法是过程分析技术中较常用到的复杂分析技术,这是由于各种化合物均有红外吸收现象,尤其是有有机化合物的红外光谱能提供丰富的结构信息。按光谱区域划分为近红外、中红外、远红外,最重要的应用是中红外区有机化合物的结构鉴定。流程工业中常用红外气体分析仪在线测量 CO、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 等的浓度,常用产品有 ABB (H&B) 公司的 Vras 系列、Emerson 公司的 Model 800 分析仪(其中 815EX 是防爆型仪表,适用于 Class1、Div1、Groups B、C、D 危险场所),气体样品的取样包括净化(过滤)、减压、干燥、去除化学杂质及必要时冷却、保温、防腐蚀、防冷凝,另外还有定期吹扫取样气路和分析设备,在定期校正中还要校零和校量程的样气(新型 Uras 14 充气标定池可取代昂贵的标准气瓶,并可自动标定)。

近红外的应用在增加,用于石化行业油品分析可在线几秒钟或 1~2 分钟内测定汽油、柴油等十几种质量参数。横河公司在线近红外分析仪 NR800,采用插入式插头,可在线多化学成分一次性直接测量,反应时间 40 秒(色谱测量反应时间为 5 分钟),为非破坏性分析,维修频度减少,与计算机、DCS 有 Ethernet、Modbus 接口,可光纤通信,并可远程操作维修。其核心部分横河有专有技术,如无旋转轴驱动的光信号传动系统、高感度光检出装置、高速演算计算机技术等,在食品、制药行业应用业绩有 10 多项。如某制药厂中浓度和制药溶媒浓度测量等,又如石油和化工行业有 6 项 30~40 个参数测量,如石油的 RON、MON、RVP、蒸馏点、密度、苯含量等,化工中添加剂浓度、聚合物多种参数测量等,实际应用已有 165 台。

此外,ABB 公司 PIR/PUV 系列过程光度计可用于红外、近红外、可见光、紫外光谱区域,能进行多组分气体、液体分析。西门子公司红外分析仪可在线分析 CO、CO<sub>2</sub>、NO、CH<sub>4</sub> 等。仕福梅公司 2500、4100 过程气体分析仪,采用红外、紫外技术,测量多组分、单组分气体浓度。

我国在原子荧光光谱分析技术方面有北京吉天公司和科创海光公司等的产品,近红外光谱法方面有北京英贤公司的产品等,都达到较高水平。

(2) 色谱法:通常分气相色谱(GC)和液相色谱

(LC)两种。实际上这种分离、分析技术较复杂,按流动相物态、固定相物态、固定相使用形式及分离过程的机制来分,有多种类型。色谱法因为分离效率高、灵敏度高、分析速度快,应用非常广泛,为现今的过程分析技术中的主要组成部分。气相色谱检测器有热传导检测器(TCD)、氢火焰离子化检测器(FID)、火焰光度检测器(FPD)、电子捕获检测器(ECD)等,这些在流程工业中都有应用,横河公司有超高灵敏热传导式检测器(HTCD)的在线气相色谱 GC/1000MK,由于不需要助燃气,在乙烯工厂中部分取代 FID 检测器产品,如 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: 100ppm 等组分的检测等,能做到乙烯工厂大部分过程气相色谱仪为 HTCD 或 TCD 型。上海赛科(SEC-CO)已投运两年的大型乙烯工程应用了横河公司 HTCD 和 TCD 型气相色谱仪 75 台。西门子的 MaxUm 型工业色谱仪,具有 TCD、FID、FPD 等类检测器,可分析多组分样品。ABB 公司的 PGC 系列过程气相色谱仪,也具有 TCD、FID、FPD 等类检测器,可进行多组分气体、液体分析。艾默生公司工业气相色谱包括了原 Rosemount Analytical 和 Daniel 两家产品,其中 Rosemount Analytical 从 1956 年开始,至今 GC700 已是第 4 代产品了。GC700 全称为工业气相色谱变送器,现场安装,减少了采样滞后时间,改进了过程控制效率,不需要昂贵的分析小屋和防爆吹扫空气,采用两个防爆外壳设计,分别放置色谱分析单元和电子变送单元,适合危险场所的应用,是适用范围宽、体积小、多组分、多流路的在线过程成分分析仪表。作为色谱仪分离系统的色谱柱,有填充柱和毛细管柱两种,毛细管气相色谱(CGC)已成为 GC 的主流,它具有高效、快速、高灵敏等优点,但有要求操作条件严格等缺点。要实现分析仪内部压力、流量自动控制,对应检测器除上述 FID、ECD、FPD 外,还有热离子检测器(TID)、光离子化检测器(PID),这方面美国 Perkin Elmer 公司较先进。

国内北京分析仪器厂在工业色谱制造和应用方面历史较长,最新 GC-6890 气相色谱有多种检测器和色谱柱,还有多种进料和清洗等选配方式,供用户选择。

气相色谱法适用于沸点在 500 以下,热稳定性好、相对分子质量在 400 以下物质,所以能分析的有

机物约为全部有机物的 15%~20%。而对于高沸点或高熔点或带有羧基、羟基、氨基或酰胺等基团的化合物,用 GC 直接分析有困难,现又发展衍生化技术、裂解色谱技术、顶空进样技术及二维气相色谱(多相色谱柱串联)等。对于高沸点、难挥发和热不稳定的化合物、离子型化合物和高聚物乃至生物大分子,就得求助于液相色谱法分析了。

液相色谱法中高效液相色谱法(HPLC)应用广泛。HPLC 采用高压泵、高效固定和高灵敏度检测器(紫外光度检测器、荧光检测器等),具有色谱柱可反复使用、流动相可选范围宽、流出组分易收集、分离效率高、分析速度快、灵敏度高、操作自动化等优点,在流程工业中应用也有很大发展空间。HPLC 结构示意图如图 1 所示。国内上海精科公司 LC200 产品为高效液相色谱仪。近年又有毛细管电泳(CE)、高速逆流色谱(HSCCC)、超临界流体色谱(SFC)等液相色谱。

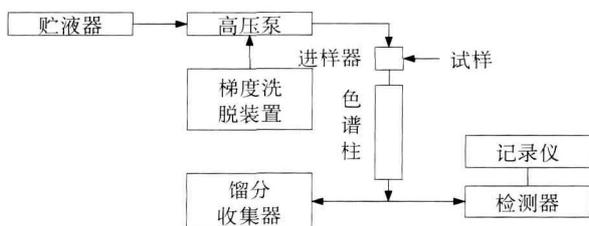


图 1 HPLC 结构示意图

由于 HPLC 和 CE 等法能很快分离出上百种组分,所以液相色谱法是分析化学中发展很快、应用很广的分析方法。安捷伦公司 1200 系列液相色谱仪是功能齐全的液相色谱系统,由 60 个模块组成,有快速液相、制备液相、毛细管液相、纳流液相色谱及液相色谱芯片。贝克曼库尔特公司称为 CE 王国,为系统生命科学整体解决方案的提供者。

近年来发展的微流控芯片的主要厂家为伯乐生命科学产品公司。微流控芯片是将样品的预处理、分离、反应、检测、收集等一个实验室的功能集成在一小块玻璃或高分子聚合物芯片上,是一个快速发展的领域。

(3) 质谱法(MS):是一种通过对被测样品离子的质荷比的测定来进行分析的方法,具有灵敏度高、样品用量少、分析速度快、分离和鉴定同时进行等优点,从应用来分有有机质谱仪、无机质谱仪、同位素质谱仪、气体质谱仪几种,另有快原子轰击质谱仪。从所

使用的质量分析器来分,有双聚焦质谱仪、四极杆质谱仪、飞行时间质谱仪、离子阱质谱仪、傅里叶变换质谱仪几种。在线质谱仪正在发展中,如 ABB 工业质谱仪 IMSQ4-1 等结构坚固、性能可靠,几乎可在任何环境中使用,且维护工作量低,适用于石化等工业过程的实时监测和控制。

因原用于同位素和无机元素分析,后发展了有机物分析,进而联用技术发展,使质谱法应用广泛。安捷伦 6000 系列液质联用仪的五个产品系列包括三重串联四极杆质谱仪(QQQ)和四极杆—飞行时间串联质谱仪(Q-TOF)。其它厂家有热电仪器公司 LTQ Orbitrap 复合傅里叶变换质谱仪等。AB 美国应用生物系统公司是世界最大的有机质谱仪、生物质谱仪供应商。

无机质谱法因离子分离化方式不同而有感应耦合等离子体质谱仪 ICP-M 等 6 种。其中 ICP-MS 因可多元素定性、定量分析同时进行,而在环境样品分析、生化医药等多种分析中,有着广泛的应用。

(4) 其它分析仪及联用技术:从原理上分,独立的复杂分析仪表有如下几种,即核磁共振(波谱)、X 射线荧光光谱、电子能谱分析、拉曼(Raman)光谱法等。它们应用广泛,包括核磁共振在内均有在线应用的发展空间,如拉曼光谱法是合成高分子、生物大分子分析的重要手段,在燃烧物和大气污染物分析方面也有重要用途;又如 X 射线荧光光谱仪对溶液和浆状液体(包括矿浆)可进行在线过程分析。

联用技术已有几十年历史了,目前相当普及,主要为 GC-MS(HPLC-MS),它同时发挥了色谱仪分离能力强、质谱仪的定性鉴定能力强的各自优点。生物大分子用 LC 和 MALDT-TOF 分析(基质辅助激光解吸飞行时间质谱仪)联用方法可得到分子量信息。光谱与色谱、质谱与两种色谱之间联用也得到发展,如 HPLC-CE、CE-MS、HPLC-FTIR 等,还有 HPLC-NMR 及 HPLC-NMR-MS(NMR 为核磁共振)等,这些都为仪器分析技术开阔了广泛的用途。

#### 4 数据通信和现场总线

分析仪表是典型机电仪一体化的产品,在数字化进程中,开始由单机内装有单片机等嵌入式系统。其

中 CPU 现已由字长 8 位发展到 32 位,而且配有 RS232 等直至 Ethernet 等多种端口,分析仪本体有面板(LCD)触摸键人机界面,外接 PC 机、色谱工作站和可与互联网相连等;现已发展到实行分析仪器模块化结构,同时建立“电子平台”,使企业多台同类或不同类型分析仪表构成分析仪表专用局域网或进入企业管理网,这个发展趋势已很明显。Emerson 公司连续在线气体分析仪 NGA2000 这套模块化的气体分析组件,可构成多组分的气体分析仪,进而可把工厂中所有 NGA2000 分析仪连接在一起,构成分析仪器网络。ABB 公司的 PUV3402、PIR3502 等过程光度计或 PGC2000 系列过程气相色谱仪提供 VistaNet™(或 Vista NET2.0)过程分析仪网络,并有 Multiwave™远程用户界面等软件,提高了操作维护水平,并可和 DCS 进行数据交换,无缝连接到工厂管理网中;另有 ABB 公司的 A02000 系列模块化连续气体分析仪可提供以太网通信网络,能利用 Analyzer<sup>IT</sup> Explorer 软件,实现分析仪遥控和高效资产管理功能,可和 ABB 的管控一体系统 Industrial<sup>IT</sup>无缝连接。西门子公司也有类似产品和网络。

数字化、网络化主要的目的是信号、数据、信息的集成,信号是数据的物理表现,数据是信息的抽象表示,数据除数字、字母、符号外,还应包括能输入计算机并被程序加以处理的符号的集合。某些分析仪器的图像是信号,也是数据,是以数据形式传输的信息,加之过程分析仪器所处的流程工业现场对控制策略、人机界面、设备管理维护、系统安全、工艺过程安全等的要求,分析仪器和系统应该满足多种需求,有多种接口和通信网络方式。目前来说,工业以太网以外,就应该考虑主要用于过程控制的基金会现场总线(FF, Foundation Fieldbus)及 Profibus-PA 等现场总线。而现场总线的 IEC61158 及 IEC62026 国际标准及常用的 Modbus、Lonworks 等所涉及的现场总线,在多种在线分析仪表中,都有一定的应用领域,如中国四联仪器仪表集团已研制成功 PA2000 系列气体分析仪、9140 智能化钠离子分析仪,均采用和 Profibus-DP 等信号传送,而且有应用业绩。

无论是实验室分析仪表,还是过程分析仪表的应用软件开发,都在寻求更好的为用户服务,即由告诉

用户分析“结果”向告诉用户分析“答案”或“结论”的转变,这是关系到分析仪表应用能否普及的问题,有必要让用户尽快直接看到结论。对在线分析仪表来说,如 Emerson 的 NGA2000 配套的 WINControl 数据处理软件,可显示主参数(浓度)和辅助参数(温度、压力、流量和故障、维护申请、控制功能等)。如把过程分析仪表看作一般现场设备,在采用现场总线的情况下,这些信息可以通过现场总线传送到主机系统。

现实的流程工厂中,主机系统主要是 DCS 系统,相连的现场仪表中,采用 4~20mA DC、HART、FF 或 Profibus-PA 等信号传送方式,比例是 5:4:1,过程分析仪与 DCS 相连,也应采用灵活方式,也就是说如何选择 4~20mA DC 及开关量等常规方式、HART、FF 等多种现场总线方式,应根据监视、控制、连锁保护等不同需求而定,也要考虑 DCS 的集成能力等,所以过程分析仪表作为产品,这几种通信方式都应具备。

在信息时代,过程分析仪表不是孤立的,虽然它是复杂的现场设备,但也应像温度、压力、流量、液位等现场设备一样,以数字化的方式,融入自动化系统中,融入企业管理系统中。

## 5 结束语

(1) 过程分析技术在发展,我国高端仪器大部分靠进口,中科院写出《启动“张衡工程”,振兴科学仪器事业》的报告,指出要力争在 10 年内实现中国使用的关键科学仪器达到 40%国产、15 年内提高到 60%。这将给我国分析仪器制造技术和应用技术带来很大发展空间。

(2) 努力创新研究,开发新传感器和新的检测方法,努力为相关行业做出专用分析仪表,扩大应用领域(如对汽轮机等大型旋转机械用润滑油的设备的在线油液分析等)。

(3) 要在标准或立法上下功夫,对原材料、排放及生产过程和公用工程的物质心中有数。如美国医药行业 USP645 标准,规定制药行业所需纯净水必须经过在线电导率测量等,无形中为电导率计的生产开拓了市场。

(4) 采用过程分析技术,要根据实际需要,具体情况具体分析。对一些工艺过程慢的系统如某些发酵

(下转第 43 页)

模糊积分的缺陷,而广义 Choquet 模糊积分及其在信息融合中的应用近年来得到了较广泛的关注。

#### 4 数据融合发展的趋势

综上所述,单一的数据融合算法具有一定的局限性,将多种算法进行优势集成已逐渐成为数据融合算法的研究热点。

##### 4.1 遗传算法和模糊聚合相结合

遗传算法是一种并行化算法,可较好地解决多参数优化问题,且其算子能更好的模拟模糊关系,从而达到较高精度。将其与模糊理论相结合可在信息源的可靠性、信息的冗余、互补性以及进行融合的分级结构不确定情况下,以近似最优方式对传感器数据进行融合。

##### 4.2 模糊系统与神经网络相结合

神经网络对环境的变化具有较强的自适应能力和自学习能力,但从系统建模的角度而言,它采用的是典型的黑箱学习模式。当学习完成后,神经网络所获得的输入/输出关系难以用通俗的方式表示。而模糊系

(上接第 39 页)

工程或化学工程,在实时、在线测量分析方面可以放宽要求。使用在线分析仪,不只是一次性投资较大,日常维护工作量也较大。

(5) 在应用中加强管理。分析仪表在一个大型流程工业企业中可能分属于生产、质量、维修不同部门管理,也可能分属于不同专业,这样的分工管理是必要的,但是还必须注意其共性,特别是分析仪表运行中出现问题时,更需要加强管理,加强多专业间配合。

(6) 关于 PAT 的定义,美国食品药品监督管理局认为它是一个体系,通过对原材料和处于加工中材料的关键质量品质和性能特征进行及时测量,来设计、分析和控制生产加工过程,以确保最终产品质量。它告诉人们,产品质量是生产出来的,而不是化验出来的。所以有人说“分析”是指“分析性能的思维”。

(7) 在学习科技发展史中,得知 1901 年高贝尔斯德和 1903 年茨维特已经发现了色谱法,后来 1931 年库恩用纤维状氧化铝和碳酸钙做吸附剂,把结晶状胡萝卜素分成两种同分异构体,才引起人们注意。又

统则采用简单的“如果...则...”规则,但自动生成和调整隶属度函数和模糊规则是个难题。若将两者结合,取长补短,则可提高整个系统的学习能力和表达能力。

#### 5 结束语

数据融合技术是一门跨学科的综合理论和方法,尚处在不断的发展和完善过程中。随着研究者的不断努力,数据融合的基础理论、兼有稳健性和准确性的融合算法必将得以完善和实现,多传感器数据融合系统将在更多的行业领域得到实际应用。

##### 参考文献

- 1 Waltz E, Llinas J. Multisensor data fusion. Boston: Artech House, 2000, 9~17.
- 2 康耀红. 数据融合理论与应用(第二版). 西安电子科技大学出版社, 2006(5).
- 3 Hall D L, Llinas J. An Introduction to Multi-sensor Data Fusion. Proc IEEE, 2004, 85(1): 作者简介: 华鑫鹏, 硕士, 研究方向为嵌入式系统。

1922 年阿斯顿因发明质谱仪而得到该年诺贝尔化学奖。据统计在仪器分析领域, 质谱分析法有 6 次 10 位学者得诺贝尔奖, 核磁共振法有 2 次 2 位学者得诺贝尔奖。这足以证明该领域之重要, 我们只是将其用在流程工业, 这是有理由能完成的任务, 让我们努力实践吧。

##### 参考文献

- 1 朱良漪. 分析仪器手册. 化学工业出版社.
- 2 陆德民. 石油化工自动控制设计手册. 中国化学工业出版社, 2002, 2(2).
- 3 解怀仁, 杨彬彦. 石油化工仪表控制系统选用手册. 中国石化出版社, 2004, 4.
- 4 刘密新, 罗国安, 张新荣等. 仪器分析(第 2 版). 清华大学出版社, 2002, 8.
- 5 盛龙生, 苏焕华, 郭丹滨. 色谱质谱联用技术. 化学工业出版社, 2006, 2.

作者简介: 卞正岗, 教授级高工, 享受政府津贴, 现为中国仪器仪表行业协会现场总线专业委员会技术顾问。多年从事自动化仪表和系统的研究和应用工作。