

工业自动化测控仪表的起步

何功晟

我国工业用检测和控制仪表的发展是从 1953 年开始的，这以前除了有几家制作自来水表和加工热电偶测温仪表的小工厂和作坊外，几乎没有工业用测控仪表的生产。

1953 年，鞍钢开始“三大工程”建设，工程的设计是苏联编制的，设计管理由鞍钢设计处负责。鞍钢设计处，后来发展成“黑色冶金设计院”，也请来了一批苏联设计专家，指导我们的工作。那时所用的测控设计和设备全部是从苏联进口的。所以设计院相应地设立了测控自动化设计专业科（当时称：计器及自动装置科，简称：计器科）。苏联专家 K. K. 捷列申科是该科的指导专家。

K. K. 捷列申科认为：中国冶金工业的发展将需要大量的自动化测控仪表，如果全部从苏联进口，对苏联的压力会很大，所以最好是中国自己能生产这些仪表；一方面可减轻苏联的压力，同时也可节省中国的外汇。为实现这个目标，K. K. 捷列申科建议要了解中国现有的生产测控仪表的能力和生产厂家情况，看看是否有厂家愿意仿制苏联的测控仪表。这项建议得到设计院领导的支持，并交由计器科安排办理。科里安排我来做这项工作，从此我就在 K. K. 捷列申科的直接指导下，展开了对我国测控仪表（当时称：热工仪表）工业现状的考察和协助组织仿制苏式测控仪表的工作。

1953 年下半年，我开始到沈阳、大连、吉林、长春、天津、南京和上海等几个工业较发达的城市，调查国内生产和研制测控仪表的情况。我走访了几十家大大小小的仪器仪表工厂和研究所，了解他们生产的产品、工厂的装备、车间的组成、人员的结构和技术力量，以及对试制新产品的兴趣等情况。

当时，我国的自动化测控仪表工业几乎是空白，仅有一些私营小厂，也只能生产一点热电偶高温计及指示仪表、弹簧压力表、玻璃管式水银温度计和自来水表等，只有上海新城电器厂制造一种仿美国的浮筒式差压流量变送器和远方显示仪表，上海综合仪器厂生产便携式光学高温计，上海大华电表厂生产各种电力用指示仪表。他们对试制和生产苏式工业用测控仪表，因接触很少、认识不够，故兴趣不大，担心影响他们的收益。只有大连衡器厂是地方国营企业，愿意试制新产品，但需要大连工业局下达试制任务，希望提供样机及费用。

结合鞍钢建设的需要，对这些情况进行了记录和分析，提出了我的初步意见，即：首先

大路蹄痕（工程篇）

在大连衡器厂试制苏式低压报警器和环称式差压计；在上海新城电器厂试制浮子式差压流量计；在上海综合仪器厂试制辐射高温计；在上海大华电表厂试制电子电位差计自动记录仪；并联合鞍钢设备处共同参与在国内组织试制和生产鞍钢建设所需用的苏式测控仪表，设备处可利用订货预付款来支持试制经费和解决产品的销路问题。

我把调查情况和进一步工作的意见向领导和苏联专家汇报后，得到了他们的支持。K. K. 捷列申科还让我和鞍钢设备处戴万有陪同他亲自走访了大连工业局和大连衡器厂。他会见了大连市工业局局长，说明这项工作的重要意义，希望工业局支持衡器厂试制苏式测控仪表，给该厂配备必要的技术力量。我们还根据我国第一个五年计划期间对测控仪表的需用量作了初步的估计，并列表作了具体说明。当时，工业局局长听了苏联专家的建议，看了我们对使用量前景的估计和说明，得知鞍钢设备处又同意预付试制订货经费，他很高兴，决定同意给衡器厂下达试制任务，并调配技术人员。考虑到衡器厂的技术能力，以及他们原来的专业特长，我们决定让该厂先试制“低压报警器”和“环称式差压变送器和指示仪表”。

1954年，大连衡器厂完成了“低压报警器”和“环称式差压变送器和指示仪表”的试制任务，经检验合格后，鞍钢设备处向该厂提出了订货。由此，测控仪表试制和生产就比较顺利地迈出了第一步。以后，鞍钢设备处又陆续向衡器厂提供了环称式系列产品的样机，有高压和低压的，以及测差压流量的环称式仪表，让他们试制。两三年后，该厂已能接受环称式系列产品的订货，为鞍钢的建设提供了良好的设备供应条件。该厂同时还接受其他企业的订货，任务也一天天多起来。衡器厂的主要产品逐步转移为测控仪表，他们干脆就改名为“大连仪表厂”。这就是大连测控仪表基地形成的雏形。

在大连的工作基本就绪以后，我们又去到上海，走访了新城电器厂、综合仪器厂和大华电表厂。

私营新城电器厂职工200余人，生产较大型水管测水流量用的文丘里流量计、美国式浮筒差压计和远方记录仪表，厂长（兼总工程师）就是该厂老板，他接待了我们。K. K. 捷列申科说明了我们的来意，希望该厂仿制苏式浮子式差压计（变送器）和记录仪表。厂长开始有点犹豫，但由于当时号召“全国支援鞍钢建设”，他只好答应下来。两年后，他们也完成了浮子式系列产品的试制和生产。

私营综合仪器厂职工约30人，生产便携式光学高温计和热电偶、热电阻高温计等。该厂技术力量较强，我们建议他们试制苏式辐射高温计，这与该厂原有的产品很接近。开始时，他们怕搞不好要赔本，但是有鞍钢在经费和订货方面的保证，还是接受了下来。两年后也试

大路蹄痕（工程篇）

制成功了。

私营大华电表厂是专门制造电量测量仪表和仪器的一个新开的工厂，厂房是新建的，比较现代化，技术力量较强。该厂老板和总工接待了我们。K. K. 捷列申科建议该厂仿制苏式电子电位差计记录仪表和电子式 PID 调节器（ИР-130 型）。经过说服和鞍钢设备处提供样机并预定货，他们也就同意承接这项任务。大约经过半年多时间，就把样机做出来了。当然，以后大华电表厂就逐步发展成生产电子式记录仪表的“大华仪表厂”了。

1956 年，K. K. 捷列申科得知上海的这些厂都能试制成功和生产苏式测控仪表，很高兴，并亲自去这些厂家察看和参观成果，并提出进一步试制和生产苏联新式测控仪表的建议。

上海，作为我国工业用自动化测控仪表生产基地的雏形，这时已经形成了。



作者简介：何功晟，1927 年 11 月生，1952 年毕业于北京大学化工系，教授级高级工程师。先后在鞍钢设计院、鞍山黑色冶金设计院、北京钢铁设计院、北京热工控制研究设计院、包头钢铁设计研究院任工程师、高级工程师、主任工程师等，1982 年起任武汉钢铁设计研究院自动化室主任工程师至退休。《自动化设计手册》主编。

一个甲子年间的变迁

——回望钢铁自动化工程设计

夏德海

钢铁自动化设计专业成立于 1952 年，迄今正好 60 周年。从不会做到现在能设计具有国际先进水平的 1000 万吨级的钢铁厂，可谓是一个翻天覆地的变化。工程设计是政治、经济与技术的综合体现，我国的钢铁自动化工程设计既打上了苏联的烙印，又留下了“大跃进”与文化大革命的痕迹，最后又受欧美与日本的影响，颇有中国特色。

——写在前面

1952 年我从上海大同大学电机系火力发电专业毕业，被统一分配到东北鞍山钢铁公司设计处，在电气科计器组工作。1956 年随北京成立冶金工业部黑色冶金设计总院，又从鞍山调往北京，直到 1995 年退休。四十三年间，从事过设计、试验研究、业务建设、出国考察、引进谈判、施工服务等工作，还曾去“五七”干校接受过再教育，可谓“多面手”了。

1 钢铁设计院的变迁

在计划经济时代，参照苏联的体制，冶金工业部设置的部属设计院有鞍山矿山设计院、长沙矿山设计院、鞍山焦化耐火材料设计院、北京钢铁设计总院、重庆钢铁设计院、武汉钢铁设计院、包头钢铁设计院和马鞍山钢铁设计院等。北京院之所以叫总院，仅是技术归口，在行政上与其他院是并行的，并无上下级关系，只是按地区分工，如总院管华北，包头院管西北，重庆院管西南。后来冶金部取消后，就不再分地区了，形成了互相竞争的局面。

改革开放以后，各设计院逐步按西方的工程公司转型，如北京钢铁设计总院改为京城工程公司（北京钢铁设计研究总院的牌子仍保留）。后来各工程公司都由中国冶金建设集团（简称“中冶集团”）统管。

设计院与工程公司的不同之处在于：过去设计院专门是搞设计（画图、出文件）；而工程公司属于 EPC 类型，即 Engineering（设计），Purchasing（采购）与 Construction（建造）三为一体。当时，建造是外包给前冶金部所属的 23 个冶金建设公司。由于设计院过去单纯搞设计，所以产值不高；当改为工程公司以后，有了采购业务，合同金额就上去了，效益也就大了。像过去设计院几个亿的产值就了不起，但有了 EPC，合同金额就有几十亿、上百亿。在工程公司内部，有的专业既管设计，也管采购；但也有的工程公司专设设计部和采购部，设计与采购分开。

1956 年，根据北京院苏联自动化专家的建议，将北京院自动化科划出来，再加上一些新毕业的大学生成立了冶金部热工控制研究设计院（简称“热控院”），院址就在北京院的一栋家属宿舍楼内。当时的热控院院长是范治平，下属设计科与研究室，还有一个加工厂。研究室还聘请了一位苏联专家。

1958 年大跃进运动开始，热控院不适合大跃进形势，所以就此撤销，其中研究室并到冶金部钢铁研究总院成为第 12 室。设计科分散到北京院、武汉院、包头院、重庆院与上海冶金设计院等单位。我与少数人又回到了北京总院，在院内又恢复了自动化科。

之后，各地方省市与一些大的钢铁公司纷纷成立了各自的冶金设计院。其目的是便于进行小项目和改造项目的设计，“肥水不流外人田”。再后来按资质将设计院又分成甲、乙、丙三等。

刚开始，能称“总院”的仅北京一家，人谓“老大哥”。后来，随冶金部的取消，原部属的包头院、重庆院、马鞍山院与武汉院也均自称总院。连各大钢铁公司的设计院也自称总院。继之，又将设计院变成设计研究院。这个名称的改变，始于何日已记不清了，但自改名后，未见有明显的研究成果。

文化大革命时，林彪曾发出一号命令，令在京的院所搬迁，我院搬至河南省舞阳县。邓小平复出以后，又返回北京。

2 自动化设计科室的变迁

相对于设计院的变迁，自动化设计科室的变迁就更大了。

1953 年鞍钢设计处正式设置“计器与自动装置科”，简称“计器科”。所谓“计器”，源自日语，显然受鞍钢是日本人占领东北时所建的影响。全科 30 余人，多为各大学冶金、化工、电力和机械专业的毕业生。全科分冶金、化工、动力、信号、机械及标准等六个专业组。冶金组负责高炉、平炉以及加热钢坯的工业炉的计器设计。化工组负责焦化及耐火材料厂。动力组负责全钢铁厂的动力设施，包括自备电厂、高炉蒸汽鼓风机、水泵站、空气压缩机站等公用设施的计器设计。信号组负责上述三组信号连锁系统的设计。机械组负责执行器的安装设计；而标准组则负责全科各设计组所需的标准图和公用的设计资料（如流量孔板，蝶阀等计算书）。分工十分明确。

和其他专业科一样，聘请了苏联专家捷列森科作指导。并配有翻译和专家记录员，后者即记录专家的建议。在唯苏联为瞻的年月里，专家建议必须无条件执行，否则就是大逆不道的政治问题。

1958 年“大跃进”后，计器科改六个专业组为设计一组、二组。从专业组走向综合组，后来因业务建设的需要又增设技术组。

1963 年，时任院长王金栋摒弃源自日语的“计器”，将“计器科”改称为“自动化科”，后又改为自动化室。

1966 年文化大革命开始，取消专业科室，参照解放军编制，按全国地区划分成立了七个连队，并配有政治指导员，每个连队均配有各专业人员。从此从专业走向综合就更为彻底了。

综合连队的编制在搞项目工程设计显然方便了，而且那时号召“下楼出院”“以现场为家”，大家都在现场进行设计工作。

改革开放后，设计院又搬回北京，于是“北京钢铁设计总院”的大牌又从河南舞阳县道台府门口的位置搬回到北京院大门口。随后又恢复了专业科室。因为综合连队分散，各自为政，不足以代表全院的设计水平，也不利于提高专业的技术水平。为了精简机构，将自动化与电信合并在一起，还是称“自动化室”。但这两个专业的业务相差毕竟太大，所以后来又分开了。

自从各设计院变成工程公司后，有的将仪表专业与电力专业合并了，有的仍然分开。目前国外的工程公司，电仪是合在一起的；而有的国外工程公司不设仪表专业，而将仪表（自动化）的业务分包给了仪表大公司了。

3 设计阶段与深度内容的变迁

上世纪的五十年代，按苏联的设计程序和模式将设计分成初步设计、技术设计和施工图三个阶段。后来我们将技术设计的内容分解，即把设计分成扩大初步设计（简称“扩初设计”）和施工图两个阶段（国外的工程公司一般分基本设计（basic design）及详细设计（detail design）两个阶段）。

扩初设计的主要内容包括：

- 在工艺流程图上标出测控点；
- 说明书（表示具有什么水平）；
- 概算。

施工图包括：

- 原理系统图（在图上表示测量与控制点在工艺流程上的位置与功能）；
- 供电系统图；
- 信号与连锁系统图；
- 仪表盘正面布置图；
- 仪表盘背面接线图
- 外部接线图；

大路蹄痕（工程篇）

- 管线一览表与车间管线敷设图；
- 设备及材料一览表等。

我国各行业设计图纸的深度不一，石化行业最深、钢铁次之，电力更次之。

1975年 Honeywell 首先推出 TDC—2000 型分散型控制系统（DCS）后，可谓是业内的一次革命。仪表盘没有了，就在操作站上进行操作与组态，从而带动了设计方法的革命。由于 PC 机的普及，计算机辅助设计（CAD）也得到了普遍应用，取消了描图这道工序，从而在设计院里也取消了描绘科。

4 业务建设

工程设计的业务建设是指设计用工具的创建以及参考资料、设计规定、设计标准和规范等文件的编制。

在计划经济时代，业务建设的项目由冶金部下达计划及经费，各设计院派人参加，部基建局有专人负责。为发挥各设计院的积极性，由基建局指定某专业由某设计院主包。如自动化专业则由北京院为主包单位，我任组长，每个设计院指定一人参加。

其他行业也有类似的办法。如化工部由自控设计中心站组织，他们做的比较好，像自控设计手册、仪表安装图册、CAD 软件等等，都走在我们前面。我们在学习化工部的基础上，也相继编写出版了自动化设计手册、仪表安装手册等。同时也制定了有关设计深度的规定、标准设计等等。所以那时候在冶金部，各设计院的设计在深度、格式等方面都是统一的。

到了改革开放时代，各设计院相继改制，成立股份公司，加之各设计院相互竞争，各自为政，设计内容或深度都小有变化，不再统一。直到加入中冶集团进行重组以后，对业务建设尚有关注，对设计手册、仪表安装图册及有关设计规定等也作过修订，但力度没有计划经济年代那么大。

由于国内钢产量已达 7 亿吨，除了搬迁或淘汰小钢铁进行重组外，设计任务已不多，故将眼光抛向发展中国家，如巴西、印度和中东。在与国外签订合同时，一定会牵涉到标准，因此将设计标准如何与国际接轨就摆到日程上来了。参与国际标准的制定非常必要，但已不是一个设计院能力所及。大家都认为要做，谁来组织，又不肯出头，事情就难办，实在是力不从心。

1992 年，在中国仪器仪表学会下成立了自控工程设计委员会，其目的是交流各院有关工程设计的共性问题，加强与仪器仪表制造厂商的联系。自成立以来，对业务建设，使用新产品经验（如现场总线）等起到了良好的效果。但由于后来经济的不景气，厂商赞助费用困

大路蹄痕（工程篇）

难，设计院又向来是“一毛不拔”，不交会费的，所以举步艰难。

有一次我在重庆开会，碰到中国自动化学会的副理事长、中科院自动化所副所长黄泰翼，他说既然如此，你们就到我这里来好了。于是我们就意向中国自动化学会，了。于是在中国自动化学会下又成立了一个设计委员会，与中国仪器仪表学会下的自控工程设计委员会就分道扬镳了。

在计划经济时代，设计院有选型权，所以要得到制造厂的赞助很容易；到了市场经济时代，选型权在业主，设计院只有推荐权，所以筹款比较困难。

而今中国仪器仪表学会下的自控工程设计委员会还有活动，而中国自动化学会下的设计委员会，已经好些时候没有活动了。

5 几点体会

上世纪五十年代，不光是钢铁工业要向苏联学习，其他行业也莫不如此。所以受苏联的影响非常之大。1952年刚参加工作，不知道仪表与工程设计为何物。苏联专家一来，既不讲仪表的工作原理，也不讲怎么做工程设计，只拿了一套相关的工程设计图纸，让我们照抄照画。苏联专家每天上午到办公室来，看大家画的图，如有不行的地方，就指出来重画。那时候，只知道照抄照搬，不免陷入教条主义。

但那个时候苏联专家有两个观点到现在为止，还是很正确的。那就是：

- 1) 凡是搞自动化工程设计的人，必须要懂工艺。
- 2) 中国必须发展自己的仪表工业，尽量选用国产仪表。

在1958年大跃进的年代，设计院当时的口号是破除苏联框框，解放思想，破除迷信……。于是提出简化设计，甚至有人提出“一张图纸，一个工程”；后来又提出“边设计，边施工”和“先生产，后活动”（属“大庆精神”）等口号。

那时，各科都成立了试验室，我们自动化科也接受试制“能解八阶微分方程的模拟式计算机”的任务。找资料，买器材，好不紧张，也花了不少钱，可是老调试不好。这个作为国庆献礼项目，周忠余院长每隔一两天就来询问做的怎么样？我与李敷华二人急得要命，一连七天没回宿舍，晚上困了，就拼几张椅子当床，拿窗帘当被。有一个晚上，困得厉害，合闸时偶然手碰到了一个继电器的触点，手麻的跳了起来。我当时想继电器是直流24伏的，根本没有高压，怎么会有触电的感觉。由于给电击了一下，头脑反倒清醒了不少，想到可能是感应电压的缘故，于是第二天去买了个大电容接上，结果一试就成功了。这个献礼项目的成功，还报冶金部得奖。遗憾的是后来在设计中没有用上，若干年后就报废了。仓促上马，造

大路蹄痕（工程篇）

成浪费，其经验教训值得总结。

工程设计是个大的系统工程，需要各个设计专业协调配合，在工程投产后，才能见到实效，切忌标新立异、以自我为中心。再则，自动化专业是个辅助专业，是为工艺服务的，要有甘当配角的精神，才能做出真实的贡献。笔者在这方面，体会颇深。

例如，一个加热炉的控制系统采用了新产品新技术，如果炉型合适，燃料条件不错，固然能节能。但如果与后边工序轧钢的节奏不能配合，已烧到合适温度的钢锭送不出去，只能在炉内焖着等待。这样因燃烧控制所得的好处，也因焖炉而抵消。所以，局部效益不等于整体效益。

有些所谓门面工程无非是某些领导为表示自己的“政绩”以取得晋升的资本。由于自动化和整个企业、整个工程相比，花费不大，所以往往成为方便的手段之一。其中最典型的的就是首钢号称“三无”的高炉计算机控制系统。“三无”的口号是上世纪60年代首钢的一把手周冠五提出的，当时人民日报的头版刊出了此消息，并附有照片。

周冠五是个有争议的人物，他对当时首钢的发展，例如首钢的二炼钢厂引进美国的二手设备，快速拉高首钢的钢产量等是有贡献的。但说一不二，命令主义的作风十分严重。例如当时首钢有个工程，首钢设计院要我院来做，但经过了解，要求在这样短的工期里完成是办不到的，所以没有接。最后首钢设计院只能边设计边施工边修改。到期先发部分图纸给施工单位充数，算是没有违背上级命令，按时发图了。但未免弄虚作假，所以他们的设计图纸很乱，不足为训。

所谓“三无”是什么呢？三无即无模拟仪表、无仪表盘、无操作台的计算机控制。在人民日报上刊登的照片来看，头戴柳条工作盔的操作人员，成排的站在计算机的台旁。当时我看了就起了疑问，真正由计算机控制的话，哪里需要有这么多的操作人员，也用不到戴头盔啊！

经过实地调查后发现，当一有报警，操作人员马上拉开控制室一边的布幔，里边还是设置手动操作台的。至于一些主要参数的记录仪，还是放在后边另一个房间内的。所谓“三无”只是供上级领导参观和宣传，实无推广价值。至于后来的月季园和高炉冷却水池养鱼和鸭，虽然对绿化、美化起到了一定作用，但并没有从根本上解决污染问题，烟雾依然弥漫着首钢。

6 两次计算机控制浪潮的反思

上世纪六十年代在国内有过一次计算机控制热，反正只要有一台计算机放在控制室内，

大路蹄痕（工程篇）

就算是计算机控制了，而不问其功能如何。冶金部在包头曾经开了个应用计算机的大会，气氛很热烈，会上我提出疑问，条件是否成熟？但人微言轻，起不了什么作用。当时所谓的计算机控制，一是数字直接控制（Digital Direct Control，简称 DDC）；二是监控与数据采集（Supervisory Control and Data Acquisition，简称 SCADA）。后者的监控是随工况改变仪表控制的设定点（set point），控制仍由仪表进行。

随着热潮的开展，计算机供不应求，如上海计算机厂生产的 131 型计算机脱销。但由于当时计算机的性能不过关，最后以失败告终。

1975 年美国的 Honeywell 首先推出 TDC—2000 型 DCS 后，包钢引进了 DCS，于是又掀起一个热潮，加之当时引进 DCS 可以出国培训，既有政治待遇，又有物质鼓励，起了推波助澜的作用。

由于当时能源的紧缺，原材料的不稳定，引进的 DCS 只发挥了 20-30% 的功能，浪费了不少外汇，外商得了便宜，还讥笑我们，令人十分气愤。

总之，自动化是为工艺服务的，但反过来自动化对工艺（能源与原材料的要求等等）也有一定要求，否则先进的自动化系统也发挥不了应有的作用。为此，本人曾在《基础自动化》杂志上发表过“论自动化的前提条件”一文，限于篇幅这里就恕不详述了。

编者注：该文章选自作者《钢铁企业自动化工程设计 60 年的回忆》一文，题目为编者所加。



作者简介：夏德海，男，1930 年生，1952 年毕业于上海大同大学电机工程系火力发电专业。原北京钢铁设计研究院总院自动化室主任工程师，教授级高工。中国仪器仪表学会名

誉理事，中国仪器仪表学会自控工程设计委员会名誉主任委员。现为中国仪器仪表学会高级技术顾问。

油品规格在线分析仪表的研制

杨名滨

生产过程中在线检测油品规格对于操作人员及时调整工艺参数，保证产品质量十分重要。近代的先进控制技术应用在线分析仪表，除保证操作平稳外，更可达到“质量卡边”、经济效益最优化的目的。

长岭炼油厂（简称：长炼）建成投产不久，我们就开展在线分析仪表的研制和应用，从常减压一个装置开始，逐步向其他装置推进；从一种分析仪研制开始，先后研制成功十多种；从单纯的在线监测到参与先进控制。

迎难而上，精益求精

1973年底，我请命开展油品在线分析仪表的研制工作，得到支持。仪表车间抽出李其庆、戴维民、韦文新、王绍澄、黎祖伦等组建质量仪表班，并先后从有关车间调入赵颐龄、钟君安、潘伟忠、李湘庭和雷俐英。针对常减压的油品分析项目开展煤油闪点、轻柴油凝固点、汽油及柴油的馏程等多种分析仪表的研制。我把在教学时积累的在线分析仪表文摘卡片向大家介绍，确定研制路线。经过日夜奋战，进展不错。最初的闪点分析仪和凝固点分析仪样机在常减压装置中分别用于在线检测煤油、轻柴油，取得满意效果，但故障率较高。1975年9月，成立自动化车间。

各课题组先后研制并改进几种样机，1976年在常减压试用取得较长周期稳定运行。取得满意结果后，逐项减少人工化验次数，直至取消人工化验。各种分析仪加上灯油的比重仪和航空煤油的密度仪一共是6种11台，为此专建了一间房子。分析仪所测得的信号进入控制室的记录仪表，操作员随时可以根据每个油品质量信息调整操作。

坚持在线仪表测量数据与人工化验结果对比，结果误差不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。1977年5月，厂部正式通知，常减压在线分析仪表作操作员质量控制的依据，化验员只定期采样与分析仪对照，不再向操作员提供分析服务。11月，厂部组织对在线倾点、在线闪点和在线馏程3种分析仪进行厂内鉴定，一致认为性能稳定，符合要求。从1978年初起，这些化验项目由分析仪代替人工化验。

“常减压装置主要中间控制分析项目自动化”曾在第一次全国科技大会获奖。中国石化总公司发展部于1986年分别选定兰州炼油厂自动化研究所和长炼计算机应用研究所建立2个在线分析仪表研制、应用、培训基地。向长炼计算机应用研究所拨款120万元。

油品分析仪表研制，要经历方案比较论证、模型试验、样机工业试验、防爆设计审定、防爆样机引爆试验、产品定型批量生产等步骤。研制任何一种油品分析仪表都是十分困难的，然而，不依赖进口，通过自力更生也完全可以取得成功。

从第一台倾点分析仪诞生，到石化总公司决定交付沙市分析仪器厂正式生产的 PPA-69型倾点分析仪，经历5次改进。第四型已稳定应用了近7年。正常条件下测量很准，但发现一旦原料带水或馏分变化很大，就不能正确反映质量变化状态。研制人员没有满足现状，采用全新原理。PPA-69型倾点分析仪由于对试样允许含水、对采样系统没有苛刻要求、维护量极少，因而受到欢迎。1987年石化总公司组织技术鉴定时进行严格测定，测量范围宽（ $-20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ），误差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，达到当时国外同类产品水平。长炼的2套常减压、2套催化裂化全部采用 PPA-69倾点分析仪，共7台。至21世纪初，沙市分析仪器厂共生产销售110多台，在中石油、中石化的炼油厂运行，取得可观的经济效益。

李桦等在 PPA-69倾点分析仪基础上，与现代控制技术预估模型结合，实现了催化裂化轻柴油的先进控制，取得收率高、能耗少、质量稳定的效果。

FPA-12在线闪点分析仪也经历了3次升级换代。1975年开始研制的是按照化验室方法，周期性自动进样，测试后自动记录，先后安装了4台，但维护量大、可靠性差。我从一本在线分析仪表的译稿中看见有几种连续分析的闪点分析仪，建议李湘庭再上一层楼。1982年底，我和潘伟忠、李湘庭等决定走连续测量之路，选定催化热化学反应的技术路线。在建立了原理模型后，钟君安经几个月的人工化验与模型样机数据对比，证实有很大的把握，正式向石化总公司发展部申请立项。

1987年，石化总公司发展部为加快研制和推广进程，和我们商量决定交由沙市分析仪器厂试产。1988年，在常二线工业运行中又发现一些问题，再次对结构进行改造，并在采样系统中加设了样品脱水器。长期运行极少出现故障，维护量很少，分析数据十分理想。至21世纪初共生产80台在炼油厂应用。

ZXZ-I 型在线蒸汽压分析仪

汽油的另一项主要规格是饱和蒸汽压（雷德蒸汽压）。它反映发动机燃料的挥发性、启动车、输送产生气阻和运输储存过程中轻组分损失的倾向。不同要求的汽油，不同的生产季

节，有不同的蒸汽压控制指标。

1985年初，我与罗海涛开始对汽油蒸汽压的人工分析方法及设备进行实地调研，组建了课题小组。10月，拟定实施计划，与石化总公司发展部科装公司签订重点科技项目专项合同，科装公司拨款研制费11万元。

研制的样机与美国 GCA 公司出产的 PSD 雷德监视仪都是模拟人工化验方法，但有很大不同。分析试样 PSD 是用精密的柱塞泵定量。我们用工业水配备简易的喷射器抽真空，符合真空度后试样经过恒节流孔，进入已经恒温为38℃的测量室内；小巧精密的扩散硅传感器测定恒节流孔两端的压差，经开方运算；累积的流量等于设定值即停止进样；温度控制器加热至38℃。另一扩散硅绝对压力传感器测出测量室的绝压，再经过微处理机修正运算获得结果。

ZXZ-I 型在线蒸汽压分析仪于1989年7月和1990年7月先后在长炼和洛阳炼油厂的稳定塔运行，均取得满意结果。既提高了汽油蒸汽压的合格率，又增加汽油收率，对平稳操作发挥了作用。此分析仪重复性和稳定性好，长期运行很少出现故障，精度优于人工化验规定的指标。

1990年12月，发展部组织技术鉴定后，鉴定委员会认为：该分析仪检测原理新颖，国内外首次推出，具备测量雷德蒸汽压和绝对蒸汽压双重功能。各项技术指标均达到并优于设计规定指标，达到目前国外同类仪表的先进水平。对现场使用条件要求很低，安装简便，维护量小，建议小批量生产，在石化部门推广使用。

1989年长炼重油催化裂化装置引进的在线雷德蒸汽压分析仪价值6万美元，投用的几年中，运行故障率较高，泄漏严重。厂部决定用我们研制的蒸汽压分析仪取代进口的分析仪。运行多年测量数据准确，减轻了维护和化验人员的工作量，提高馏出口汽油的合格率和收率，为先进控制回路提供了可靠手段。

计算机应用研究所李桦、周博才等用 ZXZ-I 在长炼催化裂化稳定塔建立了控制模型，克服分析仪测量滞后，实现了计算机闭环控制。由于控制精度提高，稳定汽油蒸汽压控制在设定值的允许指标以内。系统投运后没有出现不合格情况，因而提高了馏出口合格率和汽油或液态烃的收率。当年初步测算经济效益可达138万元/年。

1993年9月12日，国家专利局授予在线蒸汽压分析专利权。该项专利并获当代专利科技成果转让博览会组委会、评委会授予当代专利、科技成果转让博览会金奖。

在线辛烷值分析仪

随着IV型催化裂化、铂重整、烷基化、MTBE 的投产和发展，高辛烷组分越来越多。充

分利用这些组分多生产高标号汽油，对满足社会需求，增加企业经济效益都很重要。测定汽油的辛烷值通常用一台标准的进口辛烷值机和标准燃料，既费钱又费时，操作较复杂。

我早有研发在线辛烷值分析仪的想法，1976年起就注意收集中外文献、样本。1982年初，华东石油学院学生到长炼做毕业设计，我指导张炜对 UOP 公司的 Monirex 辛烷值分析仪和 Foxboro 公司的 81P（流程在线）型进行分析，验证原理。实验结果从定性说明是满意的。

那年3月，我写了《国外辛烷值连续分析仪的发展趋势及其在国内研制、应用的想法》一文；6月，以此文通过答辩晋升为高级工程师；次年4月，在湖南省石油学会年会及论文报告会上宣读此文。

1983年11月，我提出一份研制计划，于29日报送厂计划科。1984年2月6日组建课题组，明确我和戴维民为项目负责人，戴任组长。我们参观了北京石油科学研究院的一台 81L（实验室）型辛烷值分析仪。使用这台分析仪的王幼慧告诉我们其重复性不好。既然 81L 重复性不理想，而是断续进料，不如 Monirex 是连续测量，而且辛烷值变为压力测量也很简单，我决定先按连续测量压力的原理开始工作，经过备料、搭成模型、试验，花费了八九个月时间。最大的问题是作为反应器的石英管子的压力控制需用的调节阀很小，试验用小型手动针型阀可以，但成为仪表自动控制必须用微型调节阀，国内没有，国外缺少样本连型号也不知道，短期无法向国外订货。我决定暂时放弃现有方案，改按 81P 的路线走。本来 81P 是微处理器控制的，现准备花一定时间，采用前年张炜留下的反应器和暂停方案现成的电子电位差记录仪先干起来。

重新搭建模型样机，取得油样局部反应温度与反应器本体的温差随油样辛烷值不同而有负相关关系且重复性不错的结果后，经厂部同意向石化总公司发展部申请立项。石化总公司于1985年8月与长炼签订了重点科技项目专项合同，提供10.5万元研制费，负责组织成果鉴定、成果转让及推广。

数字化改造顺利实施，提高测量精度后发现重复性还不符合设计要求。决定改进反应器结构，并装进一些我厂生产的高铂小球催化剂，由此解决了重复性问题。

1986年9月15日，组装的防爆型在线辛烷值分析仪开始在烷基化生产装置上连续运行，同时，邓锦坚整理图纸，我和阳庆云编写研制报告，申请石化总公司技术鉴定。

1987年7月7日，石化总公司发展部在长炼对计算机应用研究所的“长岭炼油厂计算机管理信息系统一期工程”、“PPA-69型在线振动式倾点分析仪”、“ZXW-86在线汽油辛烷值分析仪”三项科技成果进行鉴定。鉴定意见是：ZXW-86在线辛烷值分析仪在国内是首次研制。

对充分合理地利用组分生产高辛烷值汽油，满足市场需要提供了测试手段，具有一定经济意义。本次鉴定测试项目均达到该仪表技术指标，可以小批量生产，在石化系统扩大试用。

1988年，石化总公司评定给予辛烷值分析仪科技进步三等奖。其发展部决定交由衡阳无线电厂接产，后来还成立由衡阳无线电厂、石化总公司发展部、长炼计算机应用研究所三方合资的衡阳华联实业公司，生产、销售在线辛烷值分析仪及该厂原有的多种油品规格在线分析仪。

十六烷值分析仪

十六烷值是柴油使用性能的主要规格之一，它是评定柴油自燃（着火）性能的指标。它表明柴油在发动机中压燃点火启动的难易，与此相关也表明抗爆性能。自燃性好坏直接影响着柴油发动机燃烧过程的质量和工作性能。十六烷值越高，柴油的燃烧性能越好，越不容易产生爆震等不正常燃烧现象。一般来说，适合轿车使用的轻柴油，其十六烷值不应低于45。

过去炼制石蜡基的大庆原油，质量不错，十六烷值绰绰有余而不重视测试。大多数炼油厂没有购置标准的测试设备 ASTM-CRF 十六烷值机。该机每台10多万美元，标准燃料也很昂贵。因此，每做一个试样要收成本费600元。

我在辛烷值分析仪研制时就意识到既然汽油局部氧化有冷焰反应，与汽油的组成相关，那么会不会柴油也有类似的冷焰反应，同样与柴油的组成相关，从而与十六烷值相关？我们通过试验，结果表明柴油的十六烷值与反应烈度有很好的正相关关系。

1991年初，我到与柴油十六烷值测试有关的炼油厂、研究院、设计院调查研究，先后写了《论柴油十六烷值的测定方法及仪器》《研制柴油十六烷值分析仪可行性报告》。比较了多种测定方法后，觉得局部氧化冷焰反应方法对我们更有优势。同年4月，写了《柴油十六烷值分析仪的研制》报告，报送石化总公司。

报告中说明必须购置一台 ASTM-CRF 十六烷值机作为标准，研制过程中经常去北京或洛阳花钱请别人测试样是不可想象的，进口一台装在我厂化验室也一举两得。连进口设备在内研制费150万元。

我们将冷焰反应热化学法作为研制的主要方向。研究工作分可行性再试验阶段、模型机组建试验与改进阶段、工业样机阶段和工业运行考验阶段，一步步有序进行。

我赴京参加项目答辩，谭昌元、杜鸿年等5位专家听取了我的可行性报告。对于提问，我一一作回答了。答辩没遇到障碍，项目很快被批准，石化总公司投资150万元。继而组装

大路蹄痕（工程篇）

了一台模型机，具有分析过程的自动控制功能。经反复试验，修改反应器结构加了一层衬里才获得良好结果。接着制作了2台防爆样机。防爆的难度出在排气部分，多次修改图纸，先后加工制造四种排气部件，才符合防爆要求。防爆工业样机仍然通油测试，结果都达到预定的性能指标。

为了考验长期运行的条件，最后阶段是在长炼二堇柴油自动调和系统，检测调和后的柴油十六烷值。运行期间共采集油样42个，分析仪的打印结果与 ASTM-CRF 分析结果对比，准确度在1CN 范围内的占93%。

1992年11月，我调往厂部。不久，阳庆云也离开课题组去衡阳华联实业公司任总经理。课题由丁洪文、方锐、李菁茹、梁楚、吴志辉、王峰等接着做。此时已进入工业样机阶段，我退休前力促抓紧调和系统的安装，总算在1996年3月投入运行；至1997年6月中旬，由石化总公司技术开发中心组织鉴定。

鉴定认为：测量结果与 ASTM-D613-86和 GB/T386-91的规定相符合；对油样变化的响应较快，具有较好的重复性；既能用于在线检测，又能用于化验室分析。经较长时期运行考核，性能稳定，属国内外首创，技术性能处于国内领先水平。1998年，中国石油化工集团公司授予 CNA-1型在线十六烷值分析仪科技进步三等奖。2000年8月19日，国家知识产权局授予“柴油十六烷值分析方法及仪器”专利权。

长炼先后研制成功馏程、干点、闪点、凝固点、倾点、蒸汽压、辛烷值、十六烷值、初馏点9个项目十几种在线分析仪表。其中，闪点、倾点、蒸汽压、辛烷值已由正规分析仪表厂生产，在众多石化厂及质量监测部门推广应用。其中蒸汽压、十六烷值两项获得国家发明专利。



作者简介：杨名滨，1934年生，教授级高级工程师。1958年毕业于北京石油学院石油与天然气工学专业；1959年参与北京石油学院石油生产过程自动化专业组建；1969年调至长岭负责仪表自动化技术工作，先后组织并参与油品在线分析仪表研制及应用、成品油罐区计算机管理、计算机管理信息系统及管理-控制一体化研究与实施；1992年任厂副总工程师，享受国务院政府特殊津贴。

痕迹

王文琦

我于1961年毕业于浙江大学化工自动化专业，分配到南京分析仪器厂，从此开始从事自动化仪表工作的生涯。在有效工作的36年间，虽做过不少工作，但在祖国自动化仪表事业里，也只是沧海中的一滴水而已，在历史上留下的也只是浅浅的一点痕迹。但值得欣慰的是我没虚度此生，为我的祖国尽了心力。下面简叙我一生中值得回忆的几件往事。

一、从事分析仪研发工作十五年

1964年春，我参与了南仪厂与上海化工研究院合作开发工业色谱仪的工作。不久南仪厂接受了一项任务，与科学院大连化学物理所合作，将该所的一项研究成果，实现仪表化，即制成一台工业色谱仪，用于某项重要工程。南仪厂领导决定派我前去参与主持这项任务。

南仪厂为这项任务，先后派出6人参加研发工作。我们与该所有关人员组成一个工作班子，总负责人是该所仪表室主任汪骥，我和朱心棠以及该所的钟衡、王国志从事工业色谱仪的设计试制工作；仪表分析流程、色谱柱制作标定工作由该所分析室的同志和南仪厂的杜爱华、张惠芳共同承担。

当时没有工业色谱仪的完整技术资料，只有该所原先制作的热导池和取样阀的初样。如何在这基础上，设计制成一台能在工业流程上长期稳定运行的工业色谱仪，还得从头做起。制成灵敏度高、稳定性好的热导池检测器，是首当其冲的大问题。经反复思考比较，我决定在该所热导池的基础上，设计出四臂双向扩散型热导池。这样既可保持原有的高灵敏度，又增强了它的稳定性。

但是，它的池腔孔径为 $\phi 4\text{mm}$ ，长约有200mm左右，要求高，加工比较困难。为此，南仪厂专门派房志清同志前往大连化学物理所完成这项任务。当年他也才30岁出头，经验丰富，手艺高，在该所相关人员配合下，经过多次反复努力，最终完成了这个加工任务，制成了合

大路蹄痕（工程篇）

飞鸿踏雪泥

格的热导池体。进而由王国志、朱心棠进行热导池的吊丝、配对、老化工作，忙碌了一阵子终于制成了合格的热导池。与此同时，整个仪器的设计、加工工作，也按计划紧张有序地展开。

为了达到在工业流程上长期稳定地运转，在仪表主体结构设计上，也采取了一些措施，确保它内部有一个稳定的温场，并设计制成连续调节的电子温度控制器和供热导池用的稳定电子电源。当年由于还没有普及半导体器件，只好用真空电子管来实施。整套仪器的运行程序，是设计用电子步进式控制器来操控，技术性能均达到设计要求。

当零件加工完后，整个工业色谱仪的装配调试工作，进行得十分紧张有序。为了按计划完成这项任务，所有人员加班加点，放弃周末休息，都习以为常了。大家都没有半点怨言，默默地努力工作。经过数月的调试，终于在1965年夏完成了专用工业色谱仪的开发研制鉴定工作。

然后，这项研发成果转入南仪厂试生产。在试生产期间，遇上了文化大革命，生产遇到严重干扰，但在有关人员和该工程驻厂代表们的共同努力下，排除干扰，基本上如期完成批试任务。于1967年正式交接验收，运往工程使用。整个研发试制工作告一段落。产品数量虽少，但为我国发展尖端项目出了一份力，尽了一份责任。它也为我国工业色谱仪的开发迈出了第一步。

当时正处在“文革”时期，但我与朱心棠等人仍主动从事科技实验工作。我们测试一台刚从国外买来的工业色谱样机，学到不少东西，尤其是里面的半导体电路技术，给我们留下较深印象。于是我们立即动手寻找器件，很快开展了可控硅连续温度控制器的设计实验，最终获得成功。遗憾的是不久我们几人都被调离技术岗位，到车间去当工人，我一干就做了五年钳工。1969年秋天内迁至重庆川仪九厂（川分厂）后，在川分厂党委书记李培玉主持下，落实知识分子政策，才又回到技术部门工作，但工作阻力很大。后让我负责研发四川石油局川南气矿的天然气全组份色谱仪。我与张志明等人一起为适应矿区环境需要，做出全新设计。在设计中大胆采用多项新技术。首先用铯钨丝作热导元件，当时国内无此材料，就联系重庆材料研究所。经双方努力终于研制成功，并在国内首次制作成热导元件并获成功。从此国产色谱仪均采用这种元件。并将可控硅温控器成功用于金属块作温场的控制。为了获得稳定的载气流量，试制成流量调节器至今仍在同类色谱仪上使用。由于采用多项新技术，在初步调试中，出现了一些衔接上的问题，在当时极“左”的“文革”环境下，立遭非议。在这困难的时刻李培玉书记给与有力支持。我向他立下军令状，问题很快得到解决。但部门个别人仍

大路蹄痕（工程篇）

要将样机“掐死”在调试中。此刻在旁参与工作的川东气矿实验室主任了解内情。他认为样机不错能满足要求，向川分厂提出愿意出4万元购买此台样机。李培玉书记就严令不准毁坏样机，不久样机调试成功并卖给川东气矿。此时川仪总厂急需学控制系统的人来做系统成套工作，我被调入川仪总厂技术科，从事着项工作。当时虽心中有些不甘，未能把全组份色谱仪形成一个系列产品。不过又让我回到我所学的专业从事系统成套工作，还是很感谢组织上的安排。

二、首闯自动化技术成套领域

1975年初，调到川仪总厂技术科，从事技术成套工作。在当年工业学大庆、农业学大寨的政治形势下，川仪总厂接受了一项支农任务。要求从自动化仪表的技术角度，为提高中小型化肥厂的生产水平，做一些有意义的工作。

为此，将我调来主持这项工作。当年全国引进了一批现代化的工业装置。它是以成套方式进行操作，效果很好。国人对此很羡慕，也很陌生。决心也来实践摸索一下。我接受任务后，与我的搭档何志超同志很快进入角色。我们先到项目合作单位四川省简阳氮肥厂。该厂厂长张洪典是位南下的老干部，为人正直，作风踏实，信任知识分子，自始至终一直积极支持这项工作，并决定在该厂新建的5千吨合成氨装置上进行试验。同时派该厂技术人员艾应宜、游为善同志与我们两人组成一个工作班子，共同开展工作。我们先从了解工艺流程、生产设备着手，而后提出了一个全生产过程自动化的技术设计方案，经过厂内外专业人员讨论通过，并得到上级领导的批准。

这套设计方案，大胆地打破了当时对中小型化肥厂生产装置只用人工操纵的观念，而采用抓住主要生产环节设备，实现仪表自动调节。在车间实现分散控制的基础上，进行全流程集中监控调度。如变换炉触媒温度、碳化塔液位、合成塔反应温度等处，全用上了仪表调节系统。从而达到了整个生产操纵，更趋于稳定可靠，获得了成功。

这种做法对于仪表企业来说，从思想上突破了原来只管生产仪表，不问使用，更不管效果和实际需要的格局。当时我们将设计拿回川仪总厂，作了一番仪表设备的供需对照，知道了川仪总厂所生产的品种还缺什么，能干些什么？那时川仪总厂只有记录仪、指示仪、一些分析仪和部分调节阀。这项工作在当时确实在推动川仪总厂的技术进步上，起到了积极作用。例如加速开发调节器，不仅是电动 III 型仪表，也上了气动 III 型系列仪表的开发。同时，新增开发防气蚀的高差压调节阀、防易结晶堵塞的特种调节阀等产品。

前后经过两年多努力，终于完成了这项技术成套工作。这也为川仪总厂在全国自动化行业里，取得如何开展技术成套工作，迈出了第一步。后来我们在四川省内的另外四个同类型化肥厂推广了这项成果。从这项工作上得到了一些经验，也对日后的技术成套工作，起到了启示作用。

当时系统技术成套工作是以自控系统为基础的新的领域，不仅向使用厂家提供成套完整的控制技术，并且实实在在地解决生产上的问题，获得可观的经济效益。对仪表厂来说，它摆脱了只管生产，不了解用户需求，也不知道该如何来发展下一步技术的这种盲目局面。一个现代化的大型仪表企业它必须是一个有自主开发能力并有核心技术。不仅要抓好当前生产，同时也能着手开发未来的产品。只能从系统成套中获取诸多信息和效益。我当年从简阳氮肥厂系统成套工程中，向川仪总厂以及下属分厂提供这方面信息，总厂决策层也及时采纳，发展了调节器、特种调节阀、变送器等产品，对当年川仪总厂的生产技术发展起到了引导作用。使川仪总厂从原来处于“配角”地位只提供部分产品，发展成国内主要的成套产品企业。组织上对我的工作也作出了肯定，吸收我参加中国共产党，首批任命我为工程师、主任工程师、高级工程师。这些都是在1976年粉碎“四人帮”，实现改革开放后取得的；也正是在我们党领导下，祖国科学的春天来到了中华大地，在焕然一新的大好形势实现的。我们知识分子才有报效祖国母亲机会。

三、率先在大型石化装置上采用国产化数字仪表

上世纪八十年代中期，川仪总厂引进了日本山武/霍尼韦尔公司的 Digitronik/line 系列仪表（简称：D/line）生产线。不久，四川维尼纶厂（简称：川维）派人前来调研 D/line 系列仪表引进生产状况和产品性能质量情况。他们此行的目的，是因为该厂有一套化工装置是引进法国的全套设备，但是仪表控制系统却一直不正常，造成整个生产装置经常停车，给全厂生产带来极大麻烦。所以，他们决心寻找一套新的可靠系统来替换原有的系统。为此，我们详细地介绍并演示了 D/line 仪表的性能，并带他们参观了 D/line 仪表生产线。而且还承诺，若用了 D/line 仪表，川仪总厂一定负责到底。将协助他们进行原仪表系统的改造设计，对人员进行培训，配合现场调试投运。

他们经研究后决定与川仪总厂合作，采用 D/line 系列仪表来改造原有仪表系统。签好合同后，双方共同组成设计小组，川仪总厂由我和王超先参加，川维由黄勤烈和另一同志参加。众所周知，模拟仪表系统与数字仪表系统的性能结构组成，有很大的差别，模拟系统是用各种不同功能的仪表单元，通过外部连接，组成所需的特定功能系统。而数字仪表系统，

大路蹄痕（工程篇）

像 D/line 中的 KMM 表，它是由内部各种不同功能的软件模块，通过内部组态编程，实现所谓软连接，组成所需的系统。因此，我们按工艺对控制的要求，也参照原系统的性能，着力于充分发挥 D/line 数字仪表系统的优势，把控制系统的性能设计得比原系统更好。把工艺上的一些参数也准确地计算成数字仪表上的设定值。

由于双方配合默契，共同努力，顺利完成了改造设计工作。接下来双方按合同，各自做好相应的工作，最后由黄勤烈高工主持了新系统及生产装置的开车投运，并一次取得成功。在后来数年的长期运行中，这套新仪表系统一直很正常。此举既解决了多年来一直影响川维厂正常生产的“顽疾”，也为在大型石化装置上采用国产化的数字仪表系统技术开创了先例。

川维厂的这项仪表控制系统改造工程结束后，我们又在重庆钢铁公司1万立方米/小时的大型制氧机上，再次成功地采用 D/line 数字仪表系统。这系统也是由我带领董明华、龚易成等年轻人，配合杭州制氧机厂共同完成设计和现场调试工作。

经过了在大型系统上的实践，我们已全面掌握了数字仪表系统的技术。不仅如此，这些成功的工程项目对新的用户是活生生的样本。他们看后可大胆放心地采用这些技术，这对于加快大型企业技术改造，提高企业生产效益，乃至推动社会经济发展均有积极的作用。生产数字仪表的川仪18厂从此年年接到大量订单，也只能说我们都出了一分力。

四、全力以赴推广 DCS 技术

上世纪八十年代初，由国外传来 DCS（分散型控制系统）技术，我较早接触到此项技术。当时川仪总厂获准引进美国霍尼韦尔公司 TDC/3000 Basic System 项目。我参与了该技术的推广应用方面的工作，其中值得追忆的是，在四川省渠县脱硫厂400万立方米/日天然气脱硫装置项目上进行 DCS 的技术应用实践。

该工程是由四川石油设计院负责设计工作。对此该院十分重视、谨慎，因为这套天然气脱硫装置规模大，在省内国民经济上很重要，来不得半点闪失。另外，对于 DCS 技术，大家十分向往，但心中还不踏实，因为当时都还没有亲自实践过。院方担心用上 DCS 后，现场操作人员是否能摆脱原来依靠模拟仪表一对一地进行操控的习惯。同时，也担心当生产装置运行出现异常时，在 CRT 和键盘上能顾得过来吗？1985年该院找川仪总厂探讨如何上 DCS 的问题。双方经过一段时间的讨论，决定提出两套设计方案。一是全部用 TDC/3000 Basic System，直接用 CRT 和键盘来操控生产；二是用部分 TDC/3000+D/line 组成混合系统。这样既可在 CRT 和键盘来操作，也可以在必要时，直接在 D/line 单个仪表上操作。最后院方领导决定采用二号方案，以这种逐步过渡的方式进入数字系统技术。川仪总厂与省石油局签订合同，

大路蹄痕（工程篇）

飞鸿踏雪泥

系统的技术成套工作在川仪总厂技术成套部展开。D/line 仪表由川仪总厂生产，TDC/3000 Basic System 部分从日本山武公司引进。具体的设计和系统软件的组态编程及输入工作，由我带领詹永宁、王超先、卢军承担；系统到现场调试投运工作，也由我们直接参与。

在当时可以有两种不同的实施做法。一种做法，直接把这些工作，包给日本山武公司来完成，我们完全旁观。另一种做法，上述这些技术工作，全由我们自己来做，可以节省下一笔费用，但整个责任全落在我们肩上。经过认真思考后，我决心采用后一种做法，即由我们来做，来承担一切责任。这不是蛮干，虽要冒些风险，但是我们都有相当的专业知识和不少的工作经验，虽有一定困难，只要踏踏实实去干，困难是可以克服的。现在看来，这些都是小事一桩，但在当时是首次涉足这类工作，冒些风险，却可以从“实战”中得到锻炼，对真正掌握 DCS 的应用有好处。实践结果证明我们决心下对了，事情最终做成功。

在组态编程设计的过程中，四川石油设计院给予了密切支持配合，组态编程输入 DCS 设备中去的那阶段，还请山武公司来人作过短暂的指导。经大家共同努力，完成了组态编程数据输入的全部工作。因当时工程建设上的原因，到1989年才在现场进行安装调试投运工作。在 DCS 现场安装后的调试阶段，脱硫厂的同志们与我们一起工作，我们还一起对操作人员进行 DCS 系统技术的传授，使他们也很快地掌握了这套系统的使用。前后经历了两个多月的苦战，终于顺利完成了这项工程。我们又成了第一次掌握 DCS 技术全过程应用的实践者。

1994年，我悉知浙江大学研制成功具有完全自主知识产权的、我国自己的 DCS——Supcon，真是非常高兴，但一时与他们联系不上，虽然大家都师出同门，因彼此就读于浙大的年代相距甚远，与这些有为的年青人互不相识。我想起了恩师王骥程教授，即去信求助。他当时在国外，待他回来见信后，立即将我的情况转告 Supcon 项目主持人褚健教授。从那时起我与褚健相识相知，并介绍我参加到中控的技术推广应用行列中来。

我在西南地区，把当年一些工作上有联系的单位和人员，引领到中控方面来，向他们介绍推荐这方面技术。其中有我参与成功的项目，如云南工业大学实验室的 DCS 装置，长寿化工厂的一个装置，重庆北碚玻璃厂、四川省达县钢厂的一个装置，以及无纸记录仪的应用。

2000年，我儿子正式加入中控。我因年事已高，全身引退，回家承担起教育小孙子的重任。现见中国的自控事业蒸蒸日上，把正宗的中华民族血统 DCS 技术和全新的控制理念推到了更高的层面，并大获成功，心中万分欣喜。我们这代人，奋斗了一辈子的自动化仪表事业，现在，已由新一代有为的年轻人创造了辉煌的今天。我深信祖国自动化仪表事业，明天会更加灿烂辉煌。

作者简介：王文琦，1937年12月18日生，上海人，汉族。1961年9月毕业于浙江大学化工自动化专业，分配至南京仪器厂。1969年随厂内迁重庆北碚四川仪表总厂九分厂，1975年调至总厂技术成套部。历任技术员、设计组长工程师、主任工程师、副总工程师。1997年退休。

引进电厂自控系统

孙丙玥

“文革”结束后，国民经济迅速恢复，电力供应短缺现象层出不穷，经常要拉闸限电，严重影响经济恢复。1976年下半年，第一机械工业部、水电部有识之士酝酿引进国外技术，提高国内制造水平，得到有关领导和专家的认可。1979年9月，一机部、水电部联合提出引进300MW、600MW火发电机组制造技术；1980年1月28日，国家进出口委、计委、经委联合向国务院提出引进大型火发电机组制造技术的请示；同年2月，国务院批准三委报告。至此，300MW、600MW火发电机组技术引进和上海、哈尔滨两个发电设备制造厂的技术改造项目始告确定，发电设备的制造历史翻开了新的一页。

而仪表与自控系统的工作开始较晚，国家仪器仪表工业总局于1981年8月17日接到一机部的文件，已比主辅机的工作晚了两年多。当时，对这一先进电站自控系统的要求与认识是比较模糊的。为了迅速赶上主辅机的引进技术进程，决定首先对过去进口的电站自控机组全面了解，以及我国当时仪表控制系统与国外的差距，成立了以上海工业自动化仪表研究所和重庆工业自动化仪表研究所为核心的国家队，对陡河电厂、元宝山电厂、大港电厂、宝钢电厂等进口电厂的仪表和控制系统着手研究，比较差别。发现最突出的差距在仪表和控制系统，是最薄弱的环节，而不是主辅机。

根据美国EBASCO电站设计工程公司提供技术规范建设的石横电厂、平圩电厂，要求达到八十年代国际水平，突出标志是每发一度电煤耗为320克，电厂用电率为4.4%，连续运行时间为3000小时。而当时国内电厂发一度电耗煤360克，电厂用电率为6%，连续运行时间仅为1400小时。所以对主辅机和各种仪表自控系统的设计要求，既要先进又要安全可靠。

我们和电力部规划设计院、华东电力设计院、西北电力设计院在上海召开联络工作会议，拿到了EBASCO关于自控和仪表有关规范书共105本，分别对这些内容进行全面系统的学习。对规范书的了解，系统多而复杂，测点多而快速，安全可靠性能高，操作迅速灵活，自动为主

很少手动。有些高检测指标，如水质要求为 PPb 级，超过国内刚为环保引进的 PPM 级；许多自控系统如锅炉火焰安全检测系统、协调控制系统、数字电液控制系统和计算机监控系统，在国内基本上是空白；硬件和软件指标均很高，究竟用何种资料作参考，家底很不清楚。虽然仪表行业为电力工业服务 20 多年的经验，但机组大部分是 50MW、125MW 和 200MW，300MW 发电机组，相应的配置是 BTN、DDZ-I、DDZ-II 型单元组合仪表；近年来也发展组装式 TF-900、MZ-III 型自动检测、调节控制仪表及各种现场测量调节、显示记录检测、信号测量系统等，而对引进的石横电厂 30 万 MW 和平圩电厂 60 万 MW 的要求，我们根本达不到。

所以，我们以有经验的上海工业自动化仪表所和重庆工业自动化仪表所及各仪表厂为核心，组织国家队。

1、重点吃透，以当时进口的上海宝钢电厂为样板，进行重点剖析，对其中系统和仪表进行了分类统计工作。宝钢电厂仪表总台件为 4400 台套，协调控制系统用的是日本横河 1100 组装式仪表，共 10 个机柜，其中一个为电源组件共 41 个品种 1014 块插件，同时还用它所有监控计算机作为概念分析，做到心中有数。

2、吃透水电部提供的 105 本 EBASCO 规范书，其中初级规范书 35 本，中级规范书 70 本，逐本查阅和摘要，并对其中仪表和控制系统有关的 56 本重点进行了研究和消化。

3、邀请部分对发电厂熟悉和有经验的国外厂商，如 Foxboro、Bailey、forney、Moasonilan、Resmounr 等公司专家来进行技术交流和座谈，尽可能地使将来有承担工程任务的单位，对在电站控制系统中使用的国外仪表和控制系统现状有所了解。

4、1982 年 7 月 22 日~28 日，我们在上海召开了石横、平圩两电厂的仪表控制系统技术衔接会议，水电部基建司、技术司、设计院和机械部计划司、科技司、电工局都派人参加，到会的代表都认为，这两个工程仪表和控制系统都比较先进，第一台基本上都要靠国外，如果没有统一的规划和强有力的措施，将会影响到两个机组的按时投运与考核，但今后如何国产化的矛盾也很突出，所以如何能使两部更好地配合，在引进设备和国产化之间找到一个最佳的途径。

通过协调会，总算有了眉目，大部分能落实的均是一些配套仪表，配合引进的有关主辅机控制系统规范书方面，由于时间关系还没有消化透，设计部门也不能全部提出，只能在总轮廓清晰下，分期分批进行。我们的提法是攀龙（用户）附凤（主辅机制造厂），按照技贸结合的总原则，进行技术引进工作，明确一项谈一项。在洽谈过程中和电力设计院、设计院和主辅机制造厂密切配合，取得他们的支持和合作，同时又要符合我们仪表行业长远的发展。

展规划，主动推荐厂商，做到有所为有所不为。虽然有的产品早已随主辅机配套订购，有的是电力部自己采购，但我们还是争取配合他们。从接受任务起我们与水电部技术协调 20 次，控制和仪表协调会 9 次。1982 年底，两部研究下达给仪表局，为石横电厂、平圩电厂工程直接配套仪表和自控系统任务共 54 项，其中自控系统为 14 项，产品为 40 项。

14 项自控系统为：监控计算机管理系统、BTG 盘、信号报警系统与热工信号装量、输煤控制系统、除灰控制系统、锅炉补给水系统、汽水取样系统、循理水加氯、循理水及冷却水塔系统、供水系统、废水处理系统、暖通控调系统、消防控制系统、电动泵控制系统。

40 个产品：一次测温元件热电偶热电阻、发电机线棒、汽缸汽机锅炉本体金属温度计（铠装热电阻）、火焰检测装量、小条型风压表、料位测量装置、双色水位计、酸碱液位信号装量、电子皮带秤、电子动态轨道衡、氧化锆分析仪、水中溶解氧分析仪、汽水 PH 计、联氨表、纳度表、微电导仪、磷酸根分析仪、硅酸根分析仪、排水浊度计、SO₂ 分析仪、NO_x 分析仪、余氯分析仪、热焓分析仪、比电导率探针（实际上是电导仪）、灰浆流量计、灰浆浓度计、变送器、程序控制装量、逻辑开关、火灾报警装量、事故记录仪、显示记录仪、多点记录仪、记录仪表、中小型面板指示仪与数字仪表、气动执行机构、电动执行机构、气动隔膜阀、气动薄膜调节阀、电磁阀、仪表针型阀。

还有协调控制系统、自动加药控制系统、最小流量再循环系统均未确定。

任务下达后我们对其中项目进行摸底分析，哪些是我们国内已有，通过提高就能解决；哪些是国内缺的或质量不过关的，需要引进，做到心中有数。

任务明确后，我们通过择优方式，集中全国力量对关键而又有难度的系统进行重点研究，把最关键的监控管理计算机项目，与水电部规划院、设计院、电厂一起赴国外考察、讲座、谈判，最后与国内已有的合资企业上海 Foxboro 公司签订了供货合同。这样既有利于国产化，也有利于培养我国企业对 Foxboro 监控管理计算机的推广和维护。

另一个关键的控制系统为协调控制系统，我们与主机厂协调衔接，承担了辅机协调控制系统中的 5 个子系统，即除氧器水位控制系统、除氧器压力控制系统、给水泵最小流量再循环系统、发电机氢冷温度控制系统、发电机冷却水温度控制系统。

对于需要引进的产品，不是采取一项项孤立引进，而是结合仪表系统的长远规划，以及石横电厂、平圩电厂工程的需求，由仪表局带头，与具体厂、所联合专家和用户，共同对国外厂商货比三家，最后确定目标。

大路蹄痕（工程篇）

飛鴻踏雪泥

通过一年多深入了解，觉得过去对电站的所谓配套都是零星的，不能形成气候，远不能适应工程配套的要求。因此，在总结时，提出了“以工程带系统、以系统带仪表”的方针；同时结合实际情况，用矩阵法把大系统分成子系统，把子系统用的仪表检测、调节、显示、执行等手段结合在一起，形成一个有机的整体，把 54 项任务分门别类进行引进或自行研制。引进中也采取了技术引进、合作设计、样机仿制、自行设计等，按预期进行。1983 年~1987 年，我们已与 26 家国外厂商签订了 33 项合同，用汇 2400 万美元，涉及 17 个子系统和 52 种仪表（表 1）。达到了 80 年代初世界先进水平，配合“75”期间重大项目的科研攻关和国产化，到“75”结束时对电站配套的品种满足率已达到 80%，国产化率在 65%。

表1 电站仪表与自控系统引进一览表

序号	名称	引进厂商	技术引进单位
1	监控计算机系统	美 Foxboro	上海工业自动化仪表研究所、上海 FOXBORO 合营厂
2	协调控制系统 (CCS) 及产品系列	美 Foxboro	上海工业自动化仪表研究所、上海 FOXBORO 合营厂
3	数字电液控制系统 (DEH)	美 Westing house	上海新华电液控制公司
4	炉膛火焰监测系统 (FSSS)	美 Forney/美 CE	北京检测仪器厂/阿城继电器厂
5	热工信号报警系统	美 Rochester	上海自动化仪表一厂
6	B.T.G 盘及其 CAD/CAM 技术	美 Comsip、美 Bailey	上海仪器仪表成套厂、上海工业自动化仪表研究所
7	加氯控制系统	美 Capital	北京自动化仪表七厂
8	除灰除渣控制系统	美 Ash	上海工业自动化仪表研究所、天津自动化仪表厂
9	暖通控制系统	美 Honeywell	北京自动化系统成套设计院
10	消防控制系统	美 Honeywell	北京自动化系统成套设计院
11	大气环境污染检测系统	美 Monitor	北京分析仪器厂
12	铠装热电偶	法 CMR	上海自动化仪表三厂
13	铠装热电阻	英 Rosemount	上海自动化仪表三厂
14	精密压力表	日本山本计器株式会社	北京自动化仪表三厂
15	重锤料位器	美 Bindicator	上海自动化仪表五厂
16	电容料位器	美 Bindicator	上海自动化仪表五厂
17	超声料位器	美 Kay Ray	上海自动化仪表五厂
18	双色水位计	日本文化贸易株式会社	铁岭光学仪器厂
19	灰浆流量计 (电磁流量式)	英 Kent	开封仪表厂
20	电子皮带秤	美 Merrick	华东电子仪器厂
21	高温高压调节阀	美 Mousenilien	上海自动化仪表七厂
22	气动隔膜调节阀系列	英 Sandus	天津自动化仪表四厂
23	气动薄膜调节阀系列	日本山武 Honeywell	吴忠仪表厂
24	电磁阀	西德 Herion 日本全会社	丹东电磁阀厂、天津电磁阀厂
25	气动执行机构	美 Bailey/日本富士	西安仪表机床厂/天津仪表专用设备厂
26	电动执行机构	西德 Siemens	大连仪表三厂
27	气动基地式仪表系列	日本山武 Honeywell	广东仪表厂
28	可编程控制器	美 Gould	天津自动化仪表厂
29	逻辑开关 (温度、压力、差压)	西德 Herion	上海远东仪表厂
30	事故记录仪系列	美 Rochester	大华仪表厂
31	记录仪	日本横河/日本千野	四川仪表四厂、大华仪表厂
32	电工记录仪系列	西德 B.B.C.	永奇示波器厂
33	电量变送器系列	美 Rochester	永胜电表厂、上海浦江电表厂
34	中小型面板指示仪系列	西德 H&B	永胜电表厂
35	1151 电容式变送器	美 Rosemount	西安仪表厂
36	氧化锆分析仪	英 Kent	南京分析仪器厂
37	CO ₂ 分析仪	美 Monitor	北京分析仪器厂
38	O ₃ 分析仪	美 Monitor	北京分析仪器厂
39	NO _x 分析仪	美 Monitor	北京分析仪器厂
40	SO ₂ 分析仪	美 Monitor	北京分析仪器厂
41	标准气体发生器	美 Monitor	北京分析仪器厂
42	CO 分析仪	美 Dasibi	北京分析仪器厂
43	硅酸根分析仪	英 Kent	北京分析仪器厂
44	磷酸根分析仪	英 Kent	北京分析仪器厂
45	溶解氧分析仪	英 Kent	上海雷磁仪器厂
46	联氨分析仪	英 Kent	上海雷磁仪器厂
47	微电导分析仪	英 Kent	上海雷磁仪器厂
48	pH 计	英 Kent	上海雷磁仪器厂
49	钠分析仪	英 Kent	上海雷磁仪器厂
50	余氯分析仪	美 Capital	北京真空仪表厂
51	漏氯分析仪	美 Capital	北京真空仪表厂
52	感烟、感温探测器	英 AFA	北京自动化仪表二厂

但由于仪表和自控系统新技术的不断出现及大型电站设备的需要，尤其是控制系统方面，国外已从监控管理计算机系统发展至 DCS 分散型控制系统，为了进一步跟踪世界先进水平和提高产品成套率和国产化率，国家计经贸委对电站控制系统国产化专项批准了 2900 万美元外汇，进一步引进和购置设备，提高批量生产能力。（表 2）

表 2 电站仪表与自控系统补充引进一览表

序号	单位名称	项目名称	项目情况	
			技术引进	进口设备
1	上海调节器厂	MAX-1 电站控制装置	✓	
2	上海自动化仪表公司	电站 BTG 盘 CAD 设计		✓
3	大华仪表厂	自动绘图仪	✓	
4	上海自动化仪表七厂	高温高压调节阀	✓	
5	上海自动化仪表十一厂	新型电动执行器	✓	
6	上海远东仪表厂	小流量逻辑开关	✓	
7	上海雷磁仪器厂	工业过程浊度计	✓	
8	天津自动化仪表厂	可编程序控制器		✓
9	天津自动化仪表四厂	球阀和 V 型阀	✓	
10	北京分析仪器厂	硅酸根分析仪		✓
11	北京分析仪器厂	烟气分析仪	✓	
12	北京电表厂	锅炉火焰监测系统		✓
13	北京测振仪器厂	汽轮机安全监控仪表		✓
14	北京成套设计院	暖通空调 CAD 设备		✓
15	北京自动化仪表七厂	循环水加氯装置		✓
16	贵阳仪器仪表公司	电工记录仪		✓
17	贵阳仪器仪表公司	电量变送器、模具中心		✓
18	吴忠仪表厂	调节阀工艺制造设备		✓
19	四川仪表总厂	智能变送器	✓	
20	四川仪表总厂	智能记录仪	✓	
21	四川仪表总厂	金属复合材料	✓	
22	四川仪表总厂	TDC A-MC 控制系统		✓
23	西安仪表厂	444 型温度变送器	✓	
24	西安仪表厂	CENTUM 控制系统	✓	
25	大连仪表元件厂	扩散硅传感器	✓	
26	南京分析仪器厂	燃烧效率测定仪、工业色谱仪		✓
27	上海工业自动化仪表所	电站协调控制系统、输煤保护系统等	✓	

结合国务院重大办对大型火力发电站的自控和仪表给予的重大支持，在“85”期间共立项承担了 14 个专题，其中有协调控制系统国产化，在潍坊电厂得到很好的应用；锅炉火焰安全检测系统国产化，完成了锅炉燃烧多功能保护系统的研制，开发了适合国情的 CRT 系统及 PLC 在锅炉安全控制保护系统中的应用，并在黄台电厂、华鲁电厂、丰镇电站等得到很好的应用。再加上补充引进的品种，到“85”期间，成套率从 80% 提高到 90% 左右，而引进产

大路蹄痕（工程篇）

品的国产化率也从“75”期间的 65%提高到 80%左右。

随着自动化技术的发展和成熟,不断跟踪技术更新。随着主控制系统的更新而不断改进,我们与电力部热工领导小组经常沟通,组织交流会,组织试点工程把 DCS 的品种尽量减少,有利于电站对 DCS 的维护和配品配件的供应。

通过试点,评价其优缺点,逐步加以推广,而在此过程中机械部也为下属试点厂商和合资、引进企业向税务总局(关税)申请关键零部件进口减免税的措施,监督各厂企业的国产化进程,给予适当的优惠和扶助政策,尤其对 DCS 试点起了很大的推动作用。



作者简介: 孙丙玥, 女, 1938 年生, 江苏无锡人。1962 年毕业于浙江大学化工自动化专业, 同年分配至北京分析仪器厂, 从事分析仪器中质谱计的研制和生产。曾在 1978 年全国科技大会获 ZHD-01S 色谱-质谱计一等奖。1981 年调入国家仪器仪表总局, 后并入机械部仪器仪表局, 高级工程师。曾参与 300MW/600MW 电站自动化和仪表的引进、消化和国产化工作, 国家重大技术装备的仪器仪表部分科技攻关项目的组织管理工作。1993 年获国务院重大技术装备领导小组的表彰。主要著作有《以重点工程带系统、以系统带仪表》《同心协力、团结造机》等文集。

蒸汽流量计量检定装置的诞生

郑灿亭

1983年，化工部在广州越秀宾馆召开全国化工系统流量液位测量技术交流会，我有幸携《介绍一种蒸汽流量计的标定方法》参会。会上，当我说明将经过流量计计量过的蒸汽，用冷凝器冷凝变为液体，再用精度较高的秤，称其水的重（质）量作为标准值，与其流量计显示值进行比对，以确定流量计精确度的方法后；很荣幸得到时任全国流量测量专业委员会主任委员的龚家彪教授的点拨，他说：“作为一种对蒸汽流量计检定的方法是可以的；不过国外正在研究用空气做介质，对蒸汽流量计进行检定，你们有条件的单位，可在这方面做些研究工作。”会后，我的文章在《炼油化工自动化》1983年第4期上发表，引来了国家计量院流量室翟秀琴高工和徐英华、杨兰等五位女将，来燕化公司，向我了解蒸汽计量检定装置及检定蒸汽流量计的情况。很遗憾，让她们失望了，因文章只是我们的方案，尚未申请到建装置的费用。那时欲获得建设经费，必须有设计院的正规设计图，才能获得批准。

1976年5月，成套引进的30万吨乙烯投产。其生产特点之一，是裂解炉正常生产有轮换烧焦的程序，生产越不正常，烧焦越频繁，即需要备用大量压缩空气，为烧焦炉提供烧焦用氧。乙烯生产还需要中压过热蒸汽，专门配备了第三发电站为乙烯装置提供过热蒸汽。无论是过热蒸汽还是压缩空气，提供的能力都是充足的。何况生产越正常，过剩量越大。如何利用好这些过剩能源，是值得认真考虑的问题。

流量计量检定站，检定气体流量计和蒸汽流量计，若能利用生产装置的过剩蒸汽和压缩空气做动力源是最理想的了，这是大型企业建计量检定站的优势。特别是要开展以压缩空气代替蒸汽对蒸汽流量计检定的研究，非常适用此过剩的蒸汽和压缩空气源。燕山石化公司计控处技术人员，在吴忠恕处长的支持下，由张永田高工（侧重工艺管道和设备）和我（侧重仪表和控制）共同努力，于1989年底完成适用于气、汽两种工作介质的蒸汽流量计量检定装置的设计。并于1990年投资100万元（实际投资远大于此数字）开工建设我国第一套气、汽两用的试验装置。并得到国家计量院苏彦勋高工、谢积绩高工和北京市技术监督局万峰所长等数位流量专家审图把关和帮助。特别是北京市技术监督局几次催促我们，工程要抓紧，尽早建成，早日拿出实验数据，早日认证，早日获得授权，填补北京地区无法检定蒸汽流量计的空白。

建“高标准大气体流量计量检定装置”是中石化集团、国家技术监督局及国家计量院等

单位领导和专家们的夙愿。该项工作在 1990 年 12 月 17 日~18 日，由当时的中国石化总公司生产办公室副主任兼计量处胡纪凯处长和燕化公司曹湘洪副总经理，以中石化总公司和燕化公司的名义，联合邀请国家技术监督局王司长、李德山处长，北京市技术监督局万峰所长，国家计量院苏颜勋高工、谢积绩高工等专家学者，来燕化研讨在燕山石化公司筹建“高标准大气体流量计量检定装置”的可行性和必要性。到会专家和领导一致认为，在国家计量院尚没有（近期内国家也不可能拨款建设）大气体流量计量检定装置的情况下，而随着工业的发展，各类气体计量技术要求越来越高，各类大型气体流量计的制造和应用越来越多，建“高标准大气体流量计量检定装置”势在必行。在国家特大型企业内，依靠大型企业的宏大技术优势和气源潜力，建“高标准大气体流量计量检定装置”是完全必要的和可行的。并且实现得越快越好。能建成国家级“高标准大气体流量计量检定装置”，既解决了大气体流量计的检定，也显示出国家和企业的技术实力。

借此会议的东风，在流量计量检定站门启俊站长和吴照熙班长的施工监督下，装置从建厂房、管道铺设、设备安装，都较快地完成了。唯独外委给清华大学自动化教研组的计算操作系统和设备尚未做完。为了赶进度，先用手动操作，将装置试压、试漏、清扫、吹扫等，全部搞合格。又进行了试送气（汽）、试运行。先试送压缩空气，后试运行蒸汽，试验操作都成功了，计算机还没就位。装置技术性能测试只能靠手动操作测试。测试成功，计算机就位后再用计算机操作，测试装置技术性能数据就更快了，可以争取尽快获得授权。

检定装置主要由稳压罐、检验台、标准表、标准器（音速喷嘴）、软水罐和减温器等组成。标准器为一组音速喷嘴，工作在临界压力比的条件下，其流量只与上游的压力和温度有关，与下游的压力无关。只要测出喷嘴上游（滞流器中）的压力和温度就可以计算出标准的质量流量。将被检表的流量值与标准流量值对比，可以计算出被检流量计的仪表常数或其准确度。

过热蒸汽的条件是：压力为（1.2~1.5）Mpa，温度为（250~280）℃。应用时，是将过热蒸汽经加软水降温、降压控制后，进入蒸汽稳压罐，使稳压罐顶部达到压力为1.0MPa，温度为200℃的微过热蒸汽后，经过工作台位的管道，流经被检表、音速喷嘴（或标准表）后，用过热蒸汽送往厂低压蒸汽管网内，继续做热源应用。

当检定普通气体流量计时，介质为压缩空气，将0.8MPa（绝对压力）的气源引入稳压罐，形成（0.6~0.7）MPa的恒压，用以标定 ϕ 200以下各种口径的气体流量计，用后的压缩空气经消音器就地放空。

当检定饱和蒸汽流量计时，装置可用引来的锅炉用水（软水），将过热蒸汽调成饱和（湿）蒸汽，对蒸汽流量计进行实流标定。

以压缩空气代替蒸汽检定蒸汽流量计实验的第一方案是：气体流量计检定正常收费。蒸汽流量计检定，按送检方提供的蒸汽的运行条件（主要是压力和温度的运行范围），尽量按其蒸汽运行条件实流检定，并按此收检定费。用蒸汽检定合格后，再将此流量计用压缩空气进行第二次测试，只做测试和数据记录，不允许做任何调整。两套数据都存档。对送检方出具的是用蒸汽实流检定的那套数据。各种规格的蒸汽流量计各检定出500至1000台后，做出检定数据统计处理，查找用两种介质检定流量计间有何规律性？与蒸汽的压力和温度有何关系。过热蒸汽与湿蒸汽的饱和度又有何关系？如果能找出用压缩空气测试的结果与用蒸汽测试的结果间，存在与压力、温度有关的函数关系，就算成功。即用压缩空气检定的蒸汽流量计，乘一个与温度、压力有关的修正式，其结果，即为被检表在蒸汽流量计运行条件下的测量准确度。检定数量达到一定值后，召开专家鉴定会审核，通过后，再向技监局上报申请授权。此后，该装置就成为以压缩空气代替蒸汽对蒸汽流量计进行检定的装置。

该计量检定装置的特点：

(1) 准确度高。该装置以七套音速喷嘴做标准，准确度可达 0.5%。用它可直接检定气体流量计，亦可用标准表法检定被检流量计。

(2) 节能型。该装置所用微过热蒸汽检定蒸汽流量计后，降压降温耗掉部分能量后，仍为微过热蒸汽送低压蒸汽管网做生产装置采暖伴热用蒸汽，不会因检定流量计而浪费能源。

(3) 目标是实现以压缩空气代替蒸汽进行蒸汽流量计检定，这个试验成功，将对蒸汽流量计检定技术提高一大步！在节约蒸汽能源上会做出较大贡献。

就在进行技术性能测试阶段，突然得到上级通知，为了给 45 万吨乙烯改扩建工程让路，我们要立即停止测试，马上拆迁！搬迁到一个新地方重建。

装置的搬迁，使我们技术试验处于漫长的等待中。等待中我撰写一篇《浅议以压缩空气代替蒸汽进行蒸汽流量计的检定》文章。先是在“1995 年全国流量专业学会年会及技术交流会”上交流，会上有幸获得大庆石油管理局负责仪表、计量技术的郭总和时任全国流量测量专业委员会主任委员的魏中磊教授的点拨，并被推荐到“96’国际流量专业技术研讨会”上，和被收录到该会论文集中（英文版）。这篇文章的遗憾之点就是试验数据没能补充上。

装置搬迁到化工一厂新流量站院内，厂房比原来更高大，管道、设备基本都复位了（如图所示）。图中前排横卧粗管为滞流器；后排横卧粗管为集束排放管；右侧立式粗管为空气

排放管；两个横卧粗管之间为七套标准音速喷嘴。唯独外委的计算机编程、软件及设备没跟上。原因是原来做这项工作的研究生毕业走了，留下了遗憾。



蒸汽流量计检定装置标准器及排放管组装图

作者简介：郑灿亭，1939年9月生，河北省东光县人。1964年7月毕业于北京化工学院化工过程自动化专业，高级工程师。历任北京燕山石化集团公司计控处、仪表车间主任，《化工自动化及仪表》和《石油化工自动化》杂志编委，长期从事石化企业的仪表与自动化控制、计量器具的应用和管理。发表论文30余篇，主要作品有《石油化工企业流量计量450问》（中国质检出版社和中国标准出版社联合出版）。1999年退休。

我国焦化自动化四十年的回顾

朱嘉栋 蒋晓明

朱嘉栋先生与蒋晓明女士同是1965年毕业于浙江大学化工自动化专业的一对伉俪。朱当年被分配在国内最大的焦化厂：鞍钢化工总厂，蒋走进了国内唯一的一所从事焦化耐火材料工程的设计院——鞍山焦耐设计院，后来朱也调入焦耐院，直至退休。四十年来俩人一直从事焦化工程的仪表自动化设计、管理工作，见证了我国焦化工业自动化的发展历程。前不久，应曾经的同事和校友，《飞鸿踏雪泥》的编委徐义亨之约，进行了笔访。

问：请谈谈上个世纪六十年代，鞍钢化工总厂的仪表与自动化的情况。

大路蹄痕（工程篇）

朱嘉栋：1965年我从浙大毕业后被分配到鞍钢化工总厂工作。当时厂内生产装置的操作室里多半是动圈式指示仪和水银浮子式差压计，甚至还有U形管差压计与弹簧管压力表。现场管线上大量地使用工业玻璃水银温度计。焦炉重要参数（压力、真空等）的控制用的是液压调节机。生产装置上许多工艺参数都是靠人工在操作，许多岗位上的操作工都是四级工以上，他们工作经验丰富，责任心强，但劳动强度很大，为稳定一个参数，常常需要一、两名工人塔上、塔下频繁奔波，很辛苦。

当时化工产品计量用的轨道衡全系仿苏和仿日产品，故障多，精度低，常因设备检修不及时而不能正常使用，磅秤人员只得用眼睛看火车皮内货物堆积的高低以及按车皮吨位的大小去估计装载量，这在当时被人们戏称为“眼磅”。

问：六十年代焦耐院的情况又是如何？

蒋晓明：1965年我进焦耐院工作的一开始，焦耐院还没有独立的仪表自动化室，仅由外专业改行过来的六位同仁与机修专业的四位技术人员组成混合小组附属在电力科内。专业名称谓“计器”。所谓“计器”，源自日语，显然是受伪满时期日本人在鞍钢留下的影响。在从事专业设计最早的六位同仁中，资历最老的是邹兆村先生（1952年毕业于上海大同大学电机系）和顾克诚先生（1952年毕业于南京原中央大学化工系）。他们原都在鞍钢设计处的“计器与自动装置科”工作。1956年冶金部成立了多家设计院，他们被分配在焦耐院。在建国后的前三十年，他们俩位在焦化、耐火材料自动化工程设计方面所作出的贡献可谓功不可没。

上个世纪六十年代承担的设计任务多半以就地显示为主，远程为辅，记录及控制项目更少。故我们在设计中选用的仪表基本为动圈式温度指示仪，膜盒式压力指示仪，水银浮子差压计等。记录仪为仿苏的并由上海大华仪表厂生产的ЭМД型电子电桥和ЭПП-09型电子电位差计。仪表盘设置在工艺装置的操作室里，甚至车间就地。就当时焦化厂的自动化水平而言，不但普遍落后，也无法与国内石化企业相比拟，差距颇大。

问：鞍钢是全国最大的钢铁公司，鞍钢化工总厂又是全国最大规模的焦化厂，相对而言，资金较雄厚，每年公司内部都有许多基建、技改、大中修项目，能否谈谈如何通过技改项目提高自动化水平？

朱嘉栋：按当时鞍钢公司的内部分工，各分厂的新建，基建项目由鞍钢设计院承担，焦化厂生产技改项目中的自动化部分由鞍钢计量厂设计室负责。但计量厂仪表设计人员仅两名，他们只承担炼铁厂、炼钢厂等仪表更新改造项目，对焦化厂技改项目，尤其是工艺改造中的

大路蹄痕（工程篇）

自动化设计，不予支持也无力承担。在这种情况下，我只得请示化工总厂和计量厂的领导，在他们同意和支持下，从1969年开始，便承担起厂内各项自动化设计工作，包括从立项、规划、考察、仪表选型直至施工设计等一系列工作。在鞍钢化工总厂工作的二十年，完成的仪表自动化项目达五十项之多，项目遍及全厂的各车间。从炼焦车间、煤气回收车间、焦油、化工产品精制、直至厂化工研究所的中试塔自动化改造项目等，这些项目后来均发挥了积极的作用。

通过二十年的努力，焦化厂自动化水平已由进厂当初的落后状态，逐步发展到全厂普遍采用气动 I、II、III型和电动 I、II、III型仪表进行测控。由于诸如萘、蒽、焦油等产品具有高凝固点、高粘度等特性，国内又没有生产相应的测量仪表，为此，我曾与开封仪表厂，上海自动化仪表一厂，鞍钢热工仪表厂，丹东仪表厂等合作研制了诸如带保温夹套的气动转子流量计，气动靶式流量计等。

问：从上个世纪的六、七十年代开始，焦耐院开始承担起许多三线工程与援外项目，能介绍一下这方面的情况吗？

蒋晓明：从六十年代开始，焦耐院承担了许多战备工程（也称“‘三线工程’”），如40工程（攀枝花钢铁公司）、39工程（酒泉钢铁公司）、604工程等。这些工程的规模及自动化要求均比以前大大提高。我们深感设计人力不足，于是向院领导打报告要求增加人力。由于该时国内高校自动化专业的毕业生甚少，院领导只能从工艺专业调来了五名本科生改行充实，边干边学。同时，我们考察了国内自动化水平领先的石化系统，为配合仪表设备选型，还考察了上海、西安，北京，大连等地的重点仪表厂，找出了差距，并确定以后设计中的仪表选型。从此，在新的工程设计中，我们放弃了古老的基地式仪表，大量采用气动，电动单元组合仪表，也设置了必需的分析仪器及自动控制项目。为保证气动仪表的正常运行，对仪表用压缩空气的气源设计也不断的改进，改变原来从工艺压缩空气管线引来做气源的方法，设计仪表专用净化压缩空气系统，保证气源的压力稳定，也保证了气源无油，无水及无杂质的特殊要求。为防止严冬季节测量管线的冻结问题，在设计中增加了测量管线的蒸汽或电的保温伴热系统。经过一系列的努力和改进，大大地提高了仪表的开表率。由于自动化控制水平的提高，原工艺操作室已不能满足要求，我们开始设计独立的控制室，按所选仪表的数量和要求来确定控制室的设计标准和面积。为巩固已有仪表自动化设计水平，我们还编制了新的设计规范、防火防爆设计标准、应用气动/电动单元组合仪表的标准图，使设计更规范更可靠。经过几年努力，我院自动化设计水平有了很大的提高，接近或达到国内的石化系统水平。

大路蹄痕（工程篇）

之后，在七十年代初，焦耐院开始承担援外工程项目，包括为阿尔巴利亚、罗马尼亚、巴基斯坦、越南等国家承担的焦化、耐火材料工程。2005年焦耐院改制为国际化工程公司，从国内焦化厂的建设阵地，辗转到走出国门，承担并完成了南非，巴西，印度等国外焦化厂的建设。

问：为适应大型焦炉的热量控制和炉温控制，一个重要的测量设备就是煤气热值仪，国内是什么时候开始研发的？

朱嘉栋：在当时的三线建设工程中，为配合焦耐院三线工程进行焦炉煤气发热量的测量，与大连仪表三厂联合研制了当时国内首台煤气热值仪，也称“吴别指数仪”。样机是参照英国 SIGOMA 公司的煤气热值仪，我们先后用了两年时间，不但完成了国产首台样机的试制，并在鞍钢化工总厂的五炼焦车间的焦炉上进行了实际应用，达到了满意的效果。在试制过程中，合作三方还研制了煤气流量计系列产品，不但有焦炉煤气热量计，还有高炉煤气热量计。为适应大型焦炉的炉温控制，还研制了可与电动单元仪表配套使用的煤气热值变送器，用它可进行焦炉总供热量控制和焦炉总温控制。



退休后定居在杭州的焦耐院自动化同仁们摄于 2009 年 11 月 13 日

（左起：朱嘉栋、王永嘉、顾克诚、徐义亨、蒋晓明、胡芳之）

问：上海宝钢工程的引进和建设给焦化工业自动化带来了什么样的影响？

蒋晓明：八十年代，我国进入改革开放的大好时期，焦耐院承担了如上海宝山钢铁总厂的焦化、耐火项目。当时冶金部要求宝钢的设计应达国际水平，技术和设备可全套从国外引进。为适应这大好形势，我院从各大学引进了大量自动化专业人才，自动化专业设计人员增

加至四十余人，并且成立了专门的自动化室。当时，设计任务饱满，我们几乎天天要加班加点方能完成任务。

1987年，我接受了攀枝花钢铁厂焦化回收新工艺引进项目的任务，该项目系引进德国 KROUP KOPPERS 公司的新工艺流程，工艺以及整个生产过程的控制都很先进。我作为该项目自动化设计负责人，参加了与德方的谈判和联合设计的全过程。该工程的测控项目，仪表选型和供货全由德方负责，工艺装置的控制开始采用了 DCS 系统，由德方完成 DCS 系统的硬件配置和软件设计，我院负责消化德方初步设计并完成施工图。由于系统中有很多是高腐蚀，高结晶和高粘度的介质，很多变送器的敏感元件均采用 304，316，316L 及钛材，在管线敷设上，我们也做了相应的匹配。在这期间，我从德方工程师那里学到了不少的先进东西，为以后的新项目设计以及国产化打下了基础。之后，如设计中的 DCS 的硬软件配置和功能规格书的编制全由我们自行承担。由此开始，我院承担的重点工程大都采用了 DCS 系统，为全国大型焦化厂自动化水平的提高前进了一大步。

朱嘉栋：1985年，我调到鞍山焦耐院工作并任自动化室主任。当时院内正进行上海宝钢二期工程的施工设计。焦化厂二期的规模与一期相同，炼焦能力为 200 万吨 / 年，并有相应配套的煤气净化工艺。宝钢一期生产装置系全套从日本新日铁引进的，在二期工程设计中，当时的冶金部要求我院在消化吸收宝钢一期先进水平的基础上，利用本院的专有技术（如大容积焦炉）承担从配煤，炼焦到煤气净化，化产品精制等全套设计。在宝钢二期自动化设计中，要求焦炉炉温实现计算机控制，将一期焦炉的电动单元仪表测控也改成计算机控制。

由于当时国内焦炉还未实现焦炉炉温的计算机控制，仅处于试验阶段，为保险起见，我院与美国 KE（既凯撒）公司合作，由 KE 公司利用他们在底特律的福特汽车公司焦化厂焦炉炉温控制中所成功使用的数学模型，结合宝钢焦炉炉型，在宝钢焦化厂大容积焦炉（4×50 孔 6 米焦炉）进行炉温控制。他们采用的是 IBM 公司的小型计算机。美国 KE 公司负责焦炉的数学模型开发，软件设计指导，焦耐院负责焦炉自动化详细设计和软件编制。

1991年，宝钢焦化厂二期工程开工投运，焦炉自动化与主体工程一次投运成功。该项目为我国焦化厂焦炉炉温实现计算机控制提供了范例。之后，焦耐院所承担的如武钢，马钢等大型焦炉设计中，很多焦炉炉温控制也采用了全炉总供热量的计算机控制及焦炉炉温控制，并将小型机改为 DCS 系统。目前，大型焦化厂自动化水平已接近或达到国际焦化厂的先进水平。

大路蹄痕（工程篇）

在鞍山焦耐院及全国同行业自动化工作者的不懈努力下，我国焦化工业自动化已达到相当的水平。回顾建国六十年来焦化自动化工作的实践，在这个战线上奋战过的几代人，没有虚度年华，没有辜负国家与人民的期望。

作者简介：朱嘉栋，1940年生，浙江宁波人。1965年毕业于浙江大学化工自动化专业。先后在鞍钢化工总厂和原冶金工业部鞍山焦耐设计总院工作，教授级高级工程师。

蒋晓明，1940年生，浙江杭州人。1965年毕业于浙江大学化工自动化专业。一直在鞍山焦耐设计研究总院工作。高级工程师。



创新追梦四十年

金义忠

在线分析技术（在线分析仪器）已走过艰辛的56年（1956年~2012年），其创新研发和工程应用实践经验已融入分析仪器的技术史。

我1966年大学毕业，在“文革”武斗的冷枪声中，奔赴四川仪表总厂所属四川分析仪器厂（简称：川分）报到。在接受工人阶级数年再教育后，1972年已满30周岁时我才被分配到厂属研究所当技术员，开始接触在线分析仪的研发及应用；同年进入重庆九龙坡发电厂开展热导式二氧化碳分析仪检测烟气CO₂控制燃烧的技术服务，至今年10月携论文《构建在线分析系统基础理论的研究》出席“第五届中国在线分析仪器应用及发展国际论坛”，正好整整40年。

曾听说某知名分析仪器企业的企业家公开他的经营理念“只管现在，不管以前”。企业家自有他的高明道理，但工程师也有自己的朴素情怀。40年的专业技术实践，等同于我的整个技术人生，是不能不管过去的。40年在历史长河中只不过短暂一瞬，倏然而过，却是处于

在线分析仪器56年技术史的主体时段，有无数勤劳的实践者和悲壮的先行者，他们的足迹和业绩，亲历者的口述史，注定会融进难以忘怀的技术史。

我亲历过的在线分析仪器技术史，是构成我的技术信仰、技术灵魂和技术决心的主要支柱，不然就不会在退休13年后，去撰写构建本专业技术基础理论的文章了。留下一份真实的历史记录，对工程师来说并非多余。我们需要的不是赞美，而是真实可信的技术逻辑和技术史。回顾历史，观察当下，追踪时变，期盼未来，寻找未来发展的方向。

一、往事并不如烟的内迁

1964年5月16日~17日，中共中央召开工作会议，决定集中力量进行三线建设。机械工业方面，以重庆为中心，逐步建立西南的机床、汽车、仪器仪表和直接为国防服务的动力机械工业。以“山、散、洞”为建设方针，取“分散、靠山、隐蔽”的原则布局。其中有仪器仪表工业生产和科研基地的建设。沿海大批企业单位（一机部、五机部）内迁。如重庆仪表厂、北碚仪表公司、花石仪表材料研究所等。

——摘自《当代重庆简史》

那年5月16日，正是南京分析仪器厂（简称：南分）建厂8周年纪念日，真是天机巧合有幸“中彩”；同一天，中共中央工作会议作出建设大三线的决定，将其点进内迁大名单，要部分拆迁至四川重庆北碚，组建川分，以一分为二的巨大牺牲，去完成大三线布局的政治任务。南分建厂于1956年5月16日，成为我国分析仪器产业的发端。

川分选址在重庆缙云山北麓的一片谷地山林中，左靠松林山岗，右临当地人称“运河”的壁北河，距嘉陵江边的澄江小镇还有近两公里。虽然“美帝”“苏修”侵略者肯定打不到这里来，但我们还是在厂区的密林中挖战壕和地道。

我虽不是内迁人员，却是近距离的观察者和三线建设的直接参与者。报到时厂房还没建成，武斗尚未平息，就去南分劳动实习了3个月。第一次见到分析仪器的传感器、热导式气体分析仪的热导敏感元件和热导电桥，该热导电桥的体积小，约5cm³，还不足当时前苏联生产的热导电桥体积的五十分之一，是由杜鲁兆工程师刚研发成功的，沿用至今已44年，贡献卓著。“技术创新的步子要大，立意要高，产品技术要成熟。”这就是南分在1969年向我传导的技术基因。

“靠山近水扎大营”是当时的行动方针，“好人好马好设备”是南分的内迁原则。1969年终于具备了低水准的内迁条件，南分内迁的热血青年们闪亮而悲壮地登船了。那时的信念是“让毛主席他老人家睡得着觉”，足见他们的虔诚和忘我；他们毅然决然地背井离乡，启

程逆江而上，到重庆北碚山区这个祖国最需要的地方来。

6月30日中午，满载着200多名南分首批内迁职工的东方红63号包船叩开三峡夔门，乘风破浪驶临朝天门码头。那天我也在欢迎队伍中，见到在南京实习时的师傅和朋友，分外激动和亲切。这一天注定是个不平凡的日子，成为川分的厂庆日，融进了川分三线建设者的生命历程中；这一天也毫不迟疑地融进了分析仪器的技术史。历史就是这样偶然，更是必然，由不得人们从容地自由选择。

离开大城市南京，来到他乡如此真实的农村，简直就像“支边”和“支农”，不但远谈不上生产，也谈不上稍微正常的生活。不便、不安、不知所措的彷徨几乎是早期的常态，这种状态下的艰苦创业，艰苦是货真价实，创业却是难上加难。

内迁毕竟不是到“川东小峨眉”（对缙云山的赞语）来旅游度假的，厂区河边悬崖上的大标语：“建设好大三线，让党中央放心！”昭示着他们肩负的历史使命。人们一上班的生产任务竟是平地、修路、垒堡坎、建围墙，挖土、挑砖、抬石头，甚至还修了公路、小石桥，真是难为了从未见过扁担、箩筐的大城市青年。

1970年春天，川分终于制造出转厂试制的第一台在线气体分析仪，那是为攀钢生产的DH-1型电化学微量氧分析仪。从此，川分走向全国，立身于我国分析仪器的技术之林。

内迁43年弹指一挥间，但“备战、备荒、为人民”的三线建设往事并不如烟。内迁中作为主体的三线建设热血青年，曾经青春如火，夸父逐日般来到深山丛林，虽然没有道竭而死的不幸，却有献了青春献终身的悲壮。广义地说，重庆今天的大好发展前景和令世界瞩目的成就，也绝对离不开三线建设者所打下的技术基础。所以，以内迁为标志的三线建设，其深邃的意义和广博的内涵由不得被人任意忽视，这就是“往事并不如烟”之意。

二、改革开放元年的献礼

1972年3月1日，我到厂属研究所第一研究室当实习技术员，参与热导分析仪的工程应用。室主任钮志石是我师傅，他至今仍值得我感谢和尊敬。第一天的工作是在简易的温湿度试验箱中测试热导桥体的温度分布，结果两端温差高达8℃，标称温度是115℃，这为后来研制低漂移热导传感器打下实验基础，我逐步养成通过周密试验解决技术难题的习惯。

5月，我去重庆九龙坡发电厂开展技术服务，采用热导式二氧化碳分析仪检测烟气CO₂来控制燃烧，以达到节能目的。那时还没有监测污染排放的概念。第一次遭遇样气处理的除尘和脱水技术难题，直到今天才有深入全面的技术见解和成熟的技术措施。就探头过滤器的连续取样除尘而论，从开始的15 μm左右到现在0.15 μm的过滤精度，经历了40年。在电厂

大路蹄痕（工程篇）

现场我还亲见1956年的热导式分析仪残骸，由上海一家公私合营企业生产，其热导传感器是用破壳的钨丝电灯泡改制。由此断定，在线分析仪以在线分析系统开展工程应用始于1956年，至今已有56年历史。

1973年，川分拟上氧分析仪研发项目，当时仅有几页笔记，知道几种氧分析仪的简单原理，按说条件根本不具备。这年11月，北京有个展览会，展出英国泰勒公司多个型号的磁力机械式氧分析仪，采用真正的顺磁性原理，有优越的抗干扰特性，受到高度关注。北京分析仪器厂（简称：北分）买下样机，钮师傅去北分参与测试和部分测绘，川分和北分都决定研发这种高端氧分析仪。川分的研发由2名技术员和3名工人组成，钮师傅负责整机，我承担电器部分，老工人吴月珍承担空心哑铃球、哑铃和氧测量池（即氧传感器）的制作。这个试制团队虽然力量薄弱，却作风过硬，最终攻破技术难关。

氧传感器无疑是第一重点和最大难关，我们投入了近一半的研发力量，先后攻克了一系列技术难题。经过试验样机阶段，1976年9月终于完成了3台正式样机，去上钢三厂、上海试制剂一厂、上海天原化工厂进行了将近半年的现场试验之后，顺利鉴定投产，一直是独家产品。氧传感器制作工艺的高难度，至今还令不少企业望而却步。

1977年5月，在重庆火车站会议室召开的重庆市科技座谈会上，我代表试制组介绍了CJ-01系列磁力机械式氧分析器的研发经验，并出席1978年5月召开的四川省科学大会。

1978年是我国改革开放元年，川分以高端氧分析器的科技成果献上厚礼。该氧分析器在3月18日召开的首届全国科学大会上获奖，并获四川省科技成果三等奖；我还获得了证书和45元奖金。

氧分析器的研发成功，使我完成了向成熟仪表工程师的转变。我理性地认识到研发在线分析仪必须定位于采用先进原理的高端产品，确保传感器的全面突破，重视稳定性的真正突破等，这些都融进了我的技术基因，并守望一生。在研发过程中，我还探索出一种新的技术方法，体现在1976年发表的第一篇论文《直流稳压电源的综合温度补偿》。“综合”一词体现为“综合的方法论”，后总结成“综合即创造”的格言，对此我坚持了一生。我在工作初期就发现、抓准、应用“综合”这一技术创新方法论的关键词，实在是技术人生的幸运，这可从钱学森的“从定性到定量的综合集成方法”中得到验证。

三、八年抗战国产化

上世纪80年代，我国掀起技术引进热潮，分析仪器企业一个个捷足先行，如：北分自1980年起连续拿下4个技术引进项目，包括西德的Unor 4N红外分析仪；一直在三线苦苦寻找吃

大路蹄痕（工程篇）

饭产品的川分终于争取到惟一的引进项目。Uras 3G 红外分析仪、Radas 1G 紫外分析仪和 Magyas 4G 磁压力式氧分析仪的3项技术引进，实际上是以紫外为代表的个项目，但更看重的是红外。这是西德 H&B 公司的新一代产品，代表了货真价实的国际先进水平，但技术难度无疑也是最大的。3个产品打包成1个项目，定然是难上加难。

1983年10月22日，川分在北京与 H&B 公司签订引进技术合同；1984年，完成了首批 SKD 的大部件组装生产。我们12名承担引进任务的技术骨干，经过近半年的德语强化学习之后，于1985年春去法兰克福 H&B 公司勃拉汉姆工厂实习了3个月。

国产化过程非常艰难和曲折，我先后担任过引进研究室主任和引进仪器制造部部长，并具体承担氧分析仪电器主管和3项引进产品的电器总管。天道酬勤，川分终于取得国产化的极大成功，成为分析仪器行业引进产品国产化的典范，于1991年11月24日通过国家级鉴定验收，被外经部批准为替代进口产品。“八年抗战”完胜，至今还闪耀着指引未来道路的光芒。

川分有着一个高素质的群体，戴子坤厂长排除一切阻力，力主开放和技术引进，无疑是引领川分转型再发展的功臣，他也是全家内迁和南分内迁带队人之一。3个产品的技术主管施元赛、张志明、严连春工程师坚持将全部核心部件国产化，使得产品的平均国产化率高达81.96%，而当时国家对国产化率的要求仅是60%~70%。负责电器国产化的施瑞煜和范永福工程师发现和纠正了原来产品设计的3个技术错误，使国产化得以顺利推进。宫焕章在任总工期间完成全部红外工模具设计，实属不易。负责粘接剂国产化的周定沛工程师，更是身怀绝技，提出了更具说服力和经得起实践考验的创新粘接理论——配位键理论；他还多次负责红外传感器的质量和工艺攻关，有每攻必克的超常表现。以上列举的真人真事，足以证明川分3项引进技术国产化成功的必然性。3项引进项目早在1989年就提前收回全部投资，也终于在在内迁20年后，找到了自己的吃饭产品。

四、定义系统引领潮流

在线分析仪器要成功进行工程应用，必须组合“进样气处理系统技术”，以“在线分析系统”的形式进入工程现场。H&B 公司早在1985年就已有近70%的分析仪是以“在线分析系统”，甚至“分析小屋业态”进入市场，川分由此看到未来的技术发展方向。正好，H&B 公司愿意免费为川分培训在线分析系统的设计人员，以便今后承担该公司在中国的技术服务，川分率先于1985年5月8日组建成套科，赵建中任第一任科长。

在线分析成套业务被日渐看好之际，川分从事该业务的5名技术骨干集体孔雀东南飞，远走广东惠阳，这令全厂职工愕然震惊。我临危受命，由研究所常务副所长调任成套科科长，

大路蹄痕（工程篇）

飞鸿踏雪泥

那时的成套科叫自控部，我改称为过程分析成套工程部，拟以研发高端过程分析成套系统的新产品来扭转局面。为了争取新产品立项，我写了一篇技术分析文章，列举支持新类型的广义新产品的13条理由，最后还改写成论文《重新定义新产品》。我将产品名称定为过程分析成套系统，曾遭遇极大阻力，要说是“舌战群儒”也并不为过。后来在朱良漪前辈的论文中读到他在一次国家级仪器仪表与自动化科技攻关规划会上“舌战群儒”，最终获准红外分析仪攻关立项的史实，足见分析仪器行业的创新启蒙是多么艰难。

1993年，我撰写了《过程分析成套概论》，后来得知传播较广，还被追随者收藏。我和王成德厂长去 H&B 公司进行过一次考察，其新产品的滚动开发、产品技术的深度设计、生产流程的合理设置与协调运转、成本及利润的有效控制等，都给我留下了十分深刻的印象。总之，不是道听途说，而是近距离观察 H&B 公司高端分析仪器产品的研发和生产过程，就更强化了我重视高端在线分析仪和分析系统的技术意识。

那年冬，我主持研发的《PS1000系列过程分析成套系统》被列为重庆市火炬计划项目，终于有了新产品的名分，很快又升格为国家级火炬计划项目。由于采取了通过设计院主攻高端市场的技术路线，很快走出困境，出现快速发展的良好势头，川分期待已久的吃饭产品终于如愿结出硕果。

《PS1000系列过程分析成套系统》于1995年11月29日通过省部级鉴定验收，获重庆市科学技术二等奖和国家级新产品证书，并于1996年10月被机电部推荐为机械行业首批重点扶持发展的8个名牌产品之一，在公布的名单上叫“工业过程分析成套装置”，列于首位。

1999年，干法高温取样探头也研发成功，并取得实用新型专利证书，这种被誉为在线分析技术制高点的高温取样探头（成套设备）进口价格高达135万元。其打破 H&B 公司在此领域的垄断之后，长期占据国内市场70%左右的份额，并出口到多个亚非国家。

1999年3月15日，更新换代的 PS3000系列过程分析成套系统通过省部级的鉴定验收，并获重庆市科学技术三等奖和国家级重点新产品证书，技术创新更上一层楼。

认准“在线分析系统”是仪器仪表皇冠上的明珠，川分在研发“过程分析成套系统”和开展工程应用方面，开行业之先河，成为这一专业领域的领跑者。其颠覆性创新的杰出表现，才赢得发展的先机，使川分在相对封闭的西部迅速崛起。

我在工程部任职8年，是3个新产品项目的策划者、项目负责人和第一主研。2000年元旦，因健康原因提前退休，同年获国务院政府特殊津贴。回家细看内退的退休工资是603.32元，2年后正式退休时的工资是759.60元，据说还是享受多种优待的结果，果然是“政策决定命

运”。

在两个“八年抗战”的艰辛岁月，经历了王成德和赵建中两任厂长，他俩对在线分析技术的发展方向和工程导向的洞察力，对科技创新项目的组织力和务实操作力都令我钦佩，他们毫无保留的指导和支持才使我坚持到最后，在专业技术上毅然决然地走得如此之远，毫不顾及旁观者的怀疑目光。

五、构建在线分析系统基础理论的探索

2007年我已退休8年，黯然神伤的心态有所缓解，身体健康状态也有较大恢复。10月的一天上午，接到一个电话，开头一句“我是朱良漪”，令我大为吃惊。他曾任国家仪器仪表总局副局长兼总工程师，是国际仪器仪表工程技术专家。他还记得我这个已退休多年的基层工程师，要我立即写“样气处理系统技术的应用及发展”的论文。这篇命题作文纵然有再大的困难，我也是绝对不可推辞的。我写好后发到他的邮箱，经他审校后编入《第二届中国在线分析仪器应用及发展国际论坛论文集》，我也出席了11月6日召开的国际论坛。我曾4次面对面接受过朱老的教诲，就这样，我又重新走到本专业的技术前沿。

第二届国际论坛引发了一系列核心观念的转变，是本专业一次难得的思想解放机会，以在线分析仪器专业委员会的名义，将“过程分析成套系统”重新定义为“在线分析系统”。会上有代表向朱老提出，本届论坛有未涉及理论问题的遗憾；实际上朱老正在策划和尽力组织编写暂名《样品处理系统技术》的主流专著，我也进了拟议中的编写组。我虽然觉得自己根本没有这种能力，但朱老的战略性技术思维仍然给我以深刻教育，我便将探索在线分析系统的基础理论，选作我最后一个“八年抗战”的攻克目标。

我借与北京北分麦哈克分析仪器有限公司开展交流、合作的机会，和曹以刚先生等一起在《分析仪器》杂志上开辟“在线分析工程技术”专栏，连载论文约3年，部分论文编成《在线气体分析工程应用技术论文集》。开篇论文是《在线分析工程技术导论》，是过去《过程分析成套概论》的升级版，正式启动了“构建在线分析工程技术基础理论”的探索性研究。

第二届国际论坛以后的4年中，我走访、调研了30家分析仪器企业，参加中国仪器仪表学会主办的“TRIZ（萃智）发明问题解决理论”培训班，认真学习钱学森的《创建系统学》，参观“人民科学家钱学森事迹展览”，深入领会钱学森的“工程控制协调方法”和“从定性到定量的综合集成方法”，再次携论文出席第三~五届国际论坛。在第三届国际论坛上作“在线分析系统工程应用协调运行的综合研究”的报告。所有这些广泛深入的技术交流活动，推进了构建在线分析系统基础理论的探索研究，并将携论文《构建在线分析系统基础理论的

大路蹄痕（工程篇）

研究》出席2012年10月底召开的第五届国际论坛。

根据钱学森的系统学理论和系统集成方法，很容易构建在线分析系统的基础理论框架，构建基础理论的两大要点是系统的层次结构和系统的功能及特性。不过，在线分析系统的基础理论才刚刚提出，说是初创都比较勉强，进一步的深入研究，有待整个行业的努力。

六、记忆即历史

“记忆即历史”是著名学者徐友渔研究员在《记忆即生命》文中的论述，用于此次自动化60年技术史料征集特别适合。专业技术的历史记忆最稳妥地保持技术真实和技术逻辑，甚至还有技术真理。我已走过40年技术长路，至今没有忘记为什么出发。40年的创新追梦，有充分的时间和机会正视技术，并进行跨界思考，遂有本文的技术记忆表达。

开放和创新是我永远不变的技术信仰，我才能尽工程师的根本；如果没有如此这般艰辛和曲折的坚持，到头来必是一事无成。其中一些技术要素和细节也不可轻视，细节不但决定成败，决定前行方向的选择，决定产品的品质，也决定着工程师的技术风格。技术史甚至就是由细节组成。西方哲人说过“魔鬼和天使都隐藏在细节之中”，确然可信。

技术人生肯定有它很现实的一面，也有其传奇的一面，甚至是独有诗意的一面；技术的传奇和诗意，有岁月如歌的意境，能够让生命的意义增添些许色彩。

创新的技术可以赞美，创新的工程师最需要的还是真实，因为唯有真实，才能注定融入进技术史。

如若将40年的技术人生总结成一句话，那就是：“技术创新是一种超越，首先是对自己的超越。”



作者简介：金义忠，1942年生于重庆，1966年毕业于天津大学精密仪器工程系。在四川分析仪器厂（原重庆川仪九厂）工作至退休，历任研究室主任、研究所常务副所长、引进仪器制造部部长、过程分析成套工程部部长、厂副总工等职。研发 CJ 系列磁力机械式氧分析

器、RD100系列低漂移热导式气体分析仪，完成3项引进技术产品国产化，撰写论文45篇；获四川省优秀专家，享受国务院政府特殊津贴。

中国仪表业四大企业创业史话

王同辰

一、第一个专营仪表公司——上海华仪工程贸易行

抗战前，我国没有专营的工业仪表公司。抗战胜利后，有志于我国仪表事业的30余位技术专家，集资从事仪表进口业，谋求创建中国仪表工业，以免受制于外国。于是创设“上海华仪工程贸易行”（简称：华仪）于上海南京东路，主要负责人是周源楨博士，刘隽快博士、汪昌祚和我参加。1951年开始国际贸易业务。

时值朝鲜战争，只能从敌方参战国之外的工业大国引进精密仪表和光学仪器，首选德、奥进口。因“治理淮河”急需经纬仪（Theodolite），我们设法从西德 Askania 厂进口其新型者，供应“治淮”工程。同时为解决百废待兴的工、教、研等单位对于测量的需求，引进声、光、电、化、热等各类仪表。一则满足各方需要；二则按照公司“先商后厂”的创业宗旨，将各类进口仪表交给“子厂”——上海综合仪器厂研究试制，争取自给自足，不受外国控制。当时引进的仪表品种很多，现介绍于下。

1、声。“纸盘录音机”是一具与家用“留声机”结构相似的机器；但不是胶木唱片，而是“纸质录音盘”、铁粉加纤维制成的纸盘；没有“金钢钻针”唱头，而是“磁性录音头”。现在的“卡带录音机”就以此为基础发展起来的。华仪进口2台，用它来录制“仪表讲解”以减轻业务人员的辛劳。公安部门得知后，认为是谍报工具，应该“管制”，于是很可惜失去了一个研发“录音机”的机会；否则，也许世界上第一台“卡带录音机”就是 Made in China。

2、光。“氙灯”，因无氙气未能进行研制。“CO 发光灯”是一种遇一氧化碳即放光的“灯”，用在煤矿中，遇一氧化碳时报警，极有价值。未及进口，华仪已合并停业。

3、电。当时国内只有低精密级电表，乃从奥地利引进各种电参数的“一级精密电表”，供研究、教学单位急用。有了参考样品，就有了条件创作试制。

4、化。“万分之一天平”，那时，对精密天平都是这样叫的，购买者非常多，供不应求，经常脱销。这说明中国解放初期，化学工业发展迅速。

大路蹄痕（工程篇）

5、热。温度是工业第一参数。当时对测温仪表和高温电热装置的需求者，既多且急。热电偶是最常用的测温仪表，又以 K 型（即镍铬镍铝型）最多（99%），S（铂铑-铂）型次之（1%）。K 型热电偶已有生产条件，所以只进口其元件“偶芯”，交综合仪器厂试制生产，解决急需。S 型不具备生产条件，遂进口完整仪器。

温度记录仪。当时上海灯泡厂（奇异牌）正在试制钨丝，缺少温度记录仪及 S 型热电偶，乃向华仪订购奥地利产“6点温度记录仪”及 S 型热电偶。这也是中国工业首次使用温度记录仪。

光学高温计。欲测1600° C 以上高温，S 型已不能用。遂从瑞典进口“光学高温计”。它是“隐丝型”，每当高温计瞄准所测目的物，调节目镜至有清晰目的物影像时，转动温度计上“转盘”，使高温计内“灯丝”恰好隐灭于火红目的物时，此高温计上读数，就是所测目的物的温度，故名“隐丝型”。

“矽（硅）碳棒”（globar）。为配合测温仪表生产要有高温热源，从西德进口“矽碳棒”交综合厂试制“高温电炉”。

“钼丝高温电炉”。钼丝易氧化，故一般钼丝高温电炉多用氢气保护，因而炉膛也需保护气氛。这一电炉采用特殊设计，其炉膛为氧化气氛。

6、标准。华仪曾以巨款购买德国工业标准“DIN”全套，有利于发展仪表工业。

华仪经营3年多，声名鹊起。向国外引进多种仪表，既解决了当时国内需要，而留下“样机”；又设立工厂创制多种仪表，奠定了仪表生产基础。1954年，华仪并入上海进出口公司，但它对于中国仪表事业的发展，厥功至伟。合并后，周源楨调任公职，刘隽快和我调至公私合营上海综合仪器厂工作，刘隽快任厂长。华仪至此完成其历史任务。

二、第一个专营仪表生产厂——上海综合仪器厂

华仪于1952年派刘隽快和我筹建仪表生产厂——上海综合仪器厂，购买上海市新北门晏海路97号孔姓住宅大院作为厂址。由于专业仪表生产厂国内属首创，无可借鉴，遂向西欧引进各种精品仪表，以便参照，再根据国内具体条件进行设计。当时该厂生产仪表品种众多，而且都是国内新产品。现将各类仪表列述于下：

1、隐丝型光学高温计。白金元负责的该仪表的第一个关键是由盛树琪负责的真空设备，第二个关键心脏元件是隐丝灯泡。测温读数是以灯丝隐灭为准，故必须是扁钨才有好隐灭性。于是，杨厚敬、费邦治用“嵌磨法”磨去电灯圆钨丝之半，获得成功。温度校准由屠善杏、张敬杰得到解决。

2、辐射高温计。仪器之关键为“滤光片”以及集能元件“热电堆”，由张泽群和我负责。从德国引进镍铬/考铜热电偶微细扁带材料，和自行设计的精密小巧工夹模具试制成功热偶元件，组成“热电堆”集能心脏元件，加上光学系统（方季植负责）与水冷系统总装协调（程麟负责）组成辐射高温计，为全国独家生产。

3、金相显微镜。由时称“南赵北王（王大珩）”的赵元教授设计制造。其光学计算极其复杂繁琐冗长，无法用手工计算。于是从德国引进“Brunsia 机械式手摇计算机”，聘用一人专门从事手摇计算，我也记不清他究竟摇了几个月，才完成光学系统设计。最后制造出中国第一台金相显微镜。

4、光学平量块（赵元负责）。这是一种测量平面“平度”的标准仪器，用它配合单光光源“钠光灯”（盛树琪负责）使用。

5、K型镍铬镍铝热电偶。由我负责的这项工作完成后，中国有了自己生产的“热电偶”。我们当时很慎重地把第一支“热电偶”卖给新沪钢厂。哪知钢厂来电话：“你们生产的国货热电偶不准！”我们大吃一惊，我和白金元工程师带着“标准表”赶到钢厂，又大吃一惊，原来他们竟然是用“铂铑热电偶”的“测温表头”，由此可见当时中国仪表水平之落后。

6、铂铑热电偶。由我负责的这项工作，也是由华仪进口铂铑热电偶偶芯材料装配成为产品的。不过配套的“高温耐火陶瓷热电偶保护套管”是一起进口的。直到1959年，才采纳上海热工所材料研究室的建议，创建沈阳陶瓷厂，从此解决“高温陶瓷管”的难题。第一支是卖给上海灯泡厂（奇异牌），试制中国第一根“电灯泡钨丝”。同时也为他们配套了一台我国首次进口的“六点温度记录仪”。

7、矽碳棒高温电炉。为了生产和检验热电偶，华仪进口“矽碳棒”，大量生产1300℃高温管型炉。从1952年到现在，一直用于热电偶质量检测及“气体分析仪”配套。也曾为沈阳造币厂特制大型“矽碳棒坩锅炉”熔融黄金。这项工作也由我负责。

8、矽碳棒。因为各种高温电炉的大量需要，“矽碳棒”进口数量也越来越大，于是考虑自己研究生产。可惜在研制成功后，由于我被调去参加筹备“第一机械工业部（简称：一机部）上海仪器仪表研究所”，“矽碳棒”生产因而停止。

9、为了不断创造新产品，该厂设有几个专业小组，配合生产与研究。屠善杏的电表表头小组，因许多仪表都是“非电量的电的测量”，需要配有“电表表头”。

盛树琪的真空小组，光学高温计“隐丝灯泡”与“钠光灯”都需要高真空。费邦治的玻璃研磨小组，所有仪器仪表光学镜头的镜片都需要研磨。我和章承基的高温小组，负责矽碳

棒及材料试制。

上海综合仪器厂与上海轻工业研究所仪表组合并后，成立“一机部上海仪器仪表研究所”与“研究所试制工厂”。“研究所试制工厂”又于一年后归到上海市重工业局，恢复“上海综合仪器厂”原名，现为上海自动化仪表三厂。

三、中国第一个综合性仪表技术研究所——上海热工仪表研究所

第一个五年计划期间，补列了热工仪表工业，指派一机部的朱良漪处长负责筹备上海仪器仪表研究所（后改为：上海热工仪表研究所），由原上海轻工业研究所仪表室与上海综合仪器厂合并而成。所址在北京西路1320号上海轻工业研究所院内。上海轻工业研究所仪表室主任王良楣任所长，随同调来的工程师有黄淞、汪时雍、虞冠新、郑冠雄；上海综合仪器厂工程师赵元、白金元、盛树琪、刘隽快和我等5人加入；还有其他单位调来的工程师沈宝夔、芮得先、张泽群、姜松藩和刘贻谋等5人。

这个所设立了5个专业研究室，一室为压力流量室，主任白金元，副主任汪时雍；二室为电子技术室，主任黄淞；三室为特种材料元件室，我为主任；四室为自动化室，主任盛树琪，副主任虞冠新；五室为光学室（不久被扩充为独立的上海光学仪表研究室），主任刘隽快。

因各研究室专业不同，所以联系较少，我主管材料元件室，对其他4个研究室了解不多。三室又分3个组：材料组、元件组和化学组，做了很多研究工作，有不少成果：

1、弹性元件。以惊人的速度研究出原子弹所用的“209大膜片”以及导弹所用的“328膜片”。

2、硅单晶。这个项目当时很受重视，各处都在进行研究，我所进展较快。后因各方意见不统一，主要研究人员袁诗鑫外调，这项研究工作不得已而告结束。这对国家硅单晶研究是一个不可弥补的损失。

3、波纹管。是弹性元件中非常重要的元件，是王良楣所长在轻工所仪表室工作时创造的，在热工所归入材料研究室。后来交上海自动化仪表一厂生产，再后设厂专业生产。中国在用高速旋转法由海水中提取重水研究时，需要一根既有弹性而又笔直的旋转轴，交由我室承接“多层波纹管”研究。后来我调离，结果不得而知。

4、单晶。既是光学仪表的重要结构材料，又是军工、航天工业等仪器仪表的窗口材料，太阳能利用材料等。应赵元教授要求试制“人造氟化钙单晶”，其光学性能优越，且天然无色透明何用氟化钙单晶极少。试制成功中国第一颗“人造光学单晶”，这是我们向“人造单晶技术领域”进军的开始，后移交上海光学研究室生产。此后，我们还成功地研制了氟化锂、

大路蹄痕（工程篇）

硅、铌、钨等单晶。

5、高纯材料。1958年，研制 $\alpha=0.003927$ “物理纯”超纯铂，中科院王大珩院士采用为“光学基准”材料，还有符合国际标准的“PtRh10—Pt”热电偶材料。

6、光楔。是一个非常重要的光学元件，在原子弹工程中，就有多处需用不同的光楔。我们成功研究出不同类型的光楔，有测温的光楔、大光楔、紫外光楔、三均分120度光楔等。其后三种都是原子弹工程用的。

1964年12月，我调到上海综合仪器厂工作，离开了上海热工仪表研究所。

四、我和重庆仪表材料研究所

重庆仪表材料研究所是第一个仪表业基础技术的专业研究所，由上海热工仪表研究所的第三研究室和上海材料研究所第八研究室以及上海合金厂部分技术人员合并而成。当时，朱良漪组建上海热工所，他知道我做出了中国第一根矽(硅)碳棒，因这种产品技术难度很大，所以就推荐我担任上海热工所材料室主任。后来，在工作中我发觉：材料+工艺=元件，有了元件做心脏，就有了仪表。所以我提出“没有材料就没有仪表”的观点，但当时未得到应有的重视。

为了确保原子弹工程顺利开展，我们热工所三室接受任务，并在短短1年时间里，研制成功“209大膜片”。一机部副部长孙友余主持建立“重庆仪表材料研究所”，我奉命参与，负责技术工作。

开始时，准备把该所建在南京，以南京的一个合金厂为基础，但由于某种原因没有成功。后来又想在上海合金厂内创办，又因人事问题没有谈成功。随后想选在株洲一个没有建造完成的工厂里建所，我认为，要把一个50kw的高频设备运去该处，当时就需4匹马的马车把它拖上去，这种地方不适合建仪表材料研究所。于是，后又改在四川重庆北碚三花石建所。

在筹建重庆仪表材料研究所的计划中，我初步拟定了12个研究室。但后来我因故没能去重庆，结果调派了一位从事合金工作的人员担任第一任所长。再后来我听说他把该所办成了一个合金研究所，现在已升级为重庆材料研究院（属中国机械集团）。

后记：上海华仪工程贸易行、上海综合仪器厂、上海热工仪表研究所、重庆仪表材料研究所的四个第一，描绘出中国仪表业兴起的轨迹。我有幸基本上参加了它们的创建工作。本来，计划再创立两个仪表基础技术研究所，创建一个综合技术、三个基础技术的雄伟局面，为中国仪表业奠定坚固长远发展的基础。不料“文革”十年浩劫，美梦成泡影。

本人耄耋年高，目衰手软，艰于撰写。喜得孙女王蕾用电脑同声速记，录下我的口述，

才能让我完成本文三、四部分，在此致谢。

兰化化纤 CIMS 的应用

韩建勋

一、国家 863 兰化化纤 CIMS 项目的立项

八十年代，计算机集成制造系统（CIMS）充分利用信息技术来改造与提高工业，是国家技术改革的一个大方向。国内起先在机械加工行业实施，如沈阳鼓风机厂等，应用见成效，但面太窄。想推广到具有连续性特征、经济意义更大的流程工业，但其可靠性要求高、协调性复杂。流程工业究竟还有哪些特点？会遇到哪些技术问题？亟待我们探索与试点。为此，国家科委、国家 863CIMS 专家组正寻找合适的对象与承担单位。

兰州兰化化纤厂是 1965 年从英国整套引进的中型厂，既有制丝、抽丝等类似于机械加工特性的传动控制工序，又有纤维原料的整套化工加工过程等彰显流程工业特征的一系列工序。1991 年，厂方想大改造，希望由仪表控制提升为计算机控制，节能上要推广变频调速泵以代替调节阀，技术上的瓶颈——萃取车间控制难题期望协作单位一并解决，管理上普遍上计算机以提高技术水平。为此，厂方争取纳入 CIMS 试点。当时，清华大学、天津大学同时竞标，经对技术方案、学校专业特长等评比，最后天津大学中标。1992 年签订合同，并开始做准备。1993 年控制先行，1997 年底控制结束。稍后管理部分也结束，兰化化纤 CIMS 全课题完成，效果甚佳。其中，以萃取车间控制子课题完成最优，也即将原先极难稳定控制的系统变成计算机控制得到极其良好的系统，真是将“丑小鸭”变成了“金凤凰”，取得出人意料的好效果。兰化化纤也成了流程工业 CIMS 应用的国内首例。

二、萃取车间控制系统的改造过程

1、老厂改造问题多，难度大。

萃取车间难于控制在于：物料存在大循环，干扰影响会耦合；已运行 30 多年，其设备与仪表控制存在的问题可能很隐蔽，甚至是仅靠有经验的工人精心操作也无法克服，以致一旦工况不稳，大家就紧张，要费很大精力与时间才能稳定

大路蹄痕（工程篇）

下来。关键设备与其操作难题，最后集中于萃取中和塔。萃取中和塔为板式多层，油水两相，萃取过程流体来回折返，边萃取边中和，过程很慢、大滞后(>50分)，加上中和严重非线性，失之毫厘，差之千里。PH极难稳定于某点，一旦工况差，PH会在2~10之间上下波动。再有经验的工人也都提心吊胆地操作，因为“心中无数”，30多年了，老大难。

针对老厂技术改造难度大，并吸取以往厂校合作项目鉴定后难于坚持的经验教训，在萃取车间控制子项目立项会上，石化公司谭昌元提醒大家：“要实不要虚，要简不要繁，稳定、实用、可靠性最重要。”化纤厂厂长戴思斌在鉴定后才吐露：“当初立项时，对能否把30年问题攻克，也没有抱太大希望，更谈不上把握。”

2、解决问题的思路与步骤。

现场会上，从厂方中层干部给我介绍的情况，我只能得知围绕主要设备（萃取中和塔）操作一旦失稳，会引起全工序的操作混乱状况，但只停留于表面现象的描述，深层次的机理分析，其它前后设备乃至仪表系统存在的问题尚不大清楚，很少谈及，更谈不上有什么欲将其改进与提高水平的设想了。据我几十年现场经验，当时心中只有五六成把握。等到座谈会后，我认为厂方对相关设备，乃至全流程及仪表系统究竟存不存问题、问题有多少都还心中无数。这下反倒给了我思考与挖掘问题的空间，从而认为攻关之后，会达到8成的预期效果，估计攻关把握性很大。问题在于如何踏实地深入现场，对化工设备、仪表控制20多个回路，都得作仔细分析、排查，找出问题、缺陷、毛病，边查边解决问题，大问题作规划纳入攻关主题。

从控制角度来看，步骤是：首先是干扰（内生、外生）分析——干扰追踪与克服；其次是逐个化工设备的机理分析与控制方案的提高；再次，是在以上二者创造了良好环境与条件的前提下，对关键的萃取中和塔采取先进的预测控制。在此前，应设法把非线性大滞后对象特性测知。

原定的步骤，起先尚未考察整个控制系统的可靠性、安全性。事后，项目完成后的实际效果，远比预期的要好得多。明显的有两点：连续运行无故障，从1997年底鉴定会投入后，一直运行到关厂（该厂改建为大乙烯），六七年之久未出事故。再一是，以往接“自动”，必须先“手动”，而本系统由于干扰多，对象

大路蹄痕（工程篇）

易敏感多种微小干扰，加上大滞后、非线性，人工操作很难把工况稳下来。而一旦计算机控制投入后，就直接投“自动”即可。显示其自然地具备自启动、自停车功能（这些都是原先未预料到的）。

3、隐性干扰不易被人察觉。

在排查过程中，对工艺设备之一的硫酸泵，我发现“大马拉小车”。原先的硫酸泵坏了，工人从库房随便捡个规格偏大的装上就用，谁也不介意。岂知，经常在小流量区运行，进入“飞跳区”，也即长期处于不稳定工况，进而影响体系的酸度与温度。这是一个内生性的重大干扰。厂方技术人员不信，更不肯换新泵，为此拖了进度一年之久。在现场，泵与压缩机的“飞跳”“喘振”往往是薄弱环节，不易被人确知。当然，新建厂就不会遇到此种情况。

几股物料流进入同一设备，其入口位置不恰当，会造成耦合、自动调节阀上下压差不足、盘根干磨拭不确定性等等细节，也是仪表工疏忽之处，如工艺工人、技术人员不屑一顾，不去解决，就会引入干扰。如此等等不一而足。

三、鉴定前现场一片混乱

1、国有企业旧装置改造举步维艰。

外协者就是下现场去找问题、找疏漏、找毛病。囿于体制、机制，显然车间主任、生产科长等难于真诚欢迎，尤其在厂领导批评之后。在我进厂的一个半月后，我把车间存在的技术问题判析后，厂长当即说：“韩老师才来一个多月，就把你们已工作10年、20年中存在的问题弄得比较清楚……”这一下，我再也难于向车间主任等人请教了。不得已时，甚至挨班去找值班工人了解。如果我只懂自控，不懂化工，那可苦了。

2、新生事物难于一下接受。

鉴定前一周，计算机不能不投入，否则来不及了，究竟会发生什么新问题，都得靠运行情况来观察。车间有位技术员，也是攻关组成员，他见车间工况还算平稳，他怕计算机一旦投得不成功，工艺就会不稳，生产就没保障了。我与他争执不休，并表态：“再不投，我返津，鉴定会取消。”当然，鉴定会已通知出去，不可能取消。厂长不得已，按照我的意见，把坚持不投入的技术员排除于攻关组，由我全权负责，投运计算机控制。后来，一投就成功，此后，我放心回到兰化宾馆，准备鉴定会去了。

大路蹄痕（工程篇）

3、鉴定前现场一片混乱。

鉴定会定在 1997 年 12 月下旬的星期一，就在鉴定测试组要于 8:30 进厂前的半小时，即 8:00，车间才来电话找我：“韩老师，车间操作工况极乱，是因上周五晚上厂里自来水管被冻裂，水管修好后，紧急开车，48 小时过后，萃取车间工况在最有经验的工艺师傅操作下，也无法平稳，怎么办？”这一信息的冲击，差点让我晕过去。

马上测试在即，现场乱成一锅粥，怎么办？冷静几分钟后，我马上嘱咐仪表科长：“8:30 按时出发，你带领鉴定组成员，先去各科室参观 CIMS，然后再联络，能拖就拖，我一人先去车间，兵分两路吧！”就这样，我一人赶到车间，面对一大堆厂方人员，晓以大义，鉴定在即，手操不行，立即无条件、毫不犹豫地投计算机自控，出问题，责任在我。在不得已的情况下，我这“命令”得以执行。计算机自控直接启动后，经半小时许，除萃取中和塔外，车间其余设备工况渐渐好转。到 10:00 左右，另一路测试组鉴定委员不耐烦了，说：“我们来鉴定测试的，怎么老在参观”，要仪表科长带往车间。所幸，像感动了上帝，终于降下福祉，10 时许，关键的萃取塔操作工况也趋平稳了，PH 记录由上下急剧波动逐步快趋平线。鉴定组终于顺利地完成了干扰试验。当时，鉴定组的鉴定委员有王骥程、万学达、魏寿彭等。

坏事变好事，水管破裂造成工艺这种极大幅度的干扰（这当然比测试目的的干扰大得多），系统竟然安然无恙，而且不经传统的由“手动”过渡，直接“自动”即可投入运行。这应当说，这一系统非常可靠，具有很高的抗干扰能力，品质极佳。不庸讳言，在我参加过好多项目鉴定会以来，还真未见过这么好的系统，这也出我的意料之外。因此，该系统连续运行六七年之久，也是自然之事。

作者注：对老友石油大学袁璞在引入预测控制技术，给予的热情帮助与支持，表示衷心感谢！

没有身份证的产品

朱秉福

上世纪 50 年代，当中学生在物理课上学习导体和绝缘体时，一批顶尖科学家正在探讨、

大路蹄痕（工程篇）

研究另一种既不是导体也不是绝缘体的物质——半导体。现代科学用创新的方式、程序来探讨物质的属性，当一种特异现象被发现时，尽管对这种现象还不知道有什么用处，但并不放弃，而是更进一步去挖掘它内在的特性，彻底了解它，弄清楚这种特性的内在因素，就有把握去复制或改变这些特性。

刚成立不久的第一机械工业部（以下简称：一机部）热工仪表研究所，王同辰主任领导下的材料研究室，由袁诗鑫所提炼的“单晶硅”获得成功。那是一块纯硅的结晶体，它是闯入电子革命的垫脚石。这一喜讯也传到当时的市政府科委主任舒文处，他召集一省六市科研单位，来所参观、交流。不久传来消息，北京也制出了单晶硅。那时，各研究部门对此项目的竞争相当激烈，真是分秒必争。到底国内哪一家是首创？有待考证。

可首次应用国产设备提炼成单晶硅恐怕我们这里是惟一的一家，当时支持这项研究的是一台被称为“高频感应加热”的设备，通称“高频电炉”。

高频电炉的诞生

公私合营上海综合仪器厂，是一个对于“高温”技术有着较强底蕴又有专业人才、经验的集体，在围绕“高温”产品方面，除已生产多种高温检测仪器外，还在扩展生产“高温”的设备。早在公私合营前，就有计划试制高频电炉，这项任务由盛树琪工程师主持。那时，该厂人员不多，但很精干，开始一段设计、采购等工作都由盛工亲自动手。1955年，我来到该厂（据称我是第48名员工），立即投入到紧张的整理技术资料工作中。到1956年，这项任务已理清头绪，手头事也告一段落，就参加了高频电炉的试制。那时候，经订制、加工的元器件也陆续到货，就待装配。其中框架、面板、油箱等都是由顺兴昌铁工厂加工，那工厂老板薛福根，很和气且有求必应；其厂里一个年轻的小蒋师傅聪明伶俐，一张图纸稍加指点，其余细节他会处理得很恰当。所以这些零件在装配时相当顺利。

在设计高频感应设备的电路时，盛工有独特创造；他以一个大功率空气冷却电子管，直接振荡并输出大功率。这种设计跳出了传统的振荡后加放大的两级方式，在此后的运行中，表现出独特的效能。这台设备不但在提炼单晶硅时工作稳定、可靠，在之后的研究任务中也没有出现过故障。一直到1966年，随着内迁到重庆，成为一机部重庆材料研究所，这台设备又使用了多年。

那个时候，公私合营上海综合仪器厂已并入一机部热工仪表研究所，我们并没有两家的感觉，这台设备也自然归于材料研究室名下。对于我们来说，高兴地完成了一个任务，自感轻松，但完全没有考虑到为这台设备写一份说明书，留下一份详细的资料，而是在愉快的心

大路蹄痕（工程篇）

情中赶着去接受另外的新任务，这台设备连一张照片也没有留下。好在对当时的装配留有印象，不妨在此凭记忆描述。

久远的记忆

整个装置是一个立式大型框架，高约 2m，宽、厚各约 1.2m，四周用钢质面板封闭，顶部是一块留有气隙的顶盖，既防杂物、灰尘落入，又便于机内通风、散热。大型部件，如电源变压器、高压电容器、冷却鼓风机等都安装在框架底部；风冷大功率电子管座装在一个绝缘筒中，下面通过帆布软管连到鼓风机出口，既利于通风，又能隔断鼓风机传来的振动；这些部件依靠框架中间的横档支持。

在电子管安装平面的稍上空间，吊装了一个振荡线圈。在靠近面板内部的横档上安装一个 RFC（高频扼流圈）。前面板上有一个玻璃视窗，可以直接观察电子管的工作情况；视窗下安装有相应的操作按钮；面板上还装有输出功率的感应加热线圈连接端子。

以现代眼光来看，这些元器件已经很老旧了，五六十年代的東西现在再提起来似乎可笑；但是，在那个刚解放又受到封锁的年代，靠的是自力更生，靠的是毅力和智慧，靠的是技术人员的努力和干劲。想到那些老古董是在当时极其有限的条件下制作出来，我们就有一丝欣慰的感觉。

谐振回路中的电容器和线圈都是盛工亲自设计、计算，在整机调试时仅稍作调整就达到原设计要求。

关于 RFC 的问题。按照盛工设计，应该用 SWG22 号铜线，但当时没有现货。它以蜂房式绕制的目的是为了减少线圈的分布容量。那时并不知道哪里有这种绕线车可以加工，因而成了一个问题。对于 RFC 这个东西我倒很熟悉，在以往的工作中也经常遇到。我在部队里的一个师傅孔令钦曾对我讲过，他的师傅会手绕蜂房式线圈，那是用在中周变压器上当 RFC。这点给了我启发，难道用粗铜线就不能试试？就这样，我用较硬的单根 22 号双纱包铜线徒手试绕。能够成型的共 8 个，经过清漆浸渍处理后挑选出外形相似、够得上满意的就只有 2 个。为了要达到 100mh 需要 2 个串联，才发觉这 2 个线圈绕线的方向相反，经过选对方向后连接，效果正常。

这台高频感应加热设备，在设计之前盛工就考虑到使用简便、可靠性高。这就采用简单的线路，尽可能少的元器件。这个原则在我以后的工作中遵循不变。尽管那时为了赶时间，匆忙装配，还没来得及仔细测得一些基本参数，就交付给材料研究室使用。虽然在争取时间上是必要的，可是连在设备上钉一块“公私合营上海综合仪器厂生产”的铭牌，以表明它的

大路蹄痕（工程篇）

飞鸿踏雪泥

产地都被忽略了。这就使它成了一个没有身份证的产品。

内迁山城 继续服务

1966年，我所材料研究室被内迁到重庆三花石，合并到一机部材料研究所，这台设备也支援到内地。当时由洪玉润工程师操作，炼出了新型的热电偶等。热电偶再也不依赖从国外进口了。

这台设备又工作到70年代，终于耐不住那里的潮湿气候，降低了绝缘性能和耐压程度，出现被高电压击穿的故障。

1980年前后，洪玉润调回上海，来我家时曾谈起这事。那故障仅出现在RFC支架处，他们以为RFC线圈坏了，又不知道原设备的生产厂，走访了多处没法修理，只能闲置着待修，十分可惜。我认为那只是RFC部分被高压击穿，只是个小毛病，会有办法的。按我的估计，这台设备其他部分该是完好、安全的。没有给这台设备钉上原生产厂的标记是一个不该有的疏忽。

这类“高频感应加热设备”在当时正是市场急需，却没有被列入生产计划，就此断档。

盛工为建设祖国，努力工作，获得过上海市劳动模范的光荣称号。可是几年后，在那个混乱时期的运动中却受到批斗、抄家等不公正对待。退休后，他不断地充实爱好，获取新知识；他勤于自己动手，有丰富的手艺、经验；他不断改进家里的音响设备，对西方古典音乐有深刻理解，曾写了多篇普及音乐的文章。盛工为人和气，耐心帮助人，尤其对培养青年人，不惜精力，鼓励青年重视动手。我在盛工的领导下工作，得益非凡。盛工故去已多年，但存在我心中的怀念至今不减。

2012年农历正月初五，我拜访王老（王同辰），他时已96岁高龄，仍然精神饱满，对往事记忆犹新，谈吐有力。2个多小时的回忆，我们真有说不尽的话语。其间还有幸与袁诗鑫通了电话，清晰回忆起50年代提炼单晶硅的情景。袁诗鑫工程师早年师从谢希德教授，因我所没有他所学的专业，于是就转到中科院物理所（上海），作出了不小贡献，并发表过多篇文章。

南京分析仪器厂的创建

朱卫东

南京分析仪器厂（以下简称：南分）是我国首家在线分析仪器的专业厂，也

大路蹄痕（工程篇）

是我国第一台在线气体分析仪产品研发的生产厂。

南分成立于 1956 年，原名是“公私合营南京仪器厂”，是解放初期国家对私营工商企业进行社会主义改造时，由当时的南京万利仪器厂等 9 家私营小厂合并而成。1956 年 5 月 16 日，经原南京市工业局核准为“公私合营南京仪器厂”。南京市政府先后派公方代表周英和詹作武同志负责该厂组建工作。同年 7 月，厂址由原万利仪器厂所在地、玉带巷 5 号迁至健康路 302 号。同年 8 月，9 家私营小厂合并到位，包括：万利仪器厂、三一工程社、久丰仪器厂、蓝鹰制造社、永昌机器厂、新都电业厂、中和电器行、全球汽车材料行、南京衡器厂（部分），全厂总面积 2900 平方米，总资产 10 万元、机器设备 21 台，职工 24 人。

南分建厂初期，公方厂长是詹作武，资方厂长是张启文，全厂除张启文是大学肄业外，其余职工都是初中以下文化水平。企业主要产品是万分之四的分析天平和阻尼天平，兼造烘箱、水浴锅、休克机和承接仪器仪表修理业务。合营初期，企业生产条件极为简陋，经营十分艰难。但是，全厂职工艰苦创业的精神十分高昂，积极主动接受了原一机部仪表局（一局）下达的研制 CO₂ 自动分析仪任务，并于 1957 年底研制成功我国第一台用于发电厂监测锅炉燃烧的热导二氧化碳气体自动分析仪。

1958 年 3 月，南京市委调南京水工仪器厂的领导干部黄河到该厂，正式任命为厂长，抽调南京教学仪器厂（后为江南光学仪器厂）杜汝照工程师，以及从这两个厂抽调部分技术人员、技术工人共 20 人加强南分的领导和技术力量，产品方向也明确转为国家急需的工业气体分析仪器，并经市政府批准更名为“公私合营南京气体分析仪器厂”。

为加快分析仪器发展，南京市领导将中华路 26 号原市粮食局用房拨给南分厂使用，又调集部分机床设备、材料、资金支持南分的经营和新产品开发。1958 年 4 月，南分在上级的大力支持下，又研制成功国内最早用于化肥厂的首台热导氢气分析器、氨分析器等新产品。产品研制成功后向江苏省委报喜，省委书记亲自接待，对南分职工自力更生、勇攀高峰的精神大加赞扬。

南分职工在建厂初期十分困难的条件下，自力更生发奋图强，急国家工业建设和国防建设所需，仅在 1958 年的一年中就试制了九种新产品。在 1958 年到 1963 年的建厂初期，南分在仿制原苏联产品样机基础上，发挥自身的聪明才智，

大路蹄痕（工程篇）

自主研发生产出我国第一代工业过程分析仪器产品，如：热导气体分析器、热磁式氧分析器、去极化微量氧分析器、热化学氧分析器、电导式盐量计、硫酸浓度计、消氢器、携带式测氢仪等十余种新产品。企业经营规模也快速发展，总产值从 1958 年的 207 万元，到 1960 年已经上升到 1119 万元。

1961 年底到 1962 年 4 月期间，一机部四局派来丁金鹏副局长为首的推行“工业七十条”试点工作组，对企业在“大跃进”期间的技术、设备、生产、质量等管理存在的问题进行全面整顿，并以化肥用的 QJ-1 型去极化微量氧分析器为试点，进行产品技术、图纸、工艺整顿。同时，南分组建了中心实验室和例行试验室，企业管理和产品质量水平得到显著改进和提高。南分在建厂初期，就为国家早期的化肥、电力、水泥等行业，提供了一批国产过程气体分析仪器，并为我国第一艘万吨轮下水、以及国防科研、军工提供各种配套分析仪器。记得黄河厂长回忆，当年南分为海军试制成功 036 消氢器、RD-1059 携带式测氢仪产品鉴定时，苏振华海军大将曾亲自到南京参加产品鉴定，并表扬了黄河厂长和南分厂的职工。

1963 年 10 月，第一机械工业部正式将南分划归为部属企业，并正式命名为“南京分析仪器厂”。南分厂进入了新的发展期，当时南分厂长是黄河、党总支书记是王德春，技术负责人是杜汝照。按照部仪器仪表总局的明确分工，南分产品布局主要以工业过程气体分析仪器为主，兼顾开发实验室及其他分析仪器。在机械部仪器仪表局领导下，南分得到快速发展。机械部每年都分配新的大中专毕业生到南分，从部内外调来技术和行政干部支持南分发展，加强企业的产品设计、工艺和质量管理。特别是机械部加强南分的技术改造，从厂房到设备更新，全面提升企业实力；加强新产品开发及工艺、质量管理。南分通过几年的发展，开发了国内第一代工业过程分析仪，以及气相色谱仪、工业色谱仪等产品。

1964 年南分为中国第一颗原子弹爆炸提供了配套仪器，在 1963 年~1970 年期间，南分先后开发了为国防 02/033/051/09 等工程配套的各种分析仪器产品，如：DD-100 船用盐度计、DH-51/DH53 型水中溶解氧、氩气中微量氮光电光谱仪、新型消氢器等军用产品。1964 年南分与上海化工研究院合作开发了我国第一台工业气相色谱仪。在此期间，南分开发了工业过程分析用的各种原理的国产气体分析仪，并为小化肥厂提供分析仪器的成套及服务。

1966 年~1967 年文革期间，企业几乎停产；1968 年企业基本恢复生产。南

大路蹄痕（工程篇）

分在恢复生产后，加强了新产品开发和工艺技术攻关，成立了技术人员、工人、干部三结合的热导基型产品攻关小组，以杜汝照工程师为首开发了具有自主创新的热导系列产品的传感元件、新型热导池、及热磁式氧气分析仪的传送器等，更新了早期仿苏的热导等系列产品，企业拥有了各种传感元件制造的核心技术。同时，南分也较早开始为用户开展技术培训服务，以徐岱润工程师为主的技术服务团队，积极组织编写培训教材，举办各种仪器技术培训服务的用户学习班，在国内首先提出了为小化肥企业提供成套分析仪器及服务。

上世纪五十年代末到六十年代，南分还为国内仪器仪表行业的发展，培训和支持专业人才做出了无私贡献。国内北京分析仪器厂在 1959 年 10 月创建，其主业产品为在线气体分析仪器及实验室分析仪器等各大类产品，北分建厂初期，派遣了十余名大学生到南分培训实习，参加分析仪器的设计开发。南分在机械部安排下，1964 年派遣十多名技术人员支援天津仪器仪表的发展。1965 年从南分调出几十名干部和机修车间部分人员，与江南光学仪器厂、南京电影机械厂等部分人员组建了南京仪表机械厂。1969 年 10 月，南分根据机械工业部贯彻国家“三线建设”的总体规划，抽调精干力量内迁四川重庆北碚，援建了四川分析仪器厂（现重庆川分），内迁人数 345 人、设备 88 台，其主业产品也是以工业过程气体分析仪器为主，兼顾水质、实验室仪器等。

1970 年机械部调整原部属企业，部分下放到地方管理，南分也下放到南京市管理，隶属于南京市电子仪表工业局。南分下放地方后，仍然得到机械部仪器仪表局的归口管理和大力支持，对企业新产品开发、技术改造、设备更新等投入，继续给予了强有力的支持。1978 年南分贯彻机械部企业整顿的总体要求，在党委书记黄河、厂长姜延成等领导下，进行了机构整顿，加强企业现代化管理；成立了研究所、工艺科，质量检验科、设备科及厂办技工学校，开展了质量管理、文明生产和技术练兵活动，使得南分的生产经营开始恢复性增长。

1978 年 3 月，根据中共南京市电子仪表工业局委员会文件，批准成立了“南京分析仪器厂研究所”。南分所是厂属所，成立初期有 78 人，科技人员 46 人，分为三个研究室：热学仪器室、光学仪器室及色谱仪器室。到 1992 年末，南分研究所发展到 104 人，其中高级工程师 12 人，工程师 36 人，助工及技术员 38 人，设有 12 个研究室，包括：工业色谱仪、工业质谱仪、原子吸收光谱仪、红

大路蹄痕（工程篇）

外分析仪器、热学/电化学等流程分析仪、成套分析系统、试验室气相色谱仪、液相色谱仪、血气分析仪、电解质分析仪、生化分析仪及微型计算机等研究室，并附属试制车间；后来工艺科也合并到研究所；研究所员工最高时达到 180 人。南分研究所的所长先后是程守淦、谢培新、朱卫东、韩一匡等。

到 1986 年南分建厂三十周年时，职工已发展到 1300 余人，新建了七层装配大楼，全厂建筑面积增加到 35190 平米，中华路 26 号的厂房几乎全部更新；企业添置了必须的设备和检测仪器，建立了具有高低温、冲击振动、盐雾试验、具备“三防”“三抗”试验的型式试验室，并在市郊铁心桥建设了当时华东地区第一的标准气、特种气体的制配气站。南分建厂 30 年来，累计共试制和生产九大系列、133 个品种，51919 台套产品，为国家石油、化工、电站、冶金及科研、军工配套了各类分析仪器。

1978 年~1998 年是南分发展最好的时期，南分在机械部和省市政府支持下，加强了新产品与市场开发；企业管理和质量管理；技术改造和设备更新；自主创新和引进，实现了分析仪器产品的更新换代。南分积极推进企业、科研院所、用户的三结合，完成了国家“七五”“八五”等技术攻关任务。先后完成了几十项新产品开发任务，包括多项国家级科技攻关项目：成套分析系统取样预处理技术攻关、防爆工业气相色谱仪、工业四极质谱仪，以及原子吸收光谱仪、高压液相色谱仪、血气酸碱分析仪等。

1983 年~1987 年期间，南分积极开展对国外的技术合作，开展引进、消化、吸收，先后引进了：氧化锆氧分析仪、防爆工业色谱仪、燃烧效率优化仪、牛乳脂肪分析仪，以及血气酸碱分析仪、电解质分析仪、自动生化分析仪等 7 项国外产品技术，并组织了国产化消化吸收。1992 年南分成为南京市及国家级首批高新技术企业，1994 年被列为江苏省现代企业制度改革试点单位。

南分通过二十多年的自主创新、合作创新及引进创新，实现了国产工业在线分析仪器的更新换代，开发了国内最早的工业在线成套分析系统技术。在此期间，南分厂长先后是由姜延成、邓福宝、赵志强任职；党委书记先后是黄河、陶儒瑶、赵志强；总工程师先后是杜汝照、谢培新、朱卫东。1996 年，南分厂成立四十周年，当年企业有职工 1400 人，其中：专业技术人员 350 人，高工 38 人、工程师 120 人。企业建筑面积 4.3 万平米，总资产 7300 万，国有资产原值 4100 万。

大路蹄痕（工程篇）

拥有：工业在线分析仪、成套分析系统、实验室分析仪、医用生化分析仪、各类传感器及离子选择电极、标准物质（标准气及试剂）等六大类产品、二十多个系列、100 多个品种规格，企业年销售达到 3000 多万元。南分成为国家机械部归口的仪器仪表行业重点骨干企业，南京市仪器仪表行业的三大骨干企业之一。南分四十周年厂庆期间，时任南京市副市长，后任国家工商联主席的黄孟复先生曾亲临南分，表示祝贺。

南分几十年来，研制开发了国内多个第一台分析仪器产品，如：第一台二氧化碳气体分析仪、第一台工业色谱仪、第一台工业四极质谱仪，以及第一代工业过程分析仪。为国家石油化工、冶金、建材、电力等流程工业的自动化配套了约十万台、套的分析仪器，为工业生产的安全、节能和环保监测做出了较大贡献。同时，南分为国家重点国防、科研、工程项目，如两弹爆炸、洲际导弹发射、核潜艇、毛主席纪念堂、北京正负电子对撞机、航天飞行器等项目配套分析仪及传感器，先后荣获中共中央、国务院、中央军委、国家经委和机械工业部多次嘉奖，并获得李鹏总理亲自签署的嘉奖令（见图 1）。南分产品多次参加全国工业展览会、全国仪器仪表展会，李先念主席、江泽民主席曾到江苏省产品展台，参观南分展出的新产品，（见图 2、图 3）。



图 1 李鹏总理签署的嘉奖令



图2 李先念主席参观南分展台



图3 江泽民主席参观南分展台

据南分建厂四十周年统计 1978 年~1996 年期间，获得科技进步项目嘉奖有 27 项，其中：国家级三等奖 1 项，省部级二等奖 10 项；如：防爆工业色谱仪、8312 工程四极质谱仪、原子吸收光谱仪、红外多组分分析仪、转炉煤气回收气体分析系统等。氧化锆氧分析仪、原子吸收光谱仪等产品荣获江苏省优质产品称号。

南分在 1999 年~2005 年期间，企业发展受到改革开放大环境的影响，特别是国外进口仪器的冲击，企业运行机制与部分产品不能适应市场经济发展的变革，逐步面临严重的经营困难，不得不采取下岗分流、分兵突围，组建分公司等多种形式。为突破企业发展困境，按照南京市政府对国营企业“三联动”改制要求，南分在 2005 年底实现了整体化民营改制，组建了新的“南京分析仪器厂有限公司”。

新的南分公司在董事长薛军，总经理高喜奎领导下，继续以在线分析仪器为主业，加强了成套分析系统及在线分析仪器的业务发展；保留了医用及实验室分析仪器产品。企业初步建立了现代民营企业的运行构架；并加强与西门子过程分

大路蹄痕（工程篇）

析仪器的合作，成为西门子在中国的紧密合作伙伴——分析仪器系统集成商。南分通过加强与南京工业大学的厂、校合作，先后开发了新一代智能化防爆工业色谱仪、防爆红外气体分析仪，以及分析仪器的智能化平台技术。重点开发了石化、冶金、建材等流程工业配套的在线分析系统、分析小屋；并大力开发环境监测领域的烟气排放连续监测系统（CEMS）等新产品；南分公司的发展有了新的转机。

2008年，南分公司在总经理高喜奎领导下、由总经理特别顾问朱卫东主持，党委书记蔡军协助，实现了南分当年搬迁与经营两不误。南分于2008年底，告别了50年的老厂址——中华路26号，整体搬迁到江苏省南京雨花经济开发区龙藏路1号，新厂区占地108亩，一期开发50亩，建筑面积2.3万平米。企业搬迁后，硬件条件大为改善，为南分的新发展创造了较好的条件；2008年南分在搬迁的同时，当年实现合同订货3957万元，货款回笼3057万元。南分搬迁到新厂区后，企业实际在岗人员180人，其中专业技术人员60人。

2009年7月，董事会对南分公司领导班子进行了调整，南分公司新任总经理朱建平、党委书记徐淮明，南分公司搬迁新厂区后，在其上级江苏和谐科技集团公司直接领导下，面临新形势、新条件、开始了新的发展征程，将努力重振南分辉煌。

在建设宝钢的岁月里

史红婴

上世纪的后二十年，正值改革开放和步入现代化建设的新阶段，作为原冶金部鞍山焦耐设计院年轻一代的设计人员，我有幸参加了国家重点项目——宝钢焦化二期和三期工程的建设，见证了我国仪表自动化发展的一段不平凡历程。

1989年春天，是改革开放的第十一个年头，作为焦耐院驻上海宝钢焦化工程的设计服务“班底”，我和同在焦耐院从事土建专业设计的丈夫带着天真活泼的女儿一起坐上由鞍山开往上海真如站的列车。两天旅途，让我们渐行渐远地离开了春寒的北方，而一踏上上海宝山，正值“沾衣欲湿杏花雨，吹面不寒杨柳风”的季节。

二十多年过去了，回望当年，伴随着一路走来的坎坷与攻坚克难的旧事，那些身居高位、作风严厉的宝钢指挥部领导，那些平易近人却令人尊敬的宝钢科技人员，还有施工单位的工

人师傅以及冶金系统各路设计大院的同仁们，他们的形象、他们的精神不时地呈现在我的脑中。

1、仪表国产化的探索

刚到宝钢，时值二期焦化工程正进入建设高潮，大量设计图纸源源不断发到现场，施工单位也在此安营扎寨，各类仪表设备正紧锣密鼓地进行订货和加工制造。我到宝钢的第二天，还来不及将家安顿好就参加了宝钢设备部召开的一次会议。

宝钢一期焦化工程的仪表设备是随工艺装置由日本新日铁全套引进的。1986年二期工程开始时，工程指挥部就明确指出，要在消化日方一期工程的基础上，尽量采用国产设备，并把设备的“国产化率”作为工程的一项重要指标。凡在钢铁行业里从事过仪表自动化专业的人都十分清楚，焦化厂使用的仪表数量和品种位居其他各厂之首；而焦化工艺介质的成分复杂，各类仪表的设计制造和应用并非易事。为此，围绕着自动化仪表国产化这一主题，就资料收集、技术交流、设备的设计与制造、现场调试以及开工保驾等一系列事项开展了繁重的工作。

宝钢二期仪表设备的总成套方系上海自动化仪表公司，其总部设在漕河泾，而各仪表厂却分散在市内各处，如生产执行机构的上自十一厂位于朱家角，生产调节阀的上自七厂在崇明岛。由于那时交通不便，既没有直达车，更不用说地铁和小车了，从位于上海东北角的宝山区，我们每去一次仪表厂，就得早上六点出门，直至晚上七八点才能回来。几年中，夏天顶着骄阳，冬天冒着风雨，无数个来来回回，把我们这些北方人都跑成了“上海通”。

为了仪表国产化，沟通和解决仪表设备在制造、安装和使用过程中所呈现出的各类问题，我常和参加宝钢工程建设方方面面的人员打交道，包括宝钢指挥部的设备材料部，上海仪表公司的领导和各制造厂的生产负责人和技术人员，施工建设单位（上海五冶机电公司，以下简称：五冶）从领导到基层的技术人员、工人师傅，以及分包方和驻扎在宝钢的各设计院等等。那时依靠的信息工具就是电话和信件，必要且问题多时就开会解决。

让我难以忘怀的是五冶设备部的何成瑶女士，一位泼辣能干，年长我几岁的川姐。当时，宝钢指挥部把国产设备委托给五冶设备部管理，凡焦化仪表的进货验收，送往现场的运输，情况变化时的修改，都要经她的手。遇到问题时，总承包方、分包方、制造厂、用户、设计院的代表间难免各执一词，而发生多家单位间的扯皮，用上海话讲这是在“捣浆糊”。每逢此时，川姐的泼辣劲还真给力，她会很爽快地把桌前的一杯白酒干了，然后用夹着四川口音的话说：“别吵了！大家多承担一些，少推脱一些不就解决了吗？”只要五冶能做的诸如派

大路蹄痕（工程篇）

车、接人、安排会议及食宿等事，川姐都会雷厉风行地为大家安排好。这样，即便会上有些没扯清的问题，也随着相互间的沟通和理解，很快迎刃而解。

五冶承担着仪表设备的安装调试任务。他们在工作上不仅一丝不苟、任劳任怨，而且有着极为丰富的工程经验，以至于我们后来常笑言这支来自四川的施工单位，不愧来自于诸葛亮的故地，有勇有谋、英勇善战。

在现场，我们这些来自设计院的人员常被誉为“技术专家”，说实话我感到汗颜，许多技术问题的解决，常依托于多方面的支持和努力。比如，为保证焦炉执行机构有足够大的输出力矩，采用了油压式，但它的安装要求很高，一时便成了难题。颇多时候，我就像个实习生，背着图纸，坐在五冶师傅的自行车后座上，跟随他们从二期工地跑到一期工地，借鉴日方一期工程的设计，一点一点地了解，又跑到设备仓库或制造厂去查看设备，再请教各设计队、制造厂的前辈们，终于找到适合于我们设计的施工方案。

宝钢焦化厂负责仪表点检工作的技术人员，常给我介绍宝钢一期仪表设备的运行情况，一起分析工况，为我们顺利完成二期设计给予很大帮助。在宝钢，除了焦耐院外，还有北京钢铁设计总院、重庆钢铁设计院、武汉钢铁设计院、长沙钢铁设计院等驻宝钢的设计队，我们这些来自五湖四海的同行们常在一起开会进行技术磋商，互相取长补短。经过风里来雨里去的五年岁月，终于完成了二期焦化工程的设计和安装，迎来工程的顺利投产。

实践是检验真理的标准，特别是开工试运转，它是检验仪表和控制系统的关键时刻。抱憾的是，有些国产仪表没经住考验。

作为干熄焦装置的核心执行元件——给水调节阀系采用上海自动化仪表七厂（简称：上自七厂）的产品，开工后不久就出现故障而无法投“自动”。无奈之下，操作工只得二十四小时轮班手操阀门，这不仅降低效率，还影响到焦炉的生产。为此，宝钢指挥部召开多次会议，并组织炼铁厂、设计院、施工单位等各方人马汇集在上海崇明岛的上自七厂进行技术分析。经过对阀门制造过程的了解，再结合对使用工况的分析，我们意识到，一期工程的日方产品无疑是实用的，他们在工况分析以及在阀门的设计计算上下了很大功夫。

为此，我们修改并重新提交设计要求，上自七厂的技术人员和工人师傅们加班加点，重新赶制了阀门送到现场，暂时解决了燃眉之急。后来宝钢的同志告诉我，这些阀门的使用寿命也只有几个月，不是长远之计。无奈之下，只得重新申购国外产品。此事让我们感到，仪表设备的国产化不是一件简单的事情，它常会冒出许多问题，让我们绞尽脑汁。

宝钢焦化二期工程是对仪表自动化设备国产化的一次重要尝试，限于当时国内仪表制造

大路蹄痕（工程篇）

业的技术水平和经验积累，硬件设备的应用出现了不少问题。实践证明，自动化的进步要依赖于国际、国内仪表制造业的技术进步，需要从制造设备、材料选择和加工、科学生产模式、技术工人的培训、制作过程的管理、用户的反馈与支持等方方面面的努力才能实现。从二期工程开始，不少温度仪表、液位流量、执行机构的制造厂常到宝钢现场来进行实地考察，设计制造和引进了许多新型仪表，不仅解决了焦化行业专用仪表的测量和控制问题，同时也促进了国产仪表的进一步发展，诸如质量流量计、雷达液位计、超声流量计、在线分析仪等都逐渐被推广使用。

2、焦化厂 DCS 的应用

分散性控制系统（DCS）在国内焦化厂的应用是从宝钢二期工程的成功投运后得到大力推广的。

1987年我们在干熄焦、煤气回收净化车间设计了两套 DCS，这两套系统的投运可谓是经历了生死考验。在二期工程开车前，我们陪同焦耐院钟英飞院长等一行到宝钢炼焦厂的干熄焦电气室和煤气净化中控室转了又转，对比一、二期煤气净化车间的控制装置。一期仪表室里是一排排一列列镶嵌着温度、压力、流量指示表的仪表盘；二期的控制室是将一期仪表室旁边的原办公室改建而成的，控制室里只有三套 CRT 显示屏，每个屏幕上五颜六色的动态流程画面闪烁不停，操作人员要根据生产情况，调出相应的画面进行操作。这在当时，既让人耳目一新，又禁不住要产生怀疑，万一系统出故障了，操作者岂不摸瞎了吗？

此时正值开车前夕，突然传来四川攀钢焦化厂 DCS 发生死机的消息，为此，大家对这两套 DCS 能否顺利投入使用不免担心起来。有人便提出应另做几块仪表盘以防不测。这等于否定了原设计的控制方案，且现场线路还需重新布置，工期无法保证，更要增加投资。在这关键时刻，仪表自动化界前辈、时任宝钢设计院自动化室主任的邹肇村先生和焦耐院的单永丰先生等站了出来，向宝钢领导耐心介绍 DCS 的情况，认为 DCS 已是成熟的技术，完全可以应用于焦化厂的在线控制；但为了更保险起见，提出由 DCS 制造商派专家和设计院人员一起为生产运行作保驾的建议。

不久，成立了保驾团队，并将人员扩大至国内各仪表供应方以及五冶的建设和调试队伍，作为 DCS 供货商的上海福克斯波罗公司也从新加坡派来软件专家。在1991年春节前后半年时间里，一起完成了上千个输入/输出点的调试，不仅保证 DCS 正常使用，还积累了丰富的实践经验，为后来的软件国产化打下良好基础。

从此，我们仪表自动化专业相对于设计院其他专业的地位陡然升高了，换言之，DCS 的

应用和提高生产自动化水平的同时，也提升了仪表自动化专业的地位。

3、软件国产化和控制三电一体化

1994年，开始筹建宝钢三期。在总结一、二期工程的基础上，提出了引进国外先进工艺技术和关键设备部件，开展国内配套的建设原则。宝钢三期焦化工程从装置规模到技术水平均高于二期工程，如从法国引进了精葱、精萘装置，从德国引进了苯加氢装置，煤气净化车间的煤气脱硫装置引自日本 NKK。

在三电自动化设计上，提出要国内自行组态控制系统的应用软件，这一战略决策取得了很好的效果，不仅节约投资，还培养了一批软件人才。在基础控制级全部采用 DCS 控制，并在宝钢化工公司建立了高层的管理网络。我们作为设计院的技术工程师，不仅负责工程设计、安装和调试，还承担着沟通四国（法国、德国、日本、美国）三方（建设、施工、设计）的设计联络工作。如果和当今的网络技术相比，当时的这种联网技术算是小菜一碟了，但在十几年前，将国内外多个设备供货商提供的数据传到同一个管理平台上，再经过数据处理实施全厂生产管理的做法，无疑是开了焦化厂控制、管理自动化的先河。

在宝钢“国贸”（当时称为外招），参加技术谈判的中外人士络绎不绝，谈判人员不仅要精通技术，对外语、沟通能力等都是考验。国外谈判组都有一个项目经理带队，事先就技术、供货范围、设计深度、工期等一系列问题作细致的准备。四五个项目，每个项目谈三轮，院里派出了几批技术人员，白天在谈判桌上“唇枪舌战”，晚上回到宿舍抓紧时间互相交流，准备第二天的内容，几轮下来，真有“商场如战场”的体会。

1998年12月，宝钢焦化三期工程竣工了。接下来几年，我和同事们参加了焦化三电改造项目，宝钢焦化的各控制室都换上了先进的控制系统。现在，坐落于东海之滨的宝钢，已成为大型现代化工厂，也是世界钢铁行业的佼佼者。宝钢焦化厂不仅有先进的技术，还有先进的管理模式，为国内焦化厂树立了典范，这里饱含了几代“焦耐人”的奋斗历程。

4、不平凡的历程

光阴似箭，日月如梭，改革开放三十年，也是自动化事业得以蓬勃发展的三十年。作为仪表自动化专业的技术人员，我先后赴德国、美国、日本进行考察，并参加引进项目的技术交流和联络工作，目睹工业发达国家的先进技术和管理模式，开阔了眼界。鞍山焦耐设计院于2005年改制为国际化工程公司，从国内焦化厂的建设阵地，辗转到走出国门，承担并完成了南非、巴西、印度等国外焦化厂的建设。在近年的科研项目中，干熄焦装置和苯加氢装置都在国产化，这些装置都有大量的仪表控制系统。我们承担的总承包项目，从设计、供货直

大路蹄痕（工程篇）

飞鸿踏雪泥

至开工交钥匙，在技术和能力上已不是当年以设计为主业务的设计院所能比拟的。

2012年，中冶焦耐公司已搬迁至大连高新技术开发区，28层高的钻石大厦依山傍海；站在办公室里，放眼望去，令人心旷神怡。老一代仪表自动化的开拓者已近耄耋之年，我们中年一代，也到了退休之际；而在这座大楼里，依然还有100多位从事三电自动化设计的技术人员正在努力地工作。长江后浪推前浪，未来的几十年，仪表自动化事业一定会向着科技进步的顶峰不断前行。

当年随我一起到宝钢做“班底”的女儿，如今是美国麻省理工学院材料与科学专业的博士后，从事新材料、新技术的研究工作。大社会、小家庭都发生了巨大变化，这些都是我们曾经憧憬和期待的。

作者简介：史红婴，女，1956年11月生，江苏宜兴人，1985年毕业于鞍山钢铁学院自动化专业，教授级高级工程师，曾任中冶焦耐工程技术有限公司电力自动化室副主任。担任过鞍钢、本钢、重钢、南钢、马钢、昆明焦化、山西焦化等工程专业设计负责人和审核人；参加过哈萨克斯坦、巴西、南非、印度、伊朗等焦化项目工程设计审核和工程管理工作；获宝钢指挥部颁发的科技进步奖和国家级优秀工程设计金奖；曾发表《过程分析仪表在焦化行业的设计与应用》等多篇论文。