

回首丰硕历程 展望创新之路

吕勇哉

一九五六年秋，我怀着兴奋和激情，由上海来到西子湖畔的浙大新校区，就读电机制造专业。为适应国家建设的需要，浙江大学决定创办化自专业，并将约六十位新生由电机等专业转入化自专业。当时刚从清华进修归来的王骥程教授给我们作了专业介绍。加上同时从清华进修回来的李海青教授以及从电机系调来的林新民教授等筹办化自专业。十分幸运的是刚从美国回国定居的周春晖教授应聘来浙大任教，从而形成了以周春晖和王骥程教授为领导的化工自动化教研室，以使我们首届学生有幸在专业基础理论、专业工程技术、教学实验和工程实践等方面得到了非常良好的培养和训练。特别记忆犹新的是化自专业从她诞生之时已明确定位了自动化的应用背景和强调理论与应用的结合。这为专业半个世纪的发展奠定了良好的基础。化自专业早在五六十年代已着重“过程”与“控制”的有机结合和“控制理论”与“工程应用”的结合，并与当时国际上的“Chemical Process Control”学科已基本接轨。因此五十年来所培养的学生颇受国内外过程自动化产业的欢迎。

随着国家的改革开放和学位制度的实施，化自成为我国第一批博士学位授予点，周春晖教授成为首批博士生导师，并开始有规模地培养博士与硕士。随着控制、信息和计算机技术的迅速发展，在学科建设方面由原有的工业自动化拓宽至包括控制理论及应用、系统工程、模式识别，和自动化仪表及装置等所有二级学科。应用领域也由原有的化工扩展到造纸、冶金、生化、电力、交通、空间和先进制造等领域。并取得了一系列国家级科技和教学成果。成功地建立了国家实验室、工程中心和在国内外颇有影响的“中控科技集团”这一高科技产业。孙优贤教授当选为中国工程院院士。回首成功的历程，最值得总结的经验是团队精神、人才辈出和代代相传、学科建设的不断更新和始终坚持理论与工程应用紧密结合的准则。

进入新世纪后，国内外校友和社会各界均期盼浙大“控制科学与工程”有一个新的飞跃，以尽快进入国际先进行列。结合国情，学习国际一流大学的经验将有助于在全球化的历史潮流中谱写历史新篇章。众所周知，提高教授队伍的素质是办学的关键，尽管目前师资队伍中拥有博士学位的教授已达到一定的比例，但其中拥有本校博士学位的教授所占的比例却远远超过国外大学的水准，这势必影响学科和学术思想的发展。此外，如今浙大控制科学与工程学科归属电子信息学院，无疑为学科的扩展和交叉创造了有利条件，但在人才培养方面应严

感叹岁月（其他）

防丢失或轻视自动控制的应用背景，否则将会失去浙大过程控制学科的优势之本。半个多世纪来，一方面控制科学和工程的应用已迅速扩展至工业、农业、生态、空同、交通和许多非技术的社会经济领域，另一方面，生物进化、统计物理、计算机科学、人工生命、免疫和生态系统等现象、原理和模型也正开始从外部影响现代控制科学和工程的发展，成为研究新的控制和优化理论及方法的源泉。美国 Santa Fe 研究所便是一个典型的成功例子。事实上，任何一个教学或研究的实体均存活于其相应的生态系统之中，其死亡或存活或健康发展决定于该实体是否保持开放和不断调整与优化自身的结构及行为，以适应全球化环境的演变。这是一个不可抗拒的自然规律。连世界软件巨头“微软”也正面临新秀“谷歌”（Google）的严峻挑战和设法作自身的调整，以保持其巨头的地位。

最后，衷心祝愿由周、王两位教授开创和奠基的浙大控制科学和工程，将在新世纪写下更加光辉灿烂的篇章，并进入国际先进行列。



作者简介：吕勇哉，浙江桐乡人，1937年10月生；历任浙江大学教授、博士生导师、工业控制研究所所长、浙江大学学术委员会副主任、美国普度大学客座副教授、美国伯利恒钢铁公司、iTwo 和 Pavilion 技术公司等技术顾问；曾任中国自动化学会副理事长、国际自动控制联合会（IFAC）主席等职和当选为 IEEE Fellow；曾获1989年和1993年国家科技进步（二等）奖、全国科技图书一等奖、多项部委一、二等奖；美国仪表工程师学会（ISA）UOP 技术奖和美国钢铁工程师学会（AISE）最佳论文 Kelly 奖等奖项。发表英文专著二本，中文专著一本；科学论文（SCI 和 EI）一百余篇，享受国务院特殊津贴。

我国钢铁工业仪表自动化的 63 年（上）

马竹梧

前言

钢铁工业仪表及自动化不仅是现代化的标志，而且是能获得巨大经济效益和高回报的技术，据奥钢联统计，使用该公司的自动化系统后，烧结可提高生产率 5%，高炉铁水成本降低 16%，转炉温度偏差减少约 40%、碳偏差减少约 45%、重吹率降低约 60%、生产率提高约 10%，二次吹炼降低合金化成本 15%、缩短处理时间 5%，连铸漏钢减少 80%、最终板材不合格率降低 60%、热装率提高 6%、耐酸钢质量检验不合格率降低 75%，热轧加热炉节能 10%、轧出板带宽度公差为 $\pm 3\text{mm}$ 、收得率提高 0.75%、厚度公差降至标准值的 1/4、板形波动 $<20\mu$ 、平直度偏差在 30I 单位以内、卷取温度偏差 $<16^{\circ}\text{C}$ 等，自动化投资约 1~2 年内收回，因此，世界各国钢铁工业都大力采用自动化。

解放前我国钢铁产量很低。从 1890 年建设汉阳铁厂起至 1948 年的半个世纪，钢总产量累计不到 200 万 t，年产量最多的 1943 年才 92.3 万 t，而且主要集中在日伪侵占的东北，仅鞍山就占 84.3 万 t。这么少的钢铁，自动化作用与需求当然不会太大。

解放后，特别是改革开放后，钢铁工业飞速发展。1949 年钢产量占世界第 26 位，1957 年达 535 万 t，排世界第 8 位（当时日本为 1200 万 t，排第 6 位，美、苏、西德、英、法列 1 至 5 位），1977 年产钢 2374 万 t，1978 年突破 3000 万 t，1986 年粗钢产量超 5000 万 t，1995 年达 9536 万 t，1996 年达 10100 万 t，上升到第 1 位；2003 年超 2 亿 t，2005 年超 3 亿 t，2006 年超 4 亿 t，2007 年到 4.94 亿 t（超世界钢铁产量第 2 名到第 8 名之和），2008 年突破 5 亿 t，2010 年为 6.267 亿 t，连续 15 年居世界首位。2011 年超 7 亿 t。生产这么多钢铁，如何节约原燃料和人力，提高质量成为关键，自动化就显得非常必要。

我国钢铁工业仪表及自动化，本非常薄弱，而目前技术与装备水平已经与发达国家大致相等，无论工程设计、新的检测和仪表技术以及自动控制系统的开发研究、产品制造、工程安装投运、生产维护、以至人才培养都已具有相当力量，形成产业化。但还有不少差距，有待改进与克服。

如上所述，我国钢铁工业仪表及自动化的发展大致可分为两个阶段，即自动化起步和发展的第一阶段，和以计算机和多学科高技术为核心现代自动化的第二阶段。每个阶段又分为几个不同时期。

感叹岁月（其他）

1 我国钢铁仪表及自动化进展的第一阶段

(1) 三年经济恢复时期（1949~1952年）

这个时期，可以说是我国仪表自动化应用的开始，通过恢复和苏联援建的 8 号高炉系统安装、投运和生产使用，而使钢铁工业仪表及自动化得到初步发展。

抗日战争胜利后，我国钢铁主要产地鞍山（也是昔日世界第 6 大的钢铁厂），由于战争破坏、战后停工以及外国把较新的机组如 3、5~9 号高炉，二炼钢，大型及无缝钢管厂的设备拆走，产钢已微不足道，1949 年全国粗钢产量仅 15.8 万 t。新中国成立后，大力恢复生产，到 1952 年粗钢产量已超过历史最高水平，达 134.9 万 t；但自动化还非常薄弱，如炼铁、炼钢、轧钢仅有一些热工管理如测量温度、压力、流量等简单的仪表和德国生产的 ASKANIA 油压调节器用以调节煤气压力等；由鞍钢计器车间维护并保证正确运行，当时所指的自动化，主要是生产过程的热工检测（或称为“仪表”）及有关的自动控制。

1952 年底苏联援建的 8 号高炉系统开工，可以说是我国钢铁工业自动化的开始。8 号高炉设有全套自动化监控仪表，热风温度、热风炉燃烧、煤气压力自动控制等。另有热风炉自动换炉及上料自动化（和现在一样，操作员设定上料图表后，由称量车称放料、上料，炉顶装料均是全部自动顺序控制）属电气专业不属仪表自动化；配套的发电厂的 130t 锅炉、透平机驱动的高炉鼓风也是自动化的，前者包括输出蒸汽调节，锅炉汽包水位调节、燃烧控制等，后者包括可选的定风压或定风量调节等；其烧结（监控仪表、点火炉温度、空燃比控制，台车速度控制等）、炼焦（监控仪表、加热煤气压力控制，自动换向等）也装备相应的仪表自动化系统；所有自动化仪表和调节器虽然还是模拟式，电气控制是硬线逻辑系统，但也是当时的世界水平。

1952 年首次开展自动化工程设计，堪称我国自行设计的第一个较大规模的自动化工程是鞍钢第二煤气洗涤机仪表及自动化工程（当时正值恢复和建设已停产及战乱损坏的鞍钢的 5、6、7、8 号高炉，8 号高炉由苏联设计与供货，5、6、7、8 号高炉的第二煤气洗涤机则由国内设计，设计者是笔者等技术人员，其内容是各高炉洗涤塔前荒煤气及塔后半净煤气压力、出口流量检测；半净煤气总管压力检测及越限报警和自动放散；各煤气洗涤机的前后压力、出口流量检测及洗涤机前压力降低越限报警；净煤气总管压力检测及越限报警；自动控制净煤气输出总管的堪称我国最大的直径达 2900mm 的蝶阀开度以保持净煤气总管压力的自动控制系统；净煤气输出总流量检测，其测量孔板直径为 2900mm，蝶阀和孔板是当时国内自行设计和制造的最大的蝶阀和流量孔板；到各使用部门如发电厂各锅炉、各高炉热风炉等

感叹岁月（其他）

管道的煤气流量压力检测及压力自动控制，到发电厂各锅炉是控制阀前压力，这是因为要保持净煤气总管压力，只是把富裕剩余煤气才供各锅炉使用，在减少或关闭送锅炉煤气仍未能保持净煤气总管压力时，2900mm的蝶阀才动作，目的是保证更重要的到高炉热风炉或轧钢的煤气压力稳定，到高炉热风炉等管道是控制阀后压力，以保持至这些使用部门的煤气压力稳定；由于高炉煤气含约30%的CO，是最危险的有毒气体，燃气厂要求设置CO报警器，但当时国内外没有可靠的产品，燃气厂不得已，只能在危险点悬挂内装鸽子的鸟笼，因为鸽子对CO特别敏感，当发现鸽子不行了，意味着泄漏煤气，人们应立即逃离。

由于高炉生产，主要靠检测仪表来掌握高炉炉况并及时调整使之“顺行”。它不仅靠仪表检测得出的指示值，而且需要了解趋势，这就要求装设自动记录仪表，故鞍钢计器车间由日本工程师（当时还留用不少日本工程师，这些人大都会汉语，1953年以后才由于大规模苏联图纸来到，按协议，不允许第三人接触，日本工程师才离开鞍钢，绝大多数遣返日本）与中国技术人员共同成功地制成了自动记录仪表并用于生产（其后本溪煤铁公司按此仿制，本溪煤铁公司后来也分为本溪钢铁公司与属于燃料工业部的本溪矿务局），也堪称我国自行设计和制造的第一个自动记录仪表，因为此时国内并不生产自动记录仪表。

（2）第一个五年计划时期（1953~1957年）

此时大规模社会主义建设，我国钢铁工业仪表及自动化从工程设计-安装-投运和生产使用，而得到飞速发展，并达到相当水平，到1957年不仅能完全独立设计-安装调试-投运仪表及自动化系统，并且从设计发展到开发研究新的检测技术和仪表以及新的自动化系统，自动化仪表及装备也基本立足国内和初步形成我国自动化仪表产业。国家在编制科学发展规划也包括仪表及自动化规划，高等院校也先后开设自动化专业，出版社和各类有关仪表自动化的杂志也创刊，从翻译苏联自动化书籍和文章到自行发表文章与经验交流而大大促进了仪表自动化人员、队伍和技术的成长。

第一个五年计划大规模社会主义建设开始，国家提出“全国支援鞍钢”等口号，钢铁工业得到大发展，首先是1953年鞍钢三大工程七高炉系统、大型（重轨）轧钢厂、无缝钢管厂投产，接着是一炼钢改造，二炼钢，三炼焦，化工回收，5~6高炉、9高炉、3高炉系统（包括烧结、焦化、发电等等），薄板等厂相继投产，其后本溪、武钢、包钢等改建或新建钢铁基地也开始建设，抚顺钢厂、北满钢厂等特殊钢生产厂也在改造与投产，这些从苏联引进的机组，其自动化水平与当时的国际先进水平大致相同，如平炉（当时世界主要靠平炉炼钢）都装备全套监控仪表、火焰自动换向、热制度调节等、电弧炉均装有炉顶装料、电极升

感叹岁月（其他）

降控制等，加热炉均热炉均设有炉压控制、温度和燃烧控制等，均热炉还设有炉盖打开自动联锁及控制等。

与此同时，大批苏联专家来华指导设计、安装和生产，鞍山钢铁公司的设计处（1954年易名设计公司，并为武钢的建设而成立武汉的钢铁设计部门，1955年更脱离鞍钢易名冶金工业部黑色冶金设计总院，1956年初大部分迁北京，以后又把留鞍山部分，分别成立冶金部鞍山焦化耐火设计院、冶金部鞍山矿山设计院，冶金部黑色冶金设计总院重庆分院，并成立冶金部长沙矿山设计院、冶金部黑色冶金设计总院武汉分院等）。除原有电力设计科外，1953年成立计器及自动装置设计科，这也是我国第一个自动化工程的设计科（分5个专业组：冶金设计组、辅助车间设计组、动力设计组、信号设计组和标准设计组），化工部、第一和第二机械工业部等也随后相继成立自动化工程设计部门，也先后派自动化技术人员到鞍钢计器及自动装置设计科学习和工作，该设计科由苏联顾问专家 K. K. 捷列森哥指导自动化设计，这位拉脱维亚人、苏联最权威的自动化设计院 П М И I（中译：计器安装设计院）的科长和著名专家（著有多本自动化方面的著作，其中最著名是提出并得到广泛应用的使平炉换向火焰停歇最短因而温降最小并节约大量煤气与增加炼钢时间的“相遇煤气”方式的平炉换向系统）的确具有国际主义精神，他不仅热情指导我们进行自动化工程设计，无保留地及时提供有关设计资料、规程、规范、计算手册和可参考的苏联最新投产类似工程的全部图纸，使我们很快学会自动化工程设计，完成了鞍钢及上述的全国其他钢铁厂自动化工程设计，而且当时国内不生产新型自动化仪表及装备（当时虽正在建设主要由东德援建的西安仪表厂仍未投产，且仅生产某些仪表，品种较单一，远远无法满足钢铁工业要求），故当时基本是向苏联订货，如果是西方国家，这正是求之不得；而捷列森哥专家认为苏联自己也在建设社会主义，供应也很吃紧，中国应发展自己的自动化装备工业，不应都到苏联订货。为此，他带领我们及鞍钢公司设备处人员跑遍上海各仪表厂，要求只能生产水银温度计的仪表厂生产各类如热电偶、电阻温度计等温度传感器、只能生产水表或弹簧压力表的仪表厂生产各类自动化流量、压力和液位测量仪表，有些简陋条件的稍为性质靠近的厂生产各类电子记录仪、PI调节器和执行机械等，要鞍钢设备处在工程中多定一台或从备份中提出一台做为样机，进行测绘仿制，以专家建议方式提交国务院专家办公室、上海市和鞍钢领导（当时规定苏联专家建议必须执行），并亲临制造厂作技术指导。就这样，约在1956年，我们不但能独立设计自动化工程，而且除个别从苏联进口新的装置作为样机仿制外，全部自动化装置均国内生产，上海也建成多个仪表厂和仪表产业的基础。

感叹岁月（其他）

1955年苏联在马格尼托哥尔斯克市召开钢铁工业自动化会议，会上发表了各工序新控制系统、检测仪表及技术等，捷列森哥专家带回许多研究、应用的报告，全部交给我们，并由于设计立足于可靠，不能作试验以免影响生产，这就需要有研究部门，不断提供新的、成熟的技术，捷列森哥专家建议冶金工业部成立新的自动化专业院所，并吸收苏联的经验和改进不足之处，苏联钢铁工业自动化的设计和研究是分立的，由ИИА（中央试验室）进行设计及试制，ИИИ（仪表自动化安装设计院，后易名中央结构设计院即ИПКБ）进行工程设计（焦化、采矿的自动化工程则由相应专业设计院的自动化科设计），建议成立统一部门。为此，1956年冶金工业部成立包括研究、设计和试制部门的热工控制研究设计院，并聘请ИИА的专家B. H. 普里克隆斯基来指导研究。这过程虽然短暂，但也作出一些成绩，其中某些还可以认为属于“创新”，设计部门承担了全国钢铁工业各个机组的仪表自动化设计，包括纯氧顶吹转炉仪表及自动化标准设计、唐钢垂直式方坯连铸工业性试验机组的仪表及自动化设计安装与投运等。研究试制部门试制了如钨钼热电偶测量钢水温度、利用弯头连续测量高炉各风口风量及其分配（国外是只用以测量水和液体流量，我国第一次用以测量高温气体流量，并导出其流量方程和试验得出其流量系数等，50多年以后的今天，我国唐山才系列生产测量水和气体弯头流量计）和烧结大口径废气流量、电子秤、高炉热风炉燃烧调节新系统，偏心收缩蝶阀特性研究（由于要使调节蝶阀获得近乎线性特性的蝶阀开度-通过流量关系曲线，特别要避免近乎两位的特性，因此蝶阀直径应计算阻力比而恰当选择合适的阀径，往往是比管道直径小而须收缩，过去苏联或国内因为计算资料与安装图纸都是同心收缩的，故都是按同心收缩来设计管道与蝶阀连接而需要解决收缩处的积水问题，迫切需要下部是平的偏心收缩方式以方便排水，专家建议要列为研究课题并进行试验以获得系列特性曲线，为此专门成立流量试验室，设有鼓风机， $\Phi 450$ 、 $\Phi 350$ 、 $\Phi 100$ 管道， $\Phi 350$ 、 $\Phi 300$ 、 $\Phi 250$ 、 $\Phi 200$ 、 $\Phi 175$ 、 $\Phi 50$ 蝶阀以及各式收缩连接件；还专门设有透明的管道和蝶阀，鼓入带颜色的烟气以观察偏心收缩、同心收缩等场合下，流过流体状态。本课题结束后整理成报告及资料和文章，交设计部门使用，一直至今，苏联专家也带回苏联ИИИ应用；苏联专家对流量试验资料是比较重视的，可能是这方面研究较少，例如苏联来的设计图纸，测量流量的节流装置一直使用标准流量孔板，直到苏联马卡洛夫著作的“节流装置计算”一书出版后，才有根据该书计算的适合于较脏流体的半片（亦称“缺圆”）流量孔板、和适合于要求量程很宽下限值很小的双重流量孔板、适合于在鼓风机等入口处安装的端头流量孔板的图纸，据苏联专家说，马卡洛夫没有做任何实验，只是出差到德国去，把资料收集回来写成本书，故苏

感叹岁月（其他）

联专家很重视我们的流量技术的试验，包括我们当时试验的“翼式流量计”等，为设计部门提供新技术。

与此同时，天津传动所、上海工业自动化研究所、上海电器科学研究所也相继成立，他们也进行不少钢铁工业自动化的研究工作。从上世纪 50 年代开始，东北工学院、北京钢铁学院、中南矿冶学院、清华、浙大、西安交大、哈工大等高校相继开设工业企业电气化、仪表及自动控制等系和专业，清华更请来苏联专家（齐斯卡可夫教授及崔可夫教授）开设面向锅炉及发电的热力过程自动化及面向钢铁的生产过程自动化课程，并接受各院所企业技术人员旁听，为钢铁工业输送和培养大量人才。其中东北工学院除了设有工业企业自动化系以外，还模仿苏联莫斯科钢铁学院学系的设置，设有“冶金炉及自动化（自动化主要是热工仪表测量及相应的自动化）”专业，1956 年首批毕业生，不少分配到自动化部门工作，为钢铁工业最先输送仪表及自动化人才。

国家在编制科学发展规划，其中 3908 项就是针对钢铁工业仪表自动化，详细规定了炼铁、炼钢、连铸、轧钢的仪表自动化项目、技术指标和完成日期。此外，还由中国科学院会同高校、热工控制研究设计院等人员专门对我国钢铁工业自动化现状进行考察。这些都大大促进了钢铁自动化的进展。

当时，自动化是指过程量的检测和自动调节以及与之相关的某些电气系统（由热工仪表执行的，如温度、压力、流量、液物位、成分分析等过程量的检测和自动调节以及某些电气系统如水泵自动按水位自动启动、多台水泵自动启停、平炉自动换向、焦炉煤气交换换向等与生产过程中热工密切相关的电气自动连锁及运行，基本是检测和使用经典控制理论的模拟式单回路小闭环自动化系统，所有自动化仪表和调节器还是模拟式，电气控制是硬线逻辑系统，当时我国钢铁工业自动化水平已经与世界发达国家大致相等），在设计部门由计器及自动装置设计科（1957 年以后易名为自动化科）执行，安装则由电装公司的计器队执行，生产则由公司的计器车间维护与定期校验与中修和大修。但已出现自动化范围扩大与由多专业参加的苗头，因为正如上述，引进 1952 年底从苏联引进的 8 号高炉系统，不仅包括成套热工控制与自动调节系统与装备，且包括与仪表关系不大的而与电气传动关系更密切的高炉热风炉自动换炉及上料自动化系统，它是属于电气设计科设计，而安装与调试则由电装公司的电装队和电调队执行，维护由生产厂的电工班负责。但当时钢铁工业很少像高炉那样的从上料、配料等全自动化系统，包括轧钢如无缝钢管、重轨等生产机组主要是电气传动有连锁及一些自动化环节，其控制主要是人工远距离电控。故电气设计科主要还是供配电、传动等设

感叹岁月（其他）

计，但已出现自动化范围扩大的苗头。

当时，钢铁工业的设计主要是三段设计，即：初步设计、技术设计和施工图设计，仪表自动化工程一般不进行初步设计，但有时作扩大初步设计（此时，就没有技术设计阶段了），设计主要是按工艺主体设计科提供的包括要求检测和控制项目的任务书（当时工厂建设是国家投资，对于建设水平，是由设计院代表国家来决定，工厂意见仅供参考，直到 80 年代，因工厂建设由工厂自筹经费，故出现“用户为王”的概念，即建设水平和项目均由用户决定），然后参考过去的设计和按苏联专家提供的设计资料及苏联书籍伊凡洛夫著的“计器手册”，此外还有苏联专家提供的不定期的“技术通报”（由标准设计组保管，标准设计组还提供主要是苏联提供的标准设计图纸及极少量自己设计的图纸，这些标准图主要是部件如取压口、流量孔板、热电偶、一次仪表传感器等安装图及一些如仪表盘箱等制造图等，故当时的工程设计中只设计 15~30 张图纸，而大部分是重复使用的标准图，以提高设计效率，例如苏联设计的鞍钢 8 号高炉，其仪表及自动化图纸约 125 张，其中标准图近 100 张。以后更由于计器安装队都有这些标准图，经双方协议，设计部门不再发这些图纸而大大简化与减少设计图纸）进行设计，为提高设计效率，不断革新，除大量采用标准图外，还使用涂改（利用过去的类似的设计图用消字墨水涂去然后增添）、剪贴（例如把工艺提供图纸剪出所需部分，然后增添仪表及自动化内容）等方法以大大减少制图时间。对于设计人员水平提高和交流除从工作中学习外（这是苏联专家最强调的，认为有两种培养方法，其一是在高校培养或讲课，这是学院式培养，是低级的，未闻只读书可培养一个出色工程师；其二是在工作中培养，这是最主要的，作过的工程就会。因此，苏联专家要我们尽可能多设计，除了计划任务外，还带我们到北京钢铁局去找任务，取得了石景山钢铁厂 1、2 号高炉及天津炼钢厂平炉仪表自动化工程，还到了本溪和秦皇岛，取得了本溪水泥厂回转窑和耀华玻璃厂玻璃窑炉等仪表自动化工程，由于不停地设计，因此很快就掌握了如何进行自动化工程设计了，到 1956 年就完全独立设计，基本上极少请教苏联专家了。

其实西方也是这一方法，记得 1983 年，我们对现代化的自动化工程，不会有关计算机和 PLC 等设计，包括设计方法、各阶段的内容与文件功能规格编制和程序编制与调试都不懂。我代表我们院与德国西门子公司签定培训协定，以为很优厚，派 4 个水平高和有经验的工程师到德国，西门子公司提供来回飞机票、供食宿且还有补贴。结果一下飞机，西门子公司安排承担该公司的我国宝钢热连轧自动化工程的工作，虽有西门子的专家挂名指导，但基本是我方承担工作，西门子公司称，这就是培训，从工作中培训，经几个月后；全部工作无

感叹岁月（其他）

误完成了，西门子公司发给我们 4 个同志“西门子公司合格工程师”证书，但这样就低价为西门子本应雇人来完成的工作，以后西门子又获得我国宝钢冷连轧自动化工程的合同，又要求派包括获得合格证书的 4 人共 8 人来培训，而且同意前 4 人另支付一定工资，其后在宝钢冷连轧自动化工程现场调试还雇用该 8 人作为西门子公司人员进行调试，这虽是双赢，但西门子公司却节省了大量费用。

当时，主要是从书店购买从苏联进口的公开出版的仪表自动化书刊，到上世纪 50 年代中才由国内冶金出版社先后出版翻译的仪表自动化书籍，其中“冶金生产热工过程自动调节”“平炉自动调节”等书也可称我国第一批钢铁工业的仪表自动化翻译的书本，至于发表文章首次是发表与“冶金设计”1956 年第 1 期的“转炉炼钢生产的自动化”；以后，国内有关仪表自动化的刊物，如《仪器和自动化快报》《仪器与试验技术》等相继创刊，刊登许多有关钢铁工业的仪表自动化的文章，中国自动化学会和中国仪器仪表学会成立，特别是中国自动化学会等联合组织的“自动化培训班”（主要是普及自动控制理论等）等等，均增强了仪表自动化的交流，促进了钢铁工业的仪表及自动化的进步。

（3）第二个五年计划到七十年代初（1958~1973 年）

此时是第二个五年计划开始，继续大规模社会主义建设，并摸索走自己的道路（如炼钢开始搞转炉、连铸），超英赶美，仪表也开始研发统一信号的电气单元组合仪表，调节器也脱离过去苏联的机电式的 PI 调节器而研发以钽电容为核心的无可动部分的三作用 PID 调节器等等。中苏关系恶化，更使我们转向西方，并开始适应潮流，研究计算机的应用。此外，也看到外国先进技术和我们的落后，大大增加了危机感。同时也促进了以后的钢铁工业自动化第二次引进高潮。在此期间，调整-巩固与提高，冶金部有关部门还进行业务建设，对于自动化工程设计、安装设立各类标准，并使自动化更有效和许多新的有效技术得以应用。

上世纪 50 年代末期，我国在向苏联专家学习及学习从苏联引进技术、仿制引进设备和苏联 156 项工程完工生产的基础上，进入了自行设计并用国产设备装备新建或改建的钢铁企业的新阶段，如鞍钢 1、2、3、4、9 号高炉自动化系统和太钢 1150mm 初轧均热炉自动化系统等，其自动化技术水平已接近当时引进机组的水平。但在 1958 年冶金部整顿组织机构，宣布刚成立不久的热工控制研究设计院下马，设计部门分散到各钢铁设计院，研究试制部门合并到钢铁研究院变成一个研究室（12 室）二级单位。这样一来，自动化专业的开发研究就很难有大发展，虽然还在作了一些新装备及系统，如测量钢水温度的钨铼热电偶，它代替昂贵铂铑丝并交付生产，测量连铸结晶器钢水液位的同位素液位计及其控制系统、高炉用氯

感叹岁月（其他）

化锂湿度计（代替当时问题很多的干湿球式样湿度计并用以自动控制高炉鼓风湿度，后来因钢研院转向军工停止研制，但由研制人之一因调至重钢，最后成功地成为重钢自动化所的龙头产品，不仅在重钢高炉使用，而且供应全国各钢铁厂）、高炉静压测量及压量指数计算和差压自动调节系统（1982年以后重新变成冶金工业部自动化研究院的产品并一直至今还是唯一为全国钢铁厂提供此装备的厂家）、真空直流电弧炉电极升降控制系统、高炉炉况判断智能系统、热反馈式无可动部分的PI调节器（1956年前后，中国自动化学会、中国仪器仪表学会相继成立，大大鼓舞了仪表自动化人员的信心，1960年国际自控联成立，并在苏联莫斯科举行第一次国际自动化会议，我国选出5篇论文参加会议和在会上宣读，其中3篇属于或涉及仪表和检测技术）、芝麻三极晶体管及以后的以芝麻三极晶体管为基础的厚膜工业控制用的高抗干扰数字逻辑组件、太钢六轧罩式退火炉群多点数字巡回检测控制系统、配合一机部工业自动化仪表研究所在首钢试验高炉试验使用电动单元组合仪表的高炉自动化系统、哈尔滨铝合金厂（代号新风加工厂）铝管淬火温度自动控制系统及宽铝合金板空气淬火炉温度自动控制系统等。

后来中苏关系恶化，苏联撤专家和撕毁合同断绝援助。到60年代初，钢铁研究院转向为军工服务，转而研制测试材料性能的仪器仪表及制造和研制军工材料的机组的自动控制系统，虽然也完成许多有意义和一定水平的项目，如高温材料拉力试验机温度群控系统（军工研究部门和特殊钢厂都有上百台这样的试验机，日夜进行高温材料的高温状态下拉力试验，要求长达100小时以上温控精度不低于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，该系统很成功，不仅解决精度问题，用饱和电抗器代替接触器不仅实现无触点控制解决了长期可靠性问题而且能简单地实现“部分输入和不完全切断”的两位调节使温控精度大大提高，被国防科委高温测试基地列为重点推广项目而在各厂得到推广且成为750厂的畅销产品）、高低温全自动膨胀仪（测量材料的各种温度下的膨胀系数，该仪器比之国外仪器独创之处在于能连续测量 $+1100\sim-192^{\circ}\text{C}$ 下的膨胀系数，其加热炉可达 $+1100\sim-192^{\circ}\text{C}$ ，正温度时是用电阻丝加热、负温度时由液氮冷却，能作水或油淬火下的膨胀系数，用前馈与反馈复合控制系统以保证恒温及程序控制温度的精度，使用特制的双筒式三参数记录仪表以同时作温度-膨胀的X-Y型曲线和温度-时间曲线）等，对军工材料研究有一定的贡献，但一般的钢铁工业自动化研究就停止多年。此时，钢铁自动化设计主要是按旧系统设计，只是随着国内新的自动化装备生产而以新的仪表和装备组成系统，如用单元组合仪表代替老式仪表等。

60年代开始西方进一步发展自动化技术，特别是日本钢铁工业大扩张，并以包括计算

感叹岁月（其他）

技术和自动化应用作为其钢铁工业大发展的四大法宝（新工艺和新设备、大型化、临海钢铁厂、计算技术和自动化应用）之一，我国自动化水平与世界水平差距增大，特别是文化大革命期间。但尽管如此，各院所、工厂还是断断续续地发展自动化工作，如检测仪表和自动控制方面，70年代初，鞍山矿山设计院研制成功电子皮带秤、自动给料机和烧结自动配料系统，并在鞍钢、攀钢和首钢应用，本钢也开发了用工业色谱仪分析高炉煤气成分，武钢和鞍钢先后应用极值控制系统控制高炉热风炉燃烧及拱顶温度，1964年在首钢30t转炉使用测温枪，并试验用快速微型热电偶炉外定碳；在计算机控制方面也作了许多尝试（基本是由仪表自动化人员建议和进行的），首先国家要大搞计算机应用，组织首钢、钢铁研究院、冶金建筑研究院、738厂等采用晶体管元件制作了三台K-154型计算机，打算用于首钢炼铁、烧结和小型厂，但由于元件不可靠等问题很多，无法用于工业控制，以失败告终。同时，上海第三钢铁厂和包钢也与计算机制造厂合作，制作计算机，拟分别用以作为转炉炼钢的动态控制和球团监控，同样由于元件不可靠等而无法用于工业控制，以失败告终。只有1973年鞍钢冷轧厂使用国产小型控制机，成功地对75座罩式退火炉进行温度控制，效果显著。

60年代中至70年代初，设计院、工厂开始谋求向西方引进，如太钢七轧成套设备从德国等多个国家引进，其中如光亮退火炉等使用德国西门子的以磁元件为核心的Teleperm-S系列PID调节器和执行装置等自动化装备，包钢五号球团带式焙烧机从日本成套引进（仪表自动化设备大部分是日本横河公司生产，采用4~20mA输入、10~50mA输出统一信号的电动单元组合仪表），其自动化系统包括70多套以晶体管调节器为核心的仪表组成料位、温度、流量、压力、称量等自动控制系，调节器则是以钽电容为核心的最新型的PID调节器，还设有多点数字巡回检测装置进行工艺参数记录、打印和报警；计算机系统也开始引进，如首钢的转炉分析用以及终点控制用的过程计算机和制氧厂的控制计算机，太钢二炼钢也从奥地利引进成套氧气顶吹转炉，其自动化系统除常规控制采用晶体管等控制仪表外还采用德国西门子的计算机进行冶炼终点静态控制。

由于计算机是弱电性质，与强电的电气系统相差悬殊而与电子仪表较为接近，故无论工程设计、设备安装和生产维护，最初都是由仪表专业人员执行，如太钢二炼钢从奥地利引进成套氧气顶吹转炉，自动化系统采用德国西门子的计算机作静态控制，其引进及国内的安装工程设计是由北京钢铁设计院自动化室的技术人员执行的，安装计算机的13冶金安装公司、维护计算机的太钢也是由仪表的技术人员执行；首钢从日本引进的带计算机的钢水成份光谱分析仪、用以作为转炉动态控制的计算机也是由仪表的技术人员执行的，此时，仪表自动化

感叹岁月（其他）

的范围已扩大为计算机的应用了。

国外包括引进的机组，其仪表及自动化已不止是少数的几个单回路控制系统了，如包钢从日本引进的五号球团机组，其控制系统就有 70 多个，且许多是串级控制系统、多参数控制系统、互相关连控制系统和大滞后系统等。在钢铁工厂中许多自动控制不好使，处于手动状态，为解决这些问题，冶金部组织了调查，结果是：除个别系统与工艺不适应外，很大程度是调节器参数整定不好，国内钢铁工业，包括 50 年代苏联安装专家，对 PI 调节器一律把 P 整定为 50%，然后整定 I 值到系统稳定为止，这样当然达不到适合各种工况和要求的最优整定；由于航天等技术发展，其控制系统要求严格，国外为此研究系统整定问题，在苏联也是由苏联科学院把最优整定技术传到如钢铁工业民用单位，促使应用和更多研究。国内如化工部门已走在前面，已有关于 1/4、1/10 衰减的过度过程，福州大学也有研究，于是北京钢铁研究院开展了控制系统整定全面研究，收集美国 AD 报告，苏联、日本、德国等资料并进行试验和验证，用各种方法测定了钢铁企业主要机组和典型对象的动态特性，并写成研究报告和文章。

首次成功地应用于哈尔滨 101 厂铝板空气淬火炉温度自动控制中，使铝板温度在全过程中波动小于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，其后为冶金部包钢五号球团机组技术攻关组会同包钢计量厂人员，测量机组各环节的动态特性并使用上述整定方法，成功地使一直处于手动的 70 多个控制系统全部投入自动运行。并为冶金部钢铁自动化设计业务建设组（为提高冶金自动化设计水平和规范化，冶金部基建司设有专门的设计业务建设组）进行该工作。此外；冶金部质量司为提高质量也编制了钢铁工业主要机组必须装备最低限度的仪表，例如颁布了“转炉炼钢计量器具配备规范”；冶金部科学技术司也对于钢铁工业主要机组分为大、中、小型制定了包括基础自动化和过程自动化的参考标准编入其出版的冶金自动化设计参考资料第三分册——“生产过程自动调节系统设计和整定手册”。自动化设计业务建设组还制定和出版了有关自动化工程各机组的水平、安装标准等，这些都大大促进了钢铁工业仪表及自动化的发展并紧密地适合生产的需要和投资的有效性。

（未完待续）

作者注：本文得到北京钢铁设计研究总院夏德海教授级高工、王玉华高工、重庆钢铁设计研究总院马宏远教授级高工等大力协助和提供信息，特此致谢。

感叹岁月（其他）



作者简介：马竹梧，1931年6月生，广州人，教授级高级工程师，副司局级。1951年毕业于中山大学电机工程系。同年在鞍钢设计处从事电气、仪表及自动化设计，历任工程负责人、专题组长、专业组长、院副总工程师、研究室副主任、副院长、院总工程师。并任冶金工业部学位委员会委员，机电部仪器仪表科学技术委员会委员，中国金属学会理事、中国仪器仪表学会理事、全国过程检测及控制标准化技术委员会副主任委员，中国自动化学会科普委员会委员、上海宝钢等客座专家或顾问等。享受国务院颁发的政府特殊津贴。退休后任冶金自动化研究设计院科技委顾问、《控制工程》名誉编委、《冶金自动化》《PLC与FA》编委，中国钢铁协会信息化自动化推进中心顾问，中国自动化学会专家咨询委员会委员等。获1978年全国科学大会奖两项，国家科学技术进步一等奖一项，冶金部科学技术进步一等奖一项、二等奖2项等，专利4项。发表论文100多篇。出版著作10本，译作英、俄、日文4本。

炼油自动化技术发展史料（上）

许永令

在流程工业中，炼油行业特别具有代表性。上海炼油厂（现为高桥石化公司炼油厂，以下简称：上炼）是我国解放初期第一座自行设计建设的炼油厂。该厂1964年被国家科委确定为全国十五个工业自动化试点单位之一。长期以来，该厂持续地、分期分批地与高等院校、科研院所合作，从事过程控制技术的研发和应用。1969年就将自主研发的数字直接控制计算机用于常压蒸馏炼油生产过程的控制（DDC），并连续使用十多年，直至1982年1月首套

感叹岁月（其他）

分布式控制系统（DCS）在上炼常减压蒸馏装置投入运行，才取代了原来的那套 DDC。上炼是仪表和过程控制技术研发、应用试验的双重基地，在炼油仪表和自动化技术进步方面，上炼在炼油行业中具有代表性。本文提供的是 1994 年之前上炼在仪表和自动化方面技术进步的大事记及史实。希望这些材料，能真实反映炼油工业在那个时代仪表和自动化的技术、应用、产业发展的历程，为后人留下历史记录，为今后教育和研究提供第一手史实。

本文采取两个写法：其一是把相关的大事和史实两类内容放在同一段写出来，使读者知道事情的来龙去脉。其二是以时间（年）为序将大事和史实依次写出来，并在事件统一排序的同时，实现史实的排序。

1、炼油自动化的起点【史实 01】

1953 年上炼 15 万吨/年常减压装置建成投产，是我国自行设计建设的第一套炼油装置。由于当时国内不能生产工业自动化仪表，因此该装置主要靠简易的就地指示仪表来手动操作生产对象。装置仅有的自控参数中，常顶温度和减顶温度，采用了香港生产的温包自力式控制器就地控制，常底和减底液面采用了资源委员会（原）库存的大法兰液面计（FOXBORO）。除此之外，装置主要靠压力表、水银温度计、毫伏计、水银差压计就地指示，然后由手工操作阀门。这就是当时炼油自动化的水平，也作为本文的起始。

【史实 01】多数参数依靠简易仪表就地指示，手工操作，是我国解放初期炼油仪表自动化的初始水平。

2、1954 年炼油自动化的最好水平【史实 02】

1954 年上炼 8 万吨/年热裂化装置投产。该装置全套仪表自动化设备从苏联进口，包括 04 型压力、差压变送器、二次仪表 04MC、电子电位差温度控制仪 APD-32 和多点记录仪 APP-09 以及 XK 和 XA 补偿导线、大法兰液位计、反射液面计、控制阀等。显而易见，这是一个由 04 型、位移式基地仪表配套的系统，虽然仪表水平不高，但功能完整；虽然仅限于单回路控制，但控制参数较齐全。温度可在远方测量，并可根据需要记录温度变化曲线，压力、流量都有圆图记录仪记录，构成了可以实现主要回路闭环控制的较完整的仪表自动化系统。

【史实 02】1954 年在热裂化装置采用苏联 04 仪表实现主要回路闭环控制是当时国内最好的仪表自动化水平。

3、我国快速生产（仿苏）04 仪表【史实 03】

1956~1960 年我国在苏联援助下，快速生产（仿苏）04 仪表，即气动位移式基地型系列仪表。上炼最先试用并扩大应用，因而成为上海仪表工业的产品试验基地。最先是在常减

感叹岁月（其他）

压装置采用国产 04 仪表实现自动检测和控制，然后该时期新建和扩建的装置，也全都采用 04 表。

【史实 03】国内仪表行业快速生产（仿苏）04 型仪表，并形成生产能力，是对当时流程工业仪表自动化技术发展的巨大推动。

4、1958~1960 年“热裂化综合自动化”试点【史实 04】

1958 年燃料部石油总局确定上海炼油厂为“热裂化综合自动化”试点，并明确北京石油科学研究所和北京石油设计院参加试点工作，合作进行过程控制技术的攻关。1960 年完成了“双参数（多参数）复合控制的开发与应用”。该项技术显著提高了关键参数的控制品质，有效增加了抗扰能力，将原来的单回路控制，提升到双（多）参数控制，提高了炼油仪表自动化的水平。

六十年代初，复合控制方案列入了设计规范，1963 年起在炼油工业中开始普遍应用。

【史实 04】1958~1960 年间复合控制技术的成功应用，将原来的单（参数）回路控制提升到了多参数控制，显著提升了炼油仪表自动化水平。

5、在线干点仪研制【史实 05】

“热裂化综合自动化”试点任务的另一项成绩是：开创了研制在线质量仪表的历史。北京石油科学研究所韩福田等提出了在线干点分析仪的原理方案设计，并依此方案研制试验。由于当时材料及加工条件所限，该方案没能完全成功。

【史实 05】在线干点仪开始研制。

6、1962-1967 年我国研发三个单元组合仪表系列【史实 06】

1962~1967 年我国仪表行业制定了三大单元组合仪表系列的产品开发计划，即 QDZ 气动单元组合仪表系列、DDZ-I 电动单元组合仪表系列（电子管式）和 DDZ-II 电子单元组合仪表系列（晶体管分立元件）。

【史实 06】三种单元组合仪表是我国首次开发的工业自动化仪表系列。

7、气动单元组合仪表应用（QDZ）【史实 07】

1963 年起气动单元组合仪表的控制类单元陆续到上炼试验应用，包括比例 P、比例积分 PI、微分 D、定值器、手操器等。由于力平衡式仪表远比由喷嘴挡板构成的位移式 04 仪表先进，体积大幅缩小，可靠性高，反应快，因此很快得到大面积应用。QDZ 系列仪表中较差的是三针二次仪表，由于加工精度不够，故障率太高。为解决三针二次仪表的应用，上炼曾将一批三针二次仪表解体，将一部分零件重新加工，再重新组装，性能得到一些改进，而勉

感叹岁月（其他）

强使用。QDZ 的应用延续到 1967 年 DDZ-II 电动单元组合仪表系列推出。

【史实 07】QDZ 系列气动单元组合仪表的应用。

8、1963 年上炼建立仪表车间

1963 年 4 月，上炼将仪表工段从动力车间划出，建立仪表车间。本人调任仪表车间负责人，负责组建队伍，主持仪表自动化工作。自此开始直至 1994 年 4 月退休为止，不论调到哪个部门，担任什么职务，本人都负责仪表自动化和计算机应用工作，先后主管过电气、动力、设备、工艺技术改造等工作，但炼油自动化一直是贯穿本人职业生命的一条主线。

9、上炼 1964 年 4 月被确定为国家自动化试点单位【史实 08】

1964 年 4 月，国家科委工作组由吕强带队，为制定十二年科学技术发展规划而来上海考察。通过对上炼的考察，确定上炼为国家科委自动化试点单位，试点课题为“常减压计算机优化”。1963 年国家计委曾确定过一批自动化试点单位，此次，经国家科委补充，两批合并，全国自动化试点单位共计十五个，其中炼油两个：兰州炼油厂、上海炼油厂，化工两个：兰州化学工业公司 302 厂、上海吴泾化工厂，电力两个：上海南市电厂、京津唐电力网，钢铁两个：鞍钢、上钢一厂（后改为上钢十厂）。上海的四个试点项目由上海市政府领导。

【史实 08】上海炼油厂 1964 年被确定为十五个全国自动化试点单位之一。

10、上海市政府加强对自动化工作的领导

上海市有上炼、吴泾化工厂、南市发电厂、上钢一厂（后改为上钢十厂）四个国家自动化试点。为加强领导，上海市政府成立“自动化科学技术委员会”，由经委技术局局长顾训芳任主任委员，委员有厉声树（技术局），沈志农（市科委），陈根林（吴泾化工厂），许永令（上海炼油厂），吴钦伟（一机部热工仪表所）等。上海市化工局成立了“自动化试点指导部”，由局长张耀祥任指挥。以上史实说明了自动化试点工作受到上海市各级领导重视的程度。即使是在文革期间，上海市科委五处处长沈志农（后曾任市科委主任至退休）仍持续地关心着上海炼油厂的自动化试点工作。

11、上炼自动化试点合作会议

1965 年 7 月上海炼油厂国家自动化试点项目“常压蒸馏静态优化”协作会议在浙江大学召开，浙大周春辉先生、一机部热工仪表所叶新山、上海炼油厂许永令代表三个协作单位参加会议。会议明确由三个单位协同承担自动化试点任务。浙大以静态优化数学模型为主，热工仪表所承担工控机的研制任务，上炼为试点负责单位，除分别派人参与数学模型和工控机研制外，现场工作由上炼负责并主持。在杭州协作会议之后，工作快速展开，工控机研制

感叹岁月（其他）

和数学模型开发两条线齐头并进。

12、1965年10月JDK-331工控机研制开始

1965年10月，上炼派出黄加彬等6人常驻热工仪表所，与热工所孙廷才等人员一起组成JDK-331工控机攻关组，共同研制我国首台工业控制机。兰州炼油厂的自动化试点项目，经申请批准，决定采用进口工控机，选型日本横河的HOC-510。该机约于1968~1969年间到货。

13、1965~1966年常压蒸馏数学模型研发会战

1965年底，由浙大王骥程老师带队的科研队伍到上炼现场调研。这支教师队伍由化工、数学、自控多种专业组成，准备数学模型的研发工作。上炼抽调了炼油工艺有关人员赵景元、周伯敏和自控专业吴文深等共10多名专业人员与浙大老师们一起组成蒸馏自动化组，合作开展研发工作。首先从调查入手，通过测试，取得第一手资料。再分析装置特性，研讨建模方法及途径。值得指出的是，在当时的条件下，大量的工艺数据测试和数据处理工作，全部是用手工作进行的，这是极其辛苦、复杂的工作，大家为寻求建模途径而共同奋斗。1966年6月，文革开始，因学校召回教师，此项工作被中断。

14、1965年9月合作研制直接数字控制仪

1965年9月与南京工学院自动化系徐南荣主任商讨合作事宜，南工极力推荐采用“直接数字控制技术”，由其推荐，双方确定与上海无线电技术研究所合作，由无线电所负责研制直接数字控制仪，南工和上炼派人参加，由上炼负责工程应用。1965年底，我厂派出颜文化等人常驻无线电所参加研制工作。后因文革，南工老师返校退出合作，只能由上炼和无线电所共同坚持研制和应用开发工作。此项研发任务，即使在文革动乱中，始终没有停顿过。从设计、工艺到质量检验的全过程，自始至终把可靠性放在第一位。因此，该台直接数字控制仪在后来的实际使用中，创出连续十多年持续控制上炼一号蒸馏装置的优良业绩。

15、1965年底DDZ-I型电动单元组合仪表在减压装置投用【史实09】

1965年底上海自动化仪表二厂生产的首批DDZ-I型电动单元组合仪表，安装在新建的上炼大减压装置上，这是首次在大炼油装置上把传统的气动仪表改变为电动仪表的实践。全装置大约用了80个台件，组成29个控制回路。从气动改为电动，最重要工作是对仪表队伍的技术培训。在吴国元等仪表技术人员和工人同志共同努力下，首次应用电动仪表就一次投用成功，出色地完成仪表队伍的技术转型。

【史实09】DDE-I成功投用，开创从气动模拟仪表转到电动模拟仪表的新纪元。

感叹岁月（其他）

16、1967年 DDZ-II 型电子单元组合仪表在减粘装置成功投用【史实 10】

1967年，北京石油设计院在设计北京东方红炼油厂时，拟采用 DDZ-II 型电子单元组合仪表系列，石油部特要求上炼先进行该系列仪表的现场应用试验。第一批 DDZ-II 型晶体管分立组件的电子单元组合仪表安装应用于减粘装置。由于上炼已经有了 DDZ-I 型的应用经验，经过仪表技术人员和工人们共同努力，也取得一次投运成功的佳绩。自此，DDZ-II 型电子单元组合仪表在上炼取代了气动的 04 仪表，取代了气动单元组合仪表，更取代了过渡产品 DDZ-I 型仪表。常规仪表的应用，进入了一个相对的稳定期。

1970年东方红炼油厂建成，石油部的要求上炼派出以邵振宇为首的十五名技术人员和工人组成的开工队，支持东方红炼油厂开工，先后完成了常减压、催化裂化、减粘三套主要装置和辅助装置的开工，光荣地完成了任务。

在我国仪表的发展过程中，七十年代后期还有过 DDZ-III 型系列仪表，上炼没有再用 III 型仪表来大面积置换 II 型仪表，而着眼于准备用数字计算机技术工具来取代模拟仪表。

【史实 10】DDZ-II 电子单元组合仪表成功投用。

17、1965~1966年数字调合仪研制成功并投入运行【史实 11】

北京石油科学研究院研制的电子管数字比率调节装置的样机，拟在上炼探寻应用于油品管道在线调合的控制，并要求作为石油部 1966 年五一献礼的项目。1965 年下半年，由石科院的饶子健、北京设计院的马清诗和黄碧瑜、上炼的张功镀和马世泉等组成攻关组，在短短的不到半年的时间中，他们夜以继日地奋战，将功能样机改造为可以应用于现场控制的实用机器，同时选择将航煤原来的罐调合工艺改造为管道调合工艺，采用英国进口的高精度涡轮流量计（DN150、DN6）检测航煤和添加剂流量，并于 1966 年 4 月底实现了 1000 比 1 的在线管道比率调合的自动控制，并一直连续在线使用许多年，直至以晶体管调合仪更替。管道自动调合节省了调合罐，节省了调合时间和电力，减少了油品损耗，提高了调合油的质量，经济效益显著，受到各方肯定。1967 年起上海炼油厂与上海调节器厂合作，研制成功晶体管的比率调节仪，作为上调厂的产品，为国内各炼油厂所采用。

【史实 11】数字比率调节装置 1966 年在上炼成功实现航煤的在线管道调合的控制。

18、上炼成立罐区自动化组开展罐区自动化仪表研制和应用工作

在石油部大力推动罐区自动化以改变油品储运系统落后面貌的形势下，在管道调合项目成功并受到各方肯定的情况下，作为自动化试点的上炼组建了罐区自动化组，开始进行管道自动调合、气动阀门、储罐液位计、平均温度计、油罐自动切水以及监控系统等方面的研制

感叹岁月（其他）

和应用工作。初期的技术工作由科研人员张功镀负责。

19、气动闸阀研制和应用【史实 12】

1967 年开始研发气动阀门。罐区大大小小的手动闸阀几百个，不可能换新的，国内也没有气动阀门这个产品可供应用。研发方案是在原来的闸阀上，去掉手轮，锯掉部分阀杆，在阀的上方装上一个自己加工的带活塞的气缸，套上原阀的阀杆，用仪表风的压力，让活塞提升时打开闸阀，活塞下压时关闭闸阀。同时自己制作电磁阀，作为仪表风控制气缸活塞上、下动作的控制部件。70 年代初，上炼把气动阀图纸无偿提供给浙江三门、乐清的正在崛起的乡镇企业加工后，在上炼的技术帮助下，在他们自身的努力下，气动阀的产品化才上了正轨。后来，乐清自动化仪表三厂成了国内最早、最大的气动阀制造商。这项工作的价值在于，它提供了老厂手动阀门改造为遥控阀门的最经济实用的途径。这项技术进步使我国从无到有，增加了一个自控阀门的品种。

【史实 12】成功地把罐区在用手动闸阀改气动阀，为老厂手动阀门改造为遥控阀门提供最经济实用的途径。

20、储罐液位计研制和应用【史实 13】

“三不上罐”是当年石油部提得最响的口号之一。上炼在储罐液位计的研制和应用方面做了大量工作。储罐液位计不同于一般液位计，由于其目标是用来测量大型储罐（几千至几万方立方米）的液位并最终用于计量罐内储液体积和重量用的，因此，要求其测量的绝对误差达 $\pm 1\sim 3\text{mm}$ 。即便是用于储罐液位监控用的，也要求达到相对误差 $\pm 0.1\%$ 。而在当年的技术条件下，要研制储罐液位计是十二分困难的。

1967 年曾安排利用步进马达来研制伺服液位计。很快就因部件的加工精度、平衡的控制难以实现等许多解决不了的问题而失败。

1969~1971 年，张功镀与同济大学声学所合作研制高精度的超声波液位计。当时，确定提高超声波测距精度的方法，一是超声波液下传输测距，二是采用特制的被测液体全程温度、比重实时补偿校正装置。经多次试验改进，实际结果十分理想，10 米高度的油罐，液位测量误差都在 $\pm 3\text{mm}$ 之内。在航煤罐区装了 8 台，投入应用，受到操作工的青睐。但是，这种在罐内的安装方式，维护十分困难，只能自制自用，无法产品化和推广。用了几年，最后只能自生自灭。

1971 年，北京石科院陈咏南利用天平原理研制的称重式计量仪拟到上炼探寻现场应用方案，在将近两年的时间里，上海自动化仪表五厂帮助石科院解决了高精度加工及二次表产

感叹岁月（其他）

品化的问题，上炼则解决了远程吹气、钟罩静压引压以及多路气路切换测量方法，使得称重式计量仪实现产品化（仪表五厂生产）并首先在上炼批量应用。这种远程吹气、钟罩静压引压以及多路气路切换测量方法后来在全国许多炼厂、油库推广应用。此后十几年中，称重式计量仪在各地得到了大面积应用。称重式计量仪的测量方法就是罐底压强测量，它只能测量储液重量，而液位高度要靠设定比重计算出来，液位测量误差大，加上钟罩安装、远程气路引压都是不适于长期推广应用的因素，因此在后来国门打开、外国先进的储罐液位计进来后，称重式计量仪就逐渐淡出历史舞台。

【史实 13】称重式计量仪及其应用方法取得成功，推动了罐区自动化的进程。

21、罐区监控系统采用远动装置的探索【史实 14】

上炼在成品罐区全面铺开应用管道比率调合、储罐液位计、温度计、气动阀门、油罐自动切水等手段后，摆在面前的就是如何实现集中监控和管理的问题。

上炼在 1969 年就安排试验用继电器逻辑作为监控设备，打算采用当年电话交换机中的那种步进器来作为调度端与执行端之间的通讯设备。但因其同步可靠性无法满足工控要求，很快就丢弃这一工作。

1972 年，电力行业原来使用的继电器逻辑设备已为电子化的三遥远动装置所替代。张功镀认为，只要将远动装置的输入输出部分稍作改造，就可以用来作为罐区的监控设备。于是与上海开关厂配合研制，1974 年首次将远动装置用于上海炼油厂油罐区，作为罐区的采集监控系统，实现四号罐区的综合自动化，连续运行许多年。

【史实 14】将远动装置作为罐区的采集监控系统，实现罐区的综合自动化。

22、1975 年 7 月罐区综合自动化经由石油部鉴定通过【史实 15】

1975 年 7 月 28 日，石油部在上海浦江饭店召开罐区自动化项目鉴定会，由石油部科技司韩福田同志主持。会议对上海炼油厂罐区自动化多组份数字式管道调合、自动量油、气缸阀、自动放水、罐区监控系统等五个研发项目逐个作出鉴定。鉴定认为五个项目可供推广应用，并在扩大应用中完善提高，以尽快地改变罐区的落后状态。

【史实 15】1975 年 7 月罐区综合自动化经由石油部鉴定通过。

（未完待续）

作者简介：许永令，已故，江苏苏州人，1934 年生，高级工程师。1951 年入河北省立高级工科学学校（天津）电机工程科。1954 年～1994 年在上海炼油厂工作，历任技术员、车间主任、科长、副总工程师，退休后从事民企技术咨询及顾问工作。先后任上海市自动化科

学技术委员会委员、中国自动化学会仪表及装置委员会委员、中国仪器仪表学会过程检测与控制分会理事、中国仪器仪表学会过程检测与控制分会仪表及应用专业委员会委员，《自动化仪表》杂志编委会副主任、编委，上海交通大学自动化研究所顾问，华东化工学院生产自动化专业委员会委员，上海市石油学会秘书长、常务理事。曾发表《建立企业信息系统若干问题》《建立炼厂综合信息系统的目标和策略》《运用变频变压技术实现炼油过程控制系统节能》等。

忆往昔硕果累累，展未来再谱新篇

范忠琪

六十年，跬步前行，携手跨越；六十年，岁月如歌，江山如画。六十年，在历史的长河中只不过是弹指一挥间，中华儿女却用一个甲子的“文治武功”让全世界见证了中华民族的伟大复兴。

回首新中国六十年的历史，在农业国迈向工业化的进程中，工业自动化一直扮演着至关重要的角色。建国伊始，便开始着手工业自动化的研究与实践。1957年2月，国家科委和高教部委托清华大学、中科院等合办我国首届自动化进修班和力学班，钱学森、钱伟长分别任班主任，学员来自全国高校和科研设计院所。自动化进修班有100多位年轻学员，学时为期一年半。由杨嘉墀、钟士模等老师任教，课程有仪表计量、调节原理、遥控、电力拖动和计算机等。从此，开创了我国自动化这门学科的人才培养，在中国自动化发展史上，这是极其重要的里程碑。

如今，当年的学员们均已年过八旬，在各行各业的自动化发展中作出了巨大贡献，成为该行业自动化专业的创始人之一。在六十年中，他们又培养了一大批自动化仪表人才，如今成为自动化领域中的领军人物，活跃在自动化的大舞台上，实现了几代人的自动化科技梦想。

1957年5月，我国产生了由钱学森等29人组成的自动化学会筹备委员会。1961年11月27日，在天津召开中国自动化学会第一次全国代表大会，正式宣告中国自动化学会成立，钱学森被推选为中国自动化学会第一届理事会理事长。中国仪器仪表学会于1979年3月成立。这些都标志着我国已正式开拓自动化科研与实践新领域，有了自己的专业性组织机构，进行广泛的学术交流与合作，推动着自动化技术的广泛应用。

光阴荏苒，日月如梭，半个多世纪过去。我国工业自动化六十年发展经历了两个阶段：

感叹岁月（其他）

前三十年和后三十年。后三十年，我国经历改革开放，各方面取得的成就有目共睹。而前三十年则更加重要，正是有赖于前辈们的辛勤培育，才使得我国自动化领域人才辈出，为后三十年的成功奠定了坚实的基础。

过去的六十年，我国自动化人抒写了一段段传奇，为祖国培育了大量优秀人才。如今，他们大多已年过八旬，退出了教学与科研的第一线，但他们对于自动化事业的那份执着与热爱却实实在在地影响着后人，激励着我们去抒写工业自动化领域崭新的篇章。

北京的秋天总是伴随着些许的寒意，但湛蓝的天空、柔和的阳光和绚丽的美景却构成了这一年中最美好的季节。2010年10月31日，恰逢第三届中国在线分析仪器应用及发展国际论坛暨展览会前夕，中国仪器仪表学会分析仪器分会举行的以“健康长寿”为主题的聚会在北京举行，并有幸邀请到多位在京的自动化专家和浙江大学化工自动化专业（现控制系）部分老师及在京校友，共同为年过八旬的自动化专家祝寿。六位老专家分切蛋糕，和与会者共同分享写有“健康长寿自动化仪表”的蛋糕，并接受大家的美好祝福。聚会期间，多位老师结合自身经历从不同角度回顾我国自动化事业的发展历程，并对未来的发展方向提出宝贵的意见和建议，也由此启发我们回顾、编写我国六十年工业自动化的发展历史。

然而，要总结好六十年年的发展，仅靠少数人的微薄之力是远远不够的，只有把大家的丰富经历描述出来，将经验和教训传承给后辈，使其能够知道路是怎么走过来的。中国自动化发展的六十年历史上布满了前辈们留下的足迹，充满了太多值得回忆的经历，这些“故事”对后人更是弥足珍贵，应该用文字记录下来，传承延续。因此，业内企业热心之士和专家前辈，要一起来参与编写，使其早日成为中国自动化发展的历史画卷。



作者简介：范忠琪，男，1938年11月生，祖籍浙江绍兴。1962年毕业于浙江大学化工生产过程自动化专业，一直从事过程控制系统的工程设计和研究开发工作。曾任中石化北京燕山石化公司技术委员会委员、自动化专家组组长，燕山石化公司研究院副总工程师等职；兼任北京化工学会理事，自动化仪表专业委员会主任、顾问等职。现任中国仪器仪表学会分析仪器学会理事、全国专业标准化技术委员会委员等职。曾获国家科技进步一等奖、两项国家专利、中国石化总公司科技进步一等奖、中国石化集团科技进步一等奖。

我国第一本“化工自动化”著作

俞金寿

1972年前后，正当史无前例的“文革”行将结束，但“知识无用论”“臭老九”等思想枷锁还像乌云一样笼罩着整个中国大地，科技人员无法从事科研工作，科技书籍极其匮乏。在化工部自控中心站组织下，周春晖教授和蒋慰孙教授率先带领高校和企业界过程控制的十位开拓者，冲破乌云，冒着极大的政治风险，走访国内有关过程控制的工矿企业，进行宣传和调查考察。

1972年5月26日开始，他们从上海出发，途经四川长寿化工厂、泸天化，兰州302厂、303厂、304厂，北京有机化工厂，上海炼油厂以及杭州的有关企业等，共历时半年。直到同年12月，终于编写出“文革”期间我国的第一本化工自动化科技著作《化工自动化》，并于1973

感叹岁月（其他）

年11月由燃料化学工业出版社正式出版。该书的出版，为科技人员从事科技工作树立了榜样。

1975年，由化工部自动控制设计技术中心站负责，组织有关高校、科研设计单位和工厂，编写了一套由周春晖教授担任编委会主任的《化工自动化丛书》，共25册。这是我国第一套化工自动化丛书，由化工出版社出版。1975年8月，在浙江天目山召开第一次编审工作会议，并成立编委会，成员有韩建勋、庄兴稼、李乾光、林秋鸿、王翼、徐炳华、钱积新、俞金寿、孙优贤、罗秀来、蔡鸿雄，周春晖任主任委员，蒋慰孙、万学达、王骥程、沈承林任副主任委员。

之后的1977年7月，又在福建厦门召开第二次编审工作会议。1978年10月，在浙江莫干山召开第三次编审工作会议，部分代表还前往绍兴参观鲁迅纪念馆。1980年7月，在云南昆明召开第四次编审工作会议，这是出席人数最多的一次，编委会成员周春晖、蒋慰孙、万学达、王骥程、沈承林、韩建勋、庄兴稼、林秋鸿、王翼、徐炳华、钱积新、俞金寿、孙优贤、罗秀来、蔡鸿雄均出席会议，只有个别编委因故缺席。

1981年8月，在浙江大学召开第五次编审工作会议。1982年10月，又在湖南长沙召开第六次编审工作会议。1983年12月，又回到浙江大学召开第七次编审工作会议。这套丛书的编辑、修订，前后共历时15年。它是在知识普及的基础上侧重提高的一套读物，包括经典控制理论和现代控制理论、各类新型调节系统介绍，为当时自动化专业知识的普及和现代控制理论的推广起到了重要作用。

1992年11月17日，由蒋慰孙和俞金寿编著的《过程控制工程》获国家教育委员会第二届普通高等学校优秀教材全国优秀奖。



作者简介：俞金寿，1939年8月生，浙江省海宁市人。1963年8月毕业于华东化工学院化机系化工自动化专业，华东理工大学自动系教授、博士生导师，中国自动化学会过程控制委员会副主任，中国化工学会理事。先后主编和参加编写、出版了30余种著作，在国内外杂志和国际学术会议上发表论文400余篇，获教育部和上海市教学成果及教材奖14项，9项科研成果获科技进步奖。

《工业过程模型化及计算机控制》出版纪实

陈逢阳

浙江大学吕勇哉教授的专著《工业过程模型化及计算机控制》于1986年由化学工业出版社出版。该书先后被评为第四届“全国优秀科技图书一等奖”、首届“国家图书奖提名奖”，是过程控制领域获得最高奖项的图书。我作为该书的责任编辑感触良多，在出版过程中不仅学到很多东西，还切身感受到吕教授严谨的学术态度和一丝不苟的工作作风。这件事虽然已经过去30余年，但整个出版过程依然历历在目。事情的起因还得从《光明日报》的一篇报道说起。



图1 新版和重印的《工业过程模型化及计算机控制》

1982年9月24日,《光明日报》刊登的一条消息让人十分兴奋和震撼,引起人们极大关注。消息的标题分别为:“用单一数学模型掌握钢厂均热炉操作的世界第一人”“吕勇哉在美获重要学术成果”“对于节约能源和提高钢厂生产能力有巨大意义”这篇报道我一口气读了好几遍,逐字逐句仔细品味报道的内容,想从字里行间解读出更多的信息和细节。报道中还提到,吕勇哉建立的数学模型经过美国一钢铁公司的实践检验说明模型可靠,可实现节能30%~40%、提高生产能力50%。读完这篇报道,“单一数学模型”“世界第一人”“重要学术成果”“巨大意义”“实践检验”“模型可靠”这些词语在我的脑海里反复出现。由于本人是化工自动化专业背景的图书编辑,对自动控制领域新成就、新进展都有特殊的情感。以吕教授这一科研成果为背景出版一本图书的想法也油然而生。《光明日报》的报道给我们提供了很有价值的信息和一条非常重要的线索,然而仅凭1200字左右的报道所提供的简单信息,还不足以支持这一内容可以策划成一个图书选题。



图2 1982年9月24日《光明日报》刊登的文章

要了解更多、更详细的情况，必须尽快与吕教授取得联系，以确定能否以他的科研成果为背景组织一本书稿。报道中说吕勇哉在美国取得重要学术成果，那他现在是在美国还是已经回到国内？经多方联系、打听，得知吕教授还在美国，近期将结束在美国普渡大学的研究工作，可能于1982年12月初回国。

吕教授回国后，每天日程都安排得很满，许多地方邀请他去作学术报告。经了解，吕教授在杭州、上海等地的学术活动已结束，目前正在天津进行学术交流。当时的通信条件下，信息传递还不十分流畅。正当我们准备赶赴天津时，他已结束在天津的全部活动，离开那里。后来，得知吕教授要来北京，并在北京化工学院作学术报告。为稳妥起见，我们还进一步核实了学术报告的具体时间、地点和承办此事的负责人。

吕教授的学术报告会在北京化工学院如期举行，大教室里坐满了来自各单位听报告的人，会场特别安静，除了吕教授的讲话声，没有其他任何声音。只有在听到特别精彩的内容时，才会爆发出一阵阵热烈的掌声，让人们感受到浓浓的学术氛围。

感叹岁月（其他）

精彩的学术报告，吕教授的科研成果及实用前景让人们为之震撼。原先许多我们不清楚的事都搞明白了，脑子里的许多疑团也都逐一解开。同时还得知，国内几个大型钢铁厂准备采用吕教授的研究成果。从图书出版的角度来讲，选题策划的思路也变得更加清晰。直到此时，策划一本以吕教授科研成果为背景的图书选题条件已经成熟，因为作为精品图书选题几个主要要素都已具备：图书内容的学术水平国际领先；具有独创性；应用前景很好；社会效益和经济效益明显；作者具有很好的语言表达能力和书面文字表达能力。

报告会一结束，我就找到吕教授，祝贺他取得重要研究成果，同时提出希望将他的科研成果编成书，交由化学工业出版社出版。他说，他在美国的科研成果可以写成一本书，不会有太大的困难，并能很快交稿，因为他以同样内容为背景写的英文版专著，已经交给美国ISA出版社，将于1983年5月出版。已有北京和上海的两家出版社编辑与他联系过，同样希望出版他的专著。吕教授最后决定他的专著由化工出版社出版。

对于吕教授的工作计划性强和办事效率高早有耳闻，这次让我切身体验了一回。吕教授在北京的报告会后回到学校不久，我就收到他的来信，还寄来书名为《均热炉模型化、状态估计及计算机控制》的编写大纲，其内容与在美国出版的英文版基本相同，并对出书时间提出具体要求。

由于《均热炉模型化、状态估计及计算机控制》主要是解决钢厂的节能，从专业分工不属于化工出版社的范围。而1983年1月闭幕的全国出版工作会议上再一次强调出版社的专业分工。

俗话说：“知己知彼，百战不殆。”从事过程控制的人都十分清楚，只有深入了解、准确描述工业过程的特性，才能采取正确的控制策略，取得满意的控制效果。建立能准确描述工业过程的模型是自动控制的基石，以往很多过程控制系统的失败或成效不显著，大多由于没有很好地解决过程模型化问题。吕教授的成功，在于他运用正确的建模方法，建立了能准确反映均热炉实际的单一数学模型，并用于生产控制，因此能取得很好的节能效果和大幅度提高产量。而进行同一课题研究的韩国学者及日本学者都未取得成功，关键在于他们未能解决建模问题。可见，建立数学模型的重要性不言而喻。事实也是如此，随着计算机控制技术的推广，想要了解如何建立数学模型和怎样才能建好数学模型的人日益增多。为此建议书稿加强工业过程模型化方面的内容，适当增加工程应用实例，把原先的主体内容均热炉模型化作为其中的一个案例，原《均热炉模型化、状态估计及计算机控制》一书的内容浓缩、精炼后变成一章，将书名改为《工业过程的模型化、估计和控制》。方案得到吕教授的认同和支持。

感叹岁月（其他）

持，并作补充和进一步完善。来信说：“你们提出了很好的意见，使该书更有价值。”“我在美国也收集了不少有价值的文献资料，这样也就便于放入该专著了。”并建议将书名改为《工业过程模型化、估计和计算机控制》，随信还寄来新的编写大纲。最后书名确定为《工业过程模型化及计算机控制》。

图书内容重点从均热炉模型化变为工业过程模型化。内容调整、优化以后，目标读者群也发生了变化，不仅适合钢铁工业的科技人员，也适合化学工业、制药工业、造纸工业、水泥工业的科技人员，读者面扩大了很多。同时超越化工出版社专业分工的情况已不复存在。化工出版社将这本书作为重点来安排，并在封面的勒口上，刊登吕教授的照片和作者介绍，这在当时的图书出版中也是很罕见的。

《工业过程模型化及计算机控制》出版以后，社会反响强烈。自动控制领域的专家们给予很高评价。中国科学院学部委员（控制理论与应用）、上海交通大学张钟俊教授认为：“《工业过程模型化及计算机控制》是一本具有实际工程应用背景的专著，是我国惟一一本专著，无疑对我国的工业过程控制作出积极的贡献。”清华大学方崇智教授认为：“这本书对于现代控制技术的应用将起到很好的促进作用。”日本横河北辰电机株式会社技术统括部部长代理山本重彦认为：“这是一本非常用的好书，因为它包括许多实际应用和仪表技术，而这些内容在其他控制理论书籍中是很少见的。”

重庆钢铁公司、天津轧钢五厂、鞍山钢铁公司、长城钢厂等企业均采用本书介绍的成果，且都获得成功，取得很好的经济效果。经过本书作者与重庆钢铁公司和鞍山钢铁公司多年合作攻关，该项目成果进一步扩展到板坯加热炉优化控制和初轧生产调度与均热炉炉群优化控制，经部级鉴定均达到国际先进水平，并分别获得1989年和1993年国家科技进步二等奖。

1988年，《工业过程模型化及计算机控制》被国家新闻出版署评为第四届“全国优秀科技图书一等奖”。



图3 《工业过程模型化及计算机控制》获“全国优秀科技图书一等奖”

1991年8月5日，新闻出版报以“推动历史前进的‘杠杆’”为题，将《工业过程模型化及计算机控制》誉为“推动着我国科技进步的十部著作”之一，并作了专门介绍。



图4 1991年8月5日《新闻出版报》刊登的文章

1994年，《工业过程模型化及计算机控制》被国家新闻出版署评为首届“国家图书奖提名奖”。

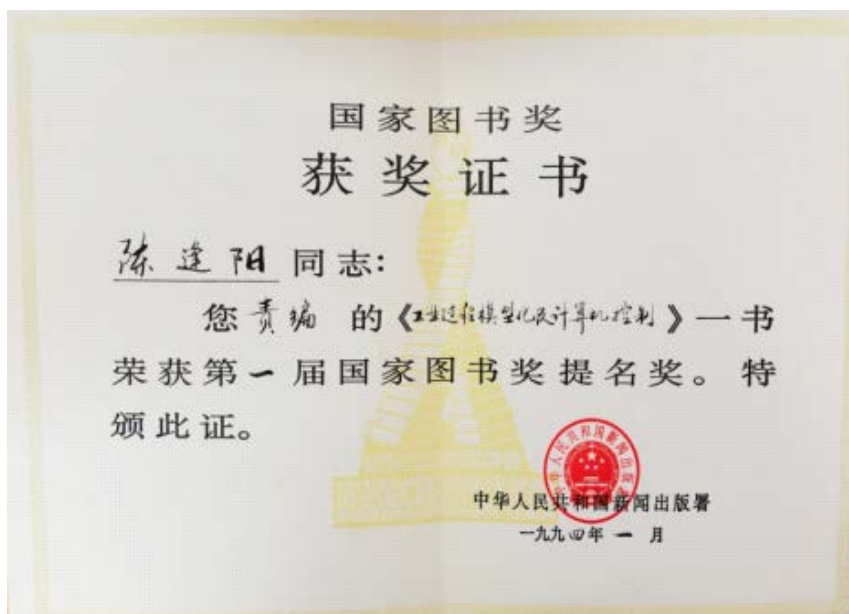


图5 《工业过程模型化及计算机控制》获首届“国家图书奖提名奖”



作者简介：陈逢阳，出生于1943年9月，籍贯浙江省淳安县。1966年毕业于浙江大学化工自动化专业，1967年在化工部化工设计院工作，1978年调至化学工业出版社，历任编辑室副主任、主任、社长助理、副社长、副社长兼总编辑、社长顾问。从事仪表及自动化科技图书及教材编辑工作30余年，先后任《化工自动化丛书》《过程控制工程手册》《工业过程模型化及计算机控制》《化工过程控制原理》《化工过程控制工程》《工业过程控制技术》《石油化工自动控制设计手册》（第三版）、《仪表工手册》《自动化与仪表工程师手册》等图书的责任编辑。

欧美考察记

夏德海

舞阳钢铁公司（以下简称：舞钢）位于河南省舞阳县，属中厚板厂，生产高品质钢板供高压锅炉、坦克、军舰等使用，须用电炉冶炼。

1993年，为了引进全套高频电炉，国家组团出国考察，全团14人，由舞钢王总工程师任团长。除舞钢人员外，因该厂由我院（北京钢铁设计研究院）设计，所以我院派工艺、电气、仪表专业人员参加；考虑到将来要自己制造高频电炉，所以第一机械工业部与第四机械工业部（计算机研究所）也有人参加。我院电气专业卜松夫（曾在美国 Kaiser 公司培训）兼任翻译。

我们一行先去德国，然后到美国东岸，最后飞越太平洋回国，环球一周；其间还去了丹麦和加拿大，共花了5周时间。

一、友好的德国人

首站 Duisberg 是一座工业化城市，有钢厂和重型机械厂。接待方 Demag 公司是做电炉的重型装备厂。从北京飞到法兰克福，原计划再转机到 Dusseldorf，然后坐车到 Duisberg。但在法兰克福下机后，却没有合适的航班，机场提议我们坐火车去 Duisberg（车站就在机场地下层），行李则仍由飞机运去。坐火车在白天可好了，沿莱茵河走，风光优美，可晚上什么也看不见。火车比飞机舒服，车厢里一半是座位，一半是放行李的地方，座位比飞机宽敞且柔软，餐饮也比飞机上丰盛。记得伙食里还有生牛肉酱，我不吃生牛肉，见邻座一位德国工程师吃得津津有味，我就将我这份也给他了。后来和他交流，才知道他刚从埃及旅游归来，恰好我在上海大同附中念高中时，课本全是英文的，读过外文的历史地理，对古埃及的法老、金字塔、木乃伊、狮身人面像都有所了解。这样他就更高兴了，兴致勃勃地从行李箱中拿出木质木乃伊模型给我看。王团长看我与她聊得来，就要我通过他去找列车长，问我们的行李运去了没有。德国人一口答应，找到车长，联系后说行李已抵达终点站，有专人看管交付，王团长很满意。过了一会，他又叫我托德国人去找旅馆，结果德国人又通过车长，联系到火车站旁的旅馆。这样我就被王团长“任命”为生活翻译，负责对外联系和吃喝拉撒睡的事。

二、他乡遇同胞

有天在路上遇到几位中国人，经交流才知道他们是内蒙古京剧团的，来 Duisberg 演出，

感叹岁月（其他）

他们热情邀请我们晚上去观看。晚上也没事，王团长欣然同意全团去观看。当我们到剧场时，他们早已在戏台一旁，即演员上场处安排好我们的座位。演出开始时，德方剧场负责人突然来到后台，要我们到大厅正式观看。我们鱼贯进入大厅，到前排就座。演出开始前，剧场宣布有中国嘉宾前来观看，全场热烈鼓掌欢迎。同胞之情，德人之谊，我们颇为感动。

演出中途休息，我与一位德国老太太交谈，她不了解内蒙古与蒙古的差异，当我告诉她内蒙古是中国的一个自治区时，她十分高兴。言下之意，她对蒙古有些“感冒”。

三、参观蒂森钢厂

电炉炼钢对废钢有严格要求，炼什么钢种，配方是一定的。但有的工艺人员或领导认为原料的变化计算机应该自动去适应，这才叫计算机控制。这话听起来似乎有理，但实际在当时的技术条件下是做不到的。去德国蒂森钢厂参观电炉炼钢时，我就十分注意电炉的配料，还要求去料仓看。他们的料仓管理十分严格，又分成好多四方形的小料仓。里面放的废钢不下十多种，分类存放，显然是冲压、车铣的下脚料。这种格局正像我国中药铺的分类，中药铺是抽屉，而料仓是敞开的，大得多。至于废钢来源则有固定地点，每次来料均进行化验，成分合格才能进料仓，而且每个钢种的配方也是固定的。

想到日本新日铁公司也是为了原料成分的稳定，设置庞大的原料场，有几个足球场那么大。矿船到达后，矿石运到原料场，用铺料机将矿石水平地一层一层铺在原料场上，需用时再用取料机从垂直方向成片状地切取，这样所取的料成分较稳定。每批料的配方也按澳大利亚矿、印度矿或巴西矿的多少配成，其比例也是不变的。

上世纪六七十年代，我国物资比较匮乏，原料、燃料来源不稳定，供应不及时，有什么料用什么料，外加那时计算机质量不过关，所以用计算机控制生产以失败而告终。

四、二手设备，工厂变成鸽子窝

在美国考察期间，应邀参观二手设备。那时钢铁工业在美国已是夕阳工业，有些钢厂已停产，设备当废钢出售。我们去考察时，工作人员将口罩、眼罩分发给我们；进入厂房，一打灯光，鸽子纷飞，灰尘与鸽子粪到处都是，一片狼藉。我们并不打算买二手设备，只是看看而已。

但也有买的，例如首钢在建第二炼钢厂时，就买了二手设备；为了节省开支，中国人自己去拆；因为美国人工工资高，他们拆就不合算了。当时曾有过买二手设备热，有的国家为了保护就业，不允许中国人去拆，必须由他们自己来拆。

五、乌烟瘴气的北极星

感叹岁月（其他）

在美国考察最后一站是位于南部 Texas 州的北极星 (Pole star) 工厂，这家厂小而旧，工艺落后，高频电炉炼钢所排出的废气直接排放在车间，然后将车间烟气净化后排出厂外。如果不经处理就排放，超过指标要罚款。政府不管车间内废气是否超标，只管排放出去的指标。

进入车间前，厂方人员提示有心脏病的不能入内。然后发给我们工作服、护目镜、耳塞、口罩，全副“武装”后入内。一进车间，声音轰鸣，烟气弥漫，似乎有一种低沉的震荡频率影响心脏。这种电炉功率极大，说话都听不清楚，怪不得要全副“武装”了。在控制室内，看见操作台上放着饼干和咖啡杯，说明管理也不严。管理严的首推德国，其次是日本，至于意大利表面看看还不错，但控制柜内壁往往挂有裸体女郎图片，这也是文化的差异吧。

这种落后的工艺设备，大家一致不同意引进，而主张引进“狗窝”式电炉设备。“狗窝”式就是用小房子般的外壳，抱在电炉外边，使炉口逸出的废气直接由净化装置处理。

北极星的工资是高的，1993年时每小时70美元，不过这种高工资是以健康为代价的。

在美国南北部也有方言口音问题。因时间紧，来不及看两家厂，就分成两组，一组看一家，我担任所在组的翻译。工艺上的英语词汇我知道一些，如 pigiron 应译成生铁而不是铸铁，但一些冶炼的专有名词就不懂了。外加 Texas 州是南方口音，车间内声音嘈杂，翻译十分困难。美方陪同人员是北方的，于是南方美国人的话先由陪同人员讲给我听，我再译成中文告诉组里的人；反过来也一样，我先译给陪同人员，再由他转告厂方人员。最后听到一个专用名词，美方陪同人员也不懂，翻译不出来，于是双方就在黑板上又写又画，比划了一阵子，忽然我方工艺人员说懂了，不用翻译了。现在想想当时狼狈的样子，可笑至极。

六、美国人

在美期间，因我被“任命”为生活翻译，所以与外界接触较多，感到一是中国人受歧视，二是经常挨“宰”。

车费不一。有次出去办事，14人分乘4辆出租车，起点终点都相同，但车费却不一样。黑人司机收费最低，一个白人老太太司机最贵，另两个白人司机相差不大。结果按黑人司机价钱付费，由于另加小费，他们倒也没有话说。

坐车挨宰。在纽约，去看自由女神与百老汇大街回来时分组各自回来。由于即将转机，所以住在机场附近的旅馆。我怕地址说不清楚，带了旅馆名片，有些司机不知是嫌地方偏，还是不认路，总不肯去。后来有个司机愿去，我说你到底认不认路？他说认识，其实他并不认路，在骗我们，到处停车问路，所以下车结账时，价钱比去时贵了一半。我不认账，结果

感叹岁月（其他）

他锁了车门不让我们下。双方僵持不下，司机说去警局吧，开车就走。同行的副团长马上和我说：“算了吧，给他钱吧！”最后还是我们吃亏。后来副团长说：“去了警局，美国人终究帮美国人的，即使我们赢了，在警局还需打车回来，费用更大，何况天已黑了。”在旧金山，听中国旅馆的老板说，有位中国教授刚到美国，从机场打车到旅馆，花了近百美元，挨了宰，心情沮丧。

说话不算数。有次住旅馆时说好可以打折，但结账时换了个工作人员，却不认账了；最后美国老板也来了，说这是前面人员的错误。既然错了就应认账，但仍不肯打折，争执不下，这时下一站派车来接了，大家急着走，还是没有打折。

服务态度恶劣。在旧金山，恰巧我院有个年轻人在美国半工半读，星期天他租了个小面包带我们去游览。为节省时间，提议我们买鸡腿用他的烤箱烤了做午饭。去商店购买时，鸡腿的确便宜，80多美分1磅，于是我买了15只。那个美国店员显然看不起我，称好往柜台上一扔，理也不理就走开了。

不讲同胞情。一天去旧金山唐人街买烤鸡，在一个中国人开的店挑了4只大的，已经称好。突然来了他的熟客，店员就将我里面的2只拿回去给了熟客。大烤鸡也没了，只有小的，我就提意见，要找老板理论。他自知理亏，也不吱声。恰巧旁边还有卖烤鸡的，就到隔壁去买了。我想你是美籍华人，为何没有同胞情呢！

值得敬佩的机场人员。由于在美国的行程有变，机票得改，因为去的地点多，每条航线都有一张票，每人的机票有一小本，14个人就有一叠。那时还没有机打机票或电子机票，都靠手写，纽约机场的一名工作人员是位老者，站着1个多小时不停地写和核对，态度很好，一点不嫌繁，敬业精神令人敬佩。

七、20美元“买命钱”——加拿大签证小姐的惊呼

由接待方安排，去加拿大一家钢厂参观。美国去加拿大比较方便，从北部出境，当场签证，走过一座桥就是加拿大了。

当时美国的劫犯专门抢劫中国人，因为中国人身上有现金，包括当地打工的中国人，每天靠工作岗位的小费收入，都有现款。如果身上没有钱，劫犯就可能行凶，危及生命。据说行凶抢劫的以黑人为多。为此，当地流传只要身上有20美元，劫犯拿了钱就走，不会有生命危险，所以叫做“买命钱”。因此团部给我们每人发20美元以备不时之需。

在加拿大入境时，我们将护照从窗口递给一位小姐签证。有一个团员将这20美元夹在护照内，忘了拿出来。结果签证小姐发现了大声惊呼起来，惊动了周围人员，小姐厉声质问：

感叹岁月（其他）

“这是什么意思？”经过详细解释，才顺利过关。

八、小飞机和“移动会议室”

有一次要越过洛基山脉到一家钢厂考察，因为路近，坐的是螺旋桨小飞机，机上只有20来个座位，乘务员是个老太太。飞机飞得慢，越过山脉很不平稳。到了厂里，午饭安排在一节火车车厢的餐厅，据说这火车是厂里的文物，宴请来宾就安排在此。

后来去美国第二大钢铁公司伯利恒，公司派了辆大巴来接。大巴有点像房车，又像会议室，里面有10多张沙发，还有炉灶、吧台、厕所等，十分舒适。浙大学者吕勇哉曾在伯利恒钢铁公司从事转炉神经网络控制的研究。

九、难懂的美人

途径夏威夷时，参观珍珠港展览馆。那是一座在海上略呈“V”字型的白色建筑，表示“胜利”（Victory）。建筑物海底下是被日军炸沉的战舰“Arizona”号。从馆上看海底，能依稀看到水下的沉舰；进入馆内，先看20分钟影片，讲述日军偷袭珍珠港的。看电影时，听到有人哭泣，大概是阵亡军人的亲属吧！影片最后是罗斯福总统大喊：“Remember Pearl Harbour！”（请记住珍珠港！）如今，美国却偏袒日本侵占中国钓鱼岛。真是难懂的美人。

考察结束了，收获不小，但结局却出乎意料，舞钢引进的电炉既不是德国也不是美国，而是挪威的。什么原因就不清楚了。

编者注：该文节选自作者《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。

编者按：重庆自动化仪表研究所前所长马少梅先生与上海工业自动化仪表研究所前所长范建文先生联手撰写的《回望历史》将已蒙上尘埃、渐渐被人淡忘的我国自动化仪表的成长与发展，记述成文，内容丰富详实，是一篇难得的史料。文章介绍的“政府搭台、企业唱戏”以及“联合设计、分头试制”的大协作方针，无不体现出那个年代所呈现的精神。六十年来，自动化仪表人不管身在何处，他们的心灵总在高处相逢，为国家和民族奉献毕生精力，也为科学与技术播下种子。基于文章的篇幅较长，拟分上、下两篇连载。上篇的主题内容是总论与检测仪表等；下篇是控制仪表与研发体系的建成和发展等。

回望历史（上）

——记我国自动化仪表的成长与发展

马少梅 范建文

基于高温、高压、高冲击、强辐射和强腐蚀的工业环境，工业自动化对自动化仪表和控制系统提出了非常高的要求，它们必须具有很强的稳定性、可靠性和环境适应性，具有自诊断、自修复等功能，能实现远距离操作和无人化控制，以确保生产过程的安全、可靠和高效运行。

就自动化仪表这个领域，无论是传感器与检测仪表，或者是控制与显示仪表乃至执行器，也无论是微电子技术、新型传感器技术、微型计算机技术、数据传输技术以及光机电一体化技术的应用，以及表面安装技术、新材料、新元件、新工艺的广泛移植，六十年的发展与变迁，凝聚了几代人为之奋斗的心血，让自动化仪表以崭新的面目立足于高科技领域。

据不完全统计，到本世纪初，我国自动化仪表行业有近千家企业，其中科研院所达十多所。企业职工达十多万，其中技术人员的比例超过 8%。生产的产品有八千多种，年产量达 1300 多万台套，工业总产值达二十多亿元。对 20 万和 30 万千瓦火力发电机组、30 万吨合成氨、30 万吨乙烯、3000 立方米高炉、250 吨转炉、500 万吨炼油等大型装置以及大型港口码头的计量与管理等工程设施，国产自动化仪表的成套率已超过 80%。

纵观我国工业自动化仪表的应用，大体经历了四个阶段：

第一阶段是四十年代末到五十年代末，以采用将信号转换、显示、纪录、控制等功能融为一体的基地式仪表为主。

第二阶段是六十年代到七十年代，采用按功能进行组合的单元组合仪表（包括气动的和电动的）以及巡回检测装置等。

第三阶段是八十年代到九十年代，采用基于计算机系统的分散型控制系统（DCS）和可编程控制器（PLC）等。

第四阶段是二十一世纪以来，开始采用新一代的分散型控制系统和基于现场总线的控制系统（FCS），并实现网络化控制和管理，开始走上新一轮的技术革命道路。

至上世纪末，在我国大型钢铁企业中，仪表与控制系统的投资占总投资的比例已上升到 5~7%，大型火电厂已上升到 7~19%，石油化工企业已上升到 10~15%，这足见自动化仪表在工业装置中所处的重要地位，也旁证了我国自动化仪表事业的蓬勃发展。



图 1 工厂自动化控制中心

1 敏感元件和传感器

敏感元件和传感器是检测仪表的基础和关键部件。敏感元件包括热敏、力敏、电磁敏、光敏、湿敏以及气敏等多种。根据具体应用场合将敏感元件做成各种封装形式，被称为传感器。

1956 年成立上海仪器仪表科学研究所时，其第一研究室就从事包括热敏电阻、双金属片、热电偶、铂电阻等热敏元件、传感器的研究。之后，沈阳仪器仪表工艺研究所、上海综合仪表厂、云南仪表厂等单位也先后生产各种热敏元件、传感器。

早年，上海工业自动化仪表研究所、中科院半导体所、沈阳仪表科学研究所、南京中旭微电子公司等单位对磁敏元件、传感器进行开发研究，包括半导体磁敏元器件（如霍尔元件、磁阻元件、磁敏二极管、磁敏三极管、磁控可控硅等）和金属磁敏元器件（如电磁感应线圈、强磁体磁阻元件等）。磁敏元件、传感器的研究制造解决了诸如速度、加速度、转速、位移、角度、振动、力、压力、电流、电压、功率等参数的检测。

力敏元件、传感器是利用某些材料在力的作用下，其电性能发生变化，从而产生电信号。它包括扩散硅压阻式力敏元件/传感器、谐振式力敏元件/传感器、磁弹性式力敏元件/传感器、应变片式力敏元件/传感器等，多用于各种衡器、称重装置、测力装置、部分机械量仪表等。上海工业自动化仪表研究所、沈阳仪表工艺研究所、上海冲压件厂、高邮自动化仪表厂等曾参与力敏元件的研发。

包括弹簧、波登管、膜片、膜盒、波纹管等弹性元件，其用途非常广泛，既可作信号转换，又可作某些特殊机械结构。重庆自动化仪表研究所、重庆仪表材料研究所、沈阳仪表工

感叹岁月（其他）

艺研究所和早期的上海工业自动化仪表研究所等都曾研制过此类元件。

此外，上海工业自动化仪表研究所还研制了超声传感器和核辐射传感器，专用于相关的特殊仪表。

2 热工量检测仪表

检测温度、压力、流量、物位这四大热工参数的仪表称为热工量检测仪表。

2.1 温度测量仪表

四大热工参数中以温度为首。早在 1949 年前，中央工业试验所的热工试验室已开始研究温度测量。1956 年，上海仪器仪表科学研究所成立时，其第一研究室中设有温度仪表专业组，专门从事温度传感器和温度仪表的研究，后来发展为温度仪表研究室。

温度仪表分接触式和非接触式两大类。

接触式温度仪表包括玻璃温度计、压力式温度计、双金属温度计、热电偶、热电阻、薄膜热电堆等系列产品。主要生产单位有上海综合仪器厂（后来的上海自动化仪表三厂）、云南仪表厂、四川仪表总厂、西安仪表厂、银河仪表厂、大连仪表厂、天津温度计厂、武汉温度计厂等。上海工业自动化仪表研究所于六十年代中后期，分别组织了双金属温度计、热电偶温度计、热电阻温度计的统一设计，规范并促进了该行业的技术进步和批量生产。

非接触式温度仪表包括光学高温计、红外辐射温度计、带微机红外辐射温度计、红外比色温度计、带微机便携式红外辐射温度计、光纤红外比色温度计、防爆型温度变送器等系列产品，主要生产单位有上海自动化仪表三厂、云南仪表厂和上海工业自动化仪表研究所等，产量一般较小。

2.2 压力测量仪表

压力表包括玻璃管水银压力表、电接点压力表、弹性元件（波登管、膜片、膜盒等）位移式压力表等，这是一种简单而量大面广的产品，主要生产企业有上海压力表厂、杭州压力表厂、天津压力表厂、西安仪表厂等。

上个世纪的五十年代主要生产的差压计包括 U 形玻璃管水银差压计、钟罩式水银差压计、浮子式水银差压计等。由于大量使用水银，严重污染环境，损害人体健康。七十年代初，上海工业自动化仪表研究所组织上海自动化仪表一厂、上海自动化仪表六厂、上海光华仪表厂、西安仪表厂等开展联合设计，研发了单膜盒差压计和双波纹管差压计，淘汰了水银，这可谓是差压计发展中的一个里程碑。

为了输出并远传标准的电信号，八十年代初，上海自动化仪表一厂和上海光华仪表厂

感叹岁月（其他）

开始自主研发电容式差压、压力变送器，解决了膜片工艺、焊接密封、充液等关键技术问题，并批量投放市场。与此同时，西安仪表厂、上海自动化仪表一厂和北京电表厂先后引进了美国的 1151 型电容式差压/压力变送器。

2.3 流量测量仪表

“流量”在四大热工参数中是最复杂的一种。1949 年前，中央工业试验所的热工试验室已开始着手研究流量测量；1956 年上海仪器仪表科学研究所成立时，其第一研究室设有流量仪表专业组，后发展为流量仪表研究室。

测量气、液相的流量仪表有差压式、面积式、容积式、电磁式、涡轮式、旋涡式、质量式等多种，此外还有粉粒状固体重量流量计。

我国工业生产自动化中采用的流量仪表 80%以上是采用节流装置为检测元件的差压式流量计。主要生产企业有上海和平热工仪表厂、上海光华仪表厂、龙江仪表厂、大连仪表厂、银河仪表厂、西安仪表厂、川仪集团等，大部分企业的节流装置和差压计都自行配套生产。

转子流量计分玻璃转子流量计和金属转子流量计两大类。沈阳玻璃仪器厂于上世纪的五十年代就解决了玻璃锥形管成型的关键工艺，后来常州热工仪表厂、余姚流量计厂、上海光华仪表厂、开封仪表厂、龙江仪表厂等也先后生产玻璃转子流量计。六十年代中期上海热工仪表研究所组织沈阳玻璃仪器厂、上海光华仪表厂和常州热工仪表厂在常州热工仪表厂联合设计全系列玻璃锥管转子流量计，统一型号、参数规格、连接法兰间距、安装尺寸等。七十年代又开展带筋锥管转子流量计的联合设计和后续合作试制。金属转子流量计主要用于高温高压的生产过程，制造工艺较难，要有配套的二次仪表，生产企业主要有上海光华仪表厂、开封仪表厂、龙江仪表厂等。

容积式流量计多用于石油产品的高精度计量场合。六十年代初由上海光华仪表厂首先试制成功椭圆齿轮流量计。六十年代中，合肥仪表厂建立，在上海光华仪表厂的技术支持下，生产椭圆齿轮流量计，九十年代年产量超过万台。龙江仪表厂和上海安亭仪表厂（上海自动化仪表九厂的前身）也先后生产腰轮流量计。九十年代，上海自动化仪表九厂开始生产测量精度更高的刮板流量计。

1956 年上海仪器仪表科学研究所成立后，参照苏联专家提供的资料，研制出第一代电磁流量计。六十年代初上海光华仪表厂在上海仪器仪表所指导下开始生产电磁流量计。1967 年，由上海工业自动化仪表研究所负责，上海光华仪表厂、开封仪表厂、天津仪表厂和上海安亭仪表厂参加，在开封仪表厂统一设计第二代电磁流量计系列产品。70 年代初开封仪表

感叹岁月（其他）

厂、上海光华仪表厂、天津仪表厂在电磁流量计统一设计方案基础上提高性能，电磁流量计得以快速发展，成为新型的量大面广的流量计。

1963年，上海仪器仪表科学研究所研制出第一代涡轮流量计。1964年，由上海热工仪表研究所负责，开封仪表厂、上海安亭仪表厂和天津东方红仪表厂参加，在上海热工仪表研究所统一设计第一代涡轮流量计系列产品，采用“集中设计、分厂试制”的办法，很快形成了生产能力，培养了研发人才。后来天津仪表厂开发了用于大管径的插入式涡轮流量计，开创了我国点流速大管径插入式流量仪表的先河。

旋涡流量计包括涡街流量计和旋进旋涡流量计，是在六十年代后期发展起来的新产品。七十年代初，重庆自动化仪表研究所、北京公用事业科学研究所率先研制涡街流量计，后来银河仪表厂、开封仪表厂等几家企业也进行了涡街流量计的研制，形成了批量。1977年上海工业自动化仪表研究所和常州热工仪表厂联合开发旋进旋涡流量计，成为常州热工仪表厂的新产品投放市场。由于旋涡流量计受敏感元件性能的影响，应用方面还存在一定的局限性。

八十年代，作为“八五”攻关项目，上海工业自动化仪表研究所与开封仪表厂合作，研发了超声流量计，产品主要用于大口径气体流量检测。北京大学无线电系和唐山煤科院也相继开发了超声流量计。随后，长沙电子仪器厂、本溪通用电子设备厂、唐山大方仪表公司在上述单位研究的基础上，也开发生产了超声流量计并投放市场。1998年前后国内自主开发的超声流量计的年产量接近千台。

由于质量流量计不受介质温度压力影响，故它的开发制造是具有划时代意义的。八十年代中期，上海工业自动化仪表研究所研发成功直接式“科氏力（科里奥利）质量流量计”，并移交给上海自动化仪表九厂生产。后来，太原太行仪表有限公司、浙江乐清市东仪实业公司、西安东风机电有限公司也相继开发此类质量流量计。2000年前后国内开发的质量流量仪表的年产量已达200~250台。

八十年代中期，上海工业自动化仪表研究所率先研发成功“气体密度计”。这样，用气体流量计、气体密度计和计算装置组合起来，就成为“密度补偿式质量流量计”。气体密度计移交给开封仪表厂、上海自动化仪表九厂、光华仪表厂生产。六十年代后期北京化工研究院、上海光华仪表厂也开发热式气体质量流量计。一般，将适当的气体流量计、温度变送器、压力变送器和计算装置等组合起来，用气体状态（P.V.T.）方程进行补偿，就可成为补偿式质量流量计。

1978年上海工业自动化仪表研究所和上海自动化仪表八厂联合研发成功我国第一代冲

感叹岁月（其他）

量式粉粒状固体重量流量计，并由上海自动化仪表八厂生产并投放市场，解决了诸如煤粉、水泥、碎矿石等粉粒状固体的流量测量，解决了流量计行业里的一大难题。

2.4 物位仪表

物位包括液位（气—液相界面位置、液—液相界面位置）和料位（气—固相界面位置、液—固相界面位置）两大类。

我国物位仪表的开发制造起步较晚，五十年代还没有物位仪表的专业生产厂。六十年代初，国家将开封仪表厂、银河仪表厂、上海自动化仪表五厂等作为生产压力式液位计、玻璃板液位计、浮子式液位计的定点企业。

从七十年代开始，在技术引进热潮中，上海自动化仪表五厂引进了电容式物位开关制造技术和超声物位计制造技术；北京自动化仪表四厂引进了钢带浮子液位计制造技术；铁岭光学仪器厂引进了高温双色玻璃板液位计制造技术，并投入批量生产。

进入九十年代，随着我国自动化水平的不断提高，物位仪表需求量大增，原有的生产能力已远远不能满足需求，国外产品大量进入中国市场，生产低端产品的我国民营企业发展加快，我国物位仪表工业面临重新洗牌的局面。

3 机械量测量和核辐射检测仪表

机械量包含的参数有长度、宽度、厚度、位移、角度、重力、张力、拉力、转速、速度等。早在解放前，上海中央工业试验所中的材料试验室，已开始对金属材料主要参数的测试方法进行了研究试验。1956年上海仪器仪表科学研究所成立，其第一研究室的机械量仪表专业组开始专门从事机械量传感器和机械量仪表的开发研究。多年来，上海工业自动化仪表研究所等单位陆续开展了下述工作：

A. 上海工业自动化仪表研究所组织华东电子仪器厂、成都科学仪器厂和营口仪表三厂等单位开展了电子皮带秤和数字电子秤等称重仪表的统一设计，并批量生产投放市场。

B. 上海冲压件厂和高邮自动化仪表厂按上海工业自动化仪表研究所的科研成果，生产了用于钢铁厂和锻压机械等场合的磁弹性测力仪。

C. 上海工业自动化仪表研究所和上海转速表厂联合设计了轧钢机辊缝测量仪。

D. 重庆工业自动化仪表研究所研制了微波测厚仪；八十年代，上海工业自动化仪表研究所曾为鞍山钢厂板材车间研制了固体扫描宽度计系统，采用了 CCD 光电传感器。

E. 上海工业自动化仪表研究所为中日国际海底电缆铺设工程配套的仪表检控装置采用了精密电位器来检测海底铺设犁头的转动角度变化，保证了电缆铺设位置的准确性。

感叹岁月（其他）

F. 上海工业自动化仪表研究所等单位开发了电阻应变传感器系列、磁弹性传感器系列、电感式传感器系列、光电传感器系列、光纤传感器系列、位移传感器系列、转速传感器等机械量传感器系列产品。

1951 年美国首先将核辐射厚度计应用于橡胶生产过程中的厚度检测，我国从 1958 年开始研制核辐射检测仪表，经过半个多世纪的努力，目前大体相当于美国九十年代初的水平，初步形成具有我国特色的核辐射检测仪表技术体系。

我国从事核辐射检测仪表的单位有五十余家，主要有：上海工业自动化仪表研究所、武汉温度计厂、上海精艺仪表厂、核工业部 263 厂、上海原子核所、清华大学等，其中，上海工业自动化仪表研究所先后研制成核辐射厚度计、核辐射密度计、核辐射核物位计、辐射式水份计、核子秤、核辐射涂层厚度计和厚度、密度、物位组装式核辐射检测仪表等，八十年代后期又先后研制成“纸张定量和水份检测控制系统”和“纸张定量、水份、灰份、厚度多参数综合检测仪表装置”。此外还有物位计、流量计、雪量计、探伤仪、烟火报警仪、荧光分析仪等。其中，“纸张定量和水份检测控制系统”获得机械电子部科技进步三等奖。

4 显示仪表

中国最早的模拟显示仪表可以追溯到“中华科学仪器公司”（大华仪表厂的前身）于 1927 年开始研制的电表，并于 1929 年研制成我国第一台直流电表，继而又开发了交流电表。

作为生产过程用的模拟显示仪表，上海仪器仪表科学研究所（上海工业自动化仪表研究所的前身）在 1957 年开始研制 09 型电子电位差计（基本仿制前苏联的 $\Theta \Pi \Pi - 09$ 自动电子电位差计），后来移交上海大华仪表厂生产。

1970 年前后，上海工业自动化仪表研究所研制成动圈式指示仪表，并帮助上海自动化仪表六厂和浙江余姚仪表厂生产动圈式指示仪表。

七十年代初，上海工业自动化仪表研究所负责组织记录仪统一设计，参加的单位有上海自动化仪表三厂、大华仪表厂、济南自动化仪表厂、鞍山自动化仪表厂、四川仪表总厂、肇庆自动化仪表厂等，统一设计的产品有大长图记录仪、小长图记录仪、大园图记录仪等，以及放大器、小马达、记录笔和记录墨水等零部件，取得良好效果，促进了行业的技术进步，后来又拓展了其它品种规格。

随着数字技术的发展，上海工业自动化仪表研究所、上海自动化仪表二厂、四川仪表总厂、西安仪表厂等技术力量较强的单位开始向数字化进军。八十年代初，通过科技攻关和引进技术的消化吸收，研发了一系列数字显示调节仪表，包括：数字式温控仪、ES 型数字显

感叹岁月（其他）

示仪、XMT 系列数字显示仪、XMTD 型数字显示调节仪、多回路调节器、批量混合调节器等。与此同时，以前的长图记录仪也用上了微机，发展成微机型中长图数据记录仪、小长图数据记录仪以及无纸记录仪等。

此外，还有流量积算仪表、声光报警器、等离子光柱显示器等其它数字显示仪表。

5 执行器

我国执行器行业按照原机械部仪表局的部署，从五十年代开始建立了崇明仪表厂、无锡仪表阀门厂、天津调节阀厂、鞍山热工仪表厂，形成了一定批量的生产能力，主要产品是仿制苏联的直通单双座、中低压系列调节阀和电动执行机构。六十年代根据战备的要求又通过支内建立了吴忠仪表厂、四川仪表十厂和四川仪表十一厂等，为我国执行器行业后来的发展奠定了基础。八十年代以后进入了稳定发展期。二十一世纪以来，企业通过技术改造提高了产品质量，中、低端产品已能够满足国内用户需要，部分中、高端产品也陆续研发成功，开始进入市场。

5.1 气动薄膜调节阀

从 1965 年至 1978 年，上海工业自动化仪表研究所多次组织全国统一设计和联合设计，形成了具有 70 年代水平的单座阀、双座阀、角型阀、三通阀、隔膜阀、蝶阀等六大系列的气动薄膜调节阀产品，为满足我国生产过程自动控制系统的配套作出了重要贡献。

八十年代，上海工业自动化仪表研究所等单位通过“七五”科技攻关完成了“ZJ 精小型调节阀”的开发，对吴忠仪表厂技术引进日本 CV3000 系列调节阀进行国产化工作，使我国的基型品种达到了八十年代水平，缩小了国内外差距，实现了基型产品的更新换代。

九十年代以来借鉴国外先进技术进行发展创新，陆续开发了一批市场需要的特种、变型品种，如偏心旋转阀、防空化高压差阀、自力式调节阀、快速切断阀、偏心蝶阀、V 型球阀等多种新产品，使国内品种配套率达到了 70%。

5.2 电动执行机构

1966 年至 1978 年间，由重庆工业自动化仪表研究所组织电动执行机构的行业联合设计，完成了直行程、角行程电动执行机构的基本系列，具有七十年代水平，为满足国内生产过程自动控制系统的配套作出了重要贡献。

八十年代，上海工业自动化仪表研究所组织了 III 型仪表和 S 系列电动执行机构的联合设计，使国内基型产品达到了八十年代水平，缩小了国内外差距，主要参加单位有上海自动化仪表十一厂、四川仪表十一厂和天津仪表七厂等。

感叹岁月（其他）

九十年代开发了多转式电动执行机构，提高了国内品种配套率。

5.3 数字式智能执行机构



图 2 数字式电动执行机构

进入二十一世纪以后，总线型数字电动执行机构由有关制造厂通过对引进技术国产化而完成的研制工作，与现场总线控制系统配套应用，生产该类产品的企业有上海自动化仪表十一厂、四川仪表十一厂和天津仪表七厂等。

5.4 液动大推力执行机构

大推力电液执行机构是“七五”科技攻关项目，由上海工业自动化仪表研究所和武汉热工仪表厂联合研发，由武汉热工仪表厂投入批量生产，用于发电厂等场合，受到了用户的好评。

5.5 电磁阀及执行器附件

电磁阀包括水用系列、蒸汽用系列、耐硫酸系列和自保持型系列等四大系列。执行器附件有气动阀门定位器、数字式阀门定位器、小行程顶装式阀门定位器以及新型位置发送器、三相功率控制器等。

（未完待续）