

我国工业控制自动化技术的现状与发展趋势

来自:北京中科泛华测控技术有限公司www.ck365.cn

摘要:工业控制自动化技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其它信息技术,对工业生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策,达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的综合技术,主要包括工业自动化软件、硬件和系统三大部分。

工业控制自动化技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其它信息技术,对工业生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策,达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的综合技术,主要包括工业自动化软件、硬件和系统三大部分。工业控制自动化技术作为 20 世纪现代制造领域中最重要技术之一,主要解决生产效率与一致性问题。虽然自动化系统本身并不直接创造效益,但它对企业生产过程有明显的提升作用。

我国工业控制自动化的发展道路,大多是在引进成套设备的同时进行消化吸收,然后进行二次开发和应用。目前我国工业控制自动化技术、产业和应用都有了很大的发展,我国工业计算机系统行业已经形成。目前,工业控制自动化技术正在向智能化、网络化和集成化方向发展。

一、以工业 PC 为基础的低成本工业控制自动化将成为主流 众所周知,从 20 世纪 60 年代开始,西方国家就依靠技术进步(即新设备、新工艺以及计算机应用)开始对传统工业进行改造,使工业得到飞速发展。20 世纪末世界上最大的变化就是全球市场的形成。全球市场导致竞争空前激烈,促使企业必须加快新产品投放市场时间(Time to Market)、改善质量(Quality)、降低成本(Cost)以及完善服务体系(Service),这就是企业的 T.Q.C.S.。虽然计算机集成制造系统(CIMS)结合信息集成和系统集成,追求更完善的 T.Q.C.S.,使企业实现“在正确的时间,将正确的信息以正确的方式传给正确的人,以便作出正确的决策”,即“五个正确”。然而这种自动化需要投入大量的资金,是一种高投资、高效益同时是高风险的发展模式,很难为大多数中小企业所采用。在我国,中小型企业以及准大型企业走的还是低成本工业控制自动化的道路。工业控制自动化主要包含三个层次,从下往上依次是基础自动化、过程自动化和管理自动化,其核心是基础自动化和过程自动化。

传统的自动化系统,基础自动化部分基本被 PLC 和 DCS 所垄断,过程自动化和管理自动化部分主要是由各种进口的过程计算机或小型机组成,其硬件、系统软件和应用软件的价格之高令众多企业望而却步。

20 世纪 90 年代以来,由于 PC-based 的工业计算机(简称工业 PC)的发展,以工业 PC、I/O 装置、监控装置、控制网络组成的 PC-based 的自动化系统得到了迅速普及,成为实现低成本工业自动化的重要途径。我国重庆钢铁公司这样的大企业的几乎全部大型加热炉,也拆除了原来 DCS 或单回路数字式调节器,而改用工业 PC 来组成控制系统,并采用模糊控制算法,获得了良好效果。

由于基于 PC 的控制器被证明可以像 PLC 一样可靠,并且被操作和维护人员接受,所以,一个接一个的制造商至少在部分生产中正在采用 PC 控制方案。基于 PC 的控制系统易于安装和使用,有高级的诊断功能,为系统集成商提供了更灵活的选择,从长远角度看,PC 控制系统维护成本低。由于可编程控制器(PLC)受 PC 控制的威胁最大,所以 PLC 供应商对 PC 的应用感到很不安。事实上,他们现在也加入到了 PC 控制“浪潮”中。

近年来,工业 PC 在我国得到了异常迅速的发展。从世界范围来看,工业 PC 主要包含两种类型:IPC 工控机和 CompactPCI 工控机以及它们的变形机,如 AT96 总线工控机等。由于基础自动化和过程

自动化对工业 PC 的运行稳定性、热插拔和冗余配置要求很高，现有的 IPC 已经不能完全满足要求，将逐渐退出该领域，取而代之的将是 CompactPCI-based 工控机，而 IPC 将占据管理自动化层。国家于 2001 年设立了“以工业控制计算机为基础的开放式控制系统产业化”工业自动化重大专项，目标就是发展具有自主知识产权的 PC-based 控制系统，在 3(5 年内，占领 30%(50%的国内市场，并实现产业化。

几年前，当“软 PLC”出现时，业界曾认为工业 PC 将会取代 PLC。然而，时至今日工业 PC 并没有代替 PLC，主要有两个原因：一个是系统集成原因；另一个是软件操作系统 Windows NT 的原因。一个成功的 PC-based 控制系统要具备两点：一是所有工作要由一个平台上的软件完成；二是向客户提供所需要的所有东西。可以预见，工业 PC 与 PLC 的竞争将主要在高端应用上，其数据复杂且设备集成度高。工业 PC 不可能与低价的微型 PLC 竞争，这也是 PLC 市场增长最快的一部分。从发展趋势看，控制系统的将来很可能存在于工业 PC 和 PLC 之间，这些融合的迹象已经出现。

和 PLC 一样，工业 PC 市场在过去的两年里保持平稳。与 PLC 相比，工业 PC 软件很便宜。据 Frost & Sullivan 公司估计，全世界每年 7 亿美元工业 PC 市场里，大约 8500 万美元为控制软件，一亿美元为操作系统。到 2007 年会翻一番，工业 PC 市场变得非常可观。

二、PLC 在向微型化、网络化、PC 化和开放性方向发展

长期以来，PLC 始终处于工业控制自动化领域的主战场，为各种各样的自动化控制设备提供非常可靠的控制方案，与 DCS 和工业 PC 形成了三足鼎立之势。同时，PLC 也承受着来自其它技术产品的冲击，尤其是工业 PC 所带来的冲击。

目前，全世界 PLC 生产厂家约 200 家，生产 300 多种产品。国内 PLC 市场仍以国外产品为主，如 Siemens、Modicon、A-B、OMRON、三菱、GE 的产品。经过多年的发展，国内 PLC 生产厂家约有三十家，但都没有形成颇具规模的生产能力和名牌产品，可以说 PLC 在我国尚未形成制造产业化。在 PLC 应用方面，我国是很活跃的，应用的行业也很广。专家估计，2000 年 PLC 的国内市场销量为 15(20 万套（其中进口占 90%左右），约 25(35 亿元人民币，年增长率约为 12%。预计到 2005 年全国 PLC 需求量将达到 25 万套左右，约 35(45 亿元人民币。

PLC 市场也反映了全世界制造业的状况，2000 后大幅度下滑。但是，按照 Automation Research Corp 的预测，尽管全球经济下滑，PLC 市场将会复苏，估计全球 PLC 市场在 2000 年为 76 亿美元，到 2005 年底将回到 76 亿美元，并继续略微增长。

微型化、网络化、PC 化和开放性是 PLC 未来发展的主要方向。在基于 PLC 自动化的早期，PLC 体积大而且价格昂贵。但在最近几年，微型 PLC（小于 32 I/O）已经出现，价格只有几百欧元。随着软 PLC（Soft PLC）控制组态软件的进一步完善和发展，安装有软 PLC 组态软件和 PC-based 控制的市场份额将逐步得到增长。

当前，过程控制领域最大的发展趋势之一就是 Ethernet 技术的扩展，PLC 也不例外。现在越来越多的 PLC 供应商开始提供 Ethernet 接口。可以相信，PLC 将继续向开放式控制系统方向转移，尤其是基于工业 PC 的控制系统。

三、面向测控管一体化设计的 DCS 系统

集散控制系统 DCS（Distributed Control System）问世于 1975 年，生产厂家主要集中在美、日、德等国。我国从 70 年代中后期起，首先由大型进口设备成套中引入国外的 DCS，首批有化纤、乙烯、化肥等进口项目。当时，我国主要行业（如电力、石化、建材和冶金等）的 DCS 基本全部进口。80 年代初期在引进、消化和吸收的同时，开始了研制国产化 DCS 的技术攻关。

近 10 年，特别是“九五”以来，我国 DCS 系统研发和生产发展很快，崛起了一批优秀企业，如北京

和利时公司、上海新华公司、浙大中控公司、浙江威盛公司、航天测控公司、电科院以及北京康拓集团等。这批企业研制生产的 DCS 系统，不仅品种数量大幅度增加，而且产品技术水平已经达到或接近国际先进水平。在 2001 年全国应用的 4426 套 DCS 系统中，国产 DCS 系统为 1486 套，占 35%。短短几年，国外 DCS 系统在我国一统天下的局面从此不再出现。这些专业化公司不仅占据了一定的市场份额，积累了发展的资本和技术，同时使得国外引进的 DCS 系统价格也大幅度下降，为我国自动化推广事业做出了贡献。与此同时，国产 DCS 系统的出口也在逐年增长。

虽然国产 DCS 的发展取得了长足进步，但国外 DCS 产品在国内市场中占有率还较高，其中主要是 Honeywell 和横河公司的产品。我国 DCS 的市场年增长率约为 20%，年市场额约为 30(35 亿元)。由于近 5 年内 DCS 在石化行业大型自控装置中没有可替代产品，所以其市场增长率不会下降。据统计，到 2005 年，我国石化行业有 1000 多套装置需要应用 DCS 控制；电力系统每年新装 1000 多万千瓦发电机组，需要 DCS 实现监控；不少企业已使用 DCS 近 15(20 年，需要更新和改造。所以，今后 5 年内 DCS 作为自动化仪表行业主要产品的地位不会动摇。

根据中国仪器仪表行业协会公布的调查数据显示，2002 年我国 DCS 市场状况如下：

小型化、多样化、PC 化和开放性是未来 DCS 发展的主要方向。目前小型 DCS 所占有的市场，已逐步与 PLC、工业 PC、FCS 共享。今后小型 DCS 可能首先与这三种系统融合，而且“软 DCS”技术将首先在小型 DCS 中得到发展。PC-based 控制将更加广泛地应用于中小规模的过程控制，各 DCS 厂商也将纷纷推出基于工业 PC 的小型 DCS 系统。开放性的 DCS 系统将同时向上和向下双向延伸，使来自生产过程的现场数据在整个企业内部自由流动，实现信息技术与控制技术的无缝连接，向测控管一体化方向发展。

四、控制系统正在向现场总线（FCS）方向发展

由于 3C（Computer、Control、Communication）技术的发展，过程控制系统将由 DCS 发展到 FCS（Fieldbus Control System）。FCS 可以将 PID 控制彻底分散到现场设备（Field Device）中。基于现场总线的 FCS 又是全分散、全数字化、全开放和可互操作的新一代生产过程自动化系统，它将取代现场一对一的 4(20mA 模拟信号线，给传统的工业自动化控制系统体系结构带来革命性的变化。

根据 IEC61158 的定义，现场总线是安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。现场总线使测控设备具备了数字计算和数字通信能力，提高了信号的测量、传输和控制精度，提高了系统与设备的功能、性能。IEC/TC65 的 SC65C/WG6 工作组于 1984 年开始致力于推出世界上唯一的现场总线标准工作，走过了 16 年的艰难历程，于 1993 年推出了 IEC61158-2，之后的标准制定就陷于混乱。2000 年初公布的 IEC61158 现场总线国际标准子集有八种，分别为：

类型 1 IEC 技术报告（FFH1）；

类型 2 Control-NET（美国 Rockwell 公司支持）；

类型 3 Profibus（德国 Siemens 公司支持）；

类型 4 P-NET（丹麦 Process Data 公司支持）；

类型 5 FFHSE（原 FFH2）高速以太网（美国 Fisher Rosemount 公司支持）；

类型 6 Swift-Net（美国波音公司支持）；

类型 7 WorldFIP（法国 Alsto 公司支持）；

类型 8 Interbus（美国 Phoenix Contact 公司支持）。

除了 IEC61158 的 8 种现场总线外，IEC TC17B 通过了三种总线标准：SDS

(Smart Distributed System)；ASI (Actuator Sensor Interface)；Device NET。另外，ISO 公布了 ISO 11898 CAN 标准。其中 Device NET 于 2002 年 10 月 8 日被中国批准为国家标准，并于 2003 年 4 月 1 日开始实施。

目前在各种现场总线的竞争中，以 Ethernet 为代表的 COTS(Commercial-Off-The-Shelf)通信技术正成为现场总线发展中新的亮点。其关注的焦点主要集中在两个方面：

- (1) 能否出现全世界统一的现场总线标准；
- (2) 现场总线系统能否全面取代现时风靡世界的 DCS 系统

采用现场总线技术构造低成本的现场总线控制系统，促进现场仪表的智能化、控制功能分散化、控制系统开放化，符合工业控制系统的技术发展趋势。国家在“九五”期间为了加快现场总线技术在我国的发展，重点放在智能化仪表和现场总线技术的开发和工程化上，补充和完善工艺设备、开发装置和测试装置，建立智能化仪表和开发自动化系统的生产基地，形成适度规模经济。2000 年，“九五”国家科技攻关计划“新一代全分布式控制系统研究与开发”和“现场总线智能仪表研究开发”两个项目相继完成。这两个项目以及先期完成的“现场总线控制系统的开发”项目，针对国际上已经出现的多种现场总线协议并存的局面，重点选择了 HART 协议和 FF 协议现场总线技术攻关。

总之，计算机控制系统的发展在经历了基地式气动仪表控制系统、电动单元组合式模拟仪表控制系统、集中式数字控制系统以及集散控制系统 (DCS) 后，将朝着现场总线控制系统 (FCS) 的方向发展。虽然以现场总线为基础的 FCS 发展很快，但 FCS 发展还有很多工作要做，如统一标准、仪表智能化等。另外，传统控制系统的维护和改造还需要 DCS，因此 FCS 完全取代传统的 DCS 还需要一个较长的过程，同时 DCS 本身也在不断的发展与完善。可以肯定的是，结合 DCS、工业以太网、先进控制等新技术的 FCS 将具有强大的生命力。工业以太网以及现场总线技术作为一种灵活、方便、可靠的数据传输方式，在工业现场得到了越来越多的应用，并将在控制领域中占有更加重要的地位。

五、仪器仪表技术在向数字化、智能化、网络化、微型化方向发展

经过五十年的发展，我国仪器仪表工业已有相当基础，初步形成了门类比较齐全的生产、科研、营销体系。现有各类仪器仪表企业 6000 余家，年销售额约 1000 亿元，成为亚洲除日本之外第二大仪器仪表生产国。据海关统计，除去随成套工程项目配套引进的仪器仪表不计，去年进口各类仪器仪表近 60 亿美元，约占我国仪器仪表工业总产值的 50%。但目前我国仪器仪表行业产品大多属于中低档水平，随着国际上数字化、智能化、网络化、微型化的产品逐渐成为主流，差距还将进一步加大。目前，我国高档、大型仪器设备大多依赖进口。中档产品以及许多关键零部件，国外产品占有我国市场 60% 以上的份额，而国产分析仪器占全球市场不到千分之二份额。

2001 年 3 月，第九届全国人大四次会议批准的“十五”计划纲要首次提出“把发展数控机床，仪器仪表和基础零部件放到重要位置，努力提高质量和技术水平”。2001 年 8 月，国家计委把仪器仪表明确列为国民经济重要技术装备，国家经贸委制定并公布的仪器仪表行业“十五”规划，确立了 6 项高技术产业化项目。

1. 基于现场总线技术的全开放分散控制系统及智能仪表；
2. 新型传感器；
3. 智能化工业控制部件与执行机构；
4. 环境与污染源监测仪器及自动监测系统；
5. 城市污水处理利用成套工艺设备中的仪表自动化控制系统；
6. 炼钢转炉煤气净化回转成套装置中的仪表自动化控制系统。

根据仪器仪表行业的预测，“十五”期间我国仪器仪表市场大致是：2002年1628亿，2003年1790亿，2004年1969亿，2005年2165亿。五年间，平均年市场容量为1806亿（相当于220亿美元），其中工业自动化仪表和控制系统占41%、科学测试仪器占25%、医疗仪器占17%、其它占17%，平均年增长率将不会低于10%。

今后仪器仪表技术的主要发展趋势：

仪器仪表向智能化方向发展，产生智能仪器仪表；

测控设备的PC化，虚拟仪器技术将迅速发展；

仪器仪表网络化，产生网络仪器与远程测控系统。

几点建议：

开发具有自主知识产权的产品，掌握核心技术。

加强仪器仪表行业的系统集成能力。

进一步拓展仪器仪表的应用领域。

六、数控技术向智能化、开放性、网络化、信息化发展

从1952年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统，到现在已走过了51年的历程。近10年来，随着计算机技术的飞速发展，各种不同层次的开放式数控系统应运而生，发展很快。目前正朝着标准化开放体系结构的方向前进。就结构形式而言，当今世界上的数控系统大致可分为4种类型：

1.传统数控系统；

2.PC嵌入NC”结构的开放式数控系统；

3.NC嵌入PC”结构的开放式数控系统；

4.SOFT型开放式数控系统。

我国数控系统的开发与生产，通过“七五”引进、消化、吸收，“八五”攻关和“九五”产业化，取得了很大的进展，基本上掌握了关键技术，建立了数控开发、生产基地，培养了一批数控人才，初步形成了自己的数控产业，也带动了机电控制与传动控制技术的发展。同时，具有中国特色的经济型数控系统经过这些年来的发展，产品的性能和可靠性有了较大的提高，逐渐被用户认可。

国外数控系统技术发展的总体发展趋势是：

新一代数控系统向PC化和开放式体系结构方向发展；

驱动装置向交流、数字化方向发展；

增强通信功能，向网络化发展；

数控系统在控制性能上向智能化发展。

进入21世纪，人类社会将逐步进入知识经济时代，知识将成为科技和生产发展的资本与动力，而机床工业，作为机器制造业、工业以至整个国民经济发展的装备部门，毫无疑问，其战略性重要地位、受重视程度，也将更加鲜明突出。

近年来，我国数控机床一直保持两位数增长。2001年，我国机床工业产值已进入世界第5名，机床消费额在世界排名上升到第3位，达47.39亿美元，仅次于美国的53.67亿美元。2002年产值达260亿元，产量居世界第4。但与发达国家相比，我国机床数控化率还不高，目前生产产值数控化率还不到30%；消费值数控化率还不到50%，而发达国家大多在70%左右。由于国产数控机床不能满足市场的需求，高档次的数控机床及配套部件只能靠进口，使我国机床的进口额呈逐年上升态势，2001年进口机床跃升至世界第2位，达24.06亿美元，比上年增长27.3%。

智能化、开放性、网络化、信息化成为未来数控系统和数控机床发展的主要趋势：

向高速、高效、高精度、高可靠性方向发展；

向模块化、智能化、柔性化、网络化和集成化方向发展；

向 PC-based 化和开放性方向发展；

出现新一代数控加工工艺与装备，机械加工向虚拟制造的方向发展。

信息技术（IT）与机床的结合，机电一体化先进机床将得到发展。

纳米技术将形成新发展潮流，并将有新的突破。

节能环保机床将加速发展，占领广大市场。

七、工业控制网络将向有线和无线相结合方向发展

自从 1977 年第一个民用网系统 ARCnet 投入运行以来，有线局域网以其广泛的适用性和技术价格方面的优势，获得了成功并得到了迅速发展。然而，在工业现场，一些工业环境禁止、限制使用电缆或很难使用电缆，有线局域网很难发挥作用，因此无线局域网技术得到了发展和应用。随着微电子技术的不断发展，无线局域网技术将在工业控制网络中发挥越来越大的作用。

无线局域网（Wireless LAN）技术可以非常便捷地以无线方式连接网络设备，人们可随时、随地、随意地访问网络资源，是现代数据通信系统发展的重要方向。无线局域网可以在不采用网络电缆线的情况下，提供以太网互联功能。在推动网络技术发展的同时，无线局域网也在改变着人们的生活方式。无线网通信协议通常采用 IEEE802.3 和 802.11。802.3 用于点对点方式，802.11 用于一点对多点方式。无线局域网可以在普通局域网基础上通过无线 Hub、无线接入站(AP)、无线网桥、无线 Modem 及无线网卡等来实现，以无线网卡使用最为普遍。无线局域网的未来的研究方向主要集中在安全性、移动漫游、网络管理以及与 3G 等其它移动通信系统之间的关系等问题上。

在工业自动化领域，有成千上万的感应器，检测器，计算机，PLC，读卡器等设备，需要互相连接形成一个控制网络，通常这些设备提供的通信接口是 RS-232 或 RS-485。无线局域网设备使用隔离型信号转换器，将工业设备的 RS-232 串口信号与无线局域网及以太网信号相互转换，符合无线局域网 IEEE 802.11b 和以太网 IEEE 802.3 标准，支持标准的 TCP/IP 网络通信协议，有效的扩展了工业设备的联网通信能力。

计算机网络技术、无线技术以及智能传感器技术的结合，产生了“基于无线技术的网络化智能传感器”的全新概念。这种基于无线技术的网络化智能传感器使得工业现场的数据能够通过无线链路直接在网络上传输、发布和共享。无线局域网技术能够在工厂环境下，为各种智能现场设备、移动机器人以及各种自动化设备之间的通信提供高带宽的无线数据链路和灵活的网络拓扑结构，在一些特殊环境下有效地弥补了有线网络的不足，进一步完善了工业控制网络的通信性能。

八、工业控制软件正向先进控制方向发展

自 20 世纪 80 年代初期诞生至今，工业控制软件已有 20 年的发展历史。工业控制软件作为一种应用软件，是随着 PC 机的兴起而不断发展的。工业控制软件主要包括人机界面软件（HMI），基于 PC 的控制软件以及生产管理软件等。目前，我国已开发出一批具有自主知识产权的实时监控软件平台、先进控制软件、过程优化控制软件等成套应用软件，工程化、产品化有了一定突破，打破了国外同类应用软件的垄断格局。通过在化工、石化、造纸等行业的数百个企业（装置）中应用，促进了企业的技术改造，提高了生产过程控制水平和产品质量，为企业创造了明显的经济效益。2000 年，“九五”国家科技攻关计划项目“大型骨干石化生产系统控制及计算机应用技术”通过了验收。

作为工控软件的一个重要组成部分，国内人机界面组态软件研制方面近几年取得了较大进展，软

件和硬件相结合，为企业测、控、管一体化提供了比较完整的解决方案。在此基础上，工业控制软件将从人机界面和基本策略组态向先进控制方向发展。先进过程控制 APC (Advanced Process Control) 目前还没有严格而统一的定义。一般将基于数学模型而又必须用计算机来实现的控制算法，统称为先进过程控制策略。如：

自适应控制；

预测控制；

鲁棒控制；

智能控制（专家系统、模糊控制、神经网络）等。

由于先进控制和优化软件可以创造巨大的经济效益，因此这些软件也身价倍增。国际上已经有几十家公司，推出了上百种先进控制和优化软件产品，在世界范围内形成了一个强大的流程工业应用软件产业。因此，开发我国具有自主知识产权的先进控制和优化软件，打破外国产品的垄断，替代进口，具有十分重要的意义。

在未来，工业控制软件将继续向标准化、网络化、智能化和开放性发展方向。