



低成本自动化及其在工业控制中应用

作者：马竹梧

摘要：本文首先叙述低成本自动化的概念，系统构成、硬件、软件和功能选择原则，特别是先进功能的考虑方法和效益。最后叙述低成本自动化应用的例子。

1. 前言

发展工业的传统方法是投入一些资金以建设新厂或增加设备，增加原料投入和增加人力以达到增产目的，然而这种粗放经营的方式在工业生产中已证明其局限性，特别是在激烈的市场竞争中无论价格和质量都无法取胜。故从60年代开始，西方国家就开始对工业进行改造，特别是重工业和大型厂矿，除组织合理化以外，主要靠技术进步，即新设备、新工艺和自动化及计算机应用，而使各类工业飞速发展，且朝高产、优质、多品种和节能降耗以及低成本方向发展。由于自动化及计算机应用不仅节省人力，更重要的是把工异参数严格控制在规定值、监控生产过程，甚至自寻最优而使工艺过程优化，达到高产、优质、节能降耗和降低成本，而且能生产过去不能生产的产品，故自动化及计算机应用不仅是工业现代化的标志，而且是生产必需和关键的环节，因此世界各国都努力发展工业自动化。到目前为止，工业自动化已如图1所示的我级计算机自动化系统，虽然大多数工业，特别是中小企业大都只装备基础自动化级和过程自动化级，但这种计算机集成制造（CIMS）结构已成为工业自动化的标准形式。在美、欧、日等发达国家，其大型企业和跨国公司大都实行CIM和CIP技术，然而这种方法需要大量资金，是一种高投资、高效益但同时是高风险的发展模式，很难为大量的中小企业所采用，故运去这些中小企业，甚至一些大型企业往往只实行基础自动化，然而实践证明仅有基础自动化虽然也收到一定效果，但仍然难以满足生产要求，特别是过程自动化，其优化、监控、预报等功能更是必不可少和能取得重大经济效益的重要环节，然而传统的使用VAX型计算机甚至使用Alpha型小型机构成的过程自动化级，其昂贵的硬件和系统软件以及应用软件编程的费用也令人望而却步。

此外，为提高效率和取得重大经济效益，中小企业也要装备管理自动化级。就是只实行基础自动化，对PLC或工控机也面临：（1）要求降低成本；（2）增加灵活性；（3）增加诊断功能以提高可维护性；（4）缩短程序开发时间和降低其费用，这就要求实现LCA（低成本自动化）系统。

社区搜索

关键字:

类型:

专业委员会

地方学会

学会章程

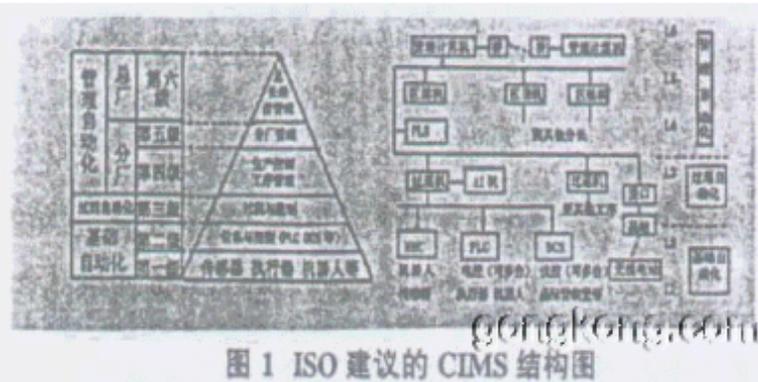


图1 ISO 建议的 CIMS 结构图

2. 低成本自动化的概念

什么是LCA（低成本自动化）？很难有确切的定义，但其本质上是针对中小企业或某些准大型企业，因为大型机组如钢铁工业的5000立方米高炉、300t转炉、1900mm连铸机、2050mm板带热连轧机和5000mm中厚板轧机等，虽然也要求价廉物美的自动化系统，但无论企业产值、效益，对自动化的要求及允许投资占总设备投资的百分数，对装备完善的自动化系统是不会问题的（当然，近年来这些机组也采用部分LCA技术了），此外也不能把什么都算低成本自动化或什么自动化都是低成本的，否则将会得出错误的概念而不利于实现低成本自动化。

低成本自动化广义的概念是：

- （1）其投资可以达到或增加产量或改善质量、节能和降耗目的，并可使资金在1-2年内回收，一般占设备总投资的7-12%；
- （2）低成本自动化必须是紧凑的、功能是必需的、可用性是良好的；
- （3）低成本自动化抽粗后，其功能投入率应在95%以上；
- （4）低成本自动化必须是易维护的且维护费用是较低的，工作是可靠的，在线率应在95%以上；
- （5）低成本自动化的投入产出比应是显著的，应为1：3-5若以投资在1-2年内回收，则设备寿命应在5-8年；
- （6）低成本自动化投资应有个相对上限值，在新建厂矿应低于一般规定的占总设备总投资的百分比，对特殊项目应远低于省市权限批准的资金范围内。

3. 低成本自动化的范围

低成本自动化的范围原则上包括如图1所示的全部功能，即ISO的CIMS标准六级功能，有人认为LCA应针对基础自动化，这种观点不仅是错误的而且是有害的，特别是新建厂矿，自动化项目的委托及内容往往由工艺人员或主管人员所决定，为节省投资而削减过程自动化，而导致甚至90年代末新建厂矿远低于世界先进水平，且影响产品质量和成本。如上所述，过程自动化能实现优化、监控、预报等功能，是必不可少和能取得重大经济效益的重要环节。济钢30立方米小高炉实现过程自动化，装备监控和多目标优化和炉况综合判断功能而取得增效益234万元的良好经济效益就是一例。

国外对CIMS的发展，不仅大型企业适用，而且出现中小规模的CIMS，后者就是LCA的范畴，不过装备不同，功能稍弱而已，对这种观点，国内不少持异议，然而美国DEC公司和UCE公司在十多年前就介绍了大、小两种钢铁厂的CIMS，后者在CHAPARREL厂的实现支持了本文的观点。特别是近年来，工控机的性能大大提高，无论内存、快速性和低价格以及支持软件的低价都将为LCA的CIMS系统创造条件。

4. 关于资金回收期的计算

经济效益和资金回收期计算对低成本自动化是一个重要问题，因为往往由于效益过高而被认为夸张而失去对自动化的信任。根据我们的经验，比较准确的资金回收期计算使用下列公式是适宜的：

其中，自动化系统基建投资包括设备费、安装费和运杂志；年维护费应包括备件、材料等费用；维护人员年创经济效益可按工厂人均利润计算。

5. 低成本自动化的实现

设计低成本自动化系统的本质是精打细算，从功能、系统结构、硬件、软件、数学模型、经济效益以及投入产出等各个方面综合考虑来进行选择，设计低成本自动化系统时，下列几个问题是应重点考虑的：

5.1 功能的决定

由于功能影响系统结构、硬件和软件规模，因而是影响系统投资的关键因素。往往认为要省钱就削减功能，仅仅设计某些参数检测和控制就可以了，其实由于未能满足生产要求，造成直接经济损失比之增加自动化投资要大得多，许多自动化系统刚投产就要改造，到了21世纪还是一个很落后的系统而难以满足生产所需。故低成本自动化系统的功能应该是：满足生产需要的、关键的、必要的和有效益的，要考虑需要性、可能性和先进性等各个方面。

在国际上，在激烈的市场竞争中取胜的关键是采用新技术，自动化系统也是这样，德国西门子公司、日本日立制作所都是标榜：“不断以新技术为社会服务”。调查研究表明，国外工业自动化的进展或从国外引进的先进自动化系统也不外是在过去的功能加上一些先进控制的功能。以钢铁工业的高炉自动化为例，不外是在常规系统加上人工智能预报、更多的数学模型以及一些专门显示。芬兰向我国出口多套这样的系统就已要价数百万美元。因此可以认为：

常规自动化系统+先进控制=国际先进水平

广义的先进控制包括智能控制、数学模型的应用、预测控制、H理论和现代控制理论等应用。此外，由于资金所限，往往认为只能作些简单的功能，其实，如果想办法，也完全有可能达到先进的水平。笔者从事某玻璃厂的大修自动化工程，其有限资金只能勉强作数据采集系统，我们在数据采集做好监控功能外，装进一个平板玻璃配料模型，且实行玻璃成份预报，此外还装设玻璃质量缺陷原因诊断专家系统，而使一个简单的数采系统变成一个具有先进水平的系统，而且很实用和解决问题。因为，配料对玻璃成份和质量有很大的影响，而人工计算原料成分的变化很费时，而计算机运算则可瞬间完成，它还可预测出平板玻璃的化学成份，使用神经网络，输入生产工艺参数后，

可预测玻璃的物理参数和机械性能，而常规生产则要等几个小时，直到玻璃生产出来并检测后才能知道，但已经是无法调整了，更无法调整生产参数以强化生产，这种用模型和人工智能的质量预测是近年来国外发展起来的新技术，已在各个工业部门应用，过去是用统计方法预测成品的物理参数，但对太多的工艺参数就很困难了，而神经网络则无问题。此外，玻璃质量缺陷种类很多，原因也很多，不易确定，而玻璃质量缺陷原因诊断专家系统则可使没有经验的操作员也可达到专家水平。又例如，在设计某给水站自动化系统时，传统的系统是监测、越限报警等功能，但为了保证最远点用户供水和水压，给水站出口水压和泵的使用台数还得根据用水情况、负荷情况、气候、白天或黑夜而不同，而需要人工经常调整，为此我们加上一个专家系统，把上述规律写成规则，由专家系统控制，这样一来，不仅大大提高了自动化系统的水平，而且可实现无人化，改善了控制质量，用户满意，节省电能，因而带来重大的经济效益，同时也为自动化系统带来更高的附加值。

表 1 构成可供初步投入现场使用的专家系统所需工时

序号	项目名称	主要功能	耗资时间
1	高炉 2500m ³ 高炉	炉况、炉热在线预报并给出指导	3.0人·年
2	三钢炼铁乳室流大电机	换向、绝缘、振动、温度等故障诊断并给出处理意见和操作指导	1.5人·年
3	中小高炉	炉况、炉热在线预报并给出操作指导	0.6人·年
4	电弧炉-精炼炉-连铸	按冶炼钢种实际质量与数据库标准对照进行诊断及按工艺和设备参数进行质量预报、给出操作指导	0.2人·年
5	浮法平板玻璃生产线	从原料-熔窑-漏窑-退火炉-磨切等全线质量缺陷(如大小气泡、玻璃夹杂物、红印、沾锡、刮伤等)原因诊断、给出操作指导	0.06人·年(1周)

备注：操作人员、设备使用不同的专家系统软件工具执行时

GONGKONG.COM

有人认为使用先进控制，例如使用专家系统很难，其实不然，根据作者的经验，只要长期不懈致力于专家系统的开发，方法正确，深入研究工艺知识（事实上许多工艺机组，如炉窑、轧机，其理论基础都相差无几，只是

与产品和工艺流程不同而有些差别) 和了解专家系统知识和善于使用开发工具, 积累资料, 开发一个专家系统是不大困难的, 表1示出了作者开发的几个专家系统所需的时间。

从表1可以看出, 构成专家系统并投入现场所需时间越来越短, 序号1是使用C语言编制专家系统骨架(知识库、推理机等), 不仅耗时间, 且增添、修改不方便, 可靠性也差, 以后使用专家系统开发工具, 就大大节省时间, 且增添、修改也容易, 可靠性也好, 序列号2就是一例, 规则千余条, 前后修改3、4次, 一次投运成功, 达到预定目标。以后由于对开发方法更为掌握, 工艺知识更了解, 接口、汉化等编程越来越熟悉, 使用更先进的专家系统开发工具, 采用面向用户无需编程的专家系统开发工具(附有标准原程序, 当自行设计专用界面时, 可用此剪贴), 故速度越来越快, 总之开发一个专家系统, 在掌握以后, 就不是难事了。

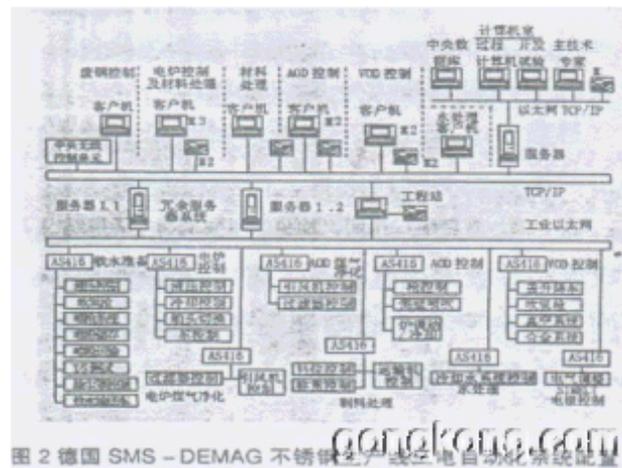
5.2 硬件的选择

(1) 基础自动化硬件的选择。传统的方法是使用PLC或DCS, 对于大规模的系统, 往往其电控部分采用PLC, 而回路控制即过程量控制采用DCS, 近年来由于PLC增强了回路控制的功能, 同样DCS也加强逻辑控制的功能, 而彼此能互相覆盖。为减少备件数量和便于连网, 采用IE(I-仪表、E-电力传动控制)设备一体化, 即采用全PLC或全DCS构成基础自动化, 一般认为回路控制占主要的机组应采用全DCS的解决方法, 因为DCS针对回路控制的模块多, 使用方便, 而逻辑控制占主要机组应采用全PLC的解决方法。根据笔者的经验, 特别对低成本自动化而言, 由于PLC比DCS要便宜(约低1/4以上), 而PLC用于回路控制的模块和软件虽然不及DCS完备, 但已足够使用, 因为工业控制主要是使用PID、加、减、乘、除、开方等, 笔者在设计上海梅山冶金公司的120立方米高炉自动化系统就是采用全PLC系统, 执行电控(DI, DO两千多点)和仪测仪控(AI, AO约700点, 控制回路约50)这样的大规模功能, 但价格比PLC+DCS方法低1/4以上。近年来, PLC生产商更设计适合于回路控制的但价格低的PLC, 如德国西门子公司的PCS-7可编程序控制器, 它采用价格较低的S7-300系列的I/O模块, 加强CPU的回路控制的功能。因此采用全PLC系统看来是低成本自动化的合适趋向, 当然, 最终还应从价格和其他因素综合考虑。

近来, 由于PC-based(以工控机为基础)的发展, 以工控机、I/O装置、监控器组成自动化系统, 对大规模系统更加上网络组成分布式系统, 多级计算机系统, 而且能够双机热备和冗余配置。此外, 还有许多公司(如美国的Entivity公司、Think & Do公司、Steeplechase公司等)从事支持软件的工作, 并已商品化, PC-based的基础自动化系统已在矿业、冶金、石油、机械、化工、水处理、医药、电子、食品、纺织、半导体等许多机组中应用。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PC-based工控机来组成控制系统, 并采用模糊控制算法而获得良好效果, 节约大量投资、方便维护和取得显著经济效益。

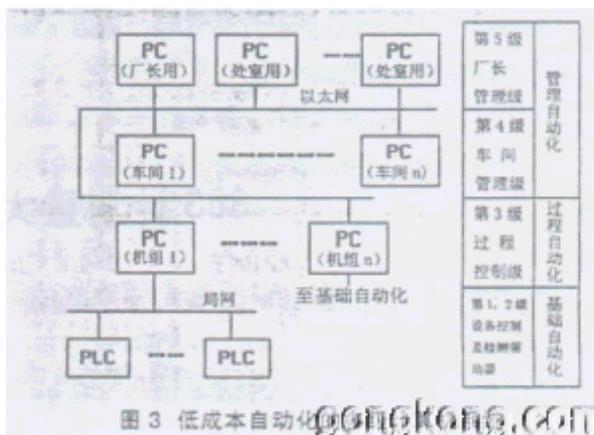
(2) 过程自动化级硬件的选择。传统的方法是使用美国DEC公司的VAX型过程计算机或Alpha系列的小型机或其他公司生产的类似计算机作为核心组成过程自动化级, 其硬件的价格, 还有其系统的价格均令人却步, 加以应用软件的编制也较为困难和价格高, 而使人们怀疑对设置过程自动化级是否值得和有效。其实工控机的发展, 其内存和硬盘的容量、主频即速度已足以满足过程自动化级的要求, 在欧洲电气公司设计的自动化系统, 其过程自动化级的硬件大多使用工控机, 其实20多年前, 即80年代世界上最著名的水泥设备的供应商和制造商之一的, 我国也早已引进多套(柳州水泥厂、珠江水泥厂等)的丹麦F. L. Smith公司的现代化的窑外分解式大型水泥厂的自动化系统已使用PC机来组成过程自动化级, 使用三台PC机, 分别执行过程监控、筒体(水泥窑)温度和配料数学模型运算与闭环控制。然而在大中型企业和机组, 特别是钢铁工业及大多数设计者、使用部分仍积习难改而采用VAX或Alpha系列的计算机作为过程自动化级硬件。笔者在许多年前, 在设计上海梅山冶金公司的1250立方米高炉自动化系统的过程自动化级的方案中, 就是采用两台工控机实现训炉过程自动化级的功能, 并已成功地运行多年。但不少人并不认同使用PC机作为过程计算机, 直到近几年国外广泛使用PC机作为过程计算机而大量降低价格, 才使这些人改变看法。

图2是德国SMS-DEMAG不锈钢生产线三电自动化系统同时也是为宝钢集团公司上海第一钢铁厂新建不锈钢生产线的推荐系统。它包括超高功率电弧炉、AOD炉和VOD炉各一座, 后配连铸机(不包括在本系统内), 其过程自动化级包括4台PC机(每台设奔腾处理器, 10GB硬盘, 256MB内存, CD-ROM驱动器, 内部键盘和鼠标, 系统总线接口板, 软件为Windows-NT), 分别作为中央数据库系统、EAF(电弧炉)/AOD炉/VOD炉的过程计算机、开发试验计算机和供主技术专家使用的计算机。其功能相当复杂, 包括电弧炉、AOD炉和VOD炉复杂数学模型及在线控制。系统的特点是无论操作员终端或过程计算机、OS服务器都全部使用PC机, 系统软件也是通用的, 因而造价低廉, 但功能强大。



似乎可以得出结论，即使用PC机来组成过程自动化级达到低成本自动化的目的。

(3) 管理自动化级硬件的选择。和过程自动化级同样，管理自动化级也可以使用PC机来组成，文献[1]提出的多级自动化系统就是一例（图3），它已在某钢铁厂实施了，但由于是近20年设计的，受当时PC机水平所限，还只是MIS系统（信息管理系统），今天PC机的进展，完全可以实现CAD、CAT、CAM而实现CIM功能。



5.3 系统软件的选择

应该选用通用和价格较低而具有良好性能的系统软件，如Windows-NT、Visial Basic 6.0等。对于监控软件，往往由使用部门指定，例如要In Touch等。各种监控软件（如研华、组太王、Onspec、Synall、Citect等等）的功能和使用方法都大同小异，有些功能可能强一些、齐全一些、也许界面好看一些，但价格可能差别很大，而较丰富的功能未必用得上，故应“综合考虑、满足要求即可、价格应优先”，事实上，一般数据采集和监控，用Visial Basic 6.0完全可编制，许多软件工作者都有这种积累，并没有多花太大的力量但可低成本。

5.4 关于网络

也有性能和价格问题，也会出现上述毛病，即往往使用部门指定，例要现场总线等，这种无法选择会导致不必要地使用了价格高昂的软件，因此最好听从专业人员的意见，因为各种总线和网络价格也很不同，现场总线无疑有很多优点，但不是任何场合都是最优的，例如有一个自动化系统，由于逻辑顺序控制点数很多，应该使用PLC来组成分布式系统，但使用部门较熟识西门子公司的PLC，为便于维护和减少备件，希望使用西门子公司的PLC，也想使用现场总线，但比较价格与性能，西门子公司的Profibus的价格比之SINEC-H高得多，CPU也得专门的型号，但系统结构并无太大区别，现场总线能节约配线，在PLC使用远程I/O后，能达到同样效果。因此网络选择也应“综合考虑、满足要求即可、价格应优先”。

综上所述，低成本自动化要考虑的问题很多，要认真和综合考虑以及多方面配合才能达到。

6 低成本自动化的实践

表1列出了几个低成本自动化的例子。其功能都是常规自动化+先进控制而达到本但获得很高水平，甚至和国际先进水平大致相同。

参考文献：略

表1 低成本自动化系统应用举例

序号	工程名称	基础自动化设备	过程自动化设备	主要功能
1	大中型加热炉	工控机+I/O	工控机	常规自动化+监控、模糊控制与数学模型
2	小高炉	全 PLC	工控机	常规自动化+监控、炉况预报专家系统与数学模型
3	1250m ³ 高炉	全 PLC	工控机	常规自动化+监控、技术计算与预留数学模型
4	30t 转炉	全 PLC	工控机	常规自动化+监控、神经网络预报温度和成分与数模
5	给水厂	全 PLC	工控机	常规自动化+监控、模糊控制与专家系统设定
6	浮法玻璃生产线	工控机+原设备	工控机	常规自动化+监控、缺陷诊断专家系统与数模预报质量
7	生产信息管理系统	-	-	用多台工控机实现

