

DCS 控制系统应用概况

集散控制系统 (Total Distributed Control System, DSC) 是 20 世纪 70 年代中期发展起来的以微处理器为基础的分散型计算机控制系统。它是控制技术 (Control)、计算机技术 (Computer)、通信技术 (Communication)、阴极射线管 (CRT) 图形显示技术和网络技术相结合的产物。该装置时利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种全新的分布式计算机控制系统。

DCS 自 20 世纪 70 年代问世以来, 发展异常迅速。目前, 它作为新一代工业自动化过程控制设备, 在世界范围内被广泛应用于石油、化工、冶金、纺织、电力、食品等工业, 我国在石油、冶金、化工与电力等行业也已普遍推广应用。随着现代化工业的飞跃发展、生产装置的规模不断扩大、生产技术及工艺工程愈趋复杂, 常规模拟仪表存在难以克服的弊病: 首先是控制功能过于单一, 难以实现某些复杂控制功能; 其次是难于集中操作和监视, 长达几十米的高密集排列仪表屏, 操作和调整都十分困难。20 世纪 50 年代末期人们开始将电子计算机用于过程控制, 试图利用计算机能执行复杂运算、处理速度快和管理监视集中等特点来弥补常规仪表过于分散和控制能力单一的不足, 为工业过程控制开辟一条新的途径。经过多年的摸索和实践, 虽然取得了一定的成果, 但也暴露了它本身存在的严重弱点: 首先是危险高度集中, 在一个大型工厂中, 一台计算机要控制几十个, 甚至几百个回路, 当计算机的公共部分发生故障时, 轻则造成装置或整个工厂停车, 重则导致设备的损坏甚至发生火灾、爆炸等恶性事故; 其次是成本高, 为了提高计算机的可靠性, 一般都采用双机、双工运行或常规仪表备用, 这样不仅维修工作量大, 而且成本将成倍增加, 如果工厂的生产规模不大, 则经济性更差。

为继承常规模拟仪表及集中控制计算机系统的优点, 并摒弃其不足, 人们开始了新的探索。20 世纪 70 年代初随着微处理机技术的高速发展, 过去有一台大型计算机完成的功能, 可以由几十甚至几百台微处理机来完成, 各微处理机之间又可以用计算机网络连接起来, 构成一个完整的系统, 正是在这一基础上出现了集散控制系统。人们按控制功能或按区域将微处理机进行分散配置, 每个微处理机只需控制少数几个回路, 使危险性大大分散。该系统又使用若干个彩色图形显示器进行监视和操作, 并运用通讯手段, 将各微机连接起来, 它比常规模拟仪表有更强的通信、显示、控制功能, 又比集中过程控制计算机安全可靠。这是一种分散型多微处理机综合过程控制系统, 又称分散型综合控制系统, 俗称集散控制系统, 简称 DCS。

最早提出这种设计思想的是美国霍尼威尔 (Honeywell) 公司, 并在 1975 年 12 月正式向市场推出了世界上第一集散控制系统——TDC2000 系统。

从 1975 年第一套 DCS 诞生到现在, DCS 经历了三个大的发展阶段, 或者说经历了三代产品。从总的趋势看, DCS 的发展体现在以下几方面:

- (1) 系统的功能从底层 (现场控制层) 逐步向高层 (监督控制、生产调度管理) 扩展;
- (2) 系统的控制功能由单一的回路控制逐步发展到综合了逻辑控制、顺序控制、程序控制、批量控制及配方控制等混合控制功能;
- (3) 构成系统的各个部分由 DCS 厂家专有的产品逐步改变为开放的市场采购产品;
- (4) 开放的趋势促使 DCS 厂家越来越重视采用公开标准, 使得第三方产品更加容易集成到系统中来;
- (5) 开放性带来的系统趋同化普遍是 DCS 厂家向高层的、与生产工艺结合紧密的高级控制功能发展, 以求得与其它同类厂家的差异化;
- (6) 数字化的发展越来越向现场延伸, 这使得现场控制和系统体系结构发生了重大变化, 将发展成为更加智能化、更加分散化的新一代控制系统。

第一代 DCS (初创期) 是指从其诞生的 1975~1980 年间所出现的第一批系统, 以 Honeywell 的 TDC-2000 为代表, 还有 Yokogawa (即横河) 公司的 Yawpark 系统、Foxboro 公司的 Spectrum 系统、Bailey 公司 Netwoc 90 系统等。第一代 DCS 是由过程控制单元、数据采集单元、CRT 操作站、上位管理计算机及连接各个单元和计算机的高速数据通道等五个部分组成, 奠定了 DCS 的基础体系结构。这个时期的系统的特点是: 比

较注重控制功能的实现，系统的设计重点是现场控制站；系统的人机界面功能则相对较弱，在实际中只用 CRT 操作站进行现场工况的监视，使得提供的信息也有一定的局限；在功能上更接近仪表控制系统；各个厂家的系统均由专有产品构成，包括高速数据通道、现场控制站、人机界面工作站及各类功能性的工作站等，不仅系统的购买价格高，系统的维护运行成本也高。可以说，DCS 的这个时期是超利润时期，其应用范围也受到一定的限制。

第二代 DCS(成熟期) 是在 1980~1985 年推出的各种系统，其中包括 Honeywell 公司的 TDGC-3000、Fisher 公司的 PROVOX、Taylor 公司的 MOD300 及 Westinghouse 公司的 WDPF 等。第二代 DCS 的最大特点是引入了局域网 (LAN) 作为系统骨干，按照网络节点的概念组织过程控制站、中央操作站、系统管理站及网关，使得系统的规模、容量进一步增加，系统的扩充有更大的余地，也更加方便。在功能上，这个时期的 DCS 逐步走向完善，除回路控制外，还增加了顺序控制、逻辑控制等功能，加强了系统管理站的功能，可实现一些优化控制和生产管理功能。

第三代 DCS (扩展期) 以 1987 年 Foxboro 公司推出的 I/A Series 为代表，该系统采用了 ISO 标准 MAP (制造自动化规约) 网络。这一时期代表产品还有 Honeywell 公司的 TDC-3000/UCN、Yokogawa 公司的 Centum-XL/ μ XL、Bailey 公司的 INFI-90、Westinghouse 公司的 WDPF II 等。这个时期的 DCS 在功能上实现了进一步的扩展，增加了上层网络，将生产的管理功能纳入到系统中，形成了直接控制、监督控制和协调优化、上层管理三层功能结构；在网络方面，各个厂家已普遍采用了标准的网络产品；由 IEC61131-3 所定义的五种组态语言为大多数 DCS 厂家所采纳；在构成系统的产品方面，除现场控制站基本上还是各个 DCS 厂家的专有产品外，人机界面工作站、服务器和各种功能站的硬件和基础软件，如操作系统等，已全部采用了市场采购的商品，使系统的成本大大降低，DCS 已逐步成为一种大众产品，在越来越多的应用中取代了仪表控制系统而成为控制系统的主流。

新一代 DCS 其技术特点包括全数字化、信息化和集成化。DCS 发展到第三代，尽管采用了一系列新技术，但是生产现场层仍然没有摆脱沿用了几十年的常规模拟仪表。生产现场层的模拟仪表与 DCS 各层形成极大的反差和不协调，并制约了 DCS 的发展。因此，将现场模拟仪表改为现场数字仪表，并用现场总线 (field bus) 互联。由此带来的 DCS 控制站的变革，即将控制站内的软件功能模块分散的分布在各台现场数字仪表中，并可统一组态构成控制回路，实现彻底的分散控制。

集散控制系统的组成

一个基本的 DCS 应包括至少一台现场控制站、一台操作员站、一台工程师站 (也可利用一台操作员站兼做工程师站)、一条系统网络四大组成部分：

1、现场控制站

现场控制站是 DCS 的核心，系统主要的控制功能由它来完成。系统的性能、可靠性等重要指标也都要依靠现场控制站保证，因此对它的设计、生产及安装都有很高的要求。现场控制站的硬件一般都采用专门的工业级计算机系统，其中除了计算机系统所必需的运算器 (即主 CPU)、存储器外，还包括了现场测量单元、执行单元的输入/输出设备，即过程量 I/O 或现场 I/O。在现场控制站内部，主 CPU 和内存等用于数据的处理、计算和存储的部分被称为逻辑部分，而现场 I/O 则被称为现场部分。

2、操作员站

操作员站主要完成人机界面的功能，一般采用桌面型通用计算机系统，如图像工作站或个人计算机等。其配置与常规的桌面系统相同，但要求有大尺寸的显示器 (CRT 或液晶屏) 和性能好的图形处理器，有些系统还要求每台操作员站使用多屏幕，以拓宽操作员的观察范围。为了提高画面的显示速度，一般都在操作员站上配置较大的内存。

3、工程师站

工程师站是 DCS 中的一个特殊功能站，其主要作用是对 DCS 进行应用组态。应用组态是 DCS 应用过程当中必不可少的一个环节，应为 DCS 是一个通用的控制系统，在其上可实现各种各样的应用，关键是如何定义一个具体的系统完成什么样的控制，控制的输入/输出量是什么控制回路的算法如何，在控制计算中选取什么样的参数，在系统中设置哪些人机界面来实现人对系统的管理与监控，还有诸如报警、报表及历史数据记录等各个方面功能的定义，所有这些组态所要完成的工作，只有完成了正确的组态，一个

通用的 DCS 才能够成为一个针对具体控制应用的可运行系统。

特殊功能站是执行特定功能的计算机，如专门记录历史数据的历史站；进行高级控制运算功能的高级计算站；进行生产管理的管理站等。服务器的主要功能是完成监督控制层的工作，如整个生产装置乃至全厂的运行状态监视、对生产过程各个部分出现的异常情况的及时发现并及时处置、向更高层的生产调度和生产管理，直至企业经营等管理系统提供实时数据和执行调节控制操作等。或者简单讲，服务器就是完成监督控制，或称 SCADA 功能的主节点。

4、DCS 网络

DCS 网络包括系统网络、现场总线网络和高层管理网络。

系统网络是连接 DCS 系统各个站的桥梁。由于 DCS 是由各种不同功能的站组成的，这些站之间必须实现有效的数据传输，以实现系统总体的功能，因此系统网络的实时性、可靠性和数据通信能力关系到整个系统的性能。

现场总线将现场检测变送单元和控制执行单元被数字化，因此 DCS 将成为一种全数字化的系统。在以往采用模拟式变送单元和执行单元时，系统与现场之间是通过模拟信号线连接的，而在实现全数字化后，系统与现场之间的连接也将通过计算机数字通信网络，即通过现场总线实现连接，这将彻底改变整个控制系统的面貌。

高层管理网络将 DCS 从单纯的低层控制功能发展到了更高层次的数据采集、监督控制、生产管理等全厂范围的控制、管理系统，使 DCS 成为一个计算机管理控制系统，包含了全厂自动化的丰富内涵。

5、DCS 软件

DCS 软件包括现场控制站软件、操作员站软件和工程师站软件。

现场控制站软件的主要功能是完成对现场的直接控制，包括回路控制、逻辑控制、顺序控制和混合控制等多种类型的控制：现场 I/O 驱动，完成过程量的输入/输出；对输入的过程量进行预处理，如工程量的转换、统一计量单位、剔除各种因现场设备和过程 I/O 设备引起的干扰和不良数据、对输入数据进行线性化补偿及规范化处理等；实时采集现场数据并存储在现场控制站内的本地数据库中，这些数据可作为原始数据参与控制计算，也可通过计算或处理成为中间变量，并在以后参与控制计算，所有本地数据库的数据（包括原始数据和中间变量）均可成为人机界面、报警、报表、历史、趋势及综合分析等监控功能的输入数据；控制计算，根据控制算法和检测数据、相关参数进行计算，得到实施控制的量；通过现场 I/O 驱动，将控制量输出到现场。

为了实现现场控制站的功能，在现场控制站中建立于本站的物理 I/O 和控制相关的本地数据库，这个数据库中直保存与本站相关的物理 I/O 点及与这些物理 I/O 点相关的，经过计算得到的中间变量。本地数据库可以满足本现场控制站的控制计算的物理 I/O 对数据的需求，有时也可从网络上将其他节点的数据传过来，这种操作被称为数据的引用。

操作员站软件的主要功能是人机界面，及 HMI 的处理，其中包括图形画面的显示、对操作员操作命令的解释与执行、对现场数据和状态的监视及异常报警、历史数据的存档和报表处理等。为了上述功能的实现，操作员站软件主要由以下几个部分组成：图形处理，根据由组态软件生成的图形文件进行静态画面（又称为背景画面）的显示和动态数据的显示及按周期进行数据更新；操作命令处理，包括对键盘操作、鼠标操作、画面热点操作的各种命令方式的解释与处理；历史数据和实时数据的趋势曲线显示；报警信息的显示、事件信息的显示、记录与处理；历史数据的记录与存储、转储及存档软件；报表记录和打印；系统运行日志的形成、显示、打印和存储记录。

工程师站软件可分为两个大部分，其中一个部分是在线运行的，主要完成对 DCS 系统本身运行状态的诊断和监视，发现异常时进行报警，同时通过工程师站上的 CRT 屏幕给出详细的异常信息，如出现异常的位置、事件、性质等。

工程师站软件的最主要部分是离线态的组态软件，这是一组软件工具，是为了将一个通用的、对多个应用控制工程有普遍适应能力的系统，变成一个针对某个具体应用控制工程的专门系统。为此，系统要针对这个具体应用进行一系列定义，如系统要进行什么样的控制；系统要处理哪些现场量，这些现场量要进行哪些显示、报表及历史数据存储等功能操作；系统的操作员要进行哪些控制操作，这些控制操作具体是如何实现的，等等。

在工程师站上，要做的组态定义主要包括以下方面：系统硬件配置定义，包括系统中各类站的数量、每个站的网络参数、各个现场 I/O 站的 I/O 量配置（如各种 I/O 模块的数量、是否冗余、与主控单元的连接方式等）及各个站的功能定义等；实时数据库的定义，包括现场物理 I/O 点的定义（改点对应的物理 I/O 位置、工程量转换的参数、对该点所进行的数字滤波、不良的剔除及死区等处理）以及中间变量点的定义；历史数据库的定义，包括要进入历史数据库的实时数据、历史数据存储的周期、各个数据在历史数据库中保存的时间及对历史库进行转储（即将数据库转存到磁带、光盘等可以动介质上）的周期等；历史数据和实时数据的趋势显示、列表及打印输出等定义；控制算法的定义，包括确定控制目标、控制方法、控制周期及定义与控制相关的控制变量、控制参数等；人机界面的定义，包括操作功能定义（操作员可以进行哪些操作、如何进行操作等）、现场模拟图的显示定义（包括背景画面和实时刷新的动态数据）及各类运行数据的显示定义等；报警定义，包括报警产生的条件定义、报警方式的定义、报警处理的定义（如对报警信息的保存、报警的确认、报警的清除等操作）及报警列表的种类与尺寸定义等；系统运行日志的定义，包括各种现场事件的认定、记录方式及各种操作的记录等；报表定义，包括报表的种类、数量、报表的格式、报表的数据来源及在报表中各个数据项的运算处理等；事件顺序记录和事故追忆等特殊报告的定义。

集散控制系统的特点

从仪表控制系统的角度看，DCS 的最大特点在于其具有传统模拟仪表所没有的通信功能。从计算机控制系统的角度看，DCS 的最大特点则在于它将整个系统的功能分成若干台不同的计算机去完成，各个计算机之间通过网络实现互相之间的协调和系统的集成。在 DCS 中，检测、计算和控制着三项功能由称为现场控制站的计算机完成，而人机界面则由称为操作员站的计算机完成。而在一个系统中，往往有多台现场控制站和多台操作员站，每台现场控制站或操作员站对部分被控对象实施控制或监视，这种划分是功能相同而范围不同的计算机。因此，DCS 中多台计算机的划分有功能上的，也有控制、监视范围上的。这两种划分形成了 DCS 的“分布”一次的含义。

DCS 有一系列特点和优点，主要表现在以下六个方面：分散性和集中性、自治性和协调性、灵活性和扩展性、先进性和继承性、可靠性和适应性、友好性和新颖性。

DCS 分散性的含义是广义的，不但是分散控制，还有地域分散、设备分散、功能分散和危险分散的含义。分散的目的是为了使危险分散，进而提高系统的可靠性和安全性。

DCS 的集中性是指集中监视、集中操作和集中管理。DCS 通信网络和分布式数据库是集中性的具体体现，用通信网络把屋里分散的设备构成统一的整体，用分布式数据库实现全系统的信息集成，进而达到信息共享。因此，可以同时在线多台操作员站上实现集中监视、集中操作和集中管理。

DCS 的自治性是指系统中的各台计算机均可独立的工作，例如，过程控制站能自主的进行信号输入、运算、控制和输出；操作员站能自主的实现监视、操作和管理；工程师站的组态功能更为独立，既可在线组态，也可离线组态。

DCS 的协调性是指系统中的各台计算机用通信网络互联在一起，相互传送信息，相互协调工作，以实现系统的总体功能。

DCS 的灵活性和扩展性表现在 DCS 采用模块式结构，提供各类功能模块，可灵活的组态构成简单、复杂各类控制系统。另外，还可根据生产工艺和流程的改变，随时修改控制方案，在系统容量允许范围内，只需通过组态就可以构成新的控制方案。

DCS 采用了一系列冗余技术，如控制站主机、IO 板、通信网络和电源等均可双重化，而且采用热备份工作方式，自动检查故障，一旦出现故障立即自动切换。同时，通过故障诊断与维护软件，实施检查系统的硬件和软件故障，并采用故障屏蔽技术，使故障影响尽可能地小。

DCS 采用高性能的电子元器件、先进的生产工艺和各项抗干扰技术，可使 DCS 能够适应恶劣的工作环境。

DCS 为操作人员提供了友好的人机界面（MMI）。操作员站采用彩色 CRT 和交互式图形画面，常用的画面有总貌、组、点、趋势、报警、操作指导的流程图画面等。由于采用图形窗口、专用键盘、鼠标或球标器等，甚至采用动态画面、工业电视、合成语音等多媒体技术，图文并茂，形象直观，使得操作简单。

集散型控制系统的体系机构

中央计算机中控制系统的形成

在 20 世纪 60 年代前期,大量的工业控制计算机用来解决一些特定而明确的工业控制问题(如进行数据采集、数据处理、过程监视等),这类计算机通常称为专用机。由于专用机只用来处理一个特定的事情,因此,工厂中就必然需要一系列的这类计算机来解决各种各样的问题,而且各种专用机之间也不能直接发生联系。若需要相互之间的联系的话,也只有依靠数据传输介质(磁带、纸带、卡片)来传输,这样来传送它们之间的联系信息实在是太麻烦和费时。后来,由于中央计算机的引入,各计算机都可以连接到中央计算机上,因此各专用机之间的联系就可以通过中央计算机转换而实现,这样无疑给系统的集成带来了方便。由于专用机之间可以不用人工干预就可以达到相互联系的目的,进而整个系统就可以协调一致的运转,从而奠定了集中控制模式的基础。

到了 20 世纪 60 年代中期,由于出现了大型而高速的过程控制计算机,就使得采用单独的一台大型控制计算机来代替先前的众多专用小型机,以监视和控制多个装置成为可能,这样的系统就形成了中央集中式的计算机控制系统。在当时,由于很多工厂企业都有中央控制室,因而分布在各车间的变送器,执行器以及其他的各种仪器仪表都直接连接到控制室。

DCS 体系结构的形成

对于集中式计算机控制系统,其两大应用指标就是中央计算机的处理速度和计算机自身的可靠性。计算机的处理速度越快,它在一定时间范围内就可以管理更多的被控设备。可它的处理速度是受到当时技术条件的限制,此外有一点就是与以往一样,工厂中已有的仪器仪表装置(如所有的变送器、执行器等)都不得不连接到计算机上,这样在计算机和仪器仪表间就存在着成百上千的连接装置。若是利用中央计算机来进行技术改造,利用现存连接装置,整个控制系统的完成就比较省劲。若是要重建工厂就不太容易了,因为计算机变得越来越便宜,而连接装置的造价则相对变化不大,这就会使得连接装置比计算机的花费还要大。另外,所有的控制功能都集中到单台计算机上来完成,而一旦计算机出了问题,就意味着所有功能都将失效,这是设计师和工程师们很头痛的事情。对于这种状况,必须寻求一种更加可靠的计算机自动化控制系统,其方案有以下两种:

- (1) 使计算机本身更加可靠。
- (2) 引入功能上可代替的集散型控制技术,以改善系统的可靠性。

对于第一种方案,就意味着要中央计算机更加可靠,其实施的方法可以采用大规模集成电路过程控制计算机或是采用多计算机(多 CPU)结构。大家都知道,后来是朝着集散型控制技术方向去发展的。其原因可以归纳如下:

20 世纪 60 年代末到 70 年代初,由于低成本的集成电路技术的发展,出现了小型、微型计算机,使得小型、微型计算机的功能更加完善,而且价格便宜,因而可以用小型计算机代替中央计算机的局部工作,以对其周围的装置进行过程监听和控制,有人将这些小型机叫做第一级计算机。而中央计算机只处理中心自动化问题和管理方面的问题,从而产生了两极自动化控制系统的结构,也有人把这种结构叫做分散式计算机系统,这种结构在 20 世纪 70 年代得到了很广泛的应用,在 20 世纪 70 年代末,一开始是当多计算机自动化系统由制造商们推出,而一旦用户采用了分散式计算机控制系统,就必然会在满足自己应用的前提下,选择价格更加合理不同厂家的计算机产品,而且当分散式控制系统逐渐建成后,就会与现存的过程控制计算机集成起来,一起完成它们的主要功能,这些小型计算机主要是完成实时处理、前端处理功能,而中央计算机只充当后继处理设备。这样,中央计算机不能直接跟现场设备打交道,从而把部分控制功能和危险都分散到前端计算机上,如果中央计算机一旦失效,设备的控制功能依旧能得到保证。图 1 中所示的多计算机结构比较适合于小型工业自动化过程,在这些系统中存在的前端计算机较少,然而当控制规模增大后(例如一座钢铁厂的自动化控制系统),就得有很多台前端计算机才能满足应用要求,从而使中央计算机的负载增大,难以在单台中央计算机的条件下及时的完成诸如模块上优化、系统管理等方面的工作,在这种应用的条件下,就出现了具有中间层次计算机的控制系统,在整个控制系统中,中间计算机分布在各

个车间和工段上，处于前端机和中央计算机之间并担当起一些以往要求中央计算机来处理的职能，到此，系统结构就形成了三级计算机控制模式，这样的结构模式在工厂自动化方面得到了广泛的运用，至今仍常见到。举例来说，对于一座炼油厂，一定存在不同的车间，各车间中都有相应的各种被控装置，只要在各车间安装一台中间级控制计算机，它直接向下与前端计算机相连，向上与中央计算机相连，前端计算机就直接控制诸如温度、压力、流量等。把中央计算机与工厂办公自动化系统连接起来，工厂自动化控制系统就集成到信息处理系统中，是工厂制造与办公室、实验室、仓库等商业和事务管理等系统构成了一体化，这也是现代化工厂的机构模式。

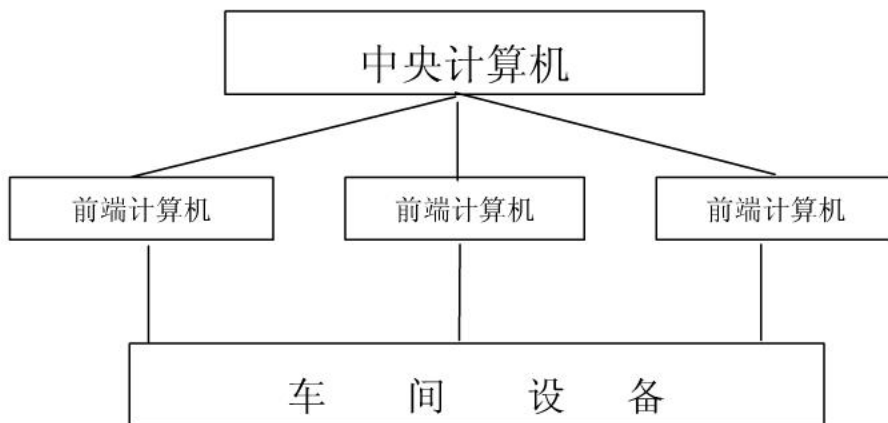


图 1

DCS 的功能分层体系

目前，层次化已经成为 DCS 的体系特点，使其体现集中操作管理、分散控制的思想。可以将 DCS 的层次分为以下四级

- (1) 现场装置管理层次是直接控制级（过程控制级）在这一级上，过程控制计算机直接与现场各类装置（如变送器、执行器、记录仪等）相连，接受上层的控制信息，并向上传递装置的特性数据和采集到的实时数据。
- (2) 过程管理级 在这一级上的过程管理计算机主要有监控计算机、操作站、工程师站。它综合监视过程各站的所有信息，集中显示操作，控制回路组态和参数修改，优化过程处理等。
- (3) 生产管理级（产品管理级） 在这一级上的管理计算机根据产品各部分的特点，协调各单元级的参数设定，是产品的总体协调员和控制器。
- (4) 工厂总体管理级（经营管理级） 这一级居中中央计算机上，并与办公自动化连接起来，担负起全厂总体协调管理，包括各类经营活动、人事管理等。

DCS 各层次的功能

新型的 DCS 是开放性的体系结构，可方便的与生产管理的上位计算机相互交换信息，形成计算机一体化生产系统，实现工厂的信息管理一体化。

1. 直接控制级

直接控制级是 DCS 的基础，其主要任务有：

- (1) 进行过程数据采集 即对被控设备中的每个过程量和状态信息进行快速采集，使进行数字控制、开环控制、设备监测、状态报告的过程等获得所需要的输入的信息。
- (2) 进行直接数字的过程控制 根据控制组态数据库、控制算法模块来实施实时的过程量（如开关量、模拟量等）的控制。
- (3) 进行设备监测和系统的测试和诊断 把过程变量和状态信息取出后，分析是否可以接受以及是否可以允许向高层传输。进一步确定是否对被控装置实施调节，并根据状态信息判断计算机系

统硬件和控制板的性能（功能），在必要时实施报警、错误或诊断报告等措施。

- (4) 实施安全性、冗余化方面的措施 一旦发现计算机系统硬件或控制板有故障，就立即实施备用件的切换，保证整个系统安全运行。

例如，由中国石化总公司和原航空航天部联合研制的友力-2000 系统的过程控制级就是由监测站或（和）控制站组成，可以完成 A/D、D/A 转换，信号调理，开关量的输入/输出，并把采集到的现场数据由 A/D 转换、信号调理和某些信号的直接输入，经过整理、分析，实时的通过高速数据公路传递到上一层计算机中，对于要求控制的量实施实时的调节控制，当发现某一 CPU 板后数据采集板或信号输出板等出现故障就立即向上报告。并根据条件实施切换，以确保系统的正常工作。

2. 过程管理级

过程管理级主要是应付单元内的整体优化，并对其下层产生确切的命令，在这一层可完成的功能有：

- (1) 优化过程控制 者可以更具过程的数学模型以及所给定的控制对象来进行，优化控制只有在优化执行条件确保的条件下方能达到，但即使在不同策略条件下仍能完成对控制过程的优化。
- (2) 自适应回路控制 在过程参数希望值的基础上，通过数字控制的优化策略，当现场条件发生改变时，经过过程管理级计算机的运算处理就得到新的设定值和调节值，并把调节值传送到直接过程控制层。
- (3) 优化单元内各装置，使它们密切配合 这主要是根据单元内的产品、原材料、库存以及能源的使用情况，以优化准则来协调相互之间的关系。
- (4) 通过获取直接控制层的实时数据以进行单元内的活动监视、故障检测存档、历史数据的存档、状态报告和备用。

例如，友力-2000DCS 的过程管理级是由多个操作站和工程师站组成的。操作站相互备份，完成数据、图形、状态的显示；历史数据库的存档，故障声响报警，故障记录打印，故障状态显示，定时报表打印；实时动态调整回路参数，优化控制参数等过程控制功能，在工程师站上可进行控制优化，通过重新对控制回路的组态，有高速数据公路下载到直接过程控制级，以改变回路的控制算法，实施优化策略。

3. 生产管理级

产品规划和控制级完成一系列的功能，要求有比系统和控制工程更宽的操作和逻辑分析功能，根据用户的订货情况、库存情况、能源情况来规划各单元中的产品结构和规模，并且可使产品重新计划，随时更改产品机构，这一点是工厂自动化系统高层所需要的，有了产品重新组织和柔性制造的功能，就可以应付由于用户订货变化所造成的不可预测的事件。由此，一些较复杂的工厂在这一控制层就实施了协调策略。此外，对于纵观全场生产和产品监视，以及产品报告也都是在这一层来实现的，并与上层交互传递数据。在中小企业的自动化系统中，这一层可能就充当最高一级管理员。

4. 工厂经营管理级

经营管理级居于工厂自动化系统的最高一层，它的管理范围很广，包括工程技术方面、经济方面、商业事务方面、人事活动方面以及其它方面的功能。把这些功能都集成到软件系统中，通过综合的产品计划，在各种变化条件下，结合多种多样的材料和能量调配，以达到最优化的解决这些问题。在这一层中，通过与公司的经理部、市场部、计划部以及人事部等办公自动化相连接，来实现整个制造系统的最优化。

在经营管理这一层，其典型的功能有：市场分析，用户信息的收集，订货统计分析，销售与产品计划，合同事宜，接收订货与期限监测，产品制造协调，价格计算，生产能力与订货的平衡，订货的分发，生产与交货期限的监视，生产、订货和合同的报告，财务方面的报告等。

集散控制系统的调试、安装与验收

集散控制系统的调试

为确保集散系统正常运行，必须认真细致地进行调试工作，DCS 的调试分三个部分，工厂调试，用户现场调试和在线调试。

一、工厂调试

工厂调试是集散系统调试的基础，它是在生产厂专业人员的指导下，用户对硬件、系统软件和应用软件（向厂方购买的应用软件包）进行应用性调试。目的是在专家指导下学会软件包的使用方法，了解软件包结合用户的工艺过程能实现何种功能。另外，在制造厂应完成复杂回路(如前馈等)和特殊设备（如智能变送器）的调试。在局部调试完成后，还需进行全方位的调试，包括每一个 I/O 点及其相应回路的调试，同时要观察相关的标准画面。

1.硬件调试

TDC-3000 系统对系统硬件提供了一套测试软件，通过测试软件的运行就可完成系统硬件的测试。另外通过系统菜单（system menu）可查看网络级的状态信息，包括网络组态文件和 LCN 状态显示，重要的画面有 NCF 状态显示、LCN 全貌显示、操作台、接口和节点的状态显示。

2.用户应用软件的调试

用户应用软件调试包括网络组态文件、区域数据库、用户数据点、用户流程画面、CL/PM 和 CL/AM 程序、LM 阶梯图、BUTTON 键的调试以及控制回路的测试。

- (1) 网络组态文件的调试 应用软件调试首先应检查用户的网络组态文件，因为它规定了单元的名称、操作站名称和区域的名称，同时还规定了系统中许多属性，确定了 LCN 网络上节点的组态、历史模块 HM 的分卷组态。如果检查中发现上述各项内容有不合适的地方，则应及时进行修改并重新对 HM 进行分卷。
- (2) 区域数据库的检查 区域数据库是系统数据和操作的格式定义，因此在用户数据点调试之前，必须先检查它的属性内容是否正确。检查内容主要包括：单元分配、路径目录、总貌、操作编组、过程模件编组、区域趋势、单元趋势、单元摘要、批量摘要、系统状态、报警画面、标准报表、过程日记、系统日记、实时日记、报表、打印趋势和 LCN 报警等。具体方法是在工程师菜单下选择 AREA DATA BASE 项，进入 AREA CONDIFURATION 子菜单，再按工程师键盘上的 COMMAND 键，即出现选择区域数据库画面，由此调节出所需查看个性的区域。
- (3) 用户数据点的调试 用户数据点是集散控制系统工作的基础。它的编制直接关系到 DCS 系统是否能长期、稳定地运行，所以对用户数据点必须仔细地调节测试，以确保正确无误。

用户数据点包括 PM 的调节 PV 点、调节回路、数字复合点、逻辑点、模入/模出点、数字输入/输出点、脉冲输入点、时间点、数值点和标志点；AM 的调节 PV 点、时间点、数值点、用户数值点和标志点等。在检查中必须注意各个参数之间的匹配，任何不适当的选择应在调试中逐点予以修正。

除了对数据点进行单点调试外，还须对数据点按回路进行联调。一般来讲，在用户数据点调试阶段，可结合工艺过程，构成一检测控制回路图，再按信号流程逐点调出相应数据点进行回路的调试，以确保控制作用正常，切换无扰动。

- (4) 用户流程图画面的调试 用户流程图画面的编制同数据点的建立一样，工作量占用户应用软件编制工作量的 1/3 以上，因此流程图画面的调试也是应用软件调试工作的重要部分。这部分的工厂调试主要检验触摸目标（target）、条件（condition）和变体（variant）等设置是否达到了设计时的预想目标，是否能响应用户数据点库的内容，画面上数据是否能真实反映实时数据，棒图是否能随着数据点库的变化而相应的变化，流程图画面是否超出了编译区域等方面。除了验证以上这些内容外，还要对流程图画面的布局、管线、设备、数值、文本及背景颜色的协调进行调整，使整幅画面文字、图形、色彩都十分和谐。
- (5) 用户程序的调试 用户程序的调试包括 CL/PM 和 CL/AM 的调试。CL/AM 的程序调试主要结合用户的应用数据库进行编译调试，调试过程中编译器将自动给出有关出错信息，据此用户可及时进行修改。编译调试完成后，还可以通过 PROCESSMODULE 的详细画面，按多执行 CL/PM 程序，以检验程序的读写功能是否正确无误。

CL/AM 的调试与 CL/PM 类同，只要注意与 CL/AM 程序相关的设备和 PM，LM 等是否处于正常工作状态。

- (6) LM 阶梯图程序（LANDDER LOGIC）的调试 在工厂调试阶段，对阶梯图的调试一般有以下两种方式：纯模拟方式和半模拟方式。

《》 纯模拟方式的调试

通过编程器或 PC 完成梯形图程序的编制后,使用 LM 的强制(force)功能,即以软件手段强制改变输入数据点的状态,从而观察输出线圈的变化,以检查逻辑关系的正确与否。这种调试不涉及 I/O 卡,故称为纯模拟方式调试,纯模拟方式调试过程中输入,输出状态的变化,可在编程器或 PC 机的 CRT 上观察,也可直接输入,输出卡上的状态指示灯。

纯模拟方式调试过程中,对某些影响整个系统的信号,如紧急连锁系统中的全线停车信号,调试时应先分步进行,然后进行系统联调。另外,对于比较重要的连锁信号,调试时除应注意输出线圈的状态外,还应该特别注意不同组合的输入变化对输出的影响。

《》 半模拟方式的调试

通过输入卡上接线直接改变输入状态而进行的调试成为半模拟方式的调试。这种方式在检查梯形图逻辑合理性的同时,也检查了输出卡的硬件质量。模拟输入信号由信号发生器供给,数字输入信号通过接点的短接与否实现“开”,“闭”状态输入。

- (7) **BUTTON 键的调试** 该项调试就是试一试 BUTTON 键是否按组态的功能进行操作。

如果没有达到预期的目的,就个性组态,直到满意为止。

在 LM 中强制功能是调试过程中必不可少的,它对信号的控制能力具有高级别,即使试车阶段仍然会经常用到它。因为没有强制功能,将使调试过程变得相当繁琐,且容易出错。

- (8) **回路的测试** 这项测试是 DCS 用户软件工厂调试阶段中至关重要的部分。它需要制造厂提供有关的测试工具,如电流变,万能表,信号发生器,电线和专用接线工具等。回路测试包括对用户编制的应用软件的测试和 I/O 通道的测试。如果有智能变送器,安全栅等其他装置,可一并联入系统进行全面测试。

必要时还可以与用户的 CL/PM, CL/AM 程序的调试结合进行。

TDC-3000 回路调试的具体方法是在 AI 加信号发生器,然后在 AO 端用电流表测试输出值。

对 DI 和 DO 可通过接点的短接与输入信号来完成测试。

2, 现场调试

现场调试是在工厂调试的基础上进行的真正的在线调试,不允许有任何错误与疏漏。特别是对于危险性极大的化工生产装置,任何差错都会带来意想不到的结果。

现场测试主要检查一下几个方面:现场仪表的安装与接线,以及它与集散控制系统的通信,检查数据点组态,操作画面,程序控制和紧急连锁。

现场调试需要工艺,电气和设备等专业配合,调试之前需要做好各方面的准备,首先是安装工作全部完工,设备完好无损,接地符合要求,通信系统可靠,后勤保障充沛,其次是调试大纲,调试方法和各类调试报告均应准备齐全,对参加调试的工作的操作工进行培训,使之达到熟练操作的程度,再次是成立调试小组,统筹安排现场调试阶段的工作,例如有关气密试验,工艺管线吹扫和分段式据点的调试等。

(1) 数据点调试

数据点调试包括现场仪表接线及安装的检查,现场仪表的通信检查及数据点组态检查三方面的内容。

数据点调试报告有模拟输入/输出数据点调试报告,数字输入/输出调试报告和脉冲输入数据点调试报告,调试中应该注意警报,连锁功能的检查。

阅读完毕后,应认真填写专门的调试报告,测试者应该在报告上签字确认对调试结果负责。未经调试小组同意,不得随意修改调试数据。

(2) 控制程序的调试

控制程序的调试分为连续控制程序测试和非连续控制程序调试。

1, 连续控制程序的测试 连续控制程序调试是在系统提供的标准操作画面上进行,用户在现场给出输出信号,考核调节回路输出是否正确,一般经离线调试后的连续控制程序是不会出问题的。

2, 非连续控制程序的测试 非连续性控制程序是指顺序和批量控制程序,这些程序一般都有专门的操作界面,在操作过程中有提示信息。非连续控制程序的调试比较复杂,调试时应该准备好所需的现场条件才能启动程序,仔细考察运行结果。一般复杂的顺序控制调试不会很顺利,出了问题应该先检查程序逻辑,再看数据点组态和程序语句匹配与否。无论调试怎么复杂,调试要求的现场条件必须从现场加入,这

是顺序控制程序中必须遵守的。因为这样可以进一步检查数据点的调试结果和现场变送的情况，确保试车运行过程中不会出错，对某些经常用到的顺控程序，由于其程序千差万别，调试人员只能自行设计调试报告，并在调试完成后签字确认。

3.操作画面的调试

操作画面的调试就是调试由用户自行设计编制的流程图操作画面。作为工艺过程的主要操作界面，其调试是与调试点的调试，控制程序的调试及连锁系统的调试同时进行。这一调试的关键是要求画面能真实反映工艺过程的状态。

4、紧急连锁调试系统

紧急连锁调试系统的运行直接关系到装置的安全生产，它的现场调试必须谨慎，细致。对于直接关系到装置安全的连锁部分，必须在调试过程中，每天调试一次。

紧急连锁系统的调试方法是按逻辑框图逐项进行的，在现场制造连锁源，观察连锁结果是否正确。如出现为题应坚持阶梯图程序。

在现场调试阶段实验紧急连锁系统，由于和试车有关的各项准备都在同步进行，如压缩机单机试车，工艺管线气密性试验等可能对连锁试验系统带来干扰，所以连锁系统调试小组必须谨慎行事，服从现场统一指挥。

集散控制系统的安装

DCS 在完成现场开箱检验后就可以进行安装工作，但在安装之前必须具备苏虚的各项条件，经生产商确认无误时才开始安装。

安装前的准备工作包括地基，电源和接地三个方面。电源一般采用 UPS 电源，在接到 DCS 带电部分之前，需要向生产商递交一份有关电源的测试报告，以保证电压准确无误，安装基础在安装之前亦需与就位设备一一对应。DCS 的接地要求较高，要求有专用的工作接地极，且要求它的入地点远离避雷入地点，应大于 4m，接地体与交流电中的中线及其他用电设备接地体间距离大于 3m，DCS 的工作地应与安全的分开。另外还要检查他的电阻，要求小于 1。

在准备工作结束后即可开始 DCS 的安装。系统安装工作包括机柜，设备安装和卡件安装，系统内部电缆连接，端子外部仪表信号线的连接，系统电源，接地的连接，要防止静电对电子模件的损坏，在安装电子结构的设备时，操作人员一定要带上放静电器具。另外，在系统安装时应注意库房到机房的温度变化梯度是否符合系统要求。

集散控制系统的验收

DCS 的验收分工厂验收和现场验收两个阶段，工厂验收是在工厂进行，现场验收则是在系统运抵用户现场后的验收。

1、工厂验收

工厂验收主要是对系统硬件，软件性能的验收，完成供货清单上所有设备的清点，检查厂商提供的软件是否满足用户要求。事后由制造商拟定一个双方认可的验收报告，由双方签字确认。

2、现场验收

当集散系统运抵用户的应用现场后，应将所有设备暂时安放在一个距控制室较近的宽敞场所。不同的 DCS 多暂存环境有不同的要求，对 TDC-3000 系统来说，一般希望温度为-50+70 摄氏度，相对湿度为 5%-95%，压力为 37.3-104MPa，振动应小于 0.5g（0-60Hz），冲击应小于 25g/30ms。对于可移动的磁介质临时存放要防止磁场干扰，且对环境要求为-20+50 摄氏度，相对湿度为 20%-80%。超过极限使用时应在使用温度下放置 24h。

现场验收包括开箱检验，通电检验及在线检验 3 步。

（1） 开箱检验

开箱检验主要是确认运输过程中有否损坏，另外也检查装箱时是否符合装箱单。这是现场检验的一个重要内容，因此整个过程要有记录。对箱外包装和箱内设备均应有摄

影记录。应对所有设备按清单进行清点。

开箱时应有制造商，运输单位及最终用户三方在场，开箱完毕由制造商和最终用户形成一开箱检验报告。对损坏情况，设备短缺情况，都应有详细说明，并确认其原因，提出修复或更换方案

(2) 通电检验

通电检验之前首先需要进行电源测试，然后将系统所有模件开关处于“关”的位置，这时才能开启总电源，所有模件逐个通电，直至全部完成，接着启动系统测试软件，检查各部分状态。整个通电过程应保证 72h 连续带电考核。该过程亦需形成记录，并写出通电检验报告。

(3) 在线检验

完成前面(1)，(2)两项验收，只是完成了现场验收的一部分，还必须进行现场的在线检验，这部分检验应该在装置开车平稳后进行，且最好在满负荷的情况下进行，因为空载时，问题可能暴露不出来。

在产品保质期内，用户应得到厂商的技术支持，只要不是由用户原因造成的损失，都应给予修复或更换。因此也可以说 DCS 的现场验收与检验工作可以一直延续到 DCS 的保证期满。

集散控制系统的管理维护及二次开发

1, DCS 的管理

DCS 是多种技术，多个学科的综合，它的发展又特别迅速，因此要不断提高 DCS 的应用水平，就需要多方面联合作战，为此必须建立一个专门的管理机统一全厂的 DCS 应用与开发的计划，统一布置备品备件，统一订购，统一开展国产化工作，统一设计和开发综合信息管理系统，综合安装培训和横向联合，开发高层次的控制软件已经成为了大势所趋。

除了进行计划管理外，还应该进行项目管理和维护管理，项目管理是负责确定设计，施工投用各个阶段的人员组成，分工和检查验收标准。维护管理除了要制定维修操作规程外，还应建立起一套有关维护，检修，管理的规章制度，例如技术管理，设备管理，安全管理和备品备件等的管理制度，以及操作的管理标准，以及操作的岗位标准，软硬件的完好率和使用率考核办法等。

2, 系统维护

转入正常运行的集散系统应有完整的维修制度。维修工作内容包括：系统的运行状况和环境状况的检查，参数及组态的修改，故障和设备缺陷的处理备件及维修工具的保管，设备及工作室的卫生工作。在维护过程中应该详细的做好工作记录。以上这些工作不是轻易能完成的，因此必须有专人负责，也就是说有专门的维修班子。最好不要同仪表的维修班子和在一起，以便各司其职，任务分明。

3, 系统应用软件的继续开发

系统第一次开车投运时的应用软件往往是最基本的，这时的工作重点是要各方面协调，把系统运转起来，操作人员和工艺人员也需要有个熟悉，了解，适应的过程，一般在一年以后，应用软件的开发才被提到议事日程上来，内容一般包括：引进软件的消化吸收和真正采用，第一版软件的修改与补充，如控制方案，整定参数和操作画面等的修改，开发先进控制软件，实现局部或全装置优化，全厂系统联网和接口的开发。这一工作是困难的，是需要各方面人员协同攻关的。必要时可与大专院校研究部门合作开发，以取得更大的经济效益。

石油化工工业应用 DCS 概况

一、国外 DCS 应用概况

目前,在世界范围内, DCS 作为新一代工业自动化过程控制设备,已经在炼油、石油化工、化工、冶金、电力、轻纺等领域中广泛地被采用。就发达国家石化工业而言,新建的较大规模生产装置几乎全部使用 DCS,对老装置的改造也基本考虑采用 DCS;就仪表制造厂而言,原来生产常规控制系列仪表的制造厂商也逐步转向生产 DCS,有的虽然还生产一定量的常规仪表,但比重越来越小。国际上 DCS 的应用已形成趋势。

为了不断提高产品质量,增加利润,提高企业的竞争力,国外石化企业纷纷采用 DCS。例如美国 Ashland 石油公司 Catlettsburg 炼油厂,年加工原油能力为 1000 万吨,从 1988 年 9 月起使用 9 套 TDC3000PM(Process Manager)型改造了原油蒸馏,糠醛,脱蜡,加氢等装置,规划使用 17 套同类 DCS,并采用光纤与 300 公里外总部的 IBM 主机相连。该厂润滑油系统使用最新设备 TDC 3000 PM 后,提高了润滑油产品质量,降低了能耗,效益显著,约一年多即可收回成本。

加拿大 Shell Canada 炼油厂年加工原油 570 万吨,已有 25 年生产历史,自动部分原用气动仪表,现 11 套生产装置及公用工程正逐步更新改造为 TDC 3000 集散系统,全厂通过光缆,高速通信网络 LCN 把各套 DCS 连接起来,并与全厂管理使用计算机联网,进行集中管理与控制。ESSO 帝国石油公司加拿大 SARNIA 炼油厂从 1979 年开始,从事控制系统管理现代化课题的调查研究,采用 DCS 及 IBM 公司的 ACS 技术,至 1986 年逐步实现了全厂五个区域(两个燃料,一个润滑油,一个乙烯裂解及油品贮存区)的综合过程控制管理系统,对全厂工艺生产进行监督控制与管理,仅贮存自动化的油罐优化调度项目,每年即可获经济效益 500—600 万美元,全部计划投资为 3000 万美元,两年半即可收回。

加拿大 Shell Canada 炼油厂年加工原油 570 万吨,已有 25 年生产历史,自控部分原用气动仪表,现 11 套生产装置及公用工程正逐步改造更新为 TDC 3000 集散系统,全厂通过光缆、高速通信网络 LAN 把各套 DCS 连接起来,并与全厂管理用计算机联网。进行集中管理与控制。ESSO 帝国石油公司加拿大 SARNIA 炼油厂从 1979 年开始,从事控制系统管理现代化课题的调查研究,采用 DCS 及 IBM 公司的 ACS 技术,至 1986 年逐步实现了全厂五个区域(两个燃料,一个润滑油,一个乙烯裂解及油品贮运区)的综合控制管理系统,对全厂工艺生产进行监督控制与管理,仅贮运自动化的油罐优化调度项目,每年即可获经济效益 500~600 万美元,全部计划投资为 3000 万美元,两年半可收回。

二、我国石油化工工业 DCS 应用情况

1、概述

石化工业的特点是连续大生产,特别强调安全、稳定、长期、满负荷、优化的运行。随着生产装置的大型化、复杂化,过程控制在生产上占有的地位日趋重要。多年来,我国石化工业也努力采用先进的电子技术改造传统生产方法,积极开发投资少、见效快、经济效益好的微机控制项目。例如催化裂化监控系统、常减压控制系统、加热炉低氧燃烧控制、油品调和的离线调优等。同时在一些工艺复杂、效益较高、管理有一定基础的重要关键生产装置上采用 DCS。

截止到 1990 年,中国石油化工总公司范围内用于过程控制的大小不同规模的 DCS 共 122 套,其中已投用的 90 套,在建的 32 套。除 4 套为国产外,其余均为国外引进产品。

石化总公司的 122 套 DCS,用于炼油专业的 27 套,化工专业的 47 套,化纤专业的 18 套,化肥专业的 13 套,公用工程、三剂生产等系统 14 套,另有 3 套用于中试装置。除此 3 套外,其余 119 套 DCS 分别用在 25 个企业的 71 个生产厂。

2.DCS 应用情况

纵观一头用的 90 套 DCS,绝大部分都取得了较好的经济效益,对工业生产起了促进作用,具有常规仪表无法代替的优点,充分显示了 DCS 安全可靠、控制算法丰富、组态灵活、调节品质高、人机界面友好、操作方便、易于扩展、信息管理集中等特点。

例如高桥石化公司炼油厂 1#常减压装置采用 SPECTRUM 系统与 FOX-300 上位机,除对全装置实现常规控制外,开发了常压塔计算机集成优化系统,实现了基于动态内回流的常压塔测线产品质量的在线计算、多测线产品质量及收率的智能化协调控制与最佳回流取热分配控制,并利用人工智能方法构造上级协调系统,开发了常压塔整体智能决策与优化专家系统。该项目突破传统思维模式,代之以信息流、物料流和能量流为主干分解方法,充分发挥了 DCS 信息采集功能、通信功能和运算功能强的优势,并以此为依托,开发和实施了高质量的数学模型和优化控制软件。该系统在现场长时间投用以来,性能可靠,提高轻油收率。

天津石化公司涤纶厂,采用 DCS 及一台 268 微机,对间歇缩聚装置十条生产线进行控制,实现聚酯粘度数学模型优化控制,并与本厂微机局域网 PLaN-5000 联网,把实时生产信息自动传送至调度室,向管控一体化迈出了可喜的一步。该厂还在连续缩聚装置上,用 286 微机作 DCS 上位机,以模拟预估法实现了第四系列聚酯过程分子量分布(MWD)控制,并建立了在线专家系统,进行 MWD 的监督控制,提高了熔体合格率。

巴陵石油公司锦纶厂己内酰胺装置采用横河 YEWPACK 系统改造原气动表,自 1989 年 4 月投用以来,工艺指标控制合格率、产品质量、原材料消耗均达到历史最好水平,产品一级率提高 20%。此外,他们还总结了以往操作中的经验,设计了各个生产岗位 18 类 70 多条操作决策指南,输入到 YEWPACK 系统中作为故障状态的指导;还设计了操作演示画面,尽量发挥 DCS 资源功能。

上海石化总厂塑料厂高压聚乙烯装置,1986 年工艺技术改造引进 DCS,自 1987 年投用以来,实现过氧化物温度高选等复杂调节,提高控制精度,稳定生产,每年提高产量 2000 吨。

集散型控制系统在炼油厂中的具体应用

催化裂化装置是炼油处理中一个很重要的装置,它主要有反应—再生、分馏、吸收稳定、气压机、主风机系统组成。而且,此过程反应快,控制复杂,所以很多炼油厂都采用 DCS 来对此装置进行数据采集和控制。下面简单介绍某一催化裂化装置采用友力—2000 DCS 系统实现控制的情况。

一、友力-2000 系统硬件结构

1.系统结构

友力-2000 系统由两个控制站、一个检测站、四台操作站构成,各站由以太网连成一个两级集散型控制系统。

2. 操作站

操作站由 Compaq 386/16 主机,19in 大屏幕显示器,专用、通用键盘,声光报警装置及打印机组成。

3.监测站

监测站具有对生产过程的各种参数的采集、处理、并传送到操作站显示、储存的功能。监测站由主机、S1 板、PI 板、双机切换电路、监测站机柜电源等部件构成。

4.控制站

控制站可采集、处理最多 64 路模拟量输入信号及 32 路开关信号,可输入最多 40 路 4~20mA 控制信号及 16 路开关信号,根据用户组态可构成多种 PID 闭环控制回路、前馈等复杂控制回路,并可实现顺序控制。控制站由主机、信号输入通道、控制信号通道、双机切换通道、控制站机柜电源组成。

5.信号调节器

信号调节器将现场输入的各种检测信号(4~20mA,0~50mV)统一转换成 0~5V 的标准信号送到监测站、控制站。对于送到控制站的信号,信号调节器采用隔离放大器实现了信号的主机及信号各路之间的隔离。并且信号调节器内设有温度测量电路,供进行热偶补偿计算用。

6.手操台

手操台最多可安装 14 台 I 系列手操器,串联在控制站 D/A 输出通道上,两控制站各连接 5 台用于最重要的控制回路。当控制站一旦发生重大故障时,可自动无扰动地切换至手操器操作,从而为整个装置的

安全运行提供一套备份手操控方式。

手操台装有一套用于系统自保的继电保护，通过操作台的手动按钮可直接将反应进料，主风，滑阀等重要控制阀门设置为安全状态。

7.报警灯

友力-2000 系统安装有 28 个面板灯，由用户定义来指示相应工位的报警，还可以安装可燃气体报警灯。

8.安全栅柜

安全栅柜供安装齐纳型安全栅，将来自防爆区的检测信号经安全栅接入控制系统，系统送出的电源及控制信号亦经安全栅再送入防爆区内。采用安全栅限制了进入防爆区电信号的最大功率，保证了系统的无火花安全防爆性能。

友力-2000 系统在催化裂化装置应用中的控制流程

1.反应温度控制

反应温度是影响催化裂化产品分布和回收率的关键参数之一，又是反应-再生系统热平衡控制、物料平衡控制各变量中最活跃和最难以控制的变量。这里采用了调节再生催化剂流量和原料预热温度来稳定反应温度的控制方式。反应温度一般控制在 490~510℃。TICA104 反应温度控制回路模块连接图如图-2 所示。

模块连接图中，T104ZNM、T104INU、T104ALC、T104DCP、T104OUT 构成了控制回路的主体，完成采样、输入处理、报警、PID 控制与输出。H102ZNM1、H102ZNM2、H102INU、H102CAC、H102SSU 构成了控制回路和外部手操器的跟踪功能，当外部手操器处于 DDC 状态时，回路输入自动调节信号。工位 H102SSU 用于实现上述跟踪的切换。当控制站故障时，DDC 后备手操作器处于保持状态，此功能有硬件完成。

回路的热电偶毫伏信号到对应温度的切换，利用输入处理模块的补偿输入与折线化处理功能完成。TICA104 设置了上、下限报警，当反应温度或反应温度急速下降时进行报警，提醒操作人员注意，以防催化剂在提升管中“和泥”，破坏催化剂循环，造成事故。

2.反应压力控制

正常生产中，反应压力靠调节离心式富气压缩机负荷来改变其入口压力，进而稳定反应压力。回路模块连接图如图-3 所示，图中 P302DC2、P302OUT2 将入口压力报警信号远传至主风机、气压机控制室，还设置了富气压缩机反喘振随动控制回路，

3 再生器压力-两器差压切换控制

再生器压力控制或两器差压控制是反应-再生系统的关键控制回路且影响控制的因素较多。一般的控制方案有三种：再生气压力定值控制、两器差压控制、再生气压力和两器差压自动选择控制。现采用了以再生气压力定值调节为主，辅以两器差压控制的人工切换控制方案。该回路设置了 DDC 后备手操器，模块连接如图-4 所示，图中 P105ZNM、P105INU、P105ALC、P105DCP、P105TST 构成两器差压控制主体。P105SSU 用于两种控制方案的切换，其他模块用于控制输出与后备手操器的跟踪处理。再生器压力控制，当 P105SSU-SU=1 时，实行在生气定值压控，即用再生气压力直接控制双动滑阀。此种方案有利于主风流量的稳定和主风机组的平稳运行，能有效地排除反应压力波动对主风流量的影响，易操作。但不利于克服反应波动对催化剂循环量的影响。由于提升管催化裂化操作弹性较大，这种方案在实际操作中得到普遍接受。

两器差压控制，当 P105SSU-SU=2 时，实际两器差压控制即用反应器和再生器之间的差压控制双动滑阀，使再生器压力反应器压力浮动，以保证两器差压的恒定。此外方案有利于两器的压力平衡，可排除反应压力波动对催化剂循环量的干扰。这种方案供操作人员依生产需要加以选择。

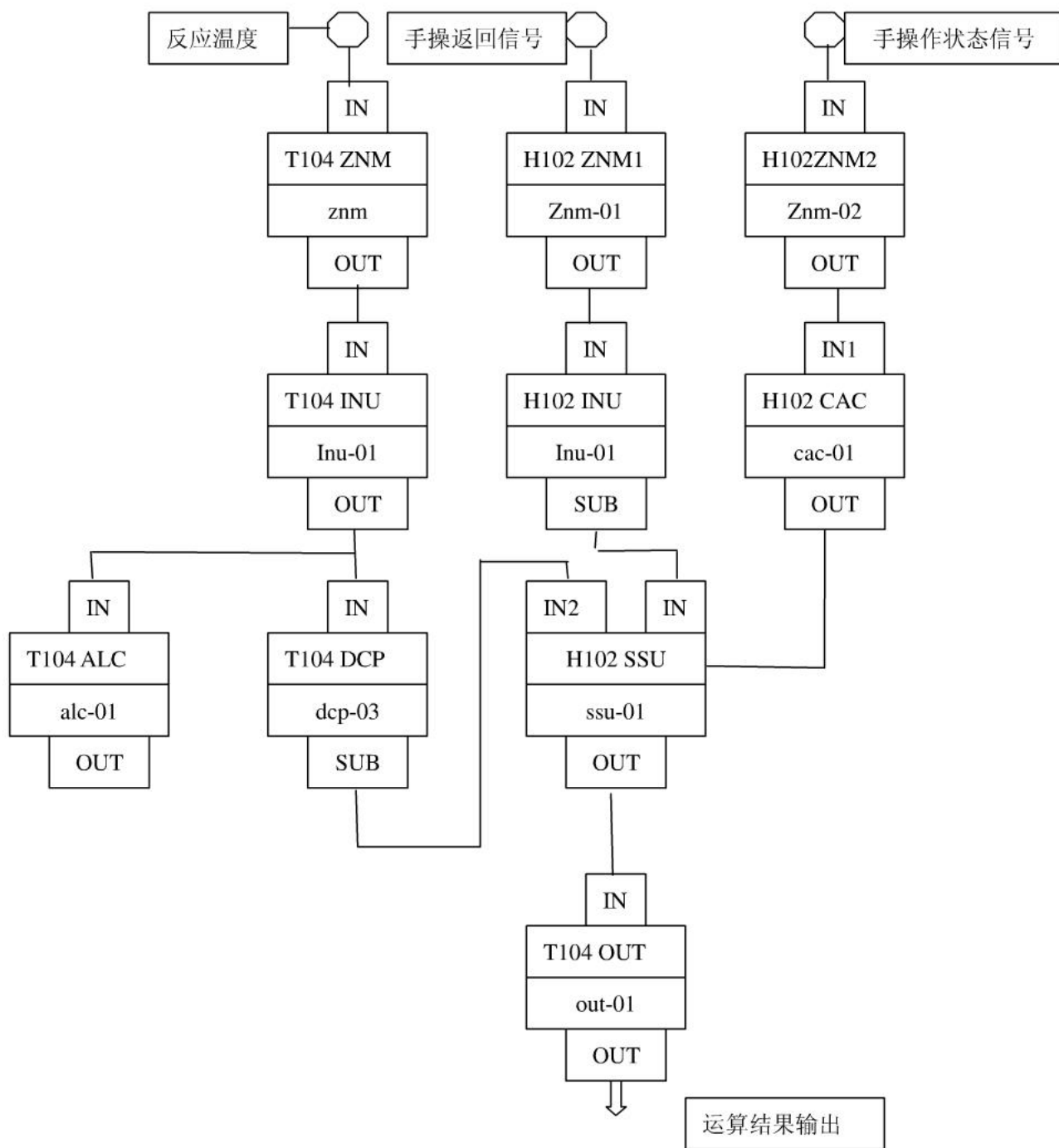


图 2 模块连接图

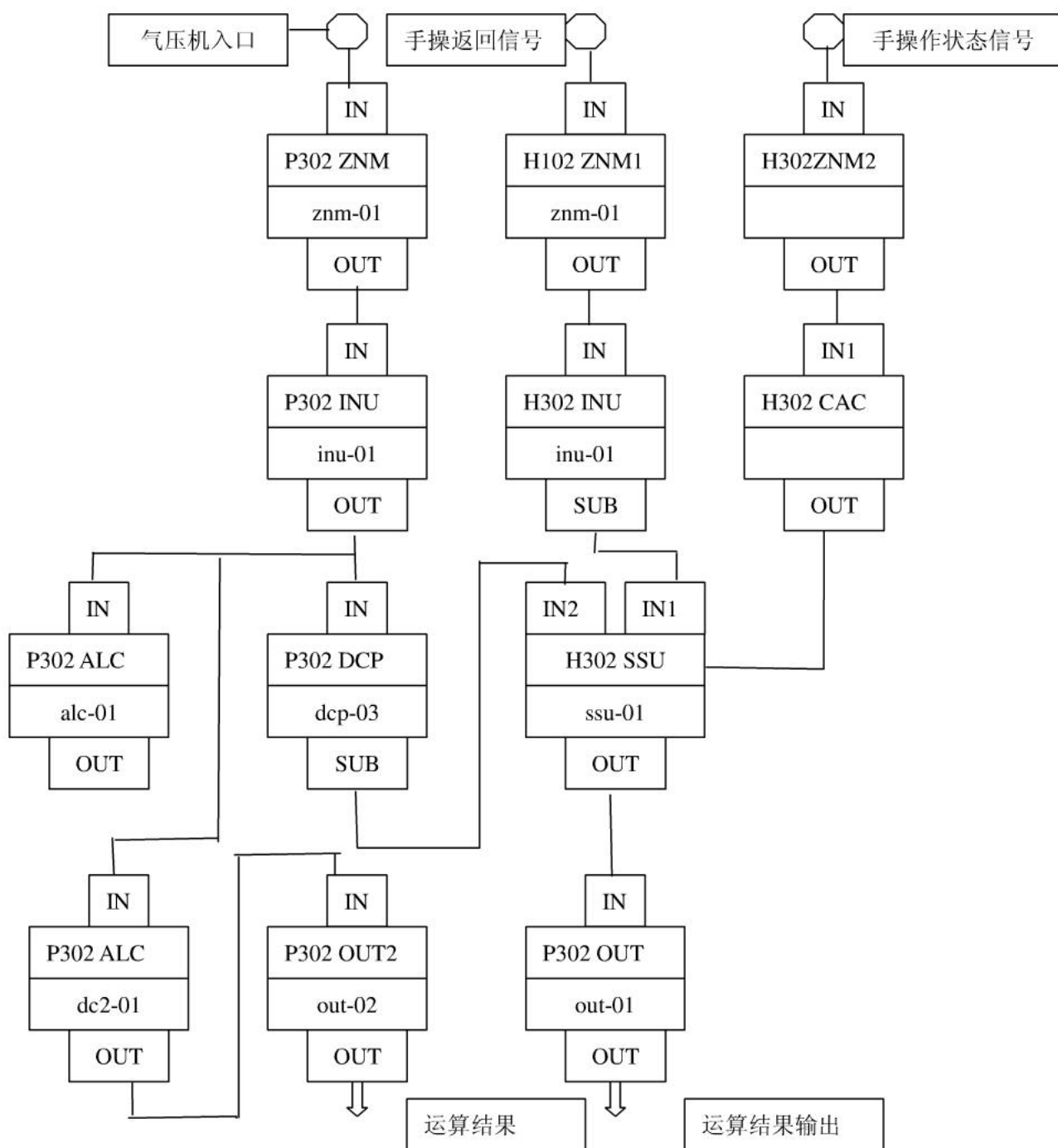


图 3 回路模块连接图

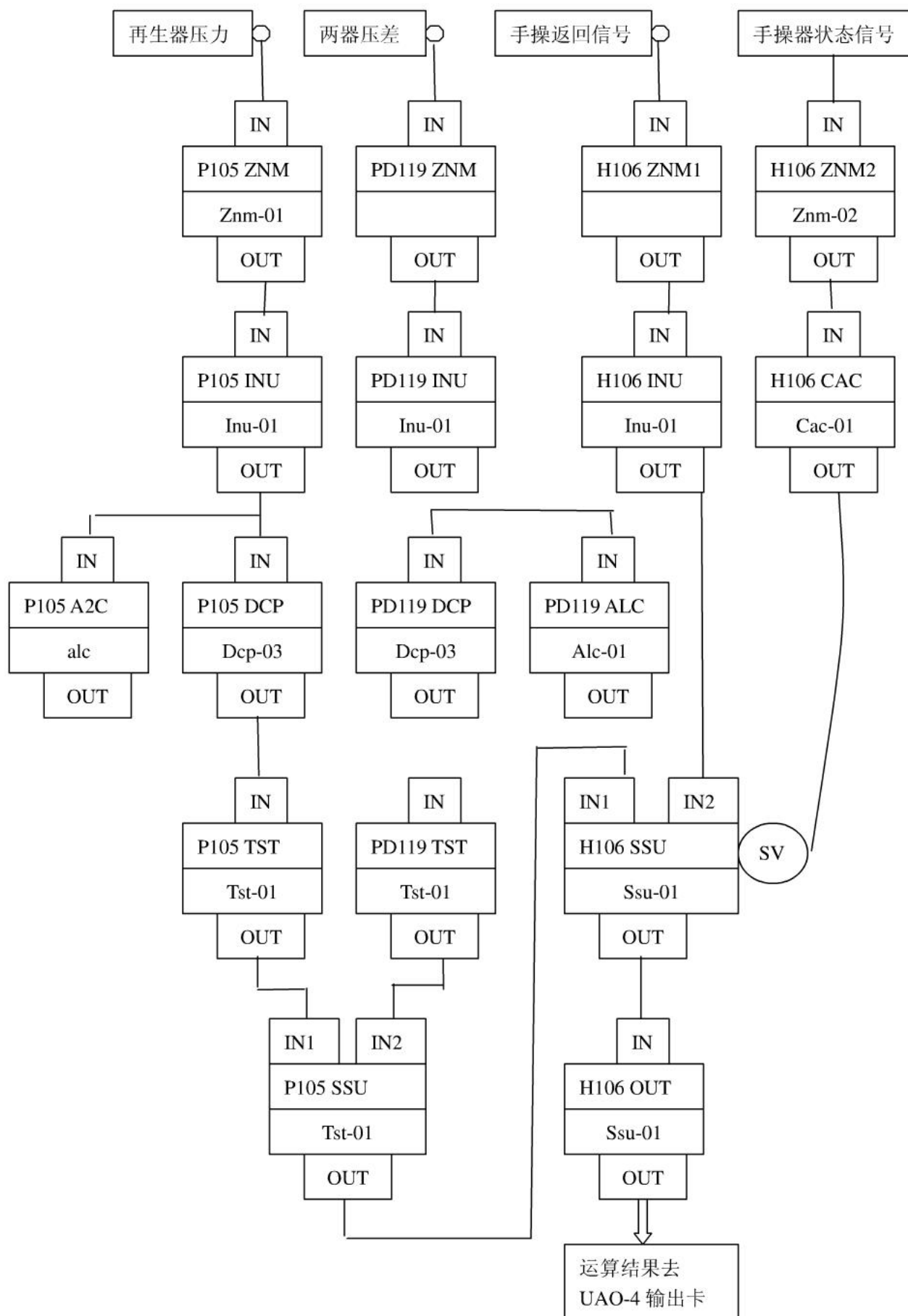


图 4 两器差压切换控制模块连接图

4.自保系统

自保系统对催化裂化装置的安全运行十分重要，它用于对破坏系统压力平衡和催化剂循环异常等事故的紧急处理。利用友力-2000 集散型控制系统提供的顺控表可构成相应的自保系统。如果利用独立的外部保护装置，其保护动作速度会更快些，因此，系统中采用了由高可靠继电器构成的外部自保装置处理紧急情况。自保项目有：进料流量低限自保、再生/待生单动滑阀压降低限自保、主风流量低限自保、提升流量低限自保。

5 分流塔顶温度控制

分流塔顶温度的高低基本上决定了塔顶产品的质量，采用塔顶温度和塔顶回流量串级的控制方案。主环 TICA223 的输出跟踪 FIC206 的给定值，可以实现无扰动串级投入和切除。模块连接图如图-5 所示，图中 T223ZNM、T223INU、T223ALC、T223DCP 构成了控制回路的主环，F206ZNM、F206INUA、F206DCP、F206OUT 构成了回路的副环。

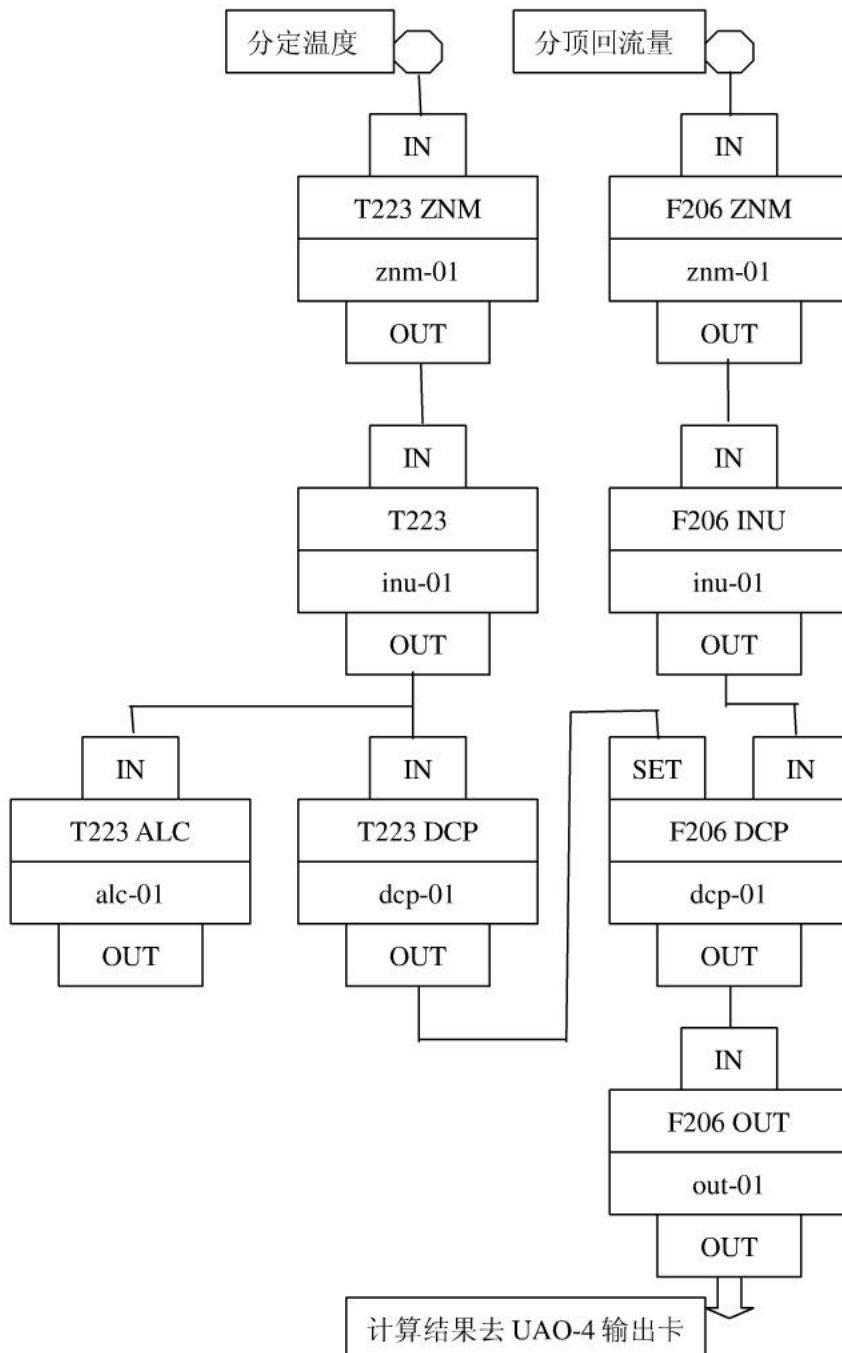


图 5 温度控制模块连接

6 油浆系统的控制

对分馏塔油浆系统的控制,采用了又将循环量定值控制,以洗涤催化反应油气中夹带的催化剂和充分回收油浆系统的高温热能;分馏塔底液位控制油浆换热三通阀,即控制油浆换热系统的取热量,从而控制分馏塔油浆换热段的平衡,保持液位稳定;油浆回炼量和油浆外送量采用定值控制。

7.吸收稳定系统的控制

吸收稳定系统是 I 催化裂化装置中的最后一个生产单元,其控制的总目标是:使干气带出的 C3、C4 最少,脱乙烷汽油中携带的 C2 最少;液化石油气中 C5 含量最少,稳定汽油用的蒸汽压达到要求。这个生产单元所涉及的控制,多为回路 PID 控制。

DCS 优缺点

优点

DCS 有一系列特点和优点,主要表现在以下六个方面:分散性和集中性、自治性和协调性、灵活性和扩展性、先进性和继承性、可靠性和适应性、友好性和新颖性。

DCS 分散性的含义是广义的,不但是分散控制,还有地域分散、设备分散、功能分散和危险分散的含义。分散的目的是为了使危险分散,进而提高系统的可靠性和安全性。

DCS 的集中性是指集中监视、集中操作和集中管理。DCS 通信网络和分布式数据库是集中性的具体体现,用通信网络把屋里分散的设备构成统一的整体,用分布式数据库实现全系统的信息集成,进而达到信息共享。因此,可以同时多台操作员站上实现集中监视、集中操作和集中管理。

DCS 的自治性是指系统中的各台计算机均可独立的工作,例如,过程控制站能自主的进行信号输入、运算、控制和输出;操作员站能自主的实现监视、操作和管理;工程师站的组态功能更为独立,既可在线组态,也可离线组态。

DCS 的协调性是指系统中的各台计算机用通信网络互联在一起,相互传送信息,相互协调工作,以实现系统的总体功能。

DCS 的灵活性和扩展性表现在 DCS 采用模块式结构,提供各类功能模块,可灵活的组态构成简单、复杂各类控制系统。另外,还可根据生产工艺和流程的改变,随时修改控制方案,在系统容量允许范围内,只需通过组态就可以构成新的控制方案。

DCS 采用了一系列冗余技术,如控制站主机、IO 板、通信网络和电源等均可双重化,而且采用热备份工作方式,自动检查故障,一旦出现故障立即自动切换。同时,通过故障诊断与维护软件,实施检查系统的硬件和软件故障,并采用故障屏蔽技术,使故障影响尽可能地小。

缺点(与 FCS 比较)

从传统控制系统 DCS 到现场总线控制系统 FCS,控制系统发生了很大的变化,因此与 FCS 相比,DCS 有如下缺点:

(1) 浪费一次性投资

由于现场总线的投资门槛低,可扩展性好,用户可根据使用的需要灵活调整投资方案,逐步投入,滚动发展,因此一次性投资较节省,投资风险性较小。此外,现场总线控制系统中分散在现场的智能设备能直接执行多种传感控制报警和计算功能,因此可以变送器的数量,不再需要单独的调节器和计算单元等,也不再需要传统控制系统中的信号调理、转换、隔离等功能单元及其复杂接线。还可以用工控机作为操作站,从而节省了大量硬件投资,控制室的占地面积也可以大大减少。所以,传统控制系统比现场总线控制系统浪费了大量投资资源。

(2) 浪费安装费用

现场总线系统的接线十分简单,一对双绞线或一条电缆上通常可挂接多个设备,因而电缆、端子、槽盒、架桥的用量大大减少,连线设计与接头校对的工作量也大大减少。当需要增加现场控制设备时,无须增设新的电缆,可就近连接在原有的电缆上。既节省了投资,减少了设计、安装的工作量。据有关资料介

绍，现场总线系统比传统控制系统可节约安装费用 60 % 以上。所以，传统控制系统比现场总线控制系统浪费了大量的安装费用。

（3） 浪费维护费用

现场总线控制系统结构清楚，连线简单，从而大大减少了维护工作量。同时，由于现场控制设备具有自我诊断与简单故障处理的能力，可自动将诊断维护信息上报控制室，维修人员可以方便地查询所有设备的运行、维护和诊断信息，加大了预防性维护的比例，提高了故障分析与排除的速度，缩短了维护停工时间，节省了维护费用。所以，传统控制系统比现场总线控制系统浪费了大量的维护费用与时间。

（4） 控制准确度与可靠性不高

由于现场总线设备的智能化和数字化，可将传送过程的误差降至最低。因此，控制准确度只取决于传感器的灵敏度和执行器的准确度，系统控制准确度大大提高。同时，由于系统的结构简化，设备与连线减少，现场设备内部功能加强，减少了信号的往返传输，使系统工作可靠性大大提高。与之相比，传统控制系统的控制准确度与可靠性就大打折扣了。

（5） 用户的选择性不多

由于现场总线的开放性，使用户可以对各设备厂商的产品任意进行选择并组成系统，不必考虑接口是否匹配的问题，从而使系统集成过程中的主动权牢牢掌握在用户手中。所以，传统控制系统不能给用户更多的选择空间。