

# DCS 控制系统在液化天然气生产中的应用

上海天然气管网有限公司 张建荣

**摘要:** 本文系统介绍了 LNG (液化天然气) 事故储备站, 生产控制系统各个组成部分, 并对各个功能块进行阐述。

**关键词:** DCS (集散控制系统) 可编程控制器 过程控制 监控软件  
SCAN3000 冗余 消防系统 ESD (紧急停车系统) FSC

## The Application of DCS Control System in LNG Produce

**Abstract:** Distribute control system, PLC, Process control, Monitor software SCAN3000, Redundancy, Fire gas system, Emergency shutdown system, FSC(Fail Safe Control)

### 一、 项目介绍

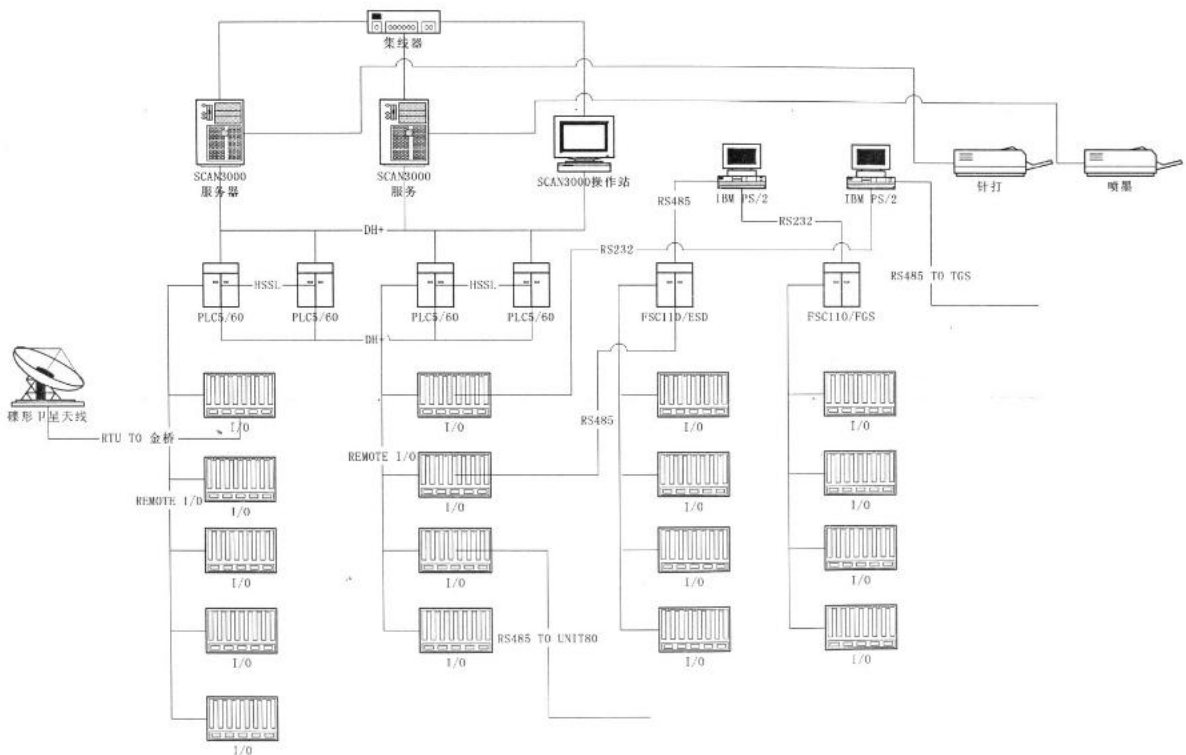
为了满足平湖天然气的事故应变能力, 上海天然气管网有限公司于 1997 年开始建设 LNG (液化天然气) 事故储备站, 该事故站集液化、储存和气化于一身。主要分成天然气预处理 (增压 10 工段、脱 CO<sub>2</sub> 20 工段、脱水 30 工段), 液化 40 工段, 存储 50 工段, 气化 (60 和 80 工段), 蒸发 70 工段, 输出和加臭 90 工段, 火炬 130 工段, 公共设施等几个工段。为了实现复杂的生产工艺, 采用了 PC +PLC 构成 DCS 的控制系统。集散控制的基本思想是集中管理, 分散控制。即: 将流程工业的自动控制过程与操作管理人员对自动控制过程的管理过程相对分离; 流程工业的自动控制过程由各控制站相对独立地自动完成, 而操作人员对自动控制过程的管理则由中央控制室的操作站

来完成。中央操作站与各现场控制站一方面各自相对独立地运行，从而将各种故障限制在局部范围内，极大地提高了自动控制系统总体的安全性和可靠性；另一方面又相互进行实时数据通讯和信息交换，实现了操作人员在中央控制室的操作站对整个自动控制过程进行管理和调整。现场控制站的主要任务是实现对生产过程的自动控制，因此它必需要能够自动采集全厂的各种工艺参数（如各种工艺介质的温度、压力、流量、粘度、组分，物位高度等）以及设备的运行状态（如阀门的开度、机泵的开停、设备震动、机械位移）等生产信息，然后按照事先编好的控制程序进行大量的数值计算，最后输出 4~20mA 标准模拟信号（或 ON/OFF 数字信号）去驱动各种阀门、电机等执行机构，调节各种工艺参数，实现生产过程的自动控制；另外还要与操作站进行实时通讯，将采集到的各种生产信息传送到操作站供操作人员使用，同时接收操作人员通过操作站发出的各种指令实时调整自动控制方案、优化生产过程。

## 二、 自控系统构成

系统主要由八大部分组成：上位监控软件（SCAN3000）、工艺生产控制部分（DCS）、紧急停车系统（ESD）、消防系统(FGS)、储槽数据采集系统（TGS）、现场仪表、就地控制盘和 RTU（如图一所示）。上位监控软件 SCAN3000 采用冗余工作模式，提高系统容错能力；具有提供人机图形界面，实时数据采集，事件报警，历史数据趋势及曲线，历史数据存储，报表及打印等功能；支持 DDE，WIN API，ODBC 等外部数据接口，能灵活与其他软件实现数据交换。工艺生产

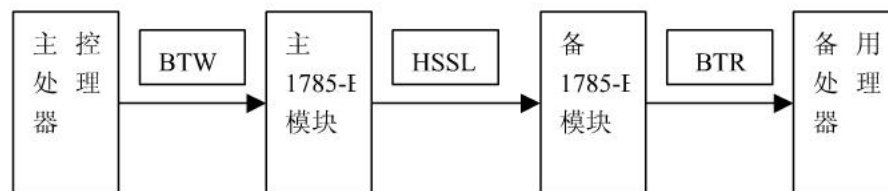
控制部分采用 PLC5/60 处理器，采用双 CPU 冗余工作模式，即两块 PLC 模块同时在线运行，一块处于主控模式，另一块处于热备模式，拥有主控模式的 PLC 具有输出控制权，而热备 PLC 则只进行数据采集和通信，但输出被禁止，一旦主控 PLC 出错，热备 PLC 自动获得主控权，实现 PLC 的无扰切换，提高了系统的可靠性。紧急停车系统（ESD）是控制生产过程中，处理出现的各种跳车情况，保证生产安全，并通过 RS485 串行接口将数据传输到 DCS 中。消防系统（FGS），负责监控全站的消防系统，监测火灾，控制各种消防设备的运行。储槽数据采集系统（TGS）是负责储槽温度、液位和密度的数据采集，并将数据传输至 DCS 中。



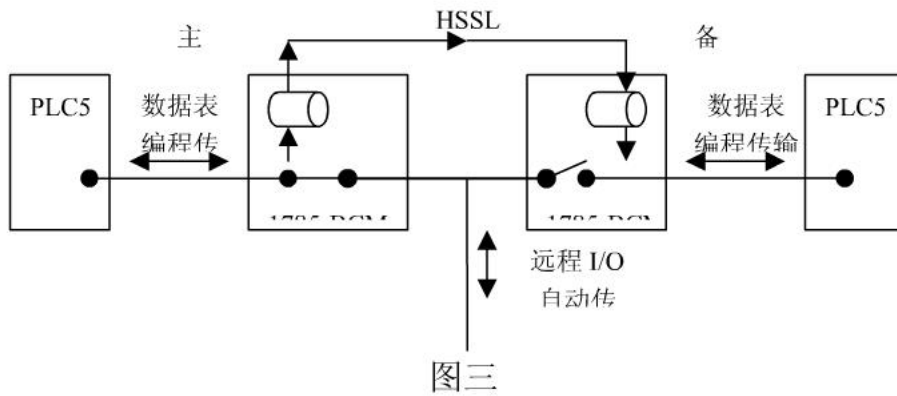
图一

### 三、 PLC5/60 处理器双 CPU 冗余工作模式的实现。

本系统冗余系统是通过提高处理器的数量来增加系统稳定性，减少因设备故障带来的损失。该系统使用 1785-BCM 备份通信模块实现处理器冗余工作系统，同时使用 1785-BEM 备份扩展模块对系统通信口进行扩展。该冗余系统中，一台主控处理器控制远程 I/O 的操作，一台备用处理器监控主处理器，一旦主控处理器发生故障时，备用处理器取得主控权。正常操作时，主控系统传送远程数据到备用系统中，所以一旦发生切换时，备用系统（切换后取得主控权）将拥有相同的数据。远程 I/O 数据通过高速串行连接（HSSL）进行传输（如图二所示），并且传输独立于应用程序。在整个冗余系统中，1785-BCM 模块的功能如下：在两台处理器之间建立高速连接，确保备用处理器的数据与主控处理器的数据同步；允许备用处理器取得系统主控权，当主控处理器发生电源故障、处理器故障、1785-BCM 模块故障、改变主控处理器的到非运行模式、主控系统更新远程 I/O 数据超时、接收到切换命令；4K 数据缓存；交换主从系统之间的状态信息；自动传输远程 I/O 数据到备用处理器；更换设备无需停机；连接到远程 I/O 和 DH+网络；隔离系统，确保发生故障的系统不能影响另外一个；诊断信息；备用处理器能够远程编程；使用 1785-BEM 模块扩展通信通道。1785-BCM 模块能将远程 I/O 数据自动传输至备用处理器中，但是如果要将数据表中的数据进行同步，则需另外编写程序（如图三所示）。

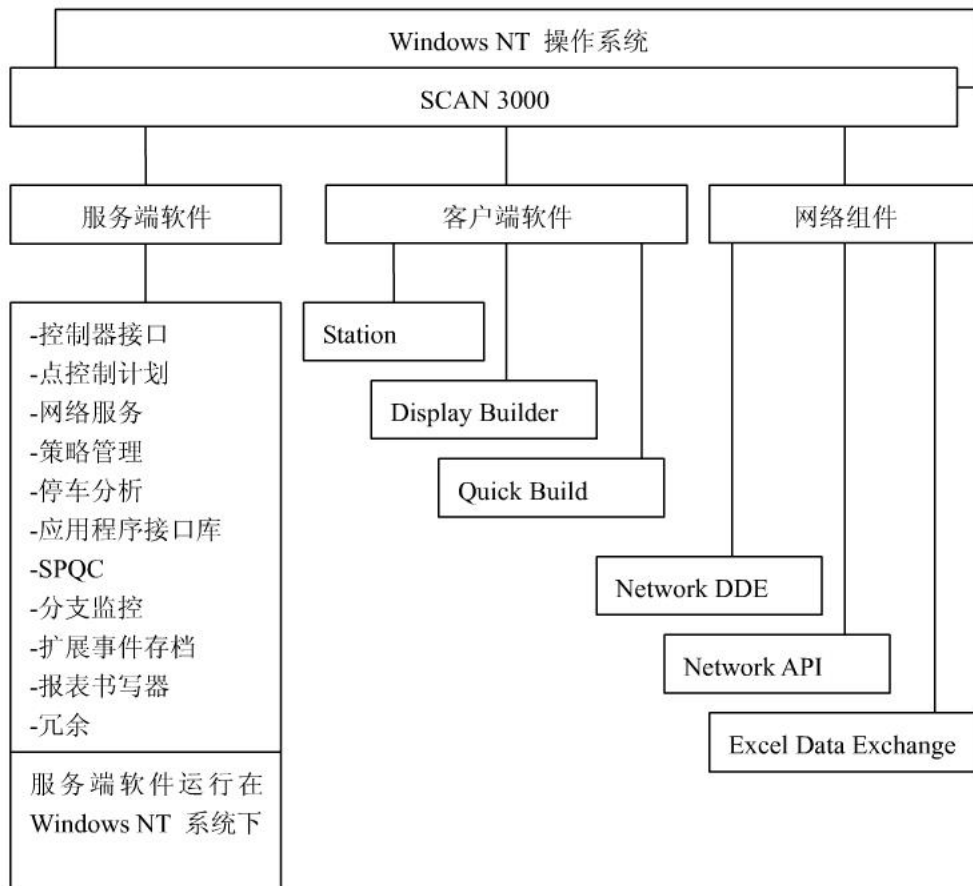


图二



#### 四、上位监控软件 SCAN3000 系统功能和架构

本系统采用 HONEYWELL 公司的 SCAN3000 系统作为上位监控平台，系统架构如图六所示：



SCAN3000 系统主要功能如下：监控现场运行，报警事件，设备或操作员登陆事件，历史数据库，趋势及曲线，周期性和事件触发报表，计划控制，本地或远程连接，实时监控，用户图形界面，复合点的使用，在线组态通道、控制器和点，在线客户化的报表和趋势图，冗余系统，操作员登录和安全级控制，API 应用程序，控制器接口等。该系统结构清晰，易于维护；良好的用户界面，便于操作；在线组态功能，不用停机随时根据工艺要求更改画面、数据库和趋势图；支持网络访问，便于本地和远程数据交换；系统冗余功能，提高系统稳定性；划分操作员操作范围，减少误操作；用户安全管理，提高系统安全性等。保障生产顺利进行，提高了监控和管理水平。

## 五、 过程控制在生产中的应用

在生产过程中，人们一直试图利用改变一些对生产过程影响的种种扰动，以控制目标值的恒定，PID 控制理论从此应运而生。在过程控制中，PID 控制也一直是众多控制方法中应用最为普遍的控制算法。PID 工作原理：由于来自外界的各种扰动不断产生，要想达到现场控制对象值保持恒定的目的，控制作用就必须不断的进行。若扰动出现使得现场控制对象值(以下简称被控参数)发生变化，现场检测元件就会将这种变化记录并传送给 PID 控制器，改变过程变量值(以下简称 PV 值)，经变送器送至 PID 控制器的输入端，并与其给定值(以下简称 SP 值)进行比较得到偏差值(以下简称 e 值)，调节器按此偏差并以我们预先设定的整定参数控制规律，发出控制信号，去改变调节

器的开度，使调节器的开度增加或减少，从而使现场控制对象值发生改变，并趋向于给定值(SP 值)，以达到控制目的（如图四所示）。PID模型的增量控制数学模型可以简单地用下式表示：

$$P(K) = K_p [e(t) + 1/T_i * \int_0^t e(T) dT + T_d * de(t)/dt]$$

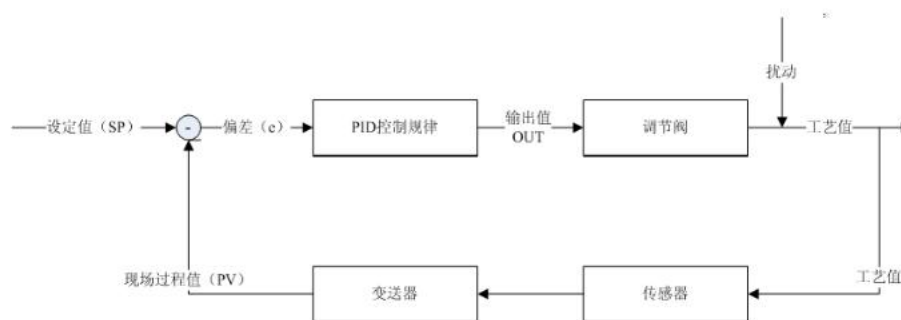
其中 P (K) -----PID 输出

E (t) -----偏差

Kp -----比例常数

Ti -----积分常数

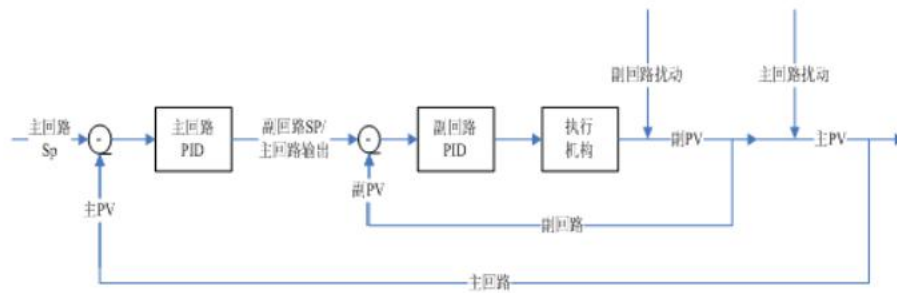
Td -----微分常数



图四

当工艺过程较复杂且从控制输入到过程变量输出之间有一段滞后时间的话，就算对单个回路进行最完善的调整，可能也只能得到缓慢而不精确的控制。串级回路是一种先进的控制技术，它优于某些情况下的单个控制回路。串级的意思就是一个回路与另一个回路相串联。一个串级控制系统，可以看到它很简单，把一个回路嵌入另一个回路就好了。里面的回路被称作副环，外面的回路被称为主环。为了整个回路的稳定性，副环必须是两个回路中响应最快的那个回路。注意，通过使用主环的输出，自动产生副环的设定值。一旦串级控制被

程序设置并调试好，那么我们只需处理初始设定值和过程变量。串级回路可当作一个回路，但同时它改进了以前的单回路的工作性能。通过检查它对外部干扰的响应，可以看到串级控制有其优越性。记住，副环比主环动作得更快。因此，如果干扰影响了副环中的PV值，那么副回路的PID运算会在主环受到影响之前修改偏差(如图五所示)。在使用“串级回路“时，必须注意实际上只有副环切到串级方式，通常，主环必须处于自动方式。如果把两个以上的回路串联在一起，那么运行时最外面的回路（主）回路必须在自动方式下，里面的回路在串级方式下。如果副环脱离了串级方式，那么主环自动变成手动方式。



图五

## 六、 ESD（紧急停车系统）

ESD 紧急停车系统按照安全独立原则要求，独立于 DCS 集散控制系统，其安全级别高于 DCS。在正常情况下，ESD 系统是处于静态的，不需要人为干预。作为安全保护系统，凌驾于生产过程控制之上，实时在线监测装置的安全性。只有当生产装置出现紧急情况时，不需要经过 DCS 系统，而直接由 ESD 发出保护联锁信号，对现场设备进行安全保护，避免危险扩散造成巨大损失。具有关资料，当人在



危险时刻的判断和操作往往是滞后的、不可靠的，当操作人员面临生命危险时，要在 60s 内作出反应，错误决策的概率高达 99.9%。因此设置独立于控制系统的安全连锁是十分有必要的，这是作好安全生产的重要准则。该动则动，不该动则不动，这是 ESD 系统的一个显著特点。

为何要独立设置 ESD 系统呢？当然一般安全连锁保护功能也可由 DCS 来实现。但是对于较大规模的紧急停车系统应按照安全独立原则与 DCS 分开设置，这样做主要有以下几方面原因：

(1) 降低控制功能和安全功能同时失效的概率，当维护 DCS 部分故障时也不会危及安全保护系统；

(2) 对于大型装置或旋转机械设备而言，紧急停车系统响应速度越快越好。这有利于保护设备，避免事故扩大；并有利于分辨事故原因记录。而 DCS 处理大量过程监测信息，因此其响应速度难以作得很快；

(3) DCS 系统是过程控制系统，是动态的，需要人工频繁的干预，这有可能引起人为误动作；而 ESD 是静态的，不需要人为干预，这样设置 ESD 可以避免人为误动作。

本系统采用霍尼韦尔公司 FSC (Fail Safe Control System) 系统，该系统应用于工业生产过程中的安全控制，主要由微处理器、模块、和编程软件构成，因此能够很容易广泛的应用到生产过程中。由于该系统具有可靠的安全性和稳定性，FSC 采用冗余配置，系统所有部分都连续的、实时的运行系统任务和不间断的进行自检，保证故障发生

时能及时切到安全状态，防止潜在的危害发生。

## 七、 FGS（消防系统）

本消防系统中，主要分成室内消防和生产厂区消防两大部分。包括火焰探测，气体泄漏探测，火灾高温探测，LNG 泄漏低温探测，烟雾探测，现场紧急玻璃按钮，泡沫系统，干粉系统，惰性气体系统，消防水喷淋系统等组成部分，同时配备消防水泵和柴油发电机，确保工厂消防安全。该系统控制系统也由霍尼韦尔公司 FSC（Fail Safe Control System）系统构成。

## 八、 其他部分

- 现场仪表：采集 4-20mA 信号至 DCS 中。
- TGS：储槽数据采集系统，包含温度、液位和密度数据。
- 就地盘：随设备一起提供的控制系统，主要有压缩机、汽化器和氨再生等几部分。
- RTU：将生产数据传输至公司调度中心。

## 九、 结束语

## 参考文献:

- [1] Allen-Bradley, PLC-5 Backup Communication Module(1785-BCM,1785-BEM) User Manual, 1999
- [2] Allen-Bradley, PLC-5 Quick Reference Guide User Manual, 1999
- [3] Allen-Bradley, PLC-5 Programmable Controllers Instruction Set Reference, 1999
- [4] Honeywell, SCAN 3000 Overview and Planning Guide,1998
- [5] Honeywell, SCAN 3000 Configuration and Administration Guide, 1988
- [6] Honeywell , FSC system safety Manual , 1998
- [7] 过程控制工程, 中国石化出版社, 俞全寿, 1999
- [8] 自动控制原理, 国防工业出版社, 康晓明 2004
- [9] DCS 集散控制系统选型与应用, 王常力, 清华大学出版社, 1999 年。