

天然气工程液化厂项目自动控制及仪表设计方案

1.1 设计范围

自动控制系统设计范围包括主体工艺装置、辅助生产设施和公用工程的检测、控制及安全连锁保护。

主体工艺装置包括：分子筛脱碳脱水装置、再生气脱水装置、液化及冷剂循环装置、冷剂储存装置、BOG压缩增压装置、再生气压缩增压装置、LNG罐区及装车设施；配套辅助及公用设施包括：火炬及放空系统、锅炉及导热炉房、循环冷却水系统、给水系统、污水收集事故应急池系统、燃料气系统、空气氮气站、LNG加气站、CNG加气站和分析化验室等。

公用工程主要包括制氮系统、仪表空气系统、采暖锅炉、循环水及消防水系统。

1.2 设计依据

《过程测量与控制仪表的功能标志和图形符号》	(HG/T20505-2000)
《石油化工自动化仪表选型设计规范》	(SH3005-1999)
《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》	(GB50493-2009)
《石油天然气工程可燃气体监测报警系统安全技术规范》	(SY6503-2008)
《石油化工仪表管道线路设计规范》	(SH/T3019-2003)
《石油化工分散控制系统设计规范》	(SH/T3092-1999)
《石油化工仪表接地设计规范》	(SH/T3081-2003)
《石油化工仪表供电设计规范》	(SH/T3082-2003)
《石油化工仪表供气设计规范》	(SH3020-2001)

《石油化工控制室和自动分析器室设计规定》	(SH3006-1999)
《石油化工安全仪表系统设计规范》	(SH/T3018-2003)
《油气管道仪表及自动化系统运行技术规范》	(SY/T6069-2005)
《工业计算机监控系统抗干扰技术规范》	(CECS81:1996)

国家、中国石油化工集团公司颁布的其它有关规范和设计规定

1.3 自动控制水平

全厂设置一个中央控制室，配备一定的生产管理和操作人员，采用集散型控制系统 DCS(Distributed Control System) 和紧急停车系统 ESD(Emergency Shutdown Diagram)，对工艺装置、辅助生产设施等进行集中监视、控制和安全联锁保护，对工艺流程、工艺参数进行显示报警。同时在容易出现天然气泄漏和火灾的场所设置火焰和气体检测报警系统 F & GS (Fire & Gas Detecting and Alarming System)。DCS系统主要用于过程控制，具有通用性强、控制功能完善、集中操作、人机界面好等特点。紧急停车系统 ESD 和 F&GS独立于过程控制，完成全厂的安全保护功能。DCS通过对外通信接口，可将厂区的运行参数上传至 ZZZ 监控中心。

建成后的自动控制系统能实现以经济效益为中心的调度，以安全生产为前提的管理模式。

1.4 控制系统设计说明

1.4.1 概述

本着“技术先进、经济合理、运行可靠、操作方便”的原则，全厂采用集中监视、分散控制的方式。集散控制系统 (DCS) 和紧急停车系统 (ESD) 将提供工艺变量控制、阀门切断，监视压缩机等重要设备的状态、并记录工艺参数和报警状态，保证生产装置的整体高度安全和工艺性能。生产装置、公用工程及辅助系统的自动化水平达到国内先进水平。

原料气过滤、计量、调压单元、天然气净化单元、天然气液化单元、LNG 储存、装车区共设一套分散型控制系统 (DCS) 和一套紧急停车系统 (ESD)，并

置于中央控制室内。

LNG生产装置仪控系统由 DCS测控系统、紧急停车系统（ESD）及火灾检测报警系统（FGS）组成；

公用工程成套设备由其自带的控制系统控制，通过通讯线路和 DCS系统连接，报警、故障等重要信号通过硬线连接到 DCS系统进行显示。

1.4.2 DCS系统

DCS系统是 LNG生产装置的重要组成部分，能有效地监控 LNG生产装置的生产过程，根据工艺流程的需要，配备各种仪表及自控装置监控天然气液化设备各部机的工艺参数，并实现各主要阀门的自动控制或遥控操作，以及必要的联锁保护措施，以实现天然气液化生产装置长期安全稳定可靠运行。

仪控系统采用以中控室 DCS系统控制为主、机旁柜显示监控相结合的原则。满足工艺过程的数据采集、过程控制、逻辑运算和快速联锁控制功能。

DCS系统实现工艺参数的显示、趋势记录、历史事件记录、报警、控制、打印、制表及流程图画面动态显示等功能。工艺过程所有常规控制或逻辑控制均由 DCS系统完成，当工艺参数越限时，能记录、显示、打印并报警。应有足够的能记录半年以上历史数据的磁介质存储空间，并具有可扩充外部存储设备的功能，当数据发生丢失及磁介质剩下 10%空间时应有报警。DCS系统的 CPU及通讯总线负荷率控制在设计规定的指标之内并留有 20%裕度，主系统与外系统通讯负荷率不大于 50%，通讯速度不低于 1Mb/s，有长距离通讯能力；控制器的中央处理器、通讯、电源等主要部件具有 1:1 冗余配置，重要 I/O 点应考虑非同一板件的冗余配置，每个 I/O 机架应有 20%的在线备用量；系统电源备用电源的切换时间小于 5ms（应保证控制器不能初始化），系统电源故障应在控制室内设有独立于 DCS系统之外的声光报警；进入 DCS系统的测控信号电缆采用屏蔽电缆；紧急停车按钮配置与 DCS系统分开；DCS系统过程接口的备用点数为实际设计点数的10~15%，输入输出卡件插座（位）的备用空间为10~15%。

1.4.3 ESD系统

独立设置的 ESD系统是在发生事故的情况下确保人员和生产设施的安全，

防止环境污染，将事故造成的影响限制到最小。将 ESD 系统设计成生产过程中最关键、最稳固的最后一道安全防线。系统的关断逻辑由紧急关断系统来实现。ESD 通过对生产过程中的关键参数（压力、温度、液位、流量的上上限或下下限开关）过程工作状况进行连续监视，检测其相对于预定安全操作条件的变化。当所检测的过程变量超过其安全限定值时，ESD 系统立即对生产设备进行操作，也就是对生产设备实施自动关断，力争将生产过程设置成安全的状态，把发生恶性事故的可能性降到最低程度，保护人员、生产设备、周边环境的安全。

ESD 系统设计成故障安全、容错型自动化系统。紧急关断系统的设计原则应确保：某一级别的关断指令均不能引起较高级别的关断，只能引起本级及所有较低级别的关断。装置关断后只有手动复位后才能恢复生产。ESD 系统及其部件的安全等级应达到 SIL3。根据工艺要求及安全等级，本装置独立设置的紧急停车及安全连锁系统(ESD)，完成装置内等级高的安全连锁，以保证装置的人员及设备安全。

ESD 系统分为三级，即全厂停车连锁、工艺停车连锁和单元停车连锁。ESD 采用可编程的冗余和容错型的逻辑控制器系统，设计为故障安全型，即正常时带电，失电时 ESD 动作。用于 ESD 系统的电磁阀也应是长期带电工作的故障安全型。

紧急关断系统关断级别的划分：

紧急关断系统分为三级：

a. 一级关断（ESD-1）为全厂关断及火灾关断。

该级关断级别最高。工厂内发生重大事故或严重火灾时被触发，根据大量的站内监测信号和数据通讯中断信号判断。

关闭所有的有效设备，即除应急支持系统（延时关断）、仪表风系统外全部关停。

此级关断只能由工厂的主要负责人或其指定的人员手动启动。一级关断手动按钮应有明显的标志或警告牌。

b. 二级关断（ESD-2）为工艺关断。

该级关断由主电源、仪表风等公用系统故障或生产系统的重要装置故障引起。此级关断只能由工厂的主要负责人或其指定的人员手动启动。二级关断手动

按钮应有明显的标志或警告牌。

二级关断为不泄压关断。

c. 三级关断 (ESD-3) 为单元关断。

该级关断由单元单个设备故障或极限报警引起。

此级关断仅关断故障设备，而不影响其他设备的正常操作。可以自动连锁启动，也可以人工手动启动。

1.4.4 FGS系统

FGS 系统对工艺装置区及附近区域进行早期的火焰、可燃气体泄露的检测，并通过声光报警指示发生的区域。在工艺装置区设置探测装置，主要监测仪表有可燃气体浓度探测器、火焰探测器及手动报警按钮等。其启动报警系统并产生消防联动和装置的紧急停车，同时将经过确认的报警信号传送到全厂消防控制中心。

1.4.5 仪表选型

仪表选型具有高可靠性并满足精度要求；爆炸危险区内选用和爆炸、火灾危险环境等级相适应的仪表，防护等级不低于 IP65；在天然气有可能泄漏的地方设置天然气检测报警器；在可能出现火灾的地方设置火焰探测器；仪表应满足工艺的各种温度和压力等级要求。

1.4.6 中控室

中央控制室位于安全区的中控楼，中央控制室除包括控制室（操作室、机柜室）、计算机室外，还设置必要的辅助房间，如操作人员交接班室、仪表值班室、卫生间、办公室、维修间等。控制室内将安装 DCS ESD FGS系统机柜、操作台、打印机、ESD系统的辅助操作台、工程师站、操作员站等。

控制室的面积为 240 平方米左右，层高大于 3.3 米，操作室、机柜室铺设防静电地板。操作盘面及操作台台面处照度不低于 300lx，盘后区不低于 200lx；冬季宜保持在 18~20℃，夏季宜保持在 25~30℃，相对湿度宜保持在 40%~70%。

进线方式采用电缆桥架，由控制室北侧进入防静电地板下。

1.4.7 供电电源与接地

供电电源指标和接地：交流电源电压：220V±10%，频率：50±1Hz，波形失真率：小于10%；直流电源电压：24V±1V。中央控制室接地系统采用联合接地，接地电阻小于1欧。同时应满足DCS厂商提出的接地要求。

1.4.8 仪表气

现场仪表空气用量约为200Sm³/h，压力0.4MPa~0.7MPa，正常输出压力为0.5MPa左右，在空压机故障时，须保证30分钟的供气量。气源质量要求：仪表用空气含尘粒径不大于3μm，含尘量应小于1mg/m³，油份含量应小于10mg/m³以下，露点温度-40℃。

1.4.9 控制电缆

控制系统所有电缆采用计算机专用双绞电缆，根据信号的类型选用分屏蔽和分屏蔽总屏蔽的结构。所有电缆由控制室经电缆桥架敷设到工艺装置区，后穿金属保护管到防爆接线箱（对成套工艺装置）、现场测控仪表。在金属保护管和防爆接线箱（对成套工艺装置）、现场测控仪表之间加防爆挠性管保护。电缆应满足安全栅及变送器的性能要求；在桥架敷设中，仪表供电电缆、仪表信号电缆应用金属隔板隔开；户外有缆线连接的测控仪表，均在控制室侧加装浪涌保护器（SPD）；本安型测控仪表除加浪涌保护器（SPD）外，另加安全栅；或直接采用带浪涌保护器（SPD）的安全栅。

信号电缆屏蔽层应在控制柜侧接地，仪表电缆汇线槽、仪表盘、电缆保护管和接线箱等应安全接地；取压管采用Φ14×2mm不锈钢管，气源支线采用镀锌钢管（SC20/SC15），气动信号管采用Φ8×1mm不锈钢管（316SS）。

1.4.10 仪表伴热

对需要伴热的仪表测量管采用自限温伴热带电伴热。

1.5 控制系统构成

LNG工厂控制系统采用集散型控制系统，包括：过程测控系统、紧急切断等系统。整个系统的CPU 通讯、电源及数据总线均采用冗余方式。

1.5.1 集散型控制系统（DCS）

DCS系统通过对LNG工艺装置生产过程进行连续动态监测和控制，使整个LNG装置安全稳定连续生产。DCS系统在结构上分为过程控制器和操作员站（工程师站）。过程控制器由I/O控制站（PM）、通讯接口模块（CM）和网络接口模块（IM）等组成。过程控制器通过智能型过程I/O硬件、连接端子及必要的信号处理，完成连续的、离散的、顺序的控制及数据采集功能。作为人一机接口的操作员站（工程师站）包括主机、键盘、打印机、显示器等，操作员站显示各种动态工艺画面及进行一些必要的手动操作；工程师站用来进行程序的编制、组态及高级测控参数的修改，在级别上高于操作员站。系统组件（过程控制器、操作员站、工程师站）之间通过高速通讯总线进行通讯，系统中的全部数据更新周期至少1次/秒、重要数据更新周期不低于10次/秒。整个系统的CPU 通讯、电源及数据总线均采用冗余方式。

系统由三台操作站（其中一台兼作工程师站）一个控制站、二个机柜、二个安全栅柜组成。系统的操作员站与控制站之间为1:1冗余的100M工业以太网。

三个操作站实现整个系统的状态监视、控制操作、数据管理功能，通过设置密码限制不同级别人员操作。操作员站之间互为备用，只要任一台操作员站正常，即可完成全部操作功能。其中任一台操作站兼工程师站，同时完成系统组态、程序开发、数据库及画面的编辑和修改工作。

1.5.2 紧急关断系统（ESD）

ESD系统由工程师站（操作站）、ESD机柜组成，柜内安装GMR或TMR多冗余容错控制器。其内有I/O模块、逻辑控制器、检测及执行部件等。另设一台ESD辅助操作台。LNG工厂的ESD系统设置为事故安全型。和DCS系统之间通讯联络，报警信号通过硬线连接进入DCS系统。

1.5.1 火灾检测报警系统 (FGS)

FGS 系统由操作站、机柜组成，柜内安装 I/O 模块、逻辑控制器、报警、连锁部件、触摸屏、电源等。和 DCS 系统之间通讯联络，报警线号通过硬线连接进入 DCS ESD 系统及消防控制系统。

1.6 主要仪表控制系统选型

1.6.1 DCS 系统选型

国外公司如 Honeywell、横河等均有不同档次的 DCS 系统产品；国产 DCS 系统符合国情，应用较多的是新华 XDPS-400+ 浙大中控 JX-300X 等，性能上各有优势，性能价格比也各有不同。可在实施时根据资金状况选择国内外知名品牌的產品。

DCS 系统必须至少满足下述要求：

- 1) 工程师站、操作员站计算机系统：P5/3.0G/1GRAM/200GHDD 17" LCD 键盘、鼠标、轨迹球。
- 2) 过程控制器中的 I/O 卡能直接处理或接受：
 1. 模拟量输入类：热电偶 (K、E、R、S、B 等分度号)、热电阻 (RTD)、4~20mA 带配电功能的 4~20mA DC 电压信号；
 2. 数字量输入类：标准数字量、事件顺序信号、脉冲信号、接点信号；
 3. 模拟量输出：4~20Ma
 4. 数字量输出：接点容量 $\geq 24\text{VDC}/0.5\text{A}$ 。

过程控制器的连续控制至少提供以下算法：

各种 PID 控制、开方/平方、加/减/乘/除四则运算、分段线性化、超前/滞后、延时、高/中/低选择、变化率限制、流量补偿运算、累计/平均、采样和保持、用户自定义的功能块、硬软操作器接口。离散控制至少提供以下算法：开关控制、与/或/非逻辑控制、计数/计时、用户自定义的功能块。

1.6.2 ESD系统选型

在石化行业应用较多的是美国 TRICONEX 生产的 TRICON 三重化冗余控制器 (TMR) GE-Fanuc 公司生产的 90-70 PLC, 也属于三重化冗余控制器(GMR) 且都通过了安全机构的认证。实施时可选择以上厂家或其它国内外知名品牌产品。

1.6.3 DCS系统的 UPS选型

法国梅兰日兰公司或西门子-克劳瑞德公司的产品或其它国内外知名品牌, 220VAC 40KVA 60 分钟后备。

1.6.4 FGS系统选型

控制器及模块选用西门子 S7-300 系列 PLC 检测部件选用智能型可燃气体探测器和智能型火焰探测器。

1.6.5 自控及仪表的其它选型

变送器可采用 ROSEMENS SIEMENS 川仪 EJA 或成都中阳等其它国内知名品牌的 CS 智能变送器, 本安型 Ex ia IIC4 或隔爆型 Exd II CT4, 防护等级不低于 IP65, 适合环境温度 -45—80℃, 精度优于 0.3 级。

调节阀可选用浙江富阳恒达、无锡工装、无锡卓尔、成空阀门或其它国内知名品牌产品, 带手轮、过滤减压阀及隔爆电气阀门定位器等, 防护等级不低于 IP65; 分子筛干燥系统切换阀门可选用进口产品。

两位三通、两位五通电磁阀选用国内外知名品牌的产品, 如 ASCO 产品, 隔爆型。防护等级不低于 IP65。

测温元件根据设备和管道的具体情况选用 Pt100 隔爆铂热电阻(IP65) 或铂热电阻的一体化温度变送器。

流量测量原则上采用标准孔板或 GKF 系列高级阀式孔板节流装置 (高级孔板阀), 可在不断流的情况下更换或清洗孔板。也可根据具体介质情况选用金属管转子流量计、容积式流量计、电磁流量计、质量流量计、靶式流量计、超声波流

物位仪表：就地液位指示-选用磁翻板液位计或石英玻璃管液位计；远传液位仪表测量可使用电浮筒液位变送器、磁致伸缩液位计、电容式、超声波等其它液位仪表。输出4~20mA信号。

24VDC电源，采用西门子或菲尼克斯产品。

循环水及消防水系统水池设置静压式液位变送器测量水位；循环水管道设置就地温度、压力表、测温元件、压力变送器、电磁流量计，信号进入DCS系统。补水采用就地水表进行计量。

制氮系统、仪表空气系统、采暖锅炉自带控制系统，其工作状态通过通讯线路和DCS系统连接。空气系统管道设置压力变送器，其信号进入DCS系统。

1.7 DCS ESD系统 I/O 点汇总

1.7.1 DCS系统 I/O 点汇总

下表为DCS系统I/O清单（表中为初步的I/O点数，以施工图完成时的实际I/O点数为准）。

项目	点数
AI	106
AO	27
DI	57
DO	66
RTD	43
RS485口	12
合计	311

注：1. 其中DO信号采用外接220V 5A和24V 3A交直流继电器接点输出。

2. RTD信号为热电阻信号PT100 三线制。

3. 每种通道预留10~15%的备用量。

ESD系统 I/O 点汇总

下表为 ESD系统 I/O 清单（表中为初步的 I/O 点数，以施工图完成时的实际 I/O 点数为准）。

项目	点数
AI:	15
DI	10
DQ 继电器输出	20
合计	45

1.7.3 FGS系统 I/O 点汇总

下表为 FGS系统的 I/O 清单（表中为初步设计的点数，最终以施工图完成时的点数为准）

项目	点数
AI:	26
DI	10
DQ 继电器输出	20
合计	46

1.8 仪控系统的主要设备

仪控系统设备的具体数量、配置等以最终设计为准

1.8.1 控制室

(1) DCS系统：主要包括

DCS控制站机柜

2 台

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/468130123057006042>