

Application of TSxPlus System in Catalytic Slurry Hydrogenation Device

Shaowen Tang

Nanjing Jinling Petrochemical Construction and Installation Engineering Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210033, China

Abstract

This paper briefly introduces the process of catalytic slurry hydrogenation unit and tsxplus system. Combined with the actual production, the application of the system in catalytic slurry hydrogenation unit is introduced.

Keywords

catalytic slurry hydrogenation; TSxPlus system; SIS; control scheme

TSxPlus 系统在催化油浆加氢装置的应用

唐少文

南京金陵石化建筑安装工程有限公司, 中国·江苏南京 210033

摘要

论文简要介绍催化油浆加氢装置工艺以及 TSxPlus 系统, 结合生产实际, 介绍该系统在催化油浆加氢装置中的应用。

关键词

催化油浆加氢; TSxPlus 系统; SIS; 控制方案

1 引言

燃料油主要以原油加工过程中的渣油、催化裂化油浆、催化重柴油及其他重质馏分等为原料调合而成。燃料油还可以在多种设备上使用, 分为船用燃料油、炉用燃料油及其他燃料油。工业和电力行业燃料油消费量可能继续萎缩, 石油加工行业对燃料油的需求已降至极低水平但仍存在少量刚需, 而船用燃料油持续增长。根据国际海事组织 (IMO) 的规定, 自 2020 年 1 月 1 日起, 全球所有海域航行的船舶尾气必须达标排放, 船舶或使用硫含量小于 0.5% 的低硫燃料油, 或采用尾气脱硫措施。按照新规, 高、低硫船舶燃料油将在市场共存。船舶燃料油质量标准升级后, 低硫燃料油供应将趋紧, 高低硫船舶燃料油价差拉大, 船舶燃料油生产、供应格局将发生改变。船舶燃料油质量标准升级, 对产能过剩的中国炼油业来说是难得的发展机遇^[1]。随着环保政策加深, 船舶燃料油的使用也成为交通运输部重点关注对象, 因此燃料油生产装

置的安全生产也就尤为重要。

2 催化油浆加氢

2.1 装置简介

90 万吨 / 年催化油浆加氢装置是金陵石化公司在现有 III 汽油加氢装置基础上改建的一套催化油浆“减压蒸馏—加氢脱硫”装置。于 2020 年 12 月投入生产使用。该装置以金陵石化公司 I、II、III 套催化装置的催化油浆及罐区油浆为原料, 主要生产低硫船用燃料油调和组分, 送至油品罐区调和生产 RMG380 船用残渣燃料油。后期兼顾生产满足下游焦化装置生产高端石墨材料所需的原料。

2.2 工艺技术简介

90 万吨 / 年催化油浆加氢装置采用中国石油化工股份有限公司大连 (抚顺) 石油化工研究院 (后文简称 FRIPP) 研发的催化油浆加氢技术方案, 生产低硫船用残渣燃料油。

由于金陵催化油浆含有催化剂粉末、且硫含量较高, 需要进行原料预处理。催化油浆中的催化剂粉末可以采用切尾方法除去, 先将催化油浆减压深拔, 取得合适的催化油浆原料,

【作者简介】唐少文 (1988-), 男, 中国江苏徐州人, 助理工程师, 从事仪表自动化研究。

再将该油浆进一步加氢处理降低硫含量，满足低硫的要求。催化油浆经减压蒸馏、加氢脱硫后，至罐区调和。其生产技术路线见图1。

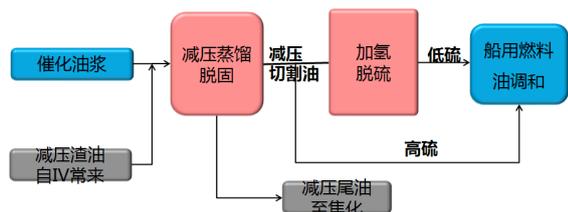


图1 催化油浆加氢装置生产技术路线

3 TSxPlus 系统

3.1 系统介绍

“TSxPlus 安全保护和关键控制系统”是康吉森面向工业自动化流程行业应用开发的具有完全自主知识产权的安全仪表系统(SIS)和机组控制系统(ITCC)产品^[2]。康吉森TSxPlus 安全仪表系统(SIS)完全适用于化工、石化企业的安全保护及关键控制。TSxPlus 系统包括硬件平台和软件平台两部分，其中硬件平台通过专用 FTA 端子板连接现场仪表和执行器；软件平台包括组态编程、诊断、OPC、SOE、AMS 和 HMI 等软件。同时，TSxPlus 具有与第三方系统的通讯接口，支持 Modbus TCP、Modbus RTU 和 Modbus ASCII 通讯。

容错是系统的重要特性，它是系统能诊断到故障并采取必要措施的能力。TSxPlus 系统采用 TMR 安全架构，采用了完全的三重化设计(2oo3D)。除电源模块为双重冗余架构外，PM、BI 及 I/O 均包含独立三系，三系并行，每系可独立执行控制程序，有效提升系统及被控过程的安全性和可用性。TSxPlus 系统具有多种故障诊断及报警功能。该系统降级模式为 3-2-1-0。这种架构和降级模式可以保证系统应用过程在确保安全性的同时维持最大的可用性。TSxPlus 系统在取得功能安全 SIL3 认证的同时还取得了欧洲信息安全 SL1 认证和美国信息安全标准定义的 Level 1 等级认证，可以同时满足用户对功能安全和信息安全的要求。TSxPlus 系统是中国同类产品首套取得国际信息安全标准认证的安全保护系统，也是中国首套取得美国信息安全标准认证的安全保护系统。

3.2 TSxPlus 硬件架构

TSxPlus 系统是基于先进的功能安全和信息安全技术的可编程电子控制系统，专门用于过程控制、紧急停车系统、燃烧炉管理系统和火气系统等 SIS 应用^[3]。TSxPlus 系统中的

模块可根据特定的安全或控制应用所需的功能进行配置。

一套典型的 TSxPlus 系统包括主处理器模块(PM)、通讯模块(CM)、电源模块(PW)、I/O 模块和端子板(FTA)、容纳这些模块的机架、现场连接线以及 PC(见图2)。TSxPlus 系统中每个模块作为现场可更换单元，安装在机架内，且均具备防混淆设计。

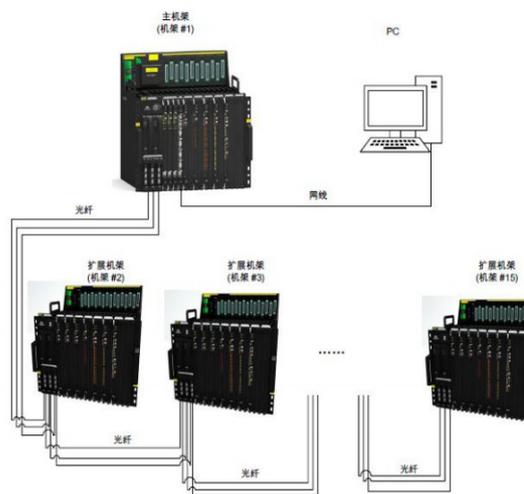


图2 TSxPlus 系统配置

3.2.1 机架(MC)

TSxPlus 系统的机架采用标准的 19 英寸机架，最多支持 15 个机架。该系统支持主机架和扩展机架物理结构模式。主机架提供 2 个系统电源模块槽位、3 个主处理器模块槽位、1 个通讯模块专用槽位和 6 对冗余 I/O 槽位；扩展机架提供 2 个系统电源模块槽位和 8 对冗余 I/O 槽位。

3.2.2 电源模块(PW)

TSxPlus 系统每个机架内配备两个冗余的电源模块(PW)，分别经过机架底板独立的输入端子，每个电源均可满足机架内系统侧电源要求。电源模块(PW)具备输出过压和过流保护。

电源模块(PW)双冗余配置提高了系统可用性的同时，并不影响系统的 SIL 等级。在 PC 软件中，电源模块(PW)冗余使用不需要用户配置。

3.2.3 主处理器模块(PM01)

TSxPlus 系统主处理器模块(PM01)采用三冗余配置，三个独立控制器模块同步运行，降级模式支持 3-2-1-0；每系主控制器负责通过 I/O 总线获取输入模块采集信号，与另外两系主处理器模块交换数据，经过运算和三取二表决后，通过 I/O 总线输出最终命令。

主处理器模块具有丰富的诊断功能,可及时诊断出电源、时钟、存储器、CPU、外围接口等故障,自动做相应处理并及时报警。

3.2.4 通讯模块 (CM01)

TSxPlus 系统通讯模块 (CM01) 用于完成控制站与上位机软件之间的通讯,控制站之间的安全通讯,控制站与第三方控制系统之间的通讯。

每个 CM 支持 2 个 Ethernet 接口和 4 个串口。Ethernet 接口可被配置为 System Net 与上位机软件进行通讯,或者可配置为 Safety Net 与其他控制站通讯,或者配置成 Modbus TCP 与第三方控制系统进行通讯。串口可配置为 Modbus RTU/ASCII 与第三方控制系统通讯。

3.2.5 I/O 模块及 FTA 板

TSxPlus 系统常用的 I/O 模块有 AI 模块 (AI3281)、AO 模块 (AO1681)、DI 模块 (DI3201)、DO 模块 (DO3201)、PI 模块 (OSP01)。I/O 模块采用单模块 TMR 架构,冗余的三系放置在同一模块上。I/O 模块通过固定在机架背板上的连接器与主处理器模块 (PM) 和 FTA 连接。每个 I/O 模块对应一个 FTA, I/O 模块冗余配置时,冗余模块共用 FTA。I/O 模块的工作温度是 -10~60℃。I/O 模块均支持在线更换。

3.3 TSxPlus 组态软件

3.3.1 ARCHITECT EVENT 软件简介

ARCHITECT EVENT 软件是一款运行于 Windows 操作系统下的事件收集软件,与控制站按照私有通讯协议进行连接并实时交换数据,可以对获取的事件进行查找、排序、筛选等离线操作,并具有操作日志记录、操作权限配置和用户权限管理等功能。

3.3.2 ARCHITECT MONITOR 软件简介

ARCHITECT MONITOR 软件是一款运行于 Windows 操作系统下的通讯软件,与控制站按照私有通讯协议进行连接,提供读取诊断信息、版本、日志的服务,支持记录操作日志和通讯日志,并且具有操作权限配置和用户权限管理等功能。

3.3.3 ARCHITECT SERVER 软件简介

ARCHITECT SERVER 软件是一款运行于 Windows 操作系统下的 OPC Server 通讯软件,与控制站按照私有通讯协议进行直连,可以与支持 OPC Client 的第三方应用系统进行

交换数据,提供读写变量的服务,并具有操作日志记录、操作权限配置和用户权限管理等功能。

3.3.4 ARCHITECT 软件简介

ARCHITECT 作为可编程控制系统组态编程工具,运行于 windows7/10 及以上 windows 操作系统。支持用户使用 IEC61131-3 标准的 ST、FBD、LD 等语言进行控制逻辑编程,支持用户定义简单和复杂的各种类型变量,同时也支持对可编程控制系统进行硬件模块配置。组态软件提供离线编辑和编译功能,提供下装、在线下装、监视变量等基本在线功能,同时还提供了停止/启动/单周期/暂停、写变量、强制变量等高级功能。

4 TSxPlus 系统在催化油浆加氢装置的应用

90 万吨/年催化油浆加氢装置的安全仪表系统 (SIS) 控制方案主要分为加氢部分 (原 III 汽油加氢装置改建) 和减压部分 (新建) 两个部分。加氢部分 (改建) 控制方案分别是 I1 ~ I7 的紧急泄压停车连锁、加氢进料泵停车连锁、加热炉 F101 停炉连锁、加热炉 F101 长明灯停车连锁、高分系统液位低低连锁、循环氢压缩机连锁和新氢压缩机连锁。减压部分 (新建) 控制方案分别是 I8 ~ I17 的注水系统停泵连锁、减压炉 F401 停炉连锁、减压炉 F401 长明灯停车连锁、减压塔侧二线火灾阀连锁、减压塔底火灾阀连锁、减压炉 F401 引风机连锁、减压炉 F401 鼓风机连锁、加热炉 F101 鼓风机连锁、减顶不凝气排放连锁和压缩机干气密封连锁。

4.1 硬件配置及系统组态

根据项目需求,本项目共配置了 2 个控制柜 (包括 1 个主机架、3 个扩展机架)、3 辅助柜、1 台工程师站、1 台操作站。系统内包括 1 组主处理器模块、1 对冗余通讯模块、6 个 AI 模块、1 个 AO 模块、6 个 DI 模块、5 个 DO 模块和 1 个 PI 模块。本项目首先在 ARCHITECT 组态软件中创建一个新项目。ARCHITECT 只有与控制站连接才具有实际使用意义,应在项目中添加一个控制站,双击站名,打开硬件配置窗口,进行硬件配置 (见图 3)。

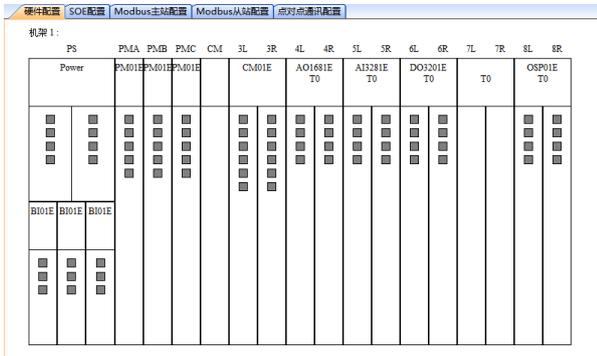


图 3 硬件配置窗口

硬件配置完成后，在项目树上右击程序列表新建一个程序。程序创建完成后，将程序添加到执行列表中。在程序执行的时候，控制站将按照执行列表中的顺序周期性执行。

4.2 控制方案策略组态

本项目使用 ARCHITECT 中的 FBD 语言进行控制逻辑编程，实现各种控制方案。

4.2.1 AI 模拟量处理。

使用 AIN_1 模块对所有 AI 点进行量程转换和报警值、联锁值处理（见图 4）。

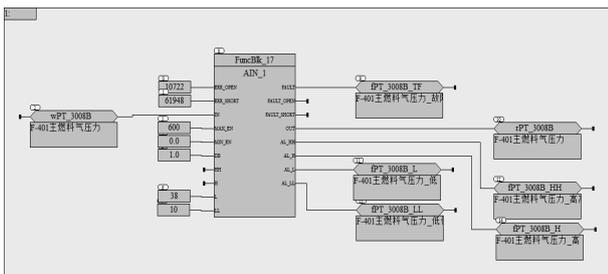


图 4 AI 模拟量处理模块

4.2.2 联锁控制方案的实现。

使用或门 (OR)、三取二模块 (V2oo3)、SR 触发器 (SR) 等功能块，搭建出符合控制策略的控制方案。

减压炉 F401 长明灯停车联锁 (I10) 控制方案（见图 5）的联锁条件：①减压炉长明灯火嘴压力低低三取二（PT3009ABC）；②炉膛辐射顶压力持续过高（PT3083ABC 高高三取二，持续 > 5s）；③减压炉手动停长明灯按钮（辅操作台）；④减压炉手动停长明灯按钮（现场按钮）。

联锁动作：①关减压炉主火嘴切断阀（XV3002）；②关减压炉长明灯切断阀（XV3001）。其他 I1 ~ I17 的控制方案也依次完成。

4.2.3 过程报警处理

使用 ALM 模块对报警信号、联锁信号等过程报警进行

处理（见图 6），输出至蜂鸣器及指示灯，产生及时的声光报警。提醒操作人员及时处理。

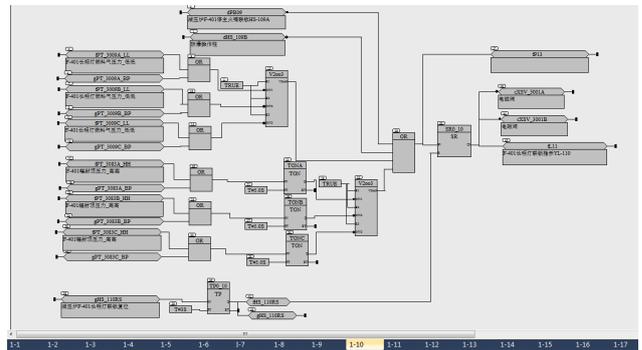


图 5 减压炉 F401 长明灯停车联锁控制

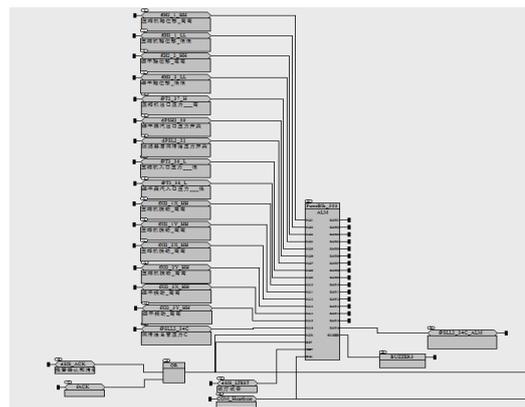


图 6 报警信号、联锁信号处理

4.2.4 系统报警处理

使用硬件状态采集模块（TR_SLOT_STATUS）采集硬件信息，集中处理后输出系统报警状态（见图 7）。

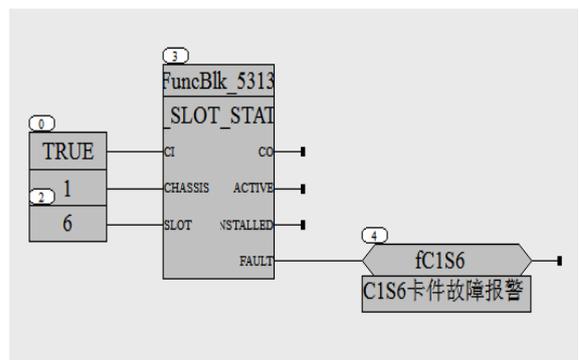


图 7 硬件状态采集模块

4.3 Modbus 通讯组态

在硬件配置窗口中，选择 Modbus 从站配置。在配置中根据数据类型的不同，将需要通讯的变量分配在相应的通讯块中。通讯块共有线圈、离散量输入、输入寄存器和输出寄存器 4 类。再到相应通讯块中分配通讯变量的通讯地址（见图 8、图 9）。

地址名称	变量名称	变量来源	数据类型	地址
0001	rFT_101_1	P-101A-D加量...	REAL	4
0002	rFT_101_2	P-101A-D加量...	REAL	4
0003	rFT_101_3	P-101A-D加量...	REAL	4
0004	rLT_103_1	D-102液位分毫...	REAL	4
0005	rLT_103_2	D-102液位分毫...	REAL	4
0006	rLT_103_3	D-102液位分毫...	REAL	4
0007	rFT_3007A_1	地磅秤入口流量...	REAL	4
0008	rFT_3007A_2	地磅秤入口流量...	REAL	4
0009	rFT_3007A_3	地磅秤入口流量...	REAL	4
0010	rFT_3007B_1	地磅秤入口流量...	REAL	4
0011	rFT_3007B_2	地磅秤入口流量...	REAL	4
0012	rFT_3007B_3	地磅秤入口流量...	REAL	4
0013	rFT_3601	压缩机干气流量...	REAL	4
0014	rFT_3602	压缩机干气流量...	REAL	4
0015	rFT_3603	压缩机干气流量...	REAL	4
0016	rFT_3604	压缩机干气流量...	REAL	4
0017	rFT_3605	压缩机干气流量...	REAL	4
0018	rFT_3606	压缩机干气流量...	REAL	4
0019	rFT_3607	压缩机干气流量...	REAL	4
0020	rFT_3608	压缩机干气流量...	REAL	4
0021	rFT2_20	汽轮机控制电流...	REAL	4
0022	rFT2_50	流量控制电流...	REAL	4
0023	rFT420501	汽轮机进气流量...	REAL	4
0024	rLT_3601	压缩机干气流量...	REAL	4
0025	rPDT2_40	冷却器控制电流...	REAL	4

图 8 通讯变量配置 1

地址名称	变量名称	变量来源	数据类型	地址
0001	rXZCS_103	液位关闭信号	BOOL	1
0002	rXZCS_104	液位关闭信号	BOOL	1
0003	rXZCS_105	液位关闭信号	BOOL	1
0004	rXZOS_101	液位开闭信号	BOOL	1
0005	rXZOS_102	液位开闭信号	BOOL	1
0006	rXZOS_103	液位开闭信号	BOOL	1
0007	rEO_C101A	新氢气压缩机...	BOOL	1
0008	rEO_C101B	新氢气压缩机...	BOOL	1
0009	rHSV_3081	电磁阀	BOOL	1
0010	rKS_C401_STOP	引风机电-402停...	BOOL	1
0011	rKS_P101A_STOP	P-101A停泵	BOOL	1
0012	rKS_P101B_STOP	P-101B停泵	BOOL	1
0013	rKS_P405A_STOP	P-405A停泵	BOOL	1
0014	rKS_P405B_STOP	P-405B停泵	BOOL	1
0015	rKS_P406A_STOP	P-406A停泵	BOOL	1
0016	rKS_P406B_STOP	P-406B停泵	BOOL	1
0017	rSV2_13	分馏器电磁阀	BOOL	1
0018	rSV2_14	分馏器电磁阀	BOOL	1
0019	rSV2_60	入口电磁阀	BOOL	1
0020	rSV2_61	出口电磁阀	BOOL	1
0021	rSV2_62	冲淋电磁阀	BOOL	1
0022	rSV2_63	充气管电磁阀	BOOL	1
0023	rSV2_64	主电磁阀	BOOL	1
0024	rSV2_65	主电磁阀	BOOL	1
0025	rSV_3601	电磁阀	BOOL	1

图 9 通讯变量配置 2

Modbus 从站配置完成后，可以与支持 Modbus 协议的第三方应用系统进行交换数据。催化油浆加氢项目将 TSxPlus 系统中的数据通过 Modbus 通讯传送到 DCS 系统（Honeywell PKS 系统）中显示。

5 结语

90 万吨 / 年催化油浆加氢装置是金陵石化公司内首批使用 TSxPlus 系统的装置之一。在装置开工过程中经过大量调试、完善，完全满足装置工艺操作要求。自 2020 年 12 月投入生产使用以来，系统平稳运行了半年。充分体现了 TSxPlus 系统工作稳定、安全可靠，足以保证装置安全平稳运行。

参考文献

- [1] 刘初春. 未来低硫船舶燃料油市场走势分析 [J]. 国际石油经济, 2020(2):82-88.
- [2] 佚名. 信息与动态 [J]. 中国仪器仪表, 2019(5):17-20+70+79.
- [3] 周有铮. 安全仪表系统与 TSxPlus 系统 [J]. 通用机械, 2018(7):27.