

基于 DCS 系统顺控程序修改实现国产催化剂的量产应用

郭江明, 刘伟, 刘怡, 李书辉, 李月英

中国石油独山子石化分公司信息网络公司 新疆独山子

【摘要】 本文简单介绍了 DCS 顺控程序特点和聚乙烯装置生产双峰产品时的催化剂工艺流程、催化剂进料的顺控程序; 重点阐述生产双峰产品时使用国产催化剂在工艺生产过程中遇到的问题, 通过对这些问题分析和对比原催化剂进料程序、工艺流程, 做出对现有顺控程序的修改, 满足了国产化催化剂进料工艺要求, 保证了国产化催化剂的量产应用。

【关键词】 催化剂; DCS; 顺控程序; 工艺流程

【收稿日期】 2025 年 3 月 10 日 **【出刊日期】** 2025 年 4 月 11 日 **【DOI】** 10.12208/j.jjea.20250130

Modifying DCS sequential control program for mass production of domestic catalysts

Jiangming Guo, Wei Liu, Yi Liu, Shuhui Li, Yueying Li

Information Network Company of Petrochina Dushanzi Petrochemical Company, Dushanzi, Xinjiang

【Abstract】 This article briefly introduces the characteristics of DCS sequential control programs and the catalyst process flow, as well as the sequential control program for catalyst feeding in polyethylene units producing bimodal products. It focuses on the issues encountered when using domestic catalysts in the production of bimodal products. Through analysis of these problems and comparison with the original catalyst feeding program and process flow, modifications were made to the existing sequential control program. These changes meet the process requirements for domestic catalyst feeding and ensure the successful mass production application of domestic catalysts.

【Keywords】 Domestic catalyst; DCS; Sequential control program; Process flow

前言

在聚乙烯反应中, 催化剂是调控反应速率、单体选择性、产品性能的关键物质; 随着工业发展催化剂已成为现代化学工业的“基石”, 也奠定了其在石油化工中的“核心”战略地位。因此催化剂在聚乙烯装置量产应用才是检定催化剂成败的关键。长期以来, 我国化工企业高端催化剂市场被国外企业垄断, 进口依赖度高, 严重制约了相关产业的发展。国产催化剂量顺利量产应用将极大推动国产催化剂替代进口, 对于保障产业链供应链安全、提升产业竞争力、实现高质量发展具有重要意义。随着国内生产催化剂技术升级, 国产催化剂逐渐进入装置, 但是使用国产催化剂时, 也出现了一些“水土不服”的情况, 如经常出现注入口堵塞现象、反应控制不全面等问题。如何解决这些问题是摆在我们能否大量

使用国产催化剂的一道难题。DCS 顺控是指按照预先设定的步骤、条件和时间顺序, 自动完成一系列控制操作的过程。它主要应用于现场设备的启停控制、物料批处理生产过程、工艺设备的联锁控制、复杂操作流程的自动化控制。主要特点有步骤明确; 条件清晰; 时序性强; 根据现场要求随时配置。随着 DCS (分布式控制系统) 的发展, 顺序控制广泛用于化工工业自动化中, 并起到关键作用, 成为现代化工业不可或缺的控制方式。

1 聚乙烯装置双峰产品及工艺流程

双峰聚乙烯 (Bimodal Polyethylene) 是一种分子量分布呈现双峰特征的高性能聚乙烯物, 相较于传统单峰聚乙烯树脂, 它在多个方面如机械加工性、应力开裂性、使用寿命、高端市场都展现出显著优势, 广泛应用于薄膜、管材、吹塑、电缆护套等领域。

第一作者简介: 郭江明 (1982-) 男, 高级工程师, 仪表维护。

由于其包含高分子量和低分子量两种链段聚乙烯树脂, 其中低分子量部分提高了产品高熔体流动性, 便于加工; 高分子量部分增强了机械强度和性能, 凭借其特殊的分子结构使其性能在很多方面优于传统聚乙烯。在聚乙烯生产中, 双峰反应和单峰反应的核心区别在于对分子量分布的控制能力, 这直接决定了最终产品的性能差异^[1]。由于单峰传统聚乙烯装置一般使用单活性催化剂因此控制简单, 但是双峰聚乙烯一般使用多活性催化剂或串联反应器, 因此对催化剂的平稳注入有了更高的要求。聚乙烯装置一般使用两台控制条件不一样的反应器注入不同催化剂和中间处理系统串联运行来完成双峰产品的生产。在使用国产化催化剂生产双峰正常操作模式中, 第一反应器出来的反应物必须经过中间处理单元处理后再送往第二反应器。第二反应器抽出的淤浆产品要将粉料和溶剂以及未反应的单体分离。随着企业提质增效向精向细综合效益最大化, 因此石化公司将大量生产双峰产品, 这时国产化催化剂量产使用将成为效益最大化的瓶颈。

2 聚乙烯装置生产双峰产品时国产催化剂使用情况和单双峰产品生产时装置工艺状况

2.1 生产双峰产品时国产催化剂使用遇到的问题

为提高装置运行的经济性, 聚乙烯装置排产的双峰产品逐渐增多, 为了更好的提高经济效益和减少对进口催化剂的依赖, 国产催化剂将大量使用在生产装置。在使用国产催化剂初期经常出现工艺管线堵塞情况^[2], 对比前期催化剂使用情况(堵塞概率增加约 50%), 发生堵塞后, 工艺人员一般采用现场侧击管线、频繁开关稀释控制阀等方式进行处理, 疏通堵塞。随着双峰产品排产增多, 堵塞情况显露其顽固性, 且堵塞严重、频率增多。前期的一些堵塞处理经验效果甚微, 反而会出现更加严重的堵塞情况, 不得已采用倒空催化剂至废料罐后重新进行稀释、疏通、重新进催化剂; 当堵塞严重、处理时间较长时就会造成催化剂进反应器中断, 从而使装置降负荷或造成装置循环等状况。针对此问题, 虽已采取了一些改进措施(改造催化剂输送管线、降低催化剂下料时间、增加电伴热及保温等), 但效果不理想(堵塞概率下降至 30%左右)。这种问题严重制约了双峰产品的平稳长周期运行, 随着双峰产品日益增多, 单峰与双峰工艺切换也随之增多, 如何无

扰动切换也成了装置平稳生产的关键。

2.2 针对国产催化剂堵塞的问题分析

为了彻底解这些问题, 维护人员对催化剂稀释过程进行全流程排查、分析, 经过反复观察和现场处理经验, 发现催化剂堵塞主要发生在输送阶段, 分析原输送步骤是将催化剂配置罐内的国产催化剂用异丁烷浸润后, 直接打通输送流程向催化剂缓冲罐输送, 由于浸润把握不好, 造成稀释后的国产催化剂浓度较高, 流动性变差, 易堵塞在下料管线内, 无法完成输送。通过程序和工艺流程结合, 反复推敲输送程序过程, 将输送过程改进为: 首先打通催化剂配置罐底部的浸润线至催化剂缓冲罐的流程, 用异丁烷冲洗下料管线, 冲洗一段时间后, 保持冲洗线继续投用, 再打开输送流程, 用催化剂配置罐底部的异丁烷冲洗稀释高浓度的催化剂淤浆^[3], 防止催化剂淤浆堵塞下料管线, 最终完成催化剂的输送^[4]。

2.3 催化剂顺控程序的解读

图 1 为稀释催化剂工艺流程图。由图 1 可知, 外购催化剂按照设计商催化剂配方活化后, 用氮气密封贮存在移动贮罐中(V2003A~J), 贮罐中的催化剂再被氮气输送至催化剂日罐 V3007, 接着催化剂由自动程序控制配制成催化剂淤浆。催化剂淤浆进入 V3008 罐(SAS 罐), 再由 V3008 罐输送到 V3009, 在输送过程中同时用异丁烷将其稀释到工艺要求的浓度。从 V3009(带有搅拌器)中, 小量的催化剂淤浆被输送到缓冲罐 V3010, 在被更进一步的稀释后, 由泵 P3008A 泵入反应器^[5]。

工艺催化剂稀释操作步骤:

2.3.1 零步: 初始化

定时器清零, 各个模块置为程序模式, 检查阀门阀位, 液位计, 压力表正常, 没有出现报警状态。

2.3.2 一步: 等待装载

A) 设定程序投用模式和操作名;

B) 检索判定程序状态, 检索计数器计次数, 运行一次程序计数器记一次, 如果计数器超限, 发出超限报警;

C) 检索催化剂选择按钮状态, 罐压力小于设定值;

D) 选择开关选择后, 锁存, LOCK CATSEL。

2.3.3 二步: 初始化所选程序段

A) 锁存所选程序段;

- B) 关闭和检查所有阀门关位没有报警;
- C) 打开 XV30040 阀, 冲入异丁烷, 冲洗开始;
- D) 检索 XV30040 阀的位置开关, 阀开, 无报警。

2.3.4 三步: N2 FLUSH

- A) 打开 XV30043 阀, 冲压, 等待 10S;
- B) 依次打开出料阀门, 计时。

2.3.5 四步: 催化剂填充

- A) 打开 XV30041 阀, 等待压力到达设定点进行催化剂填充;
- B) 待填充完毕同时罐的计量称到达设定点, 关闭阀门, 填充完毕。

2.3.6 五步: 浸润

- A) 设定浸润程序;
- B) 浸润设定判定为真, 检查各个罐的压力正常, 弹出对话框: (开始浸润, 等待浸润设定时间);
- C) 浸润过程出现阀门罐的报警, 弹出对话框: ERROR。

2.3.7 六步: 传送步

- A) 打开传送阀, 传送阀开位到设定点 (12%);
- B) 打开传输送阀, 等到输送完检索罐和计量称设定点。
- C) 到达设定点后, 传送结束。

2.3.8 七步: 再次 N2 FLUSH

- A) 确认吹扫完毕。
- B) 检索程序, 关闭所有阀门, 无报警。

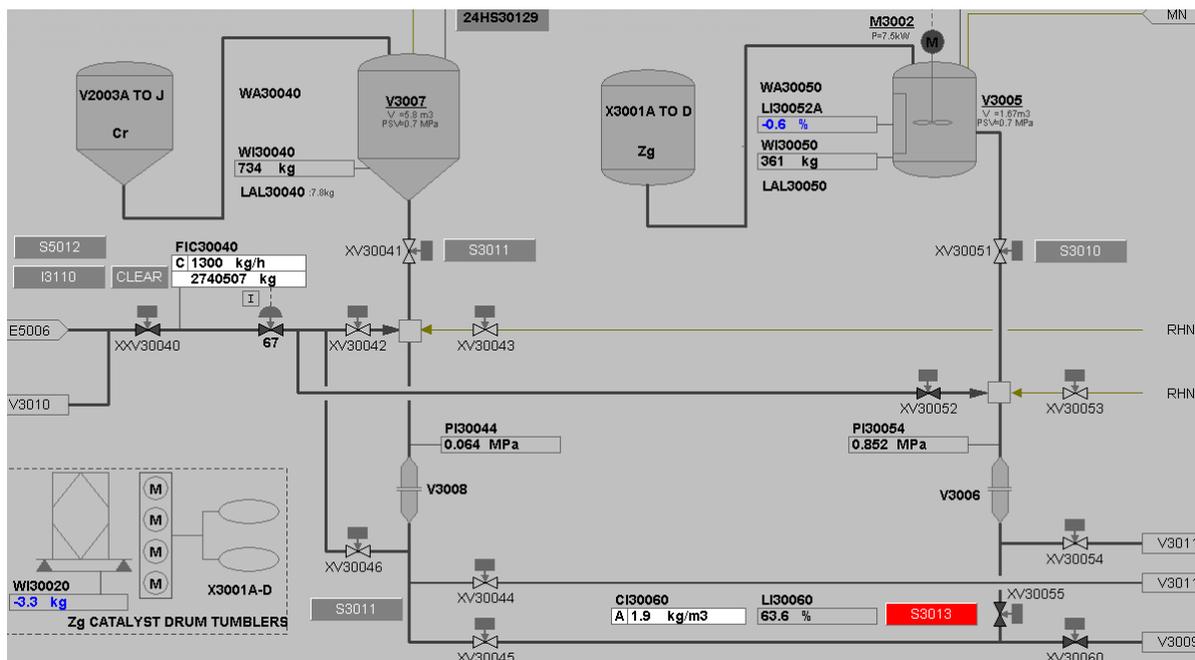


图 1 稀释催化剂工艺流程图

3 具体实施步骤

3.1 对国产催化剂稀释过程步骤进行梳理

图 2 为催化剂稀释顺控过程顺序逻辑; 基于 DCS 顺控程序的特性, 可以直观查看程序的所有步骤及顺序关系^[6], 由图 2 我们可知稀释过程分为七步, 分别是等待、初始化、氮气吹扫、充装、浸润、输送和吹扫 7 个步骤, 如图 2 催化剂稀释顺控过程:

国产催化剂堵塞主要发生在输送步骤 (06 步: TRANSFER), 国产催化剂为干态粉末, 经过异丁烷浸润后, 催化剂变为湿态淤浆且浓度较高, 流动性变差, 在输送过程中堵塞在下料管线中。

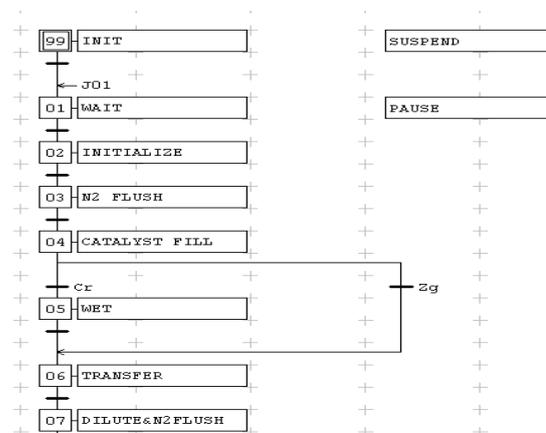


图 2 催化剂稀释顺控过程

3.2 对于国产催化剂稀释程序输送步优化步骤原程序流程是:

打开 XV30046→浸润→关闭 XV30046→输送

在国产催化剂进料时, 不时出现堵塞, 通过对堵塞时工艺流程分析, 发现这种状况主要由于稀释不充分造成, 如何让稀释更加充分? 通过仪表控制实现。所以将稀释程序改为:

打开 XV30046→浸润→保持 XV30046 开位→输送

这样可以使用异丁烷连续不断的稀释催化剂, 使国产催化剂保持流动性, 同时增加浸润时间, 增加冲洗量, 在国产化催化剂进料时充分稀释。为了更加优化催化剂稀释程序, 在 DCS 顺控程序中增加浸润时间 (XV30046DT), 如下图 3 所示。

```
wait until (XV046.PV==2 and XV046.ALARM=="NR")
delay %XV046DT*1000
```

图 3 浸润时间

为了配合阀位时间, 同时增加了浸润时间的灵活性, 原程序的浸润时间是一个定值, 原设定是 10 分钟, 这样设定在一般工况下可以满足条件, 但是随着装置年限的增加, 造成管道结垢, 和新催化剂的适用性, 浸润时间的定值时间已经无法满足稀释程序的准确运行, 所以将 WET TIME 修改定值为变值, 可以根据工况来完成任何排号的正常生产。大大的提高了容错率和减少了堵塞。试运行后完全解决了堵塞问题^[7], 如下图 4 所示。

通过顺控对聚乙烯装置国产催化剂的稀释程序优化后, 堵塞程度大大降低, 这是近四年的铬系产品分析记录, 如下表格 1。

3.3 通过顺控实现双程序优化

由于稀释程序采用一个源程序 (SEQ3050A/SEQ3050B), 如果修改双峰程序顺控, 会造成生产单峰产品时催化剂无法满足目的工艺流程, 如下图 5。

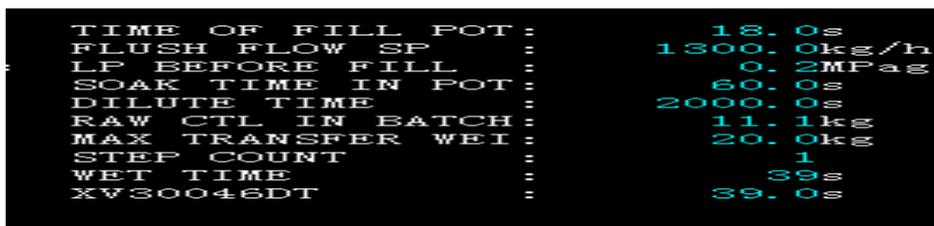


图 4 可修改浸润时间面板

表 1 铬系产品分析记录

日期	排号产品	堵塞次数	解决方法
2021 年	2	4	敲击/人工冲洗
2022 年	1	2	敲击/人工冲洗
2023 年	1	2	优化操作流程
2024 年	2	0	顺控优化

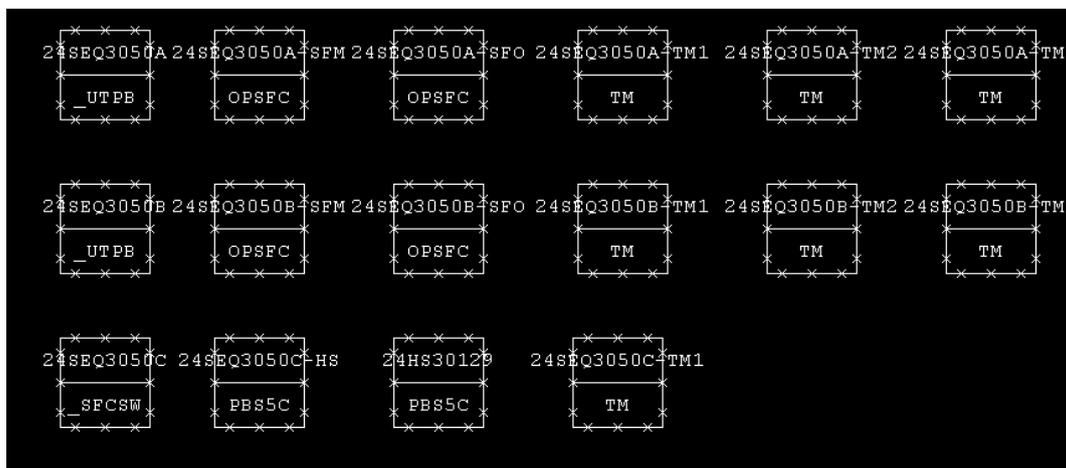


图 5 单峰和双峰顺控源程序图

为此我们提出了 3 种可行性的方, 如下:

(1) 两个程序段分开做

这种方案的优点是简单明了, 可是工作量大, 容易出错, 由于每次装置停工时间短, 这种方案相当于重新编写顺控程序, 费时费力, 修改完后无法满足测试条件, 只有在生产单峰或者双峰时才有条件测试修改的顺控程序。

(2) 程序段不分开, 找出程序差异加以优化

这种方案同样工作量大, 而且需要厂家技术支持, 解读两个顺控里的差异, 把所有不同点找到后, 进行程序优化, 把不同的程序段分出去, 定义不同程序段的变量。装置 09 年开工到现在, 已经失去了厂家的消息, 寻找厂家支持十分困难。

(3) 在顺控程序的输送段增加判定^[8]

这种方法是最优的方法, 工作量小, 在稀释程序的输送段增加判定, 判定是 A 程序还是 B 程序, 根据动作阀门的不同, 增加判定, 首先定义变量 YTT, 作为判定变量, %%。MON=ytt, 如下图 6。

```
%%.USER1=getname(%%)
%%.USER2=%.PHASE
ytt =right(%%.USER1,1)
%%.MON = ytt
```

图 6 增加定义变量

然后根据阀门的不同判定 A/B 程序, 如果判定 A 程序, 走 A 的程序段, 判定 B, 走 B 的程序段, if (ytt=="A"), 判定程序执行"A"或者"B"如下图 7:

```
DRVDEV(XV060,"OPEN",XV060FC,XV060FO)
wait until (XV060.PV==2 and XV060.ALRM=="NR")
DRVDEV(XV045,"OPEN",XV045FC,XV045FO)
wait until (XV045.PV==2 and XV045.ALRM=="NR")
if (ytt=="A") then
```

图 7 选择判定的顺控程序

4 结语

国产催化剂替代进口是保障产业链供应链安全、提升企业竞争力、实现高质量发展的必然选择, 利用 DCS 功能块的顺控功能优化程序, 解决了国产催化剂量产应用时易堵塞的问题, 为国产催化剂的量产保驾护航, 提高国产催化剂的竞争力, 更大提升了企业经济效益。

参考文献

- [1] 潘锡富.AE94.3A 联合循环机组自动启停技术实施[J].燃气轮机技术, 2024, 37(3):58-62.
- [2] 张成, 韦靖博.一种基于 DCS 控制的气动阀门故障预判系统及预判方法:CN202211290627.6[P]. CN115586754A [2025-07-21].
- [3] 刘威, 康海龙, 陈芳震, 等.一种基于 DCS 控制系统的自检模块及方法 :CN202211462924.4[P].CN116224920A [2025-07-21].
- [4] 周丽锋, 王竞杉, and 周骥. "给煤机控制系统 DCS 化改造." 今日自动化 8(2023):16-19.
- [5] 翟宏伟, 崔伟兵, 王晓飞, 等.净化液氮洗顺序控制联锁优化及应用[J].中国仪器仪表, 2023(8):40-42.
- [6] 佚名.一种用于水泥生产线余热发电系统的一键并网控制方法:CN202410437914.8[P].CN118336821A[2025-07-21].
- [7] 徐楠楠, 葛军, 文怀周, 等.提供提高母管制压缩空气系统可靠性的控制方法及相关装置:CN202411478241.7[P]. CN119356256A [2025-07-21].
- [8] 潘锡富.AE94.3A 联合循环机组自动启停技术实施[J].燃气轮机技术, 2024, 37(3):58-62.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS