

加氢装置热低分罐防止高压窜低压控制方案改造

龚光金

金澳科技（湖北）化工有限公司

摘要：本文详细阐述了加氢装置热低分入口控制方案改造的过程。多级降压高压控制角阀是加氢装置热低分入口的关键设备，通过对现场角阀附件进行重新配置安装，达到设计安全控制要求，保障了生产过程中的稳定性与安全性。

关键词：高压窜低压；多级降压高压角阀；控制方案

在炼油行业中，加氢装置至关重要。热低分入口控制阀作为加氢装置中的关键设备之一，其性能直接影响着装置的安全稳定运行和生产效率。该控制阀主要负责调节热低分入口的流量和压力，确保热高分液能够平稳、准确地进入热低分进行进一步分离。如果热低分入口控制阀出现故障，如阀门出现内漏、外漏、卡涩及调节精度差等问题，导致多级降压功能丧失，就会出现高压窜低压现象，引发严重的安全事故，如爆炸、火灾等，对人员生命安全和企业财产造成巨大威胁。

1 改造背景

2018年3月，某石化公司柴油加氢装置原料缓冲罐（设计压力0.38 MPa）发生爆炸着火事故，造成2人死亡、1人轻伤。经分析，事故直接原因是循环氢压缩机因润滑油压力低而停机后，加氢原料进料泵随即联锁停泵，但因泵出口未设置紧急切断且单向阀功能失效，加之操作人员未能第一时间关闭泵出口手阀，反应系统内高压介质（压力5.7 MPa）通过原料泵出入口倒窜入加氢原料缓冲罐，导致缓冲罐超压爆

炸着火。

2 加氢热低分控制方案介绍

2.1 加氢热低分流程介绍

加氢热低分PID流程如图1所示，加氢反应的液体产物从反应器底部流出，一部分经循环油泵（215-P-102AB）升压返回预加氢反应器入口循环使用，另一部分经原料油—反应产物换热器（215-E-105）与原料油换热，再经热低分入口控制阀FV10306减压后进入热低压分离器（215-V-103）。反应流出物在热低压分离器（215-V-103）进行气、油两相分离。

热低压分离器（215-V-103）底部热低分油进入分馏塔（215-T-101）第28层塔板。热低压分离器（215-V-103）顶部的热低分气，经热低分气—冷低分油换热器（215-E-106A～D）、静态混合器（215-MI-101）、热低分气热媒水换热器（215-E-109AB）、热低分气冷却器（215-E-114AB）冷却至40℃后进冷低压分离器（215-V-104）进行气、油、水三相分离。

热低压分离器（V-103）的液位稳定性直接影响后续冷低压分离器的运行

状态，因此液位控制是该设备操作过程中的关键环节。在正常运行工况下，液位控制回路LICA-10903的控制范围设定在40%～50%。液位调节通过调控去往分馏塔的流量控制阀FV10901的开度来实现，以此确保液位始终维持在规定区间内。

2.2 控制阀介绍

我公司热低分入口控制阀采用的是费希尔公司的多级降压高压角阀，压力Class1500，口径DN100，温度346℃，阀前压力8.93～9.1 MPa，阀后压力2.34 MPa，关闭差压10.7 MPa，流向底进侧出，降压级数：12级^[1]。它采用角形流道设计，具有流通能力大、压力损失小的优点。在高压差的工况下，能够有效降低介质的流速，减少气蚀和冲刷对阀门的损坏。在热高分液从高压状态进入热低分时，高压角阀可以通过其特殊的流道结构，使介质平稳降压，避免因流速过快而产生气蚀现象，从而延长阀门的使用寿命。

此外，高压角阀通常采用12级的多级降压阀内件结构，通过多次降压，将每级压降控制在发生气蚀的最小压差以下，进一步提高了阀门的抗气蚀能力。

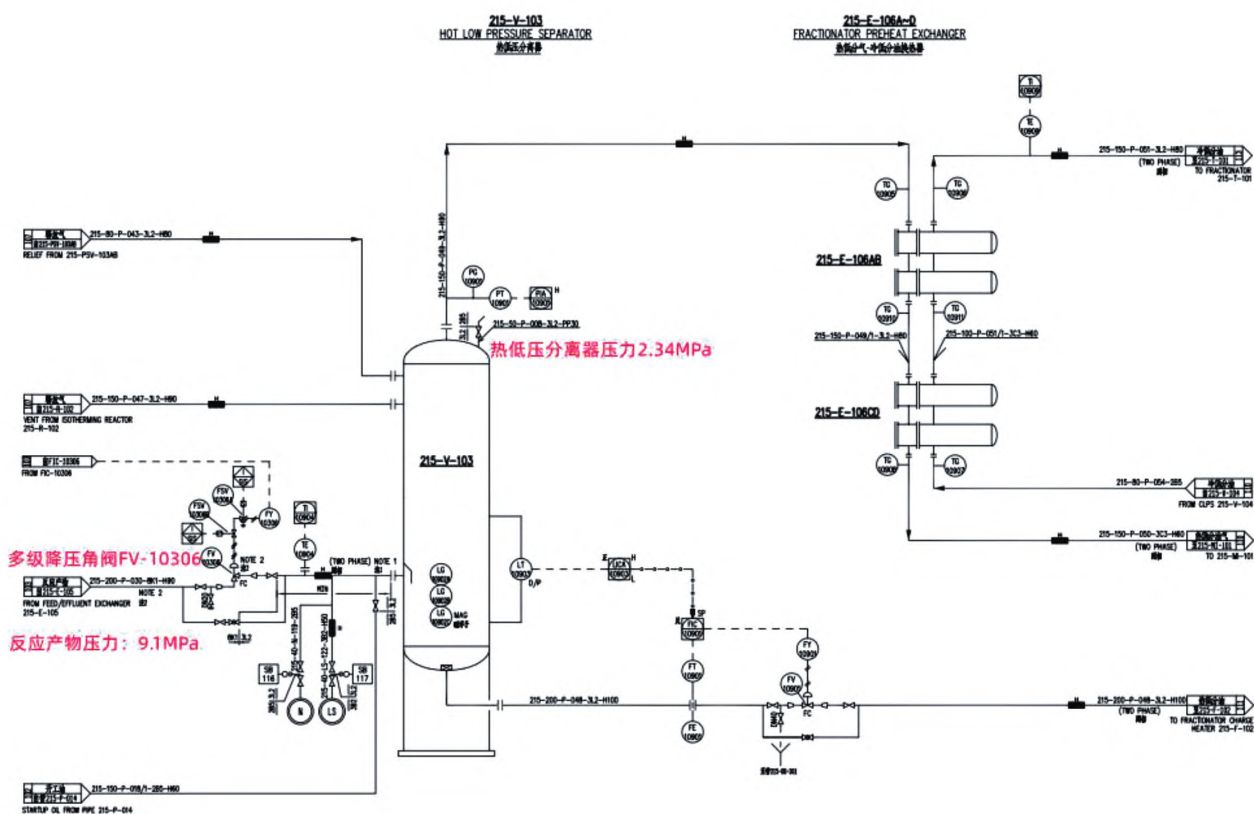


图 1 加氢热低分 PID 流程图

现场阀门样式如图 2 所示，多级降压高压角阀上有执行机构（气缸）、减压阀、智能阀门定位器、二个电磁阀、二个保位阀、单向阀以及储气罐等仪表设备，气路控制复杂。

2.3 原控制方案介绍

原设计控制方案中要求联锁发生时关闭，在按下辅助操作台上的严重事故紧急泄压硬手动按钮时阀门保位。

原控制阀中两台电磁阀气路采用串联连接方式，其工作状态如下：1) 当 1[#] 电磁阀（215-FSV-10306A）处于得电状态，且 2[#] 电磁阀（215-FSV-10306B）同样处于得电状态时，DCS 系统可对阀门开度进行正常调节；2) 当 1[#] 电磁阀（215-FSV-10306A）得电，而 2[#] 电磁阀（215-FSV-10306B）失电时，FV-10306 阀门保持当前位置；3) 当 1[#] 电磁阀（215-FSV-10306A）失电，2[#] 电磁阀（215-FSV-10306B）得电时，FV-10306 阀门执行关闭动作^[2]。



图 2 现场阀门

2.3.1 正常调节

1[#] 电磁阀（215-FSV-10306A）得电、2[#] 电磁阀（215-FSV-10306B）得电，DCS 系统可以正常调节阀门开度。

2.3.2 联锁发生时，阀门动作情况

1) 加氢进料泵停止时，联锁发生，1[#] 电磁阀（215-FSV-10306A）失电，2[#]

电磁阀（215-FSV-10306B）得电，FV-10306 阀门关闭。

2) 按下辅助操作台上的严重事故紧急泄压硬手动按钮（PB-101），联锁发生，1[#] 电磁阀（215-FSV-10306A）得电、2[#] 电磁阀（215-FSV-10306B）失电，FV-10306 阀门保位，同时反应进料阀

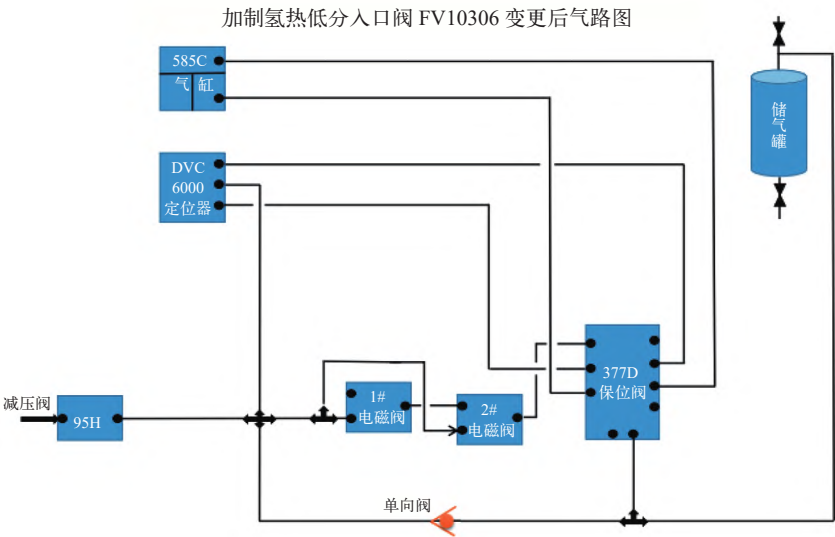


图4 变更后气路图

LOPA分析事故情景汇总					
序号	事故情景编号	图纸编号	事故情景描述	接入安全仪表系统的回路 (安全仪表功能描述)	SIL等级
1		PR-02/109	热低压分离器215-V-103压力升高, 严重时设备超压损坏, 介质(油气、氢气)自循环带出损坏处泄漏, 可能造成人员伤亡, 同时造成经济损失。	加氢进料泵停止时, 加氢反应器底部液位LT-10707B/C/D液位低于15%时, 按下辅助操作台上的严重事故紧急泄压硬手动按钮时, 联锁关闭热低压分离器进料阀FV-10306。	SIL1
2	节点4-4.2.2.1	PR-02/108	循环油泵P-102A/B故障, 可能造成加氢反应器B-101超压泄漏, 可能造成火灾爆炸, 造成人员伤亡。	循环油泵故障联锁停车	无

图5 SIL 定级报告



图6 改造后现场阀门

2) 加氢反应器底部(三段)液位 LT-10707B/C/D 液位低于 15% 时, 三取二联锁发生, 1[#] 或 2[#] 电磁阀 (215-FSV-10306A、215-FSV-10306B) 失电, FV-10306 阀门关闭; 停新氢压缩机 C-101A/B。

3) 按下辅助操作台上的严重事故紧急泄压硬手动按钮 (PB-101), 联锁

215-FSV-10306B) 任一个电磁阀得电, DCS 系统可以正常调节阀门开度。

2) 1[#]、2[#] 电磁阀 (215-FSV-10306A、215-FSV-10306B) 任一个电磁阀失电, 阀门关闭 (FC)。

测试结果达到改造目的, 增加了安全性。

6 结语

热低分入口多级降压高压角阀作为高压反应部分与低压分馏部分的关键隔离设备, 承受较大的压差, 能有效防止热高压分离器内的高压气体窜入热低压分离器。一旦发生高压窜低压事故, 可能引发一系列严重后果, 如热低分压力急剧上升, 导致安全阀起跳, 甚至可能引发爆炸、火灾等恶性事故, 对人员安全和设备造成巨大损害。因此, 热低分入口多级降压高压角阀的可靠运行是保障装置安全的关键防线。

对加氢装置热低分入口多级降压高压角阀控制方案进行改造, 提升其稳定性和安全性, 对于保障加氢装置的安全稳定运行、提高生产效率、降低生产成本具有重要意义。

参考文献:

[1] Emerson. Fisher™ EH and EHA Control Valves 高压角阀使用手册 [Z]. 2017.

[2] 唐丹蓉. 电磁阀在石油化工装置安全联锁保护过程中的设计与应用 [J]. 石油化工自动化, 2003(4):12.

[3] 中国石油和化工勘察设计协会. 石油化工安全仪表系统设计规范: GB/T 50770—2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.

5.3 电磁阀得失电时阀门动作的 2 种情况

1) 1[#]、2[#] 电磁阀 (215-FSV-10306A、