

CCC防喘振控制系统

在PSA解析气压缩机K-801上的应用

中石化齐鲁分公司胜利炼油厂 (山东淄博 255434) 郑爱国 韩高喜

【摘要】加氢裂化PSA解析气压缩机K-801因实际工况与设计工况存在较大偏差,当入口变压吸附供给压力瞬间变化幅度较大时,压缩机防喘振控制阀一直无法全部关闭且不能在自动状态下稳定运行。为了确保机组安全运行,只能在手动状态下调整防喘振控制阀(开度50%~60%),造成电能的巨大浪费。2009年5月利用装置大检时对原防喘振系统进行技术改造,采用了美国CCC防喘振控制系统,该控制系统控制策略多样,采样周期短,控制及时精确,为装置节能降耗做出了巨大贡献。

【关键词】压缩机 防喘振 CCC 控制 应用 流程

一、前言

某炼油厂PSA解析气压缩机组K-801是沈鼓提供的2MCL离心式压缩机,由电动机拖动,经液力偶合器变速调节负荷。氢气变压吸附装置PSA中真空泵抽出的瓦斯气经缓冲罐V802、V803后进入K-801,经两段压缩后进入瓦斯管网(如图1所示)。

由于设计介质和压力与实际偏差较大,导致防喘振控制阀长期处于手动较大开度下运行,造成了较大的能源浪费。利用此次装置检修时机对原防喘振控制系统进行了技术改造,采用美国CCC防喘振控制系统,该系统投用之后防喘振控制阀自动全关,运行状况良好,现已累计连续运行近两年,对装置节能降耗起到了关键性作用。

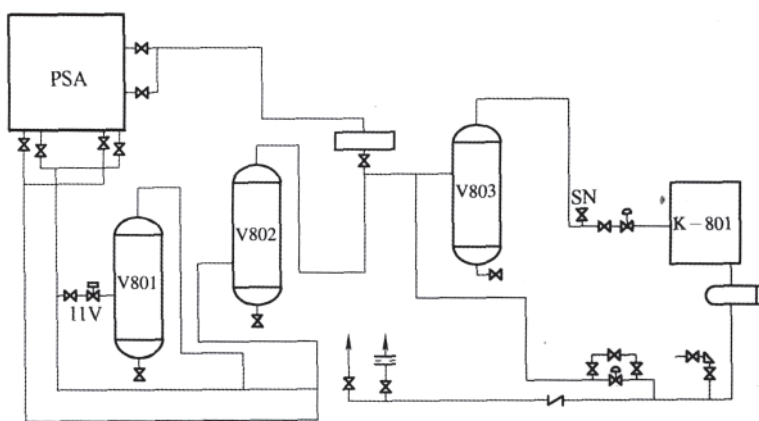


图1 K-801系统流程

二、原防喘振控制系统运行中存在的问题及改造内容

原防喘振控制不能满足工艺

需求进行自动调节,压缩机运行点一旦接近喘振控制线就会引起防喘振阀突开,如此往复会造成控制振荡,压缩机无法稳定运行,且对装置的稳定生产极为不利。因此,

喘振控制回路处于人工手动调节状态,喘振控制阀大多数时间手动开至50%以维持机组安全运行,造成大量电能浪费。

由于PSA变压吸附装置的特性,K-801入口压力在0.001~0.08MPa波动,而压缩机基本工作在恒转速下,入口压力没有任何控制手段,这给机组的喘振控制带来很大困难,也是造成机组回流大和能耗高的原因之一。同时,也带来了一定的工艺设备安全风险。改造内容包括新增一套机组CCC防喘振控制系统以及由机组控制系统集成现场测试精确定义喘振曲线。

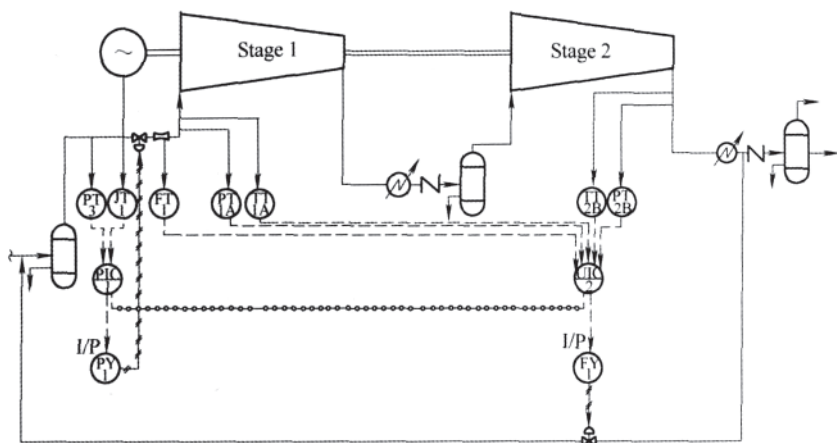


图2 K-801防喘振CCC控制系统

1) 通过引入出口、入口温度测量至喘振控制系统,对机组原有喘振控制曲线进行修正,满足精确控制要求。

2) 通过现场喘振测试精确定义喘振控制曲线,从而实现精确控制,以尽量关小防喘振控制阀减小回流量。

3) 增加压缩机入口压力控制回路,以稳定压缩机入口压力保证机组稳定运行;同时压力控制回路和机组喘振控制系统可通过优化控制以适应不同工艺过程,减小回流

量。

4) 通过加入约束控制(入口0.01~0.08MPa)使得入口不会抽空,出口不会超压,避免设备和工艺风险。

5) 控制精确:信号采样周期2.5ms。

执行周期:系统任务5ms。

控制任务:喘振控制、速度控制等压缩机控制任务以及紧急停车联锁20ms。

一般过程控制、信号显示100ms。

三、控制方案介绍

CCC Vanguard控制系统(如图2所示)是真正的实时多任务开放式系统,采用先进的安全型CPCI总线构架;双重化冗余容错的硬件体系结合全面的冗余容错技术和独一无二的Fallback策略,使得系统可靠性达到99.99%。先进的实时多任务操作系统将关键任务与非关键任务按优先等级实施控制,保证系统的执行速率不随I/O点数增加而下降,如防喘振、调速控制执行速率为20ms,而一般监测为100ms,使机组的精确控制成为可能。

1. CCC系统控制策略

(1) PID控制响应 对于缓慢的小的扰动,CCC防喘振控制器的PI控制算法根据操作点与SCL之间的距离产生相应的比例积分响应,防止压缩机操作点回到SCL左侧的非安全控制区。

(2) 阶梯响应 对于一个较大较快的扰动,当比例积分响应和微分响应不能使压缩机操作点保持在SCL线的右边,而是操作点瞬间快速越过了SCL(如图3所示),响应就会以快速重复的阶跃响应迅速打开防喘振阀,这样就恰好可以增加足够的流量来防止喘振。

$$n_1 > n_2 > n_3 > n_4$$

DEV 是表示操作点距离SCL线的距离,越大表示越远。

DEV>0,喘振阀全关; DEV≤0,喘振阀自动打开。

(3) 安全响应 如果因意外情况(如组态错误、过程变化、特别严重的波动)使压缩机的操作点越过SLL线而发生喘振,则安全保险响应就会重新规定喘振控制裕度,使喘振控制线右移,增加SCL与SLL之间的距离,在一个喘振周期内将喘振止住。

(4) 手动控制 可以让操作员手动控制防喘振阀的开度。手动操作有两种方式,一种是完全的手动,在这种方式下喘振控制器即使探测到喘振工况也不能控制防喘振阀;另一种方式是在手动操作中,如果喘振控制器探测到喘振工况就可以控制防喘振阀来保护机组。

2. 性能控制

(1) 极限控制 根据压缩机实际运行压力,防止入口压力过低或过高而放火炬,输入极限最低

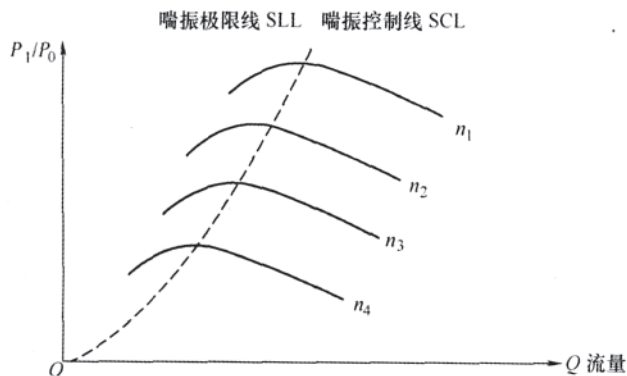


图3 防喘振CCC控制性能曲线

0.01MPa打开喘振控制阀、极限最高0.08MPa关闭喘振控制阀，以维持压缩机入口压力相对稳定。

(2) Fallback策略 监测流量、压力、温度等信号的现场回路是否好用，如果有一个或两个信号的现场回路故障，将产生报警并且喘振控制进入Fallback状态，不会导致停车或风机放空；性能控制进入Fallback状态将自动转换至替代回路控制（如流量控制转进出口压力控制）；当故障信号回路为联锁信号时，信号将锁定在最后的真实值上，同时报警，联锁不会动作造成停车。

3. 操作界面

CCC防喘振控制系统画面共六个：K-801系统图、趋势、性能曲线、事件、报警、控制器，下面针对常用的三个画面和操作进行简要介绍。

(1) 系统图 K-801系统图顶部有两只主控制器：PIC-8110、FIC-811，目前经调试仅将FIC-811主控制器投入自动运行，PIC-8110保持在手动，请勿操作。

FIC-811在开/停机期间打至手动Manual（主控制器中间显示黄色），代替手操器调整开度，待转

速正常后（大于4 800r/min）方可投入自动MAIN PID CONTROL（主控制器中间显示绿色）。

FIC-811顶部DEV大于0表示工况正常，当接近0时喘振阀自动缓慢打开，直至DEV大于0后缓慢关闭，依次循环直至达到比较小的开度。

喘振阀FV-811显示的是开度；入口蝶阀显示的是关度。

FIC-811在自动状态下：当入口压力低于0.01MPa时喘振阀会自动缓慢打开，当出口压力高于0.8MPa时喘振阀也会自动缓慢打开。

(2) 趋势 该画面内有10个历史趋势，可分别单击查看。

(3) 性能曲线 正常情况下，FIC-811在自动即可跟踪，若由于压力、流量异常波动时，FIC-811则会触发安全响应，此时喘振控制线右移；同时右侧的喘振计数器Surge Count显示1依次累加（在性能曲线右侧显示0表示无安全响应）。

操作员可通过系统图中的主控制器FIC-811右下角的“安全响应复位”钮变色判断是否发生安全响应，也可通过性能曲线上方的“安全响应S0复位”钮颜色判断，两个复位钮作用相同，单击该按钮再点

击确认即可复位，复位后的安全响应线恢复至初始状态。此条需要操作员特别注意，及时查出响应的原因，并复位使计数器为0。

若因流量表指示不准导致的流量大幅波动，则会影响喘振控制器正常工作；此时操作员先将FIC-811改至手动状态即软手动（仍可触发阶梯响应导致喘振阀打开），然后联系仪表工程师登录CCC用户设置此控制器的硬手动（此时任何响应都不开阀），操作员可手动调整喘振阀的开度，再由仪表工现场检查校验流量表，确认无异常后再投用自动。

四、结语

美国CCC防喘振控制系统投用后，根据装置加工量计算，K-801喘振控制阀全关，电流约为70A。按照每年8 000h计算，节约用电量： $Q = \sqrt{3} \times 6\,000 \times (100 - 70) \times 8\,000 = 2\,494\,153.16 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，可实现每年节约用电资金： $2\,494\,153.16 \times 0.5 = 124.7$ 万元。经济效益及社会效益相当可观。

从此次改造来看意义重大，节能效果明显，通过改造后的压缩机性能正常，能够满足装置长周期平稳生产的需要。本次改造是胜利炼油厂第一例CCC系统改造，它的顺利实施和成功投用，为今后同类设备改造CCC控制系统提供了可靠经验借鉴。GM

（收稿日期：2011/05/20）