

# 气化炉锁斗系统顺控的实现和优化经济效益

鲍 杰 (中科(广东)炼化有限公司, 广东 湛江 524000)

**摘要:**本文探讨了基于 Honeywell EPKS 系统对水煤浆气化装置锁斗顺控的实现及其经济效益。详细分析了锁斗顺控的逻辑、组态实施方法，并针对运行中的问题进行了优化，这些措施不仅提高了系统的稳定性和安全性，还显著提升了经济效益。通过减少停机时间、优化能源消耗和降低维护成本，锁斗系统的优化对提升装置的整体经济效益具有重要的参考价值。

**关键词:**锁斗系统; Honeywell EPKS; 组态; 优化; 经济效益

## 1 前言

茂名石化煤制氢气化装置采用美国 GE 公司水煤浆气化技术，在压力 6.5MPaG、温度 1300℃左右的条件下，以煤和纯氧为原料，产生粗合成气。该装置包括磨煤制浆单元、水煤浆气化和粗渣排放单元、合成气洗涤和回水处理单元、事故渣池单元。磨煤制浆单元先将煤浆、水及适量的添加剂混合研磨制成合格的水煤浆，由料浆给料泵加压后送气化炉的工艺烧嘴，与空气分离装置来的高压氧气一起通过烧嘴进入气化炉反应室，进行部分氧化反应生成主要成分为 CO+H<sub>2</sub> 的粗合成气，高温粗合成气携带灰渣一起进入激冷室，用水激冷至液态熔渣固化，根据粒度的大小将渣以两种方式排出，其中，粗渣在激冷室中沉积，通过破渣机进入锁斗，再通过锁斗系统定期与水一同排入渣池，由捞渣机捞出，装车外送，含细渣的水送入灰水处理。

锁斗系统对于维持气化炉的稳定运作至关重要，其优化对提升经济效益具有显著影响。系统中存在众多的高低压管道，且这些管道直接与气化炉主体相连，任何操作失误都可能导致高压气体误入低压管道，进而引发安全事故，这不仅威胁到人员安全，还可能导致生产中断和经济损失，直接关联到装置的运行效率和成本控制。通过优化锁斗系统，比如改进阀门的控制逻辑、减少故障率和提高排渣效率，可以显著减少停机时间，降低维护和修理成本，从而提高整体的经济效益。此外，优化后的系统还能减少能源消耗，提高资源利用率，进一步提升装置的经济效益和市场竞争力。因此，对锁斗系统的持续改进和精细管理是实现装置经济效益最大化的关键策略之一。

## 2 锁斗系统概述

锁斗系统是一种周期性地收集与排放固体残渣的水封装置。在这个系统中，灰烬和残渣被储存于一个充满水的密封容器中，该容器会定期将这些物质排出。

这一收集与排放过程是通过顺序控制来实现的。该系统由多个组件构成，包括锁斗本身、冲洗水罐、冷却器、渣池、循环泵、控制阀门以及相关的测量仪器，具体配置可参见图 1。虽然渣池泵和捞渣机也属于锁斗系统的组成部分，但它们的运作是独立进行的，并不与锁斗的循环控制逻辑相联系。

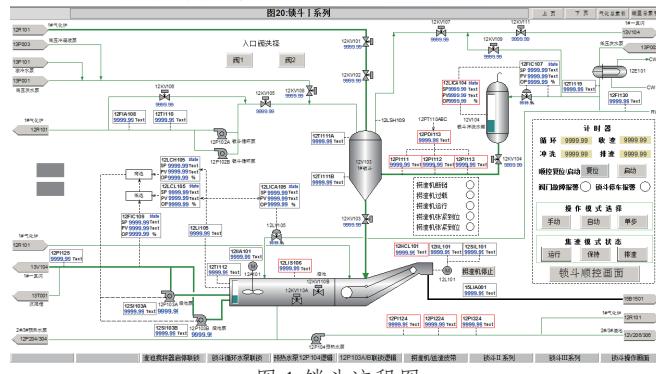


图 1 锁斗流程图

## 3 锁斗顺控逻辑和实现

在气化装置的锁斗系统中，锁斗循环通常包括五个主要阶段：泄压、清洗、排渣、充压和收渣。这一循环的周期通常设定为 30 分钟，但可以根据实际需要进行调整。系统设计中，对于所有阀门，如果它们的行程时间超过 15 秒，系统将触发故障警报，并自动启动锁斗的紧急停车机制。

### 3.1 锁斗顺控逻辑

锁斗系统的顺序控制步骤包括开启锁斗上游泄压阀，开启下游泄压阀，关闭渣池溢流阀，关闭锁斗上游泄压阀，进行锁斗泄压线冲洗，关闭锁斗泄压线冲洗阀，关闭锁斗下游泄压阀，打开锁斗冲洗阀，排渣，锁斗排渣完成后关闭锁斗冲洗阀，锁斗充压，开始收渣，停止充压，开始锁斗循环，停止锁斗循环，最后结束收渣。

### 3.2 锁斗顺控逻辑的实现

在 Honeywell EPKS 系统中，顺序控制过程是通过

SCM(顺序控制模块)来实现的。SCM与CM(控制模块)协同工作,共同实现顺序控制的功能。简单来说,控制过程涉及通过条件查询(transition)来检查是否满足特定条件,一旦条件得到满足,就会通过命令执行(step)来为现场设备提供自动化控制方案。

一个SCM是由Handlers和Transitions块及Steps块组成。每一个handler必须用Transition开始,然后执行step,再执行Transition,直到结束。按顺序开始执行程序,完成Step的每一条任务,然后检查它的转换(Transition)条件,条件满足,进行到下一个Step。下面通过顺控程序中某些步序,举例说明实现过程。

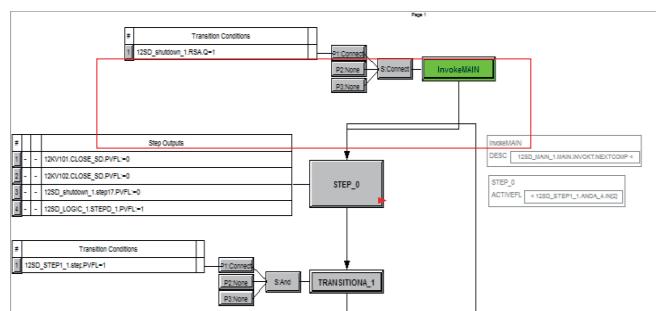


图 2

图2中红框部分是一个transition功能块,每次都要从程序的开始 invokeMAIN 处执行。左边为条件表达式,检查锁斗顺控开车条件(见图3)。

锁斗系统:停车状态;锁斗系统:已经复位;当前模式:自动或单步(未选择手动);气化炉液位三取二(12LT101/2/3);环氧压力(12PT108)或合成气洗涤塔压力(13PT102)>0.4MPa;锁斗阀门动作:匹配;锁斗停车按钮:未按下。

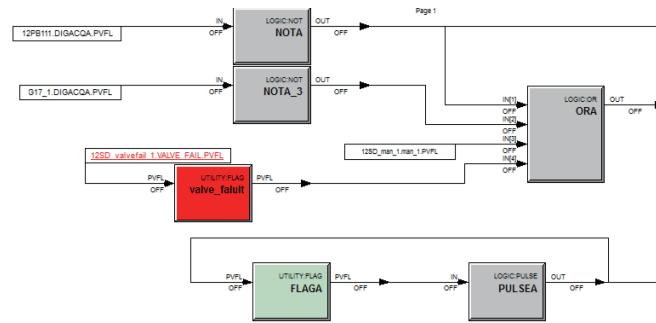


图 3

满足上述条件后,12SD\_shutdown\_1.RSA.Q=1,若当前为自动模式,则向下运行STEP 0,若为单步模式,点击第一步按钮运行顺控第一步。在自动模式中,这是一个循环的过程,所以程序中STEP 0对照锁斗顺控步骤,其实是最一个步骤,STEP 17结束收渣,按照顺序执行STEP 0的任务:关闭锁斗入口

阀12KV101/102,对CM块中的FLAG置位。同时在STEP 0处于ACTIVE状态时,把ACTIVE状态送给STEP 1的逻辑中作为逻辑运算的条件。

STEP 0的所有任务执行完之后,检查下一个transition的条件是否满足逻辑,除循环管线冲洗阀(12KV106A)、渣池溢流阀(12KV110A/B)打开外,其它锁斗顺控阀全部关闭(入口阀关闭一个即可)。条件满足执行STEP 1,开启锁斗上游泄压阀12KV107,启动锁斗循环计时器(大约30分钟)。

#### 4 锁斗系统的优化

##### 4.1 锁斗液位开关的取舍

在Honeywell EPKS系统中,锁斗液位开关(如图1所示的12LSH109)被安装在锁斗的泄压管道上,其主要功能是在锁斗出口阀和冲洗阀关闭后检测锁斗是否已满。一旦检测到液位达到满位,系统将自动进入下一个操作阶段。该液位开关采用的是音叉式设计,其工作原理基于音叉在特定共振频率下的振动。当音叉与介质接触时,其振动频率和振幅会发生变化,这些变化通过内置的智能电路进行检测和处理,最终转换为开关信号。

然而,在实际运行中,我们发现音叉开关在锁斗出口阀和冲洗阀关闭后无法准确反映液位状态。在满液位时,音叉开关未能发出相应的信号,导致锁斗系统无法正常进行下一步操作,影响了渣的收集。此外,音叉开关的抗冲击性能不足,容易在受到挤压时变形,变形后的音叉无法正常振动,而且灰渣的粘附也会改变其振动频率,进而影响液位的准确指示。鉴于这些问题,决定在锁斗的顺序控制逻辑中不再使用音叉开关作为判断条件。原先的逻辑要求在锁斗出口阀12KV103关闭且液位开关LSH109检测到高液位信号后,锁斗冲洗阀12KV104才会关闭。现在取消了液位开关的条件,改为在锁斗出口阀关闭后立即启动计时器,30秒后自动关闭锁斗冲洗阀。

##### 4.2 阀位故障信号的处理

在锁斗系统的运行中,阀位故障是触发系统紧急停机的一个关键因素,因此,在确定阀位故障的判断标准时必须谨慎。在处理阀位信号时,系统配置了一个开阀回讯信号、两个关阀回讯信号,以及一个模拟量信号的阀位变送器。对于关阀信号,系统采用了三重判断机制。阀位开关信号被纳入阀位故障的逻辑判断中(见图4)。阀门的动作时间一般被预设为15秒,如果超过这个时间,系统会触发阀门动作故障的警报,

并可能导致锁斗系统紧急停止。

由于模拟量信号容易发生零漂和允许范围内的测量偏差，把模拟量信号与 NUMERICA 功能块的一个常量（通常为 5）作比较，小于 5 即判断为关到位。而且模拟量信号和数字量信号通常无法同时到达，设置了一个判断为关的范围可以减小信号的延迟导致的不同步，避免因此导致的阀门故障。阀门故障判断的逻辑如图 4。发出的阀门开 / 关指令与阀位反馈进行比较，阀门动作时间应小于阀门动作的故障判断时间，如阀门动作时间大于故障判断时间（通常为 15s），就会因为有效行程时间内没有阀位反馈而引起锁斗系统跳车。

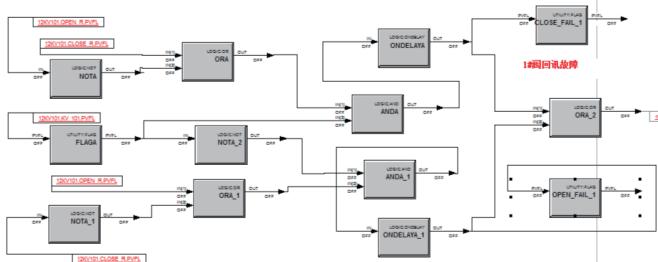


图 4 阀门故障报警逻辑和实现

#### 4.3 锁斗排渣的振动问题

在锁斗系统的正常操作中，排渣阶段会产生显著的振动，尤其是在排渣过程结束时最为明显。当排渣结束，锁斗出口阀 12KV103 关闭的瞬间，会产生巨大的噪音和振动，这种振动会沿着冲洗水罐至锁斗的管线传递，影响整个气化框架的稳定性，带来安全隐患。现场检查表明，振动主要是由于出口阀快速关闭时，冲洗水的动能突然释放造成的，这是一种典型的水击现象。为了解决这一问题，我们采取了调整出口阀关闭速度的措施，以改变排渣速度。具体做法是在阀门的排气管线上增加了限流孔板，以限制阀门的排气量，从而影响阀门的动作时间。此外，为了避免因阀门动作超时而导致的故障报警和锁斗系统的紧急停机，我们将所有阀门动作的故障判断时间统一设定为 15 秒，并将锁斗出口阀 12KV103 的故障判断时间特别调整为 33 秒（如图 4 所示 ONDELAYA 功能块），以适应阀门动作时间的延长。

#### 4.4 锁斗阀开关次数统计

自煤制氢装置开车以来，气化单元锁斗各阀门因为工况恶劣、开关频繁等原因多次发生卡涩、开关时间超时、执行机构故障等问题，导致装置锁斗顺控停，影响装置平稳运行，所幸维护及时，避免了气化

炉因为无法及时排渣而导致的非计划停车。为了更好地分析及解决阀门故障，做好使用情况记录，对各个阀门以及执行机构进行编号，并针对各阀门的使用情况在 DCS 系统中增加阀门开关命令、动作回讯情况统计功能，使得各阀门及执行机构的动作情况、故障情况、维护记录做到有数据、有记录，通过数据、记录查找问题、分析故障，很大程度地提高了阀门维护水平、降低了阀门的故障次数，消除了设备隐患。

#### 5 气化炉锁斗系统顺控优化经济效益

气化炉锁斗系统的顺控逻辑优化，直接关联到装置的经济效益。通过精细化的流程控制，系统减少了因操作不当引起的停机，有效提升了生产连续性和效率。例如，阀门关闭速度的调整和故障判断逻辑的优化，显著减少了紧急停车事件，避免了生产中断和原料损耗，从而降低了成本。

液位开关的优化同样对经济效益产生了积极影响。取消不准确的音叉开关，采用计时器控制，提高了排渣的准确性，减少了设备磨损和维护费用。这一改进不仅提升了操作效率，还间接降低了整体的生产成本。

在能效提升方面，锁斗系统优化减少了能源的必要消耗。优化后的系统更加注重能源的有效利用，比如减少冲洗水的浪费和避免高压气体的泄漏，这些都有助于降低能源成本，提高能源使用效率。

阀门开关次数的统计和分析，为设备维护提供了数据支持。这种基于数据的维护策略，提高了设备的可靠性，减少了意外停机的风险，同时也降低了维护成本。通过对阀门使用情况的持续监控，可以更准确地预测维护需求，合理安排维护计划，从而减少不必要的维护支出。

气化炉锁斗系统的顺控优化，通过减少停机时间、降低维护成本、提高能源效率，为装置带来了显著的经济效益。这些优化措施的实施，不仅保障了装置的稳定运行，也为装置经济效益的持续提升奠定了基础。

综上所述，气化炉锁斗系统的顺控优化不仅提升了操作的安全性和可靠性，还通过减少停机时间、降低维护成本、提高能源效率，为装置带来了显著的经济效益。这些优化措施的实施，不仅保障了装置的稳定运行，也为装置经济效益的持续提升奠定了基础。

#### 作者简介：

鲍杰 (1991-)，女，汉族，江苏人，大学本科，工程师，职务：仪控工程师，研究方向：仪控专业。