

# 浅谈气化炉激冷室破泡条积渣导致黑水管线堵塞的处置

丁旭 魏爱乐 杜阳 武祥元 武建军

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司 宁夏 银川 750411

**摘要：**随着我国煤化工的发展，煤气化技术广泛地应用于冶金、化工、建材、机械等工业行业和民燃气等领域，气化炉是煤气化技术中的关键设备。气化炉反应产生的粗煤气经激冷室激冷后从下降管进入水浴在气体的作用下，气化炉激冷室内发生强烈的气液两相湍流效应，下降管外壁合成气聚集，大量气泡的聚集影响气化炉激冷室液位的稳定性，激冷室液位波动，导致粗煤气严重带灰带水，且大量的气泡在上升过程中将灰带到后系统，不利于气化炉长周期稳定运行。要一种气化炉气泡分割器，即破泡条，对气化炉长周期满负荷运行有重要意义。目前常见的水煤浆及干煤粉气化炉中，激冷室内都设置了破泡条，从而达到气泡均匀破碎的效果，解决了气化炉激冷室内发生强烈的气液两相湍流效应，导致下降管外壁合成气聚集，下降管运行稳定性下降的问题。因此，破泡条的结构及稳定性对气化炉运行具有十分重要的意义。

**关键词：**气化炉；破泡条；激冷室；洗涤塔；闪蒸；黑水处理。

**引言：**煤气化技术已经发展成熟，在气化炉运行期间，通过调整激冷室液位，采取长期带液操作的方式阻止激冷室积渣或减缓积渣速率；合成气上升过程中，夹带的液相会带走积聚或附着在破泡条上的灰渣，进而减少破泡条上灰渣的累积，降低细灰量；停车后，进行带压水运并反复升降气化炉液位，将破泡条上的积渣通过黑水系统或除渣系统带走，以进一步减少停车检修时的积渣量，改善检修工况<sup>[1]</sup>。在气化炉结构改造方面，通过将上中下三层中的扇形破泡床交错分布，在有效减少气体上升中气泡数量的同时，减少固体颗粒的附着面，从而降低积渣的空间，激冷室液位的控制是重中之重，因此，破泡条的稳定对气化炉长周期满负荷稳定运行起关键作用。气化技术通常以煤等含碳固体燃料的粉末或配置的液体燃料为原料，以含氧气、水蒸汽作为气化剂，通过烧嘴喷入气化炉后，在高温高压条件下发生气化反应，产生粗合成气(或称为煤气)和炉渣。气化炉是煤气化工艺的核心装备，而激冷室是气化炉的重要组成部分之一<sup>[1]</sup>。高温的熔融灰渣和粗合成气在激冷室内被冷却，其中，熔融灰渣固化成为粗渣和细灰，留存于激冷室底部，定时排出激冷室，粗合成气则经过激冷室的水浴降温后，进入后续单元进一步洗涤除灰。无论在粉煤气化还是水煤浆气化行业中，随着气化炉运行周期的延长，激冷室内普遍出现积渣现象导致气化炉液位计失真，进而引起气化炉停车，严重制约气化炉长周期运行。此外，激冷室内部积渣较多，由此引发气化炉停车检修期间清渣工作量大、检修周期长，同时清渣时内件损坏、炉内清渣作业风险大等一系列问题。

本次讨论的是在某单位粉煤气化炉运行过程中出现类似情况通过积极处理正常的案例。

## 1 破泡条堵塞的现象

1.1 气化炉激冷室液位计频繁波动，刚开始液位持续上涨至80%，完全淹没三层破泡条（破泡条第一层与气化炉激冷室下降管齐平，运行过程中被完全淹没，第二层破泡条位置换算为激冷室液位25%左右，处于半淹没状态，第三层破泡条位置换算为激冷室液位42%左右，属于完全暴露出来的状态。），液位计失真失去参考作用且随着破泡条积渣越来越严重，液位计正压测和负压测被堵塞，气化炉激冷室液位会一直上涨或者大幅度波动。

1.2 后期破泡条积渣过多，破泡条失去作用，一段时间后整个激冷室逐步积渣，如果黑水管线排水量不足加之激冷水量不足系统水质差会直接导致黑水管线入口不畅。

1.3 破泡条积渣占据激冷室大部分空间导致激冷室空间过小黑水管线过量断断续续或者不能充满整个管线，造成黑水处理及闪蒸管线有节流及水锤现象发生。

1.4 闪蒸系统压力上涨太高致使闪蒸系统不能正常运行（区别于黑水管线堵塞，黑水管线堵塞闪蒸系统压差会下降，其它大致和破泡条堵渣现象一样）。

1.5 洗涤塔液位高排水阀全开液位高排不出去。

1.6 气化炉激冷室，洗涤塔带水变多，粗煤气与水接触时间变长，粗煤气水汽比降低冷凝量变多，粗煤气体量变少<sup>[2]</sup>。

## 2 破泡条堵塞严重影响气化炉运行

2.1 闪蒸系统压力上涨太高导致闪蒸系统不能正常运

行。只能通过不断关小黑水排放阀门,虽然能缓解闪蒸压力的升高,但是激冷室外排水的减少,会导致整个激冷室积渣严重,无异于饮鸩止渴只能是续命,过不了几天又会恶化,完全不会向好的方向发展且收小排放后,气化炉激冷室通过黑水管线减少的水无法排出只能通过粗煤气带至洗涤塔内,带水量过大又会导致洗涤塔液位高排水困难,进一步导致闪蒸压力上涨难以控制。岗位人员将闪蒸系统排放气阀门全开,旁路全开,甚至把冷凝液排放阀门打开通过窜气方式降低压力也无效果。洗涤塔最后满液位,开始向变换系统带水,导致变换气液分离罐液位上涨,有向变换炉带水的风险。因此,岗位只能减少洗涤塔补水,洗涤塔高压循环水的减少又导致闪蒸压力进一步上涨(高压循环水经闪蒸给闪蒸气体降温降压,闪蒸气给高压循环水加热),原本洗涤塔五路补水 $400\text{m}^3/\text{h}$ 左右,减到 $100\text{m}^3/\text{h}$ 左右,洗涤塔还是满液位状态,只是液位在满液位的情况下上涨不快,塔盘压差有所下降,只能续命运行<sup>[1]</sup>。

2.2 补水量的减少导致气化炉激冷水系统、洗涤塔、闪蒸系统水质变差,从而加剧激冷室破泡条及系统渣堵塞堆积,时间长气化炉运行会进一步恶化。

2.3 气化炉运行恶化后,较差的水排到澄清槽,循环水罐。造成整个系统的水质变差,从而影响整个系统的运行。

2.4 通过洗涤塔带出去较差的水到变换长时间附着在变换催化剂表面从而影响变换炉催化剂活性及使用周期。

2.5 长时间运行系统积渣量达到一定程度,气化炉压差上涨导致无法继续运行。

2.6 运行过程中系统压力波动,渣掉落有堵塞管道的风险,气化炉压力突涨有跳车损坏设备的风险。

2.7 长时间续命式运行,激冷室、粗煤气管线、一级文丘里、一级文丘里罐、激冷水系统、闪蒸系统会积渣严重,停车后给检修带来的工作量大且会拉长检修周期和检修费用,得不偿失。

### 3 气化炉破泡条积渣的处理

首先判断闪蒸压力高,洗涤塔水排不出去,洗涤塔补水严重不足,气化炉激冷室液位平稳波动,这种情况一般是闪蒸排水管线堵塞,但以往经验总结闪蒸管线堵塞闪蒸压力不会上涨到不可控,有可能闪蒸排气管线堵塞。后来排查排除闪蒸排气管线堵塞,现场放空气量大,活动黑水管线和洗涤塔排水管线阀门闪蒸压力变化同步且后系统因为炉子排放气旁路打开火炬系统超压,说明闪蒸气排放管线是畅通的,排除黑水管线不畅,判断是破泡条上面积渣严重起不到破泡的作用,时间长激

冷室也积渣严重,大气泡在本就不充裕的空间内剧烈波动,激冷室内发生强烈的气液两相湍流效应。气化炉激冷室出水口夹杂大气泡和水导致气化炉激冷室通过黑水排放管线的过水断断续续,并且现场管线伴有明显的水锤和节流现象,闪蒸压力和激冷室液位有明显的波动情况。

3.1 刚开始通过打开闪蒸安全阀旁路,排放气旁路前期通过缓慢的关小气化炉激冷室的排水能控制闪蒸压力,随着气化炉激冷室向洗涤塔带水的增多,洗涤塔减少各支路水维持液位满足运行,情况恶化到满足不了排水时,岗位人员判断管线堵塞将气化炉激冷室排水阀全开拉了一下,得到缓解,运行几个小时后,又出现同样的问题。岗位人员没有拉液位,只是通过减水继续维持,导致恶化,经过商量后制定三个处置方案。

3.2 方案一:将洗涤塔补水全部加至正常,变换气液分离罐排水阀旁路打开,通过加洗涤塔补水后降低闪蒸压力,从而开大气化炉激冷室黑水管线排放阀门达到拉量效果,但是洗涤塔加水正常持续半个小时后,闪蒸压力没有明显下降,反倒变换气液分离罐液位再旁路全开情况下排不下去,最后被迫停止操作。

3.3 方案二:不断的先关小气化炉激冷室黑水管线排放阀门,让闪蒸压力下降,让黑水管线内充满液,然后突然将气化炉激冷室黑水管线排放阀门开到最大,待闪蒸压力高时,关至操作前阀位,通过此方法尝试一个将气化炉激冷室黑水排放管线阀门缓慢开大。有点效果,维持此方法一直操作。持续几天后因为水质变差,气化炉运行情况恶化,气化炉激冷室黑水排放管线阀门持续收小,洗涤塔最小的补水量也难以维持,闪蒸压力持续上涨,无法控制。

3.4 方案三:为了维持运行还是通过缓慢加高压循环水给洗涤塔补水的方式来降低闪蒸压力的操作来维持运行。最后再告知变换监控好气液分离罐液位,做好监控,一旦满液及时告知气化岗位停止操作。然后缓慢将气化炉洗涤塔补水全部加至正常,整个过程持续两个多小时,变换系统气液分离罐排放阀门开度变化不大,由于时间较长闪蒸压力有所下降,岗位人员缓慢将气化炉激冷室黑水管线排放阀门开大,过量变大,气化炉激冷室带水变小,气化炉洗涤塔带水也相应变少,维持运行十几个小时后,系统水质有所改良,在继续配合不间断关小开大气化炉激冷室黑水管线排放阀门的情况下,闪蒸压力突然降低,气化炉激冷室黑水排放管线过量变大,气化炉激冷室向洗涤塔带水量变少,洗涤塔又加入其他的补水,气化炉激冷室黑水排放管线阀门逐步开大,系统水质进一步变好,减少气化炉激冷室黑水排放

管线阀门活动频率,保持稳定的过水量,将气化炉激冷室的积灰带到闪蒸系统,随着气化炉激冷室黑水排放管线过量变好,阀门开大,带水量变少,气化炉洗涤塔液位也降至正常,塔盘压差也降至正常,不再带水<sup>[4]</sup>。

3.5 后期通过不断的活动气化炉激冷室黑水排放管线阀门,保证过量的情况下,通过关小黑水排放管线阀门提高激冷室液位,然后突然开大黑水排放管线阀门降低气化炉激冷室液位,来定期活动阀门,逐步将气化炉激冷室的积灰和破泡条上的积渣处理干净,气化炉恢复正常运行,避免了停车检修。

3.6 平时维护,通过调整气化炉液位,采取定期带液操作的方式阻止激冷室积渣或减缓积渣速率;同时提高气化反应温度,提高碳转化率,降低细灰量,从而降低积渣的风险;停车后,进行带压水运并反复升降气化炉液位,将破泡床上的积渣通过黑水系统或除渣系统带走,进一步减少停车检修时的积渣量,改善检修工况。在气化炉结构改造方面,通过降低破泡条密度,同时将破泡床交错分布,达到有效减少气体上升中气泡数量的同时,减少固体颗粒的附着面,从而降低积渣的空间基础。调整激冷室液位,采取定期带液操作的方式阻止激冷室积渣或减缓积渣速率;带液操作的原理为:气化炉内临界液位25-28%,此条件下不会发生带液现象,为了带液操作,可提高3%-5%的液位,当合成气带液后,合成气中夹带液体量明显增大,合成气经激冷水浴初步冷却后沿着激冷室轴向上升,穿过破泡床后被送出激冷室,合成气上升过程中,夹带的大量液相会带走集聚或附着在破泡床上的灰渣,进而减少破泡条上灰渣的累积。但是液位不能提的太高,当液位过高时,易引起气化及洗涤系统压力波动,引起气化炉液位、洗涤塔液位波动,对生产带来弊端。此外,不可长期发生大量带液操作,定期带液操作进行一次,每次带液操作时间4-8h,

带液操作时激冷室液位30-35%。停车后,进行带压水运并反复升降激冷室液位,将破泡条上的积渣通过黑水系统或除渣系统带走,以减少停车检修时的积渣量,改善检修工况。进一步的,在气化炉运行期间,同时提高反应温度,以提高碳转化率,降低细灰量。更进一步的,根据反应煤种原料的不同,所述反应温度控制在高于原料煤灰熔点50-100℃,提高温度后,碳转化率提高,从而降低产物中的残渣量。

#### 结束语

当发生激冷室黑水排放管线不畅通时,第一次拉量操作处理正常后,就应该加强系统水质置换,开大气化炉激冷室黑水排放管线阀门达到稳定过量,有可能就会避免黑水管线入口积渣堵塞导致后面一系列问题的出现。由此可见,气化炉液位控制的重要性,既要保证足够的带水量又要保证足够的排水量。平时在稳定运行过程中,隔一段时间应该人为的缓慢提高和降低气化炉激冷室液位来避免破泡条上面积渣,平时气化炉负荷的变化,炉温的变化,系统压力的变化,频繁的加减负荷也会造成气化炉激冷室液位忽高忽低达到冲洗的效果。再者,气化炉激冷水过滤器的改造也有可能是造成这次问题的因素,激冷水进入到激冷室压力的变化,喷射角度的变化都是影响因素,后期会逐步探索。

#### 参考文献

- [1]张记福.德士古气化炉预热水系统改造[J].氮肥与合成气,2017,45(9):27,29.
- [2]米圣伟,方子明,贺贵春,等.水煤浆气化装置在线倒炉问题解析及优化措施[J].氮肥与合成气,2019,47(9):12-15.
- [3]孔德升.多喷嘴气化炉开工黑水管线问题及优化处理[J].氮肥与合成气,2019,47(7):12-15.
- [4]朱宝,王彦伟.多喷嘴气化炉灰水系统常见问题分析[J].氮肥与合成气,2019,47(4):23-26.