

气化装置渣水处理系统结垢原因分析

马 雷 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气化一厂 宁夏 银川 750411

摘 要: 我国经济正处于快速发展的重要时期, 需要大量优质石油满足各行业的发展, 推动行业上升到新的层次。本文简单分析气化装置渣水处理系统与运行问题, 研究结垢的原理与堵塞原因, 并从优化操作、管理水质、药剂管理、监控煤质等角度, 详细叙述渣水处理系统改良方案, 旨在为更多气化装置提供技术帮助, 促进行业有序发展。

关键词: 气化装置; 渣水处理系统; 结垢

前言: 干煤粉加压气化激冷技术作为一种重要的技术, 基本原理是利用压差将煤粉送进气化炉, 让过量的煤粉和 O_2 完成部分氧化反应, 获得 CO 、 H_2 混合而成的粗合成气。灰水通过中压闪蒸、低压闪蒸和真空闪蒸三个步骤, 充分去除酸性气体, 在增加浓度后, 通过真空过滤机去除细灰, 完成水资源的循环利用, 收集到的热量也可以用于下次生产。

1 气化装置渣水处理系统运行模式

在基于干煤粉加压气化激冷技术的气化装置中, 气化炉激冷室和洗涤塔底部产生的黑水送入中压闪蒸、低压闪蒸和真空闪蒸中做闪蒸处理, 此时的黑水压力会从原来4.0MPa降低至0.5MPa、0.3MPa、-70KPa。黑水解析出的闪蒸气, 再经过冷凝处理, 借助分离罐进行分离。分离罐顶部借助高温火炬放空, 而其底部产生的冷凝液则会转移到循环水罐中, 在气化装置中重复使用。经过真空闪蒸处理后的黑水, 送入沉降槽, 真空过滤机负责处理沉降细渣, 并将滤饼转移到界区外, 沉降槽的清水则转移到循环水罐, 并在气化装置中再次使用^[1]。

2 渣水处理系统运行问题

气化装置共有4套气化炉、4套渣水处理系统, 渣水处理系统持续运行, 轮换备用1套气化炉。这导致渣水处理系统需要在停车且降温时, 才能对其检修, 影响整个气化装置的稳定运行。可以将渣水处理系统的运行问题简述为以下几点: 第一、伴随装置使用, 灰水管线、阀门等位置会逐渐生成拥有极强附着性能的灰白色垢块, 且拥有较强的致密性, 导致渣水处理系统的流量减少。在渣水的流量、压力发生波动时, 极容易让垢片脱落, 增加管道堵塞风险。而且, 灰水管线垢块会影响阀门的正常使用, 出现动作卡涩、卡死等现象, 对于生产造成一定程度的负面影响; 第二、在生产工艺中, 需要通过收集闪蒸气的热量, 并要控制外排水水温, 这导致换热器需要频繁使用。如果灰水在换热器内部结垢, 换热器

工作效率会受到直接影响, 降低热量回收、外排水的工作效果; 第三、负责处理渣水的闪蒸罐, 容易在内壁上产生垢层。如果装置开车、停车、操作不稳, 会导致罐体内部出现较大的温度波动, 产生一定程度的膨胀。又因为罐体与灰垢的膨胀系数存在较大差异, 导致灰垢容易脱落, 影响管道正常使用。如果闪蒸罐中存在较大渣块, 要由人工进行破碎, 再移出罐体, 需要消耗大量检修时间, 影响装置的正常生产计划。

3 结垢原理

气化装置有大量的生产工序, 这导致水系统pH值会在不同生产位置产生较大变化, 在气化炉、洗涤塔排出的黑水含有大量酸性气体, 呈酸性, 而在通过闪蒸系统处理后, 酸性气体被排除, 水系统呈碱性。

3.1 硅酸盐结垢

黑水的 $Si(OH)_4$ 会在洗涤塔中与水中的 OH^- 结合, 生成 $HSiO_3^-$, 在高温高压环境中, $HSiO_3^-$ 会被分解成 $Si_2O_5^{2-}$ 与 H_2O 。 $Si(OH)_4$ 也会和 OH^- 结合, 生成 $H_3SiO_4^-$, 并和 $Si(OH)_4$ 结合, 产生 $(OH)_3SiOSi(OH)_3$ 。即黑水的缩合反应中会逐渐产生硬垢, 一些无机离子, 例如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等, 也会让硅酸盐聚合物逐渐析出, 增加内壁结垢速度^[2]。

3.2 碳酸盐结垢

粗煤气携带大量 CO_2 , 和水结合后, 会生成 H^+ 、 HCO_3^- , 在黑水变为碱性时, HCO_3^- 会和 OH^- 结合, 生成 CO_3^{2-} 。又因为黑水中携带大量无机离子, 例如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等, 和 CO_3^{2-} 结合后, 生成溶解度较低的 $CaCO_3$ 与 $MgCO_3$ 。并且, 黑水pH越高, 碳酸盐生成量越多。而在黑水温度不断提升, 碳酸盐溶解度也会进一步下降, 进而生成附着在管道内壁, 且难以有效去除的垢片。

4 气化装置渣水处理系统产生结垢原因

4.1 工艺操作

实际操作中, 要先启动备用气化炉, 再停连续运行的1套气化炉。相应的渣水处理系统要做一次停开车, 时

间为8h。在此期间,容器管道会产生较大幅度的温度变化,容器管道和垢层拥有不同的膨胀系数,更容易发生垢层剥落现象,堵塞管道,影响气化装置的后续使用^[3]。

4.2 水质恶化

气化系统在运行期间具有几个特点,即高电导率、高Ca²⁺浓度、高硬度。高电导率可以反映灰水中无机盐浓度偏高,有大于基本运行指标5000μS/cm的风险;Ca²⁺则是灰水结垢的主要因素。在高温高压影响下,灰水会和水中的CO₃²⁻结合,形成主要成分为CaCO₃的硬垢。通过这3个指标,即可分析灰水是否容易发生结垢。在生产初期仅使用1套气化炉,灰水外排水量为40m³/h,进系统水量为520m³/h,灰水拥有良好的水质情况,硬度、Ca²⁺浓度偏低。随着气化炉投入使用数量的增加。平均单套气化炉的灰水进系统水量下降,让硬度、Ca²⁺浓度均有所上升。而受到后期生产因素影响,渣水处理系统无法做到大规模接收灰水,导致灰水的外排水量下降为30m³/h,灰水水质继续恶化,硬度、Ca²⁺浓度也超过预设标准,导致渣水处理系统生成结垢^[4]。

5 气化装置渣水处理系统改良方案

5.1 优化操作

在生产时,需要确保气化装置保持平稳状态,稳定供应灰水、黑水的系统流量。黑水电化学特性如果出现强烈波动,会导致其浊度与电导率上升,增加结垢的概率,要做好相应的预防工作,避免出现强烈波动。同时,也需要通过科学操作,避免粗煤气携带大量水分与杂质。关注中压闪蒸、低压闪蒸和真空闪蒸的液位,避免液位过高,降低黑水闪蒸效率,加重黑水含固量。建议对单个气化装置的运行时间适当延长,合理控制检修时间,降低开停车频率,让气化炉可以长时间稳定运行。在日常生产中,可以对单个气化装置的水循环量进行调整,以提升水循环量,对气化炉、洗涤塔的水质进行改善,并控制闪蒸系统的灰水浓缩程序,降低设备内部结垢速度。额外注意一点,需要确保管道内部灰水保持流动状态。如果灰水处于静止状态,碳酸盐与硅酸盐结晶会停留在管道内壁上,以较快的速度生长速,并在管道内壁中生成大面积结垢,影响管道流量。而管道流量降低,会进一步提升结垢生成速度,形成恶性循环。在灰水处于流动状态后,碳酸盐与硅酸盐结晶难以长时间停留在内壁上,从而有效抑制其生长速度,降低管道

内壁结垢概率^[5]。

5.2 管理水质

在生产中,需要构建详细灰水台账,并对灰水生产工艺进行严格管控,确保气化装置外排水量符合生产需求。如果在监控中检测到灰水水质发生变化,需要立即提升系统水的置换总量,预防灰水硬度、电导率等指标超过预设标准,从源头上处理管道结垢问题。

5.3 药剂管理

详细分析气化装置的水循环量规模,对药剂添加量进行合理调整,确保添加药剂达到最佳添加量,减少资源浪费。还应注意絮凝剂的添加量,避免添加过多,影响细渣沉降效果,增加水质浊度,增加渣水处理系统运行负荷。如果药剂使用效果较低,通过调整分散剂配方方式,提升药剂使用效果,让其更符合高Ca²⁺浓度的硬水水质,合理控制渣水处理系统结垢问题。

5.4 监控煤质

灰水携带的杂质、各种离子,主要由原料煤提供,即煤质变化会对灰水各种指标产生直接影响。如果灰分增加,会让灰水中的无机离子浓度增加,进而产生结垢。为有效控制渣水处理系统结垢问题,需要对煤质进行严格监控,确保在生产期间,煤灰分指标一直保持在正常范围以内。

结论:渣水处理系统是保障气化装置稳定运行的核心内容,灰水指标是渣水处理系统的重要指标,在实际生产中,有必要严格控制灰水水质,确保每项工艺指标符合生产规范,合理控制渣水处理系统的结垢问题,提升气化装置堵塞的使用寿命。

参考文献

- [1]孟繁星.海上油田水处理系统结垢及其控制[J].化学工程与装备,2021(12):127-128.
- [2]李平原,卜魁勇,丁红雷,等.含聚污水生化处理系统结垢原因分析及防治[J].新疆石油天然气,2019,15(04):93-96.
- [3]李艳琦,林远平,薛新茹,等.酒东油田注水系统结垢分析及应对措施[J].油田化学,2021,38(02):332-336.
- [4]冯尧奇,宋学斌,颜海龙.工业循环水系统中结垢和腐蚀现象分析及控制方案[J].山东化工,2021,50(06):166-167.
- [5]牛犇,汪永威,徐华伟,等.循环冷却水系统结垢判断和控制方法研究[J].山东电力技术,2020,47(01):57-61.