

煤气化装置黑水公用系统工艺流程优化与改造

贾玉龙

国家能源集团新疆哈密能源化工有限公司 新疆 哈密 839000

【摘要】：本文聚焦煤气化装置黑水公用系统。通过对该系统运行数据监测、设备状态评估以及工艺流程详细分析，发现存在黑水管道易堵塞、热量回收不充分、水质处理效果欠佳等问题。针对这些问题，提出优化管道布局与材质以改善黑水流动性、增设高效换热器提升热量利用率、改进水质净化工艺等措施。经实施优化改进后，有效减少了管道堵塞频次，提高了热量回收效率，提升了水质达标率，降低了系统运行能耗与维护成本，增强了煤气化装置整体运行的稳定性与经济性，为煤气化工艺在能源领域的高效应用提供了有力的技术支撑与实践参考。

【关键词】：煤气化装置；黑水公用系统；工艺流程优化

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.042

1 引言

我国能源结构主要以化石能源为主的特点,而煤炭在我国能源结构中长期占据主导地位^[1]。我国煤炭资源丰富,储量大、分布广,大量用于发电、钢铁、化工等行业,为工业生产提供了基础能源支持。煤气化是煤炭资源清洁高效利用的一种措施^[2],煤气化装置是煤炭清洁高效利用的关键设备。

煤气化的工作原理是在高温、高压等特定条件下,通过气化剂(如氧气、水蒸气)与煤发生化学反应,将固态煤转化为气态合成气(主要成分是一氧化碳、氢气和甲烷),生成的气态合成气被广泛应用于化工和冶金领域^[3-6]。煤气化黑水则是固态煤在气化过程中产生的带有煤渣的固液混合物,黑水介质则具有高悬浮物、高温、强碱、硬度大等特点。而黑水公用系统长期在高温、高压工作环境中运行时,极易受到冲蚀和磨损^[7-8]。黑水公用系统的损耗严重影响了煤气化装置长期稳定的运行。

在煤气化装置运行中,黑水公用系统容易出现以下问题:

(1) 管道堵塞,黑水含有大量的固体颗粒,像煤渣、灰分等。在管道输送过程中,这些固体颗粒可能会因为流速过低、水质成分变化等因素,逐渐沉积在管道内壁。(2) 设备腐蚀,黑水中含有酸性气体(如二氧化碳、硫化氢等)和具有腐蚀性的溶解盐类。这些物质会对黑水公用系统中的设备(如换热器、

泵等)造成腐蚀。(3) 水质恶化,黑水系统是一个复杂的循环系统,如果污水处理环节出现故障,例如澄清槽澄清效果不佳、过滤设备失效等,就会导致循环使用的黑水水质变差。(4) 液位波动,由于煤气化的生产过程是动态的,黑水量会随气化炉负荷等因素而变化。如果黑水处理设备的进水量和出水量不能及时平衡,就容易引起液位波动。

因此,针对黑水公用系统存在的问题,解析其工艺流程,研究黑水公用系统冲蚀和磨损的机理,并提出有效的改进与优化手段,是解决黑水系统问题的关键。本文研究的黑水公用系统的技改可有效降低其在运行时的冲蚀与损耗,为煤气化过程的工艺优化以及稳定性提升提供了数据参考与理论依据。

2 煤气化黑水公用系统工艺流程

2.1 工艺流程

煤气化是在高温高压条件下借助空气、氧气、催化剂以及助燃剂进行化学反应,然后将煤转化为可燃性气体的过程,是煤炭加工的核心技术^[9]。煤气化闪蒸是黑水闪蒸单元是将气化炉激冷室和合成气洗涤塔产生的黑水经三级闪蒸降温、降压处理,是实现黑水的高效利用,进一步提升了煤气化工艺的生产水平。某化工企业的煤气化黑水三级闪蒸处理系统的工艺流程如图1所示

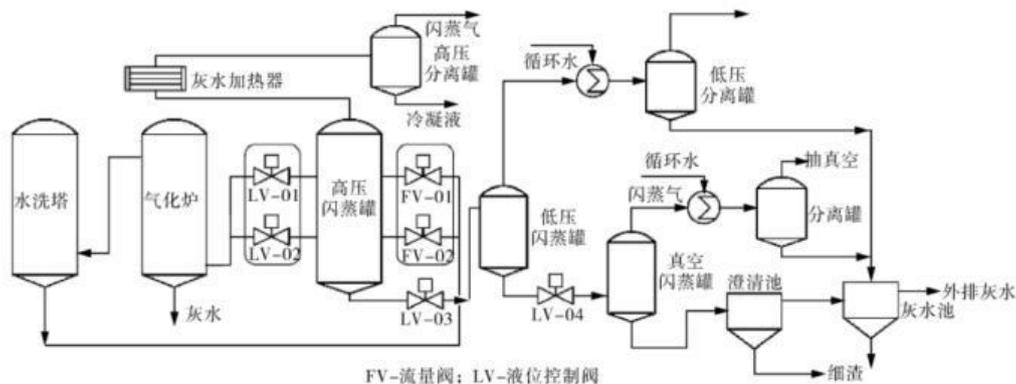


图1 黑水闪蒸工艺流程示意图

黑水的主要来源是气化炉激冷室排出的激冷水与合成气洗涤塔产生洗涤水。黑水经过闪蒸处理后，大部分可以回收循环再利用。黑水首先通过高压黑水闪蒸调节阀(LV-01/02)和FV-01/02)进入高压闪蒸罐。闪蒸后的气体经高压分离罐获得闪蒸气和冷凝液，其中冷凝液排入澄清池，在澄清池内加入絮凝剂，使大部分固体粒子沉降，澄清后的水循环再利用。以此类推，闪蒸后的浓缩液再经低压黑水闪蒸调节阀(LV-03)进入第二级低压闪蒸罐，再次剩余的含固液相经真空黑水闪蒸调节阀(LV-04)进入第三级真空闪蒸罐，最后浓缩的高含固液相进入澄清池自然沉淀。上层澄清水进入灰水池再次澄清分离出澄清水循环使用^[10]。

2.2 黑水公用系统运行中存在问题及解决措施

2.2.1 循环水罐液位波动

由于单区两个循环水罐偏差较大(偏差在25-40%)，可调整弹性空间很小，动态的煤气化过程中使得两个循环水罐中的进水量与出水量不能平衡，容易引发液位波动使得水体向罐体外部溢流，造成清理难度加大以及生产成本增高的后果。解决方案：如图2所示在1号和2号循环水罐之间增加联通管线(红色表示)，将新增的管线配至低压循环水2号泵入水口处，在煤气化黑水公用装置运行时产生的循环水罐液位波动时，通过使用新增管线，并对旧管线进行交叉清洗，这样做保证了新旧管线交替使用，从而来维持单区两个循环水罐液位平衡。

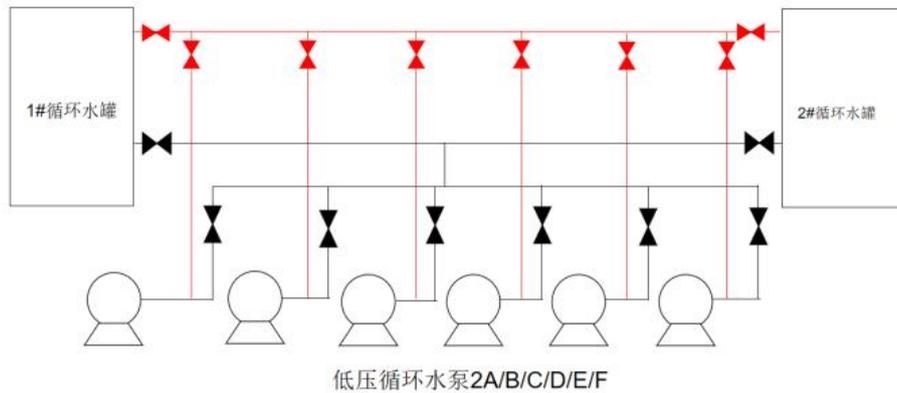


图2 低压循环水泵2号入水管线解决方案图

2.2.2 管道堵塞

黑水含有大量的固体颗粒，像煤渣、灰分等，在煤气化装置运行过程中，低压循环水泵2号机组六台水泵入口的总管线与两个循环水罐联通，由于六台水泵入口管线过长且容易被黑水中的固体颗粒堵塞，装置运行时间过长，低压循环水泵2号机组泵吸入水量不足，造成增湿塔补水困难，使得装置运行停

滞。解决方案：由于低压循环水泵2号出水口管线连接气化炉增湿塔，当气化炉增湿塔补水管线发生堵塞时，无法为增湿塔补水，迫使煤气化装置停运。因此将低压循环水泵2号出水口配置互备管线，当旧管线堵塞后，无法进行补水时，装置自动切换至新管线，增湿塔可以正常补水，将旧管线检查维修。确保了煤气化装置增湿塔正常补水。

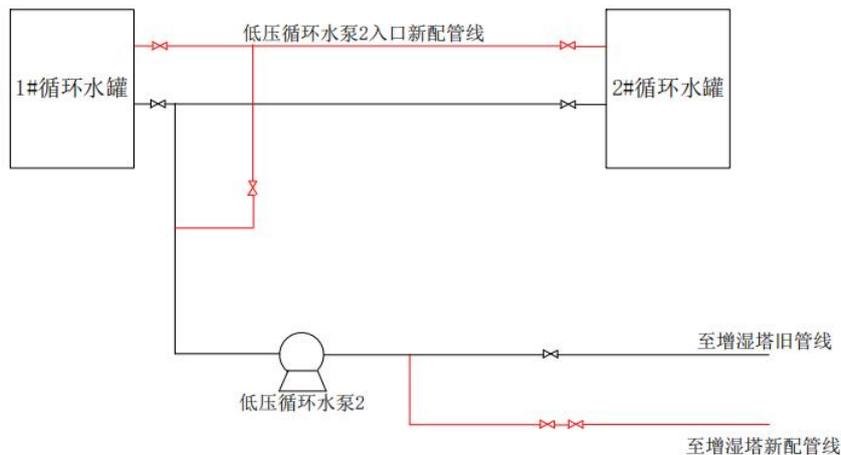


图3 低压循环水泵2号出水口管线解决方案图

2.2.3 黑水闪蒸凝液无法相互切换使用

在煤气化装置运行时，当循环水罐从运行的系统中脱离出进而检修维护时，相对应的气化炉也要停止生产运行，黑水闪蒸凝液排空或者转移时，才能将煤气化装置中的循环水罐安全的脱离运行系统。当澄清池或循环水罐出现故障时，导致不能按照需要将黑水闪蒸凝液从一个循环水管通道切换到另一个

循环水罐中，造成的后果则是整个煤气化装置停止运行。解决方案：如图4所示，首先将煤气化装置中的真闪分离罐（1号，2号，3号，4号分离罐）与沉降槽用管线连接，在黑水公用系统中将单一的闪蒸区域用管线互相关联通，当黑水经过闪蒸处理后，产生的闪蒸凝液直接排放到澄清池，澄清后的水循环再利用。这样做不仅可以确保煤气化装置的正常运行，同时可以将循环水罐脱离出整个运行系统中用于后续的检修与维护，

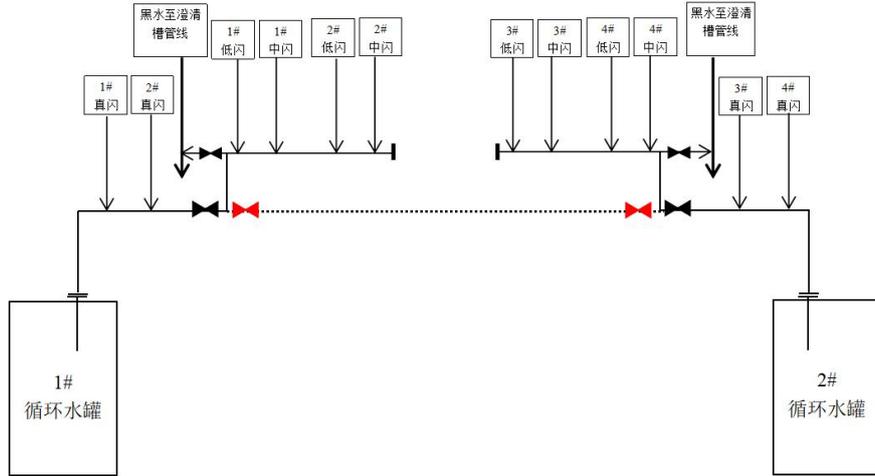


图4 黑水闪蒸系统凝液优化方案

2.2.4 低压循环水1号泵运行负荷过大

在黑水公用系统中低压循环水1号泵（有三个水泵机组）的任务是为冲洗罐进行补水以及将产生的废水排出，煤气化装置运行时，低压循环水泵1号三个水泵机组同时工作运行，且并没有相应的备用水泵，黑水系统长时间运行时所造成的问题则是低压循环水泵三个水泵机组的过滤网不能进行及时的清

洗，使得整个煤气化装置运行效率低，生产成本增高。解决方案：如图5所示，为了确保煤气化装置运行中废水外送的正常运行以及缓解低压循环水泵1号机组的运行负荷，现将低压循环水泵2号机组（六台水泵机组）中的两台水泵的出水口管线与废水外送装置管线相连。经过改造后，低压循环水泵1号和2号机组可以同时切换至废水外送管线，稳定了煤气化装置水的平衡使用，同时延长了黑水公用系统的运行周期

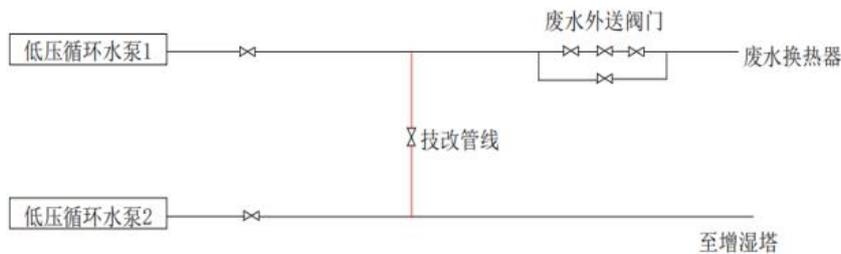


图5 低压循环水泵废水外排解决方案图

2.2.5 黑水公用系统水质差

在煤气化黑水公用系统运行时，固体煤经过多级闪蒸处理后，生成的闪蒸凝液中含有大量的固体颗粒，如煤渣、灰分等，如果直接将闪蒸凝液排放到循环水罐中，系统中原有换热器结垢堵塞，换热面积不足或换热效率低的情况，导致换热器清洗

难度较大，热量不能充分回收利用，造成能源浪费。解决方案：如图六所示将两组真闪冷凝液罐的出水口与澄清槽用管线相连，在澄清槽中加入絮凝剂，可以使黑水系统闪蒸凝液中的固体颗粒沉降，澄清后的水可以溢流至循环水罐，这样做可以大大减少黑水系统中换热器的结构堵塞率，使得热量能够充分利用。

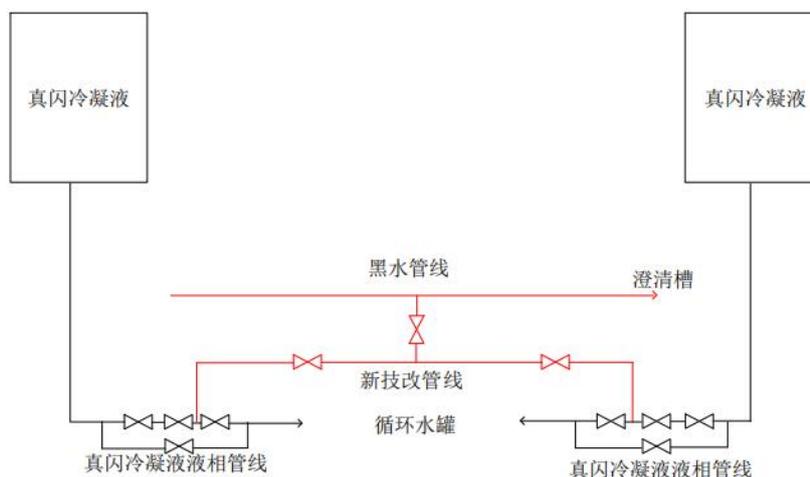


图6 真闪凝液系统优化方案图

3 结论

黑水公用系统作为煤气化生产中的关键环节，其稳定高效运行直接关系到整体生产效益与环保达标。通过本次深入的工艺改进与优化研究，取得了多方面的显著成果。在工艺改进方面，针对黑水闪蒸系统进行了重点优化。通过设备管线的优化与改进，黑水公用系统中产生的常见问题如液位波动、水质恶化，循环水泵运行负荷过大、黑水闪蒸凝液五法相互切换使用、管道易堵塞等。黑水公用系统的优化与改进有效减少了后续处理工序的负荷，降低了设备磨损风险，延长了关键设备的使用寿命。同时，优化后的闪蒸凝液品质也得到改善，其中杂质含

量降低，为后续的回收利用创造了更有利的条件，实现了资源回收与节能减排的双重效益。综上所述，本次黑水公用系统的工艺改进与优化在技术可行性、环保效益与经济效益等多方面均取得了良好成果。通过工艺、设备与自动化控制的全方位优化改进，系统运行效率大幅提升，能耗与污染物排放显著降低，为企业可持续发展奠定了坚实基础。未来，随着技术的不断进步与生产需求的持续变化，仍需持续关注黑水公用系统的性能表现，进一步探索创新改进措施，以保持其在工业生产领域中的高效、绿色、稳定运行的领先地位，为推动整个行业的技术进步与可持续发展提供有力的示范与借鉴。

参考文献:

[1]HUANG W,ZHANG S,LU X,et al.Residual coal distribution in China and adaptability evaluation of its resource conditions to underground coal gasification[J].Sustainable Energy Technologies and Assessments,2022,49:101654

[2]王利峰.我国煤气化技术发展展望[J].洁净煤技术,2022,28(2):115-121.WANGLF.Development and prospect of coal gasification technology in China[J].Clean Coal Technology,2022,28(2):115-121.

[3]KIM T,KATO S,MURAKAMI S.Indoor cooling/heating load analysis based on coupled simulation of convection,radiation and HVAC control[J].Building and Environment,2001,36(7):901-908.

[4]魏红,马顺海,邹清远.温度可调型高温高压蒸汽疏水阀的研制[J].流体机械,2020,48(9):44-49.WEI H,MA S H,ZOU Q Y.Development of high temperature and high pressure steam trap with adjustable temperature[J].Fluid Machinery,2020,48(9):44-49

[5]马士虎,章茂森,王黎明,等.一种燃气轮机用自力式压力调节阀性能试验系统研制[J].流体机械,2022,50(9):33-37.MA S H,ZHANG M S,WANG L M,et al.Development of performance test system for self-operated pressure regulator used in gas turbine[J].Fluid Machinery,2022,50(9):33-37.

[6]高志新,岳阳,李军业,等.调节阀阀体及阀座对流量特性的影响[J].流体机械,2021,49(10):43-49.GAO ZX.YUE Y,L JY,et al.Effects of the valve body and the valve seat of regulating valves on the valve flow characteristics[J].Fluid Machinery,2021,49(10):43-49

[7]邹殿超.煤气化黑水角阀损坏原因与优化方案[J].石油工业自动化,2018,54(6):82-85.ZOU D C.Damage cause and optimization scheme of coal gasification black water angle valve[J].Automation in Petro-Chemical Industry,2018,54(6):82-85.

- [8] 金浩哲,段奥强,刘骁飞,等.直流式迷宫调节阀流道降压流动特性及临界空化预测[J].排灌机械工程学报,2022,40(9):921-927.JIN H Z,DUAN A Q,LU X F,et al.Depressurized flow characteristics and critical cavitation prediction in passage of straight flow labyrinth valve channel[J].Journal of Drainage and Irrigation MachineryEngineering,2022,40(9):921-927
- [9] PENG Y,ZHANG W,L T,et al.Effect of WC content on microstructures and mechanical properties of Fe CoCr Ni high-entropy alloy/WC composite coatings by plasma cladding[J].Surface and Coatings Technology,2020,385:125326.
- [10] 梁安,陈翠.水煤浆气化装置中黑水调节阀损坏原因分析与改进方案[J].工业仪表与自动化装置:2020(4):96-99.
LIANG A,CHEN C.Analysis of reasons and technical renovation for damage of black water control valve in the water-coal slurry gasification device[J].Industrial Instrumentation&Automation,2020(4):96-99.