

提高贫甲醇水冷器换热效率的方法

宋建平 茹杨伟 樊盼盼

蒲城清洁能源化工有限责任公司, 陕西 蒲城 715500

[摘要] 低温甲醇洗技术目前已成为煤化工领域不可缺少的工艺流程, 当贫甲醇水冷器换热效果下降后, 会造成水冷器出口贫甲醇温度升高, 进一步造成进入甲醇洗涤塔顶部的贫甲醇温度升高。文章详细介绍了在大型煤化工企业, 提高贫甲醇水冷器换热效率的具体应用案例。

[关键词] 低温甲醇洗; 贫甲醇水冷器; 换热效率

DOI: 10.33142/ec.v5i2.5246

中图分类号: TQ051.5

文献标识码: A

Method for Improving Heat Exchange Efficiency of Less Methanol Water Cooler

SONG Jianping, RU Yangwei, FAN Panpan

Pucheng Clean Energy Chemical Co., Ltd., Pucheng, Shaanxi, 715500, China

Abstract: At present, low temperature methanol washing technology has become an indispensable process in the field of coal chemical industry. When the heat exchange effect of lean methanol water cooler decreases, it will cause the temperature of lean methanol at the outlet of water cooler to rise, and further cause the temperature of lean methanol entering the top of methanol washing tower to rise. This paper introduces in detail the specific application cases of improving the heat exchange efficiency of lean methanol water cooler in large coal chemical enterprises.

Keywords: low temperature methanol washing; less methanol water cooler; heat exchange efficiency

低温甲醇洗技术目前已成为煤化工领域不可缺少的工艺流程, 目前国外主流工艺有 Lurgi 低温甲醇洗工艺、Linde 低温甲醇洗工艺^[1]。国内研究也在持续进行中, 上海化工研究院、浙江大学、南化集团研究院、兰州设计院、北京化工大学、大连理工大学等科研单位均已取得极佳的研究成果^[2]。

以煤为原料的化工生产中, 经过 CO 耐硫变换后的变换气中含有大量多余的 CO₂、少量的 H₂S、COS 等酸性气体, 这些酸性气体对下游甲醇合成的生产是非常不利的, 尤其是硫化物会造成下游甲醇合成反应中的催化剂中毒, 因此必须对其进行脱除。低温甲醇洗工艺以冷的贫甲醇(甲醇 ≥99.5%, H₂O ≤0.5%) 为吸收溶剂, 利用贫甲醇在低温下对酸性气体(CO₂、H₂S、COS 等)溶解度极大、不易发泡、黏度小、来源广泛等方面的优良特性, 用物理吸收的方法脱除变换气中的酸性气体, 获得合格的净化气, 以达到后续甲醇合成工段的使用要求。目前使用较多的有德国林德低温甲醇洗、鲁奇低温甲醇洗、大连嘉淳低温甲醇洗等工艺包。

某项目使用的低温甲醇洗工艺变换气以 7.6MPa(G)、40℃ 工况进入低温甲醇洗系统, 经水分捕集、预冷、分液后进入甲醇洗涤塔底部, 与来自甲醇洗涤塔顶部的-62℃ 贫甲醇逆向接触, 分别脱除变换气中的 H₂S、COS、CO₂ 等酸性介质, 从甲醇洗涤塔顶获得合格的净化气排出。利用 H₂S、COS、CO₂ 在贫甲醇中溶解度的极大差异, 分别使用

减压闪蒸、氮气气提、精馏等方法分别将 CO₂ 和 H₂S、COS 在不同区域解析出来。解析出 H₂S、COS 和 CO₂ 等气体后的甲醇, 作为合格的贫甲醇送入贫甲醇罐, 利用贫甲醇泵由贫甲醇罐抽出进行增压, 经过各换热器冷却后再次送入甲醇洗涤塔顶部, 达到甲醇循环利用的目的。解析出的 CO₂ 气体经过换热器回收冷量进行复温后高空排放; 解析出的 H₂S、COS 气体先经过冷却后进行甲醇分液回收, 再经过换热器回收冷量进行复温后作为副产酸性气送至硫回收工段进行处理。

低温甲醇洗系统冷量来源主要有水冷器、丙烯深冷器、富含 CO₂ 的甲醇经闪蒸及气提后释放出的冷量等三部分。

水冷器是一种利用循环水对介质进行冷却的换热器, 根据传热速率方程 $Q=KS\Delta t$ (K 为传热系数, S 为面积, Δt 为平均温差) 得出, 影响水冷器换热效果的因素为传热系数 K 和平均温差 Δt 。某项目低温甲醇洗工艺水冷器为列管式换热器, 主要由壳体、管板、换热管、封头、折流挡板等组成, 循环水由水冷器封头连接管处进入, 在列管内流动, 从另一侧封头出口管流出, 称之为管程; 被冷却介质由水冷器壳体接管进入, 由壳体另一接管处流出, 称之为壳程。

在壳程被冷却介质流量一定前提下, 当循环上水量明显降低时, 会引起壳程被冷却介质出口温度升高。

当水冷器上水阀位于循环上水管网末端时, 由于水流流速降低, 循环水在管程流动过程中, 循环水中杂质在重

力作用下逐渐下沉,当循环水无法及时将其带走时,会在水冷器列管内逐渐形成杂物附着、沉积,降低水冷器传热系数;列管内沉积物达到一定数量后,堵塞列管,引起水冷器有效换热面积下降;均造成壳程被冷却介质出口温度升高。

水冷器列管内附着及沉积物,为微生物的繁殖创造了条件,造成列管及管板发生微生物腐蚀,引起水冷器泄漏。

贫甲醇水冷器作为低温甲醇洗冷量来源之一,当贫甲醇水冷器换热效果下降后,会造成水冷器出口贫甲醇温度升高,进一步造成进入甲醇洗涤塔顶部的贫甲醇温度升高。当该温度升高至一定温度后,甲醇对 CO_2 、 H_2S 等酸性气体吸收效果明显下降,其主要影响有:净化气中 CO_2 含量升高,引起甲醇合成工段氢碳比失调;净化气中 H_2S 含量升高,引起甲醇合成催化剂中毒。

1 背景

某公司低温甲醇洗装置贫甲醇再生区域工艺流程为:自 H_2S 浓缩塔底部引出的含硫甲醇经两次复温和气液分离后,液相经换热器E110(列管式,四台串联,BEM型式)加热后进入甲醇再生塔T104进行再生,T104底部获得的合格贫甲醇经E110降温后送入贫甲醇罐V105;来自V105的贫甲醇经贫甲醇泵P105加压,进入贫甲醇水冷器E111进行首次降温,之后分为两股,一股至变换气管线作为喷淋甲醇,一股经四次降温后送至甲醇洗涤塔顶部。

在2014年10月原始试车过程中,在贫甲醇罐V105压力为原设计压力(20kPa)及贫甲醇泵P105进口温度在原设计值最高温度(55℃)运行时,出现气蚀损坏现象。多年来,贫甲醇泵P105进口温度特别在夏季一直高于原设计最高温度(最高达到65℃)。为有效保护低温甲醇洗的核心设备——贫甲醇泵,防止贫甲醇泵出现气蚀损坏,多年来一直采取降负荷的方式(负荷最低时降至80%)。经过大量数据分析及研究,发现贫甲醇水冷器的运行工况对贫甲醇泵进口温度有极大影响^[1]。

经对贫甲醇水冷器进行分析,低温甲醇洗装置循环水管线处于公司第一循环水管网末端,存在流速小、易沉积特点(经拆检,水冷器管束内有大量污泥、垢物及杂物沉积);由于后期新增项目多从第一循环水管网取水,引起贫甲醇水冷器循环水循环上水量不足(循环上水设计值为273t/h,实测约100t/h)。

2 采取措施及分析

为有效保证低温甲醇洗系统安全、长周期、稳定、高负荷、低消耗运行,当贫甲醇水冷器因换热效果差严重影响系统运行时,所采取措施及弊端分析如下所述。

2.1 限水方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降,水冷器贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后,联系调度进行协调,在不影响循环水管网末端前各水冷器用户安全运

行的前提下,关小以上水冷器用户循环上水阀,匀出部分循环水至循环水总管,保证循环水管网末端的贫甲醇水冷器的安全运行。

此方法在调整初期能起到一定的应急作用,有效缓解贫甲醇水冷器换热效果差的现象,但随着系统运行,当各水冷器用户逐步建立新的循环水平衡后,贫甲醇水冷器换热效果逐步再次下降。

2.2 在线喷淋方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降,贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后,在换热器E111壳体顶部增加均匀开孔的喷淋管线,喷淋水孔朝向水冷器壳体侧,由喷淋管线中部引生产水(若从喷淋水管端面引水,会造成喷淋不均匀),通过外加冷源的方式对水冷器壳体进行水喷淋。

此方法能缓解贫甲醇出口温度升高这一现象,但喷淋水后,水冷器壳体表面会产生逐渐产生水垢,当水垢层达到一定厚度后,影响喷淋效果;同时产生大量喷淋废水,造成极大浪费^[2]。

2.3 在线冲洗方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降,贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后,在水冷器循环回水阀前增加排污口(正冲洗)或在水冷器循环上水阀后增加排污口(反冲洗),逐渐关闭水冷器循环回水阀至全关状态并逐步打开水冷器循环回水阀前排污口进行就地排放,利用循环上水的压力对水冷器进行正冲洗,当水质清澈后恢复至原流程;逐渐关闭水冷器循环上水阀至全关状态并逐步打开水冷器循环上水阀后排污口进行就地排放,利用循环回水的压力对水冷器进行反冲洗,当水质清澈后恢复至原流程。

当水冷器换热管内污垢不牢固时,使用此方法能带出大量污垢,有效提升水冷器的换热效率,但冲洗时会产生大量废水,造成极大浪费;冲洗操作不当,会引起低温甲醇洗系统工况恶化,严重时引起跳车或被迫停车。

2.4 停车高压清洗方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降,贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇无法正常运行这一现象后,低温甲醇洗系统做停车处理。

水冷器贫甲醇侧隔离完成后,拆水冷器封头,对列管进行高压清洗,清洗完成后必须对水冷器进行查漏、消漏;低温甲醇洗系统停车及开车期间,不仅会产生大量消耗并对环境造成一定污染,也会造成极大的原材料浪费。

2.5 提高循环上水压力的方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降,贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后,联系调度进行协调,在循环水岗位循环水泵允许前提下,提高循环水上水压力,进而提高水冷器列管内流速,提高水冷器换热效率。

受制于循环水泵的安全运行工况，局限性极大，效果不明显。

2.6 在循环上水管线中鼓入氮气的方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降，贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后，在水冷器循环上水阀后导淋处引入氮气，调整氮气量补入循环上水中，进行鼓泡搅动，将水冷器列管内污垢进行剥离清理，提高换热效率。

此方法仅限于列管内污垢沉积不牢固这一工况，同时对氮气补入量的要求极高，当补入氮气量过大会造成循环水中断，严重恶化低温甲醇洗系统工况，可能被迫停车或跳车；当补入氮气量过小时达不到预期效果。

2.7 在循环上水管线中加药的方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降，贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后，在水冷器循环上水阀后导淋处加入经计量泵加压的黏泥剥离剂或循环水缓蚀剂、循环水阻垢剂，对水冷器列管内运行环境进行改善，提高换热效率。

由于药剂进入循环上水管道后，无法进行有效分散，同时药剂停留时间偏短，在水冷器内作用效果较差，对水冷器的换热效率提升不明显；部分药剂呈现强酸性，对水冷器列管及封头造成一定的腐蚀。

2.8 在循环回水管线增加增压泵的方法

当出现贫甲醇水冷器换热效果下降，贫甲醇出口温度升高影响贫甲醇正常运行这一现象后，在水冷器循环回水阀前增加循环回水引出口，在水冷器循环回水阀后增加循环回水并入口，使用离心泵对水冷器中循环回水进行抽引，提高水冷器换热效率。

此方法效果极为明显，但当水冷器列管结垢过于严重后，水冷器内循环上水量降低，造成离心泵吸入压力不足或产生负压，严重危害离心泵的安全运行。

3 解决方法

鉴于以上各种方法的局限性，通过试验最终在贫甲醇水冷器循环上水阀前增加循环上水引出口及阀门，在贫甲醇水冷器循环上水阀后增加循环上水并入口及阀门，使用离心泵对贫甲醇水冷器循环上水进行加压（示意图见图1），运行效果良好。

具体操作步骤：

- (1) 打开循环上水泵 c 进口阀 a 及最小回流阀 min；
- (2) 启动循环上水泵 c，泵运行稳定后，打开泵出口阀 b 并同步关闭贫甲醇水冷器循环上水阀 d；
- (3) 根据循环上水泵 c 运行工况及进、出口压力显示，全关贫甲醇水冷器循环上水阀 d，将泵出口阀 b 调至

合适开度。

(4) 循环上水泵 c 为一开一备模式，设置运行泵故障时联锁启动备用泵这种运行逻辑控制；

(5) 当需要停运循环上水泵 c 时，确认 min 阀有开度；打开贫甲醇水冷器循环上水阀 d 并同步关闭泵出口阀 b，直至贫甲醇水冷器循环上水阀 d 全开及泵出口阀 b 全关，停循环上水泵 c。

(6) 注意事项：循环上水泵 C 的启动及停用时，必须密切关注循环水管网其它水冷器运行工况，防止对其正常运行造成冲击。

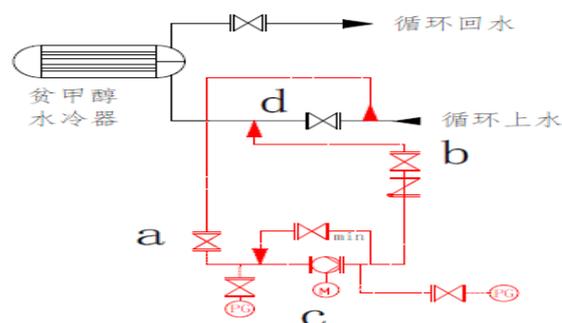


图1 贫甲醇水冷器循环上水泵示意图

- a、循环上水泵 C 进口阀；b、循环上水泵 C 出口阀；
c、循环上水泵；
d、贫甲醇水冷器循环上水阀；min、循环上水泵 C 最小回流阀

4 结语

该方法于 2021 年 4 月至 7 月在某公司低温甲醇洗装置进行性能验证，高温季节下低温甲醇洗系统连续 110% 负荷（约 500 000Nm³/h 变换气量）下安全稳定运行，贫甲醇泵进口温度 < 55℃（设计 TAH: 55℃），贫甲醇循环量最大 390t/h（设计 100% 负荷时 FAH: 399t/h）。

使用此方法可有效提高水冷器内循环水流速，从而提高水冷器换热效率，有效保证了处于循环水管网末端的水冷器，在循环水量不足且流速小、易沉积这一恶劣工况下，低温甲醇洗系统长周期安全运行。

[参考文献]

- [1] 王祥云. 合成氨气体净化技术进展(下)-脱碳技术的进展[J]. 化肥工业, 2004, 32(2): 19-28.
- [2] 贺永德. 现代煤化的技术手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 化学与应用化学出版中心, 2004.

作者简介: 宋建平(1988.7-)男, 汉, 陕西商洛, 中级工程师, 工学学士, 主要研究方向: 低温甲醇洗及附属工艺。