

## 多套并联低温甲醇洗装置闪蒸气节能回收技术

杨杰 宋建平

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, 大型煤化工装置一般采用多套并联运行模式。本文详细介绍了在大型煤化工企业, 低能耗回收闪蒸气的具体应用案例。

[关键词] 低温甲醇洗; 闪蒸气回收

DOI: 10.33142/ect.v2i9.13451

中图分类号: TQ440.

文献标识码: A

### Energy-saving Recovery Technology for Flash Steam from Multiple Parallel Low-temperature Methanol Washing Units

YANG Jie, SONG Jianping

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

**Abstract:** Rectisol wash unit technology has become an indispensable process in the field of coal chemical industry. Large scale coal chemical plants generally adopt multiple parallel operation modes. This article provides a detailed introduction to specific application cases of low-energy recovery of flash gas in large coal chemical enterprises.

**Keywords:** rectisol wash unit; flash gas recovery

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鲁奇低温甲醇洗工艺、林德低温甲醇洗工艺<sup>[1]</sup>。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<sup>[2]</sup>。

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 CO<sub>2</sub>、少量的 H<sub>2</sub>S、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%, H<sub>2</sub>O ≤0.5%) 为吸收溶剂, 利用贫甲醇在低温下对酸性气体(CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、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 H<sub>2</sub>S、COS、CO<sub>2</sub> 等酸性介质, 从甲醇洗涤塔顶获得合格的净化气排出。利用 H<sub>2</sub>S、COS、CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>S、COS 在不同区域解析出来。解析出 H<sub>2</sub>S、COS 和 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 气体经过换热器回收冷量进行复温后高空排放; 解析出的 H<sub>2</sub>S、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。

#### 1 背景

某公司低温甲醇洗装置工艺流程如下。

自 8.7MPa 压力下的气化炉产出的工艺气经部分变换后进入低温甲醇洗系统(7.6MPa、453 597Nm<sup>3</sup>/h), 经洗氨塔脱氨后与循环气压缩机出口气体汇合, 经喷淋甲醇进行水分捕集, 变换气与净化气、尾气、CO<sub>2</sub> 产品气进行换热预冷, 预冷后变换气经水分离器进行分液后气相进入甲醇洗涤塔底部, 与来自甲醇洗涤塔顶部的-62℃、400t/h (设计流量) 贫甲醇逆向接触, 分别脱除变换气中的 H<sub>2</sub>S、COS、CO<sub>2</sub> 等酸性介质, 从甲醇洗涤塔顶获得合格的净化气排出, 净化气经两级换热器复温后送至甲醇合成工段。

自甲醇洗涤塔上塔底部抽出的无硫甲醇经两级降温后进入中压区(1.6MPa) 无硫甲醇闪蒸罐进行闪蒸回收有效气; 自甲醇洗涤塔下塔底部抽出的含硫甲醇经三级降温后进入中压区(1.6MPa) 含硫甲醇闪蒸罐进行闪蒸回收有效气。回收的有效气经循环气压缩机压缩后返回变换气管线上。

部分无硫甲醇进入 CO<sub>2</sub> 产品塔进行低压闪蒸(0.23MPa) 获得 CO<sub>2</sub> 产品同时脱除甲醇中 CO<sub>2</sub>, 自 CO<sub>2</sub> 产品塔顶部获得

的 CO<sub>2</sub> 产品 (35 000Nm<sup>3</sup>/h, CO<sub>2</sub> 纯度 ≥99.85%) 经变换气复温后约 60% 经过 CO<sub>2</sub> 产品水洗塔水洗后和未经水洗的 40%CO<sub>2</sub> 产品气汇合送入放空筒进行就地高点放空 (高度 110m), CO<sub>2</sub> 产品塔底部甲醇进入 H<sub>2</sub>S 浓缩塔。

含硫甲醇进入 H<sub>2</sub>S 浓缩塔进行低压闪蒸 (0.08MPa) 脱除 CO<sub>2</sub>, 底部通入氮气 (22 000Nm<sup>3</sup>/h) 进行气提脱除甲醇中 CO<sub>2</sub>。自 H<sub>2</sub>S 浓缩塔顶部排出的尾气 (135 000Nm<sup>3</sup>/h) 经过三级复温后送入放空筒进行就地高点放空。为防止含硫甲醇中 H<sub>2</sub>S 解析出来随着尾气进行放空污染环境, 另一部分无硫甲醇进入 H<sub>2</sub>S 浓缩塔顶部进行尾气洗涤。

自 H<sub>2</sub>S 浓缩塔底部引出的含硫甲醇经过两级过滤及两级复温后进入气液分离罐进行气液分离 (避免气阻及两相流), 气相进入 H<sub>2</sub>S 浓缩塔, 液相经换热器加热后进入甲醇再生塔进行再生。甲醇再生塔使用 0.5MPa、12t/h 蒸汽再沸器进行加热, 底部获得合格贫甲醇, 贫甲醇经换热器降温后送入贫甲醇罐; 顶部含甲醇酸性气体经三级降温及两次分液后, 酸性气经一级分液后酸性气复温送至硫回收处理。

贫甲醇经贫甲醇泵 (两开一备, 两开为汽轮机驱动, 一备为电机驱动) 自贫甲醇罐引出加压后, 经五级降温至 -62℃, 进入甲醇洗涤塔顶部, 继续进行甲醇循环。

水分离器底部液相、CO<sub>2</sub> 产品水洗塔液相及甲醇再生塔底部含水较高的液相, 经泵和换热器换热加热后, 进入甲醇/水分离塔进行脱水和甲醇回收。甲醇/水分离塔使用 1.2MPa、12t/h 蒸汽再沸器进行加热, 顶部甲醇蒸汽直接进入甲醇再生塔, 底部废水经换热器降温后送出界区。

对低温甲醇洗系统而言, 变换气中各主要组分在相同温度和压力下, 在甲醇中溶解能力排序为 N<sub>2</sub><H<sub>2</sub><CO<CO<sub>2</sub><CH<sub>4</sub><H<sub>2</sub>S<COS<NH<sub>3</sub>, 由此排序看出, 作为后续甲醇等合成工段的有效气 H<sub>2</sub> 及 CO 也会溶解于甲醇中。在使用减压闪蒸及氮气气提方法解析 CO<sub>2</sub> 过程中, 会造成大量 H<sub>2</sub> 及 CO 解析出来, 污染环境同时, 后续合成工段的有效气 H<sub>2</sub> 及 CO 大量浪费。

甲醇洗涤塔底部排出的吸收了 H<sub>2</sub>S、COS、CO<sub>2</sub> 的富甲醇在进行 CO<sub>2</sub> 解析前, 先进入闪蒸罐进行初步闪蒸, 便于回收后续合成工段所需的有效气 H<sub>2</sub> 及 CO; 闪蒸回收的有效气经循环闪蒸气回收压缩机压缩, 重新返回低温甲醇洗系统。

闪蒸气压缩机是回收该闪蒸气的关键设备, 它一般采用往复机压缩机, 即通过电机经飞轮后带动曲轴转动, 将圆周运动变为往复运动; 通过连接在曲轴上面的连杆和活塞不断往复移动, 经卸荷器辅助完成在缸体内闪蒸气的吸入、加压和送出工作; 经逐级反复加压后将闪蒸气压力压至变换气压力并返回变换气管线进行循环利用。该压缩机电机功率一般较大, 某 180wt/a 甲醇项目配套低温甲醇洗闪蒸气回收压缩机功率为 1250kW, 回收能耗极高。

由于国内陆地运输条件限制及设备制造成本等多方面考虑, 目前凡是内陆的大型煤化工及石油化工企业, 一般配套多套低温甲醇洗装置来进行酸性气体的脱除。

对两套以上并联的低温甲醇洗系统, 当单套以上低温甲醇洗系统负荷 ≤50%, 循环闪蒸气回收压缩机无法正常运行时, 循环闪蒸气只能通过火炬排放; 当单套低温甲醇洗系统循环闪蒸气回收压缩机故障停运期间, 循环闪蒸气只能通过火炬排放。

## 2 采取措施及分析

当循环闪蒸气回收压缩机系统故障时, 通过打开循环闪蒸气放空阀方式, 将循环闪蒸气排至火炬进行处理。

通过将一系列压缩机进口手阀前闪蒸气引至新增进气收集母管, 送至二系列压缩机进口手阀后新增导气收集母管, 可实现两个系列压缩机进口管线的串联。当一套闪蒸气压缩机故障期间, 通过另一套闪蒸气压缩机进行回收, 有效提高闪蒸气回收, 在提高产能的同时, 有效减少火炬排放保护环境; 当因系统负荷问题引起两套闪蒸气压缩机均无法单独运行期间, 通过一套闪蒸气压缩机进行两套闪蒸气的回收, 有效提高闪蒸气回收, 在提高产能的同时, 有效减少火炬排放保护环境; 当因系统负荷在 60%~70% 期间时, 两套压缩机均投用时能耗极高, 两套压缩机停机闪蒸气放空时, 造成甲醇合成有效气的浪费及环境污染, 此时可以使用一台压缩机对两系列闪蒸气进行回收, 有效降低电耗, 为“双碳”目标作出贡献。

## 3 解决方法

某 180wt/a 甲醇项目, 对应设置为两套并联低温甲醇洗系统 (统称为 A 系列及 B 系列)。

低温甲醇洗系统 A 系列循环闪蒸气自闪蒸罐 VA 引出后, 经压缩机 CA 闪蒸气进口手阀进入压缩机 CA 进行压缩回收利用, 当压缩机 CA 故障检修或无法运行期间, 自闪蒸罐 VA 引出的闪蒸气经调节阀 PVA 排至火炬。

低温甲醇洗系统 B 系列循环闪蒸气自闪蒸罐 VB 引出后, 经压缩机 CB 闪蒸气进口手阀进入压缩机 CB 进行压缩回收利用, 当压缩机 CB 故障检修或无法运行期间, 自闪蒸罐 VB 引出的闪蒸气经调节阀 PVB 排至火炬。

将调节阀 PVA 前闪蒸气通过管线连接至压缩机 CB 闪蒸气进口手阀后的方式, 使用压缩机 CB, 实现将闪蒸罐 VA 引出的闪蒸气进行压缩回收利用的目的; 将调节阀 PVB 前闪蒸气通过管线连接至压缩机 CA 闪蒸气进口手阀后的方式, 使用压缩机 CA, 实现将闪蒸罐 VB 引出的闪蒸气进行压缩回收利用的目的。

假设场景 1:

压缩机 CA 故障, 目前自闪蒸罐 VA 引出的闪蒸气经调节阀 PVA 排至火炬, 具体操作步骤:

- 倒通自 PVA 前引出至 CB 进口手阀后的新增管线盲板;
- 打开自 PVA 前引出至 CB 进口手阀后的新增管线上

手阀;

c. 中控人员通过调节 CB 工况方式, 关小 PVA, 将 VA 排火炬闪蒸气不断引至 CB 进行压缩回收。

假设场景 2:

低温甲醇洗系统负荷低, 自 VA 及 VB 引出的闪蒸气量均小, 无法保证压缩机 CA 及 CB 的安全运行, 目前自闪蒸罐 VA 引出的闪蒸气经调节阀 PVA 排至火炬, 自闪蒸罐 VB 引出的闪蒸气经调节阀 PVB 排至火炬, 具体操作步骤:

a. 倒通自 PVA 前引出至 CB 进口手阀后的新增管线盲板;

b. 打开自 PVA 前引出至 CB 进口手阀后的新增管线上手阀;

c. 中控人员通过调节 CB 工况方式, 关小 PVB 及 PVA, 将 VB 及 VA 排火炬闪蒸气不断引至 CB 进行压缩回收。

使用此方法可在两套以上并联低温甲醇洗系统模式下, 当一套闪蒸气压缩机故障期间, 通过另一套闪蒸气压缩机进行回收, 有效提高闪蒸气回收, 在提高产能的同时, 有效减少火炬排放保护环境。

使用此方法可在两套以上并联低温甲醇洗系统模式下, 当因系统负荷问题引起两套闪蒸气压缩机均无法单独运行期间, 通过一套闪蒸气压缩机进行两套闪蒸气的回收, 有效提高闪蒸气回收, 在提高产能的同时, 有效减少火炬排放保护环境。

某公司自 2021 年 9 月投运该技术以来, 串联线累积投用 11.625d, 停用一台压缩机节省电耗 34.875w 度, 按照¥0.46 元/度电价计算, 产生利润为¥16 万元;

2022 年串联线累积投用 31.21d, 停用一台压缩机节省电耗 93.63w 度, 按照¥0.46 元/度电价计算, 产生利润为¥43 万元。

2023 年串联线累积投用 28.31d, 停用一台压缩机节省电耗 84.93w 度, 按照¥0.46 元/度电价计算, 产生利润

为¥39 万元。

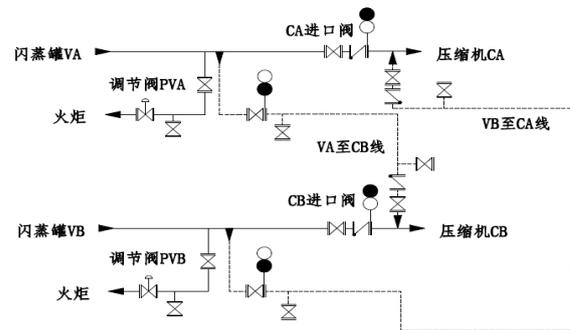


图 1 压缩机 CA 及 CB 串联示意图

#### 4 结语

在两套以上并联低温甲醇洗系统模式下, 当一套闪蒸气压缩机故障期间, 通过另一套闪蒸气压缩机进行回收, 有效提高闪蒸气回收, 在提高产能的同时, 有效减少火炬排放保护环境; 在两套以上并联低温甲醇洗系统模式下, 当因系统负荷问题引起两套闪蒸气压缩机均无法单独运行期间, 通过一套闪蒸气压缩机进行两套闪蒸气的回收, 有效提高闪蒸气回收, 在提高产能的同时, 有效减少火炬排放保护环境, 为同类型企业提供工业应用借鉴。

#### [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: 杨杰(1987.11—), 甘肃庆阳人, 化工工程师, 主要研究方向为煤化工工艺及设备; 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。