

# 精脱硫中试装置优化设计

张金菊\*

(山西国控环球工程有限公司, 山西 太原 030012)

**摘要:** 为了保障精脱硫新型催化剂的顺利中试, 在工艺系统、设备结构等方面对精脱硫中试装置进行了合理优化设计, 使得优化设计的中试装置能够安全、可靠、稳定运行。

**关键词:** 焦炉煤气; 精脱硫; 精脱硫中试装置; 优化设计

中图分类号: TQ52

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2019)08-0210-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2019.08.044

## Optimization design of pilot plant for fine desulfurization

ZHANG Jin-ju\*

(Shanxi State-owned Huanqiu Engineering Co., Ltd., Taiyuan 030012, China)

**Abstract:** In order to ensure the pilot test of new catalyst for fine desulfurization to perform smoothly, the pilot plant for fine desulfurization is optimized in terms of process system and equipment structure, making the pilot plant operate safely, reliably and stably.

**Key words:** coke oven gas; fine desulfurization; fine desulfurization pilot plant; optimization design

据国家统计局统计, 2018 年焦炭总产量 43 820 万 t, 同比增长 0.8%, 同时产生焦炉煤气约 1 753 亿 m<sup>3</sup> (一般生产 1 t 焦炭同时会产生 400 m<sup>3</sup> 左右的焦炉煤气)<sup>[1]</sup>, 焦炉煤气可用作民用燃料和工业燃料, 也是提氢、发电、制化肥、制甲醇、制天然气、制蜡及合成油等基本化工原料<sup>[2]</sup>。焦炉煤气中主要组分为氢气、甲烷、一氧化碳、氮气, 同时还含有微量焦油、氨、奈、硫化氢及有机硫等有害杂质<sup>[2]</sup>, 这些杂质对焦炉煤气后续综合利用将产生环境污染、健康危害及合成过程催化剂中毒等极大影响, 必须对其进行有效去除, 方可作为燃料或其他合成化学品基础原料使用。

焦炉煤气在脱除焦油、奈、氨及湿法脱除无机硫化氢后, 进入精脱硫脱除少量无机硫及有机硫。有机硫成分有 COS、CS<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>S、RSH、C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>S 等<sup>[3]</sup>, 脱除方法为, 首先有机硫加氢反应生成无机硫, 无机硫一次脱除, 然后剩余有机硫再反应, 生成无机硫再脱除, 最终达到硫质量分数不大于 0.1×10<sup>-6</sup> 的有机硫的深度净化。近年来, 加氢反应催化剂主要在降低催化剂使用温度以避免发生积碳及甲烷化副反应、避免在微量氧的存在下生成硫酸盐导致催化剂活性低及使用寿命短等方面不断改进, 以提高其性能。

现有新型催化剂采用中低温脱硫技术, 可以抑制副反应发生、延长催化剂寿命, 进而实现降低生产成本、减少环境污染、提高企业经济效益等目标, 小

试已成功, 现准备中试装置试生产。

中试装置试生产首先必须进行中试装置的设计, 合理正确的设计是中试试验安全可靠运行的重要保障。中试装置相比常规生产装置有其本身的特殊性, 根据这些特殊性对中试装置进行了合理优化设计。

## 1 工艺流程设计

### 1.1 工艺流程

整个中试装置必须建立在大生产精脱硫装置的生产企业区, 便于气体取用及排放, 但中试装置的气体来源及净化后气体与原生产装置衔接位置的选择尤为重要。考虑到以上因素, 设计要素如下。

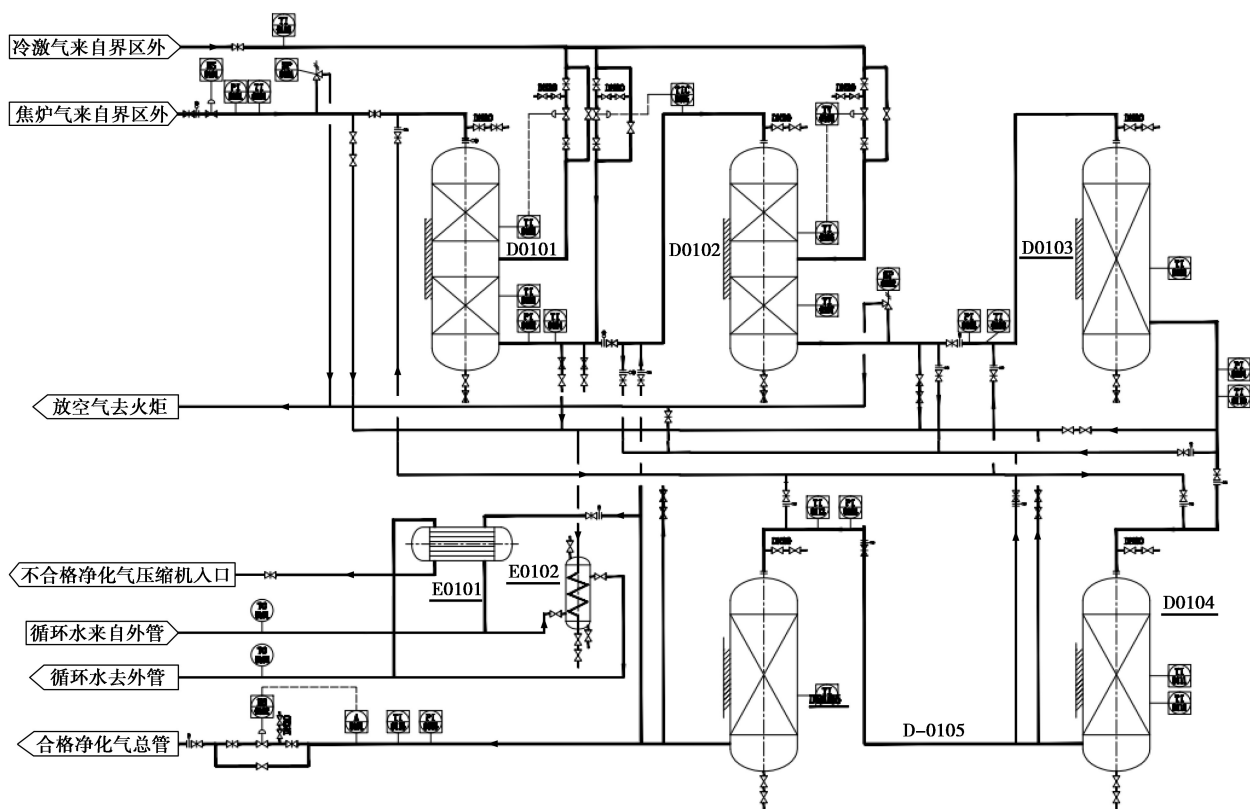
(1) 气体衔接位置不能影响原装置的生产与安全。

(2) 净化后的气体能够合并到原系统中。

(3) 确保异常情况下中试装置与原装置能够安全切断互不影响。

中试工艺流程如图 1 所示。

自界区来的焦炉煤气首先进入预加氢转化器及一级加氢转化器, 将多数有机硫转化成无机硫化氢后, 进入一次氧化锌脱硫塔脱掉多数硫化氢, 然后进入二级加氢转化器, 再进入二次氧化锌脱硫塔脱掉几乎全部硫化氢, 最后根据气体净化情况送到界区外合适位置。



D0101—预加氢转化器;D0102—一级加氢转化器;D0103—氧化锌脱硫塔 I;D0104—二级加氢转化器;  
D0105—氧化锌脱硫塔 II;E0101—换热器;E0102—取样冷却器

图1 精脱硫中试工艺流程

## 1.2 工艺流程设计特点

### 1.2.1 合理控制反应温度

首先在预加氢反应器中部及其出口管道、一级加氢反应器中部接入冷激气以调节反应温度。其次,在气体入装置管道上设置紧急切断阀,如果催化剂有异常反应,反应器温度突然急速上升时可紧急切断入口气体。

### 1.2.2 出装置净化气去向合理选择

精脱硫净化气出中试装置接入原生产装置的位置必须考虑到2个方面,一是中试装置净化气体的净化程度,二是中试装置净化气体的压力与原生产装置接入位置匹配,因此在出口管道上设置自动化分析,并联锁出口切断阀。若精脱硫后气体的硫质量分数达到 $0.1 \times 10^{-6}$ 以下就直接接入原装置精脱硫出口管道,若达不到则气体不能直接接入,此时气体接至何处需根据实际情况考虑。

气体经过精脱硫装置后温度升高,约在 $400^{\circ}\text{C}$ ,而压缩机入口温度一般在 $40^{\circ}\text{C}$ 左右,如果直接接至压缩机入口温度太高。

其次,气体经过精脱硫装置后净化气压力与入口相比降低约 $0.2\text{ MPa}$ ,如果接入精脱硫原装置入

口会由于压力太低而无法接入,此时可在二次氧化锌脱硫后加循环水冷却器,使气体冷却至 $40^{\circ}\text{C}$ 后再将其接至压缩机入口管道上。

## 2 设备结构确定

### 2.1 设备规格确定

根据设计基础参数(见表1)及相关资料计算出设备直径及筒体高度(见表2)<sup>[4]</sup>。

表1 设计基本参数

参数	数值
处理气量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1})$	800~1200
操作温度/ $^{\circ}\text{C}$	250~450
操作压力/ $\text{MPa}$	2.0~2.2
入口含硫量/ $(\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	
$\text{H}_2\text{S}$	20
$\text{COS}$	20.38
$\text{CS}_2$	31.05
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$	38.65
$\text{C}_4\text{H}_4\text{S}$	2.36
$\text{CH}_3\text{SH}$	3.16
总硫	115.60

表 2 设备一览表

名称	规格	数量
预加氢转化器	Φ600 mm×4000 mm	1
一级加氢转化器	Φ800 mm×5000 mm	1
氧化锌脱硫塔	Φ800 mm×5500 mm	2
二级加氢转化器	Φ800 mm×5500 mm	1
取样冷却器	Φ400 mm×1000 mm	1
换热器	Φ200 mm×3000 mm	1

## 2.2 中试装置设备特殊设计

中试装置设备与常规生产精脱硫装置相比设备直径小,设备的设计与常规生产精脱硫装置的设计理念有如下不同点。

### 2.2.1 人孔

设计时考虑装填催化剂的方式不同。常规生产装置设备的直径在 2 m 以上,可直接在设备筒体上合适高度设置人孔,而本次中试装置直径为 0.6 m 或 0.8 m,不能在筒体上直接开人孔。根据这种情况结合实际工作经验,设计成法兰式筒体,即将筒体断开并接上法兰,再用螺栓把筒体连接起来。在需要装填催化剂及设备附件时将筒体法兰拧开,以实现常规人孔的功能。

### 2.2.2 材质

中试装置直径为 0.6 m 或 0.8 m,无法在内壁加耐火层,只能在材料上考虑耐介质温度。生产装置精脱硫材质一般用 15CrMoR,耐温在 500℃ 左右,一般操作温度在 450℃ 左右,但由于加氢反应过程可能发生副反应,温度会升至 500~600℃。不能在内壁贴耐火层的情况下,选择耐温更高的材质 S30408。

### 2.2.3 设备管口压力等级

设备材质由 15CrMoR 改为 S30408 时,设备管口材质也相应改变为 S30408,管口压力等级会发生变化。操作温度 450℃,压力 2.2 MPa 条件下,设计温度为 465℃,设计压力为 2.42 MPa,根据标准《钢制管法兰、垫片、紧固件》HG/T 20592~20635—2009 查 4.0 MPa 压力等级下 15CrMo 材质温度在 475℃ 下对应最大允许工作压力为 2.74 MPa,可满足要求。但 4.0 MPa 压力等级下 S30408 材质在 475℃ 下对应最大允许工作压力 1.99 MPa,远远小于设计压力 2.42 MPa,此时采用 S30408 材质法兰必须选择压力等级更高的 6.3 MPa,查表得 6.3 MPa 下温度 475℃ 对应最大允许工作压力 3.14 MPa,可满足设计温度及设计压力要求,因此本次中试装置管口法兰材质选 S30408,压力等级选择 6.3 MPa。

### 2.2.4 测温口设置

常规生产装置测温口根据操作温度、操作压力

等条件选择 DN40PN63 法兰口温度计套管,伸入到设备中心部位。中试装置由于设备直径小,当温度计套管伸入到设备中心时,如果测温口设置成固定式的,则安装支撑催化剂垫板时会有妨碍。考虑到催化剂装填方便,测温口设置成可抽出式温度计套管,即在设备筒体设置一个比温度计套管 DN40PN63 法兰口更大的管口 DN100PN63(带法兰盖),并将其固定在设备筒体上,在管口 DN100PN63 的法兰盖上再设置一个 DN40PN63 温度计套管口,在安装设备内支撑板时先将设备筒体上法兰盖带温度计套管一起抽出,再将设备筒体上部法兰拧开,方可将支撑板自设备筒体上部放入。

根据上述思路设计并建设了中试装置,在现场装填催化剂及支撑板时按上述方法可快速平稳地完成。中试装置平稳运行 1 个月,并多次采样测验精脱硫深度净化后的气体的硫质量分数可达到  $0.1 \times 10^{-6}$  以下,验证了本设计的合理性及可行性。

## 3 结论

由于精脱硫中试装置的特殊性,结合常规的精脱硫装置设计及实际经验,在工艺流程及设备材质、结构等方面进行了如下合理优化设计。

(1) 在中试装置入口设置紧急切断阀以防飞温,在温度敏感部位加冷激气调整反应温度,使得加氢反应平稳、安全运行。

(2) 由于中试装置设备直径小,无法在筒体内加耐火层,设备材质选择耐温材质 S30408 代替 15CrMoR。

(3) 由于中试装置设备直径小,无法在筒体开人孔,将筒体设计成法兰式的筒体,以实现常规人孔的功能。

(4) 测温口设计为法兰盖抽出式,便于装填催化剂及设备支撑件。

(5) 中试装置设备管口由于材质改变,为满足设计要求其压力等级由 PN40 提高到 PN63。

本次设计的中试装置安装顺利,运行平稳,可达到预期的脱硫效果,验证了优化设计的合理性。

## 参考文献

- [1] 赵业军,郑天庆,张淑珍.精脱硫工艺和加氢脱硫催化剂的研究[J].辽宁化工,2010,39(1):43-47.
- [2] 张继龙,李晴,帖呈,等.焦炉煤气利用的分析与建议[J].煤化工,2013,41(3):4-8.
- [3] 张文效,姚润生,沈炳龙.焦炉煤气精脱硫流程分析与改进[J].煤炭加工与综合利用,2015,(4):42-45.
- [4] 梅安华.小合成氨厂工艺技术与设计手册[M].北京:化学工业出版社,1995:325-356. ■