

硫回收尾气处理装置SCOT与氨法脱硫工艺的选择对比

朱中华 吴红运 刘金喜 曹国宝

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司 宁夏 银川 750411

摘要: 简述了硫回收尾气处理工艺的发展概况和技术进展,介绍了国内外应用较多的几种尾气处理工艺;并重点对应用最为广泛的SCOT工艺、氨法脱硫工艺进行了详细对比分析,为新建企业的尾气处理工艺选择提供的参考依据。

关键词: 硫回收; 尾气处理; SCOT; 氨法脱硫

1 硫回收技术发展

近年来,随着国内煤化工产业的迅猛发展,硫回收技术也在不断发展的同时环保法规对尾气排放的要求越来越严格。根据2015年7月1日起实施的《石油炼制工业污染物排放标准》【GB31570-2015】规定,酸性气回收装置的大气污染物排放限值已调整为 $150\text{mg}/\text{Nm}^3$,较原国家标准的 $960\text{mg}/\text{Nm}^3$ 大幅度提高。此外,在《关于执行大气污染物特别排放限值的公告》【环境保护部2013年第14号】中指出部分环境敏感地区大气污染物特别排放限值为 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$,对于环保要求标准更高^[1]。

目前在煤化工产业中主流工艺之一的克劳斯法在化学反应平衡方面也具有一定局限,硫磺转化率通常只能达到约97%,这意味着尾气中仍有1%的硫化物以 SO_2 的形式排入大气层,相当于原料中3%~4%的硫未被利用,不仅浪费资源,同时也造成大气污染。因此,我们迫切需要推动硫回收及尾气处理技术的改进和发展。

目前国内外研究和进行产业化的工艺技术有几十种,根据化学原理主要可分成4大类:(1)还原与吸收工艺技术:尾气还原吸收工艺,硫回收率可达到99.8%以上;目前国内运用较多此类工艺有SCOT工艺、RAR工艺、SSR工艺;(2)低温Claus工艺亦称亚露点工艺,总硫回收率99.5%左右;(3)直接氧化工艺,总硫回收率在99.5%左右,有超级Claus、Seleclox、BSR/Selectox、BSR/Hi-Activity Claus、MODOP、Catasulf;(4)尾气燃烧氨吸收工艺,总硫回收率在99.8%以上。

2 SCOT与氨法脱硫工艺的选择对比

目前国内应用最为广泛、性价比最高的两种硫回收尾气处理工艺为SCOT工艺和氨法脱硫工艺,现以某大型煤化工项目33万吨/年硫回收装置作为参考,对两种工艺从流程、工程投资、技术的成熟性及可靠性、装置运行

费用等方面进行对比分析^[2]。

2.1 工艺流程

2.1.1 SCOT工艺

从硫磺回收部分排出的制硫尾气,仍含有少量的 H_2S 、 SO_2 、 COS 、 S_x 等有害物质,直接燃烧后排放达不到规定的排放要求。SCOT工艺主要是利用工业硫处理废气中的元素S、 SO_2 、 COS 和 CS_2 等,在非常低的氢分压和较低的操作水压条件下(约0.02~0.03MPa),采用了特制的汽车废气处理专用加氢催化剂,将其还原后分解成 H_2S ,然后再用醇胺溶液吸收,对吸附了 H_2S 的富溶液进行再生处理后,富含 H_2S 产物返回到了上游硫处理部分,净化后的汽车尾气在经焚烧后,可以实现达标排放。SCOT工艺配套溶剂再生系统,溶剂再生系统一般都采用比较成熟的热再生工艺。典型的工艺流程如图1、2。

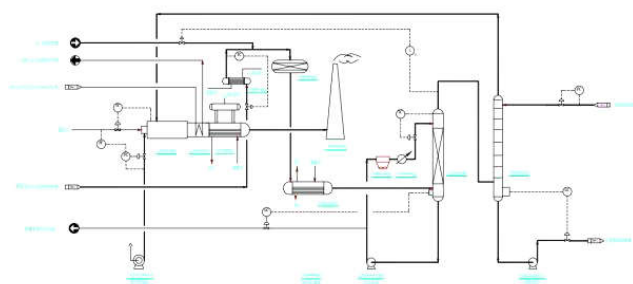


图1 SCOT工艺流程

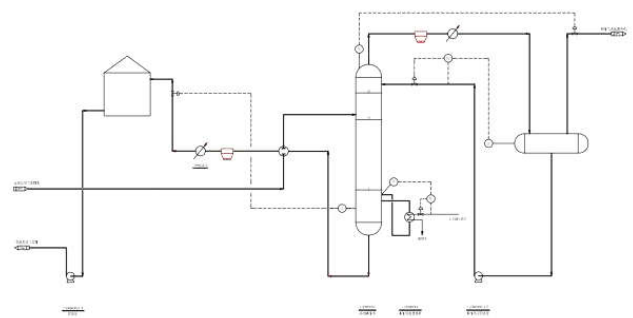


图2 SCOT工艺流程

作者简介: 朱中华, (1987-), 男, 本科学历, 工程师。

2.1.2 氨法脱硫工艺

制硫尾气中的 H_2S 通过尾气焚烧炉焚烧生产 SO_2 并吸收余热后进入尾气氨法脱硫系统，用20%左右的氨水吸收

主装置尾气中的二氧化硫，产生的硫酸铵溶液至进行分离脱水及干燥后作为硫酸铵产品处理；脱硫后的净尾气由塔顶直接排放。典型的工艺流程如下图3。

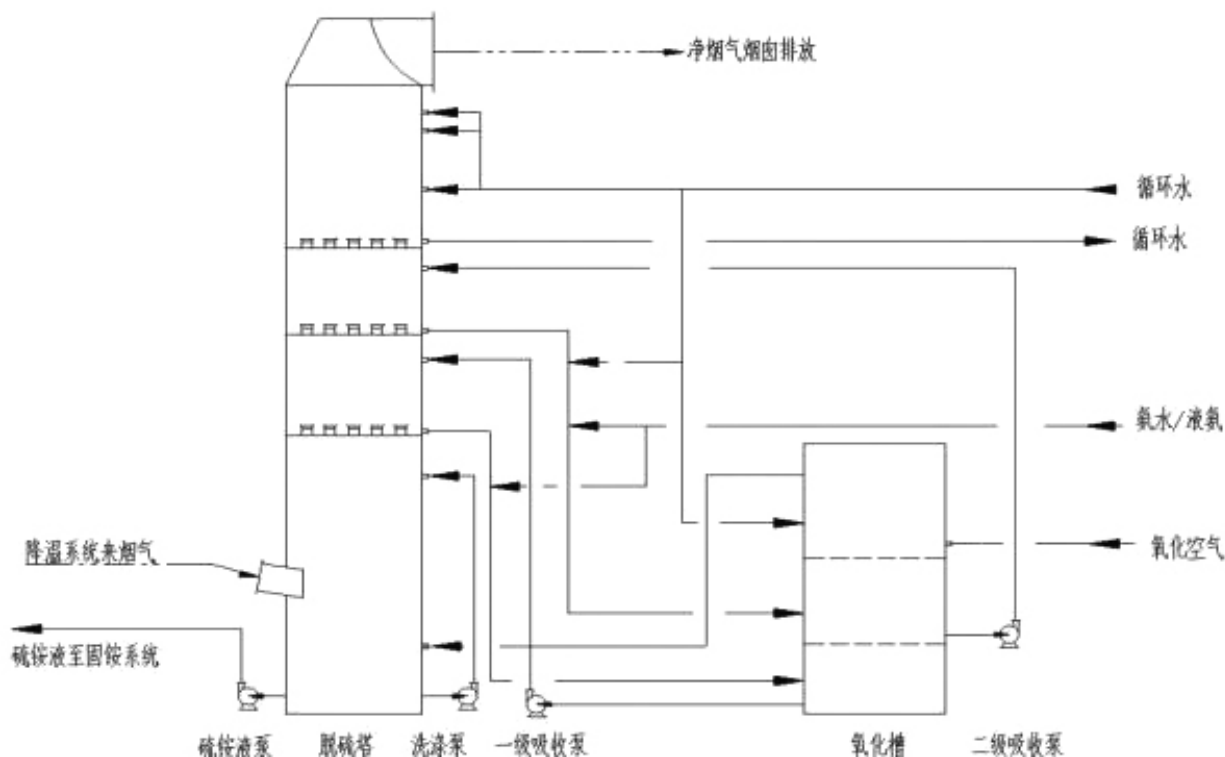


图3 氨法脱硫工艺流程

2.2 工艺技术优点

2.2.1 SCOT工艺

SCOT技术已被证明是现今降低硫化物污染最高效的方式，是目前在全球各国装置并建立最多、净化程度最大的汽车尾气污染处理工艺，经改进后的SCOT工艺的总硫收率最高可达99.9%。

SCOT工艺成熟稳定，工艺流程结构简单，能耗低，催化剂和脱硫剂均已实现国产化，有着成熟的操作经验。

2.2.2 氨法脱硫工艺

氨法脱硫技术的优点主要体现在以下几点：（1）氨逸出浓度较低，氨法脱硫技术能够有效处理氨逃逸和气溶胶问题。（2）氨法脱硫工艺能够高效回收硫元素，同步处理二氧化硫与废氨污染问题，同时治理二氧化硫和废氨污染，实现了“变废为宝”，真正做到了循环经济。（3）氨法脱硫技术设计完善，阻滞问题得以规避；脱硫吸收与硫酸铵生成装置可各自独立配置，具有较大灵活性。（4）氨法脱硫技术适用于0.3%~8%乃至更高含量的煤焦硫元素，煤炭中的硫元素含量相对较高，硫酸铵副产物的产出量越高，降低脱除 SO_2 单位的运行成本；同时，采用中、高硫煤燃烧的锅炉成本也得以减少，环

保又增加经济效益。（5）氨法脱硫技术在高效脱除烟气中的 SO_2 的同时，还能部分脱除烟气中的 NO_x ，不会产生二次污染的情况^[3]。

2.3 业绩情况

SCOT工艺具备成熟的技术、可靠的性能，并且操作简便。无论是在各种进料和尾气流量范围内，都可以应用这套技术。这使得SCOT工艺成为目前世界上装置建设数量最多、发展速度最快的尾气净化工艺技术^[4]。目前已知全世界有近两百套SCOT工艺装置投入运行，尤其是硫回收率要求达到99.5%以上的规模较大的石油化工装置大部分选择此工艺，大型项目运营业绩较多。

氨法脱硫工艺一般在锅炉行业运用广泛，在煤化工企业硫回收装置应用时间较晚，属于新兴工艺，目前已知国内有近十套装置已设计建造或投用，已运行的氨法脱硫工艺运行基本正常。

2.4 平面布置

2.4.1 SCOT工艺

平面布置原则主要按流程式考虑，同时考虑同类设备集中布置，SCOT尾气处理部分及配套的溶剂再生部分总占地约2450m²，典型的平面布置图如图4。

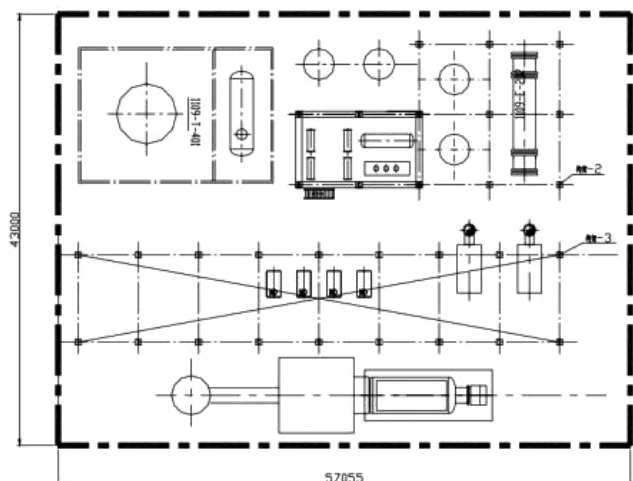


图4 SCOT平面布置

2.4.2 氨法脱硫工艺

平面布置原则主要按流程式考虑，同时考虑同类设备集中布置，不考虑造粒成型设备的情况，氨法脱硫装置总占地约800m²，典型的平面布置图如图5。

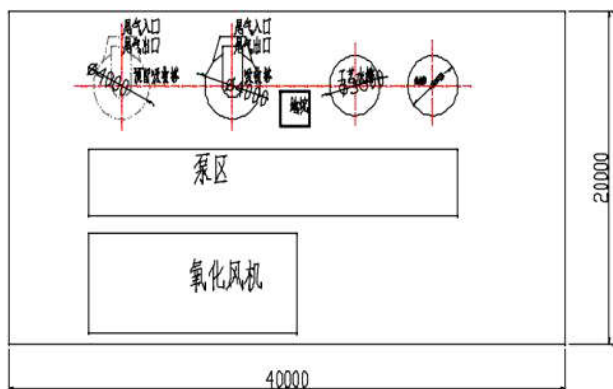


图5 氨法脱硫平面布置

通过对比，在平面布置方面，氨法脱硫工艺具有较大的优势，设备数量少，占地面积少。

2.5 投资对比

2.5.1 SCOT工艺

以某大型煤化工项目33万吨/年硫回收装置为例，尾气处理部分及配套的溶剂再生部分总投资约1.2亿元，其中尾气处理部分投资约6500万元，溶剂再生部分投资约5500万元。

2.5.2 氨法脱硫工艺

以某大型煤化工项目33万吨/年硫回收装置为例，采用氨法脱硫工艺，尾气处理部分总投资约2000万元，其中氨法脱硫单元投资约1325万元，尾气焚烧及烟气排放投资约675万元。

通过对比，在投资方面，氨法脱硫工艺具有较大的优势。

2.6 运行成本费用

2.6.1 SCOT工艺

SCOT工艺工艺年运行成本如表1所示，其中运行成本应包括燃料动力、辅助材料、人员工资、检修费用。

表1 SCOT工艺运行成本

	项目名称	单位	单价	数量	费用/万元
消耗	循环水	万吨/年	0.3元/吨	720	216
	0.8MPa蒸汽	万吨/年	30元/吨	10	300
	4.0MPa蒸汽	万吨/年	45元/吨	-2.4	-108
	燃料气	万吨/年	2800元/吨	0.5	1400
	电	万度/年	0.5元/度	500	250
	凝结水	万吨/年	20元/吨	-10	-200
	加氢催化剂	m ³	5万元/m ³	45	225
	MDEA溶液	吨	2万元/吨	10	20
	人工工资	万元/年	5/人	8	40
	检修费用	万元		50	50
	合计				2193
产出	回收硫磺	万吨	1500元/吨	0.353	530

2.6.2 氨法脱硫工艺

氨法脱硫工艺年运行成本如表2所示，其中运行成本应包括燃料动力、辅助材料、人员工资、检修费用。

表2 氨法脱硫工艺运行成本

	项目	规格	单位	年消耗数	单价/元	费用/万元
消耗	氨	99.6%	t	4261	3400	1448.74
	水		t	70517	2	15.034
	电	380V	kWh	3000000	0.5	150.00
	蒸汽	0.8MPa	t	3713	30	11.139
	循环冷却水	0.3MPa	t	96000	0.3	2.88
	包装袋	50kg	只	322905	2	64.58
	工人工资		人·年	8	50000	40.00
	检修费		万元			70.00
	直接运行成本小计		万元			1802.373
产出	副产硫酸铵收入		t	14561	800	1164.88

通过两种工艺的消耗和产出对比可以看出，加氢还原处理工艺比氨法脱硫工艺多出了催化剂消耗和尾气加热所需的中压蒸汽的消耗费用，同时在循环水、低压蒸汽、用电量消耗方面，加氢还原处理工艺均比氨法脱硫工艺高，而氨法脱硫工艺产出的硫酸铵产品销售比加氢还原处理产生的硫磺要好。通过对比，在运行费用比较方面氨法脱硫工艺具有一定的优势。

3 结论

通过对硫回收尾气处理方式的发展介绍,将最具有代表性的传统SCOT工艺与新兴氨法脱硫工艺进行全方位的对比分析,证明在成熟和可靠性方面,SCOT工艺仍具有较大的优势,在未来仍有发展空间,而在装置投资、装置占地、装置运行费用来看,氨法脱硫工艺具有一定的优势,在将来会有广阔的开拓空间,在工艺路线选择上,新建项目应该综合考虑投资、排放指标等因素权衡利弊,选择最适合的工艺路线。

参考文献

- [1]杨瑞华.硫回收尾气处理工艺分析与选择[J].煤化工,2012,40(04):14-16.
- [2]雷朝红.新型克劳斯硫回收尾气处理工艺探析[J].中氮肥,2017(03):7-9.
- [3]梅初果,王荫丹.硫磺回收及尾气处理新技术进展述评[C].
- [4]李法璋,胡鸿,李洋.节能降耗的低温SCOT工艺[J].天然气工业,2009,29(3):98-100.