

企业技术推广

Enterprise Technology Promotion

目的

企业技术推广旨在推广企业的新产品、新技术,通过《中国有色工程》的大力发行,为供需双方在有色冶炼行业搭建沟通平台,大力提升有色冶炼行业新产品、新技术的应用,降低能耗,提高产能。

发行范围

- 全国十大设计院设备选型查考手册
- 全国相关企业领导技术员人手一册
- 全国有色设备生产企业
- 部分省、市、县所属企业和图书馆
- 部分三资、外企在中国的代表处
- 各地环保部门
- 全国主要有色冶炼、矿山企业
- 全国主要石化、机电、环保企业
- 中国科学院有关院所
- 全国主要大中城市相关部门领导
- 全国主要钢铁企业
- 全国主要化工企业

欢迎各企业单位投稿发行

发行数量: 10000-15000册/期

主办: 《中国有色工程》编辑部

编辑发行: 《中国有色工程》编辑部

广告投放: 136 8305 7549

投稿电话: 010-63820634

投稿邮箱: 379128470@qq.com

离子液烟气脱硫技术用于处理克劳斯尾气

肖九高, 潘俊如, 徐峥

(成都益志科技有限责任公司 成都华西化工科技股份有限公司)

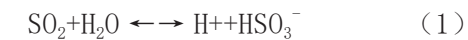
摘要: 本文介绍了离子液脱硫技术的工艺原理和应用业绩及采用离子液脱硫技术处理克劳斯尾气的优点; 重点介绍了该技术在中海油惠州炼化的使用情况。

关键词: 离子液脱硫 克劳斯尾气 催化再生

1 技术原理

与典型的有机溶剂不一样, 在离子液体里没有电中性的分子, 100% 是阴离子和阳离子, 在室温或接近室温下呈液体状态, 离子液体的主要特点: (1) 离子液体一般没有蒸汽压, 所以在使用过程中不产生对大气造成污染的有害气体; (2) 可以通过采用不同的阴、阳离子组合来调节离子液体的物理和化学性质; 即离子液体具有优良的可设计性, 可以通过分子设计获得特殊功能的离子液体。因此, 离子液体被称为“绿色可设计溶剂”。

本工艺采用的吸收剂是以有机阳离子、无机阴离子为主, 添加少量添加剂组成的水溶液; 该吸收剂对 SO₂ 气体具有良好的吸收和解吸能力; 其脱硫机理如下:



总反应式:



上式中 R 代表吸收剂, (3) 式是可逆反应, 低温下反应 (3) 从左向右进行, 高温下反应 (3) 从右向左进行。离子液循环吸收法正是利用此原理, 在低温下吸收二氧化硫, 高温下将吸收剂中二氧化硫再生出来, 从而达到脱除和回收烟气中 SO₂ 的目的。

我公司开发的离子液脱硫技术, 采用的吸收剂蒸汽压极低, 吸收剂再生时产生浓度高

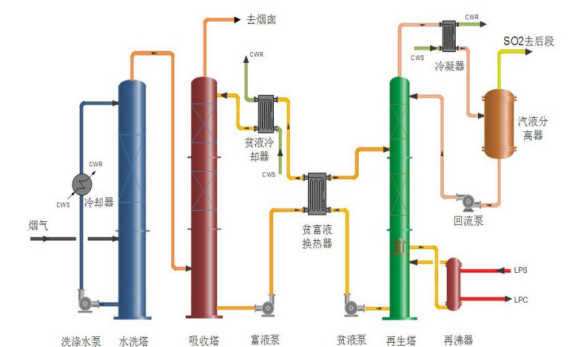
达 99% (干基) 的 SO₂ 气体。本工艺副产的高纯 SO₂ 气体是液体 SO₂、硫酸、硫磺和其它硫化工产品的优良原料。该技术具有完全的自主知识产权, 所有设备均可实现国产化。

2 技术特点

- (1) 离子液可循环使用, 损耗低。
- (2) 在脱硫的同时副产 99% 干基的 SO₂, 副产品可作为液体二氧化硫、硫酸、硫磺或其它硫化工产品的优良原料。
- (3) 系统运行可靠, 自动化程度高, 能长期稳定运行。开停车方便, 调试和维修费用低。
- (4) 脱硫效率高, 脱硫效率可达 99.5%, 且脱硫效率可灵活调节。
- (5) 适应范围宽, 在烟气含硫量从 0.02% 到 5% 的范围内运行成本稳定, 在烟气中硫含量较高时, 本技术的投资和操作成本更具优势。

3 工艺流程

离子液脱硫装置工艺典型流程如下:



离子液脱硫装置工艺图

3.1 烟气水洗冷却系统

高温烟气送入水洗塔下部，在塔内与塔上部进入的冷水逆向接触，经过洗涤过程，烟气中大部分灰尘等杂质被脱除，温度降至50℃。

3.2 SO₂吸收系统

洗涤后的烟气进入吸收塔下部，在吸收塔内烟气与自上而下的贫液逆向接触，烟气中SO₂被溶剂吸收，剩余气体达标后由塔顶放空。吸收SO₂后的溶液（称为富液）由富液泵加压进入贫富液换热器，与热贫液换热后进入再生塔。

3.3 SO₂再生系统

来自吸收塔的富液经贫富液换热器升温至95℃进入再生塔上部，与自塔底逆流而上的

再生气在填料表面进行传质传热，溶液中SO₂被汽提出来，SO₂气体夹带大量水蒸气由塔顶引出，进入再生气冷凝器，被循环水冷却至40℃，经气液分离器后，SO₂去后工序，冷凝液由回流泵打入再生塔洗涤段，以维持吸收再生系统的水平衡。

再生后的溶液（称为贫液）经贫富液换热器换热后，经贫液泵加压，进入富液换热器、贫液冷却器后进入吸收塔，重新吸收SO₂。在再生塔底部设置一台蒸汽再沸器，用于给贫液再生提供热量。

4 典型业绩

经过多年的开发和应用，我公司开发的离子液脱硫技术已成功应用工业化装置近四十套，部分典型业绩如下：

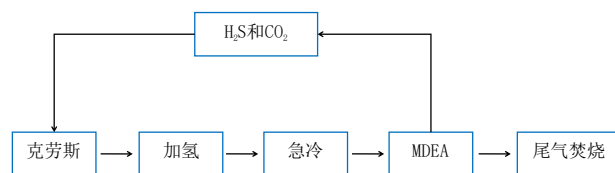
序号	项目名称	烟气规模万 Nm ³ /h	SO ₂ 含量 mg/Nm ³	SO ₂ 排放 mg/Nm ³	副产品
1	中海油惠州炼化克劳斯尾气	5.2	0.28%	50	硫磺
2	鲲鹏40万吨乙二醇硫回收尾气处理	1.85	1%	50	硫酸
3	建龙化工30万吨/年硫磺制酸尾气	7.5	0.45%	100	液体SO ₂
4	万华化学离子液回收二氧化硫装置	1	7.17%	150	液体SO ₂
5	中原黄金环集烟气和硫酸尾气脱硫系统	80	2300	150	硫酸
6	铜陵有色环集、硫尾离子液脱硫成套设备	85	2027	68	硫酸
7	南国铜业烟气脱硫系统总承包	28	2500	50	硫酸
8	广西金川烟气脱硫系统总承包	30	5000	50	硫酸
9	呼伦贝尔驰宏矿业脱硫改造项目	9.6	5200	18	硫酸
10	金川集团顶吹炉提升改造项目	50	5000	50	硫酸
11	安徽尾气制酸及净化系统脱硫	5	1.5%	150	硫酸
12	浙江巨化硫铁矿硫酸厂	12	0.8%	100	硫酸+液体SO ₂

5 离子液脱硫技术处理克劳斯尾气新技术

《GB31570-2015 石油炼制工业污染物排放标准》对酸气回收装置的SO₂提出了较高的要求，现有技术如果没有新的突破，将很难满足新法规的要求；为此，我公司和山东三维石化工程股份有限公司共同开发了“克劳斯制硫+离子液吸收尾气处理”新工艺。

5.1 常规工艺

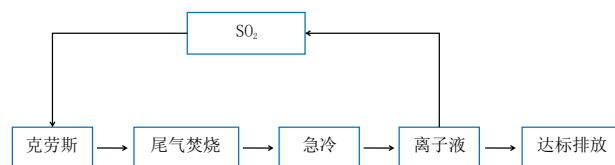
“克劳斯制硫+加氢还原吸收尾气处理”工艺过程如附图1



附图1

5.2 离子液脱硫技术处理克劳斯尾气新工艺

“克劳斯制硫+离子液吸收尾气处理”工艺过程如附图2



附图2

5.3 新工艺的技术优势

(1) 无需克劳斯尾气加氢还原工序，不消耗氢源；建设和运行费用更低。

(2) 离子液对二氧化硫的吸收能力非常强，溶剂循环量只有MDEA溶剂的1/15~1/5，公用工程消耗比MDEA溶剂吸收和再生低得多，能耗更低，在生产成本上有优势。

(3) 离子液吸收后的尾气中二氧化硫浓度可以保证不大于100mg/Nm³，如果要进一步降低排放尾气中的二氧化硫浓度，只需对操作参数进行适度调整，无需对装置进行改造。

(4) 离子液再生可以获得99.5%以上纯度的二氧化硫，回收的二氧化硫可以返回克劳斯反应炉制硫，也可以生产液体二氧化硫、制酸原料或作为其他化工原料，用途广泛。

(5) 离子液只吸收二氧化硫，不存在MDEA溶剂对CO₂的共吸收问题，对含CO₂很高的煤化工酸性气处理，具有MDEA溶剂吸收不可比拟的优势。免除了大量CO₂循环带来的副作用，设备尺寸可以缩小，建设投资更低。

(6) 为了避免液硫脱气的废气进入尾气焚烧炉对烟气排放质量的影响，“克劳斯制硫+加氢还原吸收尾气处理”工艺须对脱气工艺进行改造、优化；而采用“克劳斯制硫+离子液吸收尾气处理”工艺则完全没有顾虑，采用传统的液硫脱气措施，废气进入尾气焚烧炉后，SO₂被离子液吸收重新制硫，对装置的烟气排放质量没有任何影响。

(7) 通常情况下，原料酸性气浓度低于15%，被认为不宜采用克劳斯工艺回收硫磺。如果采用离子液吸收尾气处理技术，只要原料酸性气中不含烃类，则采用分流法可以适应非常低的硫化氢浓度的酸性气制硫。

6 中海油惠州炼化二期煤制氢 Claus 尾气离子液脱硫装置简介

6.1 烟气条件

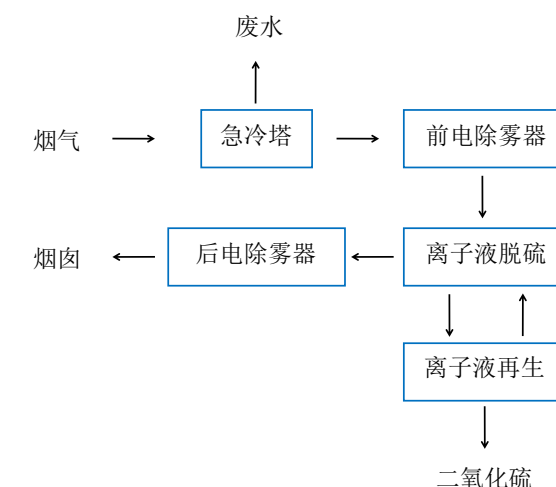
序号	名称	单位	工况1 (烧氨+克劳斯尾气工况)	工况2 (仅克劳斯尾气工况)
1	烟气流量	Nm ³ /h	51250	10946
2	SO ₂	mg/Nm ³	8007	29169
3	烟气温度	°C	300	300
4	压力	Kpag	20	20

6.2 脱硫指标

名称	单位	技术指标
脱硫后尾气SO ₂	mg/Nm ³	100

6.3 流程框图

如附图3所示



附图3

6.4 脱硫效果

下表是2018年9月连续10天的脱硫运行数据，表中尾气中SO₂排放数据是每天的平均值。

序号	时间	SO ₂ mg/Nm ³	序号	时间	SO ₂ mg/Nm ³
1	2018/9/19	27.98	6	2018/9/24	20.72
2	2018/9/20	25.83	7	2018/9/25	34.05
3	2018/9/21	19.68	8	2018/9/26	60.00
4	2018/9/22	17.58	9	2018/9/27	87.50
5	2018/9/23	20.72	10	2018/9/28	35.27
			10天平均值		34.93

下表是操作参数优化后，连续4天的脱硫数据：

序号	时间	SO ₂ mg/Nm ³
1	2018/11/9	13.38
2	2018/11/10	8.01
3	2018/11/11	10.30
4	2018/11/12	3.95
	4天平均值	8.91

经过操作参数优化后，现有脱硫后尾气中的SO₂可稳定在小于15mg/Nm³。

经过4年的运行证明，惠州炼化克劳斯尾

气离子液脱硫装置可以长周期安全稳定生产，生产工艺技术先进、适用、可靠。

序号	时间	SO ₂ (mg/m ³)	序号	时间	SO ₂ (mg/m ³)
1	2022/5/20 10:00	1.2	17	2022/6/5 10:00	1.0
2	2022/5/21 10:00	0.8	18	2022/6/6 10:00	1.1
3	2022/5/22 10:00	0.7	19	2022/6/7 10:00	0.9
4	2022/5/23 10:00	0.5	20	2022/6/8 10:00	0.8
5	2022/5/24 10:00	1.0	21	2022/6/9 10:00	3.2
6	2022/5/25 10:00	0.9	22	2022/6/10 10:00	1.0
7	2022/5/26 10:00	0.9	23	2022/6/11 10:00	0.6
8	2022/5/27 10:00	1.0	24	2022/6/12 10:00	1.1
9	2022/5/28 10:00	2.0	25	2022/6/13 10:00	0.7
10	2022/5/29 10:00	3.5	26	2022/6/14 10:00	1.0
11	2022/5/30 10:00	4.8	27	2022/6/15 10:00	2.0
12	2022/5/31 10:00	5.8	28	2022/6/16 10:00	1.3
13	2022/6/1 10:00	5.0	29	2022/6/17 10:00	1.1
14	2022/6/2 10:00	1.8	30	2022/6/18 10:00	1.0
15	2022/6/3 10:00	1.6	31	2022/6/19 10:00	0.7
16	2022/6/4 10:00	1.4	32	2022/6/20 10:00	1.6
			32天平均值		1.625

下表是2022年5月至6月连续32天的脱硫运行数据，表中尾气中SO₂排放数据是每天10点的实测值。

7. 结束语

将回收的SO₂用于克劳斯反应炉制硫，促进了资源节约，降低了企业生产成本，满足了国家日益紧迫的大气污染物排放限值要求。克劳斯尾气综合利用，变废为宝，利国利民，具有显著的环保效益。

离子液脱硫技术具有适应性广、烟气排放质量高、生产成本和能耗低等诸多优势，本技术用于处理克劳斯尾气领域有着广阔的应用前景。

全悬挂耐高温锅炉灰渣刮板输送机研究与应用

龚学林

(湖北宜都宜运机电工程有限公司 湖北省宜都市 443300)

摘要:为解决目前国内冶金行业炉体灰斗高温灰渣输送过程中，所使用国产的高温埋刮板输送机存在刮板链条易磨损或者变形断裂、输送距离短、易发生堵料闷车、机壳易磨损或者变形、整机寿命短、输送机与灰斗吊装连接螺栓存在剪断安全隐患等许多问题，经过广泛调研，通过对输送机的头部、尾部、中间机壳、导轨、刮板链条、中间隔板、进料口连接法兰、链条张紧装置等零部件创新设计和优化结构、合理选用材料和加工工艺，“全悬挂耐高温锅炉灰渣刮板输送机”有效地解决了上述问题。输送距离可以达到100米以上，出现卡堵、闷车时可以应急处理和控制在，能有效消除输送机与灰斗之间因温差变化、热胀冷缩导致几何尺寸变量不一致产生的内应力引起的变形，整机密封性好、使用寿命长、运行安全可靠、成本低、检修和维护方便，实现了降耗、节能和环保。目前，已经在冶金行业推广使用，产生了显著的经济效益和社会效益。

关键词:刮板输送机；全悬挂；耐高温；物料减压隔板；高刮板链条；结构优化设计

0 引言

在我国金属冶炼行业，采用余热锅炉回收烟气余热已得到广泛应用。余热锅炉不仅可以回收冶炼高温烟气中的二次能源，降低烟气温度，而且还能收集高温烟气中的烟尘，降低烟气中的含尘量，是现代冶金行业十分关键而又必不可少的节能减排设备。

余热锅炉收集到的高温烟尘的输送，是由高温埋刮板输送机来完成的。目前，我国冶金行业高温灰渣输送设备（高温埋刮板输送机）相当大的一部分从国外进口，其采购价格高、维修备件采购难度大、供货周期长，而且备件的价格更昂贵，其运行维护成本高是行业公认的。目前国产的高温埋刮板输送机又存在许多问题：

1、因刮板链条工作时被埋在高温物料中，刮板链条的链杆和销轴一般采用低碳合金材料（如20CrMnTi、20MnTiB等），热处理方式为表面渗碳淬火。当物料温度高于500℃时，链杆和销轴则处于回火温度状态中，表面硬度会大幅降低，极易产生磨损。

2、输送距离短（一般不超过35M）。若长距离输送，则刮板链条受热胀冷缩的影响，其长度变量大，且头部安装的托轮装置和尾部弹簧、螺杆拉紧装置则无法满足大变量条件下

的张紧要求，出现链条张紧失效现象。

3、在实际工况中，物料有时有结块、起拱现象发生。当大块物料下落进入刮板输送机加料口或进料量瞬间超过设计输送能力时，易发生堵料或者产生将上、下分支的刮板链条卡住而导致闷车。

4、物料温度时常超过刮板输送机设计许可的温度参数（一般为300~500℃）。当物料温度达到500℃以上时，机壳和刮板（通常采用20g材料）无法满足高温环境下抗氧化腐蚀的要求，机壳极易磨穿，刮板链条极易变形或者断裂。

5、刮板链条因连续在刮板输送机的上、下导轨上滑动摩擦运行，其阻力大，易磨损，使用寿命低。

6、埋刮板输送机进料口的法兰联接孔一般设计成条形腰园孔，用螺栓与炉体灰斗的下法兰联接。因制造和安装过程中的积累误差，导致上、下连接法兰热胀冷缩不同步，使联接螺栓在承受上下拉伸应力的同时又承受横向剪切应力，从而导致机壳法兰变形，且又存在剪断螺栓的安全隐患。若上下法兰采用软联接，其密封性差，易出现灰尘泄露，污染环境。

针对上述问题，我们在进行广泛的市场调研的基础上，研发了“全悬挂耐高温锅炉灰渣



成都益志科技有限责任公司
Chengdu Yi Zhi Technology Co.,Ltd.
离子液法脱除二氧化硫技术专利商 (www.hxhg.cn)



公司简介

成都益志科技有限责任公司是成都华西化工科技股份有限公司为上市组建的工程设计与建设公司，注册资本3015万元，拥有化工工程、环境工程（大气污染防治工程）专项乙级设计资质及工程总承包资质，负责对外进行项目的工程设计与工程总包，目前共有员工238人，其中，中、高级技术人员占90%。

成都华西化工科技股份有限公司是成立于1987年的股份制公司，是科委审查认定的高新技术企业（全国统一编号07-00102）。公司成立至今的35多年的时间里，共开发了居世界领先水平的技术10几项，已经申报中国专利和国外专利100多项，技术和产品在国内二十几个省市三百多家企业推广使用，建成投产装置五百多套，年产值四亿多元，先后被国家计委、科委、机械部、化工部授予“电子技术改造传统产业奖”、“技术市场金桥奖”和“星火科技示范企业称号”。被省市授予优秀科技企业称号，连续多年被评为AAA级资信企业。

我公司已获得国际ISO9001质量体系认证，GB/T28001职业健康安全管理体系认证，GB/T24001环境管理体系认证。

是国家首批获得直接外贸权的科研单位之一。

是中国石化物资资源市场成员。

是中国石油天然气集团公司一级供应网络单位成员。

业务范围

我公司主要从事烟气脱除回收SO₂、各种工业气体的制取、回收与提纯技术的开发、烟气脱除回收SO₂、干法湿法脱无机及有机硫、盐酸再生等工程技术的开发与工程承包，以及精细化工产品、特种阀门、机电一体化、工业过程控制系统、脱硫剂、吸附剂、催化剂的研究与生产。

公司地址：四川省成都市金牛区金周路595号财智国际1栋13层

联系人：肖九高（13880958508）、潘俊如（13730862394）