

# 石蜡除嗅装置模拟优化

魏川林\*

(山东济炼石化工程有限公司, 山东 济南 250101)

**摘要:**通过流程模拟计算石蜡除嗅装置中的石蜡臭味物质含量,并结合文献报道数据及工业装置运行结果,确定石蜡臭味物质含量 $\leq 1 \mu\text{g/g}$ 可满足《全精炼石蜡》标准对石蜡臭味 $\geq 1.0$ 号的要求。以限制脱嗅塔底臭味物质含量为控制点,对除嗅装置塔顶压力、塔进料温度、塔底汽提蒸汽量及塔顶回流量进行优化,可以降低除嗅装置蒸汽消耗,降低整个酮苯联合装置能耗,具有较好的节能效果,可为现有工业装置的操作优化和新建装置的设计提供借鉴。

**关键词:**全精炼石蜡;除嗅工艺;臭味物质;节能;优化;模拟

中图分类号:TE624

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2024)S1-0351-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn0253-4320.2024.S1.063

## Simulation and optimization of paraffin deodorization unit

WEI Chuan-lin\*

(Shandong Ji Lian Petrochemical Engineering Co., Ltd., Jinan 250101, China)

**Abstract:**Through simulating the process and calculating the content of odor substances in paraffin of paraffin deodorization unit, combining with literature reports and industrial unit operation results, the content of odor substances that affect the odor of paraffin is determined, which can adapt to the impact of unit operation fluctuation and meet the requirements of the "Fully Refined Paraffin" standard for paraffin odor not exceeding  $1 \mu\text{g/g}$ . With limiting the content of odor substances at the bottom of deodorization tower as a control point, the optimization is conducted on top pressure, feed temperature, bottom stripping steam volume, and top reflux flow rate of paraffin deodorization unit, which can reduce steam consumption of paraffin deodorization unit, decline the energy consumption of the entire ketone benzene combination plant, and receive a good energy-saving effect. This study can provide references for the operation optimization of existing industrial units and the design of new units.

**Key words:** fully-refined paraffin wax; deodorization process; odor; energy conservation; optimization; simulation

某石化企业采用“溶剂精制-高压加氢处理/加氢精制-酮苯脱蜡脱油”工艺生产高黏度润滑油基础油,副产高熔点全精炼石蜡,通过油蜡并举实现了产品价值的提升<sup>[1]</sup>。生产石蜡产品的最后一道工序出自酮苯装置,蜡回收采用两效蒸发,经过蒸发后汽提塔底温度 $<180^\circ\text{C}$ ,蜡汽提塔顶压力偏高,一般 $>-10 \text{ kPa(G)}$ ,在该温度及压力下脱出甲苯等臭味物质的能力有限,而石蜡的臭味指标是影响石蜡产品质量的关键所在<sup>[2-3]</sup>。为满足《全精炼石蜡》(GB/T 446)标准中对臭味指标 $\geq 1.0$ 号的要求,通过在酮苯装置内建设石蜡除嗅装置,对酮苯装置所产石蜡进一步加工,实现了除去石蜡中臭味物质的目标,稳定生产出了全精炼石蜡产品<sup>[2-3]</sup>。在“双碳目标”大背景下,石化企业做好节能降碳和能效提升工作,在满足产品指标的前提下,通过流程模拟挖掘出装置节能点,为实现2030年前碳达峰目标具有

重要意义。石蜡除嗅装置加工量虽小,但对整个酮苯装置能耗的贡献值为 $2.6 \text{ kg 标油/t}$ 酮苯进料,为进一步节能降耗,有必要对该装置进行优化。

## 1 石蜡中臭味物质组成及脱除方法

### 1.1 石蜡中臭味物质的含量

酮苯装置引入了丁酮和甲苯作溶剂,不可避免在石蜡产品中会残留少量溶剂,根据文献报道,甲苯是影响石蜡臭味的原因之一,臭味 $\geq 2.0$ 号的石蜡中甲苯含量在 $20 \sim \text{数千} \mu\text{g/g}$ ,当甲苯含量 $<5 \mu\text{g/g}$ 时对臭味影响较小<sup>[4-6]</sup>,文献建议,减二线石蜡中甲苯含量尽量按 $\geq 3 \mu\text{g/g}$ 控制<sup>[4]</sup>。除甲苯外的其他挥发性杂质可以提升石蜡臭味 $0.5 \sim 1.0$ 号,对于减三线石蜡除了脱除甲苯外,还需要除去苯系物和酮系物等,才能满足臭味 $\geq 1.0$ 号的要求<sup>[4-5]</sup>。石蜡中典型臭味物质含量见表1<sup>[3-4]</sup>。

收稿日期:2024-01-25;修回日期:2024-04-25

作者简介:魏川林(1983-),男,本科,高级工程师,从事润滑油、石蜡、环保橡胶增塑剂系列装置的工艺设计及技术开发工作,通讯联系人, jlpccpe@163.com。

表 1 石蜡中典型臭味物质含量

组分	沸点/℃	含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
甲苯	110.4	20~250
乙苯	136.2	5~25
二甲苯	137.0~140.0	20~100
2-庚酮	151.03	8~40
甲乙苯	162.01	5~25
糠醛	161.7	8~40
三甲苯	164.0~169.0	20~100
2-辛酮	173	20~100
苯甲醛	178.75	15~75
2-壬酮	188.45	20~100
2-癸酮	227.4	12.5~75
合计		153.5~930

## 1.2 脱除石蜡中臭味物质的方法

影响石蜡臭味的物质主要是甲苯,其次是苯系物(二甲苯、乙苯、甲乙苯、三甲苯等)、高碳酮(C7~C11的酮类)、糠醛及其衍生物,这些物质挥发度比石蜡高,可以通过汽提工艺从石蜡中除去<sup>[4,7]</sup>。汽提设计的关键是除去沸点不低于 161℃ 的苯系物、醛、酮等杂质<sup>[4]</sup>,同时保证尽可能低的石蜡损耗。实验室得到的操作参数,在温度 200℃ 下,氮气汽提 40 min 可以将石蜡臭味降至 1.0 号,继续提高温度和加大汽提量,石蜡臭味可降至 0.5 号<sup>[3-4]</sup>。石蜡通过白土精制,也可以实现臭味降低至 1.0 号的目的<sup>[4,8]</sup>。通过高压加氢也可以解决石蜡产品的臭味问题<sup>[9]</sup>。

## 2 石蜡除臭装置模拟优化

### 2.1 石蜡除臭装置工艺流程

某炼化企业石蜡除臭装置设计采用汽提工艺除去石蜡中的臭味物质,其生产工艺流程为:石蜡自酮苯装置蜡液回收部分蜡液汽提塔底泵来,进入除臭装置后先和产品-进料换热器换热,再通过蒸汽加热器加热后进入除臭塔上部;蒸汽加热器采用自酮苯装置减温减压器的中压蒸汽;除臭塔底采用低压蒸汽汽提,塔顶为汽提出的含臭味物质、水蒸气及微量石蜡,经过除臭塔顶冷凝器冷凝后自流进入除臭塔顶分液罐,进行汽液分离;分液罐分离出的不凝气用真空泵抽走;分液罐的水相经污水泵送出装置,污油经污油泵间断送至酮苯装置不合格蜡出装置线

(实际运行量很少,不投用);除臭塔底脱除臭味后的蜡液用除臭塔底泵抽出经过产品-进料换热器换热后返回到酮苯装置原换热流程。为控制除臭塔顶温度,降低塔顶气携带的蜡含量,成品蜡自酮苯装置成品蜡水冷器出口经流控后返回至除臭塔顶。

### 2.2 实际生产能耗

除臭装置实际生产加工量 4 t/h(酮苯装置加工量 23 t/h),除臭装置公用工程消耗分别为汽提蒸汽用量 350 kg/h、加热蒸汽用量 150 kg/h、循环水用量 128 t/h、用电量 56 kW·h。根据《石油化工设计能耗计算标准》(GB/T 50441),除臭装置实际生产能耗折合 15.2 kg 标油/t 石蜡,折合 2.6 kg 标油/t 酮苯进料,由于加工量小,能耗较高,其中汽提蒸汽能耗占比为 43.7%,汽提蒸汽量较大,具备优化空间。通过流程模拟计算,可以得到满足除臭塔底臭味物质含量的优化操作数据,主要目的是降低蒸汽消耗,为装置调整操作提供参考。

### 2.3 模拟值和实际操作数据对比

以从蜡除臭工业生产装置取得的操作数据为基础,采用 Aspen Plus 流程模拟软件建立石蜡除臭装置全流程模型。该系统操作物料主要为石蜡,其次为水,还有微量的臭味物质如苯系物、高碳酮、糠醛等,操作压力为负压,由于存在极性物质,推荐热力学计算选用 NRTL 方程。通过固定塔顶压力、汽提蒸汽量、进料温度,调整塔盘效率及散热损失(因装置加工量较小,系统散热损失占比较大,对计算结果有一定影响),将模型中各操作参数和产品性质校准至与实际生产数据接近。该石蜡除臭装置加工减四线蜡(62<sup>#</sup>~64<sup>#</sup>石蜡)时处理量 4 t/h,以该工况为基准,模拟计算值和实际值对比见表 2,从表中看出模拟值和实际值接近,可以作为基础模型,进行下一步优化调整模拟计算。

表 2 除臭塔实际操作值和模拟值对比

项目	模拟值	实际值	差值
塔顶压力/kPa(G)	-80	-80	0
进料温度/℃	200	200	0
塔顶温度/℃	80.4	81	-0.6
塔底温度/℃	184	184.5	-0.5
塔顶冷后温度/℃	58	60.2	-2.2
塔顶回流量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	1	无数据	
汽提蒸汽量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	0.35	0.35	0
加热蒸汽量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	0.16	0.15	0.01
塔底臭味物质含量/( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	0.46	无数据	

## 2.4 石蜡臭味物质含量模拟限定指标

企业对石蜡中臭味物质含量正常不分析,只分析最终产品的臭味,通过实际运行经验表明,按表2参数操作,操作装置运行平稳,石蜡臭味可满足 $\geq 1.0$ 号。当汽提蒸汽降至250 kg/h,其他参数不变,实际运行偶尔出现臭味上升波动。经模拟计算,当汽提蒸汽提高至350 kg/h,除臭塔底石蜡中臭味物质含量为0.46  $\mu\text{g/g}$ ,当汽提蒸汽降至250 kg/h时,除臭塔底石蜡中臭味物质含量为4.38  $\mu\text{g/g}$ 。根据文献[4,6]报道,臭味物质含量 $\geq 5 \mu\text{g/g}$ 时,石蜡臭味可满足1.0号要求。生产上为了保证石蜡臭味合格,将塔底汽提蒸汽量从250 kg/h提高至350 kg/h,除臭塔底臭味物质控制在远低于 $5 \mu\text{g/g}$ ,可以避免操作波动引起的石蜡臭味不合格,和文献结论接近。

由于石蜡臭味指标难以通过模拟计算得出,根据以上分析,结合文献数据和实际运行效果,认为石蜡中臭味物质含量 $\geq 5 \mu\text{g/g}$ ,石蜡可满足臭味 $\geq 1.0$ 号。为避免操作波动引起臭味不合格,将指标进一步降低至 $\geq 1 \mu\text{g/g}$ 。因此,以石蜡中臭味物质含量 $\leq 1 \mu\text{g/g}$ 作为下一步模拟优化的限定指标。

## 2.5 模拟优化操作条件

在石蜡除臭的工艺操作参数中,影响除臭塔底石蜡中臭味物质含量的参数有除臭塔操作压力、进料温度、塔底汽提蒸汽量和塔底温度。塔顶压力和塔顶温度还影响石蜡损失,实际运行表明当塔顶温度控制在 $<90^\circ\text{C}$ ,塔顶石蜡损失很小。

### 2.5.1 塔顶操作压力、塔底汽提蒸汽量对塔底石蜡中臭味物质含量的影响

通过多次试算,得到进料温度、汽提蒸汽量、塔顶操作压力的可能优化范围,再进行单参数变化对其他参数的影响分析。

(1) 固定塔进料温度 $202^\circ\text{C}$ 、汽提蒸汽量170 kg/h,调整塔顶操作压力,考察不同操作压力对塔底臭味物质含量的影响,见图1。

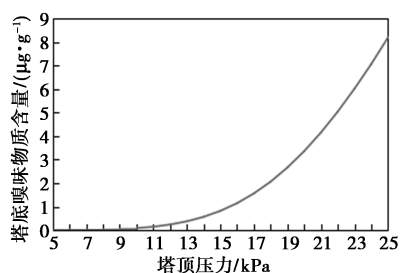


图1 塔顶压力和塔底臭味物质含量关系图

从图1看出,当塔顶操作压力 $>15 \text{ kPa(a)}$ 后,塔底臭味物质含量升高较快;当塔顶操作压力 $>22 \text{ kPa(a)}$ ,塔底臭味物质含量超过 $5 \mu\text{g/g}$ ,认为臭味不合格;塔顶操作压力 $<15 \text{ kPa(a)}$ ,塔底臭味物质含量增长幅度趋缓。在该模拟工况下,相比现状操作,由于降低了汽提蒸汽量,操作压力 $<15 \text{ kPa(a)}$ 塔底臭味物质含量可满足 $<1 \mu\text{g/g}$ 。结合装置采用水环真空泵抽真空所能达到的抽真空能力,推荐塔操作压力控制在 $15 \text{ kPa(a)}$ 。

(2) 固定塔顶操作压力 $15 \text{ kPa(a)}$ 、塔进料温度 $202^\circ\text{C}$ ,调整塔底汽提蒸汽量,考察不同汽提蒸汽量对塔底臭味物质含量的影响,见图2。

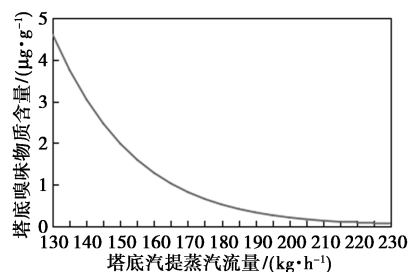


图2 汽提蒸汽和塔底臭味物质含量关系图

从图2看出,塔底汽提蒸汽量 $<160 \text{ kg/h}$ 时,塔底臭味物质迅速下降;塔底汽提蒸汽量 $>160 \text{ kg/h}$ 时,塔底臭味物质降低趋缓,当塔底汽提蒸汽量 $>165 \text{ kg/h}$ 时,塔底臭味物质含量 $<1 \mu\text{g/g}$ ,推荐塔底汽提蒸汽量控制在 $165 \sim 200 \text{ kg/h}$ ,折算为 $41.3 \sim 50 \text{ kg}$ 蒸汽/t进料。

### 2.5.2 塔进料温度对塔底石蜡中臭味物质含量的影响

该塔为汽提塔,原料石蜡从上部进,进料位置不随温度变化调整。固定塔顶操作压力 $15 \text{ kPa(a)}$ 、汽提蒸汽量 $170 \text{ kg/h}$ ,调整塔进料温度,考察不同进料温度对塔底臭味物质含量和塔底温度的影响,见图3。

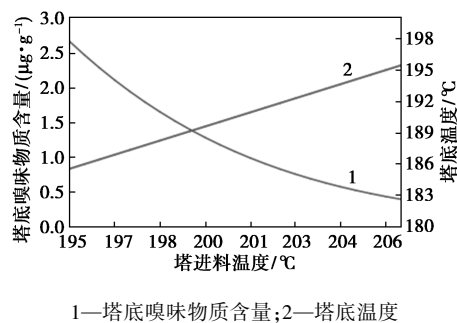
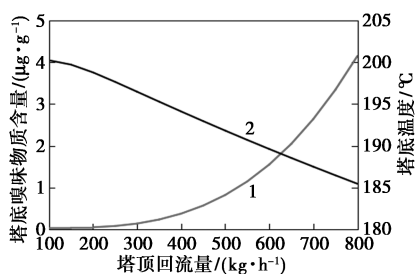


图3 进料温度、塔底臭味物质含量、塔底温度关系图

从图 3 看出,塔进料温度和塔底温度近似成正比关系,进当料温度 < 200℃ 之前,随着进料温度升高塔底臭味物质含量迅速降低;当进当料温度 > 200℃ 后,塔底臭味物质含量降低趋缓;当进料温度 201℃ 时,塔底臭味物质含量 < 1 μg/g,此时塔底温度 190.9℃,推荐塔进料温度范围在 201~205℃ 之间,对应的塔底温度为 190.9~194.5℃。

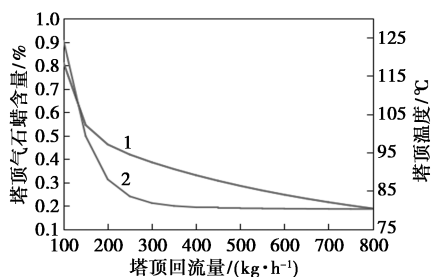
### 2.5.3 塔顶温度对塔底石蜡中臭味物质含量的影响

固定塔顶操作压力 15 kPa(a)、塔进料温度 202℃、塔底汽提蒸汽量 170 kg/h,考察不同回流量对塔底臭味物质含量、塔顶温度和塔底温度的影响,见图 4、图 5。



1—塔底臭味物质含量;2—塔底温度

图 4 塔顶回流量、塔底臭味物质含量、塔底温度关系图



1—塔顶气中石蜡含量;2—塔顶温度

图 5 塔顶回流量、塔顶气中石蜡含量、塔顶温度关系图

塔顶回流介质为塔底冷却后的石蜡产品,温度约 80℃,从图 4、图 5 看出,塔顶回流量在约 < 250 kg/h 时,增加回流量塔顶温度逐渐降低,塔顶气中石蜡含量随回流量增加降低迅速,当回流量约 > 250 kg/h 后,回流量增加对塔顶温度影响较小,塔顶气中石蜡含量降低缓慢。进一步增加回流量对塔顶温度影响不大,但会导致塔底温度的逐渐降低,回流量和塔底温度近似反比关系。塔底臭味物质含量随着塔顶回流量的增加先缓慢增加,当回流量增加至大于 600 kg/h 后,塔底臭味物质迅速增加。回流

量约 500 kg/h 时,塔底臭味物质含量 < 1 μg/g。推荐塔顶回流量按 200~500 kg/h 控制,折算为进料量的约 5%~12.5%,此时对应的塔底温度 191.8~199℃。由于回流量增大到一定程度后,塔顶温度和塔顶气中石蜡含量对回流量不敏感,而塔底温度和回流量成近似线性关系,实际操作应关注塔底温度。

### 2.6 装置优化后能耗

优化操作后,除嗅装置公用工程消耗分别为:汽提蒸汽量从 350 kg/h 降至 170 kg/h;进料温度虽然提高了 2℃,但经过原料-产品换热器换热升温后,蒸汽加热器热负荷几乎无变化,加热蒸汽用量仍然为 150 kg/h;由于汽提蒸汽量减少,塔顶气冷却负荷从 224 kW 降至 140 kW;总循环水用量从 128 t/h 降至 116 t/h;用电量仍然为 56 kW·h。根据《石油化工设计能耗计算标准》(GB/T 50441),优化后计算能耗折合 11.6 kg 标油/t 石蜡,折合 2 kg 标油/t 酮苯进料。

### 2.7 装置优化前后对比

石蜡除嗅装置优化操作前后对比见表 3。

表 3 除嗅装置优化操作前后对比

项目	优化前	优化后	差值
塔顶压力/kPa(G)	-80	-85	-5
进料温度/℃	200	202	2
塔顶温度/℃	80.4	80.5	0.1
塔底温度/℃	184	191.8	7.8
塔顶冷后温度/℃	58	51	-7
塔顶回流量/(t·h <sup>-1</sup> )	1	0.5	-0.5
汽提蒸汽量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.35	0.17	-0.18
加热蒸汽量/(t·h <sup>-1</sup> )	0.15	0.15	0
能耗/[kg 标油·(t 石蜡) <sup>-1</sup> ]	15.2	11.6	-3.6

### 3 结论

通过流程模拟拟合工业装置操作数据,并结合文献数据,和实际操作对比,确定影响石蜡臭味的臭味物质含量模拟指标应控制在 ≤ 1 μg/g,可适应装置操作波动的影响,满足石蜡臭味 ≥ 1.0 号的要求。以限制脱嗅塔底臭味物质含量为控制点,经优化后的除嗅装置操作参数推荐为塔顶压力 ≤ 15 kPa(a)、塔进料温度在 201~205℃、塔底汽提蒸汽量在 41.3~50 kg 蒸汽/t 进料、塔顶回流量为进料量的 5%~12.5%。优化操作参数后,除嗅装置蒸汽消耗降低 51%,能耗降低 3.6 kg 标油/t 石蜡,整个酮苯联合装置能耗降低 0.6 kg 标油/t 酮苯进料,具有较好的节能效果。

(下转第 358 页)

从表 4 可以看出,聚甲醛装置循环水系统电化学处理改造后,氧化性杀菌剂用量降低 80%,非氧化性杀菌剂用量降低了 87.5%,阻垢剂用量降低 20%,达到了预期应用效果。

### 3 结论

电化学处理技术在聚甲醛装置循环水系统中的应用效果显著,达到预期应用目的。在循环水 pH 不变的情况下,循环水浓缩倍数提高了 1 倍,循环水总硬度和钙硬度保持不变,循环水碱度则从 925 mg/L 降低到 475 mg/L,大大降低了循环水结垢几率;循环水浊度从 3.12 FTU 降低至 0.92 FTU,降低了排污水流量;循环水补水量从 100 t/h 减少至 80 t/h,节水率达 20% 以上,年节约水资源费用约 30 万元;循环水化学药剂用量大幅降低:氧化性杀菌剂用量降低 80%,非氧化性杀菌剂用量降低了 87.5%,阻垢剂用量降低 20%,年节约药剂采购费用约 15 万元,年增加用电费约 5 万元,总体核算经济性比化学药剂法低得多。

循环水电化学处理技术在节水、减少化学药剂使用、缓蚀阻垢等方面具有一定优势,随着电化学处理技术在不同行业、不同领域循环水系统中的应用探索和新技术的进步,其应用将有望进一步扩大。通过开发先进高效的电极材料,降低电极成本和电化学处理运行成本,提高自动化控制水平,循环水电化学处理技术将是影响未来应用的关键点,也是未来需要研究的方向。

### 参考文献

- [1] 马双忱,马岚,刘畅,等.电厂循环冷却水处理技术研究与应用进展[J].化学工业与工程,2019,36(1):38-47.
- [2] 俞念增,张利,陈磊,等.电厂尖峰循环冷却水电化学处理工程实践[J].工业水处理,2018,38(11):103-105,108.

(上接第 354 页)

### 参考文献

- [1] 宗军,吴艳萍,夏季祥,等.高压加氢与“老三套”组合工艺生产重质基础油的工业应用[J].石油炼制与化工,2015,46(10):77-82.
- [2] 王晓,宗军,吴艳萍.全精炼石蜡影响因素及改进措施研究[J].化学工程师,2021,35(7):71-75.
- [3] 王海燕,吴艳萍,任峰,等.石蜡臭味影响因素探讨与工艺改进方案研究[J].石油炼制与化工,2017,48(6):65-68.
- [4] 袁平飞,赵彬,庞晨.全精炼石蜡臭味来源分析及工艺解决方案

- [3] 王仕文,贺胜如,张连波,等.循环水电化学处理技术在大榭石化的工业化应用[J].工业水处理,2018,38(6):96-99.
- [4] 王芊倩.电力行业循环冷却水系统中电化学法工程实例[J].科学与信息化,2023,(8):102-104.
- [5] 王惠丰,史克威.基于电化学处理技术的循环水水质及节水综合解决方案探讨[J].煤炭加工与综合利用,2016,(12):36-39,65.
- [6] 何小玉,高磊,徐伟康,等.电化学处理技术在循环水旁滤系统中的应用[J].工程技术研究,2023,5(1):39-41.
- [7] 李咏昕.电化学水处理设备在循环冷却水系统中的应用[J].河北冶金,2023,(6):78-81.
- [8] 安磊.电化学水处理技术在循环水处理中的应用[J].大氮肥,2022,45(2):123-124,132.
- [9] 车凯,张天琪,杨玉坤.电化学技术在炼化循环水系统中的应用[J].石油石化节能,2020,10(6):14-17,7.
- [10] 吕锡佳,郑江勇,周元红,等.旁滤+电化学工艺在硫酸循环水系统中的应用实践[J].硫酸工业,2021,(8):19-21,25.
- [11] 沐宝泉,张淑霞.循环水电化学处理研究进展[J].化学工程师,2022,36(12):72-75,103.
- [12] 穆道彬,杨军,张程蕾,等.电化学与药剂联合处理循环水控制节水技术应用研究[J].工业水处理,2023,43(5):188-193.
- [13] 周树峰.电化学除垢技术处理石化循环水的研究进展[J].石化技术,2018,25(9):175.
- [14] 荣光辉,毛振兴,刘保录,等.循环水电化学除垢研究进展[J].化工机械,2023,50(4):448-455.
- [15] 崔云峰.循环水的电化学除硬机理研究[J].山西化工,2019,39(3):127-128.
- [16] 高欢荣.新型组合技术在循环水系统节水减排中的应用研究[J].煤炭加工与综合利用,2022,(12):74-76,81.
- [17] 林纬,夏文凤,汪威,等.脉冲和直流电场下阴极结构对 CaCO<sub>3</sub> 结晶的影响[J].工业水处理,2022,42(8):95-101.
- [18] 朱晖,张国辉,李芬芬.电化学除垢设备的应用技术研究[J].应用化工,2022,51(9):2630-2633.
- [19] 苏艳,杨阳,古克亚,等.循环冷却水系统的电化学除垢技术研究进展[J].工业水处理,2023,43(8):30-37.
- [20] 何池飞,肖宁,李静,等.循环冷却水电化学处理技术研究进展[J].工业水处理,2022,42(12):26-33. ■

[J].炼油技术与工程,2013,43(9):12-17.

- [5] 刘泓,刘毅.石蜡臭味源分析及对策[J].当代化工,2013,42(1):101-104.
- [6] 李俊涛,陈辉荣.石蜡臭味定量监控方法探讨[J].广东化工,2017,44(21):73-74.
- [7] 魏川林,吴艳萍,王海燕,等.一种降低石蜡臭味的方法及设备:CN201510189932.X[P].2015-07-22.
- [8] 周志奇,顾斌峰,赵骥龙,等.石蜡加氢产品质量分析和探讨[J].上海化工,2014,39(7):20-23.
- [9] 王广飞.食品添加剂石蜡生产技术研发及工业化生产[J].山东化工,2023,52(11):200-202. ■