

# 常减压蒸馏装置电脱盐优化操作及技术研究

蒋定建<sup>1</sup>, 方晓玲<sup>1\*</sup>, 李飞<sup>2</sup>, 高仁鹏<sup>2</sup>, 薛金召<sup>3</sup>

(1. 克拉玛依职业技术学院, 新疆 克拉玛依 833699; 2. 中石油独山子石化公司, 新疆 独山子 833699; 3. 湖南石油化工职业技术学院, 湖南 岳阳 414012)

**摘要:**介绍了某常减压蒸馏装置高速电脱盐工艺运行状况, 针对进口原油种类、混炼比例变化较为频繁的工况, 优化确定电脱盐混合强度和温度的操作优化区间, 确定反相破乳剂和增脱剂的投加量。结果表明, 当一级进口和二级进口的混合压差控制为 50 kPa 和 60 kPa、电脱盐温度控制在 125℃、反相破乳剂投加量 35 μg/g、增脱剂投加量 40.5 μg/g 时, 脱前盐含量下降至 15.68 mg/L, 脱后原油平均值下降至 1.84 mg/L, 脱除率 91.5%, 含盐 < 3 mg/L 合格率 100%、< 2 mg/L 以下为 74.24%, 金属离子下降 74.8%, 装置腐蚀控制良好, 外排污水达到环保标准要求。

**关键词:**常减压蒸馏; 电脱盐; 优化操作

**中图分类号:**TE624.2

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2017)05-0174-04

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2017.05.041

## Study on optimal operation and technology of electric desalination in atmospheric and vacuum distillation unit

JIANG Ding-jian<sup>1</sup>, FANG Xiao-ling<sup>1\*</sup>, LI Fei<sup>2</sup>, GAO Ren-peng<sup>2</sup>, XUE Jin-zhao<sup>3</sup>

(1. Karamay Vocational and Technical College, Karamay 833699, China; 2. PetroChina Dushanzi Petrochemical Company, Dushanzi 833699, China; 3. Hunan Petrochemical Vocational Technology College, Yueyang 414012, China)

**Abstract:** This paper introduces the operating status of high speed desalination process in a atmospheric-vacuum distillation unit. Given the types of imported crude oil and the working conditions of mixing proportion changing frequently, the mixing intensity of electric desalination and the optimal operation range of temperature both are optimized and confirmed, and the dosages of reverse demulsifier and increasing-removal agent are determined. The results show that if the hybrid pressure differentials at the first and second inlet are controlled at 50kPa and 60kPa respectively, the electric desalination temperature is controlled at 125℃, reverse demulsifier dosage being 35 μg/g and dosage of increasing-removal agent being 40.5 μg/g, then the salt content before desalination drops to 15.68 mg NaCl/L, and the average salt content in crude oil after desalination drops to 1.84 mg NaCl/L, the removal rate reaches 91.5%, salt content less than 3 mg NaCl/L reaches 100% and salt content less than 2 mg NaCl/L can reach 74.24%, content of metal ions decreases 74.8%. The corrosion of equipment is well controlled and effluent can meet requirements from environmental protection index.

**Key words:** atmospheric-vacuum distillation; electric desalination; optimization operation

常减压蒸馏装置作为炼油厂的龙头装置,也是原油进入炼油厂的首道加工装置。某石化公司常减压蒸馏装置采用国内高速电脱盐技术加工进口含硫原油,由于原油性质较为复杂,原油质量较为劣质,并且随着装置进口原油加工量的逐渐增加,加工原油的种类和性质发生较大的波动和变化,从而增加了装置原油脱盐脱水操作的难度。近年来随着原油性质复杂及掺炼污油增加,电脱盐系统出现了诸多问题,如分馏塔顶腐蚀日趋严重,冷换设备结垢增加等,严重威胁装置的安全和长周期生产<sup>[1]</sup>。综合原油性质、设备特点及运行工况等因素,对装置电脱盐操作主要参数进行优化与研究。

速电脱盐。该工艺与传统工艺相比,原油乳化液直接进入强电场,从而大大提高油水分离速度,减小油流在脱盐罐内的停留时间,提高了进油速度,从而实现脱盐高速、高效、小罐体大处理量的目标。具体工艺流程见图 1 所示。

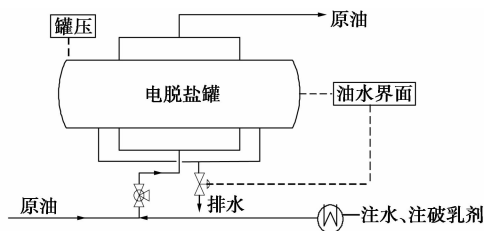


图 1 高速电脱盐工艺流程示意图

## 1 工艺简介

本装置为了提高电脱盐的处理量,采用两级高

## 2 优化前装置电脱盐运行状况

装置在加工进口高含硫原油期间(原油按硫含

量分为低硫、含硫和高硫3种),原油的含盐量较高,最高达到122 mg/L,平均为39.87 mg/L,电脱盐电流长时间在高位运行,装置脱盐率较低,脱后含盐平均在3.14 mg/L。装置常顶及减顶排水的pH、亚铁含量都有较大的波动,常顶排水pH在7.4~9.6之间波动,亚铁含量在2.72~17.48 mg/L之间波动;减顶排水pH在8.5~9.3之间波动,亚铁含量在2.44~9.50 mg/L之间波动。装置在掺炼污油期间,电脱盐操作状况较差,油水分离效果较差,电脱盐罐排水带油严重。

### 3 影响电脱盐效果的因素分析

结合工艺操作,综合分析影响电脱盐效果的因素主要包括原油进电脱盐罐的温度、电脱盐注水量、电场强度、油水界面、破乳剂和脱盐剂的注入量、混合强度、原油在电脱盐罐中停留时间、原油性质、注水的性质、电脱盐罐底沉泥厚度、破乳剂的性质、电脱盐罐结构等因素<sup>[2]</sup>。具体调整方法见表1<sup>[3-4]</sup>所示。

表1 电脱盐效果影响因素及调整方法

影响因素	调整方法
油水界面	以现场界面为准,参考CRT界面指示值,界面要符合工艺指标(在界面切放观测口从低到高顺序为:水、水、油乳、油)
混合强度	根据原油性质,调节选择合适的混合强度(0.03~0.08 MPa)
注水量	根据处理量、原油性质、脱盐率调节注水量(单级注水量 $\geq 6\%$ m/m)
破乳剂注入量	优化注入量—总量5~20 mm/h(油溶性),10~100 mm/h(水溶性)
原油性质	根据原油含水含盐、酸值低,脱后含水含盐低,水质好,反之脱后含水含盐高,水质差
电场强度及工况	根据原油性质联系电工调节变压器档位,选择合适的电场强度;检查、修理电器问题
高压水冲洗频次与质量	根据原油含水含盐含杂量大,脱后含水含盐高,水质差,增加注水注剂,定期进行高压水冲洗,并确保冲洗干净
电脱盐温度	电脱盐温度在110~140℃,高低均不利于脱盐脱水

## 4 电脱盐优化操作及技术研究

### 4.1 电脱盐混合强度

待脱盐原油中加入水并进行混合,萃取原油中的盐类的同时,润湿原油中的不溶性盐以便脱除。理论上讲,油水混合强度越大,原油中的盐类脱除率

越高,但由于过大的混合强度会导致乳化层加厚,也不利于油水的分离,反而会影响脱盐效果,并可能导致脱后原油带水。所以,混合强度要视情况进行调整。一般重质原油易采用较小的混合强度,轻质原油采用较大的混合强度。

注水注剂与原油混合状况用混合强度来衡量,即电脱盐原油进口混合压差的大小。适当的混合压差使油水充分接触,便于溶解原油中的盐,同时有利于分散的小液滴聚结脱除<sup>[5]</sup>。在保持装置加工负荷、原油性质及其他操作参数不变的条件下,将电脱盐原油一级进口混合压差由40 kPa增至70 kPa,二级由50 kPa增至80 kPa,原油盐含量由33.4 mg/L下降到2.4 mg/L,脱除率为92.1%,含盐 $< 3$  mg/L合格率上升为91.7%, $< 2$  mg/L以下分析为34.27%。

### 4.2 电脱盐温度

在原油电脱盐过程中,温度是一个重要的控制因素。温度增加,降低了原油黏度和油水界面张力,有效减少水滴聚结阻力,增大油水密度差,可以有效提高水滴沉降速度<sup>[6]</sup>。但当温度升高到超过120℃后,原油中的MgCl<sub>2</sub>、CaCl<sub>2</sub>开始水解,导致电导率增大,电耗增加,电场强度下降,对于水溶性的破乳剂,当达到浊点温度时,破乳作用将急剧下降。

由于原油性质有所变化(原油中污油增加),电脱盐电流开始上升至180 A左右,电脱盐变压器负荷较大,为保证装置长周期平稳运行,电脱盐工作正常,车间调低了一档变压器档位,脱后分析原油盐含量有所上升。采取措施如下:将电脱盐温度由120℃提高至125℃,其余操作参数稳定,脱盐分析有所提高,但没有提高电场强度及注水量变化明显。受原油性质影响,分析数值较上期明显上升。脱前原油平均盐含量29.8 mg/L,脱后平均2.18 mg/L。脱除率92.68%,含盐 $< 3$  mg/L合格率100%, $< 2$  mg/L以下分析降至44.87%。

### 4.3 反相破乳剂加注方案

#### 4.3.1 加注反相破乳剂背景

电脱盐罐内部由于原油性质变化、操作变动等致使生产过程中含盐外排污水COD超标且污水储量超量,同时,电脱盐罐长时间不能高压水冲洗,从而形成恶性循环,不仅影响稳定生产,还造成了环境污染<sup>[7-8]</sup>。

#### 4.3.2 加注反相破乳剂对含盐外排污水的影响

反相破乳剂加注操作参数记录如表2所示。

从表2可以看出,在水质很差的情况下,注入反

相破乳剂可以明显降低外排含盐污水 COD, 头班水质发黄, 含盐污水 COD 为 2 858 mg/L, 注入反向破乳剂后 COD 降至 1 363 mg/L。中班水质较好, 注入反相破乳剂后 COD 有所降低。而夜班含盐外排水水质发黑, COD 含量高达 9 064 mg/L, 远远超出指标 2 200 mg/L, 而通过注入反相破乳剂后, COD 含量降至 1 776 mg/L。

表 2 反相破乳剂加注参数

时间	外排污水总量 FQ2217/t	外排水温度/ ℃	水质情况	含盐污水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	二联合含盐污水 COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	V-114 下降 尺位/ mm	加注浓度/ (g·t <sup>-1</sup> )
11:00	42.4	38	发黄	2858	1363	950	158
13:00	40.2	37	发黄			915	182
15:00	51.7	39	黑水			875	153
17:00	55.1	38	发黄			840	188
19:00	38.8	37	清澈	1670	1596	800	192
21:00	44.1	37	清澈			760	338
23:00	33.1	36	清澈			685	180
1:00	37.9	36	发黄	9064	1776	634	189
3:00	37.8	36	黑水			587	185
5:00	37.6	36	黑水			549	186

以上数据表明, 在电脱盐操作中, 当电脱盐罐乳化层变厚, 或原油掺炼劣质原油以及污水时, 通过注入反相破乳剂可以有效降低含盐污水的 COD, 为电脱盐平稳操作以及下游污水处理带来较好的效益。

#### 4.4 电脱盐加注增脱剂方案

##### 4.4.1 加注增脱剂背景

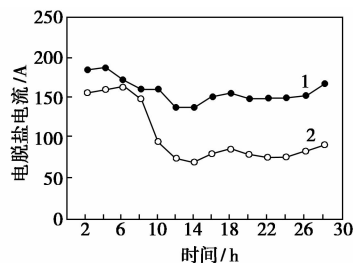
原油中的金属杂质如 Fe、Ni、Cu、V、Na、Ca、Mg、K 等金属离子对装置电脱盐电流及原油后序加工装置(如催化裂化、加氢裂化等)影响较大<sup>[9]</sup>; 装置掺炼低凝含酸原油, 掺炼量 90 ~ 140 t/h, 电脱盐电流平均达 175 ~ 190 A。掺炼原油罐换罐或提降掺炼量时, 电流最高可达 216 A; 装置面临大负荷运行时, 电脱盐高电流问题将更加突出; 电脱盐加注金属增脱剂对降低电脱盐电流效果明显。

##### 4.4.2 加注金属增脱剂对电脱盐电流的影响

电脱盐加注金属增脱剂<sup>[10]</sup>, 加注比例 40.55 μg/g, 金属增脱剂加注 20 min 后电控柜电流开始下降, 最终 V-101A 罐电流由 191 A 下降至 148 A, V-101B 罐电流由 162 A 下降至 75 A。当原油掺炼量缓慢恢复至 140 t/h, 电脱盐电流有较小幅度上升, 最终稳定在 160 A 左右。电脱盐电流变化情况如表 3、图 2 所示。

表 3 电脱盐操作电流情况

日期	时间	V-101/A 电控柜电流/A	V-101/B 电控柜电流/A
4月8日(15:00 开始 加注金属增脱剂)	11:00	189	159
	13:00	191	162
	15:00	174	167
	17:00	162	151
	19:00	162	97
	21:00	139	75
	23:00	138	71
4月9日(9:00 开始 恢复掺炼含酸原油)	1:00	152	81
	3:00	155	86
	5:00	148	79
	7:00	148	75
	9:00	148	75
	17:00	152	82
	19:00	166	90



1—V-101/A; 2—V-101/B

图 2 加注金属增脱剂前后电流情况对比

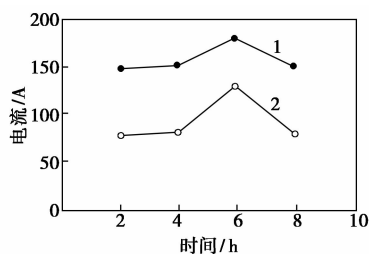
从图 2 可以看出, 加注金属增脱剂, 电流有明显的降低, V-101A 电流降低了 43 A, V-101B 电流降低了 83 A。

停注金属增脱剂试验, 观察电脱盐电流上升情况。11:00 开始停注金属增脱剂, 到 13:00, A 罐电流最高上升至 180 A, 上升了 32 A; B 罐电流最高上升至 129 A; 上升了 52 A。13:00, 金属增脱剂恢复注入, 电流随之恢复至正常水平。具体见表 4、图 3 所示。

由此可见, 蒸馏装置电脱盐加注金属增脱剂对降低电脱盐电流有明显效果, 尤其针对掺炼高酸值原油方案, 对确保掺炼比例、稳定电脱盐操作有较大益处。

表 4 电脱盐电流情况

时间	V-101/A 电控柜电流/A	V-101/B 电控柜电流/A
2016-04-13		
9:00	148	77
11:00	151	80
13:00	180	129
15:00	150	79



1—V-101/A;2—V-101/B

图3 金属增脱剂停注、加注过程电流变化

金属增脱剂(C型)加注量最大达到 $40.5 \mu\text{g/g}$ 时,加注前后V-101A、B 2个罐平均电流变化值分别约为40、60 A,较加注金属增脱剂(C型)前降低22%~34%。在加注金属增脱剂后掺炼高酸值原油由80 t/h提高至140 t/h,满足了掺炼计划。同时在原油带水或者性质变化时可以通过加注金属增脱剂有效快速降低电脱盐电流,确保电脱盐系统平稳操作。

## 5 优化操作固化及评价

### 5.1 优化操作固化

通过前期对电脱盐各参数进行调节摸索,优化并固化如表5所示。

表5 优化电脱盐操作参数

项目	操作数据
温度/ $^{\circ}\text{C}$	125
压力/MPa	1.6~1.8
V-101A 电流/A	176~188
V-101B 电流/A	150~160
V-101A 电压/kV	13
V-101B 电压/kV	13
注水量(单级)(m/m)/%	4.0
破乳剂注入量/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	35
V-101A 混合压差/kPa	60
V-101B 混合压差/kPa	50

优化电脱盐参数并进行固化,脱前盐含量明显下降至 $15.68 \text{ mg/L}$ ,脱后原油平均值下降至 $1.84 \text{ mg/L}$ ,脱除率88.265%,含盐 $<3 \text{ mg/L}$ 合格率100%, $<2 \text{ mg/L}$ 以下分析升至74.24%。

### 5.2 优化评价之防腐影响

经过电脱盐操作参数调整、优化、固化,脱后含盐较低,腐蚀大幅下降,脱盐前后盐含量、金属离子见表6、表7所示。

表6 脱盐前后原油盐含量及金属离子平均值

项目	脱前盐含量/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	脱后盐含量/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	Fe(脱前)/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	Fe(脱后)/ $(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$
操作数据	25.4	2.15	5.09	1.35

表7 装置低温部位 $\text{Cl}^-$ 及 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 平均值  $\text{mg/L}$ 

	初馏塔顶 回流罐	常压塔顶 回流罐	减压塔顶 回流罐	脱丁烷塔顶 回流罐
$\text{Cl}^-$	10.73333	13.90364	7.505	5.965556
$\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 平均值	0.372632	0.709091	0.302273	1.344737

注:时间为2016.3—2016.5。

由表6、表7可以看出,装置脱盐率91.5%,金属离子下降74.8%,腐蚀控制情况较好。

### 5.3 优化评价之环保指标

装置电脱盐在保证脱盐低、腐蚀小的同时,加强控制外排污水符合环保要求。具体数据见表8所示。

表8 电脱盐外排含盐污水分析及参数平均值

时间	电流/ A	界面/ %	脱后含 油指标/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	脱后 含油/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	脱后 COD 指标/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	脱后 CODm/ $(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$
2016.3—2016.5	136	35	$>200$	190	1600	1232

由表8可以看出,装置外排污水达到了环保指标要求。

## 6 结论

针对某石化公司在进口原油种类、混炼比例变化较为频繁的工况,结合电脱盐效果的诸多影响因素,确定了电脱盐混合强度和温度的操作优化区间,明确了反相破乳剂和增脱剂的加注方案和操作条件,形成固化优化操作参数,大大降低了装置脱盐后原油的盐含量,从而有效减低装置腐蚀和外排“三废”的各项指标,提高了装置的安全操作,保障了装置的长周期安全运行。

### 参考文献

- [1] 张风华,张永生,娄世松,等.原油电脱盐技术研究进展[J].化工科技,2013,(1):71-74.
- [2] 刘学彬,李兆然.新建电脱盐装置技术及设备应用[J].广东化工,2012,(12):71-73.
- [3] 杨峥,庄晓冬.电脱盐优化试验及效果[J].石油化工腐蚀与防护,2012,(5):40-43.
- [4] 乔田莉,叱干玉梅,徐小茜.电脱盐脱水效率提高的方法[J].吐哈油气,2012,(4):388-390.
- [5] 聂剑飞,李存玉.提高电脱盐合格率的探讨[J].广州化工,2010,(2):106-109.
- [6] 汪实彬.高速电脱盐技术的特点探讨[J].石油化工腐蚀与防护,2009,(S1):131-133.
- [7] 杨德昌.实施装置电脱盐改造的技术特点分析[J].科技与企业,2014,(12):257.
- [8] 王铁军,王龙祥,王纪刚,等.智能响应电脱盐技术在劣质原油炼制中的应用[J].炼油技术与工程,2012,(5):26-29.
- [9] 王平,黄王志.超声波电脱盐的自动化设计[J].石油化工自动化,2011,(1):71-73.
- [10] 李庆梅,王伟,赵敏,等.降低电脱盐电流的研究[J].炼油技术与工程,2009,(10):19-21. ■