

原油掺淡水洗盐的精确计算方法

李海荣¹

摘要：原油脱盐处理工艺主要是采用掺入淡水洗盐。生产中为了节省掺水量以及保证洗盐效果，均将二级电脱盐后的采出水回掺到一级电脱水前，此时粗略计算已经不能满足新鲜水掺入量的计算要求。精确计算需要采用假定及计算结果对比的方法，认为在电脱水器及电脱盐器中存在水的不均匀掺混，且其污水出口含盐浓度低于油入口及出口中水的矿化度。采用精确计算方法能够更好地体现流程上各点的矿化度，有利于结合运行参数分析各点结垢及腐蚀情况，并且能够得到准确的掺水量，以达到减少淡水掺入量，降低污水处理负荷的目的，能够更好地保证原油处理工艺的正常运行。

关键词：原油含盐指标；掺淡水量；精确计算；原油含水率

Doi : 10.3969/j.issn.1006-6896.2016.6.015

The Accurate Calculation Method of Crude Oil Desalting by Fresh Water Blending

Li Hairong

Abstract: For on-stream crude oil desalting is necessary besides dehydration, fresh water blending is the major method for crude oil desalting. In order to save the fresh water and guarantee the effect of desalting, effluent after the 2nd stage desalting blends to the inlet of 1st stage desalter where the common calculation cannot meet the requirement of fresh water capacity calculation. The accurate calculation use assumption and calculation results comparison methods, assuming the existing of uneven water blending and the effluent salinity is lower than oil inlet and outlet in the electric dehydrator and the electric desalter. The accurate calculation method can provide the accurate blending capacity and the salinity of each point in the processing, thus can help analysis the scaling and corrosion condition, reduce the fresh water and effluent treatment capacity, which will benefit the crude oil processing.

Key words: the index of salt in crude oil; fresh water blending capacity; accurate calculation; water cut

为了避免在原油炼制过程中炼厂生产设备的腐蚀和催化剂中毒，原油处理工艺除了需要脱水还需要脱盐，对于中东地区高含盐油田的开发，脱盐尤为重要。原油中的盐一般是溶解在采出水中，其成分主要为钠、钙、镁的氯化物，其中氯化钠的含量最多，约占氯化物总量的75%左右。在原油处理过程中，盐的存在会导致管道和设备堵塞或结垢，进而造成腐蚀破坏。国际上通常含盐浓度要求小于10 ptb，也就是28.5 mg/L，要达到这个指标，高含盐的原油需要通过淡水洗盐的方式来进行处理。

1 典型工艺流程中的掺水计算方法

典型的脱水脱盐工艺通常采用一级电脱水，二

级电脱盐流程。例如伊拉克某油田，脱水脱盐流程为：进站原油在分离器中经过气、液分离和预脱水后，首先进入电脱水器脱水，电脱水器出来的原油含水率达到0.5%以下，再掺入7%左右换热后的淡水洗盐，然后进入电脱盐器。通过电脱盐器后，通常要求原油含水率小于0.2%，含盐量小于28.5 mg/L。

在脱盐流程中，掺入淡水的量非常关键，决定了外输原油含盐是否合格。该水量还关系到供水系统的需求量、温度及压力。目前在全球水资源缺乏的背景下，降低掺水量对各油田的生产很重要。掺水量的基本计算是水量质量平衡计算和盐量质量平衡计算^[1]。常规的掺淡水量只是用电脱盐器质量平

¹中国石油集团工程设计有限责任公司北京分公司

衡公式 (进口原始水量 × 原始含盐浓度 + 淡水量 × 淡水含盐浓度 = 出口水量 × 掺后含盐浓度) 进行粗略计算^[2]。

目前, 各油田为了节省掺水量以及保证洗盐效果, 均将二级电脱盐后的采出水回掺到一级电脱盐前, 此时粗略计算已经不能满足要求, 新鲜水的掺入量计算需要采用假定及计算结果对比的方法, 才能得到准确的数据。典型的脱盐流程如图1所示。

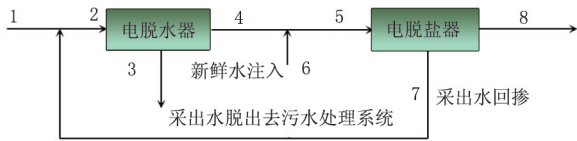


图1 典型电脱盐流程

1—系统进口; 2—电脱水器进口; 3—电脱水器水出口;
4—电脱水器油出口; 5—电脱盐器进口; 6—淡水掺入口;
7—电脱盐器水出口; 8—电脱盐器油出口

注: 图1中1、2、3、4、5、6、7、8是系统中的物流点编号

1.1 常规计算

常规的计算方法按以下步骤进行计算: 首先在物流8中按照液体含盐浓度计算出水中含盐浓度 S_8 ; 然后按电脱水和电脱盐前后水量平衡和盐量平衡的原则, 计算水中含盐浓度, 并假定掺入淡水量 F_6 , 逐级计算出各级含盐浓度, 如果计算出的电脱盐器油出口含盐浓度 S_8' 小于含盐指标 S_8 , 则假定的 F_6 满足要求; 最后考虑掺混率从而得到实际掺水量。基本计算公式如下

水量计算

$$F = W \times F_0 / (1 - W) \quad (1)$$

采出水中盐含量指标

$$S_8 = A_8 / W_8 \quad (2)$$

实际掺淡水量

$$F_6' = F_6 / E \quad (3)$$

计算过程:

S_1 已知

$$S_2 = (F_1 \times S_1 + F_7 \times S_7) / F_2 \quad (4)$$

$$S_3 = S_2$$

$$S_4 = S_3$$

$$S_5 = (F_4 \times S_4 + F_6 \times S_6) / F_5 \quad (5)$$

S_6 已知, 假定 F_6

$$S_7 = (F_5 \times S_5 - F_8 \times S_8) / F_7 \quad (6)$$

$$S_8' = S_7$$

将 S_8 和 S_5 代入 S_7 式 (6) 中, 得到

$$F_7 S_7 = F_4 \times S_4 + F_6 \times S_6 - F_8 \times A_8 / W_8$$

代入式 (4) 中, 得到

$$F_2 S_2 = F_1 \times S_1 + F_4 \times S_4 + F_6 \times S_6 - F_8 \times A_8 / W_8 \quad (7)$$

将 $S_4 = S_2$, $F_2 = F_1 + F_7$ 代入式 (5), 得到

$$\begin{aligned} S_2 &= (F_1 \times S_1 + F_6 \times S_6 - F_8 \times A_8 / W_8) / (F_2 - F_4) \\ &= (F_1 \times S_1 + F_6 \times S_6 - F_8 \times A_8 / W_8) / (F_1 + F_7 - F_4) \end{aligned} \quad (8)$$

将 $F_7 = F_4 + F_6 - F_8$ 代入式 (8) 得

$$S_2 = (F_1 \times S_1 + F_6 \times S_6 - F_8 \times A_8 / W_8) / (F_1 + F_6 - F_8)$$

求出 S_2 后, 逐一代入, 求出 S_5 、 S_7 。

按前所述方法将 $S_8' = S_7$ 值与指标 S_8 进行对比, 来确定实际掺水量。

最后用公式 (3) 求出 F_6' 。

式中: $F_1 \sim F_8$ ——各物流点水量, L/h;

F_0 ——油量, L/h;

$W_1 \sim W_8$ ——各物流点含水率, %;

E ——掺混率, %;

$S_1 \sim S_8$ ——各物流点水中含盐浓度, mg/L;

A_8 ——物流8油中含盐浓度, mg/L;

S_8' ——物流8计算含盐浓度, mg/L;

S_8 ——物流8指标含盐浓度, mg/L。

然而这种计算方法有2个缺点:

(1) 认为设备脱出的采出水和原油进、出口采出水含盐浓度相同, 即理想混合状态。

(2) 在计算出淡水量后直接除以掺混效率来得到实际掺水量。

1.2 掺淡水量的精确计算

在精确计算中, 对以上2个缺点进行了修改, 并做以下假定:

(1) 在淡水掺入时实际掺入淡水量为 $E \times F$, 其中 E 为掺混率; F 为掺入水量。这样掺混率在电脱水后的各项指标中直接体现, 即认为在电脱盐器中存在不均匀掺混, 进而影响洗盐效率。

(2) 电脱水器水出口的含盐量 = 入口含盐量 - 出口含盐量, 即 $F_3 \times S_3 = F_2 \times S_2 - F_4 \times S_4$ 。这样计算出的采出水含盐浓度低于入口及出口中水的矿化度。原因是, 高含盐的小液滴与掺入的淡水液滴汇聚成大滴后, 沉降分离下来, 无法与淡水水滴充分汇聚或部分汇聚的高含盐的小液滴, 由于从原油中脱离比较困难, 因此随原油一起排出电脱盐器。

精确计算的计算方法及步骤如下:

S_1 、 F_1 、 S_8 , W 已知, 可以通过基本计算公式计算出 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 、 F_8

$$S_2 = (F_1 \times S_1 + F_7 \times S_7) / F_2$$

$$S_3 = (F_2 \times S_2 - F_4 \times S_4) / F_3$$

$$S_4 = (F_1 \times S_1 + E \times F_7 \times S_7) / (F_1 + E \times F_7)$$

$$S_5 = (F_4 \times S_4 + F_6 \times S_6) / F_5$$

S_6 已知，假定 F_6

$$S_7 = (F_5 \times S_5 - F_8 \times S_8) / F_7$$

$$S_8' = (F_4 \times S_4 + E \times F_6 \times S_6) / (F_4 + E \times F_6)$$

将 S_8 和 S_5 代入 S_7 计算中，得到

$$S_7 \times F_7 = F_4 \times S_4 + F_6 \times S_6 - F_8 \times S_8$$

$$S_4' = (S_7 F_7 - F_6 \times S_6 + F_8 \times S_8) / F_4$$

代入 S_4 中，求出 S_7 。然后逐一代入，求出 S_2 、 S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_8' 。

将 S_8' 值与指标 S_8 进行对比，如小于给定的指标，则假定的 F_6 可行。

2 计算实例

计算某油田掺入淡水量，已知参数：电脱盐出口含盐浓度 A_8 为 28.5 mg/L，电脱盐出口含水率 W_8 为 0.2%，电脱水器入口含水率 W_1 为 5%，采出水矿化度 S_1 为 220 000 mg/L，掺入淡水矿化度 S_6 为 3 500 mg/L，电脱水器出口含水率 W_8 为 0.5%，掺混率 E 为 75%。

2.1 粗略计算掺淡水量

出口含盐指标按水中含盐浓度计算为 14 250 mg/L，掺入淡水量粗略计算如下

$$F_6 = W_4 \times F_0 / (1 - W_4) \times (S_1 - S_8) / (S_8 - S_6) = 9.6 \text{ L/h}$$

2.2 采用常规方法计算掺淡水量

假定物流 8 有 100 L/h 液体，则油量为 99.8 L/h，含水率为 0.2%，按照公式 (1)、(2)、(3) 计算，结果见表 1。

表 1 常规掺水洗盐计算结果

物流号	掺水量 $F /$ ($\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$)	水中含盐浓度 $S /$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	含水率/ %
1	5.25	220 000	5
2	10.55	116 383	9.6
3	10.05	116 383	-
4	0.5	116 383	0.5
5	5.5	13 762	5.2
6	5	3 500	-
7	5.3	13 762	-
8	0.2	13 762	0.2

S_8' 小于指标值， F_6 假定值 5 L/h 正确。考虑到 75% 的掺混效率，实际掺淡水量为 6.7 L/h。

2.3 采用精确方法计算掺淡水量

按照精确计算方法计算，结果见表 2。

掺入水量为 6.44 L/h，比常规计算方法的 6.7 L/h 减少 0.26 L/h。不同于常规计算，电脱水器和电脱盐器入口出口以及排出水的含盐浓度都不一样，原油出口最高，排出水最低，这和整个洗盐的微观过程是一致的。因此，采用精确计算方法能更准确地

得到各点的含盐浓度及掺水量。

表 2 精确掺水洗盐计算结果

物流号	掺水量 $F /$ ($\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$)	水中含盐浓度 $S /$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	含水率/ %
1	5.25	220 000	5
2	11.99	102 897	10.7
3	11.49	102 249	-
4	0.5	117 783	0.5
5	6.94	11 757	6.5
6	6.44	3 500	-
7	6.74	11 683	-
8	0.2	14 250	0.2

从计算结果看，采用不同的计算方法，计算出的淡水量是有差别的，精确计算得到的淡水量最少。

3 结论

掺水量的精确计算方法能更准确地得到各点的含盐浓度及掺水量，有利于结合运行参数分析各点结垢及腐蚀情况。目前有些项目开始考虑电脱盐器排出水回掺，即二级回掺，这种回掺方法需要根据设备的处理能力采用精确计算方法计算回掺效果和脱水效果，来决定是否能有效地降低掺入淡水量^[3]。当含水率高时，相当于只是稀释了产出的生产水，并没有达到洗涤原油中含水盐分的效果，因此洗盐的效果不明显^[4]。采用精确计算方法来指导各个含水阶段各种含盐浓度情况下的脱盐生产，可以达到减少淡水掺入量，降低污水处理负荷的目的，能够更好地保证原油处理工艺正常运行。

参考文献

- [1] 张国强，费茹娥，李昊. 原油脱盐流程中洗盐水量计算探讨[J]. 石油规划设计, 2012, 23 (5): 47-49.
- [2] 白刚. 伊拉克米桑油田高含盐原油脱盐工艺优化[J]. 油气田地面工程, 2013, 32 (3): 4-5.
- [3] 唐泽兰，韩嘉祥. 艾哈代布油田 CPF 回掺水优化工艺[J]. 油气田地面工程, 2013, 32 (4): 47-48.
- [4] 林国峰，刘培林. LF13-2 原油稳定脱水脱盐工艺分析[J]. 中国海洋平台, 2005, 20 (6): 46-50.

作者简介

李海荣：高级工程师，1993年毕业于石油大学（华东）油气储运专业，获学士学位，从事油气集输及项目管理工作，13683517186，cpei-lhr@163.com，北京市海淀区上地信息路8号CPE大厦B504，100085。

收稿日期 2015-08-14

(栏目编辑 张秀丽)