

# 延长二次盐水螯合树脂塔运行时间相关措施的探索

苏宝龙 唐兴东 潘存鹏 张永江 徐鑫鑫

金川集团化工新材料有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v3i5.16579

**[摘要]** 本文对影响二次盐水螯合树脂塔运行情况的因素进行了分析、排查,提出了四项优化措施来优化工艺指标控制。通过跳出原有螯合树脂塔24小时再生的固定模式,对主要指标进行追踪来确定树脂塔再生周期,旨在改善影响树脂塔运行的各种条件,尽可能的延长再生周期。

**[关键词]** 氯碱化工; 二次盐水; 融合树脂塔; 运行时间

中图分类号: TQ042 文献标识码: A

Exploration of relevant measures for prolonging the operation time of secondary brine chelating resin tower

Baolong Su Xingdong Tang Cunpeng Pan Yongjiang Zhang Xinxin Xu

Jinchuan Group Chemical New Material co.,Ltd

**[Abstract]** Through the analysis and investigation of the factors affecting the operation of the secondary brine chelating resin tower, four optimization measures are proposed to optimize the process index control, jump out of the fixed mode of 24-hour regeneration of the original chelating resin tower, track the main indexes to determine the regeneration cycle of the resin tower, improve various conditions affecting the operation of the resin tower, and prolong the regeneration cycle as much as possible.

**[Key words]** Chlor-alkali Chemical Industry; Secondary Brine; Chelating Resin Tower; Operation Time

## 引言

氯碱工业是以盐为原料生产烧碱、氯气、氢气的基础原材料工业<sup>[1]</sup>。在我国工业体系中占有重要地位,但是其也属于高耗能产业,随着我国的发展对于环保要求越来越高,节能环保、资源回用的意识逐渐深入人心,高耗能企业在新时代的发展中就必须注重节能环保、资源回用两方面的创新,在顺应时代发展的同时使自身达到可持续发展。目前国内氯碱行业的二次盐水螯合树脂塔工艺大部分使用的是“三塔”循环流程。在正常操作情况下,每24h三台树脂塔的一台由PLC全自动进行离线再生,再生一次大约需6h<sup>[2]</sup>。在传统再生流程中树脂塔会周期性的消耗盐水、烧碱、盐酸和纯水,同时也会排出大量酸、碱性废水和高盐废水,从节能降耗、降本增效和减少排放的角度来说如果想方设法优化二次盐水螯合树脂塔的运行指标尽可能的增加树脂塔运行时间,就可以减少树脂塔再生时周期性的消耗和排污<sup>[3]</sup>。

## 1 二次盐水艺流程简述

一次盐水工序将一次精制盐水送至过滤盐水储槽(D-150),再由过滤盐水泵(P-154A/B)输送至盐水换热器(E-153)将温度控制在55~65°C。升温后,将钙镁离子含量≤2mg/L的一次精制盐水送入离子交换树脂塔进行钙镁离子交换,形成钙镁离子含量≤0.02mg/L的二次精制盐水,然后进入盐水高位槽(D-170),

在自压的作用下进入电解槽(R-230A~J)。

## 2 二次盐水螯合树脂塔运行现状

离子交换树脂塔内装螯合树脂,采用“三塔”工艺,使用程序化控制。两塔在线串联运转,另一台离线进行螯合树脂再生,三台塔轮回式运转。第一台离子交换树脂塔的作用是除去多价离子,第二台起保护作用。离子交换树脂塔每隔24小时进行一次运转和再生操作的自动切换,再生原设计时间为:水洗I 1h、反洗0.5h、酸再生0.75h、水洗II 2h、碱再生1.5h、水洗III 1h、等待I 13.25h、盐水置换3h、等待II 1h。其中各阶段的流量为:水洗I 46.88m<sup>3</sup>/h、反洗110m<sup>3</sup>/h、酸再生(纯水21.57m<sup>3</sup>/h、31%盐酸2.52m<sup>3</sup>/h)、水洗II 40.07m<sup>3</sup>/h、碱再生(纯水24.56m<sup>3</sup>/h、32%烧碱2.52m<sup>3</sup>/h)、水洗III 40.07m<sup>3</sup>/h、盐水置换20.03m<sup>3</sup>/h。按系统满负荷生产树脂塔运行24h进行计算吨碱消耗的纯水、31%盐酸、32%烧碱、盐水分别为:275.11m<sup>3</sup>、1.89m<sup>3</sup>、3.78m<sup>3</sup>、60.09m<sup>3</sup>。若延长再生时间,对树脂塔运行时不同时间段产生一吨碱消耗的纯水、盐酸、烧碱、盐水进行计算,结果见表1。

综上,由表1可以看出:随着螯合树脂塔运行时间的增长,吨碱消耗的纯水、盐酸、烧碱、盐水逐渐降低,影响生产系统的经济运行。为达到降本增效的相关要求,树脂塔运行时间短的问题亟待解决。

表1 不同时长每产生一吨碱消耗的纯水、盐酸、烧碱、盐水  
( $m^3/t$ )计算表

月份 运行时间	纯水	31%盐酸	32%烧碱	盐水
24h	0.227	0.00156	0.00312	0.050
26h	0.210	0.00143	0.00288	0.046
28h	0.195	0.00134	0.00267	0.042
30h	0.182	0.00124	0.00249	0.040
32h	0.170	0.00116	0.00234	0.037

### 3 增加二次盐水螯合树脂塔运行时间的措施与可行性分析

#### 3.1 影响二次盐水螯合树脂塔运行时间的原因

抛开正常设定,在通过对指标情况进行追踪,灵活决定树脂塔是否需要再生的前提下,运行时间往往和树脂塔出口盐水钙镁离子和量高、树脂塔内的压力、化验分析问题等其它原因相关联。当二次盐水指标合格或接近规定上限,或压差过大时,就必须进行切塔再生因此,对螯合树脂塔再生切换时间影响因素进行了现场调查。同时,为了找到影响脱螯合树脂塔再生切换时间的主要症结,对螯合树脂塔再生切换时间的影响因素进行了分类统计:其中树脂塔出口盐水钙镁离子和量高不合格次数16(累计占比62%);树脂塔内的压力的影响不合格次数5(累计占比81%);分析问题不合格次数3(累计占比93%);其它项不合格次数2(累计占比100%)。

#### 3.2 原因分析

①树脂塔出口盐水钙镁离子和量高是由盐水中含有其它金属离子、盐水中游离氯过高、盐水中钙镁含量过高等三方面原因造成。为确定这三方面的主导原因,对一定范围内的相关指标进行统计分析。

表2 精盐水其它金属离子含量统计表

含量 (mg/L)	要求最低 值	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
Ba <sup>2+</sup>	<0.1	0.007	0.006	0.005	0.004	0.007
Sr <sup>2+</sup>	<0.1	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
Ni <sup>2+</sup>	<0.02	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002	0.0002
Fe <sup>2+</sup>	<0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.01
Al <sup>3+</sup>	<0.1	0.0001	0.0002	0.0001	0.0003	0.0003

表3 精盐水游离氯含量统计表

含量 (mg/L)	要求最 低值	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
游离氯	<0.5	0.8	1.1	1.2	0.9	1.0

表4 一次盐水中钙镁离子和量统计表

含量 (mg/L)	要求最低 值	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	<2	1.5	1.6	1.0	1.1	1.2

由表2~表4可以看出,盐水中含有其它金属离子的指标和一次盐水中钙镁离子和量一直在指标要求内,对树脂塔影响较小。只有精盐水游离氯含量超过规定范围,造成螯合树脂失活影响了树脂塔吸附效果。

②树脂塔内的压力问题,是由于树脂塔板结内树脂板结和树脂塔入口盐水压力高两方面的问题。树脂塔板结内树脂板结会造成运行两塔前后压差过大,树脂的比表面积减小影响树脂吸附效果。树脂塔入口盐水压力高容易引起树脂破碎,造成树脂流失,堵塞后端的树脂过滤器,同时树脂流失也会造成吸附效果下降。对这两种问题进行统计如下:

表5 树脂塔两塔压差统计表

时间 项目	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
压差(MPa)	0.14	0.13	0.13	0.14	0.13

表6 树脂塔入口压力统计表

时间 项目	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天
一期入口压力 (MPa)	1.15	1.16	1.14	1.14	1.15
二期入口压力 (MPa)	0.42	0.43	0.41	0.44	0.43

由表5、表6可以看出树脂塔两塔压差和树脂塔入口压力均较高,再结合日常树脂塔检修和树脂过滤器清理经验来看,树脂塔内部板结和树脂流失比较严重影响了树脂塔的运行周期。

③通过对化验分析问题等其它原因进行排查,发现每次二次盐水指标过高或超标时均进行多次取样进行复核,应该能够进行排除。对于其它原因进行排查发现进树脂塔前换热器换热效果较差,在极端情况下温度在夜间低于55℃,系统检修时查看发现,盐水换热器内部长时间未清理结垢严重造成堵塞从而影响换热效果。当盐水温度低于60℃时已经达到树脂塔最佳运行温度范围,进而影响二次盐水指标。

通过对以上影响树脂塔运行时间的因素进行分析,发现其主要原因有:树脂塔内树脂板结;树脂塔入口盐水压力高;盐水中游离氯过高;盐水温度低。

#### 3.3 提高二次盐水螯合树脂塔运行时间的措施及可行性

①针对树脂塔内树脂板结的问题,主要可以在树脂塔内部增加吹风、鼓泡装置。在树脂塔完成再生待命时,吹进工艺风对树脂塔进行吹风、鼓泡,打散板结的树脂,增加树脂比表面积。在可行性方面,只要在树脂塔上增加鼓风管道和将工艺风引至厂房即可。

②针对树脂塔入口盐水压力高的问题,树脂塔入口压力较高是由于盐水经过树脂塔后还需进入盐水高位槽,所以必须要在树脂塔入口保证较高的压力。如果盐水经过二级接力,以较小的压力进入树脂塔后,再进行二次加压再进入高位槽,即可减小进入树脂塔的压力。在可行性方面,一方面减小树脂塔入口处机泵扬程,一方面对树脂塔出口的管道进行改造并增加储罐和高扬程的机泵就可以实现。

③对于盐水中游离氯过高的问题,目前盐水中游离氯主要靠加亚硫酸钠来消除,现有的加入亚硫酸钠主要靠计量泵加入,存在计量泵容易堵塞损坏造成加入量不足和管道堵塞的问题,对于这个问题一方面将原有计量泵加入改为高位槽加入,另一方面对加入亚硫酸钠管道设置吹扫管道,定期对管道进行吹扫确保管道的畅通。在可行性方面,只要将原有计量泵改为普通离心泵,并在厂房顶部增加一个储罐,并配置相应的管道即可实施。

④对于盐水温度低的问题,主要是由于一次盐水至二次盐水管路过长,通过长时间的输送造成热量损失较多,因此树脂塔前板式换热器的换热效率直接决定了,进入树脂塔盐水的温度。通过对板式换热器进行清洗即可提高板式换热器的换热效率。

#### 4 实施效果

所有对策实施后,对实施前后树脂塔再生切换时间进行了统计(见表7),根据对二次盐水指标进行跟踪动态化的调整后,树脂塔再生切换时间提升到36小时。

表7 活动前后树脂塔切换时间统计表

时间	2020年						2021年						
	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9
再生切换时间	24	24	24	24	24	24	28	28	28	28	36	36	36
平均值						24	28			36			
活动前						活动中			活动后				

除此之外,通过实施相关措施,节省了吨碱消耗的纯水、盐酸、烧碱、盐水和延长了树脂使用寿命,避免了后续盐水不合格对离子膜的影响,减少了游离氯使螯合树脂中毒的影响。其中纯水每吨碱节省0.076m<sup>3</sup>,折合0.076t,按年产一期系统一年20万吨烧碱计算节省15200t; 31%盐酸每吨碱节省0.00052m<sup>3</sup>,折合0.0006t(密度1.154t/m<sup>3</sup>),按年产一期系统一年20万吨烧碱计

算节省120t; 32%烧碱每吨碱节省0.00104m<sup>3</sup>,折合0.00139t(密度1.34t/m<sup>3</sup>),按年产一期系统一年20万吨烧碱计算节省278t; 盐水每吨碱节省0.017m<sup>3</sup>,折合原盐0.00518t(盐水浓度305g/L),按年产一期系统一年20万吨烧碱计算节省1037t。合计节约费用如下:

纯水:  $15200 \times 10.32 = 156864$  元

盐酸:  $120 \times 400 = 48000$  元

烧碱:  $278 \times 32\% \times 2600 = 231296$  元

原盐:  $1037 \times 136 = 141032$  元

最终年节约费用为:  $15.6864 + 4.8 + 23.1296 + 14.1032 = 57.7192$  万元。

#### 5 结语

通过对工艺优化,跳出原有螯合树脂塔24小时再生的固定模式,对主要指标进行追踪来确定树脂塔再生周期,改善影响树脂塔运行的各种条件来尽可能的延长再生周期,一方面可以减少各种物料的消耗,另一方面也可以减少置换树脂塔所排放的废水,为企业创造隐形的价值,为国家节能减排战略做出微小的贡献。

#### [参考文献]

[1]刘国桢,李素改,薛卫东,等.现代氯碱技术手册[M].北京:化学工业出版社,2018.8:1.

[2]刘国桢,李素改,薛卫东,等.现代氯碱技术手册[M].北京:化学工业出版社,2018.8:79.

[3]马浩天.氯碱生产过程多参数优化控制的研究[D].华北理工大学,2019.

#### 作者简介:

苏宝龙(1987--),男,汉族,甘肃榆中人,本科,中级工程师,研究方向为化学工程。