

高塔分离法阴阳树脂输送问题探讨

马艳玲*, 陈现明, 黄琦

(中国船舶重工集团公司第七一八研究所, 河北 邯郸 056027)

摘要: 针对高塔分离法只能对定比例阴阳树脂进行分离、输送的问题, 提出通过改变阴阳树脂的输出顺序, 重新设置视镜和阴树脂出口位置, 使分离塔可以对不同阴阳树脂配比的混合失效树脂进行分离、传输。对树脂输送过程转移流量的控制与匹配进行了分析, 并结合实验给出了最佳选择。

关键词: 高塔分离; 树脂; 输送

中图分类号: TM621.8

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2015)08-0141-03

Discussion on transmission of anion and cation resins for high-tower separation technology

MA Yan-ling*, CHEN Xian-ming, HUANG Qi

(The 718 Research Institute of CSIC, Handan 056027, China)

Abstract: To solve the problem of invariable ratio of anion and cation resin for high-tower separation and transportation, the ways of changing the output order and resetting endoscopy and anion resin export position are proposed. The variable ratio of disable anion and cation resin can be separated and transported. The flow rate control and matching are also analyzed in resin transfer process. The best selection is given based on the experiments.

Key words: high-tower separation; resins; transmission

“高塔分离”再生技术是目前国内采用的先进的树脂分离、再生方法之一^[1], 该系统主要由树脂分离塔(SPT)、阴树脂再生塔(ART)和阳树脂再生兼贮存塔(CRT)3部分组成, 以水力反洗分层为基本条件, 用高塔为树脂提供充分的反洗膨胀分离空间, 利用阴、阳树脂的密度差, 借反洗强度的调节控制将失效的阴、阳树脂分离; 然后再将阴、阳树脂分别用水力输送到ART和CRT进行再生; 再生好的阴树脂从ART用水和压缩空气输送到CRT, 在CRT中进行阴阳树脂的混合, 冲洗合格后备用。

1 高塔分离进行树脂分离、输送的技术特点

树脂分离塔由直的筒体和倒置的锥台形筒体组成, 其上有多个视镜, 其中下部视镜用于观察底部水帽和树脂输送终点, 中部视镜用于观察树脂总量, 上部视镜用于观察树脂反洗时的膨胀。通常分离塔是根据已知的失效树脂量以及阴、阳树脂体积比和混脂层高进行设计, 其树脂输送口是根据分层后阴阳树脂在塔内的高度来确定的, 阳树脂从设备底部抽送, 阴树脂出口位置在分层后混脂层的上界面, 即阳树脂和混脂在塔内所占的高度。因此根据分离塔的设计方法可知, 其每次填装的阴、阳树脂总量及比例是不能改变的。

如图1所示, 填装树脂时, 首先向分离塔内填装

预设比例的混脂层, 然后再向其内输入失效树脂。当初次反洗分层时, 高流速下的阴、阳树脂在直段加速膨胀, 阳树脂颗粒间的距离空间变大, 使夹杂在其中的阴树脂可以比较容易地被反洗出来。由于树脂分离塔上大下小, 反洗膨胀到顶部倒锥台筒体段时, 流速下降, 阴阳树脂在此处得到初步分离, 然后通过调节阀逐级降低反洗流速, 利用阴阳树脂密度差使

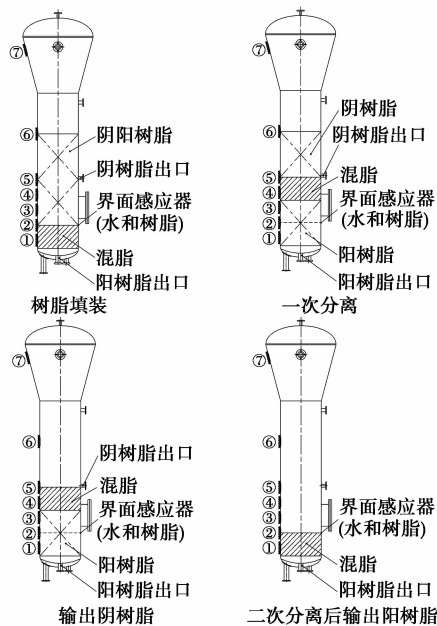


图1 定比例树脂分离、输送

阴阳树脂得到彻底分层。高塔分离的最大特点就是由于塔体的特殊设计,使其分离效率很高。

一次分离后,通过设置在 SPT 中部位于混脂层上界面处的阴树脂出口,将阴树脂从设备侧面水力抽送到阴再生塔(ART);之后对 SPT 中的剩余树脂进行二次分离,进一步将阳树脂中混有的阴树脂分离、筛出;最后,进行将阳树脂转移到 CRT 的操作,抽送之前必需放水至树脂表面以上 100 ~ 200 mm,然后送终点采用安装在塔体视镜②(如图 2)的中心位置(距混脂体积表面 100 ~ 200 mm)的物位探头装置来控制,随着阳树脂的输送,混脂表面随水位一起下降,当物位探头测出水位时,也即表明阳树脂输送终点,这样可保证 SPT 内的混脂层量不变,留待下次分离时继续使用。

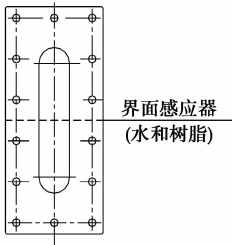


图 2 视镜②

至此,分离塔的阴阳树脂分离及输送过程全部完成,但是从该过程也发现一个问题,即如若每次填充到分离塔内的阴阳树脂比例不确定时,显然用上述的输送方法是不能满足要求的。

2 高塔分离对不同比例阴阳树脂输送问题探讨

如图 3 所示,假设分离塔是按照失效树脂体积 1 m^3 ,其中阴、阳树脂体积比 3:2 进行设计,当输入的失效树脂中阴树脂的体积大于 0.6 m^3 时,一次分离后混脂层位置较阴树脂出口位置偏下,阴树脂出口上方全部都是阴树脂,按照设计,此时只能输出 0.6 m^3 的阴树脂,当二次分离后,混脂层中阴树脂变多,混脂层高变大,若光电探头位置不变,则当检测到水位时,混脂层中的树脂会随阳树脂一起输出,这样有可能输出的阳树脂中掺杂着阴树脂,导致纯度不高。同理另一种情况如图 4 所示,当输入的失效树脂中阳树脂的体积大于 0.4 m^3 时,一次分离后混脂层位置较阴树脂出口位置偏上,此时若输出阴树脂,混脂层中的树脂会随阴树脂一起输出,这样则有可能使输出的阴树脂中掺杂着阳树脂,从而影响阴树脂纯度。

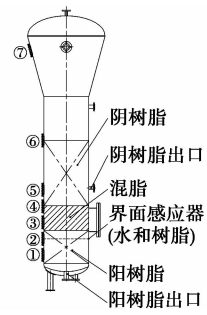


图 3 混脂层位置偏下

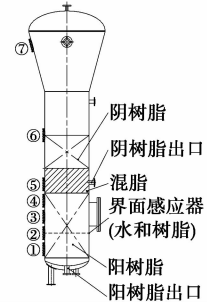


图 4 混脂层位置偏上

因此,针对上述 2 种情况,通过改变树脂的输出方式,重新设置视镜和阴树脂出口位置,使分离塔可以对不同阴阳树脂配比的混合失效树脂进行分离、输送,如图 5 所示。

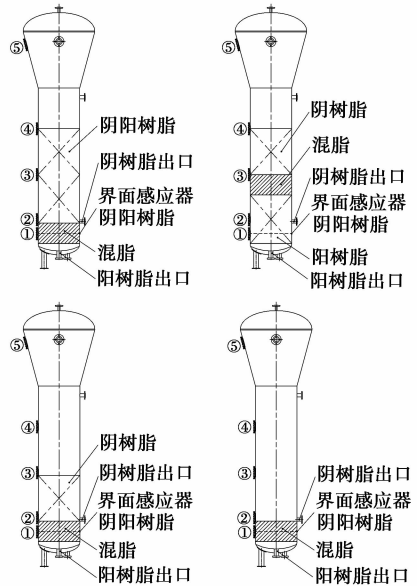


图 5 不定比例树脂分离、输送

首先向分离塔内填装混脂层,使混脂层中阴、阳树脂分界面位于塔体视镜①的中心位置,上界面位于塔体视镜②的直边段下沿位置,同时此处设置为阴树脂的出口管下边沿位置(见图 6)。当失效的混合树脂输送至分离塔后,由分离塔底部进水上部

排水,对分离塔内树脂进行水力反洗分层,分层后的阳、阴树脂界面必然高于塔体视镜①的中心位置,此时首先进行阳树脂输出,待阴、阳树脂界面到达视镜①的中心位置时,停止阳树脂输送,而后再对塔内树脂进行反洗分层,这一次反洗因为绝大多数阳树脂已经送出,所以腾出了更为广阔的分离空间,树脂膨胀率大大提高,所以树脂的分离较彻底,待分层结束后将阴树脂由阴树脂输出口输送至阴再生塔内,直至阴树脂出口管下边沿往上无树脂为止。

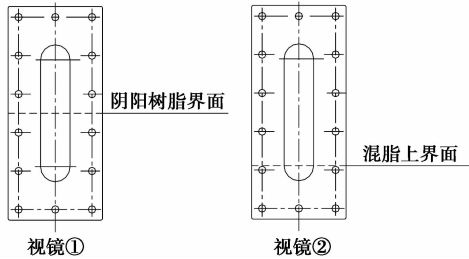


图6 视镜

由上述可知,阴、阳树脂输送终点均采用塔体上视镜观察判断,分离塔的①、②视镜用于观察阳树脂输送终点时阴、阳树脂界面的位置和阴树脂输送终点时树脂顶面的位置,中部视镜用于输送过程的观察和为输送终点到来的时间进行辅助判断,上部视镜用于观察失效树脂输送过来的终点和反洗膨胀情况,当然也可以在视镜①的中心位置安装光电计,可以根据阴、阳树脂颜色的深浅检测到阴阳树脂界面时,向计算机控制系统发出信号,此时阳树脂输送结束,这样操作也更准确而方便。

3 树脂输送过程转移流量的控制与匹配

在实际操作中发现,只要掌握适当的反洗时间,控制好反洗流速,阴、阳树脂就能达到良好的分离效果,但是在阴、阳树脂传输过程中,上部阴树脂通过阴树脂出口管道转移到 ART,由于混脂层的存在,可使阴树脂体积分数达到近乎 100% 的效果,而阳树脂的传输却对转移流量的控制要求很高,一旦转移流量的大小与反洗进水托脂流量的配比控制不恰当,则在传输过程中极易发生阴阳树脂的交叉污染^[2]。如当采用较大的顶部进水流量时,大水流作用于整个树脂层的力量较大,局部树脂(尤其是 SPT 底部出口处)输送速度过快,导致整个树脂层上部的树脂会发生相对下移,这样上部的阴树脂有可能进入阳树脂层中,阴树脂层很快形成“漏斗”;而当顶部进水流量较小,底部进水流量相对加大,树脂内部则可能再次紊动,平衡遭到破坏,在阴、阳树脂

层界面出现犬牙交错的现象,这样也会使部分阴树脂随阳树脂进入 CRT 中。因此只有在合适的 SPT 顶部、底部进水流量下,各层的树脂才能保持相对静止,树脂呈理想的“活塞”状整体下降^[3]。

为此,对直径 750 mm、处理能力 0.6 m³ 的分离塔设备进行了试验,首先向分离塔填装混脂层,总高 400 mm,阴、阳树脂体积比 1:3,然后再向其内填装体积比为 2:1 的阴阳树脂。经一次沉降分离后,开始向 CRT 输送阳树脂,采取顶部和底部同时进水的方式,先将 SPT 下部进水流量控制在 1 m³/h,改变上部进水流量,通过视镜测量 CRT 中阴树脂高度,计算 CRT 中阳树脂含量,从而确定最佳 SPT 上部进水流量;同理,再保持 SPT 上部进水流量为 7 m³/h,改变下部进水流量,最终确定最佳 SPT 下部进水流量。

如表 1、表 2 所示,通过反复试验观察发现,当 SPT 上部进水量控制在 6~7 m³/h,下部进水流量控制在 0.8~1.0 m³/h 时,输送效果最佳。

表 1 SPT 下部进水流量为 1 m³/h 时 CRT 中阳树脂体积分数

SPT 上部进水流量/ (m ³ ·h ⁻¹)	阴树脂在 CRT 中 厚度/mm	CRT 中阳树脂 体积分数/%
5	20	CRT 97.6
6	12	98.6
7	8	99.1
8	15	98.2
9	40	95.2

表 2 SPT 上部进水流量为 7 m³/h 时 CRT 中阳树脂体积分数

SPT 下部进水流量/ (m ³ ·h ⁻¹)	阴树脂在 CRT 中 厚度/mm	CRT 中阳树脂 体积分数/%
0.6	10	98.8
0.8	6	99.3
1.0	8	99.1
1.2	15	98.2
1.4	22	97.4

4 结语

在高塔分离法树脂分离、再生系统中,树脂作为被转移的对象在各设备间进行来回输送,如果输送得不彻底,将会造成阴阳树脂比例的失调以及出水水质变差等一系列不良后果^[4]。因此提高树脂的输送率以保证树脂的彻底输送是非常关键的,这不仅

(下转第 145 页)

(1) 离散系数都在5%以下, 低于允许测试误差范围, 可见此次在不同温度下碳纤维的拉伸强度试验的数据结果比较稳定, 可靠性较高^[3]。

(2) 在低温条件下, 碳纤维破坏形式主要呈现出单个断口的脆性断裂^[4]。随着温度的提高, 当温度接近该组环氧树脂的玻璃态转变温度时, 环氧树脂就开始出现软化现象, 总体表现为颜色改变、表面起泡。

2 碳纤维修复工艺参数确定

2.1 确定修复厚度 t_{repair}

存在缺陷的管道在具体的工况下可能存在屈服、未屈服以及裂纹3种情况, 本文中分别介绍了ASME PCC-2-2011中关于管道在这3种情况下设计修复厚度的计算方法^[5]。

(1) 针对修复对象(管体)未发生屈服情况, 取下列两式中 t_{min} 值较大者:

$$t_{\text{min}} = (D/2S)(E_s/E_c)(P - P_s) \quad (1)$$

$$t_{\text{min}} = (D/2S)(E_s/E_c)(2F/\pi D^2 - P_s) \quad (2)$$

(2) 针对修复对象(管体)发生屈服的情况, 考虑修复层的许用应变得出需要的修复层厚度, t_{repair} 可以由以下公式得到:

$$\varepsilon_c = PD/2E_c t_{\text{repair}} - s t_s/E_c t_{\text{repair}} - P_{\text{live}} D/[2(E_c t_{\text{repair}} + E_s t_s)] \quad (3)$$

(3) 针对修复对象(管体)发生泄漏的情况

对于圆形或者接近圆形的缺陷, 最小修复厚度 t_{min} 用公式(4)代入计算得出。

$$P = f_{\text{vf}} \sqrt{\gamma/[(1-v^2)/E](3d^4/512t_{\text{min}}^3 + d/\pi) + (3d^2/64Gt_{\text{min}})} \quad (4)$$

对于非圆形缺陷且纵横比小于5的缺陷, 公式(4)同样适用, 其中 d 选取缺陷的最大长度。

对于狭槽和矩形缺陷, 当满足 $w \leq 1.65 \sqrt{Dt_{\text{min}}}$ 条件, 最小复合材料修复厚度可以由下式求得:

(上接第143页)

与水力输送技巧有关, 还与树脂是否夹有空气、管道阻力、设备内部结构等有很大关系, 因此在实际应用过程中, 还应注意以下几点。

(1) 对树脂管道材料的选择, 以及管道的布置, 长半径弯头的使用。

(2) 底部出水装置应尽量选用下部为穹型孔板加水帽的方式。

(3) 在采用上下同时进水的水力输脂的同时, 如发现输送不彻底, 可使用压缩空气用于残存树

$$P = f_{\text{vf}} \sqrt{\gamma/[(1-v^2)/E](W^4/24t_{\text{min}}^3 + \pi W/4) + (3/16Gt_{\text{min}})[(4/5 + v/2)/(1+v)]W^2} \quad (5)$$

2.2 轴向修复长度 L 的计算

绝大多数情况下, 轴向包覆长度一般都会超过缺陷, 超出缺陷的长度, 由下式给出:

$$L_{\text{over}} = 2.5 \sqrt{Dt/2} \quad (6)$$

当管体存在泄漏情况, 则:

$$L_{\text{over}} = \max(2.5 \sqrt{Dt/2}, E_s \varepsilon_s t_{\text{repair}}/\tau) \quad (7)$$

修复材料轴向的总长度:

$$L = 2L_{\text{over}} + L_{\text{defect}} + 2L_{\text{taper}} \quad (8)$$

式中, L_{taper} 是轴向末端进行锥形修正的锥形长度, 最小的锥度为5:1。

3 爆破实验

3.1 管道缺陷尺寸制定

为了便于进行爆破试验, 本次试验没有在管道系统中进行, 而是在管道上设计并加工了人工缺陷, 并通过焊接将管道两端封闭起来做成密闭容器, 以便进行爆破试验。试验容器结构的设计如图2~图4所示。

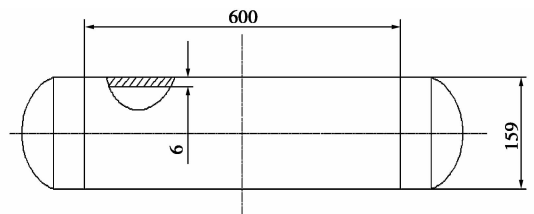


图2 实验容器结构尺寸设计图

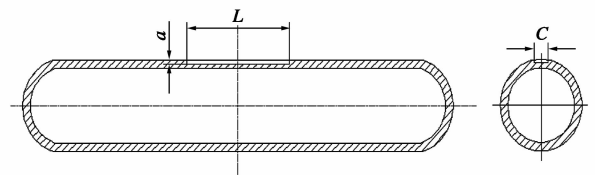


图3 人工缺陷尺寸图

脂的输送, 但应注意及时冲洗输脂管路。

参考文献

- [1] 裴峰, 史晓燕. 凝结水精处理高塔分离再生工艺探讨[J]. 华北电力技术, 2010, (4): 13-16.
- [2] 阎志国, 于尊君. 高塔分离技术用于凝结水精处理中的流量控制[J]. 电力建设, 2005, 26(6): 20-24.
- [3] 汤兴. 高塔分离法在凝结水精处理中的应用[J]. 电站辅机, 2010, 31(3): 33-36.
- [4] 李长海, 张雅潇. 高速精处理混床在实际运行中的优化分析[J]. 电站辅机, 2010, 31(1): 38-42. ■