

直立螺旋离心机分离效果分析及提高

蒋国光

(济南正昊化纤新材料有限公司 济南 250100)

摘 要: 介绍直立悬挂螺旋沉降离心机工作原理,分析影响分离效果的因素。改造离心机螺旋输料器,延长沉渣在脱水区停留时间,以及在脱水区加纯净水对沉渣再冲洗,以提高离心机的分离效果。

关键词: PTA 离心机 分离 悬浮液 再冲洗

直立悬挂螺旋沉降离心机是国内PTA(精对二甲酸)行业中必备设备之一,该设备因结构复杂、精度高、使用环境苛刻等原因,现全部采用进口产品(每台价格人民币500万元)。本厂PTA精制单元第一级离心机采用P-6100型处理干料能力为16 t/h,此离心机对精制单元物料分离、驱除杂质(杂质溶于水,随液相排走)起关键作用。改造前我厂PTA产品杂质含量经常超标,所以对此离心机的分离效果进行分析并通过改造提高其分离效果。

1 P-6100 离心机主要性能参数及原理简介

1.1 主要性能参数

转鼓直径	635mm
转鼓长度	1732mm
转鼓锥角	$2 \times 10^\circ$
转鼓转速	2100r/min
差转速	47.5r/min
分离因数	1558($r \omega^2/g$)
螺旋头数	2
螺距	108(导程216mm)
主电机功率	150KW
操作压力	0.4MPa
操作温度	150

1.2 工作原理简介

如图一所示,该离心机主要由电机转速输入

作者单位:济南正昊化纤新材料有限公司PTA项目建设指挥部

正常工作。

2. 减压阀在安装使用时,若没有安装汽水分离器,则应先把旁通路上的截止阀打开,排除管路中的冷凝水和汽水混合物,以防减压阀开启时产生水击现象损坏减压阀。当无异常现象后,按顺时针方向缓慢旋转调节螺钉,将出口压力调至所需要的压力(以阀后表压为准),调整好后,将锁紧螺母背紧,拧上防护罩。

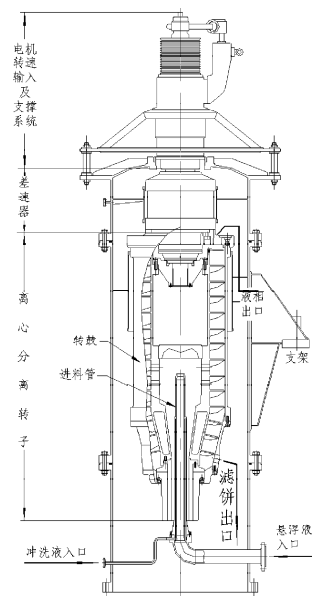
3. 如果出口压力高于所需压力,需重新设定。方法如下:

应先将关闭上游截止阀。再把出口压力泄掉。然后将导阀调节螺钉逆时针旋松,使调节弹簧处

于自由状态,慢慢开启前截止阀至全开,顺时针慢慢向下拧紧导阀调节螺钉,出口压力将逐步升高,直到设定值时,将调节螺钉锁紧。如果调压过头,需从第一部重新调压,并且只能从低压往高压调。

总之,为改善蒸汽硫化体系的供汽质量,稳定生产工艺和橡胶制品的质量,采用并优化其减压系统是必要的。当然,无论蒸汽减压系统的设置多么合理,所选减压阀等元件多么可靠,都应对其做好正确的安装维护、定期检查保养,以保持最佳的工作状态,否则会因不恰当使用,产生故障,而导致设备效率和使用寿命降低,进而影响硫化制品的硫化质量。

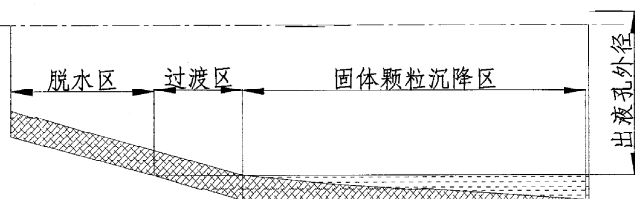
及支撑系统、差速器、离心分离转子等几部分组成。转鼓转速为2100r/min,差速器为二级行星齿



图一

轮结构,输出转速为2052.5r/min,并带动螺旋送料器旋转,由于螺旋送料器与转鼓有相对转动,就产生了螺旋送料器相对于转鼓连续下旋的推料效果。

悬浮液通过下部壳体进入离心机,注入螺旋送料器组装体内,并从进料管的出料孔喷到螺旋送料器内的喂料锥上,物料沿喂料锥向外被送到高速旋转的送料器内壁上并产生聚集,由于离心力的作用,物料通过送料器的孔被甩到转鼓壁上,并均匀地分布于整个转鼓内壁的表面上,随着物料的不断加入,转鼓内壁的料层的厚度逐步增加,直到转鼓顶端的出液孔排出离心机。悬浮液从送料器出料孔被送到转鼓内壁上并排出离心机的过程就是悬浮液中固相在液相沉降的过程,在这个过程中,悬浮液中固相的密度大于液相的密度,因而固相所受的离心力大于液相所受的离心力,因此固相在物料排出离心机的过程中逐步沉降到料层的外层,物料层中的液相在内层并随着层厚的不断加大而排出离心机;物料层中的固体颗粒在螺旋送料器下旋的作用下被推向转鼓的下端,经过转鼓锥体的挤压脱水后由转鼓上的固体排出口排出。



图二

2 P-6100 离心机分离效果分析

如图二所示,固体沉渣自离心机转鼓顶部到底部被排出离心机共经历三个阶段:沉降区、过渡区、脱水区,固体沉渣在螺旋的作用下从沉降区进入过渡区时,受到锥形转鼓的阻滞而受压,沉渣中的液体由于受沉渣的挤压而流向沉渣表面,随后在沉渣表面沿螺旋通道回到沉降区。因此沉渣在过渡区及脱水区停留的时间长短直接关系到固体沉渣含湿量的多少。另外在过渡区及脱水区对沉渣加入纯净水进行再冲洗,将沉渣进行清洗并置换出原悬浮液中的液体,也是提高分离效果的有效途径。

沉渣在脱水区停留时间对沉渣最终含湿量有直接的影响,沉渣在脱水区停留时间计算式为:

$$t = 30 \times (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \delta_1) / \sin \alpha / (\pi \Delta n) \times \ln(r_1 / r_2) \quad \text{此式为一积分结果}$$

式中:

β 螺旋锥段平均螺旋升角 7.1° 螺旋锥段平均直径 $D=551.5\text{mm}$

α 螺旋锥角 (10°)

Δn 差转速 (47.5r/min)

r_1 自由液面半径、出液口外径 (270mm)
 $r_{1\text{Max}}=290\text{mm}$

r_2 排渣口半径 (230mm)

δ_1 沉渣实际移动方向与螺旋轴线垂面的夹角,

$$\delta_1 = \cos^{-1} [\operatorname{tg} \alpha \times \sin(\lambda_2 + \beta) / \operatorname{tg} \lambda_1] - (\lambda_2 + \beta)$$

其中

$$f_1 = \operatorname{tg} \lambda_1$$

$$f_2 = \operatorname{tg} \lambda_2$$

式中的 f_1 、 λ_1 、 f_2 、 λ_2 分别为沉渣与转鼓内壁的摩擦系数和摩擦角、沉渣与螺旋叶面的摩擦

系数和摩擦角。一般取 $f_1 = f_2 = 0.3$, 则 $\lambda = \lambda_2 = 16.7^\circ$ 。

经计算 $t = 1.63$ (秒)

在脱水区以一定的速度均匀加入纯净水, 使冲洗水与沉渣形成湍流混合, 并在脱水区进一步沉降、将水挤压到沉渣表面, 并依靠离心力的作用回到沉降区排出离心机。理论上, 在沉降区加入 13% 残留溶液的 150% 的纯净水将残留溶液全部稀释, 沉渣以含湿量 13% (与离心机的设计转速、转鼓直径、沉渣与水的亲和程度有关) 的干燥程度排出, 那么最终沉渣排出离心机时原溶液减少了 60%, 相当于将沉渣含湿量下降到 $13\% \times 40\% = 5.2\%$, 对减少产品中的杂质含量起到了积极的作用。

该离心机原设计的分离能力为 16t/h (干料), 悬浮液浓度为 38% 左右, 则该离心机的分离能力 42 t/h, 沉渣含湿量为 13%。此设计是保证沉渣在沉降区能够完全沉降、母液澄清且螺旋叶片间堆积系数 < 0.8 、不堵塞。现 P-6100 型离心机分离能力为 12.5t/h (干料), 悬浮液流量为 33 t/h, 即使加上沉渣含湿量的 150%, 即 $1.5 \times 12.5 \div (1 - 13\%) \times 0.13 = 2.8$ t/h 冲洗水, 那么总的处理能力为: $33 + 2.8 = 35.8$ t/h < 42 t/h, 所以对此离心机来讲分离能力能够满足要求。且原设计中在进料管上带有夹层通入冲洗液, 可以利用, 无需另设管线。

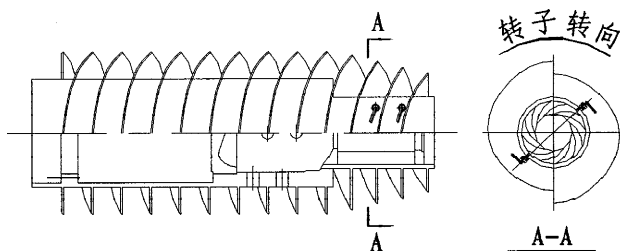
3 提高 P-6100 离心机分离效果的改造

此类离心机脱水区对分离效果起决定性作用, 所以沉渣在脱水区的滞留时间起关键性因素, 从分析沉渣在脱水区的滞留时间计算式可知

$$t = 30 \times (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \delta_1) / \sin \alpha / (\pi \Delta n) \times \ln(r_1 / r_2)$$

因为转鼓锥角 α 、差转速 Δn 、排渣口半径 r_2 不能改动或改动费用太高不易实施, 所以减小螺旋角 β 、增大出液口外径 r_1 不失为增加滞留时间的一个良好途径。

在脱水区对沉渣加入纯净水进行再冲洗也是一个提高分离效果的有效途径, 但必须对螺旋送料器进行改造: (1) 在螺旋送料器内部加入叶片, 将进料管夹层喷出的纯净水进行增压并通过专用的喷头喷出, 以一定的速度喷进沉渣内部与沉渣



图三

形成湍流混合。(2) 减小螺旋送料器下部锥体部分 (脱水区) 的螺旋螺距以减小螺旋角 β 。基于这两点提出了对螺旋送料器的设计要求, 经计算设计, 我们将螺旋送料器如下图进行改造 (如图三)。

1. 对转子的脱水区进行改造, 增加冲洗水、内部增压叶片及专用喷头, 把螺旋叶片螺距改为 96mm, 导程改为 192mm, 则平均螺旋角 $\beta = 6.3^\circ$ 。

2. 保留整个转子的沉降区, 将过渡区及脱水区切除重新制作, 保证轴线与原轴线一致、各安装尺寸及定位基准不变; 转子材质为: SUS304L (日本 JIS 标准), 相当于中国 GB 标准的 00Cr17Ni14, 超低碳奥氏体不锈钢, 转子结构件制作采用离心浇铸、锻造、固溶处理, 采用同等或高一等级材质焊丝及焊条进行小电流慢速圆周对称的施焊工艺, 以防止焊接变形、裂纹以及奥氏体不锈钢焊接高温脱碳的产生, 叶片与结构件之间、增压叶片与结构件之间全部氩气保护焊, 结构件与结构件之间氩气保护焊打底、手弧焊接。

3. 制作完毕螺旋叶片工作面进行抛光处理; 为满足离心机高速运转要求, 以转子上下定位基准为支撑进行动平衡试验及调试, 直到达到比原设计 G6.3 高一个等级的动平衡精度, 即 G2.5, 在转子上下各 150mm 处的螺旋叶片的背面上进行平衡质量的增减。

4. 转子内部增加 12 片纵向长 330mm (中心对应到过渡区下端) 径向强后弯的水轮式叶片, 每一个叶片设一个带喷嘴的出口, 喷嘴的结构及安装位置方向要保证冲洗水由喷嘴喷出的速度 $u \geq 6.5$ m/s, 以合适的角度冲进沉渣压缩区, 将 12 只喷嘴按圆周方向均匀分布到一个螺距上; 喷嘴的冲洗位置应放置于过渡区的下端, 如冲洗位置往上则冲洗水喷进悬浮液的液相中稀释母液, 无法保证对沉

渣的冲洗；如冲洗位置接近于底部，则冲洗水与沉渣形成湍流混合以后无法形成二次沉降即被排出离心机。

5. 为了适应新转子的增压冲洗的要求，进料管夹层液体出口的方位及孔径必须进行改造：将原有的 16 - ϕ 2mm 的小孔堵上，在对应转子叶片的位置重新开孔，因为冲洗水是垂直于叶片的方向进入转子，为保证转子叶片的工作面对进入转子的冲洗水进行有效做功，必须控制冲洗水喷出进料管夹层的速度，即：

$$u \leq (r_3 - r_4) \times \xi / [60/12 \times (n - \Delta n)]$$

式中 r_3 叶片的外径

r_4 叶片的内径

ξ 叶片的重合度 即两叶片实际占有圆周空间与理论占有圆周空间之比。

n 离心机转鼓转速

Δn 差转速

确定出冲洗水喷出进料管夹层的速度后，根据冲洗水的流量、前后压差以及伯努利方程确定进料管出水口的孔径。

6. 离心机出液孔上端有一园环压盖（挡液环）将离心机出液孔一部分盖住，园环压盖的内径即为 r_1 ：自由液面半径、出液口外径，可以通过车削的方法增大 r_1 的尺寸，最大为： $r_{1\text{Max}}=290 \text{ mm}$ 。

通过对螺旋送料转子、挡液环、进料管的改造，离心机的许多参数发生变化：平均螺旋角 β 由 7.16° 变为 6.3° ，脱水区及过渡区螺旋导程 216mm 变为 192mm，自由液面半径、出液口外径 r_1 270mm 变为 290mm，则沉渣在脱水区的停留时间由 1.63S 增大为 2.68S，对分离效果的提高起到了积极的作用。底部增加的 12 只冲洗喷头经过多次试验调整，最终找到比较合适的角度和方向，并通入 2.5 - 3t/h 的冲洗水对脱水区的沉渣进行冲洗效果较好。

此螺旋送料转子经改造投入运行后，各项运行参数均在要求范围之内：离心机振动 $70 \sim 90 \mu\text{m}$ ，电流 12 ~ 14A；运行改造后的离心机，产品中的杂质含量较改造前减少 30% 左右，为提高产品的优等品率打下坚实的基础，说明改造是成功的。

参考文献：

1. 邱宣怀. 机械设计. 高等教育出版社. 1989
 2. 山东大学. 画法几何与机械制图. 山东科学教育出版社. 1989
 3. 曹文平. 离心设备设计
- 曾经发表刊物：《设备管理与维修》（中国机械工程学会主办），2004 年第 11 期，28 页。