碟式分酸器在吸收热回收塔中的应用

（兴化宏伟科技有限公司，江苏 225715） 丁 华

[摘 要] 热回收塔第一级填料分酸均匀性对塔吸收性能、蒸汽产量、气液温差的影响极大，SO_3吸收率关键在第一级，酸雾量控制主要在第二级。介绍了碟式分酸器及其应用，第一级填料采用16根落酸管正方形排列的分酸碟、第二级填料使用30根和18根落酸管三角形排列的分酸碟。

[关键词] 碟式 分酸器 硫酸 SO_3吸收 低温位 热回收

低温位吸收热回收技术是用热回收塔替代传统的吸收塔、用蒸汽发生器代替吸收塔的酸冷器。热回收塔循环酸温度取决于蒸汽发生器的蒸汽压力，压力越高酸温越高。酸温升高带来两大问题：酸的腐蚀性增加、SO_3吸收率降低。提高酸浓可以减小硫酸腐蚀性，而酸浓升高又使SO_3吸收率急剧降低。因此，低温位热回收需要两级吸收——第一级回收热量、第二级保吸收率。该两级吸收可以是一个塔内的上下两级，也可以分成两个独立的吸收塔。

对于在同一塔内上下两级吸收的填料层，第一级在下层、第二级在上层。含SO_3的气体从塔底进入、由塔顶排出，在两填料层中间的气体中含有气态硫酸、水汽和SO_3，SO_3在第一级填料层的总吸收率在95%左右，余下的5%中多为气态硫酸。在硫酸、水和三氧化硫三者中，硫酸蒸汽最容易被吸收，因为该吸收接近物理吸收。而第二级填料层主要是气态硫酸的吸收，所以第二级填料层的吸收负荷并不重。

热回收塔酸分布的特点是：两级填料层的喷淋密度都处于极端——第一级过高、第二级极低，这都考验着分酸器的性能。碟式分酸器具有优异的分酸均匀性和超宽的流量调节性，将有助于提升低温位热回收塔的热回收率和SO_3吸收率。

1 碟式分酸器原理[1,2]

碟式分酸器由进酸总管、进酸支管、分酸管、限流孔板、分酸碟和落酸管组成，采用多个均匀分布的分酸碟，碟内通常插着16或30根落酸管，落酸管从碟底延伸到落酸点，酸通过落酸管到达填料。每个碟对应着一根分酸管，分酸管连接在进酸支管或进酸总管上，酸从位于碟中心的分酸管流出后径向流向各落酸管。

碟式分酸器为两级流量控制。第一级是安装在分酸管中间的限流孔板，用以控制进入碟中的酸量。第二级则是落酸管上的溢流槽及或溢流孔。酸在碟中呈现径向流和环向流。从分酸管出口向落酸管间为径向流动，其流速沿流动方向迅速减小。环流发生在布管圆周外的碟内壁之间，环向流动平衡掉了酸径向流动的波动性和落酸管间流量的差异性，使得需要的平衡液位降低，且使分酸器的流量调节范围显著增加。

碟式分酸器分酸点多而均匀，极易使布酸点密度超过 50 点/m^2，且分酸量非常均匀，落酸管流量偏差小于 2%；碟式分酸器的流量调节性可按需设计，让其在 30%至 120%的范围内都达到满意的流量偏差率；碟式分酸器还具有抗堵塞、材料选择性广、造价低、安装维修方便等优点。

2 第一级分酸器

低温位热回收塔第一级上塔酸浓在 99.0%左右，上塔酸温取决于蒸汽发生器的蒸汽压力和换热面积。由于随着酸浓增加SO_3平衡分压迅速升高，因此下塔酸浓是决定循环酸量的关键，也是热回收塔第一级喷淋密度远高于常规一吸塔喷淋密度的原因，除非进塔气体中已带有水汽。

喷淋密度越大、喷淋密度的差异对气体分布的影响也越大，局部液泛时达到极限。喷淋密度大的区域通过的气速低、喷淋密度小的区域对应的气速高。而喷淋密度小的区域的气体接触到的酸不仅浓度高而且温度高，吸收推动力急剧下降，会使该区域的气体中的SO_3不能充分被吸收。表 1 为某中间进酸的槽式分酸器的液位波动情况对塔的影响，由于轴向流动动能的作用，使酸表面形成余弦波——中间进酸点和槽两端液位高。对于平均液位 363mm的分酸槽，波峰液位 368mm、波谷液位 358mm，峰谷液位相差 10mm，仅相差 2.8%，但是溢流口底部距槽底是 300mm，所以端点溢流液位是 68mm、中间溢流液位是 58mm，这同样相差的 10mm则使溢流液位相差 17.2%，而相应的喷淋密度更是相差了 27.3%。若进口气体分布均匀，则气体通过填料层的压降是处处相等的，就使得气体流速在峰谷间产生了 12.6%的差异，而峰谷间的液气比则相差 45.8%，尽管出填料层的酸温、酸浓相差不是很大，但由于热回收塔第一级的酸温酸浓对SO_3平衡分压影响非常大，使得填料层底的SO_3总平衡分压相差近一倍、传质推动力差异近一倍，结果是：喷淋密度小的波谷处的SO_3吸收率不够。尽管填料对酸有再分布作用，但作用范围是有限的，而且槽式分酸器峰谷间的液位差往往远大于 10mm。

表 1 槽式分酸器的液位波动对填料层传质的影响

项　目	单位	平均	波峰	波谷	峰谷差异	
					数值	%
酸液位	mm	363	368	358	10	2.8
溢流高度	mm	63	68	58	10	17.2
喷淋密度	$(m^3/h)/m^2$	36.0	40.4	31.8	8.7	27.3
填料层底酸浓	%	99.59	99.48	99.73	-0.25	-0.2
填料层底酸温	℃	218	215	222	-7	-3.0
SO_3总平衡分压	kPa	6.18	4.66	9.04	-4.38	-48.4
传质推动力	kPa	7.83	9.34	4.96	4.38	88.2
空塔气速	m/s	1.55	1.44	1.65	-0.21	-12.6
液气比	L/m^3	6.47	7.79	5.34	2.45	45.8

碟式分酸器的酸在碟中呈径向流和环向流，没有峰谷差别，喷淋密度差异可以控制在 2%以内。如某硫磺制酸装置的低温位热回收塔，塔内径为 4.6 米，第一级填料为 76mm的阶梯环，填料高度 2.5 米，上塔酸量 730m^3/h，喷淋密度为 44(m^3/h)/m2。多碟式分酸器的落酸点分布方式为

边长 156㎜的正方形排列，采用一根进酸总管和 8 根进酸支管，共有 52 个分酸碟，其中 32 个碟为落酸点分布相同的标准碟、碟中有 16 根落酸管，另外 20 碟中各有 15 根落酸管。总共是 812 根落酸管，每平方米的落酸管数目为 49 个。分酸碟内径 315㎜，落酸管外径 34㎜，落酸管布置在碟内的同一个同心圆上。每个落酸管上部侧面均开有溢流槽、下部侧面开溢流孔，落酸管埋在填料层表面，主填料表面没有捕沫填料层。该碟式分酸器的全部部件均由耐酸合金钢材料制造。实际运行时，每个分酸碟的持酸量在 20kg左右。

3 第二级分酸器

低温位热回收塔第二级要求的是吸收率，要使出塔气体中的SO_3减少，气态SO_3的吸收率和出塔酸雾含量两者必须兼顾。出第一级填料的气体中含气态硫酸、水和SO_3，其水硫比在 1.06 左右，露点温度已接近气体的实际温度，这就要求第二级酸的喷淋密度尽可能地低，以提高第二级填料出口酸温、减小填料出口处的气液温差、降低酸雾量并增大酸雾粒径。由于出第一级填料的气体中的硫酸和水，第二级填料出口酸浓几乎没有上升，而该酸浓的保持对塔的腐蚀性至关重要，因此不能通过降低酸浓来提高SO_3吸收率或兼顾串酸功能。

第二级上塔酸量的重要性，在于它直接影响热回收系统的蒸汽产率，因为该酸离开热回收系统的温度要高于进塔酸温，酸温差对应的是第二级上塔酸带出的热，第二级吸收从气体中得到的热量与该热量之差是第二级吸收的能量效益，不少情况下为负值（即得不偿失），因此第二级的喷淋密度必须很低，通常在 3 $(m^3/h)/m^2$以下。

第二级出塔气温与第二级进塔酸温的温差，既反映着第二级填料的吸收性能，更反映第二级分酸器的分酸均匀性。目前多数装置的气液温差超过了 10℃、个别装置甚至超过 20℃，而每 10℃的温差使得低温位热回收的蒸汽产率降低了 3%。要达到要求的吸收率，气液温差越大就迫使第二级进塔酸温越低。而进塔酸温越低，酸雾量就越多、酸粒就越小。

喷淋密度越低，填料的再分酸功能越差。当装置低负荷生产时，第二级上塔酸量应该同步减少，否则蒸汽产率急剧下降。在 50%负荷下，如果第二级喷淋密度仍保持不变，蒸汽产率将下降 37%。在这超低的喷淋密度下，现有分酸均匀性往往不佳，更难随装置负荷的降低而减少了。碟式分酸器可以改观这一现状，希望出塔气温与进塔酸温的温差在 3℃之内。

上述热回收塔的第二级填料主填料高度 2.3 米，主填料层上面还有 0.2 米高的除沫层填料。采用浓度为 98.5%的硫酸来吸收气体中残留的SO_3、水和硫酸蒸汽，上塔酸量 $43m^3/h$，喷淋密度为 2.6 $(m^3/h)/m^2$。该多碟式分酸器如图 1，落酸点分布为边长 156㎜的等腰三角形排列，采用一根进酸总管和 12 根进酸支管，共有 32 个分酸碟，其中 24 个大碟中各有 30 根落酸管，另外 8 个小碟中各有 18 根落酸管，总共是 864 根落酸管，平均每平方米的落酸点数目高达 52 个。大分酸碟外径 325㎜，落酸管布置在碟内的两个同心圆上；小分酸碟外径 250㎜，落酸管布置在同一同心圆上。落酸管外径 17㎜，每个落酸管上部侧面均有溢流槽，落酸管埋在除沫层填料内、延伸到主填料层表面。分酸碟底与除沫填料层表面留有 50㎜高的空间

以便分酸碟底气体的流动。该碟式分酸器全部由耐酸合金钢材料制造。实际运行时，大分酸碟的持酸量也仅有 14kg左右。

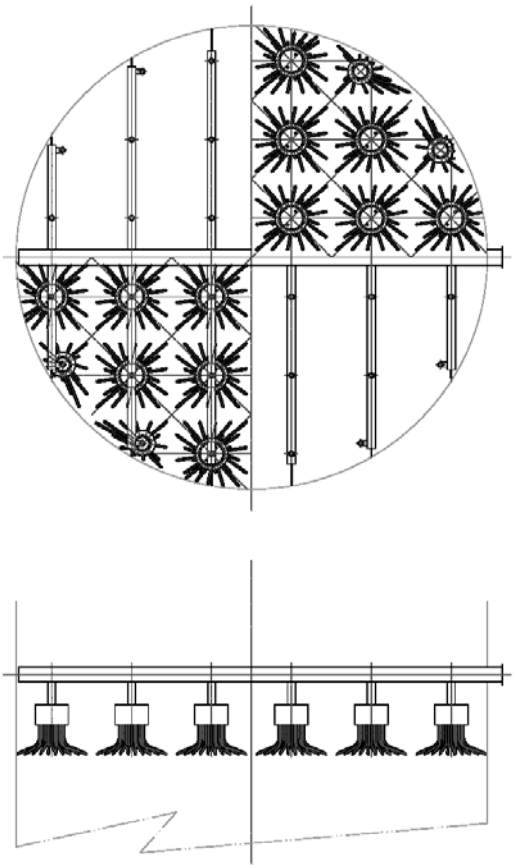

图 1　第二级填料碟式分酸器平立面示意图

4 结语

热回收塔的吸收率，关键在第一级。两级填料的喷淋密度相差十多倍，第一级填料的吸收率对热回收塔的总吸收率至关重要，如果第一级填料部分塔截面吸收效果差，会使出塔气温与第二级进塔酸温的温差急剧加大。而第一级填料的吸收效果、分酸均匀性，都无法从第一级出口气温来判断，只能从出塔气温与第二级进塔酸温的温差来反应。因此，出塔气液温差过大，既可能是第一级吸收不够、也可能是第二级吸收不好，如果加大第二级喷淋密度不能迅速降低气液温差的话，则应该是第一级吸收率不够。

热回收塔的酸雾量，根本在第二级。热回收塔的酸雾量高于常规一吸塔，是因为第一级填料层出口气体中的水分。除雾只是治标，减少雾量、增大雾粒才是治本。提高二级出口酸温、增加分酸均匀性是关键。

当热回收塔的吸收率不够时，同时测定出塔气体中的气态SO_3和酸雾，可以判断问题所在——

第一级填料层、除雾器甚至第二级填料层。

[参考文献]

[1] 丁华，多碟式液体分布器，中国，201420306165.7[P]：2014-06-06

[2] 丁华、丁伟，碟式分酸器，硫酸工业[J]，2015:

著者简介：丁华，男，兴化宏伟科技有限公司总经理，从事硫酸技术研究工作。

电话：18020106866;　邮箱：dinghua87@126.com。

Multi-dish Acid Distributors in Absorption-Heat Recover Tower

Ding Hua

(Xinghua Hongwei Technology Co.,Ltd.)