

浅谈硫磺制酸装置中熔硫工段的设计

上海海陆昆仑高科技工程有限公司 夏小勇

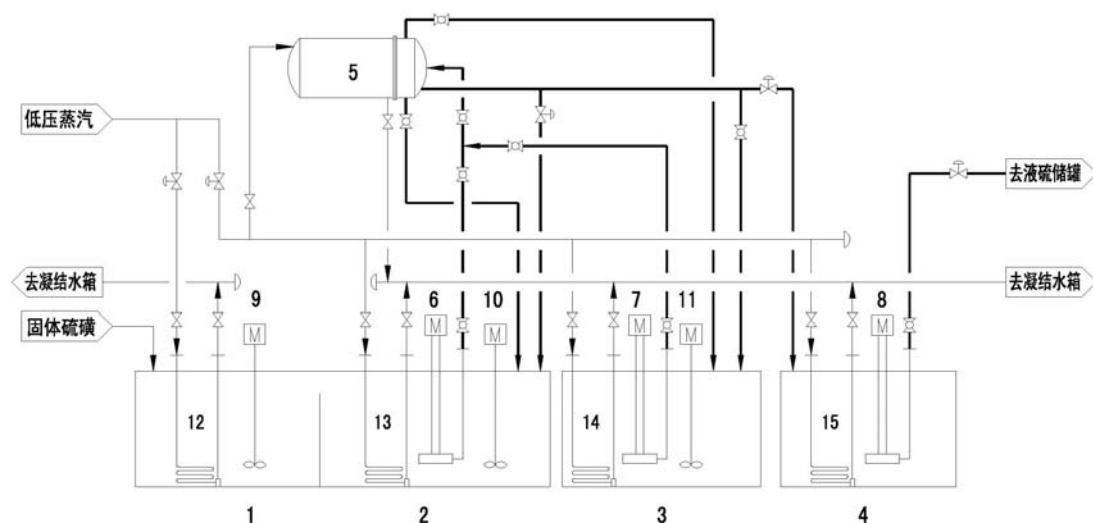
近几年，我国磷复肥工业迅速发展也带动了硫酸工业的迅猛发展，硫酸是化工行业中最基础的工业原料之一。前些年，硫酸的原料构成主要是硫铁矿以及冶炼烟气制酸，但这两种制酸工艺带来的污染远远高于硫磺制酸。现如今随着人们对环保意识的增强，硫磺制酸在硫酸生产中的比重也随之增大是理所当然的。在同样的质量前提下，价格是产品取胜的外在标志。规模经济最大的优势在于它既可以降低单位产品的固定成本，又可以降低单位产品的可变成本。因此，目前国内硫磺制酸装置规模愈来愈趋于大型化，60万吨/年、80万吨/年甚至100万吨/年的装置国内已经各有了几套。由于国内的传统设计已经很难适应如此大型的装置，故这些装置基本都引进了国外的先进的技术，虽然初期投资成本略有增加但从长远的运行和维修成本来看还是有相当的经济效益。而作为硫磺制酸装置的龙头——熔硫工段的设计是相当关键的，因为液硫的质量好坏直接影响到整个装置的稳定运行。现就近几年做过的几个工程设计的体会谈谈熔硫工段的设计。

1. 工艺

熔硫的工艺流程应该说是比较简单的，其工艺流程大致为：皮带输送机将固体硫磺输送至熔硫槽，通过熔硫槽的加热器和搅拌器的作用将固体硫磺迅速融化，当熔硫槽内的液硫达到一定液位后溢流至粗硫槽。粗硫槽上的粗硫泵再将液硫送至液硫过滤器过滤，刚开始液硫不断的经过过滤器后循环返回至粗硫槽，在对循环至粗硫槽的液硫取

样化验合格后停止循环，并打开去液硫储罐的阀门将合格的精硫送至液硫储罐。另外，在过滤作业开始前需对液硫过滤器进行助滤：当助滤槽内的液硫达到一定液位后，人工加入适量的助滤剂（一般为硅藻土），通过搅拌器将液硫和助滤剂充分搅拌均匀后再用助滤泵将溶有助滤剂的液硫输送至液硫过滤器，其将从过滤器顶部的溢流口返回助滤槽，循环一段时间，待附着在滤网上的滤饼形成均匀后停止助滤泵即可进行过滤作业。

在液流过滤器未出现之前，国内的装置一般采用自然沉降法来获取相对比较洁净的液硫，如此净化后液硫无法达到稳定运行的洁净硫磺的标准，从而导致停车事故率高且整个装置的硫酸设备使用寿命短。液硫过滤器的出现可以说是让硫磺制酸工业向前迈出了一步，因为液硫经过机械过滤后对酸的产量也有了较大的提高。因此，在如今的熔硫设计中液硫过滤器已经是必不可少的重要设备了。



熔硫工段简明工艺流程图

1. 熔硫槽； 2. 粗硫槽； 3. 助滤槽； 4. 中间槽； 5. 液硫过滤器； 6. 粗硫泵； 7. 助滤泵；
8. 中间泵； 9. 熔硫搅拌器； 10. 粗硫搅拌器； 11. 助滤搅拌器； 12. 熔硫槽加热器；
13. 粗硫槽加热器； 14. 助滤槽加热器； 15. 中间槽加热器

2. 设备

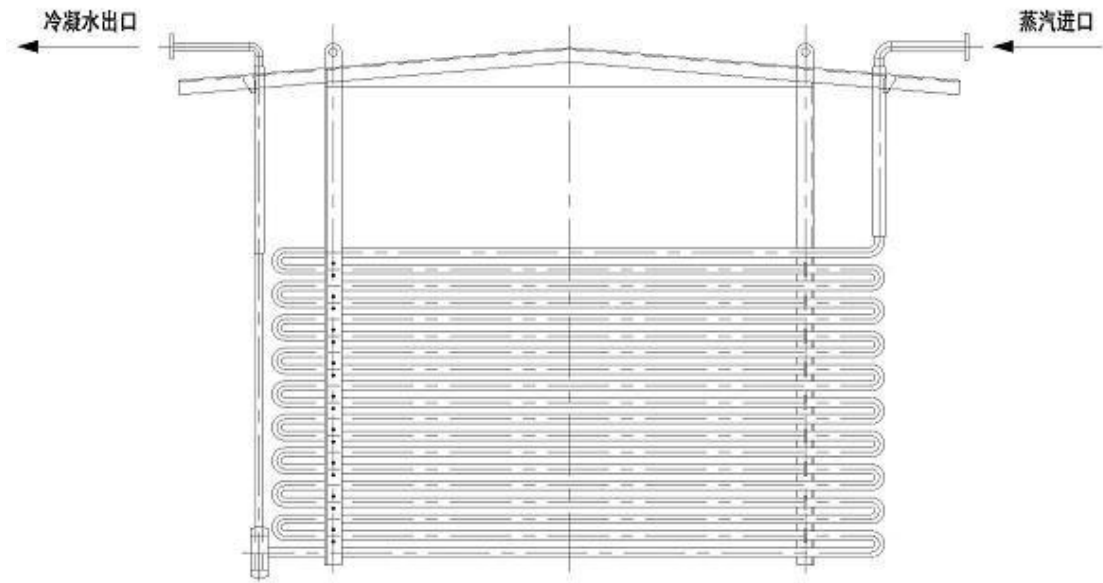
熔硫工段的主要设备有：硫磺槽、加热器、搅拌器、硫磺泵及液硫过滤器等。现简述一下各设备在设计或选型过程中需注意的一些问题：

a. 硫磺槽

硫磺槽包括熔硫槽、粗硫槽、助滤槽、中间槽（有些装置中不需要该槽，视具体情况而定）。其槽体为混凝土结构（由于混凝土比钢更耐硫磺腐蚀，尽管在前期外壁会有硫磺从壁上渗出，但混凝土中存在的间隙会被硫磺填充，这将不会影响设备长期的运行），并在液面波动范围内的槽体内壁贴有耐酸砖；盖板为钢结构。槽内均装有加热盘管以维持硫磺保持液态和可泵送状态；熔硫槽、粗硫槽、助滤槽各配有搅拌器以加强传热效果和防止悬浮物沉淀。粗硫槽、助滤槽、中间槽均配有硫磺泵。需特别注意：由于槽体上方容易积累爆炸性气体，故需在钢盖板上设置排气口和空气进口。

b. 加热器

加热器是用于加热硫磺，使硫磺维持在温度约 135°C 左右的熔化状态。其材质一般为碳钢，如能使用锈钢那将会更理想。其结构为如图示片状组合型，该结构无论是制作还是工艺配管及以后的维修方面均较螺旋管型来得简捷方便。需特别注意：加热器在液面处最容易发生腐蚀现象，为了避免此现象的发生导致使用寿命短，管子本身需采用厚壁管同时在液面波动范围段加保护套管来延长其使用寿命。



片状加热器外形图

c. 搅拌器

硫磺搅拌器是对槽内的硫磺进行搅拌，确保固体硫磺完全熔化，同时可使液硫与加入的石灰或硅藻土能充分的混合均匀。此外，有搅拌器的不断搅动可以适当减小加热器的加热面积。搅拌器一般用立式摆线减速机，主要材质为碳钢。为了延长搅拌轴的使用寿命，需在其液面波动范围处设置一段 316L 材质的不锈钢保护管。若整个搅拌轴和桨叶均采用 316L 不锈钢当然是更好，但其造价相对比较高。

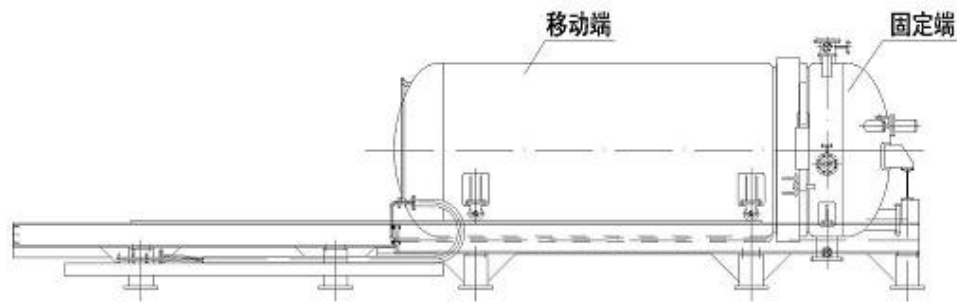
d. 硫磺泵

硫磺泵是将液体硫磺输送到相应设备或容器中的动设备，其结构形式为立式且带夹套蒸汽保温的液下离心泵。由于液体硫磺一般呈酸性，所以与介质接触的部件必须为耐腐蚀的金属（一般选用 1Cr18Ni9Ti）。由于粗硫泵的过流介质为未过滤过的液硫，故相对于过流介质为精硫的磺泵其事故维修率偏高。粗硫泵作为硫工段的连续

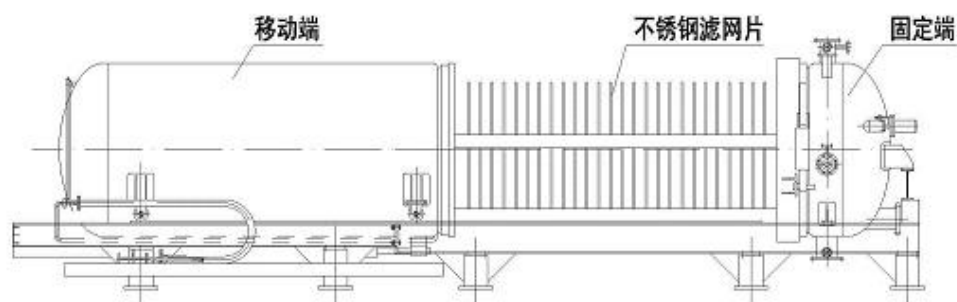
稳定运行的关键设备，其质量和性能均必须要很好才行。实践证明国产磺泵在目前的很多大型装置中使用效果还是不错的，但有些业主认识到焚硫炉进料泵对整个硫酸装置的正常运行的重要性，故宁愿增加投资也要采购国外的质量和使用寿命长均比国内有优势的磺泵。

e. 液硫过滤器

液硫过滤器是清除液硫中的灰份和杂质的设备，也是熔硫工段中的最关键的设备。该设备为带夹套蒸汽保温的卧式容器，其内部为一些 316L 材质不锈钢滤网片（见液硫过滤器外形图 b），过滤片的数量多少取决于过滤能力要求。为了保证熔硫工段的不间断运行，设计时一般需考虑一台备用，从而保证在一台进行清渣作业时备用的一台能立即投入运行。随着我国制造工业的不断发展，国产的液硫过滤器的过滤效果和均能满足大型化装置的需求。而且国产的液硫过滤器在结构上较原先的结构有了合理及人性化的改进：即将与工艺管线相连接的接口均设置在过滤器的固定端（见液硫过滤器外形图 a），避免了清渣时需拆卸接口法兰上的螺栓才能打开过滤器的繁琐工作，这大大降低了清渣时的劳动强度并提高了工作效率。此外，为了降低清渣时的劳动强度还采用了空气振打装置，先通过机械振打去除滤网片上的灰渣，然后再人工清理即可。为了保证过滤器的长期稳定运行，需特别说明：严格控制液硫的 PH 值（呈中性或弱碱性），这对不锈钢滤网片的使用寿命尤为关键。



液硫过滤器外形图a (关闭状态时)



液硫过滤器外形图b (打开状态时)

3. 几点设计体会

a. 硫磺洁净度对硫磺制酸装置的影响

硫磺制酸装置是否能够长期可靠运行，虽然与整个装置的诸多因素有关，但硫磺的洁净度，是直接影响到硫磺制酸是否能够长期可靠运行的关键之一。当液硫经过高温燃烧后产生的烟气进入火管锅炉的烟管内时，由于管外四周为水，这样使得管内外温差较大。如果液硫中灰份过高，则其中的固体杂质碰到温度较低的管壁，很容易结垢在烟管内，随着灰份的堆积越来越厚，烟气的通道将越来越小，阻力将逐渐增大，最终使硫酸产量大幅度下降。由此看来，洁净的硫磺正是确保装置稳定可靠运行的关键因素之一。就目前而言对硫磺净化的途径是机械过滤，若需要得到更加洁净的硫磺还可以增设二级过滤，这在国内某 100 万吨/年硫磺制酸装置中已经使用且效果很明显。

b. 硫磺槽的设计

将混凝土结构的硫磺槽设计成半地下式（即槽位于地下 1.5 米、地上 2 米）对于厂房的高度设计和工艺管道的布置都比全部地上式或地下式都要合理。

c. 安全环保方面

硫磺作为乙类火灾危险品，故在设计时需针对此做一些防范措施。如固体硫磺需在仓库内运送时，仓库必须有良好的通风系统，防止硫磺粉尘遇到明火发生爆炸。此外有关的电气设备需选择防爆型。对于存储在槽内的液硫的消防措施是在槽上设消防蒸汽口。熔硫的污染主要来自于熔硫时产生的大量的硫烟气，如不将其处理好往往会导致整个熔硫区的工作条件会很恶劣。因此，在熔硫槽上设置一有足够直径和高度的带夹套蒸汽保温的烟囱可以解决此问题。

随着硫磺制酸装置的不断增加，导致国际天然硫磺资源紧张，许多大型的硫磺制酸装置熔化的天然硫磺被逐步被二次生成硫磺所代替。因此，在原有的工艺和设备上可能还需做一些适当的革新才能适应，这都是对未来的工程设计带来了新的课题。