

电除雾器在硫磺回收装置的应用

马培培（山东三维化学集团股份有限公司青岛分公司，山东 青岛 266071）

摘要：随着国家对环保的日益重视，硫磺回收装置作为重要的环保装置其技术面临革新，涌现出一些新工艺、新设备。尾气净化工艺就是其中之一，它采用吸收剂直接吸收尾气焚烧后生成的二氧化硫，吸收效率高，无二次污染，且吸收剂可循环使用，是一种清洁生产工艺，但吸收剂也有一定的局限性，例如，酸雾会使吸收剂“中毒”，影响其吸收效果，因此，需要采用先进的设备去除尾气中的酸雾。

关键词：硫磺回收；电除雾器；酸雾

1 应用环境

硫磺回收装置与尾气净化工艺相结合，酸性气进入硫磺回收装置后，经过高温热反应和两级或三级催化转化后，制硫尾气经焚烧炉焚烧，硫化物转化为 SO_2 ，含有 SO_2 的烟气先经过降温，然后经由吸收剂吸收其中的 SO_2 ，从而实现净化烟气的目的，使烟气能够达标排放，而吸收了 SO_2 的吸收剂再经由蒸汽热再生循环使用。这是一种类似于 MDEA 吸收 H_2S 的过程，其区别就在于功能基团不同，因此，吸收的有害物质不同。

经尾气炉焚烧后的烟气中由于 O_2 过量，会有一些量的 SO_3 产生， SO_3 极易形成亚微米级酸雾，水包着 SO_3 ，形成水膜，不能被水吸收，而酸雾是造成吸收剂“中毒”的重要因素，因此，在进入吸收塔用吸收剂吸收烟气中 SO_2 之前，要尽量去除酸雾，以保证吸收剂的良好吸收效果。如图 1 云线所圈设备就是去除酸雾的重要环节。

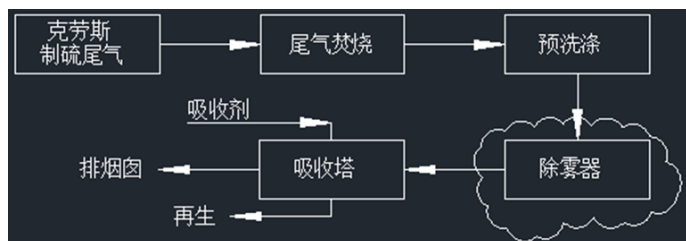


图 1

2 除雾型式的选择

用于气液分离去除雾滴的除雾原理主要有两种，一是重力沉降，二是惯性碰撞或离心力，主要型式有丝网式、折流板式、旋流板式。通常直径大于 $50\mu\text{m}$ 的液滴，可用重力沉降法分离； $5\mu\text{m}$ 以上的液滴可用惯性碰撞及离心分离法；对于更小的细雾则设法使其聚集形成较大颗粒，或用纤维过滤器及静电除雾器。

丝网除雾器工作原理是当带有雾沫的气体以一定速度上升通过丝网时，由于雾沫上升的惯性作用，雾沫与丝网细丝相碰撞而被附着在细丝表面上。细丝表面上雾沫的扩散、雾沫的重力沉降，使雾沫形成较大的液滴沿着细丝流至两根丝的交接点。细丝的可润湿性、液体的表面张力及细丝的毛细管作用，使得液滴越来越大，直到聚集的液滴大到其自身产生的重力超过气体的上升力与液体表面张力的合力时，液滴就从细丝上分离下落。

折流板除雾器则根据液滴的惯性、离心力、撞击、重力等原理。烟气通过叶片，含雾滴的气体经若干次改变方向，雾滴在惯性和离心力的作用下，被甩在叶片上，从而实现气液分离，叶片上的小液滴汇集成大颗粒液滴，靠重力落下。

旋流板除雾器工作原理是气流在穿过板叶片间隙时变成旋转气流，其中的液滴在惯性作用下，以一定的仰角射出做螺旋运动而被甩向外侧，汇集流到溢流槽内，达到除雾目的。

几种除雾器性能对比如表 1：

表 1

	丝网式	折流板式	旋流板式	电除雾器
去除粒径, μm	3~5	3~5	> 8	< 1~2
去除效率, %	~98	86~98	90~99	> 99.5
压降, Pa	100~200	75~250	200~500	< 500(二级)

电除雾器分为管式和蜂窝式，管式电除雾器根据材质又分为塑料管式和铅管式，塑料管式制作简单、重量轻、价格便宜，但导电性差，运行电流电压低，除雾效率低；铅管式除雾效率高但设备笨重，容易铅中毒。蜂窝型结构使每个极管的内外表面都成为沉淀极表面。极管之间不存在死区。因此，对处理同样规模的烟气，它的体积小，占地面积少。综上所述，硫磺回收装置吸收塔前烟气的除雾设施适合选用蜂窝式电除雾器。

3 除雾原理

电除雾器由设备本体和配套装置组成，基本构造如图 2 所示，设备主体包括阳极管束、阴极系统、气体分布装置和上中壳体，配套装置由整流机组、绝缘箱、冲洗及排污系统装置组成。阳极管束组由正六边形阳极管采用阻燃玻璃钢制作，整体性好，强度高、阳极管的同心度、平行度高。阴极系统包括阴极电晕线及阴极线配套整体阴极线固定框架、连接螺栓；阴极框架一般采用 316L。气体分布装置用于均布气流，若气流分布不均匀，意味着电场内存在着高低速度区，某些部位会存在涡流和死角，该现象的出现，在流速低处所增加的除酸雾效率，远不足以弥补流速高处效率的降低。此外，高速气流、涡流会产生冲刷，使阳极管上的酸雾产生二次飞扬，由于气流分布的不良，可造成电除雾器效率降低。

20~30% 以上, 气流分布不均匀同时造成阴极线和框架晃动厉害, 电场火花放电频繁, 造成电场电压不稳定, 影响除雾效率。整流机组用于给电除雾器供电, 采用恒流高压直流电源装置。绝缘箱的作用是保证器壳同高压直流电保持绝缘。高压电是通过绝缘瓷瓶和壳体保持绝缘的, 为此, 绝缘箱内设电加热器, 防止水分结露, 保证绝缘子绝缘性更可靠。同时还用气封(氮气)来隔绝或减少烟气与瓷瓶的接触。为了对阴极线和阳极管上集聚的粉尘和雾滴等进行清洁, 设置冲洗装置, 间断操作。

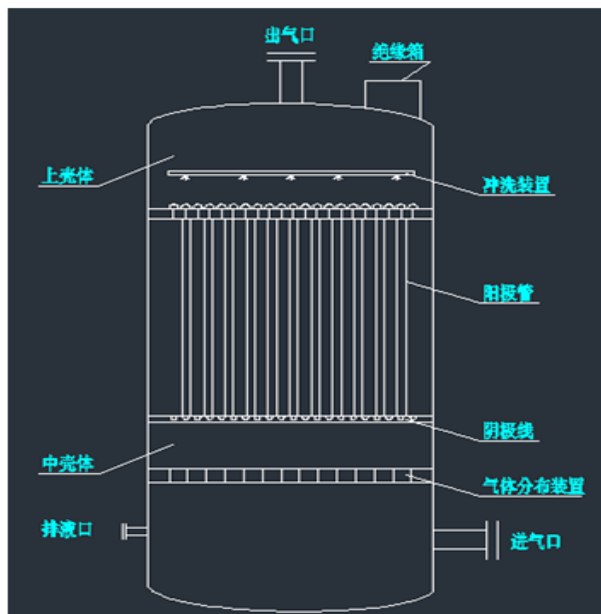


图 2

电除雾器是净化流体阻力最小的气液分离湿法设备, 可用于制酸、煅烧尾气处理、化工厂各类酸雾处理。电除雾器工作原理: 通过静电控制装置和直流高压发生装置, 将交流电变成直流电送至除雾装置中, 在电晕线(阴极)和酸雾捕集极板(阳极)之间形成强大的电场, 使空气分子被电离, 瞬间产生大量的电子和正、负离子, 这些电子及离子在电场力的作用下作定向运动, 构成了捕集酸雾的媒介, 同时使酸雾微粒荷电, 这些荷电的酸雾粒子在电场力的作用下, 作定向运动, 抵达到捕集酸雾的阳极板上。之后, 荷电粒子在极板上释放电子, 于是酸雾被集聚, 在重力作用下流到电除雾器的储酸槽中, 这样就达到了净化酸雾的目的。

4 实际应用

硫磺回收装置的制硫尾气经尾气焚烧炉焚烧后, 气相组成中有 SO_2 、 SO_3 、 O_2 、 H_2O , 较高温度的尾气经过预洗涤塔降温至约 40°C , 介质有较强的腐蚀性, 因此, 电除雾器需要考虑选材, 上壳体、中壳体采用 SMO254, 外部加强筋采用 S30408; 阴极线采用钛合金芒刺线, 阳极管采用 SMO254, 绝缘子室采用大的石英管, 气体分布器材质为 SMO254。

根据 HJ/T323-2006《环境保护产品技术要求 电除雾器》规定, 电除雾器的技术性能分为两级, 一级为酸

雾 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$, 二级为酸雾 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ 。在硫磺回收装置中为了保证吸收剂的吸收效果, 避免昂贵吸收剂的损耗, 要尽量去除尾气中的酸雾, 因此, 选用两级电除雾器串联使用, 两级电除雾器的进气出气方式分别为下进上出和上进下出。对于塑料、玻璃钢等非金属材料, 由于其导电主要靠阳极筒表面的液膜来实现, 只能采用下进上出, 以尽可能保持阳极筒表面挂膜; 而对于阳极筒为金属的电除雾器, 无需液膜来增加导电性能, 因此下进上出、上进下出都是可以的。较大规模的硫磺回收装置, 烟气线管径较粗, 一般 DN900 以上, 为了配管方便二级电除雾器分别采用下进上出、上进下出的组合方式。

电除雾器自带恒流源控制柜, 控制柜内包括高压发生器、高压隔离开关、绝缘箱加热器、喷淋阀的控制, 通过通讯接口接至硫磺回收装置的 DCS 控制系统。在控制柜可以实现电除雾器的送电、高压电的摘除、电加热器的启停、喷淋程序的设定。

5 结论

硫磺回收装置采用电除雾器作为进吸收塔前烟气的除雾设施, 能够达到预期效果, 尽量去除烟气中的 SO_3 酸雾, 减缓吸收剂的降解, 使其最大限度的发挥吸收作用, 以保证硫磺回收装置烟气达标排放, 环保效益显现。本设备运行状态良好, 能长期、稳定运行并实现自动控制。

参考文献:

- [1] 王松汗. 石油化工设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 唐昭峰, 毛兴民. 国外硫磺回收和尾气处理技术进展综述 [J]. 齐鲁石油化工, 1996, 24(04): 302-311.
- [3] 郑理富, 王桂花. 硫磺回收装置生产过程中风险控制实践 [J]. 石油化工安全环保技术, 2019, 35(01): 26-31.
- [4] 李向阳, 王贤林. 多管塑料电除雾器在硫酸工艺中的应用 [J]. 建筑热能通风空调, 2002, 21(01): 59-61.
- [5] 唐昭峰, 毛兴民, 罗守坤, 等. 国外硫磺回收和尾气处理技术进展综述(续) [J]. 齐鲁石油化工, 1997(09).
- [6] 刘波. 硫回收及尾气处理工艺综述 [J]. 硫磺设计与粉体工程, 2007(06): 9-12.
- [7] 贺春尧, 李涛, 胡双俊. 酸性气处理技术研究进展及硫磺回收装置改进措施 [J]. 气体净化, 2018, 18(12): 1-6.
- [8] 凌颖智. 运用电除雾器的经验介绍 [J]. 硫酸工业, 1960(05): 26-29.
- [9] 张文革, 黄丽月, 李军. 硫磺回收工艺技术进展 [J]. 化工科技, 2011(03): 76-78.
- [10] 刘爱华. 硫磺回收工艺及催化剂开发进展 [C]// 全国气体净化技术交流会、全国气体净化信息站、全国气体净化技术协作网, 2012.
- [11] 杨海东, 江杉杉, 肖德凤. 硫磺回收工艺的技术发展 [J]. 科技创新导报, 2013(13): 134-134.
- [12] 杨瑞华. 硫回收尾气处理工艺分析与选择 [J]. 煤化工, 2012(4): 14-16.