

# 重质纯碱尾气净化排放改造

## Transformation of tail gas

### purification and emission of heavy soda ash

袁观宝 (陕西兴化集团有限责任公司, 陕西 咸阳 712000)

Yuan Guanbao (Shaanxi Xinghua Group Co., Ltd., Shaanxi Xianyang 712000)

**摘要:** 重质纯碱生产尾气碱尘含量严重超标, 现有环保设施无法满足达标排放, 通过对原有环保设施设备及工艺路线的改造, 尾气碱尘含量得到有效治理, 尾气污染物能够达标排放, 保证系统连续、稳定、经济高效地运行。

**关键词:** 尾气净化; 颗粒物粉尘; 含湿量; 洗涤塔; 喷淋装置; 丝网除沫器; 排气槽; 除雾除尘装置; 波形板除雾器; 高效管束除雾器

**Abstract:** the alkali dust content of tail gas from heavy soda ash production seriously exceeds the standard, and the existing environmental protection facilities can not meet the standard emission. Through the transformation of the original environmental protection facilities, equipment and process route, the alkali dust content of tail gas can be effectively controlled, and the tail gas pollutants can be discharged up to the standard, so as to ensure the continuous, stable, economic and efficient operation of the system.

**Key words:** tail gas purification; Particulate matter and dust; Moisture content; Washing tower; Sprinkler; Wire mesh demister; Exhaust slot; Mist and dust removal device; Wave plate demister; High efficiency tube bundle demister

#### 1 引言

碳酸钠, 俗称纯碱, 是一种具有弱刺激性和腐蚀性的化工产品, 纯碱生产的过程中会产生废气, 未经直接净化处理排放到大气中会对周围的环境造成严重污染, 影响周围居民的生活。

为有效保护环境, 保障公众健康, 实现节能减排的目标, 降低纯碱生产过程中排放的重灰尾气中粉尘含量及尾气夹带的水气含量已受到业界的关注和重视, 国家有关部门不仅制订了其排放标准, 而且还将其列入了必须治理的环保项目之中。按照《建设项目环境保护管理条例》(2017年修订版)、《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)和其他相关法律、法规的规定, 建设项目必须进行环境治理。为企业的可持续发展, 公司决定对其进行治理, 使废气治理后达标外排。

目前我单位重灰尾气处理系统是尾气中粉尘及有害气体主要靠洗涤塔及排气槽来吸附净化处理, 此流程采用湿法除尘, 导致洗涤水碱尘浓度高, 在洗涤塔中气液分离不彻底, 导致排气口碱尘较大, 经检测排放尾气中粉尘含量实测为 500.35~1999.41mg/m<sup>3</sup>, 颗粒物速率实测值 2.11~37.01kg/h, 颗粒物粉尘含量严重超标, 且尾气夹带雾滴含湿量高, 拖尾现象严重, 对周边环境会造成一定程度的污染, 现场地面常常出现白色碱尘, 不符合当前的国家环境保护管理要求, 因此重灰尾气需要进行

治理净化达标 (即颗粒物指标 ≤ 120mg/m<sup>3</sup>、颗粒物速率指标 ≤ 23kg/h) 排放。

#### 2 原因分析及确定方案

重灰尾气处理长期采用湿法除尘工艺, 重灰煅烧炉、水合机排出的废气排入重灰炉气喷淋填料洗涤塔喷淋洗涤由顶部排出进入排气槽。由洗涤塔排入排气槽的废气通过管道引入排气槽恒定液位层, 让气体与液体充分混合, 洗涤塔中未脱除干净的粉尘颗粒在气液混合过程中沉降分解, 处理过的尾气由排气槽顶部排入大气。对重灰尾气数据进行采集分析, 发现原有洗涤塔洗涤效果及排气槽的分离效果不好是导致尾气碱尘严重超标的主要原因, 且该尾气处理系统除湿效果极差, 导致尾气含粉尘量高、夹带雾滴含湿量高, 拖尾现象严重。

考虑到工艺生产连续性、原尾气处理系统稳定性, 本次改造拟在原尾气处理系统基础上进行升级改造, 包括: 重灰炉气洗涤塔内部进行结构改造优化, 改善喷淋洗涤效果; 排气槽底部水浴段进行结构改造升级, 增加冲洗沉降效果; 排气槽后增加一套除雾除尘处理装置, 对原除尘洗涤系统进行局部升级改造, 进一步尾气含尘含湿处理达标排放。

经过改造治理需要达到的目标: 排放口尾气中水雾及拖尾现象明显改观, 排放口尾气中颗粒物含量小于 120mg/m<sup>3</sup>, 且排放速率及含尘量尽量低留足余量, 为后

续扩大产能改造留下空间,不增加风机、循环水泵及相关工艺设备负荷,解决尾气中含湿量大、尾气拖尾现象及颗粒物含量超标问题。

### 3 尾气净化改造方案实施

#### 3.1 洗涤塔喷嘴及除沫器优化改造

##### 3.1.1 喷淋装置改造

洗涤塔喷嘴采用1寸的不锈钢实心锥喷嘴11个,配制配套喷淋管。洗涤塔内喷嘴的布置使喷淋塔横截面被喷淋液完全、均匀地覆盖,每个喷淋层的喷淋覆盖率达到200~300%,根据不同粒径液滴在气相中的“带出速度”选用喷雾压力 $(0.7\sim 1)\times 10^5\text{Pa}$ ,喷淋液滴粒径: $d_p=1.5\sim 3.0\text{mm}$ 。改造后喷雾的粒径细小,喷雾粒度分布较为均匀,分散度最小,在喷雾压力变化时,喷雾的雾化角变化不大,操作稳定可靠,且喷射区域重叠度好,洗涤效果明显改观。

洗涤塔内喷淋系统改造利用原来的DN80冲洗进水管作为喷淋系统的总进水管,循环水量不需要增加,利用工艺系统的 $130\text{m}^3/\text{h}$ 循环泵循环冲洗喷淋,控制了小于 $0.5\text{mm}$ 的液滴量,减少细液滴会被气流夹带进入除沫器,降低除沫器的负荷,并减少了有效的洗涤液量,但应控制循环液中溶解碱的浓度。使用过程中喷嘴不易堵塞,操作稳定性好,利用含固量高的循环喷淋液进行反复喷淋洗涤,减少补充水的消耗,同时也减少了污水的排放量。

##### 3.1.2 丝网除沫器改造

将洗涤塔原有 $\phi 1600\times 150$ 丝网除沫器更换为 $\phi 3000\times 150$ 的丝网除沫器。丝网除沫器网块及不锈钢支架倾斜安装固定布满整个塔截面,过滤面积增大,并且可以调整气流方向和速度,达到高效除沫作用;一定深度的波形压纹,一层具有2层的过滤效率,节省了安装空间。

丝网除沫器主要是由丝网、丝网格栅组成丝网块和固定丝网块的支承装置构成,气液过滤网是由金属丝或非金属丝组成。直径大于 $50\mu\text{m}$ 的液滴,依靠重力沉降分离; $5\mu\text{m}$ 以上的液滴惯性碰撞及离心分离;直径大于 $3\sim 5\mu\text{m}$ 的液滴由丝网除沫器分离,当带有雾沫的气体以一定速度通过丝网时,由于雾沫通过的惯性作用,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、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通过力与液体表面张力的合力时,液滴就从细丝上分离下落。本次优化除沫器增加除沫效果,除沫器压损约为 $200\text{Pa}$ 。丝网除沫器分离气体夹带的液滴,回收有价值的物料或改善后端夹带、减少大气污染等。丝网除沫器除沫使用中效果明显提升,气走气路、液走液路,无二

次夹带现象。

#### 3.2 排气槽分布优化改造

尾气在排气槽底部分布方式采用同心圆环形均点等量分布,中心设置竖流输送DN600不锈钢总管,环形布置DN100不锈钢气体分布环形管两道(直径分别为 $\phi 1500\text{mm}$ 、 $\phi 2500\text{mm}$ ),考虑到总压力损失的问题,排气槽内水浴水深度维持原深度不变,排气槽循环水补水管利用原来的供水管。

环形分布管结构简单且制作方便,用作气体流体初级分布器。使用环形分布管的目的是使气体延管长方向均匀分布,即使单位管长所流出的气体相等。环形分布管的流道静压差应该被穿孔压降的差别所补偿,根据环形分布多孔管的流道静压差与穿孔压降比关系,采用多孔管作不均匀开孔,降低流道静压差与穿孔压降比,使气体对排气槽恒液位冲击扰动最小,气液接触也最均匀,粉尘溶解沉降效果最佳。多孔管的 $L/D_e$ 不是很大,为了竟能保证设备平面上的流体分布均匀,又不过度增加多孔管的分布长度,可在多孔管中设置流体输送总管。运行过程中进气分布均匀稳定,气体与液体充分混合,液体扰动小,沉降明显,液体气化或被气体减少。

#### 3.3 增加一套除雾除尘装置

为了降低排出尾气中水雾含量及尾气中携带的大的液滴、颗粒物,在排气槽侧面加装一套除雾除尘装置,除雾除尘装置由一个直径 $2500\text{mm}$ 高 $6000\text{mm}$ 钢构防腐塔组成,塔内由下到上依次为波形板除雾器、高效管束除雾器、管束除雾器冲洗系统;排气槽排出含有大量水雾的废气从塔底部进入,经波形板除雾器均流通过管束式除雾器处理后,将排出气体中的液滴脱除净化,使尾气含湿量及颗粒物含量达标后塔的顶部排出。

##### 3.3.1 波形板除雾器

波形板除雾器是除雾除尘塔重要部件,波形板除雾器的功能是把在喷雾吸收过程中,尾气夹带的雾粒、浆液滴捕集下来。波形板除雾器主要是由板片、支承装置构成,波形板直径 $300\text{mm}$ 板片,过滤面积 $7\text{m}^2$ ,厚度 $300\text{mm}$ ,材质采用能耐 $80^\circ\text{C}$ 、除雾器采用耐腐蚀材料PP。考虑到系统压力降、除雾效率、叶片结构、除雾器叶片间距以及操作维护运行成本等因素,尾气气体流速设计选定在不超过 $4\text{m/s}$ ,通过除雾器断面气流分布采用在吸收塔出口水平段上水平型均匀分布,波形板除雾器的总压降值约 $150\text{Pa}$ 。

当含有雾沫的气体以一定速度流经波形板除雾器时,由于气体的惯性撞击作用,雾沫与波形板相碰撞而被聚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,液滴就从波形板表面上被分离下来。波形板表面上雾沫的扩算、雾沫的重力沉降使雾沫形成较大的液滴并随气流向前运动至波形板转弯处,

由于转向离心力及其与波形板的摩擦作用、吸附作用和液体的表面张力使得液滴越来越大,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,液滴就从波形板表面上被分离下来。除雾器波形板的多折向结构增加了雾沫被捕集的机会,未被除去的雾沫在下一个转弯处经过相同的作用而被捕集,这样反复作用,从而大大提高了除雾效率。气体通过波形板除雾器后,基本上不含雾沫。废气通过除雾器的弯曲通道,在惯性力及重力的作用下将气流中夹带的液滴分离出来:废气以一定的速度流经除雾器,废气被快速、连续改变运动方向,因离心力和惯性的作用,废气内的雾滴撞击到除雾器叶片上被捕集下来,雾滴汇集形成水流,因重力的作用,下落至收集池内,实现了气液分离,使得流经除雾器的废气达到除雾要求后排出。

### 3.3.2 高效管束除雾器

高效管束式除尘除雾器是除雾加除尘设备,选用规格  $\Phi 315 \times 1200\text{mm}$ ,材质为 FRPP,结构上下 2 层共 2.4m 高,过滤面积  $14\text{m}^2$ ,压损为 400Pa。其工作可简单表述为通过粉尘颗粒饱和、雾滴的汇聚、捕集和汇集湮灭的四种运动状态,在气体直线运动的特点下、剧烈混合、在涡扇改向旋转运动的过程中,将烟气中携带的雾滴和粉尘颗粒在惯性离心与直线运动的作用下撞击汇聚脱离。高效管束式除尘除雾器由导向流膛线管座、一级整流器、一级涡扇分离器、隔离除尘器、二级气体整流器、二级涡扇分离器、二级气体整流器、三级涡扇分离器、三级气体整流器、雾滴收集分离器等 10 个部件组成的一体式设备。

首先,流经导向膛线管,在导向板的作用下将烟气中的超大雾滴和粉尘颗粒甩向桶壁脱离,同时导向膛线管座还兼顾烟气导向、以减小整体的压降作用;然后经过一级整流器整流后进入一级分离器,一级分离器去除烟气中  $30\mu\text{m}$  以上的雾滴和粉尘颗粒;然后在进入隔离除尘除雾器,隔离除尘除雾器主要是去除下方逃逸的大颗粒雾滴和保证在低工况时正常工作;随后进入二级整流器,整流器主要是让经过下部的烟气在整流格栅的作用下垂直进入涡扇分离器,防止烟气中的饱和颗粒在旋转的条件下跟随烟气逃逸;在进入二级涡扇分离器的时候要气流进行压缩,所以二级涡扇分离器上下均设计了文丘里加速导流管,接下来在进入三级整流器,原理同上;在进入三级涡扇分离器、三级分离器与二级相同结构模式,最后进入雾滴分离器。雾滴分离器主要是去除前方处理后及冲洗过程中飘逸的极细小雾滴;保证出口带水现象的出现,且设计运行阻力  $\leq 350\sim 500\text{Pa}$  之间。

### 3.3.3 高效管束除雾器冲洗系统

高效管束除雾器布置于除雾除尘装置的上部,含有

水雾的废气连续流经除雾器时,液滴由于惯性作用,留在挡板上。由于被滞留的液滴也含有固态物,因此存在在挡板结垢的风险,需定期进行清洗,除去所含浆液雾滴。在除雾器的上方需要布置一层冲洗喷头,其目的是为了对除雾器进行定时定期冲洗。因为除雾器在运行过程中,除雾器叶片表面不断受到含有微量粉尘的湿空气污染,流通面积会不断缩小,阻力会不断增大,如果不定期冲洗,必然会影响除雾器的除雾能力。冲洗喷头的设计要考虑以下因素:一般能够在较短的时间内实现对除雾器的冲洗;喷头的雾化液滴尺寸不能太小,不然会使排风中携带的水分超标。冲洗管主管采用直径  $\Phi 63\text{mm}$  的 FRPP 耐腐蚀管,安装 1 寸的不锈钢实心锥喷嘴 6 个,冲洗供水管采用直径 DN50 的不锈钢管 304,并安装 2 件 DN50 电磁阀及 PLC 防爆控制柜,根据工艺运行情况设定 PLC 定期定时冲洗管束除雾器,保证设备长周期高效稳定运行。

## 4 尾气排放治理技术改造效果

重灰尾气排入重灰炉气洗涤塔喷淋洗涤并经丝网除沫器除沫由顶部排出进入排气槽。由洗涤塔排入排气槽的废气通过管道引入排气槽恒定液位层,废气经排气槽恒定液位层中布置的环形分布管气孔均匀流出,让气体与液体充分混合,洗涤塔中未脱除干净的粉尘颗粒在气液混合过程中沉降分解。洗涤后废气反流向上排出,排出过程中会再次夹带水雾及少量的颗粒物的尾气进入除雾除尘装置,除雾除尘装置波形板除雾器对排入含水雾的废气进行均流及初步除雾,再由管束除雾器装置再次对进行水雾脱除及除尘,最终达到减少尾气含湿量,改善尾气拖尾现象,颗粒物含量达到标准要求。

改进后的除雾除尘系统设备及工艺运行稳定,没有增大原有风机、水泵运行负荷,且进入排气槽气流分布更均匀,气、液接触更充分,优化了废气流速等性能参数,从而保证尾气净化系统连续、稳定、经济高效地运行,尾气中水雾、液滴、颗粒物除去效率提升加强。

经过二十多天的设备安装及改造,投运后运行效果很好,达到了改造的预期目标,排口中碱尘浓度降至国标指标  $\leq 120\text{mg}/\text{m}^3$  以下,现场地面再未曾出现白色痕迹碱尘,改造效果明显,颗粒物实测值为  $4.2\sim 4.7\text{mg}/\text{m}^3$ ,颗粒物速率实测值  $0.024\sim 0.026\text{kg}/\text{h}$ ,排口指标正常,环境问题得以解决,且为后期扩大产能尾气净化留足改进空间。

### 参考文献:

- [1] Q/SXH-JS01-08-2018. 碱厂工艺技术规程 [S]. 陕西兴平: 陕西兴化集团, 2018.
- [2] GB16297-1996. 大气污染物综合排放标准 [S]. 国家环境保护局, 1997.