

# 鳞板式焚烧炉提质节能改造研究

张珂, 张德仕

(山东金城晖瑞环保科技有限公司, 山东 淄博 255176)

**摘要:** 鳞板式焚烧炉具有单炉处理量大, 运行成熟、可靠等优点, 是目前焚烧法处理含盐废水最常用的焚烧炉类型。随着焚烧炉尾气排放标准日趋严格, 鳞板式焚烧炉高盐废水时尾气排放易超标, 且高盐废水焚烧过程容易造成二燃室和余热锅炉腐蚀堵塞, 影响焚烧炉处理产能和运行成本。本文通过新增高温陶瓷除尘器、将原有余热锅炉更换成三烟室膜式壁锅炉、新增 SCR 催化脱硝装置、优化脱硫除尘工艺流程、燃烧系统改造等技术手段对鳞板式焚烧炉提质节能改造, 焚烧炉烟气排放达到超低排放标准, 氮氧化物排放小于  $100 \text{ mg/m}^3$ , 硫氧化物排放小于  $50 \text{ mg/m}^3$ , 颗粒物排放小于  $10 \text{ mg/m}^3$ , 高盐废水处理成本小于 1500 元/吨, 其中天然气消耗量小于  $130 \text{ m}^3/\text{吨}$ , 鳞板式焚烧炉进料量提升至 1300 吨/月, 在达到环保要求的同时, 增加了企业产能, 降低了能耗。

**关键词:** 鳞板式焚烧炉, 废液焚烧, 节能环保改造

## 1. 鳞板式焚烧炉概况

鳞板式焚烧炉不仅可以保证物料的焚烧时间, 确保危废物料的充分焚烧分解, 还可根据物料特性对焚烧时间和焚烧温度进行调控, 克服了回转窑焚烧炉焚烧过程温度梯度变化大、粘窑、物料燃烧不充分等问题[1]。鳞板式焚烧炉具有处理量大, 运行可靠、技术成熟等优点, 是目前焚烧法处理含盐废水最常用的焚烧炉类型, 鳞板式焚烧炉焚烧产出的固体盐经过处理可以达到工业级别进行回收利用, 同时焚烧过程产生的热量可进行回收, 用于原料预热、副产蒸汽等, 对高盐废水进行无害化处理 [2-4]。

但是, 随着环保形势的严峻, 焚烧炉尾气排放标准日趋严格[5], 国家强制标准 GB 18484—2020《危险废物焚烧污染控制标准》要求颗粒物 24 小时均值第一  $20 \text{ mg/m}^3$ 。鳞板式焚烧炉高盐废水时, 焚烧盐的熔点在  $630\text{-}680^\circ\text{C}$ , 有 15-25%的超细盐粉尘自高温旋风除尘器进入到二燃室, 在  $1100^\circ\text{C}$  高温下融化, 造成二燃室和余热锅炉腐蚀堵塞, 影响焚烧炉处理产能和运行成本, 并带来锅管爆管安全风险, 因此急需对鳞板式焚烧炉进行提质节能改造, 本文通过高温旋风除尘器后二燃室前增设陶瓷膜高温除尘器, 余热锅炉更换为表面衬耐火材料的三回转屏的膜式壁锅炉等技术手段对鳞板式焚烧炉进行系统升级改造, 在达到烟气排放标准的同时, 回收烟气中的热量, 降低企业能耗。

## 2. 提质节能改造技术方案

鳞板式焚烧炉提质节能改造包括新增高温陶瓷除尘器、将原有余热锅炉更换成三烟室膜式壁锅炉、新增 SCR 催化脱硝装置、优化脱硫除尘工艺流程、燃烧系统改造, 工艺

流程如图 1 所示。

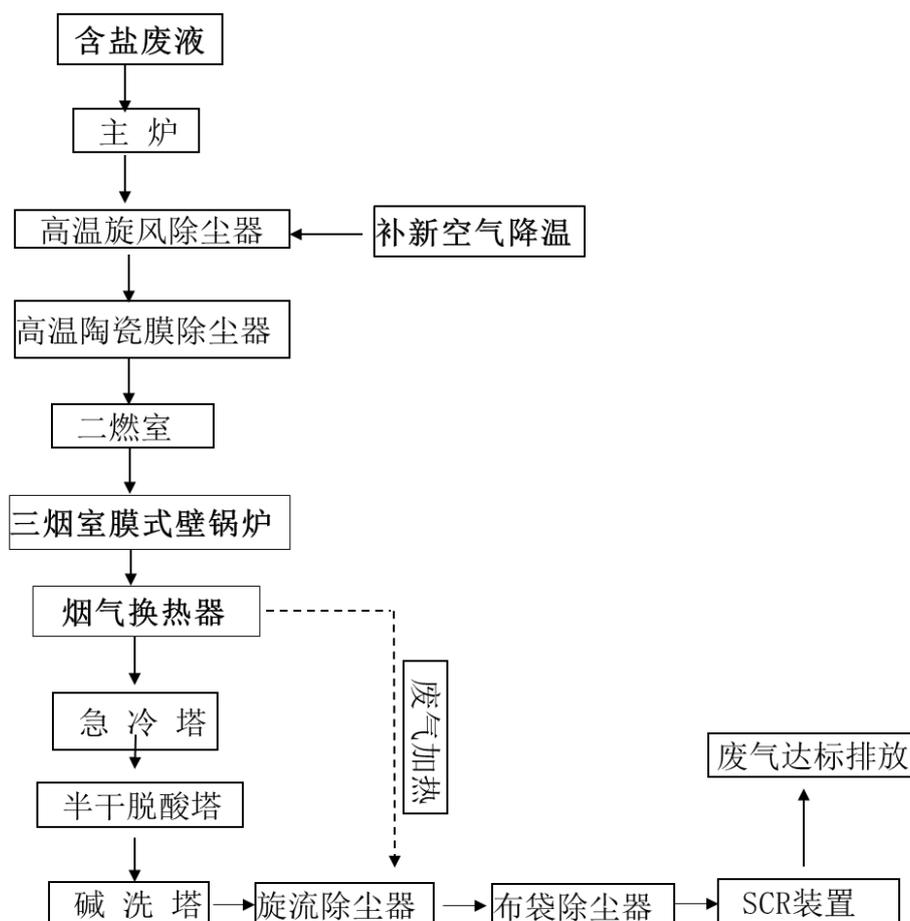


图 1 磷板式焚烧炉提质节能改造工艺流程

## 2.1 新增高温陶瓷除尘器

现有磷板式焚烧炉危废处理过程，焚烧后的烟气采用高温旋风除尘器对盐颗粒进行回收，可将 70% 以上的盐颗粒由旋风除尘器拦截回收。但是由于旋风除尘效率较低，仍有 15-25% 的超细盐颗粒无法被旋风除尘器拦截，这些超细盐颗粒随着高温烟气进入到二次燃烧室及余热锅炉装置，在二燃室内熔融结焦，堵塞管路，造成余热锅炉的快速腐蚀。为了解决超细盐进入后续设备造成的此类问题，在高温旋风除尘器及二次燃烧室前之间新增陶瓷膜除尘器，采用耐高温陶瓷膜将旋风除尘后的烟气中盐颗粒物降至  $20\text{mg}/\text{m}^3$  以下。除尘器结构为 2205 外壳加外保温加高温陶瓷膜。陶瓷膜是一种高性能的过滤材料，在煤化工、硅材料、石油化工、钢铁、有色冶炼等高温烟气净化过程中承担着重要的技术角色。

高温陶瓷膜由陶瓷颗粒在高温下烧结而成，具有机械强度高、耐高温性能好，耐酸碱腐蚀等优点。材质主要包括碳化硅质、堇青石质、氧化铝质、陶瓷纤维质及陶瓷纤维膜过滤材料等。高温陶瓷膜过滤原理及实物如图 2 所示。

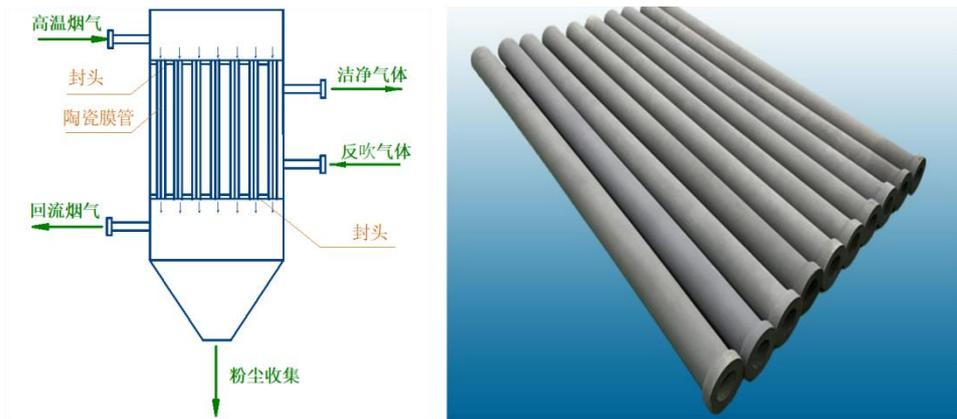


图2 高温陶瓷膜过滤原理及实物

高温陶瓷膜除尘器设计参数如表1所示，设计图纸如图3所示。

表1 高温陶瓷膜除尘器设计参数

序号	项目	单位	数值
1	进口烟气温度	℃	500
2	出口烟气温度	℃	480
3	进口烟气量	Nm <sup>3</sup> /h	15000
4	过滤面积	m <sup>2</sup>	360/组（两组）
5	过滤精度	1	μm
6	设计温度	620	℃
7	设备耐压	±10	KPa
8	脉冲宽度	0.2	s
9	脉冲间隔	30	s
10	脉冲周期	30-6	min

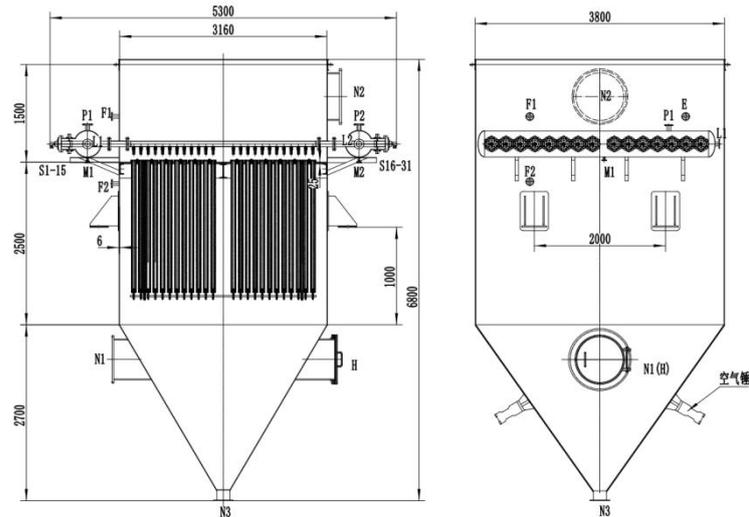


图 3 高温陶瓷膜除尘器设计方案

## 2.2 将原有余热锅炉更换成三烟室膜式壁锅炉

经过高温陶瓷膜过滤去除 90% 以上的盐颗粒后，对二燃室和余热锅炉腐蚀堵塞情况大为缓解。但仍然有 5-10% (50-150kg/d) 的盐尘进入二燃室，这些粉尘颗粒直径不足 1 $\mu$ m，进入二燃室后几乎全部熔化，仍然会造成余热锅炉结焦堵塞和锅管腐蚀。因此，需要将余热锅炉更换成不易堵塞三回档膜式壁余热锅炉，而且增加耐熔盐结焦腐蚀的防腐层，并通过提升蒸汽压力和温度，消除酸性腐蚀。具体改造内容如下：

### (1) 余热锅炉改造

此次改造拟将原有的 2 个余热回收锅炉拆除，新建一个余热回收锅炉，通过三个烟室将烟温从 1100 $^{\circ}$ C 降至 530 $^{\circ}$ C，其中第一烟室从 1100 $^{\circ}$ C 降至 745 $^{\circ}$ C，第二烟室从 745 $^{\circ}$ C 降至 605 $^{\circ}$ C，第三烟室从 605 $^{\circ}$ C 降至 530 $^{\circ}$ C。其中烟室内全部敷设耐火浇注料。改造炉为全悬吊结构，汽包支撑在大板梁上。饱和蒸汽出口设置减压阀，满足用户的用气需求。

### (2) SNCR 改造

SNCR 系统主要包括：计量混合模块、分配模块、喷射装置及控制系统四部分。本项目旨在调整 SNCR 喷枪位置，选择合适的温度区间。SNCR 四大系统模块，能利用尽量利旧。本工程 SNCR 脱硝工艺采用氨水作为还原剂，选取最佳的温度窗口喷入还原剂，采用专用 SNCR 双流体喷枪将氨水溶液喷入余热锅炉烟室内进行反应，并保证足够的穿透深度和覆盖面，确保烟气与还原剂有充足的反应时间。余热锅炉第一烟室截面尺寸为 2160mm $\times$ 2400mm。50L/h。喷枪布置时，结合余热锅炉平台扶梯的位置，便于后期运行操作。

### (3) 锅炉构架改造

根据锅炉改造方案，锅炉炉膛断面尺寸为 5920mm $\times$ 2400mm。原一段余热炉区域的构架柱（4 轴至 5 轴）柱网尺寸为 5400mm $\times$ 5200mm，无法布置下炉膛，且改造后余热锅炉的总荷载比原一段余热锅炉荷载增加较多。因此，原有混凝土柱无法利用，原锅炉构架

需部分拆除，并新增余热锅炉构架。

### 2.3 新增 SCR 催化脱硝装置

选择性催化还原（SCR）脱硝工艺具有技术成熟度高、适用范围广、脱硝效率高等优点，在燃煤锅炉、垃圾焚烧锅炉、玻璃窑炉等领域应用广泛。选择性催化还原（SCR）即在适合的温度和催化剂条件下，采用  $\text{NH}_3$  或尿素为还原剂，将烟气中  $\text{NO}_x$  转化为无害的  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  的过程，SCR 脱硝原理如图 4 所示。

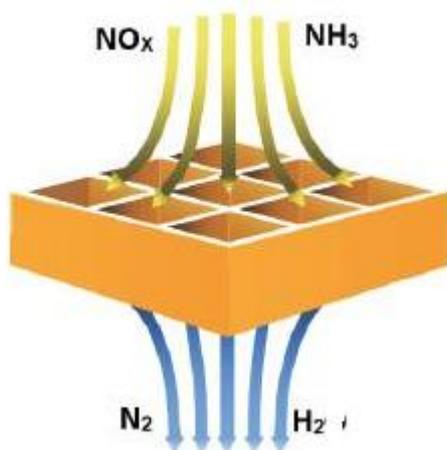


图 4 SCR 脱硝原理

在有氧环境下，SCR 脱硝反应式与 SNCR 类似，见上面选择性非催化（SNCR），无氧时，反应如下：



#### （1）SCR 脱硝系统

烟气由反应塔上部进入脱硝系统，与喷入塔内的还原剂充分混合后通过多层催化剂，在催化剂作用下进行脱硝反应。为了使烟气与还原剂混合均匀，在还原剂入口布置的原剂喷射网格和混合器，在脱硝塔内，脱硝效率可达到 80%~90%。

#### （2）催化剂的选取和床层设计

脱硝催化剂有蜂窝式、板式、波纹板式等。其中蜂窝式以蜂窝陶瓷为基材，具有比表面积大，运行阻力小，抗磨性能强等优点，是最常用的催化剂形式。因此，本方案采用蜂窝式催化剂，以  $\text{TiO}_2$  载体， $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{WO}_3$  作为活性成分。

### 2.4 燃烧系统改造

焚烧炉现有燃烧系统存在较大弊端：一是大部分天然气燃烧器为人工点火和人工观火的燃烧枪，一旦灭火后发现不及时，带来较大安全隐患，专家到现场进行隐患排查时，也指出此隐患，并要求整改；二是带火焰检测器和切断联锁的一体式燃烧器，发生炉内正压烟气外溢，就造成电器元件和线路烧毁，故障率非常高。

为消除燃烧系统的隐患和弊端，计划将二段炉两支天然气燃烧枪，二燃室两支天然气燃烧枪更换成带火焰检测器，可远程调节天然气和助燃风量大小的分体式天然气燃烧器。主炉四层一体式燃烧器，更换为带火焰检测器的分体式重油燃烧器。以消除潜在安全隐患，减少现场操作量。

### 3 研究结论

通过对磷板式焚烧炉提质节能改造，焚烧炉烟气排放达到超低排放标准，氮氧化物排放小于  $100 \text{ mg/m}^3$ ，硫氧化物排放小于  $50 \text{ mg/m}^3$ ，颗粒物排放小于  $10 \text{ mg/m}^3$ ，高盐废水处理成本小于 1500 元/吨，其中天然气消耗量小于  $130 \text{ m}^3/\text{吨}$ ，磷板式焚烧炉进料量提升至 1300 吨/月，在达到环保要求的同时，增加了企业产能，降低了能耗。

### 参考文献

- [1] 韩桂洪,王智骁,刘兵兵,孙虎,黄艳芳.高盐有机废液焚烧炉用耐火材料研究现状与展望[J/OL].工程科学学报:
- [2] 1-12[2023-04-02].DOI:10.13374/j.issn2095-9389.2022.06.09.001.
- [2] 李永胜,王舫,肖显斌,郑全军,高静,王宁,侯风云,覃昊,董长青.高浓度有机废液焚烧炉燃烧器布置方式的数值模拟[J].工业炉,2014,36(02):13-16+27.
- [3] 付立欣. 化工废液焚烧装置燃烧过程及污染物生成特性的数值模拟[D].大连理工大学,2015.
- [4] 赵文波,李小龙. 废液焚烧炉电除尘器的设计及应用[C]//中国环境保护产业协会电除尘委员会.第十七届中国电除尘学术会议论文集,2017:517-518.
- [5] 钟浦城. 危废焚烧系统烟囱红烟排放原因分析及治理研究[D].浙江大学,2021.DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2021.001906.

**作者简介:** 张珂(1985.1-);男;汉族;山东省淄博市淄川区西河镇东峪村;大学本科;中级工程师;化工工程;山东金城晖瑞环保科技有限公司;山东省淄博市淄川区昆仑镇;255176)