

# 大冶有色烟气脱硫塔的优化改造

四川大学建筑与环境学院 尹华强

国家烟气脱硫工程技术研究中心 李新 王维江 尹华强

成都国化环保科技有限公司 李新 王维江

**【摘要】**大冶硫酸尾气脱硫系统脱硫塔在运行过程中出现了塔顶变形、内件开裂及腐蚀等问题，针对这些问题分析了具体原因，做了进一步优化改造，主要措施有改变进气方式、加固、更换陶瓷内件，计算机辅助设计等。

**【关键词】**改变进气方式 更换陶瓷内件 计算机辅助设计

## 1. 前言

湖北黄石大冶有色硫酸三系改造-尾气处理工程于 2011 年 7 月建成投产，是新型催化法烟气脱硫技术首次在硫酸尾气行业的应用，在近两年的运行过程中，脱硫效果稳定，即使在SO<sub>2</sub>浓度超过设计范围多倍的情况下，依然能够达标排放。但是也存在一定的问题，主要集中在脱硫塔的稳固性问题上，因此在 2013 年年底，对脱硫塔的结构及附属管道进行优化改造，一方面增加脱硫塔的稳固性，另一方面优化脱硫塔内部的气流分布。

## 2. 工程概况

大冶有色冶炼厂共有两套硫酸系统，硫酸三系年产浓硫酸 50 万吨，尾气 200000m<sup>3</sup>/h，硫酸四系年产浓硫酸 25 万吨，尾气流量 140000 m<sup>3</sup>/h。处理尾气时对应每套系统分别建立一套脱硫装置，三系对应 4 台 Φ9m×4.5m 脱硫塔，四系对应 4 台 Φ8m×4m 脱硫塔。

每套系统的 4 台脱硫塔并联布置，内部支撑结构及筒体均为乙烯基玻璃钢，8 米塔及 9 米塔外形尺寸不同，其他结构形式相同，简图如下：

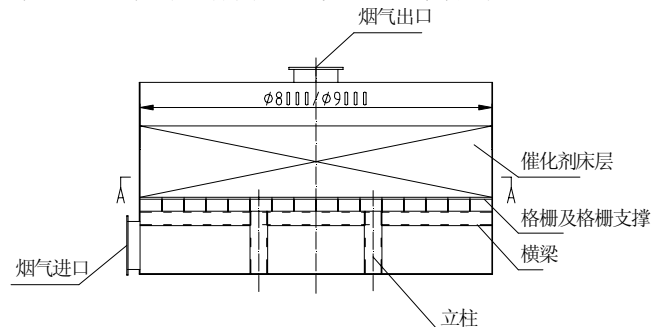


图 2-1 脱硫塔立面简图

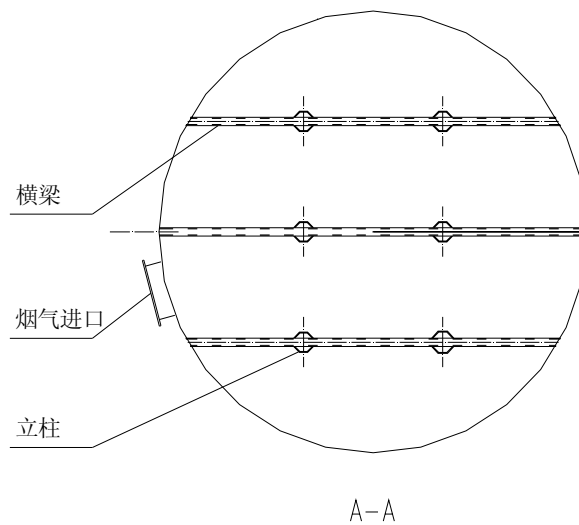


图 2-2 脱硫塔横截面简图

### 3. 运行问题及原因分析

脱硫装置在近两年的运行过程中出现了一些问题，主要集中在脱硫塔设备上。

#### 3.1 脱硫塔顶变形

脱硫塔在设计之初为上进气，下出气，与图 2-1 中的烟气进出口位置正好相反。脱硫塔在运行过程中分为脱硫阶段和再生阶段，脱硫阶段时打开烟气进口阀，引入烟气进行脱硫，再生阶段时切断烟气进口阀门，进行再生清洗。脱硫阶段时，脱硫塔塔顶起鼓，鼓起高度为 100mm-200mm 左右，再生阶段时塔顶又恢复原状，如此反复对脱硫塔顶部的结构稳定性及塔顶管道造成了一定影响。

塔顶起鼓主要原因是塔顶空间烟气压力在脱硫阶段和再生阶段切换时存在变化，而塔顶为平板结构，能够承受的压力变化有限。脱硫阶段时，烟气从上往下，要克服床层阻力，存在一定压力，大约 2000Pa 左右，再生阶段时切断烟气，脱硫塔顶部空间压力消失。

$$\text{以 8 米塔为例，塔顶受力 } \Delta F = \Delta P \times S \quad (3-1)$$

$\Delta F$ : 塔顶受力变化, N

$\Delta P$ : 塔顶内部空间压力变化, Pa

S: 塔顶横街面积

$\Delta P$  取 2000Pa, 塔顶横截面积 S 按照  $\Phi 8\text{m}$  计算, 最后计算得  $\Delta F=100480\text{N}$ , 相当于 10 吨左右的受力, 同理  $\Phi 9\text{m}$  的受力也在 12.7 吨左右, 如此大的受力对平板形式的塔顶显然是难以承受的。

#### 3.2 格栅支撑开裂变形

格栅支撑板为间距 500mm 的井字结构, 用宽 280mm, 厚度 20mm 的玻璃钢板现场

糊制而成，如下图所示

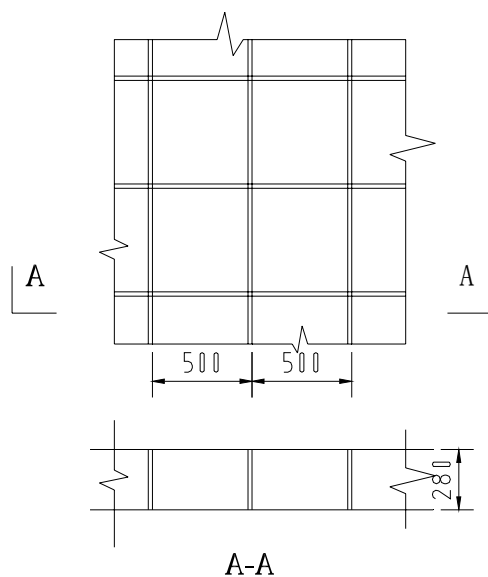


图 3-1

在使用过程中，部分格栅支撑板的连接部位开裂，导致格栅支撑板结构破坏，造成催化剂泄露。格栅板开裂变形主要原因是玻璃钢本身的强度不够，且为现场糊制，板与板之间的连接点成为受力薄弱点，造成一定的隐患。

### 3.3 格栅板的腐蚀受损

格栅支撑板上直接铺设格栅板，材质为玻璃钢，规格为 38mm×38mm，高度 40mm。格栅板为整体浇注而成，不存在类似格栅支撑板的受力薄弱点，但是在使用一段时间后出现了格栅板被腐蚀变黑，强度变低现象，造成格栅板断裂，其腐蚀对比情况如下图所示：



图 3-2 格栅板腐蚀性情况对比

上图最下面是完整的未投入使用的格栅板，上面是使用不同时间的的格栅板腐蚀情况，左边使用时间最长，腐蚀情况最严重。

造成格栅板腐蚀的主要原因硫酸尾气中存在SO<sub>3</sub>酸雾，硫酸尾气中水含量基本为0，工艺要求要加入少量的水蒸气。但是实际使用过程中，甲方加入的蒸汽量不足，甚至有时没有提供蒸汽，造成SO<sub>3</sub>酸雾接触到格栅板后形成浓度较高的硫酸，高浓度的硫酸具有氧化性，会造成玻璃钢材料的炭化。

### 3.4 丝网的腐蚀破坏

格栅板上直接铺设丝网，用来支撑催化剂。丝网的选材用过聚酯及玻璃丝布，其中聚酯网强度较高，使用一段时间后出现了腐蚀情况，玻璃丝布的耐磨强度不及聚酯丝网，但耐腐蚀性能却高于聚酯网，但是长时间运行后也会出现炭化现象。

丝网的腐蚀原因与格栅板的腐蚀原因相同。

## 四 优化改进措施

### 4.1 改变烟气进出口方式

改变烟气进出口的方式，原烟气进口改为烟气出口，原烟气出口改为烟气进口，改造后进出气方式如图 2-1。

改变烟气进出口方式只需改变烟气管道走向及阀门位置即可，改造后的烟气出口及脱硫塔顶部空间与烟囱直通，再生阶段及脱硫阶段压力变化不足 100Pa，塔顶受力不到原来进气方式的二十分之一。

另一方面，根据新型催化法烟气脱硫技术中试装置的实验结果，脱硫塔下进气时催化剂的硫容明显要高于脱硫塔上进气的硫容，这也是改变烟气进出口方式的一个重要原因。

### 4.2 塔顶加固

烟气进出口改造后塔顶依然存在轻微的压力波动，因此在平板形式的塔顶加筋板进行加固，用玻璃钢钢板在塔顶糊制井字形筋板，间距 1m 左右。

### 4.3 塔内件的材料材料更换

针对玻璃钢内件（梁、柱、格栅支撑板及格栅）的强度不够问题，我们采用了更换耐酸陶瓷内件的方式，同时也解决了腐蚀问题。

立柱采用耐酸砖和呖喃胶泥砌筑的方式，耐酸陶瓷横梁直接放置在立柱上代替原来横梁，横梁上放置间距 200 左右的条梁代替原来的格栅支撑，条梁上放置规整填料代替原来的格栅，脱硫塔筒体还是采用原有玻璃钢材料，简图如下：

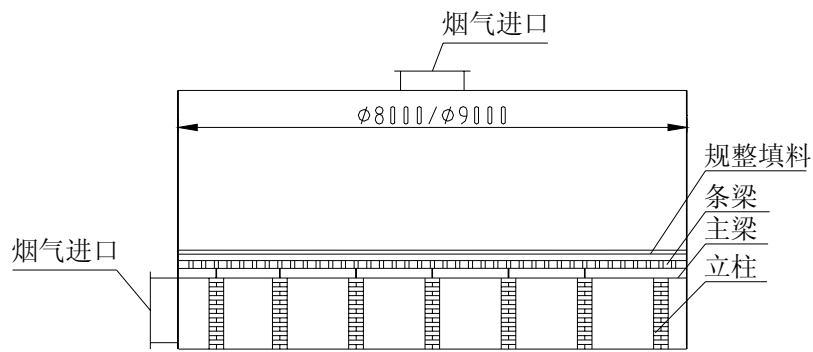


图 4-1 立面布置示意图

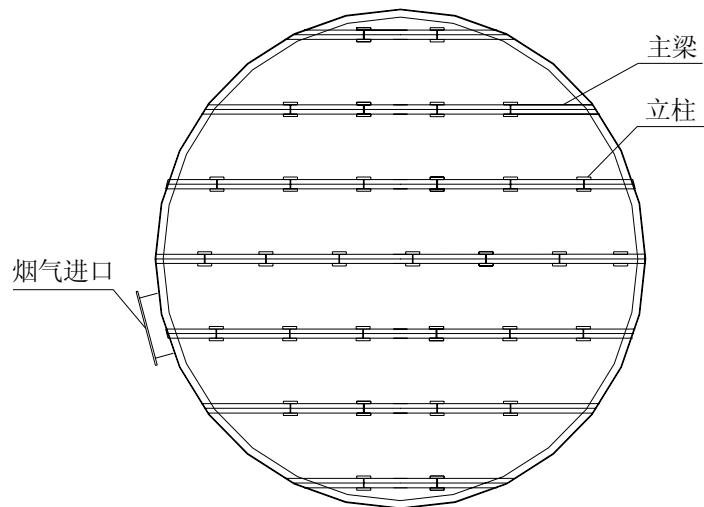


图 4-2 立柱及梁布置示意图

由于规整填料的开孔尺寸可以改变，可以加工到小于催化剂填料的尺寸，所以规整填料不但可以代替原玻璃钢格栅支撑及格栅，同时也代替了丝网的功能，规整填料如下图：



图 4-3 规整填料外形图

#### 4.4 流场模拟辅助设计

更换陶瓷内件前，利用计算模拟气体在塔内的流动及分布，可以优化陶瓷内件的分布结构及形式，比如立柱的位置、立柱间距、条梁的间距等，使气体在脱硫塔内的分布达到最佳效果。

经过建立陶瓷内件结构模型→计算机模拟分析→优化内件结构模型→计算机模拟分析一程序后确定最优化的陶瓷内件分布形式。以下是原玻璃钢内件模拟分析及优化后的陶瓷内件模拟分析图：

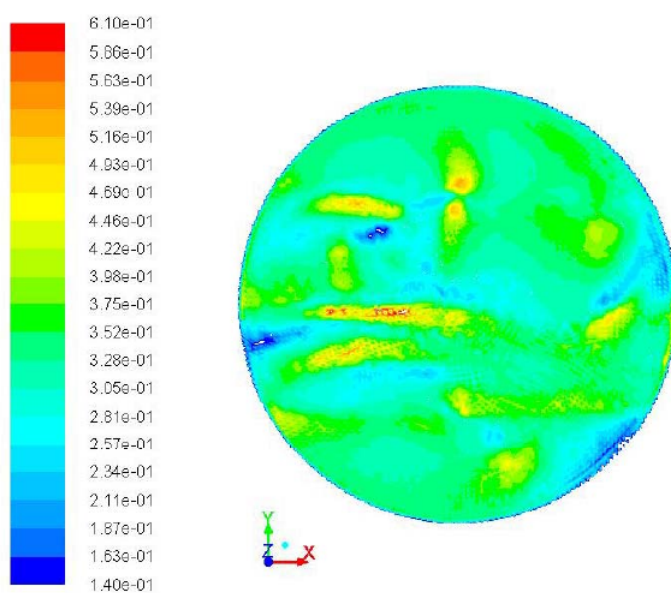


图 4-3 原玻璃钢内件床层气体流速分布图

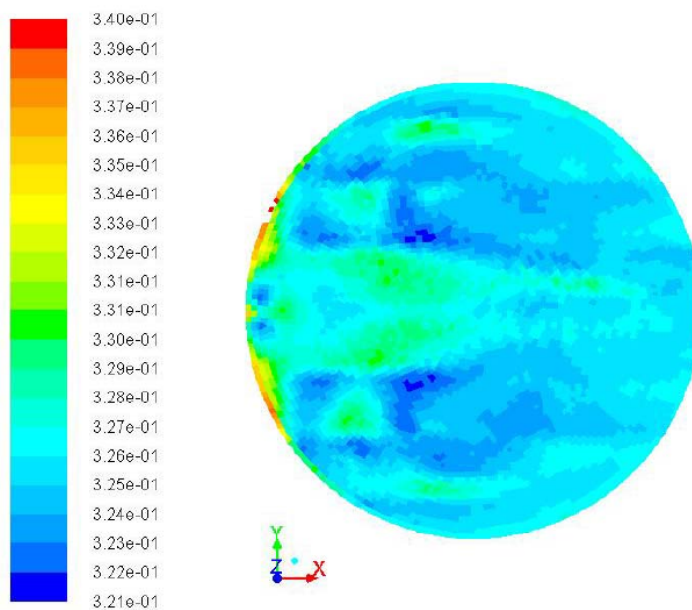


图 4-4 优化后陶瓷内件床层气体流速分布图

通过对比分析得知，优化后的陶瓷内件床层流速分布明显趋于均匀与缓和，更有利于装置的脱硫效果。

## 5. 总结

大冶有色烟气处理工程脱硫塔经过投产暴露出一些设计及选材上的不足，经过一系列优化改造后最终得以很好的解决，为新型催化法烟气脱硫技术的工程应用积累了宝贵的实践经验。

装置进行改造后，脱硫塔内件的强度得到了很大的提升，同时陶瓷的耐温及耐腐蚀效果要比玻璃钢优越很多，可以适应其他行业工况更复杂的气体，为新型催化法烟气脱硫技术向更多行业的推广奠定了一定的基础。

### 【作者简介】

李新，男，成都国化环保科技有限公司教授级高级工程师，从事烟气脱硫技术研究及应用。电话：18828059150；E-mail: [shine9150@126.com](mailto:shine9150@126.com)。

李艳松，男，成都国化环保科技有限公司工程师，从事烟气脱硫技术研究及应用。电话：15881124931；E-mail: [158412308@qq.com](mailto:158412308@qq.com)。