

# 530MW 机组脱硫吸收塔喷淋层优化实践

杨波

天津国能盘山发电有限责任公司，天津市蓟州区，301900；

**摘要：**本文对天津国华盘山发电有限责任公司采取建模核算方式进行吸收塔喷淋层流场分析的情况进行了介绍，希望能对同类工程起到一定的借鉴作用。

**关键词：**脱硫；喷淋层；优化

**DOI：**10.69979/3041-0673.25.10.022

## 引言

天津国能盘山发电有限责任公司（简称盘山电厂）现有两台机组现有容量为 $2 \times 530\text{MW}$ ，已服役 26 年，已进入寿命后期，出现能耗指标落后、机组灵活性无法满足电网要求、设备老化影响机组安全可靠运行等现状。盘山电厂实施机组创新升级及延寿改造工程，对主机设备进行升级改造，同时对烟气污染物排放提出了更高的目标要求（烟气二氧化硫排放 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ），充分利用现有烟气脱硫装置进行深度减排改造是有必要的。

脱硫吸收塔提效改造应用较为成熟技术流派包括：增设预洗塔、增加烟气均布装置（合金托盘、旋汇耦合器等）、增加浆液循环量、单塔双循环等，其中改造难度及工程量较小的方案为增加烟气均布装置（合金托盘、旋汇耦合器等）、增加浆液循环量。根据吸收塔提效的实际需求选择适合的技术方案，以最小化的工程投资获取较高的效率提升也是十分必要的。本文介绍了天津国华盘山发电有限责任公司脱硫吸收塔喷淋层优化改造情况，希望能给同类工程管理提供一些借鉴。

## 1 烟气脱硫系统概况

盘山电厂现有烟气脱硫装置采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺，一炉一塔配置。脱硫装置配置两台增压风机，单台吸收塔配置四台浆液循环泵，两台氧化风机，吸收塔浆池采用脉冲悬浮，氧化空气管网式布置，设置除雾器系统，石膏排放泵等设备。

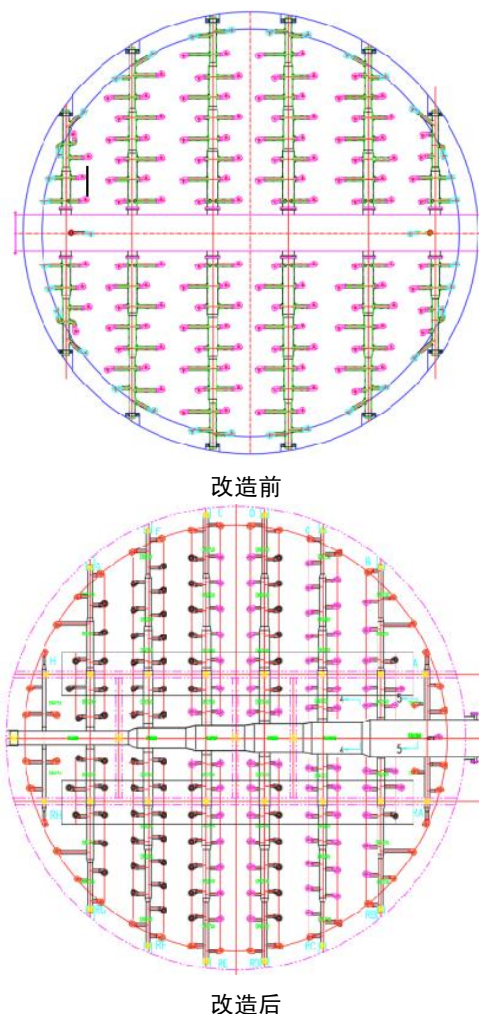
2015 年由北京清新环境技术股份有限公司进行了吸收塔提效改造，拆除了原有 GGH 系统，在吸收塔内增设二代旋汇耦合器、更换全部喷淋层的分支管及喷嘴、拆除了原有两层屋脊式除雾器、安装管束式除尘器、对除雾器冲洗水进行了优化。脱硫吸收塔通过“湍流器+高效喷淋+管束式除尘器”配套使用，在脱硫系统入口  $\text{SO}_2$  浓度为  $1500\text{mg}/\text{Nm}^3$ （标态，干基，6% $\text{O}_2$ ）时，脱硫系统出口  $\text{SO}_2$  含量不大于  $15\text{mg}/\text{Nm}^3$ （标态，干基，6% $\text{O}_2$ ）；

在脱硫系统入口粉尘含量不大于  $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ （标态，干基，6% $\text{O}_2$ ）时，系统出口粉尘含量不大于  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ （标态，干基，6% $\text{O}_2$ ）。

## 2 喷淋层建模优化分析

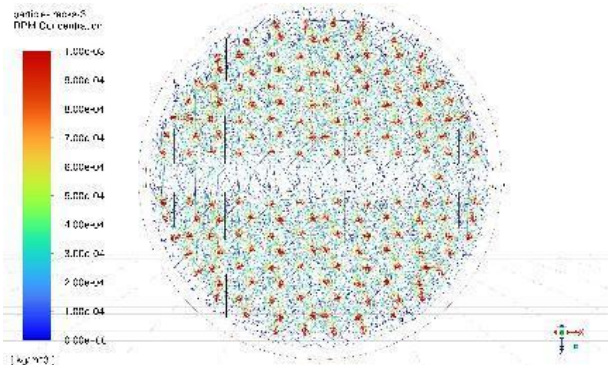
为了验证喷淋层优化改造方案的可行性，分析喷淋层改造前后对烟气均布性的影响，本次改造采取建模核算方式进行了吸收塔流场分析。

### 2.1 改造前、改造后喷淋层的布置对比

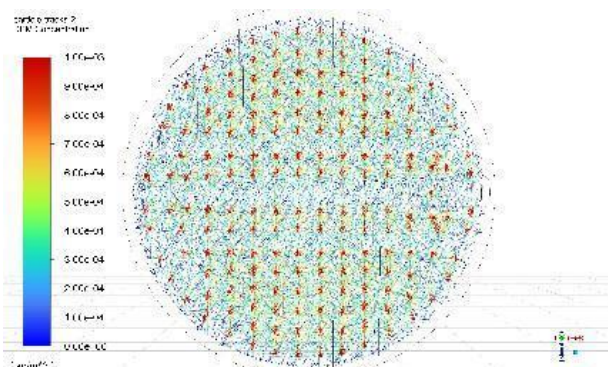


改造前，吸收塔配置四层喷淋层，单层喷淋层配置等径母管，每层配置 12 根分支管及 166 个空心锥喷嘴；改造后，吸收塔配置四层喷淋层，单层喷淋层配置变径母管及支撑梁，每层配置 16 根分支管及 185 个空心锥喷嘴；通过增加喷嘴数量改善喷淋层浆液均布效果。

## 2.2 改造前、改造后喷淋效果模拟对比



改造前上层单层喷淋效果



改造后上层单层喷淋效果

从雾化浆液的颗粒轨迹可以看出：改造前，喷淋层主管部分区域两侧的喷嘴布置间隙大，导致喷淋层主管下部浆液对烟气的覆盖性较差；改造后，喷淋层喷嘴数量增加及位置优化后，浆液的雾化颗粒均匀性和对烟气的覆盖性得到改善。

经过建模分析，喷淋层浆液颗粒度均匀性指数对比数据见下表。

项目	改造前	改造后	喷嘴类型
下单层上表面	0.225	0.247	单向+双向
下单层下表面	0.277	0.296	单向+双向
上单层下表面	0.274	0.305	单向

从喷淋层浆液颗粒度均匀性指数分布可以看出：本次改造喷嘴位置优化及数量增加后，不同喷淋层的喷淋系统浆液颗粒面均匀性指数均有所提高，反应出颗粒质量百分比在特征截面上分布均匀性有明显提高。从建模

分析结果看，改造后浆液的雾化颗粒均匀性和对烟气的覆盖性较改造前均得到改善。

## 2.3 基础承载力核算

本次改造吸收塔内主要更换了喷淋层及喷嘴，新增喷淋层支撑梁。原喷淋层单层主管重量 5.57 吨，改造后单层喷淋主管及支撑梁重量为 5.824+1.7=7.52 吨，较改造前增加 1.954 吨，4 层喷淋层改造增加总重量 7.816 吨。吸收塔浆池不做改造，保持原设计正常液位 14.8m 运行，吸收塔内部浆池容积未改变。

经核算，吸收塔喷淋层优化改造对吸收塔基础承载力影响可以忽略，不影响吸收塔安全运行。

## 3 吸收塔改造方案

盘山电厂脱硫吸收塔高 40.52 米，吸收塔直径 15 米，配置 4 层喷淋层，对应的浆液循环泵设计流量 760  $\text{m}^3/\text{h}$ ，综合考虑烟气量较改造前减少约 13.5%、场地限制、吸收塔喷淋层建模分析结果，确定本次脱硫吸收塔提效改造主要原则为吸收塔不拔高，不设烟气旁路。吸收塔提效改造方案包括：

### (1) 喷淋层优化改造：

原有四层喷淋层全部拆除，更换新的 FRP 喷淋层；更换全部喷嘴，每层喷嘴 185 件，喷嘴与支管联接采用缠绕式结构；吸收塔壁周围一圈布置 90 度空心离心锥喷嘴，中间布置 120 度空心离心锥喷嘴。最外围喷嘴距塔壁为 600mm，最外围喷嘴向远离塔壁方向倾斜  $15^\circ$ ；平均单个喷嘴流量 40.18  $\text{m}^3/\text{h}$ ，喷嘴压力 0.07MPa。在设计压力下，保证流量偏差为  $\pm 5\%$ ，喷射角度为  $90^\circ \pm 5^\circ$  和  $120^\circ \pm 5^\circ$ 。

### (2) 湍流器全面检查补焊

由于烟气量较改造前减少约 13.5%，经核算吸收塔内旋汇耦合器仍在使用的流速范围内，只做全面检查补焊。烟气通过过湍流器处流速越小，持液层也越低，阻力越小。

### (3) 管束式除尘器优化设计

由于烟气量较改造前减少约 13.5%，经核算需将吸收塔管束除尘器 144 个管束进行封堵，保留 744 个单元工作，并对管束除尘器进行全面检查消缺，保证出口尘达标排放。

### (4) 利旧原有 4 台循环泵，对浆液循环泵通流部件

(壳体、护板、叶轮) 及浆液管道进行耐磨修补处理。

(5) 对吸收塔内部衬胶防腐层缺陷进行检查修补, 对防腐施工期间产生的金刚砂、破碎衬胶、石膏垢块等进行全面检查清理, 确保改造后不发生杂物堵塞浆液循环泵滤网及喷淋层喷嘴事件。

(6) 改造后吸收塔性能参数

改造后, 在燃用设计煤种情况下满足脱硫出口烟气二氧化硫排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。脱硫吸收塔主要性能参数见下表。

项目	单位	数据
烟气量 (标态 干基 6%氧)	$\text{Nm}^3/\text{h}$	1596276
燃煤含硫	%	0.67
FGD 入口 $\text{SO}_2$ 浓度 (标态 干基 6%氧)	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	1500
FGD 出口 $\text{SO}_2$ 浓度 (标态 干基 6%氧)	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	$\leq 10$
脱硫效率	%	$\geq 99.34$
装置可用率	%	$> 99$
FGD 入口烟尘 (标态 干基 6%氧)	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	$\leq 35$
FGD 出口烟尘 (标态 干基 6%氧)	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	$\leq 5$
原烟气温度	$^{\circ}\text{C}$	152.7
净烟气温度	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 51$

FGD 系统阻力	Pa	#1: 2677 #2: 2552
FGD 出口雾滴含量 (标态 干基 6%氧)	$\text{mg}/\text{Nm}^3$	$\leq 30$

## 4 总结

盘山电厂通过采取对吸收塔喷淋层进行建模核算方式验证喷淋层改造方案的效果, 从而确定吸收塔喷淋层优化改造的具体方案, 希望能给同类工程提供借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 盘山公司脱硫塔喷淋系统 CFD 模拟分析报告, 北京清新环境技术股份有限公司, 2023
- [2] 盘山公司俄制 530MW 机组检修工艺规程 (脱硫专业), 天津国能盘山发电有限责任公司, 2023
- [3] 盘山公司煤种变化条件下脱硫系统适应性评估可行性研究报告, 山东省环能设计院股份有限公司, 2025

作者简介: 杨波 (1982.12-), 男, 天津市蓟州区人, 工程师, 从事火力发电厂锅炉、除灰、脱硫专业技术管理工作。