



京能集团2016年环保改造技术交流会



陶 明

西安热工研究院有限公司环保所所长助理，西热锅炉环保工程公司工程管理部经理助理。从事烟气脱硫装置性能试验、设计、及总包工程管理近10年，获得省部级奖励2次，成功在华能左权及上都电厂应用具有自主知识产权的高性能高效水平流式烟道除雾器。发表或申请专利及论文近10篇。

火力发电厂烟气超低排放技术之污染物协同脱除治理路线

燃煤电站烟气污染物协同治理及高性能 除雾器的研发与应用

陶明

西安热工研究院有限公司

2016年3月

主要内容

一、前言

二、烟气协同治理路线简介

三、吸收塔改造方案简介

五、高性能除雾器研发及测试

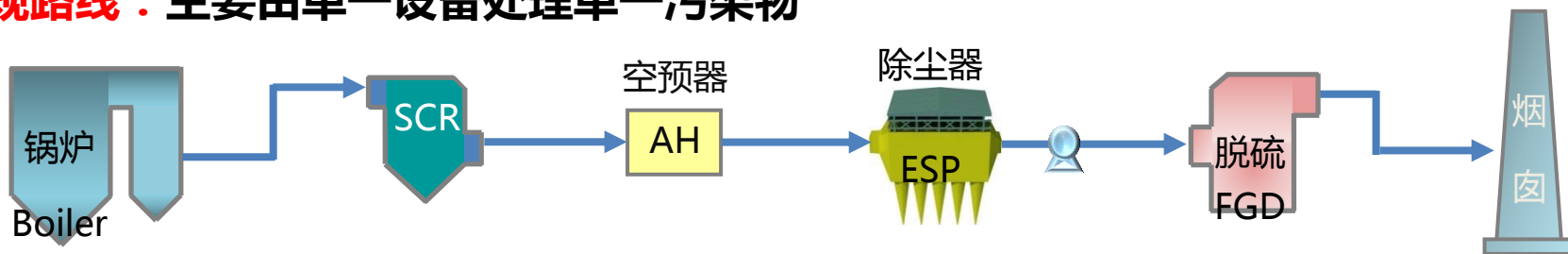
六、高性能除雾器应用

七、总结

前言

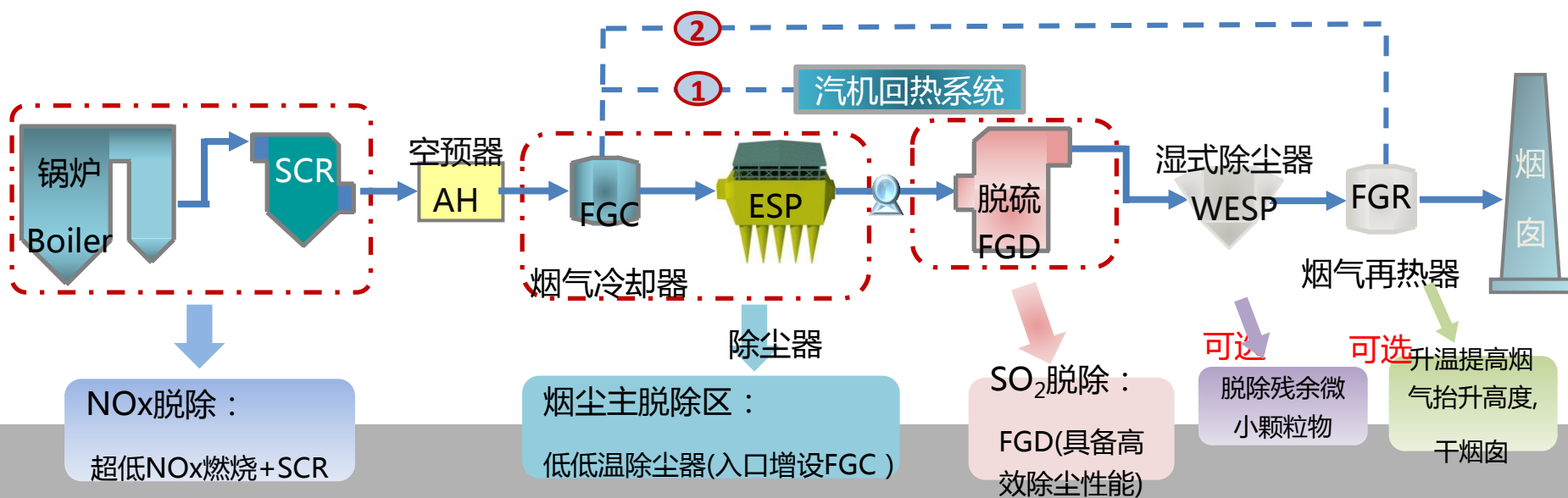
烟气协同治理路线于2014年开始在华能股份公司所属电厂的超低排放改造项目上实施。目前我们不掌握塔内协同脱除粉尘的理论及实验数据，本次介绍中相关内容引用华能股份公司相关资料。2014年初我院开始自主研究其中的核心设备——高性能除雾器，2015年应用在华能集团的超净改造项目中，并已达到改造指标要求。下面对以上两方面的工作做以介绍。

常规路线：主要由单一设备处理单一污染物



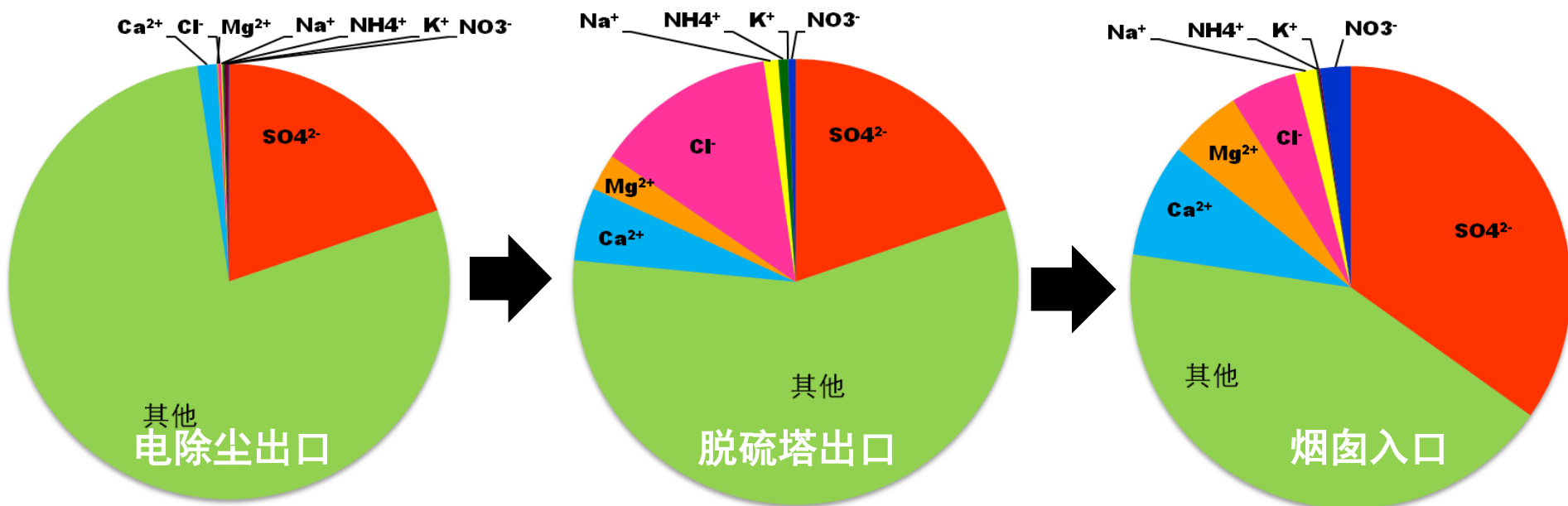
高效协同路线：多个设备处理多种污染物

- 直接脱除主污染物,并对其它污染物也进行脱除
- 间接为其它设备脱除污染物创造有利条件



湿法脱硫（电除尘器 — 常规脱硫塔 — 烟道除雾器）

• 烟尘化学成分随烟气流程变化

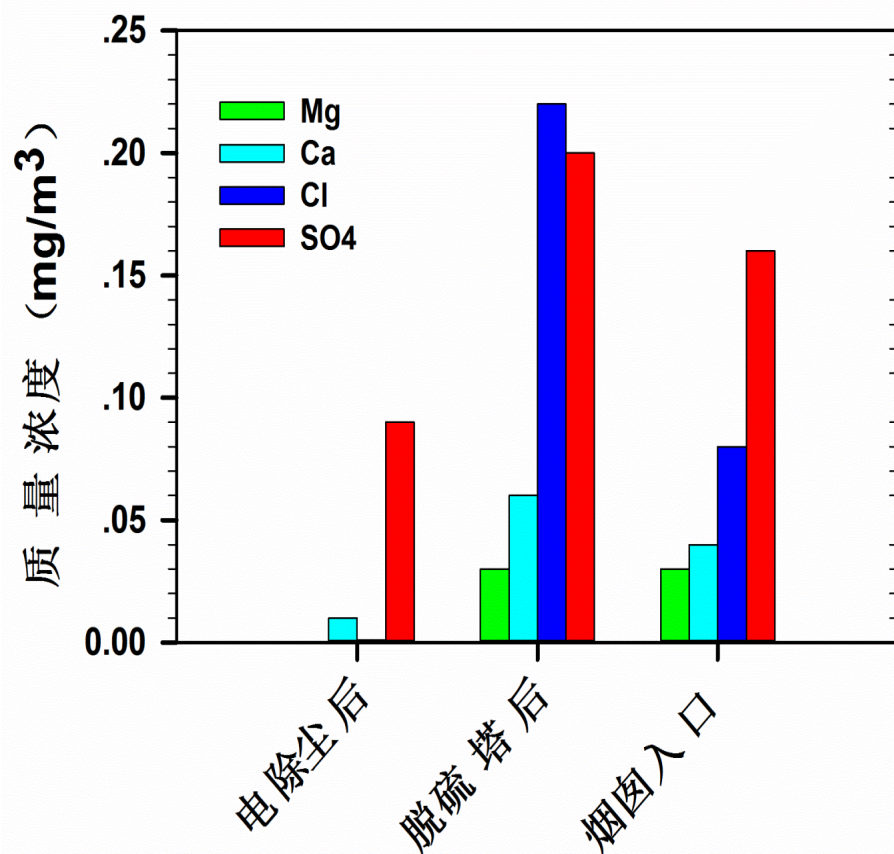
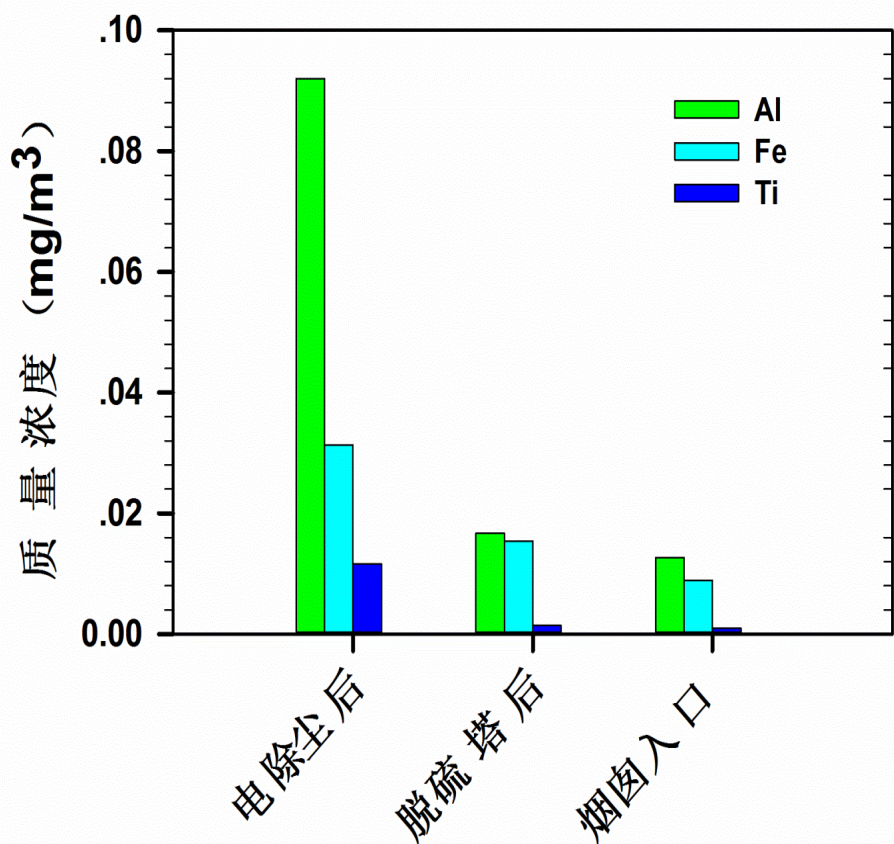


➤ SO_4^{2-} 和 Ca^{2+} Mg^{2+} 离子所占比例增加，且卤族 Cl^- 占较高比例

脱硫浆携带贡献了一部分烟尘

湿法脱硫（电除尘器 — 常规脱硫塔 — 烟道除雾器）

- 烟尘化学成分随烟气流程变化



高效除尘的湿法脱硫（单塔）

强化烟尘洗涤效果

- **多孔烟气分布器等技术**

强化气液固(烟尘)传质

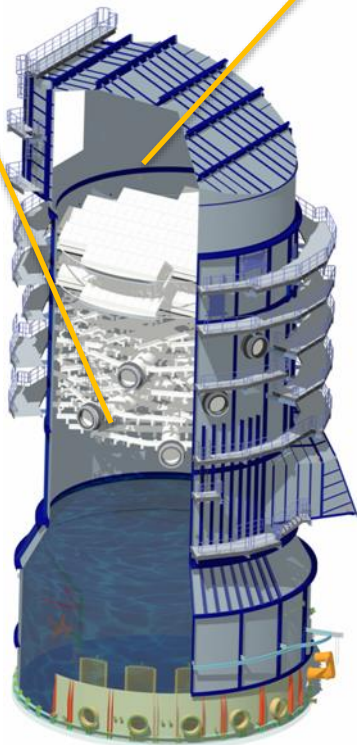
- **塔壁增效环技术**

避免壁面烟气短路

- **喷淋优化技术**

喷嘴型式优选和布置优化，
保证浆液高覆盖率，无泄漏，
无偏流

合理设置喷淋层数量及间隔
高度



减少浆液携带

- **高效除雾技术**

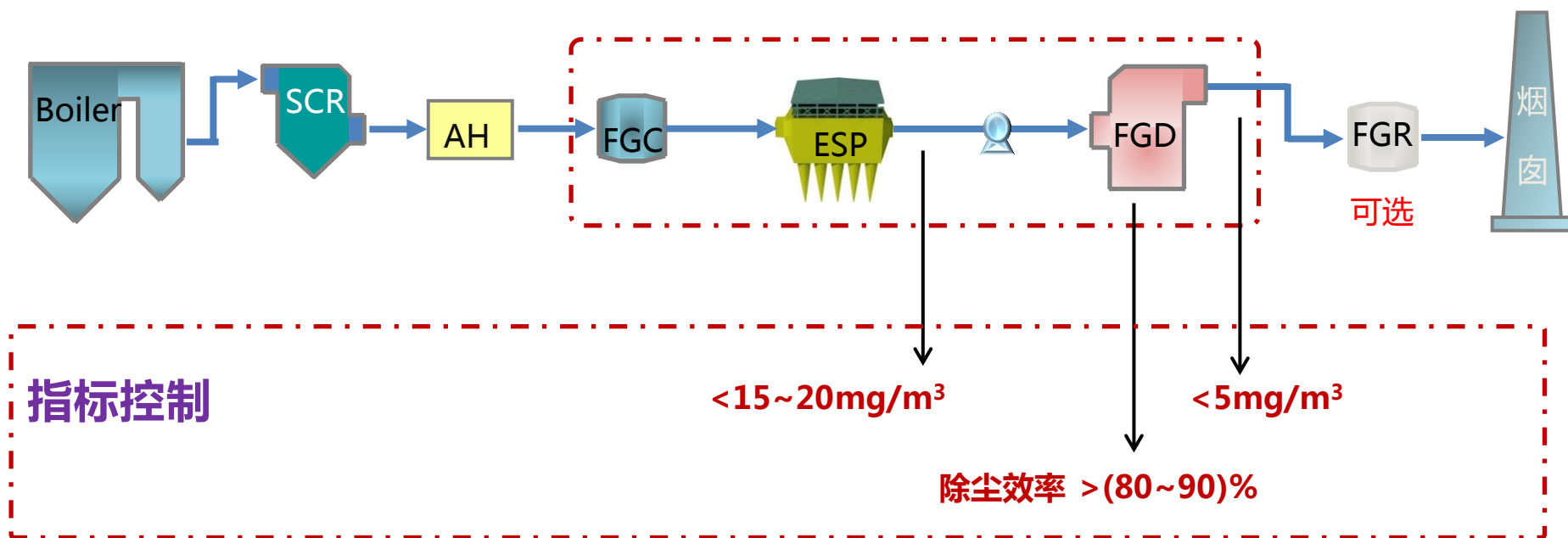
除雾器型式：塔内、烟道除雾器

选择合适的流速范围

选择合适的空间布置方式

烟尘协同脱除典型系统配置（吸收塔可以是单塔也可以是双塔）

不设置WESP实现烟尘排放 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$

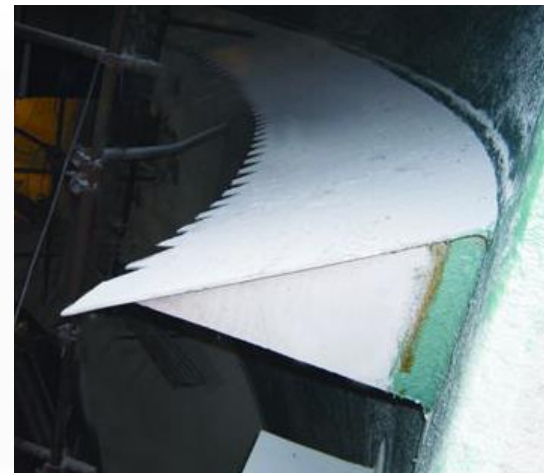


① 托盘设置

- 气流均布
- 提高塔内除尘效果



托盘



塔壁增效环

② 喷淋层优化

- 中间采用双头空心锥喷嘴
- 四周采用双头实心锥喷嘴

③ 塔壁增效环

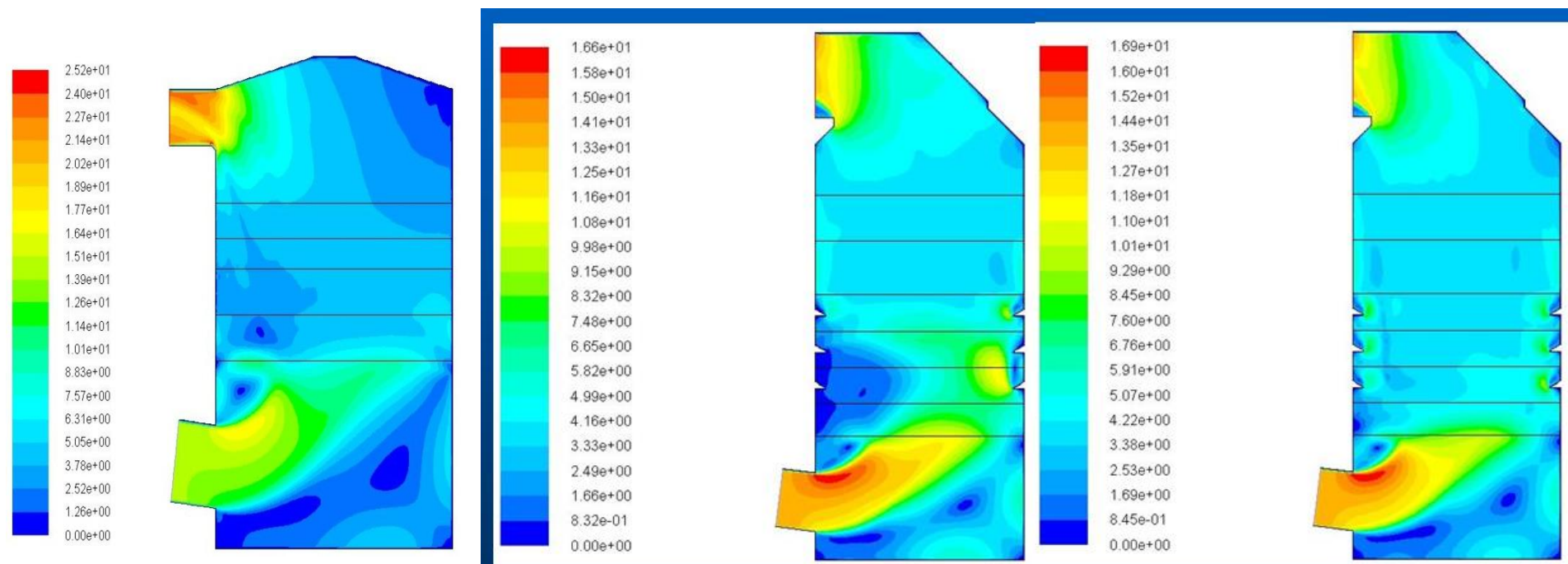
- 避免塔壁面出的烟气流短路
- 收集贴壁液流



双头喷嘴

④ 高效除雾器

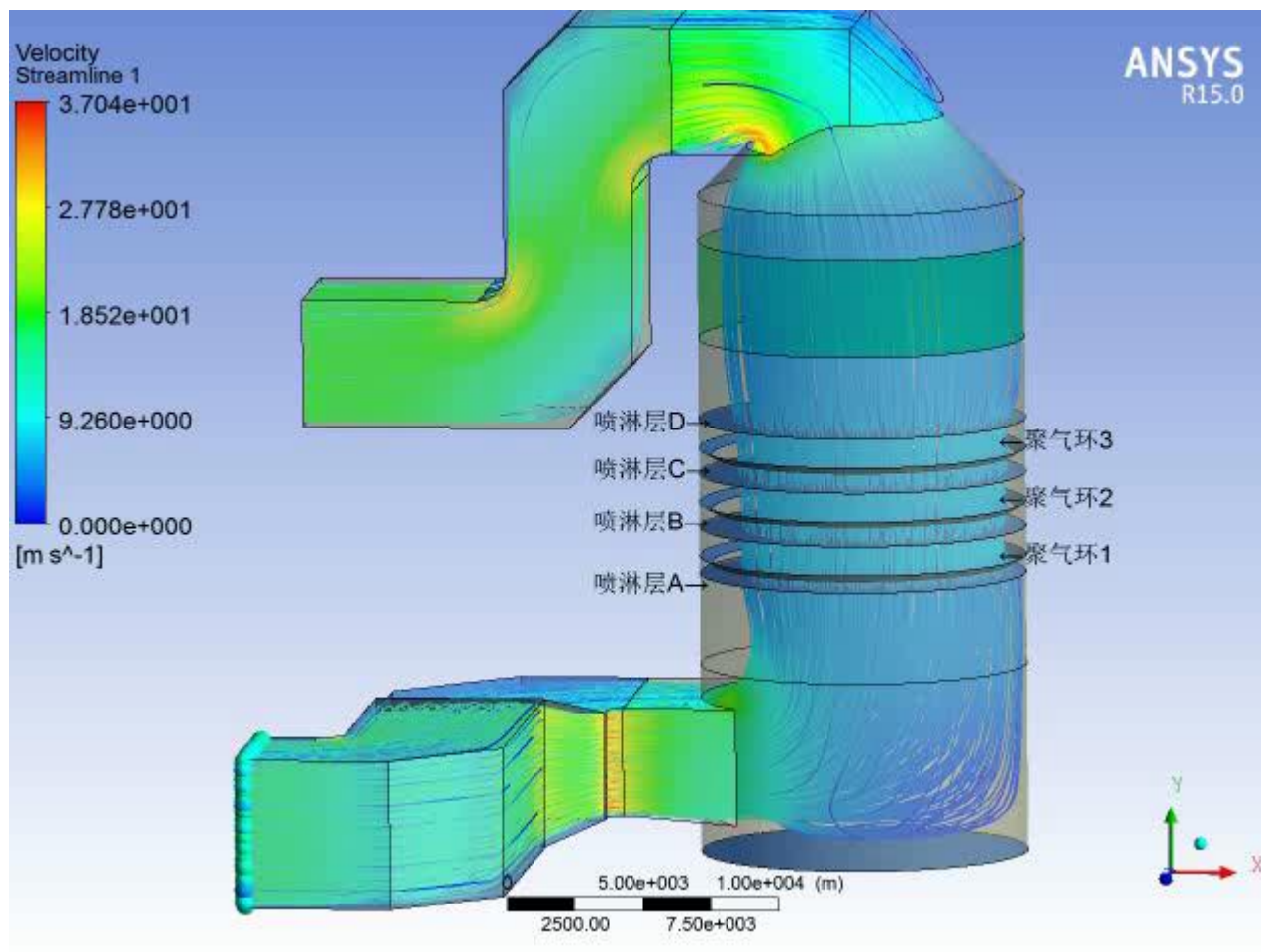
- 有效控制塔内浆液携带，降低出口粉尘浓度



吸收塔改造前

改造后（运行两层喷淋，运行四层喷淋）

吸收塔改造数值模拟



吸收塔改造数值模拟

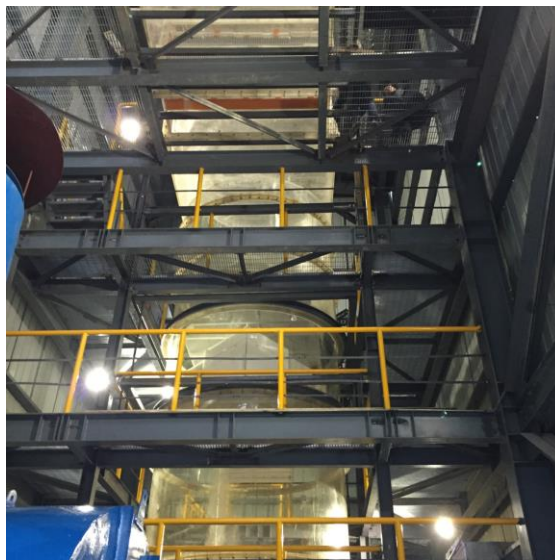
吸收塔改造物理模型模拟



采用协同路线的超低排放改造投产项目情况（不含湿电路线及协同双塔改造项目）

序号	项目名称	投产时间	入口	出口	备注
1	华能杨柳青热电厂三期2×300MW机组	2015年6月	1644 20	20 5	投产
2	华能阳逻电厂3号300MW机组	2015年11月	3200 25	35 5	投产
3	华能南京电厂2号320MW机组	2015年11月	2800 25	35 5	投产
4	内蒙古上都发电有限责任公司一期#1、2 机组2×600MW机组	2015年12月	3500 30	35 5	投产
5	其他近10台单塔超低排放改造机组在建				

● 除雾器实验台



(a) 实验台全貌



(b) 实验台喷淋层



(c) 实验台吸收塔转弯

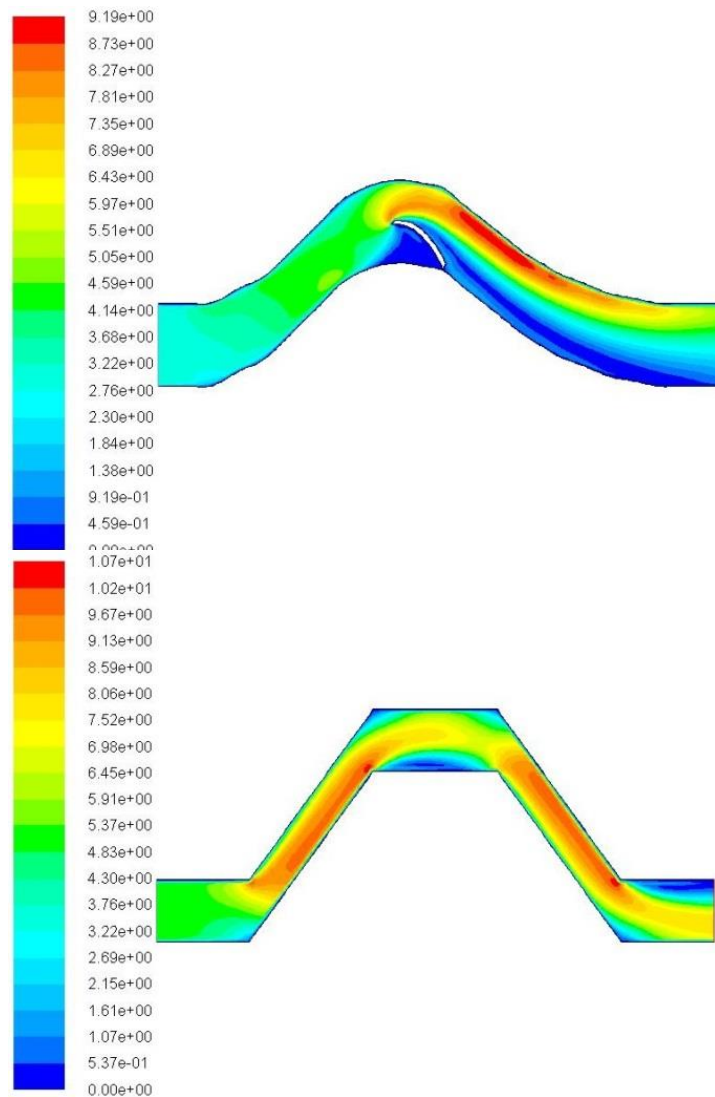
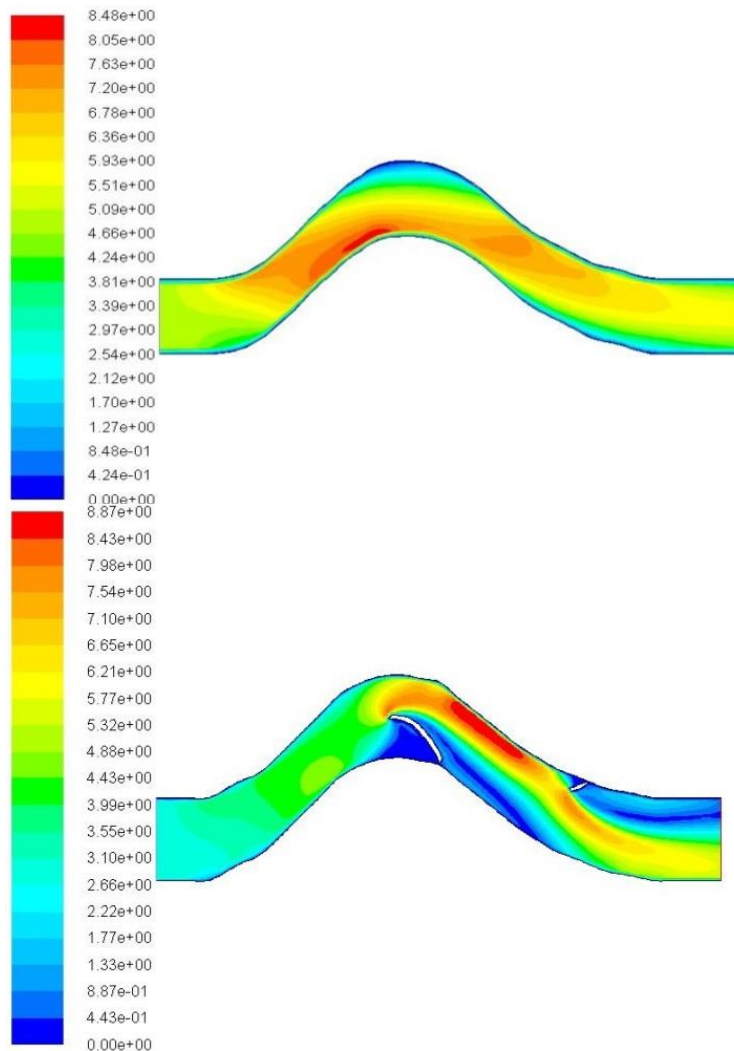


(d) 实验台烟道除雾器段

● 实验台参数

名称	单位	数据	备注
吸收塔模型	mm	Φ2650×100000	
水平烟道	mm	2000×3000	高×宽
	mm	10000	长
塔内气体流速	m/s	3~6	
风机最大风量	m ³ /h	100000	
最大喷淋量	m ³ /h	220	

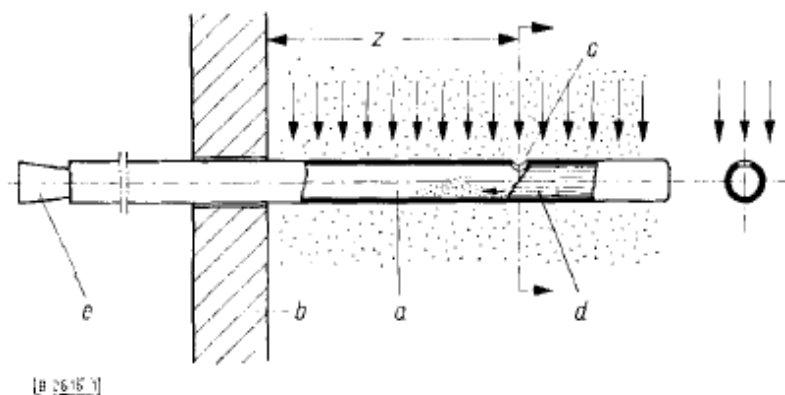
● 除雾器叶片数值模拟



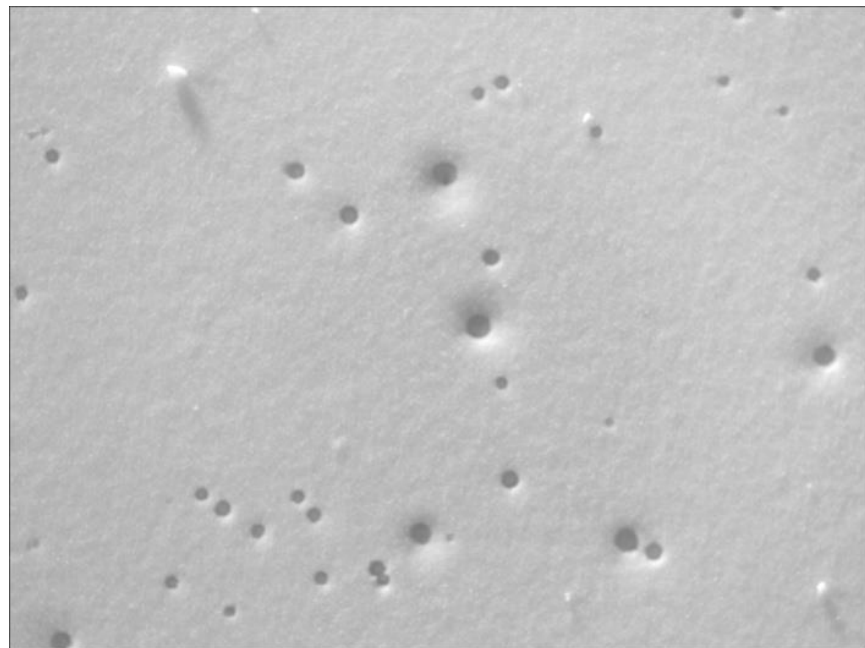
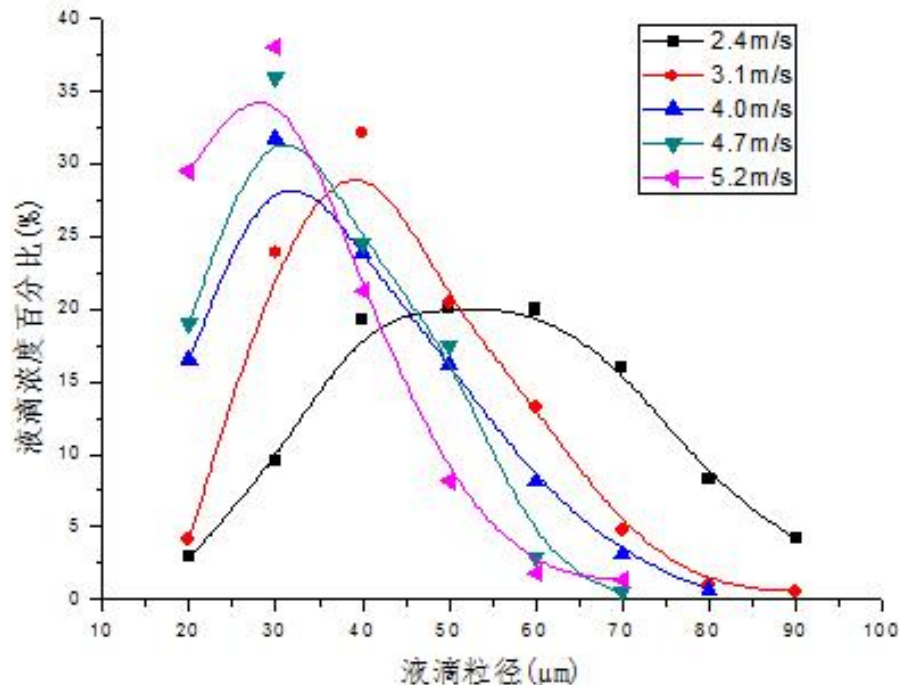
● 除雾器性能测试

目前我国对湿法脱硫系统除雾器出口液滴含量采用GB/T21508《燃煤烟气脱硫设备性能测试方法》中的镁离子法来测量。本研究采用VDI3679 Blatt3中的氧化镁撞击法（MgO-impactor method）对除雾器出口液滴含量进行测试，与目前国标方法不同，氧化镁撞击法不但可以获得气体中液滴的含量，也可以得到液滴粒径及分布规律等特征，该方法已成为国外主要除雾器生产商优先选择的测试方法。

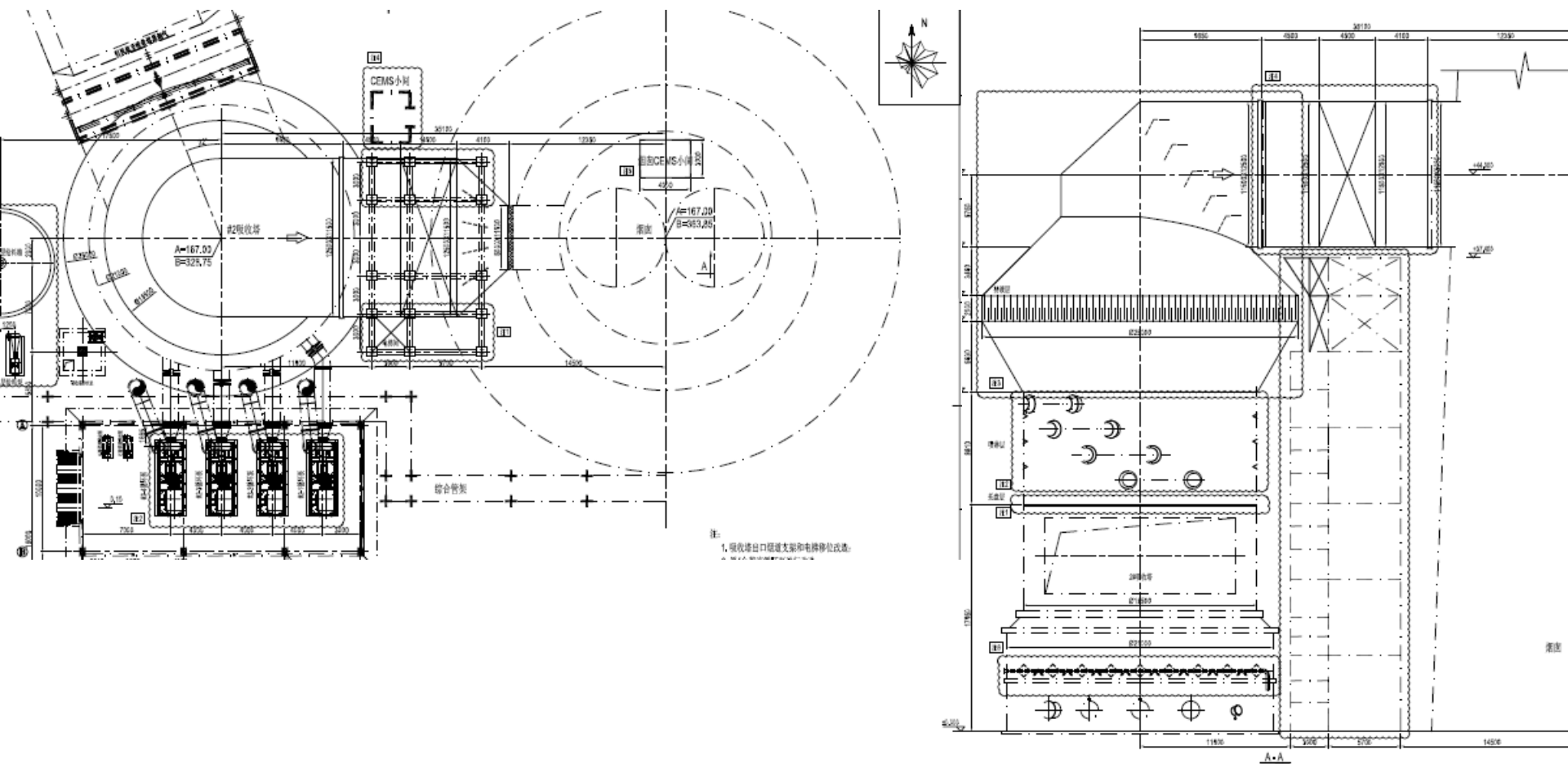
氧化镁撞击法是一种直观的物理测试方法，其主要原理是在载玻片上覆盖一层质地柔软的氧化镁膜层，通过固定在采集器探头迎面暴露在垂直烟气方向，并且停留一段时间，当烟气以一定的速度垂直迎面流向固定在取样器探头中的氧化镁载玻片时，烟气中携带的液滴则会随着气流撞击到氧化镁载玻片上，氧化镁膜在受到液滴的撞击后则会留下永久性的印记小坑，简称为“弹坑”。



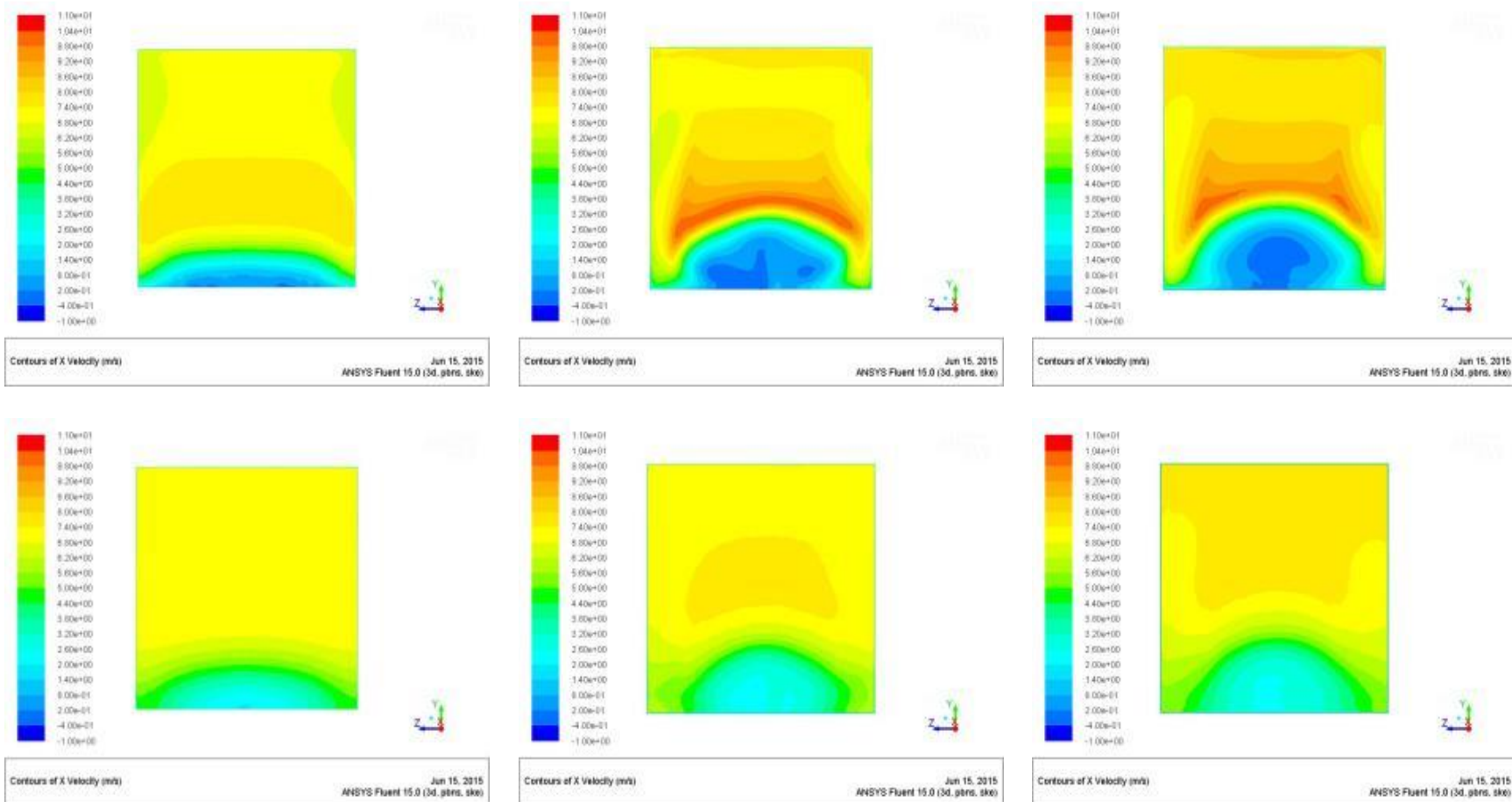
将带有弹坑的氧化镁载玻片在显微镜下观察并统计弹坑的直径和数量，得出弹坑的直径和分布规律，再经过数据的折算及修正等处理计算，从而获得烟气中的液滴含量、粒径及分布规律等特征值。典型的显微镜下弹坑图片。



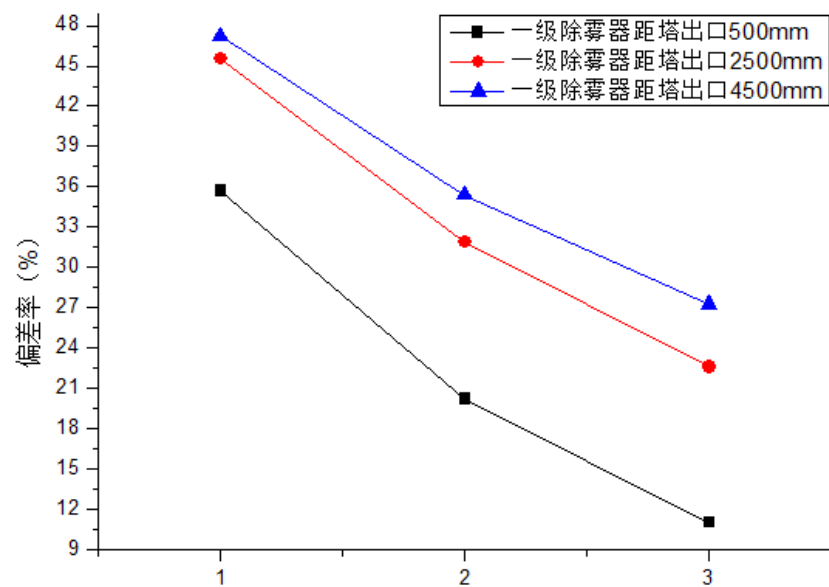
● 高性能除雾器应用情况（600MW机组）



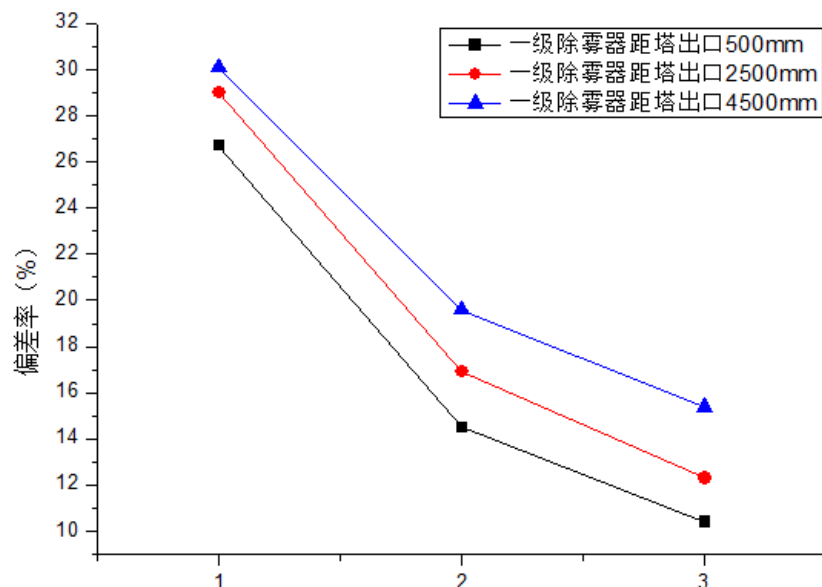
● 烟道流场数值模拟特征截面速度分布



● 一级除雾器进出口特征截面速度偏差曲线



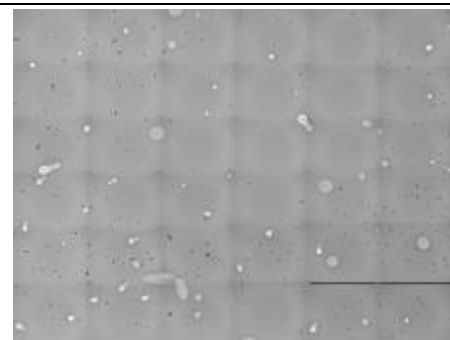
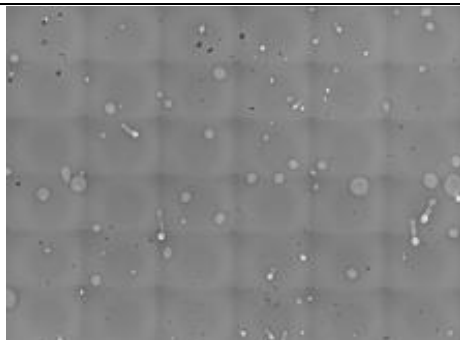
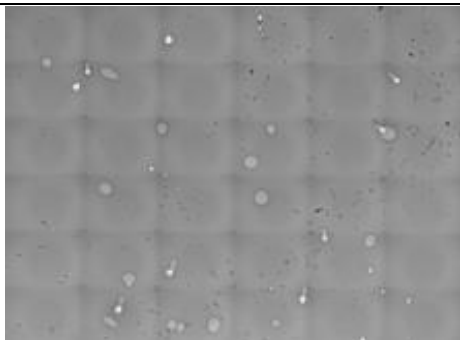
一级除雾器入口



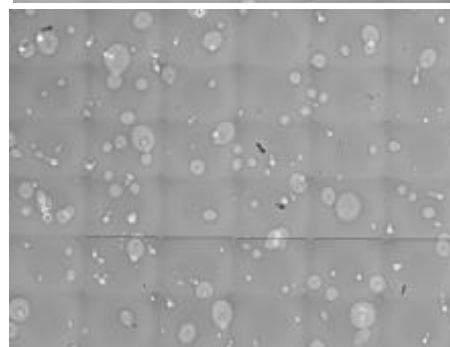
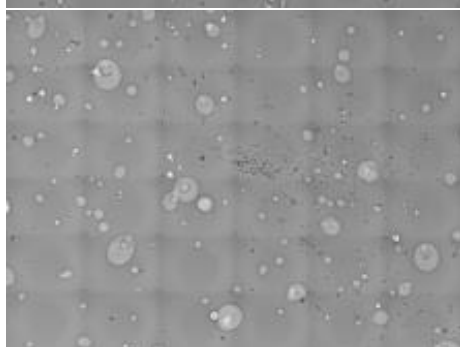
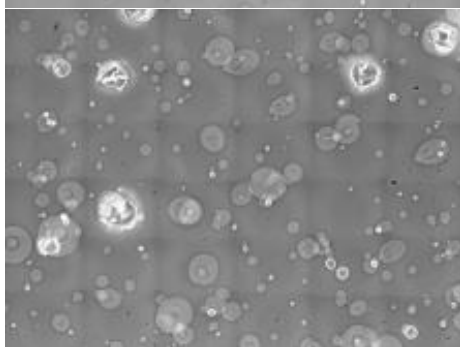
一级除雾器出口

● 烟道入口液滴测试（氧化镁膜片显微图）

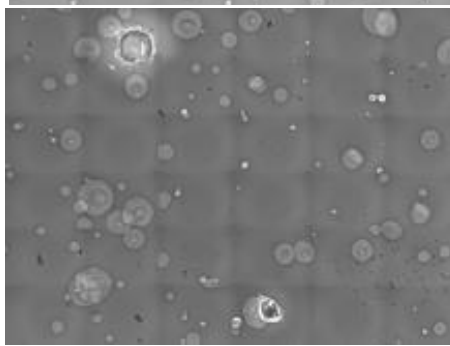
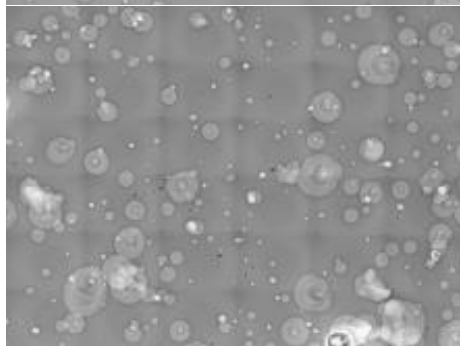
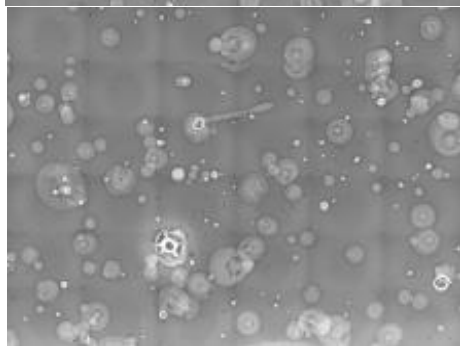
50%负荷



80%负荷

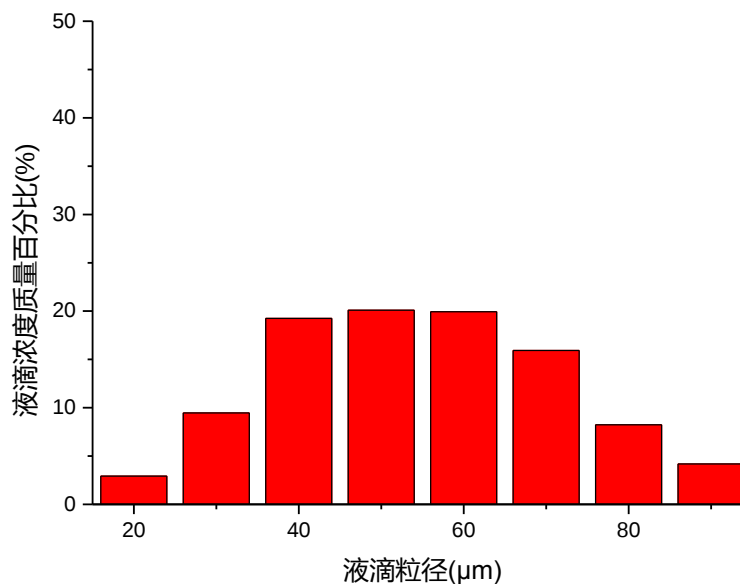
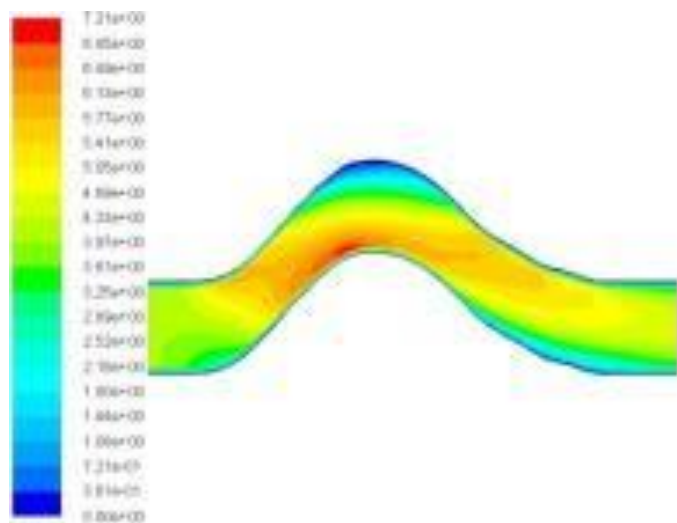


100%负荷



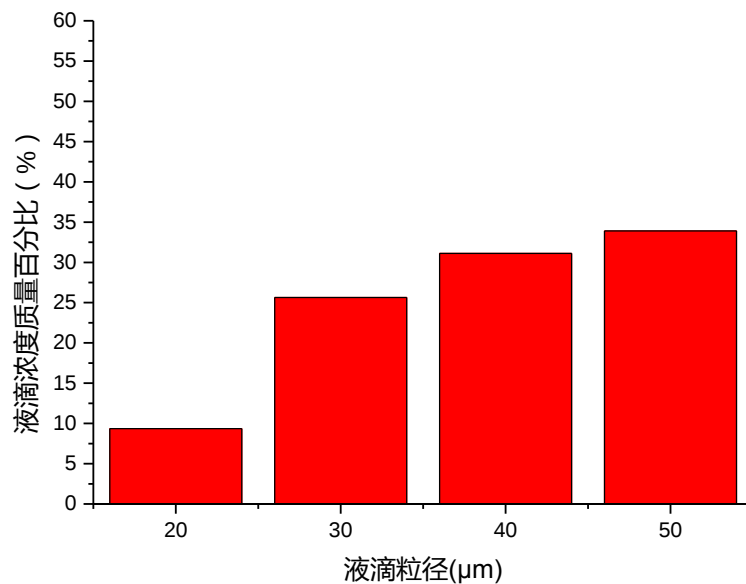
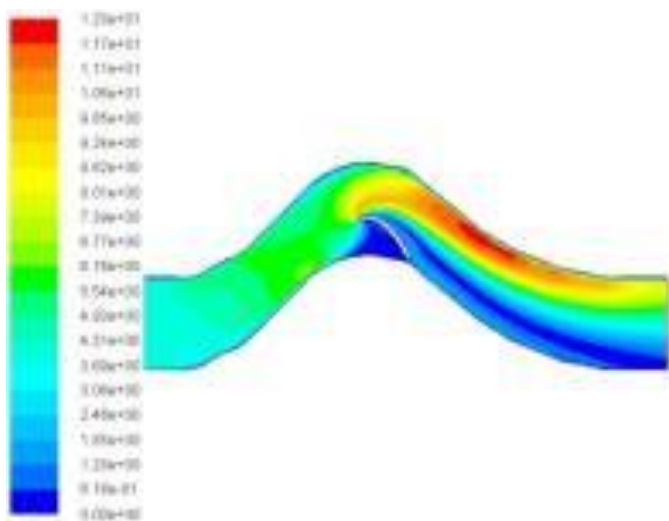
- 烟道除雾器各级叶片形式及间距选择（相同工况下，实验台数据）

第一级除雾器间距30mm。除雾效率约为95%，入口液滴含量约为20g/m³，出口液滴含量1000mg/m³。



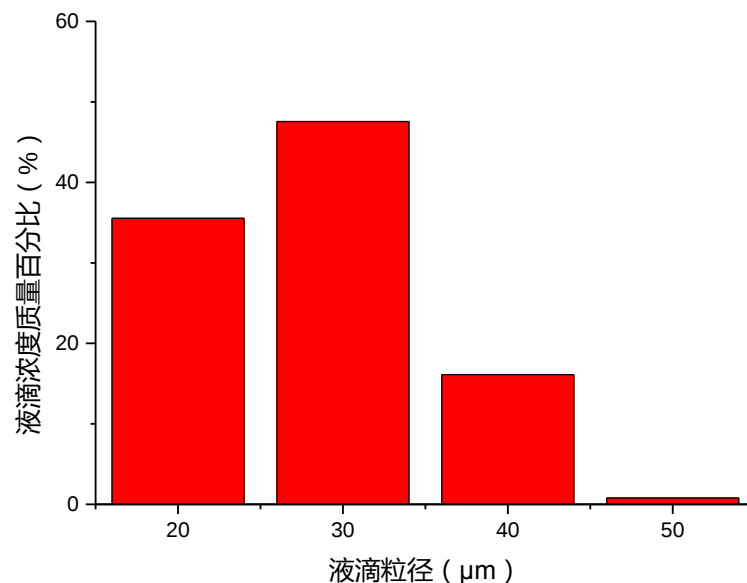
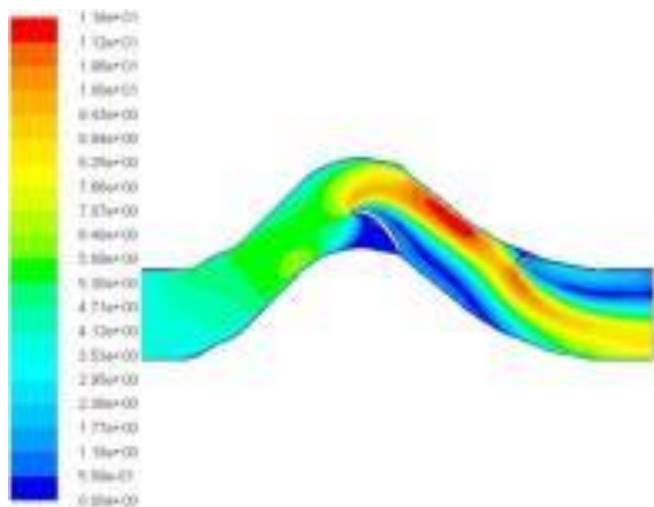
- 烟道除雾器各级叶片形式及间距选择（相同工况下，实验台数据）

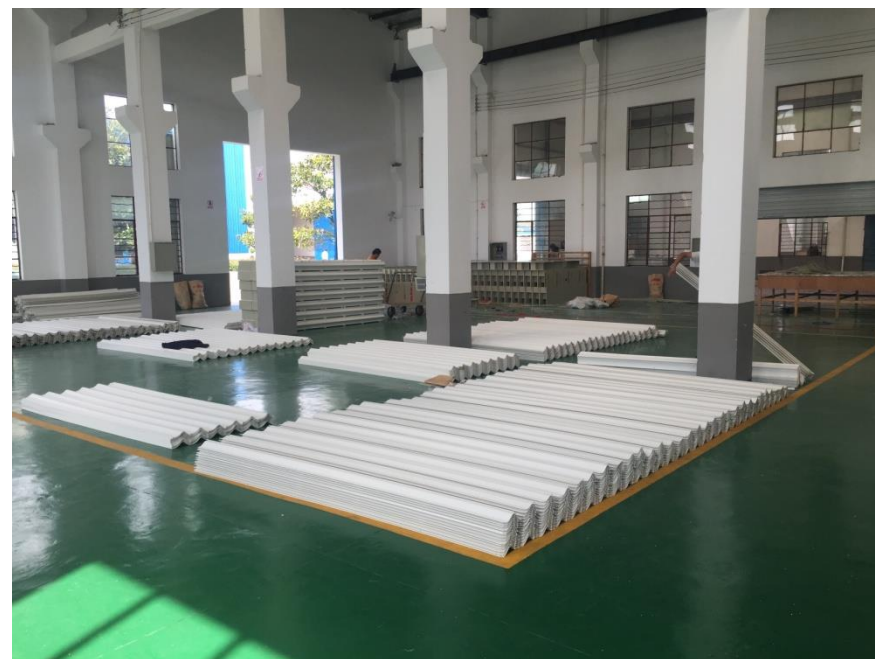
第二级除雾器间距27.5mm。除雾效率约为95%，入口液滴含量约为1000mg/m³，出口液滴含量50mg/m³。

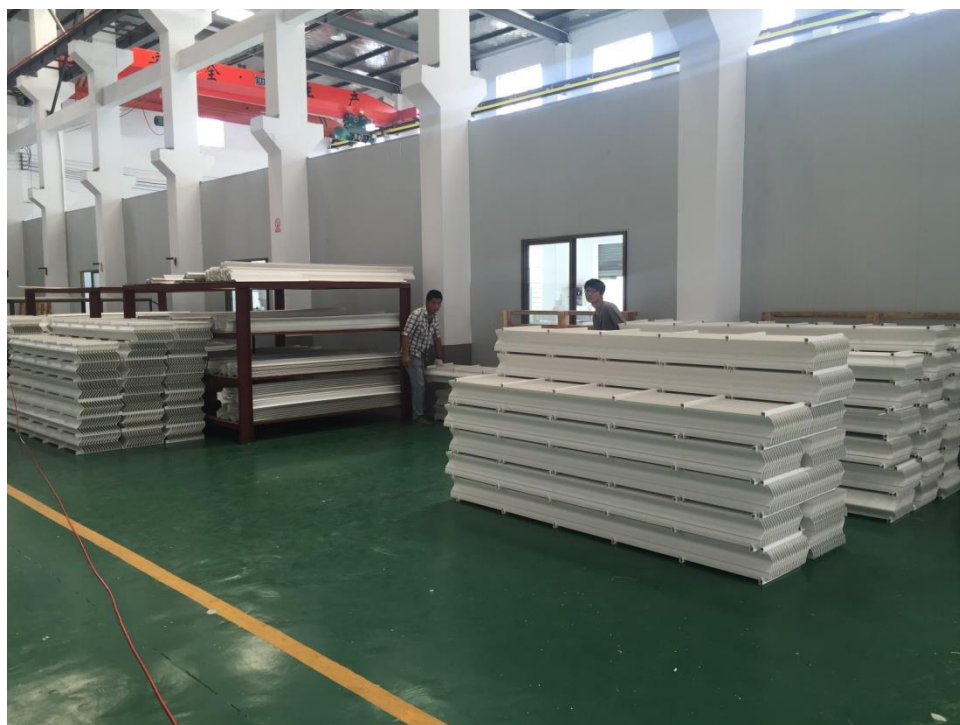


- 烟道除雾器各级叶片形式及间距选择（相同工况下，实验台数据）

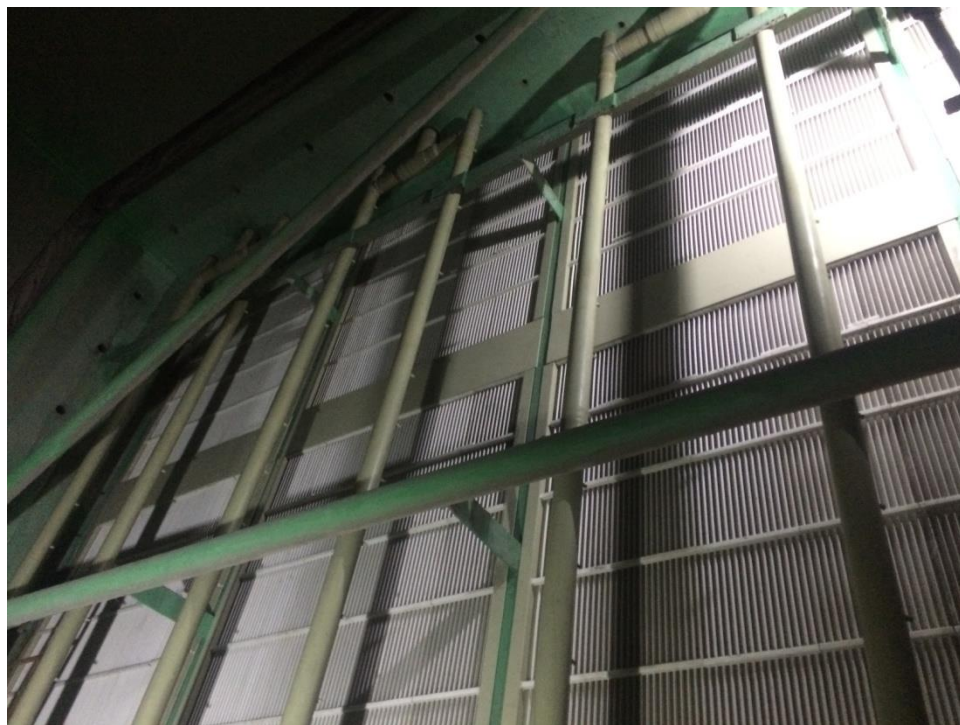
第三级除雾器间距25.0mm。除雾效率约为97%，入口液滴含量约为50mg/m³，出口液滴含量15mg/m³。





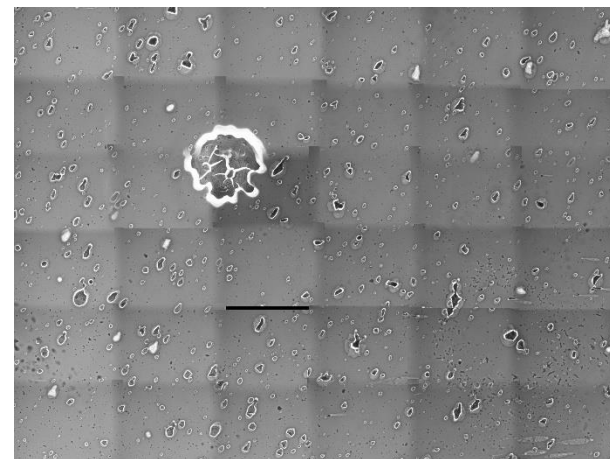
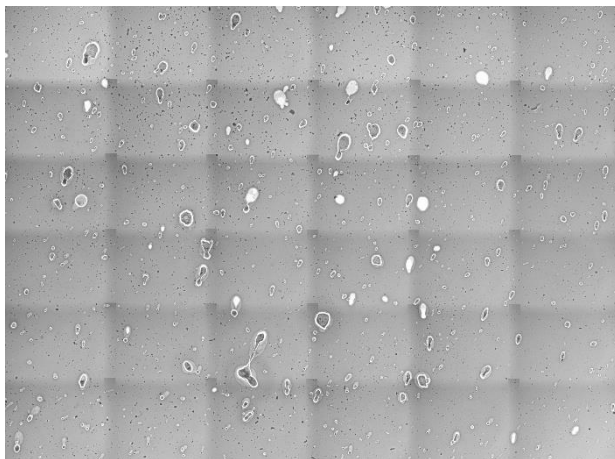




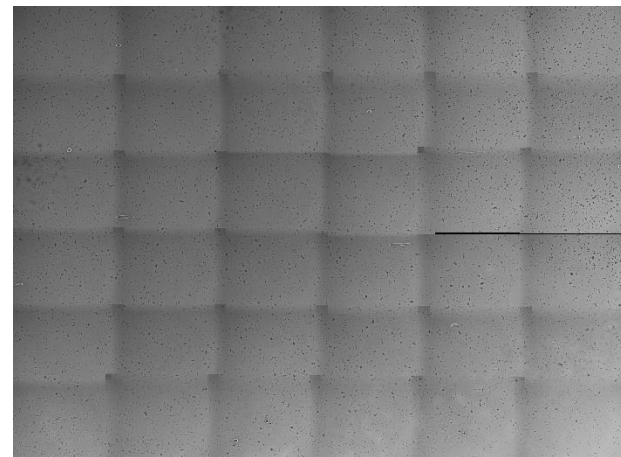
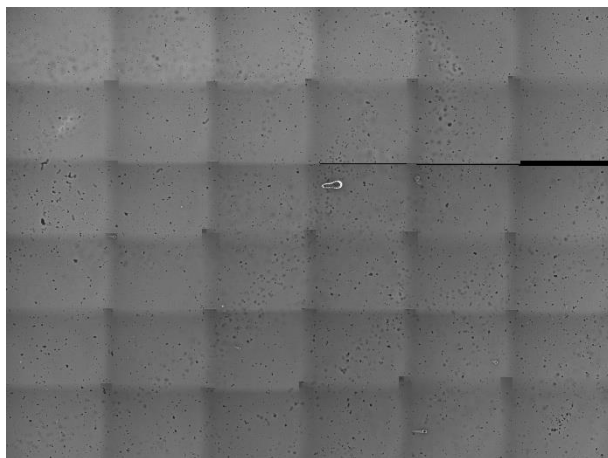


- 最终测试情况

- 入口，取样时间0.5秒



- 出口，取样时间11.0秒



按照氧化镁膜片撞击法测量结果为 9.75 mg/m^3 。

按照国标中的雾滴测试方法测试雾滴平均值为 13.7 mg/m^3

● 总结

单塔协同超低排放改造技术路线，具有投资省、改造工作量小、工期短、运行费用低的特点，尤其适合煤质条件好的电厂。目前该技术发展趋向中高硫煤及高灰分煤种的应用，并同时兼顾系统运行的经济性以及可靠性。在机理方面，需要对吸收塔协同除尘进行定量研究，研究塔内各因素对粉尘脱除的贡献，从而更准确的指导工艺设计。高性能除雾器发展趋势为高速、小空间、阻力适中的除雾器组合，由于高速水平流式烟道除雾器具有设计灵活、对原有吸收塔影响较小，有利于脱硫系统控制水平衡的特点，是未来高性能除雾器发展趋势。

Thank you very much for your attention!

追 求 卓 越
求 实 创 新
规 范 诚 信
以 人 为 本

谢 谢!