



燃煤电厂脱硫除尘一体化超洁净排放的改造实践

河南华润电力首阳山有限公司
2015年7月

- 一 • 改造背景及公司简介
- 二 • 行业技术和脱硫除尘单塔一体化技术原理
- 三 • 改造方案和实施要点
- 四 • 后续问题解决及应用

环保形势日益严峻

◆2014年9月12日，国家发改委、国家环保部、国家能源局联合发文“关于印发《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020年）》”。

◆2014年12月，河南省出台《2014-2020年煤电节能减排升级与改造行动计划》，明确要求到2020年，省内燃煤发电机组大气污染物排放浓度原则上接近或达到燃气发电机组排放限值。



超洁净机组政策支持

- 1、增加发电利用小时数
- 2、电价补贴
- 3、税收优惠
- 4、排污费优惠



绿色环保——我们一直在行动



1

连续大流量使用中水

2

中水泥浆再利用

3

脱硝除尘改造

4

超洁净排放

◆公司率先行动：2015年内完成两台机组超洁净排放改造。



- ✓ 公司成立于2004年11月11日。
- ✓ 注册资本金12.375亿元人民币。
- ✓ 总规划装机容量为4×600MW燃煤超临界发电机组。
- ✓ 建设、运营两台63万千瓦超临界燃煤发电机组。



公司是2008年成功入围 “国家环境友好工程” 的两个候选电厂之一



河南电视台、中国环境报、中国经济导报、河南日报等多家新闻媒体多次报道公司在环保方面的业绩



- ◆ 主机采用“哈-东-东”模式；
- ◆ 2013年完成机组脱硝改造（哈锅，选择性催化还原法）；
- ◆ 除尘：双室四电场（兰州电力修造厂）一、二电场高频电源（信实德），第四电场为移动极板（杭州天明）；
- ◆ 脱硫：石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺。



成功使用城市中水

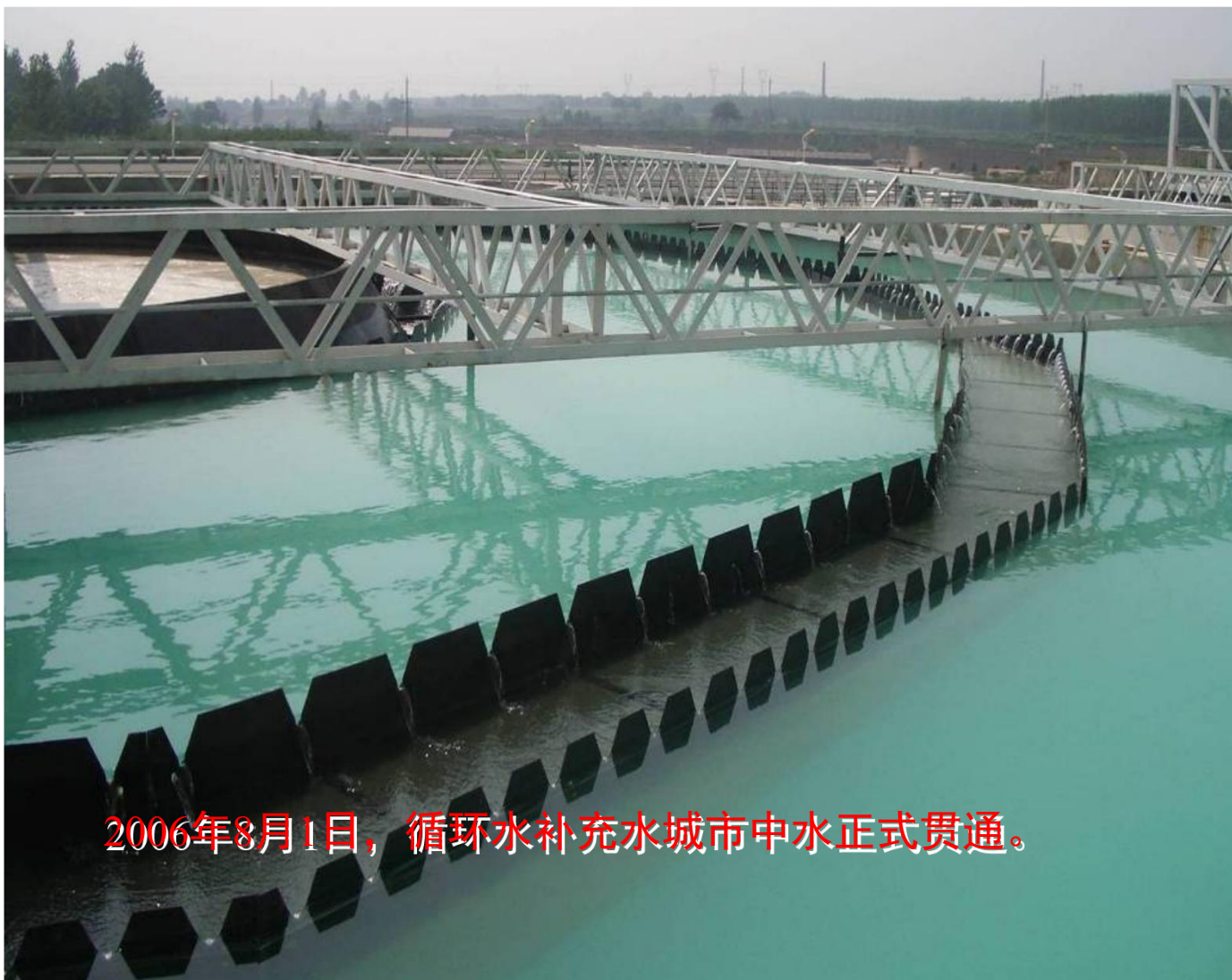
- ◆ 国内600MW级机组中率先实现中水的连续、稳定利用。
- ◆ 年利用中水近800万吨，减少中水COD排放约500吨。
- ◆ 回收冷却塔排污水、生活污水和工业废水等进行再处理，每年回用水约200万吨，厂内水网改造基本上实现了零排放。
- ◆ 优化处理工艺和水质控制方案，循环水浓缩倍率达到6倍以上，年循环水用量比设计值减少约700万吨。
- ◆ 中水系统全自动运行，现场做到无人值守。

中水废渣循环利用

◆ 中水处理系统运行中产生的废渣创造性的用做烟气脱硫系统的原料，以替代石灰石。

◆ 每年可减少石灰石消耗2万吨。

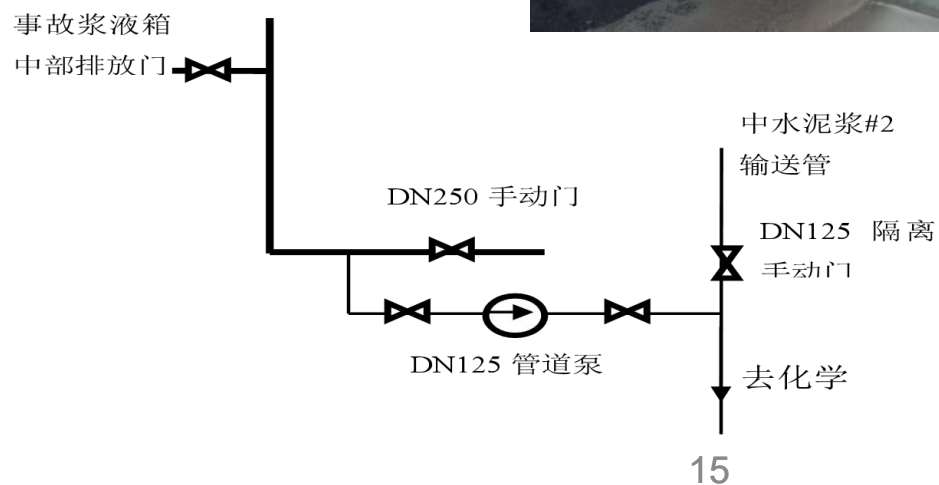




2006年8月1日，循环水补充水城市中水正式贯通。

废水利用

在节水方面，公司没有满足已有的成绩，而是不断拓展节水空间。公司又将机组循环水排水引至中水处理系统，进一步旁流处理，在循环水回水至机械加速澄清池进水管之间架设管道，利用高度压差将循环水送入机械加速澄清池进行再处理，降低碱度和硬度后再回到冷却塔进行利用，实现冷却塔排污水循环使用，年减少循环水排放量约160万吨；将工业废水输送到中水处理系统，深度处理后作为循环水补充水使用，年减少工业废水排放量约40万吨；处理后的生活污水输送到中水处理系统，深度处理后作为循环水补充水使用，年减少废水排放量约35万吨。这样下来，公司每年回用废水约235万吨。



烟气脱硫系统连续高效投用

一期工程配套建设两套高效烟气脱硫装置(FGD), 采用石灰石 - 石膏湿法脱硫工艺。于2006年7月18日和2006年10月5日#1、2脱硫系统分别通过“168”小时试运移交生产。

脱硫系统投入运行后, 我们加强运行维护管理, 并进行了40余项技术改造, 保证了系统设备的运行稳定。采取优化运行的措施, 年脱硫效率控制在94%以上。



烟气脱硝、除尘改造并稳定投运

为保证机组适应国家最新环保排放标准，2013年斥资2.6亿元人民币，利用两台机组A级检修机会，完成了低氮燃烧器、脱硝SCR、空气预热器、低温省煤器+电除尘高频电源+移动极板、吸风机改造，改造后两台机组环保排放均达到或优于国家最新标准， $\text{NOX} < 100\text{mg}/\text{Nm}^3$, $\text{SO}_2 < 200\text{mg}/\text{Nm}^3$, 脱硫效率 $> 94\%$, $\text{Ash} < 20\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。改造后脱硫系统平均脱硫效率94.2%，脱硫装置投运率100%，两台机组粉尘浓度分别为 $13.4\text{mg}/\text{Nm}^3$ 和 $17.4\text{mg}/\text{Nm}^3$

2012年11月14日，#1机脱硝改造开工。2013年5月30日结束，6月26日机组并网，7月17日通过环保厅验收



2013年5月20日，#2机组脱硝SCR钢架开始吊装，2013年10月26日机组并网，11月10日通过环保厅验收。

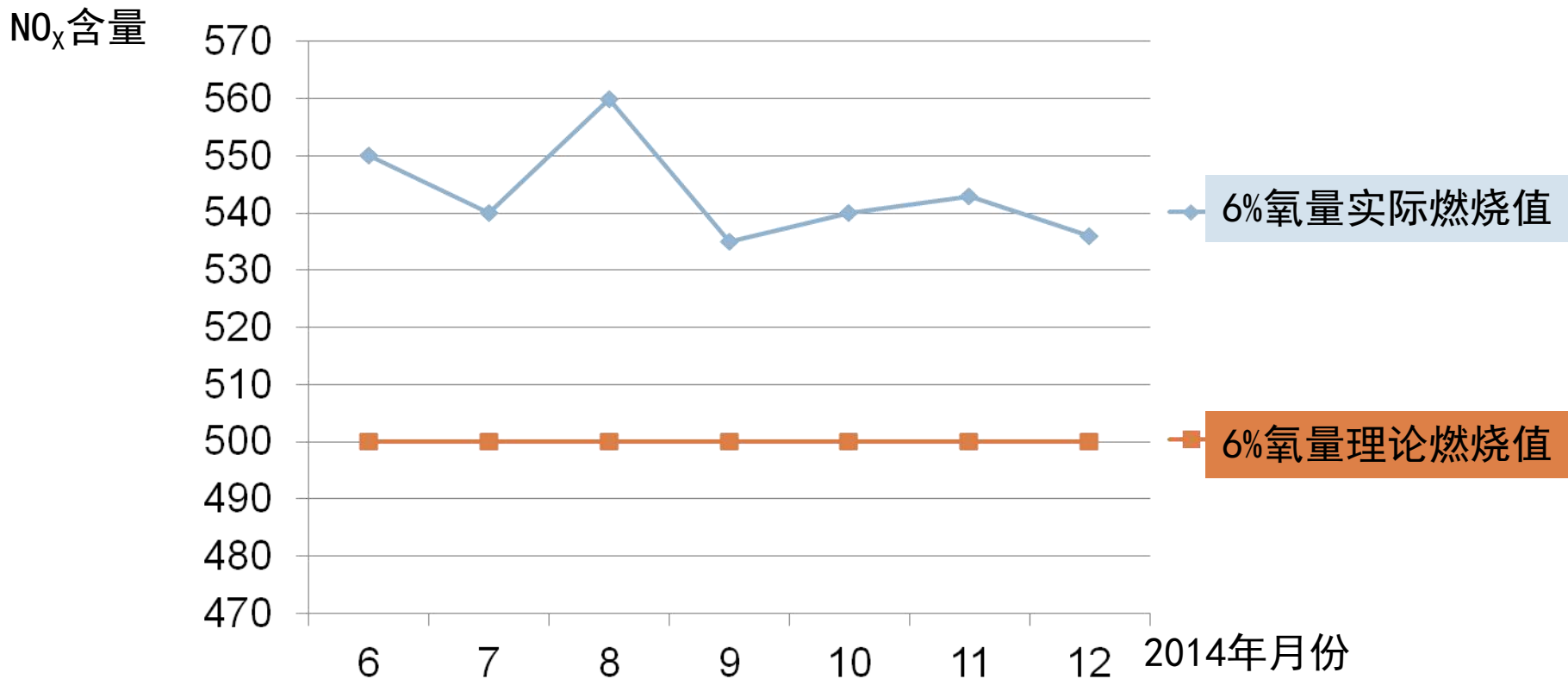


1、脱硝、除尘、脱硫环保设施技术性能

污 染物	环 保 设 施	原设计 排放 mg/Nm ³	实际排 放值 mg/Nm ³	新排放 限值 mg/Nm ³
Ash	低温省煤器+高频电源 +移动极板+湿法脱硫	≤40	15	≤10
SO ₂	湿法脱硫	≤121	80	≤35
NO _x	SCR脱硝	≤100	90	≤50

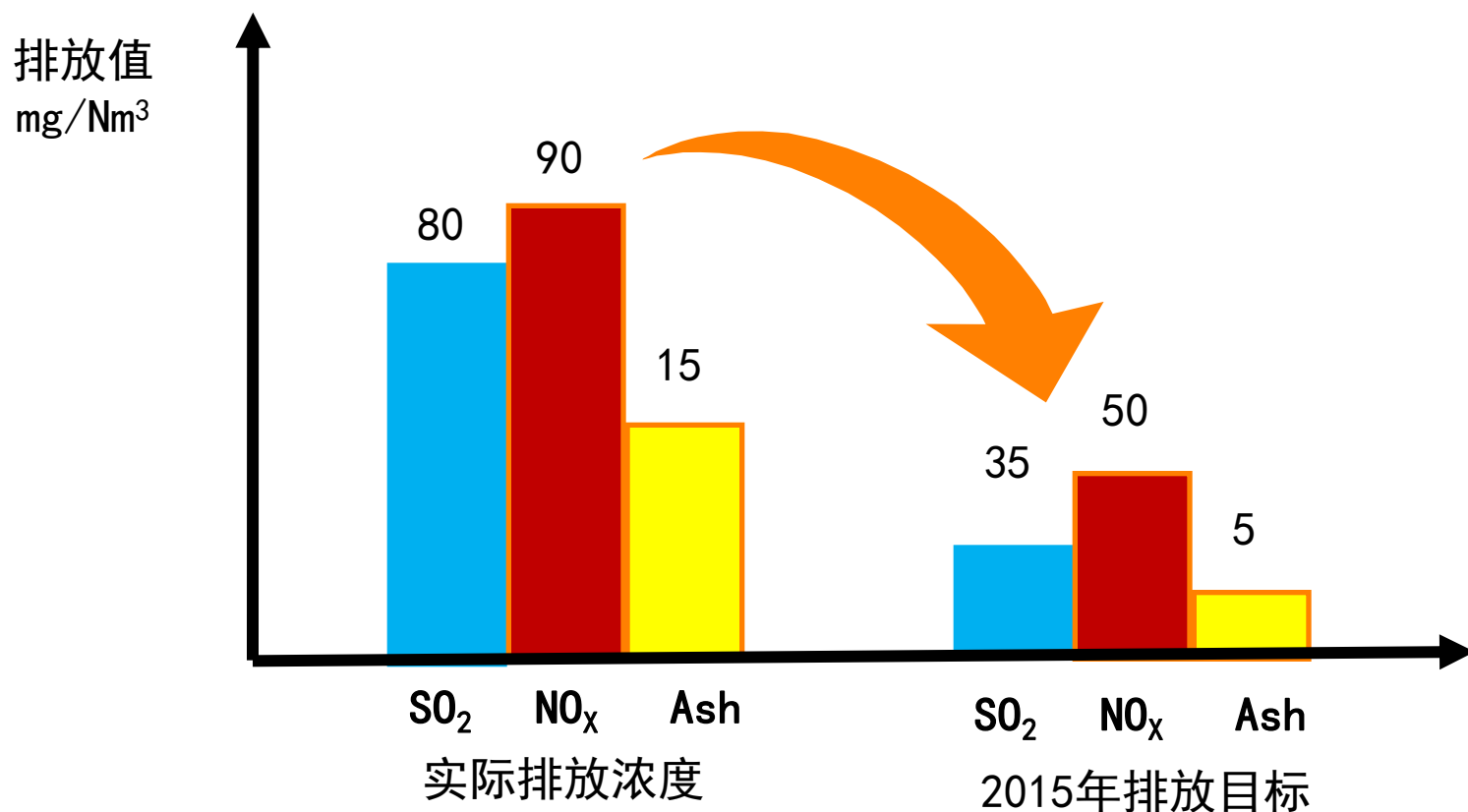


2、燃烧器性能—脱硝入口NO_x含量分析



燃烧后氮氧化物偏高，燃烧器需优化。

改造目标： SO_2 、 NO_x 、Ash分别降至35、50、5 mg/Nm^3 以下



- 一 • 改造背景及公司简介
- 二 • 行业技术和脱硫除尘单塔一体化技术原理
- 三 • 改造方案和实施要点
- 四 • 后续问题解决及应用

超净技术路线选择



超净技术路线选择

超洁净排放脱硫除尘改造方案对比一览表

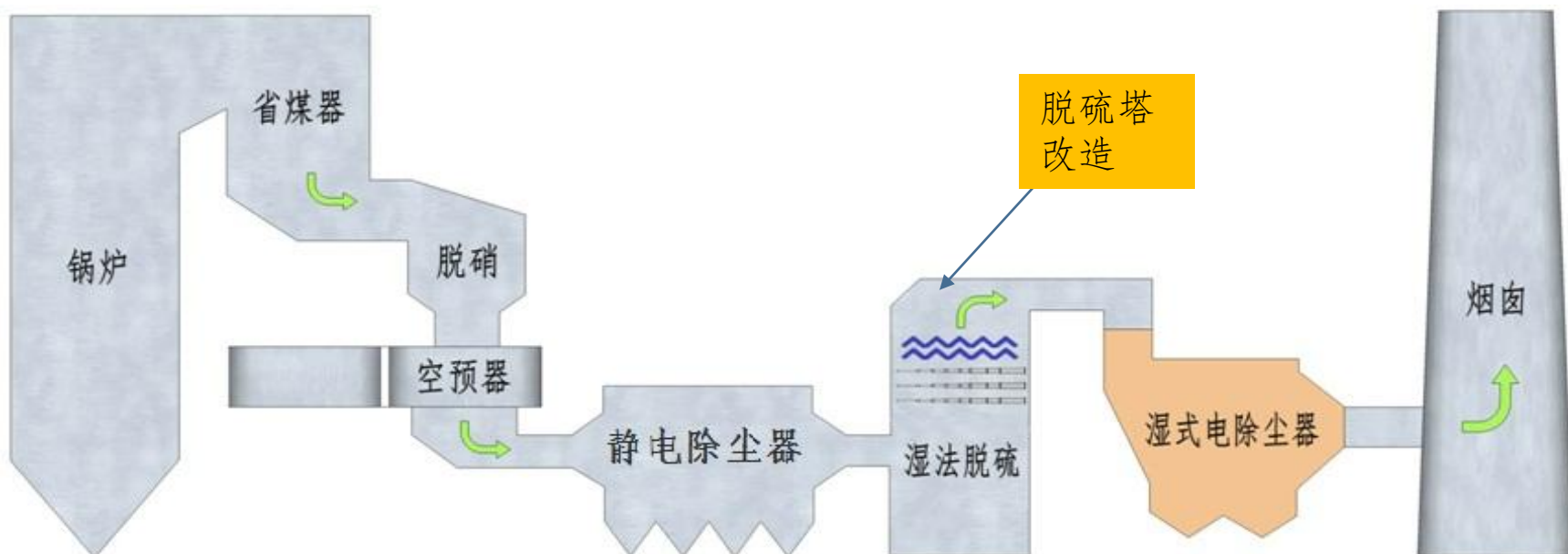
序号	1			2	3	4
改造方案	单塔高效除尘器+湿式电除尘器	单塔改造+湿式电除尘器-板式	单塔改造+湿式电除尘器-管式	单塔双区高效脱硫+湿式电除尘器	单塔高效除尘脱硫(增加双托盘)	单塔一体化脱硫除尘深度净化技术
改造方案简述	1、浆液循环泵及喷淋层全部更换(Q=11000m ³ /h)。 2、采用高效除尘器,增加一级管式除尘器或增加2台泵。 3、至少切2刀。 4、增加湿式电除尘器。	1、增加一层喷淋层,浆液循环泵为Q=7850m ³ /h, 2A浆液循环泵更换为上述泵,增加一级管式除尘器。 2、浆液池抬高3.9m,吸收区抬高2.7m,切2刀。 4、增加湿式电除尘器。	1、增加一台浆液循环泵及喷淋层,流量为9925m ³ /h。 2、将原有D浆液循环泵更换为流量为9925m ³ /h的循环泵,同时更换对应的喷淋层。 3、原有吸收塔浆池高度抬高4m,进出口烟道相应调整,切1刀。 4、增加湿式电除尘器。	增加托盘,有以下1、2方案: 1、四台泵全部更换为Q=8000m ³ /h。 2、增加一层喷淋层, Q=8000m ³ /h, 吸收塔抬高3米,切1刀。 3、无托盘,增加一层喷淋层,原四台泵全更换为Q=8000m ³ /h, 吸收塔抬高3米,切1刀。 4、增加湿式电除尘器。	增加双托盘,更换原喷淋层及喷嘴,有以下1、2方案: 1、2台浆液循环泵更换为大流量泵,另2台利旧。 2、四台浆液循环泵不变,新增加1台泵。 3、更换为三级除尘器,切2刀。 4、增加湿式电除尘器。	1、SPC烟气超净脱硫除尘一体化技术”,即“增加旋汇耦合装置、管束式除尘装置、更换优化喷淋层。 2、其他均不变。
环保公司	北京博奇	山东三融	德创环保	上海龙净环保	武汉凯迪	国电清新
增加的阻力(Pa)	600+300	350+300	500+300	500+300	1000+300	1000
	900	650	800	800	1300	1000
实施工期(天)	60	45	50	65	60	35
单台造价(万元)	2500+2200	2000+2200	2000+2200	2500+2200	2500+2200	2200
	4700	4200	4200	4200	4700	2200

现有解决方案

◆SO₂超净，尘<20mg/Nm³：静电除尘器改造 + 脱硫塔改造 + 除雾器改造；

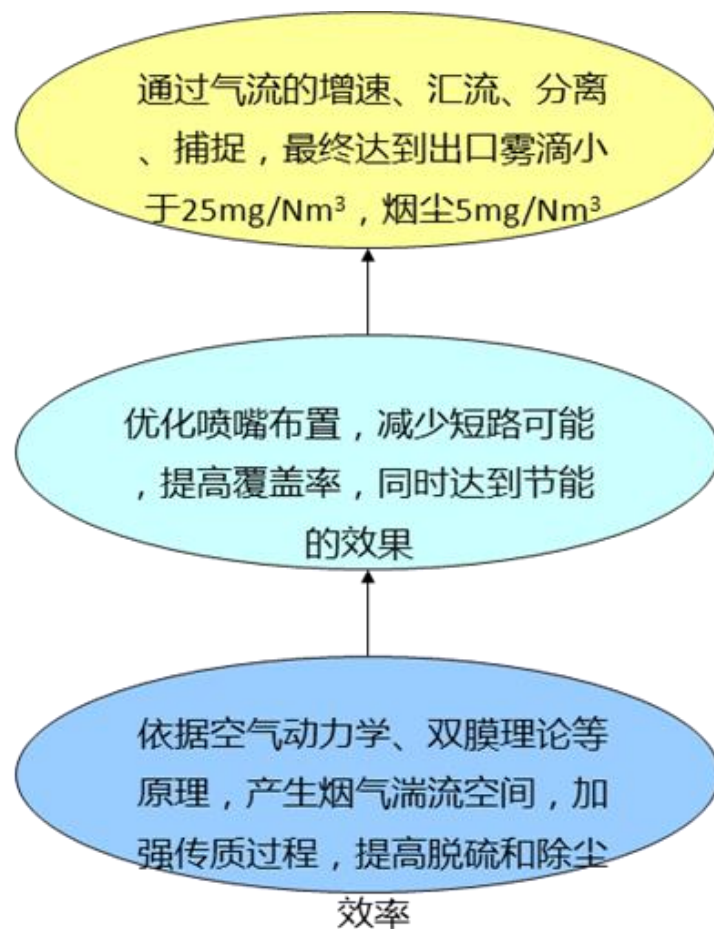
◆SO₂超净，尘<5mg/Nm³：静电除尘器改造 + 脱硫塔改造 + 除雾器改造 + 湿式电除尘器；

特点：——投资高，运行费用高，改造工期长，难度大。

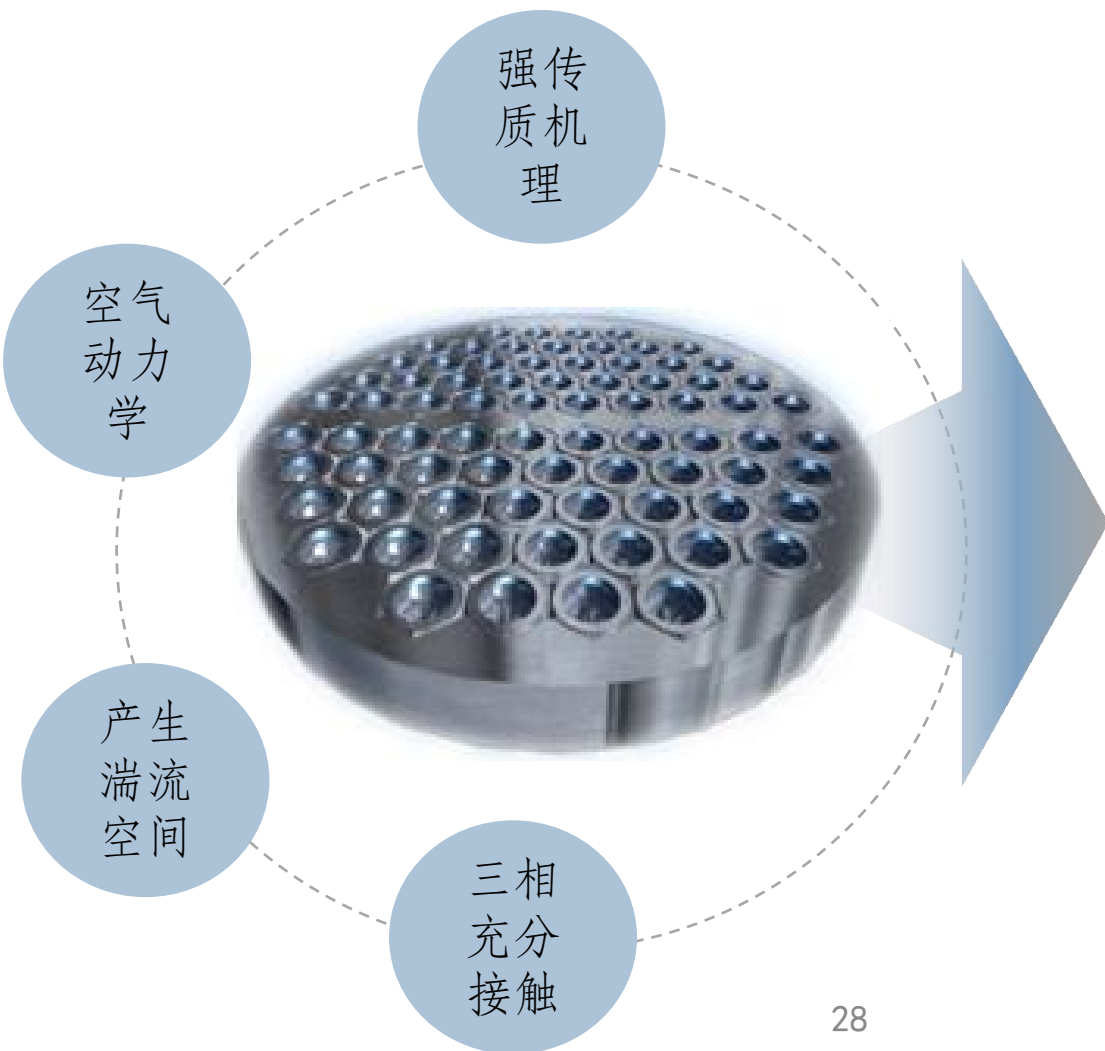


脱硫除尘一体化技术特点：

- 1) 高效旋汇耦合脱硫除尘技术；
- 2) 高效节能喷淋技术；
- 3) 离心管束式除尘技术；



高效旋汇耦合脱硫除尘技术特点：



1

高脱硫效率、高除尘效率的同时低能耗

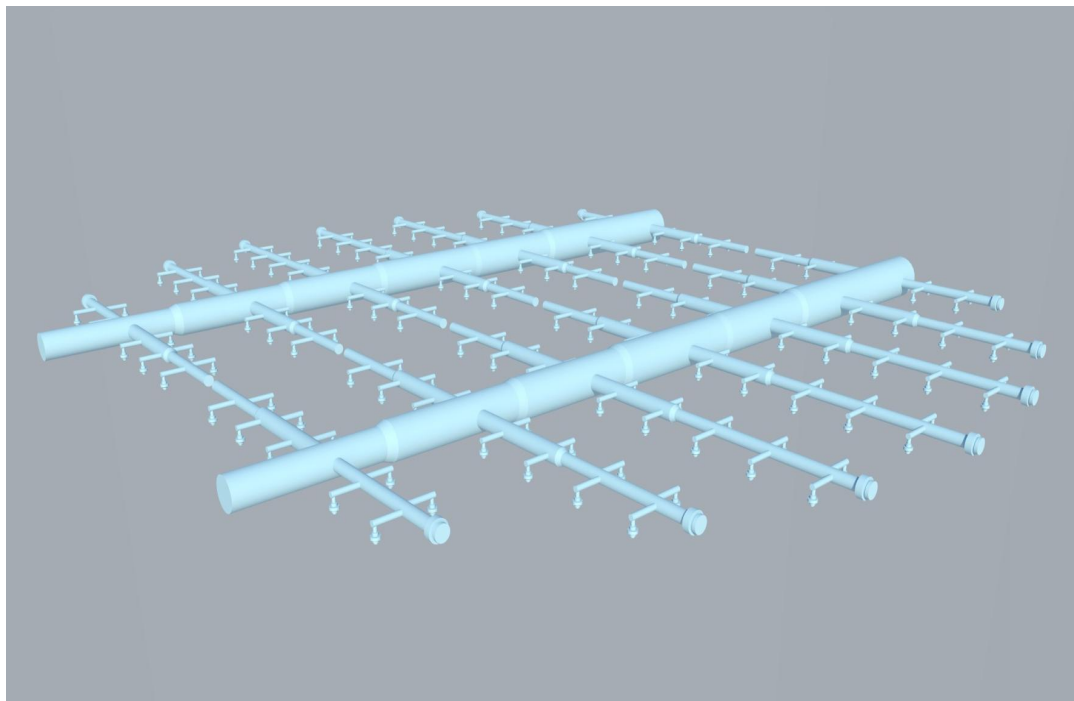
2

对污染物含量和烟气量的波动适应性强

3

系统运行可靠性高、稳定性强，维护检修方便

高效节能喷淋装置：



优化的喷淋布置方式

合理的覆盖率

高效喷嘴的组合

避免气液短路和壁流

降低能耗

离心管束式除尘装置：

1、结构

- 管束筒体——内筒壁面光洁，筒体垂直，断面圆滑，无偏心。
- 增速器——确保以最小的阻力条件提升气流的旋转运动速度。
- 分离器——实现不同粒径的雾滴在烟气中的分离。
- 汇流环——控制液膜厚度，维持合适的气流分布状态。
- 导流环——控制气流出口状态，防止捕悉液滴被二次夹带。

2、优势

- 除尘效率高，达到 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下；
- 彻底消除烟气中浆液的携带；
- 不耗电、增加吸收塔阻力 100Pa 左右；
- 免维护、结构简单；
- 性能可靠，无性能衰减。



脱硫除尘一体化整体优势：

1) 脱硫效率高、除尘效率高：

吸收塔入口 SO_2 浓度在 $1500 \sim 15000 \text{mg/Nm}^3$ 时，脱硫效率高达99.8%；吸收塔入口烟尘浓度在 50mg/Nm^3 以下时，出口烟尘浓度 $\leq 5 \text{mg/Nm}^3$ ，净烟气雾滴含量 $\leq 30 \text{mg/Nm}^3$ 。

2) 改造工期短、工程量小：

可利用原有吸收塔改造，不改变吸收塔外部结构。布置简洁，工程量小，改造工期根据原吸收塔结构变化一般为20~40天。

3) 投资低、运行费用低

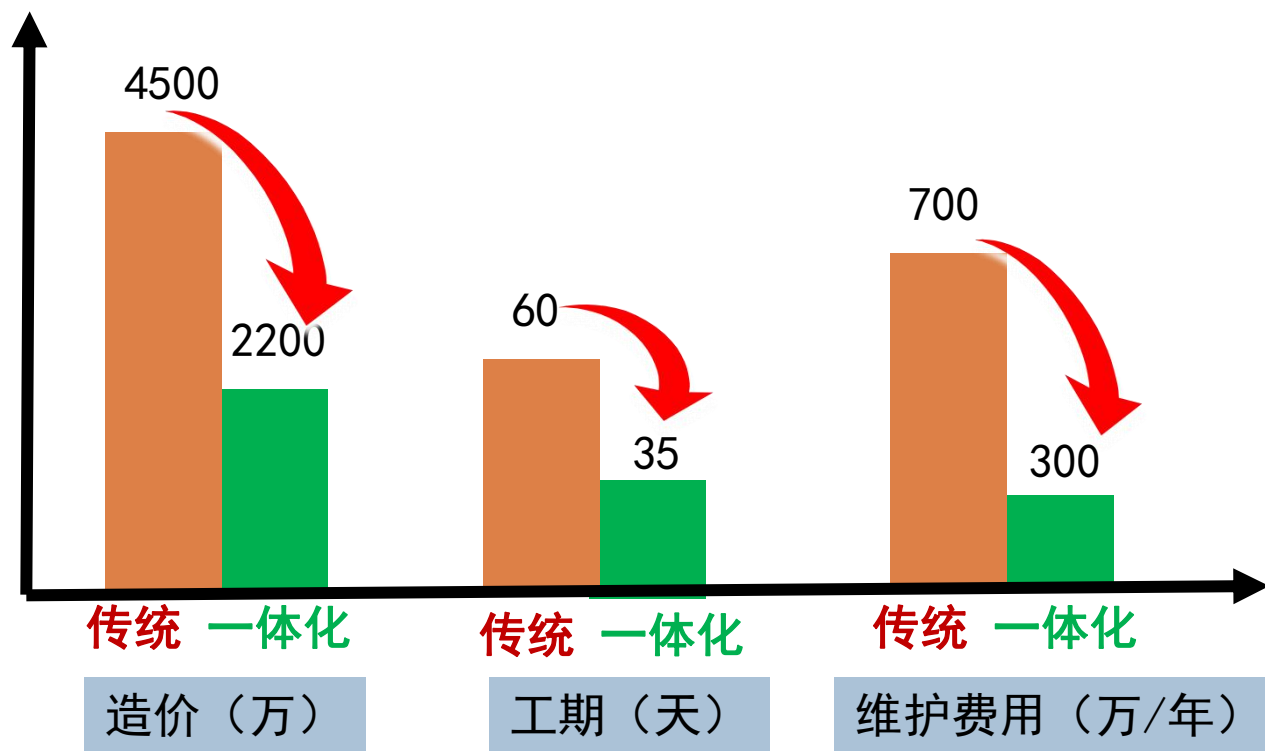
该技术改造吸收塔内构件，实现脱硫除尘一体化，投资低于常规技术约40%。且离心管束式除尘器不耗电，阻力与原屋脊式除雾器相当。运行费用是常规技术的15%~30%。

4) 系统运行稳定，可靠性高

对烟气污染物含量和负荷波动适应性强，系统运行稳定，操作简单，对运行人员而言未增加额外的操作量，可靠性高。

超净技术路线选择

脱硫除尘一体化超洁净技术相比传统湿电除尘技术优势：



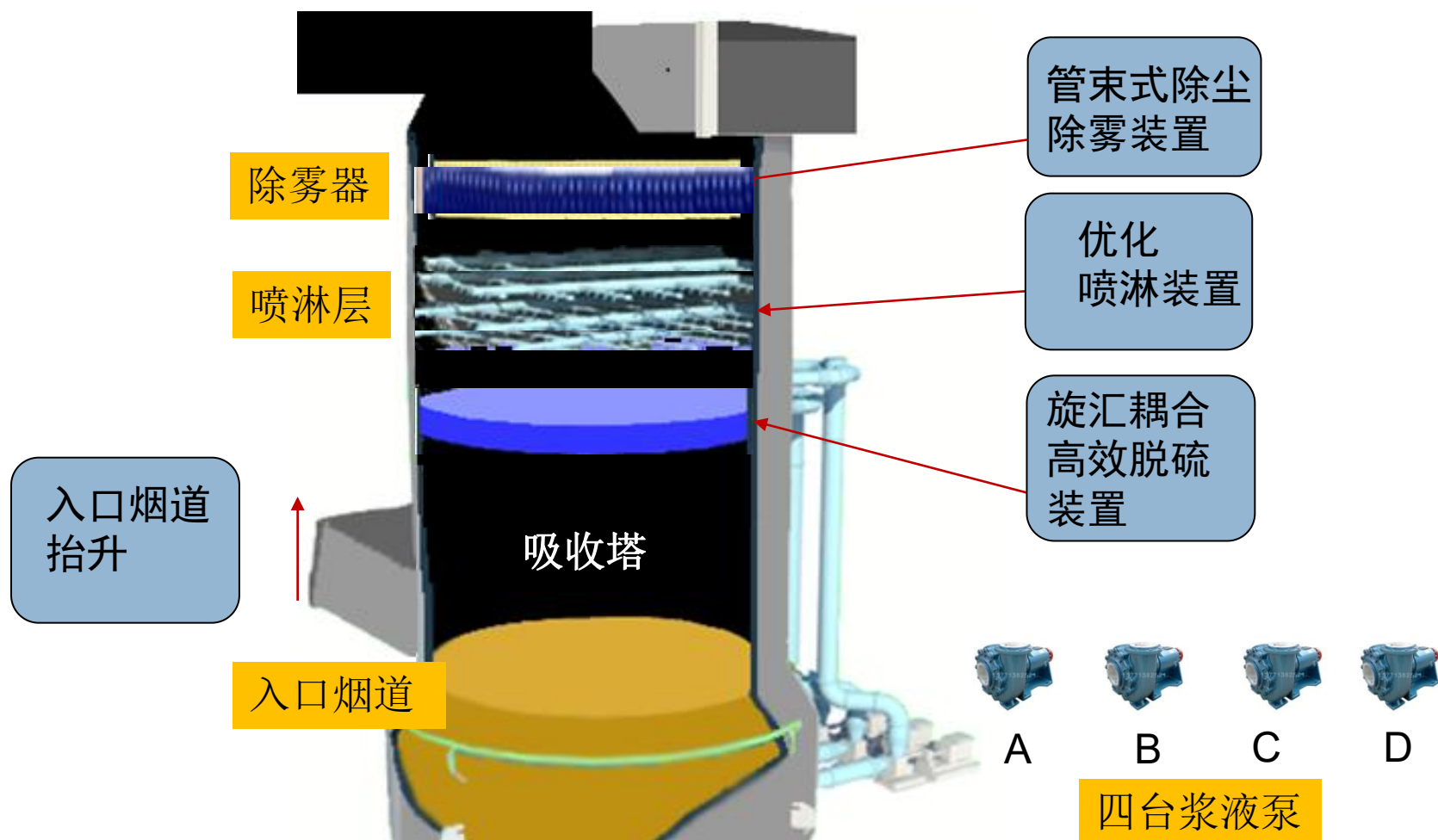
超净技术路线选择

改造方案确定											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
电除尘改为脉冲电除尘器	单塔高效除尘+湿式除尘器	单塔双区高效脱硫+湿式除尘器	单塔高效除尘脱硫(增托盘)	单塔改造+湿式除尘器	单塔高效除尘+湿式除尘器	单塔一体化脱硫除尘深度净化技术	湿式电除尘-板式	湿式电除尘-板式	湿式电除尘-管式	湿式电除尘-管式	湿式电除尘-板式

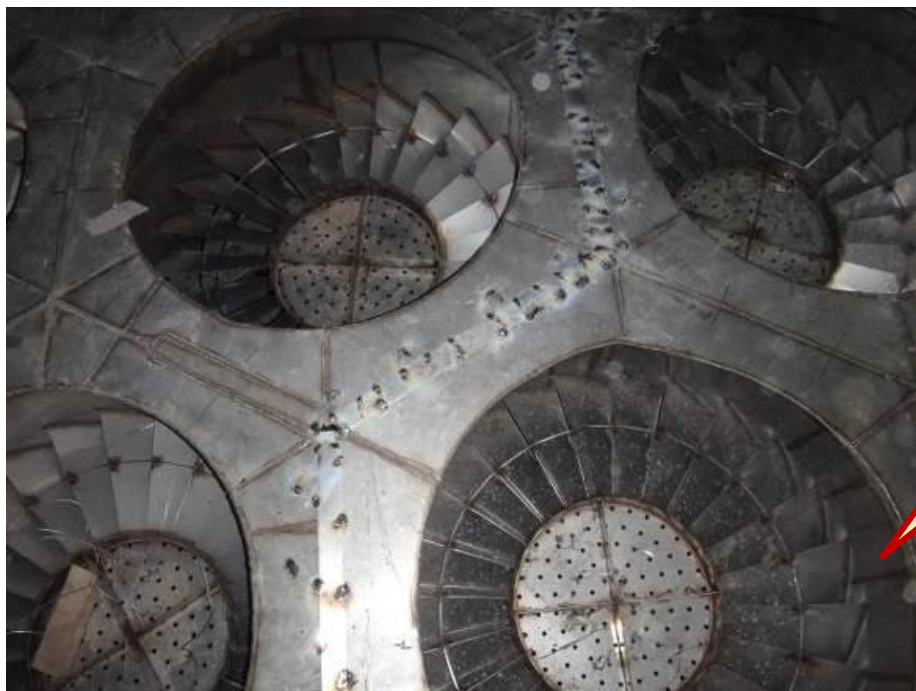
- 一 • 改造背景及公司简介
- 二 • 行业技术和脱硫除尘单塔一体化技术原理
- 三 • 改造方案和实施要点
- 四 • 后续问题解决及应用

1改造方案

脱硫除尘一体化方案：旋汇耦合+高效节能喷淋+管束式除尘器+提高供浆量



脱硫增容提效—旋汇耦合



依据动力学、双模理论等原理，使烟气产生旋流，加强烟气与介质接触。

旋汇耦合装置

脱硫增容提效—高效节能喷淋

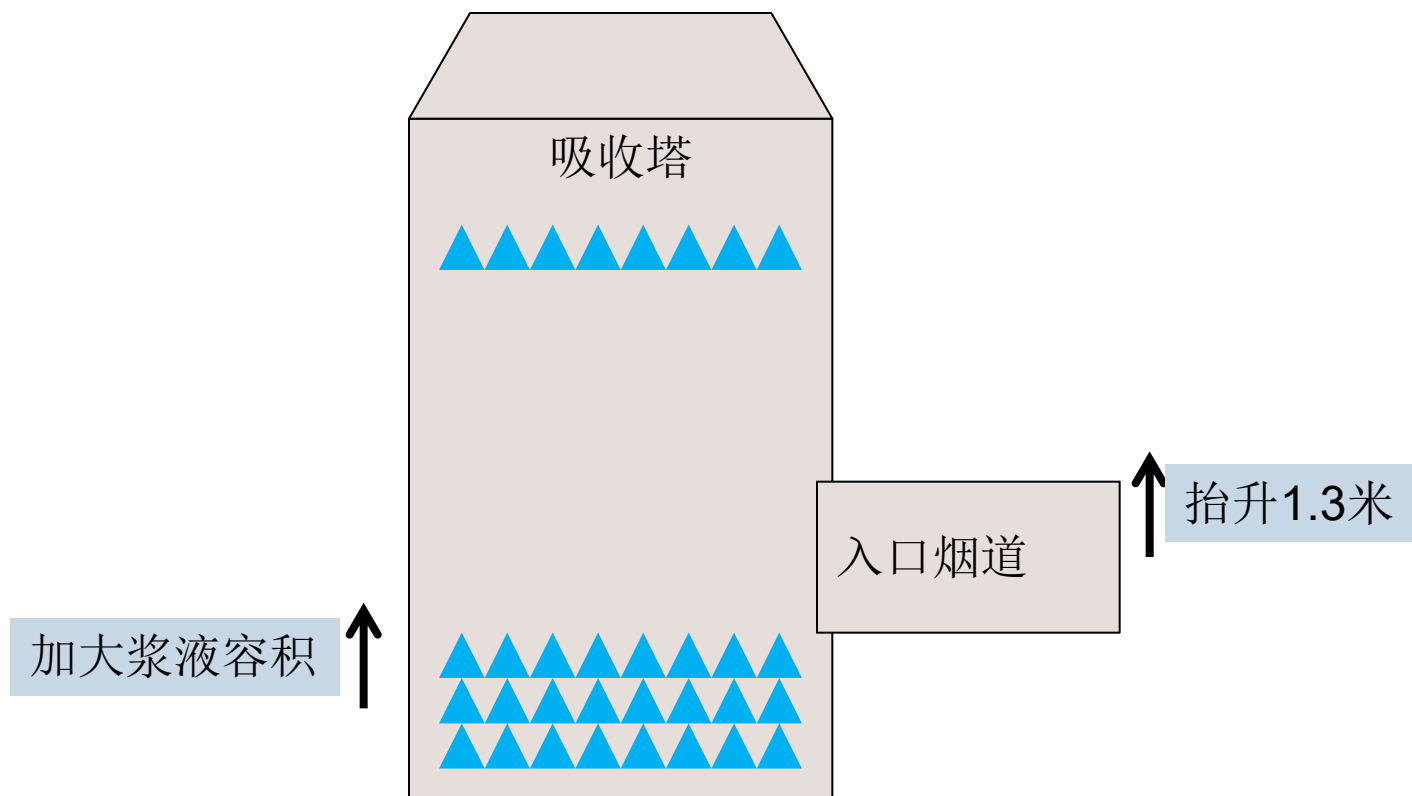


优化喷嘴布置，
减少短路可能，
提高覆盖率，
同时达到节能
的效果。

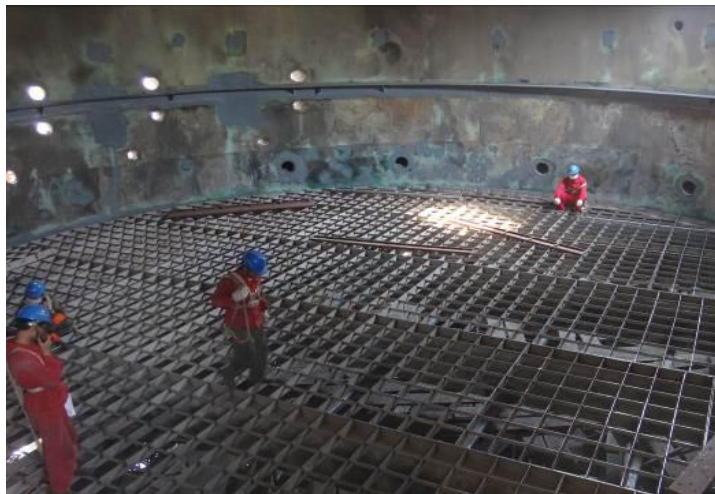
脱硫增容提效—两台浆液循环泵增容



脱硫增容提效—抬高入口烟道

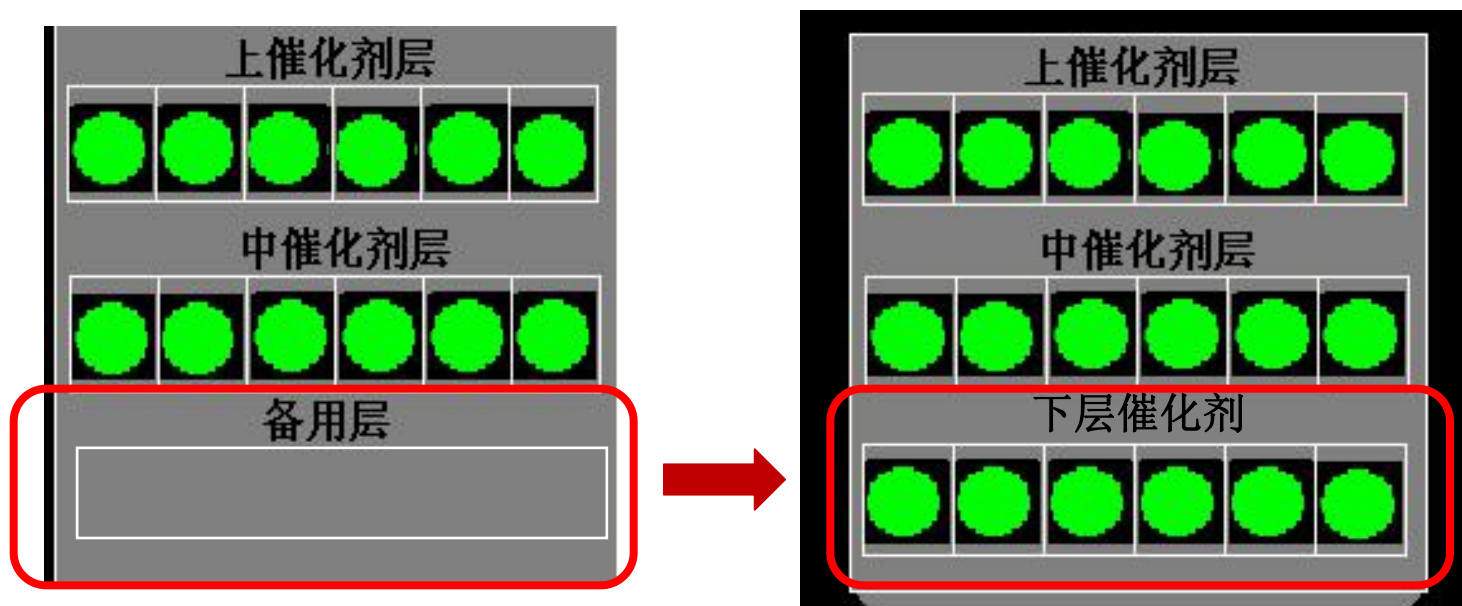


除尘增容提效-管束式除尘除雾器



通过气流的增速、
汇流、分离、捕捉，
最终达到出口烟尘
低于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

脱硝提效—增加催化剂层



通过增加一层催化剂及加大喷氨量，
脱硝效率由原来的83.5% 提高到
93.3%。

低氮燃烧器的优化



低氮燃烧器优化后，脱硝入口氮氧化物由平均 $550\text{mg}/\text{Nm}^3$ 降至 $500\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下。

催化剂修复及吹灰器优化



■对吹损的催化剂进行更换。

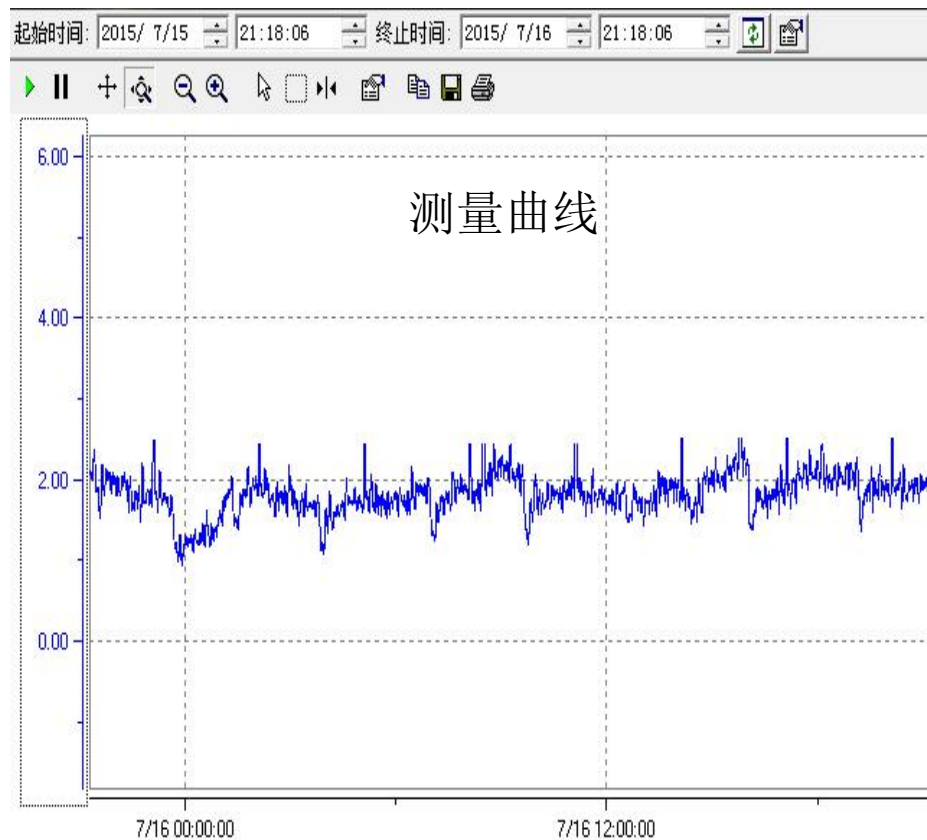


■脱硝SCR蒸汽吹灰器抬高。

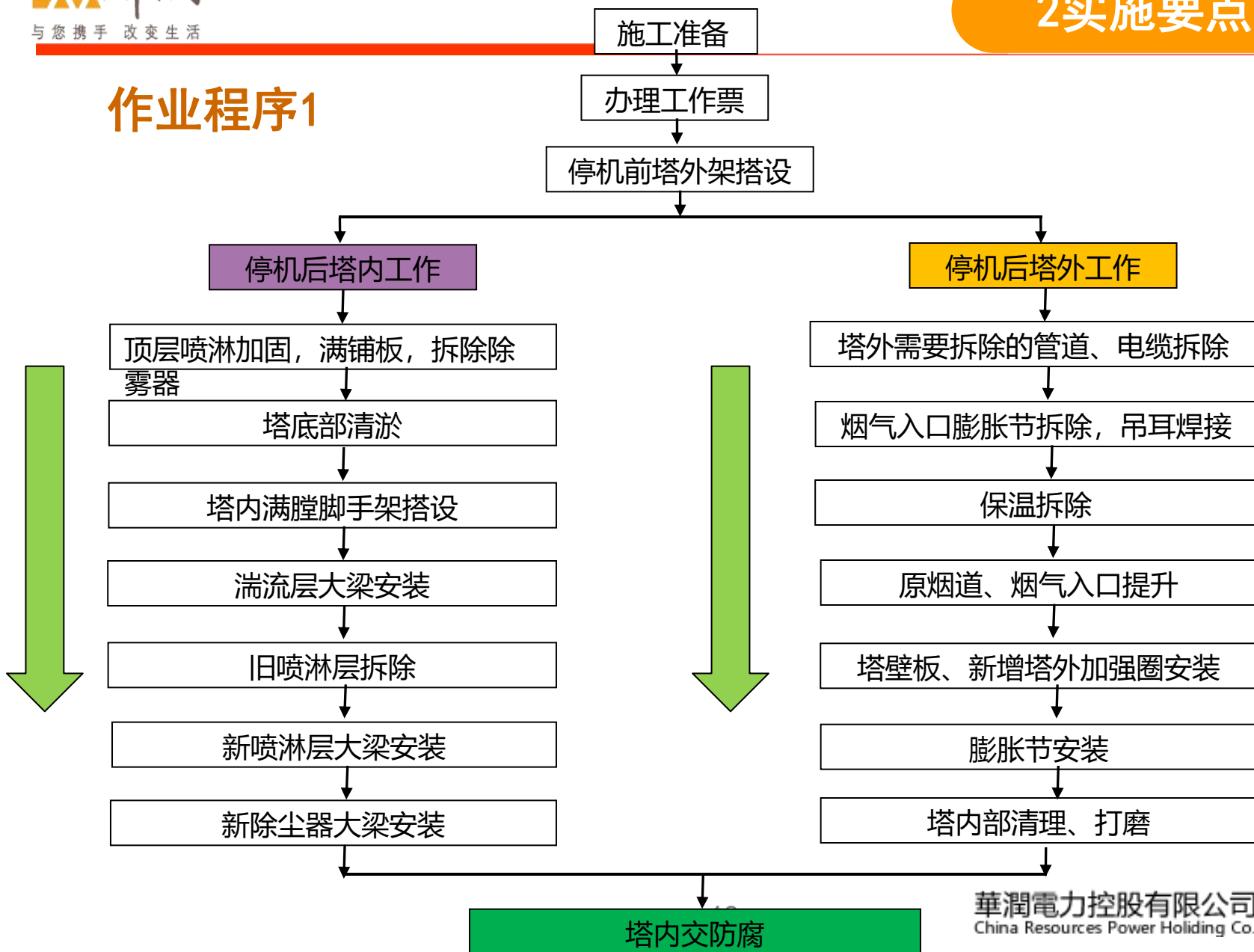
净烟气CEMS测点设备更新、移位至烟囱60米



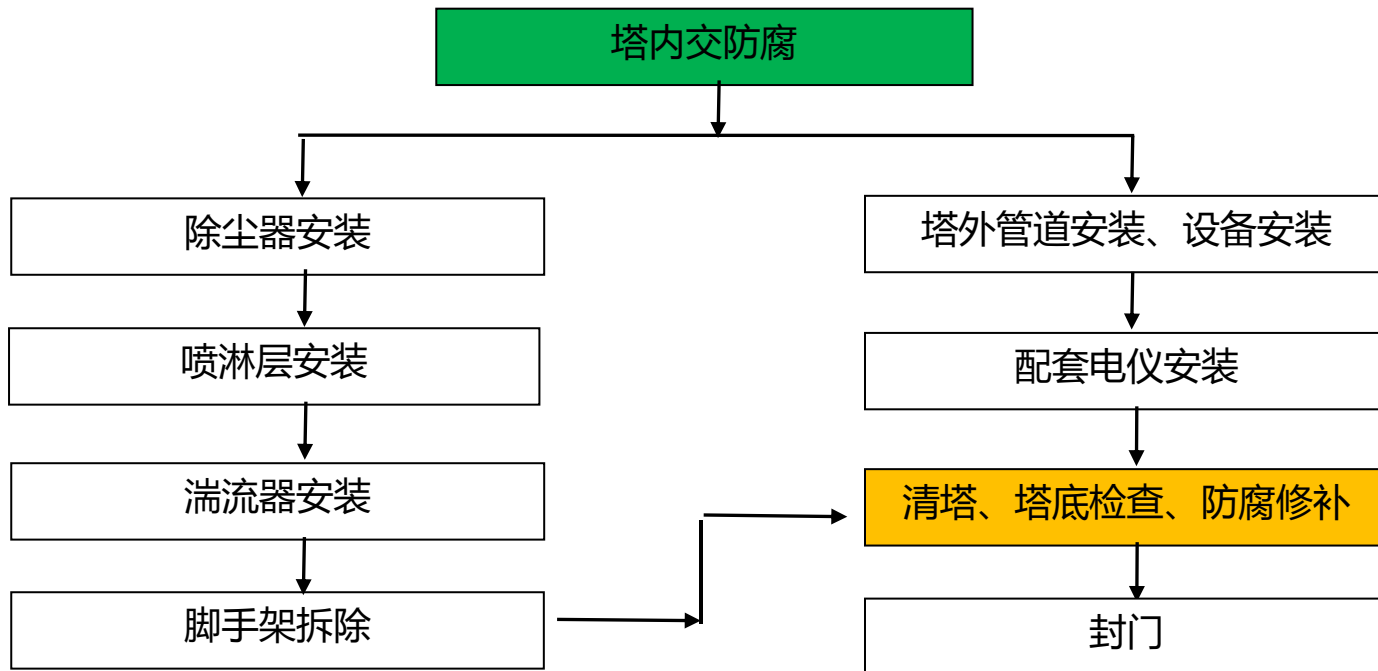
增设高精度粉尘仪



作业程序1



作业程序2



实施照片



旧喷淋层母管拆除



喷淋层优化



管束式除尘器安装

安全管理

吸收塔改造作业属于高风险作业，塔内工作量大，交叉作业多，人员繁杂，存在高空坠落、高空落物、火灾、触电等多种危险，做好塔内作业的安全管理，是确保改造成功的关键要素。吸收塔安全管理内容繁多，在此不需要全部赘述，下面只是我们认为做的较好的一些经验分享：

- 1) 受限空间管理；
- 2) 吸收塔防火管理；
- 3) 高空作业安全管理；
- 4) 塔内交叉作业管理；
- 5) 大型脚手架的验收和使用管理；等



- 一 • 改造背景及公司简介
- 二 • 行业技术和脱硫除尘单塔一体化技术原理
- 三 • 改造方案和实施要点
- 四 • 后续问题解决及应用

燃烧器改善及催化剂增加效果良好



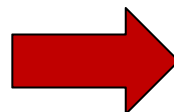
燃烧器改善后
NO_x低于
500mg/Nm³

脱硝效率平均
大于95%

改善前后实时数据

净烟气		
	测量值	标杆值
SO ₂ :	64mg/m ³	69mg/m ³
NO _x :	78mg/m ³	84mg/m ³
Ash :	8.1 mg/m ³	9mg/m ³
O ₂ :	7.1 %	
流量 :	1374Km ³ /h	

改善前



净烟气		
	测量值	标杆值
SO ₂ :	8mg/m ³	11mg/m ³
NO _x :	19mg/m ³	27mg/m ³
Ash :	2mg/m ³	2mg/m ³
O ₂ :	10.5 %	
流量 :	1197Km ³ /h	

改善后

1 实施效果



良好的社会效应

SO₂减排**1436**吨/年
NO_x减排**1263**吨/年
Ash减排**299**吨/年

非财务 收益



美丽电厂碧水蓝天



示范效应



标杆电厂

一体化改造后存在的问题

#1机组改造完成后于6月7日并网。

1、机组投运后发现吸收塔阻力超出改前预计；

2、6月30日机组调峰停机，在停机临检中发现管束式除尘器冲洗水管芯有部分脱落。

问题的改进解决



- 旋汇耦合装置，类似于塔内托盘结构，在吸收塔运行中阻力较大。改造前按照1000pa阻力进行核算，但实际运行中发现旋汇耦合装置阻力随浆液循环泵投运台数不同会发生变化。在机组高负荷、4台浆液循环泵全投时，根据塔内各压力测点数据估算旋汇耦合装置阻力已达到约稍偏大，额外的阻力给引风机带来了比较大的影响。
- 在6月30日#1机组调峰停机后，根据运行中的阻力情况，在保证脱硫、除尘效果不发生明显变化的前提下，清新环境设计部门给出了在旋汇耦合装置封板部位开孔的处理方案，共开约1000个50mm孔，机组启动后估算吸收塔阻力约下降了150~200Pa。

问题的改进解决



新管托帽安装部位管身加有止退槽

- #1机组调峰停机后对管束式除尘器检查发现，部分冲洗水管芯托帽脱落，管芯由除尘器管下部脱出，除尘器管失去冲洗。主要原因是托帽与管芯间完全靠自紧及摩擦力固定，无任何锁定结构，冲洗水带来的震动造成托帽逐渐向上滑动脱出。
- 处理方案：#1机组调峰停机期间，除尘器原冲洗管大部分更换为新的带防退槽的冲洗管，还有部分留用的老冲洗管将托帽与管进行了焊接。



绿色环保 持续前行

谢谢