



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9月

- 一 • 改造背景简介
- 二 • 行业技术和脱硫除尘单塔一体化技术原理
- 三 • 改造方案和工程管理
- 四 • 改造效果和持续优化

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。

- ◆ 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。

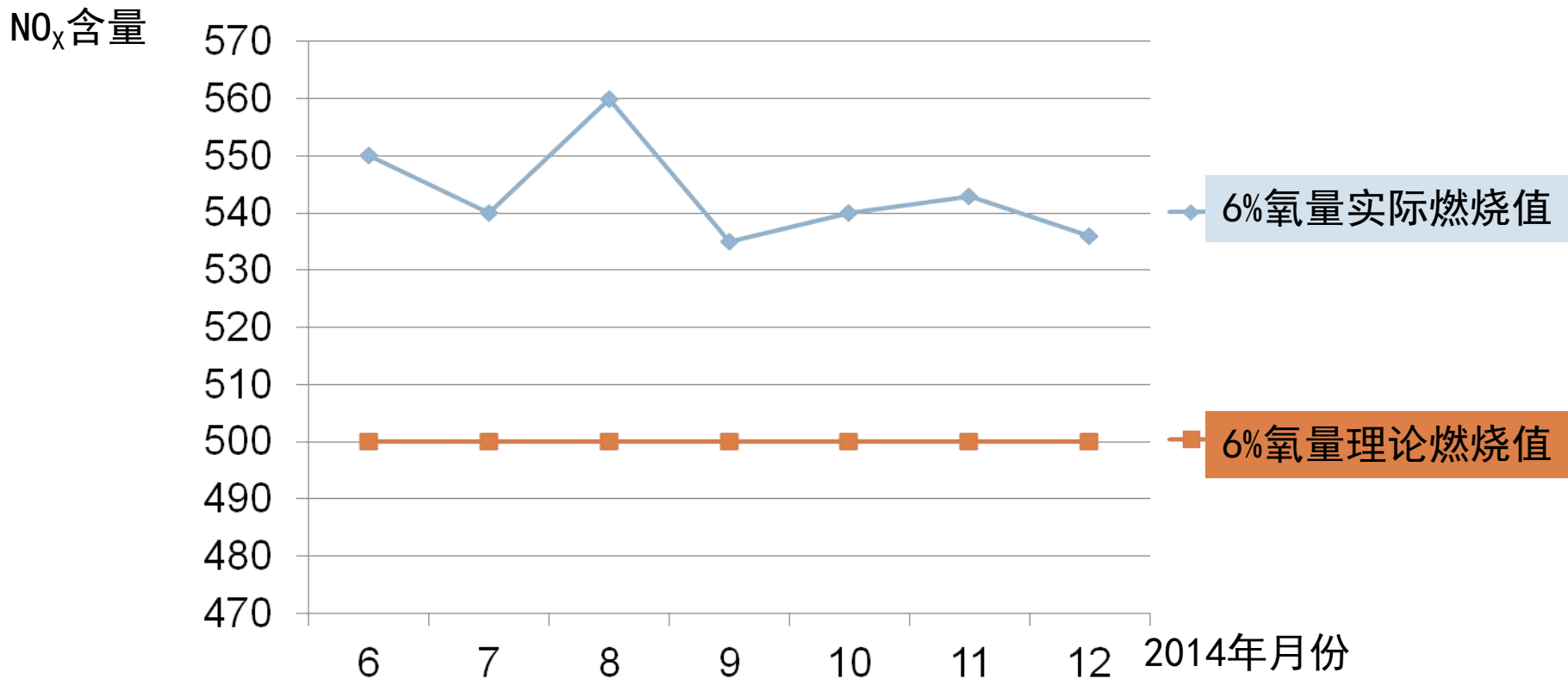


1、脱硝、除尘、脱硫环保设施技术性能

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

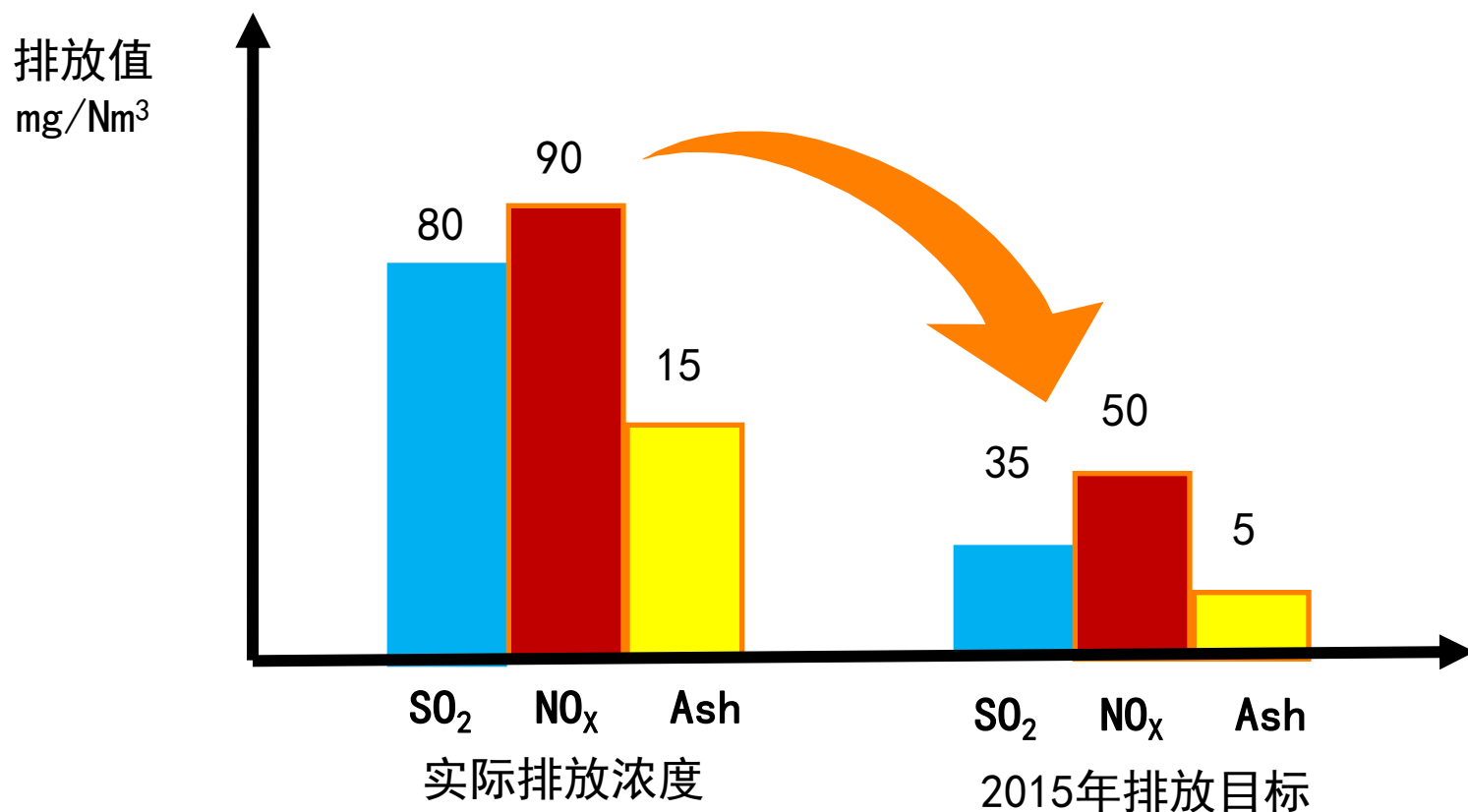


2、燃烧器性能—脱硝入口NO_x含量分析



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 • 改造方案和工程管理
- 四 • 改造效果和持续优化

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

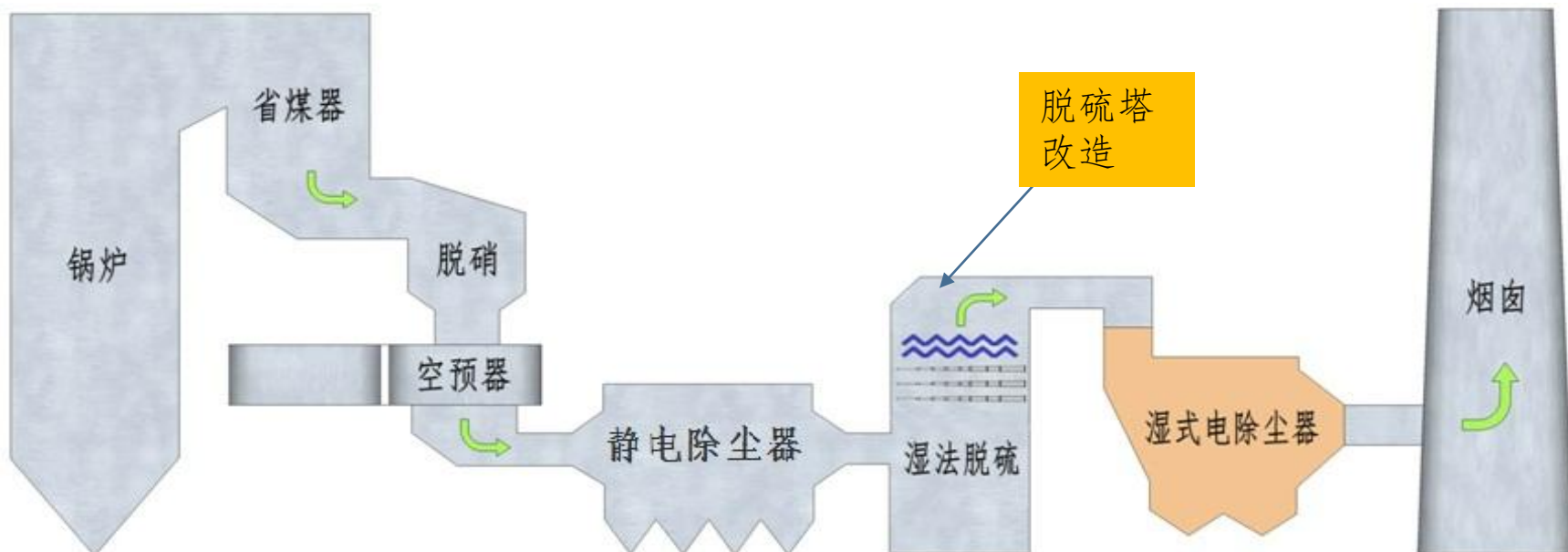
序号	1			2	3	4
改造方案	单塔高效除尘器+湿式电除尘器	单塔改造+湿式电除尘器-板式	单塔改造+湿式电除尘器-管式	单塔双区高效脱硫+湿式电除尘器	单塔高效除尘脱硫(增加双托盘)	单塔一体化脱硫除尘深度净化技术
改造方案简述	1、浆液循环泵及喷淋层全部更换(Q=11000m ³ /h)。 2、采用高效除尘器,增加一级管式除尘器或增加2台泵。 3、至少切2刀。 4、增加湿式电除尘器。	1、增加一层喷淋层,浆液循环泵为Q=7850m ³ /h, 2A浆液循环泵更换为上述泵,增加一级管式除尘器。 2、浆液池抬高3.9m,吸收区抬高2.7m,切2刀。 4、增加湿式电除尘器。	1、增加一台浆液循环泵及喷淋层,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台利用。 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；

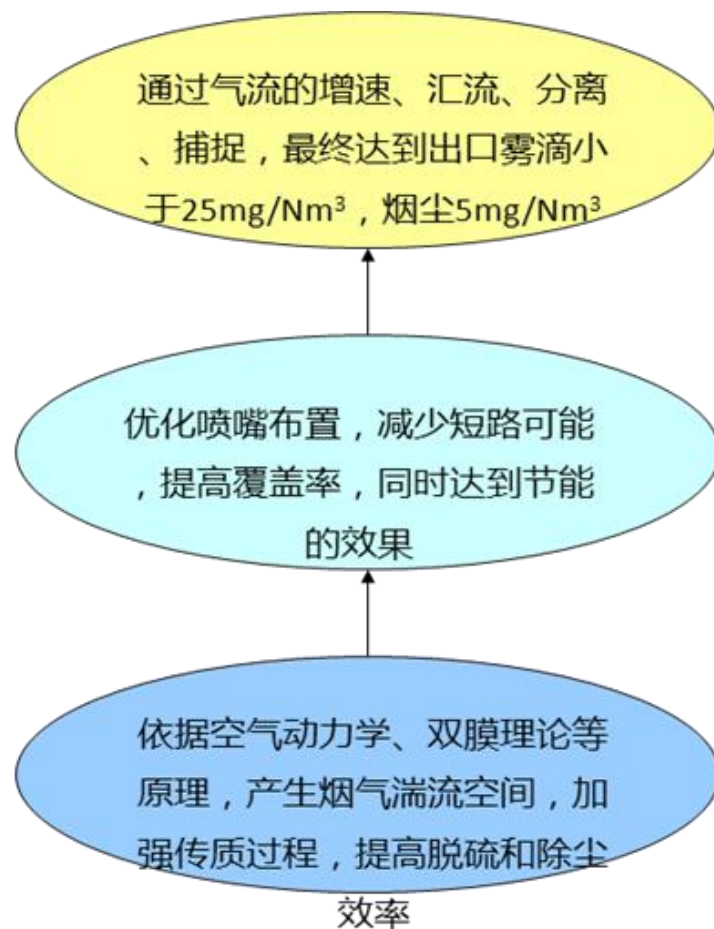
◆SO₂超净，尘<5mg/Nm³：静电除尘器改造 + 脱硫塔改造 + 除雾器改造 + 湿式电除尘器；

特点：——投资高，运行费用高，改造工期长，难度大。

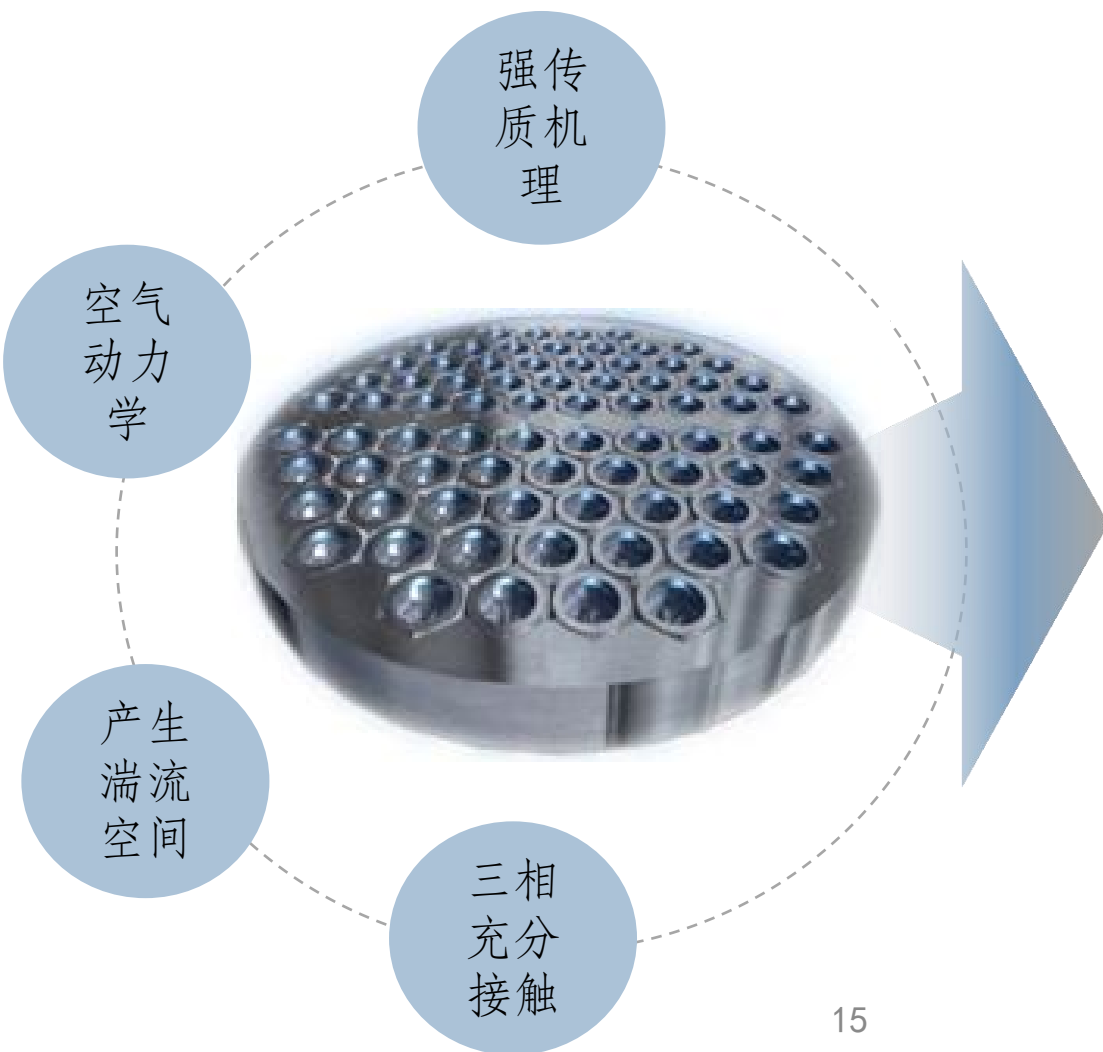


脱硫除尘一体化技术特点：

- 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

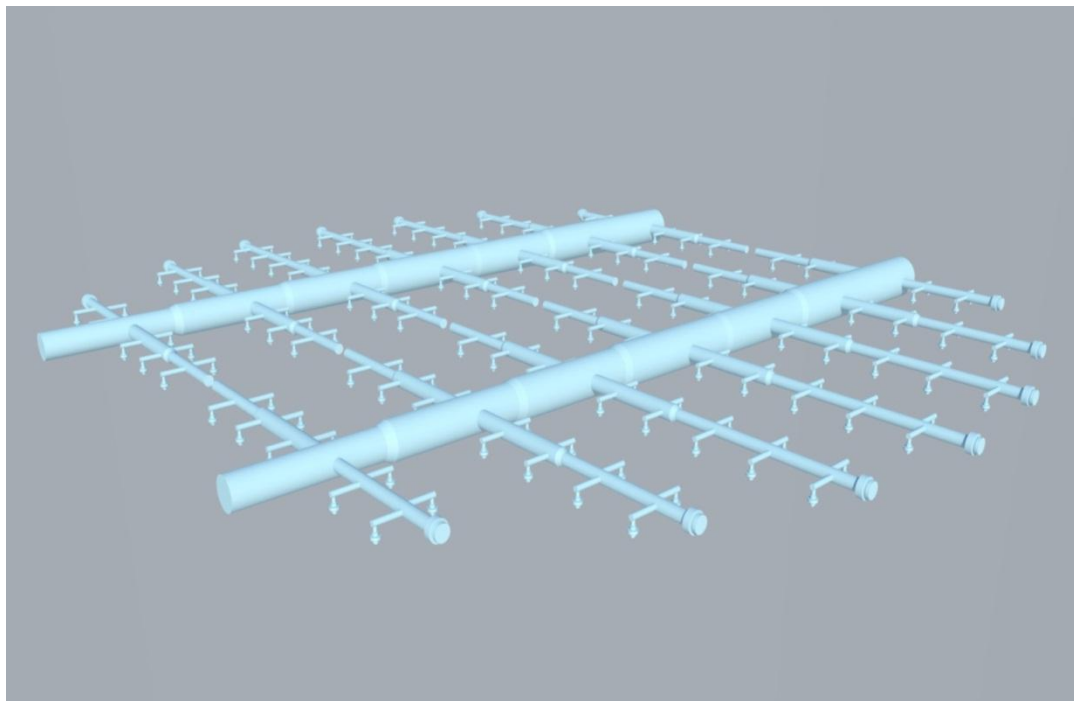
2

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

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

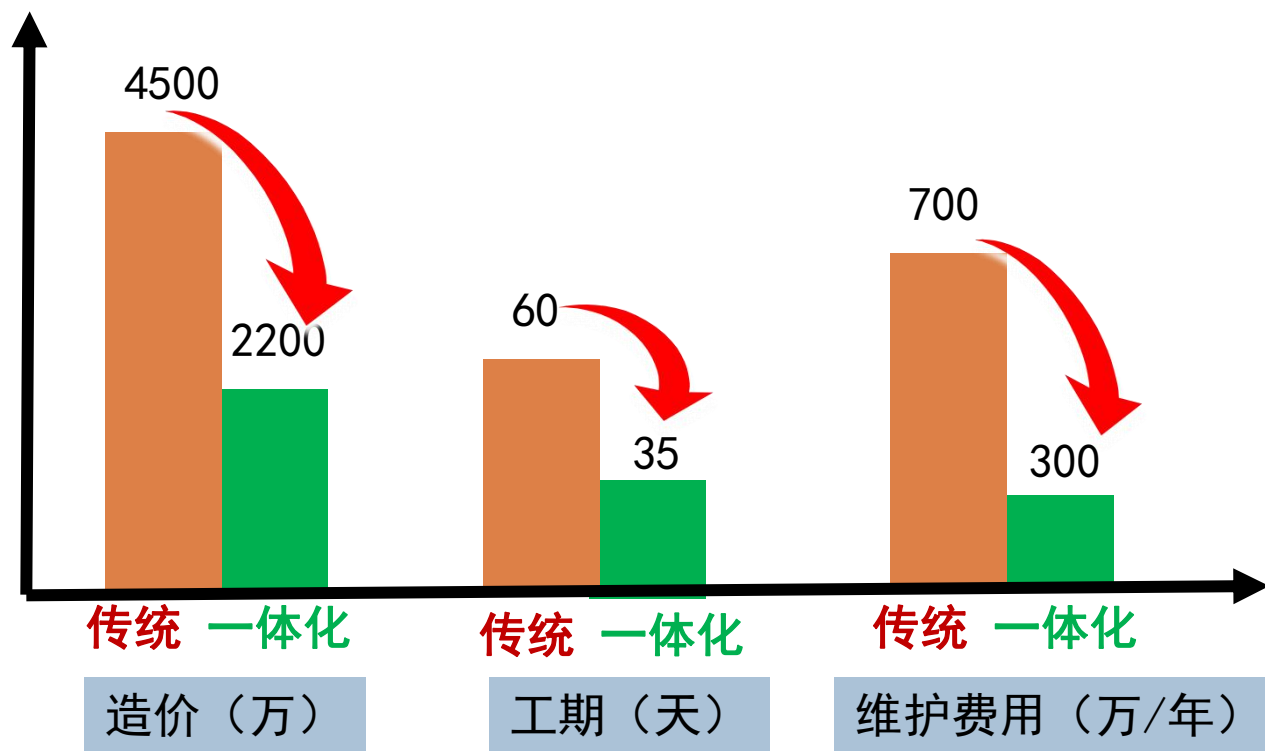
该技术改造吸收塔内构件，实现脱硫除尘一体化，投资低于常规技术约40%。且离心管束式除尘器不耗电，阻力与原屋脊式除雾器相当。运行费用是常规技术的15%~30%。

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：

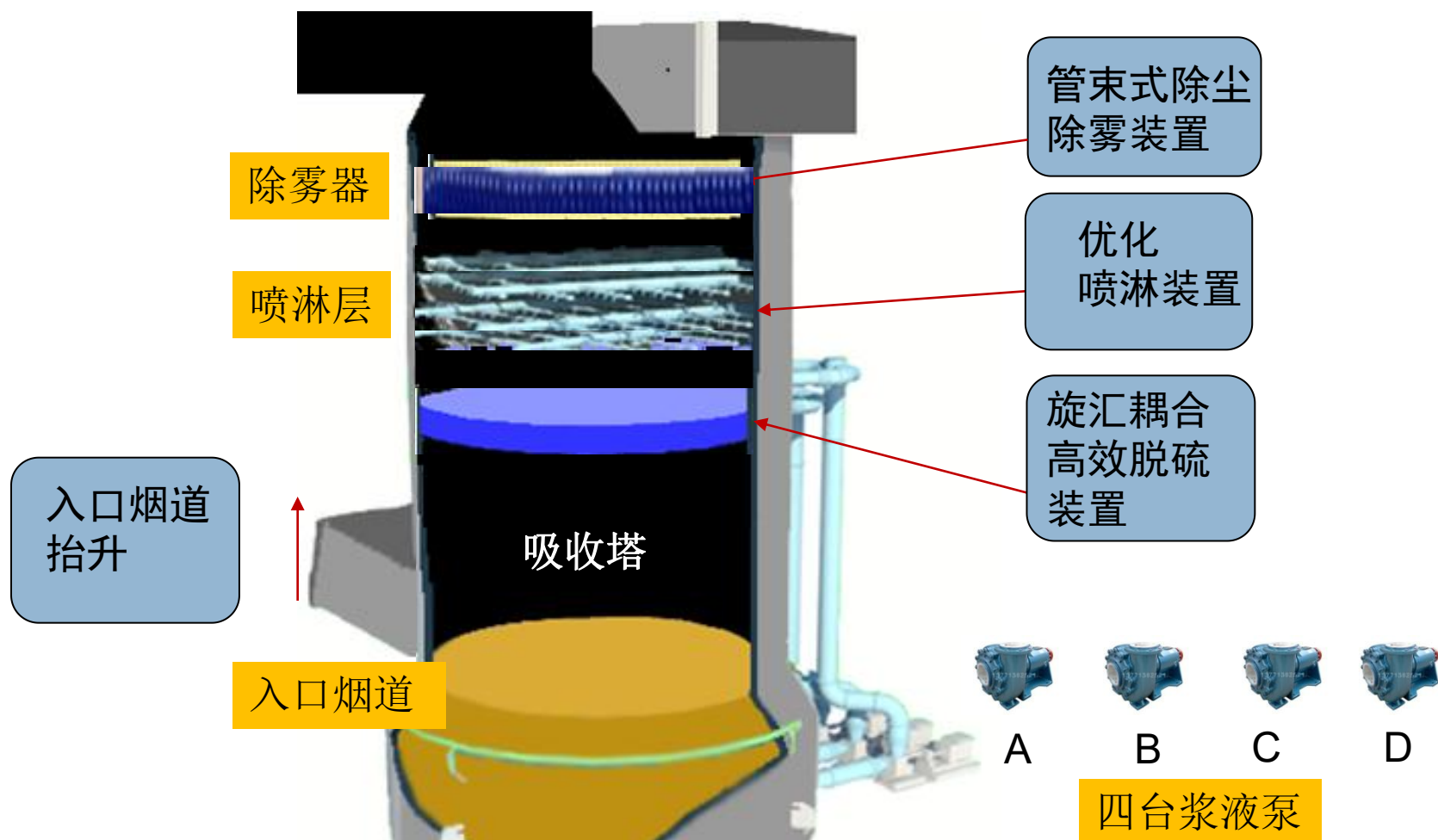


超净技术路线选择

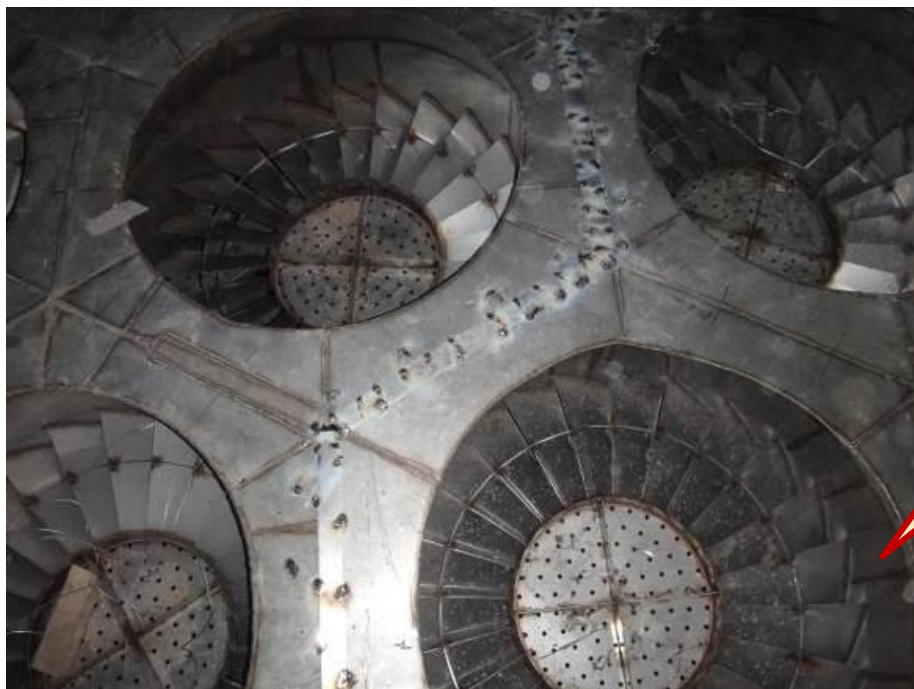
改造方案确定											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
电除尘改为脉冲电源采用叠加变压器	单塔高效雾+湿式除尘器	单双塔区高效脱硫+湿式除尘器	单塔高效除尘脱(增托盘)	单塔改造+湿式除尘器-管式	单塔高效除雾+湿式除尘器	单塔一体化脱硫除尘深度净化技术	湿式电除尘-板式	湿式电除尘-板式	湿式电除尘-管式	湿式电除尘-管式	湿式电除尘-板式

- 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 • 改造方案和工程管理
- 四 • 改造效果和持续优化

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

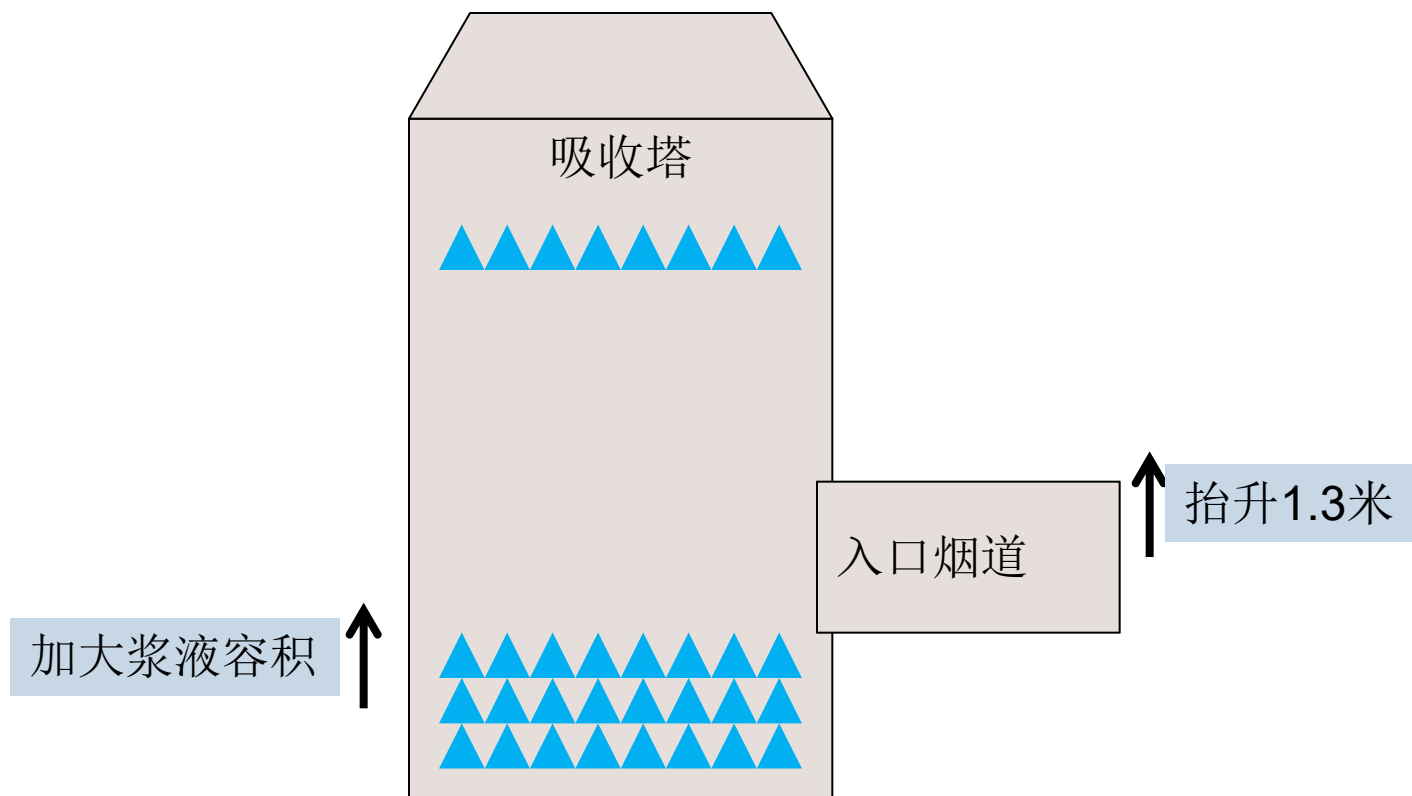


优化喷嘴布置，
减少短路可能，
提高覆盖率，
同时达到节能
的效果。

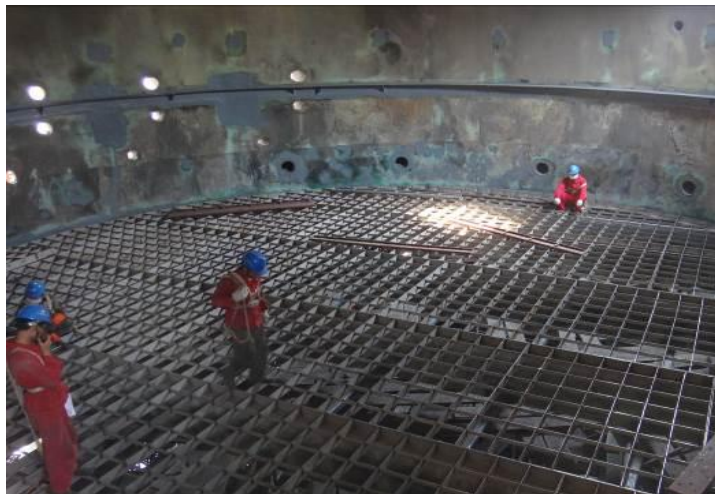
脱硫增容提效—两台浆液循环泵增容



脱硫增容提效—抬高入口烟道

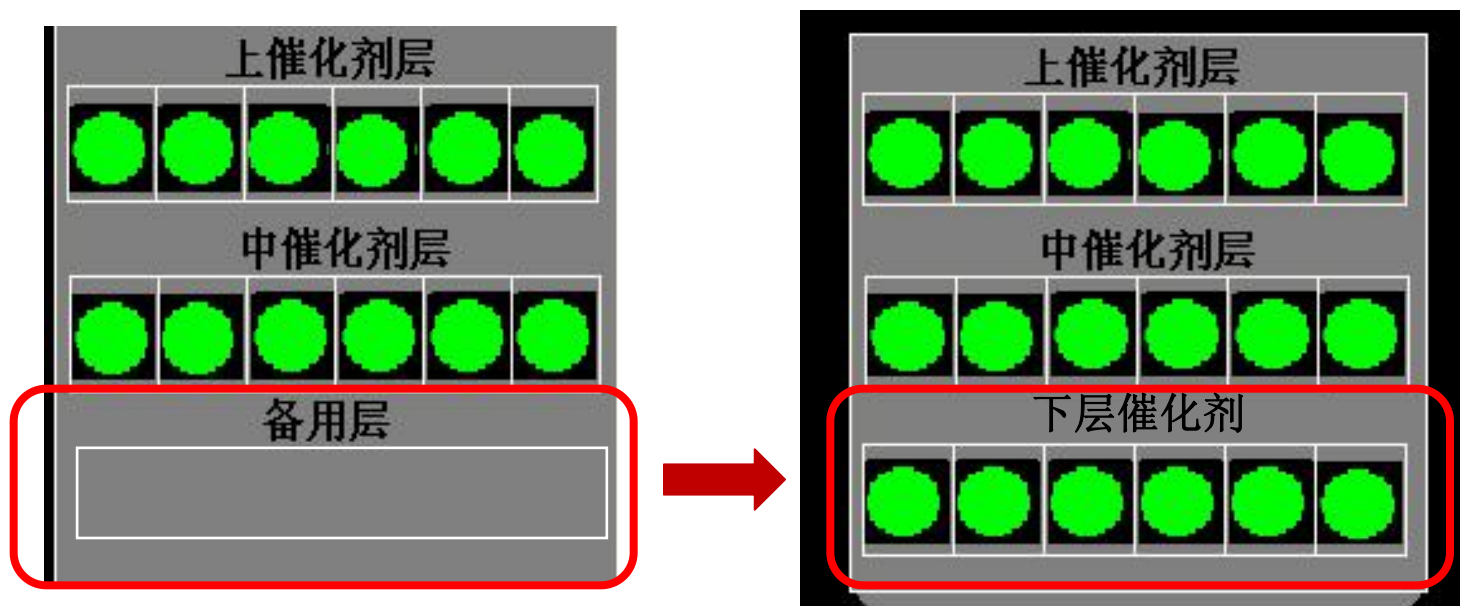


除尘增容提效-管束式除尘除雾器



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。

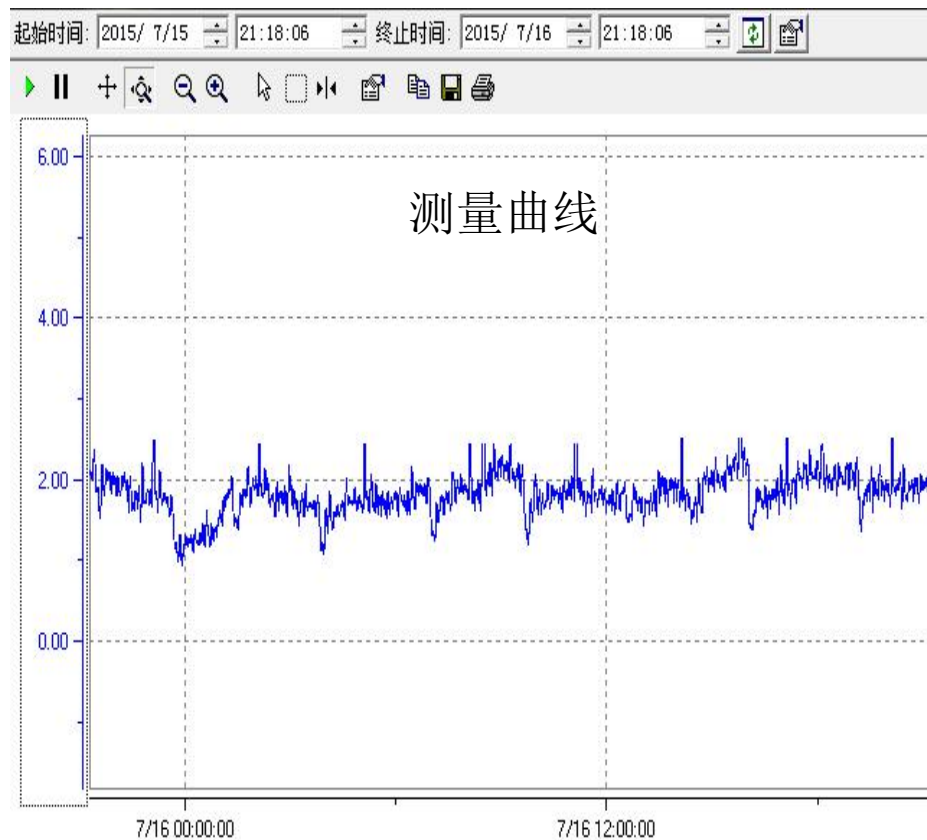


■脱硝SCR蒸汽吹灰器抬高。

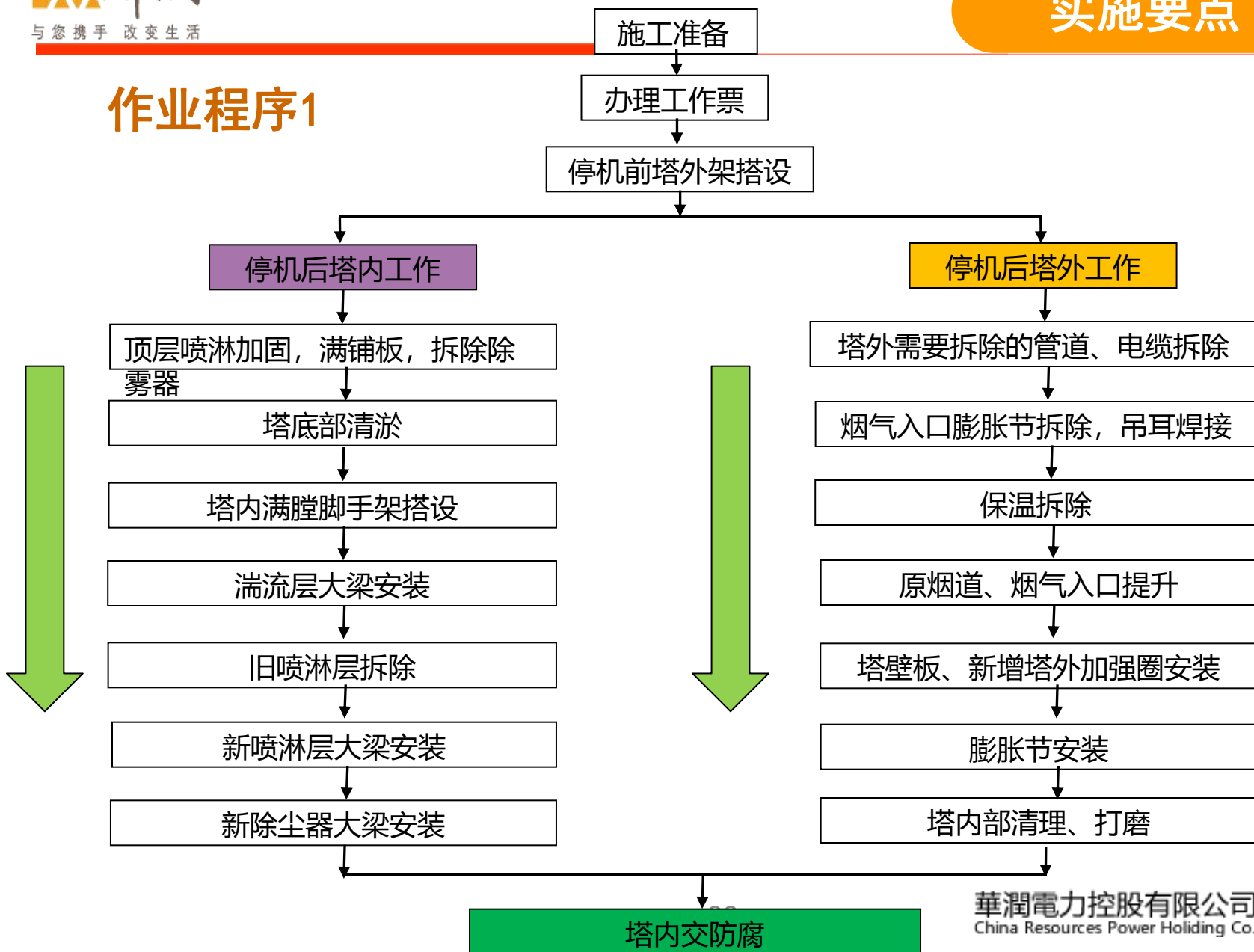
净烟气CEMS测点设备更新、移位至烟囱60米



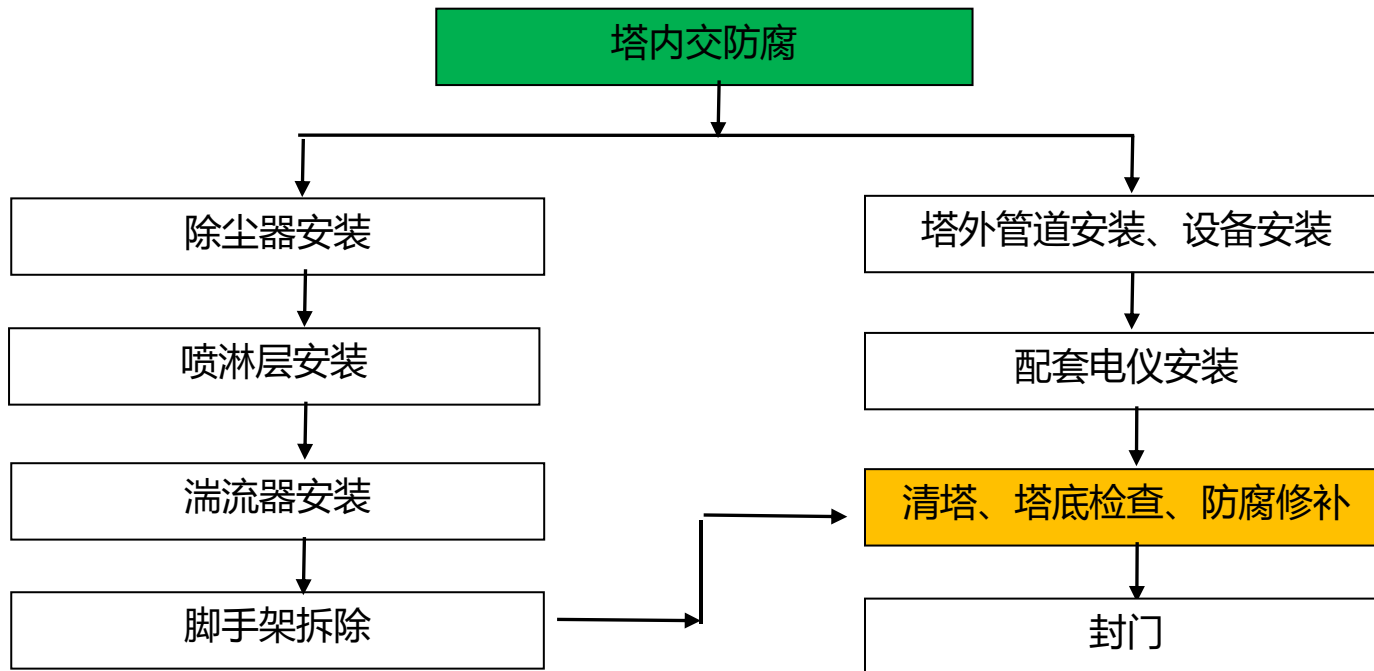
增设高精度粉尘仪



作业程序1



作业程序2



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



1、检修文件公示:

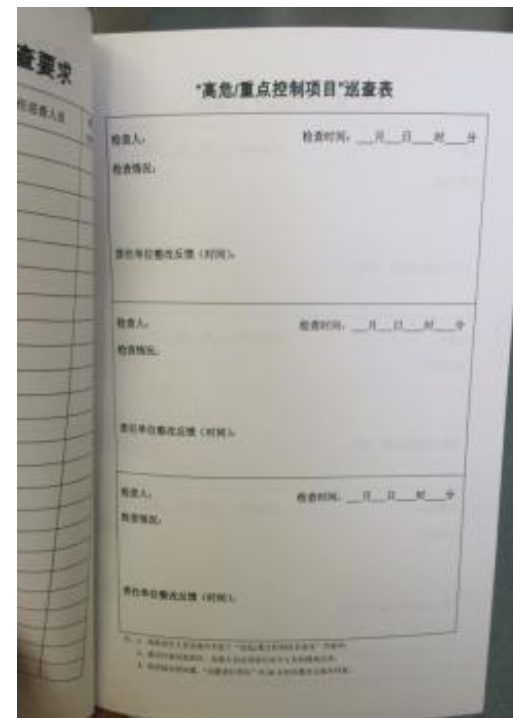
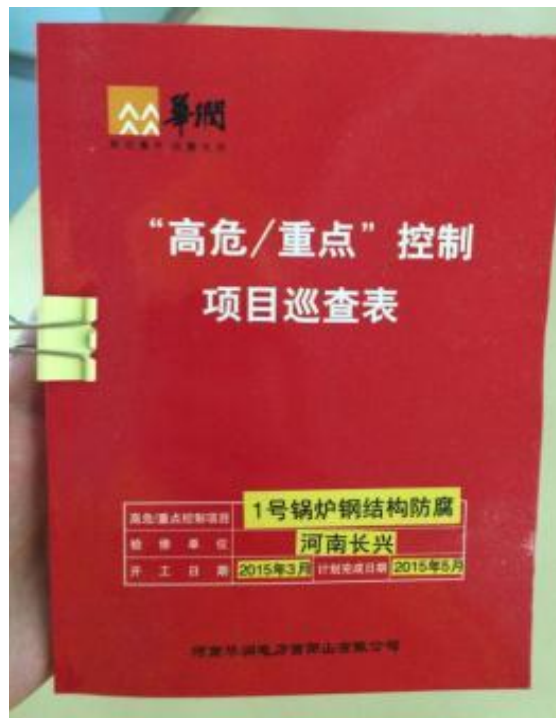
统一制作检修文件公示栏,
**公示作业点信息、管理人员、工
作票、作业文件、危险辨识、进
度安排等内容**

各单位按要求展示作业内容,
保证一览清晰,切实可控在控。



2、高危/重点控制项目巡查：

高危/重点控制项目，需要项目单位经理、安全人员、班组长、技术支持部专业负责人或其他相关人员定期检查，观察不安全行为、记录整改。



3、施工单位NOSA管理体系落地：

结合哦哦公司NOSA评审需要，超洁净改造施工单位在内部落地NOSA元素负责人（可兼职）。

包括：安全用具管理人、
手动工器具管理人、
电动工器具管理人、
5S管理人、
脚手架管理人。

职责：与甲方元素负责人对接，
担负检修期间本单位内该元素的
监督自查。

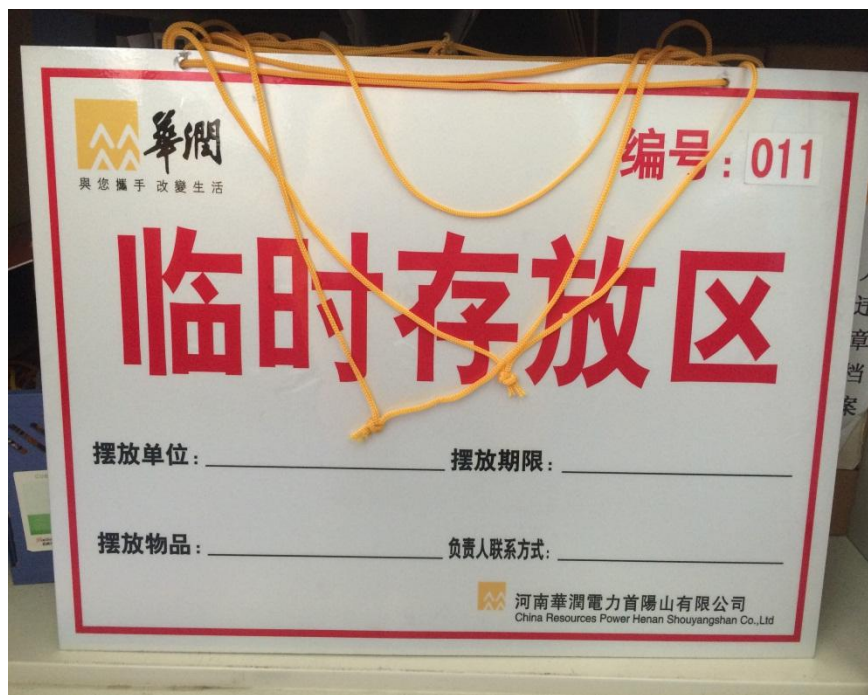


4、班组每日技术、安全交底：



5、物资堆放管理：

临时物资堆放区进行良好隔离，悬挂“临时存放”标识牌，注明联系人；检修作业点物资遵照5S管理体系进行管理，安排专人监督检查。



6、检修工器具封存管理：



不合格工器具封存管理办法

为强化#2机组C级检修管理，C检期间特在现场安设“不合格工器具、用具封存柜”3个，用于检修现场发现的不合格工器具、设备、安全防护用具等收缴和封存，提高检修现场作业的安全性、确保检修工作的质量。

现场各部门人员均有检查工具、设备、用具合格可靠的权利，发现并收缴的不合格工具应及时联系封存柜管理人进行编号、登记。

封存柜管理人负责工器具的存入、按要求退还。

对于过程中收缴的工器具，仅在如下两种情况下可以退还：

- 1、乙方工作完成后，准备清理退厂时可退还收缴工器具；
- 2、具备维修条件的工器具在乙方制定维修计划，报甲方同意后还可退还维修。

封存柜编号、存放地点和管理人如下：

序号	编号	放置位置	管理人	联系方式
1	#1柜	集控室北侧门外	胡潇捷	13783180190
2	#2柜	汽机房13.7米#1、2机中部通道处	谢海涛	15037986368
3	#3柜	脱硫控制楼1楼门口	邓坤	13949298480

河南华润电力首阳山有限公司
技术支持部 2015年9月6日

检修现场发现的不合格工器具、设备、安全防护用具等收缴和封存，提高检修现场作业的安全性、确保检修工作的质量。

对于过程中收缴的工器具，仅在如下两种情况下可以退还：
1、乙方工作完成后，准备清理退厂时可退还收缴工器具；
2、具备维修条件的工器具在乙方制定维修计划，报甲方同意后



7、监督巡查管理:



监理巡查



公司领导巡查

8、受限空间作业管理：

切实执行国家安全生产监督管理总局“有限空间安全作业五条规定”。

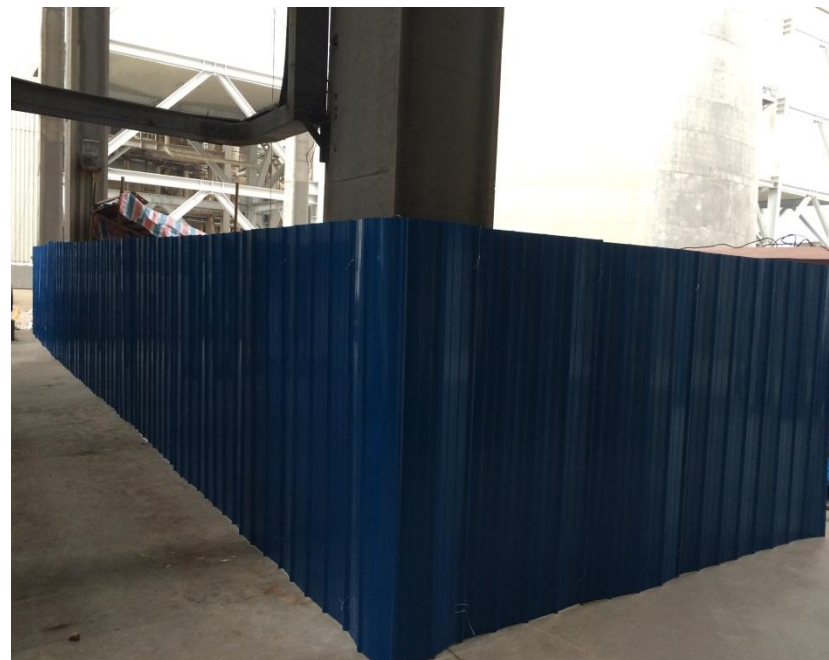
吸收塔、烟囱先检测后进入，外面专人监护，进出人员、物资登记。



9、动火作业管理：

切实执行国家安全生产监督管理总局
“有限空间安全作业五条规定”。

吸收塔、烟囱吸收塔区域隔离进出登记，
专人监护。



10、脚手架管理：

人员持证上岗，大型、高危脚手架搭设前编制搭拆方案，按要求组织相应等级人员验收。

脚手架使用前检查，大型脚手架搭设放每日检查。

脚手架使用超过15天，需重新检查。

脚手架禁用牌

本脚手架不具备使用条件，除搭设作业人员外，任何人员都禁止攀爬或使用。

任务名称：_____ 搭设负责人：_____

搭设单位：_____ 联系电话：_____

表六 河南华润电力首阳山有限公司“脚手架”验收单

编号：H/CMPST-SP-259.044-001

搭设单位	脚手架名称		
搭设负责人	架体类型 ☐ 3米以下 ☐ 3-10米 ☐ 10米以上及悬挑架		
使用时间	架		
使用单位	新		
序号	内容		
1	脚手架（含附着的支模架、拉结绳等）搭设符合安全技术方案要求。		
2	脚手架上不得有杂物、垃圾。		
3	脚手架搭设合格，脚手架搭设人员持证上岗。		
4	脚手架工作面的外侧应设置安全网。		
5	脚手架与建筑物及被保护物之间的安全距离应符合安全技术方案要求。		
6	脚手架爬梯安全，爬梯设置符合安全技术方案要求。		
7	施工前脚手架上应设置安全警示标志，且不应悬挂重物。		
8	脚手架搭设应符合安全技术方案要求。		
9	脚手架搭设应符合安全技术方案要求。		
10	脚手架搭设应符合安全技术方案要求。		
搭设方验收意见	验收人：_____		

说明：1. 脚手架<3米由搭设人员和验收人签字确认，>10米、悬挑架、其他高危脚手架由项目经理签字确认。
2. 对脚手架搭设的验收意见

表七 华润电力首阳山有限公司“脚手架”使用检查表

编号：H/CMPST-SP-259.044-002

1、脚手架基本信息					
脚手架名称/位置	_____				
搭设单位	_____				
搭设负责人	_____				
使用单位	_____				
使用负责人	_____				
检查要求	☐ 使用前检查（必须）， ☐ 搭设立杆前检查				
2、脚手架检查记录					
序号	检查时间（月、日、时、分）	检查人	检查结果	整改期限	验收人
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

说明：1. 脚手架使用期间应由使用单位人员填写检查记录，>10米、悬挑架、其他高危脚手架由项目经理签字确认。
2. 检查记录如表格使用“√”，如不合格，填写“×”，并填写整改意见，及时通知搭设单位整改。

11、夜间加班、射线探伤、固定设施拆除管理：

- **夜间加班：需要23：00—06：00时间段内作业时，必需在当日下午16：00前完成申请部分审批。设安全人员监护。**
- **射线探伤：至少在工作开始前4小时前完成作业审批。设置隔离，告知相关人员。**
- **临时拆除：钢架、楼梯、栏杆、平台等固定设备需要临时拆除超过4小时以上，必须经过批准。**

[illegible]

实施照片



运行设备防护



大梁更换

实施照片



新浆液泵基础改造

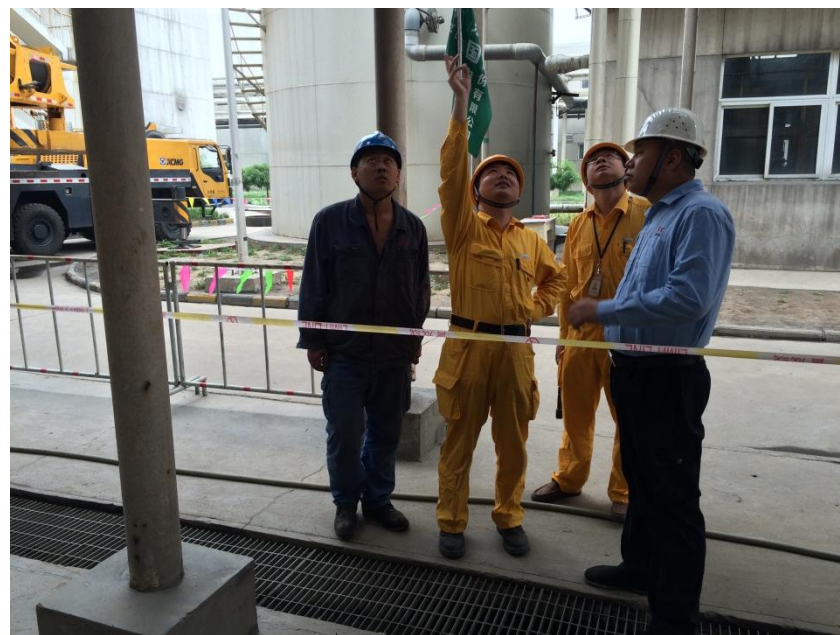


新浆液澄清箱安装

实施照片



组件甲方抽查验收



技术交底和三级验收

实施照片

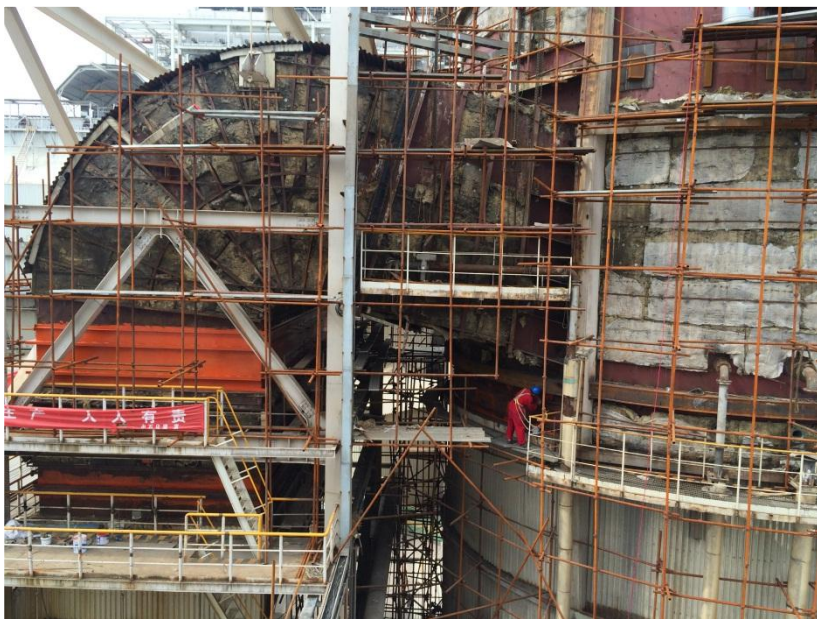


烟囱CEMS测点电梯钢架安装



烟囱CEMS测点更改至垂直段

实施照片



入口烟道提升改造



喷淋层母管更换

实施照片



喷淋层优化



管束式除尘器安装

碧水蓝天工程



- 一 • 改造背景简介
- 二 • 行业技术和脱硫除尘单塔一体化技术原理
- 三 • 改造方案和工程管理
- 四 • 改造效果和持续优化

燃烧器改善及催化剂增加效果良好



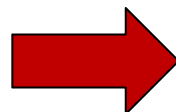
燃烧器改善后
NO_x低于
500mg/Nm³

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

改造效果



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

环保
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



- **存在问题：**
- 旋汇耦合装置，在吸收塔运行中阻力较大。改造前按照1000pa阻力进行核算，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，装置阻力已达到偏大状态，给引风机带来了比较大的影响。
- **处理方法：**
- 机组调峰停机期间，根据运行中的阻力，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

- **存在问题：**
- #1机组调峰停机后发现管束式除尘器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。因为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。

谢谢!

