



京能集团2016年环保改造技术交流会



王生公

南京龙源环保有限公司副总经理兼总工程师。
从事电力行业环保二十五年，参加并组织了龙源湿法脱硫、SCR脱硝、SNCR脱硝、臭氧脱硝、板式间断冲洗湿式电除尘器、板式导电玻璃钢极板的研发与工程实施，在大气污染物控制领域拥有丰富的经验。

燃煤电厂烟气“超低排放”技术的高效与节能

燃煤电厂烟气“超低排放”技术的 高效与节能

王生公

南京龙源环保有限公司
NANJING LONGYUAN ENVIRONMENTAL CO.,LTD.

超低排放技术高效与节能新理念

烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

烟气除尘超低排放技术的高效与节能

结论及建议

1.超低排放技术高效与节能新理念

相关政策

环境保护部、发展改革委和能源局联合下发了《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》，文中提出到2020年，全国所有具备改造条件的燃煤电厂力争实现超低排放。全国有条件的新建燃煤发电机组达到超低排放水平。

在2020年前，对燃煤机组全面实施超低排放和节能改造，使所有现役电厂每千瓦时平均煤耗低于310克、新建电厂平均煤耗低于300克，东、中部地区要提前至2017年和2018年达标。同时，要结合“十三五”规划推出所有煤电机组均须达到的单位能耗底线标准。

1.超低排放技术高效与节能新理念

高效性

达到或优于国家标准

- 技术的可达性
- 技术的可靠性
- 技术的先进性



前提，基本要求

节能性

降低燃煤机组的供电煤耗

降低运行成本

- 电耗
- 水耗
- 其它消耗性物品
- 维护费用
- 检修费用
- 人工费用

长期稳定运行的关键



2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

烟气脱硫超低排放技术

双循环技术



提高PH值来提高
脱硫效率



单塔双循环

托盘类技术



加强气液传质来
提高脱硫效率



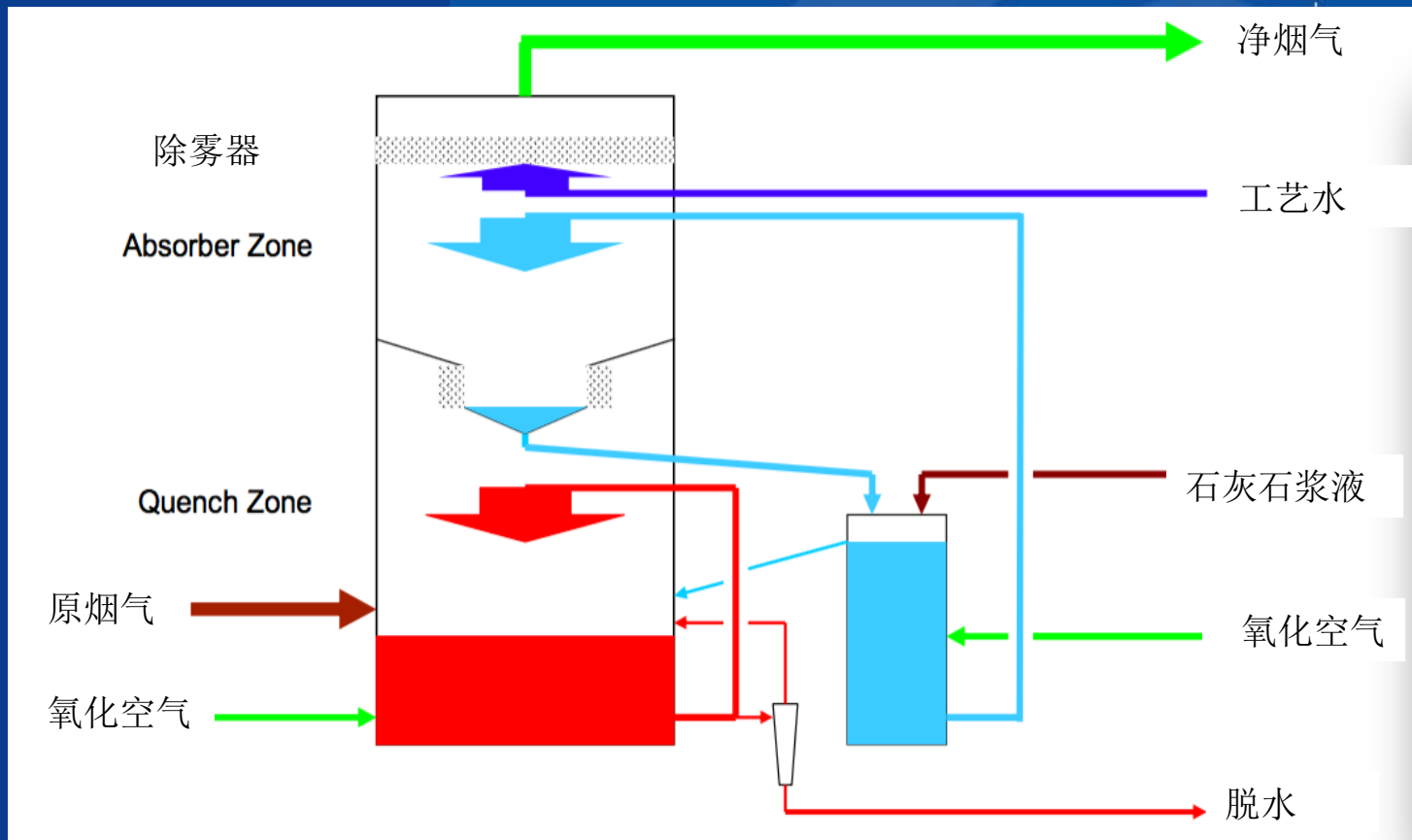
托盘塔

2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

单塔双循环工艺流程图

二级循环：
PH值5.8-6.4
高效脱硫

一级循环：
PH值4.6-5.4
保证亚硫酸钙的氧化
效果和石膏的结晶



2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

单塔双循环技术的高效性



脱硫效率>99%



双PH值



二级循环高PH值
脱硫效率>99%
一级循环低PH值
吸收剂完全溶解
大大提高氧化效率
降低氧化风机电耗
石膏含水率<10%。

双浆液池



满足不同工艺阶段对不同浆液性质的要求，适于硫份高和要求脱硫效率高的项目

收集碗的聚气作用



1. 一级循环和二级循环之间气液的分离
2. 烟气通过收集碗由一级循环进入二级循环的过程中，烟气实现了聚气
3. 减轻二级循环过程中由于浆液喷淋而形成的烟气贴壁效应

适应性强



两个循环过程独立控制，使反应过程更优化，能快速适应煤种变化和负荷变化。

2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

单塔双循环技术的节能性

节约电耗

- 二级循环PH 值高、流场好，大幅度降低浆液循环量，降低液气比
- AFT塔高位布置，降低二级循环泵扬程
- AFT塔浆液自流至一级循环主塔浆液池
- 一级循环PH 值低，利于石膏氧化结晶，降低氧化风量

降低阻力

- 收集碗将两级循环浆液分离，浆液不叠加，喷淋层阻力降低。
- 较低的液气比，降低了喷淋层的喷淋强度。
- 收集碗通流截面大，满负荷阻力150pa，50%负荷阻力75pa。

可调性强

- 电耗和阻力随锅炉负荷和含硫量变化同步进行调整
- 两个循环过程的控制是独立的，运行简单，操控性强

可靠性高

- 较低的液气比，降低整体喷淋强度，设备可靠性高
- 二级循环较低的氯根浓度（<5000ppm），确保了良好的防腐性能
- 收集碗形成的大通流截面可有效避免结垢和堵塞
- 收集碗收集浆液氯根浓度<5000ppm，材质2205具备良好的防腐性

2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

高效性和节能性对比

	单塔双循环	双塔双循环	空塔喷淋
脱硫效率	高，>99%	高，>99%	一般，理论上>99%
液气比	最低	略高	高
电耗	最低	略高	高
本体阻力	最低	略高	高
不同负荷下， 运行经济性	很好	很好	一般
维护检修费用	低	中等	高
石膏品质	好	好	略差

2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

计算条件:

入口SO₂为3500mg / Nm³, 出口SO₂为17.5mg / Nm³, 空塔流速按照3.0m/s, 塔径18米

600MW	单塔双循环	双塔双循环	单循环空塔喷淋
环循环泵设置	2+2	2+2	5
循环泵流量	4x10000m ³ /h	4x10200m ³ /h	5x10000m ³ /h
循环泵扬程 (m)	20 / 22 / 20 / 22	20 / 22 / 20 / 22	20 / 22 / 24 / 26 / 28
循环泵计算轴功率 (kw,泵效率均按85%)	3123	3160	4456
脱硫塔本体阻力 (Pa)	1200	1300	1450

2.烟气脱硫超低排放技术的高效与节能

案例分析

广州恒运2x300MW机组脱硫 设计参数		广州恒运2x300MW机组脱硫 (实测值)	
合同签订时间	2011年5月	投运时间	2012年3月
入口SO ₂ 浓度	3750mg / Nm ³	入口SO ₂ 浓度	4000mg / Nm ³
出口SO ₂ 浓度	50mg / Nm ³	出口SO ₂ 浓度	25mg / Nm ³
液气比	18	液气比	14.5
循环泵	2+3, 5层喷淋层	循环泵	5250m ³ /h (2+2)
脱硫工艺	单塔双循环	脱硫工艺	单塔双循环
本体阻力	1600Pa	本体阻力	1300Pa

3.烟气除尘超低排放技术的高效与节能

烟气除尘超低排放技术

脱硫协同除尘



脱硫过程中通过浆液喷淋、撕破液膜和高效除雾等手段实现粉尘超低排放

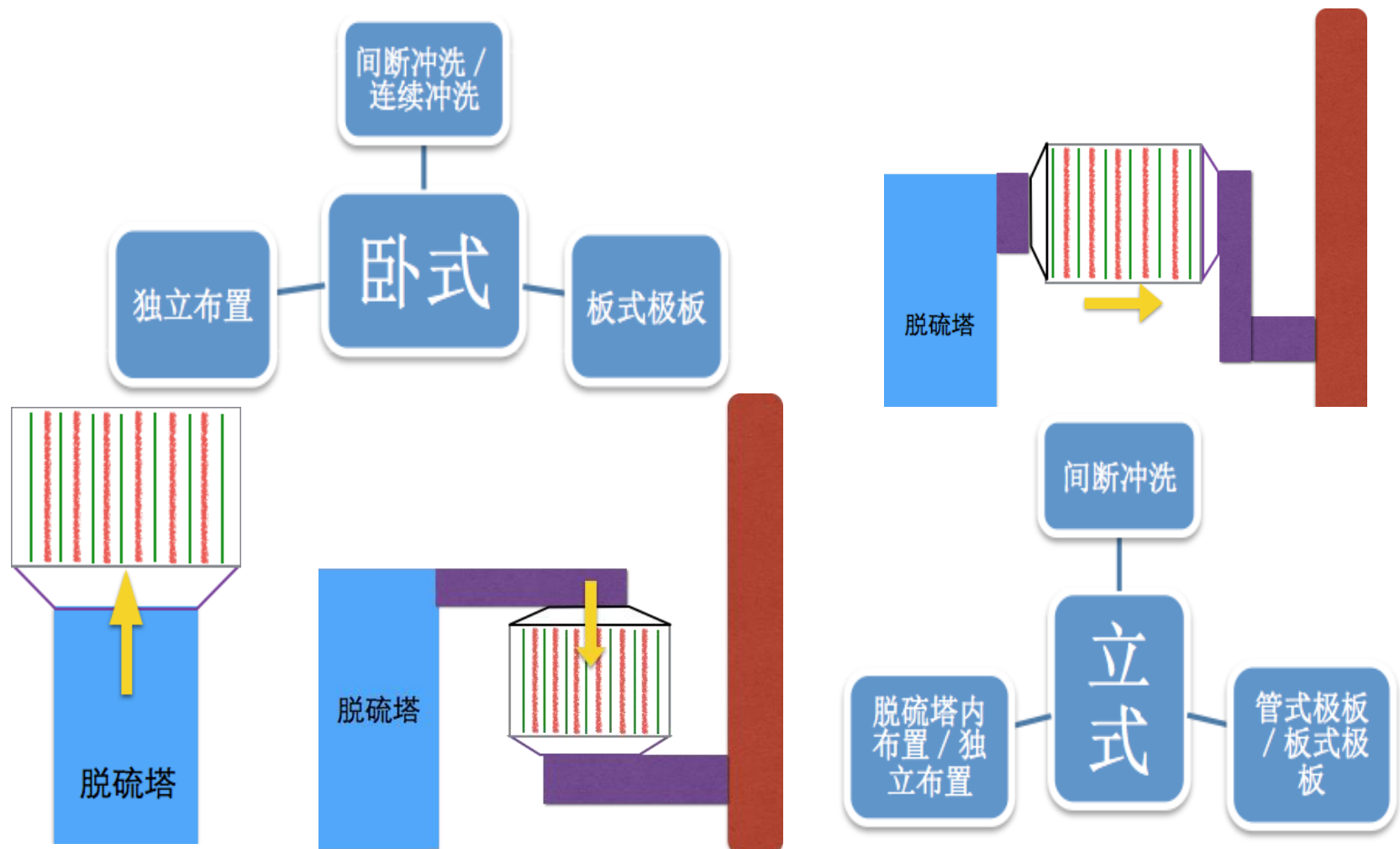
脱硫+湿电



在脱硫之后运用湿式电除尘技术对超细粉尘、三氧化硫气溶胶和重金属等物质进行高效脱除

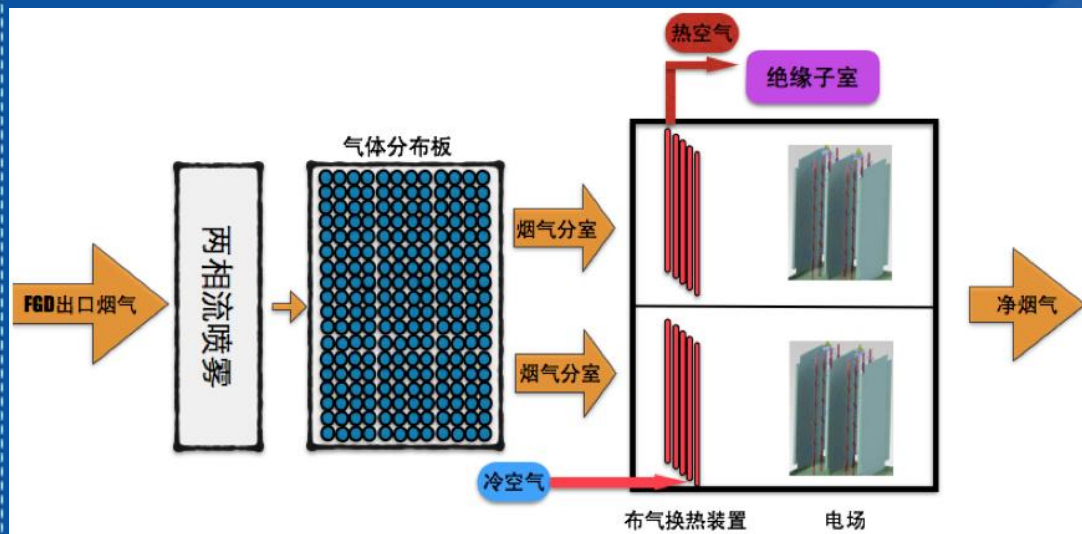
3. 烟气除尘超低排放技术的高效与节能

湿式电除尘分类



3.烟气除尘超低排放技术的高效与节能

龙源板式间断冲洗湿式电除尘



两相流喷雾:

可根据实际情况设置两相流喷雾，增湿和保护下游设备

布气换热装置:

管内是冷的密封空气，当热烟气通过布气换热管时，进行烟气的二次均布，同时与管内密封空气进行换热，降低自身温度

烟气水平流动:

FGD出口烟气→两相流喷雾装置→气体分布板→布气换热装置→电场

冲洗方式（间断冲洗）:

每4-8小时冲洗一次极板、极线，每次冲洗1分钟，废水排入脱硫系统

极板和极线:

极板：导电玻璃钢或2205
极线：2205

3.烟气除尘超低排放技术的高效与节能

板式间断冲洗湿式电除尘技术的高效性



除尘效率 $>80\%$ ， SO_3 脱除效率 $>70\%$ ，出口雾滴浓度 $<20\text{mg}/\text{Nm}^3$



布气换热装置



1. 二次均布，流场均匀
2. 形成液膜，捕集部分灰尘；
3. 细微粉尘与液滴结合，直径变大，易于捕集，提高除尘效率

运行电压高



1. 导电玻璃钢和2205均为刚性材质，因此极板间距有保证，电场稳定性好，能保证较高的运行电压（55kv）
2. 湿电入口粉尘 $<50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，可保证净烟气粉尘 $<5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；
3. 湿电入口粉尘 $<10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，可保证净烟气粉尘 $<1\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；

间断冲洗



间断大喷淋冲洗，无冲洗死区，便于实现极板的彻底清灰

3.烟气除尘超低排放技术的高效与节能

板式间断冲洗湿式电除尘技术的节能性

间断冲洗

- 省水（例如：一台600MW，平均耗水3-6吨 / 小时）
- 省电（例如：一台600MW，运行电耗小于480kW）
- 无碱（运行中不需要连续喷入碱性水，运行费用少）

本体阻力低

- 板式结构，通流面积大，因此本体阻力低，降低能耗

检修容易

- 极板为板式结构，因此检修空间极大
- 检修时，可进行局部修补。

节省电耗

- 热烟气与布气换热管内的密封风进行热交换，加热后的密封风供绝缘子室使用，因此可以节省绝缘子室所用的电耗，可以节约电加热器一半的电耗

设备耐用

- 可根据实际情况采用两相流喷雾稀释氯根，降低下游设备维护费用

3.烟气除尘超低排放技术的高效与节能

高效性和节能性对比

	立管 (独立布置)	立管 (塔顶布置)	卧式 (间断冲洗)	卧式 (连续冲洗)
除尘效率	略低，存在夹带问题	高	高	高
气流均布	略差	好	好	好
检修条件	困难	困难	容易	容易
运行费用	低	低	低	高
雾滴夹带	有	较少	较少	有

3. 烟气除尘超低排放技术的高效与节能



3. 烟气除尘超低排放技术的高效与节能

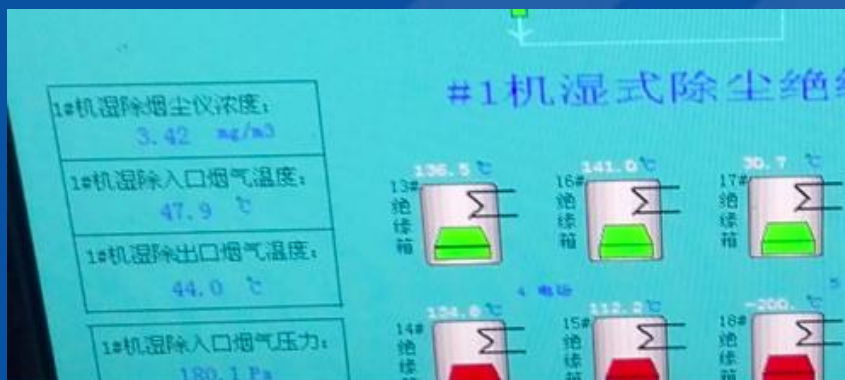


3.烟气除尘超低排放技术的高效与节能

案例分析

某电厂4x600MW机组

一期2x600MW机组采用烟气自上而下流动的管式立式湿电，设备故障率较高，检修困难，出口粉尘3-5mg / Nm³（图中照片拍摄时浓度为3.42mg / Nm³）。



二期2x600MW采用卧式间断冲洗湿电，出口粉尘浓度控制在3mg / Nm³以下（下图照片拍摄时出口粉尘浓度2.28mg / Nm³）



4.结论与建议

超低排放技术高效与节能新理念的重要性

燃煤电厂根据实际情况选择超低排放技术

单塔双循环脱硫和间断冲洗板式湿式电除尘是满足超低排放技术高效与节能新理念的两种技术

谢谢大家