



京能集团2016年环保改造技术交流会



龙 辉

环保部火电环境保护中心专家委员会委员，中国电力工程顾问集团有限公司副总工程师，教授级高级工程师。国家注册环保工程师、注册机械工程师，工信部大气净化装备委员会副主任委员，国家700℃超超临界燃煤发电技术创新联盟技术委员会委员，中国电机工程学会火力发电专业委员会委员，电力行业联合循环发电标准化技术委员会委员，机械工业环境保护机械标准化技术委员会大气净化设备分技术委员会委员。长期从事火力发电厂热机、环保新技术研究工作。近年来在国家级电力期刊上发表有关新技术发展及环保工艺方面的研究论文30篇以上。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

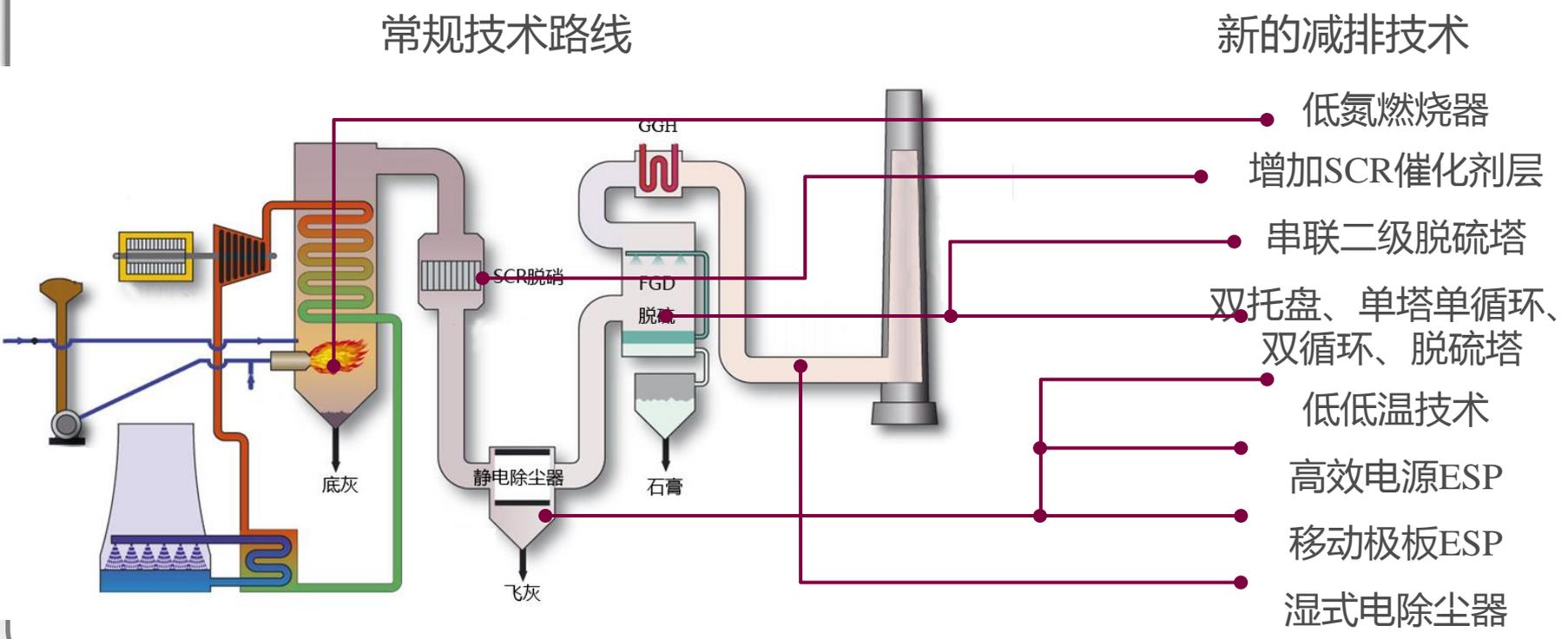
低低温电除尘+脱硫一体化 技术路线介绍

2016. 3. 16

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

1、燃煤电厂烟气治理岛的超低排放及节能减排概念

- 常规技术：SCR、静电除尘器、FGD脱硫
- 实现燃煤电厂烟气治理岛超低排放控制有多种可选的减排技术



低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

锅炉设备等烟气特性和必要的环保装置

在锅炉设备等烟气特性方面，根据使用燃料的不同，必须设置环境对策装置以及要对应环境规制值。

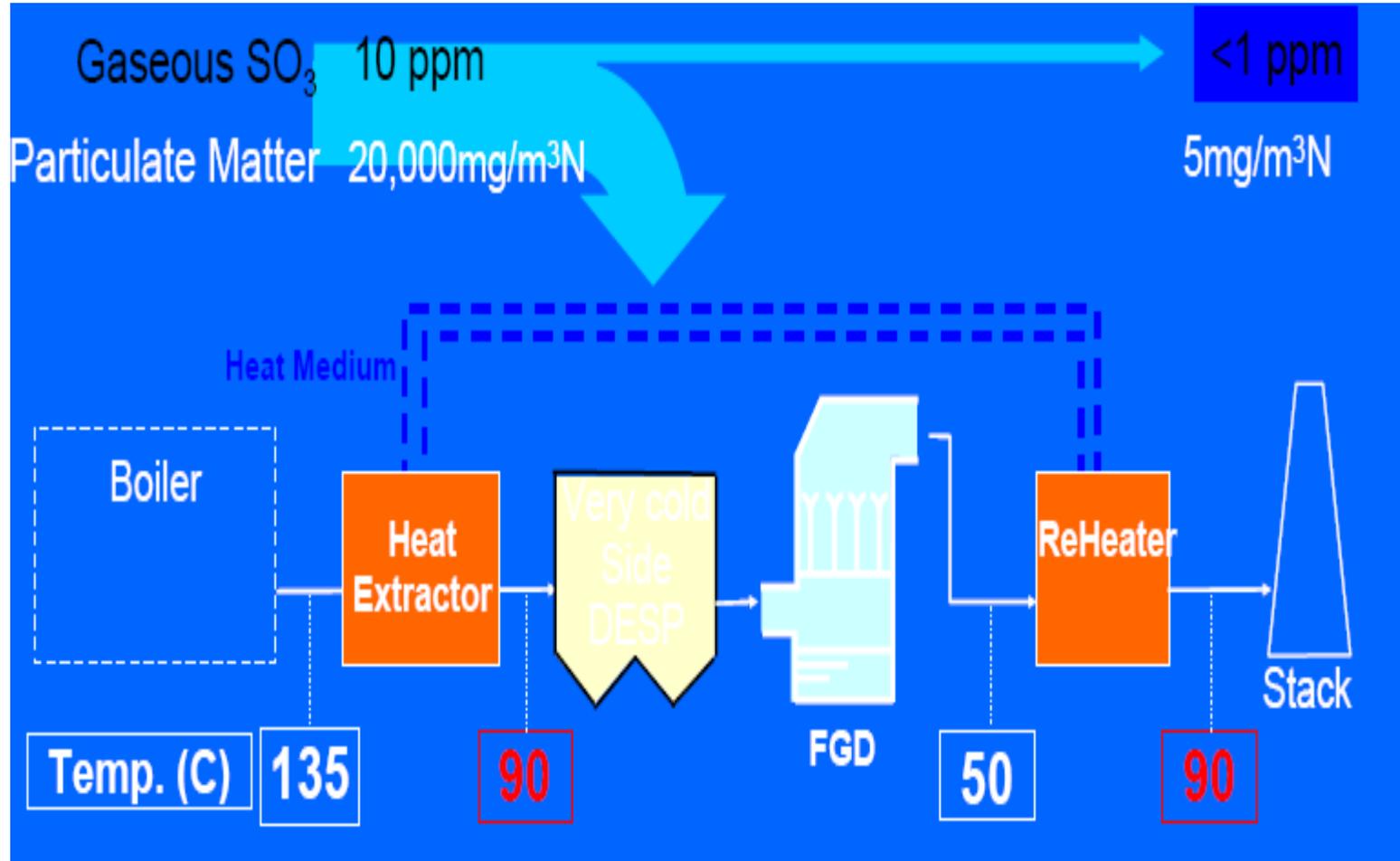
按我们的提法：一炉一策

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

在确定排烟处理系统的构成时，要考虑锅炉设备等的烟气特性及设计条件等，以构成系统内各装置相互的协调及高可靠性。

按我们的提法：炉后大系统协同控制

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍



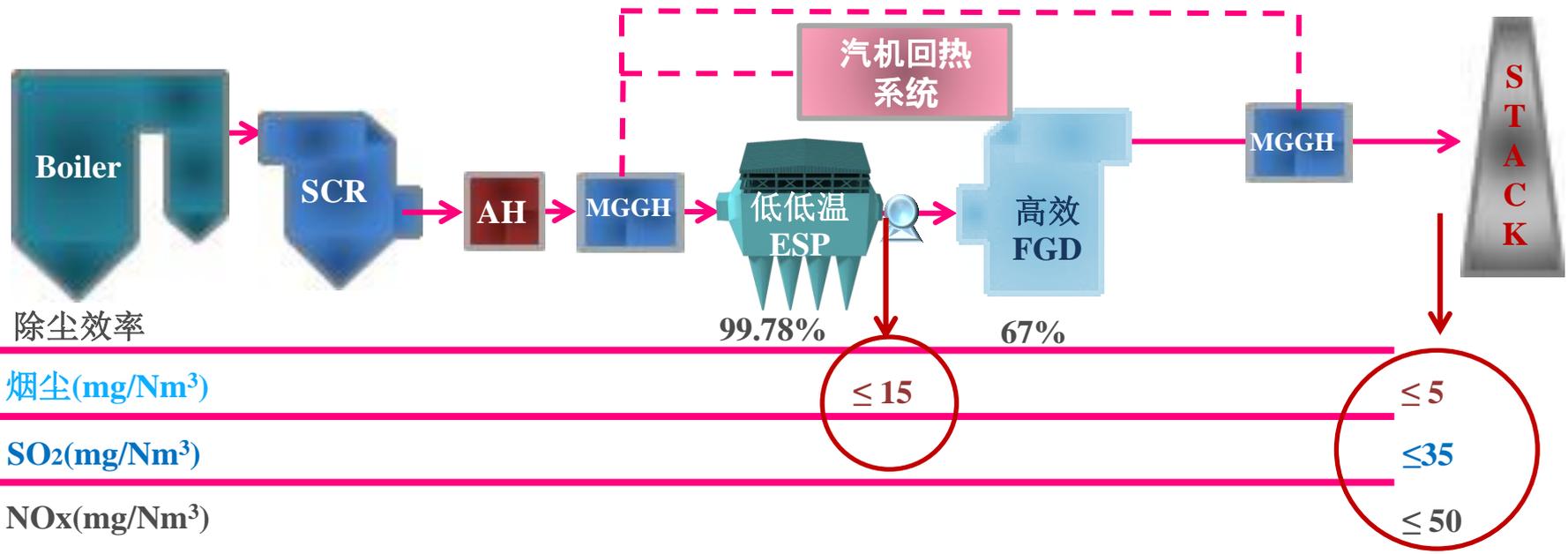
低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

2、采用低低温电除尘的烟气治理岛各环保装置的协同控制 典型污染物治理技术间的协同脱除作用

污染物	脱硝	热回收器	低低温电除尘	湿法脱硫
PM	○	▲	√	●
SO ₂	○	○	○	√
SO ₃	▲	▲	√	√
NO _x	√	○	○	●
Hg	▲	▲	●	●

注：√-直接作用，●-直接协同作用，▲-间接协同作用，○-基本无作用或无作用。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍



低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

《燃煤电站烟气协同治理关键技术及集群化工程应用课题》介绍

包括西安交大、武汉凯迪、浙大网新、浙江菲达及我们集团中南院参加完成。主要采用：低NO_x燃烧器+SCR+低低温电除尘器+优化后的湿法烟气脱硫工艺（含高效除雾器）技术路线。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

从整个电厂系统设计的角度考虑燃煤电厂烟气的治理，充分研究烟气中PM、NO_x、SO_x、Hg等污染物、各脱除工艺之间相互影响、相互关联的物理和化学过程，利用现有烟气污染物脱除设备之间存在的协同脱除能力，实现燃煤电厂大气污染物的协同与集成治理设计方案，为我国燃煤电厂烟气污染物超低排放提供了新思路。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

主要业绩：

目前已有多台机组按照该技术路线完成新建或改造，实现“超低排放”。主要投运业绩包括：华能山西榆社电厂2×330MW机组、华能金陵电厂2×1030MW机组、华能长兴电厂2×660MW机组、华能玉环电厂2号1000MW机组等。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

(1) 低低温电除尘器、降温换热器、湿法烟气脱硫协同除尘

在进行系统设计时，希望确保作为整个排烟处理设备的性能。

(1) 在配置排烟处理各系统时，是否把烟气温度考虑进去了

(2) 是否有防止SO₃的腐蚀及防止堵塞的对策

(3) 各系统除尘的分工问题

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

通过热回收器，烟气温度降低至酸露点以下，此时，绝大部分 SO_3 在烟气降温过程中凝结。由于烟气尚未进入电除尘器，所以烟尘浓度很高，比表面积很大，冷凝的 SO_3 可以得到充分的吸附，对 SO_3 去除率一般不小于80%，下游设备一般不会发生低温腐蚀现象，同时实现余热利用或加热湿法脱硫装置后的净烟气。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

烟气协同治理技术路线中，低低温电除尘器的出口粉尘粒径会增大，普通电除尘器出口烟尘平均粒径一般为 $1\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ ，低低温电除尘器出口粉尘平均粒径大于 $3\mu\text{m}$ ，低低温电除尘器出口粉尘平均粒径明显高于低温电除尘器。当采用低低温电除尘器时，脱硫出口烟尘浓度明显降低，可有效提高湿法脱硫系统协同除尘效果。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

(2) 高脱硫效率、高除尘效率的湿法烟气脱硫装置

考虑优化组合及选定的方法

主要功能是实现SO₂的高效脱除，同时实现烟尘、SO₃的协同脱除。

采用单塔或组合式分区吸收技术，改变气液传质平衡条件，优化浆液PH值、浆液雾化粒径、氧硫比、液气比等参数，优化塔内烟气流场，改善喷淋层设计，提高除雾器性能等提高脱硫效率。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

湿法脱硫装置出口的液滴中含有石膏颗粒等固体颗粒，要达到颗粒物的超低排放，提高其协同除尘效率的措施：

- a) 较好的气流分布；
- b) 采用合适的吸收塔流速；
- c) 优化喷淋层设计；
- d) 采用高性能的除雾器，除雾器出口液滴浓度为 $20\text{mg}/\text{m}^3 \sim 40\text{mg}/\text{m}^3$ 。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

相关研究表明，石膏浆液为悬浮浆液，石膏浆液中 $26.5\ \mu\text{m}$ 以下直径的颗粒占总粒径的重量比小于37.57%，而一般屋脊式除雾器的极限粒径为 $22\ \mu\text{m}\sim 24\ \mu\text{m}$ 左右，超过限粒径的液滴全部被除雾器捕获。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

吸收塔内石膏浆液含固量通常为20%，假设小粒径段颗粒在浆液中均匀分布，即大、小液滴中小粒径段颗粒的浓度相等，通过除雾器的小液滴中只能含有小粒径段的石膏颗粒，则通过除雾器的液滴含固量理论值应为 $20\% \times 37.35\% = 7.5\%$ ，而并非国内业界一直认为的除雾器出口雾滴含固量等同于塔内石膏含固量。当除雾器厂家可保证脱硫出口液滴浓度分别小于 $75\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $40\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 时，雾滴对烟尘贡献分别仅为 $5.6\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $1.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

(3) 技术优势

- 1) 利用原有设备进行改造集成，初投资、运行成本增幅较小；
- 2) 不会造成新的二次污染及能源消耗转移；
- 3) 具有良好的技术适应性，可应用于新建或改造机组；
- 4) 不同模块间具有良好的集成性能，可根据不同排放要求进行有效组合。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

主要改造案例介绍

案例1：华能山西榆社电厂2×330MW机组除尘器改造项目

该2×300MW机组采用低低温电除尘技术烟气协同治理技术路线，系统中不设置WESP，原电除尘器改造前出口烟尘浓度约 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ，实际燃用含硫量约2%左右的高硫煤，采用低低温电除尘技术，将烟气温度的降至 90°C 左右，同时将第1、2电场工频电源改造为高频电源。2014年8月上旬投入运行，经测试，电除尘器出口烟尘浓度为 $18\text{mg}/\text{m}^3$ ，经湿法脱硫系统后，烟尘排放浓度为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

案例2：华能浙江长兴电厂2×660MW机组新建工程

该2×660MW机组采用以低低温电除尘技术为核心的烟气协同治理技术路线，系统中不设置WESP，每台炉配套2台双室五电场静电除尘器，设置高频电源电除尘系统确保除尘器的除尘效率稳定性；设计烟气温度的为90℃，电除尘器出口烟尘浓度设计值为15mg/m³，要求经湿法脱硫系统后，烟尘排放浓度≤5mg/m³。

低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

该项目2014年12月投运，除尘部分经测试，ESP出口烟尘浓度值约 $12\text{mg}/\text{m}^3$ 。粉尘经过吸收段后，喷淋层出口的粉尘浓度为 $0.0015\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，说明粉尘几乎全部被捕集。高性能除雾器携带含固量 $2.65\text{mg}/\text{m}^3$ 。

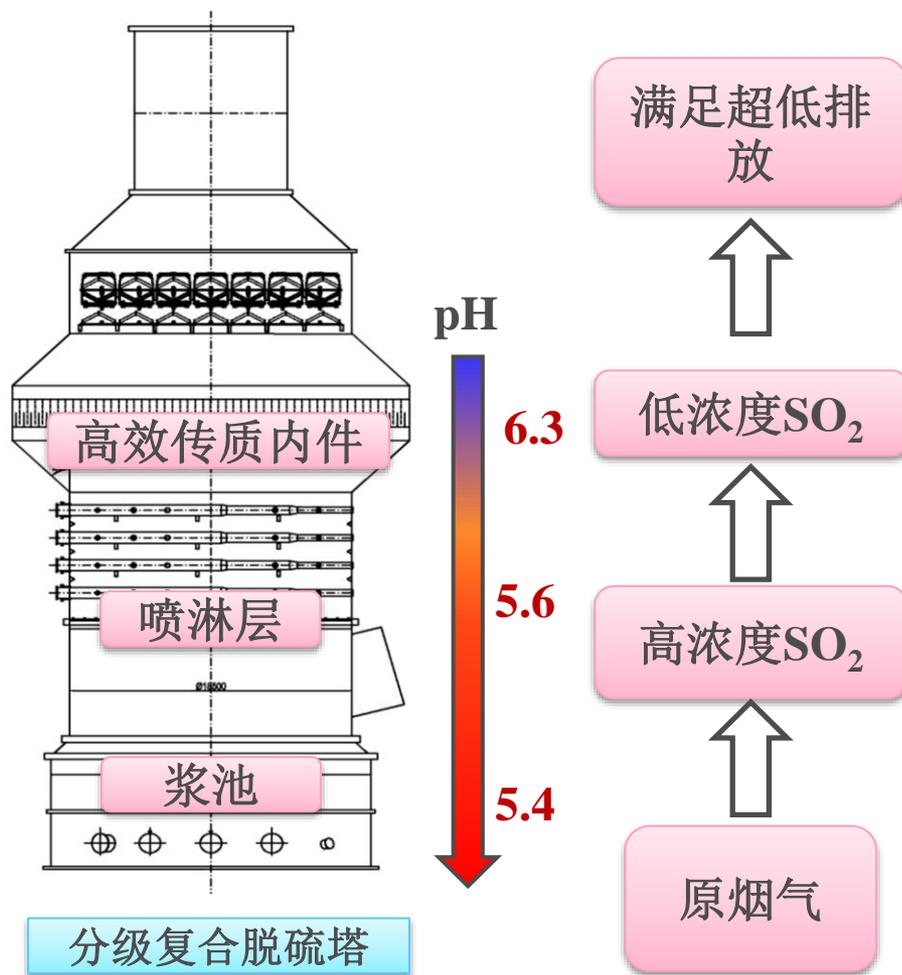
低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

案例3：华能左权电厂1号660MW机组超低排放一体化改造工程

该机组燃煤为中硫（St. ar为2.4%）、高灰（Aar为35.8%），采用以低低温电除尘技术为核心的烟气协同治理技术路线，系统中不设置WESP，低低温电除尘器+高效电源+薄膜持液层托盘单塔技术路线；2015年12月31日，示范工程顺利通过168小时运行，各项指标达到超低排放标准，在入口烟气二氧化硫浓度达到6000mg/Nm³情况下，出口二氧化硫浓度小于20mg/Nm³，粉尘平均浓度5mg/Nm³（低低温未投运）。目前已通过晋中市环保监测站环保验收，烟尘排放浓度<5mg/m³，SO₂排放浓度<35mg/m³。

三、燃煤电厂超低排放取得的主要经验

高效分级复合脱硫塔



低低温电除尘+脱硫一体化技术路线介绍

关于布袋或电袋除尘器，是否有必要都拆除改为低低温电除尘器问题。该超低排放技术路线在前面未解决SO₃问题，可以通过后面增加湿式电除尘器解决超低排放问题。另外就是无论是布袋除尘器好还是电袋除尘器均有较高的脱汞效率。

谢谢!