

乌海热电厂脱硫除尘改造经验

北方联合电力乌海热电厂

[摘要] 北方联合电力乌海热电厂在改造燃煤锅炉的烟气处理系统中，采用了石灰-石膏湿法脱硫工艺以及低压脉冲旋转反吹袋式除尘器配用戈尔玻纤覆膜滤料，使酸性气体和粉尘的排放量控制在很低的水平，极大地改善了当地的环境。

[关键词] 湿法脱硫 低压脉冲旋转反吹袋除尘器 深层过滤 表面过滤

前言

北方联合电力乌海热电厂的二期 2×200MW 机组于 2005 年投入运行。该工程设计中采用循环流化床干法脱硫装置，每台锅炉配两台脱硫反应塔。除尘设备则采用静电除尘器，每台锅炉配有一台双室一电场预处理静电除尘器，一台双室四电场脱硫后静电除尘器，设计的除尘效率为 99.8%。

但电厂投产后，脱硫装置一直无法正常运行，使得 SO₂ 排放浓度过高，而采用的静电除尘器的除尘效率也因为各种原因远远达不到设计值，粉尘的排放也很高，SO₂ 和粉尘均没能达到《火电厂大气污染物排放标准》GB13223-2003 中的第 3 时段 SO₂ 浓度 400mg/m³，烟尘浓度 50mg/m³ 的限值要求，对当地的自然环境造成了较大的影响。

为此，在 2007 年乌海热电厂投资了 1.8 亿元对二期机组进行了环保改造，其中的湿法脱硫系统和布袋除尘器改造项目就是其中的重中之重。

一. 脱硫系统改造

根据《火力发电厂烟气脱硫设计技术规程》(DL/T 5196-2004) 的规定“…大容量机组(200MW 及以上)的电厂锅炉建设烟气脱硫装置时，宜优先选用石灰石/石灰-石膏湿法脱硫工艺…”，将机组原有的循环流化床干法脱硫装置拆除，改成了湿法脱硫，采用石灰-石膏湿法脱硫工艺。

脱硫装置位于炉后烟囱外集中布置该工艺主要有烟气系统、石灰浆液制备系统、SO₂ 吸收系统、石膏脱水系统、水系统和压缩空气系统等组成。

制备好的石灰浆经由循环泵喷入吸收塔，浆液在吸收塔喷淋吸收区雾化后与烟气充分接触发生化学反应，生成亚硫酸钙后汇入吸收塔下部循环浆液池。氧化风机再向循环浆池内鼓入氧化空气，将亚硫酸钙氧化成硫酸钙。经洗涤脱硫净化后的烟气是带液滴的湿烟气，在吸收塔上部出口段装有两级除雾器，湿烟气通过除雾器除去大部分液滴，在烟气含液滴量低于 75mg/Nm³ 后排放。

从吸收塔排出的石膏浆液经排出泵输送到石膏旋流站，经过旋流站浓缩后的下层浓度较大的自流到脱水机，脱水后的石膏含水量小于 10%，然后通过皮带输送机送至石膏库房堆储，在条件便利时进行综合利用。

二. 旧的除尘系统改造

乌海热电厂二期机组原来所配的除尘设备是一台双室四电场静电除尘器，在电厂投入运行后，由于煤质变化较大，燃用煤种的灰分较高，灰的成分分析中 SiO_2 和 Al_2O_3 含量总和已经达到 89.86%，而 Na_2O 与 K_2O 的含量仅为 1.03%，燃用该煤种时的灰的比电阻较大，致使电除尘器不能完全捕捉烟气中的粉尘，除尘效率仅有 94.21%，远没有达到设计值，烟尘排放严重超标。

随着国家对环保要求的不断提高，布袋除尘器在电厂的应用也越来越广泛。布袋除尘器的主要特点是运行稳定，适应性强，其收尘效率很少受到处理风量变化，且除尘效率远高于电除尘器，可过滤亚微米级的粉尘颗粒，对煤、灰的成分没有特殊要求，所以我们决定将电除尘器改成布袋除尘器，而仍保留原来的静电预除尘器。即：静电预除尘器维持现状，将静电除尘器改装为布袋除尘器，并确定了采用低压脉冲旋转反吹袋式除尘器。

改造后袋式除尘设备是以鲁奇 1144 RF8000 标准型号袋式除尘器花板为基础，除尘器的袋室是在原有电除尘器的壳体改造而成，拆除原有电除尘器的披屋顶和除尘器顶盖。原有电除尘器是双室四电场结构，用中间隔墙将除尘器改造成四个袋室。在除尘器各袋室出入口装有用于离线隔离的百叶窗式出入口挡板门。

低压脉冲旋转反吹袋式除尘器，是目前世界领先的袋式除尘技术。该技术具有清灰喷吹阀数量少、清灰压力低、除尘效率高，占地面积小等特点。

1. 由于使用数量很少的大型脉冲阀，运行操作较简单，系统稳定可靠，设备可实现免维护操作，运行和维护费用低。
2. 采用低压大气量的柔和清灰技术，可以有效延长滤袋的使用寿命，清灰压力仅须 $0.8\sim 1\text{Kg}$ ，清灰压缩空气由罗茨风机提供即可满足清灰需要，不需要空压机，不需要对压缩空气进行处理等。
3. 进入袋式除尘器的烟气采用平进平出的进气方式，流程合理，从空气动力学性能上保证了设备本体具有最低的阻力损失，本体电耗非常少。
4. 采用分室结构时，能实现锅炉满负荷在线检修；
5. 采用低压长袋技术，滤袋呈同心圆状布置，结构紧凑，占地面积小，工艺美观。
6. 采用模块化设计，各除尘单元均实现标准化设计，因此，工程从设计、生产到施工周期都很短，节约施工费用。

三. 改造中所面临的难题

在改造前的初步设计中，也考虑到了对收尘器改造对系统的运行可能会带来的一些问题，主要是有以下两个方面：

1. 除尘器阻力升高。将电除尘器改造成布袋除尘器后，除尘器本体阻力会有所上升。在一般情况下，电除尘器的阻力大约为 300Pa 左右，改造成布袋除尘器后阻力大约增加 1200Pa，如果再将干法脱硫装置拆除，减去脱硫塔的设计阻力（约 700Pa），整个系统增加的阻力大约为 500Pa 左右，将大大超过最初的设计水平。如果不改造锅炉引风机，就很难保证系统的正常运行。而改造锅炉引风机将是一笔很大的投资。如果要保留原来的锅炉引风机，唯一的解决方法就是采用一种能稳定维持低阻力的滤袋，使得改造后的布袋除尘器阻力能维持在 1200Pa 以下（比电除尘器的阻力只增加 900Pa 以下）。

2. 高温烟气处理。因锅炉排烟温度较高，预除尘器前烟温已经达到 172℃（实测值），极限温度甚至会达到 200℃，要使布袋除尘器能够在该条件下长期运行，这就要求布袋除尘器的滤袋材料必须采用特殊的耐高温材料，而传统的电厂收尘器用的 PPS 滤料很难在这样的工况条件下使用。

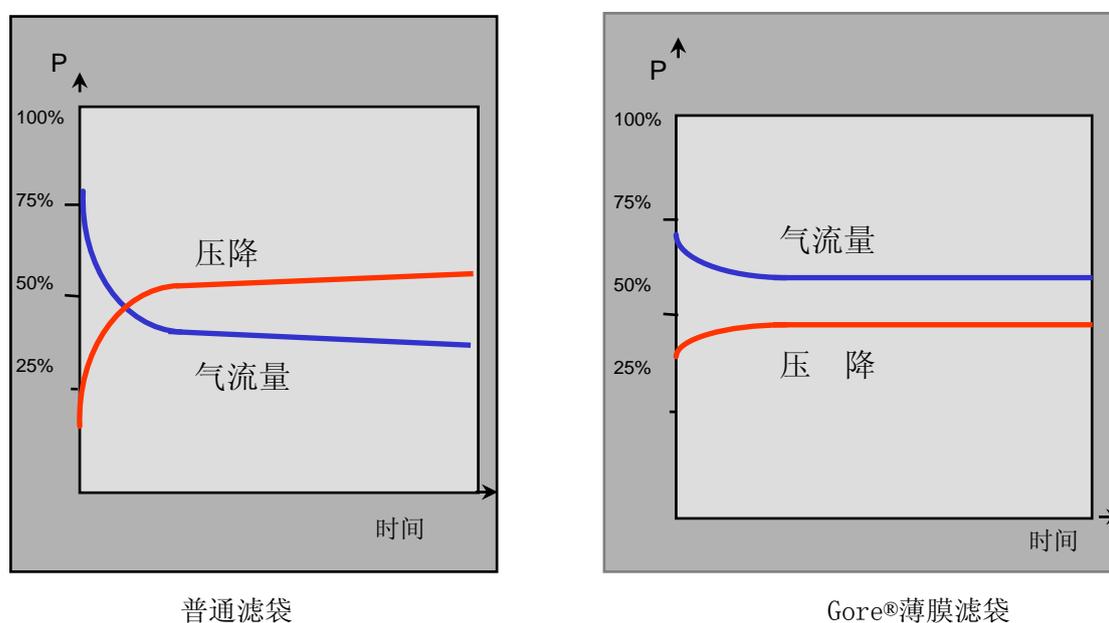
四. 除尘器滤料选择

由于存在前述的两大问题，选择何种滤料就成了决定关键的一步，如果滤袋使用不当，袋式除尘器的运行阻力将会持续升高，除尘器运行阻力高将导致系统通风量减小而直接影响锅炉的蒸汽产量，而滤袋在高阻力条件下运行就会因本身应力高、频繁的清灰而使滤袋提前失效或破损，滤袋破损也会影响粉尘排放的达标。另外还滤料本身还要耐受高温，所以在袋式除尘器运用中，滤料性能和质量的好坏，直接关系到袋式除尘器的运行和使用寿命的长短。

在当前国内燃煤电站除尘器中，常用的是普通 PPS 滤料。PPS 滤料虽然有抗酸碱性好的特点，但其最高耐温只能达到 190℃，还有一个致命的缺点就是“易氧化”，滤料在较高运行温度和氧气含量超过 9%的情况下会发生氧化而失效，烟气中的 NO₂ 含量也会影响 PPS 滤料的寿命。而乌海热电厂袋式除尘器的入口烟气极限温度会达到 200℃，而且烟气的 NO_x 含量高，因此从滤袋寿命考虑，显然不适合选用 PPS 滤料。

目前燃煤电厂的袋式除尘器上常用的是非覆膜的普通滤料，其过滤机理属于“深层过滤”。所谓“深层过滤”是指最初接触滤料的粉尘将会滞留在滤料表面，形成一层“初次滤饼”使滤料孔隙减少而提高过滤效率。滤袋就是利用这层“初次滤饼”层以实现有效的粉尘过滤过程。随着过滤的进行，粉尘会顺气流压力不断渗入滤料，导致运行阻力不断上升，系统处理风量下降，能耗增加，并使滤袋工作寿命大大缩短。由于“初次粉饼”的存在，滤料容易“板结”而过早失效。另外由于锅炉在点火时需要轻柴油点火和助燃，普通滤袋容易粘油糊袋，导致失效。

在经过综合考察与研究后，最终决定选用美国戈尔公司生产的 Gore®薄膜/PTFE 处理玻纤织物滤料。因为玻璃纤维连续运行温度为 260℃，大大超过 PPS 滤料 190℃的运行温度，对电厂锅炉的生产作业，提供了更大的温度宽容度。更重要的是该滤料的过滤表面复合了一层用“膨体”专利技术制成的多微孔、极光滑的膨体聚四氟乙烯（ePTFE）薄膜，是属于最先进的“表面过滤”技术。膨体聚四氟乙烯（ePTFE）薄膜的纤维组织极为细密，使含尘气体经过滤料后的粉尘排放量接近于零，可以满足严格的排放要求。膨体聚四氟乙烯（ePTFE）薄膜本身具有不粘灰、憎水和化学性能稳定等特点，使薄膜滤料具有了极佳的清灰性能，可降低清灰强度，减轻滤料的磨损，使滤袋的使用寿命大大延长。而且能保证过滤阻力始终保持在很低的水平，而处理气流量始终保持在较高的水平，这就确保了原有风机能正常运行，减少改造及运行的费用。从下图的滤袋性能表中我们可以看出覆膜滤袋的优势所在。



图一 滤袋性能比较

此外通过行业内的了解，我们也知道戈尔玻纤覆膜滤料在国内的大型燃煤锅炉收尘器上已经有了成功的应用，比如在马钢热电厂上，同样是采用低压脉冲旋转反吹袋式除尘器+戈尔玻纤覆膜滤袋，阻力和排放的情况都非常令人满意，再加上戈尔覆膜滤料的高品质和良好口碑，使我们放心地选择了戈尔玻纤覆膜滤料

五. 除尘系统技术参数

乌海热电厂每台除尘器分为 4 个独立的除尘室，每室 2 个单元（四室八单元结构），每个室安装滤袋 1144 条，每台除尘器安装滤袋 4576 条，可实现在线满负荷检修，除尘系统具体技术参数见下表。

名称	单位	参数及规格型号
处理烟气总量	Am ³ /h	1,798,763
锅炉型式		2×670t/h 超高压煤粉锅炉
烟气运行温度	°C	160~200
固体粉尘入口浓度	g/m ³	11.13
出口粉尘排放浓度	mg/m ³	< 50
处理粉尘		燃煤锅炉尾气粉尘
滤袋规格	mm	Ø127×8110
分室内滤袋数量	条	1144
除尘器滤袋总数	条	9152
过滤风速（总/净）	m/min	1.02/1.36
选用滤袋材质		Gore [®] 薄膜/PTFE 处理玻纤织物
收尘器运行阻力	Pa	<1200
压缩空气压力	kg/cm ²	< 0.85

表一 除尘系统技术参数

六. 改造后的运行效果

该除尘器从 2007 年七月份改造完成后开始投入运行，到现在已经稳定运行了将近一年的时间。目前烟气处理系统运行结果良好，实测的粉尘排放浓度小于 20 mg/m³，除尘效率由之前的 94% 提高到现在的 99.5% 以上，每年可减少近 2.2 万吨的烟气排放量。除尘器的运行阻力目前一直稳定在 1100pa 左右，这通常要比选用普通“深层过滤”滤袋低 400Pa 以上，从而确保了系统在利用原有锅炉引风机的条件下也能正常运行。阻力稳定地保持在较低的水平，可以有效地减低清灰的次数，确保滤袋的使用寿命能尽可能延长。同时收尘器的低阻力运行保证了高通风量，风机通常只需达到额定功率的 70% 即可满足要求，预计仅风机电耗每年就至少可以节约 90 万元以上。

2007 年十月底，脱硫设备也正式投入运行，SO₂ 的排放浓度能稳定的维持在 200mg/Nm³ 以下，脱硫效率由原来的 85% 提高到了 95% 以上，每年可减少二氧化硫排放量 3500 吨。

在今年的 3 月，乌海热电厂 2×200MW 供热机组环保工程通过国家环保局整体验收。这不仅使乌海热电厂达到了国家对电力企业的环保要求，也使企业的节能减排工作迈上了新台阶，特别是对改善乌海市大气环境方面起到了积极作用。