

锅炉脱硝改造存在的的问题及解决方法

本文结合牡丹江热电有限公司锅炉脱硝改造实例，阐述了220t/h煤粉锅炉采用低氮燃烧器、SNCR和SCR联合脱硝过程中遇到的问题和解决方法。

1概述

牡丹江热电有限公司是股份制的热电联产企业，公司位于牡丹江市东南角，厂区毗邻牡丹江畔，占地面积22万平方米。与西城供热公司共同组成15台锅炉总容量2155t/h的环型供热管网，供热面积现已达到2千多万平方米，占牡丹江市集中供热面积65%以上。

牡丹江热电有限公司现有3台220t/h高温高压煤粉锅炉，#1、#2、#3锅炉均由哈尔滨锅炉厂设计制造，炉型为HG-220/9.8-YM10锅炉，蒸发量均为220t/h。#1、#2锅炉于1991年投入正式运行，#3锅炉于2003年投入运行。目前新建设1台240t/h高温高压煤粉锅炉，2018年正式投入运行。

为满足“十二五”期间对火电行业的NO_x控制要求，牡丹江热电有限公司首先对3台220t/h高温高压煤粉锅炉进行烟气脱硝改造（SNCR+SCR）；对1台新建240t/h高温高压煤粉锅炉设置SCR烟气脱硝装置。4台锅炉脱硝系统均以尿素作为还原剂。

为了进一步降低锅炉燃烧氮氧化物生成，对现有锅炉进行了低氮燃烧器改造。由于锅炉为热风送粉，中间储仓室制粉系统，三次风对低氮燃烧器的降氮效果影响较大，故将锅炉热风送粉改成乏汽送粉形式。最终形成“锅炉低氮燃烧器+SNCR+SCR”联合脱硝系统。

1.1低氮燃烧器改造

我公司低氮燃烧技术结合了分级燃烧和燃料再燃的优点，同时吸收了ALSTOM双级SOFA分级布置理念和国内非常成熟的一次风浓淡分离燃烧理念，形成了多煤种低氮燃烧装置及控制方法。

一次风采用水平浓淡煤粉燃烧技术，垂直空气分级燃烧结合分量偏置二次风技术，在燃烧器的中部和上部均布置了一层反切二次风，将燃尽风分为高位燃尽SOFA和低位混合SOFA双级燃尽风。

1.2乏汽送粉改造

原#1、#2、#3锅炉采用中间煤粉仓、乏汽三次风、热风送粉系统。三次风布置在最上层，其下有三级二次风喷嘴。三次风的风量约为总风量的15%，其中含有10%~5%的煤粉。三次风的过量空气系数高，常在2.0以上。虽然三次风的引入，有某种程度上空气分级燃烧的效果，使主燃区的空气系数降低，增强还原性气氛，有利于NO_x的抑制和还原。

然而由于三次风风量有限，炉内空气分级基本上由一次风、二次风配合完成，三次风对主燃区欠氧燃烧的程度和时间的作用有限。

相反，三次风带粉，这些煤粉被

喷入一个高温氧化性气氛燃烧，增加相对数量的NO_x

，抵消了分级燃烧的效果。三次风对NO_x的综合效果，是使NO_x排放明显增加，而不是下降。

磨煤机工作时，投三次风时的锅炉尾气NO_x

的浓度，将原热风送粉系统取消，改为乏汽送粉系统。

1.3 SNCR和SCR烟气脱硝系统

由于我公司锅炉尾部烟道是两级省煤器与两级管式空气预热器交错布置，且炉后没有空间引出烟道布置多层催化剂，因此选择了SNCR和SCR协同脱硝系统。以尿素作为还原剂，我们采用炉内热解工艺。

脱硝改造的3台锅炉均为热电联产锅炉，采暖期3台炉满负荷运行；非采暖期一般仅1台锅炉半负荷运行。因此，#1~#3锅炉布置二层喷枪。

#1~#3锅炉SCR反应器，在高温省煤器和高温空预器之间的尾部烟道内，各增设一层催化剂，布置20个催化剂模块，截面为5m×8m。

由于高温省煤器出口温度在420℃左右，不能满足催化剂的安全运行。为了满足反应器的温度和空间的需求，将#1、#2锅炉原光管高温省煤器更换为H型鳍片管，并调整高温省煤器及预热器之间的布置空间，降低高温省煤器出口烟气温度至380℃左右，且为SCR反应器留出3m左右的布置空间。#3锅炉高温省煤器出口温度在380℃左右，满足催化剂安全运行温度要求，且高温省煤器与空预器之间的空间满足1层催化剂布置要求。因此#3炉没有进行高温省煤器进行改造。

2存在的问题及解决方法

锅炉脱硝系统改造后，经过数月的运行，在不断地调试与消缺过程中，发现了一些问题，也是同类技术路线中较为普遍且具有代表性的问题。

2.1低温省煤器堵塞，压差大

脱硝改造后锅炉运行半月，低温省煤器前后压差开始增大，换热效率降低。采暖期停炉后检查发现低省堵塞严重。

2.1.1堵塞物成分判断

根据相关研究，安装脱硝的锅炉尾部垢样的典型成分分析，阴离子主要为硫酸根和氯根，阳离子主要为铵根离子和钙离子，其中：硫酸铵的沉积区域温度在260℃以上，且为松散灰结构；硫酸氢铵的沉积区域温度在160~120℃，且为粘稠结构；氯化铵的沉积区域温度在80~100℃，且为板结结构；烟气水露点温度在45~50℃，酸露点温度90~100℃。

因此，从结垢部位所处温度段分析，低温省煤器表面结垢是CaSO₄、NH₄HSO₄、NH₄CL和飞灰组成的复合灰垢（从灰垢的表现特性、水浸泡、溶解后溶液pH值及灼烧，可间接证明判断）。

2.1.2堵塞物形成机理判断

- 1) SCR+SNCR反应生成的SO₃和逃逸的氨，在烟温低于200℃后，形成硫酸氢铵；
- 2) 烟气中氯化氢气体和逃逸的氨反应，生成氯化铵气溶胶；
- 3) 换热器壁面温度80~100℃时，烟气中水的饱和度达到了硫酸氢铵和氯化铵的吸湿点湿度，产生吸潮现象；
- 4) 飞灰附着在吸湿后的氯化铵、硫酸氢铵表面产生了结块板结现象。

2.1.3堵塞物去除具体措施

基于以上分析，我们采取了如下措施：

- 1) 调整锅炉的喷尿素溶液量，严格控制氨逃逸量3PPm；
- 2) 测量煤中的S和CL含量，在实际允许情况下，降低煤中的S和CL离子含量；
- 3) 在阻力快速增加时，定期提高烟温到170℃，确保换热器壁温100℃，时间维持6h，使得生成的硫酸氢铵自然分解；
- 4) 加强吹灰，改为蒸汽吹灰；

- 5) 提高低温省煤器的水侧进水温度，降低烟气湿饱和度，减缓氯化铵的吸湿板结；
- 6) 进行离线清洗：离线低压水大流量冲洗，冲洗水加碱，冲洗水温采用60 ~70 高温水，以提高溶解度；
- 7) 设置低温省煤器烟气旁路。在低温省煤器阻力增加失控时，为确保主机维持运行，增设烟气旁路。

旁路烟道截面，按照总烟道截面的15%考虑，在大压差下，其通流量可达总烟气量的30%以上。由于旁路分流，流经低温省煤器的烟量降为70%，阻力降为50%，从而临时缓解其阻力增加问题。

2.2 飞灰含碳量升高及改善措施

低氮燃烧器改造后，由于主燃烧区过量空气系数降低，使得主燃烧区燃尽率降低，而燃尽区距离屏底距离较近，燃尽区的燃尽率不足以弥补主燃烧区燃尽率的减少，从而引起飞回针对低氮燃烧器的飞回含碳量升高的情况，一般可以采取以下措施治理：

1) 将煤粉细度调低，提高煤粉均匀性指数

煤粉细度越细，燃尽时间越短，燃尽率越高，飞灰含碳量越低；在煤粉细度相同的情况下，煤粉均匀性指数越高，粗颗粒越少，飞灰含碳量越低。不同煤种低氮改造前后煤粉细度的控制策略如表1所示。

2) 不同煤种的低氮燃烧器出口NO_x的最佳控制范围

由于低氮燃烧器控制的出口NO_x控制和飞灰含碳量控制，是相互矛盾的，因此必须互相兼顾，一般不同煤种建议不同的出口NO_x控制范围。表2给出的是在兼顾飞灰含碳量的情况下建议的燃烧器出口NO_x控制范围。

3) 不同煤种飞灰含碳量和炉渣含碳量的升高情况

低氮燃烧器改造后，同一煤质相同工况下燃烧后的飞灰含碳量会较改造前有所升高，且飞灰含碳量本身也受煤质的挥发分含碳量升高。

表1不同煤种低氮改造前后煤粉细度的控制策略

煤种	挥发分 (Vdaf%)	低氮改造前	低氮改造后
烟煤	20~40	$R_{90}=4+0.5nV_{daf}$	$R_{90}=0.5nV_{daf}$
劣质烟煤	20~40 (Aar \geq 37)	$R_{90}=4+0.35nV_{daf}$	$R_{90}=0.5nV_{daf}$
贫煤	10~20	$R_{90}=2+0.5nV_{daf}$	$R_{90}=0.5nV_{daf}$
无烟煤	6~10	$R_{90}=0.5nV_{daf}$	$R_{90}=0.5nV_{daf}$

注：n 为煤粉均匀性指数，一般旋风分离器取 1.0~1.1；动态分离器取 1.1~1.2；

表2燃烧器出口NO_x控制范围

煤种	挥发分 (Vdaf%)	燃烧器出口 NO _x 控制范围 (mg/Nm ³)
超高挥发分烟煤	≥ 37	250~300
高挥发分烟煤	30~37	300~350
中等挥发分烟煤	25~30	350~380
低挥发分烟煤	20~25	380~420
高挥发分贫煤	18~20	420~450
中挥发分贫煤	15~18	450~500
低挥发分贫煤	13~15	500~580
无烟煤	6~13	580~850

表3

煤种	挥发分 (%)	飞灰含碳量升高值 (%)	对应 q ₄ 升高值 (%)
高挥发分烟煤	≥ 30	0.5~1	0.08~0.11
中等挥发分烟煤	25~30	1.0~1.5	0.11~0.14
低挥发分烟煤	20~25	1.5~2.0	0.14~0.16
中高挥发分贫煤	15~20	2.0~2.5	0.16~0.22
无烟煤及低挥发分贫煤	7~15	2.5~4.5	0.22~0.30

(Vdaf) 含量高低影响。表3给出了煤质挥发分对飞灰含碳量和机械不完全燃烧热损失 (q₄) 的一般影响范围。

我们购进的煤质大概情况是：挥发分Vdaf=30%~35%，灰分Aar=33.5%~37.5%；按照以上原则，确定低氮燃烧器的合理取值范围及建议为：

- (1) 煤粉细度R₉₀ 18~19；
- (2) 低氮燃烧器出口NO_x控制范围300mg/Nm³~350mg/Nm³；
- (3) 由此产生的飞灰含碳量升高1%~1.5%；

(4) 改造并调整粗粉分离器，提高煤粉均匀性指数，减少粗颗粒煤粉含量。

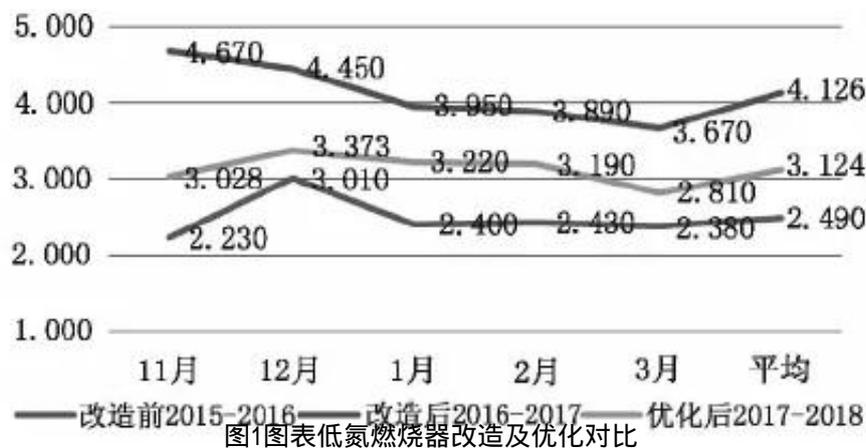


图1图表低氮燃烧器改造及优化对比

由图1可以看出，经过优化调整，飞灰含碳量得到有效控制。低氮燃烧器改造前飞灰含碳量平均值2.49%，改造后飞灰含碳量平均值4.13%；优化调整后飞灰含碳量平均值3.12%，较改造前飞灰含碳量平均值升高0.63%。比表3，改造优化后飞灰含碳量控制在较合理的范围内。

2.3 SNCR脱硝运行情况

2.3.1 温度场改变，反应窗口后移

低氮燃烧器改造后，通常会导致炉膛出口排烟温度上升，具体表现在过热器容易超温、喷水减温水量增大等现象。应重新校对锅炉温度场，在满足尿素热解的合适位置增加喷枪，以提高该温度区域尿素平面充满度和炉膛穿透深度，减轻烟气中氨浓度偏斜偏流情况。

具体方案为：在锅炉标高26140mm处的前墙增开5个孔，布置5个110°扇形喷枪。根据原SNCR喷枪厂家提供的资料、喷枪（流量范围为60L/h~250L/h）模拟的速度场与温度场，新增5个喷枪与下层喷枪并联布置。新增喷枪投运后，SNCR总的喷氨量应保持不变，并严格控制新增5个喷枪的压缩空气压力和尿素溶液压力，压缩空气压力不应超过0.3MPa，尿素溶液压力不应超过0.35MPa~0.45MPa，喷枪流量不应超过250L/h，防止喷射距离过长导致屏式过热器腐蚀。

在运行调试中，逐步调整5个新增喷枪的流量，新增每个喷枪流量从120L/h开始调整，并同步减少原6个喷枪的流量，以总喷尿素溶液量保持不变为原则。在新增5个喷枪投运后，如果NO_x浓度下降，可逐步增加5个喷枪的流量，继续减少原6个喷枪的流量。在调整过程中，压缩空气压力不应超过0.3MPa，尿素溶液压力不应超过0.35MPa~0.45MPa，喷枪流量不应超过250L/h。

在保持稀释水量不变的情况下，减少原喷枪喷尿素溶液量，采用低浓度喷氨，提高氨在烟气中分散度。

2.3.2 SCR的效率较低

导致SCR脱硝效率降低的原因如下：

1) 低氮燃烧器投运后，炉膛断面烟气温度场发生较大变化，炉膛断面NO_x浓度分布有较大差异。而尿素喷枪设计按照均布方式设计，使得局部区域氨过量，其它区域氨欠量。这种不均匀性一直延伸到SCR反应区，最终导致脱硝效率较低。

解决方法：优化流场，增加蒸汽扰动器或气流均布器，根据NO_x分布合理调整各个喷嘴的尿素溶液供给量。

由于仅依靠墙式喷枪，很难达到还原剂与烟气中的NO_x均匀混合，因此在水平烟道出口的右侧布置4个蒸汽扰动孔，通过高速喷入的蒸汽对烟气进行扰动，或采用喷氨格栅

，提高喷氨均匀性，促进烟气中 NH_3 和 NO_x 的混合。

在锅炉水平烟道到

垂直烟道段的转折室，增设蒸汽扰动

装置，以提高烟气流畅的均匀性；根据 NO_x

浓度断面分布特性，合理调整各个喷枪的流量，以达到较小尿素耗量条件下较高的SNCR和SCR脱硝效率。

2) 催化剂性能下降。

解决方法：更换催化剂。在采取其他措施后，如果氨耗量仍然高于理论氨耗量，或脱硝指标达不到设计值，需采取更换催化剂的措施，以增加催化剂活性，并适当增加催化剂体积，提高SCR段的脱硝效率。

2.3.3脱硝系统分配计量装置精度低

尿素溶液调节门设计过大

，在小流量调节过程中精度低，使尿素溶液用量波动大

， NO_x

出口值波动较大。解决方法：更换合适的调节门，使尿素溶液的流量处于调节门的主调节区范围内，提高调节精度。

2.4CEMS的 NO_x 、氨逃逸等测量数据不准确

2.4.1 NO_x 的测点后移

原有CEMS的测点布置在锅炉出口的混合烟道上，该处气流较为混乱，不满足CEMS测点布置要求，将测点后移5m~6m，布置于分叉管道上；采用笛型管多点取样，可提高测量准确性。

2.4.2氨逃逸的测点前移

由于受布置条件限制，原氨逃逸测点远离SCR装置出口。又由于飞灰对 NH_3 有较强的吸附作用，使得实际测得的氨逃逸数据失真，将氨逃逸测点上移至靠近SCR出口的附近。采用笛型管多点取样，可提高测试准确性。

2.4.3进行灰分中氨浓度的化验，确保氨浓度 $50 \mu\text{g/g}$

根据已运行脱硝项目的经验，氨逃逸量和飞灰中氨含量有一定对应规律，因此可以通过定期检测飞灰中氨浓度，间接判断实际氨逃逸量。

3效果

如图2所示，2017

年12月份完成改造前后对比，尿素吨负荷耗量呈下降趋势，且降低明显。 NO_x 排放日均值相对稳定，且略有降低。



图2

牡丹江热电有限公司锅炉脱硝系统

经过一系列的优化和技术改造，在保证NO_x排放达标的条件下，当锅炉负荷达到90%以上时，氨逃逸量控制在 3ppm，尿素溶液耗量明显降低。空预器、除尘器、低省等的积灰、堵塞现象明显的改善。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/146848.html>