

低氮燃烧技术及在电厂的应用

冉初萌

(国电泰州发电有限公司, 江苏 泰州 225327)

摘 要: 本文介绍了热力型、快速型、燃料型氮氧化物的产生机理; 分级燃烧技术是将助燃空气沿炉膛轴向(即烟气流动方向)分级送入炉内, 使燃料的燃烧过程沿炉膛轴向分级分阶段进行; 节点功能区技术是调整浓、淡燃烧器布置位置以促进煤粉快速燃烧并抑制 NO_x 形成; 我公司低氮燃烧改造的具体改造方案和改造单位推荐的经济性运行配风方式; 通过试验测试改造后 NO_x 排放量明显降低。

关键词: 燃煤锅炉; 分级燃烧; 节点功能区

0 引言

据专家预测, 若无有效控制, 2020 年我国氮氧化物排放量将达到 3000 万吨, 氮氧化物带来的大气污染将会越来越严重, 为了人类美好家园, 为了子孙后代的蓝天白云, 必须控制氮氧化物的排放。氮氧化物是燃煤电站排放的主要污染物之一。2010 年国家环保部发布《火电厂氮氧化物防治技术政策》规定: 新建、改建、扩建的燃煤电厂, 应选用装配有高效低氮燃烧技术和装置的发电锅炉。同时在公布的《火电厂大气污染物排放标准》的第二次征求意见稿中, 规定更为严格的排放标准, 重点地区到 2015 年无论何时建造的燃煤锅炉 NO_x 排放值要求低于 100 mg/m^3 , 其他机组低于 200 mg/m^3 。对于四角切圆煤粉锅炉, 最常用, 最经济的 NO_x 减排技术是空气分级燃烧技术, 是 NO_x 一次减排技术, 为此, 国电泰州发电有限公司 $2 \times 1000 \text{ MW}$ 燃煤机组进行了低氮燃烧技术改造。

1 氮氧化物的产生机理

在氮氧化物中, NO 占有 90% 以上, 二氧化氮占 5%-10%, 产生机理一般有燃料型、热力型和快速温度型三种:

(1) 热力型 NO_x

燃烧时, 空气中的氮气在高温下氧化产生, 随着反应温度 T 的升高, 其反应速率按指数规律增加。

(2) 快速型 NO_x

根据费尼莫尔反应机理由于燃料挥发物中碳氢化合物高温分解生成的 CH 自由基可以和空气中氮气反应生成 HCN 和 N , 再进一步与氧气作用

以极快的速度生成, 在反应区附近会快速生成 NO_x 。

(3) 燃料型 NO_x

由燃料中氮化合物在燃烧中氧化而成。在生成燃料型 NO_x 过程中, 首先是含有氮的有机化合物热裂解产生 N 、 CN 、 HCN 和等中间产物基团, 然后再氧化成 NO_x 。

这三种类型的 NO_x , 其各自的生成量和煤的燃烧温度有关, 在电厂锅炉中其中燃料型占到 80% 左右, 受燃烧空气量的影响很大; 其余的属于热力型 NO_x 是空气中的氮气在高温条件下与氧气发生反应生成 NO_x 。快速型 NO_x 最少。

2 低氮燃烧所采用的主要技术

通过对 NO_x 产生的机理进行分析可知燃烧方法和燃烧条件对 NO_x 的生成量有很大影响, 可以通过改进燃烧技术来降低 NO_x 的生成量, 其主要途径如下: (1) 选用氮含量较低的燃料或者进行燃料脱氮。考虑采购电煤和电煤脱氮成本比较高此种方法一般很少使用。(2) 通过降低过量空气系数来降低燃料周围氧的浓度。(3) 降低燃烧时的温度峰值以减少“热反应 NO ”。泰州电厂为了减少 NO_x 的形成和排放运用的具体有如下两种方法。

2.1 空气分级燃烧技术

在距燃烧器上方一定高度处开设一层或两层远离型燃尽风喷口 (SOFA), 将助燃空气沿炉膛轴向(即烟气流动方向)分级送入炉内, 使燃料的燃烧过程沿炉膛轴向分级分阶段进行。在第一阶段, 将从燃烧器供入炉膛的空气量减少到总燃烧空气量的

70%~75%(相当于理论空气量的80%左右),燃料先在缺氧条件下燃烧,此时第一燃烧区内过剩空气系数 $\alpha < 1$,使燃料中的N在还原性气氛中进行燃烧,转化成NO_x的量减少,进入主燃烧器上方仍有一段距离处于还原区,将已生成NO_x部分还原,使NO_x排放量减少。最后喷入燃尽风,喷入的空气与第一燃烧区内生成的烟气混合,形成第二此燃烧,剩余燃料在 $\alpha > 1$ 的富氧条件下完成燃烧过程。

2.2 节点功能区技术

将炉内相邻两层一次风喷口中的下层喷口设为上浓下淡煤粉喷口,上层喷口设为下浓上淡煤粉喷口,设置两层一次风喷口间的二次风与一次风小角度偏置布置,并在二次风喷口两侧布置贴壁风喷口。这样的布置可以让富煤粉气流更加集中,同时稳燃钝体卷吸高温贫氧烟气,使煤粉可以快速着火。一次风喷口中间的二次风与一次风小角度布置,使节点功能区在煤粉燃烧初期推迟二次风与一次风和煤粉的掺混时间,形成缺氧区,抑制NO_x形成。贴壁风的作用是将炉膛分为主要燃烧区和贴壁区,主要燃烧区的煤粉浓度和温度都很高,利于煤粉的燃烧,贴壁区煤粉浓度低温度也不高,可以防止对水冷壁的结焦和高温腐蚀。

3 泰州电厂锅炉燃烧器的改造方案

在炉膛竖直方向,保留原有八个燃烧器组件不变,风室隔舱不变,一次风标高不变,拆除A-A风,在主燃区上方新增分离燃尽风SOFA组件;保留原有的PM燃烧器布置方式,仅更换一次风弯头及喷口,调整高度方向上浓煤粉与淡煤粉的布置次序,喷口改为中间带稳燃钝体的形式;取消上面两层油点火燃烧器,仅保留最下层油点火燃烧器。更换主燃区的二次风喷口,适当减小端部风喷口和中间助燃风喷口的面积;采用节点功能区技术,两层一次风喷口中间加装贴壁风;为了防止还原区水冷壁高温腐蚀,在OFA喷口两侧加装贴壁风。

通过调整主燃烧器区的喷口面积,使风量重新合理分配,一次风速和风量能够满足入炉煤种的燃烧特性要求,主燃烧器区的二次风量适当减小,形成纵向空气分级。燃烧器的摆动机构保持不变,可以整体上下摆动20°。

在炉膛水平截面方向,维持一次风射流方向不变,一次风仍旧为反向双切圆布置;除下端部风以

外,其它二次风射流改为与一次风射流小角度偏置,反向切入方式,形成横向空气分级。

拆除原有分离燃尽风(A-A风),在主燃烧器区上方约7米处新增6层分离燃尽风SOFA,以获得足量的燃尽风量,SOFA喷口可同时做上下左右摆动。

在水平断面上,一次风射流在炉内形成正反两个切圆,二次风射流与一次风射流偏置10°,防结渣及降低NO_x排放。燃尽风组件布置在主燃烧器上方。具体布置见图1。

综合分析二次风配风调整试验、经济性最佳及NO_x最低排放试验结果,龙源公司向电厂推荐经济性运行配风方式,配风卡见表1,在各种负荷下,采用推荐经济配风方式,氮氧化物排放浓度低于250 mg/Nm³;此配风方式下的锅炉热效率高于93.05%。

表1 配风卡

二次风门名称	1000MW	750MW	500MW
SOFA5/6 ⁽¹⁾	80	80	50
SOFA3/4 ⁽¹⁾	100	80	50
SOFA1/2 ⁽¹⁾	100	80	50
OFA ⁽²⁾	80	60	40
F-辅	20	20	20
煤-F-W ⁽³⁾	30	30	20
煤-F-C ⁽³⁾	40	40	30
EF-U ⁽⁴⁾	10	10	10
EF-L ⁽⁴⁾	30	30	10
煤-E-W ⁽⁵⁾	30	30	20
煤-E-C ⁽⁵⁾	40	40	30
DE-辅	20	20	10
煤-D-C ⁽⁶⁾	40	40	25
煤-D-W ⁽⁶⁾	30	30	15
油-CD ⁽⁷⁾	10	10	10
CD-L ⁽⁸⁾	50	30	10
煤-C-W ⁽⁸⁾	30	30	15
煤-C-C ⁽⁸⁾	40	40	30
BC-辅	20	20	10
煤-B-C ⁽⁹⁾	40	40	30
煤-B-W ⁽⁹⁾	30	30	10
油-AB ⁽¹⁰⁾	30	20	10
AB-L ⁽¹¹⁾	20	20	10
煤-A-C ⁽¹²⁾	40	40	30
煤-A-W ⁽¹²⁾			
A-辅	100	100	100
氧量控制O ₂ /%	2.2%	2.8%	3.5%

注: (1)开度越大,炉膛出口NO_x越低。低负荷时,开度增加,汽温降低。(2)与负荷相关(有贴壁风)。(3)停磨时开度为5~10%。(4)有贴壁风。(5)停磨时开度为5~10%。(6)停磨时开度为5~10%。(7)有贴壁风。(8)停磨时开度为5~10%。(9)停磨时开度为5~10%。(10)停A磨时为5~10%。(11)停A磨时为5~10%。(12)等离子燃烧器,停磨时开度为5~10%。

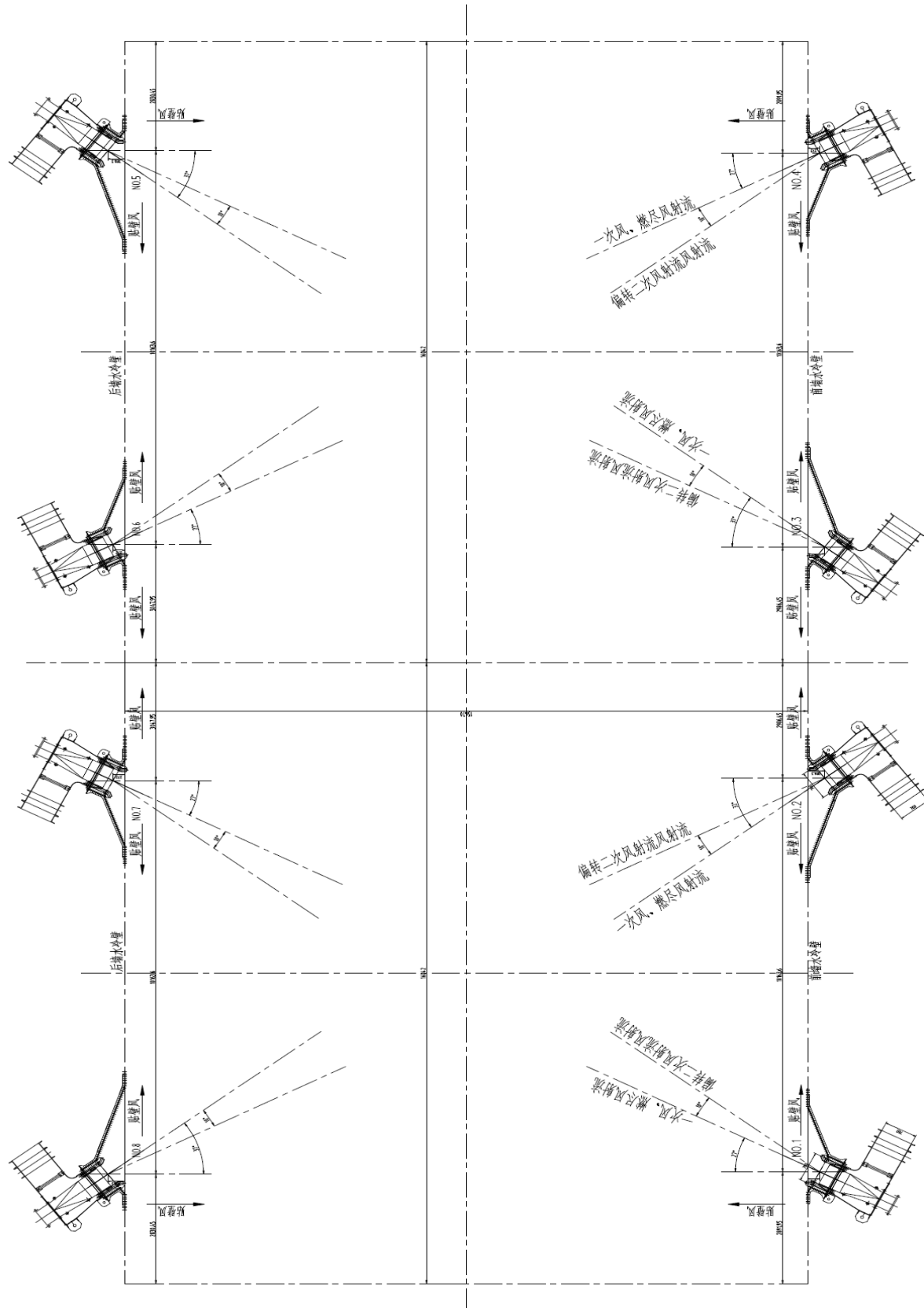


图 1 燃尽风组件布置图

4 改造后的效果

改造完成后对锅炉运行性能进行测试，省煤器出口 NO_x 排放结果如表 2。

表 2 省煤器出口 NO_x 排放结果

工况	I	II	III
负荷 (MW)	1000	780	500
改造前NO _x (mg/Nm ³)	315	300	296
改造后NO _x (mg/Nm ³)	168	151	148

从实验数据看低氮燃烧器改造完成后 NO_x 排放量明显降低。不但改善了空气质量还节约了 SCR 的运行成本。

参考文献:

[1] 烟台龙源电力技术有限公司.国电泰州电厂#2 锅炉低

NO_x 燃烧技术改造设计说明书[Z].2012.

[2] 孙克勤,钟秦.火电厂烟气脱硝技术及工程应用[M].北京:化学工业出版社,2007.

[3] 阎维平.洁净煤发电技术(第二版)[M].北京:中国电力出版社,2010.

[4] 苏亚欣,毛玉如,徐璋.燃煤氮氧化物排放控制技术[M].北京:化学工业出版社,2005.

作者简介:

冉初萌(1982-),男,江苏泰州人,工程师,从事热工自动化工作, E-mail: ran6708@163.com。