

燃煤百万机组锅炉低氮燃烧器改造及运行调整策略

辛 宾，成志鑫，李 敏

(华能南京金陵发电有限公司，南京市栖霞经济技术开发区江乘大道 8 号 210034)

摘 要：华能金陵电厂#1 机组锅炉（型号为 HG-3100/27.46-YM3）为反向双切圆燃烧方式，采用 PM 型燃烧器，NO_x 排放虽达到设计值，排放指标亦满足环保要求。然而，相对于现有的低氮燃烧技术来说，当前的低氮燃烧系统已略显不足，燃烧过程中产生的 NO_x 已相对较高。虽然依靠锅炉烟气脱硝系统可达到排放要求，但会影响机组运行的经济性。为了达到超净排放标准，降低脱硝系统的运行费用，对#1 机组锅炉进行低氮燃烧器升级改造。改造后的低氮燃烧器通过行之有效的运行调整策略，炉膛出口 NO_x 浓度可完全达到设计值。

关键词：低氮燃烧器改造；NO_x 生成；锅炉燃烧调整

0 引言

对锅炉进行低氮燃烧器改造，可在保证锅炉燃烧效率的同时，从源头控制 NO_x 产生，满足环保的要求，降低脱硝的成本，增加电厂的效益，是降低 NO_x 的首要选择。因此，为了能够降低脱硝系统入口 NO_x 浓度，节省液氨费用，并能够适应今后更加严格的 NO_x 排放标准，可通过对锅炉进行低氮燃烧改造，并通过有效的锅炉燃烧调整达到甚至更优于排放设计值。

1 概述

1.1 锅炉概述

华能金陵电厂 1 号 1030MW 机组配套锅炉是由哈尔滨锅炉厂有限责任公司引进日本三菱重工业株式会社技术制造的超超临界变压运行直流锅炉，型号为 HG-3100/27.46-YM3。锅炉为 Π 型布置、单炉膛结构，一次中间再热系统，采用低 NO_x 的 PM 主燃烧器和 MACT 燃烧技术以及反向双切圆燃烧方式。锅炉调温方式除采用煤/水比外，还采用烟气出口挡板调节、燃烧器摆动、喷水等方式。锅炉采用平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构，设计煤种为神府东胜煤。锅炉炉膛断面尺寸为 32084mm（宽）×15670mm（深），炉膛全高为 65500mm，采用内螺纹管垂直上升膜式水冷壁。锅炉烟气依次流经上炉膛的分隔屏过热器、屏式过热器、末级过热器、末级再热器和尾部转向室，再进入用分隔墙分成的前、后二个尾部烟道竖井，在前竖井中烟气流经低温再热器和前级省煤器，另一部

分烟气则流经低温过热器和后级省煤器，在前、后二个分竖井出口布置了烟气分配挡板以调节流经前、后分竖井的烟气量，从而达到调节再热器气温的目的。烟气流经分配挡板后通过连接烟道进入到脱硝装置、回转式空气预热器后排往电除尘器和引风机。

1.2 燃烧器系统

1.2.1 燃烧器布置

华能金陵电厂 1 号超超临界 1030MW 机组配套锅炉炉膛为长方形结构，其燃烧器采用前后墙布置，共布置 8 只燃烧器，前墙布置 4 只燃烧器，后墙布置 4 只燃烧器，逆时针排列，顺序为 No.1~No.8。8 只燃烧器为反向双切圆摆动式燃烧器，燃烧器布置见图 1。

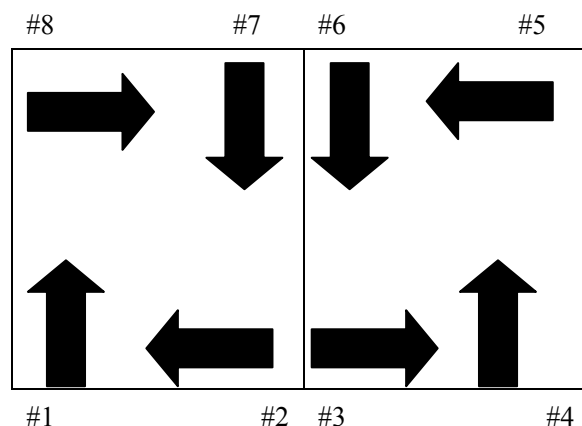


图 1 燃烧器布置图

燃烧器采用 PM 煤粉燃烧技术，煤粉经过 PM 煤粉分离器以后，分成了浓淡两相煤粉，这两相煤粉又分别进入浓煤粉燃烧器和淡煤粉燃烧器。在这两

种煤粉燃烧器煤粉喷嘴体内设有导向板用以分隔PM煤粉分离器分离后形成的浓相煤粉气流和淡相煤粉气流。在出口处针对浓淡煤粉燃烧器配置不同的助燃风，使浓淡两相煤粉及时合理地配风燃烧。PM燃烧器的浓、淡煤粉喷嘴体见图2，PM煤粉分离器见图3^[1]。

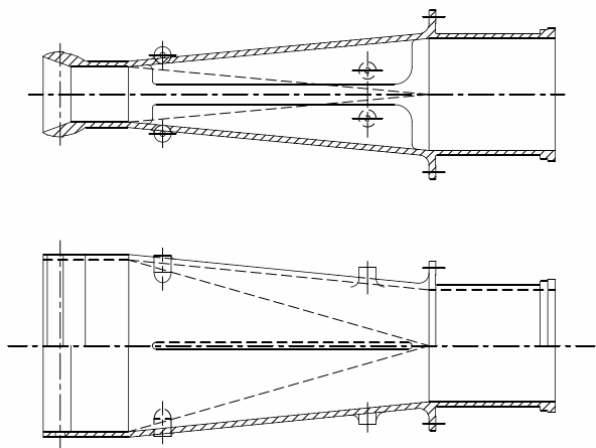


图2 浓、淡煤粉喷嘴体

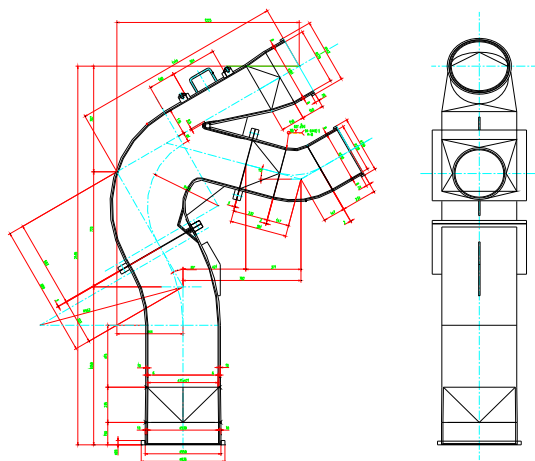


图3 PM煤粉分离器布置图

1.2.2 燃烧器点火系统

锅炉投产时加装了等离子点火装置，其取消了最下层的PM燃烧器以及煤粉浓淡分离装置，新更换了煤粉管道弯头，在原PM燃烧器浓相喷口位置处加装了等离子点火燃烧器，并封堵了原PM燃烧器的淡相喷口。

1.3 NO_x 排放情况

华能金陵电厂1号锅炉投产时就采用了低氮燃烧技术，可使锅炉脱硝系统前的NO_x控制在360 mg/m³以下，而当前锅炉脱硝前NO_x生成浓度处于250~350 mg/m³之间。虽然锅炉经过脱硝后NO_x排放浓度满足100mg/m³的国家标准，但炉膛出口处

NO_x的排放处于较高水平，这大为增加了脱硝系统的压力，液氨使用量相对较高，影响了机组的运行经济性。为在保证锅炉的燃烧效率的同时，进一步降低燃烧过程中NO_x的生成，以减轻脱硝系统的压力，减少液氨使用量，提高机组的运行经济性，对#1炉燃烧器进行改造，可使改造后达到NO_x浓度低于50mg/m³的超净排放目标。

2 低氮燃烧器改造

我厂采用哈尔滨锅炉厂低氮燃烧改造方案的设计，改造不改变原有的双切圆燃烧方式，但是采用MPM低氮燃烧器+偏置周界风+SOFA燃烧器系统来取代原有的PM燃烧器+MACT燃烧器系统。改造方案分为两个部分，分别为主燃烧器区改造与燃尽区改造，如图4与图5所示。

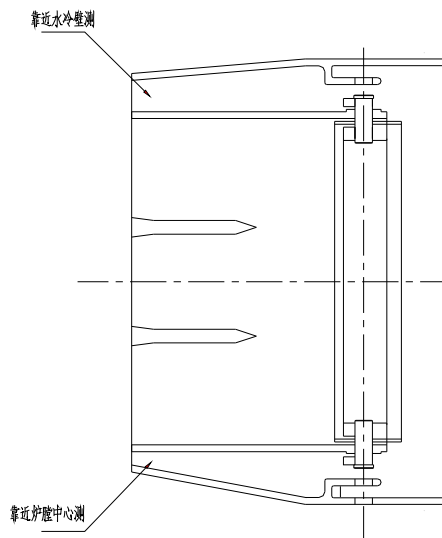


图4 MPM燃烧器示意图

2.1 主燃烧区改造

2.1.1 一次风系统

除已经过等离子技术改造的最下层一次风不改动外，其余一次风全部更换，取消原PM燃烧器中的浓、淡煤粉燃烧器，取消PM煤粉分离器，采用MPM燃烧器，并重新更换煤粉弯头。将原燃烧器中淡煤粉风室更改为二次风风室，而浓煤粉风室放置MPM燃烧器。由于空间尺寸的要求，需将浓煤粉风室上下侧的DUMMY风室打开，和浓煤粉风室合并，解决因MPM燃烧器尺寸变大而出现空间不足的问题。改造后最上层一次风喷嘴与最下层一次风喷嘴间距为11.560m，与原PM燃烧器的11.560m相同^[2]。

MPM燃烧器是通过煤粉气流的浓淡分离使得

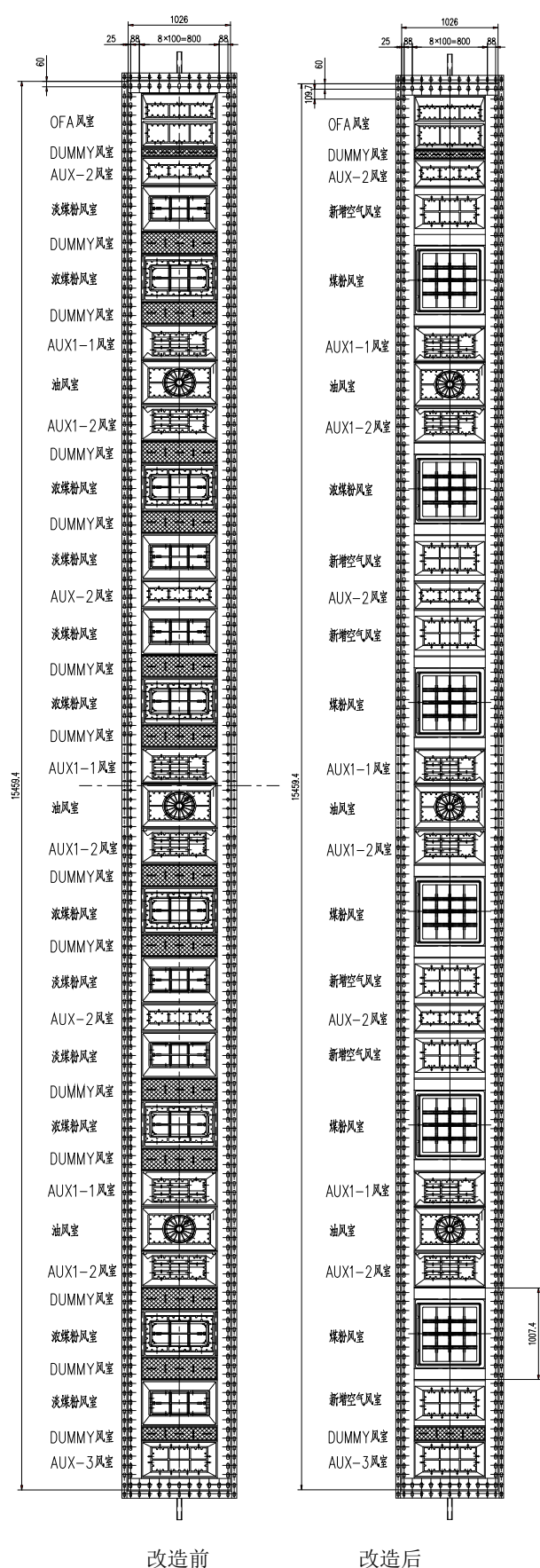


图 5 燃烧器改造布置示意图

一次风喷口处形成中心浓而外部淡的煤粉气流分布形式,从而使喷口中心处于氧含量少而煤粉浓度高的富燃料燃烧状态,抑制 NO_x 生成。同时,MPM 燃烧器设置有偏置周界风,可提高炉膛水冷壁处氧化性气氛,而氧化性气氛可使得煤灰粒子的软化温度相对升高,进一步弱化了结焦倾向,有利于防止结焦,并可以抑制高温腐蚀的产生。

2.1.2 二次风系统

在原淡煤粉风室处增加二次风喷口，将现有的部分二次风（辅助风）喷口根据实际情况进行封堵，确保燃烧器配风的合理性。

2.2 燃尽区的改造

锅炉原有的A-A风燃烧器布置在主燃烧器上方约 7.2m处, 布置了四层A-A风, 且可以进行上下、左右调节^[2]。低氮燃烧改造将不改变原风道流通面积以及布置位置, 只是将A-A风喷口更换为更大出口面积的SOFA喷口。最终使A-A风风量最高可占总风量的 30%左右, 以满足低氮燃烧以及消旋平衡炉膛出口烟温的需要。其余风量依然从主燃烧器进入炉膛, 使整体主燃区处于贫氧燃烧状态。

3 低氮燃烧器改造后运行调整策略

3.1 调整机理

NO_x生成有两种方式，一是燃料型，即燃料中的氮元素与氧气反应，由于反应温度低（1300-1500℃），基本上无法抑制；另外是热力型，即空气中的氮元素与氧气在 1500℃的高温下反应，是运行调整中主要能够控制的部分^[3]。低NO_x燃烧技术中，空气分级技术具有经济、方便、有效的突出优点，是现在应用最普遍的技术，所谓空气分级燃烧技术，即充分利用炉膛的宽度和高度，全区域合理组织燃烧，降低炉膛主燃烧区域燃烧强度和温度，在主燃烧区域降低过量空气系数，未燃尽煤粉要通过SOFA风来帮助燃尽，是运行调整的主要方向，同时也应注意空气分级的深度会影响一定的经济性。

3.2 调整原则

低氮燃烧本身与经济燃烧和安全燃烧存在一定的矛盾性,过深的低氮燃烧会造成水冷壁贴壁CO和H₂S浓度升高造成高温腐蚀,使安全性下降,会造成炉膛出口CO浓度以及飞灰可燃物升高,使炉效下降,所以合理使用低氮燃烧技术,平衡低氮燃烧与经济性、安全性的关系是运行调整的一项重要工作。通过低氮燃烧器改造试验,合理调配一、二次

风量比例关系,使 NO_x 生产达到设计值,是低氮燃烧与经济性、安全性的平衡点。过低则锅炉经济性、安全性下降,过高则没有发挥MPM燃烧器低氮燃烧的效能,同时要求,炉膛出口CO浓度应控制在200ppm以下,应通过日常细致的调整工作及经验总结,满足以上要求。

3.3 锅炉低氮燃烧运行调整策略

锅炉低氮燃烧器改造后,在调试所和厂家技术人员配合下,进行相关性能试验,经过燃烧调整,总结MPM低氮燃烧器有如下特点:

(1) 炉膛温度对 NO_x 生成的影响高于氧量的影响,降低炉膛温度是主要方向,包括适当降低磨出口风温,适当增加氧量,强化分级配风。

(2) 降低一次风速对 NO_x 的生成影响较大,保持每台运行制粉系统磨煤机的一次风速不超过30m/s,一次风量与对应煤量的比值为1.8左右,最高不超过140 t/h,最低不低于125t/h。此时平均降低 NO_x 约50 mg/m³左右。若磨煤机的出口风压低于2.6kPa时,部分粉管的一次风速开始向下波动,一次风速的均匀性开始破坏,建议磨煤机出口一次风压维持在3.0kPa左右。

(3) 锅炉的二次风开度维持在20%至35%之间比较合理,周界风应保持在60%至80%之间。

(4) 煤粉越细,氮氧化物变化的趋势为降低,约可降低氮氧化物5 mg/m³左右,考虑到锅炉经济性的要求,建议动态分离器的转速在750rpm-800rpm比较合理。

(5) 针对煤种不同发现平均氧量在2.0%以下时,省煤器出口的CO含量开始升高,在2.5%以上时,CO含量趋于正常,氧量对 NO_x 生成的影响较略低于二次风门开度对 NO_x 的影响。建议锅炉在80%-100%负荷运行时,应保证炉膛出口氧量在2.5%-3.0%之间运行;锅炉在50%-80%负荷运行时,应保证炉膛出口氧量在3.0%-5.0%之间运行。

(6) 燃烧器摆角应控制在65%-80%之间,燃尽风的摆角控制在10%-20%之间。在不影响锅炉安全运行的情况下可以参照此操作进行调整,如果锅炉汽温降低时可以改变调整。喷燃器的摆角对 NO_x 的生产影响较大,运行中可以进行主要调节手段。

(7) 优先使用下层燃烧器,在条件具备时停运最上层制粉系统,可使 NO_x 降低较大,也可作为一调节方式。

(8) 合理使用低氮燃烧技术,平衡低氮燃烧与

经济性、安全性的关系,日常运行控制SCR入口 NO_x 浓度在180mg/m³左右,炉膛出口CO浓度应控制在200ppm以下。

(9) 锅炉二次风开度应维持在20%至35%之间、周界风应保持在60%至80%之间,周界风能起到加强一次风刚性的作用,防止气流偏斜,防止煤粉火炬贴墙以及煤粉从气流中分离;主燃烧器上方A-A风燃尽风在锅炉主汽温度与再热汽温不低的情况下保持不低于80%的开度,A、B燃烧器层的二次风应该保持在不低于50%,防止火焰中心过度下移。

(10) 运行中尽可能减少磨煤机运行台数,50%负荷3台运行,80%负荷4台运行,即每台磨煤机的出力应保证在70t/h以上,这种磨运行方式可以有效降低一次风率,对降低 NO_x 很有效果。在气温允许情况下最好运行下层喷燃器所对应的制粉系统。使主燃烧器上方A-A风燃尽风与主燃烧器尽量拉开距离。

(11) 通过改造后的 NO_x 生成性能试验结果来看,降低炉膛温度比降低炉膛氧量更为有效,而且由于煤种变化较大,同一种调节工况对 NO_x 生成的影响不同,运行人员应根据锅炉特性进行灵活调整。

4 结论

近年来,人们对自己所身处的环境越发关注,环保问题不断升级,环保政策相继出台,火电厂不断投入大量人力、物力、资金进行设备改进,节能减排工作,设备改造有亦须通过合理运用调整以达到最优效果,勇于承担火电厂节能减排的责任。

参考文献:

- [1] 华能南京金陵发电有限公司.Q/HNJL-4905 10403001-2014,华能南京金陵发电有限公司主机系统运行规程[Z].2014.
- [2] 哈尔滨锅炉厂有限责任公司.#1锅炉低氮燃烧器改造工程技术协议[Z].
- [3] 范从振.锅炉原理[M].北京:中国电力出版社,2007.

作者简介:

辛 宾(1983—),男,山东人,助理工程师,华能南京金陵发电有限公司运行部值长,E-mail: xin_bin@qq.com。