

The Development of Low NO_x Combustion in Our Country

Ming Qin

*Institute of Combustion Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang, China 150001,
qinming7632@163.com*

Abstract: The paper recalls the development of low NO_x combustion in our country and illustrates applied characteristics of the technology, and also gives some suggestions for its later research and development.

Keywords: Low NO_x, Grade combustion, Lin-rich Combustion, volatile

我国低 NO_x 燃烧技术的发展

秦 明^[1]

哈尔滨工业大学燃烧工程研究所, 黑龙江 哈尔滨, 中国, 150001,
qinming7632@163.com

摘 要: 本文简要回顾了我国低 NO_x 燃烧技术的发展历程, 论述了低 NO_x 燃烧技术的应用特点, 对今后的研究与开发提出了一些建议。

关键词: 低 NO_x, 分级燃烧, 浓淡燃烧, 挥发份

1 前言

由于能源结构的因素, 我国长期以来一直以煤炭作为主要动力能源。而我国动力用煤的另一大特点是煤炭种类较多, 根据其燃烧特性, 一般将电站锅炉用煤分为无烟煤、贫煤、烟煤和褐煤。由于长期以煤炭燃烧作为电力用能源, 燃煤所造成的环境污染也是相当严重的。其中氮氧化物的排放就是重要的污染成分之一。近些年来, 随着我国环保意识的提高, 对污染物排放的限制也越来越严格。在上世纪 90 年代, 我国的大气污染排放标准中, 对氮氧化物的排放限制为 650mg/m³ (标态)^[1], 而且当时并没有执行严格的罚款规定, 很多火电机组实际是超标准排放。随着环境保护的日益严格, 以及低 NO_x 技术的发展, 我国对氮氧化物的排放限制提高为 450mg/m³ (标态), 并且部分地区开始实施了超标处罚, 从而极大地促进了低 NO_x 技术特别是低 NO_x 燃烧技术在我国的应用和发展, 取得了较好的经济效益和社会效果。实践证明,

在各类低 NO_x 技术中, 与 SCR (选择性催化还原) 和 SNCR (选择性非催化还原) 相比, 低 NO_x 燃烧技术不仅具有初投资少、运行费用低的优点, 而且不产生二次污染物, 因此得到了广泛的重视。目前, 更加严格的低 NO_x 排放指标也正在酝酿中。我国在电站锅炉中, 大部分采用的是直流燃烧器切园燃烧方式, 因此本文主要论述直流燃烧器切园燃烧低 NO_x 燃烧技术。

2 我国低 NO_x 燃烧技术发展

我国开始采用低 NO_x 燃烧技术主要起源于上世纪 80 年代。我国几个主要的锅炉制造厂从美国前 CE 公司引进了 300MWe 和 600MWe 亚临界电站锅炉制造技术, 从而在我国开始采用了为降低 NO_x 生成的 CCOFA (见图 1) 的空气分级燃烧和 WR 垂直浓淡燃烧。随后又有日本三菱的 PM 垂直浓淡燃烧技术 (见图 2) 进入我国, 从而使我国的锅炉制造厂家开始关注低 NO_x 燃烧技术^{[2][3][4]}。

FF1	CCOFA
FF	CCOFA
F	3
E	3
DE	2
D	1
CD	2
C	1
BC	2
BC2	2
BC1	2
B	1
AB	2
A	1
AA	2

图1 CCOFA 布置示意图

该技术的采用，对降低 NO_x 排放起到了显著的效果。目前已经逐步在大型电站锅炉中广泛采用。而且，在老机组的改造中，也取得了较好的效果^[6]。

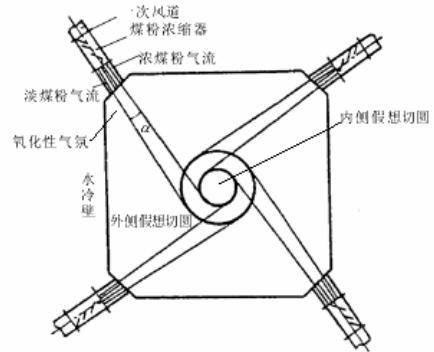


图3 水平浓淡煤粉燃烧器原理图

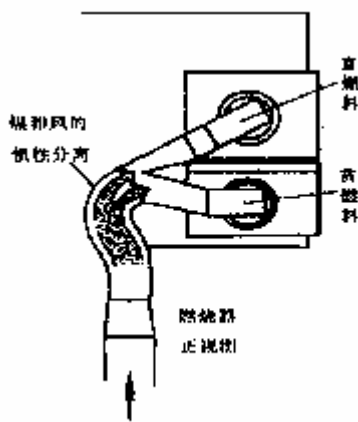


图2 PM 燃烧器示意图

但是由于当时我国的环保对此还没有明确的要求，因此当时的工程设计大多数还没有真正考虑低 NO_x 的性能。随着我国环保意识的不断提高，国内的一些大学和科研院所开始了低 NO_x 燃烧技术的研究和开发，在我国产生了水平浓淡燃烧技术（见图3）^[5]。

在实际应用中，水平浓淡燃烧对低负荷稳燃和缓解结焦等都产生了一定的效果，因而逐步受到了制造厂和电厂的关注，该技术也得以逐步推广应用。

进入 21 世纪，降低 NO_x 排放逐步受到人们的重视。为了满足不断严格的环保要求，国外开发出更加深度空气分级的 SOFA（见图4）技术，并引入我国。

FF3	SOFA
FF2	SOFA
FF1	CCOFA
FF	CCOFA
F	3
E	3
DE	2
D	1
CD	2
C	1
BC	2
BC2	2
BC1	2
B	1
AB	2
A	1
AA	2

图4 SOFA 布置示意图

低 NO_x 燃烧技术，是一个要求实现综合性能指标的燃烧技术。在实现低 NO_x 排放的同时，要保证较高的燃烧效率、稳定可靠的燃烧效果、以及避免对主汽参数产生显著的不良影响等等，否则，就失去了实

际的应用意义。采用空气分级，主要是在主燃区制造还原性气氛，而在后燃区（燃尽区）采用氧化性气氛，以实现完全燃烧。而还原性气氛是造成炉膛严重结焦和高温腐蚀的主要因素之一，因此在应用中，应采用适当措施以解决这一矛盾。此外，如何保证燃尽风（OFA）的及时和充分混合以保证燃尽、如何减轻炉膛出口的残余旋转气流以减轻烟温偏差等^[7]，都是分级燃烧技术要考虑的关键。目前很多技术都是将浓淡燃烧与空气分级燃烧等结合，从而达到较好的综合效果。在一些新建大型电站锅炉和老机组技术改造项目上，采用低 NO_x 燃烧技术已经达到了 NO_x 排放小于 300 mg/m³（标态）的指标。图 5 为某 600MWe 机组锅炉运行时的 NO_x 排放在线监测截图。

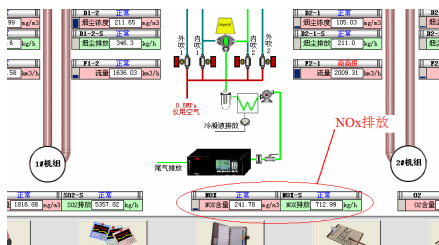


图 5 某 600MWe 机组锅炉运行时的 NO_x 排放在线监测截图

3 今后的研究与发展

随着 NO_x 排放指标的日益严格，人们逐渐采用低 NO_x 燃烧技术与其他低 NO_x 技术如 SNCR、SCR 联合使用的方式，而其中低 NO_x 燃烧技术的效果，直接显著影响其他低 NO_x 技术设备的运行成本，从而影响设备的运行成本。因此，在煤粉燃烧锅炉的低 NO_x 技术中，低 NO_x 燃烧技术是关键。目前，低 NO_x 燃烧技术正在逐步发展，相信更加低的 NO_x 排放燃烧技术将得以实现。

此外，研究和应用表明，目前的空气分级和燃料分级燃烧技术，主要对高挥发份的烟煤与褐煤效果比较明显，而对于挥发份比较低的贫煤与无烟煤，效果

不明显^[8]，而且由于这类煤的着火、稳燃和燃尽的难度更大，采用空气分级可能会对燃尽带来影响。我国实际应用的煤炭种类较多，如何在这类低挥发份动力用煤种实现理想的低 NO_x 燃烧，是目前要攻克的技术关键之一^[9]。

References (参考文献)

- [1] Zhang Jianwen. Introduction of Low NO_x Jet PC Burner Design [J]. *Boiler Technology*, 2000. 31 (6) ,P23. 张建文. 低 NO_x 直流煤粉燃烧器设计简介. 锅炉技术[J]. 2000. 31 (6) ,P23.
- [2] Wu Shenglai, Bi Zhengyi. Proposals on Corner Tangential Combustion Technology[J]. *Electric Power*, 1999.32(1), P15-18. 吴生来, 毕政益. 电站锅炉四角切圆燃烧技术刍议[J]. 中国电力, 1999.32 (1) , P15-18.
- [3] Liou Fuguo. Principle And Implement of Air Staging Low-NO_x Combustion of Pulverized coal [J]. *Shandong Electric Power*, 1999, 105 (1) ,P4. 刘福国. 分级配风低 NO_x 煤粉燃烧的基本原理及实现[J]. 山东电力技术, 1999, 105 (1) ,P4.
- [4] Weidong Fan, Zhengchun Lin, Youyi Li, Mingchuan Zhang. Experimental flow field characteristics of OFA for large-angle counter flow of fuel-rich jet combustion technology. *Applied Energy*, 2010, 87(8), P2737-2745.
- [5] Qin Ming, Wu Shaohua, Sun Shaozeng. Low NO_x Emission Study For Six Point Tangential Burning of PC Boiler Firing Lignite Coal [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2005. 25 (1) ,P159. 秦明, 吴少华, 孙绍增. 等六角切圆燃烧褐煤煤粉锅炉低 NO_x 燃烧技术研究. 中国电机工程学报[J], 2005. 25 (1) , P159.
- [6] Zhang Xiaohui, Sun Rui, Sun Shaozeng, et al. Experimental Study of an Air-staged and Low NO_x Emission based Combustion Modification to a 200 MW Boiler [J]. *Journal of Engineering for Thermal Energy & Power*, 2008, 23(6),P 678-680. 张晓辉, 孙锐, 孙绍增. 200MW 锅炉空气分级低 NO_x 燃烧改造实验研究. 热能动力工程[J], 2008, 23(6), P678-680
- [7] Manish Kumar and Santi Gopal Sahu. Study on the Effect of the Operating Condition on a Pulverized Coal-Fired Furnace Using Computational Fluid Dynamics Commercial Code. *Energy & Fuels* 2007, 21, 3189-3193.
- [8] Huo Xuezi, Wang Chunchang. Study on Adaptability Of Low NO_x Burners To Various Coal Quality [J], *Thermal Power Generation*, 2003(8), P12. 贺学志 王春昌. 低 NO_x 燃烧器的煤质适应性研究. 热力发电 [J], 2003(8),P12.
- [9] Zhengqi Li, Feng Ren, Zhichao Chen, etc. Experimental investigations into gas/particle flows in a down-fired boiler: influence of down-draft secondary air. *Energy & Fuels*, 2010, 24(3), P1592-1602.