

火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排研究

黄兴

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 火电厂作为能源生产的主要基地，其燃烧过程产生的大气污染物对环境 and 人类健康造成了严重影响，特别是如今随着环境保护意识的提高和环保法规的日益严格，火电厂的污染物排放控制已成为电力行业发展的重要议题，其中2011年9月，国家环境保护部公布了新的《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011），新标准对火电厂的污染物排放控制提出了更高的要求，因此本文希望通过分析新标准的主要变化及其对火电厂污染物排放控制的影响，去探讨火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排的有效措施，并期望能够对广大读者有所帮助。

关键词： 火电厂；高效燃烧技术；污染物减排

Research On The Optimization Of Highly Efficient Combustion Technology And Pollutant Emission Reduction In Thermal Power Plants

Huang Xing

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： Thermal power plant, as the main base of energy production, The atmospheric pollutants produced by the combustion process have had a serious impact on the environment and human health, Especially today, with the improvement of environmental protection awareness and the increasingly strict environmental laws and regulations, The pollutant emission control of thermal power plants has become an important issue in the development of the power industry, In September 2011, The Ministry of Environmental Protection has released the new Emission Standards for Air Pollutants for Thermal Power Plants (GB 13223-2011), The new standard has put forward higher requirements for the pollutant emission control of thermal power plants, Therefore, this paper hopes that by analyzing the main changes of the new standard and its impact on the pollutant emission control of thermal power plants, To discuss the effective measures of optimization of efficient combustion technology and pollutant emission reduction in thermal power plants, And expect to be helpful to the general readers.

Keywords： thermal power plant; efficient combustion technology; pollutant emission reduction

引言：

火电厂在全球能源供应中占据重要地位，但其传统的燃烧方式造成了资源浪费和环境污染等问题，再加上如今随着环保要求的不断提高，所以如何提高火电厂的燃烧效率和减少污染物排放成为当前研究的重点，其中传统燃烧方式效率较低，主要污染物如二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）和粉尘的排放量较高，给环境带来了严重的压力。

一、我国火电厂大气污染物排放标准的发展

我国火电厂大气污染物排放标准的修订历程体现了环保要求的逐步提升和排放控制的日益严格，其中自1991年《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223）首次发布以来，标准经历了多次重要修订，以适应不断变化的环保形势和电力行业发展需求，特别是进入21世纪后，随着我国电力供需的持续增长和环境保护意识的提高，排放标准修订的频率加快，以更好地指导火电厂的污染控制工作。

而到了2003年，我国对火电厂大气污染物排放标准进行了第二次修订，并于2004年开始实施，这一版标准在“十一五”期间对推动烟气除尘、脱硫、脱硝等环保技术的发展起到了重要作

用，但是随着我国经济社会的快速发展和环保要求的不断提高，现行标准逐渐显露出其局限性，已不能完全满足“十二五”及以后时期大气污染控制的需要，为此在2011年9月，我国公布了新的《火电厂大气污染物排放标准》。

新标准在多个方面进行了重大调整，以更好地指导火电厂的污染控制工作，其中最为显著的变化包括取消烟尘和氮氧化物分时段控制的要求，改为不分时段的浓度控制；提出重点地区概念，对特定地区实施更严格的排放限值；大幅提高各项污染物排放标准限值，新增重点地区的大气污染物特别排放限值；增设对燃煤锅炉汞及其化合物排放的控制指标；以及明确污染物排放控制的时间节点和时限等。

* 作者简介姓名：黄兴，出生：1994年11月，性别：男，民族：汉，籍贯：重庆市，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂集控运行

二、燃煤机组大气污染物排放及控制现状

（一）燃煤机组污染物控制技术的广泛应用

在我国电力行业中，燃煤机组的大气污染物控制技术得到了广泛应用，以某大型电力生产区域为例，燃煤机组普遍采用了电除尘技术来控制烟尘排放，这种技术的除尘效率非常高，大多数机组的除尘效率能达到99%以上，甚至有些能达到99.5%，这意味着绝大部分的烟尘在排放前就被有效捕获，显著降低了烟尘对大气环境的影响；当然除了电除尘技术，脱硫技术也在燃煤机组中得到了普及。几乎所有的燃煤机组都配备了脱硫装置，其中石灰石-石膏湿法脱硫装置占据了主导地位，这种脱硫技术的设计脱硫效率在90%~95%之间，能够有效地去除烟气中的二氧化硫，而且随着环保要求的不断提高，脱硫机组的比例也在逐年上升，显示出电力行业对环境保护的重视和响应^[1]。

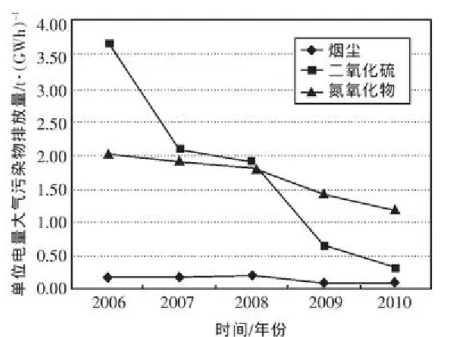


图1 燃煤机组单位电量大气污染物排放情况

（二）氮氧化物减排技术的逐步提升

尽管电除尘和脱硫技术在控制烟尘和二氧化硫排放方面取得了显著成效，但氮氧化物的减排仍面临较大挑战。传统的低氮燃烧技术虽然能在一定程度上减少氮氧化物的生成，但效果有限，因此更多的燃煤机组开始采用选择性催化还原法（SCR）等先进的脱硝技术，其中SCR脱硝技术通过催化剂的作用，将烟气中的氮氧化物转化为无害的氮气和水蒸气，这种技术的脱硝效率较高，设计脱硝效率一般在50%~80%之间，而且随着脱硝机组比例的不断上升，氮氧化物的排放量也呈现出逐年下降的趋势，但是与新标准相比，氮氧化物的排放量仍存在一定差距，需要继续加大脱硝技术改造力度。

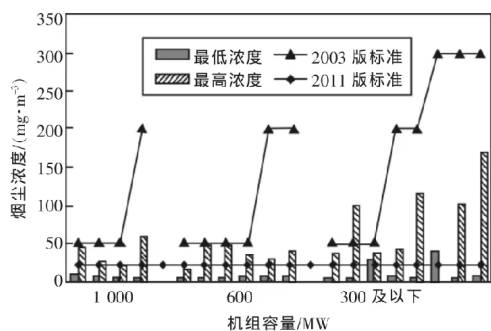


图2 烟尘排放现状与标准值比较

（三）污染物排放现状与标准值的比较分析

为了客观评价燃煤机组污染物排放现状与新标准的差距，本文对该区域的燃煤机组进行了详细的数据分析，结果表明烟尘排放基本满足2003版标准的要求，但与新标准相比仍有一定差距，

尤其是大型机组在最高排放浓度时往往超过新标准的限值，显示出对现有除尘设备进行改造和优化的必要性，其中二氧化硫的排放量已远低于2003版标准的要求，且大多数机组能达到新标准的限值。但是如果被划定为重点地区并执行更严格的排放标准，部分机组的二氧化硫排放浓度可能会超标，所以由此可见对于这部分机组而言，提高脱硫效率或采用更先进的脱硫技术将是未来的重点方向；最后氮氧化物的排放现状与新标准之间的差距最为显著，大部分机组无法满足新标准中100 mg/m³的排放限值，显示出脱硝技术改造的紧迫性，未来随着环保要求的不断提高和脱硝技术的不断进步，氮氧化物的排放量有望进一步降低。

三、火电厂高效燃烧技术分析

（一）煤炭高效燃烧技术

煤炭作为火电厂的主要燃料，其燃烧效率直接影响到电厂的能源利用水平和污染物排放量，但是传统的煤炭燃烧方式存在燃烧不完全、热值利用率低的问题，导致能源浪费和大量污染物的生成，所以为了提高煤炭的燃烧效率，近年来出现了多种高效燃烧技术；其中粉煤灰燃烧技术是提高煤炭燃烧效率的有效方法之一，这项技术主要是通过将煤炭粉碎成细小颗粒，并与空气充分混合，燃烧时可以形成悬浮状态，使煤粉与空气接触面积大大增加，从而提高燃烧的完全性和效率，此外粉煤灰燃烧还可以减少煤炭燃烧过程中产生的碳排放和未燃尽碳的残留量，有效提高了燃料的利用率^[2]；其次循环流化床燃烧技术也是提高煤炭燃烧效率的有效途径，该技术通过在高温条件下使煤炭与流化介质（如石灰石或砂）混合燃烧，可以实现煤炭的均匀燃烧和完全燃尽，循环流化床燃烧不仅提高了燃烧效率，还能够在燃烧过程中对硫化物进行捕集，减少了二氧化硫的排放，这样通过调节流化床内的燃烧温度和氧浓度，可以有效控制燃烧反应的进行，提高燃料的热值利用率。

（二）燃烧设备优化

燃烧设备是火电厂实现高效燃烧的关键，其设计和性能直接影响燃料的燃烧效率和污染物的排放量，但是由于传统燃烧设备在结构设计和燃烧控制方面存在诸多不足，难以满足现代高效燃烧和环保要求，因此如果可以对燃烧设备进行优化和改进，那么便能够显著提高燃烧效率，减少污染物的生成，其中锅炉作为火电厂的核心燃烧设备，其优化设计对提高燃烧效率至关重要，毕竟如今现代高效锅炉设计通常采用先进的燃烧室结构和热传导技术，如分级燃烧、低氮燃烧等，通过精确控制燃烧过程中的温度和氧气浓度，确保燃料的完全燃烧，其中分级燃烧技术通过分阶段供应燃料和空气，使燃烧过程更加均匀和稳定，减少燃烧中的未燃尽物质和有害气体的生成，而低氮燃烧技术则通过控制燃烧温度和氧气浓度，有效降低了氮氧化物的生成量；其次燃烧器的优化设计也是提高燃烧效率的重要措施，因为高效燃烧器是通过优化燃料和空气的混合方式，使燃烧更加充分和稳定，例如旋流燃烧器通过在燃烧过程中产生旋流气流，使燃料与空气充分混合，形成稳定的火焰，提高了燃烧效率，而等离子燃烧器则是通过引入等离子技术，在燃烧过程中产生高温等离子体，提高燃料的燃烧温度和效率，减少污染物的生成。

（三）燃烧控制技术

传统的燃烧控制方式主要依赖于人工操作和经验判断,难以实现对燃烧过程的精确控制,而自从现代燃烧控制技术通过引入自动化和智能化手段,便可以对燃烧过程进行实时监测和调节,从而达到提高燃烧效率和污染物控制效果的目的,其中分级燃烧技术作为现代燃烧控制的重要方法之一,分级燃烧是指分阶段供应燃料和空气,使燃烧过程更加均匀和稳定,减少燃烧中的未燃尽物质和有害气体的生成,该技术主要是通过控制燃烧室内的温度和氧气浓度,去有效降低氮氧化物和碳氢化合物的生成量,提高燃料的燃烧效率;其次低氮燃烧技术是控制氮氧化物排放的重要措施,因为一般低氮燃烧都是通过控制燃烧温度和氧气浓度,去减少氮氧化物的生成量,其中该技术通常采用分级燃烧、空气分段供应和烟气再循环等方法,使燃烧过程中的氧气浓度维持在适当水平,防止氮氧化物的过度生成。通过优化燃烧条件,可以显著减少氮氧化物的排放,降低对环境的污染;另外烟气再循环技术作为现代燃烧控制的有效手段之一,其烟气再循环是通过将部分烟气引回燃烧室,与新鲜空气和燃料混合燃烧去降低燃烧温度,减少氮氧化物的生成量,而且该技术还会调节烟气的再循环比例和燃烧温度,有效控制燃烧过程中污染物的生成和排放,提高燃烧效率^[3]。

四、火电厂大气污染物减排技术

（一）烟尘减排技术

在火电厂大气污染物减排中,烟尘减排是一项重要任务,但是由于目前火电厂普遍采用电除尘技术来控制烟尘排放,因此为了满足日益严格的排放标准,对电除尘器的管理、维护和优化运行显得尤为关键,其中可以通过加强电除尘器的日常管理,去确保设备处于最佳工作状态,这包括定期检查设备的运行状况,及时清理积灰,保持电场清洁,以提高除尘效率;其次对电除尘器进行优化运行,通过调整电场电压、电流等参数,使除尘器在不同工况下都能保持较高的除尘效率。但是对于部分老旧机组或特定工况下的机组,单纯依靠电除尘器可能无法满足新的排放标准,因此此时便可以考虑采用新技术对除尘器进行改造,例如移动电极、高频电源、旋转电极等新技术能够有效提高除尘器的集尘能力,降低烟尘排放浓度。对于排放超标严重的机组,还可以考虑将电除尘器改造为袋式除尘器或串联式电袋复合除尘器,这些新型除尘器具有更高的除尘效率,能够更好地满足新的排放标准^[4]。

（二）二氧化硫减排技术

二氧化硫作为火电厂排放的主要大气污染物之一,其减排技术对于改善环境质量具有重要意义,但是由于目前火电厂普遍采用石灰石-石膏湿法脱硫技术来去除烟气中的二氧化硫,因此为了提高脱硫效率,可以从以下几个方面入手:一是增加喷淋层数量,提高脱硫剂的利用率;二是增大氧化风机和搅拌器功率,增强浆液与烟气的混合效果;三是优化运行参数,如调整烟气流速、浆液 pH 值和 Ca/S 比等,使脱硫系统处于最佳运行状态。

（三）氮氧化物减排技术

氮氧化物是火电厂排放的另一主要大气污染物,其减排技术对于改善空气质量具有重要意义,目前火电厂普遍采用选择性催

化还原法(SCR)和选择性非催化还原法(SNCR)来去除烟气中的氮氧化物,其中 SCR 技术具有高效、稳定的优点,但投资成本较高;而 SNCR 技术投资成本较低,但脱硝效率相对较低,所以为了综合考虑脱硝效果和经济效益,可以采用 SNCR/SCR 混合技术,该技术结合了 SCR 和 SNCR 的优点,既提高了脱硝效率又降低了投资成本。而且在选择脱硝技术时需要根据机组的实际情况进行技术经济可行性分析,对于未预留烟气脱硝空间的老电厂或锅炉钢结构情况复杂的老机组,可以考虑采用低氮燃烧技术改造方案来降低氮氧化物的生成量,同时结合改造难度或对原有钢结构的影响情况来选择 SNCR 或 SNCR/SCR 混合技术。

（四）汞的监测方法及减排技术

随着环保要求的不断提高,火电厂对汞排放的控制也逐渐受到重视,其中需要先需要对烟气中的汞进行准确监测以便了解汞排放状况和控制效果,目前常用的汞监测方法包括冷蒸汽原子吸收光谱法、冷原子荧光法等但需要考虑汞在烟气中的不同形态,而未来可以借鉴美国的烟气汞监测技术如安大略法、30A 法和 30B 法等完善我国的汞监测体系^[5]。其中在汞减排方面可以采取多种措施包括燃烧前脱汞、燃烧中脱汞和燃烧后尾部烟气脱汞等,而燃烧前脱汞主要通过洗煤、混煤及使用添加剂等手段降低煤中汞含量;燃烧中脱汞则通过改进燃烧方式抑制汞的生成;燃烧后脱汞则利用现有烟气控制设备如除尘装置、脱硫装置和脱硝装置对汞进行协同控制或采用活性添加剂如活性炭和卤素添加剂等方法提高脱汞效率。

结语:

总而言之,火电厂高效燃烧技术优化与污染物减排研究是电力行业可持续发展的重要课题,因此火电厂可以通过加强燃烧过程管理和应用新技术手段等措施,去降低火电厂的污染物排放量并提高能源利用效率。

参考文献

- [1]王志轩. 科学修订火电厂大气污染物排放标准[J]. 中国电力企业管理, 2011(3):12-17.
- [2]姜雨泽, 宋荣杰. 火电厂除尘技术的发展动态研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(8):59-64.
- [3]乐园园, 金东春, 张岩, 等. 浙江省火电厂石灰石湿法烟气脱硫装置运行分析[J]. 浙江电力, 2010(7):53-56.
- [4]王圣, 王慧敏, 朱法华, 等. 基于实测的燃煤电厂汞排放特性分析与研究[J]. 环境科学, 2011, 31(1):33-37.
- [5]US EPA.Standard test method for elemental oxidized,particle-bound and total mercury in flue gas generated from coal fired stationary sources (Ontario hydro method).Designation D 6784-02[S]. U S EPA, 2008.
- [6]US EPA.Method 30a-determ ination of total vapor phase mercury emissions from stationary sources [S]. U S EPA, 2010.
- [7]US EPA.Method 30b-determ in at ion of total vapor phasem ercury emissions from coal fired combustion sources using carbon sorbent traps [S]. U S EPA, 2010.
- [8]陈纪玲, 王志轩. 燃煤电厂烟气中汞的排放与控制研究进展[J]. 电力环境保护, 2007, 23(6):45-48.
- [9]朱法华, 王临清. 煤电超低排放的技术经济与环境效益分析[J]. 环境保护, 2014, 42(21):28-33.
- [10]朱法华, 王圣. 煤电大气污染物超低排放技术集成与建议[J]. 环境影响评价, 2014(5):25-29.