

Emission Standards and Controlling Techniques for the Pollutions of Thermal Power Plant

Lin Cheng

Binchang Thermal Power Plant, Datang Power Generation Co. Ltd., Changwu County, Shaanxi
Email: chenglin2004@126.com

Received: Apr. 1st, 2014; revised: May 3rd, 2014; accepted: May 11th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The Ministry of Environmental Protection is going to address a new stringent pollutant emission standard (GB13223-2011) to thermal power plants on July 1, 2014, in which the major pollutant emissions will meet more and more stringent requirements. As state-controlled companies, thermal power plants not only are the major contributors to air pollution, but also are important participants in environmental governance, which should be responsible for the increasing environmental crises and undertake much more social responsibilities. This work summarized the development process of emission standards and the status of air pollution controlling for thermal power plants, and then some measures and suggestions were proposed to control air pollution for thermal power plants.

Keywords

Air Pollution, Emission Standard, Thermal Power Plant

火电厂大气污染物排放标准及治理现状

程 琳

大唐彬长发电有限责任公司发电部, 陕西长武县
Email: chenglin2004@126.com

收稿日期: 2014年4月1日; 修回日期: 2014年5月3日; 录用日期: 2014年5月11日

摘要

自2014年7月1日起国家环保部将对现有火力发电厂执行新的大气污染物排放标准(GB13223-2011)。新排放标准对火电厂主要排放污染物提出了更加严格的限值要求。火电厂作为国控企业,既是大气污染的主要“贡献者”,也是大气环境治理的重要“参与者”,环保压力和社会责任都日益增加。本文综述了近40年来我国火电厂大气污染物排放标准的发展进程和排放污染物综合治理现状,在此基础上对当前火电厂大气污染治理中的主要问题提出了对策和建议。

关键词

大气污染物, 排放标准, 火电厂

1. 引言

火电厂是基于锅炉燃烧,将煤、石油、天然气等燃料的化学能转变成电能的工厂。目前我国火电厂主要是燃煤电厂,火电厂大气污染物的形成主要与燃料煤的输配及燃烧相关。煤的破碎、筛分、清理、混碾、运输、装卸、储存等过程中均容易出现粉尘飞扬和外漏。煤场、磨煤机、煤制粉系统、煤斗都是煤尘污染物无序排放的产尘点。为降低煤粉制造、传输过程中的粉尘污染,目前火电厂大都采用了密闭传送方式,并采用防风抑尘网及喷淋的方法,有效防止或降低了煤场粉尘排放[1]。所以从一般意义上讲,火电厂大气排放污染是指燃料煤燃烧后产生的有害气体。

煤是碳氢化合物,其中还掺杂有少量硫、氮、汞等其它元素和含近 20%~40%质量含量的灰份和水。煤高温燃烧后排气成份主要包括氮气,二氧化碳、一氧化碳、水蒸气、二氧化硫、氮氧化物及以 PM 颗粒物为主要的烟尘。对于常用的低硫煤,燃烧后未作后处理的废气中主要成分仍然是氮气,体积含量约为 77%左右,而二氧化碳和水蒸气体积含量约为 22%左右,剩下的二氧化硫、氮氧化物和 PM 颗粒物排放约占 1%左右的体积含量。二氧化碳和水蒸气的碳和水蒸气是碳氢化合物完全燃烧的产物,其中二氧化碳是全球“温室效应”的罪魁祸首,大量二氧化碳排入大气,致使全球气候变暖,造成越来越严重的生态灾害;二氧化硫、氮氧化物是形成酸雨的重要来源;而火电厂烟尘排放是直接导致雾霾天气的主要因素。由于燃煤中含有极其微量的汞成分,汞的挥发性强,对人体健康的危害包括肾功能衰减,损害神经系统,因而近年来燃煤过程中汞的排放受到越来越多关注。

火电厂排出的高温废气组分与燃煤质量有很大的相关性,特别是煤中的硫含量对废气成份的影响最大,因为煤中硫组分不仅是火电厂废气中二氧化硫产物生成的主要来源,而且硫还是 PM 颗粒物生成的“前驱体”,燃烧时,产生的粘性硫化物很容易与未完全燃烧的炭黑聚合形成 PM 颗粒物排放。数据表明,当火电厂燃煤中硫含量降低 50%,煤燃烧排出废气中 PM 就会降低 30%左右[2]。此外,硫组分更大的危害是极容易引起废气处理装置的催化剂中毒。火电厂锅炉燃烧废气都要经过后处理装置后才能排入大气,处理氮氧化物需要利用贵金属的催化活性,加速还原过程。硫组分会与贵金属组分发生化学反应,导致催化剂的永久失活。

2. 火电厂大气污染物排放标准的发展

火电厂大气污染物排放标准是环保法和标准化法规定的国家强制性标准。早在 1973 年,我国就颁布了《工业“三废”排放试行标准》(GBJ4-73),首次以国家标准的方式对火电厂大气污染物排放提出限值

要求。1991年,国家环保部颁布了《燃煤电厂大气污染物1991年排放标准》(GB13223-1991),替代了GBJ4-73中关于火电厂大气污染物排放标准部分。1996年,该标准重新修订颁布,于1997年1月实施,并更名为《火电厂大气污染物1996年排放标准》(GB13223-1996)。2003年,GB13223-1996标准再次修订,于2004年1月1日执行《火电厂大气污染物2003年排放标准》(GB13223-2003)。随着环境问题的日益凸显,GB13223-2003已明显滞后于社会发展,不能完全满足环境保护需求,2012年国家环保部会同相关部门对GB13223-2003再次进行修订,颁布了《火电厂大气污染物2011年排放标准》(GB13223-2011),并明确要求2014年7月1日起全国火电厂必须强制性执行。

表1所示为GB13223-2011燃煤电厂大气污染物排放标准的具体限值,同时GB13223-2003也列出以作比较[3][4]。从中可见,相比目前现行的GB13223-2003排放标准,烟尘、二氧化硫、氮氧化物以及汞(及化合物)的排放限值都有了更为严格的限值。概括而言,2011排放标准相对2003标准有四方面的改变。一是火电厂常规排放的限值都有了大幅度的降低,烟尘、二氧化硫排放基本都有50%的降低幅度,氮氧化物由 450 mg/m^3 降低到 100 mg/m^3 ,降低幅度达到了近78%;第二个改变是新排放法规区分了排放限值的适用区域,对人口密集、经济发达的重点城市执行更加严格的排放限值,而对经济相对欠发达的偏远地区执行略高的标准;新排放法规的第三改变是排放法规明确了新建电厂锅炉与现有电厂锅炉的区别对待,对新建锅炉排放限值更低,从“准入”的角度体现了对新建电厂排放技术要求的前瞻性;新排放标准第四方面的改变是对汞及其化合物的重视提上了日程,由于汞及其化合物的严重危害性,GB13223-2011首次将汞及其化合物的排放设定为燃煤电厂污染监控范围。

3. 火电厂大气污染物治理技术

3.1. 除尘技术

如前所述,煤粉尘从一般意义上不归类于火电厂大气污染物。但煤粉制备、运输及储存过程产生的大量粉尘仍是目前燃煤电厂必须处理的一大实实在在的污染物。

燃煤电厂中应用的除尘装置多为静电除尘与袋式除尘器,机械除尘器常作为初级除尘装置使用,静电除尘器根据积尘电极形式的不同,可分为板式及管式两类,通常其阴极为放电极,阳极为集尘极。静

Table 1. Emission standard of air pollutants for coal-fired power plant
表 1. 燃煤电厂大气污染物排放标准

污染物	适用条件	GB13223-2011	GB13223-2003
		限值(mg/m^3)	限值 ^④ (mg/m^3)
烟尘	全部	30	50
	重点区域	20	
	新建锅炉	100	
二氧化硫	现有锅炉	200 ^{①,②}	400
	重点区域	50	
氮氧化物(以 NO_2 计)	全部	100	450
汞及其化合物	全部	0.03 ^③	-

备注:①位于广西壮族自治区、重庆市、四川省和贵州省的火力发电锅炉执行二氧化硫: 200 mg/m^3 (新建)、 400 mg/m^3 (现有)的排放限值。②采用W型火焰炉膛的火力发电锅炉、现有循环流化床火力发电锅炉,以及2003年12月31日前建成投产通过建设项目环境影响报告书审批的火力发电锅炉执行氮氧化物 200 mg/m^3 的排放限值。③新建企业2012年1月1日执行新标准,现有企业2014年7月1日执行新标准,2015年1月1日执行汞排放标准。④第三时段数据,2010年后标准数据。

电除尘带基本原理是在电极上施加数万伏的高电压，放电极和集尘极之间达到火花放电前引起电晕放电，空气绝缘被破坏，电晕放电后产生的正离子在放电极失去电荷，负离子则粘附于气体分子或尘粒上，由于静电场的作用被捕集在集尘极上，当集尘电极板上的尘粒达到相当厚度时，利用振打装置振打使粉尘落入下部灰斗。

袋式除尘器是将含尘气体通过纤维织物过滤材料而是粉尘分离的一种过滤型集尘装置，当含尘气体通过滤料孔隙时粉尘被拦截下来，沉积在滤袋上的粉尘通过机械振动，从滤料表面脱落下来，降至灰斗中。

相对而言，静电除尘适用于收集比电阻为 $10^4 - 5 \times 10^{12} \Omega m$ 的尘粒，具有高效、低阻、且处理烟量较大的特点。袋式除尘器可以捕集不同粒径的尘粒，除尘效率更高，但滤袋使用寿命短，运行费用高且阻力高、能耗大，故在满足排放标准的前提下，尽量采用电除尘基础上的更新改造。

3.2. 脱硫技术

二氧化硫的危害性极其严重。火电厂控制二氧化硫排放分为燃烧前、燃烧中、燃烧后脱硫。燃烧前脱硫主要是采用物理方法对煤进行洗选，燃烧中脱硫主要是采用流化床方式燃烧，燃烧后脱硫是目前火电厂广泛应用而且行之有效的脱硫方式，在火电厂应用较多的是：石灰石 - 石膏湿法脱硫及海水脱硫[4]。石灰石 - 石膏脱硫工艺是在吸收塔里石灰石浆液去除烟气中的二氧化硫生成石膏，脱硫效率高达 95% 以上，对煤种变化的适应性强，具有一定的除尘效果，脱硫副产品石膏便于综合利用。海水脱硫工艺是一种新兴的技术，其原理是利用天然海水的碱度达到脱除烟气中二氧化硫目的的一种方法。

陕西省是燃煤电厂大省。2011 年陕西省环保厅下发《关于封堵燃煤电厂脱硫系统旁路烟道的通知》(陕环函[2011]852 号文件)，要求燃煤电厂对脱硫系统旁路挡板进行封堵，以提高脱硫投运率，确保脱硫系统与主机同时运行，加大二氧化硫减排力度。二氧化硫极易封堵脱硫旁路后，解决除雾器及 GGH 的堵塞问题对保证脱硫系统及主机运行至关重要，预防除雾器堵塞的措施主要有对除雾器冲洗水进行改造及严格除雾器定期冲洗制度。目前电厂推广的方法：一是对除雾器冲洗水泵进行增容换型，更改为扬程 75 m，流量 $125 \text{ m}^3/\text{h}$ 的大容量、高压力水泵；二是更换三层冲洗管道，由塔内 10 路冲洗水管，更改为塔内布置为 20 路冲洗管道，满负荷时一个冲洗周期最大冲洗水量 52 t/h，达到高压力、低流量，既增加除雾器冲洗效果又能够维持吸收塔内的水平衡；三是将管道入口阀门由原来的气动蝶阀更改为气动球阀，提高阀门的严密性；通过改造除雾器在线冲洗效果提高，实现机组连续长周期运行。

3.3. 脱硝技术

火电厂脱硝即为控制氮氧化物的排放。火电厂控制氮氧化物排放的技术措施可以分为两大类：一是源头控制，通过各种技术手段，控制燃烧过程中氮氧化物的生成反应；另一类是尾部控制，把已经生成的氮氧化物通过某种手段还原为氮气，从而降低氮氧化物的排放量。

火电厂降低氮氧化物的目前最为常用的治理原则是：在进行低氮燃烧器技术改造的基础上进行脱硝工程改造。火电厂脱硝工程技术应用较多的主要有：选择性催化还原烟气脱硝(SCR)和选择性非催化还原烟气脱硝(SNCR)。

SCR 技术是把还原剂氨气喷入锅炉省煤器下游 $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 的烟道内，在催化剂作用下，将烟气中氮氧化物还原成无害的氮气和水。SNCR 技术是将氨基还原剂溶解稀释到 10% 以下，利用机械式喷枪将还原剂溶液雾化液滴喷入炉膛，热解生成气态氨气，在 $950^\circ\text{C} \sim 1050^\circ\text{C}$ 温度区域(通常为锅炉对流换热区)和没有催化剂的条件下，氨气与氮氧化物进行选择性非催化还原反应，将氮氧化物还原成氮气与水。比较而言，SCR 技术脱硝效率高(80%)，但要增加系统的流动阻力，催化剂需要定期更换会增加维护成本；

SNCR脱硝效率低(40%),但运行成本较低。要满足2011排放标准的氮氧化物 100 mg/m^3 的排放限值标准,火电厂应在使用低氮燃烧器的基础上配备SCR装置。

SCR脱硝工艺中使用的催化剂成分大都是以二氧化钛(含量约80%~90%)作为载体,以五氧化二钒(含量约1%~2%)作为活性材料,以三氧化钨或氧化钼(含量约占3%~7%)作为辅助活性材料,催化剂适宜的温度在 300°C ~ 420°C 之间,否则将会导致催化剂失效或中毒,锅炉排烟温度随负荷的高低而变化,在负荷较低的情况下,烟温将低至催化剂使用范围之下,这也是影响火电厂脱硝系统投运的主要原因,可考虑增加省煤器旁路提高排烟温度以满足脱硝系统的正常投运,确保任何情况下氮氧化物排放达标。

4. 结束语

燃煤电厂是大气污染的主要“贡献者”,也是大气污染治理的重要“执行者”。燃煤电厂需要担当起应尽的社会责任,带头遵守即将执行的GB13223-2011燃煤电厂大气污染物排放标准,为祖国的“蓝天白云”贡献国有企业应有的力量。

参考文献 (References)

- [1] 崔彦亭,刘宝林,何伯述(2006)燃煤电厂污染控制技术进展与展望. *电力环境保护*, **4**, 50-53.
- [2] 王云波(2009)美国火电厂污染物排放监测与控制及其对我国的启示. *电力技术经济*, **6**, 48-54.
- [3] 国家环保部(2011)火电厂大气污染物排放标准(GB13223-2011).
http://kjs.mep.gov.cn/hjbhbz/bzwb/dqhjbh/dqgdwrywrwpfbz/200401/t20040101_67373.htm
- [4] 环保部环境监察局(2013)大气污染控制与监测.
http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201305/t20130506_251654.htm