文章编号: 1006 - 4729(2007)01 - 0049 - 04

控制污染物排放改善上海大气环境质量的研究*

任建兴, 李芳芹, 仇中柱, 朱群志

(上海电力学院 能源与环境工程学院, 上海 200090)

摘 要: 煤炭大量消费是造成大气环境污染主要原因之一, 上海市 2004年一次能源消费总量已达到 7.24×10^7 t标准煤. 指出提高上海市大气环境质量、控制污染物排放的方法是加快调整能源结构、提高清洁能源天然气的使用比重, 以及控制燃煤总量和采取相应的技术措施.

关键词: 污染物; 上海; 大气环境
中图分类号: X511 文献标识码: A

Improving the Atmospheric Environmental Quality of Shanghai Through Control of Pollutant Emission

REN Jian-xing LI Fang-qin QIU Zhong-zhu ZHU Qun-zhi
(*School of Thermal Power & Environmental Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China*)

Abstract: Much coal consumption is one of main factors resulting in atmospheric environmental pollution. In Shanghai, the total consumption of primary energy was up to 7.24×10^7 tons of standard coal in 2004. Four measures could be taken to improve the Shanghai environmental quality and control the pollutant emission: regulating energy structure, improving the proportion of clean energy (natural gas) used, controlling coal consumption and adopting corresponding technology.

Key words: pollutant; Shanghai; atmospheric environment

随着一个国家国民经济的发展以及人民生活水平的不断提高, 社会发展对能源的需求量也会不断增加. 能源作为发展国家经济和改善人民生活的基础, 在经济发展和社会进步中起到了关键作用. 然而, 对能源的开发应用必然会产生环境污染问题, 对国民经济的发展和能源的进一步开发利用起着越来越大的制约作用.

目前, 全世界都在积极地探讨能源(Energy)、经济(Economy)和环境(Environment)"3E"之间相互和谐可持续发展的规律和方式. 电能(Electricity)作为一种最清洁的二次能源在促进3E之间的平衡, 实现经济可持续发展中起到了积极的作用.

电力工业是国民经济和社会发展的基础产

收稿日期: 2007 - 02 - 28(特约稿)

作者简介: 任建兴(1961 -), 男, 教授, 博士, 江苏海门人. 主要从事电厂热能动力设备、燃料的高效合理利用、能源与污染排放和环境污染等方面的研究工作.

基金项目: 上海市科委重点学科建设项目(P1302).

业,电气化程度是衡量一个国家现代化水平的重要标志. 2000年我国发电装机容量和发电量均居世界第二位,但是,我国人均拥有发电装机只有0.25 kW,人均发电量只有1 078 kW·h,不到世界平均水平的一半,仅为发达国家的3/10~5/10.要达到中等发达国家的经济水平,我国人均至少需要1kW的装机容量. 电力是清洁高效的能源转换利用形式. 提高电力消费在终端能源消费中的比重,不断提高电气化程度,是我国充分利用资源、改善环境质量、提高生产效率的一项根本措施[1,2]. 但是,我国燃煤火力发电厂的大气污染物排放尚未得到有效控制,这已成为电力工业实施可持续发展战略的制约因素.

1 中国电源构成及环境污染问题

中国是世界上最大的煤炭生产国. 生产的煤炭以国内消费为主,少量出口,煤炭的生产量取决于国内需求. 2003年全国煤炭生产量约为1.3×10^9 t,其中近1×10^8 t用于出口,用于国内消费的煤炭达1.2×10^9 t[3].

近几年来由于产业结构调整、节能和其他因素的影响,煤炭消费占能源消费总量的比例呈下降趋势,预计到2020年将由原来的75%下降到57%,但就消费总量而言还是呈上升趋势. 在电能结构方面,今后相当长的时间内将继续维持燃煤机组为主的基本格局. 预计到2020年,我国煤炭消费量将由现在的1.2×10^9 t增加到1.85×10^9 t,火电耗煤占煤炭消费量比例也将由现在的49%增长到70%以上. 2003年,我国发电装机容量为384.5 GW,其中,火电装机容量约为285.6 GW,占74.3%. 根据电力发展规划,2010年全国发电装机容量将达到580 GW,其中火电380 GW,占65.5%;2020年全国发电装机容量达到900 GW,其中火电580 GW,占64.4%.

燃煤发电给中国电力工业快速发展提供有力保证的同时,也给环境造成巨大的压力,煤炭发电燃烧产生大量的烟尘、二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)等污染物,这些污染物直接排入大气,影响了大气生态环境. 全国历年SO_2排放总量的变化见图1.

由于采取了一定的控制措施,SO_2排放量呈明显的下降趋势,从1995年的2.37×10^7 t下降至最低点2001年的1.948×10^7 t

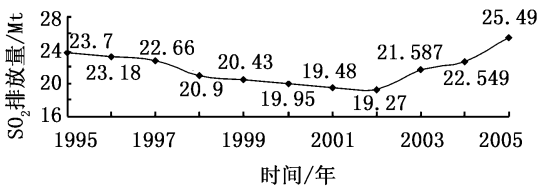

图1 中国历年SO_2排放量

全国历年烟尘排放总量的变化见图2

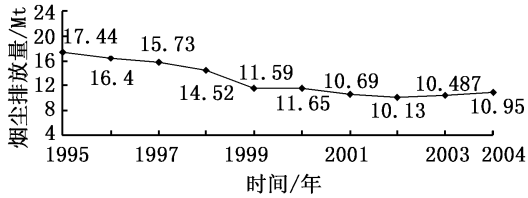

图2 中国历年烟尘排放量

针对烟尘,国家已经加强了有效的治理措施,目前已有85.2%的火力发电厂安装了高效的静电除尘装置,全国烟尘总排放量呈明显下降趋势,由1995年的1.774×10^7 t下降至2004年的1.095×10^7 t

火电厂的污染物排放已成为了大气污染的主要源头之一. 据《中国环境年鉴》统计,2001年全国火力发电燃煤5.4×10^8 t,SO_2排放量为6 499×10^6 t,占全国排放总量的33.4%;排放烟尘2 897×10^6 t,占全国排放总量的27.4%.

除SO_2和烟尘以外,NO_x也是主要的污染物质,在今后相当长的一段时间内,随着能源消耗的增长,NO_x排放所带来的环境问题越来越突出.

中国燃煤电站NO_x排放的现状是:1995年排放量为2.65×10^6 t,2000年为4.69×10^6 t,2002年为5.2×10^6 t,预计到2010年将达到5.5×10^6 t. 如果按燃煤电厂目前的排放情况,只控制SO_2的排放,而不采取有效的技术控制NO_x的排放,到2010年NO_x排放总量将会超过SO_2,成为火力发电最主要的污染排放物[4].

面对日益沉重的环境压力,国家颁布了《火电厂大气污染物排放标准》(GB13323-2003),并于2004年1月1日开始实施. 该标准涵盖了各种容量的煤粉发电锅炉,分3个时段实施,对不同时期的火力发电锅炉及燃气轮机组NO_x最高允许排放浓度进行了限制.

2 上海城区大气环境质量变化

上海是一个国际化大都市, 1995年全市总人口 1 300万人, 2005年达到 1 600万人. 自 1992年以来, 上海市国民经济进入稳定持续高速增长期, 2000～2020年上海各产业 GDP增长率的统计预测情况见表 1.

表 1 上海各产业 GDP增长率预测 %

类别	1995～2000年	2000～2005年	2005～2010年	2010～2020年
农业	3.4	5.2	4.9	4.8
工业	9.6	7.6	7.8	6.7
交通	11.1	15.0	12.1	10.4
商业	16.7	14.1	8.9	7.9
全市	11.3	9.0～11.0	7.5～9.5	6.5～8.5

从表 1可知, 1995～2004年上海市 GDP增长率为 9.0%～11.3%. 上海是我国最大的综合性工业基地和经济文化中心, 随着经济的快速发展, 对能源的需求也在不断增加. 图 3为自 1995年以来上海市历年一次能源消费总量(折合标准量).

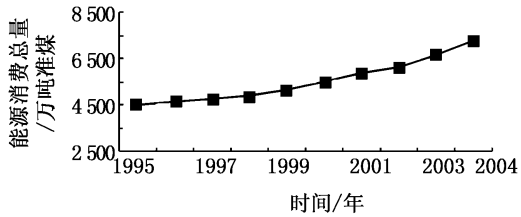

图 3 上海市历年一次能源消耗量

2004年上海的一次能源消费总量已达到 7.24×10^7 t标准煤. 在一次能源消耗总量中煤炭的消费比例见表 2

表 2 上海市历年煤炭占一次能源消费的比例 %

年份	煤炭占一次能源比例	年份	煤炭占一次能源比例
1995	70.60	1999	68.30
1996	69.60	2000	65.50
1997	69.51	2003	59.20
1998	69.39	2004	60.00

由表 2可知, 煤炭的消费占上海市一次能源总消费比例的 60%左右.

煤炭的大量消费, 如果不采取有效的措施将造成大量的 SO_2, NO_x, 烟尘, CO_2 被排入大气, 使酸雨日益严重, 大气环境不断恶化. 上海市环境保护局年度公报发布的历年大气质量 (烟尘、SO_2 和 NO_x)变化情况如图 4所示.

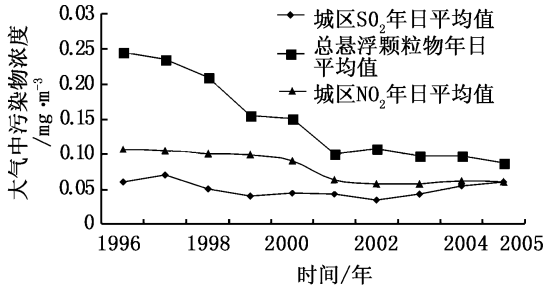

图 4 上海城区历年大气质量变化

1996年到 2000年, 总悬浮颗粒物年日平均值得到较大改善, 但是由于能耗总量的增大, 能源结构没有得到及时调整. 2000年以后, 城区 SO_2 年日平均值、总悬浮颗粒物年日平均值、城区 NO_x 年日平均值均没有得到明显改善. 为此, 应尽快改善能源结构, 提高清洁能源特别是天然气的比重, 控制用煤总量和采取一定的技术措施, 减少污染物排放, 以进一步改善大气环境.

3 污染物生成与控制

根据上海市目前污染物排放状况, 为了进一步控制污染物生成, 降低污染物排放量, 达到改善大气环境质量的目的, 应该着重考虑现行的能源供给结构, 尽可能减少一次能源煤炭的消耗量, 提高清洁能源如天然气的供给量和应用面; 采取有效的技术措施, 降低污染物的排放量, 主要有如下几项控制技术.

3.1 低 NO_x 燃烧技术

由 NO_x 的形成条件可知, 起决定作用的是燃烧区域温度和过量空气量. 低 NO_x 燃烧技术就是通过控制燃烧区域的温度和空气量, 以达到阻止 NO_x 生成及降低排放的目的. 对低 NO_x 燃烧技术的要求是, 在降低 NO_x 的同时, 使锅炉燃烧稳定, 且飞灰含碳量不能超标. 目前常用的低 NO_x 燃烧技术有如下几种.

3.1.1 燃烧优化

燃烧优化是通过调整锅炉燃烧配风, 控制 NO_x 排放的一种实用方法. 它采取的措施是通过控制燃烧空气量、保持每只燃烧器的风粉 (煤粉) 比相对平衡及进行燃烧调整, 使燃料型 NO_x 的生成降到最低, 从而达到控制 NO_x 排放的目的.

煤种不同, 燃烧所需的理论空气量也不同. 因

此,在运行调整中,必须根据煤种的变化,随时进行燃烧配风调整,控制一次风粉比不超过1.8∶1.调整各燃烧器的配风,保证各燃烧器下粉的均匀性,其偏差不大于5%.

二次风的配给须与各燃烧器的燃料量相匹配,对停运的燃烧器,在不烧火嘴的情况下,尽量关小该燃烧器的各次配风,使燃料处于低氧燃烧,以降低NO_x的生成量.

3.1.2 空气分级燃烧技术

空气分级燃烧技术是目前应用较为广泛的低NO_x燃烧技术,主要原理是将燃烧过程分段进行.该技术是将燃烧用风分为一、二次风,减少煤粉燃烧区域的空气量(一次风),提高燃烧区域的煤粉浓度,推迟一、二次风混合时间,这样煤粉进入炉膛时就形成了一个富燃料区;燃料在富燃料区进行缺氧燃烧,以降低燃料型NO_x的生成;缺氧燃烧产生的还原性气体再与二次风混合,使燃料完全燃烧.

该技术主要是通过减少燃烧高温区域的空气量,以降低NO_x的生成.它的关键是风的分配,一般情况下,一次风占总风量的25%~35%.对于部分锅炉,风量分配不当,会增加锅炉的燃烧损失,同时造成受热面的结渣腐蚀.因此,该技术较多应用于新锅炉的设计及燃烧器的改造中.

3.1.3 燃料分级燃烧技术

该技术将锅炉的燃烧分为两个区域进行:将85%左右的燃料送入第一级燃烧区进行富氧燃烧,生成大量的NO_x;在第二级燃烧区送入15%的燃料,进行缺氧燃烧,将第一区生成的NO_x进行还原,同时抑制NO_x的生成,降低NO_x的排放.

3.1.4 烟气再循环技术

该技术是将锅炉尾部的低温烟气直接送入炉膛或与一次风、二次风混合后送入炉内,降低燃烧区域的温度,同时降低燃烧区域氧的浓度,从而也降低了NO_x的生成量.该技术的关键是烟气再循环率的选择和煤种的变化.

3.2 SO_x的控制方法及技术

对于燃煤脱硫,目前已经有较为成熟的方法.发达国家的SO_x排放已经控制在较低水平,我国也于近年制定了环境法,并将燃煤电厂的脱硫深度分级.目前,脱硫的主要方法可以分为燃烧前脱硫、炉内脱硫和烟气脱硫.

3.2.1 燃烧前脱硫

燃烧前脱硫就是在煤燃烧前把煤炭中的硫分脱除.燃烧前脱硫技术主要有物理洗选煤法、活学洗选煤法、煤的气化和液化法等.物理洗选法利用黄铁矿硫和煤的密度差异,通过重力分选和水洗将黄铁矿硫和部分矿物质分离.通过物理洗选得到的煤称为洗精煤.与原煤相比,洗精煤的含硫降低40%,灰分减少70%左右.已成熟的燃烧前脱硫技术有物理洗选煤,而煤气化和液化还有待研究完善.它们的共同特点是:能同时除去灰分,减轻运输量,减轻锅炉的沾污和磨损、减少电厂的灰渣处理量,还可以回收部分硫资源.

3.2.2 炉内脱硫

炉内脱硫是在燃烧过程中,向炉内加入固硫剂如$CaCO_3$等,使煤中硫分转化成硫酸盐,随飞灰和炉渣排除.生成的硫酸盐在800~850℃时热稳定性良好.这个范围恰好是流化床的运行温度,因此,当流化床锅炉燃用高硫煤时,很适合用此办法脱硫.尽管这种方法的脱硫率比烟气脱硫法低,但投资小,占地面积小,利用的石灰石便宜,没有污水排放,适合现有电厂的改造,因此有望在我国推广使用.其主要缺点是:炉中碱性钙的出现,使灰熔点降低,从而使结渣的可能性增大;烟气中碱性钙的出现使得静电除尘器中的烟气击穿电压下降,降低了除尘效果.

3.2.3 烟气脱硫

燃煤的烟气脱硫技术是当前应用最广、效率最高的脱硫技术,是控制SO_x排放、防止大气污染、保护环境的一种重要手段.对燃煤电厂而言,在今后一个相当长的时期内,烟气脱硫将是控制SO_x的最好方法.目前国外火电厂烟气脱硫技术的主要发展趋势是:脱硫效率高、装机容量大、技术水平先进、投资省、占地小、运行费用低、自动化程度高、可靠性好等.

烟气脱硫可以分为两类,即抛弃法和回收法.抛弃法是指加入一种吸附剂,使SO_x与之化合或被吸附,生成另一种物质而不加以利用抛弃掉.这种方法的优点是设备简单、投资小,但缺点是未从根本上解决污染问题.

回收法是将SO_2氧化成SO_3,用水或硫酸来吸收SO_3,制备成硫酸,或者投入碱性添加剂,同SO_2反应生成副产品.这种方法又分为烟气湿法

(下转第60页)

于环境污染所造成的损失,因此,从整个社会经济的全局出发,就必须加大对新建发电机组和现有发电机组的脱硫力度,国家在这方面加大财政支持力度是必要的.

4 结束语

社会经济的快速发展与生态环境优化的紧密结合是坚持科学发展观的必然要求,也是体现社会主义制度优越性的一个重要方面.随着我国社会经济的快速发展和人民生活水平的提高,对燃煤发电量的需求将越来越大,如果措施失当,SO_2排放所形成的环境污染将会日益严重,因此,必须通过法律的、行政的、经济的手段来加快煤电烟气脱硫工程的建设步伐,努力把我国建设成为一个资源节约型、环境友好型的社会主义社会.

参考文献:

[1] 李静云.我国环境经济政策现状与发展建议[J].中国环保产业,2006(2):16-19.
[2] 叶 夕.政府必须具备绿色控制能力[J].环境保护,2006(3):9-12.
[3] 高云峰.我国火电厂烟气脱硫存在的问题及对策[J].电力环境保护,2004(2):3-4.
[4] 朱法华.火电建设面临的环保形势与任务分析[J].环境科学研究,2005(4):21-29.
[5] 李继文.我国"十五"期间火电项目环评情况分析及建议[J].环境保护,2006(1):40-43.
[6] 朱晓东.江苏生态省建设理念与实践[J].环境保护,2006(2):65-69.
[7] 王钧.沙角A电厂300MW机组烟气脱硫装置对环境影响的指标监测与分析[J].上海电力学院学报,2005,21(2):157-160.

(上接第52页)

脱硫和烟气喷雾干法脱硫两种.

对于粉尘的控制,国内主要采用高效静电除尘器或布袋除尘器,能够有效地控制粉尘排放.

4 结束语

为了控制污染物的排放,改善上海大气环境质量,应根据本地区的具体情况加以综合考虑.就上海而言,应进一步加快调整能源结构步伐,提高清洁能源特别是天然气的比重,减少煤炭消耗总量,采取相应的控制污染物生成量的技术措施,减少污染物排放量,以进一步改善大气环境质量.

参考文献:

[1] 陈长虹,王冰妍.中国能源政策的大气污染物减排效果与附加效应[J].上海环境科学,2003,22(10):682-686.
[2] 中国国电集团公司科技环保部,国电环境保护研究所.发展清洁能源促进可持续发展[J].电力环境保护,2003,19(2):1-3.
[3] 杨剑祥.我国火电行业二氧化硫总量控制的研究[J].电力环境保护,2003,19(4):1-2.
[4] 王培红,李磊磊,陈强,等.电站锅炉NO_x排放与效率的响应特性模型[J].动力工程,2004,24(2):254-259.