

· 污染防治技术 ·

火电厂烟气脱硝容量的合理性探讨

董文彬¹, 朱林², 朱法华²

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044;

2. 国电环境保护研究院, 江苏 南京 210031)

摘要: 根据美国 20 世纪 90 年代初的电力生产及火电 NO_x 的排放情况, 并结合我国的实际情况及控制火电 NO_x 排放的趋势, 提出 2010 年和 2020 年我国火电 NO_x 排放总量控制目标, 预测满足火电 NO_x 控制目标的合理的火电厂烟气脱硝容量。

关键词: 火电厂; 氮氧化物; 排放量; 控制目标; 脱硝; 容量

中图分类号: X51 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2007)06-0040-04

Discussion on the Reasonable Denitration Capacity of Thermal Power Plant

DONG Wen-bin¹, ZHU Lin², ZHU Fa-hua²

(1. College of Environmental Science and Technology, Nanjing University Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044, China; 2. State Power Environmental Protection Research Institute, Nanjing, Jiangsu 210031, China)

Abstract: According to the beginning of 1990s US electric power production and NO_x emission, and the tendency of China actual thermal power NO_x emission control, the total quantity control goals in 2010 and in 2020 were provided. The forecast NO_x emission quantity satisfied the reasonable NO_x control goal of denitration capacity of thermoelectric power plants.

Key words: Thermal electric power plants; NO_x; Discharge amount; Control goal; Denitration; Capacity

我国是煤炭大国, 长期以来能源消耗以煤炭为主。而煤在燃烧过程中产生大量 SO₂ 和 NO_x 等大气污染物, 形成酸雨污染。随着电力工业的不断发展, 燃煤电厂的大气污染问题日益突出。目前控制燃煤 NO_x 排放的问题越来越受到重视, 尤其是作为排放大户的大型火力发电厂, 更是成为关注的焦点。

在减少燃煤 NO_x 的排放方面, 美国采用法律法规与技术相结合的治理措施, 取得了十分明显的成效。我国也已将 NO_x 总量控制和烟气脱硝提上日程。现通过分析美国电力工业的发展及其 NO_x 排放情况, 结合我国的国情, 提出我国火电 NO_x 的控制目标, 预测满足火电 NO_x 控制目标的合理的火电烟气脱硝容量。

占总装机容量的 77.82%, 同比增长 23.7%。从电力生产情况看, 2006 年火电发电量为 23 573 亿 kW·h, 约占全部发电量的 83.17%, 同比增长 15.3%^[1]。

我国从 1990 年—2006 年的火电装机容量与火电发电量的变化状况见图 1。

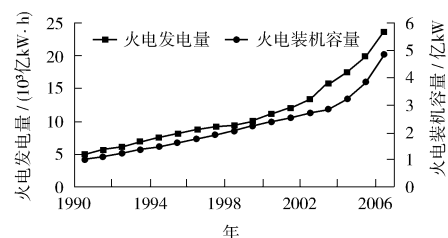


图 1 我国火电装机容量与火电发电量的历年变化

收稿日期: 2007-06-20; 修订日期: 2007-11-01

基金项目: 国家环境保护总局基金资助项目 (Z06004)

作者简介: 董文彬 (1982—), 女, 山东青岛人, 硕士研究生, 研究方向为火电 NO_x 控制政策及技术分析。

1 我国火电发展与火电 NO_x 排放现状

1.1 我国火电发展进程

2006 年我国火电装机容量达 48 405 万 kW, 约

预计到 2010 年我国总装机容量在 7.5 亿 kW 左右,其中火电装机容量约为 5.25 亿 kW;2010 年全国火电发电量将达到 26 250 亿 kW·h。到 2020 年全国装机容量将达到 13.5 亿 kW,火电装机容量有可能突破 8 亿 kW^[2]。

1.2 火电 NO_x 排放现状

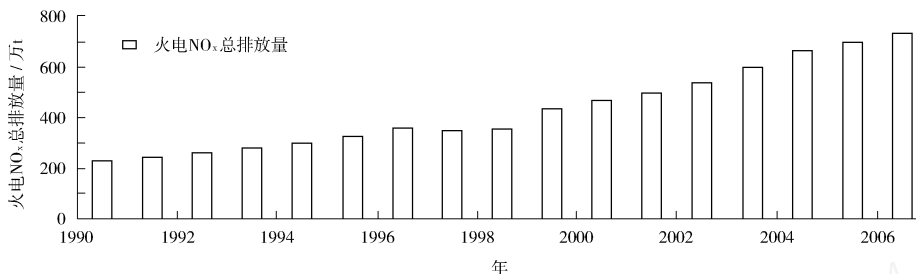


图 2 1990 年—2006 年我国火电 NO_x 排放量

由图 2 可见,我国火电排放 NO_x 1990 年—1998 年呈缓慢上升趋势,总增长量为 131.7 万 t,年增长率保持在 8%左右。1999 年—2006 年火电 NO_x 排放总量增长 300 万 t,增长量是前 9 年的 2.27 倍。

从我国火电装机容量、发电量与 NO_x 排放量的历年变化可以看出,1990 年—2006 年的火电装机容量增加了 3.75 倍,火电发电量增加了 3.68 倍,火电 NO_x 排放量增加了 3.19 倍。相对于我国火电总装机容量和总发电量而言,我国火电单位发电量的 NO_x 排放水平总体呈逐步下降趋势,NO_x 排放量的增加速率明显小于我国总发电量、总装机容量的增长率。

2 我国火电 NO_x 控制目标

我国尚未对火电厂排放的 NO_x 进行总量控制,火电 NO_x 排放总量随着机组成装机容量的增长而逐年增加。根据文献 [3],我国酸雨成分中 NO₃⁻ 浓度明显增加,与 SO₄²⁻ 的比例 10 年来从 1.6 增加到 1.5。除酸沉降外,NO_x 导致的最严重的区域污染问题是近地面臭氧污染。近年来,随着工业和机动车尾气排放的 NO_x 增加,我国许多经济发达的大城市地区近地面臭氧浓度有较大幅度的增加,甚至出现了光化学烟雾污染^[4]。目前,我国颁布和实施的《大气污染防治法》《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223 - 2003)《排污费征收使用管理条例》及电力工业环境保护“十五”规划中,都对

我国火电厂在 NO_x 排放控制方面起步相对较晚。《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223 - 1996)对新建大型燃煤电厂 NO_x 排放提出限值要求,《火电厂大气污染物排放标准》(GB 13223 - 2003)对火电厂 NO_x 排放提出了更高的要求。1990 年—2006 年我国火电 NO_x 排放状况见图 2。

NO_x 的排放和控制做出了规定^[5]。“十五”期间我国环境评价批复的烟气脱硝机组也已超过 3 000 万 kW^[6]。

在美国,电力工业是最大的 NO_x 排放源之一。1990 年以来,美国环保署 (EPA) 主要实施了 4 项针对于电力工业的 NO_x 排放的控制措施,分别是 1995 年的酸雨法案 (Acid Rain Program); 1999 年的臭氧运输委员会 NO_x 预算计划 (Ozone Transport Commission NO_x Budget Program); 2004 年的 NO_x 州实施计划和 NO_x 配额交易计划 (NO_x State Implementation Plan Call and Budget Trading Program) 和 2005 年的清洁空气州际法规 (Clean Air Interstate Rule)。这些措施的实施,使得美国的火电 NO_x 排放量持续减少,其火电 NO_x 排放量在 1996 年和 2003 年获得了大幅度的削减^[7-8]。

美国 2005 年火电装机容量已达 7.59 亿 kW, 约占总装机容量的 77.6%,同比增长 1.8%。从电力生产情况看,2005 年美国的火电发电量为 29 033 亿 kW·h,约占全部发电量的 71.6%,同比增长 2.77%^[9]。

我国和美国火电单位发电量的 NO_x 排放水平见图 3。

由图 3 可见,同美国相比,我国的火电 NO_x 排放水平仍然很高。我国 2003 年的火电单位发电量的 NO_x 排放水平与美国 1990 年的火电单位发电量的 NO_x 排放水平相当。

我国目前的火电装机容量与 1985 年的美国非

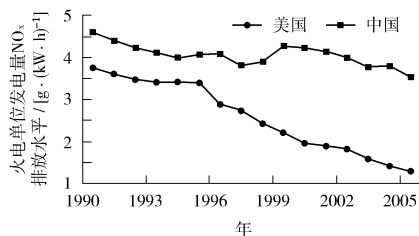


图 3 我国和美国火电单位发电量的 NO_x 排放水平的变化趋势

常接近。我国 2010 年、2020 年的火电装机容量预测与美国 1990 年及 2005 年的实际情况比较接近。我国与美国的火电发展情况^[2,9]比较见表 1。

表 1 中美两国火电发展情况比较

国别	年份	火电装机量 亿 kW	火电发电量 亿 kW · h
美国	1985	4.85	17 943
	1990	5.25	20 934
	1995	5.52	22 800
	2000	5.97	26 785
	2005	7.59	29 033
中国	2006 (现状)	4.84	23 573
	2010 (预测)	5.25	26 250
	2020 (预测)	8.0	37 500

根据美国 20 世纪 90 年代初的电力生产、火电 NO_x 的排放情况以及相应的火电 NO_x 排放水平^[9],结合我国的实际情况及控制火电 NO_x 排放的趋势 (见表 2),提出我国 2010 年、2020 年火电 NO_x 排放控制目标见表 3。

表 2 中美两国火电 NO_x 排放现状

国别	年份	Q (NO _x) 万 t	火电 NO _x 排放水平 /[g · (kW · h)⁻¹]
美国	1985	599.3	3.34
	1990	784	3.73
	1995	775.6	3.38
	2000	525.6	1.95
	2005	373.9	1.29
中国	2005 (现状)	700.3	3.53
	2006 (现状)	737.6	3.13

表 3 我国火电 NO_x 控制目标预测

年份	火电 NO _x 排放目标 万 t	火电发电量 /[亿 kW · h]	火电 NO _x 排放水平 /[g · (kW · h)⁻¹]
2010 (预测)	683 ~ 735	26 250	2.6 ~ 2.8
2020 (预测)	525 ~ 600	37 500	1.4 ~ 1.6

3 火电厂烟气脱硝容量预测

随着我国对火电 NO_x 排放标准的日益严格,高效的烟气脱硝技术将成为首选,火电厂的烟气脱硝装置势必大幅度增加。根据相关要求,2004 年 1 月 1 日审批后的火电项目,预留烟气脱除 NO_x 装置空间;东部火电密集区域、敏感区域火电项目,同步建设烟气脱除 NO_x 装置,扩建、改造项目结合现有老机组进行低 NO_x 燃烧改造^[6]。

据专家预测,“十一五”将是对火电厂排放 NO_x 实施总量控制最佳的时机^[5]。因此,可以预计在政策调整的大方向下,火电机组的脱硝装机容量将显著增加。

3.1 满足控制目标的火电 NO_x 减排率

根据文献 [10] 燃煤 NO_x 排放量的估算公式,1 t 煤的 NO_x 排放量约为 7.64 kg。预计 2010 年和 2020 年全国火电机组耗煤量将分别达 14.7 亿 t 和 20 亿 t^[2],按每 t 煤 NO_x 排放量为 7.64 kg 计算,在不采取任何减排措施下,2010 年和 2020 年全国火电行业 NO_x 自然排放量将分别达到 1 123 万 t 和 1 528 万 t 左右。

根据表 2 的预测,我国 2010 年火电 NO_x 控制目标为 683 万 t ~ 735 万 t,2020 年为 525 万 t ~ 600 万 t,由此可以确定满足控制目标的火电 NO_x 减排率,见表 4。

表 4 满足火电 NO_x 排放目标的 NO_x 减排率

年份	我国火电 耗煤量 /[亿 t · a ⁻¹]	NO _x 自然 排放量 /[万 t · a ⁻¹]	NO _x 排放 目标 /[万 t · a ⁻¹]	NO _x 减 排率 /%
2010 (预测)	14.7	1 123	683 ~ 735	35 ~ 40
2020 (预测)	20	1 528	525 ~ 600	60 ~ 66

由表 4 可见,若 2010 年我国火电 NO_x 排放量控制在 683 万 t ~ 735 万 t 之间,则火电 NO_x 的减排率需达到 35% ~ 40% 左右;若 2020 年我国火电 NO_x 排放量控制在 525 万 t ~ 600 万 t 之间,则火电 NO_x 的减排率需达到 60% ~ 66%。

3.2 满足火电 NO_x 控制目标的烟气脱硝容量

“十五”期间我国环评批复的烟气脱硝机组已超过 3 000 万 kW,占 2005 年火电装机容量的 7.8% 左右。根据目前火电 NO_x 控制技术的发展水平,烟气脱硝技术一般可达到 70% ~ 90% 的脱硝效率,低 NO_x 燃烧技术一般可达到 25% ~ 35%

的 NO_x 脱除效率。

预计到 2010 年,我国的火电装机容量约为 5.25 亿 kW,因此到 2010 年全国火电机组若要消减 35% ~ 40% 的 NO_x 排放量,烟气脱硝机组的容量需占总装机容量的 10% 左右即 5 250 万 kW。2010 年我国火电机组烟气脱硝容量预测结果见表 5。

表 5 2010 年我国火电机组烟气脱硝容量预测

机组	脱硝机组	低 NO _x	合计
		燃烧机组	
容量 / 万 kW	5 250	47 250	52 500
占火电装机容量的比例 / %	10	90	100
NO _x 减排率 / %	70 ~ 90	25 ~ 35	30 ~ 40

由表 5 可见,当火电机组的烟气脱硝容量达到 5 250 万 kW,占火电总装机容量的 10%,其余机组全部采用低 NO_x 燃烧技术时,火电机组总的 NO_x 减排率可达到 30% ~ 40%,相应的火电 NO_x 排放量可控制在 674 万 t ~ 786 万 t 之间,基本满足 2010 年需达到的 683 万 t ~ 735 万 t 的火电 NO_x 控制目标。随着火电 NO_x 控制标准的日益严格,高效率的 NO_x 控制技术将得到越来越广泛的应用。到 2020 年烟气脱硝技术平均可达到 80% ~ 90% 的脱硝效率,低 NO_x 万 t 燃烧技术平均可达到 30% ~ 40% 的 NO_x 脱除效率。

预计 2020 年我国火电装机容量约为 8 亿 kW,因此到 2020 年全国火电机组若要消减 60% ~ 66% 的 NO_x 排放量,烟气脱硝机组的容量需占总装机容量的 60% 左右即 4.8 亿 kW。我国 2020 年火电机组烟气脱硝容量预测结果见表 6。

表 6 2020 年我国火电机组烟气脱硝容量预测

机组	脱硝机组	低 NO _x	合计
		燃烧机组	
容量 / 万 kW	48 000	32 000	80 000
占火电装机容量的比例 / %	60	40	100
减排率 / %	80 ~ 90	30 ~ 40	60 ~ 70

由表 6 可见,当火电烟气脱硝的容量占火电总装机容量的 60%,即达到 4.8 亿 kW 的容量时,火电机组总的 NO_x 减排率可达到 60% ~ 70%,相应的火电 NO_x 排放量可控制在 458 万 t ~ 611 万 t 之间,满足 2020 年需达到的 525 万 t ~ 600 万 t 的火

电 NO_x 控制目标。

4 结语

(1)我国目前的火电装机容量与 1985 年的美国非常接近。2010 年和 2020 年的火电预测情况与美国 1990 年和 2005 年的实际情况比较接近。根据美国 90 年代初的电力生产及火电 NO_x 的排放情况,并结合我国的实际情况及控制火电 NO_x 排放的趋势,提出到 2010 年和 2020 年我国火电 NO_x 排放总量控制目标分别为 683 万 t ~ 735 万 t 和 525 万 t ~ 600 万 t。

(2)要满足 2010 年火电 NO_x 的控制目标,火电机组 NO_x 减排率需达到 35% ~ 40%,相应投运的烟气脱硝机组容量为 5 250 万 kW,占 2010 年火电总装机容量的 10%;要满足 2020 年火电 NO_x 的控制目标,火电机组 NO_x 的减排率需达到 60% ~ 66%,相应投运的烟气脱硝机组容量为 4.8 亿 kW,占 2020 年火电总装机容量的 60%。

[参考文献]

- [1] 中国电力企业联合会. 全国电力工业统计快报 [EB/OL]. (2007 - 01 - 12) [2007 - 10 - 30] <http://tj.cec.org.cn/han-gyetj.asp?id=92985>.
- [2] 朱法华. 电力工业发展与环境保护 [J]. 电力环境保护, 2006, 22(5): 1 - 7.
- [3] 刘明辉. 顺应国家政策走向,积极脱硝促进燃煤火电和谐发展 - 电力集团脱硝战略浅析 [J]. 电力环境保护, 2007, 23(3): 9 - 13.
- [4] 胡倩, 张世秋, 吴丹. 美国和欧洲氮氧化物控制政策对中国的借鉴意义 [J]. 环境保护, 2007(5A): 74 - 78.
- [5] 刘孜. 火电厂二氧化硫及氮氧化物的总量控制 [J]. 中国环保产业, 2003(6): 13 - 15.
- [6] 李振中. 燃煤电站系统脱硝技术研发与产业化 [J]. 中国科技产业, 2006(2): 48 - 52.
- [7] U. S EPA. NO_x Budget Trading Program: 2005 Program Compliance and Environmental Results [EB/OL]. (2006 - 12 - 01) [2007 - 08 - 23] <http://www.epa.gov/ARMARKET/progress/progress-reports.html>
- [8] 林艳宇. 美国的大气污染物排放许可证制度 [J]. 环境监测管理与技术, 2004, 16(3): 45 - 47.
- [9] U. S DOE. State Electricity Profiles 2005 [EB/OL]. (2007 - 03 - 06) [2007 - 08 - 23] http://www.eia.doe.gov/eneaf/electricity/st_profiles/sep2005.pdf
- [10] 国家环境保护总局. 排污收费制度 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.

本栏目责任编辑 李文峻