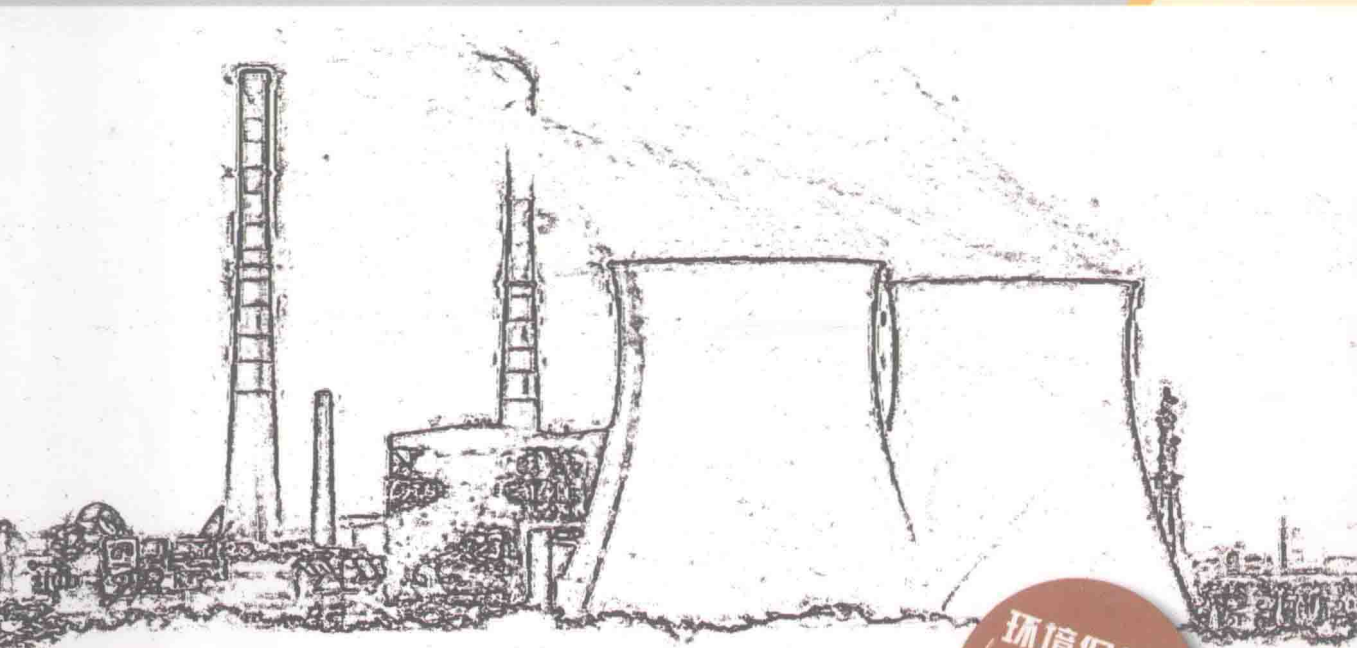


环境保护标准与技术文件培训系列教材

火电厂污染防治技术文件 培训教程

《环境保护标准与技术文件培训系列教材》编委会 编著

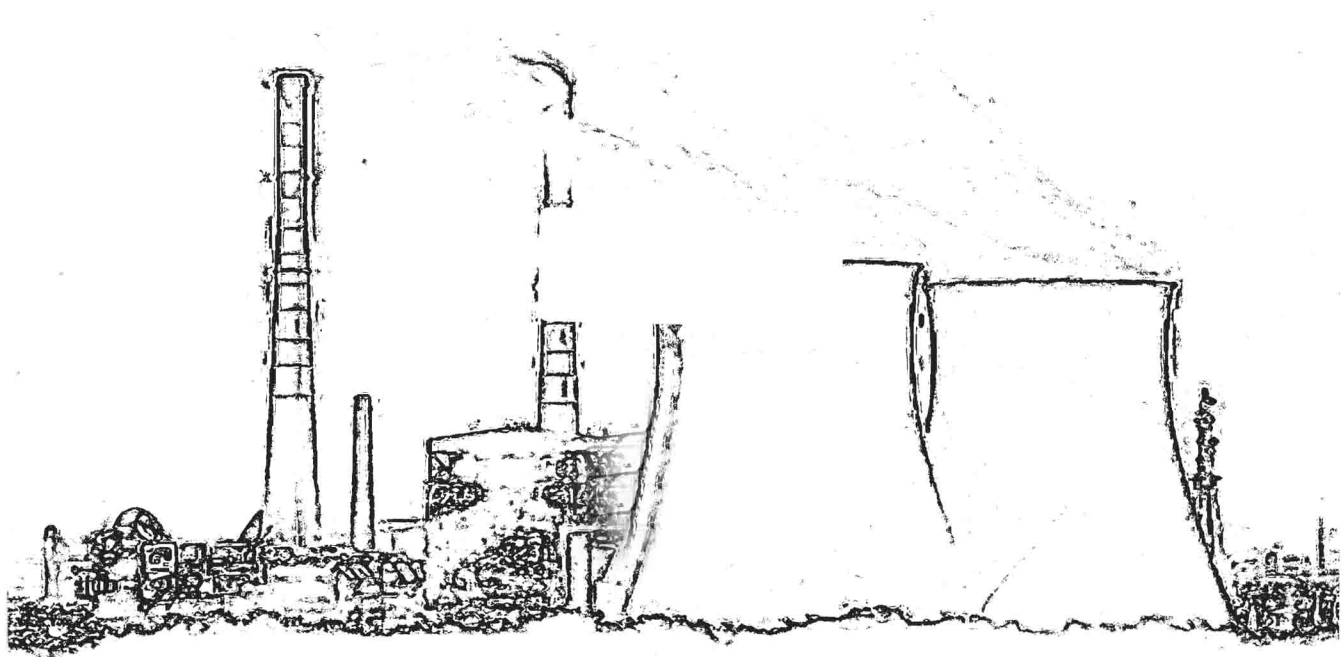


环境保护部
唯一
指定教材

中国环境科学出版社

火电厂污染防治技术文件 培训教程

《环境保护标准与技术文件培训系列教材》编委会 编著



中国环境科学出版社 · 北京

图书在版编目 (CIP) 数据

火电厂污染防治技术文件培训教程/《环境保护标准与技术文件培训系列教材》编委会编著. —北京: 中国环境科学出版社, 2011.9

(环境保护标准与技术文件培训系列教材)

ISBN 978-7-5111-0582-0

I. ①火… II. ①环… III. ①火电厂—污染防治—技术培训—教材 IV. ①X773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 086739 号

责任编辑 丁莞歆 顾芮冰

责任校对 扣志红

封面设计 彭 杉

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

联系电话: 010-67112765 (总编室)

发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂

经 销 各地新华书店

版 次 2011 年 9 月第 1 版

印 次 2011 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 18

字 数 410 千字

定 价 65.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《环境保护标准与技术文件培训系列教材》

编 委 会

顾 问：吴晓青

主 编：赵英民

副主编：刘志全 胥树凡

编 委：王明良 禹 军 冯 波 王开宇 裴晓菲 周凤保

王泽林 胡林林 张化天 姜 宏 吕 奔

《火电厂污染防治技术文件培训教程》

分册编写人员（按姓氏笔画排列）

王凯军 朱法华 刘 婷 刘 媛 刘睿倩 庄德安 闫 骏 闫 静
孙启宏 杨 奕 杨天学 李 屹 李 磊 张国臣 武雪芳 岳 涛
郑丙辉 赵淑霞 姚芝茂 席北斗 滕 静 燕中凯

前 言

“十一五”是“极不平凡”的辉煌五年，国家“十二五”规划《纲要》认为“十一五”“取得的成绩来之不易，积累的经验弥足珍贵，创造的精神财富影响深远”。“十一五”也是环境保护事业大有作为的五年，在国民经济快速增长、人民群众生活水平显著提高的情况下，全国主要污染物排放量明显下降，环境质量总体稳定，环境保护工作取得了明显的成效，以资源环境承载力为基础、以自然规律为准则、以可持续发展为目标的资源节约型、环境友好型社会正在逐步形成。

在“十一五”环境保护工作取得积极进展的同时，我们清醒地认识到，虽然局部环境有所改善，但传统环境问题尚未得到根本遏制，环境质量改善压力持续加大，当前的环境形势依然严峻。环境保护作为生态文明建设的主阵地和根本措施，作为推进可持续发展的着力点和攻坚方向，工作任重而道远。

标准和技术规范类文件是环境优化经济增长、加快推进经济结构调整的重要抓手，是环境管理和监督执法的重要依据，是加快推进环境保护历史性转变的重要手段，在环保事业发展中具有十分重要的基础性、战略地位。

我们可喜地看到，在党和国家的高度重视下，经过环保工作者多年的积极努力，我国已初步建立了比较完善的环保标准体系和环境技术管理体系，科学性、系统性和适用性日益增强，为环保事业的发展提供了强大的技术支撑和保障。特别是“十一五”以来，国家加大了对标准及技术规范类文件的编制力度，制定、发布了一系列新的标准和技术规范类文件，环保标准体系和环境技术管理体系建设实现了跨越式发展。科学、准确、全面地理解这些文件，直接关系到标准能否执行到位，关系到环境监管水平，关系到污染防治的技术水平，关系到污染减排的工作成效。因此，从贯彻落实科学发展观、建设生态文明、探索中国环保新道路的战略高度，统一思想，提高认识，切实抓好标准与技术规范类文件的培训工作，显得尤为重要。通过标准培训工作，建立健全覆盖全国的标准宣贯网络，培养、壮大标准宣贯教师队伍，不断提高培训水平，使全国环境保护系统和全社会对标准及技术规范类文件的理解和把握水平有显著提

高，不断完善标准体系和技术管理体系的科学性、系统性和适用性。

工欲善其事，必先利其器。抓好标准培训工作，关键是要有一套针对性强，权威性强的教材。由环境保护部科技标准司组织编印出版的《环境保护标准与技术文件培训系列教材》收录了最新发布的标准及技术规范类文件，包含了标准文件、编制说明及其他相关资料，具有指导性强、时效性强、权威性强、内容全面的特点，不仅可作为标准宣贯的教材，也可成为环境保护执法和监督管理工作的重要工具书，从事环境保护标准制修订、科学研究、技术和产品开发工作人员的参考文献。

我们有理由相信，随着标准培训系列丛书的出版、标准培训工作的大力推行，面向管理、面向基层、面向企业的标准宣贯网络的不断完善，环保标准及技术规范类文件深入人心，必能为推进环境保护历史性转变提供技术支撑。

目 录

第一篇 火电行业及其污染防治概况	1
第一章 火电行业发展情况	3
第二章 火电厂污染物排放与控制	5
第二篇 污染防治技术政策	9
第三章 火电厂氮氧化物防治技术政策	11
第四章 编制说明	14
第三篇 污染防治最佳可行技术指南	27
第五章 燃煤电厂污染防治最佳可行技术指南	29
第六章 编制说明	59
第四篇 环境保护工程技术规范	99
第七章 烟气脱硝工程技术规范	101
第一节 选择性催化还原法 (SCR)	101
第二节 SCR 编制说明	124
第三节 选择性非催化还原法 (SNCR)	150
第四节 SNCR 编制说明	166
第八章 烟气脱硫工程技术规范	185
第一节 氨法	185
第二节 氨法编制说明	204
第三节 烟气循环流化床法	238
第四节 石灰石/石灰-石膏法	258
第五节 关于修改《火电厂烟气脱硫工程技术规范 烟气循环流化床法》 (HJ/T 178—2005) 等两项国家环境保护标准的公告	278



第一篇

火电行业及其污染防治概况

第一章 火电行业发展情况

随着我国经济的快速发展,火电行业的发展取得了重大进展,电力结构得到进一步优化。“十一五”期间,我国火电装机容量和发电量均呈逐年增长趋势,火力发电是我国电力供应的主力。据中国电力联合会报导,截至2009年底(图1和图2),全国全口径发电设备装机容量达到87410万kW,比2008年增长10.26%。其中,火电装机容量达到65108万kW,约占总容量的74.49%,比2008年增长8.00%。从电力生产情况看,截至2009年底,全国发电量达到36812亿kW·h,比2008年增长6.67%,增速比上年提高0.95个百分点。其中:火电30117亿kW·h,比上年增长7.45%,增速比上年提高4.42个百分点。

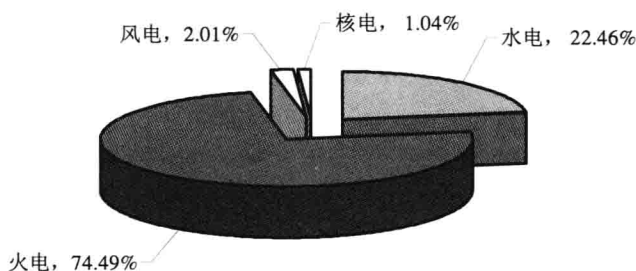


图1 2009年底全国发电设备装机结构

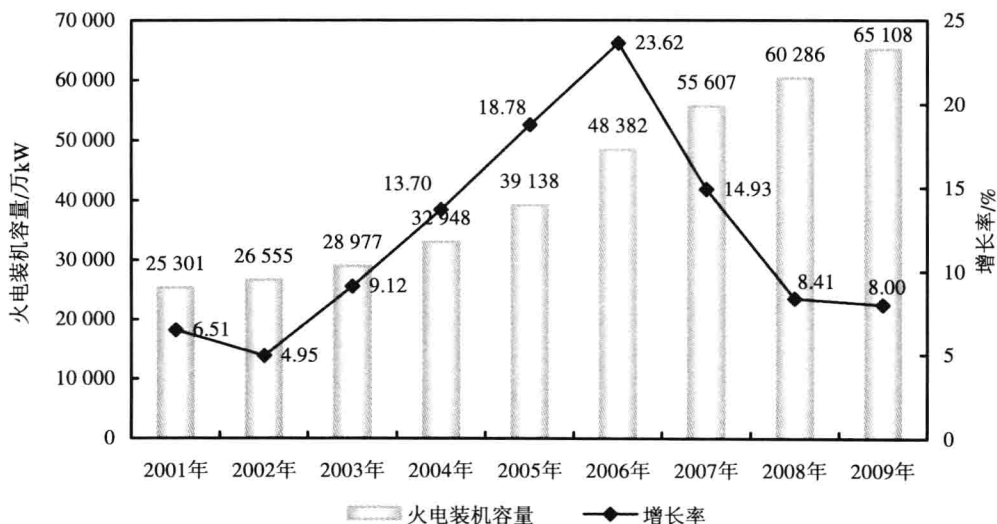


图2 “十五”以来火电装机容量及增长情况

大容量、高参数的火电机组近几年得到迅速发展。截至 2009 年底，纳入行业 6 000 kW 及以上机组统计调查范围的火电机组装机容量 64 133 万 kW，占火电总装机容量的 98.5%。其中：60 万 kW 及以上机组容量和所占比例快速增加，2009 年已经达到 21 916 万 kW，所占比重由 2008 年 31.27% 提高到 2009 年的 34.17%。单机 30 万~60 万 kW（不包含 60 万 kW）的火电机组所占比例也略有上升，由 2008 年的 33.91% 提高到 2009 年的 35.26%。其他容量等级的火电机组所占比例有所降低，20 万~30 万 kW（不包含 30 万 kW）、10 万~20 万 kW（不包含 20 万 kW）和 10 万 kW 以下火电机组比重分别比 2008 年降低 0.98 个、1.80 个、1.47 个百分点。全国统计调查范围内火电机组容量等级结构见表 1。

表 1 全国统计调查范围内火电机组容量等级结构

指标分类		计算单位	火电机组合计	占统计调查范围内火电容量比例/%
6 000 kW 及以上机组	合计	台	6 221	100
		万 kW	64 133	
其中：60 万 kW 及以上机组	小计	台	344	34.17
		万 kW	21 916	
30 万~60 万 kW 机组 (不含 60 万 kW)	小计	台	706	35.26
		万 kW	22 614	
20 万~30 万 kW 机组 (不含 30 万 kW)	小计	台	255	8.28
		万 kW	5 311	
10 万~20 万 kW 机组 (不含 20 万 kW)	小计	台	514	10.37
		万 kW	6 654	
10 万 kW 以下机组	小计	台	4 402	11.91
		万 kW	7 639	

近几年来，火电行业在“上大压小”的政策导向下积极推进产业结构优化升级，供电煤耗和厂用电率也都不同程度地降低，小火电机组关停工作也取得了可喜的成绩。2009 年全国关停小火电机组 2 617 万 kW，相当于节约原煤 6 900 万 t，减少 SO₂ 排放量 120 万 t，减少 CO₂ 排放量 1.39 亿 t。2006—2009 年，全国累计关停小火电机组 6 006 万 kW，超过“十一五”计划关停目标 1 006 万 kW。

第二章 火电厂污染物排放与控制

一、烟尘排放与控制

我国火电机组除尘方式以静电除尘为主,采用静电除尘器的锅炉容量占 95%以上。随着环保要求日趋严格,布袋除尘器和电除尘器的应用比例逐步提高。在 2009 年全国火电装机容量和火电发电量均比 2008 年增长的情况下,全国火电厂烟尘排放总量为 315 万 t,比 2008 年下降 4.5%;烟尘平均排放绩效值 1.0 g/(kW·h),比 2008 年下降 0.2 g/(kW·h)。2001—2009 年全国火力发电厂烟尘排放情况见图 3。

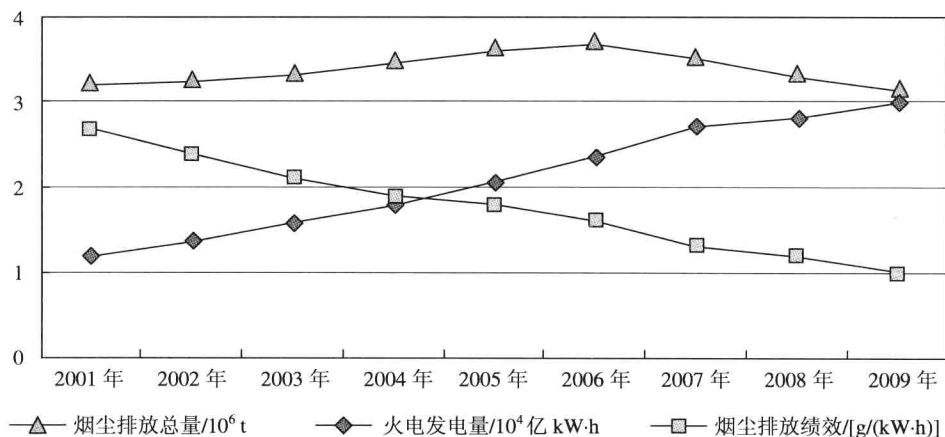


图 3 2001—2009 年全国火力发电厂烟尘排放情况

二、二氧化硫排放与控制

“十一五”以来,随着在役火电机组的脱硫改造力度不断加大,新建燃煤机组全部配套建设了脱硫装置,配置脱硫设施的机组呈逐年增长的趋势。

截至 2009 年底,全国燃煤电厂烟气脱硫机组容量达 4.7 亿 kW,比 2008 年增长 29.5%;烟气脱硫机组占煤电机组的比例约为 76%,比 2008 年增长 12 个百分点。目前,烟气脱硫机组采用的脱硫方法以石灰石-石膏法为主,在已投运的 30 万 kW·h 及以上的烟气脱硫机组中,石灰石-石膏法占 92%。其余脱硫方法中,海水法占 3%,烟气循环流化床法占 2%,氨法占 2%,其他占 1%,具体比例见图 4。2005—2009 年全国燃煤电厂烟气脱硫机组发展情况见图 5。

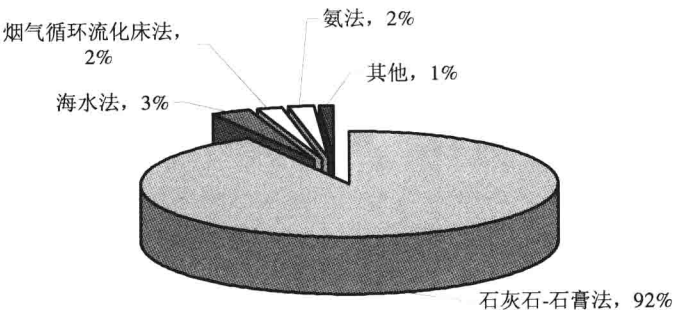


图 4 2009 年底全国已投运烟气脱硫机组脱硫方法分布情况

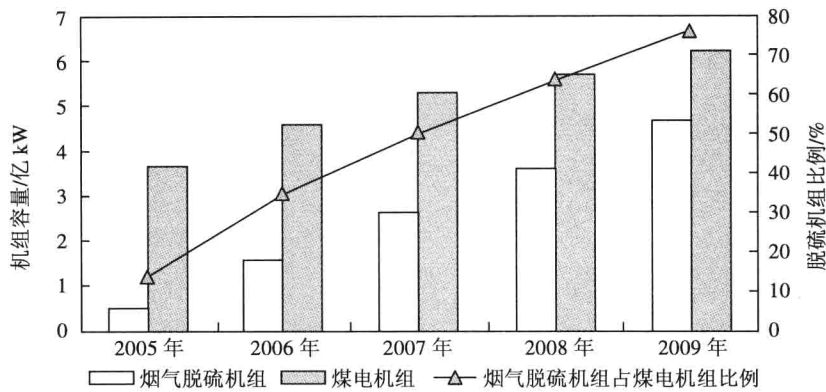


图 5 2005—2009 年全国燃煤电厂烟气脱硫机组发展情况

2009 年全国电力行业 SO₂ 排放量约 948 万 t，比 2008 年下降 9.7%。2009 年全国电力 SO₂ 排放量占全国 SO₂ 排放量的比例由 2008 年的 45.2% 下降到 42.8%，减少 2.4 个百分点；火电厂 SO₂ 排放绩效值由 2008 年的 3.8 g/(kW·h) 下降到 3.2 g/(kW·h)，减少 0.6 g/(kW·h)，具体见图 6。

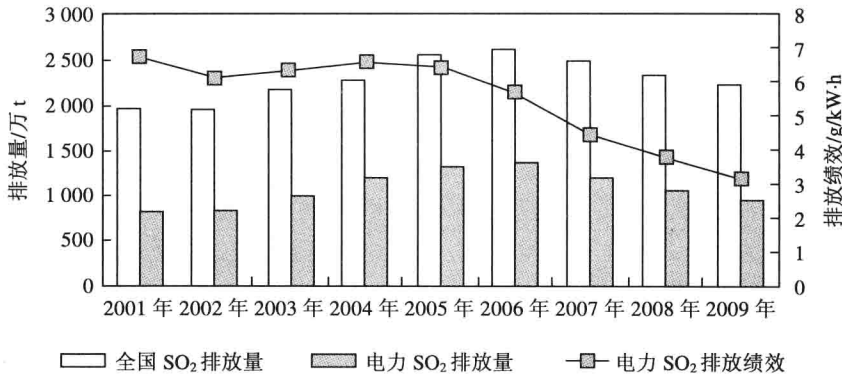


图 6 2001—2009 年全国及电力 SO₂ 排放情况

三、氮氧化物排放与控制

我国电力行业对氮氧化物的控制起步较晚，自 2003 年《火电厂大气污染物排放标准》颁布后，才开始进行控制。氮氧化物控制措施包括低氮燃烧技术和烟气脱硝技术两部分。

自 2003 年以来，对于新建火电机组，各发电锅炉制造厂大多在引进技术的基础上配置了较为先进的低氮燃烧技术，对于一些在役机组，结合技术改造安装了低氮燃烧器，氮氧化物的脱除效率一般在 20%~40%。当采用低氮燃烧技术后，切圆燃烧锅炉在燃用烟煤或褐煤时，其氮氧化物排放质量浓度可达到 250~450 mg/m³；燃用贫煤时氮氧化物排放质量浓度为 450~650 mg/m³；燃用无烟煤时氮氧化物排放质量浓度为 1 100 mg/m³ 左右。当采用低氮燃烧技术后，火电机组排放的氮氧化物浓度和排放量仍达不到有关要求时，则需增加烟气脱硝装置。常用的烟气脱硝技术有选择性催化还原法（SCR）和选择性非催化还原法（SNCR）两种，前者的脱硝效率可达到 60%~80%，后者脱硝效率为 20%~40%。如果将低氮燃烧技术与烟气脱硝技术组合应用，将取得更好的氮氧化物控制效果。截至 2007 年底，全国有 90 余家电厂的 200 多台总装机容量为 105 000 MW 的机组已建、在建或拟建烟气脱硝装置，其中以选择性催化还原法（SCR）为主，约占 95%，选择性非催化还原法（SNCR）仅占 5%。但由于脱硝成本较高，企业难以自行承受，致使脱硝装置投运率不高。截至 2009 年底，全国已投运烟气脱硝机组容量接近 5 000 万 kW，约占煤电机组容量的 8%。

四、火电厂废水排放与控制

火电厂废水种类很多，水质水量差异较大，且与电厂的生产工艺、水处理工艺及管理水平有很大关系。燃煤电厂的废水包括循环水、排污水、灰渣废水、煤场及输煤系统产生的含煤废水、化学水处理工艺废水、脱硫废水、生活污水等。电厂废水中主要污染物为无机物，有机污染物较少，另外间歇性排水较多。电厂对这类废水通常采用集中处理和分类处理相结合的处理方案，处理后出水可满足循环水水质要求，可全部用作循环冷却系统的补充水。

2009 年，全国火电厂单位发电耗水量 2.7 kg/(kW·h)，比上年降低 0.1 kg/(kW·h)；单位发电量废水排放量（废水排放绩效值）0.53 kg/(kW·h)，比上年降低 0.07 kg/(kW·h)。

五、粉煤灰的综合利用和处置技术

随着燃煤机组的不断增加，致使粉煤灰排放量急剧增加，因此对粉煤灰有效的利用和合理的处置具有重要意义。粉煤灰综合利用及处置技术是指采用成熟工艺技术对粉煤灰进行加工，将其用于生产建材、回填地面、提取有益元素、制取化工产品及其他用途。

2009 年，全国燃煤电厂发电及供热消耗原煤约 15.47 亿 t，产生粉煤灰约 4.2 亿 t，比上年增长 7.7%；粉煤灰综合利用量 2.8 亿 t，比上年增长 7.7%；燃煤电厂粉煤灰综合利用率 68%，比上年提高 1 个百分点。

2001—2009 年粉煤灰产量与综合利用量见图 7。

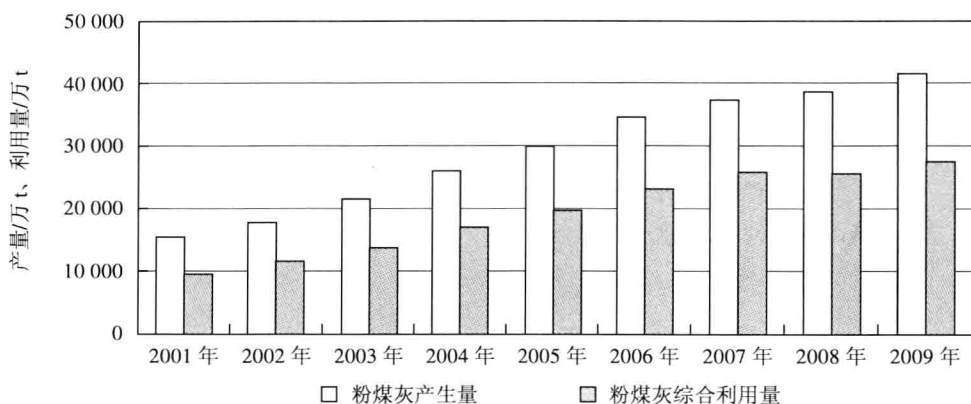


图7 2001—2009年粉煤灰生产量与综合利用率

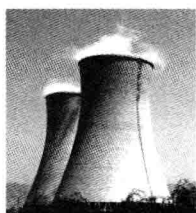
六、脱硫副产品的综合利用和处置技术

石灰石-石膏法脱硫技术产生的脱硫副产品主要以硫酸钙为主要成分,通过脱水后可成为脱硫石膏。脱硫石膏可作为水泥生产中的缓凝剂,也可用于制作石膏板或其他建材。

2009年全国燃煤电厂产生的脱硫石膏约4 300万t,比上年增长23%,其中脱硫石膏综合利用率平均约56%。但受地域和经济发展水平的影响,各地脱硫石膏综合利用情况不一。石膏堆放和抛弃不仅占用大量土地,增加灰场的投资,而其处理不好可能会对周围环境造成二次污染。脱硫石膏产量逐年提高,脱硫石膏综合利用问题不容忽视。

参考文献

- [1] 中国电力企业联合会. 中国电力行业年度发展报告(2010).
- [2] 中国环保产业协会,北京市劳动保护科学研究所,等. 火电厂氮氧化物排放控制技术方案研究报告. 北京, 2009.



第二篇

污染防治技术政策
