

中国煤电行业大气污染控制 及环保中长期战略研究

朱 林 刘建民 王 圣 孙雪丽 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国煤电行业大气污染控制 及环保中长期战略研究



朱 林 刘建民 王 圣 孙雪丽 编著

内 容 提 要

本书以新常态下的环保新形势及电力环保发展与政策分析为基础,结合大气污染防治行动计划、火电厂大气污染物排放新标准等要求,阐述并比较了国内外煤电环保法规标准,全面分析了中国近十年来环境质量变化以及烟尘、二氧化硫、氮氧化物的排放特征,系统研究了中国煤电行业常规大气污染物控制技术存在的问题、发展趋势,展望分析了汞、二氧化碳等控制技术,重点研究了细颗粒物、多污染物协同控制以及煤电“超低排放”技术路线。在此基础上,宏观提出中国煤电行业环保中长期发展战略思想的相关政策集成。项目成果能够为煤电行业“十三五”及中长期环保规划提供一定的技术与政策参考。

本书可为电力行业与环保系统的管理人员、工程技术人员、科研人员,政府部门的决策人员等提供参考,也可作为高等院校电力、环境保护等相关专业师生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中国煤电行业大气污染控制及环保中长期战略研究 / 朱林等编著. —北京: 中国电力出版社, 2015.11

ISBN 978-7-5123-8609-9

I. ①中… II. ①朱… III. ①燃煤发电厂—空气污染控制—研究—中国 IV. ①X773.017

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 283438 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 11 月第一版 2015 年 11 月北京第一次印刷

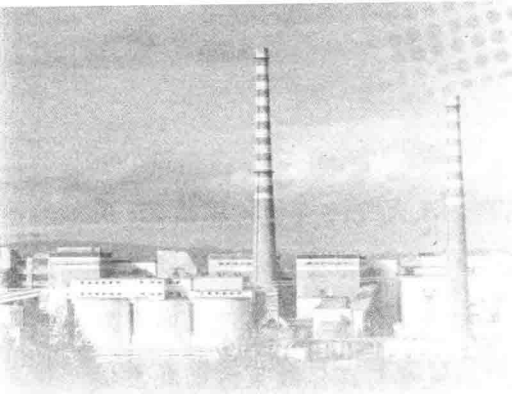
710 毫米×980 毫米 16 开本 16 印张 219 千字

印数 0001—2000 册 定价 50.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

2013 年,本人主持完成了《燃煤电厂大气污染物排放分析与治理技术及发展趋势研究》等行业立项课题,系统研究了我国煤电行业大气污染控制及环保中长期战略,项目立项之初就定性为政策性调研报告,目的是通过对煤电行业内的污染控制进行深刻分析,并相应提出一些宏观的、操作性较强的政策建议,为国家、为行业将来的环保规划提供一些参考。2014 年 12 月,研究成果有幸获得国家能源局颁发的我国能源软科学研究优秀成果一等奖。

在项目研究成果基础上,为了体现行业的最新状况,项目组对排放数据和政策要求等进行了统一更新,并对成果进行了进一步的调整、提炼、完善,在中国电力出版社的支持下,最终形成本书。

当前,中国以灰霾为核心的大气污染特征日趋明显,在重点区域和重点城市中,已经出现了严重的区域性、复合性大气污染问题,环境状况总体恶化的趋势尚未得到根本遏制,环境矛盾凸显,压力继续加大。对于电力行业而言,虽然“十一五”及“十二五”期间通过优化电力结构、推进技术进步、提升减排能力等一系列的措施,在节能减排方面取得了很好的成效。但是,随着火电厂大气污染物排放标准加严,以及以国务院颁布的《大气污染防治行动计划》(“大气十条”)为代表的一系列政策的出台,对电力发展以及电力环保行业提出了更加严格的要求与挑战。同时,在氮氧化物减排压力增加、火电减排空间越来越小、温室气体排放形势逼人等的形势下,我国煤电行业“十三五”及中长期的环保技术路线、环保发展战略如何,对整个电力行业来说非常重要,对于中国长期坚持的节能减排任务而言意义重大。本书旨在

如实分析煤电行业内已采用的大气污染控制措施及大气污染物排放情况,反映中国煤电行业发展对大气环境造成的影响,以期让社会公众能够客观了解电力企业对大气环境保护所作出的努力和履行的社会责任。本书还预测了发电行业大气污染物排放治理技术的走向,在控制策略与环保政策方面相应提出一些宏观的、操作性较强的建议,可给电力企业进一步加强大气污染物排放治理提供技术思路。

本书第1章简要回顾了中国当前宏观的大气环境、电力发展、电力环保的形势及政策法规背景,同时对中国的火电厂大气污染物排放标准与美国、欧盟排放标准进行了对比。第2章介绍了“十一五”期间以及2013年中国大气污染排放情况,并重点分析了大气污染防治重点区域(三区十群)的排放情况,以及中国电力发展和电力行业大气污染物排放情况,同时对中国发电装机、煤炭消费总量进行了预测,在这个基础上对电力行业大气污染物排放进行了简要预测。第3章主要介绍了燃煤电厂传统的脱硫控制技术、脱硝控制技术、除尘控制技术,以及电力行业汞污染控制、细颗粒物 $PM_{2.5}$ 污染控制发展情况,并重点研究了不同控制技术中存在的问题,以及开发重点和发展趋势。第4章则分析了燃煤电厂多污染物协同控制原理、技术、现状,并与美国、日本进行了适当的比较,并对中国火电厂满足达标排放采取的治理措施进行了详细论述,在此基础上研究了燃煤电厂超低排放的技术路线,以及燃煤电厂二氧化碳控制分析。第5章则从我国能源资源科学发展、我国煤电行业可持续发展、燃煤电厂细颗粒物($PM_{2.5}$)污染控制、汞污染控制、多污染物协同控制、超低排放控制、二氧化碳控制等不同角度综合宏观地提出中国煤电行业环保中长期发展战略思想的相关政策集成。

全书的章节与内容,由朱林研究员级高工、刘建民教授级高工统筹拟定,杨柳教授撰写了第1章,杨柳教授、王圣博士撰写了第2章,王圣博士、孙雪丽硕士撰写了第3章,朱林、刘建民撰写了第4章,朱林、王圣撰写了第

5 章。全书初稿完成后，由朱林、刘建民牵头进行了认真的修改与统稿，并结合 2014 年与 2015 年的政策变化，对部分内容进行了修改与更新。参加编写工作的还有左漪、李亚春、李辉、李泉鸣、姜艳靓、张俊翔、王东歌、王婀娜等。

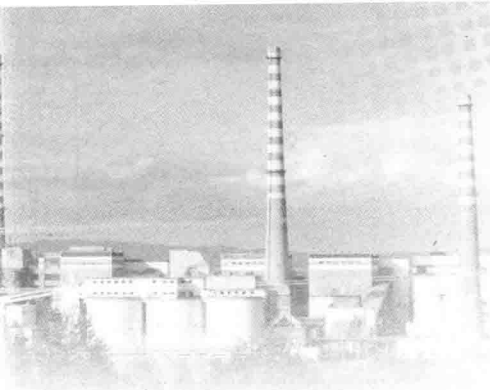
在本书编写过程中，国电科学技术研究院（国电环境保护研究院）朱法华副院长提出了宝贵的修改建议，南京师范大学杨柳教授及单云霞、谭月等学生对本书提供了协助，南京信息工程大学陈敏东教授及朱涛等学生为本书所做的部分工作，一并表示感谢。

借此机会，向中国电机工程学会、中国国电集团公司科技综合部在项目完成过程中给予的大力支持表示感谢！向中国华能集团科技环保部、国电集团安全生产部、华电集团科技环保部、大唐国际集团安全环保部、北京国华电力战略发展部等单位对于本项目的帮助表示感谢！

由于作者水平的限制和编写时间的仓促，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

朱 林

2015 年 4 月于南京



目 录

前言

1	煤电行业环保形势与政策	1
1.1	大气环境与电力环保宏观形势	2
1.2	大气环境管理新形势分析	8
1.3	电力环保相关法律法规及政策	14
2	中国电力发展与大气污染物排放	40
2.1	中国电力发展现状	40
2.2	中国大气污染物排放现状	45
2.3	中国燃煤发电行业大气污染物排放现状	61
2.4	中国发电装机容量及大气污染物排放量预测	68
3	燃煤电厂大气污染物控制技术	73
3.1	燃煤电厂脱硫控制技术	73
3.2	燃煤电厂脱硝技术	83
3.3	燃煤电厂除尘技术	92
3.4	燃煤电厂汞污染控制分析	103
3.5	燃煤电厂细颗粒物 (PM _{2.5}) 污染控制分析	107
4	燃煤电厂多污染物协同控制及超低排放	115
4.1	燃煤电厂多污染物协同控制分析	115
4.2	中国火电厂满足达标排放采取的治理措施及经济性分析	121

4.3	中国燃煤电厂超低排放的技术路线	133
4.4	中国燃煤电厂二氧化碳控制分析	136
5	煤电行业环保中长期发展战略及政策建议	145
5.1	能源资源科学发展政策建议	145
5.2	发电行业可持续发展政策建议	147
5.3	燃煤电厂细颗粒物 (PM _{2.5}) 污染控制政策建议	153
5.4	燃煤电厂汞污染控制政策建议	154
5.5	燃煤电厂多污染物协同控制政策建议	156
5.6	燃煤电厂实现超低排放政策建议	159
5.7	燃煤电厂二氧化碳污染控制政策建议	162
5.8	燃煤电厂环境经济政策建议	164
5.9	煤炭控制与管理的政策建议	166
5.10	与燃煤电厂大气污染控制相关的其余政策建议	171
附录 A	大气污染防治行动计划	173
附录 B	能源行业加强大气污染防治工作方案	188
附录 C	煤电节能减排升级与改造行动计划 (2014—2020 年)	206
附录 D	能源发展战略行动计划 (2014—2020 年)	217
附录 E	煤炭清洁高效利用行动计划 (2015—2020 年)	233
参考文献		241

煤电行业环保形势与政策

《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》明确了资源环境的约束性指标，国家环境保护“十二五”规划也明确提出 2015 年全国二氧化硫排放总量控制在 2086.4 万 t，比 2010 年削减 8%；氮氧化物排放总量控制在 2046.2 万 t，比 2010 年削减 10%。

《“十二五”节能减排综合性工作方案》《重点区域大气污染防治“十二五”规划》《大气污染防治行动计划》等文件中，对“十二五”燃煤电厂的节能减排工作提出了更高的要求，燃煤发电行业发展面临着较大挑战，主要包括：

(1) 优化电力结构。如何进一步加快发展新能源发电，继续提高非化石能源发电的比重，通过清洁能源发电的发展来优化和调整电力结构。

(2) 燃煤发电减排空间越来越小。“十一五”已关停的小机组占火电机组总装机容量的 10.9%，从这个角度来看，“十二五”节能减排压力很大；同时，中国供电标准煤耗已达到世界先进水平，低于美国

注：本书中与环境质量相关数据，参考《中国环境状况公报》《中国环境统计年报》；与电力及电力排放相关数据，参考中电联《中国电力行业年度发展报告》。



和澳大利亚；中国火电的烟尘、二氧化硫排放水平，均与美国相差很小，火电行业减排的空间越来越小。

(3) 加强开发新的节能减排发电技术和环保技术力度，包括二次再热发电技术、IGCC 发电技术、燃煤电厂超低排放技术等，通过技术革新促进电力行业节能减排。

(4) 火电企业面临更加严格的排放标准，环保要求越来越高，除了新建燃煤电厂之外，还存在大规模电厂环保设施改造的任务，无论是技术还是经济均存在较大压力。

(5) 电力行业需要着手探索建立应对气候变化的战略体系和行动方案。国家将单位 GDP 能耗二氧化碳降低 17% 明确写入了“十二五”规划纲要，《中国应对气候变化的政策与行动（2011）》和《“十二五”控制温室气体排放工作方案》也均明确了相关工作任务和要求。

所以，“十二五”及“十三五”期间燃煤发电行业的发展，更应综合考虑环境、能源、经济三者之间的协调，需更加注重提高资源利用效率，有效控制污染物排放，实现进一步节能减排。

1.1 大气环境与电力环保宏观形势

1.1.1 大气环境形势

当前，中国环境保护工作虽然取得积极进展，但环境形势依然十分严峻，环境矛盾凸显，压力继续加大。部分区域和城市大气灰霾现象突出，许多地区主要污染物排放量超过环境容量，尤以京津冀、长三角和珠三角三大重点区域为重。2013 年国庆期间，北京 $\text{PM}_{2.5}$ 的 24h 均值达到 $435\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，属六级严重污染。据环境保护部发布的数据，2014 年京津冀、长三角、珠三角区域和直辖市、省会城市及计划单列市共 74 个城市中，除海口、拉萨、舟山、深圳、珠海、福州、惠州、昆明



等 8 个城市各项污染物年均浓度达标外,其他 66 个城市均存在不同程度超标现象。与环境要求相比,环境管理滞后,为全面落实科学发展观,必须把环境保护摆在更加重要的战略位置。

“十一五”期间,中国将主要污染物排放总量显著减少作为经济社会发展的约束性指标,着力解决环境问题,在认识、政策、体制和能力等方面取得了重要进展。化学需氧量、二氧化硫排放总量比 2005 年分别下降 12.45%和 14.29%,超额完成减排任务。

在认真贯彻落实《“十二五”节能减排综合性工作方案》《国家环境保护“十二五”规划》和《节能减排“十二五”规划》的要求下,严格主要污染物总量减排的核查与监管,与总量控制目标相比,实际减排取得了较好成绩。2012 年主要污染物总量减排目标为:与 2011 年相比,二氧化硫排放量下降 2%,氮氧化物排放量实现零增长。根据《中国环境状况公报(2012)》,2012 年全国二氧化硫、氮氧化物排放总量分别比 2011 年减少 4.52%、2.77%。2013 年全国二氧化硫、氮氧化物排放总量同比继续下降 3.48%、4.73%。

2012 年是中国环境空气质量管理发生根本变化的一年,出台了 GB 3095—2012《环境空气质量标准》,标志着中国环境空气管理思路向质量管理迈开了实质性一步。按照 GB 3095—1996《环境空气质量标准》,对 325 个地级及以上城市和 113 个环境保护重点城市的二氧化硫、二氧化氮和 PM_{10} (可吸入颗粒物)三项污染物进行评价,结果表明:2012 年,全国城市环境空气质量总体保持稳定,全国城市空气二氧化硫平均浓度下降 26.3%。但是根据 GB 3095—2012《环境空气质量标准》,以二氧化硫、二氧化氮、 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ (细颗粒物)、一氧化碳和臭氧 6 项指标进行评价,结果表明:2013 年上半年,74 个城市平均达标天数比例为 54.8%,超标天数比例为 45.2%,其中轻度污染占



25.4%，中度污染占 9.5%，重度污染占 7.5%，严重污染占 2.8%。

按照 GB 3095—2012《环境空气质量标准》的评价体系，京津冀地区空气质量平均达标天数比例为 31.0%，比 74 个城市的平均值低 23.8 个百分点；重度污染以上天次占 26.2%，比 74 个城市的平均值高 15.9 个百分点；主要污染物为 $\text{PM}_{2.5}$ ，其次是 PM_{10} 和臭氧。长三角地区空气质量平均达标天数比例为 57.5%，比 74 个城市的平均值高 2.7 个百分点，主要污染物为 $\text{PM}_{2.5}$ ，其次是臭氧。珠三角地区空气质量平均达标天数比例为 79.8%，比 74 个城市的平均值高 25 个百分点，主要污染物为 $\text{PM}_{2.5}$ 和臭氧。

中国大气环境保护虽然取得了一些成绩，但是形势依然严峻，尤其是当前以细颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 为代表的复合型、区域性大气污染问题严重，尤其是在经济发达地区，直接影响经济社会的可持续发展和人民群众的身体健康。将来的大气环境保护工作应做好京津冀、长三角、珠三角等重点区域的大气污染防治工作，以解决二氧化硫、氮氧化物、 $\text{PM}_{2.5}$ 等污染问题为重点，严格控制主要污染物排放总量，实施多污染物协同控制，强化多污染源综合管理，着力推进区域大气污染联防联控，切实改善大气环境质量。

1.1.2 电力发展形势

“十一五”以来，电力行业通过优化结构、推进技术进步等一系列措施，在节能减排方面取得了很好的成效。

一是非化石能源的发展速度明显加快。2013 年全国水电、核电、风电、太阳能发电等非化石燃料发电量为 11617 亿 kWh，比 2011 年的 8242 亿 kWh 增加了 3375 亿 kWh，增幅为 40.95%，比 2005 年的 4538 亿 kWh 增加了 7097 亿 kWh，增幅为 155.99%。

二是火力发电结构本身得到了进一步优化。①“上大压小”关停



小火电成绩显著。“十一五”期间，电力行业共关停小火电机组 7683 万 kW，提前并超额完成国家关停小火电机组的目标。“十二五”期间，截至 2013 年，又继续关停了 1344 万 kW。同时，大容量、高参数的火电机组近几年得到了快速发展。2010 年，全国 30 万 kW 以上的火电机组比重已经达到了 72.7%，比 2005 年提高了 20%，至 2013 年底，30 万 kW 以上的火电机组比重达到 76.3%。②电力技术水平不断提高。在燃煤发电方面，广泛应用超超临界发电技术，积极推广循环流化床、大型空冷机组等技术，建成了世界上首台百万千瓦级超超临界空冷机组。截至 2014 年底，在运的百万千瓦级超超临界机组已达 70 台，名列世界第一。③环保设施减排能力稳步提高。根据统计，截止到 2013 年底，全国已投运脱硫机组容量达到了 7.2 亿 kW，占煤电机组总容量的 92%（如果把循环流化床机组加进去，脱硫比例已经接近 100%），比 2005 年提高了 78%，中国火电厂烟气脱硫的比例比美国同期高 32% 左右；全国已投运的烟气脱硝机组容量达到 4.3 亿 kW，约占煤电机组总容量的 49.4%。

三是节能减排方面取得了显著的成效。电力行业提前并超额完成“十一五”电力节能减排规划目标，为国家节能减排作出了重要的贡献。供电煤耗继续下降，2013 年，全国 6000kW 及以上火电机组供电煤耗为 321g/kWh，比上年降低了 4g，比 2005 年降低了 49g。在超低排放方面，电力行业自我加压，主动减排，据不完全统计，截止到 2014 年底，约有 24 个电厂、2415 万 kW 的煤电实现了超低排放。

根据《能源发展“十二五”规划》，到 2015 年，全国电力总装机容量将达到 14.9 亿 kW。其中，火电装机容量将达到 10.1 亿 kW，占总装机容量的比重约为 67.8%。“十二五”期间，火电装机新增约 3.3 亿 kW，相应增加燃煤量约 4.5 亿 t，电煤用量比“十一五”末增加 20% 以上。



因此，“十二五”期间，燃煤电厂节能减排仍然是一项艰巨的任务。

1.1.3 电力环保形势

《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中提出，二氧化硫排放总量要实现 10% 的减排目标。作为中国环境保护工作的重点之一，电力环保为大气污染物减排做出了巨大贡献。火电行业通过“上大压小”、发展高效机组和热电联产、安装脱硫设施等措施，为全国完成“十一五”减排目标、改善大气环境做出了重要贡献。

“十一五”期间，中国行业环保的管理重点是电力行业，电力环保设施快速发展。二氧化硫控制方面，火电脱硫装机比例由 12% 提高到 82.6%。2012 年，新投运脱硫机组装机容量 4725 万 kW，脱硫机组总装机容量达到 7.18 亿 kW，占火电装机容量的比例为 92%；289 台、1.27 亿 kW 现役机组拆除烟气旁路，综合脱硫效率从 85% 提高到 90% 以上。氮氧化物控制方面，2012 年，新增 250 台、9670 万 kW 火电机组建设脱硝设施，脱硝机组总装机容量达到 2.26 亿 kW，占火电装机容量的比例从 2011 年的 16.9% 提高到 27.6%，全国脱硝机组平均脱硝效率为 48%，同比提高 18%。

电力行业二氧化硫排放总量、排放绩效双下降。根据统计资料，2013 年全国电力二氧化硫排放总量约 780 万 t，同比下降 11.7%，相当于 1999 年的电力行业二氧化硫排放水平。与 2005 年相比，2013 年火电二氧化硫排放量下降了 40%。全国电力行业二氧化硫排放绩效值由 2005 年的 6.7g/kWh 下降到 1.85g/kWh。单从数据比较而言，中国煤电二氧化硫排放绩效已好于 2012 年美国煤电二氧化硫排放绩效 (2.45g/kWh)。

电力行业氮氧化物排放绩效逐年下降，排放总量也实现下降。随着氮氧化物控制作为主要约束性指标纳入国家“十二五”规划纲要，



氮氧化物的控制力度不断加大，电力行业氮氧化物排放量增长趋势逐步放缓。新建燃煤机组全部按照要求同步采用了低氮燃烧与烟气脱硝技术，现役机组也大幅度进行脱硝改造。2013 年中国火电行业的氮氧化物排放量为 834 万 t，同比下降 12.0%，这是继 2012 年首次实现年度电力氮氧化物排放总量下降之后的再次下降。

电力行业在烟尘排放控制方面力度不断加大。加大了现役机组除尘器的改造力度，除尘效率显著提高。根据统计，2013 年中国火电行业烟尘排放量为 142 万 t，同比下降 5.96%。在火电装机容量同比增长 6.20%、火力发电量同比增长 7.54% 的情况下，全国火电厂烟尘平均排放绩效值达到 0.34g/kWh，同比下降 0.06g；与美国同期水平 0.15g/kWh 相比，我国的火电烟尘减排还有空间。

电力行业二氧化碳减排初见成效。电力行业二氧化碳排放呈现排放总量上升、排放强度逐年下降的特点。经初步分析，电力行业通过发展非化石能源、降低供电煤耗和线损率等措施，以 2005 年为基准，2006~2013 年累计减排二氧化碳 35 亿 t 左右。

但是，“十二五”及“十三五”期间，电力行业环保工作仍然压力很大。至“十一五”末，全国燃煤电厂安装烟气脱硫设施的机组已达到全部煤电装机容量的 86%，关停的小火电机组达到 7683 万 kW，约占火电机组总装机容量的 10.9%。“十二五”期间即使新增火电机组全部安装脱硫设施，二氧化硫排放量还将增加约 80 万 t/年。所以，火电行业减排的空间越来越小。另外，为实现“十二五”氮氧化物总量控制目标，“十二五”期间我国电力行业脱硝装机容量比例需达到 70% 以上（包括新增机组），这将大于“十一五”期间脱硫装机容量。同时，电厂脱硝的还原剂、催化剂需求量很大，催化剂失效后的处理等都将加大电力行业氮氧化物减排的难度。除了上述传统的大气污染物之外，



燃煤电厂排放的 $\text{PM}_{2.5}$ 、汞、三氧化硫以及二氧化碳等，仍然是研究重点。

1.2 大气环境管理新形势分析

从 2012 年底到 2013 年下半年，我国连续颁布了两部极其重要的大气污染防治规划：《重点区域大气污染防治“十二五”规划》和《大气污染防治行动计划》（简称“大气十条”）；2015 年 4 月，国务院又印发了《水污染防治行动计划》（简称“水十条”）。系列行动计划的出台，是我国当前环境保护工作的代表，也是我国当前环保新形势的集中体现。

其中，“大气十条”代表我国已将大气污染防治上升至国家层面，标志着中国大气污染管理模式由总量控制向质量改善、由单一污染物控制向多污染物协同控制、由单一污染源控制向多种污染源综合防控、由属地管理向区域联防联控的全面性、战略性转变。“大气十条”不仅将改变中国大气污染现有的治理模式，还会深度波及钢铁、水泥、石化等多个高能耗产业。

1.2.1 生态文明建设提高到前所未有的高度

为了使我国由能源消耗大国向能源消耗强国转变，《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确要求树立绿色、低碳发展理念，以节能减排为重点，健全激励与约束机制，加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式，增强可持续发展能力，提高生态文明水平；明确提出了“十二五”期间，单位国内生产总值二氧化碳排放降低 17%，二氧化硫排放总量减少 8%，氮氧化物排放总量减少 10% 的约束性指标。在《国家环境保护“十二五”规划》中，将环境保护工作作为转变经济发展方式的重要手段，作为推进生态文明建设的根本



措施。

党的十八大报告进一步将“生态文明”提升到更高的国家战略层面,由此中国特色社会主义事业总体布局拓展为“五位一体”,并将“美丽中国”作为未来生态文明建设的宏伟目标。建设生态文明是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势,把生态文明建设放在突出地位,融入经济、政治、文化、社会建设各方面和全过程,体现了尊重自然、顺应自然、保护自然的理念。

1.2.2 国务院出台“大气十条”

2013年6月,国务院出台了“大气十条”。“大气十条”要求,治理好大气污染,当前必须突出重点、分类指导、多管齐下、科学施策,把调整优化结构、强化创新驱动和保护环境生态结合起来,用硬措施完成硬任务。具体内容包括:减少污染物排放,全面整治燃煤小锅炉,加快重点行业脱硫脱硝除尘改造等;严控高耗能、高污染行业新增产能;大力推行清洁生产;加快调整能源结构;强化节能环保指标约束;用法律、标准“倒逼”产业转型升级,制定、修订重点行业排放标准,建议修订大气污染防治法等法律;建立环渤海包括京津冀、长三角、珠三角等区域联防联控机制,加强人口密集地区和重点大城市 $\text{PM}_{2.5}$ 治理等。

2013年9月,国务院印发《大气污染防治行动计划》(国发〔2013〕37号),部署了十大类共35项具体措施。“大气十条”提出的具体指标是:到2017年,全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比2012年下降10%以上,优良天数逐年提高;京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右,其中北京市细颗粒物年均浓度控制在 $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右。“大气十条”不仅仅针对污染防治,同