

HUODIANCHANG YOUHAI QITI KONGZHI JISHU

火电厂 有害气体控制技术

李晓芸 赵毅 王修彦 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

策划编辑：左晓君

责任编辑：张秀娟

ISBN 7-5084-2687-8



9 787508 426877 >

ISBN 7-5084-2687-8

定价：28.00 元



火电厂 有害气体控制技术

李晓芸 赵毅 王修彦 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在系统地讲述了有关有害气体治理的基础理论和方法的基础上,对当前国内外火力发电厂排放硫氧化物和氮氧化物的主流控制技术作了详细介绍,并结合应用实例对这些技术予以评价。

本书可作为大专院校以及火电行业有关科技人员和企业管理人员的教学和参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

火电厂有害气体控制技术 / 李晓芸, 赵毅, 王修彦编
著. —北京: 中国水利水电出版社, 2005
ISBN 7-5084-2687-8

I. 火... II. ①李... ②赵... ③王... III. 火电厂
—有害气体—废气治理 IV. X701

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 008229 号

书 名	火电厂有害气体控制技术
作 者	李晓芸 赵毅 王修彦 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 14.25 印张 338 千字
版 次	2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	28.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

能源和环境是当今世界上备受瞩目的两大问题。

能源是创造现代工业文明的动力。但是，从钻木取火到蒸汽机，再到火力发电，能源利用过程中的“熊熊烈火”也把数以亿吨计的废气和废物排入大气之中，从而造成了今天困扰世界的酸雨问题、臭氧层空洞问题、温室效应问题以及烟尘问题等一系列大气环境问题。这些问题已经严重地破坏了地球的生态系统和人类的生存条件。

在我国，能源和环境更是横亘在实现中华民族和平崛起的百年征程中的两大突出问题。由于我国的煤炭蕴藏量大，造成了在煤炭、石油、水力、风能等能源品种中，能源结构只能以煤炭为主。在今后相当长的时期内，中国能源不会改变以煤炭发电为主的发展特点。“以电力为中心，以煤炭为基础”的能源政策是中国能源发展的必然选择。这种能源状况决定了我国主要大气污染物排放总量很大，如2002年二氧化硫年排放量高达1995万t，超过环境容量的60%，如果不对这一问题加以控制和防治，将使我国承载着13亿人口的、本来就已经很脆弱的生态系统受到严重的破坏，进而影响经济的发展。研究结果表明，每年大气污染所造成的损失相当于我国GDP的2%~3%。其中仅酸雨一项给国内经济造成的损失每年就超过1100亿元。

火电厂等燃煤企业是大气污染物的主要来源之一。当前，我国电力行业进入了一个新的发展阶段，为达到2020年经济总量在2000年的基础上翻两番的目标，电力需求量将大幅度增长，预计届时全国总装机容量必须达9亿~10亿kW才能满足经济发展的要求。而按照目前的排放控制水平，我国火电厂年排放的二氧化硫、烟尘和氮氧化物将分别达到2100万t、500万t和1000万t以上，因此，如果火电厂排放的大气污染物得不到有效控制，我国将面临十分严峻的大气环境恶化问题，电力工业的可持续发展也将成为一纸空谈。

为控制燃煤电厂大气污染物排放，我国采取了一系列措施发展清洁发电技术。在未来的5~10年，是我国电力行业全面建设成一个清洁生产单位的关键时期，而控制火电厂有害气体的排放，是其中的重要课题。为了大幅度减少火电厂大气污染物的排放，我国于2003年12月公布了新修订的《火电厂大

气污染物排放标准》，新《标准》中二氧化硫和烟尘的控制限值已经逐渐接近了发达国家和地区的排放限值。这一新《标准》的实施，对火电厂的烟气治理提出了新的挑战。

经过 30 多年的探索和实践，世界发达国家在对火电厂生产过程中所产生的有害气体的控制方面已经取得了明显的效果。目前，能满足严格排放标准的、且已经付诸商业应用的技术主要是烟气脱硫和烟气脱氮（又称脱硝）技术。受经济和技术条件的限制，我国火电行业在“八五”和“九五”期间，主要致力于二氧化硫排放控制技术的引进、消化和吸收。经过十几年的努力，烟气脱硫技术已经由引进消化阶段进入国产化阶段，一个规模很大的烟气脱硫市场正在形成。关于氮氧化物的排放控制，虽然前一阶段主要是采取燃烧控制措施，但火电厂锅炉尾部烟气脱硝技术已经列入“十五”电力科技发展规划，烟气脱硝的示范工程正在酝酿之中，因此，有关技术在我国火电厂的实施也不会为时太远。

总之，未来 5~15 年中，随着电力体制改革的逐步深入，火力发电领域将重点实现高效、低污染的目标。火电厂有害气体控制技术——主要是烟气脱硫和脱硝技术将是我国火电行业近期的一个发展热点，是火电行业从业人员面对的又一新技术。了解和掌握这方面的有关知识，是对火电行业的管理者和生产技术人员提出的新要求。

鉴于这种形势，本书在系统阐述有关有害气体治理技术基础知识的基础上，对当前世界上一些主要的烟气脱硫脱硝工艺进行了介绍，介绍的重点放在已经比较广泛进入商业应用领域的工艺上。烟气脱硫在我国火电厂的应用已有一定基础，书中尽量采用国内的应用资料；烟气脱硝主要采用国外的应用资料。

火电厂的烟气脱硝在我国正处于启动阶段，有关的书籍还很少，因此本书用了较多的篇幅对已经在发达国家广泛应用的两种成熟技术——选择性催化还原法（SCR）和选择性非催化还原法（SNCR）作了介绍。

全书共分四章，第一章介绍火电厂排放的大气气态污染物以及火电厂有害气体排放控制的概况；第二章介绍有害气体治理技术的一般基础知识；第三章介绍火电厂烟气脱硫技术及应用；第四章介绍火电厂氮氧化物控制技术。

本书第一章和第四章由李晓芸、路涛编写；第二章由王修彦编写；第三章由赵毅、马双晨编写。全书由李晓芸统稿。

在本书编写过程中，做过有关课题的研究生和本科生有贾双燕、潘羽、李光、蔡小峰、于慧敏、谢波和姜建勋等，他们在资料的收集整理等方面作

了大量工作。有些工作还得到国家电网公司舒惠芬教授、西安热工所董卫国教授的指导和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于水平和时间所限，资料的收集和分析不够完善，书中的不足和错误之处，希望读者予以批评和纠正。

编 者

2005 年 2 月

目 录

前 言

第一章 概论	1
第一节 火电厂排放的大气气态污染物	1
第二节 我国火电厂大气污染物排放管理措施	6
第二章 有害气体治理技术基础	10
第一节 吸附法净化气态污染物	10
第二节 吸收净化法	31
第三节 催化转化法	50
第四节 非平衡等离子法	63
第三章 火电厂烟气脱硫技术	68
第一节 火电厂脱硫技术概述	68
第二节 湿式石灰石—石膏法烟气脱硫技术	72
第三节 喷雾干燥法脱硫技术	87
第四节 LIFAC 脱硫技术	90
第五节 氨肥法及其应用	96
第六节 电子束脱硫技术	99
第七节 非平衡等离子法	103
第八节 炉内喷钙法及其应用	111
第九节 烟气循环流化床脱硫技术	114
第四章 氮氧化物控制技术	126
第一节 氮氧化物控制技术概述	126
第二节 低 NO _x 燃烧技术	129
第三节 选择性催化还原 (SCR) 技术	144
第四节 选择性非催化还原 (SNCR) 技术	182
第五节 活性炭烟气脱硝技术及其他	200
附录 1 国务院关于酸雨控制区和二氧化硫污染控制区有关问题的批复	205
附录 2 火电厂大气污染物排放标准	208
参考文献	215
参考资料	217

第一章 概 论

第一节 火电厂排放的大气气态污染物

地球表面被一层总质量约为 6000 万亿 t、厚度约为 1000km 的大气层所包围。地球的大气圈是经历了几十亿年的演化和发展才形成现在这种适宜高等生物生存的组成成分,是地球生命的保护伞,是影响人类社会和经济发展的重要因素,是一种特殊形态的“人类共同遗产”。

大气污染是由于人类活动或一些自然过程引起某些物质进入大气,并呈现出足够的浓度和达到足够长的时间,所造成的危害人体的舒适、健康及福利的一种环境问题。

近些年来,有关大气臭氧空洞、温室效应及大面积酸沉降等问题频频响起警报,大气环境的恶化是世界各国面临的严峻挑战之一,认真面对这一问题并努力加以解决的任务已经十分迫切地摆在当代人类的面前。

一、能源生产对大气环境的影响

大气污染的原因有多种多样,污染物也各不相同。人类的生活及生产活动是大气污染物最主要的来源。人类的活动所出现的大气污染源可以概括为三种:

(1) 生活污染源。由于城乡居民及服务行业的烧饭、取暖、沐浴等生活上的需要燃烧各种燃料时,向大气排放污染物形成的污染源。

(2) 工业污染源。工矿企业在各种生产活动中向大气排放污染物形成的污染源。

(3) 交通污染源。由交通运输工具向大气排放污染物形成的污染源。

从全球范围看,上述三种大气污染源中,工业污染源显然是危害最大的一个。而在各种工业活动中,对大气污染起决定性作用的是能源工业。这一方面是因为能源工业是国民经济的最重要的基础产业,无论是生产还是生活都离不开能源,现代社会中能源的消耗量极大;另一方面是因为当前世界上的能源主要靠燃烧化石燃料获取,而化石燃料在燃烧释放能量的过程中会排放大量的粉尘和有害气体扩散到大气中去。因此,国际上通常用燃用最多的化石燃料的种类描述一个国家或一个区域大气污染的特性。

不同的能源结构与大气污染类型划分的关系见表 1-1。

表 1-1 能源与大气污染类型的关系

能 源	污 染 物 种 类	大气污染类型
煤炭为主	粉尘、二氧化硫、一氧化碳、酸类有机物	煤烟型
石油为主	二氧化氮、一氧化碳、酸类、有机物、碳化氢	石油型
煤炭和石油并重	粉尘、二氧化硫、一氧化碳、酸类、有机物、二氧化氮、碳化氢	混合型

据统计,目前全世界每年向大气排放的污染物多达6亿多t,其中SO₂约占25%,是危害最大的污染物之一。SO₂的排放主要来自化石燃料的燃烧及硫化物矿石的冶炼等过程,而前者大约占96%。1980~1990年全球SO₂的排放量增长了18%,以后一直在逐年增加。

人类活动产生的另一种对大气污染有严重影响的气态污染物是氮氧化物,它的80%以上也来自化石燃料的燃烧。

我国是燃煤大国,煤炭蕴藏量和产量都居世界的第一位,在我国的资源结构中占绝对优势。1994年末探明煤储量1145亿t,而油气资源相对较缺乏,1994年末石油探明储量33亿t,储采比仅为22.6。按热当量换算的能源资源总量中,煤占67%,由于资源禀赋和经济实力,决定了煤炭在能源消费中占有相当高的比重(见图1-1),成为世界上少数几个以煤为主要能源的国家之一,也因此导致我国的大气污染是典型的煤烟型污染。

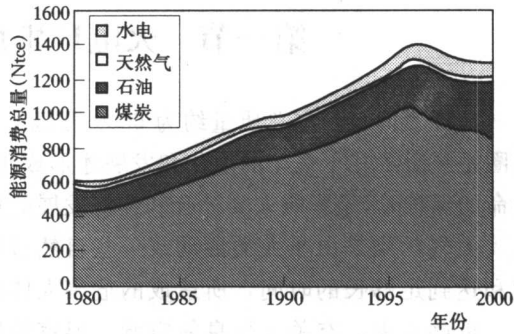


图 1-1 我国能源消费状况

在我国,粉尘、SO₂和氮氧化物等污染物主要产生于以煤为主的燃烧过程中。有关部门统计资料显示,近年来我国大气污染物中排尘量的70%、SO₂排放量的85%、氮氧化物排放量的60%以上直接来源于煤炭燃烧过程,且总排放量数额巨大,见表1-2。西南高硫煤区、北方冬季采暖期酸雨频繁,是SO₂污染严重的佐证之一。

表 1-2 燃煤排放物污染情况

燃煤排放物	占燃料燃烧源、工业废气源、流动源等总排放量的百分比 (%)	燃煤排放物	占燃料燃烧源、工业废气源、流动源等总排放量的百分比 (%)
SO ₂	85	NO	60
酸雨	82	CO	71
粉尘	70	CO ₂	85

二、火电厂排放的大气污染物及其危害

大气污染物主要分为两大类,一类是颗粒物,如粉尘和与之有关的酸雾、气溶胶等;另一类是有害气体,如硫氧化物、氮氧化物、碳氧化物、碳氢化物、光化学烟雾和卤族元素等。它们的主要来源是燃料的燃烧和工业生产过程。

“以电力为中心,以煤炭为基础”的能源政策是根据国情所作的中国能源发展的必然选择,我国火力发电规模大,成为我国大气污染最主要的工业门类之一。

1. 火电厂排放的大气污染物及危害

火电生产是以燃烧矿物燃料为基础的一个能量转换过程,所排放的大气污染物包括了以上所述的各种类型。但其中最主要的是以下几种。

(1) 颗粒污染物。颗粒污染物是指固体粒子、液体粒子或它们在气体介质中的悬浮体，又称为气溶胶状态污染物。根据颗粒污染物的粒径大小，颗粒污染物又可以分为飘尘、降尘、烟、雾、飞灰、黑烟等不同类型。大气监测中将粒径小于 $100\mu\text{m}$ 的所有固体颗粒称为总悬浮微粒（即 TSP）。

颗粒污染物被吸入人体，引起呼吸系统疾病。如果煤烟中附有各种工业粉尘（如金属颗粒），则可引起相应的尘肺等疾病。颗粒物还可以作为酸性气体的载体，形成酸雾，影响植物的生长发育和造成建筑物的腐蚀。

(2) 硫氧化物 (SO_x)。燃料燃烧放出来的主要是二氧化硫。二氧化硫浓度为 $1\sim 5\text{ppm}$ 时可闻到臭味，长时间吸入可引起心悸、呼吸困难等心肺疾病。重者可引起反射性声带痉挛，喉头水肿以至窒息。

若形成硫酸烟雾，则对人的皮肤、眼结膜、鼻黏膜、咽喉等均有强烈刺激和损害。严重患者可并发胃穿孔、声带水肿、心力衰竭或肾脏刺激症状，甚至有生命危险。

SO_x 在大气中的积累，造成环境酸化，是形成酸雨、酸雾的主要原因之一，污染土壤和水体，腐蚀建筑物，使农作物减产、影响动植物的生长发育。

(3) 氮氧化物 (NO_x)。主要指 NO 和 NO_2 。 NO 不稳定极易氧化为 NO_2 。 NO_x 是几种量大面广的大气污染物之一， NO_x 对人体的致毒作用是对深部呼吸道的损害，重者可导致肺坏疽，对黏膜、神经系统以及造血系统均有损害，吸入高浓度 NO 时可出现窒息现象。

作为一种酸性气体， NO_x 具有和 SO_x 一样的对生态环境的破坏作用。另外， NO_x 与碳氢化合物一起还可以形成光化学烟雾。

氮氧化物中的 N_2O 主要是造成高层大气的污染，参与臭氧层的破坏，此外它还是一种温室气体。

(4) 碳氧化物 (CO_x)。 CO 对血液中的血色素亲和能力比氧大 210 倍，能引起严重缺氧症状即煤气中毒。约 100ppm 时就可使人感到头痛和疲劳。 CO_2 是最重要的一种温室气体，它对温室效应的贡献达 50%， CO_2 的大量排放导致全球变暖，海平面上升和未来气候的变化。温室效应造成气候的改变将对地球的生态系统、经济发展、人类生存状态产生不可估量的危害，严重时甚至会引发社会动荡。

尽管作为发展中国家，目前我国的人均 CO_2 排放量还不到世界平均值的一半，但由于人口众多，全国 CO_2 排放总量占全世界的 $1/10$ ，仅次于美国居第二位。因此为遏制全球气候变暖的《京都议定书》生效以后，我国将面临巨大的压力。

总的来说，大气污染对人体的危害主要表现为呼吸道疾病；对植物可使其生理机制受抑制，导致生长不良，抗病抗虫能力减弱，甚至死亡；大气污染还能对气候产生不良影响，除了温室效应外，还有降低能见度，减少太阳的辐射（据资料表明，城市太阳辐射强度和紫外线强度分别比农村减少 $10\%\sim 30\%$ 和 $10\%\sim 25\%$ ）而导致城市佝偻发病率的增加等作用；大气污染物能腐蚀器物，影响产品质量；近十几年来，不少国家发现酸雨，由于雨、雪中酸度增高，使河湖水制和土壤酸化、鱼类减少甚至灭绝，森林发育受影响。

2. 火电厂排放的大气污染物的迁移转化及二次污染的危害

污染物进入大气后，在一定条件下会发生物理化学反应、迁移转化产生二次污染，火

电厂排放的污染物产生的二次污染有多种,其中最主要的是酸沉降和光化学烟雾。

(1) 酸沉降。硫氧化物 SO_x 和氮氧化物 NO_x 在大气中和大气中的水分化合生成硫酸或硝酸,随着液滴或尘粒沉降到地面的现象称为酸沉降。

自由大气里由于存在 $0.1\sim 10\mu\text{m}$ 范围的凝结核而造成了水蒸气的凝结,然后通过碰并和聚结等过程进一步生长从而形成云滴和雨滴。在云内,云滴相互碰并或与气溶胶粒子碰并,同时吸收大气中气体污染物,在云滴内部发生化学反应,这个过程叫做污染物的云内清除或雨除。在雨滴下降过程中,雨滴冲刷着所经过空气中的气体和气溶胶,雨滴内部也会发生化学反应,这个过程叫污染物的云下清除或冲刷。这些过程也就是降水对大气中气态物质的颗粒物质的清除过程,酸性物质就这样被迁移至土壤和水体。

科学家把酸雨称做是一场无声无息的危机,而且是有史以来带给我们最严重的环境威胁之一。其危害主要表现在对水陆生态环境的破坏、对工业及民用设施的破坏以及对人体健康的危害。有关资料显示,在我国,由于大气中的酸性气体超标(主要是 SO_x 和 NO_x),降水 pH 值小于 5.6 的区域已占国土面积的 40%,而且都在经济发达地区。研究表明大气污染对经济造成的损失是十分巨大的。由于大气污染问题而造成的对水陆生态环境的破坏,对工业及民用设施的破坏,以及对人体健康的危害,其严重后果更是难以估计的,对经济建设和社会发展构成的威胁是不能忽视的。

因此,在对矿物燃料的燃烧向大气排放的多种污染物的防治工作中,世界各国都把控制酸性气体的排放作为现阶段的重点。

(2) 光化学烟雾。光化学烟雾是在强阳光照射下, NO_x 、 C_mH_n 与氧化剂共同反应生成的蓝色烟雾。这种污染发生时,轻则使人的眼睛感到刺激,重则破坏人的中枢神经。对植物生长也有严重的破坏作用。

三、我国的火电发展与大气环境污染

20 多年来,我国经济发展极为迅速,但由于环境管理和技术等相关措施跟不上经济的发展速度,致使一系列环境污染问题随之而来。其中大气污染程度不断加重所造成的生态环境恶化是一个突出的问题。1994 年我国烟尘排放量达 1414 万 t,二氧化硫 1825 万 t。据近几年对 85 个城市监测分析,有 53% 的城市总悬浮微粒超过三级标准,有 50% 的城市 SO_2 超过二级标准,有 57% 的城市降尘超过极值。而且 SO_2 排放量在以每年 3%~4% 的速度增长,致使酸雨频率增加,酸雨面积扩大。酸雨污染最严重的华中地区,其中心区域酸雨 pH 值平均低于 4.0,酸雨频率在 80% 以上。根据联合国有关机构的研究结果,近年来我国每年由于酸雨和二氧化硫污染造成农作物、森林和人体健康等方面的经济损失达上千亿元人民币,环境污染已成为我国经济发展的重要的制约因素之一。

表 1-3 是引自历年国家环保总局《中国环境状况公报》的主要大气污染物的近年来的排放情况。

电力作为国民经济的先行,在我国现代化建设中,起着举足轻重的作用,改革开放以来,电力工业获得了长足的发展。从 1995 年起,我国的电力工业装机容量就已经超过了日本和德国,仅次于美国,居世界的二位。中国的火电在电源结构中约占总装机容量的 75%,且 90% 以上为煤电。

电力行业的迅速发展一方面促进了国民经济的发展;另一方面,大量燃煤电厂——火

表 1-3

不同年份 SO₂ 与烟尘排放量对照表

年 份	SO ₂ 排放量 (万 t)	烟尘排放量 (万 t)	年 份	SO ₂ 排放量 (万 t)	烟尘排放量 (万 t)
1994	1825	1414	1998	2090	1452
1995	2370	1720	1999	1857	1159
1996	2328	1552	2000	1995	1165
1997	2346	1873	2001	1947	1059

电生产耗煤量已经占全国总量的 40% 左右, 所带来的煤烟型大气污染对全国的生态环境也产生了严重的影响和损害, 其中火电生产所造成的酸性气体的排放对我国环境酸化起的作用是举足轻重的。

火力发电厂排烟中的 SO₂ 和氮氧化物的浓度虽然低, 但总量极大。火电厂的烟尘、SO₂ 排放量均居全国各行业的第一位, SO₂ 排放量占全国排放量的 40%~50%, 占“两控区”内排放量的 59% 以上。

火力发电过程中氮氧化物的排放也越来越引起了密切关注, 1t 煤燃烧大约产生 8~9kg 氮氧化物, 表 1-4 和表 1-5 是公布的我国火电机组“八五”期间氮氧化物的排放调查结果和 21 世纪初的电站锅炉氮氧化物排放量预测。

表 1-4

我国火电机组“八五”期间氮氧化物的排放调查结果

年 份	发电量 (亿 kW·h)	发电标准煤耗 [g/(kW·h)]	1 亿 kW·h 的 NO _x 排放量 (t)	NO _x 总排放量 (万 t)
1991	5526.49	390	350	193.42
1992	6247.23	387	345	215.53
1993	6856.86	384	340	233.13
1994	7470.49	381	335	250.26
1995	8051.20	378	330	265.05

表 1-5

21 世纪初的电站锅炉 NO_x 排放量预测

年 份	火力发电量 (亿 kW·h)	发电标准煤耗 [g/(kW·h)]	1 亿 kW·h 的 NO _x 排放量 (t)	NO _x 总排放量 (万 t)
2000	11700	328	306	358.02
2005	17200	314	284	488.48
2010	22700	300	262	594.74

根据国家有关部门的研究, 今后我国 GDP 年均增长 7% 左右。随着我国经济继续保持持续稳定增长, 国民经济和社会发展对电力的需求也将相应增长。2003 年我国电煤总耗已达到 6 亿 t。预计随着我国经济的发展和当前石油供应的紧张, 作为我国主要能源的煤的消耗量将越来越大。而我国以燃煤为主的电力生产所造成的环境污染又是电力工业发展的一个制约因素。因此, 建立一个清洁的、高效的、安全的电力生产行业, 是我国能源战略的紧迫任务。

第二节 我国火电厂大气污染物排放管理措施

今后相当长的时间内我国在电源结构方面将继续维持燃煤机组为主，而且预计 2020 年火电耗煤占总煤炭消费量的比例将由近几年的 40% 左右增长到 70% 以上。基于这种基本格局，电力发展对环境的影响将长期主要体现在大气污染上，其中酸雨问题又首当其冲。

火电厂的大气污染物排放与保护环境之间的矛盾，已成为电力工业以及整个国民经济发展的制约因素。因此，加强对我国火电行业大气污染物排放的管理，走新型工业化道路，对火电厂实施技术和管理的改造，减少大气污染物排放量是实现电力工业和整个国民经济可持续发展的必然之路。

一、我国火电企业现行的环境保护制度

目前电力行业实施的“三同时”制度、环境影响评价制度、排污收费制度、总量控制制度、排污权申报与排污许可证制度、限期治理污染制度和实行关停并转制度，可以归纳为三个层次。

第一层次，“三同时”制度、环境影响评价制度是针对电力行业新增项目，是限制新污染源进入，体现了“预防为主”的原则，是电力行业的前期环境管理制度。

第二层次，排污收费、总量控制、排污权申报与排污许可证制度（简称许可证制度）是实现电力企业发电过程的环境管理，随着我国经济的发展，用电量的日益加大，单纯依靠前期管理是远远不够的，所以过程环境管理制度是控制火电排放污染物的关键之一。

第三层次，限期治理污染制度和实行关停并转制度是以“限期治理”为原则，实施环境质量目标的最后控制政策，是后期环境管理制度，经过前两个环境制度仍不符合环境质量的电力企业将被淘汰出局。

走过了 20 多年的发展之路，我国火电企业的环境保护工作经历了几以下几个转变。

1. 由单纯的浓度控制到总量控制

污染物排放总量控制（简称总量控制）是将某一控制区域（例如行政区、流域、环境功能区等）作为一个完整的系统，采取措施将排入这一区域的污染物总量控制在一定数量之内，以满足该区域的环境质量要求。总量控制应该包括三个方面的内容，即污染物的排放总量、排放污染物的地域及排放污染物的时间。关于“两控区”的规划就是总量控制的一种尝试。

我国的新《大气法》为总量控制的实施确立了法律基础：“国家采取措施，有计划地控制或者逐步削减各地方主要大气污染物的排放总量”；“国务院和省、自治区、直辖市人民政府对尚未达到规定的大气环境质量标准的区域和国务院批准划定的酸雨控制区、二氧化硫污染控制区，可以划定为主要大气污染物排放总量控制区”。有了法律的保证，总量控制可以成为一项更稳定的长期执行的政策。

2. 由单纯的终端管理到全过程监督

从“三同时”、环境影响评价到排污权申报与排污许可证制度最后到对限期治理的监督和实行关停并转，实现了从立项到发电运行的全过程管理。排污许可证制度是学习世界