



全国环境监察培训系列教材

污染源环境监察

WURANYUAN
HUANJING JIANCHA

环境保护部环境监察局 / 编

中国环境科学出版社

全国环境监察培训系列教材

污染源环境监察

环境保护部环境监察局 编



中国环境科学出版社·北京



北航

C1688554

X501

11

图书在版编目 (CIP) 数据

污染源环境监察/环境保护部环境监察局编. —北京: 中国环境科学出版社, 2012.4 (2012.10 重印)

全国环境监察培训系列教材

ISBN 978-7-5111-0906-4

I. ①污… II. ①环… III. ①污染源—环境监测—中国—技术培训—教材 IV. ①X501

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 023382 号

责任编辑 黄晓燕
文字编辑 刘 杨 董蓓蓓 袁彦婷 李兰兰
责任校对 唐丽虹
封面设计 玄石至上

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>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)
印装质量热线: 010-67113404

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2012 年 4 月第 1 版
印 次 2012 年 10 月第 2 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 28.5
字 数 600 千字
定 价 80.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载、扫描、网络传播等, 违者必究。】

本书编审委员会

主 任 邹首民

副 主 任 汪冬青 陈善荣 曹立平

委 员 (排名不分先后)

孙振世 杨子江 闫景军 史庆敏 赵 柯 仲崇磊
贾春宁 赵根喜 李义贤 顾永瑞 赵恒心 孙伟义
迟晓德 何 辰 杨 伟 王以淼 黄建树 潘家清
曹永琳 丁卫建 周文献 李瑞勤 王盛才 周 全
李新平 王先国 唐幸群 张攀俊 田 获 黄 杰
达 娃 马小现 宋伟宏 李幸福 虢 鹏 张 鹏
郭劲松

主 编 毛应淮

副 主 编 曹晓凡

编写人员 宋海鸥 王仲旭 姚宝军 韩小铮 刘定慧

杜 卫 宫银海 戴秋香 赵 强 黄 宇

云利刚 唐海刚

序

目前，我国经济进入了工业化、城镇化快速发展的关键时期，传统发展方式带来的经济社会发展与人口资源环境压力加大的矛盾日益凸显。党中央、国务院高度重视我国环境保护监督管理水平的提高，国务院发布的《关于加强环境保护重点工作的意见》（国发[2011]35号）明确指出应强化环境执法监管，并提出完善督查体制机制，加强国家环境监察职能。这为我们全面做好“十二五”环保工作、积极探索中国环保新道路、大力提高生态文明建设水平指明了方向。

周生贤部长指出，环境执法监督是环保部门的立局之本。加强环境执法监督，是全面贯彻落实科学发展观、推动环保历史性转变的有效手段，是维护群众环境权益、保障和改善民生的基本要求，是环保部门参与宏观决策的依据、环境综合管理的基础。建立权责明确、行为规范、监督有力、高效运转的环境执法监督体系至关重要。“十二五”期间，环境执法工作要紧紧围绕主题主线新要求，以环境执法监督理念和模式转变为主攻方向，以解决影响科学发展和损害群众健康的突出环境问题为工作重点，逐步实现环境执法“精细化、科学化、效能化、智能化”，构建完备的环境执法监督体系，适应经济社会发展新要求和人民群众的新期待。

环境监察队伍是我国环境保护现场监督管理的专门执法队伍，肩负着环境执法监督的重要任务，奋战在环境保护工作的第一线，他们的素质能力和知识水平直接关系到党和国家环境保护方针政策能否落到实处、环境保护法律法规能否得到贯彻执行。如何建设一流环境监察人才队伍，为环保事业的发展提供有力的人才保障和智力支持，是当前面临的一项重大课题。环境保护部一直十分重视环境监察队伍培训工作，特别是《关于加强全国环境保护系统人才队伍建设的若干意见》发布实施后，以规范环境监察队伍管理、提高执法效能为出发点，统筹规划，创新方式，实施全覆盖、多形式、高质量的环境监察岗位培

训,切实提高了环境监察人员的综合素质和执法能力,为建设生态文明、探索环保新道路提供了环境执法保障。

为了进一步规范环境监察培训,夯实环境监察培训基础性工作,环监局组织有关专家,在总结全国环境执法实践的基础上,综合基层环境监察机构的需求,编制了环境监察专业知识培训系列教材。本系列培训教材的编制完成,对指导全国环境监察的岗位培训、提高环境监察人员的执法水平和业务素质、促进环境监察培训工作水平的提升,将发挥重要作用。希望环境监察战线的同志们认真学习,再接再厉,为做好环保执法工作、加快推进环保历史性转变、积极探索环保新道路、全面推进生态文明建设作出更大的贡献。



2011年12月22日

前言

《污染源环境监察》是《环境监察》系列辅助教材之一，是在《环境监察》（第三版）第二章的基础上对污染源监察工作的理论与方法进行较为详尽的阐述。

污染源环境监察是环境监察工作的重点之一。污染源环境监察如果只从废水、废气、固体废物和环境噪声等几个方面笼统地讲述已不能满足日常环境监察和排污核定工作的需要，很多学员也希望能从不同工业行业生产工艺、产排污规律及强度等方面介绍工业污染源环境监察的内容，实现污染源环境监察的精细化、规范化 and 高效化，提高工业行业的污染防治水平和环境监管水平。本书力求内容全面、翔实、实用，但由于篇幅所限，只讲述了部分重点污染行业的生产工艺、产排污规律及强度等方面的环境监察方法，既注重基础理论的阐述，又对实践中污染源环境监察工作的方法和内容进行了总结，实用性较强。

目前，环境保护部已经陆续颁布数个工业行业的现场环境监察执法指南，近期还将会有更多的工业行业的现场环境监察指南颁布。本书充分吸收了已经颁布实施的工业行业现场环境监察指南的内容，并将为后续制定的工业行业现场环境监察指南提供参考。

本书由环境保护部环境监察局组织编写，作为国家和省级环境监察岗位培训的辅助教材，也作为环境监察工作的指导书籍，同时可作为高等院校环境监察专业及相关专业的教学用书，还可作为企业相关工作人员的参考书。

全书共 14 章，在环境保护部环境监察局的指导下，由中国环境管理干部学

院毛应淮、曹晓凡等人共同编写。其中第一、三、四、五、七、八、十章由毛应淮编写，第二、六、九、十一、十二、十三章由曹晓凡编写，第十四章由王仲旭编写，宋海鸥、姚宝军、刘定慧、韩小铮、杜卫、宫银海、于莉、翟国辉、戴秋香、赵强、黄宇、云利刚、唐海刚等同志参与编写。全书由毛应淮统稿和总体设计。

本书在编写过程中参考了环境保护部环境监察局有关污染源环境监察的文件和文献，由于我们水平有限，难免存在理解上的某些偏差，我们衷心希望有关领导和专家、读者提出宝贵意见。

编者

2012年1月

目 录

第一章 工业锅炉与火电工业污染源环境监察.....	1
第一节 工业锅炉与火电工业基础知识.....	1
第二节 燃 料.....	8
第三节 工业锅炉与火电工业的污染源环境监察.....	13
第四节 工业锅炉和火电厂的污染治理.....	27
第五节 工业锅炉和火电厂环境监察要点.....	30
第二章 钢铁工业的污染源环境监察.....	33
第一节 我国钢铁工业的现状.....	33
第二节 烧结球团工艺污染源环境监察.....	36
第三节 炼铁工业污染源环境监察.....	43
第四节 炼钢工业污染源环境监察.....	50
第五节 轧钢工业污染源环境监察.....	58
第三章 建材工业污染源环境监察.....	64
第一节 水泥工业污染源环境监察.....	64
第二节 陶瓷工业污染源环境监察.....	80
第三节 玻璃与玻璃纤维工业污染源环境监察.....	88
第四章 有色金属工业污染源环境监察.....	99
第一节 铜冶炼工业污染源环境监察.....	99
第二节 铅、锌冶炼工业污染源环境监察.....	106
第三节 铝工业污染源环境监察.....	122
第五章 矿产资源采选工业污染源环境监察.....	135
第一节 矿产资源开发存在的环境问题与环境政策.....	135
第二节 采选矿污染源环境监察.....	138
第三节 煤炭采选工业污染源环境监察.....	144
第四节 铁矿采选工业污染源环境监察.....	150
第五节 铅锌与铝土矿采选工业污染源环境监察.....	155
第六节 采油工业污染源环境监察.....	159

第六章 制浆造纸工业污染源环境监察	165
第一节 我国制浆造纸工业概况	165
第二节 制浆造纸基本生产工艺	168
第三节 制浆造纸主要工艺的产排污节点	173
第四节 制浆造纸工业的环境污染	179
第五节 制浆造纸工业环境监察要点	190
第六节 棉浆粕与黏胶纤维工业污染源环境监察	193
第七章 纺织印染工业污染源环境监察	197
第一节 纺织印染工业概述	197
第二节 棉、化纤纺织及印染工业污染源环境监察	201
第三节 麻纺织印染工业污染源环境监察	207
第四节 毛与丝纺织印染工业污染源环境监察	212
第八章 制革工业污染源环境监察	222
第一节 我国制革工业的问题与政策	222
第二节 皮革鞣制加工业污染源环境监察	224
第三节 毛皮工业污染源环境监察	233
第四节 塑料人造革、合成革工业污染源环境监察	238
第五节 制革工业的污染防治与环境监察要点	245
第九章 发酵酿造工业污染源环境监察	251
第一节 我国发酵酿造工业现状	251
第二节 啤酒工业污染源环境监察	253
第三节 白酒工业污染源环境监察	258
第四节 酒精工业污染源环境监察	263
第五节 味精工业污染源环境监察	268
第六节 柠檬酸工业污染源环境监察	273
第十章 炼油及炼焦工业污染源环境监察	278
第一节 炼油工业基础知识	278
第二节 炼油工业污染源环境监察	288
第三节 石化工业污染源环境监察	299
第四节 炼焦工业污染源环境监察	305
第十一章 无机化工工业污染源环境监察	323
第一节 电石工业污染源环境监察	323
第二节 烧碱工业污染源环境监察	327
第三节 PVC 工业污染源环境监察	332

第四节	合成氨工业污染源环境监察.....	337
第五节	纯碱工业污染源环境监察.....	343
第六节	硫酸工业污染源环境监察.....	349
第七节	电解锰工业污染源环境监察.....	357
第十二章	农药工业污染源环境监察.....	361
第一节	有机磷农药工业污染源环境监察.....	361
第二节	有机硫农药工业污染源环境监察.....	366
第三节	有机氯农药工业污染源环境监察.....	372
第四节	菊酯类农药工业污染源环境监察.....	374
第五节	磺酰脲类农药工业污染源环境监察.....	380
第六节	酰胺类农药工业污染源环境监察.....	382
第七节	生物类农药工业污染源环境监察.....	385
第八节	苯氧羧酸农药工业污染源环境监察.....	388
第九节	杂环类农药工业污染源环境监察.....	389
第十三章	医药工业污染源环境监察.....	393
第一节	化学合成制药工业污染源环境监察.....	393
第二节	发酵类制药工业污染源环境监察.....	399
第三节	生物类制药工业污染源环境监察.....	405
第四节	中药工业污染源环境监察.....	406
第五节	提取类制药工业污染源环境监察.....	409
第六节	混装制剂类制药工业污染源环境监察.....	411
第十四章	城镇污水处理厂环境监察.....	415
第一节	城镇污水处理厂概述.....	415
第二节	城镇污水处理厂环境监察.....	419
参考文献		436
后记		443

第一章 工业锅炉与火电工业污染源环境监察

第一节 工业锅炉与火电工业基础知识

一、工业锅炉基础知识

(一) 工业锅炉的含义

锅炉（蒸汽发生器）是利用燃料或其他能源的热能，把工质（一般为净化的水）加热到一定参数（温度、压力）的换热设备。也可以说是生产蒸汽或热水的热能动力设备。

(二) 工业锅炉的主要分类

工业锅炉有多种分类方式，可以按用途分类、按规模分类和按压力分类等。

表 1-1 煤（油）锅炉主要分类形式

分类		锅炉参数	
按用途分	电站锅炉	电站锅炉是高排放强度的大气污染源，多为 400 t/h 以上的锅炉	
	工业锅炉	工业锅炉是我国的主要热能动力设备，它包括压力 $\leq 2.45\text{MPa}$ 、容量 $\leq 65\text{ t/h}$ 的工业用蒸汽炉、采暖热水炉、特种用途锅炉等，以中小型锅炉为主	
	民用锅炉	以小型锅炉为主，容量小，多为老旧锅炉，热效率低，污染物治理效果差，是城市主要大气污染源	
按规模分	大型锅炉	容量 $> 65\text{ t/h}$	机组的蒸汽参数是决定机组热经济性的重要因素。一般，压力是 16.6~31.0MPa、温度在 535~600℃，压力每提高 1MPa，机组的热效率上升 0.18%~0.29%；新蒸汽温度或再热蒸汽温度每提高 10℃，机组的热效率就提高 0.25%~0.3%
	中型锅炉	容量 $= 20\sim 65\text{ t/h}$	
	小型锅炉	容量 $\leq 20\text{ t/h}$	
按压力分	低压锅炉	$P\leq 2.5\text{MPa}$	
	中压锅炉	$2.5\text{MPa}<P\leq 6.0\text{MPa}$	
	高压锅炉	$6.0\text{MPa}<P\leq 10\text{MPa}$	
	超高压锅炉	$P=14\text{MPa}$	
	亚临界锅炉	$P=17\sim 20\text{MPa}$	
	超临界锅炉	$P>25\text{ MPa}$	
	超超临界锅炉	$P>31\text{MPa}$	

(三) 工业锅炉的相关参数

表 1-2 工业锅炉的相关参数

参 数	含 义
锅炉压力	指锅炉内蒸汽的压强。压力越高，蒸汽温度越高，热焓越多。压力的单位常用兆帕（MPa）
蒸发量	锅炉内每小时产生的蒸汽量称蒸发量，单位取吨蒸汽/时（t/h），锅炉铭牌上标明的蒸发量是该锅炉的额定蒸汽参数（即设备运行时的最高蒸发量，实际运行时的蒸发量应小于此值）
供热量	锅炉每小时提供的热量称供热量，单位取兆瓦/时（MW/h）或过去常用的千卡/时（kcal/h）。锅炉铭牌上标志的供热量为额定供热量，是运行产生的最高供热量
耗煤量	指每小时正常运行消耗的燃煤量 B ， $B = \text{锅炉供热量} / (\text{煤的低位热值} \times \text{锅炉效率})$ ，锅炉供热量 = 锅炉蒸发量（kg/h） $\times$ [蒸汽热焓（kJ/kg）—给水焓（kJ/kg）]
热效率	锅炉热效率指投入锅炉内的燃料供热量与发热量之比（用 μ 表示） $\mu = \text{锅炉小时供热量} / [\text{小时耗煤量} \times \text{煤的低位热值}]$ ， 锅炉热效率在 50%~90%

(四) 一般工业锅炉的主要设施和主要环境污染指标

一般工业锅炉的主要设施是煤场、供煤系统、锅炉房、除尘设施、脱硫设施（只有部分锅炉有）、渣场。

一般工业锅炉使用的主要燃料是燃煤（主要是烟煤）和生物质燃料（木材、秸秆、谷糠、锯末等）。

一般工业锅炉的主要污染是锅炉产生的烟气，烟气中的主要污染物是 SO₂、烟尘、NO_x、CO₂，还有煤场、灰场产生的粉尘污染（无组织）。一般没有废水，废渣主要是炉渣和粉煤灰（一般都能综合利用）。

二、火电厂基础知识

(一) 火电厂的基本类型

火电厂的基本类型可以按照燃料的不同分为燃煤电厂、燃气电厂、燃油电厂、垃圾焚烧电厂和燃水煤浆电厂等。

表 1-3 火电厂的基本类型

火电厂类型	燃 料	燃烧系统	主要大气污染物
燃煤电厂	煤与煤矸石	储煤场、输煤系统、磨煤设备、锅炉、除尘设施、脱硫、脱硝设施、烟筒、输灰系统	SO ₂ 、烟尘、NO _x 、汞及工业废水、炉渣、粉煤灰
燃气电厂	天然气或燃气	锅炉产生蒸汽带动发电机发电；或燃气在燃气轮机中直接燃烧做功发电	NO _x 和工业废水
燃油电厂	轻油、重油、原油	发电流程与燃气电厂流程相类同	SO ₂ 、NO _x 和工业废水
垃圾焚烧电厂	垃圾及助燃的燃料	垃圾经发酵脱水、焚烧炉焚烧。当垃圾中低位热值 $\leq 3\,350\text{ kJ/kg}$ （800 kcal/kg）时，焚烧需助燃，添加燃煤或燃油进行助燃。垃圾焚烧炉燃烧方式有炉排炉、硫化床焚烧炉、旋转式燃烧-回转炉等	烟尘、SO ₂ 、NO _x 、HCl、灰渣、二噁英、工业废水
燃水煤浆电厂	水煤浆	发电流程与燃气电厂流程相类同	与燃煤电厂相似，相应污染物的产生量略小于煤粉炉电厂

(二) 火电厂的工艺

火力发电的整个生产系统主要包括燃烧系统、气水系统和电气系统等。燃煤电厂按其功能分为凝汽式电厂和热电厂。两者生产工艺流程基本相同，只是热效率的利用途径有差别。前者安装凝汽式机组，仅向外界供应电能；后者安装热电汽轮机组，除供电外，还可向用户供应蒸汽和热水。凝汽式汽轮机做功后的蒸汽基本全部进入凝汽器，存在冷源损失。热电汽轮机做功后的蒸汽部分对外供热，部分进入凝汽器，循环热效率提高。

表 1-4 燃煤火电厂的生产系统

生产系统	生产设备等	工艺流程
燃烧系统	燃烧系统由锅炉本体和辅助设备构成	煤经皮带输送到煤斗进入磨煤机磨成煤粉，与经过预热的空气一同经喷燃器喷入锅炉内燃烧，燃烧后的热烟气排出锅炉，经除尘器和脱硫脱硝装置后，由引风机通过烟囱排入高空
气水系统	气水系统包括锅炉、汽轮机、凉水塔(凝汽器)、补水车间等	水在锅炉内被加热成蒸汽，进入过热器，进一步加热为过热蒸汽，通过蒸汽管道被引入汽轮机，冲击汽轮机转动并带动发电机发电，做完功的蒸汽压力和温度不断降低，最后排入凝汽器，蒸汽在凝汽器内凝结成凝结水，再经补水车间补充 2%~3%的软化水，可以循环回蒸汽锅炉
电气系统	电气系统设备包括电机、变电设备、输电设备等	发电机发出的电除少部分自用外，绝大部分由主变压器升压后经高压配电装置和输电线向外供电。发电厂自用部分由变压器降压后，经厂用配电装置和输电线供厂内电器使用

(三) 火电与环保指标相关的工业参数

表 1-5 火电与环保指标相关的工业参数

参数	含 义
装机容量	火电厂的全部发电能力（功率，以 kW 计）称发电厂的装机容量
年平均利用时间	火电厂平均满负荷运行的等效时间称电厂的利用时间。若用火电厂的年发电量除以电厂的装机容量，就可计算出电厂的年利用时间
电厂的发电量	电厂统计电量有两个数据，发电机发出的电力是电厂发电量，电厂生产过程所必需的电量（主要用电设备如送风机、引风机、给水泵、循环水泵等高能耗设备等消耗的电量）称电厂自用电量。电厂对外供应的电量是供电量。自用电量占发电量的 5%~7%。 电厂供电量=发电量-电厂自用电量

(四) 火电厂的主要设施和主要环境污染指标

- 一般火电厂使用的主要燃料是燃煤、燃气、燃油（重油、轻油）、水煤浆等。
- 一般火电厂主要产生污染的设施是煤场、供煤系统、锅炉、除尘设施、脱硫脱硝系统、灰坝、灰库，补水车间、机修车间等。
- 一般火电厂的大气污染主要是锅炉产生的烟气，烟气中的主要污染物是 SO₂、烟尘、NO_x、CO₂，还有煤场、供煤系统、灰库、灰坝、石灰石、石膏渣产生的粉尘污染（无组

织)。废水污染来源主要有补水车间废水（主要是金属离子污染）、冲渣废水（SS）、机修车间废水（石油类、COD）。主要废渣是粉煤灰和炉渣。

三、锅炉的燃烧方式

工业锅炉房和火电的最主要污染是锅炉产生的烟气污染，烟气污染与燃料的种类、品质、消耗量，锅炉的燃烧方式，除尘措施与效率，脱硫脱硝措施与效率有关。

按照煤炭的燃烧方式，燃烧设备大致可以分为四类：层燃式锅炉（炉排炉、火床炉）、悬燃式锅炉（煤粉炉、燃油锅炉、燃气锅炉）、半悬式锅炉（沸腾炉、循环流化床锅炉等）、半层半悬式锅炉（抛煤机炉）。

表 1-6 主要锅炉类型及其运行特点

燃烧方式	燃烧设备	燃烧效率/%	运行特点	优缺点
层式燃烧	链条炉排	85~90	炉排由主动链轮带动，由前向后徐徐运动，炉排与空气反向运动，依次经过干燥、预热、燃烧、燃尽，形成的灰渣最后由装置在炉排末端的除渣板铲落渣斗。炉温在 600~700℃	适用褐煤、次烟煤和无烟煤飞灰少，多用于蒸发量为 2~65 t/h 的中、小容量锅炉，着火条件差，煤种适应性不好
	振动炉排	85~90	加料和燃烧过程与链条炉相似，水冷炉排周期振动，炉温在 600~700℃	适用烟煤和褐煤，多用于 2~10 t/h 的小型锅炉。缺点是热效率低，它的漏煤量为 5%左右，比链条炉高得多
	往复推饲炉	85~90	往复推饲炉燃烧过程与链条炉相似，其通风特性、燃烧特性、炉拱布置等，和链条炉是一样的。由于炉排推动，实现了部分燃料的无限制着火。炉温在 600~700℃	多用于 0.5~10 t/h 的小型工业锅炉。往复推饲炉与振动炉排一样有炉排片易烧坏、漏煤、漏风等缺点
悬浮式燃烧	旋风燃烧炉	98 以上	旋风炉实际上是液态排渣炉的一种，一般由旋风筒、燃烬室和冷却炉膛组成，因其有圆柱形燃烧室（旋风筒），气流在其内高速旋转燃烧而得名。碎煤在炉膛内与风混合沿切线旋转运动，炉温达 1 600℃	旋风炉热强度高，燃烧温度高，飞灰份额也低于煤粉炉，可以使用灰分 50%劣质煤，燃烧完全，效率高。但烟尘、SO ₂ 、NO _x 的产生量较大
	煤粉燃烧炉	95~98	煤粉碎后用空气喷入炉膛，以悬浮状态燃烧，燃后的灰靠气流导出炉外，少量灰沉积炉壁落到炉底经锁灰器排出。炉温在 1 000℃上下	煤粉炉是我国电厂生产的主要锅炉型式。优点是燃烧效率高，但烟尘、SO ₂ 、NO _x 的产生量也高
半悬式锅炉	鼓泡流化床 BFB	95~97	煤、石灰石、空气混合后从下部布料盘送入，经预热、过热、燃烧送入流化床燃烧。循环流化床内的温度可控制在 850℃ 的范围内，这一	燃料在炉内通过物料循环系统循环反复燃烧，使燃料颗粒在炉内滞留时间大大增加；直至燃烬。
	循环流化床 CFB	97~98	燃烧温度抑制了热反应型 NO _x 的形成，加到床层的石灰石（平均钙硫摩尔比为 2~2.5），有效减少 SO ₂ 排放量，对 NO _x 的也有适量减少，但石灰石对锅炉磨损较大	燃料适应性好，可以燃用优质煤、劣质煤、油页岩、石油焦、垃圾等，并达到很高的热效率，有较好的硫氮去除效果
半层半悬式炉	抛煤机炉	不稳定	是悬浮式和层式的复合燃烧方式，煤连续投入炉内上方，50%的煤粉悬浮状态燃烧，大些的煤粒落在炉算上继续层式燃烧。但燃烧不足，黑度超标	多用于 10 t/h 以下的锅炉。煤种适用范围广。缺点是，不完全燃烧损失较大，锅炉初始排尘浓度高，大气的污染较严重

注：在电厂锅炉中，由于煤与空气充分混合且燃烧充分，CO 和碳氢化合物排放量很低，排出的 CO 低于 100 mg/m³，对较小的层式燃煤锅炉由于空气与煤混合不好，燃烧不充分，CO 和碳氢化合物的排放量就大得多。

四、不同类型锅炉的环境差异

悬浮式燃烧的锅炉燃烧率高达 95%~99%，过剩空气系数在 1.2~1.4，飞灰率高达 85%，炉温排放的烟尘，几乎都是灰分。层燃式锅炉燃烧率只有 85%~90%，过剩空气系数在 1.6~2.0，飞灰率只有 15%~25%排放的烟尘里，还有一定量的可燃物质。循环流化床锅炉燃烧也较充分，烟尘中可燃物少。抛煤机炉产生的烟尘中含碳量比煤粉炉高。抛煤机炉和沸腾炉的飞灰率介于层式燃烧炉和悬式燃烧炉之间。

表 1-7 不同燃烧方式燃烧效率、 d_{fh} 、 C_{fh} 系数表

燃烧方式	燃烧设备	燃烧效率/%	d_{fh} 与 C_{fh} 值/%	过剩空气系数 α
层式燃烧	链条炉排	80~90	$d_{fh}=15\sim20$ $C_{fh}=25\sim30$	1.5~1.8
	振动炉排	80~85	$d_{fh}=30$ $C_{fh}=25\sim30$	1.6~2.0
	往复推饲炉	85~90 (倾斜逆向式 95 以上)	$d_{fh}=25$ $C_{fh}=25\sim30$	1.6~2.0
悬浮式燃烧	旋风燃烧炉	98 以上	$d_{fh}=70$ $C_{fh}=1\sim5$	1.15~1.3
	煤粉燃烧炉	95~98	$d_{fh}=85\sim93$ $C_{fh}=1\sim5$	1.15~1.3
半悬式燃烧	鼓泡流化床 BFB	90~96	$d_{fh}=40\sim60$ $C_{fh}=3\sim5$	1.2~1.25
	循环流化床 CFB	95~99		1.1~1.2
半层半悬式燃烧	抛煤机炉	不稳定	$d_{fh}=25\sim40$ $C_{fh}=45$	

注： d_{fh} 指锅炉燃烧的飞灰率， C_{fh} 指锅炉产生烟气中可燃物的比率。

不同的锅炉因采用的燃烧方式不同，即使烧同样的煤，最后产生的飞灰、废气量和粉尘量也不同。煤粉炉、沸腾炉、油气炉是采用悬浮燃烧方式；抛煤机炉采用半悬浮半层式燃烧方式；链条炉、往复炉、振动炉、下饲式炉、手烧炉采用层式燃烧方式。它们最后的飞灰率、废气量、粉尘产生量分别如表 1-8 所示。

表 1-8 不同燃烧方式的差别

燃烧方式	残碳率/%	飞灰率 d_{fh} /%	烟尘中可燃物比率 C_{fh} /%	吨煤废气量/ m^3	1%产生量/(kg/t 煤)	NO_x 产生量/(kg/t 煤)
层式燃烧	12	15~25	25~30	10 500	0.45	2~4
悬式燃烧	3	80~90	3~5	8 000	2.5	6~8

五、火电工业的产业技术政策

(一) 火电工业的产业政策

表 1-9 火电工业的产业政策

文件名及颁布时间	内容概要
《国家发展改革委关于燃煤电站项目规划和建设有关要求的通知》(发改能源[2004]864 号)	产业布局: 1.地级城市市区禁止建设除热电联产以外的火电厂。2. 在大电网覆盖范围内, 原则上不得建设单机容量 30 万 kW 以下纯凝汽式燃煤机组。3. 严格控制重点区域新建、扩建除“上大压小”和热电联产以外的火电厂。4. 以工业热负荷为主的工业区应当尽可能集中规划建设, 以实现集中供热。5. 在已有热电厂的供热范围内, 原则上不重复规划建设企业自备热电厂。
《节能中长期专项规划》(国家发改委, 2004 年 11 月)	
《关于加快火电厂烟气脱硫产业化发展的若干意见》(发改委, 2005 年 5 月 19 日)	
《产业结构调整指导目录》(发改委令[2011]9 号, 2011 年 3 月 27 日)	原料结构: “十一五” 期间使用燃用优质煤、筛选块煤、固硫型煤。
《关于落实科学发展观 加强环境保护的决定》(国发[2005]39 号, 2005 年 12 月 3 日)	生产规模: 1. “十一五” 期间安排投产规模为 1.65 亿 kW, 其中大中型项目 1.5 亿 kW 左右(年均投产 3000 万 kW), 包括水电 4512.7 万 kW、煤电 8738 万 kW、核电 400 万 kW、天然气发电 1364 万 kW, 新能源发电 100 万 kW。2. 2010 年年底脱硫机组投运及在建容量将达到 2.3 亿 kW (不包括循环流化床锅炉)。
《电力行业“十一五” 计划及 2020 年发展规划》(新闻稿, 2006 年 1 月 19 日)	工艺设备: 热电联产项目中, 优先安排背压型热电联产机组。
《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》(十届人大四次会议批准, 2006 年 3 月 14 日)	
《关于加快电力工业结构调整促进健康有序发展有关工作的通知》(发改能源[2006]661 号, 2006 年 4 月 18 日)	淘汰落后:
《热电联产和煤矸石综合利用发电项目建设管理暂行规定》(发改能源[2007]141 号, 2007 年 1 月 17 日)	1. 大电网覆盖范围内, 单机容量在 10 万 kW 以下的常规燃煤火电机组。
《关于加快关停小火电机组若干意见》(国发[2007]2 号, 2007 年 1 月 20 日)	2. 单机容量 5 万 kW 及以下的常规小火电机组。
《现有燃煤电厂二氧化硫治理“十一五” 规划》(发改环资[2007]592 号, 2007 年 3 月 28 日)	3. 以发电为主的燃油锅炉及发电机组(5 万 kW 及以下)。
《关于进一步加强淘汰落后产能工作的通知》(国发[2010]7 号, 2010 年 2 月 6 日)	4. 大电网覆盖范围内, 设计寿命期满的单机容量 20 万 kW 以下的常规燃煤火电机组。
《关于进一步加强电力行业节能减排监管工作的通知》(国家电监会, 2010 年 5 月 10 日)	能源消耗: 1. 火电行业供电煤耗 2010 年降到 360 g 标准煤/kWh, 2020 年降到 320g 标准煤/kWh。2. 2010 年燃煤工业锅炉运行率达到 70%~80%