

环 境 保 护 丛 书



谭隆春 顾润南 江伟铿 崔莲溪 著

烟尘和有机废气治理

四川科学技术出版社

环境保护丛书

烟尘和有机废气治理

四川科学技术出版社

一九八七年

责任编辑：李世勋

封面设计：许大成

版面设计：杨丽娜

烟尘和有机废气治理

谭隆春 顾润南 江伟铿 崔莲溪 著

出版：四川科学技术出版社

印刷：七二三四工厂

发行：四川省新华书店

开本：787×1092毫米 1/32

印张：7.25

字数：150千

印数：1—3,000

版次：1987年1月第一版

印次：1987年1月第一次印刷

书号：15298·259

定价：1.90 元

前 言

烟尘和有机废气对环境的污染危害极大,如何防治,消除污染,化害为利是人们普遍关注的问题。编写烟尘和有机废气治理一书,旨在提供多种形式的治理方法,侧重应用;同时,对烟尘和有机废气的产生、危害也作了简明的叙述。为了定量确定烟尘排放,还开辟了专章,较系统地介绍了烟尘测试方法。

本书系环保丛书之一,理论与实践紧密结合,文字通俗易懂,可供从事环保工作的职工及有关部门参考。其中第一、二、三章由谭隆春编写,四、五、六章由顾润南编写,第七章由谭隆春与顾润南合编,第八、九章由江伟铿编写,第十、十二章由崔莲溪编写,第十一章由江伟铿与崔莲溪合编。

在编写本书的过程中,得到四川科学技术出版社及有关同志的大力支持、鼓励,在此,表示最衷心的感谢。

书中误讹之处,敬请批评指正。

编 者

1985年12月10日

目 录

第一章 烟尘污染概述	1
第一节 消烟除尘的含义.....	2
第二节 黑烟是怎样形成的.....	3
第三节 烟尘污染的危害.....	4
第四节 消烟除尘是防治大气污染节约能源的 有效措施.....	5
第五节 手烧工业锅炉的技术改造.....	7
第二章 工业锅炉技术改造	11
第一节 链条炉排.....	11
第二节 往复推动炉排.....	19
第三节 锅炉热效率测试.....	30
第四节 工业窑炉及加热炉技术改造.....	34
第三章 开水炉及食堂炉灶烟尘治理	40
第一节 简易煤气.....	40
第二节 翻水开水炉.....	45
第三节 旋转灰盘、固定风帽式煤气发生炉.....	47
第四节 反烧的基本原理.....	49
第五节 小型立式锅炉和食堂炉灶的技术改造.....	51
第六节 水处理.....	55

第四章 预测流速法测试技术	58
第一节 测试的基本要求	59
第二节 烟气状态参数测定	64
第三节 尘粒测定和除尘设备效率	71
第四节 预测流速法实测举例	77
第五章 压力平衡测试法	84
第一节 静压平衡法	84
第二节 动压平衡法	92
第六章 烟气黑度测试技术	100
第一节 烟气黑度目测法	100
第二节 烟气黑度光电感应法	103
第七章 除尘器的选用	106
第一节 除尘器分类	106
第二节 除尘器的选用	108
第三节 常用除尘器简介	113
第八章 工业有机废气污染及其净化方法	122
第一节 概述	122
第二节 有机废气净化的方法和原理	129
第九章 有机废气催化处理原理	161
第一节 催化原理	162
第二节 催化剂载体	164
第三节 各种催化剂的选择	168
第四节 影响因素	173

第五节	催化剂的劣化与中毒·····	176
第十章	催化处理系统的典型流程和结构·····	183
第一节	催化处理的典型流程和装置·····	183
第二节	预热室和催化反应器·····	191
第十一章	催化处理系统的设计基础·····	198
第一节	有机废气的现场测试·····	198
第二节	有机废气的爆炸极限·····	200
第三节	实验室试验·····	202
第四节	处理流程及各段参数的选定·····	203
第五节	阻力计算和风机参数选择·····	207
第六节	催化系统的控制调节和安全保护系统·····	209
第十二章	环境效果的综合评定·····	219

第一章 烟尘污染概述

烟尘污染，主要是煤烟污染，是当前大气污染的重要组成部分。各种类型的手烧锅炉、茶炉、食堂炉灶、家用炉等，这些燃烧设备，不仅能源利用率低，烟尘排放量也大，根据锅炉监测统计，蒸发量为2吨/时的卧式快装锅炉，烟尘排放浓度在3000毫克/标米³左右，为允许排放浓度的15倍。

烟尘是煤在燃烧过程中的产物，包括烟气和尘粒。烟气中有二氧化硫、氮氧化物、二氧化碳、一氧化碳及水蒸汽等。尘粒包括灰粒和极其细小的炭粒。这些燃烧产物经排气筒进入大气后，将造成不同程度的危害。

我国现有的能源结构是以煤为主，绝大多数煤是直接燃烧，其利用率与工业发达国家差距很大。煤的利用率越不合理，造成的污染越为严重。为了改善大气环境质量，必须首先控制煤烟污染。当前最可行的办法是推广应用消烟除尘的成功经验，改变不合理的燃烧方式，对一部分在短期内还不能更新的落后的燃烧设备进行技术改造。从长远考虑，应逐步实现煤气化，加强计量检测，合理分配能源，提高煤的利用率，研制推广能达到环保要求的节能产品。

消烟除尘在近几年取得了很大成绩，改造了一大批手烧锅炉、工业窑炉、食堂炉灶，采用集中供热、能源二次转化，充分利用小型水力发电、风能、太阳能、地热能，推广

沼气，这些都是控制大气污染的有效措施。

第一节 消烟除尘的含义

消烟除尘有两方面的含义：既要消除黑烟，又要去除尘粒，使它们的排放量达到法规指标。烟是煤中挥发分不完全燃烧的产物，是极细炭粒形成的固态凝聚性气溶胶。尘是固态物质被粉碎或振动时所产生的悬浮于空气中的固态颗粒。直径大于10微米的颗粒叫降尘，它可以很快地在重力作用下降落到地面。直径小于10微米的颗粒叫飘尘，它可以几小时甚至几年飘浮于大气中。

烟尘是黑烟和尘粒的混合物，烟也是尘的一种类型，但尘不一定就是烟。煤直接燃烧后排除的燃烧产物一般都叫烟尘，粉碎、振动排放的尘粒，以及其它类型的尘粒叫粉尘。

烟尘与粉尘有不同的物理性能，烟尘中含有大量的炭的细粒，比重轻，导热率低，一般都以黑烟的形态存在，是碳的同素异性体。煤在燃烧过程中一旦生成黑烟，很难烧尽，鉴于烟尘与粉尘性质的差别，治理方式也有区别，消烟是以改变燃料的燃烧方式为主，为煤的燃烧提供最佳的燃烧条件，尽可能使煤中可燃物完全燃烧。这就需要消除形成烟的条件，或将烟消除在燃烧过程中。烟尘中的粉尘、或其它方式产生的粉尘，可以通过各种除尘手段去除。

近年来，有的对消烟除尘的概念理解不深，对一些手烧锅炉，企图仅仅通过安装除尘器的办法，达到消除黑烟的目的，实际上是不可能的。

第二节 黑烟是怎样形成的

人工投煤的燃烧炉，燃烧过程具有周期性，两次加煤的时间间隔作为一个周期，在这个周期内，煤先吸收炉膛的温度，属于加热干燥的阶段，温度升到 300°C 以后，煤中挥发物分解，开始进入干馏期，煤进入干馏期后，开始着火燃烧，干馏后的煤叫残焦。煤在燃烧过程中波动很大，加煤时，煤很快达到挥发分离解的温度，离解可燃性气体的主要成分是甲烷，这个期间的时间很短，所需的空气量也最多，接着进入固定碳燃烧阶段，这时所需空气量最小。手烧炉的送风一般都不能按实际的需要进行调整，因此，风量有时不足，有时过剩。

图1—1表示一个燃烧周期空气需要量的变化曲线。横坐标表示一个加煤周期的时间变化，纵坐标表示空气量。在一个加煤周期中，煤层由于不断燃烧而逐渐减薄，煤层对空气的阻力减小，空气进入炉内的量便不断增加，这个空气量用曲线ab表示。燃烧需要的空

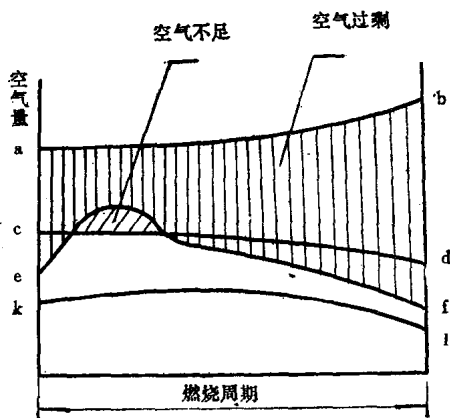


图 1—1

气量用曲线ef表示。从曲线ef可以看出，刚投煤时空气需要量小，随着煤中挥发分的析出，空气的需要量迅速增加，以后又逐渐减小。曲线cd表示能供燃烧利用的空气。由于炉内布煤不均，炉内各点的燃烧状况不一致，各部分的温度和阻力都不相同，这些因素均使得进入炉内的空气只能一部分被利用，特别是在一个加煤周期的最初阶段，虽然进入炉内的空气过剩，而实际被利用的又不足。kl表示固定炭燃烧所需的空气量，在煤中挥发分析出后，进入固定炭燃烧阶段，这时能被利用的空气量过剩。当空气不足时，煤中挥发分不能完全燃烧，生成炭的微粒随烟气排出，这种炭的微粒又叫炭黑，就是可见的黑烟。如果煤的挥发分高，加煤时冒出的黑烟就越浓，当黑烟逐渐减淡直至不冒黑烟的一定时间后，又得继续加煤，这时，便重复出现第一个燃烧过程，所以冒黑烟也是周期性的。

司炉工为了减少冒出的黑烟，往往缩短投煤周期，减少每次投煤量，并尽可能做到布煤均匀，这个办法虽然可行，但要增加劳动强度，仍不能消除黑烟。

第三节 烟尘污染的危害

空气是一种气体混合物，其中氮占78%、氧占21%、氩约1%、二氧化碳0.03%，此外还有少量的气体元素（氦、氖、甲烷、氡等）和水蒸气。

由于空气受到污染，实际成分要复杂得多。烟尘污染是空气污染的重要组成部分，烟尘中的尘粒、二氧化硫、氮氧化物造成的危害尤其严重。研究资料表明，锅炉烟气中存

在一种致癌性很强的碳氢化合物，据国外统计，因这种碳氢化合物造成的肺癌死亡率，近年来增加了3~4倍，受烟尘污染的大气经呼吸系统进入人体，引起多种疾病或使病情恶化，如慢性支气管炎、哮喘和肺气肿、尘肺病。在工业较为集中的城市，因大气污染使呼吸道疾病增加了9倍。

在某工业区，由于大量排放烟尘，使厂区上空的含尘浓度达到 $1800\text{mg}/\text{m}^3$ ，每日降尘量达 $234\text{t}/\text{km}^2$ ，按国标 $6\sim 8\text{e}/\text{d}\cdot\text{km}^2$ 计算，超过30倍。某地区有工业锅炉13,000余台，烟囱12,000多个，每年锅炉用煤800万吨，一年从烟囱排出的烟尘达50~60万吨。大气中随着烟尘浓度的增加，大地的光照度下降，紫外线减弱，也影响农作物的正常生长。烟气中二氧化硫弥散在空中，形成硫酸雾，使一些公共设施，如桥梁、金属结构件等受到严重腐蚀。大面积的农作物受到损失。酸雨已成为世界的一大公害。在我国西南地区，煤硫含量高，酸雨造成的危害更大。

第四节 消烟除尘是防治大气污染 节约能源的有效措施

据有关资料介绍，煤在燃烧过程中排放的烟尘及有害气体数量列表1—1。

燃烧一吨煤烟气中的有害物重量

（二氧化硫排放量的计算是按煤含硫量2%为依据，燃烧时全部转变为二氧化硫）

烟尘不仅污染大气，而且还直接降低了煤的利用率，因为黑烟是煤中挥发分裂解的产物。某市工业锅炉年耗煤量近

表 1 — 1

污染物 kg 炉子 类别	二 氧	一 氧	二 氧	碳 氢	粉 尘	
	化 硫	化 碳	化 氮	化 合物	一般情况	燃烧好的
电厂锅炉	40	0.23	9	0.1	11	3
工业锅炉	40	1.4	9	0.5	11	6
取 暖 炉	40	22.7	3.6	5	11	9

5 万吨，约占全市煤炭消耗量的三分之一，如果能节约用煤 10%，一年就能节煤 5 万吨。在更新、改造一批耗煤高的锅炉的基础上，再加强管理，将热效率提高到 65% 以上是完全可能的。对食堂炉灶，家用煤炉进行小改小革，比如用型煤、上点火蜂窝煤都是可行的。很多改造后的锅炉，工业窑炉及加热炉热效率都达到 65% 以上，烟尘排放也达到要求。

烟尘污染与节省能源十分密切，两者存在着内在的转化因素，可以说，防治烟尘污染是改善大气质量和节约能源的有力措施。

防治烟尘污染的手段，主要是改进燃烧方式和增加除尘设施，使烟尘中的可燃成分在炉膛内充分燃烧，其次是采取适当的除尘措施。改进燃烧方式与安装除尘设备，两者不能相互代替，应结合考虑。

改进燃烧方式应因地制宜，改进燃烧的方法很多，如链条炉排，往复炉排，煤气化燃烧、通二次风、反烧、下饲燃烧，推板顶升、半煤气炉等。除尘方式有重力沉降，离心

式、过滤式、静电除尘等。

第五节 手烧工业锅炉的技术改造

工业锅炉是生产上和生活上的热力设备，用途广泛。锅炉类型很多，其基本原理都是将燃料的化学能经过燃烧转变成热能，热再以辐射、传导、对流的方式经金属管壁传给水，将水升温，如果水温达到沸点，则汽化成蒸汽。锅炉水温在常压下不超过饱和温度通常叫热水锅炉。这类锅炉在北方较多，主要用于采暖。超过饱和温度的水，汽化成蒸汽叫蒸汽锅炉，工业锅炉都是蒸汽锅炉。工业锅炉既可用于生产，又可用于生活。锅炉性能常用蒸汽量和蒸汽压来表示。蒸汽量的单位以t/h表示，蒸汽量又叫出力，蒸汽压的单位是kg/cm²。蒸汽温度是压力的函数，如果已知蒸汽压，就能通过汽水性质表查出该压力的蒸汽温度。锅炉按压力分类为低、中和高压三种。25kg/cm²以下的锅炉是低压锅炉。手烧炉都是低压锅炉。锅炉包括燃料燃烧和热能转换两部分，燃烧部分有炉膛，进煤、出渣、进风、排烟等装置。热能转换部分有锅筒，对流受热管，辐射受热管，联箱，上升管，下降管，火管等装置。燃料分固体燃料，液体燃料和气体燃料。绝大多数锅炉都用煤作燃料。

全国工业锅炉约二十多万台，其中2 t/h以下的锅炉约占70~80%，这些锅炉在设计制造时，基本上是手工加煤，劳动强度大，出力率、热效率低，烟尘污染严重，锅炉房环境质量差。经能源和环保部门测试，锅炉出力约为额定出力的60%左右，烟尘浓度及黑度都超过规定的排放标准。

手烧锅炉已成为发展生产和提高环境质量的严重障碍，因此，锅炉技术改造不仅是节能的一项重要措施，也是保护环境的必由之路。

锅炉技术改造所遵循的原则是要做到经济上合理、技术先进、运行安全，消烟除尘效果好，操作及维护检修方便，外型美观。

一、经济上合理

经济上合理主要是指锅炉技术改造所耗费的资金不宜高于原设备的 $1/3$ ，改造后还要取得明显的经济效益，只有这两者的统一才有应用和推广的价值。七十年代初期曾大力推广土法改炉的经验，就是基本不改动原有的燃烧状况的小改小革，如在炉膛内砌挡火墙，码水纹花洞砖，燃烧室加中间隔墙，装二次风管等。这些措施在节省能源方面取得了一定的效果，但排烟浓度仍然很高，加煤时仍不能消除黑烟，运行中难以巩固和持久，要求司炉工更加精细操作，劳动强度仍然较大，虽然花钱少，改炉时间短，仍然难以推广。七十年代末期又将链条炉排用于快装锅炉和其它类型的卧式锅炉，经改造后的锅炉既节煤，又消烟，还减轻了工人的劳动强度，受到欢迎。如改造一台 2 t/h 的卧式快装锅炉要花两万多元，需时约一月，停产时间较长，改炉费用相当同种新产品 $1/2$ 以上，鉴于改炉的费用高，施工时间较长，也较难推广。

还有一些过于陈旧，使用时间长的锅炉，或无改造价值的，应该报废或更新。

二、技术先进

改炉尽可能实现机械化，争取一次成功，避免一改再改。改炉前，要考虑使用的煤种和实际需要，以及可能达到的出力以制定改炉方案。

要求改炉时，应注意以下几个技术环节：

(1) 掌握燃料的性能。锅炉主要用烟煤，要了解烟煤的热值，挥发分，含硫量，结焦性和灰熔点；

(2) 合理布置炉膛受热面和对流受热面，保持适当的炉膛容积；

(3) 根据具体情况设计炉排的有效面积；

(4) 根据煤种，炉膛容积，炉排有效面积设计前后拱；

(5) 进行炉排，炉膛，管道阻力计算，选配鼓风机，引风机，除尘器。

只要在这几方面能密切配合，才能取得较好的改炉效果。

三、运行安全

维护锅炉安全，是锅炉运行的首要问题，根据锅炉安全事故统计，绝大多数是违章操作引起的，也有部分是锅炉改造留下的后遗症，使锅炉带病运转，潜在的隐患往往造成十分严重的后果。这里特别要指明改炉过程中的安全事宜。

1. 只改变燃烧部分，不改动受压部位 不动锅炉本体，只改燃烧部分，在安全上一般不会导致严重的安全事故，在施工中主要注意以下几点：

(1) 施工中拆卸炉膛时，切不可使受压部位，如水冷壁管、联箱、锅筒，下降管受到损伤；

(2) 下降管不能裸露，以免受热辐射而破坏水循环；

(3) 人孔、手孔、烟箱、排污管是作为检修清洗锅炉时的管孔，它们的作用不能受任何部件阻碍；

(4) 要有直接观察整个炉膛燃烧状况的观察孔。

2. 改动受压部位 改动受压部位就是要改动锅炉本体，一般是增加锅炉受热面，增加辐射式对流受热面，空气预热器，省煤器等。有的锅炉加大受热面可以提高出力率，热效率，充分发挥锅炉的潜力。快装锅炉炉膛容积小，不宜增加受热面，K型锅炉炉膛高，空间容积大，增加受热面会取得更大的经济效益。

改动受压部位要按照锅炉技术要求的规范进行，要有锅炉改造的技术方案，总体图，零部件加工图，强度计算书，施工计划，施工图，以及竣工后的验收等。