

消烟除尘与环境保护

张天立 编



浙江大学出版社

256814

X51
Z25

消烟除尘与环境保护

张天立 编



浙江大学出版社

内 容 简 介

本书旨在使人们提高对烟尘污染危害的认识，从而加强法制观念，强化管理，采取适当的设备和技术措施，以求达到消除烟尘、保护环境的目的，达到社会、经济、环境三个效益的统一。全书共分五章：包括煤烟型污染的产生与危害；燃烧与消烟除尘的关系；除尘技术与设备；型煤固体清洁燃料；有关消烟除尘的环境保护法规，以及常用的一些数据资料。

本书可作为设计部门、高等院校、中等专业学校，尤其是环保专业师生的教学参考书，是炉、窑、灶操作人员的必备读物。

消烟除尘与环境保护

张天立 编

责任编辑 刘培华 刘 洁

• • •
浙江大学出版社出版
余杭三墩印刷厂印刷
浙江省新华书店发行
• • •

开本787×1092 1/32 印张：9.25 字数：192千

1986年8月第1版第1次印刷

印数：1——16000

统一书号：15337·024 定价：1.80元

序

我国是一个以煤炭为主要能源的发展中国家。长期来，由于对环境保护缺乏认识和应有的重视，致使工业及生活燃煤产生大量的二氧化硫、烟尘、一氧化碳及氮氧化物等污染物质，它们危及人们的身体健康，损害了动植物的生长，破坏生态，影响了自然环境，也使建筑物、商品等其他物品受到侵蚀而降低了其存在或出售的价值。因此，燃烧所造成的大气污染已成为我国环境污染的主要问题之一。

随着国民经济的发展，人民生活水平的提高，旅游事业的兴起，越来越多的人迫切要求有一个优美的自然环境，良好的环境质量和舒适、明快的生活与劳动场所。创造这样一个美好的境界，是我们每个环境保护工作者神圣的职责。

伴随全国创建无黑烟区工作的开展，环境保护管理部门、专业人员、宣传、教育、法律工作者以及设计人员、燃烧设备操作人员，对掌握控制大气污染、改善环境质量的知识和防治技术知识的要求日益迫切。本文作者意识到这方面的需求，多年来潜心收集了大气、能源、燃烧设备并排烟除尘装置等方面的大量资料，又凭藉多年参加排烟除尘、燃用设备改造的实践经验，结合治标和治本的几个方面，加以整理、总结融合而编写成此书。

现将本书介绍给有志于改善我国大气环境质量的广大读者，相信将会在环境保护工作中起启示的作用。

朱 文

编者的话

环境保护是我国的一项基本国策，各级领导与群众越来越重视和关心。尽管几年来我国在环境保护工作上取得了很大成就，但是随着工业发展，城市空气污染日益严重，煤烟型污染遍及南北方。为此全国各地正在创建与巩固无黑烟区，进行煤烟型污染综合治理。编者从工作中感到这方面的中等专业技术书籍不能满足人们急需，因此将自己自一九七三年以来从事消烟除尘、环境保护工作中的经验体会，以及总结了杭州市的环境保护系统、高等院校、能源协会、工厂、企业、部队及部分外地的环保、节能工作者和工程技术人员的宝贵经验，编写成此书。愿此书如“布谷催春”，对消烟除尘保护环境工作起到一定作用。

由于环境保护工作是一门综合性科学，涉及到技术、经济、法规、管理等方面，本书篇幅有限，尤其对国内外先进经验与动态掌握不够，加上编者经验和水平所限，时间仓促，因而内容不够全面，书中错误不足之处敬请广大读者批评指正。

本书承机械工业部第二设计院尹桐文高级工程师、浙江大学屠传经副教授、杭州市科技协会主席汤一麟高级工程师审阅并提出了宝贵意见，谨致谢忱。

本书在编印中得到浙江省环境保护局及杭州市环境保护局领导的大力支持；得到程越、强鹰、何小棣、李世慈、黄肇凯、张斌、魏凤璋等同志的帮助，在此表示深切的谢意。

编者

一九八五年十二月

目 录

序

编者的话

第一章 煤烟型污染的产生与危害	(1)
第一节 大气的结构和组成	(1)
第二节 影响大气污染的气象因子	(2)
第三节 大气污染	(11)
第四节 产生煤烟型污染的燃料——煤	(19)
第五节 烟与尘	(25)
第六节 燃烧与消烟除尘的关系	(45)
第二章 消烟技术与设备	(52)
第一节 常用锅炉的消烟技术及设备	(52)
第二节 E级热水锅炉与灶的消烟技术及设备	(75)
第三节 工业炉(窑)的消烟技术及设备	(100)
第四节 风机	(122)
第三章 除尘技术与设备	(137)
第一节 除尘器的分类与选择	(137)
第二节 除尘器选用中应注意的问题	(147)
第三节 除尘器的维护管理	(148)
第四节 锅炉常用的各类除尘器简介	(153)
第五节 工业炉(窑)常用除尘器简介	(182)
第六节 卸尘装置	(196)
第七节 国外除尘器	(201)
第四章 型煤固体清洁燃料	(205)
第一节 概 述	(205)

第二节	民用型煤	(207)
第三节	工业型煤	(210)
第四节	型煤的固硫剂和粘结剂	(218)
第五节	型煤的经济效益及供应方式	(220)
第五章	有关消烟除尘的环境保护法规	(222)
附 录		(271)

第一章 煤烟型污染的产生和危害

第一节 大气结构和组成

大气是自然环境中人类赖以生存必不可缺的物质。在地球周围由于地球吸引力而随地球旋转的大气层叫大气圈，大气圈内空气总重量约为60万亿吨。根据大气圈中大气组成的状况及大气在垂直高度上的温度变化，一般分为对流层、平流层、臭氧层、中间层及非均质层（图1-1）。

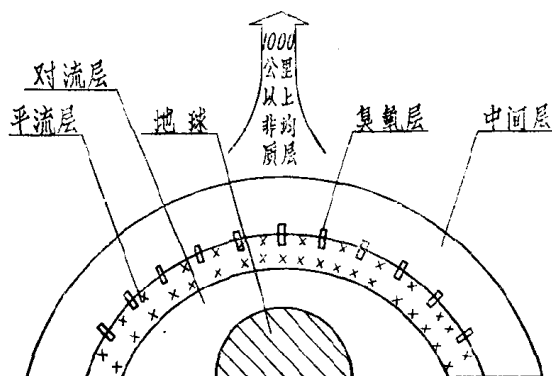


图 1-1

在这些层中，对流层是大气圈中最下面的一层，大气污染主要发生在这一层，尤其靠地面的1~2公里内更容易造成污染。对流层平均厚度为12公里，空气重量占大气总重量的95%左右，并含有一定量的水蒸气，造成适宜的温度，这对人和动植物的生存极为重要。这里的大气有强烈的对流运动，在正常情况下，温度随离地面高度的增加而降低。如果

出现温度随高度增加而升高的情况，就形成逆温层，这对污染物的稀释极为不利，易造成大气污染事件。

大气是一个多种气体的混合物，它的组成是很复杂的，大致氧占大气总体积的20.95%，氮占78.09%，氩占0.93%，还含有微量的氦、氖、氫、氙、氡等稀有气体。大气中除上述恒定的成分外，还含有二氧化碳和水蒸气。在通常情况下，大气中二氧化碳的含量为0.02~0.04%，水蒸气的含量在4%以下。以上述比例组成的气体，被视为纯净的空气。

第二节 影响大气污染的气象因素

在同一个地区，即使污染物的排放量不变，周围环境的污染效应也是不同的；有时对人和动植物造成严重危害，有时危害较轻。这是大气的稀释扩散能力在不同的气象条件下不相同的缘故。

影响大气扩散能力的因素有两个：一是气象的动力因子，一是气象的热力因子。

气象的动力因子，主要指风和湍流，风和湍流对污染物的稀释扩散起着决定性作用。

(一)风

空气的水平运动称为风。风在不同时刻有着相应的风向和风速。风在输送和扩散污染物方面起着重要作用。风向决定污染物迁移、运动的方向，风速决定污染物的迁移状况。一般说来，污染物在大气中的浓度与污染物的总排放量成正比，而与平均风速成反比。若风速增加一倍，则风向污染物浓度的降低将加快一倍。风速一般分成十二级(表1-1)。

表1-1

蒲氏风速分级表

风级	风	相当风速 (米/秒)	象 征
0	无风	0~0.2	炊烟垂直向上, 树叶不动
1	软风	0.3~1.5	风信不动, 烟能表示风向
2	轻风	1.6~3.3	脸部有感觉, 树叶微微发响, 风信开始转动
3	微风	3.4~5.4	树叶摇动不息, 旌旗飘展
4	和风	5.5~7.9	地面尘土、纸片飞扬, 树的小枝叶摇动
5	清风	8.0~10.7	小树摇动, 水面起波纹
6	强风	10.8~13.8	大树枝叶摇动, 电线呼呼发响
7	疾风	13.9~17.1	大树摇动, 步行困难, 举伞难
8	大风	17.2~20.7	树枝折断, 步行阻力很大
9	烈风	20.8~24.4	屋瓦吹动, 稍有破坏作用
10	狂风	24.5~28.4	树木连根拔起, 建筑物摧毁
11	暴风	28.5~32.6	破坏力严重, 多见于海上
12	飓风	>32.6	同 上

(二)湍流

风速时大时小称风的阵性。风向也不都是水平方向, 有时会上下左右摆动。风的这种不规则的阵性和摆动, 叫做大气湍流。大气湍流实际上是指大气作无规则运动的流动状态, 它是气象动力因子的主要因素。按湍流直径和烟柱(或烟团本身截面)直径的大小关系将湍流划分为三种尺度。当湍流的直径大于烟柱直径时, 叫均匀小尺度湍流; 当湍流的直径大于烟柱直径时叫均匀大尺度湍流; 当大小尺度同时出现时, 叫复合尺度湍流。湍流的尺度不同, 烟云的扩散状态也不相同(图 1-2)。

三种扩散方式, 以复合尺度湍流为最快(烟呈肾状), 大尺度湍流次之, 小尺度湍流最慢。由于湍流运动使烟团各部分得以充分混合, 因此进入大气的污染物, 经过湍流混合作用之后, 逐渐分散稀释, 这种现象叫做大气扩散。

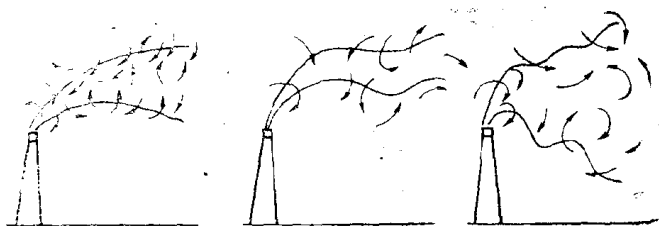


图 1-2 各种湍流作用下的烟云扩散

- (a) 均匀小尺度湍流作用下的烟云扩散 (水平方向直线运动)
 (b) 均匀大尺度湍流作用下的烟云扩散 (曲线运动, 呈长蛇状)
 (c) 复合尺度湍流作用下的烟云扩散 (形成曲流, 不断扩大)

气象的热力因子, 主要指大气的温度层结、气温的绝热变化以及大气的稳定度等, 这三者又相互影响。

(一) 温度层结

温度层结是指地球表面上方, 大气温度随高度而变化的情况, 或者说是指气温在垂直方向上的分布。它决定着大气的稳定程度, 而大气的稳定程度又影响着湍流的强度, 因而温度层结与大气污染状况密切相关。在整个对流层中, 高度每升高100米, 温度平均下降 0.65°C 。气温随高度的变化通常以气温垂直递减率 γ 表示。气温垂直递减率 γ 是指垂直方向上, 每升高100米气温的下降值。当 $\gamma > 0$ 时, 温度随高度增加而下降, 空气形成对流即湍流, 对污染物扩散有利。 γ 越大, 对流越快, 污染物扩散也越快。当 $\gamma = 0$ 时, 温度随高度增高而不变, 形成等温层, 空气没有垂直运动, 大气较稳定, 不利于污染物扩散。当 $\gamma < 0$ 时, 温度随高度增加而增加, 这时大气层的温度分布与正常情况相反, 称为温度逆增, 简称逆温, 形成逆温层。此时大气处于稳定状态, 湍流被抑制, 因而污染物极难扩散。因为逆温出现高度不同, 分为接地逆温层和上层逆温层。

根据逆温发生的原因，可分为辐射性逆温、沉降性逆温、湍流性逆温、锋面逆温和地形逆温五种。

1. 辐射性逆温(图1-3)

一般说来，是由于在晴朗无风的夜间，地面强烈的辐射，使地面和近地面的大气层迅速降温，而上层大气降温较慢，因而出现上暖下冷的逆温现象，这种逆温称为辐射性逆温，它发生在地

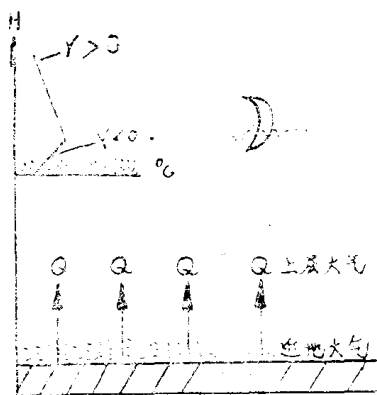


图1-3 辐射性逆温示意图

Q—热量； t —摄氏温度；
H—大气层高度

面层，所以也叫接地逆温层。逆温时的临界风速为2.5米/秒，日出后地面受太阳的辐射，使地面和近地面大气层增温，逆温渐渐消失。辐射逆温全年均可出现，它的厚度可从几米到二、三百米。

2. 沉降性逆温(图1-4)

这种逆温是由于在近地面上方有大规模下降的高压气团向周围低气压区流动而形成的，这种沉降性逆温多发生于亚热带反气旋区。

3. 湍流性逆温(图1-5)

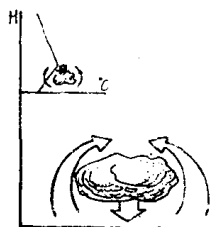


图1-4 沉降性逆温示意图



图1-5 湍流性逆温示意图

这种逆温是由于朝山坡方向吹去的大气沿着山坡上升，在这气流上升处，气体温度比周围高而形成的。

4. 锋面逆温(图 1-6)

这是由于冷、热两种气体相遇，暖气团位于冷气团之上而形成的逆温。

5. 地形逆温(图 1-7)

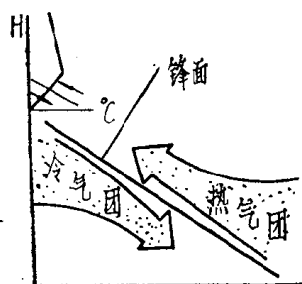


图 1-6 锋面逆温示意图

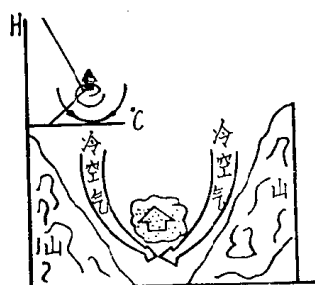


图 1-7 地形逆温示意图

这种逆温是由于局部地区的地形而形成的，比如在盆地或谷地中，当日落，进入夜晚时，由于山坡散热较快，使坡面上的大气温度比谷和盆地中温度较高的暖气流被抬升，这就形成了上部气温比底部气温高的逆温。

逆温条件下，污染物扩散极难，常加重大气污染的危害。

(二) 气温的绝热变化

绝热变化系指某一系统在进行状态变化中，与外界不进行热量的交换时的温度变化。烟囱排放的烟云可以近似地认为不与外界进行热交换。干绝热减温率表示没有水分(或水分未达到饱和状态)的干燥气团在垂直方向上作绝热上升(或下降)时，气温绝热变化的规律。每上升(或下降)100米，其温度降低(或升高)约 1°C ，这个数值被称为干绝热减温率。

常用 $\gamma_d = 1^\circ\text{C}/100\text{米}$ 来表示。

(三) 大气的稳定度与气温垂直递减率 γ 和干绝热减温率 γ_d 的关系。

大气是否稳定，不但取决于 γ 与 γ_d 之比，即取决于气象热力因子，还取决于风速和大气湍流即气象动力因子，如图 1-8 所示。

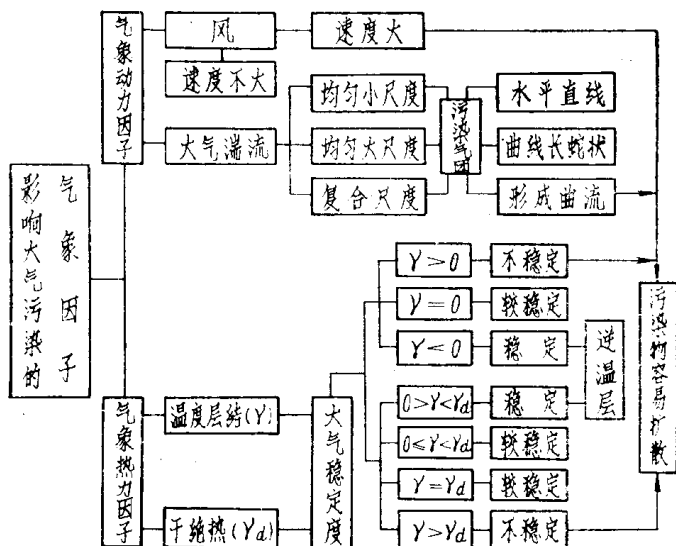


图 1-8 影响大气污染的气象因子

关于气象热力因子对污染物扩散的影响，可以这样判断：
 当 $\gamma > 0$ ，且 $\gamma > \gamma_d$ ，则大气不稳定，污染物容易扩散；
 当 $0 \leq \gamma \leq \gamma_d$ ，则大气较稳定，污染物不容易扩散；
 当 $\gamma < 0$ ，（ γ 当然小于 γ_d ），则大气很稳定，出现逆温层，污染物不能扩散。

在近地面处，大气垂直稳定度可简单用下法判断：

当 $\gamma > 0$ 时，即大气的垂直温度随高度而降低，大气为

不稳定。当 $\gamma < 0$ 时，即大气温度随高度增加，呈逆温，大气是稳定的，温度随高度增加而增加得越厉害，则大气越稳定。

当 $\gamma = 0$ 时，温度随高度变化不大，可认为大气处于中性状态。

可见，大气污染状况与大气的稳定度有着密切关系。

(四) 烟云的形状与污染趋向

这里以高架源连续排放烟云为例。烟云的形状由于受大气稳定度影响，可分为波浪型(蛇行型)、锥型、长带型(扇型)、上扬形(屋脊型)、下扩型(熏烟型)，如图1-9及表1-2所示。

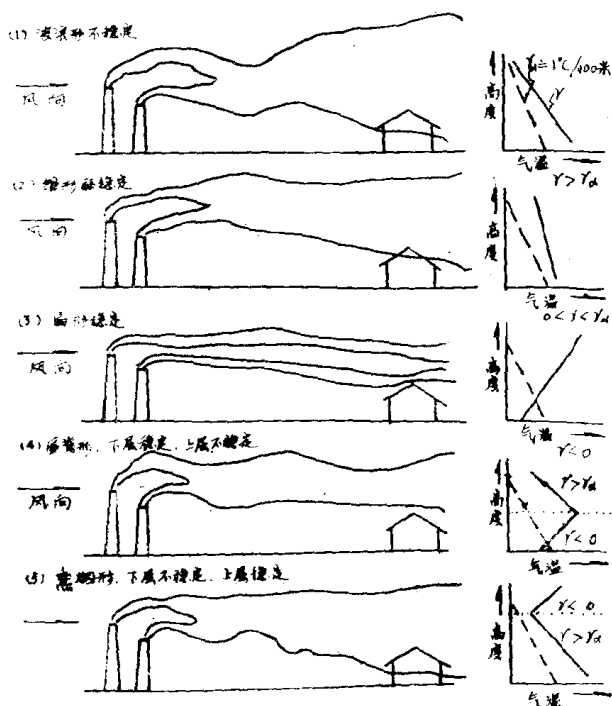


图1-9 高架源烟云形状

表 1-2

烟型及其发生原因和特点

烟型	特 点	大 气 状 况	发 生 条 件	同 风 端 关 系	地 面 污 染 状 况
(蛇行波浪型)	上下左右摆动大, 扩散快, 呈不规则的曲曲弯弯状	$\gamma > 0$, $\gamma > \gamma_d$ 对流强烈, 大气处于不稳定状态	夏日, 或晴中午	伴随较强的热扩散(对流), 微风	扩散速度快, 靠近污染源地区污染物落地浓度高, 对附近居民有害, 一般不发生烟雾事件
锥型	上下左右扩散几乎相同, 烟型规则, 扩散较波浪型弱	$\gamma > 0$, $\gamma \approx \gamma_d$ 大气处于中性或稳定状态	多云的白天, 强风的夜晚或冬季夜间, 多见于丘陵地带	高空风较大, 扩散主要靠热和机械作用	扩散速度较波浪型迟缓和, 落地浓度也比波浪型低, 但持续时间长
长带型 (扇型)	垂直方向(上下)扩散很少, 在水平方向(左右)缓慢扩散	$\gamma < 0$, $\gamma < \gamma_d$ 出现逆温层, 大气处于稳定状态	晴天夜间或早晨	微风, 几乎无湍流发生	烟可传送到很远的地方, 遇山或高大建筑物则集中不散, 所以在逆温层下的污染物浓度较大, 对该地区造成严重污染

续表 1-2

烟型	特点	大气状况	发生条件	同风湍关系	地面污染状况
上 (屋脊型) 场型	上层不稳定呈湍流扩散, 下层稳定	排出口上方: $\gamma > 0, \gamma > \gamma_d$ 大气不稳定。 排出口下方: $\gamma < 0, \gamma < \gamma_d$, 大气稳定, 出现逆温层	日落后发生。因地面有辐射逆温层, 大气稳定。高空受冷空气影响, 大气不稳定	排出口上方: 微风, 伴有湍流。 排出口下方: 几乎无风, 无湍流	如烟卤高度在不稳定层时, 烟气中污染物不向下扩散, 只向上方扩散, 这时对地面污染较小
下 (熏烟型) 扩散型	与屋脊型相反, 上层稳定, 烟型平直, 下层不稳定, 烟呈不规则扩散	排出口上方: $\gamma < 0, \gamma < \gamma_d$ 大气稳定。 排出口下方: $\gamma > 0, \gamma > \gamma_d$ 大气不稳定	日出之后, 地面低层空气被日照加热, 使逆温自下而上逐渐破坏, 但上部仍保持逆温	排出口上方: 不发生热扩散。 排出口下方: 有显著的热扩散, 风仅在两层之间	当烟卤高度不能达到上部稳定层时, 烟气好象被盖了盖住似的, 只能向下部扩散, 象烟熏一样直扑下面, 形成下风向处地面严重污染。这是最恶劣的气候条件