



全国高职高专教育“十一五”规划教材



大气污染控制 与设备运行

金文 主编
刘国华 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育“十一五”规划教材

大气污染控制与设备运行

金 文 主 编
刘国华 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书是全国高职高专教育“十一五”规划教材。

本书主要内容有大气污染成因及大气环境质量控制标准,燃料燃烧污染及其高空排放控制方法,颗粒物控制技术及其控制设备结构、设计选型及运行,气态污染物分离、净化的各种技术手段、主要控制设备、处理系统的工艺流程及运行管理,大气污染控制典型工艺流程、通风管道系统组成及设计;同时简要介绍了大气污染控制新技术。

本书的编写以培养学生工程能力为目的,突出高职高专教育实践性和应用性的特点,配有工程实例和技能训练,以加强实践教学环节。

本书可作为环境监测与治理技术及相关专业应用性、技能型人才培养各类教育教学用书,也可供从事大气污染控制的工程技术人员或相关工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大气污染控制与设备运行/金文主编. —北京:高等教育出版社,2007.7

ISBN 978-7-04-021755-1

I. 大… II. 金… III. 空气污染控制-高等学校:技术学校-教材 IV. X510.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 070084 号

策划编辑	张庆波	责任编辑	谭燕	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	王艳红	责任校对	胡晓琪	责任印制	张泽业		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京晨光印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 20.5
字 数 500 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 7 月第 1 版
印 次 2007 年 7 月第 1 次印刷
定 价 25.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21755-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@ hep. com. cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

高职高专教育环境保护类专业教材 指导和编审委员会

指导委员会

教育部高等学校高职高专环保与气象类专业教学指导委员会

编审委员会

主任委员

林振山 (环保与气象类专业教学指导委员会)

副主任委员

李元 (环保与气象类专业教学指导委员会)

王国祥 (环保与气象类专业教学指导委员会)

王立新 (中国环境管理干部学院)

孙蕾 (长沙环境保护职业技术学院)

委员

陈文	傅刚	高翔	关荐伊	倪才英	孙即霖	相会强
薛巧英	张宝军	陈喜红	高艳玲	耿世刚	郭正	何红升
金文	刘海春	石光辉	王晓燕	王怀宇	王金梅	姚运先
钟福生	周凤霞	朱雅兰				

前 言

环境保护已成为世界性的课题,也日益影响着我国国民经济的可持续发展。我国是一个发展中国家,这就要求我国在经济迅速发展的同时,使环境保护技术紧跟国际水平。为了满足社会对环境专门人才的需求,特别是对具有从事大气环境保护工作的综合职业能力,并能够胜任生产、服务、技术和管理一线工作的高素质应用性人才的要求,必须加强高职教育层次的大气环境保护技术人才的培养。在教学内容上进行改革,强化职业能力培养,提高学生的专业素质,增强学生对职业的适应能力,缩短岗位距离,这些问题在本书规划中均做了精心安排。

大气污染控制是环境污染治理的一个重要领域,是高等院校环境类专业的一门重要的主干课程,实践性很强。现有的高职高专优秀教材大多侧重于大气污染控制技术方面。为了更好地适应高职高专教育培养应用性人才的任务需求,我们将大气污染控制原理和设备实际运行及应用实例有机地结合在一起,编写了《大气污染控制与设备运行》这本教材。

全书在编写过程中力求结构严谨、条理清晰。理论知识深入简出,通俗易懂,简化理论推导和计算,加强实际工程应用知识,注重培养学生分析和解决大气污染控制工程问题的能力。在内容编排上注重理论与实践、教学与应用的有机结合,专门增加技能训练部分,注重培养学生工程能力,满足高职高专教育实践性和应用性的特点,帮助实施本课程的实践教学环节。

本书由金文任主编,刘国华任副主编,贵阳市环境监测中心站副站长叶晓云任主审。参加编写的人员有河南机电高等专科学校王振艳(第一章)和刘国华(第七章)、邢台职业技术学院张海臣(第二章)、西安航空技术高等专科学校金文(第三章)和逯红杰(第八章)、河北职业技术学院马东祝和河北科技大学蒲恩奇(第四章)、河南工程学院安刚(第五、六章)。

本书在编写过程中得到了相关环境保护部门和有关专家的大力协助,参考了国内外的一些有关著作,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中如有不妥和错误之处,恳请批评指正。

编者

2007年2月于西安

目 录

第1章 绪论	1
1.1 大气基本常识	1
1.2 大气污染	4
1.3 大气污染综合防治	12
1.4 大气环境质量控制标准	16
1.5 全球性大气环境问题	20
● 本章小结	23
● 学习思考	23
参考文献	24
第2章 燃烧与大气污染扩散	25
2.1 燃烧技术基础	25
2.2 影响大气污染物扩散的因素	36
2.3 烟气在大气中扩散的计算	44
2.4 烟囱高度设计及厂址选择	53
技能训练 烟囱的设计计算	59
● 本章小结	61
● 学习思考	61
参考文献	62
第3章 颗粒污染物控制技术	63
3.1 粉尘的性质	63
3.2 粉尘的粒径及其分布	68
3.3 除尘器的性能	75
3.4 除尘器的分类	82
3.5 除尘机理	83
技能训练1 粉尘真密度的测定	84
技能训练2 粉尘堆积密度的测定	86
技能训练3 离心沉降法测定粉尘粒径	86
技能训练4 沉降天平法测定粉尘粒径	88
技能训练5 环境中含尘浓度的测定	89
● 本章小结	92
● 学习思考	93
参考文献	94

第4章 颗粒污染物控制设备	95
4.1 机械式除尘器	95
4.2 湿式除尘器	107
工程实例 文丘里除尘器用于热电厂锅炉 烟气除尘	114
4.3 过滤式除尘器	116
4.4 电除尘器	125
工程案例 用静电除尘器治理水泥厂立窑 废气	138
4.5 除尘器的选择	140
技能训练 除尘器性能测定	148
● 本章小结	151
● 学习思考	152
参考文献	153
第5章 气态污染物的净化	154
5.1 吸收法净化气态污染物	154
5.2 吸附法净化气态污染物	161
5.3 催化法净化气态污染物	167
5.4 燃烧法净化气态污染物	170
5.5 冷凝法净化气态污染物	172
● 本章小结	174
● 学习思考	175
参考文献	175
第6章 气态污染物控制设备	176
6.1 吸收设备	176
6.2 吸附设备	191
6.3 冷凝设备	201
6.4 气固催化反应器	207
6.5 燃烧设备	212
技能训练 吸附法净化气体中的 氮氧化物	215
● 本章小结	219
● 学习思考	219



参考文献	220
第7章 大气污染控制典型工艺	221
7.1 锅炉除尘	221
7.2 烟气脱硫	229
工程实例1 石灰石-石膏法净化电厂 SO ₂ 烟气	246
工程实例2 旋转喷雾半干法净化电厂 SO ₂ 烟气	248
7.3 烟气脱硝	250
工程实例3 SCR 技术净化高硫煤锅炉氮 氧化物	259
7.4 汽车排气催化净化技术	260
技能训练 碱液吸收法净化废气中的 二氧化硫	263
● 本章小结	269
● 学习思考	269

参考文献	270
第8章 通风管道	271
8.1 概述	271
8.2 局部排风罩	273
8.3 通风系统的风口	284
8.4 通风管道及风机	285
8.5 通风系统的保护	297
技能训练 通风系统风压、风速、风量 的测定	298
● 本章小结	300
● 学习思考	301
参考文献	301
附录8-1 通风管道单位长度摩擦阻力 线算图	302
附录8-2 钢板矩形风管计算表	303
附录8-3 局部阻力系数	309



第 1 章

绪 论



知识目标:

- 了解大气组成与大气圈结构,掌握对流层和平流层的结构特点
- 掌握大气污染、大气污染类型、大气污染源的概念
- 了解主要大气污染物的危害和来源
- 了解国内外大气污染的现状和大气污染综合防治的主要内容
- 了解空气污染指数的概念
- 了解臭氧层破坏的原因,掌握温室效应的概念,理解酸雨的形成过程



能力目标:

- 针对某一大气污染事件,能指出大气污染的类型及主要污染物,并分析造成该污染的主要原因

大气是人类和其他生命体赖以生存的物质基础,是自然环境的重要组成部分。人类一刻也离不开大气,没有大气就没有地球上的生命,就没有生机勃勃的世界。但随着人类生产生活的增加,大量燃料燃烧、工业废气和汽车尾气大量排放,使大气环境质量日趋下降,大气污染问题日趋严重,直接影响到人体健康。本章主要介绍大气的基本常识、大气污染、主要的大气污染物、空气污染指数等知识,探讨国内外大气污染的现状和综合防治措施,并简单介绍一下大气环境控制质量标准。

1.1 大气基本常识

“大气”和“空气”从本质上来讲是一组同义词,所指的内容都是一样的。在环境保护中,对特定场所或区域,供人和动植物生存的气体称为“空气”;而以大区域或全球性的气流为研究对象时,则采用“大气”一词。

1.1.1 大气的组成

自然状态下的大气是由干洁的空气、水蒸气和各种悬浮固体杂质组成。干洁空气的主要成分是氮(N_2)、氧(O_2)、氩(Ar),三者约占大气总体积的99.96%,其他气体如二氧化碳(CO_2)、氖(Ne)、氦(He)、氪(Kr)、氢(H_2)、一氧化二氮(N_2O)、氙(Xe)、臭氧(O_3)等,仅占0.04%左右,详见表1-1。

表 1-1 干洁的空气组成

气体成分	相对分子质量	体积分数/%	气体成分	相对分子质量	体积分数/%
氮(N_2)	28.01	78.09	氪(Kr)	83.80	1.0×10^{-4}
氧(O_2)	32.00	20.95	氢(H_2)	2.02	0.5×10^{-4}
氩(Ar)	39.94	0.93	一氧化二氮(N_2O)	44.10	0.5×10^{-4}
二氧化碳(CO_2)	44.01	0.03	氙(Xe)	131.30	0.08×10^{-4}
氖(Ne)	20.18	1.81×10^{-3}	臭氧(O_3)	48.00	0.02×10^{-4}
氦(He)	4.00	5.24×10^{-4}	干空气		100

近地层大气主要由氮(N_2)、氧(O_2)和其他几种惰性气体构成,它们约占空气总质量的99.9%以上。除二氧化碳(CO_2)和臭氧(O_3)以外,其他干洁的空气组成在从地球表面向上至85~90 km厚度的大气层内是稳定的,这些气体组分含量几乎可以认为是不变的,称为大气的恒定组分。

大气中还有一部分气体,它们的含量随着地区、季节、气象以及人们生活和生产活动的变化而发生改变,称之为大气的可变组分。如二氧化碳、臭氧和水蒸气等,尤其是二氧化碳和臭氧,它们含量虽小,但是对地球大气的物理状况却有着极其重大的影响。它们能吸收来自地球表面的长波辐射,有效地阻止地球热量向外界空间辐射,从而使大气层变暖。二氧化碳主要来源于燃料燃烧和动物呼吸,它是产生温室效应的主要温室气体。目前,二氧化碳在人类活动影响下引起的含量剧增问题,正在作为一个重要的环境问题越来越被人们所重视。

大气中的水蒸气含量平均不到0.5%,主要来自地表的江、河、湖、海以及植物的蒸腾和潮湿表面的蒸发,并随着时间、地区和气象条件的变化差异很大。如在干旱的沙漠地带,其体积分数不足0.01%,甚至低于检测限,而在湿润的热带地区其体积分数能达到4%。大气中水蒸气的含量虽然说不是太大,但它却是云、雾、雨、霜、露等各种天气现象的主导因素,并且水蒸气和二氧化碳气体一样具有较强的吸收地球表面长波辐射的能力,所以对地面保温起着重要的作用。

悬浮于大气中的固体物质,主要来源于人类的活动以及地震、海啸、火山喷发、岩石风化等自然过程,如烟粒、盐粒、火山灰、尘埃等。它们多集中于大气底部,在大气中能充当水汽凝结的核心,引起天气变化。

1.1.2 大气(圈)的结构

在自然地理学中,把随着地球旋转的大气层叫做大气圈。大气圈与宇宙空间很难精确划分,通常把大气圈限定为从地球表面向上到1 200~1 400 km高度范围,1 400 km高度以外,由于气



体十分稀薄,认为是宇宙空间。

大气圈中大气的化学组分和物理性质都不是稳定的。它们在垂直于地球下垫面各个高度上有着不同的分布特点,根据气温随高度变化的特点,一般把大气圈分为五层,即对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层,如图 1-1 所示。

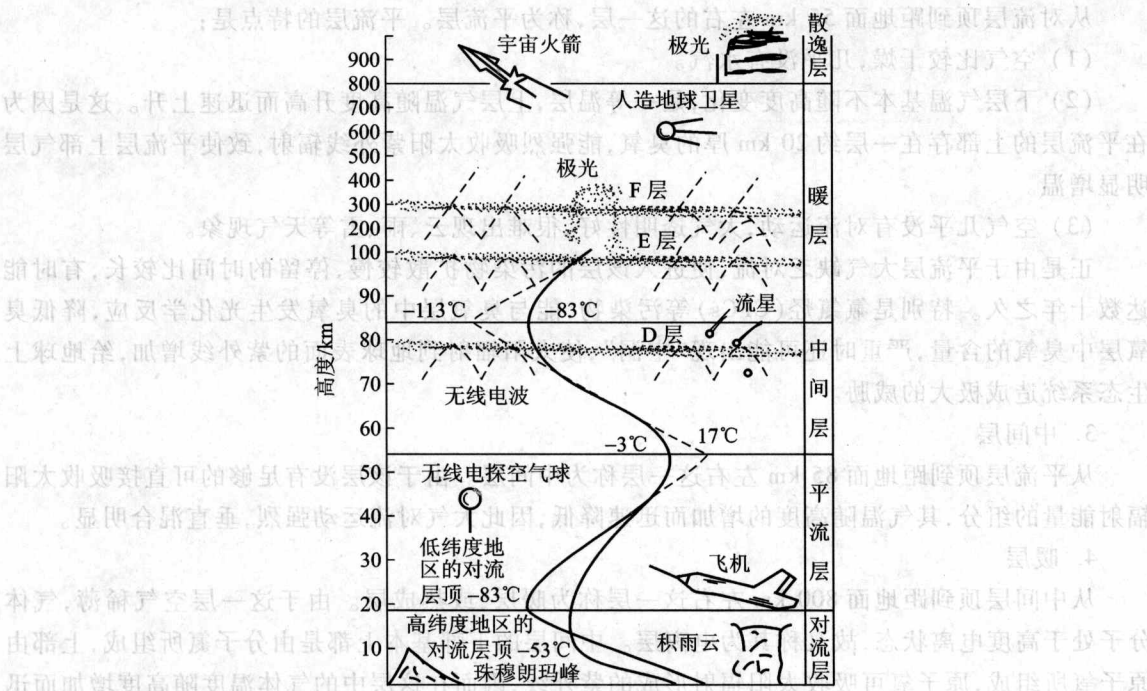


图 1-1 大气垂直方向的分层

(引自:蒋展鹏. 环境工程学. 2005)

1. 对流层

对流层的下界是地球表面,它是大气中最活跃、与人类关系最密切的一层。其厚度不稳定,随着季节和纬度的不同而变化,一般是冬季比较薄,夏季比较厚。在高纬度的两极地区平均厚度为 7~9 km,中纬度地区为 10~12 km,赤道低纬度地区能达到 17~18 km,通常认为其平均厚度为 12 km 左右。对流层有如下特点:

- (1) 天气现象复杂多变。对流层集中了整个大气质量的 $\frac{3}{4}$,几乎全部的水蒸气,云、雨、雪、冰雹等主要的天气过程都发生在这一层中,它是天气变化最复杂和对人类活动影响最大的一层。
- (2) 气温随高度增加而递减。每上升 100 m 降低 0.65°C。这是因为该层集中了大气中几乎全部的水蒸气和大量的悬浮固体杂质,它们吸收地面长波辐射的能力强,主要依靠地面的长波辐射加热,近地面空气受热较多,远地面的空气受热较少,因此高度越高,气温越低。
- (3) 空气对流运动显著。因为该层中热量绝大部分来自地面,温度上低下高,差异大,冷热空气发生垂直对流。又由于地面有海陆之分,昼夜之别,以及纬度高低之差,因而不同的地区,温度也就有差别,从而形成了空气水平方向的对流。

(4) 温度、湿度水平方向分布不均匀。

在对流层中,大气直接与地面接触,水蒸气、尘埃、微生物以及人类活动产生的有毒物质能够直接进入其中,故该层中除了空气的对流运动显著外,化学过程也十分活跃,容易发生大气污染。

2. 平流层

从对流层顶到距地面 55 km 左右的这一层,称为平流层。平流层的特点是:

(1) 空气比较干燥,几乎没有水汽。

(2) 下层气温基本不随高度变化,是一等温层,上层气温随高度升高而迅速上升。这是因为在平流层的上部存在一层约 20 km 厚的臭氧,能强烈吸收太阳紫外线辐射,致使平流层上部气层明显增温。

(3) 空气几乎没有对流运动,大气透明性好,很难出现云、雨、雪等天气现象。

正是由于平流层大气缺乏对流,使进入该层的污染物扩散较慢,停留的时间比较长,有时能达数十年之久。特别是氟氯烃(CFCs)等污染物,能与臭氧层中的臭氧发生光化学反应,降低臭氧层中臭氧的含量,严重时还可能出现“空洞”,使太阳辐射到地球表面的紫外线增加,给地球上生态系统造成极大的威胁。

3. 中间层

从平流层顶到距地面 85 km 左右这一层称为中间层。由于该层没有足够的可直接吸收太阳辐射能量的组分,其气温随高度的增加而迅速降低,因此大气对流运动强烈,垂直混合明显。

4. 暖层

从中间层顶到距地面 800 km 左右这一层称为暖层,或热成层。由于这一层空气稀薄,气体分子处于高度电离状态,故又称其为电离层。中间层的下部基本上都是由分子氮所组成,上部由原子氧所组成,原子氧可吸收太阳辐射形成的紫外线,因而在这层中的气体温度随高度增加而迅速上升。

5. 散逸层

散逸层也称外层,处于距地面 800 km 以外的范围,是大气圈的最外层。该层空气极为稀薄,密度几乎与太空密度相同,空气粒子运动速度极高,可以摆脱地球引力逸散到太空中去,是大气圈逐步过渡到星际空间的大气层。

1.2 大气污染

1.2.1 大气污染的概念及来源

1.2.1.1 大气污染的概念

所谓大气污染,通常是指由于人类活动和自然过程引起某些物质进入大气中,呈现出足够的浓度,达到了足够的时间,并因此危害了人体的健康生活,或危害了环境的现象。

这里所讲的人类活动,也就是引起大气污染的人为因素,包括各种生活活动和生产活动,如做饭、取暖、燃料燃烧、工业生产、交通运输、核试验等。发生在 20 世纪震惊世界的八大公害事件中,有五起是大气污染问题,而这五起污染事件全部都是因为人类在生产活动中通过废气或其他途径向大气排放的污染物质,在大气中累积到了一定的程度,超过了大气环境的自净能力而造成



的(如表 1-2 所示)。

表 1-2 20 世纪震惊世界的公害事件

名称	地点	时间	发生原因	症状及后果
马斯河谷 烟雾事件	比利时 马斯河 谷	1930 年 12 月 3—5 日	工厂集中排放大量的 SO_2 、 SO_3 等有害气体和烟尘;天气反常 出现了逆温	患者胸痛、咳嗽、呼吸困难,一周内有 60 多人死亡
多诺拉烟 雾事件	美国多 诺拉镇	1948 年 10 月 26—31 日	硫酸厂、炼锌厂、钢铁厂排放 SO_2 和明显尘粒;天气反常出现 了逆温,持续有雾	患者眼痛、胸闷、腹泻、呕吐,近一半人 数受害,17 人死亡
伦敦烟雾 事件	英国伦 敦	1952 年 12 月 5—8 日	耗煤量多,大气中煤烟、 SO_2 、 Fe_2O_3 、粉尘浓度高;适遇逆温 和大雾天气	很多人患呼吸道系统病症,4 天内死 亡人数比往年同期多 4 000 人,后又连 续发生 3 次
洛杉矶光 化学烟雾 事件	美国洛 杉矶	1936 年起至 20 世纪 50 年代	汽车尾气中的氮氧化物、碳氢 化合物、 CO 、 Pb 等在紫外线作 用下产生光化学烟雾	刺激眼、喉、鼻,引起眼病、喉头炎、头 痛,仅 1952 年 12 月的一次烟雾中 65 岁以上的老人死亡 400 人
四日市哮 喘事件	日本四 日市	1961 年	石油化工厂排放的 SO_2 和粉尘 数量大,并含有大量重金属 粒子	引发支气管炎、支气管哮喘、肺气肿, 患者 6000 多人,死亡 10 多人

所谓的自然过程,亦即大气污染的自然因素,包括火山爆发、山林火灾、海啸、土壤和岩石风化以及大气圈的空气运动等自然现象。一般来说,自然过程所造成的大气污染,经过一段时间后能够通过自然环境本身的物理、化学和生物机能自动消除,从而使大气环境得到恢复。因此人类的活动才是造成大气污染最主要的原因。

按照影响范围,大气污染可分为四种类型:

(1) 局部地区污染:由某个污染源所造成的小范围的污染,如某一个火电厂排放的含硫烟气和粉尘,对其附近小范围区域造成的大气污染。

(2) 地区性污染:影响范围涉及一个地区,如某个工业区或某一个城市的大气污染。

(3) 广域性污染:影响范围超过地区性污染,如长江以南地区的酸雨地带,是广域性硫氧化物大气污染所致。

(4) 全球性污染:涉及全球范围的大气污染,如大气中 CO_2 含量的升高对全球气候的影响。

1.2.1.2 大气污染物的来源

向大气排放有害物质或对大气环境产生有害影响的场所、设备和生产过程称为大气污染源。由于大气污染产生于人类的活动和自然过程,因此大气污染源可以分为人为污染源和天然污染源两大类。人为污染源是指由人类的生活活动和生产活动形成的污染源。天然污染源是指由自然原因向环境释放的污染物,例如火山喷发、森林火灾、飓风、海啸、土壤和岩石的风化及生物腐烂等。

由于人类活动是导致大气污染的主要原因,所以在大气污染控制工程中,主要研究对象是人为污染源。人为污染源主要来自以下四个方面。

1. 燃料燃烧

煤、石油、天然气等燃料的燃烧是向大气输送污染物的重要污染源。火力发电厂、钢铁厂、化工厂等工矿企业和各种工业窑炉的燃料燃烧,以及各种民用炉灶、取暖锅炉的燃料燃烧均向大气环境排放大量污染物。

燃烧排放的污染物组分与能源消费结构有密切关系。发达国家能源结构以石油为主,大气污染物主要是 CO 、 SO_2 、 NO_x 和有机化合物。我国的能源结构以燃煤为主,大气污染物主要是粉尘、 SO_2 、 NO_x 和 CO_2 等。目前,我国煤炭年产量在 $12 \times 10^8 \text{ t}$ 以上,预测 2010 年将达到 $18 \times 10^8 \text{ t}$,居世界第一位。随着煤炭消费的不断增长,燃煤排放的 SO_2 也不断增加,已连续多年超过 $2000 \times 10^4 \text{ t}$,致使我国酸雨和 SO_2 污染日趋严重。在我国,按造成污染严重程度的工业部门来分,其由高到低的顺序是火电厂、化工厂和冶炼厂。其中火电厂污染物(图 1-2)的排放量占全部工业大气污染物总排放量的 50% 左右,个别地区可能达到 90% 以上。煤直接燃烧所排放的烟尘是我国大气污染的一个重要特征。



图 1-2 火电厂排放的污染物

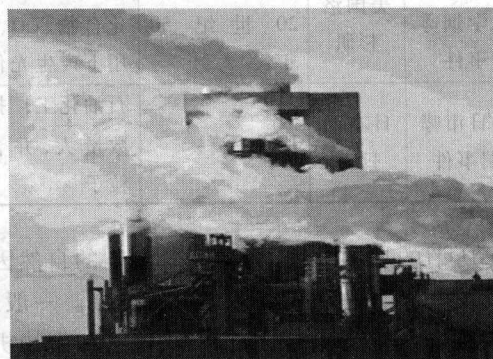


图 1-3 水泥厂排放的污染物

2. 工业生产过程

石油化工厂、有色金属冶炼厂、钢铁厂、焦化厂、水泥厂等各种类型的工业企业,在原材料制作成品的过程中,都会有大量的污染物质排入大气中。它们有的是原料,有的是产物,有的则是废气,其污染物种类多、数量大,是城市或工业区大气的主要污染源。如水泥企业主要为废气污染(图 1-3),尤以粉尘污染最为严重,此外还有 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 等污染。粉尘污染的主要来源包括石灰石的开采和破碎、运输、储存、包装、烘干、原料粉磨、熟料煅烧过程和冷却过程、煤粉制备过程 and 水泥粉磨过程等环节。近期国家出台的宏观调控政策已将水泥行业列为调控重点,主要限制那些生产工艺和设备落后、生产规模小、能源消耗大、环境污染严重的水泥企业。

工业生产过程排放的污染物组分与工业企业的性质有着密切的关系,表 1-3 给出了各类工业企业向大气排放的主要污染物质。

3. 交通运输

汽车、飞机、火车和轮船等现代化交通工具排放的尾气污染物,主要有碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物、含铅化合物、苯并[a]芘等,是造成大气污染的重要来源。它们在阳光的照射下,有的还可以发生光化学反应,生成光化学烟雾,严重影响人类健康。

表 1-3 各类工业企业向大气排放的主要污染物质

工业部门	企业	排放的主要大气污染物质
电力	火力发电厂	烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、苯
	核电站	放射性尘埃
冶金	钢铁厂	烟尘、二氧化硫、一氧化碳、氧化铁和氧化钙粉尘、锰尘
	炼焦厂	烟尘、二氧化硫、一氧化碳、硫化氢、苯、酚、萘
	有色金属冶炼厂	烟尘(含各种重金属,如铅、锌、镉等);二氧化硫;汞蒸气
化工	石油化工厂	二氧化硫、硫化氢、氰化物、氮氧化物、烃类
	氮肥厂	烟尘、氮氧化物、一氧化碳、氨、硫酸气溶胶
	磷肥厂	烟尘、氟化氢、四氟化硅、硫酸气溶胶
	硫酸厂	二氧化硫、氮氧化物、砷、硫酸气溶胶
	氯碱厂	氯气、氯化氢、汞蒸气
	化学纤维厂	烟尘、硫化氢、二氧化碳、氨、甲醇、丙酮、二氯甲苯
	合成橡胶厂	丁间二烯、苯乙烯、聚乙烯、异戊二烯、丙烯腈
	农药厂	砷、汞、氯、农药
	水晶石厂	氟化氢
	染料厂	二氧化硫、氮氧化物
建材	水泥厂	粉尘、二氧化硫、二氧化碳、氮氧化物
	石棉加工厂	石棉粉尘
	砖瓦窑厂	烟尘、二氧化硫、一氧化碳
机械	机械加工厂	烟尘
轻工	造纸厂	烟尘、硫醇、硫化氢、二氧化硫
	灯泡厂	烟尘、汞

自 20 世纪 80 年代以来,在经济增长的推动下,我国公路交通事业迅速发展,在很多大城市汽车尾气污染已成为主要的大气污染源之一。

4. 农业活动

农业作为人类经济活动的第一产业,对环境必然产生一定的影响。农药及化肥的使用,对提高农业产量起着重大的作用,但也给环境带来了诸多不利影响,致使施用农药和化肥的农业活动成为大气的重要污染源。另外农业活动(如水稻种植、养殖等)中温室气体的排放,浸水水稻田释放大量的甲烷气等,也潜在影响气候变化。

以上是根据污染物产生的类型对人为污染源的划分,主要适用于区域大气环境质量评价,也是目前最普遍的分类方法。此外,人为污染源还可以按以下方法进行分类。

(1) 根据污染源存在的形式分为固定污染源和流动污染源:① 固定污染源:位置固定,燃料

燃烧、工业生产都属于固定污染源。② 流动污染源:位置可以移动,在移动过程中排放污染物,如交通运输污染源。

(2) 根据污染源的位置划分点源、线源和面源:① 点源:呈点状排放污染物的污染源,如某个烟囱。② 线源:呈线状排放污染物的污染源,如移动汽车在一定街道上造成的污染。③ 面源:在一定区域内多个污染源所造成的污染,可视为面源。

(3) 根据污染物的排放高度分为高架源和地面源。

(4) 根据污染物排放的时间规律分为连续源、间断源和瞬时源。

1.2.2 大气污染物

1.2.2.1 大气污染物的概念及分类

大气污染物是指由于人类活动或自然过程排入大气,并对人类健康或环境产生有害影响的物质。大气污染物的种类繁多,目前常采取以下两种分类方法。

1. 根据污染物的存在状态划分

根据污染物的存在状态,可将其分为颗粒污染物和气态污染物。

(1) 颗粒污染物:颗粒污染物主要是指粒径小于 $200\ \mu\text{m}$ 的气溶胶污染物,是悬浮在大气中的固体、液体颗粒状物质(或称气溶胶)的总称。

① 按其来源及物理性质可分为粉尘、烟、飞灰、黑烟、雾。

粉尘(dust):粉尘是指悬浮于气体介质中的小固体粒子,受重力作用能够发生沉降,但在一段时间内能保持悬浮状态。通常是由固体物料在运输、破碎、筛分、研磨加工等机械过程中形成的。粉尘的粒径范围很广,在 $1\sim 200\ \mu\text{m}$ 之间。一般,把粒径小于 $75\ \mu\text{m}$ 的固体粒子的悬浮体称为粉尘,大于 $75\ \mu\text{m}$ 固体粒子则称为粗尘(grit)。此外,把粒径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的粉尘颗粒称为亚微粉尘(submicron dust)。

烟(fume):烟一般是指在燃料燃烧、高温熔融和化学反应中形成的飘浮于大气中的固体颗粒物,烟的粒径很小,一般为 $0.01\sim 1\ \mu\text{m}$ 左右。它包括因升华、凝结、焙烧、氧化等过程所形成的烟气,也包括燃料不完全燃烧所产生的固体粒子的气溶胶。

飞灰(flyash):飞灰是指随燃料燃烧产生的烟气飞出的分散较细的无机灰分。

黑烟(smoke):黑烟是指在燃料燃烧过程中产生的细小粒子在大气中飘浮出现的气溶胶现象,粒径约为 $0.05\sim 1\ \mu\text{m}$ 。黑烟里含有不完全燃烧的炭粒、煤烟尘和硫酸微粒,不包括水蒸气。通常是以林格曼图、黑烟的遮光率、污染的黑度或捕集沉降物的质量来定量表示黑烟的污染程度。

雾(fog):雾是气体中液滴悬浮体的总称,其粒径小于 $100\ \mu\text{m}$ 。在气象中指造成能见度小于 $1\ \text{km}$ 的小水滴悬浮体,而在工程中,雾一般泛指小液体粒子,如水雾、酸雾、油雾、漆雾等。

② 按其粒径大小可以分为总悬浮颗粒物、飘尘和降尘。

总悬浮颗粒物(TSP):总悬浮颗粒物是指悬浮在大气中粒径小于 $100\ \mu\text{m}$ 的各种颗粒物的总称。也是目前大气质量评价中的一个通用的重要污染指标,反映了大气质量的好坏程度。

飘尘(airborne particle):飘尘是指粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒状物质,能够在大气中长期飘浮。飘尘能够通过呼吸道被人吸入体内,对人体造成危害。由于它能在大气中长期飘浮,易将污染物带到很远的地方,导致污染范围扩大,同时在大气中还可以为化学反应提供反应载体。因此,飘

尘是从事大气污染控制工程工作者所注目的研究对象之一。

降尘(dustfall):降尘是指粒径大于 10 μm ,在重力作用下可以沉降于地面的颗粒状物质。

(2) 气态污染物:气体状态的污染物简称气态污染物,它是以分子状态存在的,大部分为无机气体。常见的有五大类:以二氧化硫为主的含硫化合物,以一氧化氮和二氧化氮为主的含氮化合物,以一氧化碳和二氧化碳为代表的碳氧化合物、碳氢化合物以及卤素化合物等,如表 1-4 所示。

表 1-4 主要气态污染物

气态污染物	物质名称	化学式或符号	发生源及相关行业
含硫化合物	二氧化硫	SO_2	煤、石油及其他含硫物质的燃烧,硫酸、冶金、造纸等行业
	三氧化硫	SO_3	煤、石油及其他含硫物质的燃烧,或 SO_2 转化,硫酸、有机化工行业
	硫化氢	H_2S	火山喷发、沼泽、污水、化工,石油炼制,煤气工业,纸浆生产行业
	硫酸	H_2SO_4	硫酸生产,肥料工业,无机化工
含氮化合物	一氧化氮	NO	土壤中细菌的作用及燃料高温燃烧,硝酸工业,燃料工业
	二氧化氮	NO_2	土壤中细菌的作用及燃料高温燃烧,硝酸工业,纸浆生产,甘油硝化
	一氧化二氮	N_2O	土壤中细菌的作用、燃料燃烧和化肥的施用
碳氧化合物	一氧化碳	CO	燃料不完全燃烧、森林火灾、生物腐烂
	二氧化碳	CO_2	燃料完全燃烧、动植物呼吸、火山喷发、海洋脱气
碳氢化合物	甲烷	CH_4	厌氧细菌发酵,发生在沼泽、泥塘、湿冻土地带
	非甲烷碳氢化合物	NMHC	自然界植物排放的非甲烷碳氢化合物(烷、烯烃及醛、醇类),汽油燃烧、焚烧炉的排放,有机溶剂的使用,石油工业,交通运输业
卤素化合物	氯化氢	HCl	盐酸工业,烧碱工业,塑料处理,金属表面清洗
	氟化氢	HF	化肥生产,电解铝,化工厂,玻璃工业

2. 根据形成过程划分

根据形成过程,可将大气污染物分为一次污染物和二次污染物。

一次污染物又称为原发污染物,是从污染源直接排放的原始污染物质,进入大气之后其物理性质和化学性质尚未发生改变。在大气污染控制工程中,二氧化硫、碳氧化物、氮氧化物、碳氢化合物等都是受到普遍重视的一次污染物。

二次污染物又称为继发性污染物,是指一次污染物之间或一次污染物与大气中已有组分之间经过化学或光化学反应而生成的新污染物质。这种污染物与一次污染物在物理化学性质上完全不同,对环境的危害通常要比一次污染物大。如目前备受人们所关注的光化学烟雾和硫酸烟

