



高等职业教育
化工类课程规划教材

大气污染控制技术

GAODENG ZHIYE JIAOYU
HUAGONGLEI KECHENG GUIHUA JIAOCAI

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主编 王继斌 刘建秋

大连理工大学出版社



高等职业教育化工类课程规划教材

大气污染控制技术

新世纪高等职业教育教材编审委员会组编

主 编 王继斌 刘建秋 副主编 张化凌 程显峰



DAQI WURAN KONGZHI JISHU

大连理工大学出版社

DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

© 大连理工大学出版社 2006

图书在版编目(CIP)数据

大气污染控制技术/王继斌,刘建秋主编.——大连:大连理工大学出版社,
2006.2

高等职业教育化工类课程规划教材

ISBN 7-5611-3065-1

I. 大… II. ①王… ②刘… III. 空气污染控制 IV. X510.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 141897 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp.cn URL: http://www.dulp.cn

大连业发印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:16.25 字数:360 千字

印数:1~5 000

2006 年 2 月第 1 版

2006 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑:张继兰 雷春雨

责任校对:徐 冰

封面设计:波 朗

定 价:24.00 元

我们已经进入了一个新的充满机遇与挑战的时代,我们已经跨入了21世纪的门槛。

20世纪与21世纪之交的中国,高等教育体制正经历着一场缓慢而深刻的革命,我们正在对传统的普通高等教育的培养目标与社会发展的现实需要不相适应的现状作历史性的反思与变革的尝试。

20世纪最后的几年里,高等职业教育的迅速崛起,是影响高等教育体制变革的一件大事。在短短的几年时间里,普通中专教育、普通高专教育全面转轨,以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量齐观的地步,其来势之迅猛,迫人深思。

无论是正在缓慢变革着的普通高等教育,还是迅速推进着的培养应用型人才的高等职业教育,都向我们提出了一个同样的严肃问题:中国的高等教育为谁服务,是为教育发展自身,还是为包括教育在内的大千社会?答案肯定而且惟一,那就是教育也置身其中的现实社会。

由此又引发出高等教育的目的问题。既然教育必须服务于社会,它就必须按照不同领域的社会需要来完成自己的教育过程。换言之,教育资源必须按照社会划分的各个专业(行业)领域(岗位群)的需要实施配置,这就是我们长期以来明乎其理而疏于力行的学以致用问题,这就是我们长期以来未能给予足够关注的教育目的问题。

如所周知,整个社会由其发展所需要的不同部门构成,包括公共管理部门如国家机构、基础建设部门如教育研究机构和各种实业部门如工业部门、商业部门,等等。每一个部门又可作更为具体的划分,直至同它所需要的各种专门人才相对应。教育如果不能按照实际需要完成各种专门人才培养的目标,就不能很好地完成社会分工所赋予它的使命,而教育作为社会分工的一种独立存在就应受到质疑(在经济条件下尤其如此)。可以断言,按照社会的各种不同需要培养各种直接有用人才,是教育体制变革的终极目的。

随着教育体制变革的进一步深入,高等院校的设置是否会同社会对人才类型的不同需要一一对应,我们姑且不



论。但高等教育走应用型人才培养的道路和走理论型(也是一种特殊应用)人才培养的道路,学生们根据自己的偏好各取所需,始终是一个理性运行的社会状态下高等教育正常发展的途径。

高等职业教育的崛起,既是高等教育体制变革的结果,也是高等教育体制变革的一个阶段性表征。它的进一步发展,必将极大地推进中国教育体制变革的进程。作为一种应用型人才培养的教育,高等职业教育从专科层次起步,进而高职本科教育、高职硕士教育、高职博士教育……当应用型人才培养的渠道贯通之时,也许就是我们迎接中国教育体制变革的成功之日。从这一意义上说,高等职业教育的崛起,正是在为必然会取得最后成功的教育体制变革奠基。

高职教育还刚刚开始自己发展道路的探索过程,它要全面达到应用型人才培养的正常理性发展状态,直至可以和现存的(同时也正处在变革分化过程中的)理论型人才培养的教育并驾齐驱,还需假以时日;还需要政府教育主管部门的大力推进,需要人才需求市场的进一步完善发育,尤其需要高职教学单位及其直接相关部门肯于做长期的坚忍不拔的努力。新世纪高等职业教育教材编审委员会就是全国 100 余所高职院校和出版单位组成的旨在以推动高职教材建设来推进高等职业教育这一变革过程的联盟共同体。

在宏观层面上,这个联盟始终会以推动高职教材的特色建设为己任,始终会从高职教学单位实际教学需要出发,以其对高职教育发展的前瞻性的总体把握,以其纵览全国高职教材市场需求的广阔视野,以其创新的理念与创新的组织形式,通过不断深化的教材建设过程,总结高职教学成果,探索高职教材建设规律。

在微观层面上,我们将充分依托众多高职院校联盟的互补优势和丰裕的人才资源优势,从每一个专业领域、每一种教材入手,突破传统的片面追求理论体系严整性的意识限制,努力凸现高职教育职业能力培养的本质特征,在不断构建特色教材建设体系的过程中,逐步形成自己的品牌优势。

新世纪高等职业教育教材编审委员会在推进高职教材建设事业的过程中,始终得到了各级教育主管部门以及各相关院校相关部门的热忱支持和积极参与,对此我们谨致深深谢意;也希望一切关注、参与高职教育发展的同道朋友,在共同推动高职教育发展、进而推动高等教育体制变革的进程中,和我们携手并肩,共同担负起这一具有开拓性挑战意义的历史重任。

新世纪高等职业教育教材编审委员会

2001 年 8 月 18 日

前 言

《大气污染控制技术》是新世纪高等职业教育教材编审委员会组编的化工类课程规划教材之一。

《大气污染控制技术》是高等职业技术学院环境工程专业的一门必修专业技术课程,是从事环境保护工作必须掌握的基本技术之一,在环境工程专业技术课中占有重要地位。本教材融系统性、科学性、完整性、实用性于一体,力求成为高等职业院校大气污染控制课程的精品教材。

《大气污染控制技术》一书涵盖了大部分大气污染物的基本治理技术理论,其内容力求从实用技术出发,对污染源状况、治理工艺、运行参数、设备选择、安装、调试、运行与维护管理等诸多方面做重点介绍。在讲解必备基础知识、基础理论、基本工艺和常用设备的基础上,注重实际操作技能的传授和训练,重点介绍技术实际应用技能和常见问题的解决;在典型事例的基础上,配备现场教学,注重培养学生分析和解决实际问题的综合能力,为从事环境污染治理、环境监测、环境管理和规划打下基础。

本教材是为适应近几年高等职业教育的发展态势和办学特点而编写的,体现规范、必需的原则,具有适时的先进性和较好的教学适用性,具有如下特点:

1. 突出高等职业技术教育特色。教材编写过程中注重对基本概念的讲解,理论知识以实际够用和必需为度,简明实用;编排上力争做到纲目清晰、条理分明。

2. 注重知识点间的相互联系,理论推导少,技能应用多。此外,部分章节后插列了工程应用实例,配备了现场教学,并辅以必需的思考题和习题,针对性强,有助于学生理解、消化课文内容,而且有利于读者检查并巩固所学知识,以便更好地满足教学需求。

3. 注重应用性和实用性。本教材对传统相关教材中烟气量计算、大气扩散模式、烟气抬升高度、烟囱的设计和厂址的选择等大型计算,以及一些不必要的公式推导进行了删减,增加了大气质量标准 and 污染物排放标准以及环保设备的选择、安装、调试、运行与维护管理等实用性内容,使本教材更适合高职教育的需求。



4. 针对性强。为适应高职高专毕业生就业市场的需求,专门对产生大气污染物主要行业的基本情况、生产工艺、大气污染物产生的工序、治理技术和设备进行了详细讲述,提高了教材内容的可读性和趣味性,使学生能更好地消化和吸收,并学以致用。

全书共分九章,包括概论,燃料与燃料燃烧,颗粒污染物控制技术,气态污染物净化技术,低浓度二氧化硫的净化,其他气态污染物的净化技术,集气罩、通风管道和通风机,主要污染行业废气治理技术,废气治理设备的安装、运行与维护管理。

本教材由中国环境管理干部学院王继斌、河北工业职业技术学院刘建秋任主编,辽宁石油化工大学职业技术学院张化凌、黑龙江工商职业技术学院程显峰任副主编。另外,辽宁石油化工大学邓书平、中国环境管理干部学院李国会和田敬毅、山东聊城大学唐永顺参与了本教材部分章节的编写。具体分工如下:王继斌(第3章3、4节,第8、9章),刘建秋(第4、5、6章),张化凌(第3章),程显峰(第1、2章),邓书平(第7章),李国会(第8章2、4节),田敬毅(第5章2、3节),唐永顺(第4章1、3节)。全书结构框架的确定及统稿工作由王继斌、刘建秋负责完成。齐齐哈尔大学应用技术学院张舵老师审阅了全书并提出了宝贵建议。

本书在编写过程中得到了天津大学郭静教授、秦皇岛环保局王宗赢、刘恩东高级工程师的热情支持与帮助,在此一并表示感谢。

尽管我们在探索本教材特色建设的突破方面做出许多努力,但由于编写时间仓促以及编者水平有限,不足之处在所难免,恳请各相关高职院校和读者在使用本教材的时候给予关注,并将改进意见及时反馈给我们,以便修订完善。

所有意见和建议请发往:gzjckfb@163.com

联系电话:0411-84706104 0411-84707492

编 者

2006年2月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 大气与大气污染	1
1.2 大气污染源和大气污染物	5
1.3 大气污染的主要危害	10
1.4 大气环境质量控制法规及标准	14
1.5 大气污染综合防治	18
第 2 章 燃料与燃料燃烧	22
2.1 燃料的分类	22
2.2 燃料的燃烧过程	25
2.3 燃烧设备简介	27
2.4 燃烧产生的污染物	32
2.5 现场教学	34
第 3 章 颗粒污染物控制技术	35
3.1 除尘技术基础	35
3.2 重力除尘器	42
3.3 过滤式除尘器	50
3.4 静电除尘器	63
3.5 湿式除尘器	71
3.6 除尘装置的选择	76
第 4 章 气态污染物净化技术	80
4.1 吸收法	80
4.2 吸附法	85
4.3 催化转化法	90
4.4 冷凝法	93
4.5 燃烧法	95
第 5 章 低浓度二氧化硫的净化	99
5.1 概述	99
5.2 石灰石/石灰法	101
5.3 间接石灰石/石灰法	107
5.4 钠碱法	110
5.5 氨法	115
第 6 章 其他气态污染物的净化技术	119
6.1 烟气中 NO_x 的净化技术	119
6.2 酸雾治理	126

6.3	有机废气的净化技术	128
6.4	恶臭的控制与治理	131
6.5	硫化氢治理技术	137
第7章	集气罩、通风管道和通风机	140
7.1	通风净化系统概述	140
7.2	集气罩	143
7.3	通风管道	146
7.4	通风机	151
7.5	通风系统的正常运行与防护	153
7.6	现场教学	157
第8章	主要污染行业废气治理技术	158
8.1	锅炉消烟除尘	158
8.2	钢铁工业废气治理	170
8.3	建材工业废气治理	182
8.4	电力工业废气治理	193
8.5	化学工业废气治理	199
8.6	现场教学	206
第9章	废气治理设备的安装、运行与维护管理	208
9.1	概述	208
9.2	固体颗粒污染物净化设备的安装、运行与维护管理	214
9.3	气态污染物治理设备的安装、运行与维护	225
9.4	废气净化配套设备的安装、运行与维护	226
9.5	现场教学	236
附录		237
参考文献		248

第 1 章

概 论

内 容 提 要

本章主要介绍大气及大气污染的基本知识。通过学习,了解大气、大气污染的基本概念,了解全球及我国存在的主要大气环境问题,了解大气污染的危害,掌握造成大气污染的污染源种类和污染物类型,依据大气污染控制的法律法规和标准,利用各种技术措施对大气污染进行综合防治。

1.1 大气与大气污染

1.1.1 大气和空气

按照国际标准化组织(ISO)对大气和空气的定义:大气是指环绕地球的全部空气的总和;环境空气是指人类、植物、动物和建筑物暴露于其中的室外空气。可见,大气与空气是作为同义词使用的,其区别仅在于大气所指的范围更大些,空气所指的范围相对小些。大气(或空气)污染控制技术的研究内容和范围,基本上都是环境空气的污染与防治,而且更侧重于和人类关系最密切的近地层空气,即研究大环境的大气物理学、大气气象学等,主要研究范围也是对流层空气,因此很难将大气与空气截然区分开。本书以后的论述中,无论使用大气或空气,皆主要指环境空气。

1.1.2 大气圈及其垂直结构

自然地理学家把受地心引力而随地球旋转的大气叫做大气圈。大气圈的厚度大约 1000 km。由于大气圈与宇宙空间很难确切划分,在大气物理学和污染气象学研究中,常把大气圈层上界定为 1200 ~ 1400 km。1400 km 以外,气体非常稀薄,就是宇宙空间了。

就整个地球来说,愈靠近核心,组成物质的密度就愈大。大气圈是地球的一部分,若与地球的固体部分相比较,密度要比地球的固体部分小得多,全部大气圈的质量大约为 5600 万亿吨,还不到地球总质量的百分之一;以大气圈的高层和低层相比较,高层的密度

比低层要小得多,而且越高越稀薄。假如把海平面上的空气密度作为1,那么在240 km的高空,大气密度只有它的一千万分之一;到了1600 km的高空就更稀薄了,只有它的一千万亿分之一。整个大气圈质量的90%都集中在高于海平面16 km以内的空间里。再往上去当升高到比海平面高出80 km的高度,大气圈质量的99.999%都集中在这个界限以下,而所剩无几的大气却占据了在这个界限以上的极大的空间。

探测结果表明,地球大气圈的顶部并没有明显的分界线,而是逐渐过渡到星际空间的。高层大气稀薄的程度虽说比人造的真空还要“空”,但是在那里确实还有气体的微粒存在,而且比星际空间的物质密度要大得多,然而,它们已不属于气体分子了,而是原子及原子再分裂而产生的粒子。以80~100 km的高度为界,在这个界限以下的大气,尽管有稠密稀薄的不同,但它们的成分大体是一致的,都是以氮和氧为主,这就是我们周围的空气。而在这个界限以上,到1000 km上下,就变得以氧为主了;再往上到2400 km上下,就以氮为主;再往上,则主要是氢;在3000 km以上,便稀薄得和星际空间的物质密度差不多了。

自地球表面向上,大气层延伸得很高,可到几千 km 的高空。根据人造卫星探测资料的推算,在2000~3000 km的高空,地球大气密度便达到每立方厘米一个微观粒子这一数值,和星际空间的密度非常相近,这样2000~3000 km的高空可以大致看作是地球大气的上界。

整个地球大气层像是一座高大的而又独特的“楼房”,按其成分、温度、密度等物理性质在垂直方向上的变化,世界气象组织把这座“楼”分为五层,自下而上依次是:对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。

对流层是紧贴地面的一层,它受地面的影响最大。因为地面附近的空气受热上升,而位于上面的冷空气下沉,这样就发生了对流运动,所以把这层叫做对流层。它的下界是地面,上界因纬度和季节而不同。据观测,在低纬度地区其上界为17~18 km;在中纬度地区为10~12 km;在高纬度地区仅为8~9 km。夏季的对流层厚度大于冬季。以南京为例,夏季的对流层厚度达17 km,而冬季只有11 km,冬夏厚度之差达6 km之多。

在对流层的顶部,直到高于海平面50~55 km的这一层,气流运动相当平衡,而且主要以水平运动为主,故称为平流层。

平流层之上,到高于海平面85 km高空的一层为中间层。这一层大气中,几乎没有臭氧,这就使来自太阳辐射的大量紫外线白白地穿过了这一层大气而未被吸收,所以,在这层大气里,气温随高度的增加而下降得很快,到顶部气温已下降到-83℃以下。由于下层气温比上层高,有利于空气的垂直对流运动,故又称之为高空对流层或上对流层。中间层顶部尚有水汽存在,可出现很薄且发光的“夜光云”,在夏季的夜晚,高纬度地区偶尔能见到这种银白色的夜光云。

从中间层顶部到高出海平面800 km的高空,称为暖(热)层,又叫电离层。这一层空气密度很小,在700 km厚的气层中,只含有大气总质量的0.5%。据探测,在120 km高空,声波已难以传播;270 km高空,大气密度只有地面的一百亿分之一,所以在这里即使在你耳边开大炮,也难听到什么声音。暖层里的气温很高,据人造卫星观测,在300 km高度上,气温高达1000℃以上。所以这一层叫做暖层或者热层。

暖层顶部以上的大气统称为散逸层,又叫外层。它是大气的最高层,高度最高可达到3000 km。这一层大气的温度也很高,空气十分稀薄,受地球引力场的约束很弱,一些高速运动着的空气分子可以挣脱地球的引力和其他分子的阻力散逸到宇宙空间中去。根据宇宙火箭探测资料表明,地球大气圈之外,还有一层极其稀薄的电离气体,其高度可延伸到22000 km的高空,称之为地冕。地冕也就是地球大气向宇宙空间的过渡区域。人们形象地把它比作是地球的“帽子”。

此外,还可以把整个大气看成是一座别致的“两层楼”。这种“两层楼”的设计又是以大气的不同特征为根据的。

第一,按大气的化学成分来划分。这种划分是以距海平面90 km的高度为界限的。在90 km高度以下,大气是均匀地混合的,组成大气的各种成分的相对比例不随高度而变化,这一层叫做均质层。在90 km高度以上,组成大气的各种成分的相对比例,是随高度的升高而发生变化的,比较轻的粒子如氧原子、氮原子、氢原子等越来越多,大气就不再是均匀地混合了,因此,把这一层叫做非均质层。

第二,按大气被电离的状态来划分,可分为非电离层和电离层。在海平面以上60 km以内的大气,基本上没有被电离,处于中性状态,所以这一层叫做非电离层。在60 km以上至1000 km的高度,这一层大气在太阳紫外线的作用下,大气成分开始电离,形成大量的正、负离子和自由电子,所以这一层叫做电离层,这一层对于无线电波的传播有着重要的作用。

1.1.3 大气的组成

自然状态下,大气是由混合气体、水汽和杂质组成。除去水汽和杂质的空气称为干洁空气。干洁空气的主要成分为78.09%的氮,20.94%的氧,0.93%的氩。这三种气体占总量的99.96%,其他各项气体含量总计不到0.1%,这些微量气体包括氦、氖、氦、氙等稀有气体。在近地层大气中上述气体的含量几乎可认为是不变化的,称为恒定组分。

在干洁空气中,易变的成分是二氧化碳(CO_2)、臭氧(O_3)等,这些气体受地区、季节、气象以及人类生活和生产活动的影响。正常情况下,二氧化碳含量在20 km以上明显减少。近地层干洁空气的组成如表1-1所示。

表 1-1 近地层干洁空气的组成

气体	体积分数/%	气体	体积分数/%
氮	78.09	氦	0.0001
氧	20.94	一氧化氮	0.00005
氩	0.93	氢	0.00005
二氧化碳	0.0315	氙	0.000008
氖	0.0018		
甲烷	0.0001 ~ 0.00012		

大气中组分是不稳定的,无论是自然灾害,还是人为影响,都会使大气中出现新的物质,或某种成分的含量过多地超出了自然状态下的平均值,或某种成分含量减少,都会影响生物的正常发育和生长,给人类造成危害,这是环境保护工作者应研究的主要对象。

1.1.4 大气污染及分类

大气污染是指由于人类活动或自然过程使得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,并因此而危害了人体的舒适、健康和人们的福利,甚至危害了生态环境。所谓人类活动不仅包括生产活动,而且也包括生活活动,如做饭、取暖、交通等。自然过程包括火山活动、山林火灾、海啸、土壤和岩石的风化及大气圈中空气运动等。一般说来,由于自然环境所具有物理、化学和生物机能(即自然环境的自净作用),会使自然过程造成的大气污染,经过一定时间后自动消除(即使生态平衡自动恢复)。所以可以说,大气污染主要是人类活动造成的。

大气污染对人体的舒适、健康的危害,包括对人体的正常生活环境和生理机能的影响,引起急性病、慢性病以致死亡等;而所谓福利,是指与人类协调共存的生物、自然资源以及财产、器物等给人们带来的利益。

对大气污染分类可以采取不同的方法。根据大气污染原因和大气污染物的组成,把大气污染分为煤烟型污染、石油型污染、混合型污染和特殊型污染四大类。煤烟型污染是由燃煤工业的烟气排放及家庭炉灶等燃煤设备的烟气排放造成的,我国大部分的城市污染属于此类型污染。石油型污染是由于燃烧石油向大气中排放有害物质造成的。混合型污染是由煤炭和石油在燃烧或加工过程中产生的混合物造成的大气污染。特殊型大气污染是由于各类工业企业排放的特殊气体(如氯气、硫化氢、氟化氢、金属蒸气等)引起的大气污染。

根据污染的范围可将大气污染分为局部地区大气污染、区域性大气污染、广域性大气污染和全球性大气污染。

不同类型的大气污染,其危害程度和控制措施均有许多差异。

1.1.5 全球性大气污染问题

全球性大气污染问题包括温室效应、臭氧层破坏和酸雨等三大问题。

1. 温室效应

大气中的二氧化碳和其他微量气体如甲烷、一氧化二氮、臭氧、氟氯碳(CFCI)、水蒸气等,可以使太阳短波辐射几乎无衰减地通过,但却可以吸收地表的长波辐射,由此引起全球气温升高的现象,称为“温室效应”。能造成气温升高的气体,则称为“温室气体”。CO₂是最重要的温室气体。据监测,1850年以来,人类活动使大气中的CO₂浓度增加到目前的 368×10^{-6} (体积分数)。近100多年中,全球地面平均温度上升了0.3~0.6℃,地球上的冰川大部分后退,海平面上升了14~25 cm。

2. 臭氧层破坏

大气中的臭氧含量仅占一亿分之一,主要集中在离地面 20~25 km 的平流层中,并称为臭氧层。臭氧层具有强烈吸收太阳紫外线的功能,从而保护地球上各种生命的存在、繁衍和发展。氟氯碳、 NO_x 等物质向大气排放逐渐增多,是导致臭氧层破坏的主要原因。据估计,南极上空臭氧层“空洞”面积已达 $2.4 \times 10^7 \text{ km}^2$,相当于中国国土面积的 2.5 倍,北半球上空臭氧层比以往任何时候都薄,欧洲和北美上空臭氧层平均减少了 10%~15%,西伯利亚上空甚至减少了 35%。臭氧层的耗竭将导致皮肤癌和眼病患者增加,地球上的生态系统被破坏等严重问题。

3. 酸雨

pH 小于 5.6 的雨、雪或其他形式的大气降水(如雾、露、霜)称为酸雨。酸雨的形成主要是因化石燃料燃烧和汽车尾气排放的 SO_x 和 NO_x 在大气中形成硫酸和硝酸,又以雨、雪、雾等形式返回地面,形成“酸沉降”。酸雨的危害是破坏森林生态系统和水生态系统,改变土壤性质和结构,腐蚀建筑物,损害人体呼吸道系统和皮肤等。欧洲、北美及东亚地区的酸雨危害较严重,中国的西南、华南和东南地区的酸雨危害也相当严重。

习题 1.1

1. 大气的定义是什么?
2. 简述全球性大气污染的三大问题?

1.2 大气污染源和大气污染物

1.2.1 大气污染源及分类

大气污染源是指向大气排放足以对环境产生有害影响物质的生产过程、设备、物体或场所等。从总体上看,大气污染可认为是由自然界所发生的自然灾害和人类活动所造成的,即自然污染源和人为污染源。在大气污染防治中,主要研究和控制的对象是人为污染源。污染源的划分方法有以下几种。

1. 按污染源存在的形式划分

(1) 固定污染源 污染物由固定地点排出,如各种类型工厂、火电厂、钢铁厂等的排烟或排气。

(2) 移动污染源 污染物排放源可以移动,如汽车行驶中排放废气等。

2. 按污染物排放的方式划分

(1) 高架源 污染物通过垂直高度大于 15 m 的排气筒排放,是排放量比较大的污染源。

(2) 面源 由多个垂直高度小于 15 m 的排气筒集合起来而构成的区域性污染源。

(3) 线源 移动污染源,如汽车在街道上行驶造成的线状污染。

3. 按污染物排放的时间划分

(1) 连续源 污染物由排放源连续排放,如造纸厂排放制浆蒸煮废气的排气筒。

(2)间歇源 排放源间歇排放污染物,如取暖锅炉的烟囱。

(3)瞬时源 排放时间短暂,如工厂的事故排放。

4. 按污染物产生的类型划分

(1)工业污染源 这里主要包括燃料燃烧排放的污染物;生产过程的排气,如炼焦厂向大气排放硫化氢、酚、苯、烃类等有害物质,各类化工厂向大气排放具有刺激性、腐蚀性、异味或恶臭的有机和无机气体,化纤厂排放的硫化氢、氨、二氧化硫、甲醇、丙酮等;生产过程中排放的各类物质和金属粉尘。

(2)生活污染源 由生活活动产生的废气,如烹调过程产生的废气。目前我国的室内生活污染越来越受到重视。

(3)交通污染源 由汽车、飞机、火车和船舶等交通工具所排出的废气造成大气污染的污染源称为交通污染源。

自然过程产生的大气污染物主要有:火山喷发排出的火山灰颗粒、二氧化硫(SO_2),硫化氢(H_2S),煤矿和油田自然逸出的煤气和天然气,腐烂的动植物排出的有害气体等。

人类活动产生的污染物大致可分为两种:一是烟尘,二是气态污染物。燃煤、燃油、煤气和天然气燃烧排出的污染物有烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳和铅;工业生产过程排放出大量的废气,其中含有种类繁多的大气污染物。

大气中几种主要气态污染物的来源、发生量、背景浓度和主要反应见表 1-2。

表 1-2 大气中主要气态污染物的来源、发生量、背景浓度和主要反应

物质	主要污染源	自然源	发生量/(吨/年)		大气中背景浓度	推算的在大气中的留存时间	迁移中反应和沉降	备注
			污染源	自然源				
SO_2	煤和油的燃烧	火山活动	146×10^6	未估计	0.2×10^{-9}	4 天	由于臭氧或固体和液体气溶胶的吸附而被氧化为硫酸盐	与 NO_2 和 HC 发生化学氧化,使 SO_2 迅速转化为 SO_4^{2-}
H_2S	化学过程 污水处理	火山活动, 沼泽地生物作用	3×10^6	100×10^6	0.2×10^{-9}	2 天	氧化为 SO_2	只有一组背景浓度是可用的
CO	机动车和其他燃烧过程排气	森林火灾, 海洋、萜烯反应	304×10^6	33×10^6	0.1×10^{-6}	<3 年	很可能是土壤中有机体	海洋提供的自然源可能是小的
NO/ NO_2	燃烧过程	土壤中的细菌作用	53×10^6	430×10^6 658×10^6	$\text{NO}(0.2 \sim 2) \times 10^{-9}$ $\text{NO}_2(0.5 \sim 4) \times 10^{-9}$	5 天	由于固体和液体气溶胶的吸附、HC 和光化学反应被氧化为硝酸盐	关于自然源做的工作很少
NH_3	废物处理	生物腐烂	4×10^6	1160×10^6	$(6 \sim 20) \times 10^{-9}$	7 天	与 SO_2 反应形成 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 被氧化为硝酸盐	NH_3 的消除主要是形成铵盐
N_2O	无	土壤中的生物作用	无	590×10^6	0.25×10^{-6}	4 年	在平流层中光离解,在土壤中有生物作用	还未提出用植物吸收 N_2O 的报告
HC	燃烧和化学过程	生物作用	88×10^6	$\text{CH}_4 1.6 \times 10^9$ 萜烯 200×10^6	$\text{CH}_4 1.5 \times 10^{-6}$ 非 $\text{CH}_4 < 1 \times 10^{-9}$	4 年	与 NO/NO_2 、 O_3 发生光化学反应, CH_4 必然大量消除	从污染源排出的“活性”HC 为 27×10^6 吨
CO_2	燃烧过程	生物腐烂 海洋释放	1.4×10^{10}	10^{12}	320×10^{-6}	2~4 年	生物吸附和光合作用,海洋的吸收	大气中浓度增长率为 $0.7 \times 10^{-6}/\text{年}$

1.2.2 大气污染物

按照 ISO 的定义,“大气污染物,是指由于人类活动或自然过程排入大气的并对人或环境产生有害影响的物质。”大气污染物的种类非常多,根据其存在状态,可将其概括为两大类:气溶胶状态污染物和气体状态污染物。

1. 气溶胶状态污染物

环境科学中把气溶胶定义为沉降速度可以忽略的固体粒子、液体粒子或固体和液体粒子在气体介质中的悬浮体。按其来源的性质不同,气溶胶又可分为一次气溶胶和二次气溶胶。前者是指从排放源排出的微粒,如从烟囱排出的烟粒、风刮起的灰尘以及海水溅起的浪花等;后者是指从排放源排放的气体,经过某些大气化学过程所形成的微粒,如来自火力发电厂、钢铁厂、金属冶炼厂、化工厂、水泥厂及工业和民用锅炉排放出的 H_2S 和 SO_2 气体,经过大气氧化过程,最终转化为硫酸盐微粒。从大气污染控制的角度,按照气溶胶的物理性质,可将其分为如下几种。

(1) 粉尘 是指悬浮于气体介质中的微小固体粒子,受重力作用能发生沉降,但在某一段时间内也能保持悬浮状态。通常是由于固体物质的破碎、分级、研磨等机械过程或土壤、岩石风化等自然过程形成的。粒子的形状往往是不规则的,粒子的尺寸一般为 $1 \sim 200 \mu\text{m}$ 。

(2) 降尘 是指大气中的粒径大于 $10 \mu\text{m}$ 的固体粒子,靠重力作用能在较短时间内沉降地面。

(3) 飘尘 是指大气中的粒径在 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 的固体粒子,它能长期地在大气中飘浮,故又称其为浮游粒子或可吸入颗粒物。

(4) 总悬浮微粒 是指大气中的粒径小于 $100 \mu\text{m}$ 的固体粒子,它能较长时间地悬浮于大气中。这是为适应我国目前普遍采用的低容量($10 \text{ m}^3/\text{h}$)滤膜采样(重量)法而规定的指标。

(5) 飞灰 是指由燃料燃烧产生的烟气带走的灰分中分散的较细的粒子。灰分是含碳物质燃烧后残留的固体残渣。

(6) 黑烟 通常是指由燃烧产生的能见气溶胶,是燃料不完全燃烧的碳粒,粒径约为 $0.5 \mu\text{m}$ 。在某些文献中以林格曼数、黑烟的遮光率、沾污的黑度或捕集的沉降物的质量来定量地表示黑烟。

2. 气态污染物

气态污染物种类极多,主要有: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、碳氧化物、碳氢化合物及卤素化合物等。

对于气态污染物,又可分为一次污染物和二次污染物。若大气污染物是从污染源直接排出的原始物质,则称为一次污染物。若是由一次污染物与大气中原有成分或几种一次污染物之间经过一系列化学或光化学反应而生成的与一次污染物性质不同的新污染物,则称为二次污染物。气体状态污染物的种类见表 1-3。在大气污染中,受到普遍重视的一次污染物主要有硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)、碳氧化物(CO 、 CO_2)以及碳氢化合

物(HC);受到普遍重视的二次污染物主要有硫酸烟雾和光化学烟雾等。硫酸烟雾为大气中的二氧化硫等硫化物,在有水雾、含有重金属的飘尘或氮氧化物存在时,发生一系列化学或光化学反应而生成的硫酸雾或硫酸盐气溶胶。光化学烟雾是在阳光照射下大气中的氮氧化物、碳氢化合物和氧化剂之间发生一系列光化学反应而生成的蓝色烟雾(有时带紫色或黄褐色),其主要成分有臭氧、过氧乙酰基硝酸酯、酮类及醛类等。

表 1-3 气体状态污染物的种类

污染物	一次污染物	二次污染物
含硫化合物	SO ₂ 、H ₂ S	SO ₃ 、H ₂ SO ₄ 、MSO ₄
含氮化合物	NO、NH ₃	NO ₂ 、HNO ₃ 、MNO ₃
碳的氧化物	CO、CO ₂	无
碳氢化合物	HC	醛、酮、过氧乙酰基硝酸酯
卤素化合物	HF、HCl	无

(1)硫氧化物 硫氧化物中主要是 SO₂,它是目前大气污染物中数量较大、影响面较广的一种气态污染物。大气中 SO₂ 的来源很广,几乎所有工业企业都可能产生。它主要来自化石燃料(煤和石油)的燃烧过程以及硫化物矿石的焙烧、冶炼等过程。火力发电厂、有色金属冶炼厂、硫酸厂、炼油厂以及所有燃煤或油的工业锅炉、炉灶等都排放 SO₂ 烟气,在排放 SO₂ 的各种过程中,约有 96% 来自燃料燃烧过程,其中火电厂排烟中的 SO₂ 浓度虽然较低,但总排放量却最大。

(2)氮氧化物 氮和氧的化合物有 N₂O、NO、NO₂、N₂O₃、N₂O₄、和 N₂O₅,总起来用氮氧化物(NO_x)表示。其中污染大气的主要是 NO、NO₂,其中 NO 毒性不太大,但进入大气后可被缓慢地氧化成 NO₂,当大气中有 O₃ 等强氧化剂存在,或在催化剂作用下其氧化速度会加快。NO₂ 的毒性约为 NO 的 5 倍。当 NO₂ 参与大气中的光化学反应,形成光化学烟雾后,其毒性更强。人类活动产生的 NO_x,主要来自各种炉窑、机动车和柴油机的排气,其次是化工生产中的硝酸生产、硝化过程、炸药生产及金属表面处理等过程。其中由燃料燃烧产生的 NO_x 约占 83%。

(3)碳氧化物 CO 和 CO₂ 是各种大气污染物中发生量最大的一类污染物,它主要来自燃料燃烧和机动车排气。CO 是一种窒息性气体,排入大气后,由于大气的扩散稀释作用和氧化作用,一般不会造成危害。但在城市冬季采暖季节或在交通繁忙的十字路口,当气象条件不利于排气扩散稀释时,CO 的浓度有可能达到危害环境的水平。

CO₂ 是无毒气体,但当其在大气中的浓度过高时,使氧气含量相对减小,对人便会产生不良影响。地球上 CO₂ 浓度的增加,能产生“温室效应”,使全球气温逐渐升高,生态系统和气候发生变化。此现象早已引起世界各国的密切关注。

(4)碳氢化合物 碳氢化合物主要来自燃料燃烧和机动车排气。其中的多环芳烃(PAH)类物质,如蒽、萤蒽、芘、苯并芘、苯并蒽、苯并萤蒽及晕苯等,大多数具有致癌作用,特别是苯并[a]芘就是致癌能力很强的物质,并作为大气受 PAH 污染的依据。碳氢化合物的危害还在于它参与大气中的光化学反应,生成危害性更大的光化学烟雾。

由于近代有机合成工业和石油化学工业的迅速发展,使大气中的有机化合物日益增