



全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

Principles and Processes
of Air Pollution
Control Engineering

大气污染控制 原理与技术

沈恒根 苏仕军 钟秦 主编

<http://www.tup.com.cn>

清华大学出版社

全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材

Principles and Processes
of Air Pollution
Control Engineering

大气污染控制 原理与技术

沈恒根 苏仕军 钟秦 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐的工程硕士研究生教育核心教材之一。本书全面和系统地阐述了大气污染控制的基本原理、工艺、设备与应用实例。全书共 16 章。主要内容包括大气污染物的产生、危害、性质、迁移扩散,大气污染源控制的理论与方法,颗粒污染物控制的基本原理、方法及设备的设计与选型,常见工业废气污染物以及主要气态污染物(硫氧化物与氮氧化物)控制的基本原理、方法及设备的设计与选型,大气污染控制工程的设计、调试与运行管理;还介绍了垃圾焚烧尾气净化、燃煤电站锅炉的烟气静电除尘、烟气脱硫、烟气脱硝等工程实例。

本书兼具系统性、新颖性、工程性和实用性,可作为环境工程领域工程硕士研究生的教材,也可供从事大气污染控制研究、设计与运行的管理人员和专业技术人员参考使用。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

大气污染控制原理与技术/沈恒根,苏仕军,钟秦主编. —北京:清华大学出版社,2009.11
(全国工程硕士专业学位教育指导委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-20420-6

I. 大… II. ①沈… ②苏… ③钟… III. 空气污染控制—研究生—教材 IV. X510.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 104127 号

责任编辑:柳 萍 洪 英

责任校对:王淑云

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230

印 张:27.25

字 数:576 千字

版 次:2009 年 11 月第 1 版

印 次:2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:50.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:019940-01

前言

本书主要介绍了大气污染控制工程的基本概念和基本原理、大气污染的发生源、大气污染气象学基础理论、污染物迁移运动的规律,以及各类气体净化装置的机理和应用、大气污染控制工程技术的发展方向及主要装置的设计计算、各种大气污染控制方法的应用范围和条件。

本书力求理论联系实际,注意培养学生分析问题和解决问题的能力,使学生能应用从本书所学的基本理论和控制方法对实际的大气污染控制工程问题进行分析和研究,提出控制方案,进行设备选型和工艺设计计算,为从事大气污染控制工程研究、设计、技术管理等工作奠定必要的基础。

在编写教材时注重了系统性、新颖性、工程性和实用性,充分体现本领域工程硕士研究生教育的特色,尤其突出实用性。该套教材不仅适用于本领域,还适用于其他相关领域。教材的内容既全面、系统,又注重联系工程实际,实例分析涵盖全国不同区域的工程特点,且便于学员自学。

本书由南京理工大学、四川大学、大连理工大学、西安建筑科技大学、东华大学等高校联合编写,由沈恒根、苏仕军、钟秦担任主编。各章节具体分工如下:

陈泉源:第1章的1.1~1.5节,第4章。

苏仕军:第1章的1.6节,第2章,第11章,第12章的12.2节,第14章,第15章的15.4节及附录。

沈恒根:第3章,第5章,第7章,第12章的12.1、12.4节,第16章。

党晓庆:第6章,第12章的12.3节。

钟秦:第8章,第9章,第15章的15.3节。

杨卫身:第10章。

张承中:第12章的12.3节,第15章的15.1、15.2节,第16章。

李爱民:第13章。

本书由陈泉源、杨磊、唐华校审,沈恒根、苏仕军最后统稿。在教材的编写过程中,参考了近年来出版的有关教材、专著以及发表的论文,在此向有关同行和作者致以真挚的谢意。

清华大学出版社柳萍老师对本书的编写工作进行了积极指导。

由于汇集多位专家编写,编写风格各异,虽经多次修改、协调、校审,在取材、表达、内容等多方面仍可能存在错误。同时,由于水平有限,谬误难免,诚恳地欢迎广大读者赐教,以便再版时予以更正。

作 者

2009 年 7 月

目 录

第 1 章 导论 /1

1.1 大气及大气污染	1
1.2 大气污染物及其对人的危害	3
1.3 我国大气污染简况	5
1.4 我国大气污染控制法规与标准	6
1.5 我国大气污染控制技术对策	7
1.6 大气污染控制技术信息与文献源	8

第 2 章 大气污染物产生量的计算 /10

2.1 现场实测法	10
2.2 物料衡算法	11
2.3 排污系数法	11
2.4 类比分析法	15
2.5 通量产生量的估算方法	15
2.6 浓度反推法	16

第 3 章 污染物源控制 /18

3.1 污染物扩散过程	18
3.2 降低污染物的方法	19
3.3 密闭空间污染物的气流控制法	21
3.3.1 密闭罩	21
3.3.2 柜式排风罩(通风柜)	23
3.4 敞开空间污染物的气流控制法——外部吸气罩	26

第4章 粉尘和烟气的性质及其影响

/38

4.1	粉尘的基本性质	38
4.1.1	粉尘的分类	38
4.1.2	粉尘的粒径	39
4.1.3	粉尘物理化学特性	42
4.2	气体的基本性质	47
4.3	烟气理化性质	49

第5章 袋式除尘技术

/53

5.1	袋式除尘器的工作原理	53
5.2	袋式除尘器的主要类型	54
5.3	袋式除尘器的主要特点	55
5.4	袋式除尘器的滤料	56
5.5	主要技术指标	61
5.6	袋式除尘器的选用步骤	65

第6章 电除尘器技术

/66

6.1	工作原理	66
6.1.1	气体的电离	66
6.1.2	粒子荷电	68
6.1.3	荷电粒子的运动和捕集	70
6.2	除尘系统的设计	72
6.2.1	电除尘器的选择设计	72
6.2.2	排灰装置	74
6.2.3	电源的选型	74
6.3	设备与部件	76
6.3.1	电除尘器的基本类型	76
6.3.2	收尘极系统	77
6.4	粉尘比电阻	80
6.5	常见的几种电除尘器	82
6.5.1	管式电除尘器	82
6.5.2	敞开式抑制烟尘措施	83
6.5.3	电袋复合式除尘器	84

6.6 电除尘器的运行管理	85
6.6.1 电除尘器的安装	85
6.6.2 设备管理	86
6.6.3 电除尘器运行操作	86
6.6.4 电除尘器的维护	89
6.6.5 电除尘器的检修	89

第7章 机械预除尘技术 /90

7.1 沉降室	90
7.1.1 重力沉降室	90
7.1.2 惯性除尘器	92
7.2 旋风除尘器	96
7.2.1 旋风器的结构	97
7.2.2 旋风器的使用	98
7.2.3 压力损失计算	98
7.2.4 除尘效率计算	99
7.2.5 旋风器选用	100

第8章 吸收和吸附法控制有害气体原理 /101

8.1 吸收和吸附法的适用范围	101
8.2 吸收法控制有害气体原理	101
8.2.1 吸收法基本原理	102
8.2.2 吸收工艺	106
8.3 吸附法控制有害气体原理	109
8.3.1 吸附原理	109
8.3.2 吸附剂	116
8.3.3 吸附工艺	121
8.4 吸收和吸附设备的选型	122
8.4.1 吸收设备	122
8.4.2 吸附设备	125

第9章 二氧化硫控制技术 /129

9.1 脱硫技术基本原理	129
9.2 燃烧前脱硫技术	130

9.2.1	物理法	130
9.2.2	化学法	131
9.2.3	微生物法	131
9.3	燃烧中脱硫技术	132
9.3.1	工业型煤固硫技术	132
9.3.2	循环流化床燃烧脱硫技术	133
9.4	烟气脱硫技术及装置	135
9.4.1	湿法烟气脱硫技术及装置	136
9.4.2	半干法烟气脱硫技术及装置	156
9.4.3	干法烟气脱硫技术及装置	168

第 10 章 氮氧化物控制技术

/174

10.1	氮氧化物控制技术基础	174
10.1.1	氮氧化物的性质	175
10.1.2	NO _x 的形成机理	175
10.2	燃烧时氮氧化物减排技术	180
10.2.1	空气分级燃烧技术	181
10.2.2	燃料分级燃烧技术	182
10.2.3	高级再燃技术	183
10.2.4	烟气再循环技术	183
10.2.5	低过量空气燃烧技术	184
10.3	燃烧后氮氧化物控制技术	185
10.3.1	选择性催化还原技术	186
10.3.2	热力脱硝技术	189
10.3.3	非选择性催化还原技术	191
10.4	其他氮氧化物处理技术	193
10.4.1	液体吸收法	193
10.4.2	吸附法	199
10.4.3	等离子体去除法	201
10.4.4	生物法	201
10.4.5	小结	202

第 11 章 大气污染控制工程系统及设计

/204

11.1	大气污染控制工程设计概述	204
------	--------------	-----

11.1.1	设计原则	204
11.1.2	大气污染控制工程系统的组成和分类	206
11.1.3	大气污染控制工程设计内容与设计程序	206
11.2	高温烟气的冷却	209
11.2.1	高温烟气冷却方式	209
11.2.2	烟气冷却过程的计算	212
11.2.3	烟气冷却过程的设计原则	214
11.3	集气罩设计	215
11.4	除尘系统的设计	219
11.4.1	除尘系统的构成、分类及选择	219
11.4.2	除尘系统的设计程序	224
11.5	管道系统的设计	226
11.5.1	管道系统的设计与计算	226
11.5.2	管网的压力平衡	233
11.5.3	管网的布置	235
11.5.4	废气净化系统风量的确定	236
11.6	风机的选择、安装与运行调节	237
11.6.1	风机的类型	237
11.6.2	风机的性能参数	238
11.6.3	风机的命名	239
11.6.4	风机与配套电机的选择	240
11.6.5	风机的安装	241
11.6.6	风机的运行调节	241
11.7	烟囱的设计	243
11.7.1	烟囱直径	243
11.7.2	烟囱的高度	244
11.7.3	烟囱的设计原则	244
11.8	净化系统的防爆、防腐与防振	247
11.8.1	净化系统的防爆	247
11.8.2	净化系统的防腐	250
11.8.3	净化系统的防振	253
11.9	系统的调试及运行维护管理	253
11.9.1	调试	253
11.9.2	运行调节	255
11.9.3	日常运行管理	257

第12章 工业烟气污染物控制工艺及设计

/259

12.1	燃煤电站锅炉烟气电除尘	259
12.1.1	火电厂的燃料构成及特点	259
12.1.2	电厂粉尘污染治理	262
12.1.3	火电厂除尘设备的选择	262
12.2	矿热炉	272
12.3	水泥窑	277
12.3.1	回转窑	277
12.3.2	机械立窑	280
12.4	铸造	281
12.4.1	工艺简介	281
12.4.2	铸造车间常用参数	282
12.4.3	产生污染物的主要设备	289

第13章 垃圾焚烧过程大气污染物的生成和控制

/294

13.1	二噁英的产生与控制	294
13.1.1	二噁英的产生	294
13.1.2	二噁英类毒性当量(TEQ)	296
13.1.3	二噁英的控制	297
13.2	HCl的生成与控制	298
13.2.1	HCl的生成	298
13.2.2	HCl的控制	299
13.3	垃圾焚烧过程中NO _x 和SO ₂ 的产生与控制	301
13.3.1	NO _x 的生成	301
13.3.2	SO ₂ 的生成	302
13.3.3	垃圾焚烧过程中几种典型污染控制技术	302
13.4	垃圾焚烧过程中颗粒物、重金属的控制	303
13.4.1	颗粒物的产生机理与控制	303
13.4.2	重金属的控制	304
13.5	垃圾焚烧过程中CO的产生与控制	306
13.6	垃圾焚烧污染控制设计要点	306
13.7	垃圾焚烧厂实例	308

第 14 章 大气污染物的流动扩散

/312

14.1	气象要素对污染物大气扩散的影响	312
14.1.1	风对污染物大气扩散的影响	312
14.1.2	湍流对污染物大气扩散的影响	316
14.1.3	大气稳定度对污染物大气扩散的影响	317
14.2	污染物的大气扩散模式	322
14.2.1	高斯扩散模式	322
14.2.2	有上部逆温时的扩散模式	324
14.2.3	熏烟扩散模式	325
14.2.4	扩散参数的确定	326
14.2.5	烟气抬升高度的确定	329
14.3	烟囱的设计计算	332
14.3.1	烟囱高度的计算	332
14.3.2	烟囱出口直径的计算	334

第 15 章 工业烟气污染物控制设计实例

/336

15.1	案例 1——电除尘器的选型计算和设计实例	336
15.1.1	设计依据和内容	336
15.1.2	电除尘器选型计算	338
15.1.3	电除尘器的保温和防腐	347
15.1.4	电除尘器的安装、调试、操作及维护	349
15.1.5	电气	349
15.1.6	工程概算	350
15.1.7	工业卫生与安全消防	351
15.1.8	劳动定员	352
15.2	案例 2——循环流化床烧结烟气脱硫工程实例	352
15.2.1	概述	352
15.2.2	设计方案	353
15.2.3	设计计算	354
15.2.4	循环流化床系统的其他构件	357
15.2.5	系统阻力计算与风机的选择	364
15.3	案例 3——火电厂锅炉烟气脱硫工程实例——扬州发电有限公司 石灰石/石膏湿法烟气脱硫工程	365

15.3.1	概况	365
15.3.2	FGD 系统设计依据	366
15.3.3	技术标准及脱硫系统性能指标	368
15.3.4	烟气脱硫系统的主要子系统及其功能	369
15.3.5	项目实施情况	370
15.3.6	调试及效益分析	370
15.3.7	问题及解决方案	371
15.3.8	加强对脱硫系统运行的管理	373
15.3.9	脱硫系统主要设备及规范	373
15.4	案例 4——燃煤电站锅炉烟气选择性触媒还原脱硝(SCR 法)工程实例	377
15.4.1	福建漳州后石电厂概况	378
15.4.2	后石电厂烟气脱硝流程及设计参数	378
15.4.3	SCR 法脱硝工艺设计中应注意的典型事项	383
15.4.4	SCR 法脱硝工艺工程应用小结与展望	385

第 16 章 实验 /386

16.1	实验 1——环境空气质量测定	386
16.1.1	环境空气中可吸入颗粒物 PM_{10} 的测定	386
16.1.2	环境空气中二氧化硫的测定	390
16.1.3	环境空气中氮氧化物的测定	395
16.2	实验 2——粉尘粒径分布测定实验	398
16.3	实验 3——旋风除尘器性能测定(质量法)	403
16.4	实验 4——旋风除尘器性能测定(浓度法)	407

附录 A 干空气的物理参数 /415

附录 B 《环境空气质量标准》规定的各项污染物的浓度限值 /417

附录 C 居住区大气中有害物质最高容许浓度 /419

参考文献 /421

导 论

1.1 大气及大气污染

大气是包围在地球周围的一层气体,也称为大气圈或大气层。它提供地球上一切生命赖以生存的气体环境。大气的存在为人类生存提供了适宜的温度条件,可以阻挡外空间对人体有伤害作用的紫外线、X射线以及宇宙线,消除或减轻来自星际空间的流星对地表的袭击。整个大气层的质量约为 $5.3 \times 10^{15} \text{ t}$,其中的 99.9% 以上都集中在 50 km 以下的范围。大气层越向上空气越稀薄,据测算,在 360 km 高空的大气中,其空气密度只有海平面附近的万分之一。

人类活动的主要范围限于近地球表面的 20 km 以下的大气层,风、云、雨、雪等天气现象多发生在该大气层中。我们把人类经常活动的空间的大气,有时称为环境空气,是环境工程领域中主要接触的大气范围。

大气的标准状态是指:摄氏温度 0°C ,大气压力 101.325 kPa。标准大气中主要含氮气(体积分数 78%)和氧气(体积分数 21%),还含有少量的二氧化碳和其他气体。由于自然界变化或人类生活生产过程产生的对人类及人类生存环境产生污染的物质进入大气(如粉尘、硫化物、氮氧化物、有机物等),这些污染物或由它转化成的二次污染物的浓度达到有害程度,这种现象称为大气污染。

大气污染除对人体产生危害外,对植物生长也产生不良影响,使其生理机制受到抑制,抗病虫害能力减弱,甚至死亡。大气污染还对气候产生不良影响,如温度升高、自然灾害频发。温室气体二氧化碳排放,引起全球变暖将对全球环境产生巨大影响,导致两极冰川融化,海平面升高,又会影响大气环境。

大气污染会降低能见度,影响太阳辐射强度。大量用于制冷剂、发泡剂、喷雾剂的氟氯烃类物质,造成大气臭氧层的破坏,使人类生物失去阻挡紫外线照射屏障,人畜癌症发病率

增加。由于燃煤等产生大量的酸性气体排放物,导致酸雨的形成,它可以毁坏自然界的大片森林,酸化土壤和水体,使农作物减产,同时腐蚀建筑物、环境物品,对人类的生产生活带来较大的影响。

根据大气污染物存在形式,可以分为颗粒物和气态物质。所谓颗粒物是指大气中粒径不同的固态、液态颗粒;气态物质主要有含硫化合物、氮化合物、碳氢化合物、碳氧化合物(一氧化碳、二氧化碳)、卤素化合物等,气态物质对人类的生产生活以及对生物所产生的危害主要由其化学行为造成。直接排放的大气污染物称为一次污染物。有些一次污染物在大气中通过与其他物质发生反应,形成新的污染物质,这种污染物质称为二次污染物。常见的大气污染源主要有自然界变化污染物和人类生活生产产生的污染物。本书介绍的大气污染控制主要针对后者,如工业炉窑排放的污染物等。

大气污染问题由来已久。随着社会生产力的迅速发展,人口的急剧增长,人类社会活动的规模和深度不断扩大,向自然索取的能力和对自然环境干预的能力增加,资源消耗和排放废弃物大量增加,致使环境问题越来越严重。大气污染事件频频发生,对人类生命和财产安全以及社会经济发展的正常秩序构成了严重威胁。

以下是几个世界著名的公害事件。

(1) 比利时马斯谷烟雾事件(1930年12月1—5日)。马斯谷工业区位于狭窄地中,1930年12月初,工厂排放的污染气体和粉尘在逆温层下积聚,二氧化硫浓度估计到 $25\sim 100\text{ g/m}^3$,并有氟化物等多种有害物质存在,造成综合性危害,一周内数千人患呼吸道疾病、胸痛、咳嗽、呼吸困难等,死亡60多人。

(2) 美国洛杉矶光化学烟雾事件(1943年)。洛杉矶市250万辆汽车每天耗油1600万L,向大气排放多于1000t的碳氢化合物、433t氮氧化物、4200t一氧化碳。该市依山濒海,处于50km长的盆地中,一年约300天出现逆温,5—10月强阳光照射下的汽车尾气,形成光化学氧化剂(O_3 、 NO_2 、 NO 和过氧乙酰硝酸酯(PAN)等),并和大气中二氧化硫生成的酸雾相结合,形成光化学烟雾,造成大量居民出现眼睛红肿、咽喉发炎乃至思维混乱和肺水肿,两天内死亡400余人。近年来,光化学烟雾不仅在美国出现;而且在日本的东京、大阪、川崎市,澳大利亚的悉尼,意大利的热那亚和印度的孟买等城市都先后出现过。

(3) 美国多诺拉事件(1948年10月26—31日)。美国宾夕法尼亚州的多诺拉镇位于河谷中,因炼锌厂、钢铁厂、硫酸厂等工业企业排放的二氧化硫、金属氧化物和粉尘受反气旋和逆温控制,持续有雾,使大气污染物积聚,5天内发病5911人,死亡17人。患者出现眼痛、喉痛、头痛、胸闷、呕吐及综合性症状。

(4) 英国伦敦烟雾事件(1952年12月5—8日)。英国伦敦市冬季燃煤烟雾几乎覆盖全市,当时,浓雾迷漫,逆温层在40~150m的低空,造成大气含尘高达 4.46 mg/m^3 ,为平时的10倍;二氧化硫浓度高达 $1.34\text{ }\mu\text{g/L}$,为平时的6倍,在雾中形成硫酸雾。造成4天内死亡约4000人,两个月后又死亡8000人。

(5) 印度博帕尔毒气事件(1984年12月3日)。位于印度中央邦首府博帕尔的美国联

合碳化物公司所属农药厂的一个地下储罐爆炸,泄漏出 45 t 异氰酸甲酯毒气,使全市 2500 人中毒死亡,50 000 多人双目失明,近 20 万人受到不同程度的伤害,造成了世界工业史上绝无仅有的大惨剧。

在我国也发生过重庆某化工厂有害气体泄漏的严重事件。

1.2 大气污染物及其对人的危害

1. 悬浮颗粒物

由分散在环境空气中的固体和液体颗粒物质所形成的悬浮体系称为环境气溶胶。在空气中悬浮的粒径小于 $100\ \mu\text{m}$ 的颗粒物称为总悬浮颗粒物(TSP)。在空气中粒径一般大于 $10\ \mu\text{m}$ 的由于重力的作用可以自然沉降的颗粒物称为降尘。能够长期漂浮在空气中粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的固体颗粒称为飘尘。对粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物称为可吸入颗粒物,记作 PM_{10} 。粒径小于 $2.5\ \mu\text{m}$ 颗粒物称为呼吸性颗粒物,记作 $\text{PM}_{2.5}$ 。

颗粒物污染对健康的危害是多方面的、复杂的。可吸入颗粒物随人们呼吸空气而进入人体,以碰撞、扩散、沉积等方式滞留在呼吸道不同的部位。一般大于 $5\ \mu\text{m}$ 的飘尘多滞留在上呼吸道,小于 $5\ \mu\text{m}$ 的多滞留在细支气管和肺部,尤其是 $2.5\ \mu\text{m}$ 以下微细颗粒进入人体肺部,给人体带来危害。在除尘技术发展,往往会出现环境空气中颗粒物控制总量下降,但微细颗粒物的控制总量不降反而上升的问题,近年来微粒控制技术成为研究热点。

2. 氮氧化物

氮氧化物刺激呼吸器官,引起急性和慢性中毒,影响和危害人体健康。当污染物以二氧化氮为主时,对肺的损害比较明显;当污染物以一氧化氮为主时,高铁血红蛋白症和中枢神经系统损害比较明显。氮氧化物中的二氧化氮毒性最大,它是一种毒性很强的棕色气体,比一氧化碳毒性高 4~5 倍。

大气中氮氧化物主要来自汽车废气以及煤和石油燃烧的废气。汽车排出的氮氧化物(NO_x)有 95% 以上是一氧化氮,一氧化氮进入大气后逐渐被氧化成二氧化氮。当二氧化氮的量达到一定程度时,在遇上静风、逆温和强烈阳光等条件下,便参与光化学烟雾的形成。

3. 二氧化硫

二氧化硫是一种常见的和重要的大气污染物,是一种无色有刺激性的气体。二氧化硫主要来源于含硫燃料(如煤和石油)的燃烧,含硫矿石(特别是含硫较多的有色金属矿石)的冶炼,化工、炼油和硫酸厂等的生产过程。二氧化硫对人体的危害是:

(1) 刺激呼吸道。二氧化硫易溶于水,当其通过鼻腔、气管、支气管时,多被管腔内膜水分吸收阻留,变成亚硫酸、硫酸和硫酸盐,使刺激作用增强。

(2) 二氧化硫和悬浮颗粒物的联合毒性作用。二氧化硫和悬浮颗粒物一起进入人体,

气溶胶微粒能把二氧化硫带到肺深部,使毒性增加 3~4 倍。此外,当悬浮颗粒物中含有三氧化二铁等金属成分时,可以催化二氧化硫氧化成酸雾,吸附在微粒的表面,被带入呼吸道深部。硫酸雾的刺激作用比二氧化硫强约 10 倍。

(3) 二氧化硫的促癌作用。动物实验证明,10 mg/m³ 的二氧化硫可加强致癌物苯并(a)芘的致癌作用。在二氧化硫和苯并(a)芘的联合作用下,动物肺癌的发病率高于单个致癌因子的发病率。

(4) 二氧化硫进入人体时,血液中的维生素便会与之结合,使体内维生素 C 的平衡失调,从而影响新陈代谢。二氧化硫还能抑制和破坏或激活某些酶的活性,使糖和蛋白质的代谢发生紊乱,从而影响机体生长发育。

4. 一氧化碳

一氧化碳是一种无色、无味、无臭、无刺激性的有毒气体,几乎不溶于水,在空气中不容易与其他物质产生化学反应,故可在大气中停留很长时间。一氧化碳属于内窒息性毒物。一氧化碳是煤、石油等含碳物质不完全燃烧的产物。吸烟也被认为是一氧化碳污染的来源之一。长时间接触低浓度的一氧化碳对人体心血管系统、神经系统乃至对后代均有一定影响。

5. 碳氢化物

碳氢化物主要来自汽车尾气、石油和煤燃烧的废气及挥发性有机溶剂等。甲醛已经被世界卫生组织确定为致癌和致畸物质,也是潜在的强致突变物之一。甲醛对人体健康的影响主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、肺功能异常、肝功能异常和免疫功能异常等方面。

6. 甲苯、二甲苯

甲苯主要来源于一些溶剂、香水、洗涤剂、墙纸、粘合剂、油漆等,吸烟也产生甲苯。甲苯进入体内以后约有 48% 在体内被代谢,经肝脏、脑、肺和肾最后排出体外,在这个过程中会对神经系统产生危害。

二甲苯来源于溶剂、杀虫剂、聚酯纤维、胶带、粘合剂、墙纸、油漆、湿处理影印机、压板制成品和地毯等。吸入二甲苯,可造成食欲丧失、恶心、呕吐和腹痛,可使知觉丧失,伴有记忆丧失,有时可引起肝肾可逆性损伤。二甲苯也是一种麻醉剂,长期接触可使神经系统功能紊乱。

7. 氨

氨属于低毒类化合物,是无色气体,当环境空气中氨达到一定浓度时,才有强烈的刺激气味。人对氨的嗅阈值为 0.5~1.0 mg/m³。氨是一种碱性物质,进入人体后可以吸收组织中的水分,溶解度高,对人体的上呼吸道有刺激和腐蚀作用,减弱人体对疾病的抵抗力。

8. 臭氧

排入大气的氮氧化物和碳氢化物受太阳紫外线作用,产生一种具有刺激性的浅蓝色的