


大气污染控制工程 例题与习题集

郝吉明 主编



6-44

 高等教育出版社

大气污染控制工程 例题与习题集

郝吉明 主 编
郝吉明 王书肖 王丽涛 合 编

高等教育出版社

内容提要

本书是《大气污染控制工程》的配套教材。全书共 12 章,各章均有内容提要,重点介绍该教材必须掌握的基本概念和基本理论。各章的例题、思考题与习题选题广泛,具有代表性,有利于更好地引导学生深入理解教材内容的重点、难点,提高学生分析问题和解决问题的能力,增强学生的思维能力。大量的例题和练习题有利于读者巩固已学知识,拓宽视野,进一步掌握大气污染控制的基础知识。

本书可作为高等学校环境科学与工程专业的辅助教材,也可作为能源、化工、冶金、建材、机械、矿山安全以及采暖通风等专业的学生和教师的参考书,同时为从事大气污染控制设备设计和使用的环境、化学及机械工程人员以及环境保护管理干部提供学习参考素材。

图书在版编目(CIP)数据

大气污染控制工程例题与习题集 / 郝吉明主编. —北京:高等教育出版社,2003.10

ISBN 7-04-013001-7

I. 大... II. 郝... III. 空气污染控制—高等学校—习题 IV. X510.6-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 075574 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	中国青年出版社印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2003 年 10 月第 1 版
印 张	17.75	印 次	2003 年 10 月第 1 次印刷
字 数	330 000	定 价	22.40 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

前 言

本书是与《大气污染控制工程》教材相配套的习题集。编者希望结合即将出版的《大气污染控制工程实验》、《大气污染控制工程设计》、《大气污染控制工程电子教案》和多媒体自学课件,构筑大气污染控制工程的立体化教材体系。目的在于使读者更好地理解该课程的基本概念和基本理论,攻克课程的重点与难点,完整地掌握大气污染控制工程的系统知识,学会应用大气污染控制的基本原理分析和解决实际问题,培养学生学习的兴趣。

全书共分12章,与《大气污染控制工程》教材一一对应,书中提到的图表和公式序号均与教材一致,简称为“教材中图xx”等。各章均包括四部分。第一部分为内容提要,简要介绍该章的主要内容、应该掌握的基本概念和基本理论以及有关的重要计算公式。第二部分为例题,配合各章的教学基本要求,为加深读者对基本概念和基本理论的理解,说明基本理论与方法的应用,编写了一些有代表性的例题。这些例题解题思路清晰,方法严谨,步骤完整,便于读者自学。第三部分是思考题。这部分内容与教材中的基本概念结合较紧密,也包括一些综合性题目,以便读者独立思考总结,自我检查对所学知识的掌握情况。第四部分为习题。这里提供的大量习题,以巩固和加深读者对基本知识的掌握,提高分析问题和解决问题的能力。这些练习题可为读者提供自学的内容,以期提高读者的学习兴趣,扩大知识面,探索“讲一、练二、考三”的可行性。

书中附录部分给出了编者近几年在清华大学讲授该课程时的考题和一份硕士研究生入学考试的试题,以便读者从中进一步了解该课程的基本教学要求,读者可用来自我检验学习效果。不同单位制间的换算经常给同学们带来困扰,为此,在附录中详细地给出了相关的换算系数。

本书可作为高等学校环境科学与工程专业的辅助教材,也可作为能源、化工、冶金、建材、机械、矿山安全以及采暖通风等专业师生的参考书,同时为从事相关技术工作的工程人员以及环境保护管理干部提供学习参考素材。

参加本书编写工作的有王书肖博士和助教博士生王丽涛,我的多名助教研究生几乎试做了所有的习题,清华大学的多届本科生和研究生为该例题与习题集的完善提出过许多积极的建议。本书的编写纳入了清华大学精品课程建设计划并得到相应资助,高等教育出版社陈文等同志对本书的编写给予了持续的支持并为本书的审读和加工付出了辛勤劳动。在此,对上述同志表示诚挚的谢意。

在编写本书的过程中,参考了国内外大量的文献和书籍,并结合了编者的教

学经验,期望能为该课程教学水平的提高做出贡献。但由于编者水平有限,错误和不足在所难免,热忱希望读者提出批评和建议。

郝吉明

2003年5月10日于清华园

目 录

第一章 概论	1
第一节 内容提要	1
第二节 例题	4
第三节 思考题	7
第四节 习题	8
第二章 燃烧与大气污染	11
第一节 内容提要	11
第二节 例题	13
第三节 思考题	27
第四节 习题	28
第三章 大气污染气象学	31
第一节 内容提要	31
第二节 例题	34
第三节 思考题	39
第四节 习题	40
第四章 大气扩散浓度估算模式	43
第一节 内容提要	43
第二节 例题	47
第三节 思考题	56
第四节 习题	57
第五章 颗粒污染物控制技术基础	62
第一节 内容提要	62
第二节 例题	67
第三节 思考题	77
第四节 习题	79
第六章 除尘装置	83
第一节 内容提要	83
第二节 例题	92
第三节 思考题	110
第四节 习题	113
第七章 气态污染物控制技术基础	126
第一节 内容提要	126

第二节	例题	130
第三节	思考题	154
第四节	习题	155
第八章	硫氧化物的污染控制	164
第一节	内容提要	164
第二节	例题	167
第三节	思考题	186
第四节	习题	188
第九章	固定源氮氧化物污染控制	193
第一节	内容提要	193
第二节	例题	198
第三节	思考题	204
第四节	习题	205
第十章	挥发性有机物污染控制	209
第一节	内容提要	209
第二节	例题	214
第三节	思考题	222
第四节	习题	223
第十一章	城市机动车污染控制	227
第一节	内容提要	227
第二节	例题	231
第三节	思考题	235
第四节	习题	237
第十二章	大气污染和全球气候	241
第一节	内容提要	241
第二节	例题	244
第三节	思考题	254
第四节	习题	255
附录一	模拟试题	259
附录二	单位换算系数	267

第一章 概 论

第一节 内 容 提 要

本章介绍有关大气污染的基础知识,包括大气和大气污染的定义、大气的组成、目前存在的全球性大气污染问题以及主要大气污染物的来源、危害和相关的环境空气质量控制标准。作为后继章节的入门和总纲,本章希望读者能结合实际,建立有关大气污染控制的基本概念,了解目前存在的主要大气污染问题。

1.1.1 大气与大气污染

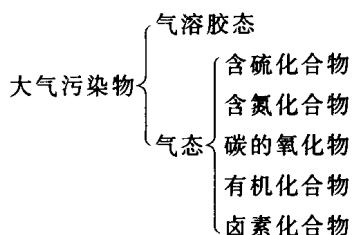
首先来看与本书研究对象有关的两个定义(ISO):大气(atmosphere)——环绕地球的全部空气的总和;环境空气(ambient air)——人类、植物、动物和建筑物暴露于其中的室外空气。可见后者的范围略小于前者;后者是本书的主要研究对象。大气污染则是指由于人类活动或者自然过程使得某些物质进入大气中,呈现出足够的浓度,达到了足够的时间,并因此而危害了人体的舒适、健康和人们的福利,甚至危害了生态环境。

大气的组成可以分为三部分:干燥清洁的空气、水蒸气和各种杂质。主要成分参见教材表 1-1。从空间分布上来讲,地面到 90 km 高度处的干洁空气的组成基本保持不变;从时间上来讲,人类活动已经对大气组成造成了明显的影响,例如 CO_2 的浓度(体积分数)已经从 1850 年的 280×10^{-6} 增加到 1990 年的 354×10^{-6} ,成为气候变化的主要动因。

目前存在的全球性大气环境问题主要有酸雨、温室效应造成的气候变化和臭氧层破坏。

1.1.2 大气污染物及其来源

大气污染物可以分为一次污染物(直接从污染源排放到大气中的污染物)和二次污染物(一次污染物在大气中进行化学反应生成的污染物)。下述分类基本上可以囊括主要的大气污染物:



大气污染物的人为源主要包括三方面：燃料燃烧、工业生产和交通运输；很多污染物的天然源发生量大于人为源，但是由于人为源排放集中在人口密集的城市地区，往往造成区域性的环境污染问题，对人们生活的影响远大于天然源。

由于我国的能源结构和目前的经济发展水平，大部分城市仍以煤烟型污染为主，少数大城市属于煤烟型和汽车尾气污染并重的类型；北方城市的污染重于南方城市。人为源的大气污染物排放水平一般可以用以下公式概括：

$$\text{空气污染物排放量} = \text{人口} \times \text{人均经济活动} \times \text{单位经济活动的污染物排放量}$$

排放因子的概念和应用以及污染物体积浓度、质量浓度和百分比浓度之间的相互转化是本章希望读者熟练掌握的计算方面的内容。

1.1.3 大气污染的影响

大气污染物的影响主要体现在以下四个方面：对人体健康的影响、对植物的伤害、对器物 and 材料的影响以及对大气能见度和气候的影响。

颗粒物，尤其是细颗粒对大气环境和人体健康的影响成为近年来的一个研究热点，空气质量标准的控制对象也由总悬浮颗粒逐渐向更细的颗粒转变，这对颗粒物的控制技术提出了新的挑战。气态污染物中， SO_x 、 CO 、 NO_x 、光化学氧化剂以及有机化合物对人体健康和环境有显著的影响，是需要重点控制的污染物种类。表 1-1 列出了几种主要的大气污染物的来源和危害。

表 1-1 几种主要的大气污染物来源和危害

大气污染物	危 害	主要来源
SO_2	(1) 形成工业烟雾，高浓度时使人呼吸困难；(2) 进入大气层后，氧化为硫酸(H_2SO_4) 在云中形成酸雨，对建筑、森林、湖泊、土壤危害大；(3) 形成悬浮颗粒物，随着人的呼吸进入肺部，对肺有直接损伤作用	燃煤、工业
NO_x	(1) 刺激人的眼、鼻、喉和肺，增加病毒感染的发病率；(2) 形成城市的烟雾，影响能见度；(3) 破坏树叶的组织，抑制植物生长；(4) 在空气中形成硝酸，产生酸雨	燃煤、汽车尾气

续表

大气污染物	危害	主要来源
CO	(1) 极易与血液中运载氧的血红蛋白结合,在极低浓度时就能使人或动物遭到缺氧性伤害;(2) 对心脏病、贫血和呼吸道疾病的患者伤害性大;(3) 引起胎儿生长受损和智力低下	燃煤、汽车尾气
VOC	(1) 容易在太阳光作用下产生光化学烟雾;(2) 在一定的浓度下对植物和动物有直接毒性;(3) 对人体有致癌、引发白血病的危险	汽车尾气、工业
光化学氧化剂	(1) 低空臭氧是很强的氧化剂,浓度很低时就能损坏橡胶、油漆、织物等材料;(2) 臭氧浓度很低时就能减缓植物生长,高浓度时杀死叶片组织,致使整个叶片枯死,引起植物死亡;(3) 臭氧对于动物和人类有多种伤害作用,特别是伤害眼睛和呼吸系统	NO _x 和 VOC 发生光化学反应形成的二次污染物
颗粒物	(1) 随呼吸进入肺,可沉积于肺,引起呼吸系统的疾病;(2) 沉积在绿色植物叶面,干扰植物吸收阳光和二氧化碳以及放出氧气、水分的过程;(3) 颗粒物浓度较大时影响动物的呼吸系统;(4) 杀伤微生物,引起食物链改变,进而影响整个生态系统;(5) 遮挡阳光而可能改变气候,从而影响生态系统	燃煤、施工

1.1.4 大气污染综合防治和环境空气质量控制标准

大气污染综合防治是对多种大气污染控制方案的技术可行性、经济合理性、区域适应性和实施可能性进行最优化选择和评价,从而得出最优的控制技术方案和工程措施。大气污染控制是关系到环境管理、技术措施、经济政策各方面的综合性问题,不是仅靠技术措施就可以解决的。

环境空气质量控制标准是实施环境空气质量管理及大气污染防治的依据和手段,按其功能可分为:

(1) 环境空气质量标准:可作为大气环境质量评价、制定污染防治规划及污染物排放标准的依据。

(2) 大气污染物排放标准:控制污染源排放污染物的浓度或排放量。

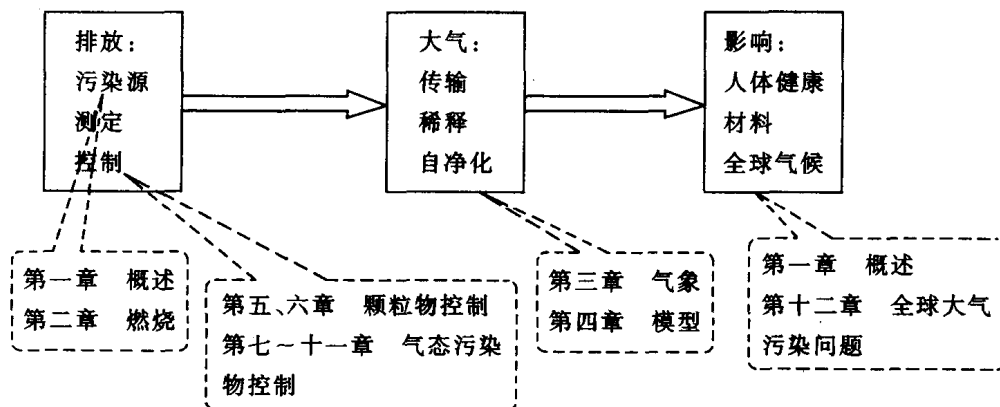
(3) 大气污染物控制技术标准:是污染物排放标准的辅助规定,目的是便于污染源的检查,也作为技术标准的标准。

(4) 警报标准:按大气中污染物浓度的高低分为警报、紧急和危险三级标准,在防止污染事故和减少公众受害方面起到一定的作用。

我国的环境空气质量标准实行“三类区,三标准”,充分遵循地区差异性原则,体现经济效益和环境效益的协调和统一。近年来在我国大中城市开展的空

气质量预报以空气污染指数(API)作为指标,希望读者了解其意义和计算方法。

下图概括了空气污染过程以及各个过程与教材中各章节的内在联系:



第二节 例题

1.2.1 计算干洁空气中 N_2 、 O_2 、Ar 和 CO_2 气体的质量分数。

解: 查教材表 1-1, N_2 、 O_2 、Ar 和 CO_2 在干洁空气中的体积分数分别为 78.084%、20.946%、0.934% 和 0.033%, 分子量分别为 28.01、32.00、39.94 和 44.01。

不妨取 1 mol 干洁空气计算, 则其总质量为 28.966 g, N_2 、 O_2 、Ar 和 CO_2 的质量分数为:

$$m_{N_2} = \frac{0.78084 \times 28.01}{28.966} \times 100\% = 75.51\%$$

$$m_{O_2} = \frac{0.20946 \times 32.00}{28.966} \times 100\% = 23.14\%$$

$$m_{Ar} = \frac{0.00934 \times 39.94}{28.966} \times 100\% = 1.29\%$$

$$m_{CO_2} = \frac{0.00033 \times 44.01}{28.966} \times 100\% = 0.05\%$$

1.2.2 在大气压力为 9.9975×10^4 Pa, 热力学温度为 293.15 K 时, 采样器通过气量 1.4 m^3 , 采得 TSP 为 0.2 mg。求标准状态下的空气中 TSP 的质量浓度。

解: 根据理想气体状态公式:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 = \text{const.}$$

本题中, $P_1 = 9.9975 \times 10^4 \text{ Pa}$, $V_1 = 1.4 \text{ m}^3$, $T_1 = 293.15 \text{ K}$; $P_2 = 1.0133 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T_2 = 273.15 \text{ K}$ 。故标准状态下所采气体的体积:

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{9.9975 \times 10^4 \times 1.4 \times 273.15}{1.0133 \times 10^5 \times 293.15} \text{ m}^3 = 1.287 \text{ m}^3$$

空气中 TSP 的质量浓度:

$$\rho = \frac{0.2}{1.287} \text{ mg/m}^3 = 0.155 \text{ mg/m}^3$$

1.2.3 设人体肺中的气体含 CO 为 2.2×10^{-4} , 平均含氧量为 19.5%。如果这种浓度保持不变, 求 COHb 浓度最终将达到饱和水平的百分率。

解: 根据 COHb 和 O₂Hb 平衡浓度公式:

$$\frac{[\text{COHb}]}{[\text{O}_2\text{Hb}]} = M \frac{p_{\text{CO}}}{p_{\text{O}_2}}$$

取 $M = 210$, 可以得到:

$$\frac{[\text{COHb}]}{[\text{O}_2\text{Hb}]} = 210 \times \frac{2.2 \times 10^{-4}}{0.195} = 0.237$$

因此 COHb 最终达到的百分率为:

$$p_{\text{CO}} = \frac{[\text{COHb}]}{[\text{COHb}] + [\text{O}_2\text{Hb}]} = \frac{0.237}{0.237 + 1} = 19.2\%$$

1.2.4 根据我国《环境空气质量标准》的二级标准, 求出 SO₂、NO₂、CO、O₃ 四种污染物日平均浓度(O₃ 为小时浓度)限值的体积分数。

解: 在我国的《环境空气质量标准》(GB3095—1996)中, SO₂、NO₂、CO、O₃ 四种污染物二级标准的浓度限值分别为 0.15、0.12、4、0.20 mg/m³。

不妨取 1 m³ 空气为基准计算, 将标准中的质量浓度换算为体积浓度:

$$[\text{SO}_2]_v = \frac{[\text{SO}_2]_m}{M_{\text{SO}_2}} \times 22.4 \times 10^{-3} = \frac{0.15 \times 10^{-3}}{64} \times 22.4 \times 10^{-3} = 0.053 \times 10^{-6}$$

$$[\text{NO}_2]_v = \frac{[\text{NO}_2]_m}{M_{\text{NO}_2}} \times 22.4 \times 10^{-3} = \frac{0.12 \times 10^{-3}}{46} \times 22.4 \times 10^{-3} = 0.058 \times 10^{-6}$$

$$[\text{CO}]_v = \frac{[\text{CO}]_m}{M_{\text{CO}}} \times 22.4 \times 10^{-3} = \frac{4 \times 10^{-3}}{28} \times 22.4 \times 10^{-3} = 3.2 \times 10^{-6}$$

$$[\text{O}_3]_v = \frac{[\text{O}_3]_m}{M_{\text{O}_3}} \times 22.4 \times 10^{-3} = \frac{0.20 \times 10^{-3}}{48} \times 22.4 \times 10^{-3} = 0.093 \times 10^{-6}$$

1.2.5 某电厂以烟煤作为燃料, 采用液态排渣的煤粉炉(也称为蒸汽锅

炉),并安装了湿式洗涤器,可以达到98%的SO₂净化效率。根据以下条件:

- (1) 发电量 1 000 MW;
- (2) 总体热效率 30%;
- (3) 煤中 S 含量 2.1%,热值 27 700 kJ/kg,灰分含量 8%。

估算:

- (1) 燃煤消耗量;
- (2) 依据 AP—42,估算 TSP、SO₂、NO_x、CO 和 NMVOC 的排放量。

解:(1) 根据电厂的发电量、总体热效率和燃煤的热值,可以估算燃煤量:

$$\begin{aligned} \text{燃煤量} &= \frac{\text{发电量}}{\text{热效率} \times \text{燃煤热值}} \\ &= \frac{1\,000 \times 10^3}{30\% \times 27\,700} \text{ kg/s} = 120 \text{ kg/s} = 433 \text{ t/h} \end{aligned}$$

(2) AP—42(Compilation of Air Pollutant Emission Factors)是美国联邦环保局(USEPA)编写的大气污染物排放系数汇编,涵盖了固定燃烧源、内燃机和无组织排放等各个方面,是估算排放量、建立排放清单的常用参考工具,在 EPA 的网站上可以免费下载。

查 AP—42 中 1.1 Bituminous And Subbituminous Coal Combustion,得到液态排渣煤粉炉的各污染物的排放因子,如表 1-2 所示:

表 1-2 液态排渣煤粉炉污染物排放因子

污染物	TSP	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC
排放因子/(kg·t ⁻¹)	3.5A ^①	19S ^②	16	0.25	0.02

注:① A = w_{ash} × 100,即 TSP 的排放因子为 3.5 × (w_{ash} × 100) kg/t;

② S = w_{sulfur} × 100,即 SO₂ 的排放因子为 19 × (w_{sulfur} × 100)kg/t。

因此,各污染物的排放量为:

$$Q_{\text{TSP}} = 3.5 \times 8 \times 433 \text{ kg/h} = 12.12 \text{ t/h}$$

$$Q_{\text{SO}_2} = 19 \times 2.1 \times 433 \text{ kg/h} = 17.28 \text{ t/h}$$

$$Q_{\text{NO}_x} = 16 \times 433 \text{ kg/h} = 6.93 \text{ t/h}$$

$$Q_{\text{CO}} = 0.25 \times 433 \text{ kg/h} = 0.108 \text{ t/h}$$

$$Q_{\text{NMVOC}} = 0.02 \times 433 \text{ kg/h} = 0.0087 \text{ t/h}$$

1.2.6 我国《环境空气质量标准》中 SO₂ 的二级标准(年均)为 0.06 mg/m³,假定环境空气质量恰好处于这个标准线上,且人体每次呼吸吸入空气约 1 L,则:

(1) 每一次呼吸吸入多少克的 SO_2 ?

(2) 每一次呼吸吸入多少个 SO_2 分子(假定每克 SO_2 含 9.4×10^{21} 个分子)?

解: 人体每一次呼吸吸入 SO_2 :

$$m_{\text{SO}_2} = \rho_{\text{SO}_2} \cdot V_{\text{SO}_2} = 0.06 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3} \text{ g} = 6 \times 10^{-8} \text{ g}$$

转化为分子个数:

$$n = m_{\text{SO}_2} \cdot N = 6 \times 10^{-8} \times 9.4 \times 10^{21} = 5.64 \times 10^{14}$$

第三节 思考题

1.3.1 大气和空气的意义有何区别? 大气污染的定义是什么?

1.3.2 列举大气和干洁空气的组成。

1.3.3 简述目前存在的全球性大气污染问题及其对环境的影响。

1.3.4 列举大气中主要的气态污染物及其来源。

1.3.5 气溶胶状态污染物按来源和物理属性可分为哪几类? 各自的特点是什么? 按粒径分呢?

1.3.6 简述释放于大气中的硫氧化物、氮氧化物的来源和发生机制。

1.3.7 大气中 SO_2 污染物的发生机制有如下几种说法, 试问哪几种说法不确切, 应该如何修改:

(1) 大气中 SO_2 污染物一半是由人为污染源所排放的;

(2) 主要是因燃烧含硫煤和石油而产生的;

(3) 燃烧烟气中的 SO_2 主要以 SO_3 形式存在, 其中只有 1% ~ 5% 为 SO_2 气体;

(4) 当大气相对湿度较大, 且颗粒物粉尘受太阳紫外光照射时, SO_2 将会产生硫酸型光化学烟雾。

1.3.8 根据教材中表 1-2, 比较各种污染物自然源和人为源的发生量, 为什么对于自然源排放占相当比例的污染物, 控制的重点仍然在于人为源?

1.3.9 硫酸型烟雾和光化学烟雾形成的气象条件有哪些不同?

1.3.10 简要分析煤烟型污染和机动车污染的差别。

1.3.11 简要论证煤烟型污染仍是我国大气污染的主要特征之一。

1.3.12 进行必要的、合理的假设, 估算我国 SO_2 的年排放量。

1.3.13 世界各国所制定的大气质量控制标准有哪几大类?

1.3.14 我国制定的大气质量控制标准有哪几大类? 它们各自的作用是什么?

1.3.15 美国环境空气质量标准中关于颗粒物的浓度,最初以 TSP 表示,后来改为 PM_{10} ,近来又改为 $PM_{2.5}$,其动因是什么?

1.3.16 简述我国环境控制质量标准的“三类区、三标准”的内容和意义。

1.3.17 空气污染指数(API)是如何计算的?各空气质量级别对健康有什么样的影响?

1.3.18 我国大气污染防治法自 1987 年首次颁布以来,经过 1995 年和 2000 年的两次修订。试简要说明两次修订对我国大气污染防治工作的推动作用与意义。

1.3.19 今后 20 年内我国的 GDP 将翻两番,若保持空气质量不再恶化,与目前相比,单位 GDP 排放的污染物至少应削减多少?

1.3.20 比较世界各国环境空气质量标准中对颗粒物的规定(粒径范围、持续时间和浓度限值)。

1.3.21 不少国家都颁布了燃煤电厂空气污染物的排放限值。根据国际经验和我国能源环境的实际,试提出对我国《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223—1996)的修订建议。

1.3.22 从一次污染物和二次污染物的角度,分析 NO_x 排放对环境可能造成的影响。

1.3.23 有人指出, $PM_{2.5}$ 中有相当比例(按重量计)的颗粒为二次颗粒,据此分析 $PM_{2.5}$ 的主要化学组成。

1.3.24 已经证实,酸雨会对许多建筑和古迹造成腐蚀和破坏,试分析导致腐蚀和破坏的可能途径和机理。

第四节 习 题

1.4.1 CCl_4 气体与空气混合成体积分数为 1.50×10^{-4} 的混合气体,在管道中流动的流量为 $10 \text{ m}^3/\text{s}$,试确定:

- (1) CCl_4 在混合气体中的质量浓度 $\rho(\text{g}/\text{m}^3)$ 和摩尔浓度 $c(\text{mol}/\text{m}^3)$;
- (2) 每天流经管道的 CCl_4 的质量(kg)。

1.4.2 洛杉矶盆地的面积大约 $1.05 \times 10^4 \text{ km}^2$,假定其上空污染较严重的空气层的厚度为 600 m。解决方案之一是将受污染的空气排出这个地区。假设我们需要每天将盆地中的污染空气用泵抽到 90 km 以外的沙漠地区,管道中的气流速度 12 m/s,估计所需的管道的直径。

1.4.3 某塑料厂的废气排放速率为 $2.83 \text{ m}^3/\text{min}$ (200°C , 90 kPa),废气监测装置显示其中含有 5×10^{-6} 的苯酚气体,接近于人体能够感知的浓度下限。苯酚的摩尔质量为 94.1 g/mol,计算废气中苯酚的质量浓度(mg/m^3),苯酚的排

放速率是多少？

1.4.4 在室外吸烟的人有时被指责造成了大气环境污染,我们不妨比较一下吸烟和机动车造成的 CO 排放。假设机动车的排放因子刚好达到轻型汽车的排放标准,为 5.17 g/km ;香烟的排放因子为 50 mg/支 。假设吸烟者每日消耗半盒(10支)烟,机动车的年均行驶里程约 $20\,000 \text{ km}$,大约多少吸烟者才能够排放与一辆机动车等量的 CO?

1.4.5 成人平均每次吸入的空气量为 500 cm^3 ,假若每分钟呼吸 15 次,空气中颗粒物的浓度为 $200 \mu\text{g/m}^3$ 。试计算每小时沉积于肺泡内的颗粒物质量。已知该颗粒物在肺泡中的沉降系数为 0.12。

1.4.6 设人体内有 $4\,800 \text{ mL}$ 血液,每 100 mL 血液中含有 20 mL 氧。从事重体力劳动的人的呼吸量为 4.2 L/min ,受污染空气中 CO 的体积分数为 10^{-4} 。如果血液中 CO 的最初水平(体积分数)分别为 0% 和 2%,计算血液达到 7% 的 CO 饱和度需要多少分钟(设吸入肺中的 CO 全部被血液吸收)。

1.4.7 粉尘密度 $1\,400 \text{ kg/m}^3$,平均粒径 $1.4 \mu\text{m}$,在大气中的浓度为 0.2 mg/m^3 ,对光的散射率为 2.2,计算大气的最大能见度。

1.4.8 在某市中心区的道路两侧监测点测定的大气污染物浓度分别为:

CO	5.0×10^{-6} (1 小时值的日平均值)
NO ₂	0.06×10^{-6} (1 小时值的日平均值)
SO ₂	2.10×10^{-6} (1 小时值的日平均值)
TSP	0.14 mg/m_N^3 (1 小时值的日平均值)
PM ₁₀	0.04 mg/m_N^3 (1 小时值的日平均值)
O ₃	0.03×10^{-6} (1 小时值的日平均值)

试问哪些大气污染物超过我国颁布的《环境空气质量标准》(GB3095—96)中规定的二级标准。

1.4.9 某市 2002 年 3 月 10 日测得空气质量如下:PM₁₀ $160 \mu\text{g/m}^3$,SO₂ $80 \mu\text{g/m}^3$,NO₂ $110 \mu\text{g/m}^3$,CO 5 mg/m^3 (最大小时平均),试计算该市的空气污染指数 API。

1.4.10 根据我国的《环境空气质量标准》的三级标准,求出 SO₂、NO₂、CO、O₃ 四种污染物的日均浓度(O₃ 小时均值)限值的体积分数。

1.4.11 图 1-1 给出了大气中二氧化硫浓度对低碳钢腐蚀的影响。根据图中的数据,试回归出一个简单的方程表示二氧化硫平均浓度与低碳钢腐蚀速率的关系。

1.4.12 美国大型燃煤锅炉 CO 的排放系数(以单位质量的燃料计)为 0.25 kg/t ;对于新型汽油车,CO 的排放标准为 2.11 g/km 。假定汽车的燃料经

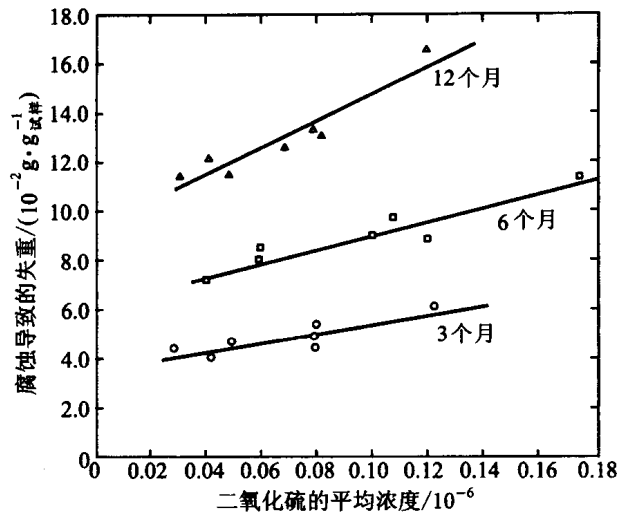


图 1-1 二氧化硫平均浓度与低碳钢腐蚀速率的关系

济性为 10.6 km/L(汽油),汽油的比重为 0.72 kg/L。试计算新型车相当于每吨燃料排放多少 kg 的 CO。

1.4.13 对于大型燃煤锅炉,燃料中 80% 的灰分将变为飞灰进入烟气,我国火电厂用煤的灰分含量约为 25%~28%,在县及县以上城镇规划区内的火电厂锅炉,欲满足第Ⅲ时段的烟尘排放标准,除尘系统的除尘效率至少应为多少?