



21世纪交通版

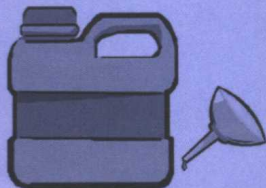
高等学校车辆工程专业教材



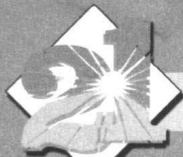
汽车排放污染及控制

Qiche Paifang Wuran ji Kongzhi

◎ 龚金科 主编



人民交通出版社
China Communications Press



21世纪

高等学校车辆工程专业教材

汽车排放污染及控制

Qiche Paifang Wuran ji Kongzhi

主编 龚金科

副主编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

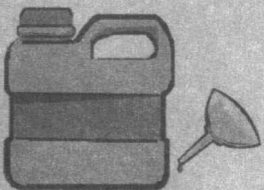
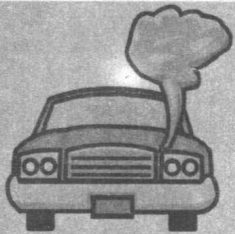
参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

参编 龚金科

人民交通出版社



内 容 提 要

本书系统地阐述了汽车排放污染物的危害、生成机理和影响因素以及车用汽油机和柴油机的机内净化技术,论述了以三元催化转化器等为主要内容的车用汽油机和以微粒捕集器为主要内容的车用柴油机的后处理净化技术。在此基础上,提出了汽车排放污染物的一般净化方案,并讨论了混合动力新技术。

本书可作为车辆工程专业和热能与动力工程专业及相关专业本科生和研究生的教材,也可供从事这些专业的研究、设计、制造和使用的工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

汽车排放污染及控制/龚金科主编. —北京:人民交通出版社, 2005.3

ISBN 7-114-05448-3

I. 汽... II. 龚... III. 汽车排气 - 污染防治
IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 009319 号

高等学校车辆工程专业教材

书 名: 汽车排放污染及控制

著 作 者: 龚金科

责任编辑: 钟 伟

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市海波印务有限公司 一 宝日文龙印刷有限公司

开 本: 787 × 980 1/16

印 张: 13

字 数: 256 千

版 次: 2005 年 4 月 第 1 版

印 次: 2005 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05448-3

印 数: 0001 - 4000 册

定 价: 19.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



21 世纪交通版高等学校车辆工程专业教材 编委会名单

编委会主任

陈礼璠(同济大学)

编委会副主任(按姓名拼音排序)

陈南(东南大学)

杜子学(重庆交通学院)

方锡邦(合肥工业大学)

谷正气(湖南大学)

编委会委员(按姓名拼音排序)

陈明(同济大学)

陈全世(清华大学)

陈鑫(吉林大学)

戴汝泉(山东交通学院)

邓亚东(武汉理工大学)

杜爱民(同济大学)

冯崇毅(东南大学)

冯晋祥(山东交通学院)

龚金科(湖南大学)

关家午(长安大学)

过学迅(武汉理工大学)

韩英淳(吉林大学)

何丹娅(东南大学)

何仁(江苏大学)

何耀华(武汉理工大学)

黄韶炯(中国农业大学)

金达锋(清华大学)

李晓霞(长安大学)

刘晶郁(长安大学)

鲁植雄(南京农业大学)

栾志强(中国农业大学)

罗虹(重庆大学)

任恒山(湖南大学)

谭继锦(合肥工业大学)

王国林(江苏大学)

温吾凡(吉林大学)

吴光强(同济大学)

席军强(北京理工大学)

张红(中国农业大学)

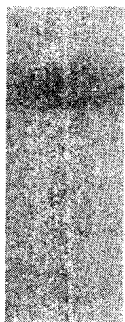
张启明(长安大学)

赵福堂(北京理工大学)

钟诗清(武汉理工大学)

教材策划组成员名单

刘敏嘉 白 嵘 钟 伟 翁志新 黄景宇



前言

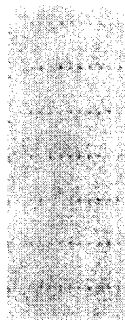


经济的腾飞和人民生活水平的提高,推动了汽车产业的迅猛发展。目前,世界汽车保有量正以每年 3000 万辆的速度递增,预计到 2010 年的世界汽车保有量将增加到 10 亿辆。2003 年我国的汽车保有量达到了 2400 万辆,据预测,到 2020 年,我国的汽车保有量将有望达到 1.4 亿辆。随着机动车保有量的持续增长,机动车排放污染物总量持续攀升。2003 年全国机动车碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)排放量分别是 1995 年相应排放量的 2~3 倍,严重污染了大气,危及人体健康。为此,我国与世界各国一样,制订了越来越严格的汽车排放法规,对汽车排放控制技术提出了越来越高的要求。所以,本书在综合国内外最新相关资料和编者的有关研究成果的基础上,简要地介绍和讨论了相关的新知识、新技术和新内容,以促进我国在汽车排放污染控制方面尽快赶上国际先进水平。

全书由湖南大学机械与汽车工程学院博士生导师龚金科教授任主编(编写第一、三、四、六、七、八、九章),李芷源编写第二章,杨靖编写第五章,谭理刚编写第十章,刘孟祥编写第十一章。在编写过程中,还得到了康红艳、赖天贵、梅本付、彭炜琳、董喜俊、翟立谦、王劲、肖明伟、周剑、刘金武、袁文华、唐大学等的大力协助,在此,衷心感谢他们的出色工作。刘作荣进行了部分审校工作,特致谢意!

本书在编写过程中,参考了大量相关文献资料,在此特向这些作者表示衷心的感谢!由于编者水平有限,书中疏漏谬误之处在所难免,恳请读者和同仁批评指正。

编 者



目 录



第1章 绪论	1
1.1 环境污染与保护	1
1.2 汽车排放污染物及危害	4
1.2.1 一氧化碳(CO)	5
1.2.2 碳氢化合物(HC)	6
1.2.3 氮氧化物(NO_x)	6
1.2.4 光化学烟雾	7
1.2.5 微粒	8
1.3 汽车排放控制技术的发展过程	8
第2章 汽车排放污染物的生成机理和影响因素	10
2.1 一氧化碳	10
2.1.1 一氧化碳的生成机理	10
2.1.2 影响一氧化碳生成的因素	12
2.2 碳氢化合物	13
2.2.1 碳氢化合物的生成机理	14
2.2.2 影响碳氢化合物生成的因素	17
2.3 氮氧化物	18
2.3.1 氮氧化物的生成机理	18
2.3.2 影响氮氧化物生成的因素	20
2.4 微粒	23
2.4.1 微粒的生成机理	23
2.4.2 影响微粒生成的因素	27
第3章 汽车发动机的排放特性	30
3.1 发动机的稳态排放特性	30
3.1.1 汽油机的稳态排放特性	30
3.1.2 柴油机的稳态排放特性	32



3.2 发动机的瞬态排放特性	36
3.2.1 汽油机的瞬态排放特性	36
3.2.2 柴油机的瞬态排放特性	38
第4章 车用汽油机机内净化	40
4.1 概述	40
4.1.1 汽油机的燃烧过程	40
4.1.2 汽油机的主要排放物	41
4.1.3 汽油机机内净化的主要措施	41
4.2 汽油喷射电控系统	42
4.2.1 典型汽油喷射电控系统	42
4.2.2 喷油控制	45
4.2.3 点火系统的控制	49
4.2.4 怠速转速控制	51
4.2.5 缸内直接喷射	54
4.3 低排放燃烧系统	57
4.3.1 稀薄燃烧系统	57
4.3.2 分层燃烧系统	61
4.3.3 高压缩比燃烧系统	64
4.4 废气再循环	65
4.4.1 废气再循环的工作原理	65
4.4.2 EGR 率对汽油机净化与性能的影响	67
4.5 其他机内净化措施	68
4.5.1 涡轮增压技术	68
4.5.2 多气门技术	69
第5章 车用柴油机机内净化	70
5.1 概述	70
5.1.1 柴油机的燃烧过程	70
5.1.2 柴油机的主要排放污染物	71
5.1.3 柴油机的机内净化技术	71
5.2 低排放燃烧系统	72
5.2.1 非直喷式燃烧系统	72
5.2.2 直喷式燃烧系统	74
5.3 低排放柴油喷射系统	76
5.3.1 喷油压力	76
5.3.2 喷油规律	77
5.3.3 喷油时刻	78



5.4 多气门技术	79
5.4.1 气流组织	79
5.4.2 多气门	80
5.5 增压技术	81
5.5.1 工作原理	81
5.5.2 增压对排放的影响	86
5.6 废气再循环系统	87
5.6.1 系统构成	87
5.6.2 废气再循环率对柴油发动机性能的影响	89
5.7 电控柴油喷射系统	90
5.7.1 位置控制系统	91
5.7.2 时间控制系统	92
5.7.3 电控高压共轨系统	93
第6章 车用汽油机后处理净化	97
6.1 概述	97
6.2 三元催化转化器	97
6.2.1 三元催化转化器的基本结构	98
6.2.2 催化反应机理	99
6.2.3 三元催化剂及其劣化机理	102
6.2.4 三元催化转化器的性能指标	105
6.2.5 三元催化转化器工作过程模拟	108
6.2.6 三元催化转化器的匹配	112
6.3 热反应器	115
6.4 空气喷射	115
第7章 车用柴油机后处理净化	117
7.1 概述	117
7.2 微粒捕集器	118
7.2.1 过滤机理	119
7.2.2 过滤体材料及其结构	121
7.2.3 再生技术	125
7.3 NO _x 机外净化技术	133
7.3.1 NO _x 吸附催化还原	133
7.3.2 NO _x 的选择性非催化还原	134
7.3.3 NO _x 的选择性催化还原	134
7.3.4 用等离子辅助催化还原	137
7.4 氧化催化转化器	138



第 8 章 燃料与排放	141
8.1 燃料对排放的影响	141
8.1.1 汽油对排放的影响	141
8.1.2 柴油对排放的影响	144
8.2 燃料的改善	146
8.2.1 汽油的改善	146
8.2.2 柴油的改善	146
8.3 代用燃料	147
8.3.1 天然气和液化石油气	147
8.3.2 醇类燃料	151
8.3.3 植物油	154
8.3.4 氢气	155
第 9 章 汽车排放污染物净化方案及分析	156
9.1 汽油车排放污染物净化方案	156
9.2 柴油车排放污染物净化方案	158
9.3 混合动力车	160
9.3.1 混合动力汽车发展概况	160
9.3.2 混合动力汽车的类型和控制策略	161
9.3.3 混合动力汽车需要解决的关键技术问题和面临的挑战与机遇	164
第 10 章 汽车排放测试	167
10.1 汽车排放污染物取样系统	167
10.1.1 直接取样系统	168
10.1.2 稀释取样系统	169
10.1.3 定容取样系统	171
10.2 排气成分分析仪	173
10.2.1 不分光红外线气体分析仪(NDIR)	173
10.2.2 化学发光分析仪(CLD)	174
10.2.3 氢火焰离子型分析仪(FID)	175
10.2.4 顺磁分析仪(PMA)	175
10.2.5 气相色谱仪(GC)	176
10.3 微粒测量与分析	177
10.3.1 微粒质量测量	177
10.3.2 微粒成分分析	178
10.4 烟度测量与分析	179
10.4.1 滤纸式烟度计	179
10.4.2 消光式烟度计	180



10.5 汽油车非排气污染物的测量与分析	181
10.5.1 曲轴箱排放物	181
10.5.2 蒸发排放物	181
第 11 章 排放标准	183
11.1 国外汽车排放标准	183
11.1.1 美国汽车排放标准	183
11.1.2 欧洲汽车排放标准	185
11.1.3 日本汽车排放标准	187
11.2 我国汽车排放标准	188
11.2.1 1993 年颁布的排放标准	189
11.2.2 1998 年北京市颁布的汽车排放标准	190
11.2.3 1999 年颁布的排放标准	190
11.2.4 2001 年颁布的排放标准	192
11.2.5 2002 年颁布的排放标准	193
11.2.6 未来第 III 和第 IV 阶段排放标准	193
参考文献	195





第1章 绪 论

本章主要介绍环境污染特别是汽车排放对大气污染的现状,讨论各种汽车排放污染物对人类和自然的危害,并总结汽车排放控制技术的发展历程。

1.1 环境污染与保护

当人类向着征服大自然的目标前进时,一部破坏生态环境的历史也同时被记录下来。环境是人类生存发展的物质基础和制约因素。人口的增长要求工农业迅速发展,从环境中摄取食物、资源、能量的数量必然要增大,然而,环境的承载能力和环境容量是有限的,如果人口的增长、生产的发展,不考虑环境条件的制约作用,超出了环境允许的极限,就势必会导致环境的污染与破坏,造成资源枯竭和对人类健康的损害。

目前,全球的环境问题主要表现为温室效应、臭氧层的耗损与破坏、酸雨蔓延、能源危机、生物多样性的减少、森林锐减、土地沙漠化、水污染和海洋污染以及危险性废物越境转移等。这些环境问题带来的危害是明显的。温室效应导致全球变暖,降水量重新分配;臭氧层的耗损与破坏让皮肤癌和角膜炎患者增加;酸雨蔓延改变了土壤性质和结构;生物多样性的减少、森林锐减和土地沙漠化让原本富饶美丽的世界变得满目疮痍。总之,生态平衡的破坏,环境的恶化,将严重危害人体健康,发展下去最终会使自然界失去供养人类生存的能力。近些年来,人们已经开始认识到环境保护的重要性,并给予了广泛的关注。1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会,通过了《里约环境与发展宣言》、《二十一世纪议程》、《关于森林问题的原则声明》等重要文件,充分体现了当今人类社会可持续发展的新思想,反映了关于环境与发展领域协作的全球共识和最高级别的政治承诺。现在,各国政府正在按照制定的可持续性发展战略、计划和政策进行环境保护,人类即将进入合理利用和保护环境的新时代。

诸多环境问题中,大气污染已成为最为关注的问题之一。大气与地球上各种生命的繁衍息息相关,人类的生存离不开大气。然而,随着人类社会的发展,人类活动或自然过程





使得某些物质进入了大气中,当它们呈现出足够的浓度,达到了足够的时间,就可能危害到人体的舒适和健康,危害到生态环境的平衡,这就是所谓的大气污染。这里的人类活动不仅包括生产活动,而且也包括日常的生活活动。而自然过程则包括火山活动、山林火灾、土壤和岩石的风化等。实际上,自然过程造成的大气污染经过一定时间后可以被自动消除,所以大气污染主要是人类活动造成的。温室效应、臭氧层的耗损与破坏、酸雨蔓延是大气污染的主要表现。

1. 大气污染的一般分类

大气污染按其污染的范围可分为局部污染、区域性污染和全球性污染。

(1)局部污染——出现在一个城市或更小区域范围的空气污染,如北京、广州、兰州等城市的空气污染,其距离范围一般小于 100km。

(2)区域性污染——范围在 500km 以上的地区出现的空气污染,以及这些污染物的跨国输送,最典型的是酸雨问题,如北美、欧洲、中国西南三大酸雨区。

(3)全球性污染——污染范围在数千公里以上的大气环境问题,如温室气体排放引起的全球气候变化,以及空调制冷剂 and 有机溶剂在使用中排放的氯氟烃(CFC_s)对地球平流层臭氧的破坏等。

2. 大气污染源

大气污染的污染源可分为天然污染源和人为污染源。天然污染源是指自然界向大气排放污染物的地点或地区,如排放灰尘、二氧化硫、硫化氢等污染物的活火山、自然逸出的瓦斯气,以及发生森林火灾、地震等自然灾害的地方。

人为污染源按人们的社会活动功能可分为生活污染源、工业污染源、交通污染源等。汽车成为主要的运输和代步工具后,在提高社会生产效率,改善人们生活质量的同时,也消耗了大量的能源,排放的尾气也成了主要的交通污染源。

3. 环境空气质量标准

空气包围着我们的地球,提供了适宜人类生存的物理环境。清洁的空气是由氮气、氧气和二氧化碳等气体组成的,分别是 78.06%、20.95%、0.93%,约占空气总量的 99.94%,其他气体总和不到 0.1%。但是,随着大量有害物质的排放,空气的正常组成正在被改变,我们不知不觉生活在受到污染的空气中了。为了改善环境空气质量,创造清洁适宜的环境,保护人体健康,我国根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》制定了 GB 3095—1996《环境空气质量标准》。这个标准规定了二氧化硫(SO₂)、总悬浮颗粒物(TSP)、可吸入颗粒物(PM₁₀)、氮氧化物(NO_x)、碳氧化物等 10 种污染物的浓度限值,如表 1-1 所列。这个标准是评价空气质量好坏的科学依据。

环境空气质量标准也分为三级,一类区执行一级标准,二类区执行二级标准,三类区执行三级标准。

一级标准:为保护自然生态和人群健康,在长期接触情况下,不发生任何危害性影响





的空气质量要求。

二级标准:为保护人群健康和城市、乡村的动、植物在长期和短期的接触情况下,不发生伤害的空气质量要求。

各项污染物浓度限值

表 1-1

污染物名称	取值时间	浓度限值			浓度单位
		一级标准	二级标准	三级标准	
二氧化硫 (SO ₂)	年平均	0.02	0.06	0.10	mg/m ³ (标准状态)
	日平均	0.05	0.15	0.25	
	1h 平均	0.15	0.50	0.70	
总悬浮颗粒物 (TSP)	年平均	0.08	0.20	0.30	
	日平均	0.12	0.30	0.50	
可吸入颗粒物 (PM ₁₀)	年平均	0.01	0.10	0.15	
	日平均	0.05	0.15	0.25	
氮氧化物 (NO _x)	年平均	0.05	0.05	0.10	
	日平均	0.10	0.10	0.15	
	1h 平均	0.15	0.15	0.30	
二氧化氮 (NO ₂)	年平均	0.04	0.04	0.08	
	日平均	0.08	0.08	0.12	
	1h 平均	0.12	0.12	0.24	
一氧化碳 (CO)	年平均	4.00	4.00	6.00	
	1h 平均	10.00	10.00	20.00	
臭氧 (O ₃)	1h 平均	0.12	0.16	0.20	
铅 (Pb)	季平均	1.50			
	年平均	1.00			
苯并[a]芘 B[a]P	日平均	0.01			μg/m ³ (标准状态)
氟化物 (F)	日平均	7 ^①			μm/(dm ² ·d)
	1h 平均	20 ^①			
	月平均	1.8 ^②	3.0 ^③		
	植物生长季平均	1.2 ^②	2.0 ^③		

注:①适用于城市地区;

②适用于牧业区和牧业为主的半农半牧区、蚕桑区;

③适用于农业和林业区。

三级标准:为保护人群不发生急、慢性中毒和城市一般动、植物正常生长的空气质量





要求。

衡量某个区域的空气质量达到几级标准主要就是看这个地方空气中各种污染物,如总悬浮颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等的浓度达到几级标准。表 1-2 给出了 2003 年北京市大气主要污染物年日均值。

2003 年北京市大气主要污染物年日均值

表 1-2

	二氧化硫 (mg/m^3)	二氧化氮 (mg/m^3)	可吸入颗粒物 (mg/m^3)	总悬浮颗粒物 (mg/m^3)	一氧化碳 (mg/m^3)
2002 年	0.067	0.076	0.166	0.373	2.5
2003 年	0.061	0.072	0.141	0.252	2.4
2003/2002	- 9%	- 5.3%	- 15.1%	- 32.7%	- 4%
国家年平均 (二级标准)	0.060	0.040	0.100	0.200	—

1.2 汽车排放污染物及危害

从 1886 年诞生第一辆汽车开始,各国就争相发展汽车工业。特别在 20 世纪,世界汽车保有量的增加大大超过了人口增长的速度。在 1950 年,全世界只有 5000 万辆汽车,大约每 1000 人仅有 2 辆汽车;到 1995 年,全球已经拥有 6.5 亿辆汽车,平均 100 人拥有 10 辆汽车;根据目前的估计,2010 年之前全世界机动车的数量可能达到 8.16 亿辆(不包括两轮和三轮机动车);到 2050 年全球将拥有 30 亿辆汽车。进入 21 世纪以来,中国汽车需求量和保有量也出现了加速增长的趋势。2000~2002 年实际汽车保有量分别为 1608.91、1802.04 和 2053.17 万辆,年平均增长速度分别达到了 10.73%、12% 和 13.94%。专家预测 2003~2010 年我国汽车保有量以及由此带动的汽车需求量将继续呈加速增长的趋势。而且随着居民收入的提高、汽车价格的下降和消费环境的改善,中国汽车市场规模将持续扩大。

随着机动车保有量的持续增长,我国机动车污染物排放总量持续攀升。2003 年全国机动车碳氢化合物(HC)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)排放量是 1995 年相应污染物排放总量的 2.51、2.05 和 3.01 倍。事实上,汽车所产生的空气污染量比任何其他单一的人类活动产生的空气污染量都多。全球因燃烧矿物燃料而产生的一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)和氮氧化物(NO_x)的排放量,几乎 50% 来自于汽油机和柴油机,在表 1-3 中介绍了各类发动机排放量的情况。

最近几年,我国对环境保护的投入不断加大,图 1-1 是 1998~2003 年北京市政府针对环保的投资情况。通过政府和社会的努力,我国城市空气质量总体上也有所好转。2003



年监测的 340 个城市中,142 个城市达到国家环境空气质量二级标准(居住区标准),占 41.7%,比 2002 年增加 7.9 个百分点;空气质量为三级的城市有 107 个,占 31.5%,比 2002 减少 3.5 个百分点;劣于三级标准的城市有 91 个,占 26.8%,比 2002 年减少 4.4 个百分点。

各类发动机有害物比较

表 1-3

排放物 机 型		CO	HC	NO _x	SO ₂ ^①	微 粒 ^①			臭气
						铅化物	炭烟	油雾	
汽油机	四冲程	多	中	多	很少	多	少	少	中
	二冲程	多	多	少	很少	多	少	多	多
柴油机		少	少	中	少	无	多	少	多
LPG、CNG 发动机		少	中	中	无	无	少	无	少 ^②
氢发动机		无	无	多	无	无	无	无	无
旋转活塞汽油机		多	多	少	很少	中	少	中	中
甲醇发动机		少	少	少	无	无	无	少	少

注:①在使用含铅汽油及中国的燃油含量较低的条件下的比较;

②液化石油气(LPG)燃料本无臭味,为了安全的考虑,常掺入微量臭气,以引起使用者对漏气的注意。

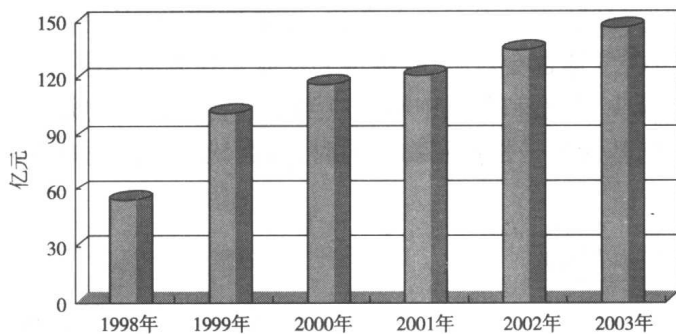


图 1-1 北京市政府近年来的环保投资情况

通常,汽车排放的污染物以及与交通源相关的主要污染物有:一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、碳氢化合物(包括苯、苯并[a]芘)和微粒等。

1.2.1 一氧化碳(CO)

一氧化碳(CO)无色无臭,是一种窒息性的有毒气体,由于其和血液中有输氧能力的血红蛋白(Hb)的亲合力比 O₂ 和 Hb 的亲合力大 200~300 倍,因而 CO 能很快和 Hb 结合形成碳氧血红蛋白(CO—Hb),使血液的输氧能力大大降低。高浓度的 CO 能够引起

人体生理和病理上的变化,使心脏、头脑等重要器官严重缺氧,引起头晕、恶心、头痛等症状,严重时会使心血管工作困难,直至死亡;不同浓度 CO 对人体健康的影响,见表 1-4。汽车尾气中 CO 是烃燃料燃烧的中间产物,主要是在局部缺氧或低温条件下,由于烃不能完全燃烧而产生的。当汽车负重过大、慢速行驶或空档运转时,燃料不能充分燃烧,废气中一氧化碳含量会明显增加。

不同浓度 CO 对人体健康的影响

表 1-4

CO 浓度(10^{-6})	对人体健康的影响	CO 浓度(10^{-6})	对人体健康的影响
5 ~ 10	对呼吸道患者有影响	120	1h 接触,中毒,血液中 CO—Hb > 10%
30	人滞留 8h,视力及神经系统出现障碍,血液中 CO—Hb = 5%	250	2h 接触,头痛,血液中 CO—Hb = 40%
40	人滞留 8h,出现气喘	500	2h 接触,剧烈心痛、眼花、虚脱
		3000	30min 即死亡

1.2.2 碳氢化合物(HC)

碳氢化合物 HC(也称烃)包括未燃和未完全燃烧的燃油、润滑油及其裂解产物和部分氧化物。如苯、醛、酮、烯、多环芳香族碳氢化物等 200 多种复杂成分。饱和烃一般危害不大,甲烷气体无毒性,乙烯、丙烯和乙炔主要会对植物造成伤害。但是,不饱和烃却有很大的危害性。苯是无色类似汽油味的气体,可引起食欲不振、体重减轻、易倦、头晕、头痛、呕吐、失眠、粘膜出血等症状,也可引起血液变化,红血球减少,出现贫血,还可导致白血病。而甲醛,丙烯醛等醛类气体也会对眼、呼吸道和皮肤有强刺激作用,超过一定浓度,会引起头晕、恶心、红血球减少、贫血和急性中毒。应当引起特别注意的是带更多环的多环芳香烃,如苯并[a]芘及硝基烯都是强致癌物。同时,烃类成分还是引起光化学烟雾的重要物质。

1.2.3 氮氧化物(NO_x)

氮氧化物 NO_x 是 NO 及 NO_2 的总称。汽车尾气中氮氧化物的排放量取决于气缸内燃烧温度、燃烧时间和空燃比等因素。燃烧过程排放的氮氧化物中 95% 以上可能是一氧化氮 NO, NO_2 只占少量。NO 是无色无味气体,只有轻度刺激性,毒性不大,高浓度时会造成中枢神经的轻度障碍,NO 可被氧化成 NO_2 。NO 与血液中的血红素的结合能力比 CO 还强。 NO_2 是一种红棕色气体,对呼吸道有强烈的刺激作用,对人体影响甚大。 NO_2 吸入人体后和血液中血红蛋白 Hb 结合,使血液输氧能力下降,会损害心脏、肝、肾等器官,其具体影响见表 1-5。同时,二氧化氮还是产生酸雨和引起气候变化、产生烟雾的主要原因。另外,HC 和 NO_x 在大气环境中受强烈太阳光紫外线照射后,会生成新的污染物——光化学烟雾。

不同浓度 NO_2 对人体健康的影响

表 1-5

NO_2 的浓度 (10^{-4})	对人体健康的影响	NO_2 的浓度 (10^{-4})	对人体健康的影响
1	闻到臭味	80	3min, 感到胸闷、恶心
5	闻到强臭味	150	在 30 ~ 60 min 内因肺水肿而死亡
10 ~ 15	10min, 眼、鼻、呼吸道受到刺激	250	很快死亡
50	1 min 内人呼吸困难		

1.2.4 光化学烟雾

光化学烟雾是排入大气的氮氧化物和碳氢化合物受太阳紫外线作用产生的一种具有刺激性的浅蓝色烟雾。它包含有臭氧(O_3)、醛类、硝酸酯类(PAN)等多种复杂化合物。这些化合物都是光化学反应生成的二次污染物。当遇到低温或不利于扩散的气象条件时,烟雾会积聚不散,造成大气污染事件。这种污染事件最早出现在美国洛杉矶,所以又称洛杉矶光化学烟雾。近年来,光化学烟雾不仅在美国出现,而且在日本的东京、大板、川崎市、澳大利亚的悉尼、意大利的热那亚和印度的孟买等许多汽车众多的城市先后出现过。

在光化学反应中, O_3 约占 85% 以上。日光辐射强度是形成光化学烟雾的重要条件,因此每年夏季是光化学烟雾的高发季节;在一天中,下午 2 时前后是光化学烟雾达到峰值的时刻。在汽车排气污染严重的城市,大气中臭氧浓度的增高,可视为光化学烟雾形成的信号。

光化学烟雾对人体最突出的危害是刺激眼睛和上呼吸道粘膜,引起眼睛红肿和喉炎,这可能与产生的醛类等二次污染物的刺激有关。光化学烟雾对人体的另一些危害则与臭氧浓度有关。当大气中臭氧的浓度达到 $200 \sim 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,会引起哮喘发作,导致上呼吸道疾病恶化,同时也刺激眼睛,使视觉敏感度和视力降低;浓度在 $400 \sim 1600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,只要接触 2h 就会出现气管刺激症状,引起胸骨下疼痛和肺通透性降低,使机体缺氧;浓度再高,就会出现头痛,并使肺部气道变窄,出现肺气肿。接触时间过长,还会损害中枢神经,导致思维紊乱或引起肺水肿等,如表 1-6 所列。臭氧还可引起潜在性的全身影响,如诱发淋巴细胞染色体畸变、损害酶的活性和溶血反应,影响甲状腺功能,使骨骼早期钙化等。所以,我们必须采取一系列综合性的措施来预防和减轻光化学烟雾给人类造成的损失。

不同浓度 O_3 对人体健康的影响

表 1-6

O_3 的浓度 (10^{-6})	对人体健康的影响	O_3 的浓度 (10^{-6})	对人体健康的影响
0.02	开始嗅到臭味	1	1h 会引起气喘, 2h 会引起头痛
0.2	1h 闻到臭味	5 ~ 10	全身痛, 麻痹引起肺气肿
0.2 ~ 0.5	3 ~ 6h 视力下降	50	30min 即死亡

