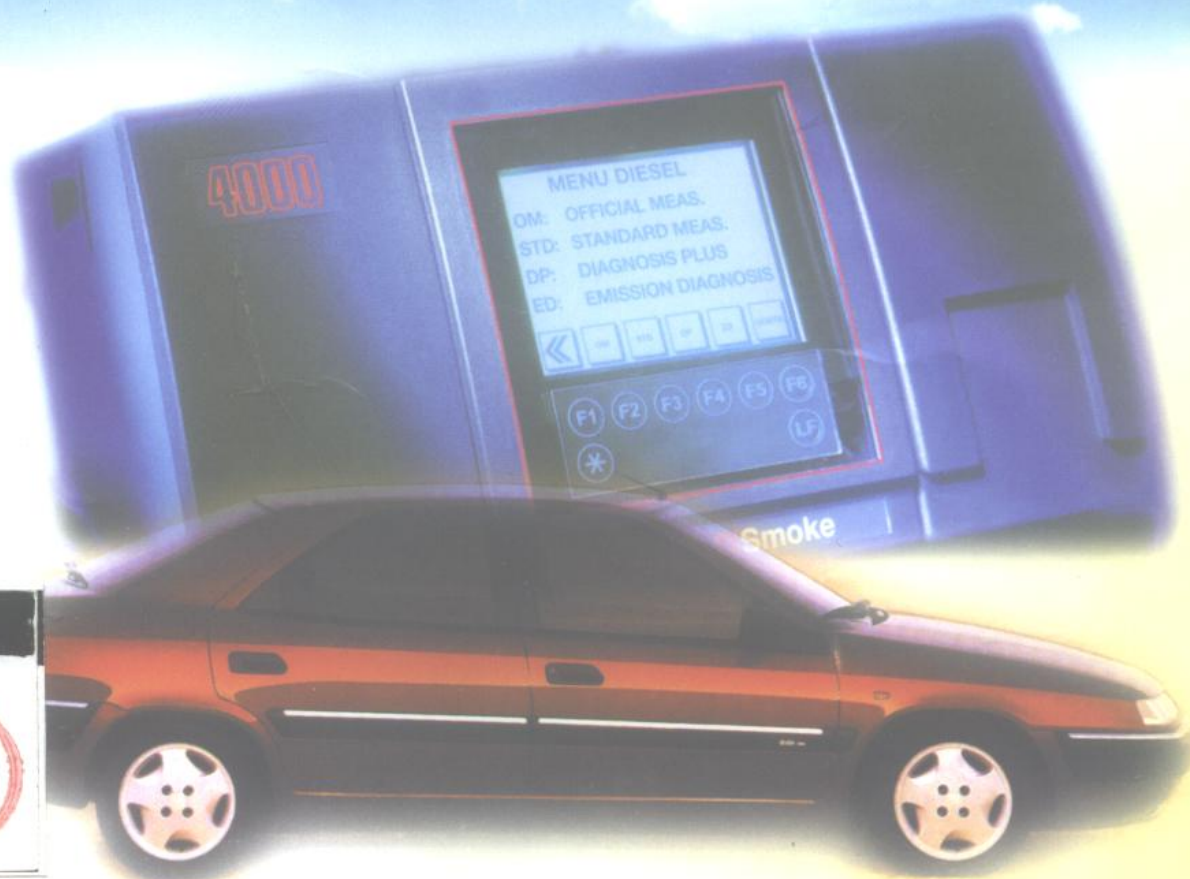


汽车排放污染物 控制实用技术

QICHE PAIFANG WURANWU KONGZHI SHIYONG JISHU

中华人民共和国交通部公路司 审定



人民交通出版社

X.7342

02



00013060

Qiche Paifang Wuranwu Kongzhi Shiyong Jishu

汽车排放污染物控制实用技术

交通部公路司 审定



C0489328

人民交通出版社

内 容 提 要

本书根据目前我国机动车排放污染治理的需要,并针对维修行业的特点和要求,阐述了汽车排放的组成及其生成机理、检测方法及标准、净化措施及控制技术、汽车燃料、节能与排放、汽车诊断及维修等方面的知识,是从事汽车排放治理的技术人员和汽车维修行业从业人员治理汽车排放的必备知识,是汽车维修人员提高技术业务素质的良师益友,可作为治理在用汽车排气污染的技术培训教材和参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

汽车排放污染物控制实用技术 / 交通部公路司审定. —
北京: 人民交通出版社, 1999. 11
ISBN 7-114-03541-1

I. 汽… II. 交… III. ①汽车排气-测定-技术②汽车排
气-污染防治-技术 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 69124 号

汽车排放污染物控制实用技术

交通部公路司 审定

正文设计: 周 园 责任校对: 张 捷 责任印制: 孙树田

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.25 字数: 544 千

1999 年 11 月 第 1 版

1999 年 11 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001-4000 册 定价: 32.00 元

ISBN 7-114-03541-1

U · 02547

汽车排放污染物控制实用技术

编写组成员

主 编:蔡凤田

副主编:谢素华 王建昕 渠桦

成 员:郭少平 王绍铨 刘 峥 张云龙 朱 军 王凯明 魏俊强
童孟曦 戴金龙 宋双羽

审查组成员

主 审:王盈嘉

副主审:李 刚 田国华 俞世光 孟 秋

成 员:高延龄 卢希果 徐通法 洪兰芳 李吉栓 杜 颖 蔡团结

前 言

随着我国公路网建设的加快,汽车运输业得到了飞速发展,在我国国民经济建设中发挥着重要的作用。1999年我国民用汽车保有量已达到1400万辆,但汽车保有量的大幅增长直接导致了石油燃料的大量消耗,并由此产生了大量对人体有害的氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)和微粒等有害物质,加剧了大气环境的污染,即使是完全燃烧产生的无害气体二氧化碳(CO_2),也将导致地球温室效应。目前我国部分大、中城市出现了煤烟与机动车尾气混合型污染,汽车排放污染物已成为我国许多大、中城市空气的主要污染源。降低汽车有害气体排放,保护大气环境,已是我国实施可持续发展战略的重要组成部分。

汽车的排放与汽车的技术状况有着密切的关系,而汽车的正常技术状况需要汽车维修行业提供强有力的技术支持和技术保障。面对迅速发展的汽车制造技术,提高汽车维修行业从业人员的技术业务素质已变得尤为重要,为此,交通部公路科学研究所受交通部公路局的委托,组织清华大学、北京市交通局汽车维修管理处等单位的专家编写了本书,内容涉及到汽车排放的基本知识、检测方法、标准、净化措施及技术、汽车燃料、节能与排放、汽车诊断及维修等方面。在编写中,我们根据目前我国机动车排放污染治理的需要,并针对维修行业的特点和要求,结合维修行业从业人员的实际文化水平,在保持本书科学性、先进性和实用性的同时,力求图文并茂,通俗易懂。从总体上看,本书介绍的内容是汽车维修行业从业人员治理汽车排放的必备知识,是汽车维修人员提高技术业务素质的良师益友,也可作为从事汽车排放污染物控制的有关技术人员的参考书籍和汽车维修行业治理汽车排气污染的技术培训教材。

本书第一章、第二章由郭少平编写,第三章由王绍铨、张云龙编写,第四章由刘峥编写,第五章由王建昕编写,第六章由谢素华编写,第七章由朱军、王凯明、魏俊强编写,第八章由蔡凤田编写,第九章由谢素华、童孟曦、戴金龙、渠桦、宋双羽编写,并由交通部公路局组织专家对本书进行了审定。

在本书编写过程中,得到了许多单位和专家的极大支持,在此我们表示衷心的感谢,另外,对本书中被引用资料的作者也表示感谢。由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编写组

1999年9月

目 录

第一章 汽车排放污染物的形成和危害	1
第一节 环境问题——当今世界严重的社会问题	1
第二节 排放污染物的组成及其来源	2
一、排放污染物的组成	2
二、污染物的来源	3
第三节 汽车排放污染物的危害	4
一、对人体健康的影响	4
二、对全球环境的影响	6
第四节 大气环境质量标准	8
第五节 汽车排放污染物的生成机理	9
一、一氧化碳(CO)的生成	12
二、碳氢化合物(HC)的生成	12
三、氮氧化物(NO _x)的生成	15
四、光化学烟雾	15
五、微粒	16
参考文献	18
第二章 汽车排放标准和测试	19
第一节 汽车排放标准	19
一、排放污染物计量单位	19
二、汽车排放标准的制订	19
三、汽车排放试验规范	20
四、轻型车排放标准	28
五、重型车排放标准	39
第二节 汽车排放测试技术	44
一、试验设备	44
二、采样方法	45
三、测试仪器	47
参考文献	53
第三章 汽油机机内净化技术	55
第一节 汽油机的燃烧与排放	55
一、汽油机的燃烧过程	55
二、混合气的空燃比	55
三、汽油机燃烧与排放	56
第二节 汽油机电控喷油系统与空燃比控制	57

一、电控汽油喷射系统概述·····	57
二、进气系统·····	61
三、供油系统·····	63
四、控制系统·····	69
五、空燃比控制策略和控制方法·····	84
第三节 点火控制系统·····	86
一、发动机对点火系统的要求·····	86
二、点火控制系统的组成·····	86
三、点火控制·····	87
第四节 废气再循环(EGR)控制系统·····	94
一、废气再循环系统及其功用·····	94
二、EGR 阀及其控制方法·····	95
三、EGR 的控制策略·····	97
四、内部废气再循环·····	99
第五节 影响汽油机排放的其它因素·····	99
一、压缩比·····	99
二、燃烧室形状·····	100
三、配气相位·····	100
四、进气道设计·····	101
五、层状充气发动机·····	101
六、其它排放控制措施·····	101
参考文献·····	102
第四章 柴油机机内净化技术·····	103
第一节 柴油机的燃烧过程与燃烧系统·····	103
一、柴油机的燃烧过程及分期·····	103
二、直接喷射式与间接喷射式燃烧系统·····	105
第二节 柴油机的排放污染物·····	107
一、柴油机排放污染物的形成与特点·····	107
二、直接喷射与间接喷射式燃烧系统中的排放污染物·····	110
三、稳定及过渡工况对排气污染物形成的影响·····	111
第三节 柴油机喷油系统的排气净化措施·····	113
一、柴油机的燃油喷射系统·····	113
二、推迟喷油提前角降低 NO _x 排放·····	116
三、燃油高压喷射降低微粒碳烟排放·····	116
四、喷油率控制技术·····	119
五、小直径、多喷孔加速雾化混合·····	121
六、喷油系统的其他净化措施·····	122
第四节 柴油机进气及缸内气流的排气净化措施·····	123
一、适当组织缸内气流,满足综合性能要求·····	123
二、废气涡轮增压与中冷技术·····	124

三、多气门技术	125
第五节 高效低污染燃烧系统	125
一、挤流口式燃烧系统	126
二、非回转体型燃烧系统	126
三、无涡流高压喷射燃烧系统	127
第六节 柴油机的废气再循环	128
第七节 柴油机的电子控制与有害排放物的综合优化和防治	130
一、电控燃油喷射系统	130
二、柴油机电控技术在有害排放物防治中所起的作用	133
参考文献	137
第五章 汽车排放污染物的机外净化技术	138
第一节 概述	138
第二节 汽油车排气后处理技术	139
一、催化转化器的结构及原理	139
二、催化转化器的性能指标和评价试验方法	142
三、催化转化器的匹配问题	149
四、汽油机稀燃催化剂	152
第三节 非排气污染物控制技术	153
一、曲轴箱强制通风装置	154
二、燃油蒸发控制系统	154
第四节 柴油机排气后处理技术	155
一、氧化催化转化器	155
二、微粒捕集器	156
三、柴油机 NO _x 还原催化转化器	158
四、四效催化转化器	162
参考文献	162
第六章 车用燃料与排放	164
第一节 车用汽油	164
一、汽油的性能指标	164
二、汽油的规格	166
三、汽油的选用	172
四、环保型车用汽油	173
第二节 车用柴油	180
一、轻柴油的性能	181
二、柴油的规格	183
三、柴油的选用	187
四、环保型车用柴油	187
第三节 代用燃料	190
一、天然气	190
二、液化石油气	192

三、醇类燃料	198
参考文献	201
第七章 汽车排放污染物控制系统诊断技术	202
第一节 发动机各系统对排气污染物产生的影响	202
第二节 故障码分析	204
一、故障的确认方法	204
二、故障的分类	205
三、故障和故障现象及故障码	205
四、故障码的读取与清除	206
五、故障码的分类	211
六、故障码的分析步骤	212
第三节 数据参数分析	212
一、数据参数显示方式	212
二、数据参数测量手段	212
三、数据参数分析方法	214
四、数据分析步骤	214
第四节 点火波形分析	214
一、点火示波器测试线的连接	215
二、点火初次级电压基本波形分析	215
三、点火波形的分类	217
四、点火波形分析的基本步骤	218
第五节 废气分析	227
一、废气成分的基本变化规律	227
二、废气分析的基本规则和方法	232
三、废气分析测试方法	234
第六节 真空及压力分析	235
一、真空分析	235
二、压力分析	243
第七节 综合诊断示例	247
一、电喷发动机车辆尾气分析实例	247
二、化油器发动机车辆尾气分析实例	253
参考文献	257
第八章 汽车节能与环保	259
第一节 能源与环境	259
一、能源的定义及分类	259
二、能源的发展及对环境的影响	259
三、汽车节能与汽车排放污染物的关系	261
第二节 汽车燃料经济性及其评价指标	262
一、汽车燃料经济性	262
二、汽车燃料经济性试验方法	265

第三节 汽车节能的途径	270
一、影响汽车油耗的主要因素	270
二、汽车节能途径	273
第四节 汽车节能技术与产品	275
一、汽车节能技术(产品)评价指标及评定	276
二、常见汽车节能技术与产品	282
参考文献	296
第九章 汽车检查维护制度与排放控制	297
第一节 在用汽车的排放控制	297
一、在用汽车排放控制的意义	297
二、在用汽车排放控制的重要性	298
三、控制在用汽车排放的难点	298
四、实施在用汽车排放控制的主要途径	300
五、在用汽车排放控制的最佳选择	302
第二节 我国的汽车检查维护制度	303
一、我国汽车检查维护制度的历史沿革	303
二、我国汽车维修行业的现状	308
三、我国汽车检查维护制度中的质量保证体系	310
第三节 汽车检查维护与排放控制	314
一、加强立法促进汽车检查维护制度的全面落实	314
二、强化汽车检查维护的工艺流程	316
三、装备及技术准备	318
四、建立汽车检测维修行业培训体系	318
五、建立汽车排放控制的监督评价系统	318
第四节 国外在用汽车排放控制的 L/M 制度	319
一、国外汽车排放治理的监督检验机制	319
二、L/M 制度的内容	320

第一章 汽车排放污染物的形成和危害

第一节 环境问题——当今世界严重的社会问题

人类即将进入 21 世纪,人类社会发展到今天,生产力得到高度发展,创造了高度的物质文明,但同时也带来了一系列如人口、粮食、能源、资源和环境等严重的社会问题。环境是人类赖以生存的基本条件,是社会得以持续稳定发展的物质基础。环境分自然环境和人工环境。自然环境是人类生存、生活和生产所必需的自然条件和自然资源的总称,即阳光、气候、空气、水、土壤以及一切自然现象等自然因素的总和,是直接或间接影响到人类一切自然形成的物质和能量及自然现象的总体。人类从环境中获取物质和能量,创造了人类需要的物体和财富,同时也将污染物还给环境,造成对环境的污染和生态系统的破坏,这就是环境问题。目前全球环境问题表现为森林植物破坏,水土严重流失,沙漠化扩大,珍稀物种加速灭绝,大气污染日益严重,温室效应加剧,大气臭氧层破坏,水污染加剧,垃圾成灾,自然灾害频繁发生,总之,生态平衡遭破坏,环境严重恶化,将严重危害人体健康,发展下去最终将使自然界失去供养人类生存的能力。因此环境问题已成为国际性热点问题,引起人们的严重关注。1972 年在瑞典斯德哥尔摩举行的联合国人类环境大会,发表了“人类环境宣言”,向全世界敲起了警钟,唤起人类对环境问题的觉醒,西方国家也开始对环境进行认真的治理。1985 年发表了保护臭氧层的“维也纳公约”。1992 年在巴西里约热内卢召开的有 170 个国家、102 位政府首脑出席的联合国 21 世纪环境和发展大会指出:“人类已面临全球性环境污染和生态破坏的危险”,喊出了“保护地球”,提出“可持续生存和发展的战略”。

在诸多的环境问题中,大气污染是一个十分严重的问题。大气是人类生存的不可缺少的最基本条件,但由于人类活动和自然过程引起的某些物质介入到大气中,使大气中固有的正常成分中增加了新的有害成分,积累到足够的浓度,达到足够的时间,从而对人类活动、动植物以及环境造成危害。1952 年 12 月伦敦上空受强冷空气控制,形成逆温层,大雾弥漫,连续四天烟雾笼罩,二氧化硫(SO_2)浓度高达 $3.5\text{mg}/\text{m}^3$,颗粒物高达 $4.5\text{mg}/\text{m}^3$,成千上万市民胸部憋闷,咳嗽呕吐,心血管、呼吸系统疾病迅速上升,四天内死亡 4000 多人,造成震惊世界的“伦敦硫酸烟雾事件”。1955 年洛杉矶出现“光化学烟雾事件”,由于汽车排气造成大气中臭氧严重超标,造成大批森林枯黄死亡,成千上万人得红眼病,呼吸系统疾病迅速上升,65 岁以上老人几天内死亡 4000 多人。这些典型的大气污染事件表明,大气污染与人类对能源的利用有着密切的关系,发电、取暖、生活、工业加工、交通运输等都和能源的应用与转化分不开,全世界 1990 年消费的一次能源(包括煤、石油、天然气、水电等)折合为 114.7 亿 t 煤当量,人类利用能源但也排出大量“三废”(废气、废物、废水),造成对大气和环境的污染,制造社会“公害”。里约热内卢会议指出全球性环境污染的主要责任在于工业化国家,工业化国家 200 多年来大量消耗能源,他们的人口只占 20%,但消耗着全球 70% 的能源。

目前全球汽车保有量已近 7 亿辆,1997 年世界年产汽车 5415 万辆,汽车已成为人类最重要的运输工具和代步工具,它提高了社会的生产效率,改善人们的生活质量,但随着汽车保有量的增加,消耗大批能源,加剧了能源危机,发动机燃烧后排出的废气也严重污染了大气环境,尤其是人口稠密、交通发达的大城市的空气质量。西方工业化国家经过近 30 年的、有步骤的科学治理,汽车排放已得到严格的控制,汽车排放污染物的浓度已降得很低,目前正在向超低污染、零污染发展。我国汽车工业近年来有了很大发展,1998 年全国年产汽车 164.5 万辆,在世界汽车年产量排序中已居第十位,1998 年全国汽车保有量已近 1400 万辆。一些大城市中汽车保有量增长更快,如北京市汽车保有量 1990 年为 49.3 万辆,1995 年为 98 万辆,1998 年为 140 万辆,这个保有量和国外如东京、洛杉矶等大城市的汽车保有量(超过五六百万辆)比相差甚远,但由于我国汽车发动机水平差,即使是引进的轿车产品也大都还是国外 80 年代初、中期水平,单车排放量多,排放标准不严,平均污染物排放量比国外高出几倍、十几倍,甚至几十倍,因而,目前我国大城市的大气污染已相当严重,例如北京市整个城区 NO_x 浓度近年来一直呈上升趋势,已超过国家二级标准 2 倍以上,图 1-1 是北京市 NO_x 浓度的年度变化,城市 SO_2 和总悬浮颗粒物(TSP)超标 2 倍和 1.8 倍,但近年来基本上呈持平趋势。在二环路内交通环境 NO_x 浓度更高,1986 年为 $0.099\text{mg}/\text{m}^3$,到 1997 年已上升上 $0.205\text{mg}/\text{m}^3$,远超过国家二级标准限值,交通干线两侧及交通密集区 CO 浓度严重超标,臭氧 O_3 超标天数已由 80 年代末期的 40d 发展到 1994 年的 75d,超标趋势日趋势严重,随着汽车排放的 HC、 NO_x 进一步增加,潜在着发生光化学烟雾的危险。上述情况表明北京市已由煤烟型污染向混合型(煤烟—尾气型)污染转化。广州、上海等城市 NO_x 浓度也严重超标,并且已发现光化学烟雾。这些都表明,机动车排放已成为大城市大气污染的一个主要来源。据联合国统计,在全世界污染最严重的 20 个城市中,中国占 10 个。因而,控制汽车排放,治理城市大气污染已成为我国大城市刻不容缓的重要任务。

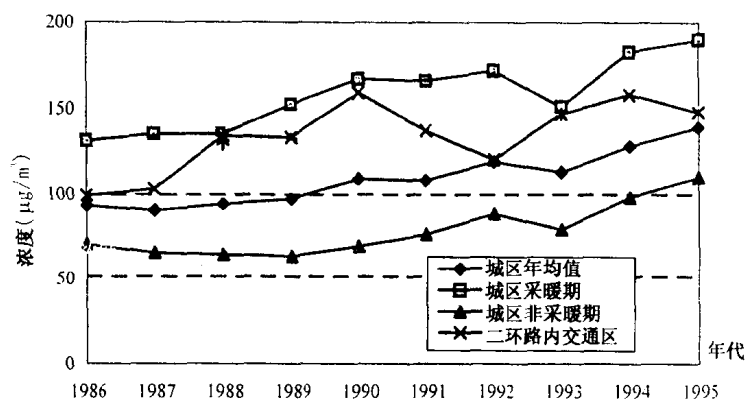


图 1-1 北京市 NO_x 浓度的年度变化

第二节 排放污染物的组成及其来源

一、排放污染物的组成

空气是多种气体的混合物,其组成可分为恒定的、可变的和不定的三部分。正常空气是由 20.95% 氧、78.09% 氮、0.93% 氩和微量成分如氦、氖、氪、氙等稀有气体所组成,这是恒定的成

分。可变的组分是指空气中的二氧化碳和水蒸汽,通常情况下二氧化碳含量为0.02%~0.04%,水蒸汽含量为4%以下,这部分组成在空气中的含量是随季节和气象的变化以及人们的生活和生产活动而发生变化的。上述二部分组成构成清洁空气。空气中不定部分主要来源有两个:一个是自然界火山爆发、地震、森林火灾、大风刮起沙尘等自然现象形成的硫氧化物、氮氧化物、硫化氢、尘埃等;另一个是由于人类活动如工业生产和汽车排出废气,人类取暖、生活而燃烧燃料以及垃圾废弃物的焚烧等人为因素造成大气中增加有害气体。一般来说,前者是局部和暂时性污染,而后者是空气中不定组分的最主要来源。这种主要是和能源利用有关的大气污染,由于人口过分集中于城市,使得局部空气中的污染物浓度大大提高,而且不容易被稀释和扩散到广大的地区环境中去,使局部地区的大气污染变得十分突出。

二、污染物的来源

污染物按其存在的形式可分为固体污染源和流动污染源。这种分法有利于分析和研究污染物在大气中的运动和扩散现象。固定污染源指的是位置固定,如发电厂、钢铁工业、石油化学工业、化肥和农药制造业等工业生产活动,人类食用和取暖等生活性活动以及固体废弃物(矿业废物、工业废物、城市垃圾、农业废物等)的焚烧和处理排放出污染物。流动污染源主要是指位置可以移动,如汽车、铁路、飞机等交通工具在移动过程中排放出大量废气,造成对环境污染。

要搞清楚各种污染物的排放分担率是一个重要而又十分复杂的问题。这要通过大量细致的调查研究与分析,全面确定各种污染源所排放的各种污染物的总量及其所占的比例(分担率),从而制订出治理的要求与对策。表1-1是美国1971年大气污染物来源分类统计。可以看出,大气污染与能源利用、工业和交通运输事业的发展密切相关。城市大气中一氧化碳的77.3%、碳氢化物的55.3%、氮氧化物的50.9%、悬浮微粒的3.7%来自汽车排放,说明一氧化碳、碳氢化物、氮氧化物的主要污染源是来自汽车。

1971年美国大气污染物的排放量与比例(重量以百万吨计)

表 1-1

有害物 质	悬浮微粒		SO _x		NO _x		CO		HC		总 量	
	重量	%	重量	%	重量	%	重量	%	重量	%	重量	%
燃料燃烧	6.5	24.1	26.3	80.7	10.2	46.4	1.0	1.0	0.3	1.1	44.3	21.3
工业生产	13.6	50.4	5.1	15.6	0.2	0.9	11.4	11.4	5.6	21.0	35.9	17.2
交通运输	1.0	3.7	1.0	3.1	11.2	50.9	77.5	77.3	14.7	55.3	105.4	50.6
固体物质处理	0.7	2.6	0.1	0.3	0.2	0.9	3.8	3.8	1.0	3.8	5.8	2.8
其它	5.2	19.2	0.1	0.3	0.2	0.9	6.5	6.5	5.0	18.8	17.0	8.1
总计	27.0	100.0	32.6	100.0	22.0	100.0	100.2	100.0	26.6	100.0	208.4	100.0

图1-2为美国环境保护署(EPA)公布的1992年美国排放分担率。由图可见汽车NO_x、HC排放分担率有所降低,在汽车排放分担率中高速公路上的车辆占主要部分。

图1-3为1992年北京市汽车污染物分担率,由图表明在非采暖期,汽车CO、HC、NO_x三项污染物均超过50%,已成为大气污染的主要来源,应当指出,北京市NO_x还处于上升趋势。

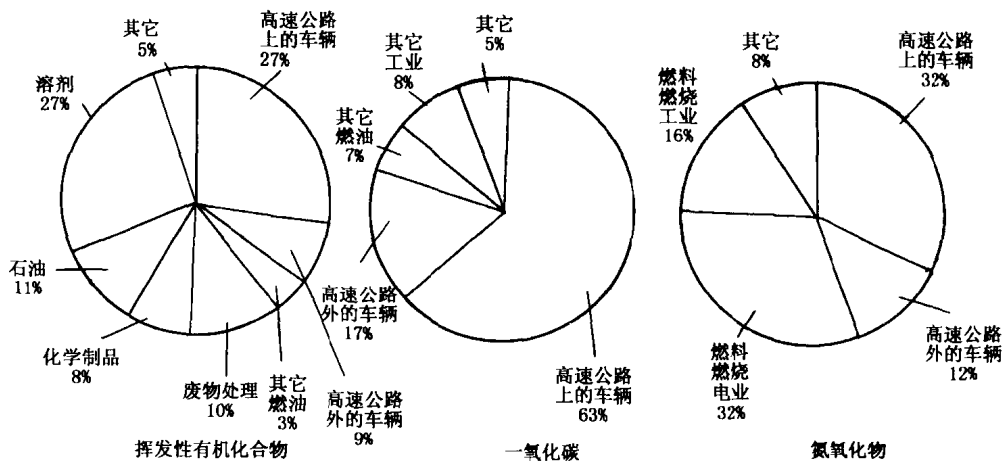


图 1-2 1992 年美国排放污染物分担率(EPA)

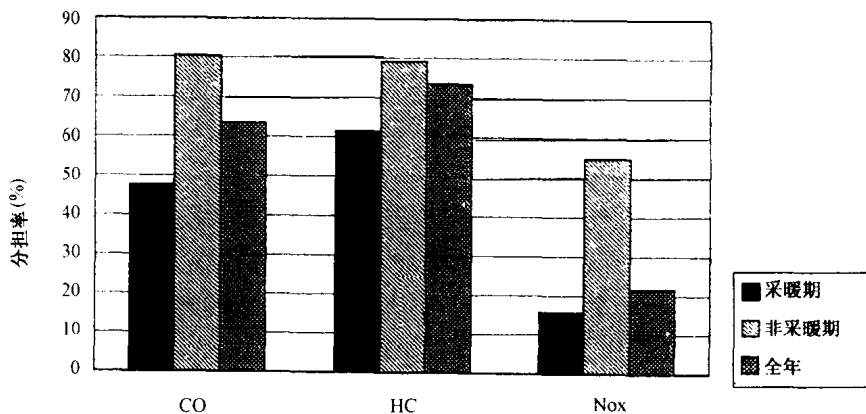


图 1-3 1992 年北京市汽车污染物分担率

第三节 汽车排放污染物的危害

汽车排放污染物有一氧化碳、碳氢化物、氮氧化物和微粒等有害气体,它们会对人体健康造成危害,另外,汽车排出的二氧化碳虽对人体健康无害,但会造成温室效应,对大气环境有严重影响。

一、对人体健康的影响

1. 一氧化碳(CO)

CO是无色无臭的气体,它是一种窒息性的有毒气体,由于CO和血液中有输氧能力的血红蛋白(Hb)的亲合力,比氧气和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,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,轻度是使中枢神经系统受损,慢性中毒,严重时会使心血管工作困难,直至死亡。为保护人类不受CO的毒害,将24h内吸收CO的浓度限制在 5×10^{-6} 以内。CO和Hb结合是可逆的,如果吸入低浓度CO后置于新鲜空气中或进入高压氧舱,已经与Hb结合的CO会被分离出来,通过呼吸系统排出体外。不同浓度CO对人体健康的影响见表1-2。

不同浓度 CO 对人体健康的影响

表 1-2

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	250	2h 接触,头痛,血液中 CO-Hb=40%
30	人滞留 8h,视力及神经机能出现障碍,血液中 CO-Hb=5%	500	2h 接触,剧烈心痛、眼花、虚脱
40	人滞留 8h,出现气喘	3000	30min 即死亡
120	1h 接触,中毒,血液中 CO-Hb>10%		

2. 碳氢化合物(HC)

碳氢化合物(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。饱和烃危害不大,不饱和烃危害性很大。甲烷气体无毒性。当甲醛,丙烯醛等醛类气体浓度超过 1×10^{-6} 时,就会对眼、呼吸道和皮肤有强刺激作用,浓度超过 25×10^{-6} 时,会引起头晕、呕心、红白细胞减少、贫血,超过 1000×10^{-6} 会急性中毒。苯是无色气体,但有特殊气味。应当引起特别注意的是带更多环的多环芳香烃,如苯并芘及硝基烯,是强致癌物。烃类成分还是引起光化学烟雾的重要物质。

3. 氮氧化物(NO_x)

氮氧化物是燃烧过程形成的多种氮氧化物,如 NO 、 NO_2 、 N_2O_3 、 N_2O_5 等,总称为 NO_x 。在内燃机中主要是 NO ,约占 95%,其次为 NO_2 ,占 5%。 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有轻度障碍, NO 可被氧化成 NO_2 。 NO_2 是一种棕红色强刺激性的有毒气体,其含量为 0.1×10^{-6} 时即可嗅到, $1 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ 就感到恶臭,其对人体健康的影响见表 1-3。 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,对心脏、肝、肾都会有影响。 NO_2 会使植物枯黄,但 NO_2 较易扩散,遇水易溶解:



故其累积浓度不会过高。 NO_2 是地面附近大气中形成臭氧的主要因素。

不同浓度的 NO_2 对人体健康的影响 表 1-3

NO_2 浓度(10^{-6})	对人体健康的影响
1	闻到臭味
5	闻到强臭味
10~15	10min 眼、鼻、呼吸道受到刺激
50	1min 内人呼吸困难
80	3min 感到胸痛、恶心
100~150	在 30~60min 内因肺水肿而死亡
250	很快死亡

不同浓度的 O_3 对人体健康的影响 表 1-4

O_3 浓度(10^{-6})	对人体健康的影响
0.02	开始嗅到臭味
0.2	1h 就感到胸紧
0.2~0.5	3~6h 视力下降
1	1h 会引起气喘,2h 就感头痛
5~10	全身痛、麻木引起肺气肿
50	30min 即死亡

4. 光化学烟雾

HC 和 NO_x 在强阳光照射下会生成臭氧(O_3)和过氧酰基硝酸盐(PAN),即浅蓝色的光化学烟雾,它是一种强刺激性有害气体的二次污染物。光化学烟雾中的 O_3 是强氧化剂,能使植物变黑直至枯死,能使橡胶开裂,它有特别的臭味,其嗅觉阈值为 0.02×10^{-6} , 1×10^{-6} 接触 1h 时会引起气喘、慢性中毒, 50×10^{-6} 浓度 30min 就能使人致死,其对人体健康的影响见表 1-4。

5. 微粒

微粒(也称颗粒)对人体健康的危害和微粒的大小及其组成有关。微粒愈小,悬浮在空气

中的时间愈长,进入人体肺部后停滞在肺部及支气管中的比例愈大,危害愈大,小于 $0.1\mu\text{m}$ (微米, 10^{-6}m ,下同)的微粒能在空气中作随机运动,进入肺部并附在肺细胞的组织中,有些还会被血液吸收。 $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ 微粒能深入肺部并粘附在肺叶表面的粘液中,随后会被绒毛所清除。大于 $5\mu\text{m}$ 的微粒常在鼻处受阻,不能深入呼吸道,大于 $10\mu\text{m}$ 的微粒可排出体外。微粒除对人体呼吸系统有害外,由于微粒存在孔隙而能粘附 SO_2 、未燃 HC、 NO_2 等有毒物质或苯丙芘等致癌物,因而对人体健康造成更大危害。由于柴油机的微粒直径大多小于 $0.3\mu\text{m}$,而且数量比汽油机高出 30~60 倍,成分更为复杂,因而柴油机排出的微粒危害更大。

燃用有铅汽油的发动机排出的污染物中有铅化物微粒,它是汽油抗爆剂四乙基铅 ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$) 的燃烧产物,铅化物微粒的直径一般小于 $0.2\mu\text{m}$,它会悬浮在空气中,而较大的颗粒会散落到地面上。铅化物对人体健康有极大危害,细微粒通过肺部、消化器官、皮肤等途径在人体内积沉,妨碍血液中红血球的生长,对骨骼、神经系统有损害。血液中含铅量超过 $0.01\sim 0.06\text{mg}/100\text{mL}$ 时,将引起贫血、牙齿变黑、肝功能不正常等慢性中毒症状,提高心血管、肾炎的发病率,含铅量超过 $0.08\text{mg}/100\text{mL}$ 时,会出现四肢麻痹、腹痛直至死亡等典型铅中毒症状。铅化物对儿童的危害尤为严重,它会严重损害儿童的神经系统和智力的发育,据上海市调查,当铅含量提高 $0.01\text{mg}/100\text{mL}$,儿童智力将下降 7%。铅还会使催化转化器中催化剂“中毒”失效,影响其使用寿命。我国将在 2000 年 7 月 1 日起全面禁止使用有铅汽油。

二、对全球环境的影响

二次大战后发达国家由于工业化、城市化和现代化的高度发展,出现了类似伦敦硫酸烟雾事件、洛杉矶光化学烟雾事件等典型大气污染现象,引起了人们对大气污染的严重关注,发展到 80 年代,出现全球气候变暖、酸雨、臭氧层的破坏这三个全球性环境问题,它日益威胁着人类的生存,使人类面临新的严峻挑战。

1. 温室效应

二氧化碳 CO_2 在大气中比例只有万分之几,它不但对人体无害,而且对人类来说,它几乎和氧气有同等重要作用,提高 CO_2 浓度可增强植物的光合作用,但到今天,人们已经发现大气中 CO_2 含量增加太快,已经产生温室效应,使地球变暖,如图 1-4 所示。

瑞典科学家斯万提·阿累纽斯在 1896 年曾发出警告,随着大气中 CO_2 气体增加将使地球温度变暖,他预言如果大气中 CO_2 含量增加一倍,地球表面温度将提高 $4\sim 6^\circ\text{C}$ 。他首次提出“温室效应”概念。温室气体指的是大气中 CO_2 、水蒸汽、 CH_4 、 N_2O 、氯氟烃 (CFC_5) 和 O_3 等气体。太阳射出的短波辐射透过大气层射入地面而使地表温度提高,与此

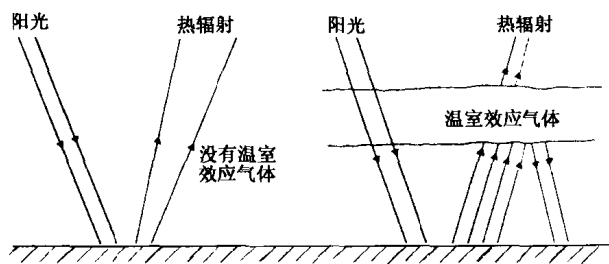


图 1-4 温室效应图

同时,地球表面又能放出长波辐射(红外线),它大部分被这些温室气体所吸收,有少量会逸出到宇宙空间,吸收的热能大部分反射到地面,使地球表面能维持在 15°C 左右的平均温度(若没有这部分辐射回来的热能,地球表面温度将为 -18°C 左右),当这部分温室气体数量不变化时,地球犹如有一个玻璃球罩在上空,维持在一个平衡温度上,但当温室气体数量增加时就打破了这个平衡,地球将变暖,这就是温室效应。图 1-5 表示大气层中 CO_2 的变化情况。在 19 世纪

初,大气中 CO_2 含量约为 290×10^{-6} ,据美国夏威夷的冒纳罗亚观测站测得 1958 年 CO_2 浓度为 315×10^{-6} ,到 1988 年增加到 350×10^{-6} 。按目前增长速率,到 2050 年将达到工业革命前大气 CO_2 含量的两倍,那时地球表面平均温度将上升 $1.5 \sim 5.5^\circ\text{C}$,这将对降雨、风暴、植物生长等与人类活动密切相关的气象现象产生明显影响,自然灾害将加重,而且会使冰川融化,海平面上升 $0.5 \sim 1.5\text{m}$,一些沿海城市将被淹没,森林破坏,物种加速灭绝,严重威胁人类的生存和地球环境。

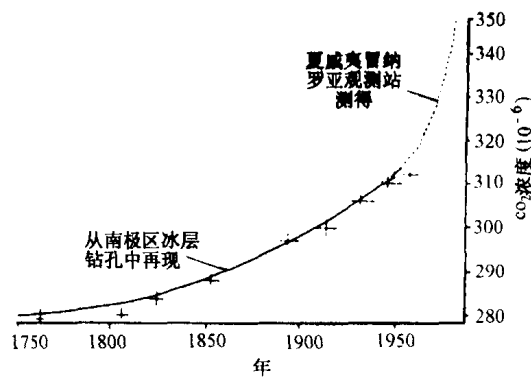


图 1-5 大气层中 CO_2 浓度的增长

对温室效应的影响程度不仅和温室气体在大气中的浓度有关,而且和该温室气体在大气中停留时间(寿命)有密切的关系。表 1-5 列出各种温室气体的浓度、寿命、分担率和致暖势。致暖势是评定温室气体对气候影响的指标值,它是一个温室气体对气候变的影响和 CO_2 对气候变化影响的比值。由表可见, CO_2 分担率为 55%,它是最重要的温室气体。 CH_4 的温室效应比 CO_2 大 32 倍(致暖势为 32),但它的寿命较短,在大气中的滞留时间为 11 年。氟氯烃(氟里昂、 CFC_s)是人工合成的化学品,广泛用作空调(包括汽车空调)、发泡剂、溶剂,其中起温室气体作用的主要是 $\text{CFC}-11$ 和 $\text{CFC}-12$,在大气中浓度极低,但近年来增长极快,年递增 5% 左右,它们的致暖势高达 14000 和 17000,而且寿命长,若不加控制的话,发展下去会成为第二大的温室气体。

各种温室气体的特征值 表 1-5

温 室 气 体	浓度(10^{-6})	浓度增长率(%)	寿命(年)	分担率(%)	致 暖 势
CO_2	354	0.5	50 ~ 200	55	1
CH_4	1.7	1.1	11	15	32
N_2O	0.3	0.3	150	6	150
$\text{CFC}-11(\text{CFCl}_3)$	0.0002	5	75	17	14000
$\text{CFC}-12(\text{CF}_2\text{Cl}_2)$	0.00032	5	111		17000

据国际能源机构公布 1995 年全球的 CO_2 总排放量为 220 亿 t,其中美国占 23.7%,人均 CO_2 排放量 20t/人,均居榜首地位,中国占 13.6%,为第二位,人均 2.5t/人。我国的能源构成中煤占 75.5%,石油占 16.7%,由此可见,煤的燃烧是造成 CO_2 的主要因素,但随着我国汽车保有量的增加,石油消耗量会有很大增长,因而要十分重视降低汽车油耗,以减少流动源造成 CO_2 的增加对温室效应的影响。

2. 臭氧层破坏

地球的大气圈在靠近地面 $0 \sim 12\text{km}$ 的高度是对流层,大气污染主要发生在这一层, CO_2 也在此层,对人类生活的影响最大,对流层中臭氧浓度不高,但浓度在增长,此层的臭氧是污染物质,对植物与人体健康都有影响。位于对流层之上高度为 $12 \sim 55\text{km}$ 是气流平稳的平流层(同温层),在平流层中,特别是在 $20 \sim 35\text{km}$ 范围内臭氧集中,构成臭氧层,太阳辐射透过大气层射向地面时,臭氧层几乎全部吸收了太阳辐射中波长 $300\text{nm}(10^{-9}\text{m})$ 以下的紫外线,它主要是一部分较高能量的 UV-B(波长为 $290 \sim 320\text{nm}$)和全部高能量的 VA-C(波长为 $40 \sim 290\text{nm}$)的紫外线,保护了地球上的生命免遭短波辐射紫外线的伤害,因而臭氧层构成了一层天然屏障,