

秦文新 程熙 叶霭云 编著

汽车排气净化 与 噪声控制

人民交通出版社

Qiche Paiqi Jinghua yu Zaosheng Kongzhi

汽车排气净化与噪声控制

秦文新 程 熙 叶霭云 编著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车排气净化与噪声控制/秦文新等编著.-北京:人民交通出版社,1998

ISBN 7-114-03077-0

I. 汽… II. 秦… III. ①汽车排气-净化②汽车噪声-噪声控制 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 18373 号

汽车排气净化与噪声控制

秦文新 程 熙 叶霭云 编著

版式设计:刘晓方 责任校对:尹 静 责任印制:张 凯

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

北京京东印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:19.75 字数:501 千

1999 年 1 月 第 1 版

1999 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—2500 册 定价:32.00 元

ISBN 7-114-03077-0

U · 02211

前 言

汽车问世以来经过 100 多年发展,全世界汽车保有量已超过 6 亿辆。这么庞大的汽车队伍,给人们带来了极大的物质享受,同时汽车的排污与噪声也对环境造成严重威胁,引起了全世界人民的关注。我国早于 80 年代初即颁布国家标准,规定汽车污染物排放及噪声允许法规,为此,汽车及内燃机工作者都需要了解、掌握汽车排气净化及噪声控制技术,使汽车与内燃机的产品及使用能满足环境保护的要求,以适应今日时代的潮流。

本书“汽车排气净化”部分,早在 80 年代初编出,主要作为高校汽车及内燃机专业用教材,1988 年为满足社会各界需要,经补充修订正式出版发行。“噪声控制”部分编出后,也曾用作高校教材。这次合并出版,在内容上作了较大变动与补充,不仅保持了原教材的优点,而且结合汽车技术的发展,更新补充了有关电子控制点火系、电子控制汽油喷射、柴油机的电控喷射、气体代用燃料等新技术。全书包括三篇十二章。第一篇为汽车排气净化,第二篇为汽车与内燃机噪声及其控制,第三篇为国内外汽车排污标准与允许噪声及其测量方法,全书具有很大实用性,第二章中以最简篇幅介绍现代汽车发动机构造与工作原理,使非专业人员花最少精力进入现代汽车这个领域,为阅读本书创造条件。因此,本书不仅能供专业人员实用参考,也能满足社会各界初学者的要求。

全书由秦文新主编并执笔第一篇,程熙执笔第二篇及附录二,叶霭云执笔第二章及第三篇,朱永豪教授特为本书绘制汽车外型插图。十几年来用过本书的北京工业大学、天津大学等 10 多所院校的师生曾提出了宝贵的改进意见。在编写过程中还得到有关同行及专家的支持与帮助,谨在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中谬误之处,热诚欢迎读者指正。

作者于北京工业大学

目 录

第一篇 汽车排气净化

第一章 大气污染与汽车排气	1
1.1 公害的发展	1
1.2 大气质量标准	3
1.3 汽车排放污染物分类	3
1.4 汽车排污物的生成机理及其危害	4
1.4.1 一氧化碳(CO)	4
1.4.2 氮氧化物(NO _x)	5
1.4.3 碳氢化合物(HC)	5
1.4.4 光化学烟雾	6
1.4.5 硫氧化物(主要为 SO ₂)	7
1.4.6 颗粒(微粒、PM)	7
1.4.7 臭气	8
第二章 汽车发动机的总体构造与基本原理	9
2.1 汽车的总体构造	9
2.1.1 汽车的分类	9
2.1.2 汽车的编号规则.....	12
2.1.3 汽车的总体构造.....	13
2.2 汽车发动机工作原理.....	14
2.2.1 四冲程汽油机工作原理.....	14
2.2.2 四冲程柴油机工作原理.....	17
2.2.3 二冲程内燃机工作原理.....	19
2.2.4 多缸机的工作特点与点火顺序.....	20
2.3 汽车发动机的构造.....	21
2.3.1 汽车发动机的构造.....	21
2.3.2 汽车发动机的燃烧室.....	29
2.3.3 内燃机名称和型号的规定.....	33
2.4 发动机的性能指标与特性.....	34
2.4.1 发动机的动力性与经济性指标.....	34
2.4.2 发动机的特性.....	35
2.4.3 国产汽车及发动机的主要参数.....	37
第三章 汽油车中有害排放物的生成机理及其影响因素	37

3.1	一氧化碳(CO)	38
3.2	碳氢化合物(HC)	40
3.3	氮氧化物(NO _x)	42
第四章	低污染车用汽油机设计	46
4.1	概述	46
4.2	废气再循环(EGR)	46
4.2.1	设计原则	47
4.2.2	EGR 系统的调节方法	48
4.2.3	使用实例	49
4.3	燃烧系的设计	49
4.3.1	降低燃烧室的面积/容积比(S/V)	49
4.3.2	压缩比 ϵ 的影响	50
4.3.3	缩小燃烧室的激冷区	50
4.3.4	涡流对排气成分的影响	51
4.4	改进点火系统	52
4.4.1	延迟点火时间对排放的影响	52
4.4.2	加大点火能量	53
4.4.3	电子控制点火系统	54
4.5	燃料供给系统的改进	55
4.5.1	进气自动调温装置	55
4.5.2	化油器的改进	56
4.5.3	配气相位的影响	58
4.6	汽油喷射	58
4.6.1	电子控制汽油喷射(EFI 或 EI)	60
4.6.2	机械控制汽油喷射	65
4.7	稀薄燃烧系统	67
4.7.1	本田 CVCC 发动机	68
4.7.2	丰田 TGP 燃烧系统	70
4.7.3	波尔舍 SKS 燃烧系统	72
4.7.4	大众 PCI 系统	73
4.7.5	福特 PROCO 发动机	73
第五章	汽油车机外净化措施及装置	74
5.1	燃料的处理	74
5.1.1	现用燃料	74
5.1.2	液体代用燃料	75
5.1.3	气体代用燃料	76
5.2	后处理装置	79
5.2.1	二次空气喷射	79
5.2.2	热反应器	79
5.2.3	再次燃烧法(后燃法)	80

5.2.4	催化反应器	80
5.3	防止汽油蒸发措施	84
5.3.1	曲轴箱强制通风系统	84
5.3.2	防止汽油蒸气进入大气装置	85
5.4	汽车排气净化装置实例	85
5.4.1	CA770J 低污染红旗轿车净化措施及效果	85
5.4.2	日产防污染装置车(NAPS-EGI)	88
5.4.3	丰田综合净化装置车(TTC-C)	89
第六章	柴油车排烟净化	91
6.1	排气烟度标准	92
6.1.1	各国标准	92
6.1.2	国内标准	94
6.2	排烟的种类及生成	94
6.2.1	白烟	94
6.2.2	蓝烟(青烟)	94
6.2.3	黑烟	94
6.3	减小黑烟的措施	95
6.3.1	前处理(包括改变燃料性质及燃料添加剂等措施)	95
6.3.2	改进发动机(机内净化)	96
6.3.3	后处理	97
6.4	柴油机排气微粒的净化	98
第七章	柴油车排气净化	98
7.1	柴油车排气限制标准	98
7.1.1	各国排气标准	98
7.1.2	地下矿用柴油车的排气限制标准	99
7.2	直喷式柴油机中燃烧和排出物生成模型	99
7.2.1	涡流空气中的喷注分层模型	99
7.2.2	涡流空气中喷注燃烧和排出物生成模型	100
7.3	碳氢化合物(HC)的生成及其净化	101
7.3.1	HC的生成	101
7.3.2	HC的净化措施	102
7.4	一氧化碳(CO)的生成及其净化	104
7.4.1	CO的成生	104
7.4.2	CO的净化措施	104
7.5	氮氧化物(NO _x)的生成及其影响因素	104
7.5.1	NO _x 的生成	104
7.5.2	影响柴油机NO _x 生成的因素	105
7.6	柴油机NO _x 的净化措施	107
7.6.1	机内净化	108
7.6.2	燃料及空气预处理	112

7.6.3 增压对排污的影响	114
7.6.4 柴油机排气后处理	115
7.7 柴油机的电控喷射	116

第二篇 汽车与内燃机噪声及其控制

第八章 声音(噪声)的基本知识	118
8.1 概述	118
8.2 噪声的量度与评价	121
8.2.1 声音的物理量度	121
8.2.2 频带与频谱分析	127
8.2.3 噪声的主观量度	128
8.2.4 噪声评定的几种方法	133
8.3 噪声的测量	137
8.3.1 噪声测量常用的仪器	137
8.3.2 噪声的测量环境	139
8.3.3 噪声测量方法	141
8.3.4 关于声功率级 L_w 的测定	141
8.3.5 关于声强测量系统	143
8.4 噪声的危害	143
8.4.1 噪声的物理效应	143
8.4.2 听觉损伤	144
8.4.3 噪声引起的其他疾病	144
8.4.4 噪声对工作与休息的影响	144
8.5 噪声的控制标准	145
8.5.1 噪声控制标准的建立	145
8.5.2 听力保护与健康保护的噪声标准	145
8.6 噪声控制的基本途径	147
8.6.1 降低声源噪声	148
8.6.2 在传播途径上控制噪声	148
8.6.3 对受主(人耳)进行防护	149
第九章 汽车与内燃机噪声及其控制	150
9.1 机动车辆(汽车等)的噪声	150
9.1.1 汽车噪声的主观评价	150
9.1.2 汽车噪声	151
9.1.3 汽车噪声特性	151
9.1.4 关于机动车辆噪声限值与测量方法	155
9.2 内燃机的噪声	156
9.2.1 内燃机噪声的分类	156
9.2.2 内燃机各类噪声的特点	156

9.2.3	内燃机各部分噪声源的测定	175
9.2.4	内燃机噪声的估算和限值	176
9.2.5	关于内燃机(柴油机)的噪声评级	178
9.3	降低内燃机的噪声	179
9.3.1	内燃机降噪的基本方法	179
9.3.2	降低燃烧噪声	180
9.3.3	降低机械噪声	184
9.3.4	降低风扇和进气、排气噪声	191
9.3.5	降低内燃机壳体各部分振动和表面辐射噪声	196
9.4	低噪声内燃机的开发研究举例	201
9.4.1	概述	201
9.4.2	内燃机降噪工作的一般步骤	201
9.4.3	降低 6135Q _C 车用柴油机噪声的实例	202
9.4.4	低噪声内燃机计算机辅助工程分析介绍	205

第三篇 汽车污染物排放与噪声标准及其测量方法

第十章	国内汽车排放标准和测量方法	208
10.1	轻型汽车污染物排放标准(GB14761.1-93)及测量方法(GB11642-89)	208
10.2	车用汽油机排气污染物排放标准(GB14761.2-93)及测量方法 (GB/T14762-93)	215
10.3	汽油车燃油蒸发污染物排放标准(GB14761.3-93)及测量方法 (GB/T14763-93)	221
10.4	汽油车曲轴箱污染物排放标准(GB14761.4-93)及测量方法 (GB11340-89)	224
10.5	汽油车怠速污染物排放标准(GB14761.5-93)及测量方法 (GB/T3845-93)	227
10.6	柴油车自由加速烟度排放标准(GB14761.6-93)及测量方法 (GB/T3846-93)	228
10.7	汽车柴油机全负荷烟度排放标准(GB14761.7-93)及测量方法 (GB3847-83)	230
10.8	柴油机稳态排气烟度及测量方法(GB9486-88)	232
10.9	柴油机排放限值(GBn267-87)及测量方法(GB6456-86)(GB8187-87)	233
10.10	摩托车污染物排放标准(GB14621-93)及测量方法(GB/T5466-93) (GB/T14622-93)	239
10.11	北京市地方标准(DB11/044~046-94)汽车污染物排放标准	242
10.11.1	汽油车双怠速污染物排放标准(DB11/044-94)	242
10.11.2	柴油车自由加速烟度排放标准(DB11/045-94)	242
10.11.3	汽车柴油机全负荷烟度排放标准(DB11/046-94)	243
10.12	港、台地区汽车排放法规	243

10.12.1	香港地区轿车排放法规	243
10.12.2	台湾地区汽车排放法规	243
第十一章	国外汽车排放标准及取样测量方法	244
11.1	轻型车排气限制标准	245
11.1.1	第一阶段(1966~1974年)法规形成阶段	245
11.1.2	第二阶段(1975~1992年)法规加强与完善阶段	247
11.1.3	第三阶段(1992年后)加强对HC的限制进入低污染车时期	250
11.2	轻型车试验行驶规范	252
11.2.1	美国LA-4工况	252
11.2.2	日本10工况	253
11.2.3	日本11工况	253
11.2.4	日本10.15工况	253
11.2.5	欧洲ECE15工况	253
11.2.6	欧洲ECE+EUDC工况	253
11.3	重型车排气限制标准	253
11.4	重型车试验行驶规范	256
11.4.1	日本重型车6工况	257
11.4.2	日本重型车13工况	257
11.4.3	美国重型车用汽油机9工况	258
11.4.4	美国重型车用柴油机13工况	258
11.4.5	欧洲重型车13工况	259
11.5	汽车排气的取样与测量方法	259
11.5.1	直接取样法	259
11.5.2	全量取样法	262
11.5.3	CVS定容取样法	263
第十二章	汽车排气成分测量仪器	266
12.1	非扩散型红外分析仪(NDIR)	267
12.2	氢火焰离子型分析仪(FID)	268
12.3	化学发光分析仪(CID)	268
12.4	烟度计	269
12.4.1	透光式烟度计	269
12.4.2	滤纸式烟度计	270
12.5	微粒测量装置	271
附录一	低污染车用术语的英文缩写	273
附录二	有关噪声的几项标准	277
1.	中小功率柴油机噪声限值(GB14097-93)	277
2.	小型汽油机噪声限值(摘自GB15739-95)	278
3.	内燃机噪声声功率级的测定 准工程法(GB1859-89)	279
4.	载货汽车驾驶室噪声限值(摘自JB4186-86)	287
5.	机动车辆噪声测量方法(GB1496-79)	287

6. 汽车匀速行驶车内噪声测量方法(QC/T57-93)	291
7. 汽车加速行驶车外噪声测量方法(QC/T58-93)	293
8. 摩托车发动机噪声限值及测量方法(QC/T70-93)	297
9. 摩托车和轻便摩托车噪声限值(摘自 QC/T29116-93)	299
参考文献	300

第一篇 汽车排气净化

第一章 大气污染与汽车排气

1.1 公害的发展

自然界最基本的物质循环是水循环、碳循环、氧循环和氮循环。以氮循环为例,氮是构成有机体的主要元素。植物开始从土壤中摄取氮生成蛋白质,动物吃植物吸收蛋白质,动、植物死亡后,蛋白质又被微生物分解回到土壤,再被植物吸收。自然界的物质循环和生态平衡,体现了大自然的环境调节和自净能力。

由于人类活动造成对环境的污染和破坏,以及由此产生对人类及其所经营的农、林、牧、渔业等的危害和对自然界物质循环和生态平衡的不良影响,称做次生环境问题。其产生原因与工业化、城市化及巨型工程建设三者密切相关。

目前,大气污染、水污染及噪声已成为世界三大公害。尤其在工业化国家已发展成普遍性问题,引起人们对环境保护的重视。

大气污染主要来自燃料(煤、石油、天然气等)燃烧生成的烟气、工业生产和汽车、内燃机排放的废气。因此,大气污染与人类对能源的利用密切相关。随着工业发展和能源的变化,大气污染已相继经历了三个时期:一是煤炭烟气的污染时期;二是二氧化硫污染时期;第三时期就是所谓光化学烟雾的污染。

由于英国用煤早、耗量大、工厂集中,煤炭粉尘烟雾在 1952 年 12 月使伦敦连续 4 天烟雾笼罩,这就是煤烟污染最有代表性的伦敦烟雾事件。

随着世界能源的变迁,进入 60 年代后,工业上石油的使用迅速超过了煤。石油灰分很少,但硫的含量相对增高,而且石油中 90% 以上的硫燃烧后都生成 SO_2 进入大气,形成二氧化硫污染时期。最有代表性的就是日本四日市,由于 SO_2 与有毒金属微粒混合吸入人肺,形成支气管哮喘,1961 年四日市居民气喘病大发作,特称为“四日气喘病”。

60 年代起,世界汽车保有量剧增,造成对大气的污染。其特点不仅是流动污染源、而且数量很大,在居民稠密处散发,常易造成局部地区的污染物浓度过高,危害人体。在某些国家,汽车排出的有害废气成了大气污染的主要根源,进入所谓“光化学烟雾”时期。最有代表性的就是美国洛杉矶光化学烟雾事件。据该市 1968 年调查,每天排入大气的 9860t 污染物中有 6782t 来自汽车,加上该处特殊的地理位置,使汽车排出的碳氢化合物(HC)及氮氧化物(NO_x)在阳光紫外线作用下,形成一种有毒的“光化学烟雾”,可使人呼吸困难、眼红、喉痛,造成中毒。日本东京也不止一次地发生过光化学烟雾中毒事件。

60 年代末世界上大气污染最严重的国家是美国和日本。美国每年排放到大气的污染物约 3.3~3.5 亿 t,其中汽车排出的污染物为 2 亿 t,约占 60%,有些地区达 70% 以上。日本东

京汽车排放污染物所占比例见表 1-1。

由美、日、西欧等国参加的世界环境卫生经济合作与发展组织国家在《关于自然环境恶化的令人不安的总结》中指出：“从 1965 ~ 1975 年，对环境造成的损害是巨大的，为了减少大气污染所进行的努力，远未获得成果，罪魁祸首仍然是汽车交通。”

世界不断发生公害事件迫使人们重视环境保护工作。为此，一些国家制订法令采取法律措施来控制大气污染。例如美国于 1970 年制订大气清净法修正案《所谓马斯基(Muskie)法》，对汽车排放污染物作了严格的限制。国外汽车排放标准见本书第三篇第十一章。

70 年代后，世界主要国家汽车生产变化情况见图 1-1。1994 年世界主要国家汽车总产量见表 1-2。目前世界年产汽车约 5000 万辆，汽车总保有量已超过 6 亿辆。

我国是社会主义国家，保护人民健康是党和政府的一项重要政策。环境保护已作为实现四个现代化的一项条件而载入宪法。我国环境保护的基本方针是：“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众大家动手，保护环境造福人民。”1979 年公布的《中华人民共和国环境保护法》规定：“一切排烟装置、工业窑炉、机动车辆、船舶等都要采取有效的消烟除尘措施，有害气体的排放必须符合国家的规定。”

日本东京排放污染物的比例 表 1-1

污染源	CO, %	HC, %	NO _x , %	SO ₂ , %
汽车	99.7	98.0	36.0	1.0
飞机	0.2	0.5	0.5	0
工厂	0.1	1.5	63.5	99.0

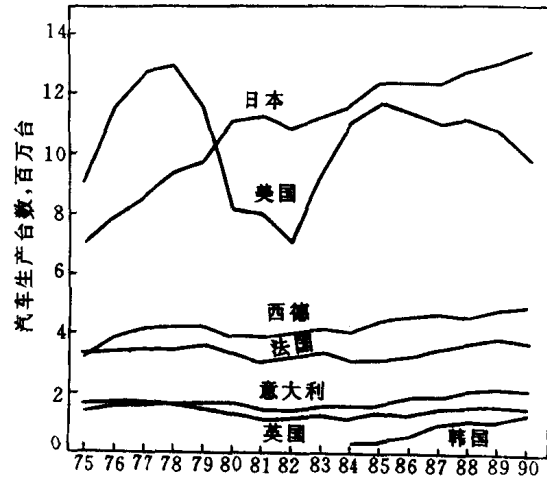


图 1-1 世界主要国家汽车生产变化情况

1994 年世界主要国家汽车总产量(万辆)

表 1-2

国别	总产量	国别	总产量	国别	总产量
美国	1230	加拿大	230	巴西	160
日本	1067	韩国	230	意大利	150
德国	400	西班牙	210	中国	135
法国	360	英国	170		

随着我国工业化的进展和交通现代化的发展，我国的大气污染，也开始由煤炭烟气污染期进入光化学烟雾的污染。据资料统计，1987 年我国年产汽车约 44 万辆，汽车保有量为 400 万辆左右。1994 年初全国汽车保有量达到 800 多万辆，摩托车保有量达到 1100 万辆，1994 年共生产汽车 135.1 万辆，摩托车 522.7 万辆，农用汽车 160 万辆。国家汽车规划，到 2000 年形成汽车生产能力 250~300 万辆，其中轿车 125~150 万辆，同期汽车保有量约 2000 万辆。尤其在几个大城市汽车比较集中，如北京市 1996 年汽车保有量达到 100 万辆，据有关部门抽查某地区，将近 50% 的在用车达不到现行排放标准。目前上海、北京等大城市已设立了大气检测站和流动大气检测车，加强对大气污染的检测监视工作。

我国于 1983 年制订出汽车污染物排放标准，并于 1993 年重新修订国家标准《汽车大气污染物排放标准》(见本书第三篇第十章)。因此，汽车及内燃机工作者，必须从思想上、技术上重视起来，按照四个现代化的目标，在有关部门领导下，为“减少大气污染，保障人民健康”而作出

贡献。

1.2 大气质量标准

大气污染对生物及人体的影响,情况是多种多样的。从卫生学观点考虑,不应从疾病而应从健康角度来观察环境污染造成的影响。

控制和改善大气质量、防止生态破坏、创造清洁良好的环境是关系到人类子孙后代的大事。我国政府于 1982 年制订了大气环境质量标准,见表 1-3。表中浓度限值分为三类地区:

空气污染物三类标准浓度限值

表 1-3

污染物名称	取值时间	浓度限值 ^⑤ , (mg/m ³)/(ppm)		
		一类地区	二类地区	三类地区
总悬浮微粒 (100 μ m 以下) (mg/m ³)	日平均 ^①	0.15	0.30	0.50
	任何一次 ^②	0.30	1.00	1.50
飘尘 (10 μ m 以下) (mg/m ³)	日平均	0.05	0.15	0.25
	任何一次	0.15	0.50	0.70
二氧化硫 (SO ₂)	年日平均 ^③	0.02/0.007	0.06/0.021	0.10/0.035
	日平均	0.05/0.018	0.15/0.053	0.25/0.088
	任何一次	0.15/0.053	0.50/0.175	0.70/0.245
氮氧化物 (NO ₂ 计)	日平均	0.05/0.024	0.10/0.049	0.15/0.073
	任何一次	0.10/0.049	0.15/0.073	0.30/0.146
一氧化碳 (CO)	日平均	4.00/3.20	4.00/3.20	6.00/4.80
	任何一次	10.00/8.00	10.00/8.00	20.00/16.00
光化学氧化剂(O ₃)	1 小时平均 ^④	0.12/0.056	0.16/0.075	0.20/0.093

① “日平均”为任何一日的平均浓度不许超过的限值。

② “任何一次”为任何一次采样测定不许超过的限值。

③ “年日平均”为任何一年的日平均浓度值不许超过的限值。

④ “1 小时平均”为每月不得超过一次的一小时平均值。

⑤ “mg/m³”单位体积污染物质量浓度,以毫克/米³表示;

“ppm”单位体积污染物体积浓度,以厘米³/米³表示,常用百万分率符号“ppm”表示,10 000ppm = 1%。

一类区为国家规定的自然保护区,风景游览区,名胜古迹和疗养地等。

二类区为城市规划确定的居民区、商业区、文化区、名胜古迹和广大农村地区。

三类区为大气污染程度比较重的城镇和工业区以及城市交通枢纽、干线等。

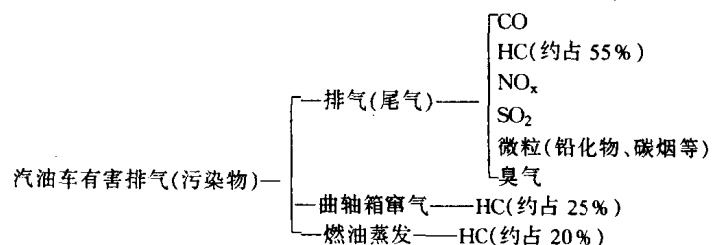
1.3 汽车排放污染物分类

汽车排放污染物主要由内燃机造成,汽油车的有害排气如表 1-4 表示。

内燃机排气包含着许多成分,随着内燃机种类及运转条件的改变而变化。排气中基本成分是二氧化碳(CO₂)、水蒸气(H₂O),过剩的氧(O₂)及存下的氮(N₂)等。它们是燃料和空气完全燃烧后的产物,与

汽油车排污分类

表 1-4



空气的组成基本相同,所不同的只是排气中CO₂和H₂O的含量较高而O₂的含量较低,从毒物学观点看,排气中基本成分是无害的。

排气中除基本成分外,还有不完全燃烧和燃烧反应的中间产物,包括一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)、颗粒(铅化物、黑烟、油雾等)、臭气(甲醛、丙烯醛等)等。这些污染物质的总和,在柴油机中不到废气总量的1%,在汽油机中随不同工况变化较大,有时可达5%左右,它们中大部分是有毒的,或有强烈的刺激性、臭味和致癌作用,因此列为有害成分。

不同工况下汽车排气有害成分浓度见表1-5。

不同工况下汽车排气有害成分浓度

表 1-5

车类	工况(km/h)	CO(%)	HC(ppm)	NO _x (ppm)	碳烟(g/m ³)	排气量
汽油车	怠速 0	4.0~10.0	300~2 000	50~100	0.005	少
	加速 0→40	0.7~5.0	300~600	1 000~4 000		增多
	定速 40	0.5~1.0	200~400	1 000~3 000		高速最多
	减速 40→0	1.5~4.5	1 000~3 000	5~50		减少
柴油车	怠速 0	0	300~500	50~70	0.10~0.30	少
	加速 0→40	0~0.50	200	800~1 000		增多
	定速 40	0~0.10	90~150	200~1 000		高速最多
	减速 40→0	0~0.05	300~400	30~35		减少

在有害成分中,CO、HC、NO_x及碳烟是造成大气污染的主要物质、目前汽车及内燃机的净化措施就是研究如何减少几种成分的含量。

1.4 汽车排污物的生成机理及其危害

对大气污染的影响,决不是由于一种物质造成的,而应看作是各种污染物的综合结果。但是,对于汽车及内燃机排气的影响,到目前为止,人们还仅处于分别探索各种污染物的单独影响的阶段。

下面将对汽车及内燃机排气中主要有害成分加以讨论,至于综合影响,有待将来再深入研究。

1.4.1 一氧化碳(CO)

CO是燃料在空气不足情况下的燃烧产物,是汽车及内燃机排气中有害浓度最大的成分。一般来说,汽车在未采取净化措施前,CO浓度为3%~4%。调整不当的汽油车怠速时CO可达10%。就地区大气污染来说,美国和日本大气中CO,约95%~99%来自汽车。

CO是一种无色、无刺激的气体,通常认为CO是由于被人吸入体内才显示影响的。吸入的CO很容易和血红蛋白Hb及少量肌红肌结合并输送到体内。CO急性中毒症状是由于阻碍血红素带氧,造成体内缺氧而引起的窒息状态。这种内窒息状态一旦解除,症状也就随之消失。

关于有无CO慢性中毒症尚待研究。最近观察到,煤气配管工有记忆力减退症状,这说明确实存在着慢性中毒问题。从地区大气污染角度来考虑CO污染的时候,必须把24h以内吸

气中的 CO 浓度限制在 5ppm 以下,大气中各种 CO 浓度的危害如表 1-6 所示。由于 CO 在大气底层停留时间较长,其累积浓度常易超过允许值,因此要特别重视大气中 CO 的危害性。

各种 CO 浓度的危害 表 1-6

CO 浓度(ppm)	危 害
10	人慢性中毒、贫血,病人心脏、呼吸道恶化
30	人在 4~6h 内中毒
100	使人头痛、恶心
120	人在 1h 内中毒
10 000	使人失去知觉,导致死亡

1.4.2 氮氧化物(NO_x)

氮氧化物有 NO, NO₂, N₂O₃, N₂O, N₂O₅, N₂O₄ 及 NO₃ 等。从大气污染的角度来看,最重要的是 NO 和 NO₂,除了 N₂O 在环境中少量可见外,其余的氮氧化物可以忽略不计。与环境污染有关的 NO 和 NO₂ 总称 NO_x。

内燃机排气中的氮氧化物是由于燃烧室内高温燃烧而产生,空气中的氮经过氧化首先生成 NO,然后与大气中氧相遇又成为 NO₂。美国 1966 年排气规定限制前,汽车排气中 NO_x 约为 1000~4000ppm,1978 年国产汽油机高速工况测得为 2000~2400ppm。目前大气中的 NO_x,在美国约 32%~55% 来自汽车排气,日本东京约为 36%,其余大部分来自工业发生源。

由于 NO_x 除了本身对生物发生危害外,还与 HC 生成光化学过氧化物,所以在美、日等国对 NO_x 的污染问题很重视。

高浓度的 NO 能引起中枢神经的瘫痪及痉挛,而低浓度 NO 的影响尚待今后探讨,目前只能就 NO₂ 的影响加以讨论。

NO₂ 是一种褐色气体,沸点 21.2℃,有特殊刺激性臭味,是内燃机排气中恶臭物质成分之一。它使人中毒的症状是在发生肺水肿同时,引起独具特点的闭塞性纤维性细支气管炎。对健康人,大约在 16ppm,10min 期间,肺气流阻力有明显上升。大气中不同浓度 NO₂ 对人及生物影响见表 1-7。由于 NO_x 在大气中几天之内就扩散,下雨时就溶解,其累积浓度不会过高,因此,NO_x 对大气污染的危害不像 CO 那样严重。

NO₂ 对人及生物的影响 表 1-7

NO ₂ 浓度(ppm)	影 响
0.5	连续 3~12 月,患支气管炎部位有肺气肿出现
1.0	闻到臭味
2.5	超过 7h,西红柿、植物等作物叶子变白色
5.0	闻到强烈臭味
50	1min 之内,人的呼吸异常,鼻受刺激
80	3~5min 引起胸痛
100~150	人在 30~60min,就因肺水肿而引起死亡

1.4.3 碳氢化合物(HC)

内燃机排气中 HC 浓度随着工况与试验条件的不同差别很大,可由几十 ppm 到 1 万多

ppm。美国汽车 1966 年前约为 850ppm,我国 1978 年汽油车,高速时为 800~1 200ppm,怠速时较高,但是和 CO 相比,浓度还是低得多。这样低的浓度究竟对人会产生什么直接影响,还不能得出肯定的结论,因此,人们不得不把注意力放在致癌性碳化氢上。

当前比较一致的看法对人类危害最大的是环芳烃,尤其是 3.4 苯并比(一种五个环的稠环芳香烃 $C_{20}H_{12}$,主要来于煤焦油和沥青),30 年代就已证实,它是一种很强的致癌物质。目前已有不少研究报告谈到,已经从汽车排气中分析出含有此种成分。当然,在癌症病因还不清楚的情况下,直接致癌的结论还不好下,但间接影响是肯定的,即由大气污染通过人的呼吸道疾病,削弱了人的体质,使致癌物质进入体内时,经久刺激而易致癌。

另外,排气中含有少量甲醛和丙烯醛等醛类物质,能强烈刺激眼睛及呼吸器官,则更需予以注意。

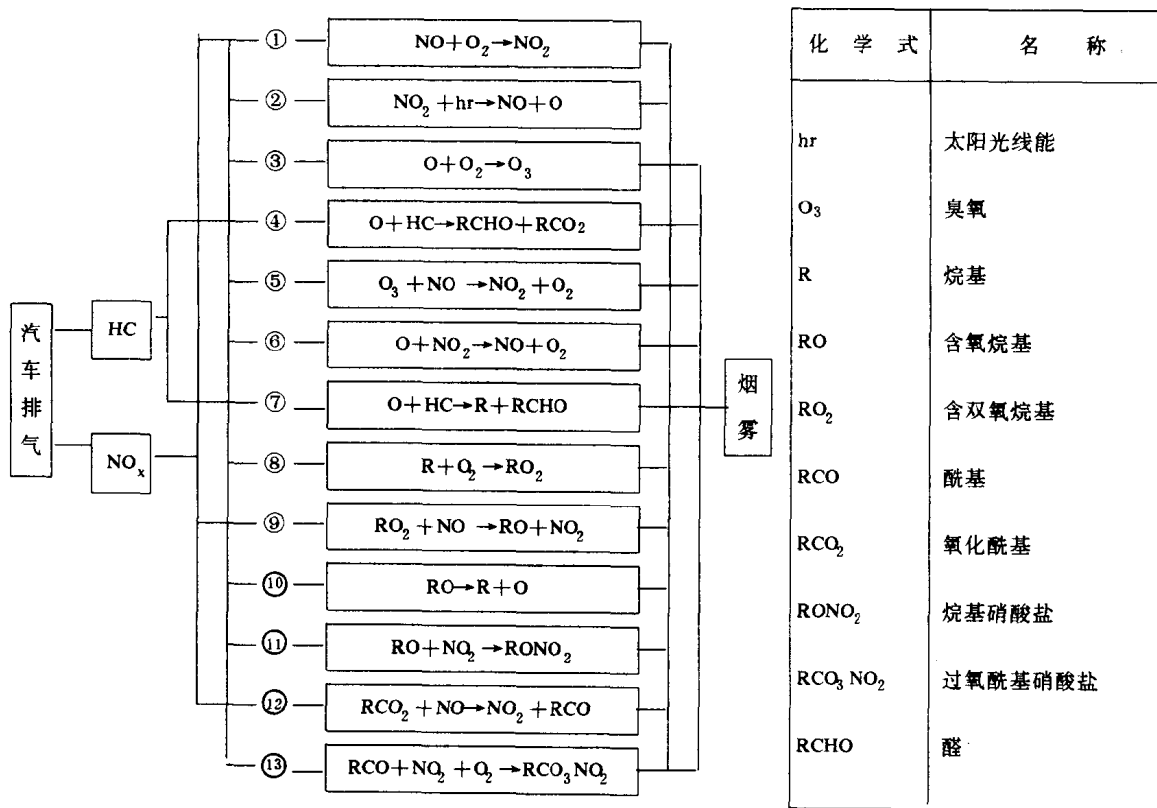
当前,汽车排气中的 HC 与 NO_x 一样,是生成光化学烟雾的参与物,因此其危害更加引人注目。

1.4.4 光化学烟雾

汽车内燃机排气中,作为起因物质的 NO_x 和 HC 在太阳光能(紫外线 $3000 \sim 4000 \text{ \AA}$ ①)的作用下进行光化学反应,生成的光化学过氧化产物而形成的烟雾称为光化学烟雾。其基本原理已经由哈根-斯密特(Huagen-Smit)在实验室里给以证实。光化学反应是一个极其复杂的过程,表 1-8 是卡普兰(CAPLAN)提出的反应及其产物的简化机理,它的主要产物是氧化能力很

光化学烟雾反应机理

表 1-8



① $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ 。