

汽车污染物控制与检测

周湧麟 李树珉 编著
朱 兵 洪 湘

中国环境科学出版社

汽车污染物控制与检测

周湧麟 李树珉 编著
朱 兵 洪 湘

中国环境科学出版社

1989

220545

内 容 简 介

汽车作为移动式污染源正在被人们广为认识，大气污染中汽车也占了一定的比例，为此本书从汽油车、柴油车的实际状况出发，结合造成污染的原理，针对国家提出的环境保护的排放标准，详细地叙述了汽车产生排放污染的原理、排放控制与检测、调试手段，为汽车设计工作者、驾驶员、维修人员提供了一本很好的参考书。

本书适合环境保护干部、车辆设计、维修、驾驶人员阅读、参考。

汽车污染物控制与检测

周湧麟 李树珉 编著

朱 兵 洪 湘

责任编辑 刘大澈

中国环境科学出版社出版

北京崇文门东兴隆街69号

三河县二百户印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1989年8月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1989年8月第一次印刷 印张：12

印数：1—5,000 字数：279千字

ISBN7-80010-445-1/x·247

定价：4.50元

前 言

大气污染、水源污染、噪声污染已成为当今世界上直接威胁人类生存的三大公害。其中大气污染虽然与各种污染源有关，但汽车排放污染尤为严重。据有关资料介绍，大气中所含CO污染物的75%、HC和NO_x污染物的50%来源于汽车的排放。特别在汽车数量大、人口高度集中的城市和交通发达的工业地区，汽车排放对大气的污染更为严重。它不仅严重地危害着人体的健康，而且破坏着大自然的生态平衡。因此，近几十年来，世界各国政府为消除和减轻汽车排放污染做了大量的研究和采取了各种各样的措施。我国是一个社会主义国家，环境保护是我国的一项基本国策，党和政府以及人民群众越来越重视和关心这项工作。特别是近几年来，随着我国国民经济突飞猛进的发展，人民生活水平的提高，旅游事业的兴起，汽车数量急剧增加，使城市大气污染日益严重。为确保环境质量，我国1979年9月公布的《中华人民共和国环境保护法(试行)》中明确规定“有害气体的排放必须符合规定的标准”。接着，国务院城乡建设环境保护部相继制定了汽油车、柴油车有害排放物的限值及测量方法等标准，为贯彻这些标准，北京等各大城市相继制定了《防治机动车辆污染的暂行管理办法》。

伴随全国“汽车排放标准”的贯彻执行，广大的环境保护干部、专业人员、设计人员、车勤工作人员、宣传教育工作者对掌握汽车排放原理、排放控制与检测技术等方面的知识与技能的要求日益迫切。从这个目的出发，我们收集了国内外

有关这方面的资料，又根据我们教学和科研试验的实践加以整理编写成此书。

但由于汽车排放原理及控制、检测技术是一门新兴学科，它不仅涉及到燃烧机理的研究，而且还涉及到技术、经济、法规、管理等方面的知识，另外编者水平有限，时间仓促，因而内容不够全面，书中错误和不足之处，敬请广大读者批评指正。

本书由周湧麟、李树珉、朱兵、洪湘等同志编写，由王海龙、酆益利同志审阅，文中插图由张麟英、杨惠余同志绘制。

目 录

第一章 汽车发动机主要排放污染物及其危害	(1)
第一节 汽车发动机主要排放污染物	(1)
第二节 汽车排放污染物对环境和人类健康的危害	(5)
一、一氧化碳 (CO)	(6)
二、碳氢化合物 (HC)	(7)
三、氮氧化物 (NO_x)	(7)
四、光化学烟雾	(9)
五、微粒物	(9)
六、二氧化硫 (SO_2)	(13)
第三节 汽车污染物排放标准	(14)
一、我国汽车污染物排放控制标准	(14)
二、世界其他国家主要汽车污染物排放标准	(18)
第二章 汽油车排气污染物的生成机理及其影响因素	(24)
第一节 汽油发动机燃烧和排气组分	(25)
第二节 汽油发动机排气污染物的生成机理	(30)
一、CO的生成机理	(30)
二、HC的生成机理	(31)
三、 NO_x 的生成机理	(35)
第三节 影响排气污染物生成的因素	(38)
一、影响CO、HC生成的因素	(38)
二、影响 NO_x 生成的因素	(50)
第三章 汽油车排放污染物的控制技术	(56)

第一节 汽化器的改进	(57)
一、怠速限调装置	(58)
二、热怠速补偿装置	(58)
三、节流阀缓闭器和燃料切断器	(60)
第二节 进气系统的改进	(62)
一、进气加热装置	(63)
二、双进气歧管	(63)
第三节 点火系统的改进	(65)
第四节 燃烧方式的改进	(68)
一、分层燃烧系统	(68)
二、均质稀燃技术	(75)
第五节 汽油喷射系统	(81)
第六节 汽油发动机的电子控制	(88)
一、化油器的电子控制系统	(89)
二、电子控制点火系统	(93)
第七节 排气后处理技术	(97)
一、空气喷射装置	(97)
二、热反应器	(101)
三、催化反应器	(103)
第八节 曲轴箱窜气、汽油蒸发排放控制	(109)
一、曲轴箱强制通风装置	(109)
二、汽油蒸发控制装置	(112)
第四章 柴油机排放污染物的形成及影响因素	(115)
第一节 柴油机排气污染物的形成条件	(117)
一、CO、HC的形成条件	(117)
二、NO _x 的形成条件	(118)
三、碳烟的生成条件	(119)
四、臭味的生成条件	(121)
第二节 直喷式柴油机排气污染物的形成及影响 因素	(122)

一、混合气的形成与排气污染物	(122)
二、工作状况与排气污染物	(138)
三、燃烧室结构与排气污染物	(140)
四、燃料与排气污染物	(143)
第三节 间接喷射式柴油机排气污染物的形成及	
影响因素	(146)
一、混合气的形成与排气污染物	(147)
二、工作状况与排气污染物	(148)
三、燃烧室结构与排气污染物	(150)
四、各种结构车用柴油机性能比较	(153)
第五章 柴油机排气污染物控制技术	(156)
第一节 排气前控制技术	(157)
一、喷油系统改进	(158)
二、燃烧系统改进	(167)
三、废气涡轮增压	(167)
四、降低功率使用	(169)
五、喷水冷却	(169)
六、废气再循环(汽油机与柴油机)	(170)
七、燃料改进	(177)
第二节 排气后处理技术	(178)
第三节 柴油机不同排气污染物控制方法比较及	
排污控制发展趋势	(185)
第六章 汽车污染物测试仪器和设备	(190)
第一节 汽车污染物测试仪器的取样系统	(190)
一、直接取样法	(190)
二、定容取样(CVS)法	(194)
三、全量取样法	(198)
四、比例取样法	(200)
第二节 废气分析仪器	(201)
一、CO分析仪器	(201)

二、HC分析仪器	(210)
三、NO _x 分析仪器	(216)
第三节 汽车蒸发排放物的测量仪器与设备	(223)
一、活性炭收集罐	(223)
二、密闭室	(225)
三、油箱加热器	(226)
四、冷却风扇	(227)
五、底盘测功机	(227)
第四节 柴油车排气烟度测量仪器和设备	(232)
一、滤纸式烟度计	(232)
二、消光式烟度计	(238)
三、重量式烟度计	(242)
四、烟度检测中的目测法	(242)
五、各种烟度计读数换算关系	(244)
第五节 柴油车排气臭味测定方法与设备	(244)
一、官能试验法	(244)
二、仪器分析法	(250)
第七章 汽车排放污染物测试规范	(251)
第一节 汽车排气污染物测试中的怠速法	(251)
一、怠速工况的规定	(252)
二、使用仪器与测试方法	(253)
第二节 汽车排气污染物测试中的工况法	(256)
一、日本汽车行驶规范	(256)
二、美国汽车行驶规范	(262)
三、欧洲经济委员会(ECE)汽车行驶规范(ECE15-04) ...	(265)
第三节 柴油车排气烟度测试规范	(267)
一、稳态烟度测量	(267)
二、非稳态烟度测量	(268)
三、控制加速烟度测量法	(269)
第八章 简易达标方法	(271)

第一节 汽油车的简易达标方法	(272)
一、怠速调整方法	(272)
二、怠速配剂的调整方法	(287)
三、点火系各参数的调整方法	(289)
四、气门间隙——重叠角的调整方法	(299)
五、清除燃烧室内的沉积物	(307)
第二节 柴油车的简易达标方法	(308)
一、喷油泵的调整方法	(309)
二、喷油器的调整方法	(319)
三、怠速的调整方法	(320)
四、其它故障的影响	(321)
第九章 汽车燃料对排放的影响	(324)
第一节 高品质燃料	(324)
一、汽油辛烷值对排放的影响	(324)
二、柴油品质对汽车排烟量的影响	(325)
第二节 乳化燃料	(327)
一、汽油机乳化燃料	(328)
二、柴油机乳化燃料	(330)
第三节 醇类燃料	(332)
一、汽油车用的醇类燃料	(333)
二、柴油车用的醇类燃料	(344)
第四节 添加剂	(347)
一、四乙基铅	(347)
二、二茂铁	(347)
第五节 其它燃料	(349)
一、氢气	(349)
二、天然气	(350)
三、液化石油气	(351)
附录：“有关中华人民共和国国家标准”	(352)
一、汽油车怠速污染物测量方法(GB3845-83)	(352)

二、柴油车自由加速烟度测量方法(GB3846-83)	(355)
三、汽车柴油机全负荷烟度测量方法(GB3847-83)	(362)
四、摩托车怠速污染物测量方法(GB5466-85)	(368)

第一章 汽车发动机主要排放 污染物及其危害

第一节 汽车发动机主要排放污染物

越来越多地使用汽车给全世界亿万人带来了无穷的好处，如增加就业，提高劳动生产率，极大地和普遍地改善人们的生活水平、提高人类现代化和文明程度等。然而，频繁发生的交通事故以及造成的大量人员伤亡、交通拥挤程度和噪声的大幅度增加以及汽车排放污染物对人和环境的危害，又给人类带来了难以估量的坏处。恶化人们生活环境的原因很多，但汽车则被认为是最为重要的原因之一，因为在人们集中居住的城市中，不仅汽车保有量很大，排出的污染物数量多，而且污染物的排放区域恰为人们的呼吸带的缘故。据有关资料统计，每千辆汽车每天排出的一氧化碳量约为3000kg，碳氢化合物约200~400kg，氮氧化物量约为50~150kg，平均每燃烧1t燃油生成的有害物质达40~70kg。从上述统计的情况可以看出，在汽车排气污染物中，一氧化碳的数量为最高，全世界每年排入空气中的一氧化碳约为2.2亿t，占总污染物的1/3以上，交通发达的国家已达到1/2左右。汽车是流动污染源，它排放的有害物质分布在地表面的气流中，其浓度与汽车总排放量和交通流量成正比。最高浓度在离地面1m左右，正处在行人的呼吸带上，对人体的威胁很大。据资料介绍，城市街道上的车流量在每小时1000~2000辆时，一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物3种有害气体

占全部有害气体的80~90%以上。世界上几乎所有的大城市 and 多数中、小城市都遭到了汽车排放污染的严重危害。表1-1列出了美国城市和日本城市的汽车排放污染物占大气中各种污染物总来源的比例。可见，汽车对环境的污染是十分严重的，必须对其加以严格地控制。

表 1-1 汽车排气污染物对大气污染比例 (%)

地 点	CO	HC	NO _x	硫化物	颗粒
美国城市	82	58	48	1.3	8
日本城市	99	98	36	1.0	

汽车排放污染物来源有三个，即排气、蒸发以及曲轴箱排放。

汽车排气的重要成份有如下几种：

1. 大气成份：氮气、剩余氧气；
2. 燃料完全燃烧生成物：水蒸汽、CO₂；
3. 燃料不完全燃烧生成物：一氧化碳、H₂；
4. 未燃烧燃料及燃料分解生成物：HC、碳烟；
5. 燃烧中间产物：醛、乙醇、酚醛、有机酸；
6. 空气氧化产物：NO_x、氨；
7. 燃料及润滑油的添加物及不纯物质：氧化铅、硫化物、磷化物、金属化合物等。

在上述物质中，对环境污染特别大的有害物质有一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)、铅以及碳烟等5种。

汽车的蒸发排放物主要包括油箱、化油器等处排放到大气的燃油蒸汽和整车涂料的溶剂蒸汽等成份。

汽车发动机的曲轴箱排放物的主要组成部分为燃烧室通过活塞与气缸壁间的间隙泄漏出的气体。这些气体中约80%是未燃气体(未燃的HC和部分氧化的燃料),约20%为已燃气体,它们经曲轴箱通过气孔和润滑系的开口处排入大气之中。

在上述的后两种来源中,对环境污染较大的有碳氢化合物等成份。

以上有害污染物的组成和分配情况如下:

汽车排放 污 染 物	—排气管排气—	—一氧化碳	100%
		—碳氢化合物	55%
		—氮氧化物	100%
		—二氧化硫	100%
		—颗粒	100%
		—臭味	100%
	—曲轴箱窜气—	—碳氢化合物	25%
	—蒸发排放—	—碳氢化合物	20%

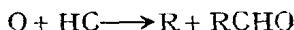
无论是正常排气、曲轴箱窜气,还是蒸发排放,所排出的污染物质都是汽车直接排出的。这些物质中的大部分成份在空气及太阳能的作用下还会进一步发生化学反应,产生其它的二次污染物。如碳氢化合物(HC)和氮氧化物(NO_x)在大气中因太阳能作用而产生光化学反应等。光化学反应过程比较复杂,现简述其反应机理如下:

1. 大气中存在少量的二氧化氮(NO_2);
2. 二氧化氮受阳光中紫外线照射后离解为一氧化氮和原子氧(O),二者皆为活性物质;
3. 原子氧迅速与大气中氧气(O_2)结合为臭氧(O_3);
4. 臭氧与汽车排出的一氧化氮反应生成二氧化氮和氧

气，即 $O_3 + NO = NO_2 + O_2$ 。于是大气中NO开始减少， NO_2 开始增加；

5. 一氧化氮大量降低后， O_3 逐渐增加；

6. O_3 开始与汽车排出碳氢化合物发生如下化学反应：



式中：R——为烷基，如甲基（ CH_3 ），乙基（ C_2H_5 ）等；

RCHO——醛类。

7. NO_2 可能生成过氧乙酰硝酸酯类有毒物质（如 $RCONO_2$ 和 RCO_3NO_2 等，简称PAN）；

8. 大气中HC和 NO_2 同时下降。

在完成上述反应后，大气中会出现臭氧（ O_3 ）、过氧化硝酸盐（PAN）、过氧化苯甲酰硝酸盐（PBN）、醛类等多种复杂化合物的氧化剂（ O_x ），形成所谓的光化学烟雾，对人眼、咽喉有强烈的刺激作用，对植物等也有着重要的危害。

光化学烟雾的产生取决于两个条件，即充分的阳光照射及大气中碳氢化合物和氮氧化物的浓度。大气中碳氢化合物和氮氧化物浓度愈高，同时阳光照射愈强，则愈容易出现光化学烟雾。而汽车排出的碳氢化合物和氮氧化物在大气中积聚的浓度与汽车保有量、单车排放浓度、地理状况（如盆地、平原等）、气候条件（如风力大小、大气稳定程度）等有关；阳光照射的强度又与每天的不同时间、太阳高度、太阳射线与地面投射角以及大气透明度等有关。因此，盆地、无风和大气垂直于地面方向对流（即大气稳定程度）较弱时，形成光化学烟雾可能性较大。

大气之中光化学氧化剂（ O_x ）的浓度，在一天中随时间而有规律地变化。一般在清晨，氧化剂浓度很低；出太阳后，浓度逐渐增加；至中午达到峰值，然后开始降低；至下

午8时降到上午8时相近的数值；夜里11时降至清晨的数值，夜间烟雾就消失了。中午高峰基本上是太阳光辐射强度作用的结果。

第二节 汽车排放污染物对 环境和人类健康的危害

人类的生存依赖于自然环境，本来靠生态系统的生物自然循环是可以自动保持平衡的。例如由于物质的燃烧或其它人类的活动而生成的二氧化碳，可被各种植物的光合作用而吸收，这样就可以使大气中的二氧化碳浓度保持一定水平。但是由于近些年来人类燃烧的燃料大量增加，使得大气中二氧化碳含量有逐步上升的趋势，这就打破了自然界的平衡，可能对人类生活造成不利的条件。

随着工业的发展和汽车应用数量的增加，各类废气排入大气，打破了物质自然循环的平衡，造成环境污染。如果按污染物发生源来看，污染大气的原因主要可划分为固定污染源和移动污染源两大类。前者主要指冶金、石油工业、化学工业等排出的废气，以及发电、取暖、家庭炉灶和其它燃烧各种燃料的部门所排的废气。后者则指的是各种交通运输工具如汽车、拖拉机、铁路机车、飞机、摩托车、舰船等排出的废气，其中主要为汽车。

汽车排出大量的一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物、颗粒物及硫化物等。这些污染物都对周围环境和人类健康造成一系列严重的不利影响，尤其对老年人、儿童和体质弱的人，影响就更为突出。

下面简要介绍汽车排气污染物对环境和人类健康的影响和危害。

一、一氧化碳 (CO)

一氧化碳是一种无色带刺激性的有毒气体。人在呼吸时吸入一氧化碳后，一氧化碳即在肺中与血液中的血红蛋白 (Hb) 结合在一起，形成碳氧血红蛋白 (CO-Hb)。

血液中的血红蛋白通常是在肺中与空气中的氧气 (O₂) 结合在一起，血液循环时向全身各部分供给氧气。由于一氧化碳与血红蛋白的亲合能力较氧气强 200~300 倍，故吸入 CO 后，CO 就会优先与血红蛋白相结合，使这部分血红蛋白失去输送氧气的能力，结果造成血液的输氧能力下降。而 CO 一旦与血红蛋白结合在一起，就很难分解，要经过较长时间 (12~14 小时) 才能消失其毒害作用，因此 CO 的毒害作用有积累的性质。人连续处在混有 CO 空气中时间愈长、CO 浓度愈高，血液中积累的 CO-Hb 量愈多，这样就造成低氧血症，导致人体组织缺氧。轻者使人头疼、昏眩及反应迟钝，重者使人神经机能下降，直至死亡。

不同浓度的一氧化碳对人体的危害如表 1-2 所列。

表 1-2 不同浓度 CO 对人体危害

CO 浓度 (ppm)	对 人 体 危 害
10	开始慢性中毒，但对健康者问题不大
30	在 4~6 小时内中毒，对中枢神经有影响
100	头疼、恶心，强活动时呼吸困难
120	全身无力、精神不振、瘫痪、痉挛
200	数小时后神经机能低下
400	4 小时后头痛晕眩、呼吸困难
1500	1 小时后死亡
3000~4000	0.5 小时后死亡
10000	立即死亡

另外，研究表明，CO 对心脏病等患者和胎儿的危害更