

轿车燃油污染 控制实用技术

周来良 编著



人民交通出版社

**JIAOCHE RANYOU WURAN
KONGZHI SHIYONG JISHU**

轿车燃油污染控制实用技术

周来良 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书在简要介绍汽车燃油污染机理、危害的基础上,重点介绍了发达国家在轿车特别是中、高档轿车上采用的包括曲轴箱强制通风、各种油箱和化油器浮子室燃油污染蒸发控制装置、发动机设计改进、化油器改造、恒温式空气滤清器、新型点火提前装置、空气喷射系统、排气再循环系统、催化式排气净化器等先进技术、装置和机构的构造、性能、工作原理等。

本书可作为汽车驾驶和维修人员的工具书,也可作为大中专院校汽车专业汽车构造课程的补充教材,以及汽车研究、设计、制造技术工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

轿车燃油污染控制实用技术/周来良编著. -北京:人

民交通出版社,1995

ISBN 7-114-02295-6.

I. 轿… II. 周… III. 轿车-液体燃料-净化-技术
IV. U464.136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 23892 号

轿车燃油污染控制实用技术

周来良 编著

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

三河新世纪印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{3}{32}$ 印张:3.625 字数:80 千

1996 年 6 月 第 1 版

1996 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数 0001—2000 册 定价:6.80 元

ISBN 7-114-02295-6

U · 01588

前 言

汽车排放污染是人类的一大公害。近二三十年来,发达国家都比较重视汽车排放污染的控制。近年来,我国汽车数量增加较快,大城市的汽车排放污染已经给环境带来较大危害。随着我国国民经济的发展和现代化进程的加快,汽车数量将不断增加,如果不加强治理,汽车排放污染将成为更大的社会问题。因此,从现在起采用立法形式,规定各类汽车的排放标准,并严格执行,是治理汽车排放污染的必由之路。而掌握并采用先进的汽车排放污染控制技术,则是保证排放标准能够实现的前提条件。因此,学习、消化并吸收世界各国关于汽车排放污染控制的先进技术,便是当务之急。正是出于这个目的,作者收集了有关资料,整理并加工成该书,奉献给汽车界的同行和朋友们,也为我国控制汽车排放污染尽点微薄之力。

本书介绍的是在国内外一些著名汽车厂家生产的各型汽车上,尤其是轿车上已经应用过和正在使用中的有关燃油污染控制的较成熟技术。因此可作为汽车设计、制造、使用、维修技术人员的参考书,尤其是作为轿车驾驶员和维修人员掌握有关控制排放污染的总成和机构的工作原理及构造的工具书。也可作为各类与汽车有关的院校师生汽车构造课的补充教材和教学、学习参考书,还可作为环保工作者和道路交通管理人员了解汽车排放污染机理和控制排放污染技术的参考书。

由于本人水平所限,加之这方面资料来源困难,因此本书缺点和错误之处在所难免,欢迎批评指正。

1987.9/10

本书出版前,书稿曾请辽宁省交通厅运输管理局冉仪清总工程师审阅并改正,在成稿过程中李斌慧同志曾帮助部分插图的描绘,在此一并表示感谢!

周来良

目 录

第一章 汽车燃油污染机理及污染控制	1
第一节 汽车燃油污染机理	2
第二节 汽车燃油污染的控制	7
第二章 窜缸混合气污染的控制	12
第一节 窜缸混合气	12
第二节 行车气流抽吸式曲轴箱通风系统	13
第三节 开式曲轴箱强制通风系统	15
第四节 闭式曲轴箱强制通风系统	18
第三章 燃油蒸发污染控制	20
第一节 燃油蒸发污染控制系统 (EEC 系统)	20
第二节 燃油箱燃油蒸发污染控置装置	22
第三节 燃油—燃油蒸气分离器	28
第四节 化油器浮子室燃油蒸发污染控制	31
第五节 活性炭罐	32
第四章 发动机设计的改进	38
第五章 化油器的改进	42
第一节 化油器浮子室的改进	42
第二节 怠速系统的改进	44
第三节 主供油系统的改进	50
第四节 自动阻风门系统	55
第五节 化油器辅助装置	59
第六章 恒温式空气滤清器系统	67

第七章 点火提前控制装置	71
第一节 双膜片真空式点火提前调节装置	71
第二节 温敏真空控制阀	74
第三节 加速点火提前延时器	76
第四节 变速器控制点火系统	79
第五节 电子计算机控制的点火正时调节系统	84
第八章 空气喷射系统	87
第一节 空气喷射系统的功用 组成及工作原理	87
第二节 吸气器型空气喷射系统	93
第九章 排气再循环污染控制系统	96
第十章 催化式排气净化器	105

第一章 汽车燃油污染机理及污染控制

汽车——这一人类文明的重要标志之一的交通工具，在给人带来便利的同时，也带来损害。其中，汽车造成的污染就是重要的损害之一。

汽车给人类带来的污染是多方面的，诸如：

——汽车燃油蒸发和不完全燃烧产物给大气造成的污染；

——汽车行驶所造成的振动、噪声对环境的污染；

——汽车点火系统工作时发射的电磁波对无线电通讯、电视等的干扰；

——汽车垃圾，如废轮胎、玻璃、塑料等给环境所造成的污染；

——汽车清洗用水所造成的水污染；

——交通拥挤、车辆肇事对人的生命和财产所造成的危害等等。

以上诸多污染尽管都是汽车造成的，但具体原因又不完全相同，因此治理措施也不尽相同。其中对人类危害最大的当属汽车燃油蒸发和不完全燃烧产物给大气造成的污染了。本章就燃油造成污染的机理、治理途径、控制污染措施等方面加以分析论述。

第一节 汽车燃油污染机理

一、汽车燃油污染的来源

汽车燃油污染物来自汽车三个不同的方面。它们是：

(1) 发动机排气(尾气)。排气中的污染物主要是一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮的氧化物(NO_x)，此外还有二氧化硫(SO_2)、加铅汽油排气中的铅化合物颗粒、其它有刺激气味等。一个未采取污染控制措施的汽车，尾气排放出的 HC 约占它排出的 CO、HC 总量的 60% 左右。

(2) 曲轴箱窜气。主要成分是没有完全燃烧的 HC，约占汽车排放 HC 总量的 20%(25%)。

(3) 汽油箱和化油器浮子室里挥发出的汽油蒸气。主要成分也是 HC，约占汽车排出 HC 总量的 20%。

二、汽车燃油污染物的形成及其危害

上述三个来源的汽油污染物对环境危害最大的是 CO、HC 和 NO_x 。

1. HC 的形成及危害

HC 主要是由未燃烧的燃料，不完全燃烧的燃料或部分被分解、氧化的燃烧产物组成。它包括 200 种以上不同分子结构的 HC。在阳光照射下，尤其是在强烈阳光中紫外线的照射下，这些 HC 会与 NO_x 作用，进行光化学反应，生成过氧化物而形成白色或紫色烟雾，称为光化学烟雾。它们的主要成分是 O_3 、 RCHO 、 RONO 、 RCO_2NO_2 等。这些成分具有很强的氧化能力和特殊臭味，能使橡胶开裂、植物受损、能见度降低，并刺激人及动物的眼、咽喉等。

2. CO 的形成及危害

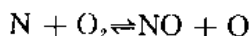
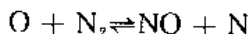
CO 是烃燃料在氧气供应不足的情况下,进行不完全燃烧的产物,是汽油发动机排气中有害成分浓度最大的物质。影响排气中 CO 成分多少的主要因素是进入气缸的可燃混合气的成分。实验证明,当过量空气系数小于 1,空燃比小于 14.8 时,CO 生成量明显增加。

CO 对人及动物的危害很大。这是因为,吸入人体的 CO 容易和血红素结合、阻碍血红素带氧、造成人体内缺氧,使人头痛、恶心乃至窒息而死。

3. NO_x 的生成及危害

在正常温度下,氮并不与氧发生化学反应。但是,在高温的情况下,尤其像汽车发动机燃烧室内那样的高温情况下,氮则不再是惰性的了,它能与氧化合生成 NO_x。NO_x 是污染物,它通常是由一个氮原子与一个或者几个氧原子反应生成的。内燃机排放的 NO_x 主要指 NO 和 NO₂。在阳光照射下,NO_x 与 HC 形成光化学烟雾,前面已叙述,而且 NO₂ 有刺激性臭味,会引起支气管炎、肺气肿等病。

在燃烧室高温下主要生成 NO、它是在紧跟火焰前锋后的燃烧产物区内形成。根据链反应机理



链反应开始是由氧原子触发,而氧原子是在高温下由氧分子分解而来。因此,高温是 NO 生成最主要的条件。又因为 NO 生成反应比燃烧反应缓慢,所以在高温下停留的时间也是反应的重要条件。停留时间长,NO 生成量增加。氧的浓度即混合气成分也有很大影响,在过量空气系数略大于 1 时,NO 浓度最高,因为此时燃烧室内温度高且有过量的氧。温度

下降时,由 NO 返回 N_2 和 O_2 的逆反应速度很缓慢,所以 NO 一旦生成后,在膨胀和排气过程中仍保持基本不变。废气排往大气后,遇到空气中的氧而缓慢氧化成 NO_2 。



所以,降低燃烧室峰值温度,缩短高温时间,控制混合气浓度都能减少 NO_x 生成。

三、发动机运转因素对排气污染的影响

1. 混合气成分

图 1-1 为混合气成分对排出 CO 、 HC 、 NO_x 的影响。从图中可看出,当过量空气系数小于 1 时,排出 CO 浓度急剧上升。从过量空气系数等于 1.08(空燃比等于 16)左右起 CO 排出量减少,并趋向稳定;在过量空气系数等于 1.15(空燃比等于 17)以内,随过量空气系数增大, HC 下降,但过量空气系数再增加时,排气中的 HC 含量也增大; NO 生成量在过量空气系数等于 1.08 左右时最大。故减少 CO 和 HC 最合适的空燃比, NO_x 生成量却最大,是一个难以从污染物生成角度解决的矛盾。

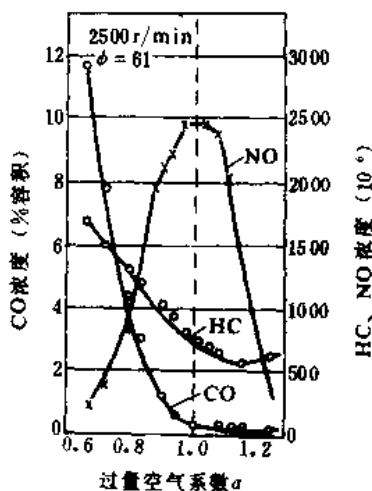
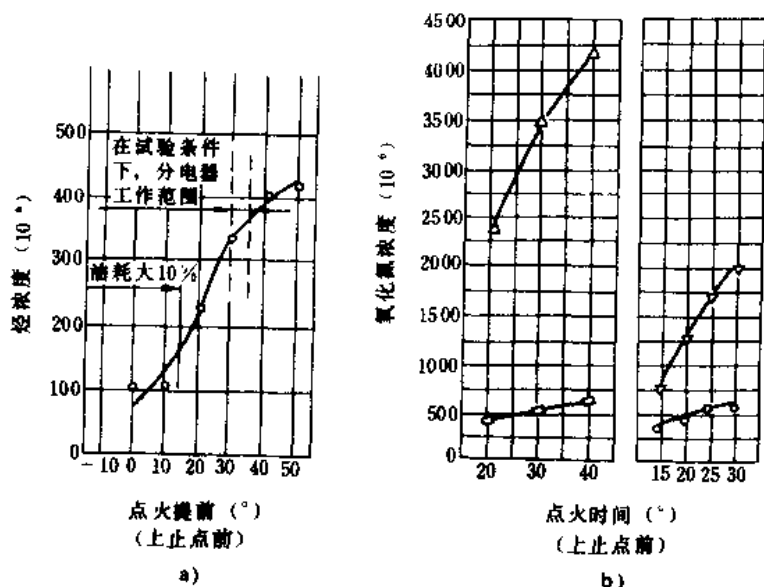


图 1-1 实测 CO 、 HC 和 NO 排放浓度与过量空气系数 α 的关系

2. 点火时间

图 1-2 分别示出 HC 和 NO 与点火提前角之间的关系。从图中可看出,点火提前角减小,排气中 HC 和 NO 含量均减

少。这是因为,点火延迟,后燃增加,排气温度相对提高,促进排气行程中未燃烧成分的氧化,同时也降低燃烧室峰值温度,减少NO生成量。应该说明的是,减少点火提前角却带来了发动机功率的损失并增加油耗。



记号	$\frac{A}{F}$	真空度 (kPa)	n (r/min)
$\triangle$	15.7	13.5	2500
$\square$	11.6	13.5	2500
∇	15.9	54.2	1500
$\circ$	12.0	54.2	1500

图 1-2 点火提前角对排放的影响

a) 对 HC, 固定负荷, $n=1500$ r/min; b) 对 NO, $N_e=9.6$ kW, $\frac{A}{F}=13.3$

3. 发动机负荷

发动机负荷减小,意味着进入气缸的可燃混合气量减少,气缸温度降低,相对残余废气量增加,燃烧时间延长,燃烧室

最高温度下降, NO_x 浓度下降。负荷对 HC、CO 浓度影响不大, 如图 1-3 所示。

4. 转速

转速增加时, 由于加强了燃烧室内混合气的紊流, 改善燃烧, 减少未燃烧混合气量, 使排气中 HC 含量减少。对于 NO 生成, 当用较浓混合气时, 由于散热时间短, 使燃烧室内温度升高, NO 生成量增加。当用稀混合气时, 由于燃烧过程相对应的曲轴转角增大, 燃烧峰值温度反而会下降, NO 生成量减少, 如图 1-4 所示。

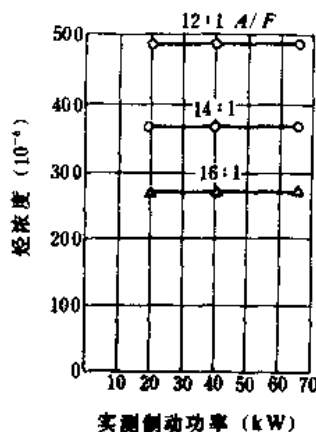


图 1-3 功率输出对排气中烃浓度的影响

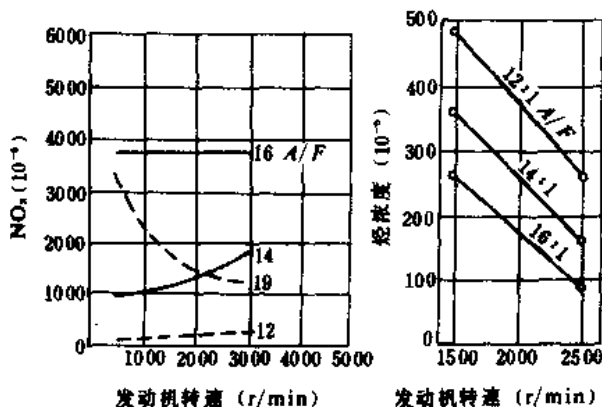


图 1-4 转速对排气中 HC 和 NO_x 浓度的影响

5. 发动机运转工况

汽车发动机的运转工况包括怠速运转, 加速运转, 定速运转及减速运转。不同运转工况下由于供给的可燃混合气浓度不同, 排气中有害成分含量相差很大。表 1-1 为典型汽车汽油

机排气成分实际测量结果。

典型汽车汽油机排气成分实测结果

表 1-1

排气成分	怠 速	加 速	定 速	减 速
HC(10^{-6})	800	540	485	5000
(以正己烷计算)	3000~10000	300~800	250~550	3000~12000
NO _x (10^{-6})	23	1543	1270	6
(以 NO ₂ 计算)	10~50	1000~4000	1000~3000	5~50
CO(%)	4.9	1.8	1.7	3.4
CO ₂ (%)	10.2	12.1	12.4	6.0

从表中可看出,在怠速工况、减速工况下,排气中 HC 和 CO 含量大。这是由于怠速时,燃烧室废气残留量相对增加,加之怠速时气缸内温度一般都较低,需用浓混合气,过量空气系数只有 0.6,燃烧很难完全而致。减速工况下,由于节气门开度突然减小,进气管内产生瞬时强真空,使管壁上积存的燃油蒸发增加,造成混合气短时过浓,燃烧不完全所致。

加速及高负荷工况下,因发动机作功强度大,燃烧室温度高,有利于氮的氧化物生成,因此排气中 NO_x 浓度大。

第二节 汽车燃油污染的控制

汽车燃油蒸发和在气缸内的不完全燃烧产物会给人类生存环境造成污染,这是人们早就意识到了的。但开始控制这些污染则是本世纪 60 年代的事。1960 年,美国加利福尼亚州政府颁布了世界上第一部带有强制性的汽车排放污染法规,规定了在该州范围内出售和行驶的汽车应达到的排放标准,这是人类试图控制和减少日益严重的汽车污染问题的第一次尝试。因此它在美国国内和世界发达国家引起了普遍地关注。在那以后,美国的其它州政府和联邦政府相继制定和颁布了一系列汽车排放标准,如表 1-2 所示。

美国及加州排放限值

表 12

实施年份	车型	标准	试验程序	CO	HC		NO _x	NO _x -HC	单位	取样及 仪器
					无甲烷	总 HC				
1982 年及以后	轿车	联邦 5 万	LA-4CH	3.4 (2.1)		0.41(0.25)	1.0(0.62)		g/mile (g/km)	
1983 年及以后	轻、中型货车	联邦 5 万	LA-4CH	18 (11.25)	无	1.7(1.06)	2.3(1.44)		g/mile (g/km)	
1984 年及以后	汽油车	联邦	9 工况	25 (33.5)		0.5(0.67)		1.5(0.93)	g (HP·h) g (kW·h)	均采用 CVS 取 样方法。 使用仪 器为 NIDK (1) FIDK (1) DSK
	柴油车	联邦	13 工况 瞬态循环	15.5(20.8) 15.5(20.8)		0.5(0.67) 1.3(1.74)	9.0(12.66) 10.7(14.3)			
1982 年及以后	轿车	加州 5 万 加州 10 万	LA-4CH LA-4CH	7.0(4.4) 7.0 或 (4.4) 8.3(5.2)	0.39(0.24) 0.39 或 (0.24) (0.46)(0.29)	0.41 0.41 或 无标准	0.4 1.0(0.62)		g/mile (g/km)	
		加州 5 万① 加州 10 万①	LA-4CH LA-4CH	9.0(5.6) 9.0 或 (5.6) 10.6(6.6)	0.39(0.24) 0.39 或 (0.24) (0.46)(0.29)	0.41(0.24) 0.41 或 (0.24) 无标准	0.4 1.0(0.62)			
1983 年及以后	轻、中型货车	加州 5 万② 加州 10 万②	LA-4CH LA-4CH	9.0(5.6) 9.0(5.6)	0.5(0.21) 0.5(0.31)	0.5(0.31) 0.5(0.31)			g/mile (g/km)	
		加州 5 万② 加州 10 万②	LA-4CH LA-4CH	9.0(5.6) 9.0(5.6)	0.5(0.21) 0.5(0.31)	0.5(0.31) 0.5(0.31)				
1984 年及以后	汽油车	加州	9 工况	25 (33.5)		0.5(0.67) 1.3(1.74) 0.5(0.67)	5.1(6.8) 无标准 4.5(6.03)		g (HP·h) g (kW·h) [g (kW·h)]	
	柴油车	加州	瞬态循环 十三工况	15.5(20.8) 25(33.5)						

注：①10~9991b(453kg)当量惯性重量[车辆自重+3001b(136kg)]；

②4000~60001b(1814~2721kg)当量惯性重量。

和美国相比,欧洲国家排放法规的制定则较晚,标准也较宽,本世纪70年代后才开始实行。除瑞典外,欧洲大部分国家均采用欧洲经委会制定的ECE标准。

ECE标准有三类:I类按冷起动15工况运转,并按车重分9组,规定汽油车排放标准。II类是规定发动机温度提高后怠速运转试验的CO值。规定怠速CO为5.5%,怠速转速为 $\pm 1000\text{r/min}$ 时,CO为4.5%。III类规定曲轴箱HC蒸发量为燃料消耗量的0.15%,表1-3给出ECE15工况的极限值。

ECE 15工况排放限值 (单位:g/test) 表 1-3

实施年份	车辆类型 (kg)	排放限值			试验方法
		HC	CO	NO _x	
1979年 ECE15-03	车重 ≤ 750	6.0	65	8.5	程序:ECE 15
	750~850	6.3	71	8.5	
	850~1020	6.5	76	8.5	工况 取样:全量 取样
	1020~1250	7.1	87	10.2	
	1250~1470	7.6	99	11.9	仪器: NDIR _{CO}
	1470~1700	8.1	110	12.3	
	1700~1930	8.6	121	12.8	NO _x FID _{HC}
	1930~2150	9.1	132	13.2	
	2150<车重	9.6	143	13.6	

日本的汽车排放法规是从1966年的CO浓度法规开始的。1978年以后主要强化NO_x排放限额和卡车、柴油车的排放限额。CO、HC、NO_x的限额值如表1-4。

我国汽车排放标准的执行则更晚,而且各地的差距很大,目前仅在沿海地区和一些大城市执行。排放标准参见GB 14761.5-93《汽车大气污染物排放标准》。

我国汽车保有量总数还比较少,但在大城市,这几年车辆

数剧增,汽车污染已明显地成为这些大城市的一大污染源。因此正在引起有关方面重视。

日本排放限值

表 1-4

实施年份	车辆类型		试验程序	排放限值			单位	取样及仪器
				CO	HC	NO _x		
1979 年 以后	轿车		10 工况	2.7 (2.1)	0.39 (0.25)	0.48 (0.25)	g/km 其中 HC 用 g/test g/test	直接取样或 CVS 取样
			11 工况	85 (60)	9.5 (7.0)	6.00 (4.44)		
1980 年 以后	轻型载货汽车 1.7~2.5t		10 工况	17.0 (13.0)	2.7 (2.1)	1.26 (0.9)	g/km	仪器: NDIR _{CO} FID _{HC} CLD _{NO_x}
1983 年 以后	卡车 2.5t	汽油车	6 工况	1.6% (1.2%)	2.7 (2.1)	1.26 (0.9)	g/km	
	以上	柴油车	D-6 工况	980 (790)	670 (510)	分隔 390 (290) 直喷 610 (470)	10 ⁻⁶ 10 ⁻⁶	

注: 没括号数值为最高值。括号()中的数值为平均值。

要限制汽车排放污染物的数量,可以采取很多措施,有些措施在降低污染物的同时,也能提高车辆的某些性能,如燃油经济性、乘坐舒适性和驾驶操作的方便性,但却要增加车辆成本,有些措施还要影响车辆的动力性和经济性,使汽车结构、尤其是发动机结构变得越来越复杂,给车辆的维护带来困难。因此,一般说来,制造厂家和用户并无积极性。然而,用法律手段强制进行汽车排放控制,是一条有效的途径。

事实也证明了这一点,在 1968 年以前,美国汽车排气中 HIC 的平均含量为 1250×10^{-6} ,以体积计的 CO 含量占 6%。1968 年美国联邦政府和许多州政府建立了排气净化标准,标准规定:在用轿车、轻型车、中型货车,在一定操作状态下,排