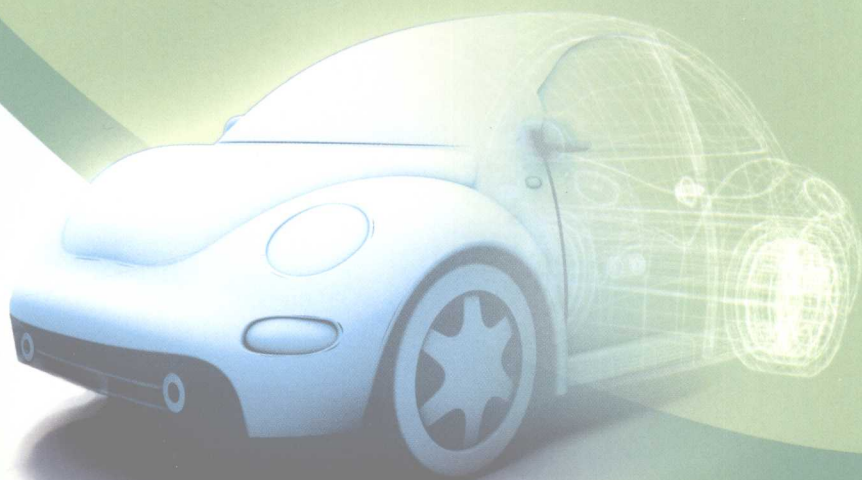


汽车环境污染 检测与控制

主 编 安相璧 朱道伟
主 审 朱诗顺



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内容简介

汽车环境污染检测与控制

主 编 安相璧 朱道伟
主 审 朱诗顺

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书共三篇8章,第1章到第4章为第一篇,主要介绍汽车排放污物的检测与控制,包括汽车污染物的危害、国内外排放控制与检测概况、汽车污染物的生成与控制技术、汽车污染物的检测仪器与不同车型的检测方法等;第5章到第6章为第二篇,主要介绍声学的基础及噪声的评价方法、汽车噪声的生成与控制技术和汽车噪声的测试仪器、测试环境和测试方法等内容;第7章和第8章为第三篇,主要介绍汽车电磁干扰的产生与抑制、汽车电磁干扰的检测仪器、检测环境、测试方法和汽车电磁兼容性检测法规等内容。

图书在版编目(CIP)数据

汽车环境污染检测与控制 / 安相璧,朱道伟主编. —北京:
国防工业出版社,2008.8
ISBN 978-7-118-05869-7

I. 汽... II. ①安... ②朱... III. ①汽车排气-空气
污染控制 ②汽车噪声-噪声控制 IV. X734.201 TB535

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 107635 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 338 千字

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

随着人类工业化进程的加快,汽车工业作为工业化进程的典型产品,在给人类带来交通便利、社会繁荣的同时,也给环境带来很大的危害。

汽车排出的一氧化碳、碳氢化合物、二氧化硫和烟尘微粒是空气污染物的主要来源。汽车发动机燃烧产生的燃烧噪声;运动部件的惯性力和道路不平度,使车辆产生振动,诱发汽车其它部件的振动而产生的噪声;汽车高速行驶时产生的空气动力噪声、轮胎噪声等已成为城市的主要噪声污染源。汽车电器产生的电磁波污染,虽然对人体伤害较小,但会对无线电通信、汽车车载的电子控制装置的电子元件的灵敏度和可靠性等带来伤害。2008年7月2日公安部公布,国内汽车保有量已达到61221750辆,已对我国能源供给和环境污染造成了极大的压力。为此,我国制定了越来越严格的汽车环境污染控制法规。

为了让读者对汽车环境污染的生成、控制与检测有较全面地了解,我们结合工作实际,并参考大量的相关资料编写了此书。

本书共三篇8章,第1章~第4章为第一篇,主要介绍汽车排放污物的检测与控制,包括汽车污染物的危害、国内外排放控制与检测概况、汽车污染物的生成与控制技术、汽车污染物的检测仪器、不同车型的检测方法;第5章~第6章为第二篇,主要介绍汽车噪声的生成与控制 and 汽车噪声的测试仪器、测试环境和测试方法等内容;第7章和第8章为第三篇,主要介绍汽车电磁干扰的产生与抑制、汽车电磁干扰的检测技术等内容。

本书由安相璧、朱道伟主编,李玉兰、陈成法、高生华副主编,朱诗顺主审。参加编写工作的还有72726部队的张磊,空装北京汽车修理厂的杨丹,军事交通学院的石磊、王政荣、骆素君、张爱民、马效、但佳璧、姜大海、邓成林、孙武全、刘刚、赵传利、夏均忠、刘瑞林、资新运等。

在编写过程中,参考了许多前辈、专家的教材、著作以及公开发表的学术文章等,在此表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中错漏难免,恳请读者批评指正。

安相璧

2008年5月 天津

目 录

第一篇 汽车排放污染物检测与控制

第1章 概述	1
1.1 汽车排放污染物的危害	1
1.1.1 一氧化碳	1
1.1.2 碳氢化合物	1
1.1.3 氮氧化物	2
1.1.4 光化学烟雾	2
1.1.5 微粒	3
1.1.6 二氧化碳	3
1.2 国内外汽车排放检测与控制概况	3
1.2.1 排放法规与体系	4
1.2.2 排放控制方法和技术	5
1.2.3 排放检测方法	6
第2章 汽车排放污染物控制	8
2.1 汽车排放污染物的机外控制技术	8
2.1.1 汽油车的排气后处理技术	8
2.1.2 柴油车的排气后处理技术	21
2.2 曲轴箱排放和燃油蒸发物排放及其控制	26
2.2.1 曲轴箱排放污染物排放及其控制	26
2.2.2 燃油蒸发排放及其控制	28
第3章 汽车排放采样方法与检测仪器	32
3.1 汽车排放污染物取样系统	32
3.1.1 直接取样系统	32
3.1.2 稀释取样系统	33
3.1.3 定容取样系统	35
3.2 底盘测功机	36
3.3 气体成分分析仪器	40
3.3.1 废气分析仪的结构和工作原理	40

3.3.2	废气取样装置	41
3.3.3	废气分析装置	41
3.4	烟度检测仪器	43
3.4.1	滤纸式烟度计的结构和工作原理	43
3.4.2	透光式烟度计的结构和工作原理	45
3.5	部分国产汽车排放测试系统	46
3.5.1	CG-10D(A)工况法汽车排放测试系统	46
3.5.2	CDM-300/1000(ASM)稳态加载工况排放检测系统	49
第4章	汽车排放污染物的检测	54
4.1	轻型汽车排气污染物的检测	54
4.1.1	试验装置	54
4.1.2	运转工况	55
4.1.3	数据处理	56
4.2	车用汽油机排放污染物的检测	57
4.2.1	车用汽油机排气污染物的检测	57
4.2.2	汽油车燃油蒸发污染物排放的检测	60
4.2.3	汽油车曲轴箱污染物的检测	65
4.2.4	怠速排放	67
4.3	车用柴油机排放污染物的检测	68
4.3.1	汽车柴油机排气烟度测量方法与限值	69
4.3.2	重型汽车柴油机排气污染物试验方法	72

第二篇 汽车噪声的检测与控制

第5章	汽车噪声的生成与控制	83
5.1	汽车噪声的来源及控制的基本方法	83
5.1.1	汽车噪声的主观评价	83
5.1.2	汽车噪声源	84
5.1.3	汽车噪声特性	85
5.1.4	汽车噪声控制的基本方法	88
5.2	交通噪声及其控制	89
5.2.1	降低车辆与道路的噪声辐射	90
5.2.2	控制交通噪声传播	91
5.2.3	改进城市规划与道路建设噪声传播	94
5.3	汽车噪声控制法规	95
5.3.1	汽车噪声的主要标准	95
5.3.2	摩托车的噪声标准	97

5.3.3	世界各国噪声标准	97
5.3.4	我国机动车噪声的有关标准目录	98
第6章	汽车噪声的检测	99
6.1	检测传感器与检测仪器	99
6.1.1	声级计	99
6.1.2	传声器	101
6.1.3	1/1 和 1/3 倍频程滤波器	104
6.1.4	标准噪声源	104
6.1.5	声频信号发生器	105
6.1.6	噪声信号发生器	105
6.1.7	测量放大器和频率分析仪	105
6.1.8	声强测量仪器	105
6.2	汽车噪声的测试环境	108
6.2.1	近场和远场	108
6.2.2	自由声场及消声室	108
6.2.3	半自由声场及半消声室	108
6.2.4	扩散声场及混响室	109
6.2.5	半扩散声场与半混响室	109
6.3	汽车噪声的测量与试验技术	109
6.3.1	声压测试技术	110
6.3.2	声功率的测量计算方法	111
6.3.3	汽车噪声源的识别	114
6.3.4	整车、部件总成噪声的测量方法	117
6.4	汽车噪声的检测方法	125
6.4.1	加速行驶车外噪声测量方法	125
6.4.2	匀速行驶车内噪声测量方法	126
6.4.3	定置噪声测量方法	126
6.4.4	各国汽车加速噪声测量方法的比较	127

第三篇 汽车电磁干扰检测与抑制

第7章	汽车电磁干扰的产生与抑制	130
7.1	电磁干扰的基本概念	130
7.2	汽车电磁干扰的产生	132
7.2.1	电磁干扰的形成因素	132
7.2.2	汽车产生的主要电磁干扰	135
7.3	电磁干扰的抑制方法	139

7.3.1	搭接抑制干扰方法概述	139
7.3.2	屏蔽抑制干扰的方法	142
7.3.3	接地抗干扰的方法	151
7.3.4	滤波抑制干扰的方法	153
7.4	汽车电磁干扰的抑制措施	160
7.4.1	点火系统	160
7.4.2	发电机部分	163
7.4.3	电压调节器	164
7.4.4	仪表系统	164
7.4.5	雨刮电机、电喇叭	164
7.4.6	静电	164
7.4.7	接地	164
第8章	汽车电磁干扰检测技术	166
8.1	汽车电磁干扰测试设备	166
8.1.1	扫描接收机	166
8.1.2	天线	172
8.2	汽车电磁干扰测试场地	178
8.2.1	测试外界环境	178
8.2.2	测试场地	178
8.3	汽车电磁兼容性测试方法	194
8.3.1	国际汽车电磁兼容测试方法	194
8.3.2	国内电磁兼容性测试方法	201
8.4	汽车电磁干扰的测量频率和限值	208
8.4.1	测量频率	208
8.4.2	测量限值	209
8.4.3	测量时的相关要求	209
参考文献		211

第一篇 汽车排放污染物检测与控制

第1章 概述

1.1 汽车排放污染物的危害

近年来,我国机动车保有量的增长速度非常快,机动车尾气成为了城市空气恶化的主要因素之一。机动车排放物是目前城市空气污染物的主要来源,尤其是 CO 、 HC 、 NO_x 等空气污染物的主要来源,柴油车排放的细微颗粒在城市区域往往也占很大比重。同时,汽车排放污染物对城市郊区和农村道路附近的区域也造成明显的空气污染。汽车排放的污染物对人体和生态环境造成了很大影响,特别是儿童、老人、孕妇和患有心脏病和肺病的人,更容易受到伤害。以下介绍与汽车相关的主要空气污染物的危害。

1.1.1 一氧化碳

一氧化碳(CO)是一种无色无臭的有毒气体,由于其与血液中有输氧能力的血红素蛋白(Hb)的亲合力比和 O_2 的亲合力大 200 倍~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 对人体健康的影响如表 1-1 所列。汽车尾气中的 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、慢速行驶或空挡运转时,燃料不能充分燃烧,废气中的 CO 含量会明显增加。

表 1-1 不同浓度 CO 对人体健康的影响

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

1.1.2 碳氢化合物

碳氢化合物(HC)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,但不饱和烃却有很大的危害性。苯为无色、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、黏膜出血等症状,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,如苯和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。

1.1.3 氮氧化物

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汽缸内燃烧温度、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,其具体影响如表 1-2 所列。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。此外, 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。

表 1-2 不同浓度 NO_2 对人体健康的影响

NO_2 浓度/ $\times 10^{-4}$	对人体健康的影响	NO_2 浓度/ $\times 10^{-4}$	对人体健康的影响
1	闻到臭味	80	3min 内感到胸闷、恶心
5	闻到强臭味	150	在 30min ~ 60min 内因肺水肿而死亡
10 ~ 15	10min 内眼、鼻、呼吸道受到刺激	200	很快死亡
50	1min 内人呼吸困难		

1.1.4 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,烟雾会积聚不散而造成大气污染。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。

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黏膜,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 O_3 浓度有关。当大气中臭氧的浓度达到 $200\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $400\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1600\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 1-3 所列。 O_3 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,必须采取一系列

表 1-3 不同浓度 O_3 对人体健康的影响

O_3 浓度/ $\times 10^{-6}$	对人体健康的影响	O_3 浓度/ $\times 10^{-6}$	对人体健康的影响
0.02	开始闻到臭味	1	1h 会引起气喘, 2h 会引起头疼
0.2	1h 闻到强臭味	5~10	全身痛, 麻痹引起肺气肿
0.2~0.5	3h~6h 视力下降	50	30min 即死亡

综合性的措施来预防和减轻光化学烟雾给人类造成的损害。

1.1.5 微粒

微粒物对人体健康的影响, 取决于颗粒物的浓度和其在空气中暴露的时间。研究数据表明: 因上呼吸道感染、心脏病、支气管炎、气喘、肺炎、肺气肿等疾病到医院就诊人数的增加与大气中颗粒物浓度的增加是相关的。

颗粒的粒径大小是危害人体健康的另一重要因素, 它主要表现在以下两个方面。

(1) 粒径越小, 越不易沉积, 长期漂浮在大气中容易被吸入体内, 而且容易深入肺部。一般粒径在 $100\mu m$ 以上的微粒会很快在大气中沉降; $10\mu m$ 以上的尘粒可以滞留在呼吸道中; $5\mu m \sim 10\mu m$ 的尘粒大部分会在呼吸道沉积, 被分泌的黏液吸附, 可以随痰排出; 小于 $5\mu m$ 的微粒能深入肺部; $0.01\mu m \sim 0.1\mu m$ 的尘粒, 50% 以上将沉积在肺腔中, 会引起各种尘肺病。

(2) 粒径越小, 粉尘比表面积越大, 物理、化学活性越高, 加剧了生理效应的发生和发展。此外, 尘粒的表面可以吸附空气中的各种有害气体及其它污染物而成为它们的载体, 如可以承载强致癌物质苯及细菌等。

1.1.6 二氧化碳

二氧化碳 (CO_2) 是一种无色气体, 略带刺激性气味, 本身并没有毒性, 它的危害在于作为温室气体造成地球表面温度升高, 也就是所谓的温室效应。由于地球上森林资源日益减少, 而燃料燃烧后排入大气的 CO_2 不断增加, 温室效应就越来越严重。在大气层中, CO_2 气体像一层日益加厚的透明薄膜, 太阳光照射在地球表面的能量由于受到 CO_2 层的阻隔难以逸出, 热量经多年积累将使全球气候变暖, 造成全球范围内气候变化反常, 破坏自然界的生态平衡。

有资料表明: 在全球 CO_2 的排放中, 有 14% 来自于以内燃发动机为动力的交通工具。为了摆脱温室效应的严重后果, 世界各国正在开发各种高性能的汽车发动机, 以降低燃料消耗和 CO_2 排放, 同时还在开发使用各种非化石燃料的动力装置, 如太阳能、氢燃料、核能等。

1.2 国内外汽车排放检测与控制概况

汽车尾气污染问题越来越受到世界各国政府的重视。美国是最早制定汽车排放法规的国家。20 世纪 40 年代, 美国加州发生了光化学烟雾事件, 经过研究发现罪魁祸首正是汽车尾气, 于是促使加州政府在 20 世纪 60 年代首先制定了汽车排放法规, 开始了汽车排放控制的先河, 随后各国政府也先后制定了相应的汽车排放法规, 并且越来越严格。排放标准的加强, 也促进了汽车排放控制技术的进步和汽车排放测试技术的提高。

1.2.1 排放法规与体系

全球汽车排放法规已形成两大体系,即美国体系和欧洲体系,许多国家均采用或借鉴这两个体系的法规作为本国的法规体系。日本虽然有它独特的法规体系,但基本没有别的国家采用,因此不能作为全球的一个体系。

目前,在 ECE/WP29/GRPE(联合国欧洲经济委员会/内陆运输委员会车辆结构工作组/污染与能源专家组)的组织下统一国际间汽车排放法规,现已成为集世界各国政府(交通、环保、安全等部门)、车辆制造厂、用户三位一体的汽车法规论坛组织。日本已经表示,今后日本新出台的汽车排放法规将采用欧洲的 ECE 法规。

我国汽车行业在经过若干年的反思之后,认为必须采用欧、美汽车排放法规体系之一,并已确定以欧洲的汽车排放法规为蓝本。我国环保、汽车和交通部门联合发布的《汽车排放控制技术政策》中已明确规定:2000 年采用欧 I 排放法规,2004 年采用欧 II 排放法规,2008 年采用欧 III 排放法规,2010 年后争取与国际接轨。

欧洲汽车排放法规是由欧洲经济委员会(ECE)的排放法规和欧盟的排放指令来控制的。排放法规是 ECE 参与国根据协议自愿采用并相互认可的,排放指令则要求参与国强制执行。

欧洲汽车在排放控制上按车重将车型分为总质量不大于 3.5t 和总质量超过 3.5t 两类。总质量不大于 3.5t 的汽车包括柴油车和汽油车;而总质量超过 3.5t 汽车只控制柴油车,不控制汽油车的排放(欧洲这样的车几乎没有或很少)。欧洲排放法规体系采取的是型式认证制度,排放法规包括了新车的型式认证试验和车辆的生产一致性检查试验,2000 年实施欧 III 排放法规后,又新增了在用车一致性的检查。

欧 I、欧 II 等排放法规实际是从 1992 年以后开始实施的,各排放阶段执行的时间表为:1992 年~1996 年为欧 I 标准;1996 年~2000 年为欧 II 标准;2000 年~2005 年为欧 III 标准;2005 年以后执行欧 IV 标准。从法规的技术内容上看,欧 I 和欧 II、欧 III 和欧 IV 相同,但限值却在逐步严格。

目前,我国执行的排放标准为相当于欧 II 排放标准(局部城市可能要提前执行欧 III 排放标准),而欧洲现在则执行欧 III 排放标准,由此可看出,我国的排放控制限值和水平与欧洲还有一定的差距。我国政府的目标是在 2010 年后将排放法规与国际接轨,所以汽车排放控制任务还很艰巨。

美国是最早实施机动车排放控制的国家。1966 年,加州实施了汽车排放法规,1968 年美国联邦采用了加州标准。加州有独立的一套排放法规,其排放标准是全世界最严格的。美国的汽车排放控制体系与欧洲不同,采用的是“召回制”,汽车制造商可以生产出产品并保证符合排放法规要求,政府负责监督,如有质量缺陷则制造商应召回缺陷产品。美国的汽车排放法规将汽车按车重进行分类,总重不大于 8500 磅(3.85t)的属于轻型车范围,车重超过 8500 磅(3.85t)的属于重型车辆,并对重型车分为重型柴油发动机和重型汽油发动机两类,根据类别不同进行排放限制。

日本的汽车排放法规是规定最高限值和平均值,车辆的排放不能超过最高限值,同时在一定时间内抽查的同型号汽车的平均排放值不能超过平均排放限值。而汽车的测试循环工况为日本 10~15 工况和 11 工况。为了进一步限制汽车发动机排放,日本还推出了新短期排放限值和新长期排放限值。

1.2.2 排放控制方法和技术

1.2.2.1 机内控制方法

汽油机排气污染物的排放与汽油机的结构设计、工作过程控制有很大关系,主要有:混合气的精确制备;汽缸几何参数的优化;工作过程的完善;有效且可靠的排气后处理等。它们往往相互关联,需要仔细的设计和匹配。

采用电控汽油喷射系统和三效催化转化装置的汽油机,通过对过量空气系数的闭环控制,可将排气中 HC、CO、NO_x 三种有害气体排放得到有效控制。使得汽油车能满足当今的排放法规的需要。但汽油机与柴油机相比,其热效率较低,使得汽油车的 CO₂ 排放量超过柴油车的 30% 以上。在全负荷时,汽油机和柴油机有效效率相差不大,但在部分负荷时相差甚远。主要是汽油机在部分负荷时,由于节气门的作用,负压进气而造成的换气损失较大。汽车在实际运行时,发动机大部分时间工作在部分负荷。在考核排放指标的测试循环中,也是主要考核部分负荷。为了提高汽油机部分负荷的性能,减少进气节流损失,主要的两大途径是:减少换气损失和使用工况点移向高负荷区。

柴油机排气污染物控制技术主要是围绕降低柴油机微粒的 NO_x 排放量而开展的。柴油机每循环进入汽缸的空气量仅与转速有关,工况的改变是通过调节喷油量实现。汽油机可通过控制过量空气系数在 1 附近(结合排气三效催化转换装置)控制发动机的排放,而柴油机须通过其它措施来降低排气污染物的排放。此外,柴油机排气后处理技术尚不成熟,也没有普及。因此,柴油机排放污染物机内控制技术显得十分重要,表 1-4 是改善柴油机效率和排放的措施。

表 1-4 改善柴油机效率和排放的措施

(1) 改善燃烧: • 4 气门直喷 • 高压喷射 • 小喷孔多孔喷油器 • 柔性喷油率控制(多次喷射) • 废气再循环(中间冷却) • 缸内空气/燃气运动 • 燃烧室设计 (2) 改善循环效率: • 快速燃烧 • 中冷高压涡轮增压系统 • 高汽缸压力 • 充气系统效率改进 • 涡轮复合式重型柴油机 (3) 控制的优化:	• 先进的废气再循环控制(EGR) • 变截面涡轮增压器 • 可变涡流/气门定时/压缩比 • 可变喷孔面积喷油器 • NO_x/PM 传感发动机控制 • 综合动力装置控制(包括变速) (4) 后处理: • 快速作用氧化催化转化系统 • 去氮氧化物(De-NO_x)催化转换器 • 柴油机微粒捕集器(DPF) (5) 改进燃油品质和燃油添加剂 (6) 新燃烧概念 (7) 降低单位重量的摩擦损失、热损失、机油消耗 (8) 先进的制造工艺和质量控制
--	---

1.2.2.2 机外控制技术

在 20 世纪 70 年代中期以前,汽车排气污染控制技术主要以改善燃烧过程为主的机内净化技术为主。这些技术尽管对降低排气污染物排放起到了很大作用,但效果有限,根本不可能通过它们使汽车达到目前的排放法规,而且降低排放的措施往往与改善动力性和经济性发生

冲突,有时不得不牺牲某些方面的优点,而且带来发动机成本的急剧增加。例如,在改善柴油机工作过程中,用来降低微粒排放的措施往往导致 NO_x 排放的增加。而且,随着排放标准的不断严格,通过改善内燃机工作过程的余地将越来越小。

20 世纪 60 年代末,各工业国家先后开发汽车排气后处理技术。三效催化转换器(Three-Way Catalyst Converter, TWC)的开发成功使汽油车排气污染物控制取得突破性的进展。它在基本不影响发动机其它性能的前提下,可使汽油车排气的 CO 、 HC 、 NO_x 同时降低 90% 以上,大大降低了汽油车排气污染物排放。目前,电控汽油喷射发动机和三效催化转换器组成的过量空气系数闭环控制系统已成为汽油车排放控制的标准配备装置。柴油车的排放物以微粒和 NO_x 为主。目前,由于富氧状态下的 NO_x 后处理技术、微粒过滤收集后的再生技术均尚不尽人意,柴油车仍以机内净化技术为主,尚未大规模的采用排气后处理技术,但相关的研究工作正在不断地深入。

后处理技术的发展和运用,与汽车的排放法规、发动机技术的发展以及燃油的品质等是息息相关的。

美国是最早实施排放法规的国家,20 世纪 80 年代初的空气清洁法案,使得 1980 年就开始通过对化油器的改进(采用电控化油器),采用催化转化装置,实现了过量空气系数的闭环控制。

欧共体在 20 世纪 90 年代初随着欧 II 排放法规的实施,开始大规模采用电控汽油喷射和三效催化转化器。

我国于 2001 年实施 GB 18352.1—2001 新的轻型汽车排放法规,通过近几年车用汽油的无铅化,排气后处理技术才开始普及。

必须指出:采用机外净化技术必须建立在良好的机内净化的基础上,发动机本身的排放性能要好,否则会影响机外净化装置的寿命。

汽车排气后处理是指在内燃机排气系统中,通过化学反应、物理过滤、物理吸附等净化处理技术措施,对排气有害污染物净化的技术。排气后处理装置主要有排气热反应器、催化转化器、颗粒收集器等。

通常,为了使排气后处理装置尽量不影响汽车的动力性和经济性,在车辆使用寿命内均具有良好的性能,它应当满足:较高的排气污染物净化效率;较低的气体流动阻力;在使用过程中有较长的使用寿命;体积要小;不产生新的污染物;要有足够的机械强度;较高的耐热性能;容易维修;制造和使用成本要比较低等特性。

汽车除了排气污染物排放外,还有曲轴箱排放和燃油蒸发物排放,也是必须要采取措施加以控制的。

1.2.3 排放检测方法

汽车排放法规所控制的有害污染物主要为前面提到的 4 类,国家环保总局对这些排放物推荐的检测方法分别为:HC 采用氢火焰离子法; CO 采用非分光红外线法; NO_x 采用化学发光法;PM 采用滤纸过滤称重法。

(1) 氢火焰离子法(FID)的工作原理是:利用碳氢化合物在氢火焰的 2000°C 左右高温中燃烧时可离子化成电子和自由离子,其离子数基本与碳原子数成正比。HC 在氢火焰中分解出的离子在离子吸收极板间的电压作用下形成电子流,其电流大小代表了样气中碳原子浓度,因此 FID 检测的结果是样气中的碳原子 ppm 值。

(2) 非分光红外线法 (NDIR) 是目前测定 CO 的最好方法,其工作原理是基于测量气体对特定波长红外线的能量吸收。CO 能吸收波长为 $4.5\mu\text{m} \sim 5.0\mu\text{m}$ 的红外线,具有吸收峰值,样气中 CO 的浓度可通过红外线透过一定长度该气体后的透射能量得到。为了减小其它气体干扰,在样气室前设置滤波室来过滤掉其它干扰气体所对应的波长。

(3) 化学发光法 (CLD) 用于分析排气中的 NO_x , CLD 只能直接测定 NO。样气中和过量臭氧在反应室中混合并发生化学反应,生成 NO_2 , 其中约 10% 左右处于电子激发态,当激发态的 NO_2 衰减到基态时发射波长 $0.6\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ 光子,化学发光强度与 NO 和臭氧浓度乘积成正比,还与测量条件有关,但当测量条件不变且臭氧浓度恒定并远高于 NO 浓度时,化学发光强度与 NO 成正比。而测量 NO_x 实际是测量 NO 和 NO_2 的总和。因此,在测量前首先要将排气中的 NO_2 转化成 NO。

第2章 汽车排放污染物控制

2.1 汽车排放污染物的机外控制技术

在20世纪70年代中期以前,汽车排气污染控制技术主要以改善燃烧过程为主的机内净化技术为主。由于汽油机排气污染物的排放与汽油机的结构设计和工作过程控制有很大关系,对于汽油机机内控制技术主要有:混合气的精确制备;汽缸几何参数的优化;工作过程的完善。它们往往相互关联,需要仔细的设计和匹配。柴油机降低排气污染物排放的机内控制措施主要有:①改善燃烧;②改善循环效率;③控制的优化。

这些机内控制技术尽管对降低排气污染物排放起到了很大作用,但一方面效果有限,根本不可能通过它们使汽车能达到目前的排放法规,而且降低排放的措施往往与改善动力性和经济性发生冲突,有时不得不牺牲某些方面的优点,而且带来发动机成本的急剧增加。例如,在改善柴油机工作过程中,用来降低微粒排放的措施往往导致 NO_x 排放的增加。而且,随着排放标准的不严格,通过改善内燃机工作过程的余地将越来越小。

20世纪60年代末,各工业国家先后开发汽车排气后处理技术。三效催化转换器(Three-Way Catalyst Converter, TWC)的开发成功使汽油车排气污染物控制取得突破性的进展,它在基本不影响发动机其它性能的前提下,可使汽油车排气的 CO 、 HC 、 NO_x 同时降低90%以上,大大降低了汽油车排气污染物排放。

汽车排气后处理是指在内燃机排气系统中,通过化学反应、物理过滤、物理吸附等净化处理技术措施,对排气有害污染物净化的技术。主要有排气热反应器、催化转化器、颗粒收集器等装置。

通常为了使排气后处理装置尽量不影响汽车的动力性和经济性,在车辆使用寿命内均具有良好的性能,它应当满足:较高的排气污染物净化效率,较低的气体流动阻力,在使用过程中有较长的使用寿命,体积要小,不产生新的污染物,要有足够的机械强度,较高的耐热性能,容易维修,制造和使用成本要比较低。

2.1.1 汽油车的排气后处理技术

2.1.1.1 排气热反应器

汽油机工作过程中未能完全燃烧而进入排气系统的 CO 和 HC ,只要有足够的氧气和较高的温度条件下,在排气系统中仍能被氧化。为此,应尽量创造条件,提高该类氧化反应速度,延长反应的时间。排气在高温滞留时间以及氧气含量是决定 HC 和 CO 净化效果的两个决定因素。为了使 HC 氧化,要求排气温度维持在大约 600°C ,并有50ms的反应逗留时间, CO 氧化所需反应温度要高达 700°C ,而汽油机大多数工况难以达到 $600^\circ\text{C} \sim 700^\circ\text{C}$ 的高温。可以采用加大排气管容积和排气管绝热等措施,减少热量损失,使反应器内部温度高达 $600^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$,如图2-1所示。当汽油机在过浓混合气运转状态下,可在排气管紧挨

排气门的地方加入氧化反应所需要的空气(二次补空气),同时氧化反应产生的化学反应热也可进一步提高排气的温度。这样,在普通排气管中也能取得可观的 HC 和 CO 的净化效果。

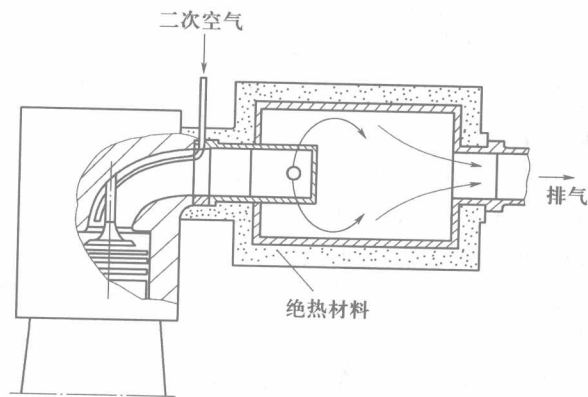


图 2-1 排气热反应器

采用排气热反应器的汽车通常将汽油机的过量空气系数调为 0.85 ~ 0.95,再通过加入二次空气使总过量空气系数为 1.05 ~ 1.1 时效果特别好。在 20 世纪 70 年代 ~ 80 年代,热反应器采用较多,但这种系统降低了汽油机的热效率,提高了燃油消耗,也不能降低 NO_x 的排放。随着汽油机电控燃油喷射技术和三效催化转化器的采用,在国外新生产的汽车上已很少采用了,但目前在我国的一些采用化油器发动机的汽车上仍有应用。摩托车的 HC 和 CO 排放量相当大,因而热反应器在摩托车上仍有应用。

2.1.1.2 汽油车排气催化转化器

1. 催化转化器的结构与原理

催化转化器一般由载体、催化剂、涂层、减振垫层、壳体 5 个部分组成,如图 2-2 所示。

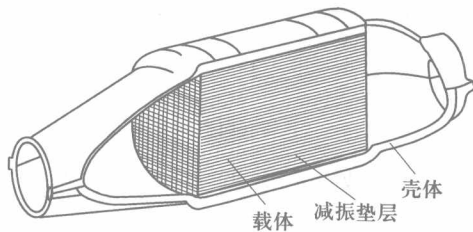


图 2-2 催化转化器的结构

1) 载体

载体是用来涂载催化剂的基体。催化转化器对汽车排气实施净化是通过排气与催化剂的相互作用实现的,这就需要催化剂在时间和空间域上与排气充分接触。为此要求载体必须提供足够大的表面积,一般将载体做成蜂窝状。

催化转化器的工作环境是相当恶劣的,工作温度变化大,流经的气流速度变化大,并承受汽车和发动机的振动,这就要求催化剂必须牢固地附载在载体表面。为此对汽车排气催化转化用载体的主要要求有:①载体应具有高温稳定性、抗冲击性和耐久性;②载体的热膨胀系数