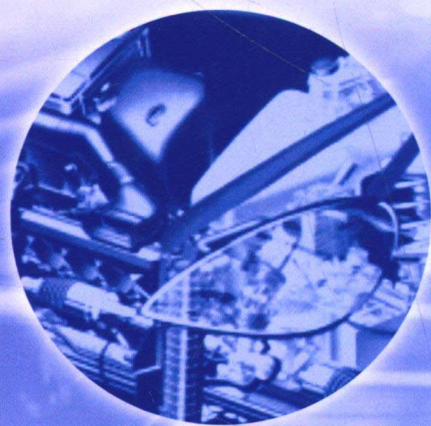


汽车排放污染物控制与 零排放净化技术

支树模 主编



中国质检出版社
中国标准出版社

汽车排放污染物控制 与零排放净化技术

支树模 主编

中国质检出版社
中国标准出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

汽车排放污染物控制与零排放净化技术/支树模主编. —北京:中国标准出版社,2012

ISBN 978-7-5066-6645-9

I. ①汽… II. ①支… III. ①汽车排气污染-空气污染控制②汽车排气污染-空气净化 IV. ①X734.201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 279747 号

中国质检出版社 出版发行
中国标准出版社

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 401 千字

2012 年 11 月第一版 2012 年 11 月第一次印刷

*

定价 48.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

前 言

随着社会经济的发展,人们生活水平的提高,出行的持续和需求的旺盛,我国汽车保有量以每年 15% 以上的速度增长,但是与发达国家和世界人均汽车保有量相比(世界人均汽车保有量已超过每 8 人 1 辆),差距仍然很大,并且因地区、城市的不同而极不平衡,由此说明我国汽车工业的发展空间很大,汽车市场的潜力亦很旺盛。汽车产业在对推动人类社会进步产生巨大经济作用的同时,也带来了公共环境和公众健康乃至生命的危害。汽车排入大气的有害污染物导致大气臭氧层遭到破坏,地球变暖日趋严重,这已成为世界普遍关注的一大议题。促使地球暖化的气体主要成分为 CO_2 ,如何减少 CO_2 的排放是解决问题的关键。

通过治理汽车排放,中国城市空气质量恶化的趋势有所减缓,部分城市空气质量有所改善,但整体污染水平仍较严重。总悬浮颗粒物(TSP)或可吸入颗粒物(PM_{10})是影响城市空气质量的主要污染物,而这些污染物与汽车排放密切相关。国际空气污染标准是测量每立方米空气中所含的悬浮微粒,世界卫生组织的标准是 $20 \mu\text{g}$,而中国只有 1% 的城市居民生活在 $40 \mu\text{g}$ 标准以下的空气中,有 58% 的城市居民生活在 $100 \mu\text{g}$ 标准以上的空气中,人体每天要呼吸 15 m^3 空气,换言之,人体每天要过滤 15 m^3 的空气,如此持续下去,细颗粒污染对身体危害最大的人群是儿童和老人。因此汽车排放对人类生存的大气环境和人类健康的威胁会更加严重。

北京为了申办 2008 年奥运会,提出了“绿色奥运”的口号,为了提高大气质量,北京市政府采取了一系列措施,如 1997 年开始推出无铅汽油的使用,1999 年开始提高轻型汽油车排气污染物排放标准,加强了在用车的治理。到 2000 年底已有 40% 的轻型汽油车达到或接近欧洲 20 世纪 90 年代初的排放水平。对重型车、柴油车、农用车等也实施了新的排放标准。2000 年开始采用简易工况法,亦称加速模拟工况法(ASM),对部分在用车辆年检等。

为实施大气质量检测目标,北京市政府对新车、在用车采用了不同的汽车排气污染物排放标准,DB 11/105—1998《轻型汽车排气污染物排放标准》于 1999 年 1 月 1 日起执行欧洲 I 号排放标准;从 2004 年 1 月 1 日起执行欧洲 II 号排放标准。 M_2 类车从 2001 年 1 月 1 日起执行欧洲 I 号排放标准;从 2004 年 1 月 1 日起执行欧洲 II 号排放标准。2008 年开始执行

欧洲Ⅳ号排放标准,至2012年将执行欧洲Ⅴ号排放标准,北京成为全国第一个制定地方性排放标准的城市,也成为全国排放标准最严的城市。对在用车确定了改造治理,对化油器汽车实施双怠速检测等。从2001年8月1日起对机动车实行黄绿两种环保标志管理,未取得绿色环保标志的车辆,在部分路段限行,并且规定一年进行两次年检。

由于汽车保有量的迅速增长,以及相应汽车排放标准的逐步严格,汽车专业维修人员在专业技术素质方面也应有所提高,否则难以适应汽车技术的发展和日益严重的大气污染态势。为此本书介绍了汽车排放污染物的形成和危害;汽车排放污染物的检测和限值及其诊断;汽车排放污染物的净化技术以及车用燃料和排放控制等方面的内容。本书针对汽车维修行业从业人员的实际水平,在保持其科学性、先进性的同时,力求通俗易懂,简单实用,供从事汽车排放维修治理的汽车维修工、汽车维修技术人员及有关大专院校师生参考。企盼本书以绵薄之力能为推动汽车排放治理工作,提高汽车排放治理水平发挥点滴作用。

本书由支树模主编。参加编写的人员还有芝岩、王文杰、张淑英、陈学勇、张弘勇、王红石、刘杰、李学文、张晓莉、张月辉、张淑菊等,在编写过程中承蒙有关专家和维修站及出版社同志的支持与帮助,在此一并表示谢意,限于作者水平,书中难免有误,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年5月

第一部分 汽车排放污染物的形成及危害

内容提要	1
● 汽车排放污染物的组成和生成机理	2
01 汽油车排放污染物的成因如何?	2
02 汽油车排放污染物与行车工况之间有哪些关系?	5
03 柴油车排放污染物的成因如何?	7
04 柴油车排放污染物与行车工况之间有哪些关系?	9
● 汽车排放污染物的危害	11
05 汽车排放污染物对人体健康有哪些危害?	11
06 汽车排放污染物对全球环境造成哪些影响?	14
07 什么是光化学烟雾? 其危害如何?	16
08 减少汽车大气环境公害的基本方法是什么?	17

第二部分 汽车排放污染物的检测、 限值及诊断

内容提要	25
● 汽车排放污染物的计量及标准	25
01 汽车排放污染物采用哪些计量单位?	25
02 我国的汽车排放标准是如何制定的?	26
03 世界各主要工业国汽车排放控制的演变和变化趋势如何? 其标准是如何 制定的?	36
● 汽车排放污染物的测试及其限值	52
04 在用汽油车排放污染物检测方法及其限值是什么?	52
05 在用柴油车排放污染物检测方法及其限值是什么?	57
06 汽车排放测试仪器和试验设备简介	59
● 汽车排放污染物超标的诊断及治理	66
07 如何对电喷汽油发动机进行尾气排放治理?	66
08 如何对车用柴油机进行尾气排放治理?	75

● 发动机排放控制装置的检测和诊断	77
09 如何检测、诊断曲轴箱强制通风(PCV)装置?	77
10 如何检测、诊断燃油蒸发排放控制(EVAP)系统?	78
11 如何检测、诊断废气再循环(EGR)控制系统?	79
12 如何检测废气再循环装置的控制部件?	80
13 如何进行三元催化转化器性能的检测?	82
14 如何检测诊断汽油机废气涡轮增压(Turbo)装置?	82
15 如何检测诊断柴油机废气涡轮增压(Turbo)装置?	84
● 电控发动机故障码的读取	86
16 如何采用人工调码方法读取故障码?	86
17 第二代车载诊断系统(OBD-Ⅱ)的功能、作用及监测内容是什么?	88
18 如何读取 OBD-Ⅱ 系统的故障码?	92
19 什么是故障码的显示方法?	93
20 如何清除故障码?	95
21 如何使用故障检测仪读取故障码?	95
● 电控发动机排放控制系统的数据流分析	97
22 数据流中数据参数有几种形式?	97
23 分析数据流应采用什么方法?	98
24 如何分析排放控制参数?	100
● 电控发动机排放控制系统电子信号波形分析	101
25 发动机电控系数的电子信号有哪些类型?	101
26 电子信号度量的参数指标是什么?	102
27 如何检测分析活性炭罐清洗电磁阀的信号波形?	102
28 如何检测分析废气再循环(EGR)控制电磁阀的信号波形?	103
29 如何检测分析废气再循环(EGR)阀位置传感器(EVP)的信号波形?	104
● 电控发动机点火系统的检测和诊断	105
30 何谓电控点火系统的检测诊断步骤?	105
31 如何检测无分电器直接点火系统(DIS)工作性能?	106
32 如何检测点火线圈及高压线?	107
33 如何检测点火器(ICM)?	108
34 如何检测电磁感应式曲轴位置传感器?	108
35 如何检测光电式和霍尔效应式曲轴位置传感器?	109
36 怎样检测压电式爆震传感器?	110
● 发动机排放系统废气分析	111
37 废气成分的基本变化规律是什么?	111
38 如何分析废气测试值与系统故障?	118
39 废气分析测试方法及步骤如何?	118

● 发动机真空测试分析	120
40 如何使用真空表对发动机进行真空分析?	120
41 发动机故障及其真空度变化分析如何?	121
● 发动机排放控制系统的故障排除实例	121
42 富康 AG 轿车装用 TU5JP/K 型 1.6L 电喷发动机,怠速运转不平稳,易熄火的故障排除?	121
43 如何检查新型凌志 LS400 型轿车电控式废气再循环装置?	122
44 富康 988 型轿车装用 TU53P/K 型 1.6 电喷发动机,动力下降,发动机水温高的故障如何排除?	124
45 桑塔纳 2000 GSi 时代超人轿车,装有 AIR 型电喷发动机,加速犯闯动力不足,排气冒黑烟的故障如何排除?	125
46 上海别克 GL 轿车发动机怠速运转不稳的故障排除?	126
47 别克 GL8 轿车发动机故障指示灯亮,怠速运转时抖动,如何排除?	128
48 本田雅阁(ACCORD)轿车发动机怠速不稳,经常熄火的故障如何排除?	129

第三部分 汽车排放污染物的净化技术

内容提要	130
● 汽油机机内净化技术	131
01 汽油机机内净化技术的概念及其机内净化技术措施是什么?	131
02 比较点火时间控制 NO_x 和废气再循环(EGR)控制 NO_x 有哪些异同点?	131
03 为什么采用汽油机电控喷油系统能够实现对混合气空燃比的精确控制?	134
04 发动机 ECU 是如何进行点火提前角控制的?	135
05 废气再循环(EGR)系统工作原理如何?	136
06 汽油机结构设计对有害排放物的生成有哪些影响?	137
● 柴油机机内净化技术	140
07 形成柴油机的有害排放物与哪些因素有关?	140
08 蓄压共轨式电控喷油系统的组成及结构原理如何?	150
09 与汽油机相比柴油机的燃烧方式与排放污染物有何特点? 其控制难点是什么?	154
10 柴油机电控喷油技术的发展进程如何?	159
11 采用柴油机电控技术对防止有害排放污染物的作用及影响是什么?	164
12 采用柴油机机内净化技术的主要措施是什么?	165
13 现代汽车柴油机燃油供给系统的分类及其特性如何?	181
14 什么是柴油机电控燃油系统的喷油时间的反馈控制?	190

● 汽车排放污染物的机外净化技术	194
15 催化转化器的结构原理是什么?	194
16 什么是柴油机排气后处理技术?	206

第四部分 车用燃料和排放控制

内容提要	211
● 车用燃料和排放控制	212
01 汽油组成与汽车排放的关系如何?	212
02 国内外车用汽油质量水平及发展趋势如何?	214
03 国内外车用柴油质量水平及发展趋势如何?	219
04 车用柴油品质对汽车排放有哪些影响?	222
● 代用燃料特性及其使用	226
05 天然气具有哪些特性?	226
06 液化石油气(LPG)与常规燃料比较具有哪些优点?	227
07 醇类燃料的主要特点是什么?	229
08 氢燃料的特性及在汽车上使用的难点是什么?	231
09 天然气汽车是如何分类的?	232
10 液化石油气(LPG)汽车的种类及特点是什么?	235
11 电动汽车的特点是什么?	236
12 燃料电池汽车的结构和动力系统的特点是什么?	245
13 混合动力电动车的结构、分类及其特点如何?	256
参考文献	265

第一部分 汽车排放污染物的形成及危害

内容提要

随着世界各国工业化进程的加快和汽车保有量的急剧增长,大量能源被消耗,加剧了能源危机。与此同时,工业废料和汽车发动机燃烧后排出的废气也严重污染了大气环境。据有关资料统计,全世界 1990 年消费的一次能源(包括煤、石油、天然气和水电等)折合为 114.7 亿吨煤的当量;工业化国家 200 多年来其人口只占全球人口的 20%,却消耗全球 70% 的能源,并且相应地排出大量的废气、废物和废水,造成对大气和环境的污染,汽车排放造成的空气污染也成为世人不争的事实。环境破坏和汽车公害所造成的严重后果可归纳如下:

① 人类在创造高度物质文明的同时,也带来了一系列严重的社会问题,如人口、粮食、能源、资源和环境等。

环境破坏表现为森林植物破坏,水土严重流失,沙漠化扩大,珍稀物种濒临灭绝,大气污染日益严重,温室效应加剧(如图 1-1 所示),臭氧层遭到破坏,水污染加剧,自然灾害频繁发生等。

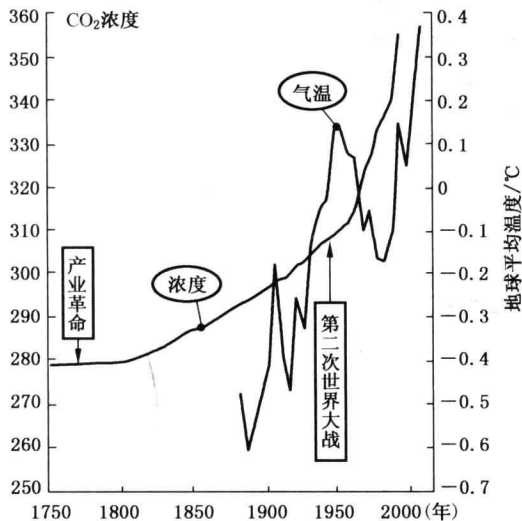


图 1-1 地球温暖化的数据说明

② 大气污染严重,已成人们关注的焦点。

汽车排放的 CO₂、硫化物 SO_x、氮氧化物 NO_x、氟氯烃等(如图 1-2、图 1-3 所示),使温室效应、臭氧层破坏和酸雨等大气环境问题变得更加严重;汽车排出的未燃碳氢化合物 HC、颗粒物 PM 和臭味气体等污染了空气,对人类和动植物生存造成直接危害。

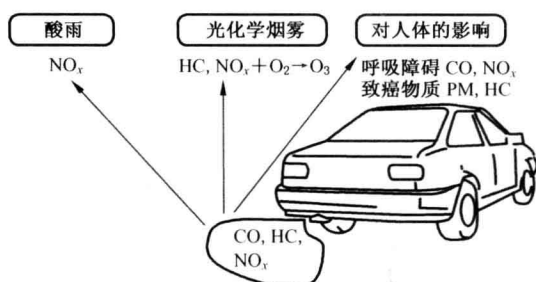


图 1-2 汽车排放与环境

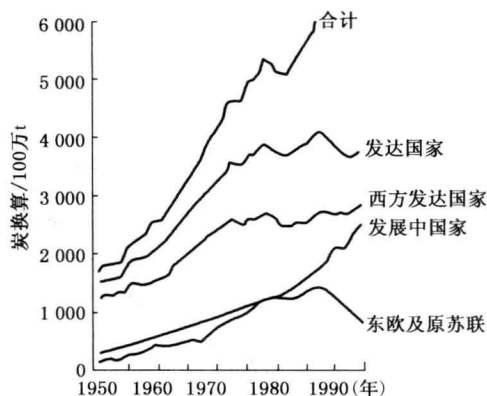


图 1-3 全世界 CO₂ 的逐年排放量

为了保护大气环境,从保护人类居住的地球环境考虑,应采取一切措施净化汽车排放,世界各国都在制定或健全更加苛刻的汽车排放法规。我国汽车排放法规的制定始于1994年5月,起步较晚,但近几年来,对该法规的补充和修正进展迅速,其控制计划预计到2010年将与国际排放标准接轨。

● 汽车排放污染物的组成和生成机理

01 汽油车排放污染物的成因如何?

汽油车排放污染物的主要成分是一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)和氮氧化物(NO_x)等,其生成机理如表 1-1 所述。

表 1-1 汽车排放污染物的生成机理

排放污染物	生成机理
一、一氧化碳(CO)	<p>一氧化碳(CO)是含碳烃类燃烧不完全的中间产物,在燃烧过程中这一中间产物的一部分,又会进一步转换成二氧化碳(CO₂)。</p> <p>1. 混合气太浓(过量空气系数小于1)时,会使混合气中氧气不足,燃料不能完全燃烧而产生CO,其浓度越大,排气中的CO总量就越高。在浓混合气下燃烧时的平衡过程为:</p> $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$

续表 1-1

排放污染物	生成机理
<p>一、一氧化碳(CO)</p>	<p>当降低混合气浓度(过量空气系数大于 1)时,会使混合气中氧气增多,排气中的 CO 就会明显降低,在稀混合气下燃烧时的平衡过程为:</p> $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2 + \text{O}_2$ <p>2. 混合气是预混的混合气,总会产生过浓部分,在发动机水温低时,进气歧管内壁上有燃油油膜存在,它随进气流动、蒸发,加上各气缸混合气均匀性不等,均会产生 CO。</p> <p>3. 由于发动机缸内温度高,即使稀混合气燃烧时有充足的氧气,当缸内温度超过 2 000 ℃时,CO₂ 会产生高温分解反应,其平衡过程为:</p> $2\text{CO}_2 \xrightleftharpoons{\text{高温}} 2\text{CO} + \text{O}_2$ <p>H₂O 在高温时也会分解成 H₂ 和 O₂, H₂ 参与燃烧反应使 CO₂ 还原成 CO,其平衡过程为:</p> $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ <p>4. 发动机在怠速时,混合气较浓,提高怠速转速可有效地降低排气中 CO 的浓度。在发动机负荷对 CO 排放的影响方面,通常在小负荷和大负荷时 CO 排放量增加。</p> <p>降低废气中 CO 浓度的最佳方法是使混合气变稀,即提高空燃比,使混合气充分燃烧,如表 1-1①图所示,它表示汽油机排放污染物与进气空燃比之间的关系。</p> <div data-bbox="529 1104 1096 1637" style="text-align: center;"> </div>
<p>表 1-1①图 汽油机废气排放物与进气空燃比之间的关系</p>	

续表 1-1

排放污染物	生成机理
<p>二、碳氢化合物(HC)</p>	<p>汽车的未燃烃排放系指排放的没有燃烧或部分燃烧的碳氢化合物的总称。包括排气中的未燃烃,燃油供给系统和燃烧室的蒸发排放和泄漏的 HC。</p> <p>1. 使用电火花点火的汽油机,通过火焰传播使混合气燃烧。在气缸内温度较低时,燃烧室壁对火焰产生的热量具有吸附作用,当火焰接近燃烧室壁面时,将会产生淬熄现象,从而在其壁面形成一薄层未燃的混合气,未燃的 HC 经蒸发而排除。</p> <p>2. 排气中 HC 的浓度及各种成分的生成,随发动机工况、混合比、燃烧条件及燃料性质的改变而变化,简述如下:</p> <p>(1) 混合比的影响</p> <p>当 $\lambda=1.2$ 时(空燃比≈ 18),其 HC 浓度迅速增加,这是因为稀薄混合气在燃烧室燃烧时产生失火现象所致。</p> <p>(2) 进气歧管真空度的影响</p> <p>当发动机负荷减小(当转速一定时),进气歧管真空度增加到一定程度时,HC 浓度升高,例如汽车在下坡行驶或使用发动机制动时,HC 浓度增大尤为显著。</p> <p>(3) 发动机工况的影响</p> <p>HC 排放浓度随转速提高(当负荷一定时)或随负荷增大(当转速一定时)而降低,这是由于燃烧温度升高,燃烧室壁面激冷层减薄所致。</p> <p>3. 燃油蒸气对润滑油膜和燃烧室壁面的多孔性碳质沉积物有吸附和释放作用,后期释放的燃油蒸气与较低温度的燃烧产物混合,避开了完全氧化过程,因而促使未燃 HC 排放增多。</p> <p>4. 燃油蒸发和泄漏排放主要有如下几个途径:</p> <p>(1) 设置在燃油箱盖内的通风口泄漏的燃油蒸气;</p> <p>(2) 发动机进排气系统的通风口泄漏的燃油蒸气。当发动机停止运转后,因机体温度高于外界温度,在发动机进气道,燃烧室中未燃烧的燃油就会蒸发形成汽油蒸气,使其集聚于空气滤清器内,一部分泄漏进入大气,造成 HC 污染。此外汽车在加注燃油过程中的燃油蒸发或泄漏,也会造成 HC 对环境的污染,为此汽油加油时要采取防蒸发污染控制措施。</p>
<p>三、氮氧化物(NO_x)</p>	<p>1. NO_x是氮氧化物的统称,在发动机排放的氮氧化物中有 NO 和 NO₂。NO 由 O₂ 离解或由 N 原子对 O₂ 作用生成的氧原子和氮分子引起连锁反应而产生。</p> $O+N_2 \rightarrow NO+N$ $N+O_2 \rightarrow NO+O$ <p>2. NO 的生成主要取决于燃烧温度及氧的浓度,燃烧进行得越充分,燃烧温度越高,NO 的浓度越高。NO 的生成还与反应时间有关,若燃油气体在高温和富氧的条件下迟滞时间长,NO 的生成量就增加,否则 NO 的生成被抑制。</p>

续表 1-1

排放污染物	生成机理
三、氮氧化物(NO_x)	<p>表 1-1①图说明当空燃比(A/F)稍大于理论空燃比时,燃烧温度最高,具有过剩的 O_2,因此 NO 生成浓度最大;当空燃比(A/F)小于理论空燃比时,由于缺氧,NO 的生成随空燃比(A/F)的减小而降低。</p> <p>3. 为了降低 NO 的生成量,就必须降低燃烧室的火焰高峰温度,并在 NO 反应过程中使 O_2 处于低浓度,缩短燃烧气体在高温下停留的时间。</p>

02 汽油车排放污染物与行车工况之间有哪些关系?

目前大部分汽油车安装了电子控制燃油喷射汽油发动机,基本取代了化油器式汽油机。利用发动机 ECU 进行燃油喷射控制,均匀点喷,随机修正,使空燃比(A/F)控制(在闭环状态)在 14.7 的最佳区域,因此获得了更佳的动力性(提高 15%~20%)、经济性(降低油耗 5%~10%)和净化性(提高 20%以上,使排放 $\text{CO}<1\%$; $\text{HC}<100$ ppm)。

影响汽油机动力性、经济性和净化性的主要因素是进气系统的密封性、点火性能的强弱及正时和空燃比(A/F)的配剂。

偏离最佳空燃比(14.7)过大或过小都会影响 CO、HC 和 NO_x 的排放值。当空燃比偏浓时,CO、HC 增加;当空燃比偏稀时,CO 明显减少。在空燃比小于 18 时,HC 的浓度随空燃比增大而减少,原因是由于混合气变稀后,壁面猝熄层中燃油浓度的减少以及在排气行程和排气道中氧浓度的增大从而使 HC 进一步氧化所致;但当空燃比大于 18 时,HC 的浓度随空燃比增大而增加,原因是由于混合气变稀后,产生部分燃烧及失火致使 HC 排放增加。

NO_x 的排放在空燃比为 16 附近最大,小于或大于这个值的都使 NO_x 的排放浓度降低。在稀的混合气一侧 NO_x 降低的原因是由于最高燃烧温度降低,在浓的混合气一侧降低的原因是由于氧浓度的降低。

综上所述,可燃混合气的空燃比及其控制对发动机的排放性能、动力性和经济性有很大的影响。

发动机工况的表征是负荷(节气门开度)的大小和转速的变化,它直接影响喷油度量值 ΔPX (进气歧管真空度)的高低,发动机的负荷通常以节气门开度 θ 的大小来表示(%),负荷的变化导致空气流量的改变,可燃混合气浓度随之改变,以满足发动机暖机怠速行车工况,匀速和加速、减速及大负荷的需要。其排放污染物与行车工况之间的变化如表 1-2 所列。

表 1-2 排放污染物与行车工况的变化关系

发动工况	排放生成物	排放污染物与行车工况的变化关系及分析
一、起动和暖机	CO、HC	1. 该过程处于低温加热过程,发动机水温偏低,进入进气歧管进入的混合气不能充分蒸发,所以在发动机暖机时,混合气变浓,CO、HC 排放增多。

续表 1-2

发动工况	排放生成物	排放污染物与行车工况的变化关系及分析
一、启动和暖机	CO、HC	<p>2. ECU 控制的实际喷射时间(ms)是在基本喷射时间(ms)的控制基础上加以修正,以满足发动机燃油喷射系统不同工作模式的实际喷油量。</p> <p>3. 低温启动后的一段时间内,由于气缸内壁的燃油雾化不良,造成混合气过稀,为此需要增加燃油。ECU 根据启动时的冷却水温度决定启动后增量修正系数的初始值,然后每隔一定时间,对燃油增量修正系数进行递减。</p> <p>在暖机时,燃油增量修正系数是在发动机冷态时补充燃油的一种措施,它随发动机水温的上升而逐渐减少;当水温至 80℃ 以上时,停止补充燃油。</p> <p>高温启动时的燃油增量修正系数是在汽车高速或大负荷行驶后,发动机熄火瞬间再起动机时,由于水温高,使燃油受热而汽化,形成蒸气而使喷油量减少,致使混合气变稀。ECU 设定水温超过某一限定值时,进行高温燃油量修正。</p>
二、怠速	CO、HC	<p>1. 电控发动机的怠速控制是由控制单元(ECU)根据节气门位置全关闭信号(怠速开关)和车速信号(车速传感器)判断发动机是否在怠速工况。</p> <p>2. 根据发动机水温(水温传感器)、空调器(空调开关)和动力转向器(动力转向信号)及自动变速器负荷情况,依据 ECU 存储器内的数据确定相应的怠速转速。</p> <p>3. 当水温低或空调压缩机工作时,可利用提高目标转速方法实现高怠速运转,其怠速控制包括:启动和暖机、负荷发生变化和减速等控制,对怠速控制阀进行空气量的调节,相应地由 ECU 输出适应怠速不同工况的喷油脉宽(ms),使混合比控制更加精确。</p> <p>总之在不同怠速控制下,混合比浓度在不时地发生变化,冷态怠速和有负荷时的高怠速相对于暖机状况和无负荷时混合气要加浓。</p>
三、匀速和加速	NO _x (中低速时)、CO、HC 和 NO _x (加速时)	<p>1. 在中低速匀速时,ECU 利用氧传感气输出的信号电压,在理论空燃比(14.7 : 1)处发生跃变,对空燃比实施反馈控制,进而在空燃比、氧传感器和空燃比反馈控制修正系数三者之间保持相对平衡关系,空燃比为 16 附近时,NO_x 的排放最大。</p> <p>2. 在加速时,发动机以较高输出功率运转,当 ECU 检测到节气门开大(加速状况)和负载增加时,ECU 将指令实施动力增强模式,增加喷油脉宽(ms),加大燃油量,此时空燃比较浓,CO 和 HC 排放浓度上升。随着发动机转速的提高,燃烧速度加快,燃烧温度升高,NO_x 排放浓度亦增大。</p>

续表 1-2

发动工况	主要污染物 排放生成物	排放污染物与行车工况的变化关系及分析
四、减速		<p>1. 减速时断油控制是在节气门全关闭时,其怠速触点闭合,以改善燃油经济性和净化排气为目的。</p> <p>2. 另一种减速断油是以防止发动机损坏为目的,当发动机转速超过设定的最高车速时,ECU 做出判断停止供油。超速断油控制的信号来自发动机转速信号和汽车超速行驶断油信号(车速信号)。</p>
五、大负荷	CO、HC 和 NO_x	当汽车陡坡运行时,节气门完全打开,负荷增大,使混合比达到最大浓度,CO、HC 浓度增加, NO_x 浓度相应下降。

03 柴油车排放污染物的成因如何?

柴油机依靠调节循环喷油量的多少来调节负荷,而循环进气量基本不变,因此循环平均的混合气浓度随负荷而有较大幅度变化,这种负荷调节方式称为“质调节”。其混合气的平均浓度比汽油机要稀得多。因为它有足够的氧气对已形成的 CO 和 HC 进行氧化,排放污染物 CO、HC 的量比汽油机要低得多。柴油机排放污染物的生成机理与汽油机相比也有差异,汽油机污染物主要是 CO、HC 和 NO_x ,而柴油机污染物主要是微粒和 NO_x ,如表 1-3 所列。

表 1-3 柴油机排放污染物的生成机理

排放污染物	生成机理及特点
一、氮氧化物 (NO_x)	<p>NO_x 生成的条件同汽油机一样,是在高温富氧的条件下,以及较长的作用时间,换言之,NO_x 的生成主要取决于燃烧温度和氧的浓度,当温度超过 $2\ 000^\circ\text{C}$ 时,氧分子分解为氧原子,它和氮分子化合生成 NO,NO 的生成还与反应时间有关。</p> <p>1. 在汽油机中 NO_2 生成较少,NO_2 与 NO 的比值只有 2%~5%;而在柴油机中 NO_2/NO 值可达 10%~30%。</p> <p>2. 总体观察柴油机 NO_x 的排放量是随负荷的减少(混合气浓度更稀)和燃烧温度的下降而减少;而在低负荷时,汽油机 NO_x 的生成较柴油机高得多。</p>
二、颗粒物 (PM)和碳烟	<p>1. 柴油机颗粒物是除去未化合物的水以外所有的固态碳基颗粒、液态的燃油与润滑油及无机物(附着在碳基颗粒表面上的 SO_2、NO_2、H_2SO_3、铅)等物质的总称。</p> <p>2. 发动机燃烧室排放的颗粒物来源有如下三种:</p> <p>① 不可燃物质;</p> <p>② 可燃的但未燃烧的物质;</p> <p>③ 燃烧生成物。</p> <p>3. 颗粒物的基本组成</p> <p>① 颗粒物分为可溶性有机物与不可溶性有机物两部分,两部分比例分别约为 39% 和 61%。</p> <p>② 在可溶性有机物中,由润滑油产生的颗粒物占可溶性有机物中的绝大部分,约占其总量的 29%。</p>

续表 1-3

排放污染物	生成机理及特点
二、颗粒物 (PM) 和碳烟	<p>③ 不可溶性有机物的主要组成是固体的碳烟颗粒,碳烟是燃烧不完全的产物,它占不可溶性有机物的 70.5%,占微粒总量的 43%。</p> <p>④ 润滑油产生可溶性有机物也可产生不可溶物质,来自润滑油的颗粒物占微粒总量的 34%。</p> <p>⑤ 柴油机排放的白烟和蓝烟是液态颗粒,而黑烟是固态颗粒。白烟是高沸点的未燃烃和水蒸气混合而成,主要在温度低于 250 °C、冷起动时产生;蓝烟是未燃烧的烃,有燃油和润滑油及燃烧中间产物,主要在暖机时产生(温度在 250 °C~260 °C);黑烟是由碳烟颗粒所组成。</p> <p>4. 碳烟是微粒中的主要成分。混合气愈浓,其中碳成分就愈多。柴油机喷注中,混合气浓度由芯部的极浓到前缘的极稀,即使在与空气混合后也会由于浓稀不均而在较浓区域产生自由碳。柴油机混合气总体偏稀,在较浓区域生成的自由碳是否被富裕的空气所氧化,这与碳烟氧化过程中的温度、剩余氧以及在高温下的滞留时间有关。</p> <p>柴油机微粒和碳烟主要形成于缓燃期的扩散燃烧区和后燃期以及二次喷射及喷油器滴漏,其形成过程如表 1-3①图所示。</p> <div data-bbox="378 837 982 1142" style="text-align: center;"> <pre> graph LR A[烃类燃料 C12H26] -- "高温裂解 脱氢" --> B[中间产物 乙炔等] B -- "成核阶段" --> C[碳烟胚胎 0.001 μm~ 0.01 μm] C -- "凝聚阶段 表面增长" --> D[中型颗粒 0.01 μm~ 0.1 μm] D -- "聚团阶段" --> E[链状 片状 块状] E --- F[碳烟微粒 0.1 μm~1 μm以上 (30 μm)] </pre> </div> <p>表 1-3①图 碳烟微粒形成过程</p>