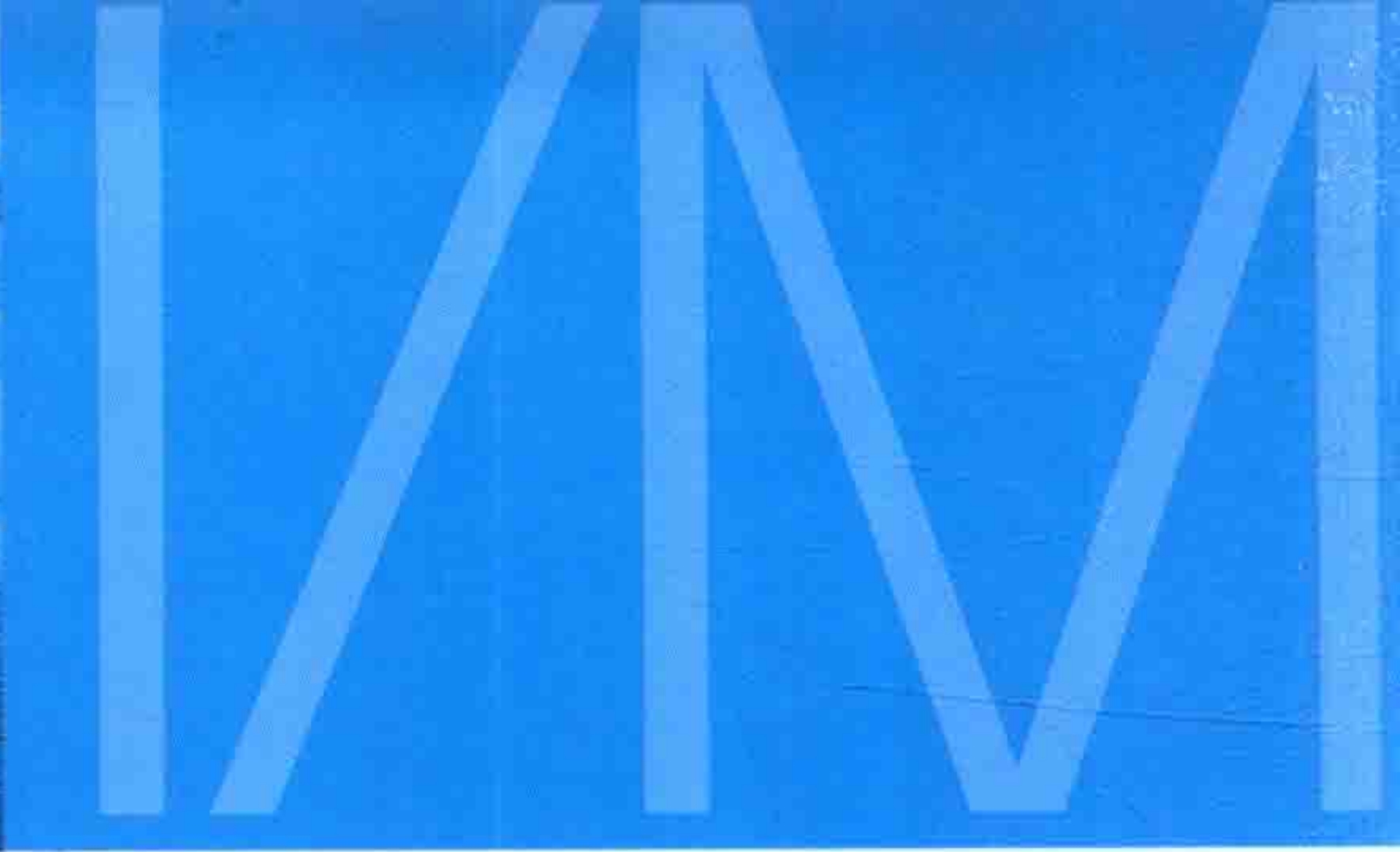




I/MZHIDUZAIQICHEWEIHUZHONGDEYINGYONG

I/M 制度 在汽车维护中的应用

刘元鹏 编著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

I/M 制度在汽车维护中的应用

刘元鹏 编 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书根据我国汽车排放污染防治的需要,针对汽车维修行业的特点,阐述了汽车排放污染物的生成机理及影响因素、检测方法与标准、I/M 制度等方面的知识;结合汽车维护作业要求,研究提出了汽车排放检测诊断项目及方法、维护作业项目与技术要求以及 I/M 制度在汽车维护中的应用;借鉴 I/M 制度实施的案例,介绍了汽车排放污染物超标的治理方法。

本书适合汽车维修管理人员及汽车检测站、汽车维修企业等技术人员在工作中使用,也可作为汽车排放污染防治培训的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

I/M 制度在汽车维护中的应用/刘元鹏编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.2

ISBN 978-7-114-13659-7

I. ①I… II. ①刘… III. ①汽车排气污染—空气污染监测—制度—应用—汽车—车辆修理 IV. ①X734.201
②U472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 023905 号

书 名: I/M 制度在汽车维护中的应用

著 作 者: 刘元鹏

责任编辑: 刘 博

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13

字 数: 228 千

版 次: 2017 年 2 月 第 1 版

印 次: 2017 年 2 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13659-7

定 价: 50.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

编 委 会

主 编：刘元鹏

副主编：牛会明 王 伟

编 委：仝晓平 石则强 洪家龙

严雪月 陈南峰 宋新民

罗少泽

“I/M 制度”是指通过对在用汽车进行检测并确认其尾气排放污染超标的原因,然后有针对性地采取维护措施,使其最大限度恢复自身的尾气排放净化能力。这一制度可有效促进在用汽车的正常维护,使在用汽车处于良好的运行状态,可防治在用车辆因故障引起的排放超标。目前,施行这一制度是世界上公认的对在用车辆排放污染治理的有效措施。

2014 年 9 月,交通运输部等十部委联合发布《关于促进汽车维修业转型升级 提升服务质量的指导意见》,明确提出:建立实施汽车检测与维护(I/M)制度,不断提高全社会汽车尾气排放治理能力,促进行业生态文明建设。

2016 年 1 月 1 日起施行的《中华人民共和国大气污染防治法》规定:在用机动车排放大气污染物超过标准的,应当进行维修;机动车维修单位应当按照防治大气污染的要求和国家有关技术规范对在用机动车进行维修,使其达到规定的排放标准。

汽车维护是为维持汽车完好技术状况或工作能力而进行的作业,是汽车维修作业的一种方式,汽车维护不仅明确强调排放控制与治理,而且还把它作为维护作业的重要内容,与在用汽车 I/M 制度也是相辅相成的,目前,我国已建立了完整的汽车维护制度及标准体系,具备在汽车维护中应用 I/M 制度的良好条件。

本书根据我国汽车排放污染防治的需要,针对汽车维修行业的特点,阐述了汽车排放污染物的生成机理及影响因素、检测方法及标

准、I/M 制度等方面的知识;结合汽车维护作业要求,研究提出了汽车排放检测诊断项目及方法、维护作业项目与技术要求;借鉴 I/M 制度实施的案例,介绍了汽车排放污染物超标的治理方法。

希望本书的出版,能对汽车维修行业有效实施 I/M 制度,规范检测与维护作业,提高汽车尾气排放治理能力等方面有所帮助。

本书在编写过程中得到了交通运输部运输服务司的指导,同时也得到了北京市交通委员会运输管理局、广州市机动车维修行业协会、华南理工大学等单位的帮助与支持,另外编写人员在编写过程中,也参阅了许多行业专家的宝贵资料和文献,在此一并表示感谢!

汽车技术在提高,检测技术和标准也在不断发展与更新,加之汽车排放污染物的影响因素也较多,作者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请广大读者批评指正!

作者
2017 年 1 月

第一章 汽车排放污染物及控制标准	1
第一节 汽车排放污染物的形成	1
第二节 汽车排放污染物的影响因素	9
第三节 汽车排放污染物的控制标准	16
第二章 在用汽车 I/M 制度	28
第一节 I/M 制度的原理	28
第二节 我国的汽车维护与管理	36
第三节 I/M 制度的实施	44
第三章 汽车排气污染物检测设备与技术要求	56
第一节 汽油车排气分析仪	56
第二节 柴油车不透光烟度计	67
第三节 汽车排放检测用底盘测功机	71
第四节 气体流量分析仪	78
第四章 在用汽车排气污染物检测方法	82
第一节 汽油车排气污染物检测方法	82
第二节 柴油车排气污染物检测方法	96
第五章 汽车排放系统维护项目及作业方法	104
第一节 影响汽车排放性能的系统	104
第二节 影响汽车排放系统的维护项目	114
第三节 汽车排放系统维护作业方法	122
第六章 汽车排放检测诊断与治理方法	140
第一节 故障诊断方法	140

第二节	OBD 故障诊断.....	145
第三节	排放控制系统的故障诊断	152
第四节	汽车尾气排放超标检修治理方法	160
第五节	I/M 制度的实施案例	177
参考文献		198

第一章 汽车排放污染物及控制标准

汽车是流动的排放污染源,汽车尾气排放中一般含有不完全燃烧的产物和燃烧反应的中间产物,主要包括一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)[一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO_2)的总称]、二氧化硫(SO_2)、炭烟、固体颗粒物(PM)等,这些排放物在各国环境保护法规中都被认定为大气污染物,因此,在排放标准中限定了这些污染物的排放浓度或质量。

第一节 汽车排放污染物的形成

一、汽车排放污染物及其危害

汽车用常规燃料为汽油和柴油,为多种烃的混合物,其主要化学成分为碳和氢。汽车排放的产生与燃料的燃烧过程密切相关,除燃料在发动机中与空气的混合过程、燃烧过程及燃料燃烧后的气体在排气过程中的物理变化和化学反应外,还和燃油的蒸发等因素有关。由于汽油发动机和柴油发动机的燃烧特性不同,因而它们产生的污染物也不相同。

汽油主要成分为 $\text{C}_4 \sim \text{C}_{11}$ 脂肪烃和环烷烃类,以及一定量芳香烃。作为发动机燃料时靠点火使其燃烧,称为点燃式发动机。因此,汽油发动机需要汽油和空气在外部形成比较均匀的混合气后进入汽缸,用火花塞点燃,形成火焰中心,使化学反应加速,开始进行火焰传播。

柴油为 $\text{C}_{12} \sim \text{C}_{23}$ 的碳氢化合物。作为发动机燃料时,靠汽缸压缩提高混合气的温度,使其自燃,称为压燃式发动机。柴油发动机可在极短的时间内靠高压将柴油喷入汽缸,经过喷雾、蒸发和混合过程形成非均质可燃混合气,当压缩达到自燃温度时就会有多个着火点而发生燃烧,而燃烧开始时仍有部分燃料正在喷射、雾化、蒸发和混合。

- 汽车排放污染主要有三个排放源：
- (1) 发动机排气管排出的燃烧废气。汽油车的主要污染物成分是 CO、HC 和 NO_x，而柴油车除了这三种有害物外，还排放大量的炭烟和颗粒物，统称为汽车排气污染物。燃烧废气主要是对新生产汽车和在用汽车控制的排放物。
- (2) 发动机曲轴箱排放物。由发动机在压缩及燃烧过程中未燃的 HC 由燃烧室进入曲轴箱再排入大气而产生，主要是 HC。发动机曲轴箱排放物主要是对新生产汽车控制的排放物。
- (3) 发动机燃料蒸发排放物。主要由发动机供油系统和燃油箱的燃料蒸发而产生。在未加控制时，曲轴箱和燃料蒸发排放的 HC 各占 HC 总排放量的 1/4。发动机燃料蒸发排放物主要是对新生产汽车控制的排放物。

汽车排放污染物对人体的影响见表 1-1。

汽车排放污染物对人体的影响 表 1-1

污 染 物	对 人 体 的 影 响
一氧化碳(CO)	CO 与血红蛋白的亲合力为氧的 300 倍,与血红蛋白结合后形成碳氧血红蛋白,削弱血红蛋白向人体各组织输送氧的能力,导致人体神经中枢受损
碳氢化合物(HC)	HC 中包含多种烃类化合物,进入人体后,会使人产生慢性中毒;有些化合物会直接刺激人的眼、鼻、黏膜,使其功能减退;更重要的是 HC 和 NO _x 在阳光照射下,会产生光化学反应,形成 O ₃ 、醛类等对人及生物产生严重危害的光化学烟雾
氮氧化物(NO _x)	NO _x (NO、NO ₂) 中的 NO 与血液中血红蛋白的亲合力比 CO 还强。通过呼吸道及肺进入血液,使血液失去输氧能力,产生与 CO 相似的严重后果。NO _x 侵入肺脏深处的肺毛细血管,能引起肺气肿,同时还能刺激眼、鼻黏膜,麻痹嗅觉
颗粒物(PM)	除浓度外,粒子的直径及其化学性质起决定作用,5μm 以下的粒子可以进入呼吸道,3μm 以下的粒子可以沉积在肺细胞内,引起肺病变。粒子携带的 3,4-苯并芘是强致癌物,可引发癌症
光化学物质(O ₃)	可达到呼吸系统的深层,刺激下呼吸道的黏膜,引起化学变化,其作用相当于放射线,使染色体异常,使白细胞老化

此外,燃料中的硫和空气中的氧发生反应生成硫化物,主要是 SO₂。SO₂有强烈的气味,可刺激人的咽喉和眼睛,严重时可使人中毒,引起呼吸道疾病。与 NO₂一样,还是形成酸雨的主要成分,严重污染河流,使土壤和水源酸化,破坏自然界的生态平衡。

在汽车排放的 HC 和 NO_x 两种污染物中, HC 和 NO_x 在强烈的阳光下会生成臭氧(O_3)和过氧酰基硝酸盐(PAN),即浅蓝色的光化学烟雾。这是一种强烈刺激性有毒气体的二次污染物。

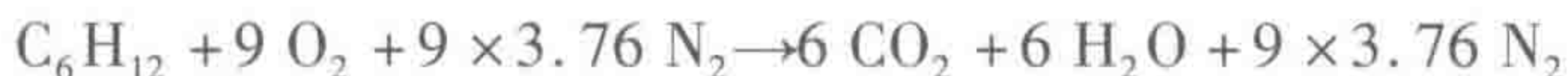
汽车排放的 CO_2 无毒无色,对人体无直接危害。但大气中的 CO_2 大幅度增加,会导致温室效应,使全球气温上升,南北极冰层融化,海平面上升,大陆腹地沙漠化趋势加剧,使人类和动物赖以生存的生态环境遭到破坏。1997 年联合国在日本东京通过了旨在限制温室气体排放量以抑制全球变暖的《京都议定书》,中国于 1998 年 5 月签署并于 2002 年 8 月核准了该议定书,2005 年 2 月 16 日《京都议定书》正式生效。

二、汽车污染物排放的生成机理

1. 汽油发动机污染物排放的生成机理

汽油发动机燃烧应具备两个条件:一是空气和燃料的混合气处在可燃界限内,二是火花塞具有足够的点火能量能够可靠点燃混合气。为评价汽油发动机的燃烧性能,限定汽车排气中的 CO、HC、 NO_x 污染物的排放质量或浓度,一般采用空燃比(A/F)或过量空气系数(λ)的理论燃烧化学公式和燃料燃烧的平均成分估算。

汽油燃料是复杂的烷烃混合物,其 H/C 理论比是 1.85。若以环己烷 C_6H_{12} (H/C 比为 2)代表汽油,进行理论燃烧反应分析,在发动机内部, C_6H_{12} 燃料通过喷射和空气充分混合,火花塞点火,则发生如下氧化燃烧反应:



理论空燃比为:

$$A/F = (9 \times 32 + 9 \times 3.76 \times 28) / (6 \times 12 + 12) = 14.7$$

图 1-1 为空燃比与排气污染物浓度关系图,从中可以看出,当 A/F 为 14.7 时, CO_2 排放达到最大值,HC 排放为最低值,而 O_2 和 CO 排放接近最小值,这说明发动机达到最佳的燃烧状况,因此将 A/F 为 14.7 这一点称为理论空燃比。

以理论空燃比为基准,引入了过量空气系数(λ)的概念,即实际空燃比/理论空燃比。

$\lambda = 1$ 说明发动机实际空燃比达到理论空燃比效果,工作在理想状态;

$\lambda > 1$ 说明发动机实际工作时空气多了,处于富氧燃烧状态;

$\lambda < 1$ 说明发动机实际工作时空气少了,处于缺氧燃烧状态。

目前,装有闭环式控制的电喷汽油发动机运用了严格的空燃比控制技术,其发动机工作

时的过量空气系数 λ 严格控制在 1.0 ± 0.03 之间,达到理论状态下的完全燃烧。

1) CO 的生成机理

CO 主要由汽油中碳原子的不完全燃烧产生,当过量空气系数 λ 小于 1 时,燃料燃烧会生成大量 CO。

汽油发动机怠速运转时,汽缸内残余废气系数增大,混合也不充分,为了保证稳定燃烧,需要适当加浓混合气,导致 CO 排放增加。

汽油发动机全负荷运转时,为了提高输出功率同时也为了进行三元催化器过热保护,需要加浓混合气,导致 CO 排放增加。

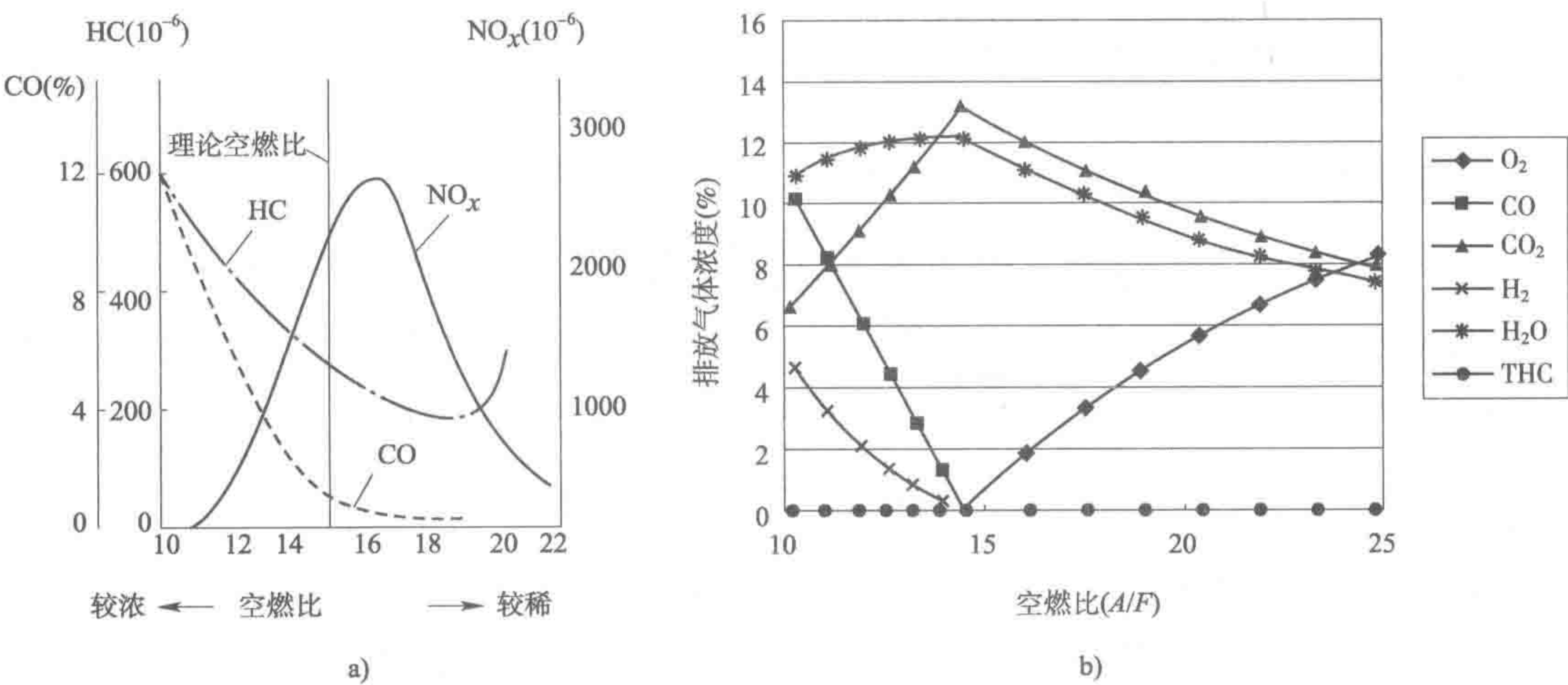


图 1-1 空燃比(A/F)与排气污染物浓度

汽车加速时,为了提高发动机动力性,也需要短时间内加浓混合气,导致 CO 排放增加;而减速时“不断油”,除了导致 HC 排放增加外,也会使 CO 排放增加。

2) HC 的生成机理

HC 主要是燃烧过程中没有燃烧的燃料,还包括曲轴箱排放物和燃料蒸发排放物。从燃烧室通过活塞(环)与汽缸之间的间隙窜入曲轴箱的未燃烧燃料,为曲轴箱排放物。从燃油系统,如燃油箱、燃油管路等处蒸发的燃油蒸气,为燃料蒸发排放物。汽油发动机生成未燃 HC 的机理如下:

(1) 壁面火焰淬熄。

受冷却介质的冷却,燃烧室表面的温度比火焰低得多。壁面对火焰的迅速冷却(称为冷激效应)使燃烧反应链中断,燃烧反应变缓或停止,使火焰不能一直传播到燃烧室表面,而在表面上留下一层未燃烧或不完全燃烧的可燃混合气,称为“淬熄层”。发动机正常运转时,冷

激效应造成的火焰淬熄层厚度一般在 $0.05 \sim 0.4\text{mm}$ 间变动,在小负荷或温度较低时淬熄层较厚。不过在正常运转工况下,淬熄层中的未燃 HC 在火焰前锋面掠过后,大部分会扩散到已燃气体主流中,在汽缸内已基本被氧化,只有极少部分成为未燃 HC 排出。但在冷起动、暖机和怠速等工况下,因燃烧室壁面温度较低,淬熄层较厚,同时已燃气体温度较低及较浓的混合气使后期氧化作用较弱,导致未燃 HC 增加。因此,壁面火焰淬熄是未燃 HC 的重要来源。

(2) 狭隙效应。

燃烧室中有各种狭窄的缝隙,例如活塞、活塞环与汽缸壁之间的间隙,火花塞中心电极绝缘护根部周围狭窄空间和火花塞螺纹之间的间隙,进、排气门与汽缸盖气门座面相配的密封带狭缝,以及汽缸盖衬垫的汽缸孔边缘内的死区等,如图 1-2 所示。

汽缸压缩期间汽缸内压力升高,可燃混合气被挤入各缝隙中。因为这些小容积具有很大的面容比,进入其中的气体很快被温度相对较低的壁面冷却。在燃烧期间缸内压力继续升高,又有一部分未燃的混合气进入缝隙。当火焰前锋面到达缝隙时,火焰进入缝隙把里面的混合气全部烧掉,或者烧掉一部分,或者火焰在缝隙的入口处被淬熄。淬熄取决于缝隙入口的几何形状和尺寸、未燃混合气的组成及其热力状态。在火焰到达缝隙口并被淬熄后,一部分已燃气本身也会挤入缝隙,直到缸内压力开始下降。当缝隙中的压力高于汽缸的压力时,缝隙中的气体逐渐流回汽缸。但这时汽缸内的温度已下降,氧浓度也很低,流回缸内的可燃气再燃烧的可能性不大,多数以未燃 HC 排出汽缸。

① 润滑油膜的吸附和解吸。

在进气期间,覆盖在汽缸壁面和活塞顶面上的润滑油膜被燃油中的 HC 溶解,在压缩和燃烧过程,溶解继续进行。当混合气中的 HC 几乎燃烧尽时,油膜中的 HC 解吸过程就开始了,并持续到膨胀和排气过程。其中不能氧化燃烧的部分 HC,成为 HC 排放源。润滑油温度提高使燃油在其中的溶解度下降,于是降低了润滑油在 HC 排放的分担率。这就是发动

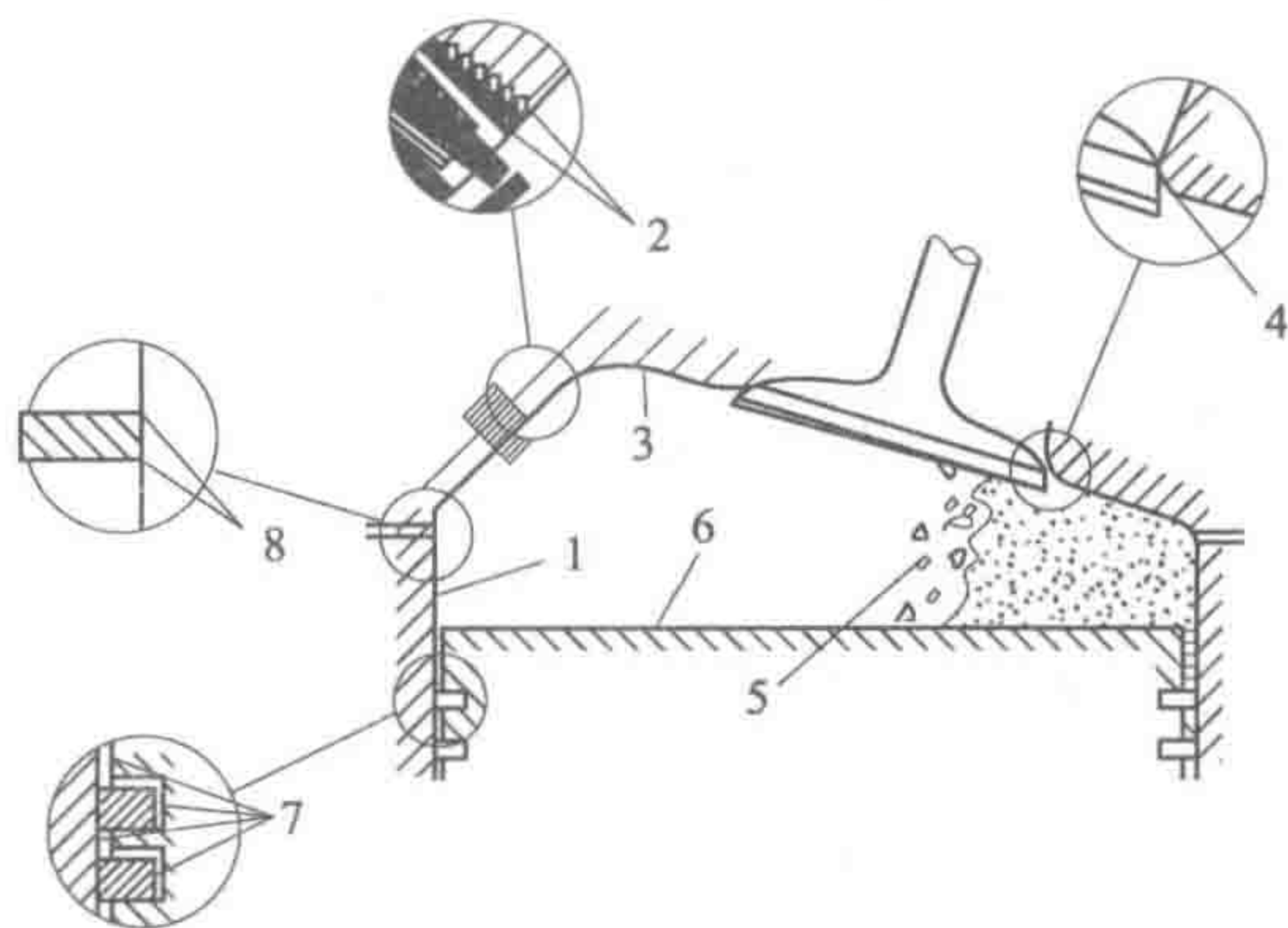


图 1-2 燃烧室中的各种狭隙区域

1-润滑油油膜的吸附和解吸;2-火花塞附近的狭隙;3-激冷层;4-气门座死区;5-火焰熄灭(如混合气太稀、湍流太强);6-沉积物的吸附和解吸;7-活塞环和环岸死区;8-汽缸垫边缘死区

机冷启动时 HC 排放高的一个原因。

②燃烧室中的沉积物。

发动机运行一段时间后,长期低速运行,混合气过浓,或使用燃料不当,会在燃烧室壁面、活塞顶、进排气门上形成含碳沉积物,都会增加未燃 HC 的排放量。

③体积淬熄。

在发动机运转工况下,火焰前锋到达燃烧室壁面前,如果压力和温度下降太快,燃烧室中的火焰可能熄灭,这也是产生 HC 排放的一个原因。在发动机冷启动和暖机工况下,因发动机温度较低,燃油雾化较差,蒸发缓慢,混合气均匀性变差,导致燃烧变慢或不稳定,火焰易熄灭。发动机怠速或小负荷运转时,转速低,残余废气量大,或者排气再循环(EGR)率过大或混合气过稀,都会使滞燃期延长,燃烧品质劣化。在加减速等瞬态工况下也可能发生火焰的大体积淬熄。

(3)发动机失火。

发动机失火表现为某些循环根本未点燃,而直接把进气时吸入汽缸的可燃混合气原封不动地送到排气管,造成未燃 HC 排放脉冲性急剧增加。

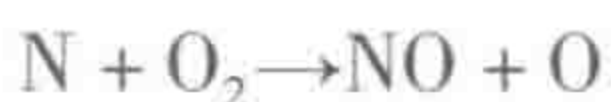
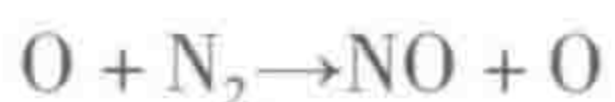
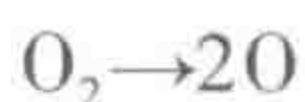
(4)HC 的后期氧化。

错过发动机燃烧过程的 HC,并不完全原封不动地排放到大气中。当 HC 被“冻结”在淬熄层、缝隙区、润滑油膜和沉积物中之后,一部分会重新扩散到高温的已燃气流中并很快被氧化。因此,排放的 HC 是未燃燃油及其部分氧化物的混合物。

3)NO_x的生成机理

(1)NO 的生成。

发动机排放的氮氧化物中主要是 NO,生成 NO 和使其消失的主要反应式为:



NO 的生成主要与温度和氧含量有关,在过量空气系数大于 1 的稀混合气区域内,NO 随温度的升高而迅速增大;在过量空气系数小于 1 的浓混合气区域内,由于氧含量不足,NO 急剧下降。在稀混合气区域内 NO 的生成主要是温度起作用,而在浓混合气区域内主要是氧浓度起作用。高温、高氧和反应时间长,促进了 NO 的生成。

(2) NO_2 的生成。

在一般火焰温度下,汽油发动机排气中的 NO_2 浓度与 NO 浓度相比较少,但在柴油发动机排气中的 NO_2 可占排气中 NO_x 的 10% ~ 30%。

排气中的 NO_2 是 NO 通过下述反应转化而来的:



但大部分 NO_2 通过下述反应又重新转化为 NO :



2. 柴油发动机污染物排放的生成机理

柴油发动机混合气不均匀,会有局部过浓区,但由于过量空气系数 λ 较大,氧气较充分,因而 CO 排放较少,只是在接近冒烟界限时增加,HC 排放也较少。在过量空气系数 λ 稍大于 1 的区域,虽然为富氧燃烧,但由于混合不均匀,存在局部高温氧区域,会产生大量炭烟。随着过量空气系数 λ 增大,炭烟浓度会迅速下降。柴油发动机主要排气污染物为 NO_x 和颗粒物(PM)。

1) 炭烟的生成机理

柴油发动机排放的污染物主要是炭烟,其产生的根源是燃料燃烧不完全或“窜机油”(机油的不完全燃烧产生炭烟)等。燃料或机油在高温条件下裂解为 C 离子和 H 离子,其中 C 离子与 O_2 不能接触,或接触时温度不够,C 离子便以游离 C 的形式排出发动机,从而形成炭烟。

虽然柴油发动机中混合气的总体浓度较稀,但由于其燃烧过程为“扩散式”,燃料与空气的接触面积较小,加上已燃废气的影响,C 离子与 O_2 的接触范围也较小,炭烟的产生也就在所难免。

研究表明,燃烧初期,产生的炭烟较少,到了燃烧后期,炭烟的产生量会增多,这是由于越到燃烧后期,废气含量越多,C 离子与 O_2 的接触越困难所导致的。

由此可见,喷油雾化情况越好、燃烧室内气流运动越强烈、汽缸压力越高(C 离子与 O_2 的距离越近)、燃烧室内残余废气越少、喷油量越少(混合气越稀),C 离子与 O_2 的接触就越容易,炭烟的产生量也就越少。除此之外,燃烧温度越高,炭烟的产生量也会变少。

目前,部分电控共轨式柴油发动机采用多次喷射技术,即将一个工作循环的喷油量分几次喷入燃烧室,其目的也是为了增大 C 离子与 O_2 的接触机会,从而大幅降低炭烟的排放。部分共轨式柴油发动机所采用的高压喷射技术,是利用较高的喷射压力来改善喷油的雾化

情况,从而增大C离子与 O_2 的接触,同样也可以大幅降低炭烟的排放。不过,这种高压喷射技术对喷油器的要求很高,所谓的“压电式喷油器”就是基于这种要求而设计的。

一般情况下,喷油压力越高,一个工作循环中喷油的次数越多,炭烟排放就越少,这是现代柴油发动机喷油压力越来越高、一个工作循环中喷油次数越来越多的根本原因。

2) CO 的生成机理

与汽油发动机一样,CO的生成主要与混合气的浓度和混合质量有关。柴油发动机主要是在稀混合气下运转,其过量空气系数 λ 大多数情况下在1.5~3之间。柴油发动机的CO排放要比汽油发动机低得多,只有在负荷很大接近冒烟界限时才会急剧增加。柴油发动机的特点是混合气不均匀,有局部缺氧的地方,有温度低的地方,以及反应物在燃烧区停留时间不足以完成燃烧,最终导致CO的生成。

3) HC 的生成机理

柴油发动机把燃油高压喷入燃烧室中,直接在缸内形成可燃混合气并燃烧。燃油停留在燃烧室中的时间比汽油发动机短得多,因此,柴油发动机未燃HC排放较少。

过量空气系数 λ 增大,则混合气变稀,燃油不能自燃,或火焰不能正常传播,HC排放增加,因此,在怠速或小负荷工况时,HC排放量高于全负荷工况。

发动机缺火会引起大量的HC排放,柴油发动机冷起动期间容易发生缺火,排气冒白烟,主要是未燃HC微粒。

4) NO_x 的生成机理

NO_x 的形成机理与汽油发动机的形成机理相同,即由于燃烧高温的作用,空气中的 N_2 与 O_2 发生化学反应,生成了 NO_x 。但柴油发动机对 NO_x 排放进行控制的技术要比汽油发动机复杂得多,这是因为排放控制的要求和炭烟控制的要求与其功率、油耗等性能的改善要求是相互矛盾的。例如,凡是能够降低燃烧温度的措施(如EGR、可变配气技术等)都可以降低 NO_x 排放,但降低燃烧温度必然会带来炭烟排放的增多和功率、油耗等性能的恶化;反之,凡是能提高燃烧温度的措施(如涡轮增压技术、喷油雾化状况的改善、喷油速率控制、压缩比的提高等)都可以提高功率、降低油耗和炭烟排放,但提高燃烧温度又必然带来 NO_x 排放的增多。

5) 颗粒物(PM)生成机理

柴油发动机颗粒物的成分取决于发动机的运转工况,尤其是排气温度。当排气温度超过 500°C 时,排气颗粒主要是碳质微球的聚集体,称为炭烟;排气温度低于 500°C 时,炭烟颗粒会吸附和凝聚多种有机物,称为有机可溶物。

颗粒中的有机可溶物含有对健康和环境有害的成分,包括各种未燃 HC、含氧有机物(醛类、酮类、酯类、醚类、有机酸类等)和多环芳烃及其含氧和含氮衍生物等。

颗粒的凝聚物中包括少量无机物,如 SO_2 、 NO_2 和硫酸盐等。颗粒中还有少量来自燃油和润滑油的钙、铁、硅、铬、锌、磷等的化合物。

柴油机颗粒的生成和生长过程一般分成两个阶段:

(1) 颗粒生成阶段,燃料分子经过其氧化中间产物或热解产物萌生凝聚相,这些产物中含有各种不饱和的烃类,这些气相物质的凝聚反应导致出现最早可辨认的炭烟粒子。

(2) 颗粒生长阶段,包括表面生长和聚集两个方面。表面生长指炭烟粒子表面粘住气相物质,然后合并在一起,表面生长不改变炭烟粒子的数量,只增加烟粒的质量。聚集过程是通过碰撞使炭烟粒子长大从而使数量减少。

第二节 汽车排放污染物的影响因素

一、发动机排气污染物排放的影响因素

1. 影响汽油发动机污染物排放的因素

1) 混合气浓度和质量

混合气的浓度和质量主要体现在燃油的雾化程度、混合气的均匀性、空燃比和发动机缸内残余废气等方面。

CO 的排放随混合气浓度的降低而降低。这是因为随着空气量的增加,氧气增多,燃料能充分地燃烧。

HC 的排放主要受混合气均匀性的影响。混合气均匀性越差则 HC 排放越多。混合气过浓或过稀都会发生不完全燃烧,发动机缸内残余废气相对过多则会使火焰中心的形成与火焰的传播受阻甚至出现断火,致使 HC 排放增加。

由于混合气的浓度和质量直接影响燃烧时的气体温度和氧浓度,所以对 NO_x 排放的影响很大。 NO_x 的排放在过量空气系数 λ 为 1.1 时达到最高值,无论混合气变稀或变浓, NO_x 排放均逐渐降低。当混合气偏浓时造成燃烧缺氧,即使燃烧室内温度很高, NO_x 的生成量都会随混合气浓度的升高而降低;而当混合气偏稀时(空燃比大于 14.7)燃烧处于富氧状态, NO_x 生成量会随温度的升高而迅速增大。