

汽车专业维修培训丛书

理论与实践相结合，实用性强

实例丰富，代表性强

根据读者群体组织资料，针对性强

立足结构，突出实践技能培养，重在检测维修

排放 控制系统

韩玉敏 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

汽车专业维修培训丛书

排放控制系统

韩玉敏 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

排放控制系统/韩玉敏主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

(汽车专业维修培训丛书)

ISBN 7-5025-6960-X

I. 排… II. 韩… III. 汽车排气-控制系统-车辆修理 IV. U472. 41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 032400 号

汽车专业维修培训丛书

排放控制系统

韩玉敏 主编

责任编辑: 周国庆 周 红

文字编辑: 徐卿华

责任校对: 王素芹

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 11 字数 188 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6960-X

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是《汽车专业维修培训丛书》之一，系统介绍了汽车排放污染物形成的原理，汽车排放控制系统的原理、结构、故障诊断、检修方法和排放检测仪器的使用方法，并详细介绍了广州本田雅阁轿车、丰田佳美轿车及上海别克轿车等典型汽车的排放控制系统的维修。

本书语言简洁，通俗易懂；图片丰富，便于参考；案例翔实，可操作性强。

本书适合作为汽车维修人员的培训教材，也可供汽车驾驶员、汽车行业工程技术人员，以及大中专院校汽车专业师生参考。

目 录

第 1 章 汽车排放污染物的形成	1
1.1 汽车排放污染	1
1.1.1 环境与污染	1
1.1.2 汽车的有害排放物	2
1.2 一氧化碳的产生及影响因素分析	4
1.2.1 一氧化碳的产生	4
1.2.2 影响因素分析	5
1.3 碳氢化合物的产生及影响因素分析	7
1.3.1 碳氢化合物的产生	7
1.3.2 影响因素分析	8
1.4 氮氧化物的产生及影响因素分析	11
1.4.1 氮氧化物的产生	11
1.4.2 影响因素分析	12
第 2 章 汽车排放控制系统	15
2.1 汽车排放控制系统概述	15
2.2 曲轴箱强制通风装置	17
2.3 燃油蒸发排放控制装置	20
2.4 进气加温装置	25
2.4.1 作用	25
2.4.2 基本组成和工作原理	26
2.5 废气再循环装置	30
2.5.1 作用	30
2.5.2 基本组成和工作原理	31
2.5.3 背压 EGR 阀式的废气再循环装置	32
2.5.4 计算机控制的 EGR 装置	35
2.6 空气喷射装置	38
2.6.1 作用	38
2.6.2 基本组成和工作原理	38

2.6.3 其他形式的控制阀	41
2.7 催化转换装置	45
2.7.1 作用	45
2.7.2 结构与工作原理	46
2.8 化油器控制装置	48
第3章 汽车排放控制系统的维修	55
3.1 汽车排放系统检测装置	55
3.1.1 汽油车怠速污染物的检测仪器	55
3.1.2 柴油车自由加速烟度检测仪器	64
3.2 电子控制燃油喷射式汽油发动机排放系统维修	69
3.2.1 开环控制式燃油喷射系统维修	69
3.2.2 闭环控制式燃油喷射系统维修	74
3.2.3 其他排放控制装置的检查	78
3.2.4 电喷发动机汽车尾气分析实例	87
3.3 化油器式汽油发动机排放系统维修	95
3.3.1 车用化油器的定期维护	95
3.3.2 化油器发动机汽车尾气分析实例	97
3.4 车用柴油机排放系统的维修	101
3.4.1 柴油机冒黑烟	101
3.4.2 柴油机冒蓝烟	102
3.4.3 柴油机冒白烟	104
3.4.4 柴油机窜废气	105
第4章 典型汽车排放控制系统的维修	106
4.1 广州本田雅阁轿车排放控制系统维修	106
4.1.1 2.3L 发动机排放控制系统维修	106
4.1.2 3.0L V6 发动机排放控制系统维修	122
4.2 丰田佳美轿车排放控制系统的维修	129
4.2.1 排放控制系统的检修	129
4.2.2 排放控制系统的故障诊断	150
4.3 上海别克轿车排放控制系统的维修	156
4.3.1 排放控制系统的检查	156
4.3.2 排放控制系统主要部件的检修	158
4.3.3 排放控制系统诊断故障码与紧固力矩	164
4.3.4 发动机排放控制系统电路	167
参考文献	168

第 1 章 汽车排放污染物的形成

1.1 汽车排放污染

1.1.1 环境与污染

地球是人类赖以生存和居住的星球，它与人类生存所联系的一切就是环境，地球甚至宇宙给予人类、动物和植物的原始一切又称为自然环境。自然环境中的阳光、空气、水、土壤、植物和动物都与人类的生活密切相关，破坏其中的任何一环，都将严重威胁人类的生存。

人类在劳动中创造了自己，成为地球上万物的主宰。随着生产力的发展，人们在自然环境中不断地创造着美好的生活，在地球上建立了人类的物质文明和精神文明。

人类在创造物质文明和精神文明的同时，也出现了“副产品”——环境污染。随着生产力的不断发展，人类从自然环境中索取、利用的物质越来越多，而释放到自然环境中的各种物质也成倍增长。大自然无法彻底分解、转化释放到环境中危害人类以及动、植物的各种物质，从而使污染日益严重。到 20 世纪末，废气、废液、废物、噪声和电磁波不断肆虐人类居住的这个星球，已经造成了很多动、植物的灭绝，并引发了人类的各种疾病甚至畸形，地球生态环境平衡遭到破坏，污染已成为仅次于战争的又一罪孽。

大气污染是环境污染的一种，它会在大气的正常成分中增加对人类和动、植物的有害物质，严重时甚至引起整个地球生态环境的变化，直接影响和威胁人们的正常生活和生存。

大气污染中的主要有害物质是一氧化碳 (CO)、碳氢化合物 (HC)、氮氧化物 (NO_x)、二氧化硫 (SO_2) 和烟尘微粒等，它们主要来自火力发电厂、钢铁冶炼厂、大规模制造修理厂、石油化工企业和各种车辆。汽车是大气中的流动污染源，特别是汽车工业的高速发展，汽车保有量的急剧增加，汽车的排

放已是大气污染的主要来源，占整个大气污染的 50% 以上，成为损害人体健康、破坏自然界生态平衡的又一大公害。

如今，人们正对包括大气污染在内的各种污染进行综合治理，积极采取各种技术措施限制污染排放，利用科学的方法消除或转化污染物。汽车排放控制系统就是采用各种技术来降低汽车有害排放物的装置，从而达到净化空气的目的。

1.1.2 汽车的有害排放物

汽车的有害排放物主要有一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物、二氧化硫和微粒物质（铅粒、炭粒和油滴与脏物的混合粒等）。例如，汽车的有害排放物碳氢化合物从车上不同的地方排出（见图 1-1），排气管排放的碳化氢占全部的 60%，曲轴箱占 20%，油箱和供油系统占 20%。其他的有害排放物绝大部分从排气管排出。

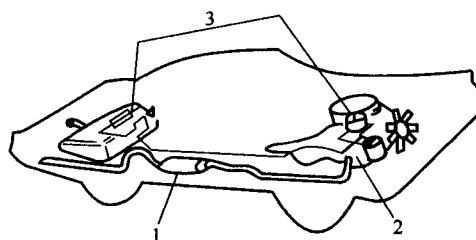


图 1-1 汽车碳氢化合物排污处

1—排气管；2—曲轴箱；3—油箱和供油系统

当代绝大多数汽车是用液体石油提炼的汽油或柴油作燃料的，其主要成分是碳、氢和氧。从理论上讲，汽油或柴油完全燃烧后，最终产生物是水蒸气（ H_2O ）、氮气（ N_2 ）、氧气（ O_2 ）和二氧化碳（ CO_2 ）。这几种气体在正常情况下是无害的，只是二氧化碳过多，会引起地球“温室效应”，对生态环境产生不良影响。实际上汽车发动机所用的燃油往往含有其他杂质或添加剂，例如抗爆震的铅化合物添加剂，再加上发动机内燃料燃烧不完全或其他原因，就产生了大气的主要污染物——一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和微粒物质等。这些物质是有毒的，不仅刺激人的眼、鼻和肺，而且还会严重损害人的肌体，使人体中毒甚至致癌。

一氧化碳是装有汽油机汽车排放较多的一种有害物，是无色、无味的有毒

气体。一氧化碳被人吸入肺后，非常容易与血液中的血红蛋白结合。一氧化碳与血红蛋白的结合力要比氧气与血红蛋白的结合力大得多，而且分解困难，极易造成人体内部缺氧。当大气中的一氧化碳浓度达到1%以上时，人在接触几小时后，一氧化碳-血红蛋白浓度就可达到10%，会影响氧的输送，引起头痛、恶心、心跳加速等症状。当人体血液中一氧化碳-血红蛋白含量为20%时，就会引起中毒，当含量达到60%，人会因窒息而死亡。

碳氢化合物实质是烃类，它对人体健康有直接的影响。在排出的碳氢化合物中含有少量的醛类，即甲醛、丙烯醛等，还有多环芳香烃，即苯并芘。甲醛和丙烯醛对人的眼、鼻和呼吸道有刺激作用，可引起结膜炎、鼻炎和支气管炎等，并且气味难闻。苯并芘是一种较强的致癌物。

汽车上无论是汽油机还是柴油机都会排放出较多的氮氧化物，它们主要是一氧化氮（NO）和二氧化氮（NO₂）。一氧化氮毒性较低，但高浓度时能引起人的神经中枢障碍，并且容易氧化成剧毒的二氧化氮。二氧化氮是一种棕色气体，有特殊的臭味，毒性大，若人在二氧化氮浓度较高的环境中连续呼吸半分钟以上，就会有生命危险。另外，即使氮氧化物的浓度较低，也会对植物的生长产生不良影响。

汽车排出的微粒物质主要是铅化合物微粒和燃料没完全燃烧生成的炭粒。铅化合物微粒主要是使用含铅汽油的结果，即在汽油中添加四乙铅防爆震剂产生的后果。铅化合物微粒进入大气对人体健康十分有害，如果人吸入这种有害物并积累到一定程度，就会慢性中毒。铅会阻碍血液中红血球的生长，使心、肺和神经系统发生病变，会引起头痛，甚至会出现精神病的症状。炭粒本身对人的呼吸系统有害，炭粒的孔隙中含有苯并芘，从前面知道它是一种致癌物。

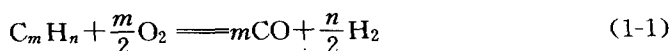
碳氢化合物和氮氧化物除了对环境直接产生污染外，它们还会产生光化学烟雾，继续造成危害。光化学烟雾产生的内在因素是存在一定浓度的碳氢化合物和氮氧化物，外在因素是大气对流不畅、天气晴朗、阳光充足、无风和大气状态稳定等。当碳氢化合物和氮氧化物集聚到一定浓度后，在紫外光区阳光的照射下，会发生一系列的光化学反应，生成臭氧（O₃）、过氧化酰基硝酸盐（PAN）和醛类等。臭氧是一种极强的氧化剂，有特别的臭味，过氧化酰基硝酸盐和醛类对人的眼睛、咽喉、鼻子等有刺激作用，能促使哮喘病患者哮喘发作，引起慢性呼吸系统疾病恶化，影响人体细胞的新陈代谢，加速人的衰老。另外，光化学烟雾还会使植物受损，受应力的橡胶体开裂，大气的能见度下降等。

1.2 一氧化碳的产生及影响因素分析

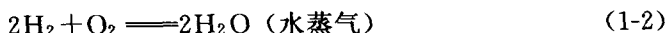
1.2.1 一氧化碳的产生

一氧化碳是燃料没有完全燃烧的产物。汽车上用的燃料主要是汽油和柴油，而且用汽油的车又占多数。这些燃料的本质是烃类 (C_mH_n)。

一般烃燃料的燃烧反应理论上可经过以下步骤。

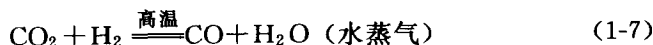


有足够的氧气时



从上面的化学方程式可以看出，当空气量充足时不会产生一氧化碳，即当空气燃油混合比达到 14.7 : 1 的理论燃烧值时，不应产生一氧化碳。

图 1-2 是实际发动机工作时，一氧化碳的排量与空气燃油混合比的关系。显然，随着空气燃油混合比的增加，一氧化碳的排量下降。事实上，空气燃油混合比每增加 1，一氧化碳的排量下降 3%。空气燃油混合比直接影响一氧化碳的排放，因此，一切影响空气燃油混合比的因素，也就是影响一氧化碳排量的因素。从图 1-2 中可以看出，当空气燃油混合比达到 14.7 : 1 以后，一氧化碳并不能完全消失，而在空气燃油混合比小于 14.7 : 1 的状态下，还有一定的氧气排出，这里的主要原因是空气燃油混合不均匀。在总体是稀混合气的形成过程中，由于分配不均匀而出现局部浓混合气，它们的燃烧必然要出现一氧化碳。另外，在高温状态下，燃烧生成的二氧化碳和水也有极小一部分发生分解反应。



因此，在发动机的排气成分中总会有少量的一氧化碳。在总体是浓混合气的形成过程中，同样由于混合不均匀出现局部稀混合气，因而出现燃烧后微量氧气排出。

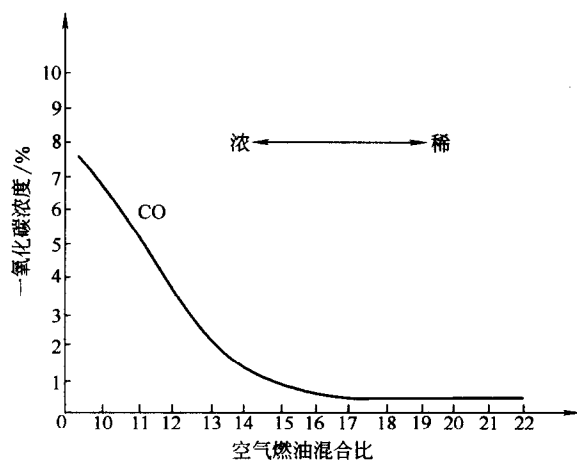


图 1-2 一氧化碳的排量与空气燃油混合比的关系

1.2.2 影响因素分析

(1) 负荷对一氧化碳排量的影响 首先是发动机负荷变化对一氧化碳排量(浓度)的影响。随着发动机负荷由小变大,进气歧管的压力也由小到大。在发动机小负荷和大负荷工作时,所供给的混合气均较浓,此时一氧化碳的排放浓度较高,如图 1-3 所示。图中所示的是 2.4L 发动机一氧化碳排量与负荷的关系。随着负荷的增加(进气歧管压力的变大),一氧化碳开始排放的浓度较大,随后逐渐减小,最后又增大,符合发动机小负荷和大负荷混合气较浓的情况。

第二是发动机负荷变化对一氧化碳在单位时间内排放总量的影响。尽管在发动机中等负荷时,一氧化碳的排放浓度较低,但是随着发动机负荷的增加,

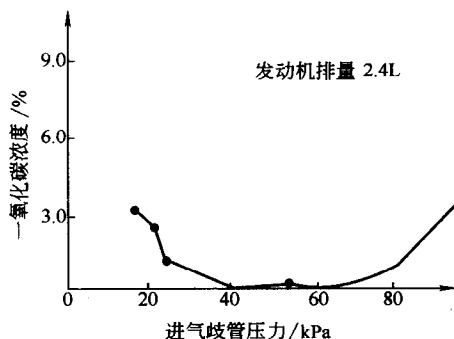


图 1-3 发动机负荷对一氧化碳排量的影响

一氧化碳的排放速度也增加。因此，发动机负荷变大（或功率增加），一氧化碳在单位时间内排放的总量也随之增加。

(2) 怠速对一氧化碳排量的影响 怠速对一氧化碳排量的影响如图 1-4 所示。从图中可以看出，适当地提高怠速转速可降低一氧化碳的排量。这是因为随着怠速的提高，进气节流度将减小，进入的气量将增加，燃烧较好，从而使一氧化碳排量下降。

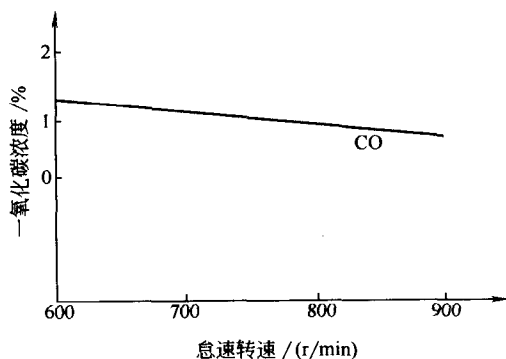


图 1-4 怠速对一氧化碳排量的影响

由于适当提高怠速可降低一氧化碳的排量，因此，在发动机不过热、噪声不大和耗油适当的条件下，可尽量提高怠速。从图 1-4 中可以看出，怠速每提高 100r/min，一氧化碳的排量就下降约 10%。

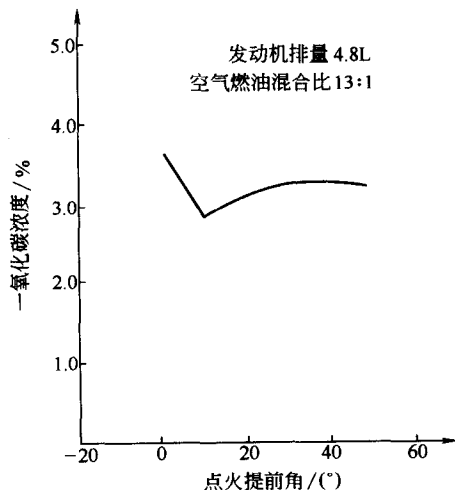


图 1-5 点火时刻对一氧化碳排量的影响

(3) 点火时刻对一氧化碳排量的影响 点火时刻对一氧化碳排量的影响如图 1-5 所示。点火时刻推迟可降低一氧化碳排量,但是推迟点火时刻,发动机的燃油经济性下降,显然不宜采用。点火时刻过分推迟,一氧化碳排量还会增加,这是发动机燃烧时间缩短、氧化不完全的结果。

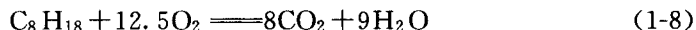
从图 1-5 中可以看到,随着点火时刻的推迟,一氧化碳排量的增加并不明显,因此,调整点火时刻应以汽车有较好的动力性能和燃油经济性为主,并兼顾排放性能。

1.3 碳氢化合物的产生及影响因素分析

1.3.1 碳氢化合物的产生

汽车排气中的碳氢化合物主要是燃料没有完全燃烧或没有燃烧的产物。

排气中没有完全燃烧的碳氢化合物的成分很复杂,有饱和烃、不饱和烃、芳香烃、醛和酮等。以烃燃料 C_8H_{18} 燃烧反应为例,它的完全燃烧反应式为



即使 1 个分子的 C_8H_{18} 完全氧化,必须要 12.5 个氧分子,而且 C_8H_{18} 要最终氧化生成二氧化碳和水,还必须经过一系列的中间反应过程,在这个过程中还存在着大量氮分子 (N_2) 的干扰。因此,一旦氧化条件不具备,一系列的中间反应就不能最后生成二氧化碳和水,结果形成没有完全燃烧的烃类从废气中排出。

排气中未燃烃类的产生主要有两种原因:首先是发动机内部存在缸壁冷面和冷隙缝;第二是火焰传播不完全。所谓缸壁冷面是指混合气燃烧时,火焰传至缸壁附近某一距离后而不能再继续向缸壁传播燃烧的厚度。由于低温缸壁的冷却作用,距缸壁不到 0.5mm 厚度里的混合气不能燃烧,并且燃烧火焰也不可能这样小的间隙内传播,从而造成未燃烃。冷隙缝是指小于 1 mm 的缝隙,在此缝隙内混合气不能燃烧或不能完全燃烧。例如,活塞顶部与第一道汽环之间的空隙、火花塞磁芯周围的空隙或由于汽缸垫装配不当形成的空隙等。试验和研究表明,缸壁冷面和冷隙缝与热力学温度的平方成反比,与发动机燃烧室内气体压力也成反比。因此,可提高汽缸壁的温度来降低没有燃烧的碳氢化合物排量。火焰传播不完全是指发动机运行时,混合气过浓或过稀或残余废气稀释严重而引起火焰传播不完全甚至断火的现象。在这种情况下,未燃烃的

排量明显增多。在正常情况下，化油器或燃油喷嘴供给的是可点燃的、火焰可正常传播的混合气。在进气歧管真空度较高的状态下，如怠速或小负荷时，废气稀释严重，容易造成火焰传播不完全，还有在过渡工况，例如暖车与减速时，进入汽缸内的混合气很可能过浓或过稀，也使火焰不能完全传播；另外，点火系统点火不良，进气温度太低，混合气混合均匀性差等也会造成火焰传播不能完全。

1.3.2 影响因素分析

(1) 空气燃油混合比对碳氢化合物排量的影响 空气燃油混合比对碳氢化合物排量的影响如图 1-6 所示。从图中可以看出，随着空气燃油混合比的增大，开始未燃碳氢化合物的排量逐渐减少；当空气燃油混合比大于 18:1 以后，碳氢化合物排量迅速增加。当空气燃油混合比低于 18:1 时，未燃碳氢化合物的排量随混合气浓度的下降而减少，这里主要有三个原因。随着空气燃油混合比的增大，首先是缸壁冷面和冷隙缝中的碳氢化合物含量减小，然后是汽缸中的含氧量增加，最后是发动机排气温度增高，这三个因素都使碳氢化合物的排量下降。空气燃油混合比约为 17:1 时，发动机运行在理想的状态，未燃碳氢化合物的排量达到最小。空气燃油混合比高于 18:1 时，由于混合气过分稀薄，易发生火焰传播不完全甚至断火。另外，排气温度过低，使碳氢化合物在排气系统中不能快速氧化，结果导致未燃碳氢化合物的排量迅速增加。

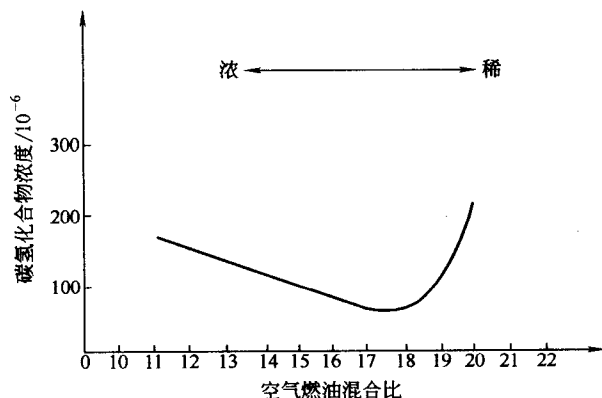


图 1-6 空气燃油混合比对碳氢化合物排量的影响

(2) 负荷对碳氢化合物排量的影响 发动机负荷的增加，进气歧管的压力也增加。图 1-7 显示了发动机负荷对碳氢化合物排量的影响。

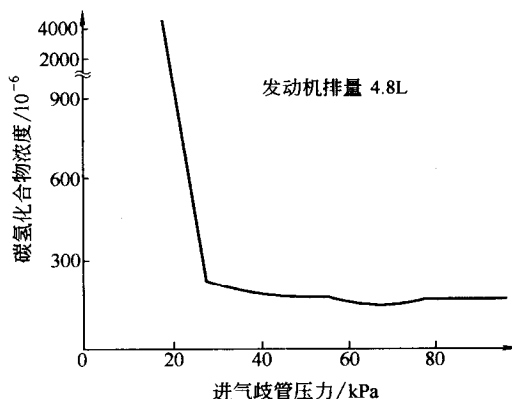


图 1-7 发动机负荷对碳氢化合物排量的影响

碳氢化合物受发动机负荷的影响分析如下：当小负荷工作，即低进气歧管压力（低于 30kPa）时，供给发动机的混合气较浓，缸壁冷面和冷隙缝作用较强，碳氢化合物排量较高，若压力低于 20kPa，还可能发生火焰传播不完全，结果使碳氢化合物排量（浓度）明显增高。另外，节气门突然关闭还会引起进气歧管内燃油的瞬时蒸发，导致高进气真空度下的混合气额外加浓，使碳氢化合物的排量进一步提高。当进气歧管压力超过 30kPa 后，混合气变稀，碳氢化合物的排量降至很低，即使发动机全负荷工作，化油器或燃油喷射系统加浓混合气，使碳氢化合物的排量有上升趋势，但由于满负荷时排气温度较高，对碳氢化合物的氧化加强，结果限制了碳氢化合物的排量。

（3）转速对碳氢化合物排量的影响 发动机转速对碳氢化合物排量的影响如图 1-8 所示。从图中可以看出，碳氢化合物的排量随发动机转速的升高而明显降低。

发动机转速升高，增强了汽缸中的扰流混合与涡流扩散，同时还增加了排气中的扰流混合。汽缸中的扰流混合与涡流扩散，改善了汽缸内的燃烧，增强了缸壁冷面的氧化；排气中的扰流混合，促进了排气系统中碳氢化合物的氧化。它们都使碳氢化合物的排量降低。值得说明的是，发动机在高速时为了克服发动机较高的阻力，排气流量加大，碳氢化合物在排气系统中停留的时间缩短，因此，碳氢化合物浓度的降低受到抑制，即高转速时碳氢化合物排量的降低将小于预计结果。

怠速对碳氢化合物的影响与它对一氧化碳的影响效果一样。

（4）点火时刻对碳氢化合物排量的影响 点火时刻对碳氢化合物排量的影

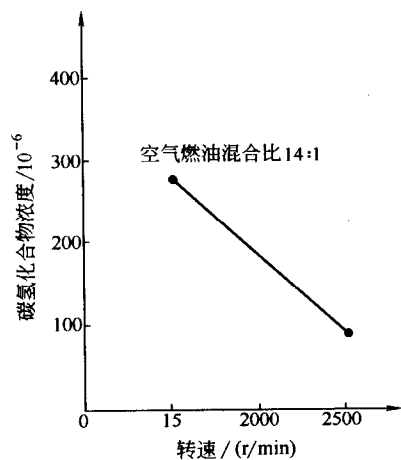


图 1-8 发动机转速对碳氢化合物排量的影响

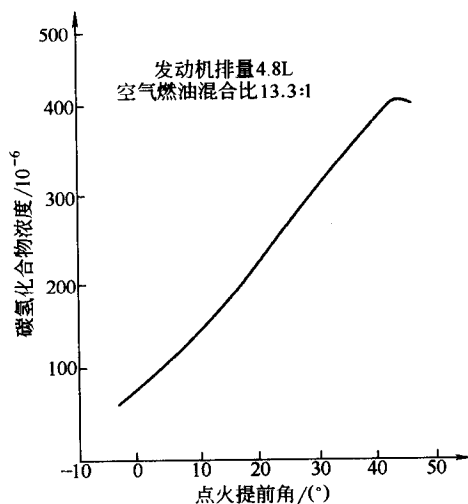


图 1-9 点火时刻对碳氢化合物排量的影响

响如图 1-9 所示，推迟点火提前角，碳氢化合物的排量明显下降。

推迟点火时刻后碳氢化合物排量降低，其原因主要是增高了排气温度。由于排气温度的提高，促进了碳氢化合物的氧化。另外，点火时刻的推迟，降低了发动机汽缸的面容比，缸壁冷面相对减小，使未燃碳氢化合物的排量减少。

尽管推迟点火时刻可降低碳氢化合物的排量，但燃油经济性却下降很多，几乎每推迟 1° 的点火提前角，就多耗 1% 的燃油。因此，不要采用推迟点火提

前角的办法来降低碳氢化合物的排量。

(5) 排气背压对碳氢化合物排量的影响 排气背压对碳氢化合物排量的影响如图 1-10 所示, 随着背压的增高, 碳氢化合物的排量有所下降。

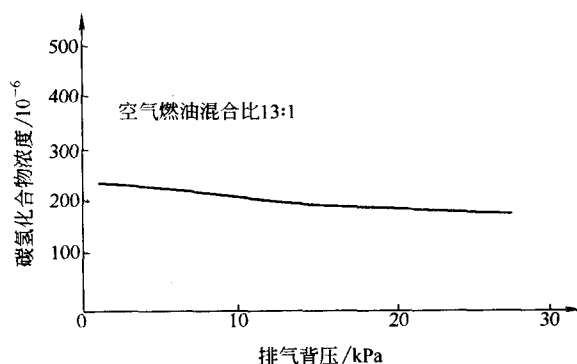


图 1-10 排气背压对碳氢化合物排量的影响

排气背压的增加加大了留在汽缸中的残余废气, 对混合气进一步稀释, 结果使碳氢化合物的排量下降。实质上这种影响是有条件的, 残余废气的增加对混合气的稀释, 在不使发动机燃烧过程变坏的前提下, 碳氢化合物的排量才有所下降。如果残余废气过大, 会导致不完全燃烧, 使碳氢化合物的排量上升。在怠速时, 原有的废气稀释就较大, 燃烧已不良, 此时要禁止进一步的残余废气稀释, 以免碳氢化合物的排量增大。

1.4 氮氧化物的产生及影响因素分析

1.4.1 氮氧化物的产生

氮氧化物的主要成分是一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO₂), 而一氧化氮在发动机排放的氮氧化物中又占一半以上。

对一氧化氮的生成机理, 目前采用的是捷尔多维奇 (Zeldoyich) 理论, 反应方程式如下。

