

汽车驾驶员 职业技能培训教材

高级

汽车驾驶员职业技能培训教材编委会 编

即便自学，你从书中也可找到——

- 实际操作技能的要领
- 理论联系实际精髓
- 最新国标部标的应用



人民交通出版社

China Communications Press

要 點 容 內

汽车驾驶员 职业技能培训教材

高级

汽车驾驶员职业技能培训教材编委会 编

人民交通出版社

内 容 提 要

为了适应汽车驾驶员职业技能培训工作的需要,应广大读者和职业技能培训机构的要求,依据国家颁布的汽车驾驶员职业技能标准,我们重新编写了汽车驾驶员初级、中级、高级职业技能培训教材,使整套教材更具系统性和完整性,便于培训、利于自学。

本书共分4篇16章,包括汽车理论、汽车电子控制技术、汽车的检测与维修和操作技能训练与考核。可供汽车驾驶员职业技能培训使用,也适合于汽车驾驶员、汽车修理工和爱好汽车的读者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车驾驶员职业技能培训教材. 高级/《汽车驾驶员职业技能培训教材》编委会编. —北京:人民交通出版社, 2003.12

ISBN 7-114-04907-2

I.汽... II.汽... III.汽车—驾驶员—技术培训—教材 IV.U471.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第114332号

qiche jiaoshiyuan zhiye jineng peixun jiaocai(gaoji)

汽车驾驶员职业技能培训教材(高级)

汽车驾驶员职业技能培训教材编委会 编

正文设计:张玉栋 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:424千

2004年1月

2004年1月 第1版 第1次印刷

印数:00001—25000册 定价:32.00元

ISBN 7-114-04907-2

汽车驾驶员职业技能培训教材

编 委 会

主 任 骆建新

委 员 邓华鸿 黄曰铜 董一民 巴寅亮 蒋惠宝

王振军 阿不都热合曼·赫力里 黄智刚

爱新觉罗·溥新

工作人员 江仁俊 王 青 裴军武 徐 晖 李惠敏

木妮娜 加娜迪 李文新 许志刚

作为一名汽车驾驶员,除了需要掌握驾驶技术方面的常识外,了解本身责任的重要性更为必要!

前 言

为了适应汽车驾驶员职业技能培训的需要,应广大读者和职业技能培训机构的要求,我们组织专家、工程技术人员、教师,在前两版汽车驾驶员培训教材和汽车驾驶员职业技能培训实践的基础上,严格依据汽车驾驶员职业技能标准,重新编写了汽车驾驶员初级、中级、高级职业技能培训教材。

全套教材充分考虑了职业技能培训的特点,做到理论联系实际,各级别间的专业梯度合理、论述清晰、通俗易懂、图文并茂,适应工人的知识水平和文化水平,突出操作技能的培训,便于自学。

本套教材涉及到的相关技术标准均采用了最新颁布的国家标准和部颁标准。在内容方面,充分考虑到了新技术、新结构在汽车上的应用,突出介绍了新技术、新结构的专业理论知识和实际操作内容,并具有一定的前瞻性。

本套教材编写大纲由董一民同志执笔,编委会集体审定,人民交通出版社汽车图书编辑部参与了大纲的审定,并对整套教材的内容和编排进行了指导和审定。爱新觉罗·溥新、董一民、巴寅亮、蒋惠宝、陈春明等同志负责对整套教材进行统稿、文字审阅、内容调整和部分增添内容的编写等工作。

本册教材第一篇由黄智刚同志编写,董一民同志主审;第二篇第一章由董宏纪同志编写、邓华鸿同志主审,第二章由龙万春同志编写、巴寅亮同志主审,第三章由艾海提·赛买提同志编写、巴寅亮同志主审,第四章由巴寅亮同志编写、邓华鸿同志主审,第五章由艾海提·赛买提同志编写、巴寅亮同志主审;第三篇第一章由蒋惠宝同志编写、董一民同志主审,第二章由巴寅亮同志编写、邓华鸿同志主审;第四篇第一章由曹兴举同志编写、陈小兵、梁俊麒同志主审,第二章由陈春明、龙万春同志编写,董一民同志主审;第三章由徐燕斌与艾海提·赛买提同志编写、巴寅亮同志主审。

由于时间紧和编者水平所限,本套教材难免出现疏漏和不足,恳请读者批评指正。

汽车驾驶员职业技能培训教材编委会

目 录

第一篇 汽车理论	1
第一章 发动机的工作过程和性能	1
第一节 发动机的实际循环和有效性能指标	1
第二节 发动机的换气过程	4
第三节 发动机的燃烧过程	5
第二章 发动机特性	10
第一节 汽油机特性	10
第二节 柴油机特性	13
第三章 汽车行驶原理	15
第一节 汽车的驱动力	15
第二节 汽车的行驶阻力	18
第三节 汽车的驱动和附着条件	22
第四章 汽车的制动性	23
第一节 制动性的评价指标及制动时的车轮受力	23
第二节 汽车的制动效能及其恒定性	28
第三节 制动时方向的稳定性	30
第四节 前后制动器制动力的比例关系	32
第五章 汽车的稳定性	36
第一节 汽车的纵向和横向稳定性	36
第二节 汽车的转向特性	38
第三节 汽车转向轮的摆振	41
第四节 轿车车轮定位角发展趋势	43
第六章 汽车的通过性和平顺性	45
第一节 汽车的通过性	45

第二节 汽车的平顺性	47
第二篇 汽车电子技术	51
第一章 发动机电控燃油喷射系统	51
第一节 分类及组成	51
第二节 燃油供给系统	53
第三节 进气系统	57
第四节 点火系统	65
第五节 控制系统	71
第二章 自动变速器	87
第一节 自动变速器的结构和工作原理	87
第二节 自动变速器的使用与检查	140
第三章 汽车防抱死控制系统	147
第一节 汽车防抱死系统的结构和工作原理	147
第二节 桑塔纳时代超人、捷达轿车 MK20-I 型 ABS 系统的组成及工作原理	156
第四章 汽车自诊断系统	160
第一节 汽车自诊断系统的基本组成	160
第二节 读取故障码和清除故障码	161
第五章 汽车其他控制系统	165
第一节 汽车电子巡航控制系统(CCS)	165
第二节 汽车防盗系统	167
第三节 电子控制悬架系统	170
第三篇 汽车的检测	181
第一章 汽车性能的检测	181
第一节 汽车排放污染物的检测	181
第二节 汽车动力性及燃油经济性检测	184
第三节 汽车制动性能检测	186
第四节 车轮定位及平衡度的检测	189
第二章 汽车电控系统的检查	194
第一节 常用工具和仪器及检查方法	194
第二节 发动机电控燃油喷射系统的检查	199
第三节 自动变速器电控系统的检查	213
第四节 ABS 系统的检查	219
第四篇 操作技能训练与考核	223
第一章 汽车驾驶操作技能	223
第一节 场地驾驶	223
第二节 道路驾驶	227
第二章 汽车维修操作技能	230
第一节 汽车检测操作技能	230

第二节 汽车维修操作技能	239
第三章 汽车故障诊断与排除	253
第一节 底盘故障的诊断与处理	253
第二节 发动机电控燃油喷射系统常见故障的诊断与排除	258
参考文献	264

第一篇 汽车理论

第一章 发动机的工作过程和性能

第一节 发动机的实际循环和有效性能指标

汽车发动机是一种能量转换工具,它把燃料(汽油、柴油等)燃烧产生的热能转变成机械能,所以发动机也叫做热力发动机(简称热机)。实现能量转变的媒介物质叫工质,工质可以是燃料、空气,或者是两者相混合的混合气体。

在发动机中,能量的转换过程是通过工质(气体)的状态变化来实现的,而气体所处的状态是由其物理特性参数(状态参数)来表述的。

一、发动机的实际循环

1. 实际循环

发动机的工作循环由进气、压缩、燃烧、膨胀、排气五个过程组成。每一循环都从吸入新气开始,经过压缩、燃烧释放出热量,膨胀推动活塞做功,排出废气,再进行下一次循环。整个过程是靠曲轴回转带动活塞往复运动来完成的。

1) 实际循环

研究发动机的实际循环可在 $p-V$ 图(即示功图)上进行。容积 V 是指气缸、活塞、燃烧室之间形成的容积,用横坐标表示。纵坐标代表工质的压力 p 。发动机工作时,气缸内的压力 p 随气缸容积的改变而发生变化。当进行了一个工作循环时,则可在 $p-V$ 图上表示出一根封闭的曲线。如图 1-1-1、图 1-1-2 所示。

图中 V_c 是压缩终点的气缸容积, V_h 为气缸的工作容积, V_a 为气缸总容积。

$r-a$ 段称为进气过程。为了吸入新鲜气体,进气门打开,排气门关闭,进气压力低于大气压。

$a-c$ 段是压缩过程。这时进、排气门均关闭,随着气体体积的减少,气体的压力和温度逐渐增高。

$c-z$ 段是燃烧过程。 c' 点取决于点火或喷油的开始时刻。燃烧后气体压力和温度急剧上升。由于该过程时间很短,所以汽油机的燃烧过程几乎是在容积不变的情况完成的,在 $p-V$ 图上出现凸起的尖顶。柴油机由于燃烧与喷油同时进行,因此活塞下行后燃烧还在进行, $p-V$ 图的峰顶比较圆滑。

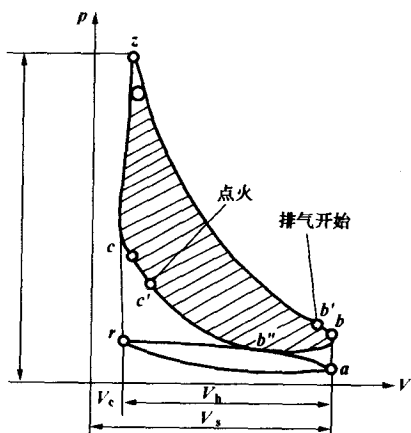


图 1-1-1 汽油机的示功图

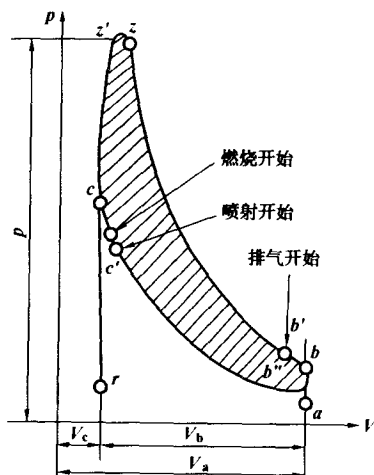


图 1-1-2 柴油机的示功图

$z-b$ 段是膨胀过程。膨胀过程是发动机作功过程。气缸容积增大、气体压力下降。

$b-r$ 段是排气过程。由于排气系统有阻力,排气终了的压力、温度均高于大气压力和温度。排气温度可用作衡量发动机工作好坏的标志,希望排气温度尽可能地低。

2) 循环的指示功

图 1-1-1 或图 1-1-2 中的封闭曲线分别构成了两个封闭面积。上部阴影面积 $b'czbb'$ 表示发动机内工质对活塞做的功,是正功,称为循环的指示功。而下部封闭面积 $brab$ 是进、排气过程消耗的能量,是负功,或称为泵气损失。因此,通过一次循环,发动机所做的有用功应当是上部阴影面积 $b'czbb'$ 与下部面积 $brab$ 之差。如果泵气损失包括在发动机的机械损失内,可以只用阴影部分表示指示功。由此可知, $p-V$ 图中封闭曲线面积的大小可以反映出气体工质对活塞做功的多少。所以称发动机的 $p-V$ 图为示功图。

2. 实际循环的热效率

进入气缸中的可燃工质在压缩行程上止点附近开始着火燃烧,放出热量,使工质的温度和压力急剧升高,工质膨胀,推动活塞移动而转换成机械功。在膨胀行程终了时,工质的压力和温度仍高于大气的压力和温度。这样,就有相当数量的热量通过排气行程排放到大气中去;另一方面,在发动机作功循环中,还有一部分热量通过气缸壁传给冷却系统。因此,在整个实际循环中,工质燃烧放出的热量 Q 不可能全部转换为指示功。所以,发动机实际循环的热效率总是小于 1。发动机实际循环的热效率:

$$\eta_i = W_i / Q$$

式中: W_i ——发动机工作循环的指示功, kJ;

Q ——为得到指示功 W_i 所消耗的燃料的热量, kJ。

上述热效率称为指示热效率。

实际情况表明,发动机的热效率是不高的,它的大致范围是:汽油机 $\eta_i = 0.25 \sim 0.40$, 柴油机 $\eta_i = 0.40 \sim 0.50$ 。

二、发动机的有效性能指标

发动机的性能指标包括指示性能指标和有效性能指标。

发动机的指示性能指标是以工质对活塞做功为基础建立的,用来评定工作循环优劣的指标。上述指示功和指示热效率就是其中的两个。发动机有效性能指标是以曲轴上输出的净功率为基础建立的指标,涉及到整个发动机的工作情况,特别是发动机工作过程中的机械损失。

有效性能指标包括有效功率 P_e (kW)、转矩 T_e (N·m)、平均有效压力 P (kPa)、有效耗油率 g_e (g/kW·h)。

1. 有效功率 P_e

有效功率 P_e 是发动机从曲轴输出的净功率。发动机工作时,运动机件运转时要克服摩擦,如活塞、活塞环与缸壁之间的摩擦,曲轴与轴承之间的摩擦等,都要消耗功率;附件运转,如机油泵、水泵,配气机构、点火装置的驱动机构(汽油机)和喷油泵(柴油机)等也要消耗功率。所有这些损失的功率总和叫做机械损失功率,用 P_m 表示。这样发动机曲轴输出的功率为:

$$P_e = P_i - P_m \text{ kW}$$

P_e 与 P_i 之比称为机械效率,表示成:

$$\begin{aligned} \eta_m &= P_e / P_i \\ &= 1 - P_m / P_i \end{aligned}$$

影响发动机机械效率的主要因素是发动机转速、负荷及润滑油的粘度。

随着发动机转速的提高,活塞运动的平均速度提高,各传动机构摩擦的相对速度增加,摩擦损失增加;转速的提高使曲柄连杆机构的惯性力加大,活塞的侧压力和轴承负荷均增高,摩擦损失也相应增高;同时发动机驱动附件消耗的功率增多。因而发动机转速升高,降低了机械效率。

转速不变,根据机械效率表达式,负荷愈大,指示功率 P_i 愈大,而机械损失功率增加不多,因此负荷愈大机械效率愈高。

润滑油粘度加大,润滑油内部摩擦力增大,机械损失功率变大,机械效率降低。

2. 有效转矩 T_e

从发动机曲轴输出端测得的转矩称为有效转矩,单位为 N·m。它与有效功率 P_e 之间的关系式为:

$$P_e = T_e n / 9550 \quad \text{kW}$$

式中: n ——发动机转速, r/min。

例如,东风 EQ1090 型汽车的发动机在 1200 ~ 1400 r/min 时可测得转矩为 353 ~ 372 N·m。

3. 平均有效压力

发动机在单位气缸工作容积中所作的有效功,称为平均有效压力 p_e 。平均有效压力由下式计算:

$$p_e = 30 \tau P_e / i V_h n \quad \text{kPa}$$

式中： τ ——发动机行程数；

V_h ——每缸工作容积， m^3 ；

i ——气缸数；

P_e ——有效功率， kW ；

n ——发动机转速， r/min 。

平均有效压力愈高，表示发动机单位气缸工作容积中所作的有效功愈大。因此，可用来比较各种不同排量发动机的动力性能。

4. 有效燃料消耗率 g_e

有效燃油消耗率 g_e 是指单位有效功的燃油消耗量，或称有效耗油率，其计算公式是：

$$g_e = 1000 G_T / P_e \quad \text{g/(kW} \cdot \text{h)}$$

式中： G_T ——每小时的燃油消耗量， kg/h ；

P_e ——有效功率， kW 。

g_e 愈小，表示发动机曲轴输出的净功率所消耗的燃料愈少。在汽车使用说明书中通常给出的是发动机的最低燃油消耗率。 g_e 实际上是随发动机的工况而变化的。

5. 标定指标

发动机铭牌上给出的功率、转矩、燃料消耗率等指标就是标定指标。铭牌上所给出的有效功率和有效转矩都是最大值，有效燃料消耗率 g_e 是最小值。

第二节 发动机的换气过程

一、换气过程与配气相位

发动机的排气过程和进气过程称为换气过程。它包括从排气门开启到进气门关闭之间的全过程，如图 1-1-3 所示。换气过程应尽可能排净废气和吸足新鲜空气或混合气。

从图中可以看出，进气持续角大于理论进气行程的曲轴转角（ 180° ），排气持续角大于理论排气行程的曲轴转角（ 180° ）。

配气相位角这样安排有两方面的因素。

其一，气门及其传动机构工作时的速度和加速度以及由此产生的惯性力，对气门机构工作的噪声和使用寿命影响极大。在设计上既要保证气门开启有较大的通气断面，来满足发动机输出功率的需要，又要降低加速度，减小惯性力。因此只有将气门提前开启，滞后关闭，增大

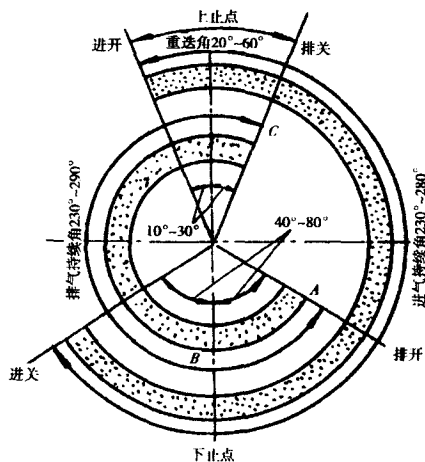


图 1-1-3 配气相位图

进排气门开启的配气相位角。

其二,考虑到气体流动惯性。不论是从气缸内排出的废气还是吸入的新鲜气体,都具有一定的质量,要达到高速度、定向流动,必须有一个过程,来克服气流的惯性,使其流动并加速;或已产生了流动惯性,则可尽量利用其惯性,把缸内残余气体排除或冲走。所以气门的开启需要提前,关闭要推后。

二、充气系数 η_v

在一个循环中,实际充入气缸的空气质量 ΔG (实际充气量)与进气状态下气缸工作容积内能够充入的空气质量 ΔG_0 (理论充气量)之比称为充气系数 η_v 。即:

$$\eta_v = \Delta G / \Delta G_0$$

在换气过程终了,实际充气的压力较进气状态下的气压低,而充气温度却比进气状态下的温度高(因上一循环残余废气和高温机件的加热),因此非增压发动机的充气系数总是小于1的。发动机的充气系数愈高,表示每一循环实际充气量愈多,则所能做的功愈大,发动机的动力性能愈好。所以,提高充气系数是提高发动机动力性能的先决条件。

发动机的充气系数是指节气门全开情况下的充气系数。对于四冲程发动机,油门全开时的充气系数值大致为:

汽油机 0.7 ~ 0.85;

柴油机 0.7 ~ 0.90。

第三节 发动机的燃烧过程

一、汽油机燃烧过程的基本情况

汽油机的燃烧过程分为三个时期:着火延迟期(诱导期),明显燃烧期(速燃期),补燃期(后燃期)。图 1-1-4 所示出汽油机燃烧过程的 $p-\phi$ 示功图。图中 p 为气缸压力, ϕ 为对应的曲轴转角。图中 0° 位置表示压缩行程结束的上止点。

在化油器中形成的可燃混合气在进气行程中被吸入气缸,随之在压缩行程中被压缩,可燃混合气的压力和温度明显提高,为着火燃烧准备了条件。当火花塞跳过火花后,在电极周围局部的混合气形成高温,出现了明亮的火焰中心。但这只是很少量的混合气在着火燃烧,对整个气缸内的压力影响很小,因而气缸内的压力变化情况,仍与单纯因为压缩而压力升高的情况基本一致,这就是着火延迟期。如图中 1~2 之间

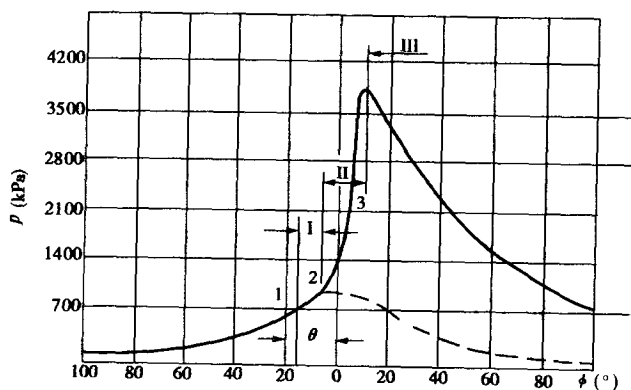


图 1-1-4 汽油机燃烧过程的 $p-\phi$ 示功图

I-着火延迟期;II-明显燃烧期;III-补燃期

1-开始点火;2-形成火焰中心;3-最高压力点

(阶段 I)。

火焰中心形成之后,燃烧发光的区域迅速扩展,混合气逐层燃烧发光,这种现象叫做“火焰传播”。当火焰传播到整个燃烧室时,则缸内混合气全部燃烧,这段过程叫做明显燃烧期。如图中 2~3 之间(阶段 II)。在这段时期,缸内混合气燃烧放热多而且快,所以压力明显上升,出现了很陡的尖峰。从图中可以看出,最高压力出现在上止点后约 $12^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。这个时期是主要燃烧阶段,热量的绝大部分是在这期间放出的,此时缸内压力上升的情况又决定着推动活塞做功的大小,对汽油机的动力性能有重要影响。最高燃烧温度可达 $2200 \sim 2800\text{K}$,最大爆发压力达 $2.9 \sim 4.9\text{MPa}$ 。

在工作循环过程中,由于时间很短,混合气中汽油蒸发不良以及与空气混合不均匀,部分颗粒较大的燃油滴在火焰前锋面掠过后,处在表层的燃油被燃烧。尚有少量未被燃烧的部分在膨胀过程中继续燃烧,这段燃烧过程称为补燃期,如示功图中阶段 III 所示。

由于补燃期间气缸容积已明显增大,燃烧放出的热量产生的压力比明显燃烧期低得多,热量不能充分地转变为功,反而使排气温度上升和热量通过缸壁被冷却水带走,因此应尽量减少补燃期。

以上是汽油机的正常燃烧过程。汽油机的不正常燃烧包括爆燃和表面点火。

爆燃是汽油机的一种不正常燃烧现象。它是火焰传播还没有达到燃烧室的末端前,末端的部分未燃混合气内部出现了多个自发的火焰中心。这些火焰扩展速度很高,比电火花点火后的正常火焰传播速度快几十倍,使得这部分的压力急剧上升,比其它部分高得多。由于各部分的压力差别,则产生冲击波,撞击燃烧室壁和活塞顶部,使之振动而发出尖锐的金属敲击声。所以爆燃也叫爆震。爆燃时的示功图如图 1-1-5 所示。

爆燃造成的局部高温,使热分解现象严重,出现了不能燃烧的游离碳及一氧化碳、氢、氧等,膨胀过程的补燃加强,造成发动机输出功率下降,发动机过热,油耗率增加。严重的爆燃是有害的。强烈的爆燃使活塞、连杆、曲轴、轴瓦等机件负荷大增,甚至引起活塞顶和气门的烧蚀。

如果在发动机关闭点火开关之后,发动机继续运转,这是表面点火现象。造成这种现象是燃烧室内局部机件过热或高温积炭将混合气点火而引燃的。表面点火可能发生在正常点火之前,这称之为早燃,反之称为后燃。后燃可能会引起爆震。

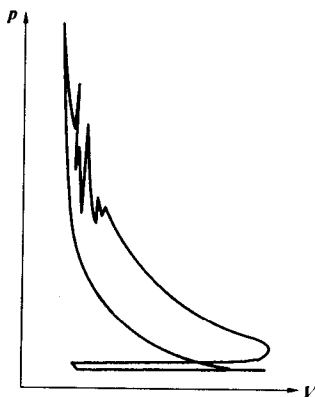


图 1-1-5 汽油机爆燃的示功图

二、影响汽油机燃烧过程的主要因素

1. 混合气浓度

混合气浓度影响到着火延迟期和火焰传播速率。当过量空气系数 $\alpha = 0.85 \sim 0.95$ 时,燃烧火焰传播速率最快,燃烧速率最高。由于燃烧在短期内完成,压力峰值最高,发动机的功率最大,这种混合气称为功率混合气。当 $\alpha = 1.05 \sim 1.15$ 时,燃烧速率减慢,但燃烧最完全、最经济,这种混合气叫经济混合气。最近发展的稀薄燃烧技术, α 值可以进一步增大,燃烧也更充分,发动机的经济性可以进一步提高。

2. 点火提前角

点火提前角过大,压力升高过快,压缩行程消耗的功过多,有效功率下降,爆燃的可能性增大。点火提前角过小,最高压力下降,由于燃气与气缸的接触面积增大,传给冷却水的热量增多;同时因膨胀不完全使排气温度较高。这些都造成了较大的热损失,甚至引起发动机过热。

3. 转速

当在高转速运转时,进气系统的流速增大,压缩行程活塞的挤气作用加强,涡流加强,有利于混合气的混合均匀;燃烧速率有所提高,燃烧时间缩短。因此在高速时爆震的可能性减小。但是,由于转速提高后,燃烧过程所占的曲轴转角相应增加,因此点火提前角也应相应增大,以便保证点火提前时间不会减小太多。

4. 负荷

当发动机在小节气门开度情况下工作时,气缸内残余废气的比例较大,燃烧速度减慢,燃烧过程时间加长。因此,当负荷小时,点火提前装置应增大。由于低负荷时,节气门开度小,进气量少,燃烧速度和压力相对来说较低,自燃不易产生。因此低负荷时,爆燃的可能性也小。

表 1-1-1 对转速和负荷对燃烧过程的影响作了比较。

转速和负荷对燃烧过程的影响

表 1-1-1

	点火提前角	爆燃可能性		点火提前角	爆燃可能性
转速高	大	小	负荷大	小	大
转速低	小	大	负荷小	大	小

发动机冷却水温度应控制在 $80 \sim 95^{\circ}\text{C}$ 之间。高温易产生爆燃、早燃,使功率下降。低温增加了冷却的热损失,热效率降低,功率下降,加剧机件磨损。

提高压缩比可以有效地提高发动机的热效率。压缩比提高后,压缩终了的压力、温度均提高,加快了燃烧速度。但压缩比提高后,爆燃的倾向也提高了。爆燃是限制压缩比提高的一个重要因数。

对于高压压缩比的轿车,为了防止爆燃,往往采用结构紧凑的楔形燃烧室,它可以减小火焰传播距离。为了增大火焰的传播速度,进气口的布置和燃烧室的形状应能保证在燃烧室内产生适当的进气涡流和挤气涡流。

三、柴油机的燃烧过程

1. 柴油机燃烧过程的基本情况

柴油机的燃烧过程分为四个时期:着火延迟期、速燃期、缓燃期、补燃期。柴油机的 $p-\phi$ 示功图如图 1-1-6 所示。

从开始喷油到柴油着火使气缸压力开始急剧上升而与压缩压力曲线分开时止,这一段曲轴转角叫做着火延迟期,如图 1-1-6 中的 1~2 段。喷入的燃油经过雾

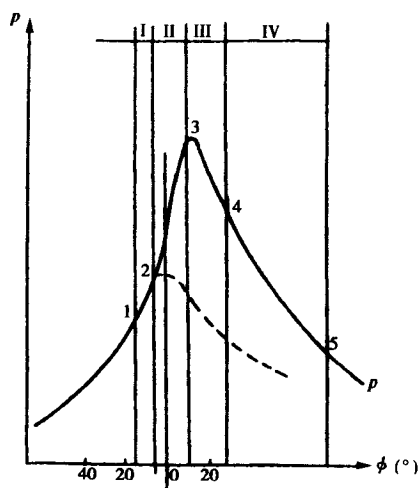


图 1-1-6 柴油机的 $p-\phi$ 示功图

化、吸热、蒸发、扩散,并与空气混合后才能自燃着火。着火延迟期的长短取决于燃烧室混合气的温度。

柴油机的混合气是自燃着火的,燃烧室内混合气几乎是同时着火。因此在速燃期压力升高率很大,这就是柴油机工作粗暴的原因。着火延迟期愈长,在着火前燃烧室内积累的柴油愈多,工作愈粗暴。图 1-1-6 中 2~3 段是速燃期,其最高燃烧温度可达 1800~2200K,最大爆发压力达 4.9~8.8MPa。

3~4 段是缓燃期,喷油和燃烧同时进行。由于活塞下行,容积不断增大,工质压力变化不大。

4~5 段即为补燃期,过程进行到 5 点燃烧过程结束。补燃期是在膨胀过程中燃烧,已不再喷油,压力大大下降,通过缸壁较大面积将热量传给冷却水,因此应尽量减少补燃。喷油器断油不干脆会延长补燃期。

柴油机不能像汽油机那样,在燃烧前就提供了混合均匀的可燃混合气。其大部分柴油是在一边喷射,一边燃烧。喷油器喷射的细小油滴需要时间蒸发和与空气混合,实际混合时间只有 0.001~0.004s。特别在大负荷情况下,供油量多,与空气的混合极不均匀,在高温缺氧下燃烧,产生细小的炭粒,形成黑烟。减小循环供油量可以减少冒烟,但最大输出功率要下降。

2. 影响燃烧过程的因素

1) 喷油提前角

如果喷油提前角过大,压缩气体的压力和温度都不很高,不能很好地组织燃烧,着火延迟期长,工作粗暴;若喷油提前角过小,燃烧过程拉长,造成补燃量增加,功率下降,发动机过热。

2) 负荷与转速

负荷增加,供油量也增加,过量空气系数 α 相对减少。在单位容积内混合气燃烧放出的热量增加,着火延迟期缩短,因此发动机工作柔和。负荷过大, α 值过小,造成燃烧不良,补燃期加长,废气中出现炭烟,排气温度过高,经济性大大下降,且直接影响发动机寿命。当柴油机怠速运转时,压缩终了的空气温度低,着火延迟期加长。因此压力升高率较大,产生较强的敲缸声,工作粗暴。

发动机转速的提高加强了进气涡流,同时喷油压力也相应提高,使燃料的雾化和与空气的混合得到改善,因而着火延迟期(以时间计)缩短。但是以曲轴转角计,着火延迟期则可能随转速的升高而增加。

3) 燃烧室的形式

对于柴油机来说,燃烧室的结构对燃烧过程有重大影响。燃烧室的结构分为直接喷射式燃烧室和分隔式燃烧室。分隔式燃烧室又分为涡流室式燃烧室和预燃室式燃烧室。如图 1-1-7、图 1-1-8、图 1-1-9 所示。

直接喷射式燃烧室结构比较简单紧凑,散热面积小,低温起动性能好,是最省油的。图 1-1-7 所示为 ω 浅形燃烧室。直喷式对喷油器的喷射质量要求较高,同时要有较强

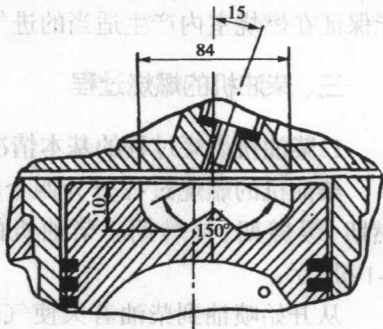


图 1-1-7 135 系列柴油机用 ω 型燃烧室

的进气涡流才能使混合气得以迅速形成而使燃烧良好。

预燃室式燃烧室被分隔为预燃室和主燃烧室,两室有小通道相通。预燃室式是在压缩过程中,在预燃室内形成强烈的无组织的紊流运动,使空气与一部分雾化的油混合。着火燃烧后,预燃室压力、温度迅速升高,室内的混合气高速喷入主燃烧室,再次形成很强的燃烧涡流(或称二次涡流),使大部分燃油在主燃烧室中迅速混合和燃烧。但是,由于气体流动损失和传热损失都较大,故油耗高、经济性差,且低温起动较困难。因此一般在预燃室内设置预热塞,以改善起动性能。

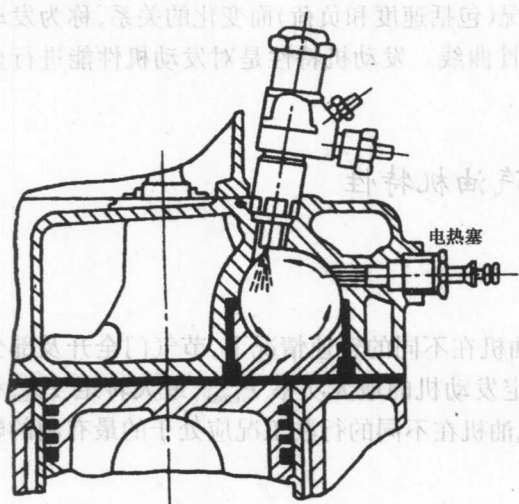


图 1-1-8 涡流室式燃烧室

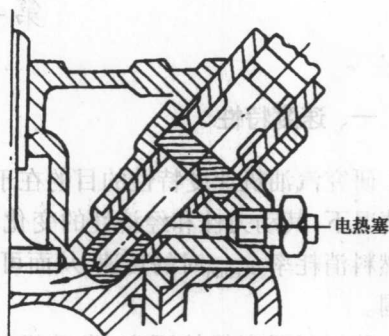


图 1-1-9 汽车柴油机用预燃室式燃烧室

涡流室式燃烧室的结构不同于预燃室式,涡流室与缸盖是一个整体。涡流室的形状大多是球形。涡流室是依靠强烈的有组织的压缩涡流运动使室内的燃料和空气首先混合,在着火燃烧后,涡流室内的燃气压力、温度迅速升高,室内燃气带着未燃的燃油、空气一起经过通道流入主燃烧室,借助于活塞顶上的浅槽形成二次涡流,加速燃油与主燃烧室中空气的混合。

由于涡流室式与预燃室式有上述差异,涡流室式的热效率、经济性和起动性能比预燃室式稍好。但工作不如预燃室式柔和,噪声也较大,对燃料喷射要求也较高。

柴油机由于雾化混合时间很短,在大负荷工作时容易冒黑烟。柴油机燃烧室的形状决定柴油机的经济性、起动性和工作粗暴性。这是柴油发动机的工作特点。

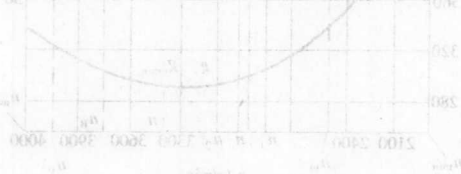


图 1-1-10 柴油机的性能曲线

柴油机的工作过程可以分为四个阶段:进气、压缩、燃烧和排气。在进气阶段,活塞下行,进气门打开,新鲜空气进入气缸。在压缩阶段,活塞上行,压缩空气,温度升高。在燃烧阶段,燃油喷入气缸,与压缩空气混合并燃烧,产生高压气体推动活塞下行。在排气阶段,活塞上行,排气门打开,废气排出气缸。柴油机的性能受到多种因素的影响,包括燃油品质、进气量、压缩比等。通过优化燃烧室形状和喷油系统,可以提高柴油机的效率和降低排放。