

职业技能培训教材
ZHIYEJINENGPEIXUNJIAOCAI

汽车维修工 实训教程

QICHE WEIXIUGONG
SHIXUN JIAOCHENG

(技师)



中国劳动社会保障出版社

职业技能培训教材

汽车维修工实训教程

(技师)

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车维修工实训教程(技师)/阳小良、谭本忠主编. —北京:中国劳动社会保障出版社,
2008

职业技能培训教材

ISBN 978-7-5045-6768-0

I. 汽… II. ①阳…②谭… III. 汽车-车辆修理-技术培训-教材 IV. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 075163 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码:100029)

出 版 人 : 张梦欣

*

北京谊兴印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 7.25 印张 165 千字

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

定价:16.00 元(含光盘)

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址:<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

前 言

为适应我国汽车技术发展和汽车维修行业的需求，根据国家职业标准的有关规定，结合汽车维修技术人员培训考核的实际，我们编写了汽车维修工实训教程，分为中级、高级、技师三册。

每本教材均分为应知理论和应会技能两大部分。在介绍典型车型、成熟技术的基础上，我们尽可能多地引入汽车新技术、新车型，并且按照中级、高级、技师维修人员的知识技能要求进行合理安排，坚持理论为技能服务的原则，努力形成贴合岗位实际的中级、高级、技师知识技能培训梯度。同时，为便于教师教学及学员学习，每本教材都有配套的多媒体光盘，光盘包括视频教程、题库、模拟测试三部分内容。视频教程对主要技能操作项目进行视频演示，帮助学员更好地掌握操作技能；题库涵盖相应等级职业技能鉴定理论知识要求的内容和题型，帮助学员更好地掌握理论知识；模拟测试则可以有效地帮助学员进行自我检测，更好地适应职业技能鉴定考核的要求。

《汽车维修工实训教程》技师分册在应知理论中介绍了汽车发动机性能指标、汽车动力性等汽车基础理论知识，同时增加了对汽车可变气门控制系统 VTEC、发动机微机控制点火系统、发动机废气涡轮增压系统、自动变速器的结构和工作原理、汽车巡航系统、防盗系统以及汽车电控空调系统等新技术的介绍。此外，根据国家职业技能技师鉴定要求，专门介绍了技术论文写作，并给出了论文范文。在应知技能中主要介绍了发动机可变气门控制系统的检测、涡轮增压系统的检测以及自动变速器、电控悬架、自动空调的维修检测方法。

该实训教程适合于汽车维修行业维修人员技师培训使用，也可作为职业技术学院汽车专

业技师培训实训用教材，或作为汽车维修人员自学用书。

本教程由广州市凌凯汽车技术开发有限公司汽车职业教材研究中心编写，参加编写的人员有阳小良、谭本忠、宁海忠、于海东、韦立彪、蔡永红、钟利兰、李智强、王永贵、谭秋平、李黎明、刘青山、张士彬、李杰；其中阳小良、谭本忠为主编，胡欢贵主审。

汽车职业教材编写组

目 录

应知理论

(一) 汽车基础知识 1

- 鉴定知识 1 汽车发动机的性能指标 1
- 鉴定知识 2 汽油发动机的燃烧过程 4
- 鉴定知识 3 柴油发动机的燃烧过程 8
- 鉴定知识 4 汽车的动力性 10
- 鉴定知识 5 汽油机对燃烧供给系的基本要求 11

(二) 汽车专业知识 13

- 鉴定知识 1 车辆 VIN 码识别 13
- 鉴定知识 2 可变气门控制系统 VTEC 15
- 鉴定知识 3 微机控制点火系统 18
- 鉴定知识 4 废气涡轮增压系统 20
- 鉴定知识 5 液力偶合器和液力变矩器 23
- 鉴定知识 6 自动变速器行星齿轮机构传动方式 24
- 鉴定知识 7 自动变速器换挡执行机构 28
- 鉴定知识 8 自动变速器控制开关结构及原理 31
- 鉴定知识 9 自动变速器换挡过程 33
- 鉴定知识 10 自动变速器传感器的结构及原理 38
- 鉴定知识 11 汽车巡航系统的功能 41
- 鉴定知识 12 汽车巡航系统的组成 42
- 鉴定知识 13 汽车防盗系统 46
- 鉴定知识 14 汽车电控自动空调系统 47
- 鉴定知识 15 自动空调电控系统 50
- 鉴定知识 16 汽车空调取暖系统 66

(三) 技术论文的写作 70

- 鉴定知识 1 技术论文写作要求 70
- 鉴定知识 2 论文撰写程序与准备工作 71
- 鉴定知识 3 论文的选题和格式要求 72
- 鉴定知识 4 撰写论文 73

应会技能

(一) 发动机的检测 80

- 鉴定技能 1 可变气门控制系统的检修
(以本田雅阁为例) 80
- 鉴定技能 2 涡轮增压系统的检修 (以依维柯
SOFIM8140.27S 发动机为例)
..... 83

(二) 底盘部件的检测 86

- 鉴定技能 1 自动变速器的分解和组装 86
- 鉴定技能 2 液力变矩器的检修 89
- 鉴定技能 3 自动变速器油泵的检修 89
- 鉴定技能 4 自动变速器打滑故障诊断与
排除 90
- 鉴定技能 5 自动变速器起步困难故障诊断
与排除 91
- 鉴定技能 6 节气门拉索的检查与调整 91
- 鉴定技能 7 挡位开关的检查与调整 92
- 鉴定技能 8 电控悬架故障码的读取 93

(三) 电器系统的检测 95

- 鉴定技能 1 自动空调自诊断 95
- 鉴定技能 2 自动空调电气元件的检修 100
- 鉴定技能 3 空调常见故障诊断 106

应知理论

(一) 汽车基础知识

鉴定知识 1 汽车发动机的性能指标

鉴定要求：了解发动机的性能指标有哪些

衡量汽车发动机性能的主要指标有动力性能指标、经济性能指标、运转性能指标、可靠性与耐久性指标等。

1. 动力性能指标

(1) 有效转矩

发动机曲轴输出的平均转矩称为有效转矩，以 T_e 表示，单位为 $N \cdot m$ 。有效转矩与外界施加于发动机曲轴上的阻力矩相平衡，它可以用发动机台架试验方法测得。

(2) 平均有效压力

平均有效压力指单位气缸工作容积所输出的有效功，以 P_{me} 表示，单位为 kPa 。平均有效压力越大，汽车发动机动力性能越好。

(3) 有效功率

发动机曲轴输出的功率称为有效功率，用 P_e 表示，单位为 kW 。它等于有效转矩与曲轴角速度的乘积，即

$$P_e = T_e \frac{2\pi n}{60} \times 10^{-3} = \frac{T_e n}{9550}$$

式中 T_e ——有效转矩 ($N \cdot m$)；

n ——曲轴转速 (r/min)。

发动机制造厂按国家规定标定的有效功率，称为标定功率。在以标定功率运行时的发动机转速称标定转速。发动机铭牌上标明的功率就是标定功率。

标定功率是根据发动机用途、使用特点以及连续运转时间来确定的，各个国家有所不同。我国内燃机标定功率分为四级，见表 1—1—1。

发动机还常用升功率 P_c (单位为 kW/L) 比较不同发动机动力性能。它是指发动机在标定工况下每升气缸工作容积所发出的有效功率，即

$$P_c = \frac{P_e}{V_{si}}$$

式中 V_s ——气缸工作容积 (L)；

i ——发动机气缸数量。

表 1—1—1 我国内燃机标定功率划分

类 别	内 容	适 用 范 围
15 min 功率	在标准环境条件下，内燃机能连续稳定运转 15 min 时的最大有效功率	汽车等
1 h 功率	在标准环境条件下，内燃机能连续稳定运转 1 h 时的最大有效功率	工程机械、拖拉机等
12 h 功率	在标准环境条件下，内燃机能连续稳定运转 12 h 时的最大有效功率	部分拖拉机和电站等
持续功率	在标准环境条件下，内燃机能长期连续稳定运转的最大有效功率	铁路机车、船舶和发电机组等

可见，升功率越大，发动机动力性能越好。

2. 经济性能指标

(1) 燃油消耗率

每小时单位有效功率消耗的燃油量称为燃油消耗率，用 b_e 表示，单位为 $g/(kW \cdot h)$ 。

其可按下式计算：

$$b_e = \frac{B}{P_e} \times 10^3$$

式中 B —— 发动机每小时消耗的燃油质量 (kg/h)；

P_e —— 发动机的有效功率 (kW)。

(2) 有效热效率

燃料中所含的热量转变为有效功的比例称为有效热效率，用 η_e 表示。

$$\eta_e = \frac{W_e}{Q_1}$$

式中 W_e —— 发动机有效功 (kJ)；

Q_1 —— 燃料中所含的热量 (kJ)。

当测得发动机有效功率 P_e 和每小时消耗的燃油质量 B 时，则

$$\eta_e = \frac{3.6 \times 10^3 P_e}{B H_u}$$

或

$$\eta_e = \frac{3.6 \times 10^6}{b_e H_u}$$

式中 H_u —— 燃料低热值 (kJ/kg)。

现代汽车汽油机 η_e 值一般为 0.30 左右，柴油机为 0.40 左右。

3. 运转性能指标

发动机的运转性能指标主要指排放指标、噪声、起动性能等。

(1) 排放指标

发动机的排气中含有多种对人体有害的物质，主要有一氧化碳 (CO)、碳氢化合物 (HC)、氮氧化物 (NO_x)、光化学烟雾、二氧化硫 (SO₂)、醛类和微粒 (含碳烟) 等。其主要危害见表 1—1—2。

(2) 噪声

噪声是发动机工作时发出的一种声强和频率无一定规律的声音，主要有燃烧噪声和机械

表 1—1—2 发动机主要有害排放及其危害

类 别	性 质	危 害
CO	无色、无臭、有毒气体	使人出现恶心、头晕、疲劳等缺氧症状，严重时会使入窒息死亡
NO ₂	赤褐色、带刺激性的气体	伤害心、肝、肾，与光化学反应形成臭氧和醛等
HC	刺激性的气体	破坏造血机能，造成贫血、神经衰弱，降低肺对传染病的抵抗力，与光化学反应形成臭氧和醛等
光化学烟雾	HC 与 NO _x 在阳光作用下所形成的烟雾，有刺激性	降低大气可见度，伤害眼睛、咽喉，影响植物生长
SO ₂	无色、刺激性气体	刺激鼻喉，引起咳嗽、胸闷、支气管炎等
醛类	较强的刺激性臭味	伤害眼睛、上呼吸道、中枢神经
微粒	碳烟等	伤害肺组织

噪声。它不仅损害人的听觉器官，还伤害神经系统、心血管系统、消化系统和内分泌系统，容易使人性情烦躁，反应迟钝，甚至耳聋，诱发高血压和神经系统的疾病。汽车是城市主要噪声源之一，发动机又是汽车的主要噪声源，应坚决予以控制。我国噪声标准中规定，小型水冷式汽油机噪声不大于 110 dB（A），轿车的噪声不大于 82 dB（A）。

(3) 起动性能

起动性能是表征发动机起动难易程度的指标。发动机起动性能好，便于汽车起步行驶，同时减少了起动时的功率消耗和发动机的磨损。

起动性能一般以一定条件下的起动时间长短来衡量。国家规定，不采用特殊的低温起动措施，汽油机在-10℃、柴油机在-5℃以下的气温条件下起动，能在 15 s 以内达到自行运转。

4. 可靠性与耐久性指标

可靠性与耐久性也是汽车发动机使用中的两个重要指标。

(1) 可靠性

可靠性是指发动机在规定的运转条件下，具有持续工作、不致因为故障而影响正常运转的能力。一般以保证期内的不停车故障数、停车故障数、更换主要零件和重要零件数等具体指标来衡量。按照汽车发动机可靠性试验方法的规定，我国汽车发动机应能在标定工况下连续运行 300~1 000 h。

(2) 耐久性

耐久性是指发动机在规定的运转条件下，长期工作而不进行大修的性能。一般以发动机从开始使用到第一次大修前累计运转的时间表示。

上述发动机的动力性能指标、经济性能指标、运转性能指标、可靠性与耐久性等指标，对不同用途的发动机要求是不同的。

鉴定知识 2 汽油发动机的燃烧过程

鉴定要求：1. 了解正常燃烧与不正常燃烧的概念及过程
2. 理解影响燃烧过程的因素

一、汽油机的着火

汽油和空气的可燃混合气，必须经过着火阶段才能进行燃烧。所谓着火，是指混合气的氧化反应加速、温度升高，以致引起空间某一位置最终在某一时刻有火焰产生的过程。汽油机采用电火花点火的方式使可燃混合气着火。点火成功与否，和混合气浓度有很大关系。当混合气过浓或过稀时，在电火花跳过后，并不能形成火焰中心，也没有火焰传播。这两个界限的混合气浓度，称为着火界限。因此，为了保证混合气的正常燃烧，必须使混合气浓度在着火界限的范围内。用过量空气系数 α 来表示可燃混合气浓度，则混合气的着火界限为下限 $\alpha=0.5$ ，上限 $\alpha=1.3$ 。

二、正常燃烧过程

电火花点燃可燃混合气，形成火焰中心，并且火焰中心按一定速率（一般为 $30\sim 60\text{ m/s}$ ）连续地传播到整个燃烧室。在此期间火焰传播的速率、火焰前锋的形状均无急剧变化，这种燃烧称为正常燃烧。

通常用展开示功图来分析燃烧过程进行的情况。展开示功图的横坐标为曲轴转角 ϕ ，纵坐标为气缸内气体压力 P ，也称为 $P-\phi$ 图。如图 1—1—1 所示，图中实线表示点火后气缸压力变化的情况，虚线表示不点火时的情况。根据压力变化的特征，可将燃烧过程分为以下三个阶段。

1. 着火延迟期

火花放电（点 1）后，需要经过一定的时间才能形成火焰中心（点 2），这段时期称为着火延迟期。在着火延迟期中，仅在混合气的局部有热量放出和积累（火花塞电极附近的较小范围内），对整个气缸的压力影响很小。因此，气缸压力较压缩终了压力无明显变化。着火延迟期的长短与下列因素有关：

（1）燃料本身的物理化学性能。

（2）压缩终了混合气的温度和压力。压缩比越大，点火开始时缸内压力、温度越高，着火延迟期越短。

（3）混合气成分。试验表明汽油与空气的混合气在 $\alpha=0.8\sim 0.9$ 时，着火延迟期最短。

（4）缸内残余废气多会使着火延迟期变长。

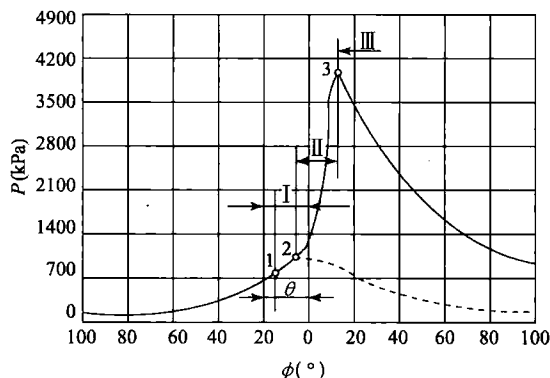


图 1—1—1 汽油机的燃烧过程

I—着火延迟期 II—急燃期 III—补燃期

θ —点火提前角 1—开始点火 2—形成火焰中心 3—最高压力点

(5) 火花能量。提高放电功率能有效地缩短着火延迟期。

2. 急燃期 (见图 1—1—1)

从火焰中心形成 (点 2) 至火焰传播到整个燃烧室, 缸内压力达最大值 (点 3), 这段时期称为急燃期。

火焰中心形成以后, 火焰前锋开始层层向周围混合气传播, 缸内压力迅速上升 (如图 1—1—1 中从 2 点开始脱离压缩线上升), 不久达到最大值 (点 3)。这时火焰扩展到整个燃烧室, 绝大部分混合气燃烧完毕, 燃料热能的绝大部分在这一阶段放出, 它是燃烧期的主要阶段。这一阶段的燃烧对发动机性能影响很大。一般用平均压力升高率来说明缸内压力升高的急剧程度, 平均压力升高率 $\Delta P / \Delta \phi$ 是指单位曲轴转角的气缸压力升高量, 即

$$\frac{\Delta P}{\Delta \phi} = \frac{P_3 - P_2}{\phi_3 - \phi_2}$$

式中 P_3 、 P_2 ——急燃期终点和起点的气体压力 (kPa);

ϕ_3 、 ϕ_2 ——急燃期终点和起点相对于上止点的曲轴转角 ($^\circ$)。

$\Delta P / \Delta \phi$ 与火焰传播速度有关, 火焰传播速度增大时, 燃烧速度增大, $\Delta P / \Delta \phi$ 也随之增大。但若 $\Delta P / \Delta \phi$ 过大, 会产生较大的噪声、振动, 发动机工作粗暴。所以应在保证工作柔和的前提下, 加快燃烧速度。

3. 补燃期 (见图 1—1—1)

从最高燃烧压力 (点 3) 到燃料基本上完全燃烧的阶段, 称为补燃期。由于混合气中燃料与空气混合不均, 有少量在急燃期内未完全燃烧的燃料将继续燃烧, 以及高温分解的燃烧产物等重新氧化放热而形成补燃。补燃产生在活塞远离上止点、燃烧室容积明显增大的情况下, 产生的热量不能有效地转变为机械功, 还会使排气温度上升, 热效率下降, 因此, 应尽量减少补燃期。

三、不正常燃烧

汽油机的不正常燃烧主要是爆燃燃烧和表面点火。

1. 爆燃燃烧

在火花点火的发动机中, 如提高压缩比或点火过早, 就会在气缸内产生急剧燃烧, 发出一种金属敲击声, 这就是爆燃。汽油机爆燃时常见的外部特征有:

- (1) 发出金属敲击声 (敲缸)。
- (2) 在轻微爆燃时, 发动机功率略有增加; 在强烈爆燃时, 发动机功率下降、运转不稳、转速下降、耗油率上升、发动机有较大振动。
- (3) 发动机过热, 气缸盖、冷却液、润滑油温度上升。
- (4) 爆燃加剧时, 排气管冒黑烟。
- (5) 发动机磨损严重。

汽油机的爆燃是由于燃烧室内末端 (相对于火花塞位置而言) 混合气在火焰前锋尚未到达之前产生的自燃现象。在气缸内火焰传播的过程中, 处于最后燃烧位置的那部分混合气, 在压缩终了高温的基础之上, 进一步压缩, 并受到热辐射的作用, 加速了其反应速度。如果

在火焰前锋未到达之前,这部分气体已达到自燃条件,则在其内部最适宜发火的部位产生一个或数个火焰中心,引发爆炸式的燃烧反应,发出尖锐的金属敲击声。

所以,任何促使末端混合气温度升高的因素(如增大压缩比、进气温度高等),以及任何促使末端混合气反应时间增长的因素(如转速下降等)或点火过早,都会诱发爆燃。

2. 表面点火

在火花点火的发动机中,凡是不依靠电火花点火,而是由炽热表面(如过热的火花塞绝缘体、电极、排气门、燃烧室内炽热积炭等)点燃混合气而引起的不正常燃烧,都叫做表面点火。一般把不伴随爆燃的表面点火,称为非爆燃性表面点火;表面点火后引起的爆燃现象,称为爆燃性表面点火。

(1) 非爆燃性表面点火

产生在正常火花点火之前的表面点火叫做早火;产生在正常火花点火之后的表面点火叫做后火。

1) 早火:炽热点温度较高时,在电火花正常点火之前,炽热点就点燃混合气,称为早火。由于混合气在进气及压缩冲程中就长期受到炽热表面的加热,所以早火点燃的区域比较大,点火之后的火焰传播速率较高,产生了较高的压力和温度,造成压缩功过大,导致功率损失。同时增大了向气缸壁的传热,这又进一步促使炽热点的温度升高,更早点燃混合气。单缸机上的早火,往往导致停车;多缸汽油机上一个气缸的早火,虽不至于停车,但由于被其他缸拖动运转,点火会越来越早,最终可能导致气门、火花塞、活塞等零件过热,以及活塞连杆组机械损伤。

2) 后火:电火花点火之后,在火焰传播过程中,炽热点点燃其余混合气,而此时形成的火焰前锋仍以正常速度传播,称为后火。这种现象发生在发动机熄火后,此时发动机仍像有电火花点火一样,继续运转,直到炽热点温度下降以后,才停车。后火对发动机影响不大。

非爆燃性表面点火,大体是在发动机高速、高负荷长时间运转后,由火花塞绝缘体、电极或排气门高温引起的。

(2) 爆燃性表面点火

它是由燃烧室内沉积物引起的多点点燃的早火现象,常在发动机怠速或低负荷运转时发生,是一种危害性最大的表面点火现象。出现爆燃性表面点火时,混合气剧烈燃烧,压力升高率和最高燃烧压力急剧上升。试验表明,此时压力升高率为正常燃烧的5倍,最高燃烧压力为正常燃烧压力的150%,气缸内的高温、高压又触发爆燃的产生,发出强烈的震动声。

爆燃和表面点火是两种完全不同的不正常燃烧现象。爆燃是在电火花点火后,混合气未燃部分的自燃现象;而表面点火则是炽热物点燃混合气所致。但两者之间存在着互相促进的关系:强烈的爆燃,必然增加向缸壁的传热,促使燃烧室内炽热点的形成,导致表面点火;而早火又使气缸压力升高率和最高燃烧压力增大,使混合气受到较大的压缩和加热,因而促使了爆燃的发生。

四、影响燃烧过程的因素

1. 点火提前角

混合气在发动机内完全燃烧需要一段时间,为使热效率充分发挥,必须在活塞越过上止

点后 $12^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 曲轴转角时, 混合气正好全部燃烧, 出现最高压力点, 因此点火时间必须适当提前。

点火提前角过小, 燃烧过程是在容积不断增大的膨胀过程中进行, 结果导致发动机过热, 功率下降, 耗油量增加。点火提前角过大, 则在压缩过程后期燃烧的燃料量增多, 使压力升高率增大, 消耗的压缩功增加, 最高燃烧压力较高, 加重了零件的机械负荷, 同样会使发动机过热, 功率下降, 爆燃倾向加大, 耗油量增加。

因此, 只有选择合适的点火提前角, 才能得到合适的压力升高率。最高压力出现在上止点后 $12^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 曲轴转角, 此时发动机运转平稳, 功率最大, 有效耗油率最低, 该工况下的点火提前角称为最佳点火提前角。最佳点火提前角并非是一个定值, 发动机在不同的转速、不同的节气门开度和不同技术状况下, 最佳点火提前角也不同。在点火与汽油喷射结合的电控系统中, 电控的点火系统能保证发动机在任意运行工况下都能获取最佳的点火提前角, 因而使发动机具有最佳性能。

2. 燃料性质

在燃料的各种性质中, 汽油的抗爆性对燃烧过程的影响最大。汽油的辛烷值越高, 其抗爆性越好, 使发动机有可能采用较高的压缩比, 有利于提高发动机的热效率。

3. 混合气浓度

当 $\alpha=0.85\sim 0.95$ 时, 火焰传播速度最高, 燃烧速率最大, 燃烧最高温度和压力都提高, 这时, 循环指示功最大, 这样的混合气称为功率混合气, 但其爆燃倾向大, 有效耗油率较高。

当 $\alpha=1.05\sim 1.15$ 时, 燃油消耗率最低, 称为经济混合气。在功率混合气和经济混合气之间范围内的混合气是汽油机常用的混合气, 可以获得较好的动力性和经济性。

4. 负荷

(1) 对着火延迟期的影响

在一定转速下, 发动机负荷减小时, 节气门开度关小, 进入气缸的新鲜混合气数量减少, 残余废气量相对增多, 此时燃烧室壁面温度较低, 使着火延迟期延长。因此就要求加大点火提前角。可用真空式点火提前调节装置, 或由电控的点火系统自动调节。

(2) 对爆燃的影响

负荷减小时, 由于残余废气的稀释作用增加, 气缸内的温度、压力下降, 火焰传播速度下降, 燃烧的最高温度、压力下降, 爆燃倾向减小。

5. 压缩比

压缩比增大时, 气缸内的温度、压力上升, 可使火焰传播速度加快, 燃烧产物的膨胀比增大, 使热效率提高。提高压缩比可以有效地改善汽油机部分负荷时的经济性, 还能扩大火焰传播界限, 便于采用稀混合气。

6. 燃烧室结构

燃烧室结构对火焰传播速度、爆燃、散热损失及充气效率均有较大影响。为使汽油机的动力性高、经济性好、工作柔和、燃烧正常、排气污染小, 对燃烧室有这样的要求: 燃烧室结构要尽量紧凑; 燃烧室容积分布要合理; 燃烧室要便于安排较大的进气通道面积, 减少进

气阻力；要产生适当的进气扰流、压缩扰流和燃烧扰流；火花塞的位置要适当；末端混合气要有适度的冷却。

鉴定知识 3 柴油发动机的燃烧过程

鉴定要求：1. 理解柴油机燃烧过程

2. 了解影响柴油机燃烧过程的因素

一、柴油机燃烧过程

根据展开示功图上气缸压力的变化特征，柴油机的燃烧过程划分为四个阶段，如图 1—1—2 所示。

1. 着火延迟期

如图 1—1—2 所示，从喷油开始（点 1）到气缸压力脱离压缩线开始急剧上升（点 2）为止，这一阶段称为着火延迟期。

在压缩过程接近终了的上止点前点 1，柴油喷入气缸，此时缸内温度虽然远高于燃料在当时压力下的自燃温度，但并不能马上着火，而需经历一系列的物理、化学变化，直到点 2 才开始着火、燃烧，致使缸内压力、温度急剧升高。着火延迟期时间的长短，是控制和改善整个燃烧过程的关键。

2. 急燃期

气缸压力急剧上升的始点 2 至压力急剧上升的终点 3，称为急燃期。气缸内的可燃混合气一旦着火，在着火延迟期内喷入气缸的燃油几乎一起燃烧，而且此时活塞位于上止点附近。气缸容积很小，缸内压力急剧上升，接近于等容燃烧，放热量约为循环放热量的 1/3，最高燃烧压力可达 4 900~8 800 kPa。压力升高率也很大，形成较强的燃烧噪声。燃烧噪声是柴油机噪声的主要来源。

3. 缓燃期

从最高压力点 3 开始，到气缸内出现最高温度点 4 为止，称为缓燃期。在实际循环中，大部分燃料是在这一阶段燃烧，同时气缸容积不断增加，缸内温度不断上升，而气缸内压力几乎不变或稍有上升，接近于等压燃烧。放热量达总循环放热量的 70%~80%，最高温度可达 1 700~2 000℃。

4. 补燃期

从缓燃期终点 4 到燃料基本上燃烧完毕点 5 为止，称为补燃期。在柴油机中由于燃烧时间短促，燃料与空气的混合不均匀，总有一些燃料不能及时烧完，拖到膨胀线上继续燃烧。由于此时活塞已远离上止点，热量利用率相当低，传递给冷却液的热损失增加，排气温度升

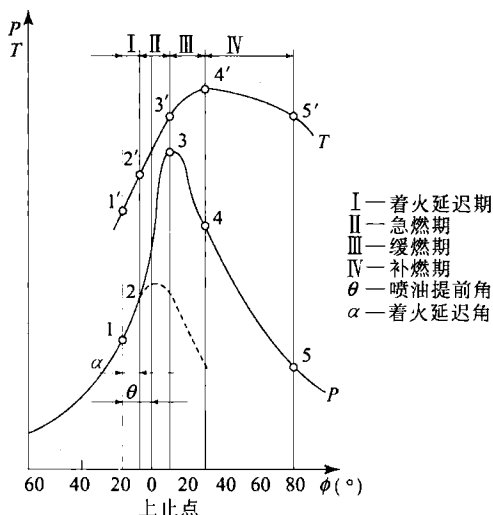


图 1—1—2 柴油机燃烧过程的展开示功图

高,零件热负荷增加,使柴油机的动力性、经济性下降,故应该尽量减少补燃。

二、影响柴油机燃烧过程的主要因素

1. 燃油性质

柴油的十六烷值和馏程是影响柴油机燃烧的主要因素。十六烷值高,柴油的着火性能好,可缩短着火延迟期。选用十六烷值较高的柴油,柴油机的工作可以柔和一些,低温启动性也较好。馏程低的柴油,易于蒸发和空气混合,缩短了着火的物理准备时间。柴油的十六烷值和馏程应选择适当,互相配合。一般高速柴油机选用的十六烷值为40~50,馏程为200~350℃。

2. 喷油提前角

喷油提前角对柴油机的燃烧过程影响很大,主要影响压力升高率、最高燃烧压力及燃油消耗率。

喷油提前角过大,柴油在气缸压力、温度较低的状态下进入气缸,使着火延迟期延长,使急燃期的压力升高率和最高燃烧压力过高,柴油机工作粗暴,并造成启动困难,怠速不良。另外还会增加压缩负功,使油耗增加。

喷油提前角过小,燃油不能在上止点附近燃烧完毕,补燃量增加,虽然最高燃烧压力有所降低,但排气温度上升,柴油机过热,发动机功率下降,使油耗增加。

3. 转速

当转速增加时,燃烧室内的气流运动加强,喷油压力上升;与此同时,转速增加减少了散热损失和气缸漏气损失,压缩终了的温度和压力都得以升高,这些都有利于燃油的蒸发和雾化,缩短以秒计的着火延迟期。但转速上升,会使以曲轴转角计的着火延迟期有所增大。为了保证燃烧在上止点附近完成,现代柴油机装有供油提前装置,以保证在各转速范围内都有合适的喷油提前角。

4. 负荷

负荷增加时,循环喷油量增加,空气量基本不变,过量空气系数减小,循环放热量上升,缸内温度升高,着火延迟期缩短,柴油机工作柔和。但循环喷油量增加,使喷油延续角延长,会导致补燃的增加,热效率下降,经济性降低。负荷过大时,因空气不足,燃烧恶化,排气冒黑烟,经济性进一步下降。

柴油机在怠速或低负荷工况下运行时,缸内温度较低,着火延迟期延长,使急燃期的压力升高率增大,产生较强的噪声,叫做“怠速噪声”。随着转速升高、负荷增加,此现象将消失。

5. 增压

柴油机采用增压技术后,进入气缸的空气密度增大,进气压力和进气温度升高,压缩终了缸内压力和温度都将增加,使着火延迟期缩短,有利于降低噪声和机械负荷,使柴油机工作柔和、稳定。

6. 喷油

喷油量随曲轴转角的变化关系叫做喷油规律。喷油规律必须和燃烧室合理配合。从减轻燃烧粗暴性考虑,在着火延迟期内的喷油速率应小些,而在喷射的中后期,为保证燃烧效

率,应加大喷油速率。

7. 喷雾质量

喷雾质量是指经喷油器喷入气缸的柴油要有足够的细度、均匀度,而且喷注的射程和锥角应与燃烧室的尺寸和形状有良好的配合。

喷雾质量不良,形成混合气就困难,喷入的油不能完全、及时地燃烧,使着火延迟期长,补燃增加,使功率下降,油耗增加,工作粗暴,排气冒黑烟。

喷雾质量与喷油嘴的设计和加工精度有关,如针阀关闭不严、喷孔表面粗糙度不符合要求、喷孔尺寸不准确,都会使喷雾质量变坏。柴油的黏度要适当,黏度过大,喷注不容易分散成雾状油滴;黏度过小,喷雾射程不恰当,使精密偶件润滑不良,加大磨损。

鉴定知识 4 汽车的动力性

鉴定要求: 理解汽车动力性指标

根据获得尽可能高的平均技术速度的观点出发,汽车的动力性主要由汽车的最高车速、加速时间和最大爬坡度三方面指标来评定。

1. 汽车的最高车速

汽车的最高车速 V_{amax} (km/h) 是汽车满载,用最高挡,在平直、良好的水泥路或沥青路面上行驶,可以达到的最高行驶速度。汽车的最高车速主要受汽车的驱动力和行驶阻力的影响,见图 1—1—3。

交点 A 所对应的车速即汽车的最高车速。交点的左边驱动力大于阻力,汽车还在加速,交点的右边阻力大于驱动力,不可能获得更高的行驶速度。

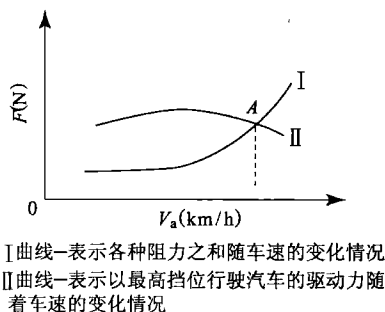


图 1—1—3 汽车的最高车速

2. 汽车的加速时间

汽车的加速时间用来衡量汽车的加速能力,它包括原地起步加速时间和超车加速时间两种。加速时间用 t (s) 表示。

原地起步加速时间是指在良好、平直的道路,汽车从一挡或二挡起步,逐级换挡,以最大的加速度加速,加速到最高车速的 80% 左右所需的时间。超车加速时间是指在最高挡上从某一低车速 (15 km/h 或 20 km/h) 开始,以最大加速度加速到最高车速的 80% 左右所需的时间。

一般来说,加速时间比较短的汽车其加速能力较强,小型车的加速时间比大型车短。

3. 汽车的爬坡能力

汽车满载行驶在良好的水泥或沥青路面上,一挡所能爬上的最大坡度表示汽车的爬坡能力,最大爬坡度用 i_{max} 来表示。最大爬坡度是在变速器处于一挡、发动机输出最大转矩、汽车行驶速度稳定的情况下测定的,也可以通过计算得到。

表示汽车爬坡能力的还有直接挡的最大爬坡度。直接挡的最大爬坡度一般表示在不大的坡道上,不用换入低挡就能通过的能力。因此直接挡的最大爬坡度大的车辆可以减少换挡次

数,提高平均车速。

鉴定知识 5 汽油机对燃烧供给系的基本要求

鉴定要求: 了解稳定工况对混合气浓度的要求

汽油机燃油供给系的作用是根据汽油机的不同工况要求,供给不同浓度的混合气。

可燃混合气的浓度通常用空燃比来表示,空燃比是个工作循环充入气缸的空气量与燃油量的质量比。根据化学反应,在理想的情况下,理论上可燃混合气完全燃烧,其空燃比为14.7。可燃混合气的浓度也可以用过量空气系数来表示,过量空气系数是气缸内的实际空气量与喷入气缸内的燃料完全燃烧所需的理论空气量的质量比,常用符号 α 来表示。 $\alpha=1$ 为理论混合气, $\alpha<1$ 为浓混合气, $\alpha>1$ 为稀混合气。不同工况,发动机对可燃混合气浓度的要求不同。

发动机的工况是其工作状况的简称,通常用发动机的转速和负荷来表示。发动机的负荷是指发动机的外部载荷,发动机输出的动力随外部载荷而变化。

一、稳定工况对混合气浓度的要求

稳定工况是指发动机已经预热,转入正常运转,并且在一定时间内工况没有突然变化。它可分为怠速、小负荷、中等负荷、大负荷和全负荷等,各种负荷下发动机的转速也不同。

1. 怠速工况

怠速是指发动机不对外输出动力,做功行程产生的动力只用来克服发动机的内部阻力,维持发动机以最低稳定转速运转。汽油机怠速转速一般为700~900 r/min。

在怠速工况下,进入气缸内的混合气很少,气缸内残余废气对混合气稀释严重,而且转速低,空气流速小,汽油雾化和蒸发不良,混合气不均匀。因此,要求供给 $\alpha=0.6\sim0.8$ 的浓混合气。

2. 小负荷工况

发动机负荷在25%以下时称为小负荷。由于小负荷时,混合气的数量比怠速时有所提高,废气对混合气的稀释作用也有所减弱。因而,混合气浓度可以略微减小,一般 $\alpha=0.75\sim0.9$ 。

3. 中等负荷工况

发动机负荷在25%~85%称为中等负荷。由于进入气缸的混合气数量增多,燃烧条件较好。此外,汽车发动机大部分的时间处在中等负荷下工作,为提高其经济性,应供给较稀的经济混合气,一般 $\alpha=1.0\sim1.15$ 。

4. 大负荷和全负荷工况

发动机负荷在85%以上时称为大负荷,负荷为100%时称为全负荷。此时,为了克服较大的外部阻力,要求发动机发出尽可能大的功率。因此,应供给较浓、量多的混合气,一般 $\alpha=0.85\sim0.95$ 。

二、过渡工况对混合气浓度的要求

汽车在运行中常遇到的过渡工况有冷起动、暖机和加速三种工况。