

机械工业技师考评培训教材

汽车维修工 技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



- ★ 机械行业首套技师培训教材
- ★ 按照技师考评要求编写
- ★ 集教材与试题库于一体

机械工业技师考评培训教材

汽车维修工技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



机械工业出版社

本教材主要内容有：发动机原理；汽车理论；现代汽车发动机与检修；现代汽车底盘与检修；现代汽车电气设备与检修；汽车电子控制系统；汽车配件的互换、代用与改制；汽车检测技术；汽车维修工艺组织与管理等。同时本教材还附有试题库、习题答案、试卷样例、技师论文写作与答辩要点，供考评技师时参考。

图书在版编目(CIP)数据

NAE8P/06

汽车维修工技师培训教材/机械工业技师考评培训教材编审委员会编. —北京：机械工业出版社，2001.1

机械工业技师考评培训教材

ISBN 7-111-08606-6

I. 汽… II. 机… 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(2000)第 77935 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：朱 华 版式设计：张世琴 责任校对：韩 晶

封面设计：李雨桥 责任印制：郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·10 印张 ·293 千字

0 001—5 000 册

定价：16.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

机械工业技师考评培训教材

编审委员会名单

主 任：郝广发 苏泽民

副 主 任：施 斌 李超群

委 员：(按姓氏笔画排序) 马登云 边 萌 王兆山
王听讲 朱 华 朱卫国 刘亚琴 江学卫
何月秋 张乐福 余茂祚 卓 炜 季连海
荆宏智 姜明龙 徐从顺

技术顾问：杨溥泉

本书主编：冯 渊

本书参编：陈晟闽 陈韩岩 李 萌 王红卫

本书主审：吴竟成

前 言

技师是技术工人队伍中具有高级技能的人才，是生产第一线的一支重要力量，他们对提高产品质量、提高产品的市场竞争力起着非常重要的作用。积极稳妥地开展技师评聘工作，对于鼓励广大技术工人钻研业务、提高技能水平、推动企业生产技术进步以及稳定技术工人队伍有积极的促进作用。

为适应经济发展和技术进步的客观需要，进一步完善技师评聘制度，以加快高级技能人才的培养，拓宽技能人才成长通道，促进更多的高级技能人才脱颖而出，1999年，劳动和社会保障部发出了《关于开展技师考评社会化管理试点工作的通知》，《通知》中提出了如下指导意见：扩大技师考评的对象及职业范围，完善技师考评的依据及内容，改进技师考评方式方法，实行技师资格认定与聘任分开等，并在全国部分省市开始技师考评社会化管理试点。

为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对工人技师培训和考评的需要，加快技师培训教材建设，我们经过到上海、江苏、四川等地进行广泛的调研，并结合《通知》精神，确立了教材编写的总体思路；组织了一批由工程技术人员、教师、技师、高级技师组成的编写队伍，编写了这套《机械工业技师考评培训教材》。全套教材共22种，包括四种基础课教材和车工、钳工、机修钳工、工具钳工、铣工、磨工、焊工、铸造工、锻造工、热处理工、电工、维修电工、冷作工、涂装工、汽车维修工、摩托车调试修理工、制冷设备维修工、电机修理工等18个专业工种教材。

基础课教材以原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》相关工种高级工“知识要求”中的“基本知识”和“相关知识”为主编写；专业工种教材则以本工种高级工“知识要求”中的“专业知识”为主编写，在此基础上，加强了工艺分析方面内容的比重，并增加了新知识、新工艺、新

技术、新方法等方面的内容，以适合新形势的需要。

每本书的内容包括两大部分：第一部分为培训教材，第二部分为试题库，试题库后还附有考核试卷样例。教材部分内容精炼、实用，有针对性和通用性，主要介绍应重点培训和复习的内容，不强求内容的系统性；试题部分出题准确、题意明确，有典型性、代表性、通用性和实用性，试题题型有是非题、选择题、计算题和简答题等，并附有答案。书末还附有技师论文写作与答辩要点。

全套教材吸取了有关教材的优点，略去了低起点的内容，同时采用了最新国家标准和法定计量单位。全套教材既适合考前短期培训用，又可作为考前复习和自测使用，也可供技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。

由于我们是首次尝试编写技师培训教材，因此教材中难免存在不足和错误，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

机械工业技师考评培训教材编审委员会

目 录

前 言

第一章 发动机原理 1

- 第一节 四冲程发动机的理论循环和实际循环 1
- 第二节 发动机性能指标 7
- 第三节 汽油机的燃烧过程 9
- 第四节 柴油机的燃烧过程 15
- 第五节 发动机特性 17

第二章 汽车理论 22

- 第一节 汽车的动力性 22
- 第二节 汽车的燃油经济性 28
- 第三节 汽车的制动性 31
- 第四节 汽车的转向特性 35

第三章 现代汽车发动机与检修 38

- 第一节 曲柄连杆机构与检修 38
- 第二节 配气机构与检修 44
- 第三节 化油器式汽油机燃料供给系与检修 46
- 第四节 柴油机燃料供给系与检修 56
- 第五节 发动机常见故障诊断 63
- 第六节 非常规燃料发动机简介 65

第四章 现代汽车底盘与检修 67

- 第一节 传动系与检修 67
- 第二节 行驶系与检修 81
- 第三节 转向系、制动系与检修 85
- 第四节 底盘常见故障分析 91
- 第五节 汽车大修竣工检验 92

第五章 现代汽车电气设备与检修	94
第一节 起动系与维护	94
第二节 充电系与检修	98
第三节 电子点火系与检修	105
第四节 汽车空调与检修	122
第五节 电气设备常见故障与分析	141
第六章 汽车电子控制系统	145
第一节 电子控制系统概述	145
第二节 发动机电子控制系统	147
第三节 自动变速器	170
第四节 防滑控制系统	177
第五节 电子控制汽车的检修	193
第七章 汽车配件的互换、代用与改制	208
第一节 汽车配件的互换与代用	208
第二节 汽车配件的改制	212
第三节 自制工、夹具	212
第八章 汽车检测技术	214
第一节 发动机检测	214
第二节 整车性能测试	225
第三节 新型检测设备简介	234
第九章 汽车维修工艺组织与管理	239
第一节 汽车维修制度	239
第二节 汽车修理工艺组织	241
第三节 修理企业的一般管理	243
试题库	245
一、是非题 试题 (245) 答案 (275)	
二、选择题 试题 (256) 答案 (277)	
三、计算题 试题 (272) 答案 (278)	
四、简答题 试题 (274) 答案 (280)	
考核试卷样例	290
第一套试卷	290
第二套试卷	295
第三套试卷	300
附录 技师论文写作与答辩要点	306

第一章 发动机原理

培训要求 了解发动机基本工作循环和燃烧的基本理论；掌握发动机的特性；了解影响发动机特性的因素。

第一节 四冲程发动机的理论循环和实际循环

一、发动机的理论循环的假设

发动机理论循环是把实际工作过程加以抽象简化，以便于作一些简明的定量处理。人们通过对理论循环的分析去寻找提高发动机性能的基本方向。最为简单的理论循环是空气标准循环，用以代替实际循环的条件是：

- 1) 假设工质是理想气体，其比热容不变。
- 2) 假设在整个循环中工质的质量不变，没有进、排气过程。
- 3) 假设压缩过程与膨胀过程均为绝热过程。
- 4) 用定容加热、定压加热代替燃烧过程，用定容放热代替排气过程。

发动机有三种基本的理论循环，即定容加热循环、定压加热循环和混合加热循环。汽油机混合气燃烧迅速，可简化为定容加热循环；高增压和低速大型柴油机由于受燃烧最高压力的限制，大部分燃料在上止点后燃烧，燃烧时气缸压力变化不显著，可简化为定压加热循环；高速柴油机介于两者之间，其燃烧过程可视为是定容、定压加热的组合，简化为混合加热循环。

二、发动机理论循环

1. 混合加热循环 这种循环的特点是：将燃烧过程假想为由定容加热过程和定压加热过程两部分组成。

如图 1-1 所示，在这一循环中：1-2 为绝热压缩过程；2—3' 为定容加热过程，加热量为 Q_v ；3' —3 为定压加热过程，加热量为 Q_p ；3-4 为绝热膨胀过程；4' —1 为定容放热过程，放热量为 Q_2 。

循环热效率 η_t 由下式计算

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_2}{(Q_v + Q_p)}$$

设压缩比为 $\epsilon = \frac{\nu_1}{\nu_2}$, 压力升高比为

$\lambda = \frac{p_3}{p_2}$, 预胀比 $\rho = \frac{\nu_3}{\nu_{3'}}$, 则:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^k - 1}{(\lambda - 1) + R \lambda (\rho - 1)}$$

由上式可知, 压缩比 ϵ , 气体常数 R , 压力升高比 λ , 绝热指数 k 越大, 预胀比 ρ 越接近于 1, 混合循环的热效率就越高。

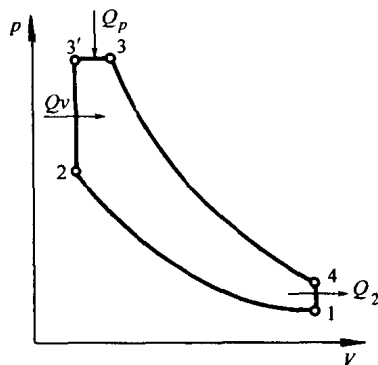


图 1-1 混合加热循环

2. 定容加热循环 这种循环的特点是将燃烧过程假想为定容加热过程。

如图 1-2 所示, 在这一循环中: 1-2 为绝热压缩过程; 2-3 为定容加热过程, 加热量为 Q_1 ; 3-4 为绝热膨胀过程; 4-1 为定容放热过程, 放热量为 Q_2 。这种循环可视为混合加热循环在 $\rho = 1$ 时的特例。公式为

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\kappa-1}}$$

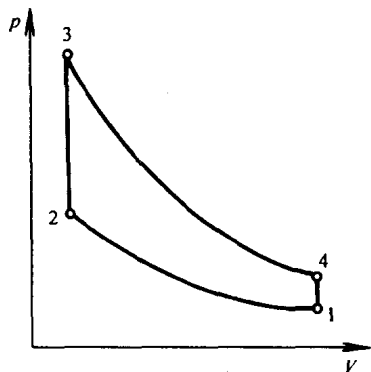


图 1-2 定容加热循环

可见, 随着 ϵ , κ 增大, 定容加热循环的热效率 η_t 也增大。

3. 增压发动机理想循环 增压是将空气压缩并供入气缸, 用以提高充气密度、增加进气量的一项措施。增压的目的在于提高功率。因为伴随着空气量增加, 相应地增加循环供油量, 即可增加功率。

目前, 在增压发动机中应用最普遍、最有效的是废气涡轮增压系统。在废气涡轮增压发动机中, 发动机排出的废气在涡轮中进一步膨胀做功, 此功用来压缩空气。在图 1-3 中所示, 1-2 为压气机的进气过程, 2-a 压气机绝热压缩过程, a-3 为压气机排气过程, a-c 为柴

有两项好处：一是当排气冲程开始时，排气门已有较大的开度；二是可以减小排气所消耗的功。排气门总在下止点前开始开启。从排气门开始开启到活塞运行到下止点这段曲轴转角称为排气提前角，一般排气提前角为 $30^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 曲轴转角。

如图 1-4 所示，在自由排气阶段的初期，气缸压力 p 为排气管压力 p' 的二倍以上。这种排气流动状态称为超临界流动状态。在超临界排气时期内，废气流量与排气管内压力无关，只决定于气缸内的气体状态和气门最小开启截面。气体的超临界流动总是伴随有刺耳的噪声，因此，在排气系统上要安装消声器。随着废气大量流出，缸内压力迅速下降，当缸内压力下降到排气管内压力的 1.9 倍以下时，排气

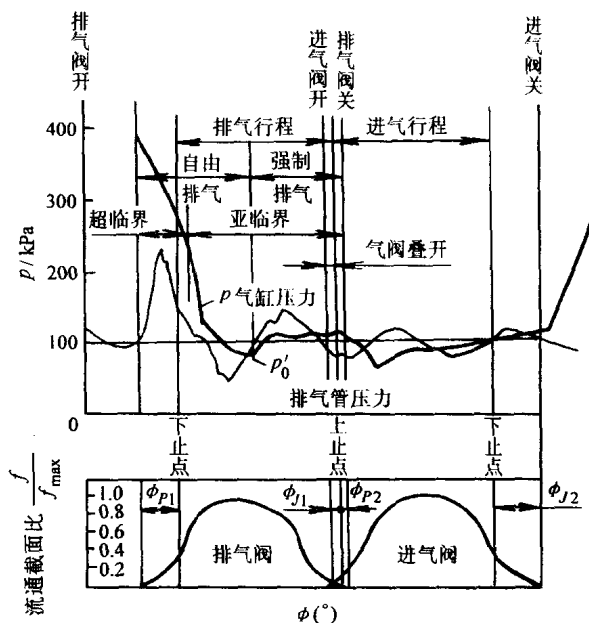


图 1-4 换气过程中气缸和排气管内压力变化及进排气门的开启

ϕ_{P1} —排气提前角 ϕ_{P2} —排气迟后角

ϕ_{J1} —进气提前角 ϕ_{J2} —进气迟后角

p —气缸压力 p' —排气管内压力

流动为亚临界状态，废气流量由气缸内和排气管内的压力差决定。

为了在活塞到达下止点时，废气能基本转入亚临界状态，从而减少排气上行阻力，获得较大的有效功，减少油耗量，所以，在转速高时发动机要求排气门最好有较大的提前开启角。但是在实际使用中，发动机的排气门提前角是个定值，因此它只对某一转速最为适宜。一般，高转速发动机比低转速发动机的排气门提前开启角要大一些。

(2) 强制排气阶段 这个阶段中的废气是由上行活塞强制推出

的。由于要克服排气门及排气管处的阻力，缸内平均压力比排气管内平均压力略高些，一般高出 10kPa 左右。气流速度越高，压力差越大，耗功也越多。

如果排气门在上止点时关闭，在上止点之前它就得开始关小，这样会产生较大的节流作用，加之活塞还在向上运动，致使缸内压力上升，结果排气消耗的功和残余废气量都增加。因此，排气门是在活塞过了上止点后才关闭的，从上止点到排气门关闭终了的这段曲轴转角称为排气迟闭角。一般排气迟闭角为 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 曲轴转角。

(3) 进气过程 进气门是在上止点前就开始打开，以保证活塞下行时，它有足够大的开启面积，使新鲜充量可以顺利流入气缸。一般进气门提前开启角为上止点前 $0^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 曲轴转角。

进气门也必须在下止点之后才关闭，因为需要利用高速气流的惯性，在下止点后继续充气，增加进气量。一般进气门迟闭角为下止点后 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 曲轴转角。

如图 1-4 所示，在进气过程初期，由于气门开启面积很小，同时又要克服气流的惯性，使它加速，活塞也开始下行，因此缸内产生很大的负压，新鲜充量流入气缸。随着气门开启，通路面积加大，进入缸内的气体量增加，气缸压力逐渐上升，到进气终了时，由于进气动能部分转变为压能，压力又有一些提高，几乎回升到接近或略高于进气管内压力。

由于排气门的迟后关闭和进气门的提前开启，因而存在进排气门同时开着的现象，称为气门叠开。气门叠开期间进气管、气缸、排气管连通在一起，可以利用气流的压差和惯性清除残余废气，增加进气量。特别对于增压发动机，因其进气压力高，均有较大的气门叠开角，此时总有一定数量的新鲜充量直接扫过燃烧室，帮助清除废气后进入排气管，称为燃烧室扫气过程。在非增压发动机中，叠开角一般为 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 曲轴转角；增压发动机叠开角一般为 $80^{\circ} \sim 160^{\circ}$ 曲轴转角。

(4) 充气系数 η_v 充气系数是衡量不同发动机充气完善程度的一个因素。它是实际进入气缸的新鲜充量与进气状态下充满工作容积的新鲜充量的比值。即

$$\eta_v = \frac{\Delta G}{\Delta G_0} = \frac{\Delta m}{\Delta m_0}$$

式中 ΔG 、 Δm ——实际进入气缸的新鲜充量的重量、质量；

ΔG_0 、 Δm_0 ——进气状态下充满气缸工作容积的新鲜充量的重量、质量。

所谓进气状态，在非增压发动机上一般采用当时、当地的大气状态。在增压发动机上则采用增压器出口状态。

进气终了压力 p_a 对 η_v 的影响最大， p_a 值越高， η_v 值越大， p_a 对发动机性能有决定性的影响。进气终了压力主要取决于进气系统的结构，并且随发动机的负荷与转速而变化。由于排气系统有阻力，排气终了时残余废气的压力 p_r 总是高于大气压力的。 p_r 高，残余废气密度大，则残余废气量多，新鲜充量减小，充气系数 η_v 下降。 p_r 主要决定于排气门处的阻力，且随转速上升而增大。新鲜充量受高温零件的残余废气的加热，进气终了温度 T_a 总是大于大气温度的。 T_a 值越高，气体密度越小， η_v 减小。

进气终了压力 p_a 是影响 η_v 的最主要因素，其次是进气终了温度 T_a 。欲提高 η_v ，应尽可能地提高 p_a ，适当降低 T_a 。

2. 压缩过程 压缩过程的作用是增大工作过程的温差，获得最大限度的膨胀比，提高循环热效率，同时也为燃烧过程创造有利条件，在柴油机中压缩后气体的高温是保证燃料着火的必要条件。

在压缩过程中，进、排气门均关闭，活塞从下止点向上止点移动，缸内工质受到压缩，温度压力不断上升。工质被压缩的程度用 ϵ 表示。即

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

式中 V_a ——气缸总容积；

V_c ——燃烧室容积；

V_h ——气缸工作容积。

压缩比是发动机的一个重要结构参数。选用时要考虑多种因素。在汽油机中，为了提高热效率，希望增加压缩比，但受到汽油机爆燃的表面点火以及排气污染的限制；在柴油机中，为保证喷入气缸的燃

料能及时自燃，冷起动时可靠着火，必须使压缩终点有足够高的温度，因此有较高的压缩比。

在使用中，对压缩过程主要应注意气缸的密封。如果密封不良，将使压缩终点的工质温度、压力下降，以致起动困难，功率减小。因此，实际工作中，常以实测的压缩压力来检查发动机的技术状况，发现压缩压力降低时，应查明原因，及时检修。

3. 燃烧过程 燃烧过程的作用是将燃料的化学能转变为热能，使工质的温度，压力升高，为膨胀过程创造条件。发动机的燃烧时间相当短。一般是曲轴转到活塞到达上止点前 30° 开始，到上止点后 15° 之间进行，经过的曲轴转角约为 45° 。在这么短的时间内，进入气缸的燃料燃烧完全的程度，直接影响到热量产生的多少和排放的好坏，而燃烧时间是否恰当，能否在上止点附近发生，会影响工质作功的机会，所以燃烧过程是影响发动机经济性、动力性和排放的主要过程，与噪声、振动、起动性能和使用寿命也有重大关系。

燃烧过程进行时，活塞位于上止点附近，进排气门均关闭。在燃烧过程中，燃料放出的热量越多。放热时越靠近上止点，热效率越高。

4. 膨胀过程 膨胀过程中，高温高压的工质推动活塞由上止点向下止点移动，对外作功，气体的温度与压力随之递减。理想循环中假设膨胀过程是绝热的，实际上膨胀过程中不仅存在着热交换，漏气损失，还有补燃和高温热分解的影响，是复杂的多变过程，其多变指数是不断变化的。通常用一个不变的平均膨胀多变指数来代表。

第二节 发动机性能指标

发动机主要性能指标有动力性指标（主要是功率、转矩和转速）、经济性指标（主要是燃料、润滑油的消耗）及运转性能指标（主要是冷起动性能、噪声和排气品质）。

根据性能指标赖以建立的基础不同，又可分为指示性能指标和有效性能指标。指示性能指标是经工质在气缸内对活塞作功为基础而建立的指标，它只能用来评定工作循环进行的好坏；有效性能指标是以发动机功率输出轴上得到的净功率为基础而建立的指标，它可用来评定整机性能的好坏，它比指示性能指标更有实用价值。

一、动力性指标

1. 有效功率 发动机曲轴上输出的功率称为有效功率 P_e 。公式为

$$P_e = P_i - P_m$$

式中 P_i ——发动机指示功率 (kW);

P_m ——功率传递过程中所损失的功率, 又叫做机械损失功率 (kW)。

P_m 包括: 发动机内部运动件的摩擦损失; 驱动附属设备的损耗及泵气损失等。

2. 有效转矩 发动机曲轴输出的转矩称为有效转矩 T_e 。发动机的有效转矩、有效功率和对应转速之间的关系为

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

式中 T_e ——有效转矩 (N·m);

n ——转速 (r/m)。

3. 平均有效压力 发动机单位气缸工作容积发出的有效功, 称为平均有效压力 p_e (kPa)。公式为

$$p_e = \frac{P_e V_h n i}{30 \tau} \times 10^{-3} = 3.14 \times \frac{T_e \tau}{i \cdot V_h}$$

式中 i ——发动机缸数;

τ ——冲程数。

对于排量 (iV_h) 一定的发动机, p_e 正比于 T_e , p_e 值越大, 则单位气缸工作容积输出功越大, 输出转矩越大。

4. 升功率 在标定工况下, 发动机每升气缸工作容积发出的有效功率 P_L 。 P_L 是从发动机有效功率出发, 对其气缸工作容积利用率作的总评价。公式为

$$P_L = \frac{p_e n}{30 \tau} \times 10^{-3}$$

一般, 汽油机的 $P_L = 22 \sim 55 \text{ kW/L}$ 升, 柴油机的 $P_L = 11 \text{ kW/L} \sim 26 \text{ kW/L}$ 。升功率越大, 说明发动机单位容积的功率越大, 强化程度越高。

二、经济性指标

1. 有效热效率 η_e 有效热效率是循环的有效功 W_1 与所消耗燃料的热量 Q_1 之比。

$$\eta_e = \frac{W_1}{Q_1}$$

有效热效率用以评价发动机的经济性，表示燃料的热量可以有多少热量转变为有效功。一般，汽油机的 $\eta_e = 0.2 \sim 0.3$ ，柴油机的 $\eta_e = 0.3 \sim 0.4$ 。

2. 有效耗油率 有效耗油率 g_e ($\text{g/kW}\cdot\text{h}$) 是指单位有效功的耗油量，简称耗油率，也叫比油耗。公式为

$$g_e = \frac{G_T}{\eta_e} \times 10^3$$

g_e 、 η_e 是评定整个发动机经济性能的重要指标， G_T 表示每小时耗油量，其中 g_e 更具有实用意义。 g_e 值越小，说明发动机曲轴端每输出 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 的功所需消耗的燃料越少。

第三节 汽油机的燃烧过程

汽油机的燃烧过程，包括着火和燃烧两部分。从压缩冲程上止点前火花塞点火开始到膨胀冲程燃料基本上燃烧完为止，约占 $25^\circ \sim 40^\circ$ 曲轴转角，其燃烧过程接近于定容燃烧。

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。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