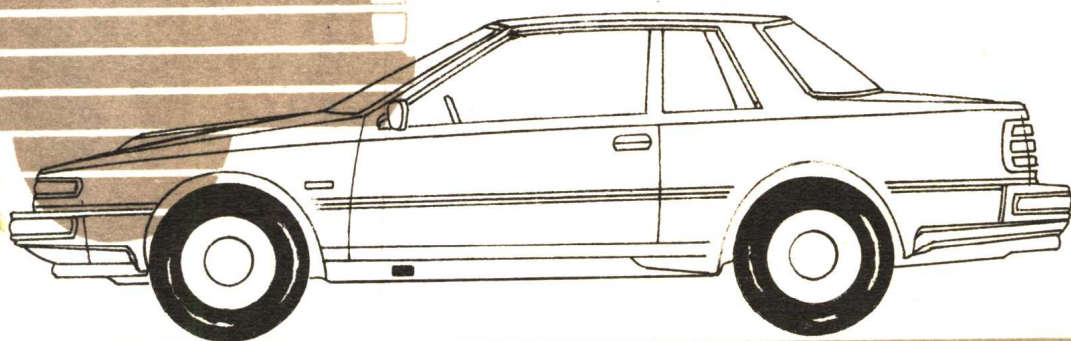
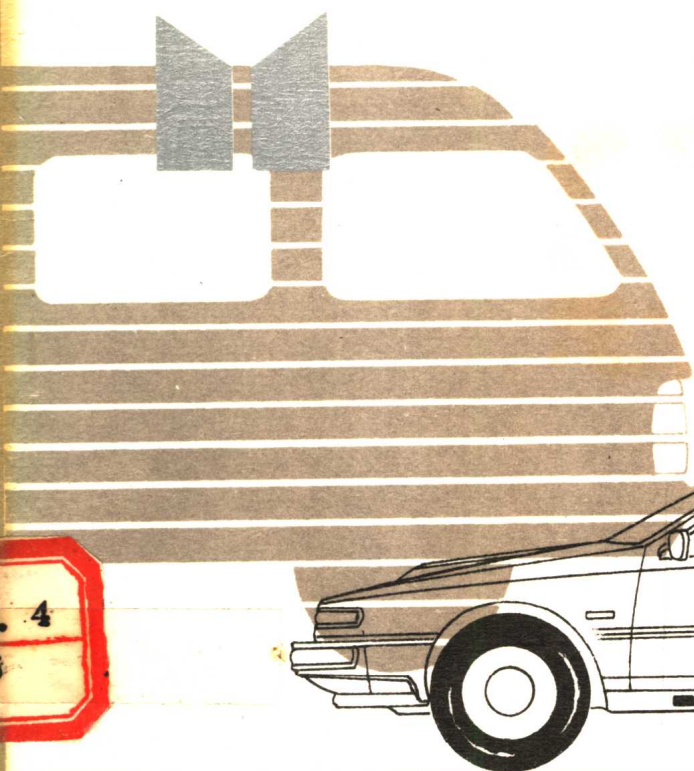
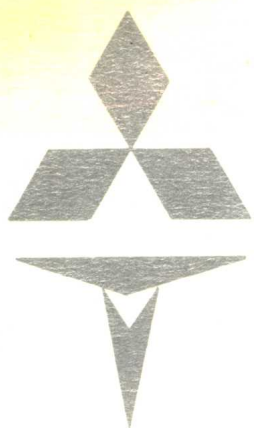


日本汽車 維修技術

— 柴油发动机篇

侯家驹 译 任殿文 校



吉林科学技术出版社

日本汽车维修技术

——柴油发动机篇

侯家驹 译

任殿文 校

吉林科学技术出版社

日本汽车维修技术——柴油发动机篇

侯家驹 译 任殿文 校

责任编辑: 李 玫 任殿文

封面设计: 马腾骧

出 版 吉林科学技术出版社

787×1092 毫米 16 开本

8.25 印张

185,000 字

1992 年 3 月第 1 版

1992 年 3 月第 1 次印刷

发 行 吉林省新华书店

印数: 1—6000 册

定价: 5.00 元

印 刷 长春汽车研究所印刷厂

ISBN 7—5384—0950—5/U·70

内 容 提 要

本书是长春汽车研究所根据日本培训二级汽车整备技工教材组织翻译的。该套书由汽油发动机篇、柴油发动机篇和底盘篇等三册组成,每篇各自具有独立性。本册对汽车柴油发动机的基础理论、机体与曲轴连杆机构、气门机构、润滑装置、冷却装置、燃料装置、进排气装置、电气装置、燃料与润滑等,分别就构造、功能、保养和修理或基本知识进行了叙述,特别是所译修订版中吸收了新的结构,使之与当今汽车整备作业发展倾向相适应,对以小修和更换零、部件方面的整备作业做了重点介绍。本书适用于从事柴油汽车使用、修理、保养的技术人员和工人阅读,亦可作为汽车设计人员、汽车专业师生的参考书。书中插图较多,使读者更容易理解。

目 次

第一章 概 论	(1)
一、柴油发动机的发展史	(1)
二、柴油发动机的燃烧方式和气阀配气相位	(1)
1. 燃烧方式	(1)
2. 气阀相位	(2)
三、性能	(3)
1. 热效率	(3)
2. 平均有效压力	(4)
3. 指示功率和有效功率	(4)
4. 发动机的各种损失	(5)
5. 容积效率和充填效率	(5)
6. 空气过量系数	(5)
7. 发动机输出功率试验	(6)
四、柴油发动机的燃烧	(6)
1. 燃烧过程	(6)
2. 爆震	(7)
3. 排气	(8)
第二章 发动机主体	(11)
一、概要	(11)
1. 气缸配置	(11)
2. 燃烧室形状	(11)
3. 气阀开闭机构的种类	(14)
二、构造、功能	(14)
1. 缸盖	(14)
2. 气缸垫	(15)
3. 缸体及缸套	(16)
4. 活塞及活塞环	(17)
5. 连杆和连杆轴瓦	(19)
6. 曲轴和主轴颈轴瓦	(20)
7. 气阀机构	(22)

第三章 润滑装置	(25)
1. 机油的循环	(25)
2. 油压的调整	(26)
3. 机油的冷却	(27)
第四章 冷却装置	(29)
一、概要	(29)
二、构造、功能	(29)
1. 节温器	(29)
2. 风扇离合器	(30)
3. 电动风扇	(32)
三、保养	(33)
第五章 燃油装置	(35)
一、概要	(35)
二、直列式喷射泵	(36)
1. 构造、功能	(36)
(1) 泵主体	(36)
(2) 调速器	(37)
(3) 油量校正装置	(43)
(4) 助推补偿机构	(44)
2. 整备	(45)
(1) 检查	(45)
(2) 拆卸、装配	(47)
(3) 调整	(48)
三、分配式喷射泵	(54)
1. 概要	(54)
2. 构造、功能	(54)
(1) 传动轴	(55)
(2) 输油泵	(55)
(3) 喷射时间自动控制器	(56)
(4) 分配器	(56)
(5) 燃油断路电磁阀	(59)
(6) 调速器	(59)
3. 保养	(62)
(1) 拆卸、装配	(63)
(2) 调整	(63)

四、电子控制式喷射泵	(64)
1. 直列式喷射泵	(64)
2. 分配式喷射泵	(66)
第六章 进排气装置	(69)
一、概要	(69)
二、构造、功能	(69)
1. 进气歧管和排气歧管	(69)
2. 涡轮增压器	(70)
第七章 电气装置	(73)
一、概要	(73)
1. 蓄电池	(73)
2. 起动装置	(73)
3. 充电装置	(73)
4. 预热装置	(73)
二、半导体	(73)
1. 概要	(73)
2. 整流电路	(74)
(1) 半波整流电路	(74)
(2) 全波整流电路	(74)
3. 稳压电路	(75)
4. 开关放大电路	(76)
5. 振荡电路	(77)
6. 逻辑电路	(78)
(1) 与门(AND)电路	(79)
(2) 或门(OR)电路	(79)
(3) 非门(NOT)电路	(79)
(4) 与非门(NAND)电路	(80)
(5) 或非门(NOR)电路	(80)
(6) 电路示例	(80)
三、蓄电池	(81)
1. 概要	(81)
2. 构造	(81)
(1) 极板	(82)
(2) 隔板和玻璃钢隔栅	(82)
(3) 外壳	(82)
(4) 电解液	(82)

3. 功能	(82)
(1) 充放电时的化学反应	(82)
(2) 电动势	(83)
(3) 特性曲线	(83)
(4) 自行放电	(84)
(5) 容量	(84)
(6) 电解液的结冰温度	(85)
四、起动装置	(86)
1. 功能	(86)
(1) 发动机的起动特性	(86)
(2) 起动机的特性	(86)
2. 检查、整备	(87)
(1) 拆开检查	(87)
(2) 性能试验	(90)
五、充电装置	(91)
1. 功能	(91)
(1) 交流发电机	(91)
(2) 稳压器	(94)
2. 检查、保养	(99)
(1) 交流发电机	(99)
(2) 稳压器	(101)
六、预热装置	(103)
1. 概要	(103)
2. 构造、功能	(104)
(1) 预热时间控制器	(104)
(2) 水温传感器	(104)
(3) 电流传感器	(104)
(4) 电阻	(105)
(5) 主继电器	(105)
(6) 次继电器	(105)
(7) 加热塞	(105)
3. 动作	(105)
(1) 钥匙开关在 ON 位置时	(105)
(2) 发动机起动时	(106)
(3) 发动机起动后	(106)
第八章 燃料和润滑油	(107)
一、燃料	(107)

二、润滑油	(108)
第九章 发动机的检查与调整	(111)
一、发动机输出功率的检查	(111)
1. 测功机	(111)
(1) 电涡流式测功机	(111)
(2) 发电机式测功机	(111)
2. 底盘测功机	(111)
第十章 故障原因探索	(113)
一、概要	(113)
1. 有效地诊断	(113)
2. 问诊	(113)
3. 探索原因的方法	(113)
4. 根据使用者的感觉来判断故障	(113)
二、故障及其原因	(114)
1. 起动机不工作	(114)
2. 发动机起动困难	(115)
3. 怠速不稳	(116)
4. 高负荷和高速时输出功率不足	(117)
5. 发动机过热	(117)
6. 发动机产生异响	(118)
7. 机油耗量大	(120)
8. 燃油耗量大	(120)
9. 排气黑烟多	(121)
10. 涡轮增压器不良	(122)

第一章 概 论

一、柴油发动机的发展史

1892年德国人 R·Diesel 发表了《合理的内燃机理论和构造》的论文,试制了把空气压缩后将粉状燃料注入而自行点火的四冲程发动机。经过多次试验,在 1897 年成功地制造了往高压空气中喷射重油燃料的实用型柴油发动机。该发动机为单缸(缸径 $\times$ 行程为 $250 \times 390\text{mm}$)侧置气门式,功率为 $13.24\text{kW}/(180\text{r}/\text{min})$ 。此后,就以发明者的名字称为 diesel 发动机。

当时的发动机是靠空气喷射燃油,主要用于船舶。以后,在进行空气喷射试验的同时,对非空气喷射进行了各种试验。1927 年 Bosch 公司成功地使非空气喷射用的喷射泵成为产品。由此,开发了以柴油为燃料的高速柴油机,并实际用来作为汽车发动机。

在日本,从 1930 年开始研究和制造柴油发动机,于 1936 年完成并实际使用了排量为 6 L 的 6 缸空冷式柴油发动机,1939 年实现了 5.1 L 的 6 缸水冷式汽车用柴油发动机的实用化。此后,又进行了许多研究和改进。

发动机的改进,主要是高速度、大功率等动力性方面的提高。近年来,又转向以防止环境污染和节省燃油为重点。

从 1970 年美国设立了称为 muskie 法的大气清洁修正法以来,对汽车排放气体的限制越来越严。除了要防止排放气体中含有有害物质外,还要进行减少噪声的技术革新。另外,从节省能源观点来看,提高燃料利用率已显得很重要。在采取各种对策的同时,由于轿车的使用量增加,促进了小型柴油发动机的发展。

为了开发有害物质的排放少、燃油费用低并具有高性能的发动机,需要使各种装置能更正确地、精密地动作,现在已采用了电子控制技术。

二、柴油发动机的燃烧方式和气阀配气相位

1. 燃烧方式

柴油发动机采用由 otto 循环(定容循环)和 diesel 循环(定压循环)合成的 Savatthe 循环(定容定压复合循环),即一部分燃烧是在定容积情况下,一部分是在定压力情况下进行的燃烧方式。

图 1-1 所示为 Savatthe 循环的 $P-V$ 曲线图。

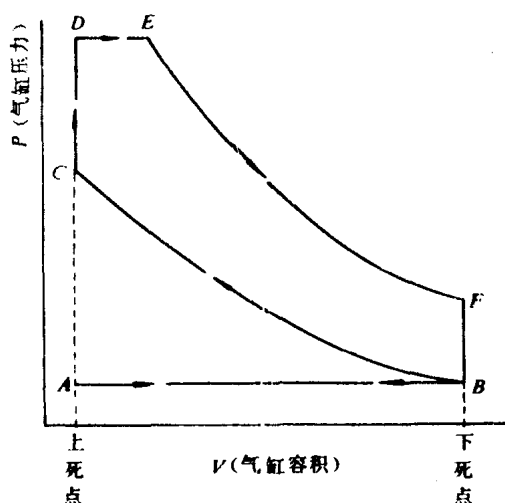


图1-1 Savatthe 循环 $P-V$ 曲线图

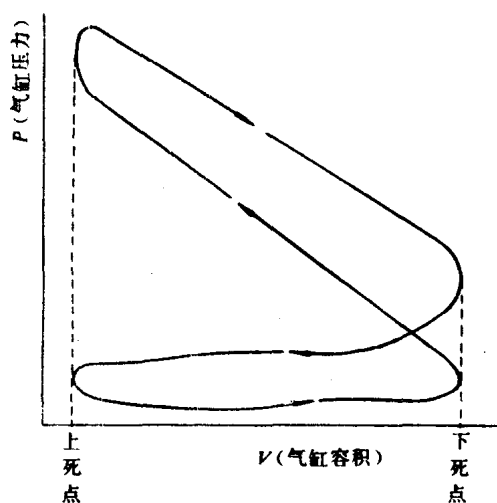


图1-2 实际的发动机 $P-V$ 曲线图

A点为活塞的上死点, 处于开始吸气状态。随着活塞的下降, 气缸容积增加, 直到下死点B。

活塞从B点上升, 开始压缩。气缸内压力增加, 至上死点C。

在C点喷射燃料, 由于自燃而开始燃烧。在容积不变的情况下压力急剧上升至D点。然后在压力不变的情况下继续燃烧。

压力从E点开始下降, 直到下死点F。由此开始, 在容积不变的情况下, 压力降到与大气压相同的B点。

由B点开始, 随着活塞上升而同时排气。到A点为止完成一个循环。

图1-2是发动机的实际的 $P-V$ 曲线。它是测定的发动机气缸内气压变化的记录, 称为示压曲线图。

2. 气阀相位

气阀相位与燃料的燃烧方式有着密切的关系, 对发动机功率和排气也有影响。因此, 要考虑到发动机的使用条件等方面来设置气阀相位。

下面就图1-3所示四冲程发动机的气阀配气相位图来进行说明。

(1) 进气阀的开闭时间

进气阀在上死点以前打开, 在下死点以后关闭。

气阀开始打开时, 在气阀刚一离开气阀座的瞬间, 进气阀的通气面积积极小。如果在上死点位置开始打开进气阀, 则活塞开始下

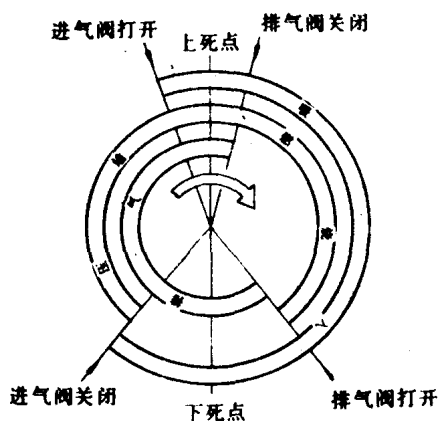


图1-3 四行程发动机的气阀配气相位图

降时就达不到充分的进气面积,因而进气阻力较大,进气效率较低。因此,应在上死点稍前一点打开进气阀。这样,在活塞速度下降不快的情况下,也会有足够的进气面积,如图1-4所示。

进气阀关闭的时间如图1-4所示,在下死点以后仍为打开状态,以利用进气的流动惯性吸入更多的空气。

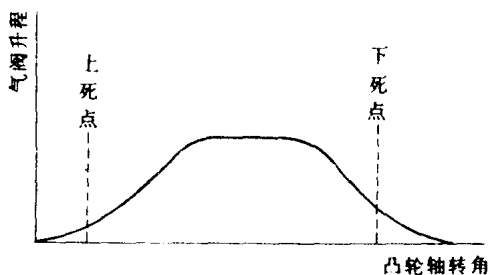


图1-4 进气阀升程和开闭时刻

(2) 排气阀的开闭时间

排气阀在下死点前打开,而在下死点后关闭。

排气阀在燃烧行程终了的下死点之前打开,靠废气本身的压力排气。

另外,排气行程中活塞到达上死点时,气缸内压力仍高于大气压力。所以,排气阀关闭的时间,应使它在上死点后仍有一段打开的时间,以使废气完全排出。

三、性能

1. 热效率

对于内燃机来说,把转化为功的热量与供给的燃料热能之比称为热效率。

热效率按计算方法不同,可分为以下几种:

$$\text{热效率} \begin{cases} \text{理论热效率} \\ \text{实际热效率} \end{cases} \begin{cases} \text{示功热效率} \\ \text{有效热效率} \end{cases}$$

(1) 理论热效率

理论热效率是指在理论的循环中可转变为功的热量和该循环中供给的热量之比。

(2) 示功热效率

示功热效率是指由气缸中工作气体对活塞所做的功换算的热量与供给热量之比。

工作气体对活塞所做的功,称为指示功。其功率称为指示功率。由于存在着冷却损失及进排气要消耗功(称为泵特性损失),所以,从示压曲线图求得的指示功小于理论功。因此,示功热效率往往小于理论热效率。

(3) 有效热效率

一般来说,内燃机的热效率是指有效热效率。它是从有效功率计算出的功(即所得到的动力)换算成热量与使用燃料的总热量之比。另外,从有效功率计算出的功,要比指示功少运动部分的摩擦和使水泵、风扇、交流发电机等辅助装置传动所需要的功。

人们把从发动机曲轴实际得到的动力,称为有效功率或曲轴输出功率。

有效热效率可用下式表示:

$$\text{有效热效率} = \frac{\text{发动机输出的动力换算的热量}}{\text{发动机所消耗燃料的热量}} = \frac{3600 \times P_e}{H_u \times B}$$

式中 P_e ——有效功率(kW/s)
 H_u ——燃料的低发热量(kJ/kg)
 B ——消耗的燃量(kg/h)

2. 平均有效压力

平均有效压力是个工作循环的功除以行程容积的商, 可用来对排气量和工作方式不同的发动机进行性能比较。

平均有效压力分为理论平均有效压力、指示平均有效压力和实际平均有效压力三种。

理论平均有效压力, 是在理论循环供给的燃料热能中转变为有效功的理论热效率部分, 可由下式求出:

$$P_{th} = \frac{W}{V}$$

式中 P_{th} ——理论平均有效压力(Pa)
 W ——供给的燃料热能中理论上变为有效功的量(J)
 V ——行程容积(m^3)

指示平均有效压力是在示压曲线图的基础上计算出来的。实际平均有效压力是用功率计实测的有效功率(曲轴输出功率)反算出来的。

如果单独称平均有效压力, 则多数情况下指的是指示平均有效压力。

在图 1-5 所示的示压曲线图中, 用求积仪(面积测定器)或坐标格纸测定 S_1 及 S_2 的面积, 从 S_1 中减去 S_2 并除以示压曲线图上表示气缸行程容积的行程 l , 即可计算出指示平均有效压力 P_i :

$$P_i = \frac{S_1 - S_2}{l}$$

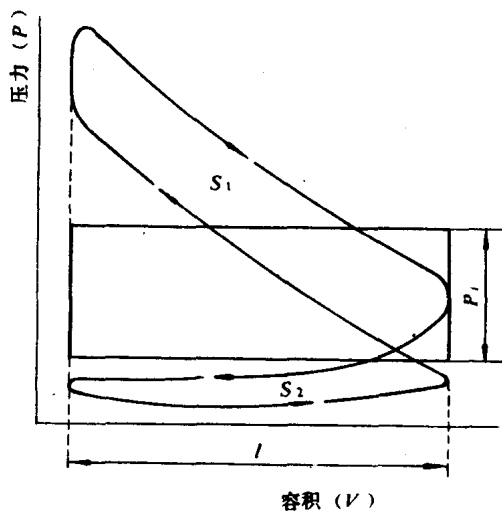


图 1-5 示压曲线图

3. 指示功率和有效功率

指示功率是在指示平均有效压力的基础上, 用下式求得的功率:

$$P_i = \frac{P_i \cdot l \cdot A \cdot n_r \cdot n}{2 \times 60 \times 1000} = \frac{P_i \cdot l \cdot A \cdot n_r \cdot n}{120000}$$

式中 P_i ——指示功率(kW/s)
 p_i ——指示平均有效压力(Pa)
 l ——活塞行程(m)
 A ——气缸截面积(m^2)
 n_r ——发动机转速(r/min)
 n ——气缸数

有效功率是用功率计实际测出的曲轴输出功率, 它和曲轴扭矩的关系如下:

$$\text{曲轴输出功率(kW/s)} = \frac{2\pi T n_r}{1000 \times 60}$$

式中 T —— 曲轴扭矩(N·m)

n_r —— 发动机转速(r/min)

另外, 发动机内的摩擦和辅助装置驱动等所造成的损失, 是致使有效功率比指示功率低的原因。

机械效率可由指示功率和有效功率用下式求出:

$$\text{机械效率} = \frac{\text{有效功率}}{\text{指示功率}} \times 100\%$$

4. 发动机的各种损失

燃料燃烧产生的热量在转换为曲轴输出功的有效功之前, 有以下各种损失。

(1) 热损失

由冷却水和冷却空气等造成燃烧气的热量损失称为热损失。它由通过燃烧室壁的冷却水造成的冷却损失、排放废气带走的排气损失和由于向周围热辐射散放的辐射损失组成。

(2) 机械损失

活塞、活塞环、各轴瓦及其它摩擦损失和驱动水泵、油泵、风扇、喷射泵、交流发电机及空气压缩机等辅助装置而产生的损失, 称为机械损失。机械损失除了受冷却水温度、发动机机油的粘度影响外, 受转速的影响也较大。

(3) 换气损失

为了排放燃烧后气体及吸入空气而产生的损失称为换气损失。它是很小的。

5. 容积效率和充填效率

容积效率和充填效率是衡量空气吸入状况是否良好的指标。

若测定时的外界温度为 T 、压力为 P , 标准状态的外界温度为 T_0 、压力为 P_0 , 则

$$\text{容积效率} = \frac{\text{在 } P \text{ 和 } T \text{ 状态下吸入的空气质量}}{\text{在 } P \text{ 和 } T \text{ 状态下行程容积内的空气质量}}$$

$$\text{充填效率} = \frac{\text{在 } P \text{ 和 } T \text{ 状态下吸入的空气质量}}{\text{在 } P_0 \text{ 和 } T_0 \text{ 状态下行程容积内的空气质量}}$$

在平原地区容积效率和充填效率几乎一样, 而在高原等低气压的地方则有差别。

柴油发动机的容积效率一般为 0.9。

如果容积效率提高而增加吸入的空气质量, 则在相同的燃料喷射量时, 输出功率将增大。在吸气行程中, 用比大气压高的压力强制送入过量的空气, 当然很好。这种情况称为增压供气。

6. 空气过量系数

为了使燃料完全燃烧, 就需要有充分的氧气。若知道发动机吸气行程中吸入的空气质量,

则根据空气中的含氧量,就能计算出燃烧所需燃料的最大量。即 1 kg 柴油完全燃烧时,理论上需要的空气质量约为 15 kg。

但是,由于实际燃烧是在短时间内进行时,用理论需要空气量不能达到完全燃烧,即实际需要空气量要稍多一些。两种情况下空气量的比例,称为空气过量系数,用下式表示:

$$\text{空气过量系数} = \frac{\text{实际吸入的空气质量}}{\text{喷射的燃料完全燃烧理论所需空气质量}}$$

对柴油机来说,由于燃料喷射到空气中后短时间内就开始燃烧,所以难以使燃料和空气混合。因而,空气过量系数在满负荷(最大喷射量)时约为 1.2 ~ 1.4,在低速小负荷(喷射量小)时可达 2.5 以上。

7. 发动机输出功率试验

在 JIS 中规定了汽车用柴油机满负荷状态下曲轴输出功率的试验方法。

把满负荷试验中得出的数值记录在发动机输出功率试验结果表上,并给出输出功率与发动机转速关系的曲线,就得到通常所说的发动机性能曲线图。

四、柴油发动机的燃烧

1. 燃烧过程

在柴油发动机的压缩行程中,气缸内的空气被压缩,提高了压力和温度。由于柴油发动机的压缩比较高(约为 15 ~ 22),故空气压缩后的温度超过燃料的着火温度。一般情况下,此压缩空气的温度为 400 ~ 500 °C。

如图 1-6 所示,压缩空气的温度随压缩压力的提高而提高;燃料着火温度,随着空气压力的提高而降低。

另外,压缩压力随转速变化而变化,如图 1-7 所示,在低转速时变化剧烈,而在高转速时变化不大。

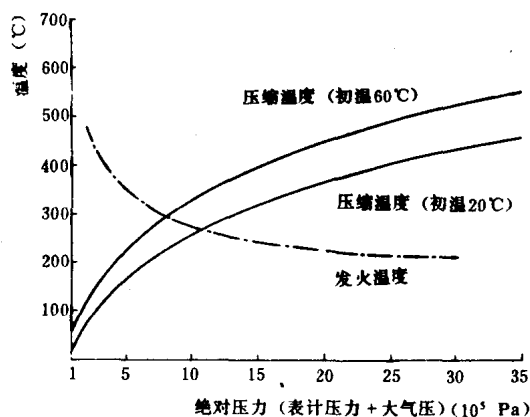


图 1-6 压缩压力与压缩温度、发火温度的关系

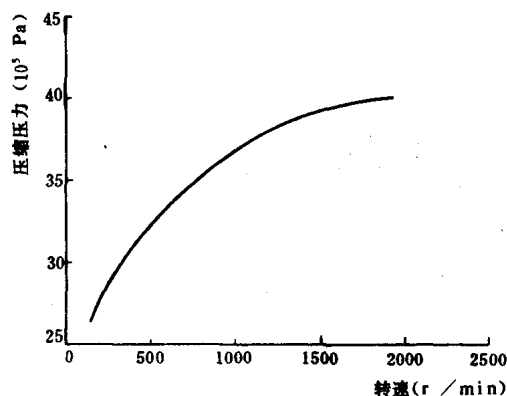


图 1-7 压缩压力与转速的关系

对柴油发动机的燃烧过程说明如下：

从喷嘴喷射到燃烧室内的高压雾状燃油颗粒，由于受高温高压空气的加热而使其温度上升并蒸发，和高温空气混合后着火燃烧。

这个过程如图 1-8 所示。

其燃烧过程如下：

(1) 着火延迟期(燃烧准备期)

在图中 A 到 B 的期间内，燃料以雾状喷射。这时，气缸内压缩空气已是热的，是接近着火温度的期间。由于此期间的长短对燃烧有较大的影响，所以应尽可能的缩短。此期间的长短受燃料的着火性、空气的压缩压力及温度和燃料喷射状态等因素的影响。

(2) 火焰传播期(定容燃烧期)

在图中 B 到 C 的期间内，由于经过了着火延迟期，完成了燃烧准备。在图中 B 处，混合气从某一处或几处引起发火，迅速向四周传播并几乎在同时进行燃烧，使压力急剧上升。这时的压力上升与发火延迟期喷射的燃料量及雾化状态等有关。这一期间在 C 点终止，此时已将喷射的燃料大部分燃尽。

(3) 直接燃烧期(定压燃烧期)

在图中 C 到 D 期间内，超过 C 点后燃料仍然喷射。由于在 BC 期间已经产生了火焰，所以在喷射的同时就进行燃烧。因而可以用适当增减燃料喷射量的方法，对 CD 期间的压力变化进行一定程度的调整。

(4) 后燃烧期间

在图中 D 点喷射终止，燃烧气体膨胀。在此之前，燃料不能完全燃烧，所以在膨胀期间继续燃烧。故称 DE 期间为后燃烧期间。

若此期间过长，则排气温度高并使热效率降低，所以必须使其缩短。燃料颗粒的大小、分布以及它和空气的接触状态，都对此期间的燃烧有较大的影响。

总之，燃烧分为 4 个阶段。着火延迟期和火焰传播期是直接燃烧期的准备期，此期间的状态对燃烧有较大的影响。

因此，对于发动机整备来说，选择适当的喷咀喷射的开始压力和喷雾状态、压缩压力、喷射时间等，都是重要事项。

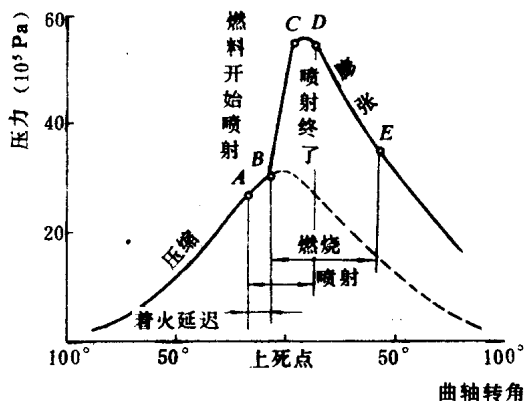


图 1-8 柴油发动机的燃烧状态

2. 爆震

爆震是柴油发动机与燃烧有关的特征之一。

汽油发动机爆震和柴油发动机爆震，都是在燃烧过程中随着压力急剧上升而发生的，但发生的时刻、原因及状况，却有着根本的差异。

柴油发动机爆震，是由于着火延迟期中可燃混合气突然爆发燃烧，使压力急剧上升而发生的。

汽油发动机爆震,是由于容易产生的自燃点火而发生的,柴油发动机爆震是由于难于产生自燃点火而发生的。两者的原因完全相反。

对于汽油发动机,正常燃烧和产生爆震时的燃烧,有显著的不同;而对柴油发动机来说,正常燃烧和爆震没有明显地区别。

为防止柴油机爆震,从其产生的原因来看,需要缩短着火延迟期,一般是通过喷咀做成在着火延迟期间喷射量较少的方法来实现。采取的其他方法如下。

- a. 使用发火性好的(十六烷值高的)燃油。
- b. 提高气缸内温度(提高压缩压力)。
- c. 调整冷却水温度。
- d. 选择适当喷射时间。
- e. 选择适当燃料喷射压力及喷雾状态。

3. 排 气

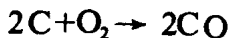
对柴油发动机,应限CO(一氧化碳), HC(碳氢), NO_x (氮氧化物)的排放。此外,还应限制因不完全燃烧而产生的黑烟。

(1) 废气的产生过程

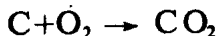
大部分燃料燃烧后成为无害废气,一部分因未完全燃烧而产生CO、HC、 NO_x 等有害气体。

(A) CO

CO是由于空气供给不足、燃料不能完全燃烧而按下述反应式产生的:



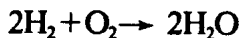
但是,在空气充分供给并完全燃烧的情况下,将按下述反应式产生无害的 CO_2 (二氧化碳):



柴油发动机由于空气过量系数大,燃烧是在空气充分供给的情况下进行的,所以极少产生CO。

(B) HC

HC是氢和碳的化合物的总称。完全燃烧时,C将变为 CO_2 , H_2 (氢)按下列反应式变为 H_2O (水,但这时为水蒸气):



从排气管排出的HC,是燃料未完全燃烧而照原样排出的残余可燃气。

由于柴油发动机中是在空气充足的情况下燃烧的,所以极少产生HC。

(C) NO_x

NO_x 是氮和氧的化合物的总称。一般情况下,在高温下物质燃烧时产生的气体中有各种 NO_x 。它们决定于和氧气结合(氧化)的程度。

在高温下 N_2 (氮)和 O_2 反应如下:

