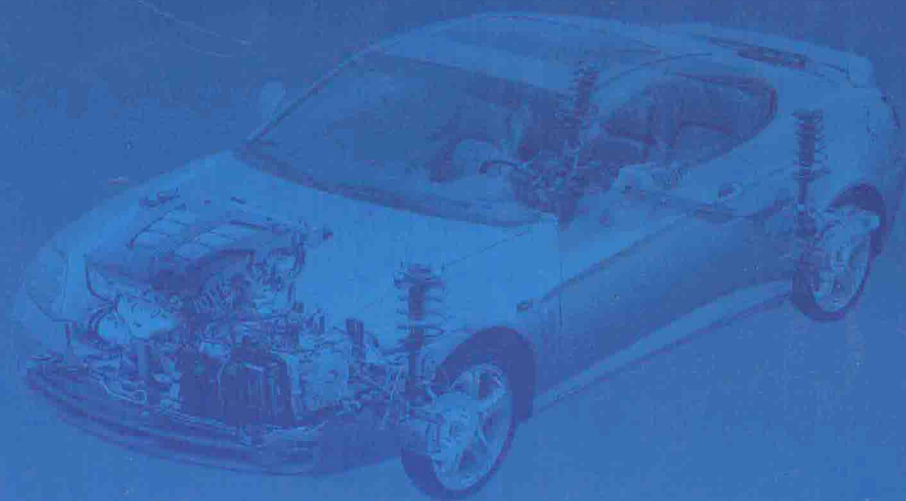


发动机 机械系统检修

FADONGJI

JIXIE XITONG JIANXIU

主编◎田有为 高宇 丁伟



发动机机械系统检修

主 编 田有为 高 宇 丁 伟
副主编 刘 涛 陈 硕 翟 静

内 容 提 要

本书以发动机机械系统常见故障检修任务为依据,采用任务驱动式教学方法,按照企业实际工作中的典型工作任务对发动机机械系统的教学内容进行重新整合,从分析故障原因开始,确定完成检修作业所需的工作任务。在阐述发动机机械系统基本结构、原理与检修方法的同时,突出对岗位综合能力的培养。

本书有6个项目,共15个学习任务,内容涉及发动机曲柄连杆机构检修、配气机构检修、冷却系统检修、润滑系统检修、进排气系统检修及发动机大修与总装,涵盖了汽车发动机机械系统检修的主流技术。

本书内容先进、资料翔实、图文并茂、通俗易懂,适合作为专业培训相关课程的教材,同时也可作为汽车维修技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

发动机机械系统检修/田有为,高宇,丁伟主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014.9

ISBN 978-7-5640-9707-3

I. ①发… II. ①田… ②高… ③丁… III. ①汽车-发动机-车辆修理 IV. ①U472.43

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第206826号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京高岭印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/12.25

字 数/284千字

版 次/2014年9月第1版 2014年9月第1次印刷

定 价/39.00元



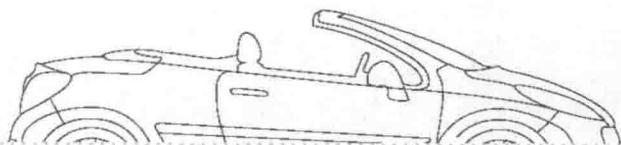
责任编辑/封雪

文案编辑/封雪

责任校对/孟祥敬

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

P R E F A C E

为了适应我国汽车维修行业技能型紧缺人才培养的需要,提高学生适应岗位技能的能力,我们在汽车专业课程改革的基础上,编写了《发动机机械系统检修》一书。

由于汽车发动机的结构类型繁多,本教材在讲述一般结构的基础上,突出对目前国内保有量较大的轿车发动机(大众车系和日本车系)的讲解,并较详细地介绍了汽车发动机的新结构、新技术。本教材包括6个项目,每个项目设置均采用任务驱动的方式,包括相关知识和任务实施等环节。全书详细介绍了发动机曲柄连杆机构检修、配气机构检修、冷却系统检修、润滑系统检修、发动机进排气系统检修及发动机大修与总装等内容。

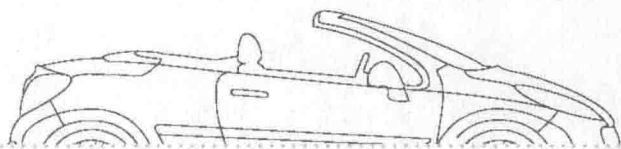
本教材的编写广泛征求了各相关院校和大量维修技术人员的意见,并在内容的编写过程中,注重理论知识与实践技能的有机结合,突出针对性、通用性、先进性和实践性,内容系统、连贯、完整,图文并茂,实操性强,与现代汽车4S店作业同步,具有较强的实用性,力求从生产一线对该专业人才知识、能力的需要出发,以汽车机电维修岗位中的典型工作任务为载体,重点对汽车各系统的基本组成、主要元件结构和工作原理、常见故障诊断方法、检修方法进行介绍。

本教材由田有为、高宇和丁伟主编;由刘涛、陈硕和翟静任副主编。其他参与编写的还有张西振、高元伟、王丽梅、张风云、任佳君、张义、项仁峰、杨艳芬、李晗、鲁明强等。

在编写的过程中,得到了辽宁鑫溢汽车销售服务有限公司、辽宁和兴大众汽车销售服务有限公司、沈阳广通行汽车服务有限公司、辽宁鑫迪汽车销售服务有限公司很多的支持,在此表示衷心的感谢,一并对本教材参考文献的作者表示感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中不当甚至错误之处在所难免,恳请使用本教材的师生和读者批评指正。

编者
2014年6月



目 录

CONTENTS

项目一 曲柄连杆机构检修	001
学习任务1-1 气缸压力检测	001
学习任务1-2 机体组检修	014
学习任务1-3 活塞组检修	029
学习任务1-4 连杆组检修	044
学习任务1-5 曲轴飞轮组检修	051
项目二 配气机构检修	071
学习任务2-1 气门组检修	071
学习任务2-2 气门传动组检修	085
项目三 冷却系统检修	115
学习任务3-1 冷却系统主要零部件检修	115
学习任务3-2 冷却风扇及散热器检修	127
项目四 润滑系统检修	137
学习任务4-1 机油压力检测	137
学习任务4-2 机油泵检修	151
项目五 发动机进排气系统检修	161
学习任务5-1 进排气系统检修	161
学习任务5-2 废气涡轮增压系统检修	170
项目六 发动机大修与总装	177
学习任务6-1 发动机的分解、检查与组装	177
学习任务6-2 发动机的装配与调整	182
参考文献	190

项目一

曲柄连杆机构检修

当汽车行驶里程过长、发动机不按时进行保养或在非正常的条件下运转时（如发动机机油选择不当、缺机油、机油变质、发动机温度过高、冬季不经热车即高负荷运转等），均会造成发动机零部件的过度磨损或损坏，导致发动机动力不足，严重的会造成发动机无法启动。这种情况下要对发动机进行拆解，重点要对曲柄连杆机构进行检修。



学习目标

知识目标

- (1) 了解发动机的基本组成。
- (2) 掌握发动机常用的性能指标及基本术语。
- (3) 掌握发动机的工作原理。
- (4) 掌握曲柄连杆机构各零部件功用、结构及工作原理。

技能目标

- (1) 能够分析发动机动力不足、排气管冒蓝烟的故障原因。
- (2) 能够确定发动机曲柄连杆机构部件的检测内容和所需工具。
- (3) 能够根据相关资料确定曲柄连杆机构零部件检测标准。
- (4) 能够准备任务相关的零件、工具和工作场所。
- (5) 能够分析工作中的不安全因素并采取措施，同时保护环境。
- (6) 能够检测机械零件的尺寸误差和配合误差并确定维修措施。
- (7) 能够检查、评价、记录工作结果。



学习任务1-1 气缸压力检测

任务目标

- (1) 了解发动机的基本组成。
- (2) 掌握发动机常用的性能指标及基本术语。
- (3) 掌握发动机的工作原理。
- (4) 能按正确步骤测量气缸压力，并做出分析。

任务引入

通过检查活塞到达上止点时气缸的压缩压力可确定气缸密封性的好坏。气缸的密封性与气缸体、气缸盖、气缸垫、活塞、活塞环和进排气门等零件的技术状况有关,在发动机运行的过程中,由于这些零件的磨损、变形、烧蚀或积炭,会导致气缸密封性下降,最终会造成发动机功率不足、油耗增加。在汽车维修企业中广泛使用气缸压力表来检测气缸压缩压力。

相关知识

一、发动机总体构造

1. 汽油机的总体构造

汽油机主要由“两大机构、五大系统”组成,如图1-1和图1-2所示。“两大机构”指曲柄连杆机构和配气机构,“五大系统”指燃料供给系统、点火系统、冷却系统、润滑系统和起动系统。

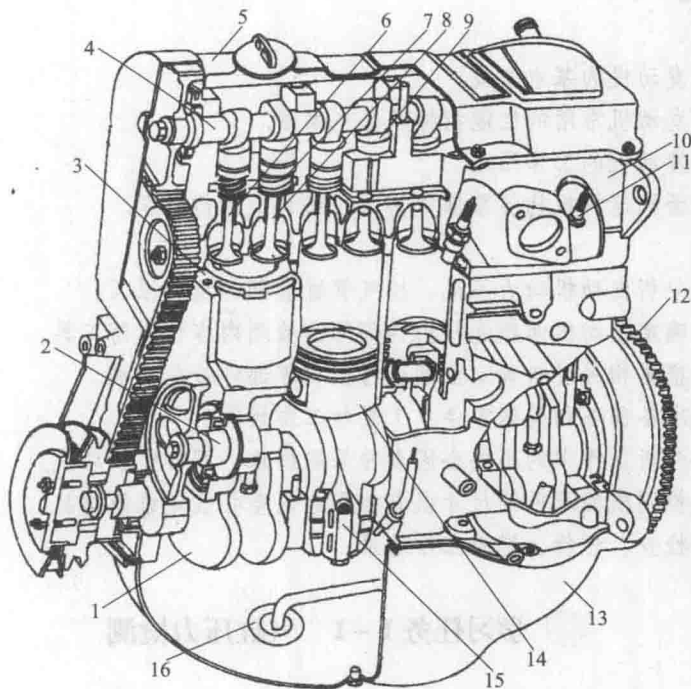


图1-1 汽油机解剖图

- 1—曲轴; 2—中间轴; 3—气缸体; 4—凸轮轴; 5—凸轮轴罩盖; 6—排气门; 7—气门弹簧;
8—进气门; 9—气门挺杆; 10—气缸; 11—火花塞; 12—飞轮; 13—油底壳;
14—活塞; 15—连杆总成; 16—集滤器

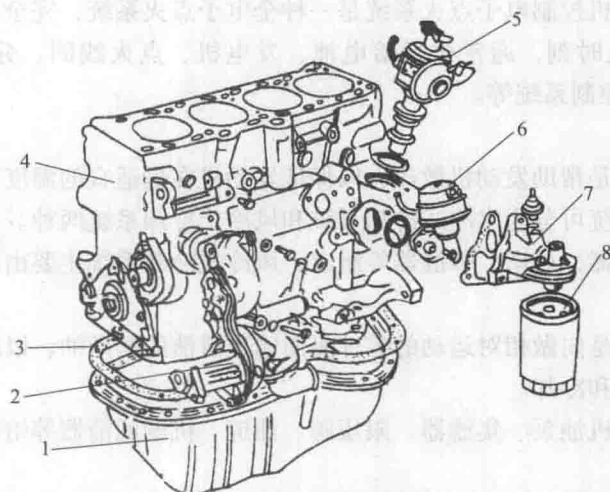


图 1-2 汽油机主要附件

- 1—油底壳；2—水泵；3—密封垫；4—气缸体；5—分电器；
6—汽油泵；7—机油滤清器安装座；8—机油滤清器

(1) 曲柄连杆机构。

曲柄连杆机构是发动机实现热能与机械能相互转换的主要机构。其主要功用是将气缸内气体作用在活塞上的力转变为曲轴的旋转力矩，从而输出动力。

曲柄连杆机构可分为机体组、活塞连杆组和曲轴飞轮组三部分。在有些发动机上，为平衡曲柄连杆机构的振动，还装有平衡轴装置。

(2) 配气机构。

配气机构的功用是根据发动机的工作需要，适时地打开进气通道或排气通道，以便使可燃混合气（燃料与空气的混合物）及时地进入气缸，或使废气及时地从气缸内排出；而在发动机不需要进气或排气时，则利用气门将进气通道或排气通道关闭，以便保持气缸密封。

配气机构主要由进排气门、气门弹簧、凸轮轴、气门挺杆、凸轮轴传动机构等零部件组成。

(3) 燃料供给系统。

汽油机燃料供给系统的功用是根据发动机的工作需要，配制出一定数量和浓度的可燃混合气并送入气缸。

燃料供给系统有化油器式和电控燃油喷射式两种类型。化油器式燃料供给系统一般由汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进排气装置等组成，电控燃油喷射式燃料供给系统由空气供给系统、燃油供给系统和电子控制系统组成。

(4) 点火系统。

汽油机点火系统的功用是根据发动机的工作需要，及时地点燃气缸内的混合气。

按对点火时刻的控制方式不同，点火系统可分为传统点火系统、普通电子点火系统和微型计算机控制电子点火系统三种。传统点火系统利用机械装置控制点火时刻，通常由蓄电池、发电机、点火线圈、断电器、分电器、点火提前角调节器、火花塞和点火开关等组成；普通电子点火系统利用电子点火器控制点火时刻，其组成与传统点火系统类似，只是用电子元件取代了断电器，但仍保留部分机械装置，如真空式点火提前角调节器和离心式点火提前

角调节器；微型计算机控制电子点火系统是一种全电子点火系统，完全取消了机械装置，由电控系统来控制点火时刻，通常包括蓄电池、发电机、点火线圈、分电器（有些无分电器）、火花塞和电子控制系统等。

（5）冷却系统。

冷却系统的功用是帮助发动机散热，以保证发动机在最适宜的温度下工作。

发动机的冷却系统可分为水冷式冷却系统和风冷式冷却系统两种。水冷式冷却系统通常由水套、水泵、散热器、风扇、节温器等组成；风冷式冷却系统主要由风扇、散热片组成。

（6）润滑系统。

润滑系统的功用是向做相对运动的零件表面输送清洁的润滑油，以减小摩擦和磨损，并对摩擦表面进行清洗和冷却。

润滑系统一般由机油泵、集滤器、限压阀、油道、机油滤清器等组成。

（7）起动系统。

起动系统的功用是使发动机由静止状态进入正常工作状态。起动系统包括起动机及其附属装置。

2. 柴油机的总体构造

四行程水冷式柴油机由“两大机构、四大系统”组成，“两大机构”指曲柄连杆机构和配气机构，“四大系统”指燃料供给系统、冷却系统、润滑系统、起动系统。

柴油机的曲柄连杆机构、配气机构、冷却系统、润滑系统、起动系统与汽油机基本相同。由于柴油机采用压缩自燃的着火方式，因此不需要点火系统。此外，由于柴油机与汽油机使用的燃料不同，其燃料供给系统存在较大的差异，柴油机的燃料供给系统通常利用高压油泵将柴油压力提高后，再利用喷油器将高压柴油直接喷入气缸。

按对供（喷）油量等的控制方式不同，柴油机的燃料供给系统也可分为传统燃料供给系统和电子控制燃料供给系统。传统柴油机燃料供给系统通常由油箱、柴油滤清器、输油泵、高压油泵、喷油器等组成，早期的柴油机电子控制系统只是在传统燃料供给系统的基础上增加了一些电控元件，而后期的柴油机电子控制系统取消了高压油泵（但有些装用高压输油泵），并用共轨取代了各缸喷油器的高压油管，电子控制系统的功能更强大、精度更高。

3. 发动机的分类

汽车发动机是将燃料燃烧的热能转变为机械能的热力发动机。热力发动机可分为外燃机和内燃机。燃料在外部燃烧，燃烧的热能通过其他介质转变为机械能的称为外燃机，如蒸汽机。燃料在内部燃烧，燃烧的热能直接转变为机械能的称为内燃机，如汽油机和柴油机。内燃机具有热效率高、结构紧凑、体积小、便于装车、起动性能好等优点，因而应用广泛，现代汽车发动机都属内燃机。

汽车用内燃机种类繁多，可以按不同特征加以分类，常用分类方法有以下七种。

（1）按使用燃料分类。

按使用燃料不同，汽车用内燃机可分为汽油机、柴油机、单燃料燃气发动机、两用燃料发动机、混合燃料发动机等。

以汽油为燃料的发动机称为汽油机；以柴油为燃料的发动机称为柴油机；以单一燃气（如液化石油气或天然气）为燃料的发动机称单燃料燃气发动机；具有两套相互独立的燃料

供给系统、可分别使用两种不同燃料的发动机称两用燃料发动机；工作时，同时使用两种燃料的发动机称为混合燃料发动机。

近年来，为节省石油能源和降低汽车的污染排放，人们不断研制新型汽车动力装置，如在汽车工业发达国家已进入实用阶段的混合动力装置。混合动力装置是指将电动机与小型燃料发动机组合成一体，小型燃料发动机只起辅助作用，这样既能发挥燃料发动机持续工作时间长、动力性能好的优点，又能发挥电动机无污染、低噪声的优势，二者“并肩作战，取长补短”，可使燃料发动机的热效率提高 10% 以上、废气排放量降低 30% 以上。

(2) 按点火方式分类。

按点火方式不同，汽车用内燃机可分为点燃式发动机和压燃式发动机。

点燃式发动机是利用高压电火花点燃气缸内的混合气来完成做功的，如汽油机，它所使用的燃料一般是点燃温度低、自燃温度高的燃料。

压燃式发动机是利用高温、高压使气缸内的混合气自行着火燃烧来完成做功的，如柴油机，它所使用的燃料一般是点燃温度较高，但自燃温度较低的燃料。

(3) 按活塞运动方式分类。

按活塞运动方式不同，汽车用内燃机可分为往复式活塞式发动机和旋转活塞式（转子式）发动机。现代汽车发动机多采用往复式活塞式发动机。

往复式活塞式发动机按完成一个工作循环所需活塞的行程数不同，又可分为四行程发动机和二行程发动机。活塞上下往复四个行程完成一个工作循环的发动机称为四行程发动机。活塞上下往复两个行程完成一个工作循环的发动机称为二行程发动机。现代汽车发动机多采用四行程发动机。

(4) 按冷却方式分类。

按冷却方式不同，汽车用内燃机可分为水冷式发动机和风冷式发动机。现代汽车发动机绝大多数采用水冷却方式，并且用冷却液代替水做冷却介质，以防止冷却水冬季结冰，损坏发动机。

(5) 按气缸数目分类。

按气缸数目不同，汽车用内燃机可分为单缸发动机和多缸发动机，多缸发动机有双缸发动机、三缸发动机、四缸发动机、五缸发动机、六缸发动机、八缸发动机、十二缸发动机。现代汽车发动机多采用四缸发动机、六缸发动机和八缸发动机。

(6) 按气缸布置方式分类。

按气缸布置方式不同，汽车用内燃机可分为对置式发动机、直列式发动机、斜置式发动机和 V 型发动机。

(7) 按进气方式分类。

按进气方式不同，汽车用内燃机可分为自然吸气（非增压）式发动机和强制进气（增压）式发动机。

二、发动机工作原理

1. 基本术语

发动机基本术语如图 1-3 所示。

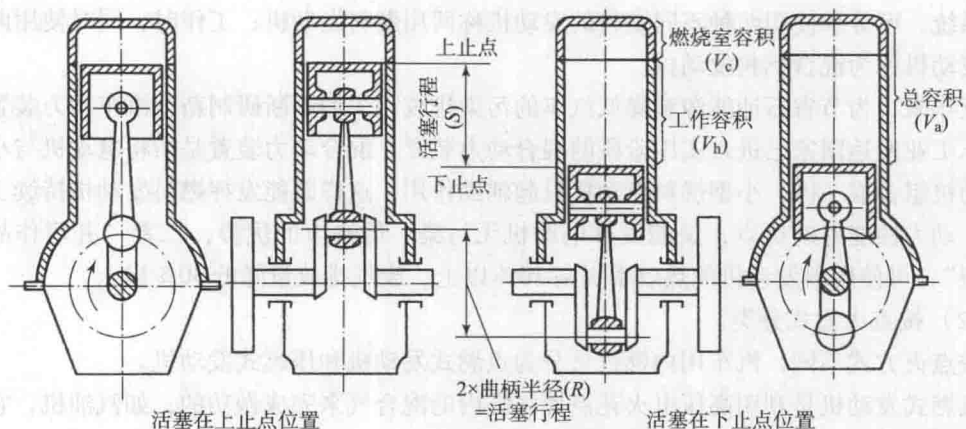


图 1-3 发动机基本术语

(1) 上止点。

活塞在离曲轴回转中心最远处时，活塞顶所处的位置称为上止点。

(2) 下止点。

活塞在离曲轴回转中心最近处时，活塞顶所处的位置称为下止点。

(3) 活塞行程。

上止点与下止点之间的距离称为活塞行程，一般用 S 表示。

(4) 曲柄半径。

曲轴上连杆轴颈轴线与曲轴主轴颈轴线（曲轴回转中心）之间的距离称为曲柄半径，一般用 R 表示。活塞行程为曲柄半径的两倍，即 $S = 2R$ 。

(5) 气缸工作容积。

活塞从一个止点运动到另一个止点所扫过的容积称为气缸工作容积或气缸排量，一般用 V_h 表示，单位 L，即

$$V_h = \frac{\pi D^2 S}{4} \times 10^{-6}$$

式中 D ——气缸直径，mm；

S ——活塞行程，mm。

(6) 燃烧室容积。

活塞在上止点时，活塞顶与气缸盖之间的容积称为燃烧室容积，一般用 V_c 表示，单位 L。

(7) 气缸总容积。

活塞在下止点时，活塞顶上方的容积称为气缸总容积，一般用 V_a 表示，单位 L。显然，气缸总容积是气缸工作容积与燃烧室容积之和，即

$$V_a = V_c + V_h$$

式中 V_c ——燃烧室容积，L；

V_a ——气缸工作容积，L。

(8) 发动机排量。

多缸发动机各气缸工作容积的总和称为发动机排量，一般用 V_L 表示，单位 L，即

$$V_L = V_h i$$

式中 V_h ——气缸工作容积, L;
 i ——气缸数目。

(9) 压缩比。

气缸总容积与燃烧室容积之比称为压缩比, 一般用 ε 表示。

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

式中 V_a ——气缸总容积, L;

V_h ——气缸工作容积, L;

V_c ——燃烧室容积, L。

压缩比表示活塞由下止点运动到上止点时, 气缸内的气体被压缩的程度。压缩比越大, 压缩终了时气缸内气体的压力和温度越高。

(10) 工作循环。

在气缸内每完成一次热能与机械能的相互转换, 所经历的一系列连续过程称为发动机的一个工作循环, 每一个工作循环包括进气、压缩、做功和排气等过程。

(11) 充气效率。

充气效率是指在进气过程中, 实际进入气缸内的新鲜空气或可燃混合气的质量与在进气状态下充满气缸工作容积的新鲜空气或可燃混合气的质量之比, 该指标用于衡量和评价新鲜空气或可燃混合气充满气缸的程度。充气效率越高, 表明进入气缸内的新鲜空气或可燃混合气越多, 可燃混合气燃烧时所放出的热量越大, 发动机发出的功率越大, 动力性越好。

2. 发动机主要性能指标

(1) 指示功率。

指示功率是指发动机在单位时间内所做的指示功, 通过气体压力作用在气缸活塞上得出, 用符号 P_i 来表示。

(2) 有效功率。

有效功率是指从发动机输出轴上输出的净功率, 即指示功率减去摩擦、驱动附属件等损失后输出到飞轮上的功率, 用符号 P_e 表示, 单位 kW。

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

式中 T_e ——有效转矩, N·m;

n ——发动机转速, r/min。

(3) 有效转矩。

发动机对外输出的转矩称为有效转矩, 用符号 T_e 表示, 单位为 N·m。它是作用在活塞顶部的气体压力通过连杆传给曲轴产生的转矩在克服摩擦、驱动附件等损失后从曲轴或飞轮对外输出的净转矩。

(4) 发动机转速。

发动机曲轴每分钟的回转数称为发动机转速, 用 n 表示, 单位为 r/min。

发动机转速的高低, 关系到单位时间内做功次数的多少和发动机有效功率的大小, 即发动机的有效功率随转速的不同而改变。因此, 在说明发动机有效功率的大小时, 必须同时指明其

相应的转速。在发动机铭牌上规定的有效功率及其相应的转速分别称为标定功率和标定转速。

发动机在标定功率和标定转速下的工作状况称为标定工况。标定功率不是发动机所能发出的最大功率，它是根据发动机用途而制定的有效功率的最大使用限度。同一型号的发动机当其用途不同时，其标定功率也不相同。

(5) 有效热效率。

燃料燃烧所产生的热量转化为有效功的百分数称为有效热效率，用符号 η_e 表示。显然，为获得一定数量的有效功所消耗的热量越少，有效热效率越高，发动机的经济性越好。

(6) 有效燃油消耗率。

有效燃油消耗率是指发动机单位获得有效功所消耗的燃油量，用符号 g_e 来表示，单位为 $g/(kW \cdot h)$ 。 g_e 可按下式计算：

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

式中 G_T ——发动机在单位时间内消耗的燃油量， kg/h ；

P_e ——发动机的有效功率， kW 。

显然，有效燃油消耗率越低，经济性越好。通常发动机铭牌上给出的有效燃油消耗率 g_e 是最小值。

3. 发动机的特性曲线

对于某一台发动机而言，其各个性能指标（有效转矩 T_e 、有效功率 P_e 、有效燃油消耗率 g_e ）都不是一个固定的数值，而是随其运转工况（负荷、转速）的变化而变化的。发动机节气门位置不变时，其性能指标随转速而变化的关系，称为发动机速度特性。速度特性包括全负荷速度特性（外特性）和部分负荷速度特性。发动机工作时，若转速保持一定，其经济性指标随负荷而变化的关系，称为负荷特性。在发动机特性中，其速度特性最为常用。

为便于分析发动机的速度特性，通常由发动机台架试验测取一系列数据，并以发动机转速 n 作为横坐标，发动机的有效功率 P_e 、有效转矩 M_e 、有效燃油消耗率 g_e 等作为纵坐标，绘制成速度特性曲线。通过分析发动机的速度特性，可找出发动机在不同的转速情况下工作时，其动力性和经济性的变化规律，及对应于最大功率（ P_{emax} ）、最大转矩（ M_{emax} ）和最小燃油消耗率（ g_{emin} ）时的转速，从而确定发动机工作时最有利的转速范围。

节气门全开时的速度特性称为发动机的外特性；节气门不全开时的其他任意位置所得到的速度特性都称为部分特性。发动机的外特性表示了发动机所能得到的最大动力性能。从外特性曲线上可以看到发动机所能输出的最大功率、最大转矩以及相应的转速和燃料消耗量，汽车产品说明书上大都采用发动机外特性曲线图，但一般只标出功率和转矩曲线。

发动机外特性曲线的特征是：功率曲线和转矩曲线都呈现凸形曲线，有效燃油率曲线则呈现凹形曲线，但汽油机和柴油机的外特性曲线又有所不同。

在汽油发动机外特性曲线中，功率曲线在较低转速下数值很小，但随转速增加而迅速增长。当转速增加到一定区间后，功率增长速度变缓，到最大值后又开始下降。转矩曲线则与功率曲线相反，它往往在较低转速下就能获得最大值，然后随转速上升而下降。有效燃油率曲线随转速的增长而呈现一个凹形曲线，在中间某一转速下达到最小值，不论转速增大或者减小，都会使有效燃油率增大，如图 1-4（a）所示。

在柴油机外特性曲线中,功率曲线是随转速上升而上升,到了最大转速(标定转速)仍未出现曲线的最高点。转矩曲线变化平缓,在不同转速位置变化量不大。有效燃油率曲线不但起点数值低,而且比较平坦,如图1-4(b)所示。

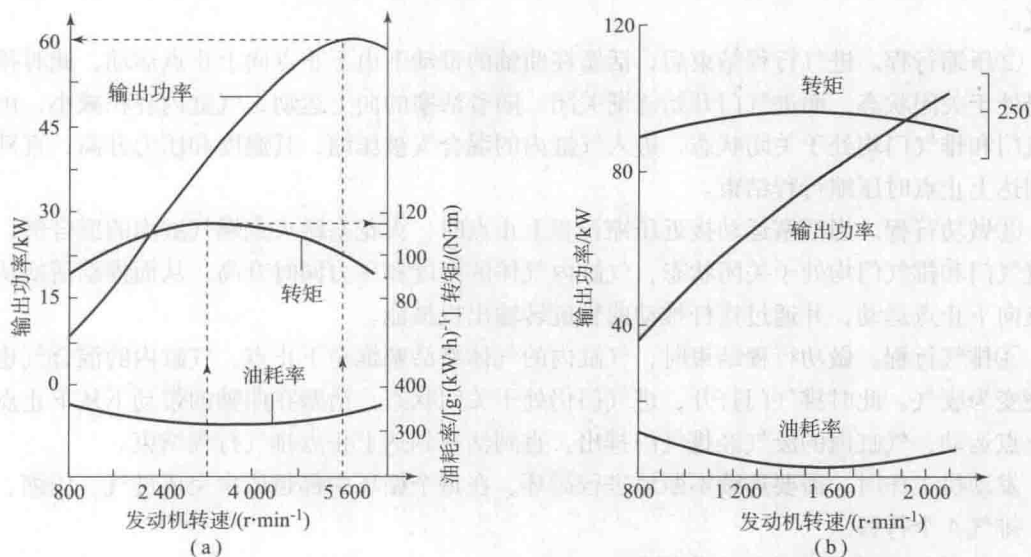


图1-4 发动机外特性曲线

(a) 汽油发动机外特性曲线; (b) 柴油发动机外特性曲线

虽然各种型号的汽油或柴油发动机外特性曲线不完全一样,但基本还是呈现上述的形态,通过发动机外特性曲线图可以了解发动机的性能和特点,了解功率、转矩、耗油量和转速之间的关系,并找出发动机最佳的工作区域。

4. 发动机基本工作原理

(1) 单缸四冲程汽油机工作原理。

单缸四冲程汽油机每一个工作循环都有4个活塞行程,按其作用分别称为进气行程、压缩行程、做功行程和排气行程,如图1-5所示。

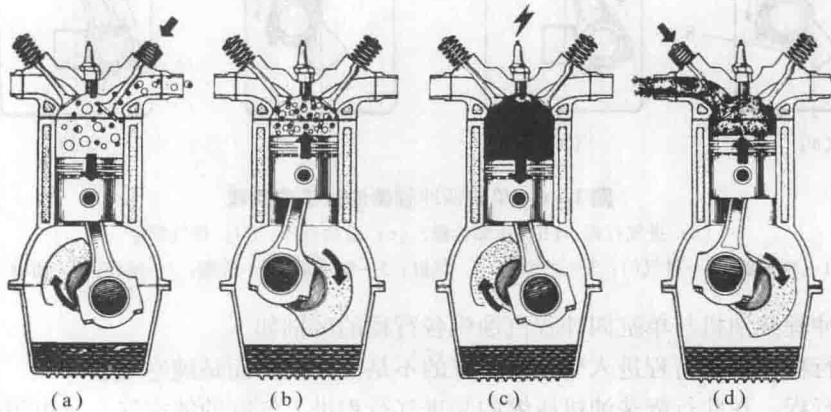


图1-5 单缸四冲程汽油机工作原理

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 做功行程; (d) 排气行程

①进气行程。在进气行程中,活塞由曲轴带动由上止点向下止点运行,此时排气门关闭,进气门开启。由于活塞由上止点向下止点运动过程中,气缸内容积逐渐增大,形成一定的真空度,因此混合气通过进气门被吸入气缸。当活塞到达下止点时,整个气缸内充满了混合气。

②压缩行程。进气行程结束后,活塞在曲轴的带动下由下止点向上止点运动,此时排气门仍处于关闭状态,而进气门开始逐渐关闭。随着活塞的向上运动,气缸内容积减小,由于进气门和排气门均处于关闭状态,进入气缸内的混合气被压缩,其温度和压力升高,直到活塞到达上止点时压缩行程结束。

③做功行程。当活塞运动接近压缩行程上止点时,火花塞跳火燃燃气缸内的混合气,此时进气门和排气门均处于关闭状态,气缸内气体的温度和压力同时升高,从而推动活塞从上止点向下止点运动,并通过连杆推动曲轴旋转输出机械能。

④排气行程。做功行程结束时,气缸内的气体将活塞推至下止点,气缸内的混合气也因燃烧变为废气。此时排气门打开,进气门仍处于关闭状态,活塞在曲轴的带动下从下止点向上止点运动,气缸内的废气经排气门排出,直到活塞到达上止点排气行程结束。

发动机工作时,需要连续不断地进行循环,在每个循环中都是依次完成进气、压缩、做功、排气4个行程。

(2) 单缸四冲程柴油机工作原理。

单缸四冲程柴油机工作原理与单缸四冲程汽油机工作原理一样,每个工作循环也是由进气、压缩、做功和排气四个行程组成。但由于柴油与汽油的性质不同,使柴油机混合气的形成方式及着火方式等与汽油机有很大的区别。单缸四冲程柴油机工作原理如图1-6所示。

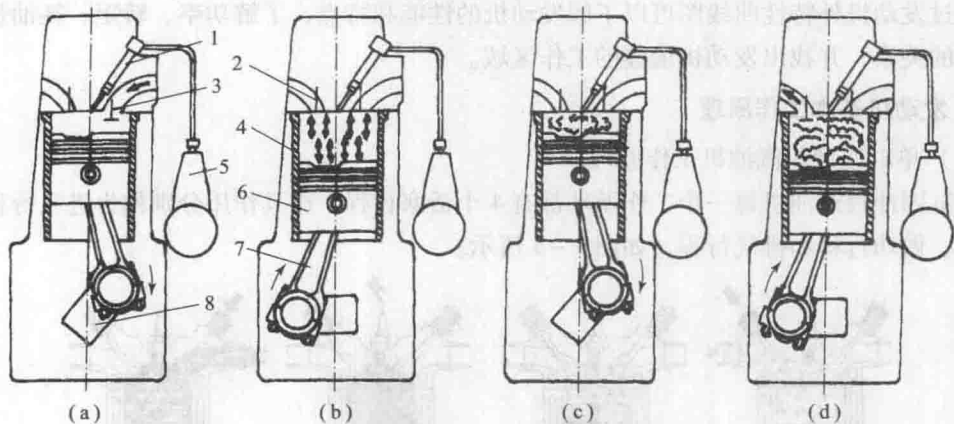


图1-6 单缸四冲程柴油机工作原理

(a) 进气行程; (b) 压缩行程; (c) 做功行程; (d) 排气行程

1—喷油器; 2—排气门; 3—进气门; 4—气缸; 5—喷油泵; 6—活塞; 7—连杆; 8—曲轴

单缸四冲程柴油机与单缸四冲程汽油机各行程的区别如下。

①进气行程。在此行程进入柴油机气缸的不是混合气,而是纯空气。

②压缩行程。在此行程柴油机压缩的是进气行程进入气缸的纯空气,且由于柴油机压缩比大,压缩终了时气缸内的压力和温度均比汽油机高。

③做功行程。柴油机的做功行程与汽油机的差别较大,在柴油机压缩行程接近终了时,

喷油器将高压柴油呈雾状喷入气缸内的高温空气中,柴油在气缸内便迅速蒸发并与空气混合形成混合气,由于此时气缸内的温度远高于柴油的自燃温度(约 500 K),因此形成的混合气会立即自行着火燃烧,在此后的一段时间内边喷油边燃烧,气缸内的压力和温度也急剧升高,活塞被向下推动做功。

④排气行程。此行程与汽油机的基本相同。

(3) 多缸四冲程发动机工作原理。

单缸四冲程发动机的每个工作循环虽有 4 个活塞行程,但只有做功行程为有效行程,其余 3 个行程均为消耗功的辅助行程。因此,单缸四冲程发动机工作时,曲轴在做功行程的转速比其余 3 个行程要快,即在一个工作循环内,曲轴的转速是不均匀的,因此单缸发动机存在工作不平稳、振动大的缺陷。为使发动机运转平稳,现代汽车发动机都采用多缸四冲程发动机,用得最多的是四缸、六缸和八缸发动机。

多缸四冲程发动机每一个气缸的工作循环都与单缸四冲程发动机相同,但各缸的做功行程并不同时进行,而是按一定顺序进行。不论是几缸四冲程发动机,曲轴每转两周,各缸轮流做功一次,且各缸做功行程间隔的曲轴转角均匀一致。多缸发动机各缸的做功间隔角(曲轴转角)为 $720^\circ/i$ (i 为气缸数)。气缸数越多,发动机工作越平稳,但缸数增多会使发动机的结构复杂,并使其尺寸和质量增大。

三、气缸压力检测

气缸压力检测能够检查活塞环、气门以及燃烧室的密封性。

将压缩压力读数与厂家维修手册中给出的压力参数值进行比较。如果所有气缸压力值都和规定值相等,那么读数就是合格的。若高于规定值,则通常是由气缸中的积炭引起的。积炭会提高压缩比。如果气缸压力低于允许值,应检查以下事项,然后重新测量气缸压力。

- (1) 气门与气门座是否损坏或磨损。
- (2) 气缸盖下平面、气缸体上平面是否变形,气缸垫是否烧蚀。
- (3) 活塞环是否损坏或磨损。
- (4) 活塞与气缸内径是否损坏或磨损。

若所有气缸的读数值都低,则说明发动机过度磨损。如果有一个或多个气缸的压力比规定值低,则很可能是气门或活塞环过度磨损。如果在第一个行程时压力读数低,而在接下来的 3 个行程中都有一定程度的增大,但仍然低于规定值,则可能是活塞环过度磨损。

如果读数在第一个行程时低,在接下来的 3 个行程中也没有增大,则可能是气门在泄漏。如果所有的读数都相等,但比规定值低很多,则可能是活塞环和气缸都磨损,或凸轮轴正时是错误的。

如果两相邻气缸的读数都低于规定值,则可能是这两气缸之间的气缸垫烧蚀。如果某个气缸的读数是零,则可能是活塞出现孔洞,或排气门严重烧蚀。

气缸压力检测步骤:

- (1) 启动发动机直至达到正常工作温度。
- (2) 取出所有火花塞。
- (3) 将节气门处于全开位置。
- (4) 将压力测试仪装入一个气缸的火花塞孔中,用起动机带动发动机旋转。

(5) 记录最高读数,依次测出各缸压力,计算各气缸之间压力值的差异。

湿气缸压力检测步骤:

从火花塞孔向气缸注入少量的润滑油后再做压力测试,添加的润滑油起密封作用。如果湿气缸压力的数值比没有添加润滑油时增加了很多,说明活塞环和气缸壁磨损。若压力没有升高,说明气门有故障。

任务实施

一、准备工作及注意事项

- (1) 在进行气缸压力检测前,禁用点火系统和燃油喷射系统。
- (2) 检查蓄电池,必要时对蓄电池进行充电。
- (3) 将节气门调到开度最大位置,这将使检测过程中进入气缸的空气量不受节气门的阻碍。
- (4) 由于柴油机的气缸压力比汽油机高得多,因此对于柴油机需要使用专用的压力测试仪。
- (5) 测试过程尽可能在短时间内完成。

二、拆装及检修流程

1. 工具/检测工具

常用工具箱、空气压缩机、气缸压力表等。

2. 工作步骤

- (1) 运转发动机使其达到正常工作温度。
- (2) 将点火线圈初级绕组正接线柱处的导线断开,从而禁用点火系统。在无分电器点火系统中,要将点火线圈包上初级线圈的所有插头断开。
- (3) 拔下燃油泵继电器,使燃油泵不工作。
- (4) 拧松火花塞,并用压缩空气吹掉火花塞安装孔处的所有脏物。
- (5) 将一个旋具放入节气门连杆内,使节气门处于打开状态。
- (6) 将气缸压力表小心安装到火花塞安装孔中。
- (7) 用起动机带动曲轴旋转 3~5 s,观察检测仪的读数直到压缩比测试器的读数停止上升为止,如图 1-7 所示。气缸压缩压力值应为 1~1.3 MPa,压力极限值为 0.75 MPa,各缸之间最大压力允许差为 0.3 MPa。
- (8) 将观察到的读数记录下来。检测完所有气缸后,将每个气缸的读数进行对比。
- (9) 使用检测仪上的泄压阀将检测仪内的压力释放掉,然后从气缸上拆下检测仪。
- (10) 每个气缸都以相同的方式进行测量。

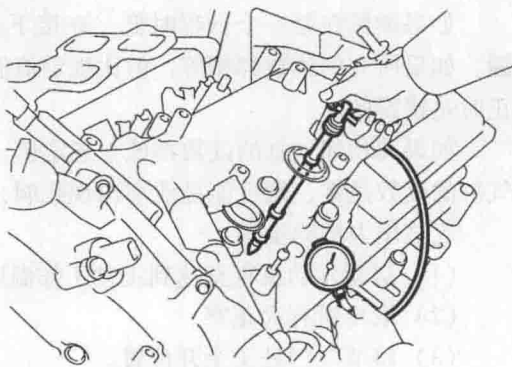


图 1-7 气缸压力检测