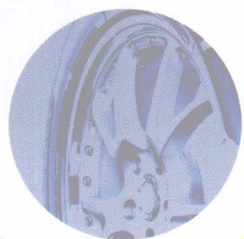


高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材
汽车运用与维修专业

工程机械发动机 构造与维修

■ 王增林 主编 李云峰 王秀红 副主编 ■



<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

工程机械发动机 构造与维修

王增林 主 编

李云峰 王秀红 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以工程机械发动机的结构为主线,介绍了发动机的构造、常见的故障诊断及维修等知识。主要内容包括:发动机总体构造、工程机械及发动机的维修概论、曲柄连杆机构的构造与维修、配气机构的构造与维修、汽油机燃油供给系统的构造与维修、柴油机燃油供给系统的构造与维修、柴油机电控喷射技术、润滑系统的构造与维修、冷却系统的构造与维修、发动机的装配与调试、发动机常见故障的诊断与排除。

本书注重理论联系实际、通俗易懂、深入浅出,注重实用。

本书可供高职院校工程机械专业使用,也可作为相关行业培训教材或自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

工程机械发动机构造与维修 / 王增林主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.8

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

ISBN 978-7-121-06480-7

I. 工… II. 王… III. ①工程机械—发动机—构造—高等学校: 技术学校—教材②工程机械—发动机—
机械维修—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU603

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 102890 号

策划编辑: 程超群

责任编辑: 宋兆武

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 18.75 字数: 476.8 千字

印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

近几年来，道路施工机械和港口机械的更新换代速度加快，各种新工艺、新技术、新设备不断出现，对工程机械学科的人才培养提出了更高的要求。另外，目前我国职业教育形势发展很快，对教材的要求也越来越高，为此，我们编写了《工程机械发动机构造与维修》教材。

在本书编写过程中，我们遵照教育部高职高专教材建设的要求，紧紧围绕培养高等技术应用型人才的需要，从人才培养目标的实际出发，结合教学的实际，以应用为目的，以能力培养为本位，确定编写思路和教材特色。

本书的主要特点：

(1) 坚持理论与实践一体化，理论与实践相结合的原则，注重培养学生的实际应用能力及创新精神。

(2) 集发动机构造、维修于一体，重点突出发动机维修操作技能。在阐述发动机基本结构原理的同时，突出发动机故障的检测及维修方法。

(3) 内容偏重于柴油机的结构和维修，系统介绍了柴油机的燃油供给系统（传统的直列式喷油泵、VE 泵、PT 燃油供给系统及电控柴油喷射系统）。本书可作为高职、中专教材，也可供有关技术人员参考。

全书共分 11 章，计划总学时为 120 学时，各学校可根据实际情况决定内容的取舍。

本书编写分工如下：第 1 章及 11.1 节由黑龙江省大庆市井下作业分公司压裂大队丁康玉编写；第 2 章由山西交通职业技术学院肖忠宝编写；第 3、7 章及 11.2、11.3、11.5 节由山西交通职业技术学院王增林编写；第 4、5 章由山西交通职业技术学院田振芳编写；第 6 章及 11.4 节由山西交通职业技术学院李云峰编写；第 8、9、10 章及 11.6、11.7 节由黑龙江省大庆职业学院王秀红编写，全书由王增林主编。

在本书编写过程中，参阅了大量的相关文献，在此，对相关作者表示真诚的谢意。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2008 年 5 月

目 录

第 1 章 发动机总体构造	(1)
1.1 往复式活塞式发动机的基本构造及工作原理	(1)
1.1.1 往复式活塞式发动机的基本构造	(1)
1.1.2 往复式活塞式发动机的基本术语	(1)
1.1.3 往复式活塞式发动机的总体构造与工作原理	(2)
1.1.4 往复式活塞式发动机型号的编制规则	(5)
1.2 发动机的主要性能指标和特性	(7)
1.2.1 发动机的主要性能指标	(7)
1.2.2 发动机特性	(10)
复习思考题	(16)
第 2 章 工程机械发动机维修概论	(17)
2.1 工程机械零件的损耗	(17)
2.1.1 工程机械技术状况的变化	(17)
2.1.2 工程机械零件的磨损	(18)
2.2 工程机械发动机的修理工艺	(22)
2.2.1 工程机械发动机的修理依据及作业要求	(22)
2.2.2 发动机修理工艺流程	(24)
2.3 发动机修理工艺过程	(24)
2.3.1 工程机械发动机的解体与清洗	(25)
2.3.2 工程机械零件的检验与分类	(26)
2.3.3 发动机零件的修理方法	(30)
复习思考题	(33)
第 3 章 曲柄连杆机构的构造与维修	(34)
3.1 概述	(34)
3.1.1 曲柄连杆机构的功用与组成	(34)
3.1.2 曲柄连杆机构的工作条件与受力分析	(35)
3.2 机体组的构造与维修	(36)
3.2.1 机体组的构造	(36)
3.2.2 机体组的检修	(43)
3.3 活塞连杆组的构造与维修	(48)
3.3.1 活塞连杆组的构造	(48)
3.3.2 活塞连杆组的检修	(58)
3.4 曲轴飞轮组的构造与维修	(67)
3.4.1 曲轴飞轮组	(67)
3.4.2 曲轴飞轮组的检修	(75)
复习思考题	(79)

第 4 章 配气机构的构造与维修	(80)
4.1 概述	(80)
4.1.1 配气机构的功用与组成	(80)
4.1.2 配气相位	(84)
4.2 配气机构的构造	(85)
4.2.1 气门组	(85)
4.2.2 气门传动组	(89)
4.3 配气机构的维护与检修	(95)
4.3.1 配气机构的维护	(95)
4.3.2 配气机构的检修	(99)
复习思考题	(105)
第 5 章 汽油机燃油供给系统的构造与维修	(106)
5.1 概述	(106)
5.1.1 汽油机燃油供给系统的功用与分类	(106)
5.1.2 汽油机的燃烧过程及可燃混合气	(106)
5.2 化油器式燃油供给系统的构造与工作原理	(109)
5.2.1 化油器式燃油供给系统的组成	(109)
5.2.2 化油器的结构	(109)
5.2.3 其他部件的结构	(114)
5.3 电控汽油喷射系统简介	(117)
5.3.1 电控汽油喷射系统的组成与分类	(117)
5.3.2 电控汽油喷射系统的结构与工作原理	(119)
复习思考题	(137)
第 6 章 柴油机燃油供给系统构造与维修	(138)
6.1 概述	(138)
6.1.1 柴油及其使用性能	(138)
6.1.2 柴油机燃油供给系统的功用与组成	(139)
6.1.3 可燃混合气的形成与燃烧	(140)
6.1.4 燃烧室	(141)
6.2 柱塞式喷油泵燃油供给装置的构造与维修	(144)
6.2.1 柴油滤清器	(144)
6.2.2 输油泵	(146)
6.2.3 喷油器	(148)
6.2.4 柱塞式喷油泵	(152)
6.2.5 调速器	(159)
6.2.6 喷油泵供油提前角调节机构	(168)
6.3 分配式喷油泵的构造与检修	(170)
6.3.1 分配泵的工作原理	(171)
6.3.2 分配泵的构造	(174)
6.4 PT 燃油系统	(179)

6.4.1	PT 燃油系统的基本原理	(179)
6.4.2	PT 燃油系统的组成	(179)
6.4.3	PT 燃油系统的构造与检修	(180)
6.5	柴油机的进气和排气系统	(189)
	复习思考题	(195)
第 7 章	柴油机电控喷射技术	(196)
7.1	概述	(196)
7.1.1	柴油机电控喷射技术的发展	(196)
7.1.2	柴油机电控燃油系统的特点和类型	(198)
7.2	电控共轨系统	(199)
7.2.1	电控共轨系统的组成与工作原理	(200)
7.2.2	供油泵	(204)
7.2.3	共轨组件	(207)
7.2.4	电控单元	(209)
7.2.5	电控喷油器	(211)
7.2.6	传感器	(214)
7.3	其他柴油机电控燃油喷射系统	(218)
7.3.1	位置电控燃油喷射系统	(218)
7.3.2	时间控制式电控燃油喷射系统	(223)
	复习思考题	(226)
第 8 章	润滑系统的构造与维修	(227)
8.1	概述	(227)
8.1.1	润滑系统的组成与功用	(227)
8.1.2	发动机的润滑方式及润滑油路	(228)
8.2	润滑系统主要部件的结构与工作原理	(229)
8.2.1	机油泵	(229)
8.2.2	机油滤清器	(232)
8.2.3	机油散热器及冷却器	(235)
8.3	润滑系统的维护与检修	(236)
	复习思考题	(238)
第 9 章	冷却系统的构造与维修	(239)
9.1	概述	(239)
9.1.1	冷却系统的功用与分类	(239)
9.1.2	风冷却系统的组成	(239)
9.1.3	水冷却系统的组成	(239)
9.1.4	冷却液	(240)
9.2	水冷系统主要部件	(241)
9.2.1	散热器	(241)
9.2.2	冷却液补偿装置	(242)
9.2.3	水泵	(243)

9.2.4	冷却强度调节装置	(244)
9.2.5	风扇及风扇控制装置	(245)
9.3	冷却系统的维护与检修	(247)
9.3.1	冷却系统的维护	(247)
9.3.2	冷却系统的检修	(248)
	复习思考题	(250)
第 10 章	发动机的装配与调试	(251)
10.1	概述	(251)
10.2	发动机的装配与调试	(252)
10.2.1	装配顺序与调整方法	(252)
10.2.2	发动机的磨合	(253)
10.2.3	发动机总成修理竣工技术条件	(255)
10.3	发动机试验与设备	(256)
10.3.1	发动机试验	(256)
10.3.2	发动机试验设备	(256)
10.3.3	发动机试验的条件	(257)
10.3.4	发动机试验的项目与方法	(259)
	复习思考题	(261)
第 11 章	发动机常见故障诊断	(262)
11.1	发动机的故障诊断方法	(262)
11.2	发动机的异响诊断	(266)
11.2.1	异响概述	(266)
11.2.2	曲轴主轴承响	(267)
11.2.3	连杆轴承响	(267)
11.2.4	活塞敲缸响	(268)
11.2.5	活塞销响	(269)
11.2.6	气门脚响	(269)
11.2.7	凸轮轴响	(270)
11.2.8	气门漏气	(270)
11.2.9	液力挺柱响	(270)
11.3	电控汽油机燃油供给系统常见故障诊断方法	(271)
11.3.1	概述	(271)
11.3.2	故障代码的读取和清除	(271)
11.3.3	用 431ME 电眼睛检测电控汽油发动机示例	(272)
11.4	柴油机燃油供给系统常见故障诊断	(274)
11.4.1	柱塞式喷油泵燃油供给系统的常见故障诊断	(274)
11.4.2	分配式喷油泵燃油供给系统的常见故障诊断	(276)
11.4.3	PT 燃油系统的常见故障诊断	(278)
11.5	电控共轨柴油喷射系统的常见故障诊断	(280)
11.5.1	电控柴油机计算机控制系统检测的注意事项	(280)

11.5.2	故障诊断程序	(281)
11.5.3	利用自诊断系统检测发动机故障的方法	(282)
11.5.4	计算机诊断仪在发动机控制系统上的使用	(283)
11.6	润滑系统的常见故障诊断与排除	(284)
11.6.1	机油压力过低	(284)
11.6.2	机油压力过高	(285)
11.6.3	机油消耗过多	(286)
11.7	发动机冷却系统的常见故障诊断	(287)
11.7.1	冷却水量充足引起发动机过热	(287)
11.7.2	冷却水量不足引起发动机过热	(287)
11.7.3	发动机突然过热	(288)
	复习思考题	(288)
	参考文献	(290)

第 1 章 发动机总体构造

发动机是将其他形式的能量转变为机械能的一种机械装置。工程机械所采用的发动机是内燃机，即利用燃料在发动机内部燃烧，并将燃烧产生的热能直接转变为机械能的机器。内燃机种类很多，按活塞运动形式的不同，可分为往复式活塞式和转子式；按所用燃料不同，可分为汽油机和柴油机；按工作循环不同，可分为四冲程机和二冲程机；按汽缸排列不同，可分为单行直线排列机和双行 V 形排列机；按汽缸数不同，可分为单缸机和多缸机等。在工程机械中，多用柴油机。

1.1 往复式活塞式发动机的基本构造及工作原理

1.1.1 往复式活塞式发动机的基本构造

如图 1.1 所示，往复式活塞式发动机基本结构包括汽缸体、汽缸、活塞、连杆、曲轴和进排气门等。燃料从进气门进入汽缸，在汽缸内燃烧膨胀，推动活塞下行，通过连杆带动曲轴旋转，对外输出动力，从而将热能转变为机械能。这种运动是由多次往复运动完成的。

1.1.2 往复式活塞式发动机的基本术语

如图 1.1 所示，发动机常用的基本术语如下。

(1) 上止点 (TDC)。活塞离曲轴轴心线最远的位置，此时曲轴的曲柄转至曲轴轴心线上方并垂直于曲轴轴心线。

(2) 下止点 (BDC)。活塞离曲轴轴心线最近的位置，此时曲轴的曲柄转至曲轴轴心线下方并垂直于曲轴轴心线。

(3) 活塞行程。上、下止点之间的距离，用 S (mm) 表示。

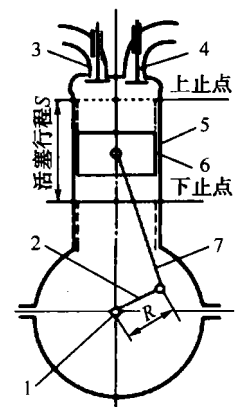
(4) 活塞冲程。活塞由一个止点运行到另一个止点的过程。

(5) 曲柄半径。曲轴上的主轴颈中心线到连杆轴颈中心线的垂直距离，用 R (mm) 表示。如图 1.1 所示， $S=2R$ 。若用曲柄转角表示，一个行程相当于曲柄转 180° 角。

(6) 缸径。汽缸内径，常用 D (mm) 表示。

(7) 汽缸工作容积。指活塞从一个止点到另一个止点所扫过的容积，即活塞截面积与行程的乘积，用 V_h (L) 表示：

$$V_h = \pi D^2 S / 4 \times 10^6$$



1—曲轴回转中心；2—曲柄；3—进气门；4—排气门；5—汽缸；6—活塞；7—连杆

图 1.1 发动机基本结构及基本术语

多缸发动机各汽缸工作容积的总和，也叫发动机排量，用 V_L (L) 表示：

$$V_L = V_h i$$

式中 i ——发动机汽缸数；

V_L ——发动机工作容积，即发动机排量 (L)。

(8) 燃烧室容积。活塞在上止点时，活塞顶面的汽缸空间容积，用 V_c (mm) 表示。

(9) 汽缸总容积。活塞在下止点时，活塞顶面的汽缸空间容积，用 V_a (mm) 表示：

$$V_a = V_h + V_c$$

(10) 压缩比。汽缸总容积 V_a 与燃烧室容积 V_c 之比值称为压缩比，常用 ϵ 表示：

$$\epsilon = V_a / V_c = 1 + V_h / V_c$$

压缩比是发动机的一个重要的参数，它表明汽缸内空气被活塞压缩的程度。压缩比越大，压缩终了时的压力和温度就越高，燃油就越容易燃烧，燃烧产生的压力就越高，零部件受力或曲轴输出的力就越大，功率越高。反之，压缩比越小，压缩终了时的气体压力和温度就越低，零部件受力或曲轴输出力就越小，功率越低。压缩比对柴油机的燃烧、效率、启动性能、工作平稳性及机械负荷等都有很大影响。汽油机的压缩比一般为 6~10；现代柴油机的压缩比一般为 14~22 或更高。增压柴油机压缩比相应有所减小。

(11) 工作循环。发动机内进行的每一次能量转换的一系列连续过程。

1.1.3 往复式活塞式发动机的总体构造与工作原理

1. 往复式活塞式发动机的总体构造

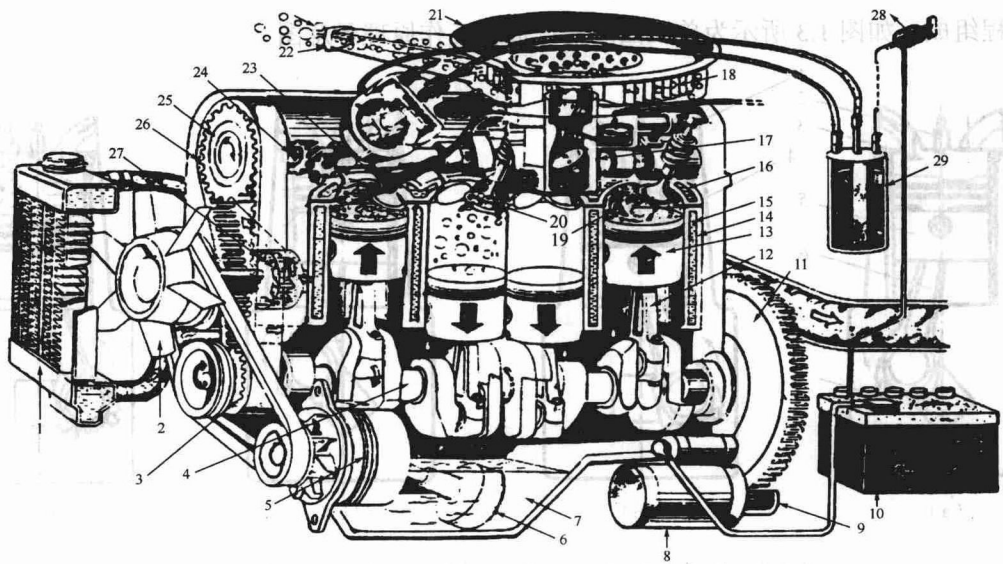
往复式活塞式发动机是一台由许多机构和系统组成的复杂机器。就总体结构而言，基本上都是由如下的机构和系统组成的。

如图 1.2 所示是一台四缸四冲程汽油机的总体结构总图，下面以它来介绍往复式活塞式发动机的一般构造。

(1) 曲柄连杆机构。曲柄连杆机构是作为内燃机各机构、各系统的装备骨架，由机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组等组成，其作用是将活塞的往复运动转化为曲轴的旋转运动，从而实现热能向机械能的转化。机体组件由汽缸盖、汽缸体、曲轴箱、油底壳等零部件组成；活塞连杆组由活塞、活塞销、活塞环和连杆等组成；曲轴飞轮组由曲轴、飞轮等组成。

(2) 配气机构。配气机构是定时向内燃机汽缸提供充足而干净的新鲜空气（柴油机）或可燃混合气，并将燃烧后的废气排出汽缸。配气机构由进、排气门和它们的传动件摇臂、凸轮轴、正时齿轮、气门挺杆、气门弹簧，以及进、排气管和空气滤清器等组成。

(3) 燃油供给系统。燃油供给系统是根据发动机工作情况要求，按照内燃机工作循环所规定的时间，根据内燃机负荷情况对空气和燃油进行滤清、混合、供给并将废气排出发动机。对于不同的发动机燃油供给系统，其构成也不一样。但总体上有空气供给装置、燃油供给装置和废气排出装置等。对于电子控制的还有电子控制装置。柴油机燃油供给系统一般由低压油路和高压油路两部分组成。低压油路由油箱、油管、输油泵、过滤器等组成；高压油路由柱塞偶件、出油阀偶件、高压油管及喷油器等组成。



1—散热器；2—冷却风扇；3—曲轴正时齿轴；4—曲轴；5—发电机；6—机油集滤器；7—油底壳；8—启动机；9—启动机齿轮；
10—蓄电池；11—飞轮；12—连杆；13—活塞；14—汽缸体；15—水套；16—汽缸盖；17—化油器；18—空气滤清器内芯；
19—排气门；20—进气门；21—空气滤清器外壳；22—分电器；23—火花塞；24—凸轮轴；25—凸轮轴正时齿带轮；
26—正时齿带；27—水泵；28—点火开关；29—点火线圈

图 1.2 四缸四冲程汽油机结构总图

(4) 润滑系统。润滑系统是将清洁的润滑油以一定的压力不间断地送入内燃机各摩擦表面，以减少摩擦阻力和零件的磨损，并带走摩擦时所产生的热量和金属屑，保证内燃机长期可靠地工作。润滑系统主要由机油泵、机油滤清器、机油冷却器以及油路、油底壳和限压阀等构成。

(5) 冷却系统。冷却系统的任务是对内燃机高温件进行适当的冷却，以保证正常的工作温度，这也是保证内燃机长期可靠工作的必要条件之一。冷却系统有水冷式和风冷式两种，现代汽车多用水冷式。对水冷式内燃机其冷却系统主要由水泵、水箱、散热器及节温装置和管路等组成。

(6) 启动系统。启动系统主要由启动机及其附属装置构成，用于使静止的发动机启动并转入自行运转，不同的启动方式有不同的启动设备，包括电启动、压缩空气启动、小汽油机启动等。

(7) 点火系统。由于汽油的自燃点高，所以，汽油机有点火系统。对于汽油机的点火系统，主要由电源、点火线圈、分电器和火花塞等构成。用于保证按规定的时刻及时点燃汽缸中的可燃混合气。

汽油发动机一般都由上述两个机构和五大系统组成。而柴油发动机，由于其混合气是自行着火燃烧（压燃式）的，故没有点火系统。

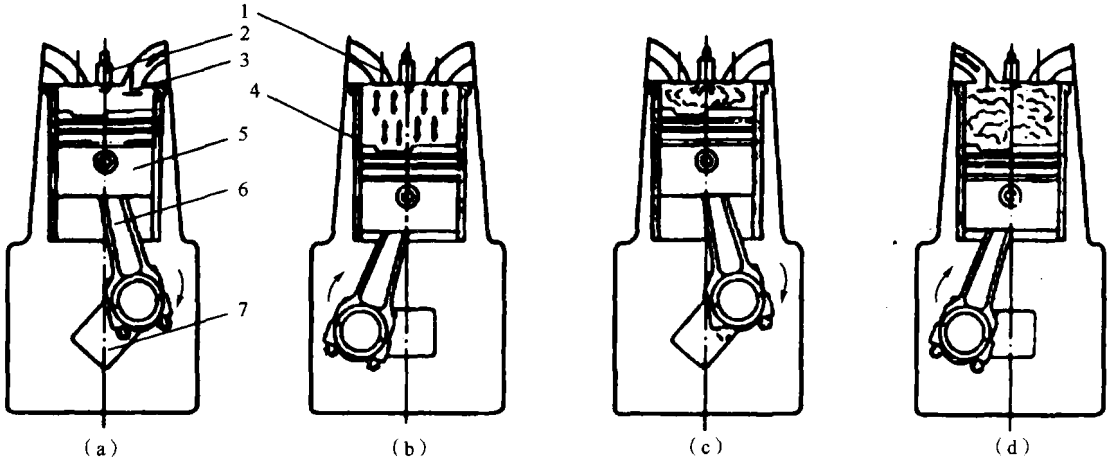
2. 往复式发动机的工作原理

现代工程机械大多采用四冲程发动机，所以，这里只介绍四冲程发动机的工作原理。

四冲程发动机每一个工作循环是由进气、压缩、做功和排气四个过程组成的，发动机的工作就是连续不断地依次进行这四个过程，以实现热能向机械能的转换，向外输出动力。

(1) 四冲程汽油机的工作原理。四冲程汽油机的工作循环由进气、压缩、做功和排气四

个行程组成。如图 1.3 所示为单缸四冲程汽油机工作原理示意图。



1—排气门；2—火花塞；3—进气门；4—汽缸；5—活塞；6—连杆；7—曲轴

图 1.3 单缸四冲程汽油机工作原理示意图

① 进气行程。活塞由曲轴带动从上止点向下止点运动，此时排气门关闭，进气门开启（图 1.3 (a)）。活塞移动过程中，汽缸内容积逐渐增大，形成一定真空度，空气和汽油混合成的可燃混合气，通过进气门被吸入汽缸。进气终了时汽缸内气体的压力约为 $0.075\sim 0.09\text{MPa}$ ；气体温度升高到 $370\sim 440\text{K}$ 。

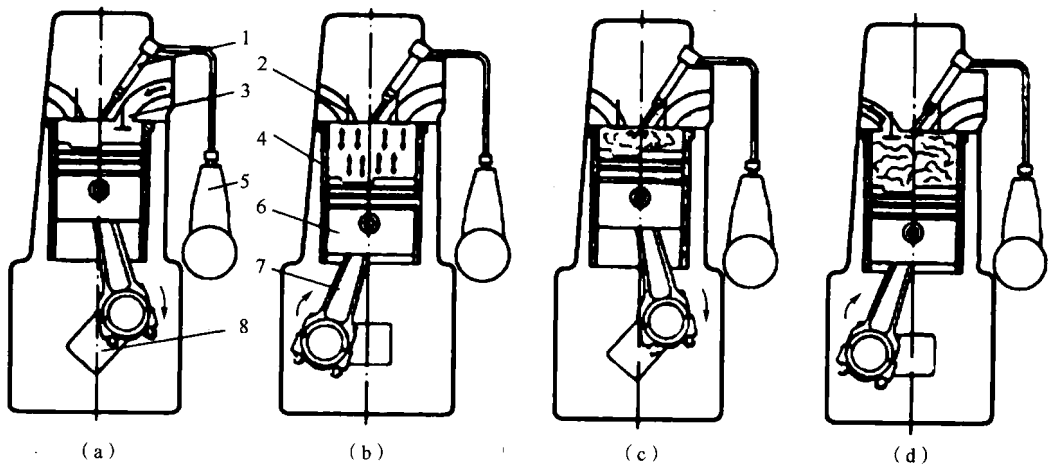
② 压缩行程。进气行程结束时，活塞在曲轴的带动下，从下止点向上止点运动（图 1.3 (b)），汽缸内容积减小，进、排气门均关闭，进入汽缸的可燃混合气被压缩，至活塞到达上止点时，压缩结束。压缩行程中，气体温度、压力同时升高，并使混合气进一步均匀混合。压缩终了时，汽缸内的压力约为 $0.6\sim 1.2\text{MPa}$ ，温度可达 $600\sim 700\text{K}$ 。

③ 做功行程。在压缩行程末（图 1.3 (c)），火花塞产生电火花点燃混合气并迅速燃烧，此时进、排气门仍然关闭，气体的温度、压力迅速升高而膨胀，从而推动活塞从上止点向下止点运动，通过连杆使曲轴旋转并输出机械能，到做功结束为止。在做功行程中，开始阶段汽缸内气体压力、温度急剧上升，瞬间压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$ ，温度可达 $2200\sim 2800\text{K}$ 。随着活塞的下移，压力、温度下降，做功行程终了时，压力约为 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$ ，温度约为 $1300\sim 1600\text{K}$ 。

④ 排气行程。在做功行程终了时，排气门打开，进气门关闭，曲轴通过连杆推动活塞从下止点向上止点运动（图 1.3 (d)），废气在自身剩余压力和活塞推动下，被排出汽缸，当活塞到达上止点时，排气门关闭，排气结束。排气行程终了时，由于燃烧室容积的存在，汽缸内还存有少量废气，气体压力高于大气压。此时，压力约为 $0.105\sim 0.115\text{MPa}$ ，温度约为 $900\sim 1200\text{K}$ 。

因此，四冲程汽油机经过进气、压缩、做功和排气四个行程而完成一个工作循环。活塞在上、下止点间往复运动四个行程，相应地曲轴旋转了两周。

(2) 四冲程柴油机工作原理。由于柴油和汽油的性质不同，使可燃混合气的形成、着火方式等与汽油机有很大的区别，四冲程柴油机和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。如图 1.4 所示为单缸四冲程柴油机工作原理示意图。



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

图 1.4 单缸四冲程柴油机工作原理示意图

① 进气行程。进气行程如图 1.4 (a) 所示，柴油机进入汽缸的气体不是可燃混合气，而是纯空气。由于进气阻力比汽油机小，上一行程残留的废气温度比较低，所以，进气行程終了时的压力和温度与汽油机稍有不同，压力约为 $80\sim 90\text{kPa}$ ，温度约为 $320\sim 350\text{K}$ 。

② 压缩行程。压缩行程如图 1.4 (b) 所示。柴油机压缩的是纯空气，且由于柴油机压缩比高，压缩終了时的温度和压力都比汽油机高，压力可达 $3\sim 5\text{MPa}$ ，温度可达 $800\sim 1000\text{K}$ 。

③ 做功行程。做功行程如图 1.4 (c) 所示。此行程与汽油机有很大不同，在柴油机压缩行程末，喷油泵将高压柴油经喷油器呈雾状喷入汽缸内的高温空气中，迅速汽化并与空气形成混合气，由于汽缸内的温度远高于柴油的自然温度（约 500K ），柴油便立即自行燃烧，且此后一段时间内边喷油边燃烧，汽缸内压力、温度急剧升高，推动活塞下行做功。在此行程中，瞬时压力可达 $5\sim 10\text{MPa}$ ，瞬时温度可达 $1800\sim 2200\text{K}$ ；做功行程終了时，压力约为 $0.2\sim 0.4\text{MPa}$ ，温度约为 $1200\sim 1500\text{K}$ 。

④ 排气行程。排气行程如图 1.4 (d) 所示。排气終了时，汽缸内压力约为 $0.105\sim 0.125\text{MPa}$ ，温度约为 $800\sim 1000\text{K}$ 。

由上述两种发动机的工作循环可知：四冲程发动机工作循环的四个行程中，只有一个行程是做功的，其余三个行程则是做功的准备行程。因此，在单缸发动机内，曲轴每转两周中只有半周是由于膨胀气体的作用使曲轴旋转，其余一周半则依靠飞轮惯性维持转动。显然，做功行程时，曲轴的转速比其他三个行程内曲轴的转速要快，所以，曲轴的转速是不均匀的。为此，飞轮必须具有较大的转动惯量，才能使发动机的运转平稳。这就将使发动机质量和尺寸增加。另外也可以采用多缸发动机。因此，现代工程机械发动机基本上不用单缸机。在多缸四冲程发动机的每一个汽缸内，所有的工作过程都是相同的，但各个汽缸的做功行程并不是同时发生，而是按照一定的工作顺序进行。汽缸数越多，发动机的工作越平稳。但发动机缸数增多后，一般会使其结构复杂，尺寸及质量增加。

1.1.4 往复式活塞式发动机型号的编制规则

1. 发动机型号

为了便于内燃机的生产管理和使用，我国于 1991 年颁布了国家标准《内燃机产品名称

和型号编制规则》(GB/T725—1991)。该标准规定内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成，型号由下列四部分构成：

(1) 首部：为产品系列符号、换代标志符号和地方、企业代号，由制造厂根据需要自选相应字母表示，但需经主管部门或标准化机构核准。

(2) 中部：由缸数符号、冲程符号、汽缸排列形式符号和缸径符号组成。

(3) 后部：为结构特征和用途特征符号，以字母表示。

(4) 尾部：为区分符号。同一系列产品因改进等原因需要区分时，由制造厂选用适当符号表示。

内燃机型号的排列顺序及符号所代表的意义规定，如图 1.5 所示。

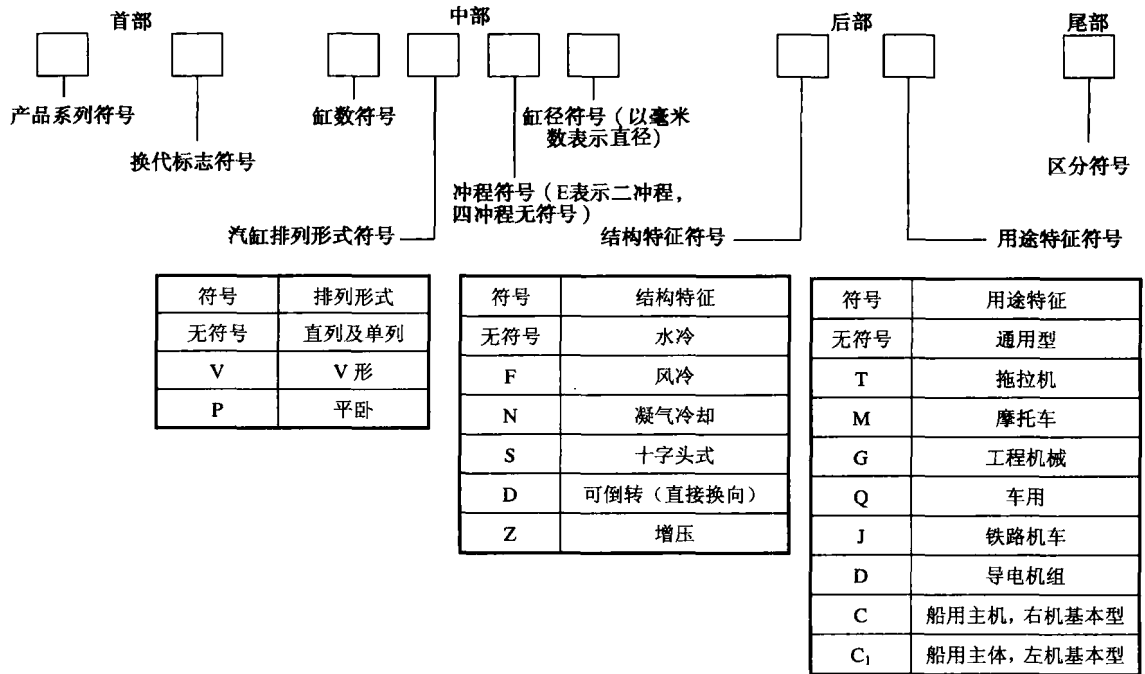


图 1.5 内燃机型号

内燃机型号编制举例：

汽油机：

1E65F，表示单缸、二冲程、缸径 65mm、风冷、通用型汽油机；

4100Q，表示四缸、四冲程、缸径 100mm、水冷、车用车用型汽油机。

柴油机：

165F，表示单缸、四冲程、缸径 65mm、风冷；

495，表示四缸、四冲程、缸径 95mm、水冷；

12V135ZG，12 缸、V 形、四冲程、缸径 135mm、水冷增压、工程机械用柴油机；

6135，6 缸、直列、四冲程、缸径 135mm、水冷、通用型柴油机。

2. 发动机的识别——发动机铭牌主要内容

每台发动机都有一个铭牌，固定在齿轮室侧面上（并非所有发动机都一样），根据这个铭牌，我们可以识别发动机。

铭牌的主要内容如下:

制造日期: 采用 8 位数字。前 4 位为年, 中间 2 位为月, 后 2 位为日。如 1989 年 9 月 9 日打印成 19890909。装配试验合格后打印。

排量: 5.9L

机型: 6BT

喷油正时: 2.35 mm

发火顺序: 1—5—3—6—2—4

气门冷态间隙: 进气 0.25mm, 排气 0.50mm

额定功率: 117.6kW

额定转速: 2600r/min

1.2 发动机的主要性能指标和特性

1.2.1 发动机的主要性能指标

发动机的主要性能指标有动力性指标(主要指功率、扭矩和转速)、经济性指标(主要指燃料、润滑油的消耗)及运转性能指标(主要指冷启动性能、噪声和排气品质)。此外,还有工作可靠性、耐久性、结构工艺性、操纵维修方便性等指标。发动机的各种性能指标是相互制约的,而且不同用途、不同生产条件和不同使用条件对发动机的性能要求的着重点不同。所谓高质量的发动机,就是在这些具体条件下将各种要求合理地统一起来。

发动机的主要性能指标又可分为指示性能指标和有效性能指标。指示性能指标是以工作介质在汽缸内对活塞做功为基础;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。

1. 指示性能指标

指示性能指标只能用来评定工作循环进行的好坏。它包括指示功 W_i 和平均指示压力 p_i 等。

(1) 指示功 W_i 。在汽缸内完成一个工作循环的过程中,工质对活塞所做的有用功,称为指示功 W_i 。其大小可用 $p-V$ 图中闭合曲线所包围的面积 $A_i - A_1$ 表示,如图 1.6 所示。 A_1 为泵气损失,它通常包括在内燃机的机械损失中,这里指的指示功就由面积 A_i 表示:

$$W_i = A_i ab$$

式中 A_i ——指示功图面积 (cm^2);

a ——指示功图纵坐标比例尺 (kPa/cm);

b ——指示功图横坐标比例尺 (L/cm)。

指示功反映了循环中热功转换的有效程度,对整个汽缸而言的,与汽缸容积大小有关。

(2) 平均指示压力 p_i 。平均指示压力 p_i 是发动机单位汽缸工作容积的指示功,它能比较不同大小、不同类型的发动机性能,即

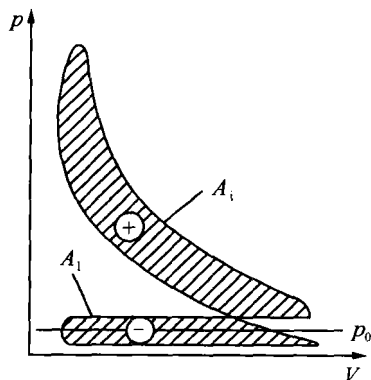


图 1.6 发动机的指示功图

$$p_i = W_i / V_h$$

式中 W_i ——发动机工作的循环指示功 (J);

V_h ——汽缸工作容积 (L)。

循环指示功为

$$W_i = p_i V_h = p_i A S / 10^3$$

式中 A ——活塞面积 (cm^2);

S ——活塞行程 (cm)。

(3) 指示功率 P_i 。发动机在单位时间内所做的指示功, 称为指示功率。指示功是对一个汽缸而言的, 指示功率是对整机而言的。

如果发动机的汽缸数为 i , 每缸工作容积为 V_h (L), 转速为 n (r/min), 平均指示压力为 p_i (kPa), 则每个汽缸、每循环工质所做指示功为

$$W_i = p_i V_h$$

四冲程发动机指示功率 (i 个汽缸每秒所做指示功) 为

$$P_i = (p_i V_h / 120) \times 10^{-3} \text{ (kW)}$$

单缸四冲程柴油机的指示功率为

$$P_i = (p_i V_h n / 2) / 60$$

多缸四冲程柴油机的指示功率为

$$P_i = (p_i V_h n_i) / 120$$

式中 p_i ——平均指示压力 (kPa);

V_h ——每个汽缸工作容积 (m^3);

n ——柴油机转速 (r/min)。

多缸二冲程柴油机的指示功率为

$$P_i = (p_i V_h n_i) / 60$$

式中 p_i ——平均指示压力 (kPa);

V_h ——每个汽缸工作容积 (m^3);

n ——柴油机转速 (r/min)。

(4) 指示燃料消耗率 g_i 和指示热效率 η_i 。指示燃料消耗率是指单位指示功的耗油量, 通常以千瓦每小时指示功的耗油量表示。当测得发动机的指示功率为 P_i (kW), 每小时耗油量为 G_T (kg/h) 时, 则指示燃料消耗率为

$$g_i = (G_T / P_i) \times 10^3 \text{ (g / (kW} \cdot \text{h))}$$

指示热效率 η_i 是发动机实际循环指示功与所消耗燃料的热量之比值, 即

$$\eta_i = W_i / Q_i$$

式中 Q_i ——得到指示功 W_i 所消耗燃料的热量 (kJ)。

g_i 和 η_i 是评定发动机实际工作循环经济性能的重要指标。其一般统计数值范围如下:

	η_i	g_i
柴油机	0.43~0.50	170~200g / (kW · h)
汽油机	0.25~0.40	230~340g / (kW · h)

2. 有效性能指标

(1) 有效功率 P_e 和机械损失功率 P_m 。从发动机输出轴上得到的净功率称为有效功率 P , 它总是小于指示功率。因为发动机的指示功率在内部传递过程中, 不可避免要有损失, 它包