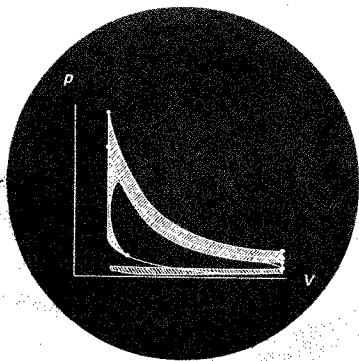


汽车拖拉机学

发动机原理



周一鸣 主编
林继淦 编著



中国农业大学出版社

汽车拖拉机学

发动机原理

ND15119

周一鸣 主编

林继淦 编著

中国农业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车拖拉机学: 发动机原理/周一鸣主编. -北京: 中国农业大学出版社, 1998. 10
ISBN 7-81002-900-2

I. 汽… II. 周… III. ①汽车-发动机-理论②拖拉机-发动机-理论 IV. U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 25166 号

出版 中国农业大学出版社
发行
经销 新华书店
印刷 北京文图彩色快印厂
版次 1998 年 10 月第 1 版
印次 1998 年 10 月第 1 次印刷
开本 16 14.75 印张 341 千字
规格 787×1092
印数 1~2 000
定价 19.00 元

内 容 提 要

本书系统阐述车用内燃机工作过程的基本理论,内容包括发动机的性能指标、发动机的实际循环、发动机的换气过程、发动机的燃料与燃烧、汽油机中的燃烧和燃烧室、柴油机的混合气形成和燃烧、发动机的特性、发动机的废气涡轮增压、发动机的试验等。

本书适合凡是业务技术上与汽车拖拉机学科有关的高等院校、研究机构、工厂、使用单位、试验鉴定单位及管理部门中从事汽车、拖拉机、内燃机、工程车辆的教学、研究、设计、制造、使用、试验、修理和管理工作的中、高级专业技术人员进行阅读、参考,也可作为高等院校中汽车、拖拉机、军用车辆、农业机械、农业机械化、工程机械、热力发动机、汽车运用工程等各相关专业本、专科的有关课程的教材或教学参考书。

本书是“汽车拖拉机学”的分册。全书主编为周一鸣教授,本册编者为林继淦教授。

前 言

国家教委拓宽专业、调整大学本科专业目录及研究生二级学科目录后，汽车拖拉机学已正式成为一个统一的学科。然而过去已有的出版物中，只有农业出版社出版的“拖拉机汽车学”是把拖拉机和汽车合在一起编写的书籍，其他出版社出版的书籍基本上都是把拖拉机和汽车分开单独编写的。而“拖拉机汽车学”最近的一次修订版还是1989年前后脱稿的教材，其内容只能反映本学科80年代中、后期的发展水平，并且此书仅适合高等院校农业机械化本科专业的“拖拉机汽车学”课程教学大纲的要求，内容深度和篇幅均受到教学时数的严格限制，使用对象的范围较窄。

这套新的“汽车拖拉机学”则是按照汽车拖拉机这门学科的基本理论与典型构造系统编写的专著，在深度和广度上都突破了大学本科专业课教材的编写模式，大大拓宽了读者的适用面。书中适当保留了传统的“拖拉机汽车学”教科书内容中的精华，更新了大量陈旧、过时的内容，增进了很多新的内容，能够充分反映本学科90年代中期的发展水平，具有鲜明的新特色。

全书总共150万字，分四册出版。“汽车拖拉机发动机构造”分册主要阐述车用内燃机的基本构造及其工作原理，内容包括汽车拖拉机内燃机的基本工作原理和总体构造、曲柄连杆机构、配气机构、柴油机供给系、汽油机燃料供给系、润滑系统、冷却系统、起动系统、点火系统、电源等；“汽车拖拉机底盘构造”分册主要阐述汽车拖拉机底盘的基本构造及其工作原理，内容包括传动系、行走系、转向系、制动系、液压悬挂装置、驾驶室和驾驶座等；“汽车拖拉机发动机原理”分册主要阐述车用内燃机工作过程的基本理论，内容包括发动机的性能指标、发动机的实际循环、发动机的换气过程、发动机的燃料与燃烧、汽油机中的燃烧和燃烧室、柴油机的混合气形成和燃烧、发动机的特性、发动机的废气涡轮增压、发动机的试验等；“汽车拖拉机理论”主要阐述汽车拖拉机使用性能的基本理论，内容包括概述、行走装置的力学性能、拖拉机的牵引力学、拖拉机的牵引性能、汽车的动力性与燃油经济性、汽车拖拉机的制动性、汽车拖拉机的抗翻倾稳定性、汽车拖拉机的转向操纵性、汽车拖拉机的行驶平顺性等。

本书适合凡是业务技术上与汽车拖拉机学科有关的高等院校、研究机构、工厂、使用单位、试验鉴定单位及管理部门中从事汽车、拖拉机、内燃机、工程车辆的教学、研究、设计、制造、使用、试验、修理和管理工作的中、高级专业技术人员的阅读、参考。也可作为高等院校中汽车、拖拉机、军用车辆、农业机械、农业机械化、工程机械、热力发动机、汽车运用工程等各专业本科、专科的有关课程的教材或教学参考书。

本书作为教材使用时，它不只针对某一专业的教学要求，也不受教学时数的严格限制，不同专业、不同课程可以根据各自的培养目标、课程大纲和学时多少选用书中的相关内容，书中为程度较高的学生留有更多深入自学的余地。

全书主编周一鸣教授是中国农业大学车辆工程学院车辆工程学科的博士生导师。参加编著者有中国农业大学车辆工程学院的柳志远教授、李齐隆教授、林继淦教授、阚春副教授。

这一本是《汽车拖拉机学》的“汽车拖拉机发动机原理”分册。

由于作者的水平和经验有限，书中内容有错误或不当之处，欢迎读者批评指正。

本书的出版、发行，得到了中国农大东区教务处和中国农机学会的大力支持，在此一并表示感谢。

编 者

1998 年 10 月

主要符号及意义

a ——声速；加速度	p ——气缸中气体压力
AF ——空燃比	p_0 ——大气压力
c ——比热	p_s ——进气终点压力
c_m ——活塞平均速度	p_b ——膨胀终点压力
c_p ——定压比热	p_c ——压缩终点压力
c_v ——定容比热	p_e ——平均有效压力
D ——气缸直径	p_i ——平均指示压力
E ——活化能	p_k ——增压压力
e ——自然对数的底	p_m ——平均机械损失压力
F ——面积	p_r ——排气终了压力
f ——频率；摩擦系数	$p_{\text{环}}$ ——循环平均压力
g_b ——每循环供油量	p_T ——废气涡轮前压力
g_c ——有效燃料消耗率	p_w ——饱和蒸汽压力
g_i ——指示燃料消耗率	Q ——热量
G_T ——每小时燃料消耗量	R ——气体常数
H ——焓	S ——活塞行程；熵
H_m ——可燃混合气热值	T ——气缸中气体温度
H_u ——燃料低热值	T_s ——进气终点温度
i ——气缸数	T_b ——膨胀终点温度
k ——绝热指数	T_c ——压缩终点温度
K ——转矩适应性系数	T_0 ——大气温度
L_0 ——燃烧 1kg 燃料理论上所需的空气量	T_r ——排气终点温度
m ——质量	T_s ——进气系统温度
M_c ——阻力矩	U ——内能
M_e ——发动机转矩	v ——比容
M_f ——残余废气量	V ——容积
m_T ——燃料分子量	V_s ——气缸总容积
n ——发动机转速	V_c ——压缩容积
n_1 ——平均压缩多变指数	V_h ——气缸工作容积
n_2 ——平均膨胀多变指数	V_k ——燃烧室容积
N_e ——发动机功率	W ——机械功
N_i ——指示功率	W_i ——指示功
N_j ——升功率	α ——过量空气系数
N_m ——机械损失功率	γ ——残余废气系数

δ ——后膨胀比
 δ_1 ——稳定调速率
 δ_2 ——瞬时速速率
 ε ——压缩比；调速器不灵敏度
 η_e ——有效效率
 η_i ——指示效率
 η_k ——压气机绝热效率
 η_m ——机械效率
 η_n ——扫气效率
 η_r ——热效率
 η_T ——涡轮机效率
 η_{TK} ——增压器效率

η_v ——充气效率
 θ ——供油（点火）提前角
 λ ——压力升高率
 μ ——分子量；流量系数
 μ_s ——分子变更系数
 ρ ——预胀比；密度
 τ ——冲程数
 τ_i ——着火延迟期
 φ ——曲轴转角；增压度
 φ_s ——扫气系数
 ϕ ——冲程损失百分比
 ω ——回转角速度

目 录

第一章 发动机的性能指标	(1)
第一节 发动机的工作循环和示功图.....	(1)
第二节 发动机的指示指标.....	(2)
一、指示功和平均指示压力.....	(2)
二、指示功率.....	(3)
三、指示燃料消耗率和指示热效率.....	(3)
第三节 发动机的有效指标.....	(4)
一、有效功率和机械损失功率.....	(4)
二、有效转矩.....	(4)
三、平均有效压力和升功率.....	(5)
四、有效燃料消耗率和有效热效率.....	(6)
第四节 机械损失及其测定.....	(6)
一、机械效率.....	(6)
二、机械效率的测定.....	(8)
三、影响机械效率的因素.....	(9)
第五节 提高发动机动力性能和经济性能的途径.....	(10)
第六节 发动机的其它性能.....	(12)
一、排气品质.....	(12)
二、噪声.....	(12)
三、振动.....	(12)
四、起动性能.....	(15)
第二章 发动机的实际循环	(16)
第一节 发动机的理论循环.....	(16)
一、混合加热循环.....	(17)
二、定容加热循环.....	(18)
三、定压加热循环.....	(19)
四、理论循环的分析与比较.....	(19)
五、燃料—空气循环.....	(21)
第二节 发动机的实际循环.....	(23)
一、实际循环与燃料—空气循环的比较.....	(23)
二、发动机的实际循环.....	(23)
第三节 发动机实际工作过程数值计算概述.....	(28)
一、工作过程计算概述.....	(28)
二、柴油机实际工作过程数值计算的基本微分方程.....	(29)
三、汽油机工作过程数值计算的特点.....	(31)
第四节 发动机的热平衡.....	(31)
第三章 发动机的换气过程	(34)

第一节 四冲程发动机的换气过程	(34)
一、换气过程	(34)
二、换气损失和泵气损失	(35)
第二节 四冲程发动机的充气效率	(36)
一、充气效率	(36)
二、影响充气效率的因素	(37)
第三节 提高四冲程发动机充气效率的措施	(39)
一、降低进气系统流通阻力	(39)
二、减小排气系统流通阻力	(43)
三、减小对进气充量的加热	(44)
第四节 进、排气管内的动力效应	(44)
一、概述	(44)
二、进气管中动力效应的应用	(45)
第五节 二冲程发动机的换气过程	(47)
一、二冲程发动机的换气过程及示功图	(47)
二、二冲程发动机的换气方式	(49)
三、衡量二冲程发动机换气效果的主要指标	(50)
四、二冲程发动机的应用	(51)
第四章 发动机的燃料与燃烧	(52)
第一节 发动机的燃料	(52)
一、发动机燃料的一般知识	(52)
二、汽油的使用性能	(54)
三、柴油的使用性能	(58)
第二节 燃烧热化学	(60)
一、燃料燃烧所需的空气量	(60)
二、燃烧反应的分子数变化	(60)
三、燃料与可燃混合气的热值	(64)
第三节 燃烧的基本知识	(65)
一、着火理论	(65)
二、发动机中可燃混合气的着火	(70)
三、发动机的燃烧方式	(71)
第四节 废气的成分和烟度	(71)
一、燃烧过程中有害排放物的生成及检测方法	(71)
二、废气的烟色和烟度	(73)
第五节 发动机的代用燃料	(75)
一、醇类燃料	(75)
二、植物油燃料	(77)
三、其它代用燃料	(77)
第五章 汽油机中的燃烧和燃烧室	(79)
第一节 汽油机的正常燃烧	(79)
一、燃烧过程的三个时期	(79)
二、火焰传播速度和燃烧速率	(81)
三、汽油机的不规则燃烧	(82)

第二节 汽油机的不正常燃烧	(83)
一、爆震燃烧(爆燃)	(83)
二、表面点火	(85)
第三节 影响燃烧过程的因素	(85)
一、使用因素对燃烧过程的影响	(85)
二、构造因素对燃烧过程的影响	(88)
第四节 汽油机的燃烧室	(89)
一、对燃烧室的要求	(89)
二、典型燃烧室	(90)
第五节 汽油机的排气净化	(92)
一、汽油机中有害排放物的生成	(92)
二、汽油机的排气净化	(93)
第六节 汽油机燃烧系统的发展	(97)
一、分层燃烧系统	(97)
二、均质稀薄混合气燃烧系统	(99)
三、电子控制汽油喷射系统概述	(100)
第六章 柴油机的混合气形成和燃烧	(102)
第一节 柴油机的混合气形成	(102)
第二节 柴油机的燃烧过程	(103)
一、燃烧过程的四个时期	(104)
二、对燃烧过程的要求	(106)
三、燃烧过程的放热规律	(107)
四、柴油机的排气净化	(108)
五、柴油机的冷起性能	(109)
第三节 燃料的喷射与雾化	(110)
一、燃料的喷射过程	(110)
二、燃料的喷雾特性	(112)
三、喷注中的燃油—空气分布及其有害排放物	(113)
四、喷油泵速度特性	(115)
五、喷油规律	(115)
六、不正常喷射现象和消除措施	(116)
七、燃料喷射装置一些参数对柴油机性能的影响	(118)
八、喷油过程数值计算方法概述	(119)
九、电控式高压喷射系统	(121)
第四节 柴油机的燃烧室	(124)
一、直接喷射式燃烧室	(124)
二、分隔式燃烧室	(131)
三、燃烧室的比较和选型	(135)
第五节 影响燃烧过程的主要因素	(137)
一、运转因素对燃烧过程的影响	(137)
二、改善燃烧过程的途径	(137)
第七章 发动机的特性	(139)
第一节 发动机的工况与特性	(140)

第二节 发动机的调整特性	(142)
一、汽油机的燃料调整特性	(142)
二、柴油机的供油提前角调整特性	(144)
三、汽油机的点火提前角调整特性	(144)
第三节 发动机的负荷特性	(145)
一、柴油机的负荷特性	(145)
二、汽油机的负荷特性	(147)
第四节 发动机的速度特性	(148)
一、柴油机的速度特性	(148)
二、汽油机的速度特性	(152)
第五节 发动机的万有特性	(154)
第六节 柴油机的调速特性	(157)
一、柴油机上装置调速器的必要性	(157)
二、调速特性	(158)
三、调速器的工作指标	(161)
第七节 发动机的螺旋桨特性	(163)
第八节 发动机功率标定与大气修正	(164)
一、功率标定	(164)
二、大气状况对发动机性能的影响及修正	(165)
第八章 发动机的废气涡轮增压	(169)
第一节 发动机增压概述	(169)
一、发动机增压的基本概念	(169)
二、发动机增压方法	(170)
第二节 废气涡轮增压器的工作原理	(172)
一、离心式压气机的工作原理及特性	(173)
二、径流式涡轮机的工作原理及特性	(173)
第三节 废气涡轮增压柴油机	(180)
一、废气涡轮增压系统的两种基本型式	(180)
二、废气能量的利用	(181)
三、增压柴油机的机械负荷和热负荷	(183)
四、废气涡轮增压柴油机的特点	(184)
第四节 废气涡轮增压器和四冲程柴油机的特性配合	(185)
一、废气涡轮增压器和柴油机的特性配合	(185)
二、废气涡轮增压车用柴油机的性能	(186)
第五节 汽油机的废气涡轮增压	(188)
一、增压汽油机的爆震	(188)
二、增压汽油机的热负荷	(188)
三、汽油机废气涡轮增压时增压器的布置	(188)
四、发动机的高原增压	(189)
第九章 发动机的试验	(191)
第一节 发动机试验的类别	(191)
一、定型试验	(191)

二、出厂试验、定期抽查试验	(191)
三、研究试验	(192)
第二节 发动机台架性能试验	(192)
一、一般性能试验	(192)
二、性能试验中测量的主要参数	(193)
第三节 发动机试验台及测量装置	(193)
一、试验台	(193)
二、功率测量装置	(194)
三、燃料消耗量测量装置	(201)
四、空气消耗量测量装置	(202)
五、冷却水供给系统及温度测量装置	(204)
六、排气系统	(206)
第四节 发动机动态压力和升程的测录	(207)
一、动态压力和升程测录的目的	(207)
二、发动机示功图的计算机数据采集与处理系统工作原理	(209)
第五节 发动机振动与噪声的测量	(210)
一、振动的测量	(210)
二、噪声的测量	(212)
第六节 发动机试验数据的处理	(215)
一、有效数字的计算	(215)
二、试验数据的表示方式	(216)
参考文献	(219)

第一章 发动机的性能指标

汽车、拖拉机发动机主要采用内燃机。内燃机是将燃料在气缸内燃烧所放出的热能，以气体作为介质（简称工质）将热能转变为机械功的一种热力发动机。

发动机的性能指标，主要有动力性能指标（一般指发动机的功率、转矩和转速），经济性指标（一般指发动机的燃料和润滑油的消耗），以及其它性能指标（一般指发动机的冷起性能、振动、噪声、排气的烟度和成分等）。

但是衡量一台发动机的质量，不能仅考虑其性能指标是否先进，还要考虑它的可靠性、耐久性、结构工艺性，以及操作维修、成本核算等多方面的优劣。所以，在研究提高性能指标的同时，必须根据使用特点和生产条件等实际情况，把各种要求合理地统一起来。

《发动机原理》课程以发动机的性能指标为研究对象，深入到工作过程的各个阶段，分析影响性能指标的各种因素，找出性能指标变化的一般规律，从而得出提高发动机性能指标的具体措施；也为更合理有效地选择和使用发动机，提供必要的基本理论知识和实验技能。

第一节 发动机的工作循环和示功图

四冲程发动机的工作循环是由进气、压缩、燃烧、膨胀和排气等五个过程组成。图 1-1 表示发动机气缸内工质压力 p 随气缸工作容积 V 变化的情况，称为示功图（ $p-V$ 图）。其中 $r-a$ 线表示进气过程， $a-c$ 线表示压缩过程， $c-z$ 线表示燃烧过程， $z-b$ 线表示膨胀过程， $b-r$ 线表示排气过程。上述过程构成了发动机的一个工作循环，对四冲程发动机来说，要完成一个工作循环，曲轴必须旋转两周，即活塞往复运动四个冲程。

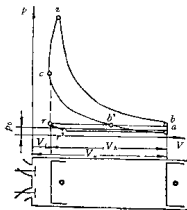


图 1-1 四冲程发动机 $p-V$ 图

V_c 压缩终点气缸容积； V_h —
气缸工作容积； V 气缸总容积

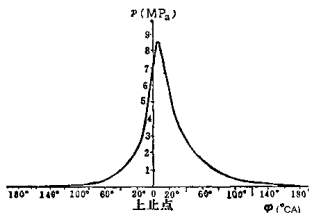


图 1-2 四冲程发动机 $p-\varphi$ 图

发动机气缸内部实际进行的工作循环是非常复杂的。为获得正确反映气缸内部实际情况的试验数据,以作为研究发动机工作过程的手段,通常是利用专门的示功器或数据采集系统,直接在发动机上测得另一种形式的展开示功图,即气缸内(工质)压力 p 随曲轴转角变化的 $p-\varphi$ 图,如图1-2所示。

从示功图上可以观察到发动机一个工作循环中的压力变化,通过示功图的数据处理和分析,可以对发动机工作过程进展的完善程度作出正确判断。因此,示功图是研究内燃机工作过程的重要实验数据。

第二节 发动机的指示指标

发动机的动力性和经济性指标有两种:以工质在气缸内对活塞做功为基础的指标称为指示指标,它反映工作循环进行的好坏;以发动机曲轴输出功率为基础的指标称为有效指标,它反映整机性能的优劣。

一、指示功和平均指示压力

指示功是指气缸内完成一个工作循环所得到的有用功 W_i 。指示功的大小可以由 $p-V$ 图中闭合曲线所占有的面积求得。如图1-1所示,上面的环形面积 $b'czbb'$ 即 F_1 代表从压缩冲程到膨胀冲程工质所作的正功,下面的环形面积 $rr'ab'r$ 即 F_2 表示进排气过程中所消耗的负功,称为泵气损失。表示指示功的真正面积是由示功图上的正功面积 F_1 和负功面积 F_2 相减而得。但在一般的发动机测试方法下,已将泵气损失作为发动机的机械损失中的一部分,因此可以认为示功图上的正功面积 F_1 即代表循环的指示功。 F_1 可用求积仪等计算方法求得,并由下式算出指示功 W_i 的真实值。

$$W_i = \frac{F_1 ab}{100} \quad (1-1)$$

式中: W_i ——指示功, N·m 或 J;

F_1 ——示功图面积, cm^2 ;

a ——示功图纵座标比例尺, Pa/cm;

b ——示功图横座标比例尺, cm^3/cm 。

指示功 W_i 反映了发动机气缸在一个工作循环中所获得的有用功的数量,它除了和循环中热功转换的有效程度有关外,还和气缸工作容积的大小有关。

为了比较不同工作容积发动机的热功转换有效程度,需要除去气缸尺寸的影响,而引出了平均指示压力的概念。

平均指示压力 p_i 是指发动机单位气缸工作容积一个循环所作的指示功。

$$p_i = \frac{W_i}{V_b} \quad (1-2)$$

式中: p_i ——平均指示压力, Pa;

W_i ——发动机一个工作循环的指示功, J;

V_b ——发动机气缸工作容积, m^3 。

若 V_h 用升 (L) 为单位, W_i 用千焦 (kJ) 为单位, 则

$$p_i = \frac{W_i}{V_h}$$

式中: p_i ——平均指示压力, MPa。

按式 (1-2), 指示功也可写成:

$$W_i = p_i V_h = p_i \frac{\pi D^2}{4} \cdot S$$

式中: W_i ——指示功, J。

式中 D 和 S 分别为气缸直径和活塞冲程。因此, 可以这样认为: 若以一个假想不变的压力 p_i 作用在活塞顶上, 使活塞移动一个冲程 S 所作的功等于循环的指示功 W_i , 则 p_i 就是平均指示压力, 如图 1-3 所示。

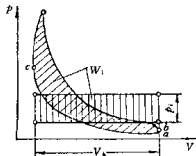


图 1-3 指示功 W_i 与平均指示压力 p_i

平均指示压力是衡量发动机实际循环动力性能的一个重要指标, p_i 值愈高, 则同样大小的气缸工作容积发出的指示功愈多, 气缸工作容积的利用程度愈佳。

一般发动机在标定工况下的 p_i 值在下列范围内:

柴油机 0.6~0.95 MPa

汽油机 0.78~1.2 MPa

二、指示功率

发动机单位时间内所作的指示功称为指示功率 N_i 。

设一台发动机的气缸数为 i , 每缸工作容积为 V_h (m^3), 平均指示压力为 p_i (N/m^2), 转速为 n (r/s), 根据 p_i 的定义, 每个气缸每循环工质所作的指示功为:

$$W_i = p_i V_h$$

式中: W_i ——指示功, J。

发动机指示功率 (每秒所作的指示功) 为:

$$N_i = 2 p_i V_h \frac{n}{\tau} i$$

式中: N_i ——指示功率, W;

τ ——冲程数, 对四冲程 $\tau=4$; 对二冲程 $\tau=2$ 。

在实际应用时, 一般采用 p_i (MPa), V_h (L), n (r/min), 代入上式可得:

$$N_i = p_i V_h \frac{n}{60} \cdot \frac{2}{\tau} \cdot i = \frac{p_i V_h n i}{30 \tau} \quad (1-3)$$

$$\text{对四冲程发动机} \quad N_i = \frac{p_i V_h n i}{120}$$

$$\text{对二冲程发动机} \quad N_i = \frac{p_i V_h n i}{60}$$

式中: N_i ——指示功率, kW。

三、指示燃料消耗率和指示热效率

指示燃料消耗率是指发动机单位指示功的耗油量。它通常以单位指示千瓦小时的耗油量

来表示。

当测得发动机的指示功率 N_i (kW)，每小时耗油量为 G_T (kg/h) 时，则指示燃料消耗率为：

$$g_i = \frac{G_T}{N_i} \times 10^3 \quad (1-4)$$

式中： g_i ——指示燃料消耗率，g/(kW·h)。

指示热效率是发动机实际循环指示功与所消耗的燃料热量的比值，即

$$\eta_i = \frac{W_i}{Q_i} \quad (1-5)$$

式中： Q_i ——为得到指示功 W_i 所消耗的热量，J；

W_i ——指示功，J。

1 kW·h 的功需要消耗的热量为 $\frac{g_i H_u}{1000}$ kJ，而 1 kW·h = 3.6×10^3 kJ，故

$$\eta_i = \frac{3.6 \times 10^3}{\frac{g_i H_u}{1000}} = \frac{3.6 \times 10^6}{g_i H_u} \quad (1-6)$$

式中： H_u ——燃料低热值；kJ/kg。

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。一般发动机的 g_i 和 η_i 的大致范围是：

	g_i (g/(kW·h))	η_i
柴油机	175~210	0.41~0.48
汽油机	218~344	0.25~0.40

第三节 发动机的有效指标

一、有效功率和机械损失功率

上节讨论的指示指标是标志发动机气缸内部工作循环的指标，它们只能评定工作循环进行的好坏。发动机发出的指示功率在内部传动机构的传递过程中，不可避免地要有一定的损耗。这些损耗主要包括发动机内部运动件的摩擦损失，驱动附属机构（有配气机构、风扇、水泵、机油泵、喷油泵、调速器、发电机等）的消耗和泵气损失等。所有这些消耗的功率总和称为机械损失功率 N_m 。因此，从发动机曲轴上输出的功率即为有效功率 N_e 。

$$N_e = N_i - N_m \quad (1-7)$$

发动机的有效功率可以利用各种型式的测功器和转速计分别测出发动机在某一工况下的曲轴输出转矩 M_e 及相应的转速 n ，由计算求得。

二、有效转矩

由发动机曲轴输出的转矩称为有效转矩，它代表了发动机克服负荷的能力。