

Qiche Fadongji

汽车发动机

[苏]M.C.霍瓦赫 主编

蒋兴阁 孟昭林 孙玮 译

郭作扬 校

人民交通出版社

译 者 序

本书根据苏联科学技术博士霍瓦赫 (M.C.Ховач) 教授主编的《汽车发动机》英文版 (Motor Vehicle Engines 1979) 译出。原书是根据汽车运输专业的《汽车发动机》教学大纲编写的。经苏联高等暨中等专业教育部批准为高等学校“汽车运输”专业学生的教科书。

原书于1971年由苏联机械制造出版社出版。1976年再版时,作者根据内燃机科学的最新发展对原书内容做了重要的增补。诸如,对发动机实际循环的分析、发动机排气污染和噪声、汽车发动机在不稳定工况工作的特点以及燃气发动机的应用范围和增压在汽车柴油机中的应用等内容均有一定的充实。在第二版中,作者对排气污染问题特别给予充分的注意,相当详细地论述了燃烧产物中有害气体的成因和在实际使用条件下减轻排污的各种方法。除此之外,还专设一章(第二十七章)论述旋转活塞式发动机和燃气涡轮发动机以及其它动力装置作为汽车动力的前景。在将原书译成英文出版时,又做了必要的修订,使原书内容更加充实、完善和新颖,反映了汽车发动机最新成果。

原书系统地阐述了火花点火式发动机(主要是化油器式发动机)和压燃式发动机(柴油机)的基本原理及其在使用条件下的工作特点;对构成发动机实际循环的各个过程进行理论分析;曲柄机构运动学与动力学以及变载荷零部件的设计。书中对工作过程所做的分析和所推荐的经验数据都直接取自现代高速发动机的研究成果。

原书说理简明、深刻透辟,密切联系实际。在尽量阐明各个工作过程之间的相互联系以及它们对汽车发动机典型使用工况的计算参数,对发动机零部件的工作条件和使用寿命的影响等方面都是很可取的。

本书由吉林工业大学蒋兴阁、孙玮,天津理工学院孟昭林共同翻译。其中,蒋兴阁译序言、绪论、第二、十三、十四、十五、二十三、二十四章;孟昭林译第三、四、五、六、七、九、二十、二十一、二十二章;孙玮译第一、八、十、十一、十二、十六、十七、十八、十九、二十五、二十六、二十七章及附录。全书由吉林工业大学郭作扬副教授校阅。

在本书翻译过程中,吉林工业大学张烨教授对我们的工作给予不少指导和帮助,在此谨致谢意。

限于译者水平,译文中难免有错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

译 者

1983年8月

MOTOR VEHICLE ENGINES

M.C.XOBAX

MIR PUBLISHERS, 1979

汽车发动机

[苏]M.C.霍瓦赫 主编

蒋兴阁 孟昭林 孙玮 译

郭作扬 校

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092_{1/32} 印张: 26.75 字数: 656 千

1985年12月 第1版

1985年12月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—7,800册 定价: 5.20 元

内 容 提 要

本书系统地阐述了火花点火式发动机和压燃式发动机的基本原理及其在实际使用条件下的工作特点；对构成发动机实际循环的各个过程进行了理论分析；介绍了曲柄机构运动学和动力学以及变载荷零部件的设计方法。

本书密切联系汽车发动机工程实际，并且反映了内燃机科学的最新发展，内容新颖。

本书可作为高等学校内燃机、汽车、汽车运输以及其他有关专业的教科书或教学参考书，也可供科技人员参考。

目 录

序言	1
符号	2
绪论	8
1. 发动机分类	8
2. 汽车发动机的基本特性和工况	9

第一篇 发动机理论

第一章 往复式发动机的热力循环	12
1-1 概述	12
1-2 往复式发动机循环	13
1-3 各种因素对循环的热效率和平均压力的影响	16
1-4 增压发动机热力循环	20
第二章 燃料及其燃烧时的化学反应	23
2-1 概述	23
2-2 关于燃料结构及组成的基本知识	23
2-3 燃料性质	26
2-4 燃料燃烧时的化学反应	28
2-5 燃烧热(热值)	36
2-6 燃烧过程中的容积变化	39
2-7 空气、空气与残余废气的混合气及燃烧产物的热容量	40
第三章 发动机的实际循环	44
3-1 概述	44
3-2 四冲程循环	47
3-3 二冲程循环	48
3-4 实际循环的各过程	49
第四章 进气过程	51
4-1 概述	51
4-2 进气参数	54
4-3 充气系数	59
4-4 影响充气系数的因素	62
4-5 新鲜充量的流动	67
第五章 压缩过程	69
5-1 概述	69

5-2 压缩终点参数的确定 70

5-3 各种因素对压缩过程的影响 71

5-4 压缩过程中混合气的运动 72

第六章 燃烧..... 74

6-1 概述 74

6-2 火花点火式发动机的燃烧 79

6-3 各种因素对火花点火式发动机燃烧的影响 82

6-4 火花点火式发动机的异常燃烧 84

6-5 柴油机的燃烧 87

6-6 各种因素对柴油机燃烧的影响 89

6-7 发动机燃烧过程热力学 91

第七章 膨胀和排气..... 95

7-1 膨胀 95

7-2 各种因素对膨胀多变指数的影响 96

7-3 排气 97

7-4 排放到大气中的燃烧产物中的有害成分。降低排污的方法 98

第八章 工作循环的指标..... 100

8-1 概述 100

8-2 指示指标 100

8-3 有效（制动）指标 107

第九章 影响发动机指示指标、有效（制动）指标和排污的因素..... 111

9-1 概述 111

9-2 各种因素对火花点火式发动机指示指标和排污的影响 111

9-3 各种因素对柴油机指示指标和排污的影响 120

9-4 循环参数对指示功率和平均指示压力的影响 126

9-5 影响机械损失的因素 127

9-6 影响发动机有效（制动）指标的因素 131

第十章 汽车发动机特性和工作稳定性..... 135

10-1 概述..... 135

10-2 速度特性..... 136

10-3 负荷特性..... 138

10-4 调速特性..... 139

10-5 多参数特性..... 139

10-6 排污特性..... 140

10-7 特种特性..... 142

10-8 发动机的噪声..... 143

10-9 工作稳定性和转矩储备..... 145

第十一章 增压..... 147

11-1 概述..... 147

11-2 增压系统..... 148

11-3	涡轮增压	149
11-4	增压发动机特性	154
11-5	动力增压	156
第十二章 热平衡和发动机零件的热应力		158
12-1	热平衡	158
12-2	热应力	160
第十三章 火花点火式发动机的混合气形成		164
13-1	汽化	164
13-2	汽化过程的物理基础	165
13-3	化油器特性	166
13-4	简单化油器的工作过程	168
13-5	主供油系中混合气成分的补偿	174
13-6	化油器的辅助装置和系统	177
13-7	进气系统真空度的限制	181
13-8	降低排气中有害成分含量的方法	182
13-9	多腔化油器	183
13-10	汽化过程中的热现象	185
13-11	轻质燃油喷射式发动机中的混合气形成	186
13-12	化油器式发动机过渡工况工作过程的特点	187
第十四章 高速柴油机燃油供给装置		190
14-1	要求和分类	190
14-2	燃油喷射过程及其参数	191
14-3	影响燃油喷射过程的因素	193
14-4	供油系统的供油特性及其校正方法	202
14-5	柴油机喷射过程计算和供油系统元件的选择	205
14-6	曲轴转速的调节	206
第十五章 柴油机混合气形成		211
15-1	概述	211
15-2	燃油喷雾及喷雾参数	211
15-3	燃油喷注的发展	215
15-4	开式燃烧室发动机	217
15-5	分开式燃烧室柴油机	222
15-6	各种混合气形成方法的比较	226

第二篇 曲柄机构动力学和发动机平衡

第十六章 曲柄机构动力学		227
16-1	曲柄机构运动学	227
16-2	作用在曲柄连杆机构上的力	231
第十七章 发动机平衡和曲轴不均匀旋转		240

17-1 发动机的平衡.....	240
17-2 曲轴旋转的不均匀.....	247

第三篇 发动机结构与设计

第十八章 发动机型式、功率输出方案、气缸数目、基本尺寸和冷却系的选择.....	250
第十九章 设计条件和主要参数的选择.....	254
19-1 设计任务.....	254
19-2 变负荷作用下零件的设计.....	254
第二十章 气缸体、曲轴箱、气缸盖和气体密封.....	262
20-1 水冷式发动机.....	262
20-2 风冷式发动机.....	272
20-3 紧固螺栓的计算.....	275
20-4 气缸体、气缸套和紧固螺栓的材料.....	279
第二十一章 活塞组.....	280
21-1 活塞设计.....	280
21-2 活塞环.....	288
21-3 活塞环计算.....	291
21-4 活塞销计算.....	294
21-5 材料.....	297
第二十二章 连杆.....	299
22-1 结构概述.....	299
22-2 连杆强度计算.....	303
22-3 连杆材料.....	310
第二十三章 曲轴.....	312
23-1 结构概述.....	312
23-2 曲轴强度计算.....	317
23-3 曲轴强化方法.....	327
23-4 曲轴材料.....	328
第二十四章 气门和气门机构.....	330
24-1 结构概述.....	330
24-2 确定进气门通过断面积和条件进气速度.....	338
24-3 气门机构运动学.....	341
24-4 气门弹簧和气门机构零件的计算.....	345
24-5 材料.....	351
第二十五章 润滑系.....	353
25-1 轴承承载能力的计算.....	353
25-2 润滑系的形式.....	357
25-3 机油泵.....	359

25-4 机油滤清器.....361

第二十六章 冷却系.....364

第二十七章 关于新型发动机发展前景的展望.....374

27-1 旋转活塞式发动机.....374

27-2 燃气涡轮增压发动机.....378

27-3 外部供热发动机.....381

27-4 电化学能量转换器.....383

附 录.....385

I 发动机工作循环的计算.....385

II 不同 λ 值的 $\cos\varphi + \lambda\cos2\varphi$; $\frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos\beta}$; $\frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos\beta}$ 和 $\text{tg}\beta$ 值.....394

参考文献.....396

索 引.....398

序 言

本书内容主要包括对构成发动机实际循环的诸过程进行理论分析的经典方法、曲柄机构运动学与动力学以及在交变载荷下零部件的设计。

本书还阐述了火花点火式发动机（主要是化油器式）与压燃式发动机（柴油机）的基本原理，分析了在宽广的转速和负荷范围内发动机工作过程的特点。分析中所用数据来源于现代高速发动机的试验资料。

本书采用 SI 单位，发动机的全部参数均按这种单位制计算。因为有些发动机试验用的测量仪器仍按旧单位刻度，而且旧单位仍广泛用于工程计算中，所以下表所列主要参数的因次，均用旧的和 SI 两种单位表示。

主要参数的符号

参 数	单 位 符 号		与 SI 单位的关系
	SI 单位	工程单位	
压力 p	N/m^2	kgf/m^2 或 kgf/cm^2	$1kgf/cm^2 = 98066.5N/m^2$ $\approx 0.1MN/m^2$
温度 t, T	$^{\circ}C, K$	$^{\circ}C, K$	—
容积 V	m^3	m^3	—
比容 v	m^3/kg	m^3/kg	—
比重(重度) γ	N/m^3	kgf/m^3	$1kgf/m^3 = 9.80665N/m^3$
密度 ρ	kg/m^3	$kg \cdot s^2/m^4$	$1kg \cdot s^2/m^4 = 9.80665 kg/m^3$
比热容 c	$J/(kg \cdot ^{\circ}C)$	$kcal/(kg \cdot ^{\circ}C)$	$1kcal/(kg \cdot ^{\circ}C) = 4187J/(kg \cdot ^{\circ}C)$
热量 Q	J	$kcal$	$1cal = 4.187J$
气体常数 R	$J/(kg \cdot ^{\circ}C)$	$kgf \cdot m/(kg \cdot ^{\circ}C)$	$1kgf \cdot m/(kg \cdot ^{\circ}C) = 9.80665J/(kg \cdot ^{\circ}C)$
通用气体常数 R_v	$J/(kmol \cdot ^{\circ}C)$	$kgf \cdot m/(kmol \cdot ^{\circ}C)$	$1kgf \cdot m/(kmol \cdot ^{\circ}C) = 9.80665J/(kmol \cdot ^{\circ}C)$
功率 N	W	hp	$1hp = 735.49W$
功 W	J	$kgf \cdot m$	$1kgf \cdot m = 9.80665J$
转矩 T	$N \cdot m$	$kgf \cdot m$	$1kgf \cdot m = 9.80665N \cdot m$
总传热系数 α	$W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$	$kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C)$	$1kcal/(m^2 \cdot h \cdot ^{\circ}C) = 1.163W/(m^2 \cdot ^{\circ}C)$
传热系数 C_0			
燃油消耗率 g			
	$g/(kW \cdot h)$	$g/(hp \cdot h)$	$1g/(hp \cdot h) = 0.746 g/(kW \cdot h)$

符 号

A	燃料燃烧需要的空气量 (kmol) ; 面积; 系数; 尺寸; 热功当量
a	加速度; 燃料燃烧需要的空气量 (kg) ; 面积; 尺寸
B	大气压; 系数
B'	比例系数
B''	工艺系数
B_{hn}	布氏硬度值
b	尺寸; 齿轮牙齿高度 (齿高) ; 宽度
C	系数; 物质的浓度; 热容量
C.G.	重心
C.N.	十六烷值
c	尺寸; 比热容; 曲轴断面的扭转刚度
D	直径
d	直径
E	能量; 燃料分子的活化能; 动能; 弹性模量 (杨氏模量)
e	自然对数的底; 偏心距; 气缸或气门轴线的偏移量
e'	活塞销座轴线的偏移量
F	系数; 力
f	弹簧变形量; 系数
f'	压缩不均匀系数
f''	拉伸不均匀系数
G	空气或燃料量; 燃油消耗量; 剪切弹性模量; 重量 (质量)
g	重力加速度; 燃油消耗率
H	热值; 高度; 汽化潜热
h	高度; 厚度
I	惯性矩
i	无因次惯性矩; 螺钉数; 气缸数; 弹簧圈数; 双头螺栓数; 气门数; 序数; 传动比
J	系数; 活塞行程与气缸直径比
j	每循环冲程数
K	系数; 因素; 比值; 应力集中系数
k	绝热指数; 振动谐波序数; 气缸轴线的相对偏移
k'	弹簧圈断面内不均匀应力分布许用因数
L	长度; 重叠
l	深度; 伸长量; 长度
M	可燃混合气量; 弯矩; 力矩; 阻力矩

m	经验指数；质量；油滴数；质量数；示功图的压力刻度；水蒸汽容积
m'	折合到气门或挺柱轴线上的质量
N	垂直作用力；功率；反应序数
n	弹簧自然振动数；多变指数；安全系数；转速
O.N.	辛烷值
P	力
p	压力；空气流动阻力
p'	径向压力
Q	侧向力；总热量
q	热量；侧向压力；单位负荷
q'	按统计资料确定的热量
R	曲柄半径；气体常数；半径；支承反力；合力
R_c	按刻度 C 读值的洛氏硬度
r	混合气体中气体的容积成分；半径；比值
S	活塞环弹性；活塞行程
s	熵；活塞位移
T	温度；转矩
t	散热器水管间距；温度；厚度
U	内能
u	圆周速度；火焰传播速度
V	以容积为单位的燃油消耗量；流量；容积
v	以容积为单位的燃油消耗率；汽车行驶速度；比容；速度
W	断面模量；总功；宽度
w	功
x	喷油咀针阀升程
Y	沉陷
Z	因数

希腊字母符号

α (alpha)	系数；热膨胀系数；过量空气系数
β (beta)	角度；系数；燃料特性；噪声水平；比值
γ (gamma)	角度；系数；燃油喷雾锥角；比重
Δ (delta)	直径间隙；增量
δ (delta)	系数；弹簧钢丝直径；膨胀比；轴颈或曲柄销的内径；半径间隙；比值
ϵ (epsilon)	角加速度；压缩比；增压度
ζ (zeta)	系数；比涡流强度
η (eta)	充气系数；效率；泵输出系数；扫气系数
θ (theta)	角度；燃烧持续期
λ (lambda)	导热系数；燃烧产物膨胀比；定容加热的压力增高比；曲柄半径与连杆长度比；燃烧期内压力增高比

$\mu(\mu)$	系数; 克分子量; 泊桑比
$\nu(\nu)$	粘度
$\xi(\xi)$	系数
$\pi(\pi)$	圆周长与直径的比 (3.14...)
$\rho(\rho)$	系数; 密度; 半径; 初期膨胀比
ρ'	预压缩比
$\sigma(\sigma)$	正应力
σ'	最小断面上的正应力
$\tau(\tau)$	扭矩不均匀系数; 磨合期; 剪切应力; 时间
$\phi(\phi)$	无因次负荷因数; 按凸轮转角计算的气门开启持续期
$\varphi(\phi)$	振动质量的振幅; 角度; 系数; 成分
φ'	计算断面的连杆小端角
$\chi(\chi)$	实际放热系数
$\kappa(\kappa)$	系数; 热扩散系数; 相对偏心距
$\psi(\psi)$	角度; 换气引起的气缸容积损失; 扫气造成的活塞行程损失; 相对间隙
ψ'	剖分面的连杆大端角
$\omega(\omega)$	角速度; 弹簧自然振动数

角 标

a	实际的; 进气; 空气
ac	实际的
act	实际的; 有效的
ad	绝热的; 提前
Al	铝
am	辅助机构
amb	环境
ar	算术平均值
at	喷咀
av	平均值
b	轴承; 挠度; 螺栓; 轴套; 制动器; 膨胀
bb	青铜衬套
bc	基圆
b _o	喷油始点
bl	轮叶
br	轴承可靠性; 制动
bu	衬套
c	离心力; 燃烧室; 压气机; 连续的
cam	凸轮轴
ed	连接通道
cen	中心线

ch	充量
chem	化学的
cl	下降缓冲段
cn	凸起
com	联合; 补偿; 压缩; 压气机
con	假定的; 收缩
cp	燃烧产物; 曲柄销
cool	冷却器; 冷却介质
cr	曲柄; 临界
cw	曲柄臂
cwt	平衡块
cyc	循环
cyl	气缸
d	深度; 设计; 化油器喉管; 动态
des	设计
dr	油滴
e	弹性
ec	经济的; 省油器
eff	有效的
e.)	喷油终点
em	乳化液
eng	发动机
ep	排气管
eg	当量
ex	过量的; 外部的
exh	排气
f	散热器表面; 装配的; 燃料
fc	固定约束
fl	火焰
fly	飞轮
fr	自由的; 摩擦
g	气体; 齿轮箱; 调速器
gr	槽
h	盖; 热; 高度; 高级的
h.ex	热交换
hom	均匀的
h, hr	小时
h.tr	传热
i	指示的; 示功器; 惯性
ic	不完全燃烧

ig	点火
in	进气; 进气口
inj	喷射; 喷油器
int	内部的
ir	怠速
is	进气系统
j	射流; 联轴节
k	运动的
l	活塞环槽堤; 衬套; 低的
lam	薄膜
lc	接触损失
lim	极限
lit	升
m	总的; 平均的
max	最大的
mc	混合室
md	主传动; 菌形挺柱盘
m.ec	最大经济性
mech	机械的
med	中等的
min	最小的
mix	混合气
mj	主轴颈
m.p	最大功
n	标定的; 前端; 喷油咀
nat	自然的
o	初始的; 出口; 标准大气状态
oh	油孔
op	开度; 上升缓冲段
opt	最佳的
or	小孔
out	出口
ov	重叠
over	超速
p	活塞; 柱塞; 压力; 泵
phys	物理的
pin	柱销
pol	研磨
pp	活塞销
pr	预紧力

pu	推杆
pur	净化
R	发动机旋转零件
r	齿条；标定的；反应；相对的；残余的；环；摇臂
rad	辐射；散热器
rec	储气室
red	折合的
rel	压力降
res	残余的；阻力；共振
ret	延迟的
rod	连杆
roll	滚动阻力
rp	凸轮圆
run	飞车
S	沙特 (Sauter)
s	钢；杆；增压；秒
sc	扫气
sh	轴；壳体；罩盖
sp	样品；喷注
spr	弹簧
st	双头螺栓
s.t	表面张力
str	流束
t	切向的；挺柱；温度；拉力；热的；涡轮机
th	理论的；纤维
thr	喉口；节气门
tilt	翻转
tor	转矩
tr	传动
turb	紊流的
u	极限
v	气门；蒸气；可变的；车辆；容积
vap	汽化
vol	容积的
vt	文氏管
w	壁面；水；工作
wh	轮
wj	水套
y	屈服
z	气缸内