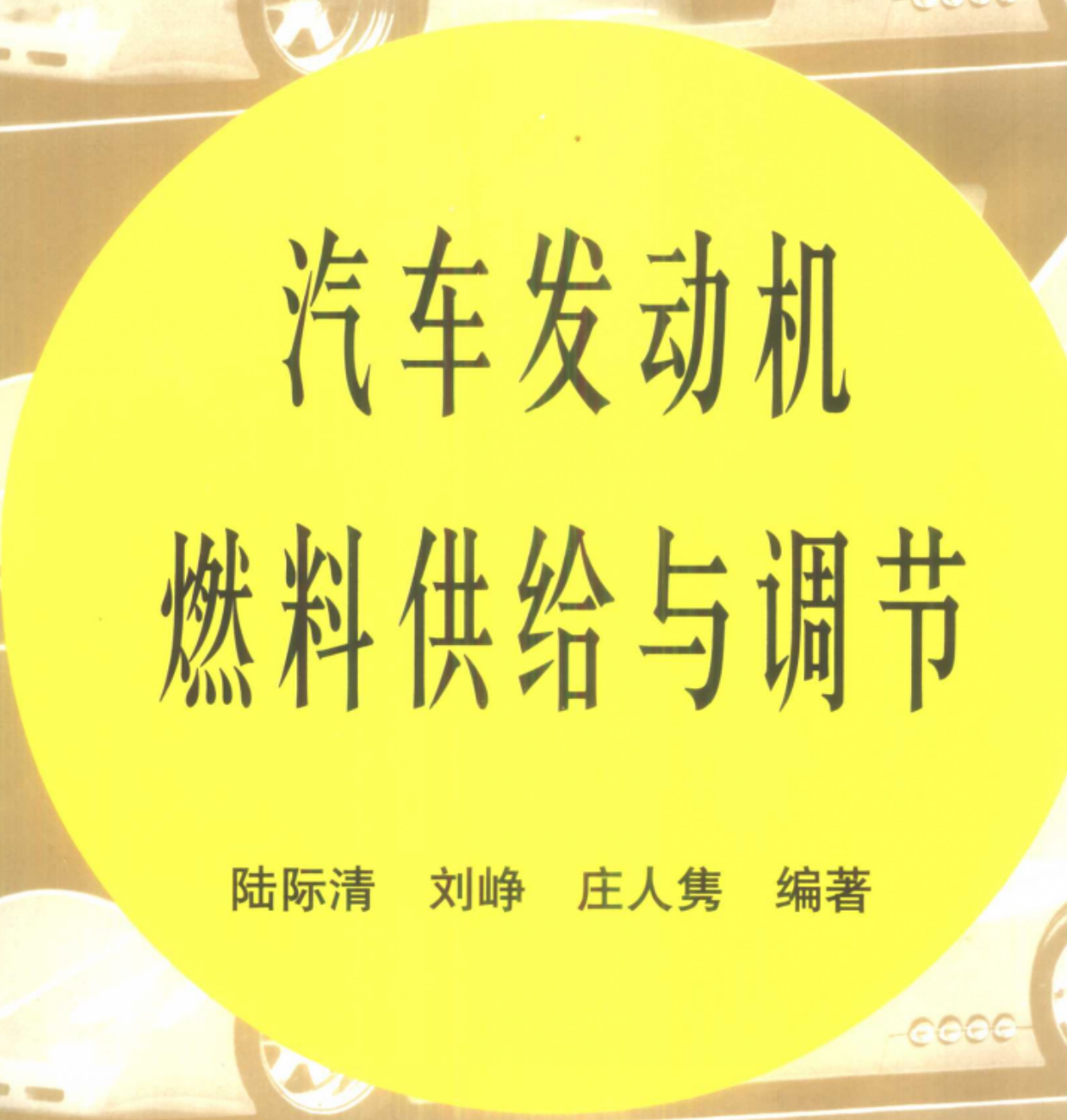




汽车发动机 燃料供给与调节

陆际清 刘峥 庄人隽 编著

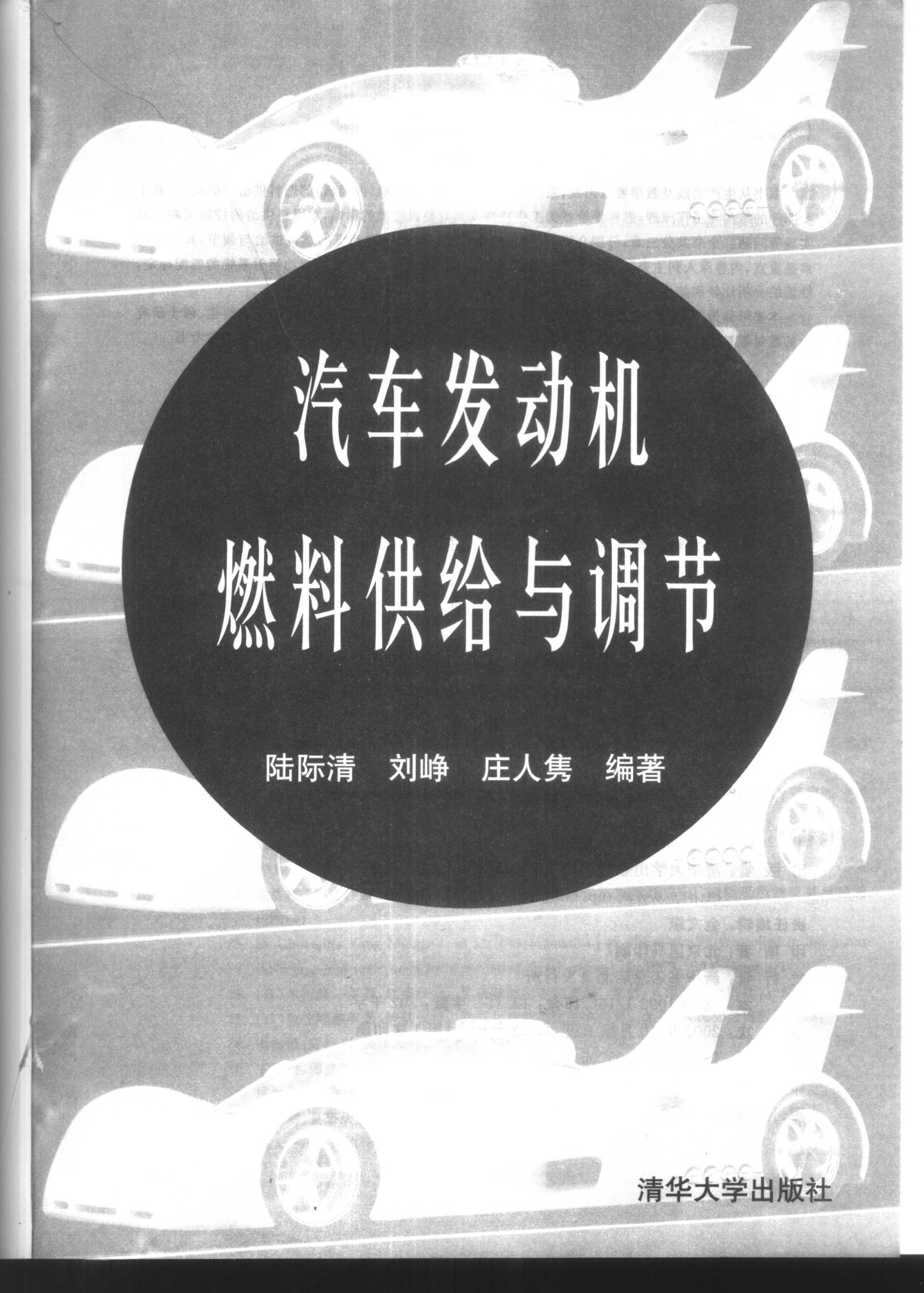
清华大学出版社

ISBN 7-302-05706-0



9 787302 057062 >

定价: 17.00 元



汽车发动机 燃料供给与调节

陆际清 刘峥 庄人隽 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书从生产实践及教学要求出发,系统地介绍各类汽车发动机(内燃机)的燃料供给系的构成,其主要部件的结构与工作原理,燃料供给系的工作特性及其对整机性能的影响,对燃料供给的控制策略及其实现等问题。全书共分三章,分别介绍柴油机、汽油机和气体燃料发动机的燃料供给与调节,其中前两章是重点,内容深入到主要部件的选用,柴油机喷油系结构参数的匹配,电控汽油喷射系统的匹配标定,性能的分析比较和技术发展动向等方面。

本书可作为汽车工程专业汽车发动机方向和动力机械与工程专业内燃机方向的本科生、硕士研究生的教材或教学参考书,亦可作为从事汽车发动机产品开发和性能研究的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机燃料供给与调节/陆际清,刘峥,庄人隽编著. —北京:清华大学出版社,2002
ISBN 7-302-05706-0

I. 汽… II. ①陆… ②刘… ③庄… III. 汽车—发动机—供输油系统
IV. U464.136

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 056286 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑: 金文织

印 刷 者: 北京国马印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13.25 字数: 302 千字

版 次: 2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05706-0/TK·28

印 数: 0001~5000

定 价: 17.00 元

前 言

汽车发动机(内燃机)的燃料供给及其调节(控制)系统可以说是整机的“心脏”,其工作状态对于发动机的动力性、燃料经济性、有害物排放量、以及怠速稳定性、加速平顺性等运行性能都有决定性的影响。在发动机新机型的设计开发工作中,大部分工作量要花在燃料供给系的部件配置和匹配标定上。而在发动机性能研究工作中,则少不了要从燃料供给及其控制方面去进行分析。因此,汽车工程专业和动力机械与工程专业中选择汽车发动机作为其毕业实践方向或研究方向的本科生和硕士研究生,都需要较多地掌握有关燃料供给与调节方面的专门知识。在高等学校工科专业设置调整之前,汽车专业和内燃机专业本科生的专业课中都设有必修的“燃料供给与调节”课程。在专业设置调整之后,该课程改为汽车工程专业和动力机械与工程专业本科生和硕士研究生的选修课。

本书作为“燃料供给与调节”课程的教材,在其内容选择上主要考虑从事发动机产品开发和性能研究工作所必须掌握的有关知识,包括燃料供给系的工作特性对整机性能的影响及相关的控制要求;燃料供给系的组成、主要部件的结构与工作原理;影响燃料供给系工作特性的因素及控制要求的实现;从整机综合性能考虑选择燃料供给系及其主要部件,进行有关的结构参数和控制参数的匹配与标定;燃料供给与调节技术发展动向等等。本书的取材力求反映近年来的科技进步,其中适当地编入了清华大学的一些研究成果和实践体验。

全书共分三章,分别介绍柴油机、汽油机和气体燃料发动机的燃料供给及相关的调控问题,其中前两章是本书的重点。

本书由陆际清教授主编;刘峥教授编写第1章,陆际清教授编写第3章,并与庄人隽副教授合编第2章。中国石油勘探开发科学研究院吉宗珏教授为第3章、清华大学帅石金副教授为2.7节提供了宝贵的素材,谨在此向他们致以深切的谢意。

本书的阐述体系和取材均基于本校多年来的教学与科研实践,想必是优点与不足并存,作者恳切地希望同行和读者不吝指正。来信请寄100084,北京清华大学汽车工程系。

作者

常用符号表

1 柴油机的燃油供给与调节系统

A ——调速器惯性力系数	q_c ——总回油量
a ——声速	q_s ——柱塞偶件和针阀偶件泄漏的油量
b_c ——燃油消耗率	R ——喷油泵油量调节杆(齿杆)的行程
c ——压力波锋面传播速度	SMD ——索特平均粒径
$dp_c/d\varphi$ ——气缸内压力升高率	T_{M1} ——转矩
E ——燃油弹性模量,调速器恢复力	$T_{\text{阻}}$ ——阻力矩
f ——调速器折算到滑套上的总摩擦力	u ——燃油质点运动速度
h ——出油阀减压行程	u_0 ——压力波传播前的管内初始流速
h_p ——柱塞行程	u_1 ——按几何供油规律计算的平均泵端供油速度
h_{ps} ——柱塞预行程	u_c ——出油阀落座时的泵端回流速度,平均回流速度
L ——喷注贯穿距离	W ——调速器工作能力
N ——压力波在油管内单程传播的次数	Z ——调速器滑套位置
n ——发动机(曲轴)转速	δ ——调速器静态调速率
n_p ——喷油泵(凸轮轴)转速	δ_d ——调速器动态调速率
n_m ——满负荷转速	$\Delta\varphi_a$ ——着火延迟角(对喷油始点)
n_k ——空转转速	$\Delta\varphi_{\text{始}}$ ——喷油延迟角(对几何供油始点)
p ——压力	$\Delta\varphi_1$ ——喷油持续角
p_s ——环境压力(大气压力),喷油泵低压腔压力	$\Delta\varphi_{\text{始}}$ ——喷油提前角(对压缩上止点)
p_c ——缸内压力	$\Delta\varphi_p$ ——几何供油持续角
p_i ——喷油压力	$\Delta\varphi_{ps}$ ——几何供油提前角(对压缩上止点)
p_n ——喷嘴盛油槽中压力	$\Delta\varphi_1$ ——压力波由泵端传到嘴端所需时间对应的转角
p_0 ——管内剩余压力,压力波传播前的管内初始压力	$\Delta\varphi_m$ ——先供期转角
p_s ——喷油器针阀开启压力	$\Delta\varphi_1$ ——后供期转角
p_s ——喷孔外背压	$\Delta\varphi_0$ ——喷嘴盛油槽中油压由 p_0 升至 p_s 所需时间对应的转角
$Q(t), Q(\varphi)$ ——随时间 t 、转角 φ 变化的喷油率	$\Delta\varphi_{11}$ ——泵端高压容积燃油膨胀引起的供油延长角
$Q_p(t), Q_p(\varphi)$ ——随时间 t 、转角 φ 变化的泵端供油率	$\Delta\varphi_{12}$ ——嘴端高压容积燃油膨胀及针阀泵油作用引起的喷油延长角
Q_m ——主喷射期内的平均喷油率	Δp ——管内任一点任一时刻的压力扰动值(左、右行压力波合成)
Q_{pm} ——有效供油期内的平均几何供油率	$\Delta p_1, \Delta p_2$ ——左、右行压力单波值(相对于初始压力值的累计积分)
q ——循环喷油量	Δu ——管内任一点任一时刻的速度扰动值
q_p ——几何循环供油量	
$q(t), q(\varphi)$ ——截止 t 时刻、 φ 转角的累计喷油量	
$q_p(t), q_p(\varphi)$ ——截止 t 时刻、 φ 转角的累计供油量	
q_s ——先供油量	
q_b ——后供油量	

$\Delta u_l, \Delta u_r$ ——左、右行速度单波值

ε ——调速器的不灵敏度

θ_s ——喷雾锥角

ρ ——燃油密度

φ_i ——燃烧始点

φ_{js} ——喷油始点

φ_{je} ——喷油终点

φ_{ps} ——几何供油始点

φ_{pe} ——几何供油终点

φ_i ——柱塞上止点

φ_{co} ——曲轴转角

φ_{pb} ——油泵轴转角

ϕ_a ——过量空气系数(相对空燃比)

ϕ_c ——充量系数

ϕ_{sp} ——喷注贯穿率

ϕ_{iq} ——转矩储备系数

ψ ——加速踏板位置角

ω_p ——油泵轴角速度

2 汽油机的燃料供给与控制

$b_c, n, p, \phi_a, \phi_c$ ——同柴油供给部分

ECU——电子控制器

EFI——电控汽油喷射

G_v ——每小时进气量

G_f ——每小时耗油量

G_{fd} ——怠速小时耗油量

h ——怠速旁通空气阀开度

h_0 ——怠速旁通阀开度基本量

h_s ——怠速旁通阀在高怠速暖机阶段的初始开度

i ——喷油器在发动机每一工作循环期间的喷油次数

k_0 ——基本条件综合校正因子

k_{mi} ——环境条件校正因子

k_{EGR} ——废气再循环校正因子

k_{tp} ——输油泵电源电压校正因子

k_{ac} ——加速加浓因子

k_{dec} ——减速减稀因子

k_{st} ——启动暖机因子

k_{ln} ——自学习校正因子

k_{co} ——断油因子

L_0 ——化学计量比(kg 空气/kg 汽油)

m_a ——进气质量流量

$m_{a,cyc}$ ——发动机每循环进气量

n_d ——怠速转速

n_s ——启动过程最高转速(高怠速暖机开始转速)

P_e ——发动机有效功率

P_i ——指示功率

P_m ——怠速消耗功率

p_a ——进气歧管绝对压力

Q ——喷油器稳态喷油量

q ——喷油器每次喷油量

R ——气体常数

T_a ——进气温度

T_w ——冷却液温度

t ——时间

t_p ——喷油脉宽

t_{pb} ——基本喷油脉宽

t_{ve} ——喷油器流量特性线时间偏移量

t_{ci} ——喷油脉宽闭环修正量

t_r ——喷油触发脉冲周期

$\dot{V}_a$ ——进气体积流量

V_s ——单缸工作容积

z ——气缸数

z_n ——喷油器数

α ——空燃比

β ——喷孔堵塞率

Δh_{cl} ——怠速旁通阀开度的闭环修正量

Δp ——喷孔内外压力差

Δp_{th} ——节气门后真空度

Δp_{hk} ——化油器喉口真空度

θ ——节气门开度

ρ_a ——空气密度

τ ——冲程数

$\phi_{a,bmin}$ ——最经济的相对空燃比

$\phi_{a,Pmax}$ ——最大功率的相对空燃比

$\phi_{a,Emm}$ ——排放最少的相对空燃比

3 气体燃料发动机的燃料供给

n, p, ϕ_c ——同柴油供给部分

ECU, $R, \alpha, \phi_{a,bmin}, \phi_{a,Pmax}$ 同汽油供给部分

A_v ——减压阀阀片面积

A_m ——减压器膜片面积

CNG——压缩天然气

d_0 ——减压阀阀口直径

F_{s0} ——减压弹簧预紧力	l_0 ——化学计量比(m^3 空气/ m^3 气体燃料)
G_a ——每小时吸进空气体积量	p_a ——混合器前空气压力
G_g ——每小时吸进气体燃料体积量	p_d ——空气与气体燃料汇合处压力
h_v ——减压阀门升程	p_k ——气体燃料计量孔前压力
H_u ——单位体积气体燃料低热值	p_0 ——大气压力
$H_{u,mix}$ ——单位体积化学计量比混合气低热值	p_1 ——单级减压器进口压力
i ——减压机构杠杆比	p_2 ——单级减压器出口压力
κ ——比热比	p_I ——一级减压后压力
k_s ——减压弹簧刚度	p_{II} ——二级减压后压力
LNG——液化天然气	p_{III} ——三级减压后压力
LPG——液化石油气	ρ_g ——气体燃料密度

目 录

常用符号表	VII
1 柴油机的燃油供给与调节系统	1
1.1 燃油系统与燃油喷射原理	2
1.1.1 燃油系统的作用及构成概述	2
1.1.2 燃油喷射装置的工作原理	3
1.2 喷油特性与喷雾特性对柴油机性能的影响	6
1.2.1 几何供油规律与喷油规律	6
1.2.2 喷油规律形态及其对柴油机性能的影响	9
1.2.3 喷油压力及其对柴油机性能的影响	11
1.2.4 喷油泵的速度特性	14
1.2.5 喷雾特性及其对柴油机性能的影响	14
1.3 燃油喷射装置的选型	18
1.3.1 喷油泵的工作能力及技术指标	18
1.3.2 直列式喷油泵系列与结构类型	19
1.3.3 分配式喷油泵	25
1.3.4 喷油器与喷油嘴	31
1.4 燃油喷射装置参数匹配的理论依据	34
1.4.1 高压管路中的压力波传播	34
1.4.2 压力波的特征线图解法	38
1.4.3 供油规律沿高压油路的演变	44
1.4.4 喷油规律演变总图及特征参数表达式	47
1.5 喷油系参数对喷油特性的影响及参数预选方法	48
1.5.1 喷油系参数对常规喷油特性的影响	49
1.5.2 二次喷油与气穴	53
1.5.3 波动喷油、不齐喷油及低速失速	58
1.5.4 喷油系参数对各种异常喷油现象的影响	61
1.5.5 燃油喷射装置的参数预选	61
1.6 喷油系的自动调节系统	63
1.6.1 调速器的功能	63

1.6.2	调速器的结构原理与性能指标	66
1.6.3	几种典型的离心机械式调速器	72
1.6.4	调速器的选型与匹配	79
1.6.5	喷油提前装置	81
1.7	柴油机燃油喷射系统的电控技术	83
1.7.1	电脑对燃油喷射系统的调控与管理	84
1.7.2	电控燃油喷射系统的类型与工作原理	86
2	汽油机的燃料供给与控制	94
2.1	汽油机对燃料供给与控制的基本要求	94
2.1.1	空燃比对汽油机稳定工况性能的影响	95
2.1.2	对稳定工况空燃比的控制要求	98
2.1.3	对热机怠速工况进气量和空燃比的控制要求	99
2.1.4	变工况过程中对空燃比和进气量的控制要求	101
2.1.5	混合气分配均匀性	102
2.2	化油器供油	104
2.2.1	化油器供油的基本情况	104
2.2.2	化油器供油方式的缺点	106
2.3	电控低压汽油喷射系统概述	108
2.3.1	汽油的输送与喷射	108
2.3.2	系统的电子控制部分	111
2.3.3	所控制的参数	112
2.4	电磁喷油器及其他供油部件	116
2.4.1	喷油器的典型结构及驱动	116
2.4.2	喷油器的工作特性与选用	119
2.4.3	电动输油泵及其控制	124
2.4.4	油压调节器和燃油轨	126
2.5	控制系统的主要器件	128
2.5.1	转速及转角位置传感器	129
2.5.2	负荷传感器	131
2.5.3	节气门开度传感器和温度传感器	134
2.5.4	氧传感器	135
2.5.5	怠速执行器	140
2.5.6	电子控制器	143
2.6	控制的实现	145
2.6.1	喷油量的开环控制	145
2.6.2	喷油量的闭环控制	157
2.6.3	怠速进气量的控制	161

2.6.4	ECU 的控制策略	163
2.7	缸内直接喷射供油	164
2.7.1	缸内直喷式汽油机的特点及现存问题	164
2.7.2	直喷式汽油机的供油系统	165
3	气体燃料发动机的燃料供给	167
3.1	天然气和液化石油气的特性与应用	167
3.1.1	我国的天然气和液化石油气资源	167
3.1.2	车用天然气和液化石油气的物理化学性质	169
3.1.3	汽车发动机使用气体燃料的方法	172
3.2	预混点燃式压缩天然气发动机的燃料供给	173
3.2.1	混合器预混供给系统的组成	174
3.2.2	混合器及其供给特性	174
3.2.3	减压器	178
3.2.4	高压储气瓶	183
3.2.5	电控混合器预混和电控喷射预混的 CNG 供给系	184
3.3	预混点燃式液化石油气发动机的燃料供给	186
3.3.1	预混式 LPG 供给系的分类及组成	186
3.3.2	液化石油气储气罐和组合阀	188
3.3.3	蒸发减压器	189
3.4	柴油/压缩天然气双燃料发动机的燃料供给	191
3.4.1	柴油/CNG 双燃料发动机燃料供给系的类型和控制要求	191
3.4.2	机械控制式双燃料供给系的主要部件	193
3.4.3	电控双燃料供给系统	197
	参考文献	199

1 柴油机的燃油供给与调节系统

柴油机的燃油供给与调节系统(下文简称燃油系统)是柴油机的“心脏”,对柴油机的动力性、燃油经济性、排放、噪声、运转稳定性,以及可靠性、耐久性都有极其重要的影响。

由于柴油机实行负荷质调节,柴油以高压喷雾方式直接喷入气缸,并与缸内进气旋流相结合而形成可燃混合气,因此,喷油、喷雾过程组织的好坏直接影响燃烧过程的组织和效果。这一点和压缩终了即已形成均匀混合气并实行负荷量调节的汽油机有较大的差别。

此外,由于质调节的关系,柴油机的动力性和运转性能主要取决于循环喷油量随转速的变化,而不是像汽油机那样主要取决于循环充气量随转速的变化。正是由于喷油泵的供油速度特性(即随转速变化的油量特性)并不理想,柴油机喷油系统必须配备一套油量调节系统——调速器及各种功能附件,才能满足转矩特性和运转稳定性的要求,否则会不可避免地出现高速飞车、怠速不稳以及转矩储备不足等情况。汽油机则一般无此要求。

大量实践表明:在对柴油机性能有影响的诸系统中,燃油系统是最重要的;在开发柴油机新机型的性能调试工作中,燃油系统本身及机、泵参数匹配的工作量是最大的(约占全部性能调试工作量的50%);对燃油系统主要零部件的设计及加工精度的要求也是最严格的。

为提高产品质量和降低成本,喷油系统主要零部件均由少数厂家规模化生产。对于从事柴油机产品开发和性能研究的技术人员来说,一般不会要他们去设计一个新泵、新调速器或其中的一些主要零部件。即使对于专门从事燃油系统研究、开发的技术人员来说,这种机会也是不多的。要求他们从事的技术工作主要有以下几方面。

(1) 从整机综合性能和结构特点出发,选择燃油系统的类型及合适的喷油泵、调速器、喷油器等主要部件。

(2) 系统确定后,选择和确定各重要零部件的结构与参数,以满足整机综合性能的要求。这就是喷油装置的合理匹配和调速器及其附属装置的配套问题。这是柴油机技术人员最常碰到,也是经常需要解决的问题。

(3) 对于结构参数已确定的系统,在进行柴油机的性能与试验研究时,能从喷油和调速的角度去分析对性能的影响,找出问题所在,并提出设计与改进的意见。

(4) 对于在用的或新生产的柴油机产品,能了解喷油系统,特别是调速器及其各种附件的正确调整要求与方法,使柴油机燃油系统始终处于正常工作状态而发挥应有的性能。

(5) 了解燃油系统新技术、新装置的发展动向与前景,及时提出企业产品及技术发展的新思路与新要求。

本章的内容安排与选材是针对上述除第(4)方面之外的各方面要求确定的。关于第(4)方面,即燃油系统的维护、调整,主要是使用问题,可在掌握其他方面知识的基础上,通过自学和实践来解决。

本章内容大体上分为三个部分:首先重点阐述燃油供给及调节系统对整机性能的影响,作为系统选择、参数匹配和性能分析的依据与出发点;其次简明介绍喷油装置与调速系统的结构特点与产品类型,扼要分析不同类型装置的工作能力与选择原则;第三部分则是通过对喷油及调速过程基本原理的论述,较系统地阐明喷油装置及调速器的匹配与参数合理选择问题,这是本章的核心。

本章最后还介绍了电脑控制柴油机燃油喷射系统的部分内容。电控喷油技术被称为柴油机技术发展的第三个里程碑,对燃油系统和整机的发展有极其深远的影响。

1.1 燃油系统与燃油喷射原理

1.1.1 燃油系统的作用及构成概述

燃油系统的主要作用是根据柴油机不同工况的要求,将适量的燃油,在合适的时刻及时间间隔内,以适当的喷油速率和几何形态喷入燃烧室,形成适于燃烧的可燃混合气,以满足柴油机综合性能的要求。

对于多缸柴油机,为了保证各缸工作的一致性,燃油系统还承担调节各缸供油均量和供油均时(各缸供油始点相位一致)的作用。

燃油系统是由分别实现上述功能的各种装置和零部件所组成。图 1-1 是常用的具有直列式喷油泵、喷油器和机械调速器、喷油提前器的燃油系统简图。

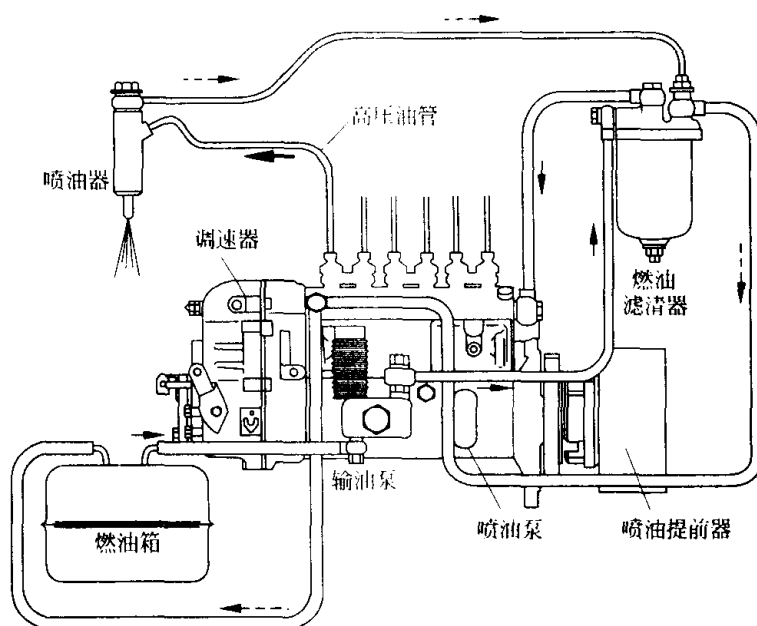


图 1-1 常用直列式喷油泵燃油供给与调节系统简图

整个系统由三大部分组成。

1. 低压供油系统

其作用是将过滤后的清洁燃油输入喷油泵的低压油腔,并将多供和喷嘴泄漏的柴油送回油箱。供油路线见图 1-1 中细实线箭头所示;回油路线则由虚线箭头表示。

低压供油系统一般称为燃油系统的辅助装置。它们不直接承担燃油系的主要功能,但对于保证系统的正常工作十分重要,特别是保证柴油的滤清、排除油路中空气和正常足量的低压供油(输油泵输油表压力一般为 $0.1 \sim 0.15 \text{ MPa}$)。

2. 高压喷油系统

其作用是将输入的低压油加压到超过喷油器开启压力,以雾状喷入气缸,实现除低压供油和调速及定时以外的燃油系其他主要功能。通常由图 1-1 所示喷油泵、高压油管和喷油器三要件组成,俗称“泵-管-嘴”系统。粗实线箭头为管流方向。也有无高压油管的泵、嘴合为一体的泵喷嘴系统。一般所谓燃油喷射装置(有时又称为喷油系统)指的就是高压喷油系统。

3. 自动调节系统

包括调速器和喷油提前器两部分。调速器根据运行条件和控制要求自动改变喷油泵油量,使柴油机工况稳定,限制其转速在一定范围内变动,并使外特性转矩变化满足要求。喷油提前器则在转速变动时自动调节供油定时。

1.1.2 燃油喷射装置的工作原理

常用的燃油喷射装置绝大多数利用泵油柱塞的往复运动脉动供油,喷油器针阀间断开启,通过喷孔高压喷油。下面以通用的直列泵-管-嘴系统为例说明其喷油原理。

1.1.2.1 喷油泵的工作原理

图 1-2 为常用直列泵结构图。曲轴通过油泵齿轮带动凸轮轴 10 旋转时,其凸轮通过滚轮、挺柱 9 使柱塞 12 作上下往复运动。柱塞与柱塞套 13 是一对精密偶件。柱塞套在泵体 4 中固定不动,套上的进、回油孔 15 与低压腔 5 连通。

1. 供油过程

柱塞下行时,燃油由低压腔 5 通过进、回油孔 15 被吸入柱塞顶上的油腔(见图 1-3(a),以下简称柱塞腔)。柱塞上行时,在最初的一段行程中柱塞腔内燃油通过油孔被压回低压腔。理论上须在柱塞顶平面越过油孔之后,燃油不能回低压腔,才会被压缩而打开封闭柱塞腔的出油阀 3(图 1-2),开始向泵外供油。柱塞顶平面刚越过进油孔的时刻(见图 1-3(b))称为理论供油始点。此时刻之前柱塞走过的行程叫预行程。

柱塞的上行供油,理论上只持续到其表面的控油斜槽与油孔相通时为止,即认为柱塞腔在此时刻会立即泄压而出油阀立即关闭,终止供油。这一时刻称之为理论供油终点,见图 1-3(c)。

由理论供油始点到终点的柱塞行程称为有效行程;其对应的泵油量(柱塞面积 $\times$ 有效行程)为理论循环供油量(按体积计);对应的曲轴或泵轴转角叫几何供油持续角。此后柱塞虽继续上升到其上止点,但不再供油。

2. 供油量的调节

移动图 1-2 所示之油量调节齿杆 6,使与齿圈 14 连为一体的油量控制套筒 7 转动。因柱塞下方的凸块嵌入套筒下方的切槽中,结果柱塞 12 也随套筒 7 一起转动,改变了控油斜槽与回油孔相通时的柱塞位置,即改变了有效行程,从而改变理论循环供油量。

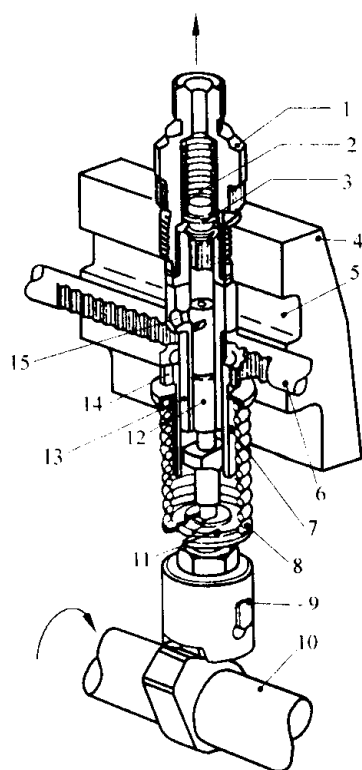


图 1-2 直列式喷油泵结构图

- 1—出油阀紧座；2—出油阀弹簧；3—出油阀偶件；
 4—喷油泵体；5—低压油腔；6—油量调节齿杆；
 7—油量控制套筒；8—柱塞弹簧；9—挺柱体部件；
 10—凸轮轴；11—弹簧座；12—柱塞；
 13—柱塞套；14—调节齿圈；15—进、回油孔

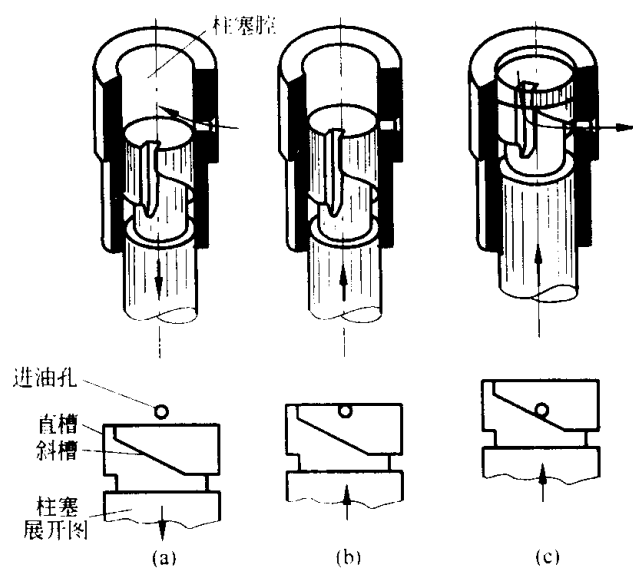


图 1-3 柱塞偶件供油过程

(a) 进油；(b) 理论供油始点；(c) 理论供油终点

齿杆 6 的位置 R 既与供油量大小有关,又直接受调速器或驾驶员的控制,可作为一个表征柴油机负荷大小的参量。

3. 出油阀的减压作用

供油结束时柱塞腔泄压,出油阀下落。如图 1-4 所示,从出油阀的减压凸缘进入座孔而使阀上、下两边的燃油隔开时起,到阀的密封锥面落座为止,出油阀走过的距离 h 称为减压行程。在此期间,出油阀上面直到喷油嘴为止的高压油体积增大了(增加的体积等于减压行程乘以出油阀截面积,叫做减压体积),而高压油管内压力则相应急剧降低。这一作用称为减压作用。它使喷嘴及时停止喷油,又保持一定的剩余压力值,可防止管内高压所造成的二次喷油、后滴等不良现象。

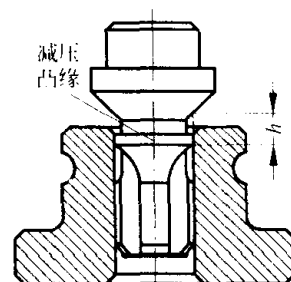


图 1-4 出油阀结构

1.1.2.2 喷油器的工作原理

图 1-5 是带孔式喷嘴喷油器的结构图。孔式喷嘴用于向开式燃烧室喷油,另有一种轴针式喷嘴用于向分隔燃烧室喷油,两种喷嘴的细部构造示于图 1-6。

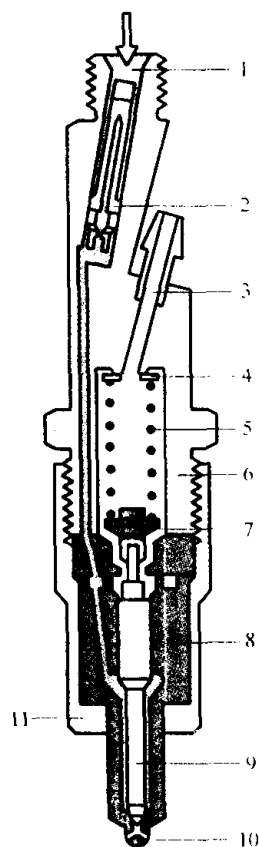


图 1-5 带孔式喷嘴的喷油器

- 1—进油口; 2—金属滤芯; 3—回油口;
4—开启压力调整垫; 5—针阀弹簧;
6—喷油器体; 7—弹簧座及挺杆;
8—针阀体; 9—针阀; 10—喷孔; 11—紧帽

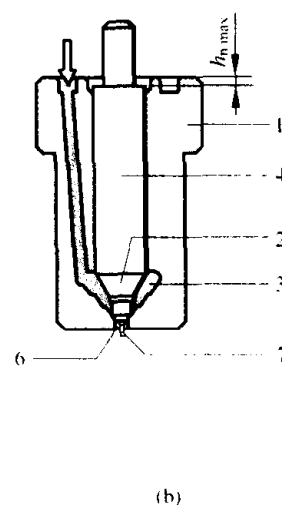
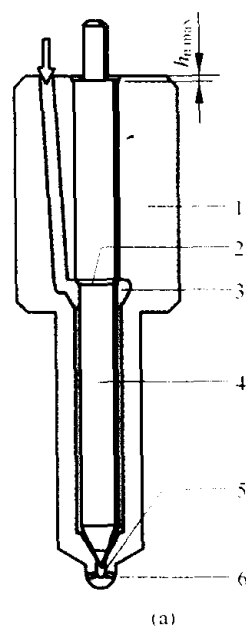


图 1-6 常用针阀偶件

- (a) 孔式喷嘴针阀偶件; (b) 轴针式喷嘴针阀偶件
1—针阀体; 2—针阀锥环承压面; 3—盛油槽;
4—针阀; 5—压力室(盲孔); 6—喷孔; 7—轴针

柱塞开始供油后,高压油管及喷油器油路中的压力上升,但只有在喷嘴盛油槽 3(图 1-6)中的压力高于针阀弹簧预调的开启压力使针阀升起后,燃油才能喷出。开始喷油时刻称为喷油始点;针阀落座停止喷油时刻为喷油终点。二者间隔的时间或转角度数叫喷油持续期(角)。

喷油过程中针阀所能达到的最大升程为图 1-6 中的 $h_{n\max}$ (下文中的针阀升程若无特别说明均指此值)。此时针阀碰到了喷油器体的下端。喷油期间由于各种原因,盛油槽中的最大压力远高于开启压力。轴针式喷嘴盛油槽中的压力就是喷孔内侧的喷油压力;而孔式喷嘴喷孔内侧的压力是压力室 5 中的压力。压力室与盛油槽之间有较长的一段窄通道,两处的压力由于节流而有所差别,特别是在针阀上升之初,以及低速、低负荷工况针阀不能全程升起时差别更大。压力室压力变小对于喷雾及整机性能都有影响。

1.2 喷油特性与喷雾特性对柴油机性能的影响

喷油特性指的是喷油系统的工作特性,一般包括喷油规律、喷油压力和喷油泵的供油速度特性等。这些特性主要由高压系统中的燃油流动过程所决定。

喷雾特性则是指燃油由喷孔喷出后,在燃烧室中形成喷注的贯穿、破碎、弥散及雾化等有关性能。

喷油、喷雾特性与缸内燃烧室中的工质流动特性和燃烧室形状相互配合,决定了柴油机混合气的形成规律,成为柴油机动力性、经济性、排放、噪声等主要性能的决定性因素。

1.2.1 几何供油规律与喷油规律

1.2.1.1 几何供油规律及其特性参数

在理论供油始点和终点之间,由柱塞运动速度和截面积所确定的体积供油率 $Q_p(t)$ 随时间 t 的变化关系叫做几何供油规律。

$$Q_p(t) = dq_p(t)/dt \quad (1-1)$$

式中: $Q_p(t)$ ——油泵柱塞的体积供油率, mm^3/s ;

$q_p(t)$ ——柱塞到 t 时刻为止的累计体积供油量, mm^3 。

柴油机中,大都使用油泵转角 φ_{ps} 或曲轴转角 φ_{ca} 来表示时间。因此又有角供油率 $Q_p(\varphi)$ 和角供油规律的概念,前者是单位转角供油量($\text{mm}^3/(\circ)$),后者是 $Q_p(\varphi)$ 随转角变化的关系。

$$Q_p(\varphi) = dq_p(\varphi)/d\varphi \quad (1-2)$$

式(1-2)中的 $q_p(\varphi)$ 即为所对应 t 时刻的 $q_p(t)$ 。

因为有 $d\varphi = 6\pi ndt$ 的关系, $Q_p(t)$ 和 $Q_p(\varphi)$ 可按下式换算,

$$Q_p(t) = 6\pi n Q_p(\varphi) \quad (1-3)$$

式中: n ——曲轴转速, r/min ;若为泵轴转速则用 n_p 表示。

几何供油规律可根据已知参数和运行条件计算出来。如图 1-7, 根据油泵凸轮形线、滚轮尺寸,可算出任一转角 φ 下的柱塞升程 $h_p(\text{mm})$ 和柱塞升程的角变化率 $dh_p/d\varphi$