

一种计算分隔式燃烧室柴油机 燃烧放热率的数学模型

张会明

(机械工程系)

摘 要 将主、副燃烧室彼此相通的连续过程用若干个微元过程来代替,利用热力学的有关原理,推导了一种利用易测参数,能简捷、快速地计算分隔式燃烧室柴油机燃烧放热率的数学模型,并对 S195 型柴油机进行了实算。

关键词 柴油机;分隔式燃烧室;放热率;数学模型

分类号 TK421.26

0 引 言

柴油机是靠燃油燃烧后放出的热量加热工质,使其膨胀而对外做功的。燃烧放热率对整机性能(如功率、油耗、噪音、排烟、排放、零部件的热负荷和机械负荷等)的影响是不言而喻的,长期以来,一直为人们所关注,并相继提出了一些数学模型和计算方法。但是,它们多数是针对直喷式内燃机的。对于分隔式燃烧室柴油机,由于主、副燃烧室之间燃烧形态的差异以及时刻发生的能量、质量流动,情况比直喷式燃烧室复杂得多,因而,这方面的论文较少见到。

众所周知,内燃机的燃油燃烧后所放出的热量,一方面对工质加热,另一方面传给冷却介质,工质加热后,压力必定会相应的升高,因而利用所测得的主、副燃烧室的压力示功图,用适当的数学模型,便能计算主、副燃烧室内的燃烧放热率。本文即是基于此思路,从热力学的有关理论出发,推导了一种计算分隔式燃烧室柴油机燃烧放热率的数学模型,并编制了计算程序。

1 理论分析

假设:

- (1) 工质的状态变化符合理想气体的状态方程;
- (2) 燃油按理论混合比完全燃烧;
- (3) 主、副燃烧室中的工质在任意时刻分别达到热力平衡及均质状态;
- (4) 工质经连接通道的流动为绝热流动,并假设流量系数的常数。

收稿日期:1994-12-22.

张会明,男,1944年生,副教授。

分隔式燃烧室柴油机喷油器所喷出的燃油首先与副燃烧室内的空气混合并着火燃烧,工质的压力、温度迅速升高。在主、副燃烧室之间工质压力差的作用下,副燃烧室内的工质和未燃烧的燃油流向主燃烧室,并在主燃烧室内继续与空气混合燃烧。为了对此过程进行定量分析,可将彼此相通的主、副燃烧室所经历的过程用若干个微元过程来代替,在每个微元过程中,燃烧室内(主燃烧室内或者副燃烧室内)的状态变化可视为跟随进行且彼此独立的几个过程之和。

1.1 当 $P_K > P_Z$ 时

如图1所示, P_K 、 P_Z 分别表示副、主燃烧室内工质的压力,在微元过程中,主、副燃烧室隔开,主燃烧室绝热膨胀,副燃烧室中的工质加入热量 $E_{K\varphi}\Delta t$ 。随后,副燃烧室的燃气膨胀并流入主燃烧室,主燃烧室内的工质在等容状态下接受 $E_{Z\varphi}\Delta t$ 的热量。

1.1.1 主燃烧室内工质加热率的计算

由于绝热膨胀引起的压力变化为:

$$\Delta P_{Z\varphi}' = -K P_{Z\varphi} \frac{dV_{Z\varphi}}{dt} \frac{\Delta t}{V_{Z\varphi}}, \quad (1)$$

$$\text{式中 } V_{Z\varphi} = V_c + \frac{\pi}{8} D^2 S [1 - \cos \varphi + \frac{1}{\lambda} (1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi})]; \quad (2)$$

V_c ——余隙容积;

φ ——曲轴转角;

D ——活塞直径;

λ ——连杆比, $\lambda = \frac{r}{l}$;

S ——活塞行程;

r ——曲轴半径;

K ——绝热指数;

l ——连杆长度;

$P_{Z\varphi}$ ——至 φ 时刻主燃烧室内工质的压力。

设主、副燃烧室间连接通道最窄截面处的状态参数为 P_φ 、 ρ_φ , 则单位时间内由副燃烧室流入主燃烧室的热量为:

$$N_{KZ\varphi} = \mu f w_{KZ\varphi} \frac{C_p}{R} P_\varphi + \frac{1}{2} \mu f w_{KZ\varphi} \rho_\varphi w_{KZ\varphi}^2. \quad (3)$$

由于 $M < 1$, 因而 $P_\varphi = P_{Z\varphi}$, $\rho_\varphi = \rho_{Z\varphi}$,

$$w_{KZ\varphi} = \sqrt{\frac{2}{K-1} \left[\left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] K R T_{Z\varphi}}. \quad (4)$$

将式(4)代入式(3), 得到:

$$N_{KZ\varphi} = \mu f w_{KZ\varphi} C_p \frac{P_{K\varphi}}{R} \left(\frac{P_{Z\varphi}}{P_{K\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}}. \quad (5)$$

式中 μ ——主、副燃烧室间通道的流量系数, $\mu = 0.7 \sim 0.8$;

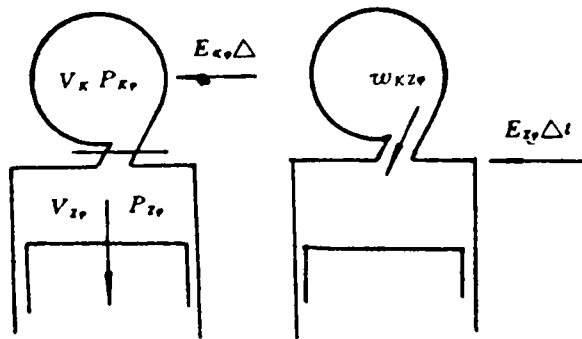


图 1

f ——主、副燃烧室间通道的截面积;

C_p ——工质的定压比热;

M ——马赫数;

$P_{z\varphi}, T_{z\varphi}, \rho_{z\varphi}$ ——至 φ 时刻主燃烧室内工质的压力、温度、密度;

$P_{k\varphi}$ ——至 φ 时刻副燃烧室内工质的压力.

热量的加入和副燃烧室内流出的燃气引起主燃烧室内工质内能的变化

$$V_{z\varphi} \Delta(C_v \rho_{z\varphi} T_{z\varphi}) = \frac{C_v}{R} V_{z\varphi} \cdot \Delta P_{z\varphi}'' = E_{z\varphi} \Delta t + \mu f w_{kz\varphi} C_p \frac{P_{k\varphi}}{R} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \Delta t$$

因此

$$\Delta P_{z\varphi}'' = \frac{K-1}{V_{z\varphi}} E_{z\varphi} \Delta t + K \frac{\mu f w_{kz\varphi} P_{k\varphi} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \Delta t}{V_{z\varphi}} \quad (6)$$

式中 $E_{z\varphi}$ ——至 φ 时刻, 单位时间内主燃烧室内的工质加热量;

C_v ——工质的定容比热.

主燃烧室内工质的压力变化为:

$$\Delta P_{z\varphi} = \Delta P_{z\varphi}' + \Delta P_{z\varphi}'' ,$$

将式(1)、(6)代入上式, 得到:

$$\Delta P_{z\varphi} = -K P_{z\varphi} \frac{dV_{z\varphi}}{dt} \frac{\Delta t}{V_{z\varphi}} + \frac{K-1}{V_{z\varphi}} E_{z\varphi} \Delta t + K \frac{\mu f w_{kz\varphi} P_{k\varphi} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \Delta t}{V_{z\varphi}} ,$$

因此

$$E_{z\varphi} = \frac{1}{K-1} \left[V_{z\varphi} \frac{dP_{z\varphi}}{dt} + K P_{z\varphi} \frac{dV_{z\varphi}}{dt} - K \mu f w_{kz\varphi} P_{k\varphi} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \quad (7)$$

1.1.2 副燃烧室内工质加热率的计算

由于热量的加入引起的压力变化为

$$\Delta P_{k\varphi}' = \frac{R}{C_v} \frac{E_{k\varphi} \Delta t}{V_k} , \quad (8)$$

式中 $E_{k\varphi}$ ——至 φ 时刻, 单位时间内副燃烧室内工质的加热量;

V_k ——副燃烧室的容积.

绝热膨胀引起的压力变化为:

$$\Delta P_{k\varphi}'' = -K \frac{\mu f w_{kz\varphi} P_{k\varphi} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \Delta t}{V_k} , \quad (9)$$

副燃烧室内工质的压力变化为:

$$\Delta P_{k\varphi} = \Delta P_{k\varphi}' + \Delta P_{k\varphi}'' ,$$

将式(8)、(9)代入上式得到:

$$\Delta P_{k\varphi} = \frac{R}{C_v} \frac{E_{k\varphi} \Delta t}{V_k} - K \frac{\mu f w_{kz\varphi} P_{k\varphi} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \Delta t}{V_k} ,$$

因此

$$E_{k\varphi} = \frac{1}{K-1} \left[V_k \frac{dP_{k\varphi}}{dt} + K \mu f w_{kz\varphi} P_{k\varphi} \left(\frac{P_{z\varphi}}{P_{k\varphi}} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \quad (10)$$

1.2 当 $P_K > P_Z$ 时

如图2所示,在微元过程中,主、副燃烧室隔开,主燃烧室内的工质绝热膨胀,副燃烧室加入热量 $E_{K\varphi}\Delta t$ 。随后,主燃烧室加入热量 $E_{Z\varphi}\Delta t$,并在等容条件下绝热膨胀,燃气流入副燃烧室。

1.2.1 主燃烧室内工质加热率的计算

主、副燃烧室隔开时,主燃烧室内工质绝热膨胀引起的压力下降为:

$$\Delta P_{z\varphi}' = -KP_{z\varphi} \frac{dV_{z\varphi}}{dt} \frac{\Delta t}{V_{z\varphi}}, \quad (11)$$

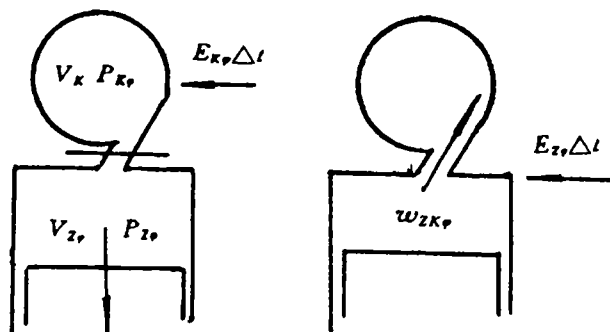


图 2

主、副燃烧室相通时,主燃烧室内的工质在等容条件下绝热膨胀引起的压力下降为:

$$\Delta P_{z\varphi}'' = -K \frac{\mu f w_{ZK\varphi} P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}} \Delta t}{V_{Z\varphi}}. \quad (12)$$

主燃烧室内的工质由于加入热量 $E_{Z\varphi}\Delta t$ 引起的压力变化为:

$$\Delta P_{z\varphi}''' = \frac{K-1}{V_{Z\varphi}} E_{Z\varphi} \Delta t, \quad (13)$$

而 $\Delta P_{z\varphi} = \Delta P_{z\varphi}' + \Delta P_{z\varphi}'' + \Delta P_{z\varphi}'''$,

$$= -KP_{z\varphi} \frac{dV_{z\varphi}}{dt} \frac{\Delta t}{V_{z\varphi}} - K \frac{\mu f w_{ZK\varphi} P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}} \Delta t}{V_{Z\varphi}} + \frac{K-1}{V_{Z\varphi}} E_{Z\varphi} \Delta t$$

$$\text{因而 } E_{Z\varphi} = \frac{1}{K-1} \left[V_{Z\varphi} \frac{dP_{Z\varphi}}{dt} + KP_{Z\varphi} \frac{dV_{Z\varphi}}{dt} + K \mu f w_{ZK\varphi} P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}} \right], \quad (14)$$

$$\text{式中 } w_{ZK\varphi} = \sqrt{\frac{2}{K-1} \left[\left(\frac{P_{Z\varphi}}{P_{K\varphi}} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] KRT_{K\varphi}}, \quad (15)$$

$T_{K\varphi}$ ——至 φ 时刻副燃烧室内工质的温度。

1.2.2 副燃烧室内工质加热率的计算

单位时间内由主燃烧室流入副燃烧室的热量为

$$\begin{aligned} N_{ZK\varphi} &= \mu f w_{ZK\varphi} \frac{C_p}{R} P_{K\varphi} + \frac{1}{2} \mu f w_{ZK\varphi} \rho_{K\varphi} w_{ZK\varphi}^2 \\ &= \mu f w_{ZK\varphi} \frac{C_p}{R} P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}}, \end{aligned} \quad (16)$$

式中 $\rho_{K\varphi}$ ——至 φ 时刻副燃烧室内工质的密度。

由于主燃烧室燃气的流入引起副燃烧室内工质的压力变化为:

$$\Delta P_{K\varphi}' = K\mu f w_{ZK\varphi} \frac{P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}}}{V_{Z\varphi}} \Delta t, \quad (17)$$

副燃烧室内由于热量 $E_{K\varphi}\Delta t$ 的加入引起工质压力的变化为

$$\Delta P_{K\varphi}'' = \frac{R}{C_v} \frac{E_{K\varphi}\Delta t}{V_K}, \quad (18)$$

而 $\Delta P_{K\varphi} = \Delta P_{K\varphi}' + \Delta P_{K\varphi}''$.

将式(17)、(18)代入上式,得到:

$$\Delta P_{K\varphi} = K\mu f w_{ZK\varphi} \frac{P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}}}{V_K} \Delta t + \frac{R}{C_v} \frac{E_{K\varphi}\Delta t}{V_K},$$

因此
$$E_{K\varphi} = \frac{1}{K-1} \left[V_K \frac{dP_{K\varphi}}{dt} - K\mu f w_{ZK\varphi} P_{Z\varphi} \left(\frac{P_{K\varphi}}{P_{Z\varphi}} \right)^{\frac{1}{K}} \right], \quad (19)$$

在上述二种情况中,至 φ 时刻两燃烧室内工质的总加热率为:

$$E_{\varphi} = E_{K\varphi} + E_{Z\varphi},$$

将式(7)、(10)或式(14)、(19)代入上式,得到

$$E_{\varphi} = \frac{1}{K-1} \left[V_{Z\varphi} \frac{dP_{Z\varphi}}{dt} + KP_{Z\varphi} \frac{dV_{Z\varphi}}{dt} + V_K \frac{dP_{K\varphi}}{dt} \right], \quad (20)$$

对于直喷式柴油机,以 $V_K=0$ 代入式(20),得到:

$$E_{\varphi} = \frac{1}{K-1} \left[V_{Z\varphi} \frac{dP_{Z\varphi}}{dt} + KP_{Z\varphi} \frac{dV_{Z\varphi}}{dt} \right]. \quad (21)$$

1.3 燃烧室壁面传热率的计算

单位时间内,主、副燃烧室壁面的传热量可以用下式统一表示^[1]:

$$H_{i\varphi} = \frac{25 \cdot 1208}{21600} \beta_{i\varphi} F_{i\varphi} (T_{i\varphi} - T_{w\varphi}), \quad (22)$$

式中: $i=Z$ 表示主燃烧室的值, $i=K$ 表示副燃烧室的值;

$\beta_{i\varphi}$ 是指至 φ 时刻,燃烧室壁面的传热系数,

$$\beta_{i\varphi} = 0.04(1+b) \frac{P_{i\varphi}^{0.7} \cdot C_m^{0.7}}{T_{i\varphi}^{0.2} \cdot D_r^{0.3}}. \quad (23)$$

式中 b ——考虑不同燃烧系统的常数;对于主燃烧室 $b=0$;对于涡流燃烧室 $b=0.10 \sim 0.20$,

取 $b=0.15$;

C_m ——活塞的平均速度.

而 D_r 为折合气缸直径,由 $D_r = \frac{2Dh_{\varphi}}{D+2h_{\varphi}}$ 算得.

其中 h_{φ} ——至 φ 时刻,活塞以上空间的高度; $h_{\varphi} = r[1 - \cos \varphi + \frac{1}{\lambda}(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi})]$

$F_{i\varphi}$ ——至 φ 时刻,燃烧室的传热面积;

$T_{w\varphi}$ ——燃烧室的平均壁温.

$T_{i\varphi}$ ——至 φ 时刻燃烧室内工质的温度.

1.4 燃烧放热率的计算

$$\text{主燃烧室放热率为} \quad q_{zf} = E_{zf} + H_{zf} \quad (24)$$

$$\text{副燃烧室放热率为} \quad q_{kf} = E_{kf} + H_{kf} \quad (25)$$

$$\text{总放热率为} \quad q_f = q_{zf} + q_{kf} \quad (26)$$

当 $P_k > P_z$ 时,将式(7)、(22)代入式(24),得到:

$$q_{zf} = \frac{1}{K-1} \left[V_{zf} \frac{dP_{zf}}{dt} + KP_{zf} \frac{dV_{zf}}{dt} - K\mu f w_{kzf} P_{kf} \left(\frac{P_{zf}}{P_{kf}} \right)^{\frac{1}{K}} \right] + \frac{25.1208}{21600} \beta_{zf} \left(\frac{4V_{zf}}{D} + \frac{\pi D^2}{2} \right) (T_{zf} - T_{wz}) \quad (27)$$

将式(10)、(22)代入式(25),得到

$$q_{kf} = \frac{1}{K-1} \left[V_k \frac{dP_{kf}}{dt} + K\mu f w_{kzf} P_{kf} \left(\frac{P_{zf}}{P_{kf}} \right)^{\frac{1}{K}} \right] + \frac{25.1208}{21600} \beta_{kf} F_k (T_{kf} - T_{wk}) \quad (28)$$

式中 F_k ——副燃烧室的表面积。

将式(20)、(22)代入式(26),得到

$$q_f = \frac{1}{K-1} \left[V_{zf} \frac{dP_{zf}}{dt} + KP_{zf} \frac{dV_{zf}}{dt} + V_k \frac{dP_{kf}}{dt} \right] + \frac{25.1208}{21600} \left[\beta_{zf} \left(\frac{4V_{zf}}{D} + \frac{\pi D^2}{2} \right) (T_{zf} - T_{wz}) + \beta_{kf} F_k (T_{kf} - T_{wk}) \right] \quad (29)$$

当 $P_z > P_k$ 时,将式(14)、(22)代入式(24),得到:

$$q_{zf} = \frac{1}{K-1} \left[V_{zf} \frac{dP_{zf}}{dt} + KP_{zf} \frac{dV_{zf}}{dt} + K\mu f w_{zkf} P_{zf} \left(\frac{P_{kf}}{P_{zf}} \right)^{\frac{1}{K}} \right] + \frac{25.1208}{21600} \beta_{zf} \left(\frac{4V_{zf}}{D} + \frac{\pi D^2}{2} \right) (T_{zf} - T_{wz}) \quad (30)$$

将式(19)、(22)代入式(25),得到

$$q_{kf} = \frac{1}{K-1} \left[V_k \frac{dP_{kf}}{dt} - K\mu f w_{zkf} P_{zf} \left(\frac{P_{kf}}{P_{zf}} \right)^{\frac{1}{K}} \right] + \frac{25.1208}{21600} \beta_{kf} F_k (T_{kf} - T_{wk}) \quad (31)$$

1.5 工质摩尔数及温度的计算

两燃烧室内总工质的摩尔数:

$$M_f = M_0 \left[1 + \frac{0.064X_f}{\alpha} + \gamma \right]; \quad (32)$$

$$M_f = M_{af} + M_{bf}; \quad (33)$$

$$\text{其中 } M_{af} = M_0 \left(1 - \frac{X_f}{\alpha} \right), \quad M_{bf} = M_0 \left[\frac{(1+0.064)X_f}{\alpha} + \gamma \right]$$

M_f, M_{af}, M_{bf} ——至 φ 时刻燃烧室内总工质摩尔数、总空气摩尔数、燃烧产物摩尔数;

M_0 ——循环进气量摩尔数;

$$X_f \text{——至 } \varphi \text{ 时刻两燃烧室内共烧掉燃油的百分数; } \quad X_f = \frac{Q_f}{\Delta_g H_u} \quad (34)$$

Q_f ——至 φ 时刻两燃烧室内的总放热量;

Δ_g ——循环供油量;

H_u ——燃油低热值;

$$\alpha \text{——总过量空气系数; } \quad \alpha = \frac{M_0 \mu_{Ab}}{14.3 \Delta_g} \quad (35)$$

μ_{Ab} ——空气、燃烧产物的平均摩尔分子量, $\mu_{Ab}=28.97\text{Kg/mol}$;

γ ——残余废气系数.

$$M_{Ap} = M_{KA\varphi} + M_{ZA\varphi}, \quad (36)$$

$$M_{bp} = M_{Kb\varphi} + M_{Zb\varphi}, \quad (37)$$

式中 $M_{ZA\varphi}, M_{KA\varphi}$ ——至 φ 时刻, 主、副燃烧室内空气模尔数;

$M_{Zb\varphi}, M_{Kb\varphi}$ ——至 φ 时刻, 主、副燃烧室内燃烧产物模尔数.

假定计算始点 φ_0 主、副燃烧室内工质按容积比分配, 即假定

$$\frac{M_{ZAO}}{M_{KAO}} = \frac{M_{Zb0}}{M_{Kb0}} = \frac{M_{ZO}}{M_{KO}} = \frac{V_{ZO}}{V_K}, \quad (38)$$

式中 M_{ZAO}, M_{KAO} ——计算始点, 主、副燃烧室内空气模尔数

M_{Zb0}, M_{Kb0} ——计算始点, 主、副燃烧室内燃烧产物模尔数;

M_{ZO}, M_{KO} ——计算始点, 主、副燃烧室内工质模尔数;

V_{ZO} ——计算始点, 主燃烧室的容积.

设时间间隔 $\varphi \rightarrow \varphi + \Delta\varphi$ 中副燃烧室内燃烧的燃油占循环喷油量的比例为 $\xi_{K\varphi}$,

$$M_{KA\varphi+\Delta\varphi} = M_{KA\varphi} \left(1 - \frac{\xi_{K\varphi}}{\alpha_{K\varphi}} \right) \pm \frac{1}{\mu_{Ab}} \int_{\varphi}^{\varphi+\Delta\varphi} \frac{M_{iA\varphi}}{M_{i\varphi}} dG_i, \quad (39)$$

$$M_{Kb\varphi+\Delta\varphi} = M_{Kb\varphi} + M_{KA\varphi} \left[(1 + 0.064) \frac{\xi_{K\varphi}}{\alpha_{K\varphi}} \right] \pm \frac{1}{\mu_{Ab}} \int_{\varphi}^{\varphi+\Delta\varphi} \frac{M_{ib\varphi}}{M_{i\varphi}} dG_j. \quad (40)$$

当 $P_{Z\varphi} > P_{K\varphi}$ 时, 式(39)、(40)中最后一项前取“+”号, 且 $i=Z, j=K$; 反之, 当 $P_{K\varphi} > P_{Z\varphi}$ 时, 取“-”号, 且 $i=K, j=Z$.

dG_Z, dG_K ——时间间隔 $\varphi \rightarrow \varphi + \Delta\varphi$ 中, 流入主、副燃烧室的工质质量

$$dG_Z = \frac{\mu f}{6n} \frac{P_{Z\varphi}}{RT_{Z\varphi}} w_{KZ\varphi} d\varphi, \quad (41)$$

$$dG_K = \frac{\mu f}{6n} \frac{P_{K\varphi}}{RT_{K\varphi}} w_{ZK\varphi} d\varphi, \quad (42)$$

$\alpha_{K\varphi}$ ——时间间隔 $\varphi \rightarrow \varphi + \Delta\varphi$ 中副燃烧室内工质的平均过量空气系数

$$\alpha_{K\varphi} = \frac{[(M_{KA\varphi} + M_{KA\varphi+\Delta\varphi})/2] \mu_{Ab}}{14.3 \Delta g}. \quad (43)$$

主、副燃烧室内工质的温度分别为:

$$T_{Z\varphi} = \frac{P_{Z\varphi} V_{Z\varphi}}{\mu_{Ab} R M_{Z\varphi}}, \quad (44)$$

$$T_{K\varphi} = \frac{P_{K\varphi} V_K}{\mu_{Ab} R M_{K\varphi}}, \quad (45)$$

由于 $\xi_{K\varphi}, X_{\varphi}$ 均为未知数, 因而需迭代求解, 计算框图如图 3 所示

2 实验装置及实算结果

以 S195 型柴油机为例, 该柴油机的实测技术数据为

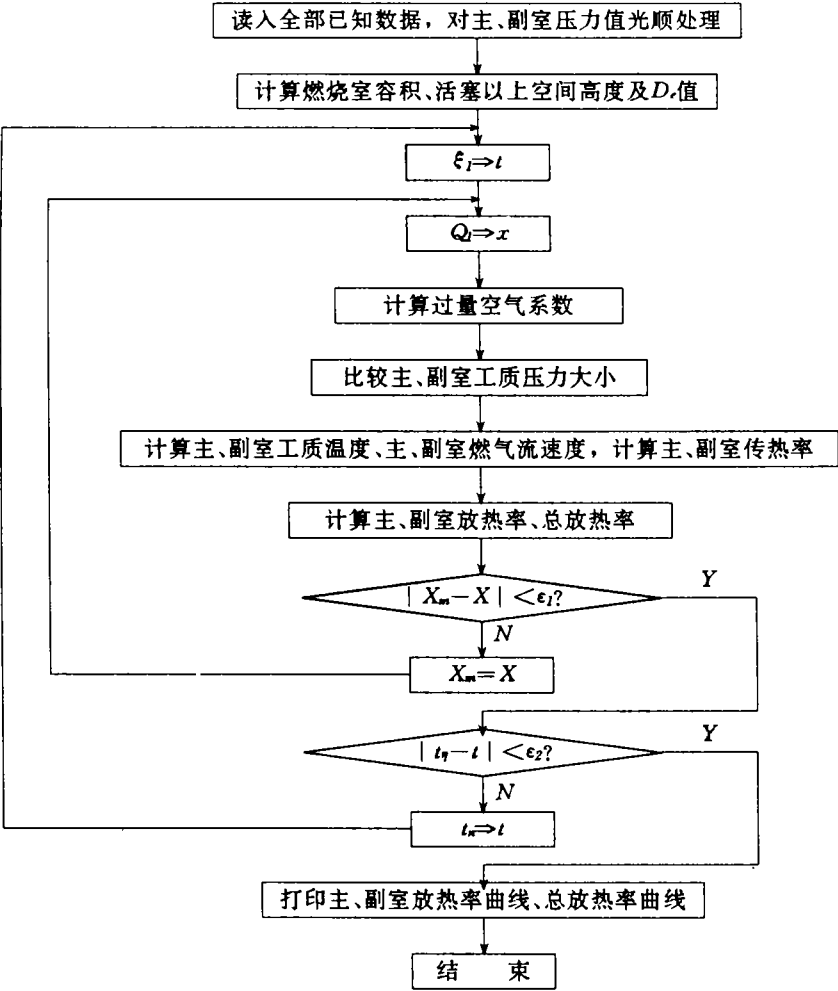
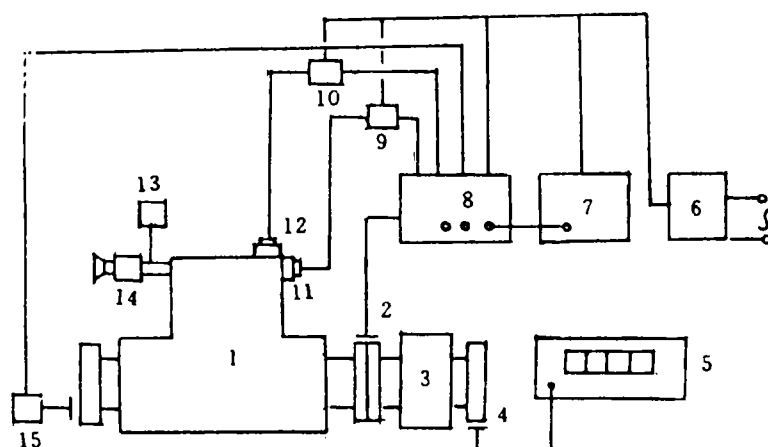


图 3

气缸直径 $D(\text{mm})$	95;
连杆长度 $l(\text{mm})$	210;
活塞行程 $S(\text{mm})$	115;
连杆比 λ	0.274;
计算转速 $n(\text{r/min})$	2,000;
压缩比	19.47;
涡流室容积 $V_K(\text{mm}^3)$	21×10^3 ;
余隙容积 $V_C(\text{mm}^3)$	41.131×10^3 ;
额定功率 $N_e(\text{kW})$	8.82;
涡流室表面积 $F_K(\text{m}^2)$	2.8508×10^{-3} ;
循环供油量 $\Delta g(\text{g/Cyc})$	39.07×10^{-3} ;
主、副燃烧室间通道截面积 $f(\text{mm}^2)$	85.183.

测试装置如图 4 所示,同步测取主、副燃烧室内工质的压力示功图,如图 5 所示,从图上逐



1—柴油机；2—上止点讯号传感器；3—测功器；4—转速讯号传感器；5—转速表；6—稳压电源；
7—低频信号发生；8—SC16型示波器；9、10—电荷放大器；11、12—压力传感器；
13—燃油流量测量；14—进气流量测量；15—曲轴转角传感器；

图 4

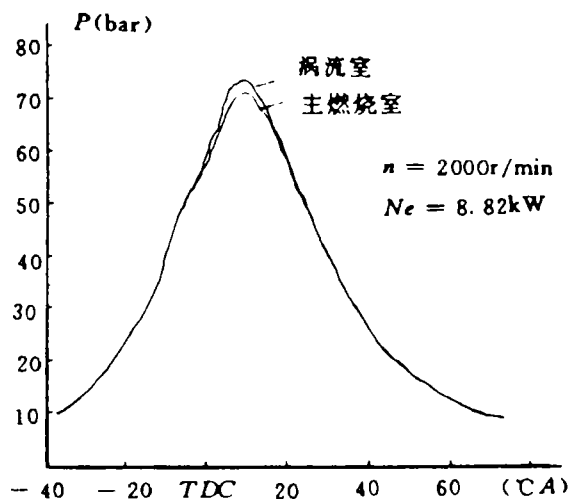


图 5

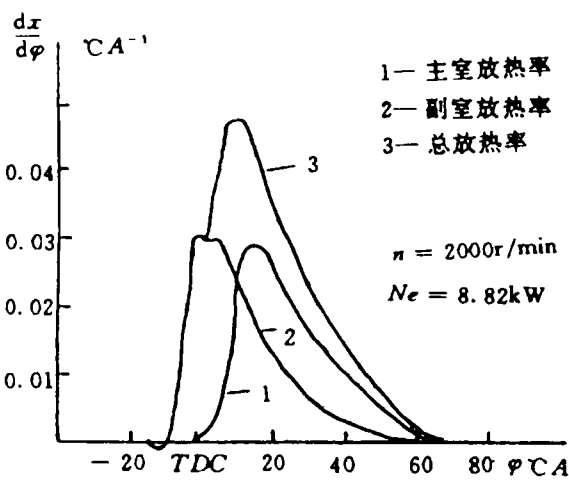


图 6

点测取主、副燃烧室的压力值,经光顺处理后代入本文所得出的计算式,用 Basic 语言编程,在 IBM PC 机上计算,计算始点取在止点前 20°(喷油始点),计算终点 b 上止点后 137°(排气阀开启时刻),可得到主、副燃烧室的燃烧放热率曲线,如图 6 所示。

从图 6 可见,涡流室内的燃油首先燃烧,其燃烧放热率迅速上升至峰值,由于主、副燃烧室间压差的作用,使副燃烧室内的燃气流向主燃烧室,主燃烧室内的燃油才开始燃烧,此后,燃油的燃烧主要在主燃烧室内进行并持续一定的时间,副燃烧室内剩余的燃油进一步燃烧,其持续时间比主燃烧室短。

3 结 论

(1) 研究燃烧放热率是研究内燃机燃油燃烧过程的重要手段之一;

(2) 本文所用的方法能模拟主、副燃烧室之间所发生的复杂过程;本文所推导的计算式能简便地计算分隔式燃烧室工质的加热率,进而计算燃烧放热率,由于计算式反映了柴油机的结构参数、运转参数与放热率之间的关系,因而便于分析各参数对燃烧放热率和整机性能的影响。

参 考 文 献

- 1 何学良,李疏松编. 内燃机燃烧学. 北京:机械工业出版社,1990
- 2 西安交大内燃机教研室. 内燃机原理. 北京:中国农业机械出版社,1981
- 3 庞麓鸣等. 工程热力学. 北京:高等教育出版社,1989
- 4 钱焕延. 计算方法. 上海:上海交通大学出版社,1988
- 5 葛贤康等. 涡流室柴油机燃烧放热率的计算及其分析与应用. 内燃机工程,1985(4)

A Mathematical Model for Calculating the Heat Release Rate of Divided Combustion Chamber Diesel Engine

Zhang Huiming

Abstract Replacing the continuous processes of the main and snb chamber, connected each other, wich a number of micro-unit processes', a mathematical model for calculating the heat release rate is derived on basis of some velevant thermodynamics. Principles, Used easy measuved parameters Using this model it cam easily and quickly to calculate the heat release rate. And a calculation for the model S195 diesel engine is also given.

Key words Diesel engine; Divided combustion chamber; Heat release rate; Mathematical model