

中华人民共和国国家标准

内燃机台架性能试验方法  
标准环境状况及功率、  
燃油消耗和机油消耗的标定

UDC 621.43.018

GB 1105.1—87

代替 GB 1105—74

Performance test methods for  
reciprocating internal combustion engine  
Standard ambient conditions and  
declarations of power, fuel consumption  
and lubricating oil consumption

本标准规定了一般用途的往复式活塞式柴油机和汽油机的标准环境状况及功率、燃油消耗和机油消耗的标定方法。

## 1 标准环境状况

大气压  $p_0 = 100 \text{ kPa}$  (750 mmHg)

相对湿度  $\phi_0 = 30\%$

环境温度  $T_0 = 298 \text{ K}$  或  $25^\circ\text{C}$

中冷器冷却介质进口温度  $T_{c0} = 298 \text{ K}$  或  $25^\circ\text{C}$

注：① 当  $T_0 = 298 \text{ K}$  或  $25^\circ\text{C}$ ， $\phi_0 = 30\%$  时，水蒸汽分压  $\phi_0 p_{s,w_0} = 1 \text{ kPa}$  (7.5 mmHg)，标准环境状况下干空气压  $p_{s_0} = 99 \text{ kPa}$  (742.5 mmHg)。  $p_{s,w_0}$  为标准环境状况下的饱和蒸汽压，单位以  $\text{kPa}$  (mmHg) 表示。

② 环境温度即进气温度。

③ 对于特殊使用环境的内燃机，可以补充规定其他的环境状况，但应加以说明。并经有关主管部门批准。例如应用于“无限航区”的船用内燃机（主机和辅机）应遵循国际船级协会（IACS）规定的环境状况：大气压  $p_x = 100 \text{ kPa}$  (750 mmHg)。

相对湿度  $\phi_x = 60\%$

环境温度  $T_x = 318 \text{ K}$  或  $45^\circ\text{C}$

中冷器冷却介质进口温度  $T_{cx} = 305 \text{ K}$  或  $32^\circ\text{C}$

## 2 功率的标定

### 2.1 功率的类别

2.1.1 指示功率：工作气缸内，气体的压力作用在工作活塞上发出的全部功率。单位以  $\text{kW}$ （马力）表示。

2.1.2 有效功率：动力输出轴输出的功率。单位以  $\text{kW}$ （马力）表示。

2.1.2.1 总功率：内燃机带有维持本身正常运转所需附件的有效功率。

2.1.2.2 净功率：内燃机按不同用途带有实际工作所需全部附件的有效功率。

### 2.2 标定功率（额定功率）

#### 2.2.1 定义

标准环境状况下，制造厂根据内燃机的用途和特点在标定转速（额定转速）下所规定的有效功率。

单位以kW(马力)表示。

### 2.2.2 种类

2.2.2.1 15min功率：内燃机允许连续运转15min的标定功率。

2.2.2.2 1h功率：内燃机允许连续运转1h的标定功率。

2.2.2.3 12h功率：内燃机允许连续运转12h的标定功率。

2.2.2.4 持续功率：内燃机允许长期连续运转的标定功率。

2.2.2.5 专业标准也可根据本行业内燃机的特点和要求规定其他种类的标定功率。

### 2.3 超负荷功率

内燃机在标定工况工作之后，立即可以继续发出的最大功率。其大小以标定功率的百分数表示。具体的数值与使用情况由专业标准规定。一般情况下，标定功率为12h功率或持续功率的内燃机具有超负荷功率，其值可分别规定为这二种标定功率的110%，并在12h运转期内，连续运转1h。

注：① 一般情况下内燃机的标定功率应为净功率，当为总功率时应注明。

② 内燃机给出标定功率时应同时给出相应的转速，此即标定转速。

③ 以标定功率、标定转速稳定运转时的工况称为标定工况或额定工况。

④ 在内燃机铭牌上应标明2.2.2.1~2.2.2.5中一种功率及其相应转速。当内燃机具有超负荷功率时，应同时标明超负荷功率及其相应转速。

### 2.4 功率允差

标定功率或超负荷功率的允差由专业标准规定，但其值最大应不超过标定功率或超负荷功率的 $\pm 5\%$ 。

## 3 燃油消耗

### 3.1 燃油消耗量

在规定的状况和运转工况下，内燃机单位时间内消耗的燃油量。单位以kg/h表示。

### 3.2 燃油消耗率

单位有效功率的燃油消耗量，单位以g/kW·h(克/马力·小时)表示。

### 3.3 燃油消耗率的标定

#### 3.3.1 应以下列工况标定内燃机的燃油消耗率

a. 标定工况。

b. 适合于具体用途所要求的其他工况。

3.3.2 标定内燃机的燃油消耗率时，柴油机应按规定的燃油基准低热值计算，其中，重油的基准低热值为42000 kJ/kg (10030 kcal/kg)，轻油的基准低热值为42700 kJ/kg (10200 kcal/kg)。汽油机应注明所用燃油的辛烷值、密度及馏程。

### 3.4 燃油消耗率允差

燃油消耗率的允差其值最大应不超过标定值的+5%，可以规定燃油消耗率的“最大限值”或燃油消耗率的“最大偏差值”，具体由专业标准作出规定。

## 4 机油消耗的标定

### 4.1 机油消耗量

在规定的运转工况下内燃机单位时间内消耗的机油量，单位以kg/h表示。

### 4.2 机油消耗率

单位有效功率的机油消耗量。单位以g/kW·h(克/马力·小时)表示。

### 4.3 机油燃油消耗百分比

内燃机机油消耗与燃油消耗的质量(量或率)百分比或容积百分比。

### 4.4 机油消耗的标定

- 4.4.1 根据具体情况可以标定机油消耗量；机油消耗率或机油燃油消耗百分比。
- 4.4.2 在下列工况标定内燃机的机油消耗
  - a. 标定功率为15 min功率的内燃机：标定转速下85%标定功率的工况。
  - b. 标定功率为1 h功率的内燃机：标定转速下90%标定功率的工况。
  - c. 标定功率为12 h功率和持续功率的内燃机：标定工况。
  - d. 其他标定功率的内燃机按专业标准规定的工况。
- 4.4.3 换机油时弃去的机油不包括在标定的机油消耗内。
- 4.4.4 机油消耗应在内燃机制造厂规定的磨合期后标定。
- 4.4.5 机油消耗标定时，应明确注明使用的机油牌号。

### 5 内燃机有效功率和燃油消耗率的修正

注：具体进行内燃机有效功率和燃油消耗率修正计算时，可参考应用附录A及参考附录B。

5.1 内燃机在非标准环境状况下运转时，其有效功率及燃油消耗率应修正到标准环境状况，也可由标准环境状况修正到现场环境状况。

#### 5.2 修正方法

5.2.1 可调油量法：功率受过量空气系数或热力因素限制，燃油量随现场环境状况调整。适用于标定工况及超负荷功率工况的有效功率和燃油消耗率的校正。

##### 5.2.1.1 有效功率的校正

$$P = \alpha P_0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\alpha = k + 0.7(k - 1) \left( \frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$k = \left( \frac{P - \alpha \phi \cdot p_{sw}}{P_0 - \alpha \phi_0 \cdot p_{sw0}} \right)^m \left( \frac{T_0}{T} \right)^n \left( \frac{T_{c0}}{T_c} \right)^q \dots\dots\dots (3)$$

涡轮增压内燃机，当标准环境状况下发出标定功率，其涡轮增压器的转速和涡轮增压器燃气进口温度还达不到极限值时，制造厂可提出替代标准环境状况。这时在非标准环境状况运转的涡轮增压内燃机其有效功率与燃油消耗率应校正到替代标准环境状况，也可由替代标准环境状况校正到现场环境状况。此时，可用公式(4)，(5)代替公式(3)。

$$k = \left( \frac{P}{P_{0a}} \right)^m \left( \frac{T_{0a}}{T} \right)^n \left( \frac{T_{c0}}{T_c} \right)^q \dots\dots\dots (4)$$

$$P_{0a} = P_0 \frac{\pi_{k0}}{\pi_{kmax}} \dots\dots\dots (5)$$

- 式中：
- $P$ ——现场环境状况下的有效功率，kW(马力)；
  - $P_0$ ——标准环境状况下的有效功率，kW(马力)；
  - $\alpha$ ——可调油量法功率校正系数；
  - $k$ ——指示功率比；
  - $\eta_m$ ——机械效率；
  - $p$ ——现场环境状况下的大气压，kPa(mmHg)；
  - $p_{sw}$ ——现场环境状况下的饱和蒸汽压，kPa(mmHg)；
  - $\phi$ ——现场环境状况下的相对湿度；
  - $T$ ——现场环境状况下的环境温度，K；
  - $T_c$ ——中冷器冷却介质进口温度，K；

- $p_{0a}$ ——替代标准环境状况下的大气压, kPa (mmHg);
- $T_{0a}$ ——替代标准环境状况下的环境温度, K;
- $\pi_{k0}$ ——标定功率时的增压比;
- $\pi_{kmax}$ ——最大有效增压比;
- $a$ ——功率校正用系数, 由表 1 给出;
- $m$ ——功率校正用指数, 由表 1 给出;
- $n$ ——功率校正用指数, 由表 1 给出;
- $q$ ——功率校正用指数, 由表 1 给出。

注: ① 如果不知道现场环境状况的相对湿度, 则在表 1 公式参考代号 A, E 项内可假定其为 30%。  
 ② 机械效率值由制造厂规定。  
 ③ 如现场环境状况较标准环境状况有利, 则按现场环境状况校正后的有效功率将大于标准环境状况时的有效功率, 这时制造厂可将现场环境状况下的有效功率仍限制在标准环境状况时的有效功率。

表 1

内燃机型式	工 作 条 件		公式参 考代号	系 数			
				$a$	$m$	$n$	$q$
压燃式柴油 机和双燃料 内燃机	非涡轮增压	功率受过量空气限制	A	1	1	0.75	0
		功率受热力学因素限制	B	0	1	1	0
	涡轮增压不带中冷器	低速或中速四冲程内 燃机	C	0	0.7	2.0	0
			D	0	0.7	1.2	1
点燃式内燃机	自然吸气	—	E	1	1	0.5	0

注: ① 公式参考代号 D 项内, 对用内燃机冷却水套的水进行增压中冷的内燃机,  $q = 0$ 。  
 ② 对于非涡轮增压的柴油机和双燃料内燃机, 进行功率校正时, 制造厂可根据发动机的特点与工作条件选定公式参考代号 A 或 B。

5.2.1.2 燃油消耗率的校正

$$g_e = \beta g_{e0} \dots\dots\dots (6)$$

$$\beta = \frac{k}{a} \dots\dots\dots (7)$$

式中:  $g_e$ ——现场环境状况下的燃油消耗率, g/kW·h (克/马力·时);  
 $g_{e0}$ ——标准环境状况下的燃油消耗率, g/kW·h (克/马力·时);  
 $\beta$ ——可调油量法燃油消耗率校正系数。

5.2.2 等油量法: 燃油量固定不变, 不随现场环境状况改变而调整。适用于标定工况 (不具有超负荷功率的内燃机) 或超负荷功率工况的有效功率及燃油消耗率的换算。

5.2.2.1 有效功率的换算

$$\left. \begin{aligned} P_0 &= \alpha_a \cdot P \\ P_0 &= \alpha_d \cdot P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

a. 对于非增压以及机械增压的汽油机:

$$\alpha_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1.2} \left(\frac{T}{298}\right)^{0.6} \dots\dots\dots (9)$$

公式(9)仅当  $0.93 \leq \alpha_a \leq 1.07$  和  $288 \text{ K} < T < 308 \text{ K}$ ,  $80 \text{ kPa (600 mmHg)} < p_s < 110 \text{ kPa (825 mmHg)}$  时才适用。否则应在试验报告中详细说明试验时的现场环境状况。

b. 对于柴油机:

$$\alpha_d = f_a^{f_m} \dots\dots\dots (10)$$

非增压和机械增压:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \left(\frac{T}{298}\right)^{0.7} \dots\dots\dots (11)$$

涡轮增压(带或不带中冷器)

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \left(\frac{T}{298}\right)^{1.5} \dots\dots\dots (12)$$

$$f_m = 0.036 \frac{q_c}{\pi_k} - 1.14 \dots\dots\dots (13)$$

四冲程:

$$q_c = \frac{G_{f0} \times 10^6}{30 n_0 V_H} \dots\dots\dots (14)$$

二冲程:

$$q_c = \frac{G_{f0} \times 10^6}{60 n_0 V_H} \dots\dots\dots (15)$$

(8)~(15) 式中:

$\alpha_a$  —— 等油量法汽油机的功率换算系数;

$\alpha_d$  —— 等油量法柴油机的功率换算系数;

$p_s$  ( $p_s = p - \phi p_{sw}$ ) —— 现场环境状况下的干空气压, kPa (mmHg);

$f_a$  —— 大气因素;

$f_m$  —— 柴油机特性指数;

$G_{f0}$  —— 标定工况或超负荷功率工况的燃油消耗量, kg/h;

$q_c$  —— 比排量循环柴油供给量, mg/L·C;

$\pi_k$  —— 增压比(非增压柴油机  $\pi_k = 1$ );

$n_0$  —— 内燃机转速, r/min;

$V_H$  —— 内燃机总排量, L。

公式(13) 仅当  $\frac{q_c}{\pi_k} = 40 - 65 \text{ mg/L} \cdot \text{C}$  时才适用

若  $\frac{q_c}{\pi_k} < 40$ , 则取  $f_m = 0.3$ ;

若  $\frac{q_c}{\pi_k} \geq 65$ , 则取  $f_m = 1.2$ 。

$f_m$  与  $\frac{q_c}{\pi_k}$  关系见附录 A.6

公式(10)仅当  $0.9 \leq \alpha_d \leq 1.1$  和  $283 \text{ K} \leq T \leq 313 \text{ K}$ ,  $80 \text{ kPa} (600 \text{ mmHg}) \leq p_s \leq 110 \text{ kPa} (825 \text{ mmHg})$  时才适用。否则应在试验报告中详细说明试验时的现场环境状况。

注:  $c$  表示柴油机工作时“每个循环”的符号。

**5.2.2.2 柴油机燃油消耗率的换算**

$$g_{e0} = \beta_d \cdot g_e \dots\dots\dots (16)$$

$$\beta_d = \frac{1}{\alpha_d} \dots\dots\dots (17)$$

式中:  $\beta_d$  ——等油量法柴油机燃油消耗率换算系数。

注: ① 采用等油量法对柴油机进行有效功率和燃油消耗率换算, 试验时柴油温度应控制在  $313 \pm 5 \text{ K}$  或  $40 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

② 汽油机不进行按等油量法换算燃油消耗率。

**5.3** 专业标准或由用户与制造厂商定, 可采用 5.2.1 ; 5.2.2 规定的二种方法中之一或采用其他合适的有效功率及燃油消耗率的修正方法。

**6 燃油消耗率按燃油低热值的换算**

以燃油基准低热值标定柴油机燃油消耗率时, 燃油基准低热值应符合 3.3.2 规定。否则应按下述公式进行换算。

$$g_{eA} = g_{eF} \times \frac{H_{uF}}{H_{uA}} \dots\dots\dots (18)$$

式中:  $g_{eA}$  ——按燃油基准低热值标定的燃油消耗率,  $\text{g/kW}\cdot\text{h}$  (克/马力·时);

$g_{eF}$  ——按燃油实际低热值标定的燃油消耗率,  $\text{g/kW}\cdot\text{h}$  (克/马力·时);

$H_{uF}$  ——燃油的实际低热值,  $\text{kJ/kg}$  ( $\text{kcal/kg}$ );

$H_{uA}$  ——燃油的基准低热值,  $\text{kJ/kg}$  ( $\text{kcal/kg}$ )。

附录 A  
确定有效功率和燃油消耗率修正的各种数值的图表  
(参考件)

A.1 有效功率校正系数 $\alpha$ 的确定

下表给出在已知指示功率比 $k$ 和机械效率 $\eta_m$ 下的功率校正系数 $\alpha$ 。

$k$ 值由A.3确定。

$\eta_m$ 值由制造厂规定。

$k$	$\alpha$					
	$\eta_m$					
	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
0.50	0.350	0.383	0.413	0.438	0.461	0.482
0.52	0.376	0.408	0.436	0.461	0.483	0.502
0.54	0.402	0.433	0.460	0.483	0.504	0.523
0.56	0.428	0.457	0.483	0.506	0.526	0.544
0.58	0.454	0.482	0.507	0.528	0.547	0.565
0.60	0.480	0.507	0.530	0.551	0.569	0.585
0.62	0.506	0.531	0.554	0.573	0.590	0.606
0.64	0.532	0.556	0.577	0.596	0.612	0.627
0.66	0.558	0.581	0.601	0.618	0.634	0.648
0.68	0.584	0.605	0.624	0.641	0.655	0.668
0.70	0.610	0.630	0.648	0.663	0.677	0.689
0.72	0.636	0.655	0.671	0.685	0.698	0.710
0.74	0.662	0.679	0.695	0.708	0.720	0.730
0.76	0.668	0.704	0.718	0.730	0.741	0.751
0.78	0.714	0.729	0.742	0.753	0.763	0.772
0.80	0.740	0.753	0.765	0.755	0.784	0.793
0.82	0.766	0.778	0.789	0.798	0.806	0.813
0.84	0.792	0.803	0.812	0.820	0.828	0.834
0.86	0.818	0.827	0.836	0.843	0.849	0.855
0.88	0.844	0.852	0.859	0.865	0.871	0.876
0.90	0.870	0.877	0.883	0.888	0.892	0.896
0.92	0.896	0.901	0.906	0.910	0.914	0.917
0.94	0.922	0.926	0.930	0.933	0.935	0.938
0.96	0.948	0.951	0.953	0.955	0.957	0.959
0.98	0.974	0.975	0.977	0.978	0.978	0.979
1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.02	1.026	1.025	1.024	1.023	1.022	1.021
1.04	1.052	1.049	1.047	1.045	1.043	1.042
1.06	1.078	1.074	1.071	1.067	1.065	1.062
1.08	1.104	1.099	1.094	1.090	1.086	1.083
1.10	1.130	1.123	1.118	1.112	1.108	1.104
1.12	1.156	1.148	1.141	1.135	1.129	1.124
1.14	1.182	1.173	1.165	1.157	1.151	1.145
1.16	1.208	1.197	1.188	1.180	1.172	1.166
1.18	1.234	1.222	1.212	1.202	1.194	1.187
1.20	1.260	1.247	1.235	1.225	1.216	1.207



A.2 燃油消耗率校正系数 $\beta$ 的确定

下表给出在已知指示功率比 $k$ 和机械效率 $\eta_m$ 下的燃油消耗率校正系数 $\beta$ 。

$k$ 值由A.3确定。

$\eta_m$ 值由制造厂规定。

$k$	$\beta$					
	$\eta_m$					
	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
0.50	1.429	1.304	1.212	1.141	1.084	1.038
0.52	1.383	1.275	1.193	1.129	1.077	1.035
0.54	1.343	1.248	1.175	1.118	1.071	1.032
0.56	1.308	1.225	1.159	1.108	1.065	1.030
0.58	1.278	1.203	1.145	1.098	1.060	1.027
0.60	1.250	1.184	1.132	1.090	1.055	1.025
0.62	1.225	1.167	1.120	1.082	1.050	1.023
0.64	1.203	1.151	1.109	1.075	1.046	1.021
0.66	1.183	1.137	1.099	1.068	1.042	1.019
0.68	1.164	1.123	1.090	1.062	1.038	1.018
0.70	1.148	1.111	1.081	1.056	1.035	1.016
0.72	1.132	1.100	1.073	1.051	1.031	1.015
0.74	1.118	1.089	1.066	1.045	1.028	1.013
0.76	1.105	1.080	1.059	1.041	1.025	1.012
0.78	1.092	1.070	1.052	1.036	1.022	1.011
0.80	1.081	1.062	1.046	1.032	1.020	1.009
0.82	1.071	1.054	1.040	1.028	1.017	1.008
0.84	1.061	1.047	1.035	1.024	1.015	1.007
0.86	1.051	1.040	1.029	1.021	1.013	1.006
0.88	1.043	1.033	1.024	1.017	1.011	1.005
0.90	1.035	1.027	1.020	1.014	1.009	1.004
0.92	1.027	1.021	1.016	1.011	1.007	1.003
0.94	1.020	1.015	1.011	1.008	1.005	1.002
0.96	1.013	1.010	1.007	1.005	1.003	1.002
0.98	1.006	1.005	1.004	1.003	1.002	1.001
1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.02	0.994	0.995	0.997	0.998	0.999	0.999
1.04	0.989	0.991	0.993	0.995	0.997	0.999
1.06	0.983	0.987	0.990	0.993	0.996	0.998
1.08	0.978	0.983	0.997	0.991	0.994	0.997
1.10	0.974	0.979	0.984	0.989	0.993	0.997
1.12	0.969	0.976	0.982	0.987	0.992	0.996
1.14	0.965	0.972	0.979	0.985	0.991	0.996
1.16	0.960	0.969	0.976	0.983	0.989	0.995
1.18	0.956	0.966	0.974	0.982	0.988	0.994
1.20	0.952	0.963	0.972	0.980	0.987	0.994



A.3 指示功率比*k*的确定

公式(3)或(4)可以写成:  $k = (R_1)^{y_1} (R_2)^{y_2} (R_3)^{y_3}$

$$R_1 = \frac{P - a\phi p_{sw}}{P_0 - a\phi_0 p_{sw0}} \text{ 或 } \frac{P}{P_{0a}}$$

$$R_2 = \frac{T_0}{T} \text{ 或 } \frac{T_{0a}}{T}$$

$$R_3 = \frac{T_{c0}}{T_c}$$

$y_1 = m, y_2 = n, y_3 = q$ 。

$R_1, R_2, R_3$ 可以算出,  $R_1$ 也可由A.4得出,  $m, n, q$ 由表1得到。下表给出在已知比值*R*和已知指数*y*时的*R<sup>y</sup>*数值。

*k*值可由相应的各*R<sup>y</sup>*数值相乘得到。

R	R <sup>y</sup>								
	0.5	0.55	0.57	0.7	y 0.75	0.86	1.2	1.75	2
0.60	0.775	0.755	0.747	0.699	0.682	0.645	0.542	0.409	0.360
0.62	0.787	0.769	0.762	0.716	0.699	0.663	0.564	0.433	0.384
0.64	0.800	0.782	0.775	0.732	0.716	0.681	0.585	0.458	0.410
0.66	0.812	0.796	0.789	0.748	0.732	0.700	0.607	0.483	0.436
0.68	0.825	0.809	0.803	0.763	0.749	0.718	0.630	0.509	0.462
0.70	0.837	0.822	0.816	0.779	0.765	0.736	0.652	0.536	0.490
0.72	0.849	0.835	0.829	0.795	0.782	0.754	0.674	0.563	0.518
0.74	0.860	0.847	0.842	0.810	0.798	0.772	0.697	0.590	0.548
0.76	0.872	0.860	0.855	0.825	0.814	0.790	0.719	0.619	0.578
0.78	0.883	0.872	0.868	0.840	0.830	0.808	0.742	0.647	0.608
0.80	0.894	0.885	0.881	0.855	0.846	0.825	0.765	0.677	0.640
0.82	0.906	0.897	0.893	0.870	0.862	0.843	0.788	0.707	0.672
0.84	0.917	0.909	0.905	0.885	0.877	0.861	0.811	0.737	0.706
0.86	0.927	0.920	0.918	0.900	0.893	0.878	0.834	0.768	0.740
0.88	0.938	0.932	0.930	0.914	0.909	0.896	0.858	0.800	0.774
0.90	0.949	0.944	0.942	0.929	0.924	0.913	0.881	0.832	0.810
0.92	0.959	0.955	0.954	0.943	0.939	0.931	0.905	0.864	0.846
0.94	0.970	0.967	0.965	0.958	0.955	0.948	0.928	0.897	0.884
0.96	0.980	0.978	0.977	0.972	0.970	0.966	0.952	0.931	0.922
0.98	0.990	0.989	0.989	0.986	0.985	0.983	0.976	0.965	0.960
1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.02	1.010	1.011	1.011	1.014	1.015	1.017	1.024	1.035	1.040
1.04	1.020	1.022	1.023	1.028	1.030	1.034	1.048	1.071	1.082
1.06	1.030	1.033	1.034	1.042	1.045	1.051	1.072	1.107	1.124
1.08	1.038	1.043	1.045	1.055	1.059	1.068	1.097	1.144	1.166
1.10	1.049	1.054	1.056	1.069	1.074	1.085	1.121	1.182	1.210
1.12	1.058	1.064	1.067	1.083	1.089	1.102	1.146	1.219	1.254
1.14	1.068	1.075	1.078	1.096	1.103	1.119	1.170	1.258	1.300
1.16	1.077	1.085	1.088	1.110	1.118	1.136	1.195	1.297	1.346
1.18	1.086	1.095	1.099	1.123	1.132	1.153	1.220	1.336	1.392
1.20	1.095	1.106	1.110	1.135	1.147	1.170	1.245	1.376	1.440

A.4 干空气压比的确定

下表给出了表1中公式参考代号 A、E 的  $a = 1$  的条件下，公式 (3) 中所用的干空气压比  $\left( \frac{P - a\phi p_{sw}}{P_0 - a\phi_0 p_{sw0}} \right)$  的值。水蒸汽分压  $\phi p_{sw}$  可由 A.5 查得。

海拔 m	大气压 $P$		$\frac{P - a\phi p_{sw}}{P_0 - a\phi_0 p_{sw0}}$													
	kPa	mmHg	$\phi p_{sw}$ (kPa)													
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	101.3	760	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
100	100.0	750	1.01	1.00	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87
200	98.9	742	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86
400	96.7	725	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84
600	94.4	708	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82
800	92.1	691	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79
1000	89.9	674	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77
1200	87.7	658	0.88	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
1400	85.6	642	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73
1600	83.5	626	0.84	0.83	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
1800	81.5	611	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69
2000	79.5	596	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67
2200	77.6	582	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
2400	75.6	567	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
2600	73.7	553	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61
2800	71.9	539	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59
3000	70.1	526	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57
3200	68.4	513	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
3400	66.7	500	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54
3600	64.9	487	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52
3800	63.2	474	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50
4000	61.5	462	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
4200	60.1	451	0.60	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47
4400	58.5	439	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	0.46	0.45
4600	56.9	427	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
4800	55.3	415	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42
5000	54.1	405	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41

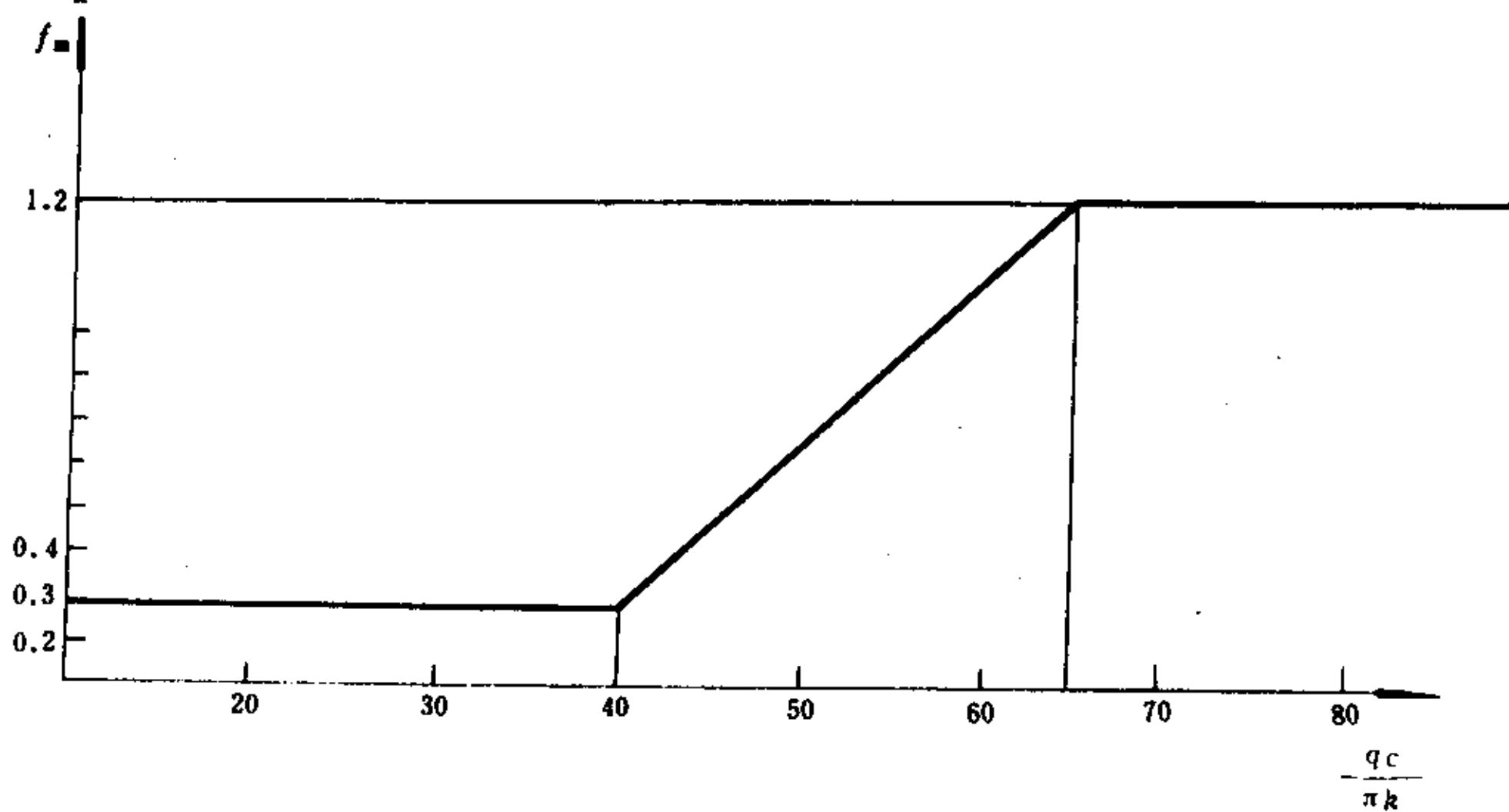
A.5 水蒸汽分压的确定

下表给出在不同环境温度  $t$  (°C) 和相对湿度  $\phi$  下的水蒸汽分压  $\phi p_{sw}$  (kPa)。

GB 1105.1-87

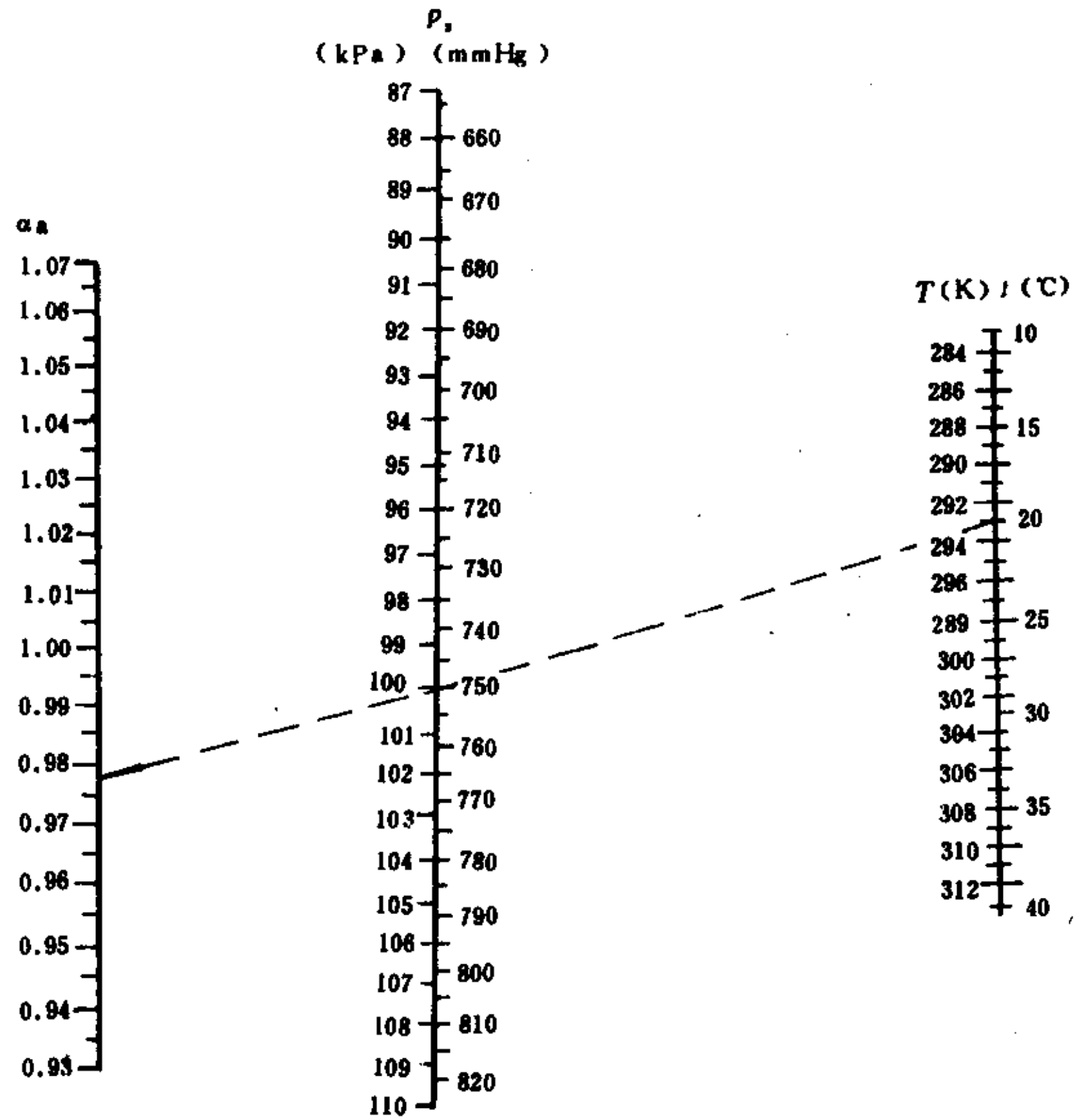
t (°C)	$\phi p_{sw}$ (kPa)				
	$\phi$				
	1	0.8	0.6	0.4	0.2
-10	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1
-5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1
0	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1
5	0.9	0.7	0.5	0.4	0.2
10	1.2	1.0	0.7	0.5	0.2
15	1.7	1.4	1.0	0.7	0.5
20	2.3	1.9	1.4	0.9	0.5
25	3.2	2.5	1.9	1.3	0.6
27	3.6	2.9	2.1	1.4	0.7
30	4.2	3.4	2.5	1.7	0.9
32	4.8	3.8	2.9	1.9	1.0
34	5.3	4.3	3.2	2.1	1.1
36	6.0	4.8	3.6	2.6	1.2
38	6.6	5.3	4.0	2.7	1.3
40	7.4	5.9	4.4	3.0	1.5
42	8.2	6.6	4.9	3.3	1.6
44	9.1	7.3	5.5	3.6	1.8
46	10.1	8.1	6.1	4.0	2.0
48	11.2	8.9	6.7	4.5	2.2
50	12.3	9.9	7.4	4.9	2.5

A.6  $f_m$  与  $\frac{q_c}{\pi k}$  关系图



A.7 等油量法汽油机有效功率换算系数图

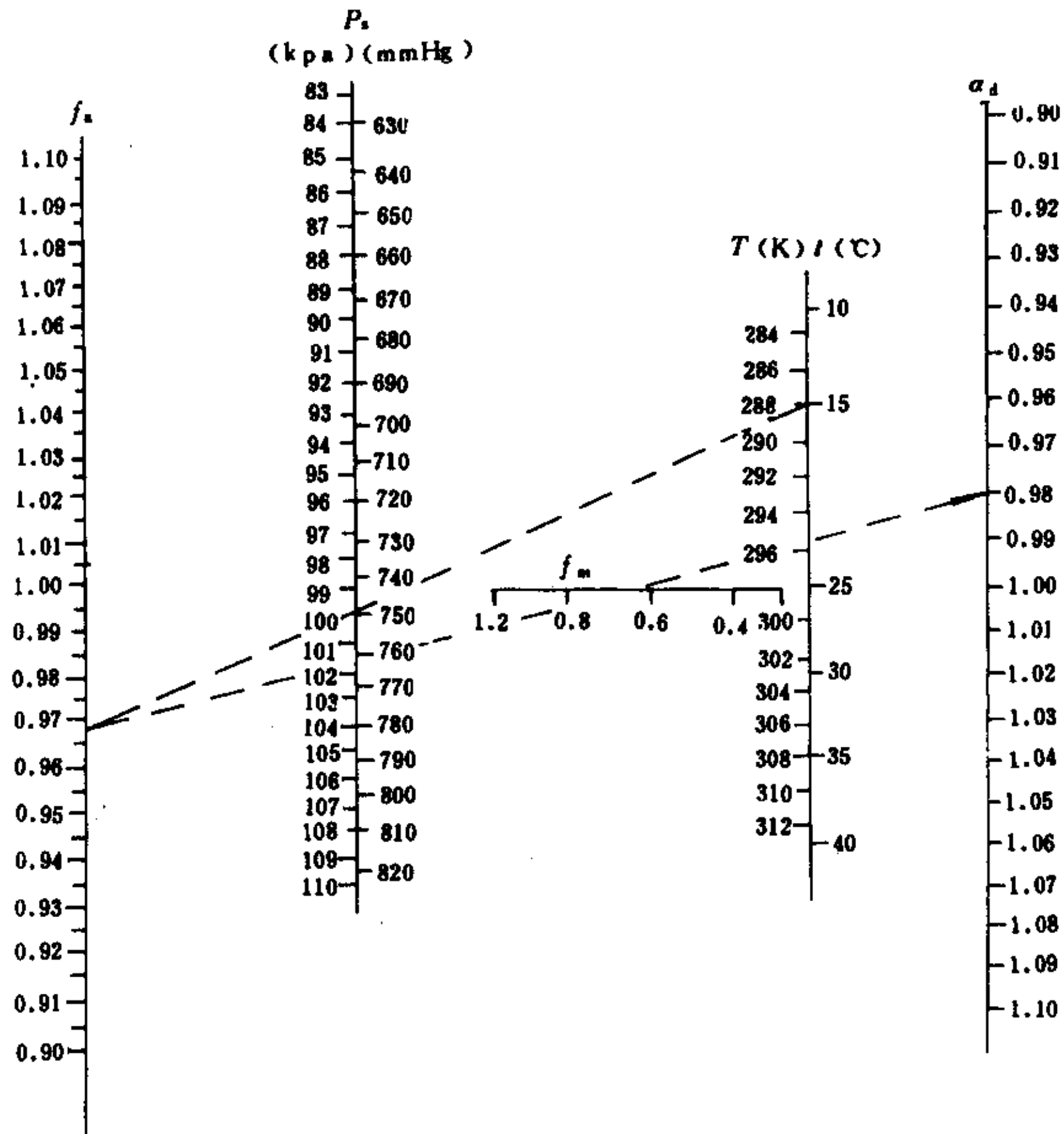
$$\alpha_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1.2} \left(\frac{T}{298}\right)^{0.6}$$



例：(虚线)  $p_s = 100 \text{ kPa}$ ,  $T = 293 \text{ K}$ 时,  $\alpha_a = 0.978$

A.8 等油量法非增压及机械增压柴油机有效功率换算系数图

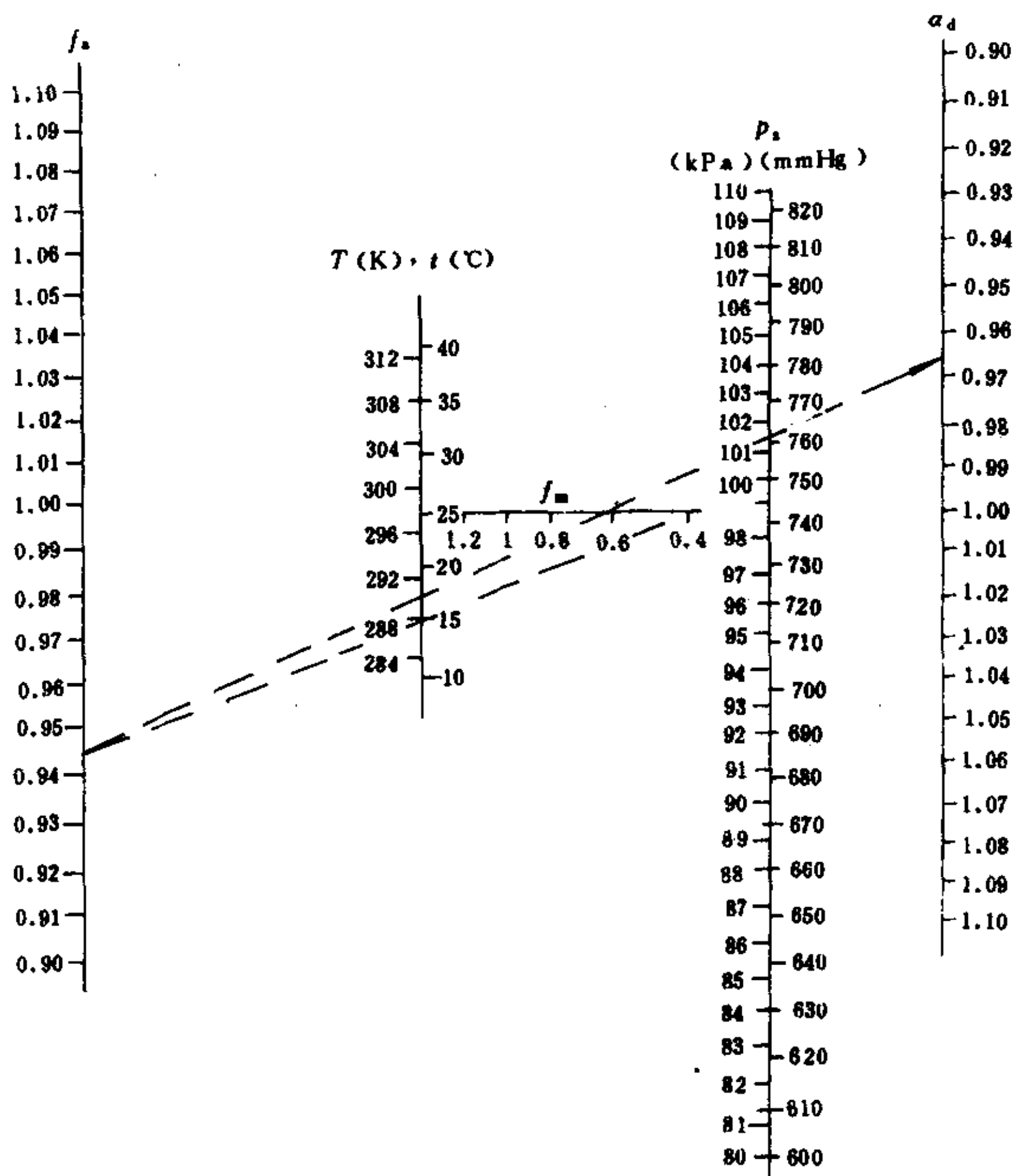
$$\alpha_d = f_a^{f_m}, \quad f_a = \left( \frac{99}{p_s} \right) \left( \frac{T}{298} \right)^{0.7}$$



例：(虚线)  $p_s = 100 \text{ kPa}$ ,  $T = 288 \text{ K}$ ,  $f_m = 0.6$ 时  $\alpha_d = 0.98$

A.9 等油量法涡轮增压柴油机（带或不带中冷器）有效功率换算系数图

$$\alpha_d = f_a^{f_m}, \quad f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \left(\frac{T}{298}\right)^{1.5}$$



例：（虚线）  $p_s = 100 \text{ kPa}$ ,  $T = 288 \text{ K}$ ,  $f_m = 0.6$ 时  $\alpha_d = 0.965$

附录 B  
功率及燃油消耗率修正实例  
(参考件)

### B.1 可调油量法有效功率及燃油消耗率校正

**B.1.1** 一非增压柴油机, 功率受过量空气限制, 其标定功率为500 kW, 机械效率为0.85, 燃油消耗率为220 g/kW·h。在现场环境状况大气压80 kPa, 环境温度46℃, 相对湿度60%时, 有效功率和燃油消耗率各为多少?

标准环境状况	现场环境状况
$p_0 = 100 \text{ kPa}$	$p = 80 \text{ kPa}$
$T_0 = 298 \text{ K}$ 或 $25^\circ\text{C}$	$T = 319 \text{ K}$ 或 $46^\circ\text{C}$
$\phi_0 = 0.3$ (30%)	$\phi = 0.60$ (60%)

由5.2.1.1表1, 参考代号A给出,  $a = 1$ ,  $m = 1$ ,  $n = 0.75$ ,  $q = 0$

由附录A.5当  $t = 46^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 0.6$  时;  $\phi p_{sw} = 6.1 \text{ kPa}$

$t_0 = 25^\circ\text{C}$ ,  $\phi = 0.3$  时;  $\phi_0 p_{sw0} = 1 \text{ kPa}$

$$\therefore \frac{P - a\phi p_{sw}}{P_0 - a\phi_0 p_{sw0}} = \frac{80 - 6.1}{99} = 0.746$$

由附录A.3 当  $R_2 = \frac{T_0}{T} = \frac{298}{319} = 0.934$  和  $y_2 = n = 0.75$  时, 用内插法解得:

$$R_2 = \left(\frac{T_0}{T}\right)^{y_2} = (0.934)^{0.75} = 0.9502$$

$$\therefore \text{指示功率比 } k = \left(\frac{P - a\phi p_{sw}}{P_0 - a\phi_0 p_{sw0}}\right)^m \left(\frac{T_0}{T}\right)^n \left(\frac{T_{c0}}{T_c}\right)^q$$

$$= 0.746 \times 0.9502 = 0.709$$

由附录A.1当  $k = 0.709$  和  $\eta_m = 0.85$  时, 用内插法求得  $\alpha = 0.673$

由附录A.2当  $k = 0.709$  和  $\eta_m = 0.85$  时, 用内插法求得  $\beta = 1.054$

$\therefore$  现场环境状况下有效功率  $P = \alpha \times P_0 = 0.673 \times 500 = 336.5 \text{ kW}$

燃油消耗率  $g_e = \beta g_{e0} = 1.054 \times 220$

$$= 231.88 \text{ g/kW}\cdot\text{h}$$

**B.1.2** 一涡轮增压、进气中冷的中速四冲程柴油机, 标定功率在标准环境状况下为1000 kW, 机械效率为90%, 中冷器的冷却介质进口温度为298 K、增压比为2.0。

制造厂注明在标准环境状况下燃气温度和涡轮增压器转速均未达到极限, 并给出替代标准环境状况温度为313 K和最大可能的增压比为2.36。问在高度4000 m, 环境温度323 K和中冷器冷却介质进口温度310 K时可发出有效功率多少?

由5.2.1.1表1, 参考代号D:  $a = 0$ ,  $m = 0.7$ ,  $n = 1.2$ ,  $q = 1.0$

当  $p_0 = 750 \text{ mmHg}$ ,  $\pi_{k0} = 2.0$  和  $\pi_{kmax} = 2.36$  时由公式(5)

$$p_{0a} = \frac{750 \times 2.0}{2.36} = 636 \text{ mmHg}$$



由附录 A.4 在高度 4000 m 处  $p = 462 \text{ mmHg}$

∴ 替代标准环境状况	现场环境状况
$p_{0a} = 636 \text{ mmHg}$	$p = 462 \text{ mmHg}$
$T_{0a} = 313 \text{ K}$	$T = 323 \text{ K}$
$T_{c0} = 298 \text{ K}$	$T_c = 310 \text{ K}$

因此,

$$\frac{p}{p_{0a}} = \frac{462}{636} = 0.726 ;$$

$$\frac{T_{0a}}{T} = \frac{313}{323} = 0.969 ;$$

$$\frac{T_{c0}}{T_c} = \frac{298}{310} = 0.960$$

由附录 A.3 用插入法:  $R_1^{v_1} = 0.726^{0.7} = 0.800 ;$   
 $R_2^{v_2} = 0.969^{1.2} = 0.963$

由公式 (4)  $k = \left(\frac{p}{p_{0a}}\right)^{0.7} \left(\frac{T_{0a}}{T}\right)^{1.2} \left(\frac{T_{c0}}{T_c}\right)^{1.0}$   
 $= 0.800 \times 0.963 \times 0.96$   
 $= 0.739$

再由附录 A.1 当  $k = 0.739$  和  $\eta_m = 0.90$  时,  
 $\alpha \approx 0.72$

因此, 现场环境状况的有效功率  $P = 0.72 \times 1000 = 726 \text{ kW}$

**B.1.3** 一台带进气中冷器的四冲程涡轮增压柴油机, 机械效率  $\eta_m = 0.85$ , 在以下使用的现场环境状况下发出有效功率 640 kW。

$$p' = 70 \text{ kPa}; T' = 330 \text{ K}; T'_c = 300 \text{ K}$$

试问在下列试验的现场环境状况下, 柴油机应输出多少有效功率?

$$p = 100 \text{ kPa}; T = 300 \text{ K}; T_c = 280 \text{ K}$$

按 5.2.1.1 的公式, 我们可首先将使用的现场环境状况下柴油机发出的有效功率校正到标准环境状况下的有效功率。

指示功率比:

$$k' = \left(\frac{p'}{p_0}\right)^m \left(\frac{T_0}{T'}\right)^n \left(\frac{T_{c0}}{T'_c}\right)^q$$

按表 1,  $m = 0.7, n = 1.2, q = 1$

$$\therefore k' = \left(\frac{70}{100}\right)^{0.7} \left(\frac{298}{330}\right)^{1.2} \left(\frac{298}{300}\right)^1 = 0.685$$

功率校正系数:

$$\alpha' = k' - 0.7(1 - k') \left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right)$$

$$= 0.685 - 0.7(1 - 0.685) \left(\frac{1}{0.85} - 1\right) = 0.646$$

∴ 标准环境状况下的有效功率为:

$$P_0 = \frac{P'}{\alpha'} = \frac{640}{0.646} = 990.7 \text{ kW}$$

再将标准环境状况下的有效功率校正到试验的现场环境状况下的有效功率。

$$k = \left(\frac{P}{P_0}\right)^m \left(\frac{T_0}{T}\right)^n \left(\frac{T_{c0}}{T_c}\right)^q = \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7} \left(\frac{298}{300}\right)^{1.2}$$

$$\left(\frac{298}{280}\right)^1 = 1.0555$$

$$\alpha = k - 0.7(1 - k) \left(\frac{1}{\eta_m} - 1\right) = 1.0624$$

∴ 试验的现场环境状况的有效功率  $P = \alpha \times P_0 = 1.0624 \times 990.7 = 1052.1 \text{ kW}$

根据5.2.1.1注(3), 柴油机不能在1052.1kW有效功率下试验, 只能限制输出990.7kW有效功率。

## B.2 等油量法有效功率及燃油消耗率换算

**B.2.1** 一台非增压汽油机在试验的现场环境状况下发出64kW有效功率, 试问在标准环境状况下可输出多少有效功率?

试验现场环境状况	标准环境状况
$p = 98 \text{ kPa}$	$p_0 = 100 \text{ kPa}$
$T = 303 \text{ K}$	$T_0 = 298 \text{ K}$
$\phi = 0.8 (80\%)$	$\phi_0 = 0.3 (30\%)$

由5.2.2.1  $P_0 = \alpha_a \cdot P$

$$\alpha_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1.2} \times \left(\frac{T}{298}\right)^{0.6} = \left(\frac{99}{p - \phi p_{sw}}\right)^{1.2} \times \left(\frac{T}{298}\right)^{0.6}$$

由A.5, 当  $T = 303 \text{ K} (30^\circ\text{C})$ ,  $\phi = 0.8$  时,  $\phi p_{sw} = 3.4 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned} \therefore \alpha_a &= \left(\frac{99}{98 - 3.4}\right)^{1.2} \times \left(\frac{303}{298}\right)^{0.6} \\ &= (1.047)^{1.2} \times (1.017)^{0.6} = 1.068 \end{aligned}$$

$$\therefore P_0 = 1.068 \times 64 = 68.352 \text{ kW}$$

**B.2.2** 一台转速1800r/min, 总排量51.8L具有进气中冷器的四冲程涡轮增压柴油机在试验现场环境状况下发出896kW有效功率, 试问在使用现场环境状况下应输出多少有效功率? 燃油消耗率又为多少? 该机的燃油消耗量为54.5g/s 增压器的增压比  $\pi_k = 2.6$

试验现场环境状况	使用现场环境状况
$p = 96 \text{ kPa}$	$p' = 98 \text{ kPa}$
$T = 302 \text{ K}$	$T' = 313 \text{ K}$
$\phi = 20\%$	$\phi' = 40\%$

由5.2.2.1公式(8), (10), (12) 可以导出使用现场环境状况的有效功率  $P'$  与试验现场环境状况的有效功率  $P$  之间的关系:

$$P' = \left[ \left(\frac{p'_s}{p_s}\right)^{0.7} \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5} \right]^{f_m} \cdot P$$

$$\text{而} \quad \left(\frac{p'_s}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5} = \left(\frac{p' - \phi' p'_{sw}}{p - \phi p_{sw}}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5}$$

由A.5可得:  $\phi' p_{sw}' = 3 \text{ kPa}$ ,  $\phi p_{sw} = 0.83 \text{ kPa}$

$$\therefore \left(\frac{p_s'}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5} = \left(\frac{98-3}{96-0.83}\right)^{0.7} \times \left(\frac{302}{313}\right)^{1.5} = 0.9466$$

$$f_m = 0.036 \frac{q_c}{\pi_k} - 1.14$$

$$\frac{q_c}{\pi_k} = \frac{(1000 \times 60 \times 2)}{2.6 \times 51.8} \times \frac{54.5}{1800} = 27 \text{ mg/L} \cdot \text{C}$$

$$\therefore \frac{q_c}{\pi_k} < 40 \quad \therefore f_m = 0.3$$

$$\therefore \left[ \left(\frac{p_s'}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5} \right] f_m = (0.9466)^{0.3} = 0.9836$$

$$\therefore P' = 0.9836 \times P = 0.9836 \times 896 = 881.3 \text{ kW}$$

由5.2.2.2公式(10), (12), (17), (18)可以导出使用现场环境状况的燃油消耗率  $g_e'$  与试验现场环境状况的燃油消耗率  $g_e$  之间的关系:

$$\begin{aligned} g_e' &= g_e \times \left[ \left(\frac{p_s'}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5} \right] f_m \\ &= g_e \times \frac{1}{\left[ \left(\frac{p_s'}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{T'}\right)^{1.5} \right] f_m} \end{aligned}$$

$$\text{而 } g_e = \frac{54.5 \times 3600}{896} = 219 \text{ g/kW} \cdot \text{h}$$

$$\therefore g_e' = 219 \times \frac{1}{0.9836} = 222.65 \text{ g/kW} \cdot \text{h}$$

**B.2.3** 一台转速1200r/min, 总排量44L, 机械效率  $\eta_m = 0.85$  的四冲程涡轮增压柴油机(不带进气中冷器), 在试验现场环境下发出400kW有效功率, 试问在使用现场可输出多少有效功率? 该机的燃油消耗量为28g/s 增压器的增压比  $\pi_k = 2.5$

试验现场环境状况	使用现场环境状况	标准环境状况
$p = 96 \text{ kPa}$	$p' = 69 \text{ kPa}$	$p_0 = 100 \text{ kPa}$
$T = 302 \text{ K}$	$T' = 281 \text{ K}$	$T_0 = 298 \text{ K}$
$\phi = 0.2$	$\phi' = 0.4$	$\phi_0 = 0.3$

按照5.2.2.1 b中的说明, 使用现场环境状况下的有效功率一般不能直接由试验现场环境状况的有效功率修正得到。必须分成二步计算。首先应用等油量法将试验现场环境状况的功率换算到标准环境状况下的功率, 然后再由此应用可调油量法将它校正到使用现场环境状况的功率。

a. 由5.2.2.1公式: (等油量法)

$$P_0 = \alpha_d \cdot P$$

$$\alpha_d = f_a^{f_m}$$

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{298}\right)^{1.5} = \left(\frac{99}{p - \phi p_{sw}}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T}{298}\right)^{1.5}$$

$$= \left( \frac{99}{96 - 0.83} \right)^{0.7} \times \left( \frac{302}{298} \right)^{1.5} = 1.048$$

$$f_m = 0.036 \frac{q_c}{\pi_k} - 1.14$$

$$\frac{q_c}{\pi_k} = \frac{28 \times 3600}{1000} \times \frac{10^6}{30 \times 1200 \times 44 \times 2.5} = 25.45 \text{ mg/L} \cdot \text{C}$$

$$\therefore \frac{q_c}{\pi_k} < 40 \quad \therefore f_m = 0.3$$

$$\alpha_d = f_s^{f_m} = (1.048)^{0.3} = 1.014$$

$$\therefore P_0 = \alpha_d \times P = 1.014 \times 400 = 405.6 \text{ kW}$$

b. 由5.2.1.1公式: (可调油量法)

$$P' = \alpha \times P_0$$

$$\alpha = k + 0.7(k - 1) \left( \frac{1}{\eta_m} - 1 \right)$$

$$k = \left( \frac{p' - \alpha \phi' p_{sw}}{p_0 - \alpha \phi_0 p_{sw0}} \right)^m \left( \frac{T_0}{T'} \right)^n \left( \frac{T_{c0}}{T_c} \right)^q$$

由5.2.1.1表1:  $\alpha = 0$   $m = 0.7$   $n = 2.0$   $q = 0$

$$\therefore k = \left( \frac{p'}{p_0} \right)^m \times \left( \frac{T_0}{T'} \right)^n = \left( \frac{69}{100} \right)^{0.7} \times \left( \frac{298}{281} \right)^2 = 0.865$$

$$\therefore \alpha = 0.865 + 0.7(0.865 - 1) \left( \frac{1}{0.85} - 1 \right) = 0.8484$$

$$\therefore P' = 0.8484 \times 405.6 = 344 \text{ kW}$$

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出, 由上海内燃机研究所归口。

本标准由上海内燃机研究所、七一一研究所、长春汽车研究所、洛阳拖拉机研究所负责起草。

本标准主要起草人孙剑华、王志心。

本标准于1974年11月首次发布, 1987年6月第一次修订。