

舰艇内燃机动力装置

下 册

(内部讲义)

一九六三年十月

Y543.14/103282

18599



目 录

第五章 艦艇的續航力及其自給力

§ 5-1 对艦艇續航力的主要影响因素	1
§ 5-2 設計艦艇时, 对給定航速下的艦艇續航力和燃料儲量的計算	8
§ 5-3 水面艦艇战役續航力的計算	22
§ 5-4 潛艇战役續航力的計算	27
§ 5-5 水面艦艇与潛艇的自給力	37

第六章 艦用动力装置的操縱管理及其战斗使用

§ 6-1 战时艦用动力装置的使用特点	42
§ 6-2 艦艇战斗和航行前的准备	43
§ 6-3 动力装置的工况	47
§ 6-4 艦艇在海上航行时动力装置的使用及操縱管理	56
§ 6-5 艦艇运动阻力增大对动力装置工作的影响	61
§ 6-6 外界气温和舷外水温降低时(冬季)动力装置的使用特点	70
§ 6-7 当垂直舵损坏时对艦艇航行的保証	74
§ 6-8 螺旋桨的各种故障对軸系工作的影响	80
§ 6-9 当軸系元件不正常时, 对艦艇航行的保証	86
§ 6-10 部份气缸损坏时主柴油机的特殊工作	91

第七章 艦用动力装置的设计

§ 7-1 艦用动力装置設計的組織与設計的原始資料	96
§ 7-2 对軸功率与螺旋桨轉速的确定	102
§ 7-3 艦用动力装置簡图的选择	115
§ 7-4 主柴油机类型的选择与重量外形尺寸特性的确定	124
§ 7-5 軸系的选择	131
§ 7-6 艦用动力装置諸系統, 輔助机械和设备設計的一般問題	137
§ 7-7 根据給定的艦艇續航力和自給力計算燃料, 滑油和淡水的儲量	151
§ 7-8 动力装置机械和设备的減震	153

§ 7-9 动力装置在艦艇給定的外形尺寸中的佈置	171
§ 7-10 編写重量明細表, 确定动力装置的重量及重心	181
§ 7-11 艦艇动力装置及操縱人員原子防护的基本知識	185
§ 7-12 对所設計动力装置生命力的分析	190

DVS4 / 20

第五章 舰艇的续航力及其自给力

§ 5-1 对舰艇续航力的主要影响因素

根据本课开头所提出的定义, 舰艇的续航力可以看作是燃料的有效储量(G)与每哩路程的燃料耗量(G_m)之比。

$$L = \frac{G}{G_m} \quad (5-1)$$

在求燃料耗量 G_m 时, 可写出下一表示式:

$$G_m = \frac{G_{\text{т.с.}}}{V_s} = \frac{g'_e N'_e Z_g + g''_e N''_e}{V_s} \quad (5-2)$$

式中 g'_e , g''_e —主机与辅助发动机的燃料消耗量;

N'_e , N''_e —主机与辅助发动机的功率;

Z_g —主机的台数;

V_s —航速, 节。

我们可得如下的公式:

$$L = \frac{G \cdot V_s}{g'_e N'_e Z_g + g''_e N''_e} \quad (5-3)$$

根据这一公式来讨论对续航力的影响因素。

燃料的储量是首要的因素, 燃油储量(G)可以理解为舰艇上所有的燃料储量(G_n)与不能消耗的燃料储量“损失”(G_{m3})之差。

$$G = G_n - G_{m3} \quad (5-4)$$

应当尽可能减少(G_{m3}), 因为这样才能最合理的利用舰艇上所储存的发动机工作用的燃料。为了降低(G_{m3})值, 应力求使燃料柜的构造制成能从柜中抽走最大限度的燃料量。为此, 有时便採用专门的舱底(图5-1)。

水面柴油机舰艇的储量损失为:

$$G_{m3} = 1-2\%$$

对于潜艇而言, 这一值较大, 由于具有不利于发动机工作的乳状液, 因此部分燃料不能使用, 乳状液是输送置换水到燃料柜去时形成

的。

$$G_{M3} = 1-3\%$$

第二个因素是主机的燃料消耗量(g_e)。

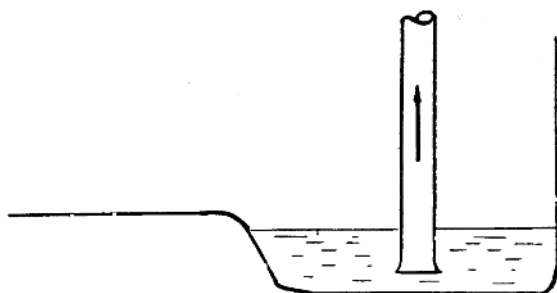


图 5-1

辅机所消耗的燃料量不大，因此它对于续航力不起主要作用。所以对(g_e)值忽而不计。可以认为保证发动机工作的辅助机械所消耗的为全部燃料储量的1—3%。

(g_e)值与什么有关呢？首先(g_e)与舰艇主机的负荷有关。额定工况的(g_e)值通常为0.150—0.190 公斤/有效马力小时，(g_e)值最小的是废气透平增压的发动机。在额定工况下，(g_e)值比较小，然而，当发动机在低负荷工作时却大为增高。

在图5-2上示出了发动机(37Д型)的(g_e)变化曲线，从图上可以看出，随着负荷(N_e)的减小，燃料耗量便增大。因此，在经济航速时，值(g_e)增大。由于这个缘故，似乎每涅路程的燃料耗量也应增加并且续航力应降低，然而，实际上并不是这样，这里受其他的因素——单位所需功率所影响。在下面我们将阐述这一因素。

对于潜艇而言，当使用 PДП 装置时，由于发动机进气与排气压力的影响，将影响(g_e)值。在发动机用 PДП 装置工作时，发动机中进行工作过程的条件恶化，便会使(g_e)值增大。如同一台发动机在以同样航速工作时，则在 PДП 工况时的燃料耗量，平均要比正常条件下的燃料耗量大10%。

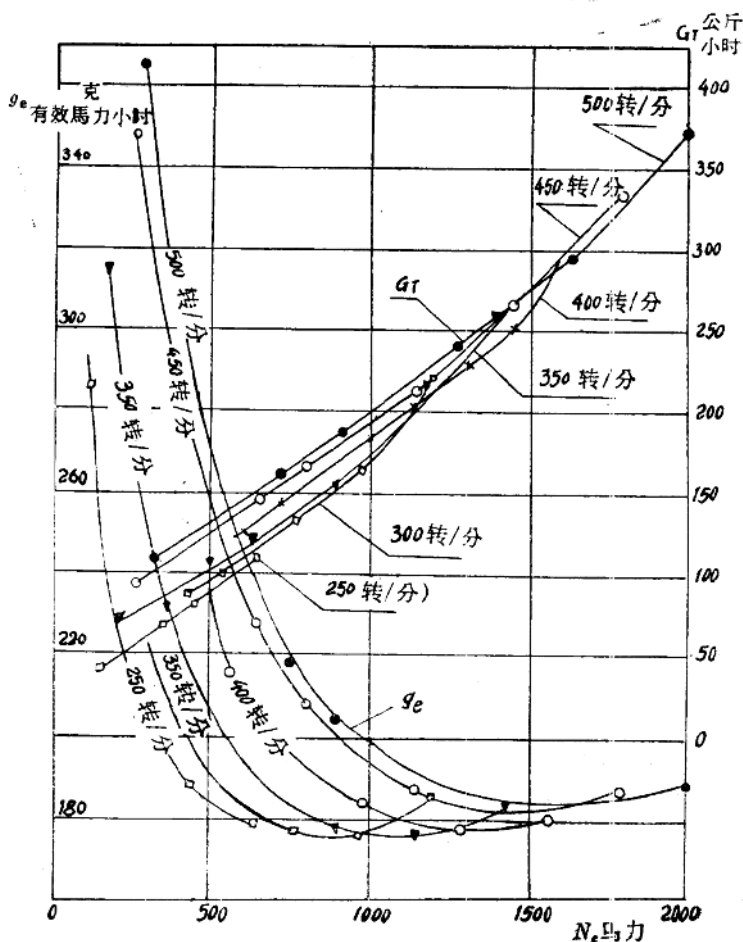


图 5-2 正常轉速时发动机的燃料消耗量与功率的关系曲线

$$g'_{\text{едн}} = 1.1g'_{\text{ен}} \quad \text{в}$$

在计算续航力时，同样也要考虑到这种情况。

影响续航力的第三个因素是单位所需功率。这一概念是从那儿得来的呢？

重写公式(5-1)并将其转化后，即得：

$$L = \frac{G}{G_M} = \frac{G_{rg} + G_{bg}}{G_M} = \frac{G_{rg}}{G_M} + \frac{G_{bg}}{G_M} \quad (5-3)$$

我们已经指出过，右边部分的第二项可以忽而不计。

$$G_{bg} = (0.01 \div 0.03) G_{rg}$$

式中 G_{rg} —主机所消耗的燃料有效储量部分；

G_{bg} —辅机所消耗的燃料有效储量部分。

因此可以写成：

$$L \approx \frac{G_{rg}}{G_M} = \frac{G_{rg}}{\frac{g'_e N'_e Z_g}{v_s}} = \frac{G_{rg}}{g'_e N_{yg}} \quad (5-4)$$

式中 $N_{yg} = \frac{N'_e Z_g}{v_s}$ —变成每节航速所需主机的功率。

N'_{yg} 越大，则舰艇的续航力便越小，反之则越大。为了增大续航力起见，务必降低单位功率。

现在来讨论值 N_{yg} 取决于什么，并且怎样才能降低它。

这一值取决于：航速 V_s ；由舰艇推进系数所决定的螺旋桨特性线的形式和螺旋桨的效率以及在该航速下带动螺旋桨的发动机台数。

现在来讨论对航速的影响。

众所周知，大多数柴油机舰艇（鱼雷快艇除外）的航速是与发动机转速的变化成正比，即：

$$v_s = C_3 n \quad (5-5)$$

式中 C_3 —常数；

n —每分钟的转速。

在发动机带动螺旋桨工作时，发动机所发出的功率，可以按立方抛物线的变化规律来求出。

$$N'_e = C_2 n^3 \quad (5-6)$$

这一关系式称为螺旋桨特性线。

这一关系式适用于下列的排水式舰艇（护卫舰、扫雷舰、大型和小型猎潜艇及潜艇）。对于滑行的，半滑行的鱼雷快艇以及水翼艇而言，螺旋桨的特性线由下一方程式来表示：

$$N'_e = C_2 n^m \quad (5-7)$$

式中 $m = 1.6 \div 3.2$

并且 (m) 是随航速而变化。在低航速下当尚未进入滑行过程或水翼尚未起作用时，值 (m) 接近于上限。在高航速时， (m) 便趋于下限，因为在这种情况下艇已进入滑行或水翼已起作用，舰艇运动的阻力增加不大。

我们用航速来表示功率并将其值代入方程式(5-4)中去。

$$\begin{aligned} v_s &= C_3 n; \quad n = \frac{v_s}{C_3}; \quad N'_e = C_2 n^3 \\ N'_e &= \frac{C_2}{C_3^3} v_s^3; \quad N_{y, g} = \frac{C_2 v_s^3 Z_g}{C_3^3 v_s}; \\ N_{y, g} &= \frac{C_2 Z_g}{C_3^3} v_s^2 = A v_s^2 \end{aligned} \quad (5-8)$$

$$L = \frac{G_{rg}}{A g_e' v_s^2} \quad (5-9)$$

这一公式适合于排水式舰艇。

从公式(5-9)可以明显地看出在降低航速时，续航力便增大，因为当航速降低时，单位所需功率 $N_{y, g}$ 便减小。这种现象的物理意义在于随着航速的减小，舰艇运动的阻力便减小。经验证明，这种关系也适合于其他的舰艇（快艇），因为物理实质仍然相同，然而只是难于写出分析表示式 $v = f(n)$ 。因此，随航速而变的续航力的表示式不能认为是普遍形式的方程式。

螺旋桨特性线的形式对单位功率和续航力的影响怎样？

在前面的结论中，我们认为发动机的螺旋桨特性线 $N'_e = C_2 n^3$ 是不变的。然而，对于各种舰艇而言，这一特性线可能有所不同。这一特性线的斜率取决于常数 (C_2) 。这一系数越大，则曲线就越陡(图5-3)。

系数的值 (C_2) 取决于什么呢？

第一，这一系数的值取决于舰体设计得如何，即取决于舰艇在水上运动的阻力的大小，亦即取决于它的推进系数。

第二，取决于螺旋桨的效率(η_p)。

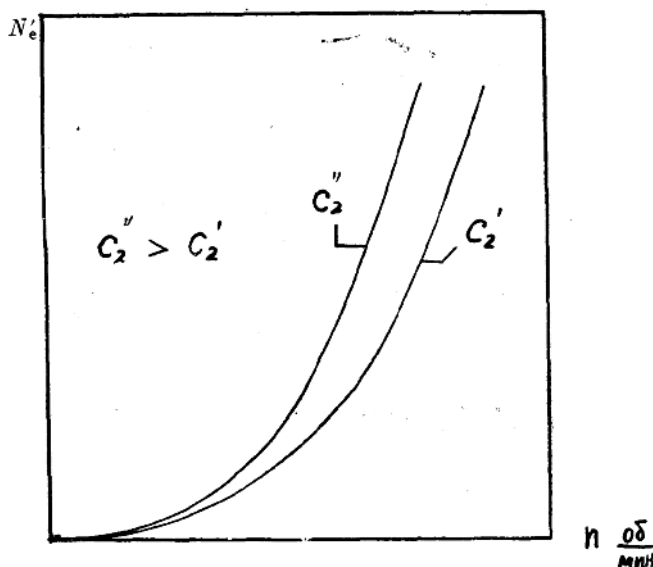


图 5-3

效率越低则发动机的功率消耗在螺旋桨上的损失便越大，因此系数(C_2)便越大。从公式(5-8)可以看出，当航速(v_0)不变时，系数(C_2)越大，则单位功率也就越大。从而舰艇的续航力亦减小。

工作发动机台数 K_j 的影响。

具有多台发动机与多轴动力装置的舰艇在低航速时常常是用一台或两台而不是用所有的发动机来航行。动力装置的这种工况称为局部工况。

局部工况对舰艇的续航力及单位功率的影响怎样呢？

现在我们来讨论两种情况。

第一种情况是全部发动机都带动螺旋桨

$$N_{y\sigma}^I = \frac{N_e' Z_{\sigma}}{v_{\sigma}}$$

第二种情况是在同样的航速下仅一台发动机工作 $Z_{\sigma} = 1$

$$N_{y\sigma}^I = \frac{(N_e')_I}{v_{\sigma}}$$

根据舰船原理可知:

$$N_e' Z_{\sigma} = \frac{EPS^I}{\eta_{\text{пр}} \eta^I}$$

$$(N_e')_I = \frac{EPS^I}{\eta_{\text{пр}} \eta^I}$$

式中 EPS —拖曳功率, 马力;

η —推进效率;

$\eta_{\text{пр}}$ —轴系效率。

当局部工况时,

$$EPS^I > EPS^I$$

因为舰体的阻力还附加有不工作螺旋桨的阻力

$$\eta^I < \eta^I$$

局部工况时的推进效率要比正常工况时的效率低, 因为一个螺旋桨所负担的舰体阻力的百分比很大, 螺旋桨的滑动加剧, 其效率降低, 因而推进系数也降低。推进系数乃是螺旋桨效率 η_p 与舰体影响系数 η_k 的乘积。

$$\eta = \eta_p \eta_k \quad (5-10)$$

结果使局部工况的单位功率大于正常工况时的单位功率

$$N_{y\sigma}^I > N_{y\sigma}^I$$

然而, 续航力同时还取决于燃料消耗率 g_e' , 当局部工况时, 发动机是以大负荷工作, 因此燃料的单位耗量较少。

$$(g_e')^I < (g_e')^I$$

所以由公式 (5-4) 可以知道, 局部工况时的续航力可能比正常工况大, 也可能比正常工况小。

$$L_I \geq L_I$$

这要取决于局部工况下单位功率增加多少以及燃料消耗率减小多

少。

实践证明，在局部工况时（同样航速下）续航力多半是减小。然而，在局部工况时，可以实现比全部发动机同时工作时较低的航速，而航速较低时，续航力便增大，因此局部发动机工作，经常用于经济航速。

根据上述内容可得出如下的结论：

1. 借助增加有效燃料储量和和使用经济性良好的发动机，便可增大续航力。
2. 舰艇的航速越小，舰体的推进系数越高，螺旋桨的效率越大则续航力就越大。
3. 如果全部发动机工作时，不能使舰艇的航速降低到所需要的值，则局部发动机工作时的航速，可作为能得到该舰艇给定续航力的经济航速。

§ 5-2 设计舰艇时，对给定航速下的舰艇 续航力和燃料储量的计算

1. 在舰艇技术设计时，进行续航力的计算。

在设计的技术任务书(TT3)中，舰艇续航力是根据战术设想来取定的。

在技术设计中，要取定燃料的储量，确定燃料的耗量，并根据这些数据计算续航力，而后将所求得的续航力与战术技术任务书中所给定的续航力作比较。因此，这种计算是具有检验性质的。

此外，当舰艇建成时，舰艇的燃料储量及各种航速下的燃料耗量的数据都可较准确的确定，因此通过计算可再检查续航力并最终予以校准。

对于成批生产的舰艇而言，通常是根据前几艘舰艇的国家试验数据来进行验算的。

续航力的计算一定要根据发动机用 100% 功率工作时的全航速来进行。

此外，续航力的计算一定要根据经济（低）航速来进行，其值等

于 $(0.4 \div 0.6)V_{\max}$ 并且舰艇在水面航行的最低经济航速极限为9节。对于扫雷艇而言，在扫雷工况下的航速，可能取低些，为6—7节。对于潜艇而言，在水上时经济航速为2—3节。

根据最大航速，经济航速等于：

$$V_{\max} = 50-60 \text{ 节时}, V_{\text{ЭК}} = 20-25 \text{ 节};$$

$$V_{\max} = 35-45 \text{ 节时}, V_{\text{ЭК}} = 18-20 \text{ 节};$$

$$V_{\max} = 20 \text{ 节时}, V_{\text{ЭК}} = 10 \text{ 节};$$

$$V_{\max} = 14-18 \text{ 节时}, V_{\text{ЭК}} = 9 \text{ 节}。$$

现在，为了取得关于舰艇战术性能较完整的概念，从经济航速到最大航速作四至五种航速的计算。

根据计算的数据，画出关系曲线。

$$L = f(V_s)$$

2. 当全部发动机带动螺旋桨工作时续航力的计算：

计算是按公式(5-1)与(5-2)来进行的。

计算在于根据给出的不同燃料储量及根据在不同航速时估算的发动机功率与燃料耗量来计算续航力。为了便于计算起见，将计算公式列于表5-1中。在计算时需要那些原始资料呢？

第一，在舰艇技术设计中，应具有所谓螺旋桨的作用曲线。螺旋桨应选好，并经过计算，制造与试验。根据这些试验应画出有关曲线：即螺旋桨的效率 (η_p) ，力矩系数 (K_2) ，推力系数 (K_1) 及推力直径系数 (K'_d) 与相对进程 (λ_p) 的关系曲线。

有时螺旋桨是根据现成的螺旋桨来挑选或根据几何相似螺旋桨的系列来选择。在这种情况下同样应当有螺旋桨作用曲线或该系列螺旋桨的曲线。

下面列举上述各值的公式：

$$K_1 = \frac{P}{\rho n^2 D^4} \quad (5-11)$$

$$K_2 = \frac{M_B}{\rho n^2 D^5} \quad (5-12)$$

$$K'_d = V_p D \sqrt{\frac{\rho}{P}} \quad (5-13)$$

$$\lambda_p = \frac{0.515 V_s (1-\omega) 60}{n D} = \frac{V_p}{n_c D} \quad (5-14)$$

式中 P —螺旋桨推力, 公斤;

M_b —螺旋桨的扭矩, 公斤—米;

D —螺旋桨直径, 米;

$V_p = V_s \cdot 0.515(1-\omega)$ 螺旋桨圆盘内水的流速, 米/秒;

V_s —舰艇航速, 节;

w —伴流系数;

$\rho = 104$ —水的密度公斤秒²/米⁴;

n —螺旋桨每分钟的转速;

n_c —螺旋桨每秒钟的转速。

作用曲线的形状示于图 5-4 上。

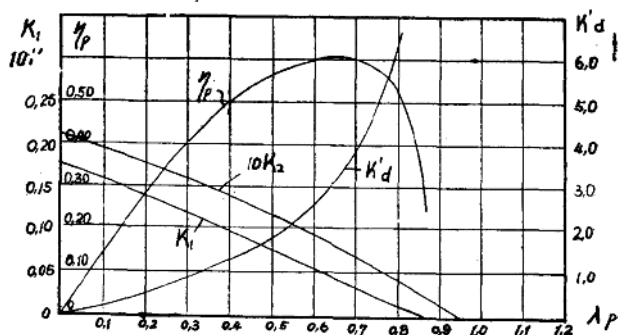


图 5-4 螺旋桨作用曲线

第二, 应当有由模型试验折合成实船的数据, 并表示成航速(V_s)与拖曳功率(EPS)的关系曲线如图5-5所示。

第三, 应当有主机与辅助发动机燃料耗量的数据, 这些数据是根据内燃机的试验或内燃机的计算数据来求得。通常在计算舰艇之前, 发动机就开始设计与制造, 因此到军舰技术设计时期, 发动机已制好并经过工厂试验台试验过, 曲线的形状示于图(5-2)上。

此外，应有螺旋桨的具体数据：直径(D)，盘面比($\frac{A}{A_d}$)，伴流系数值(w)及推力减额系数。在表 5-1 中列出了续航力计算的公式。在计算时还要给出燃料的全部储量(G_n)并确定燃料的有效储量(G)。对于每一取好的(G)值按下一表来进行计算。

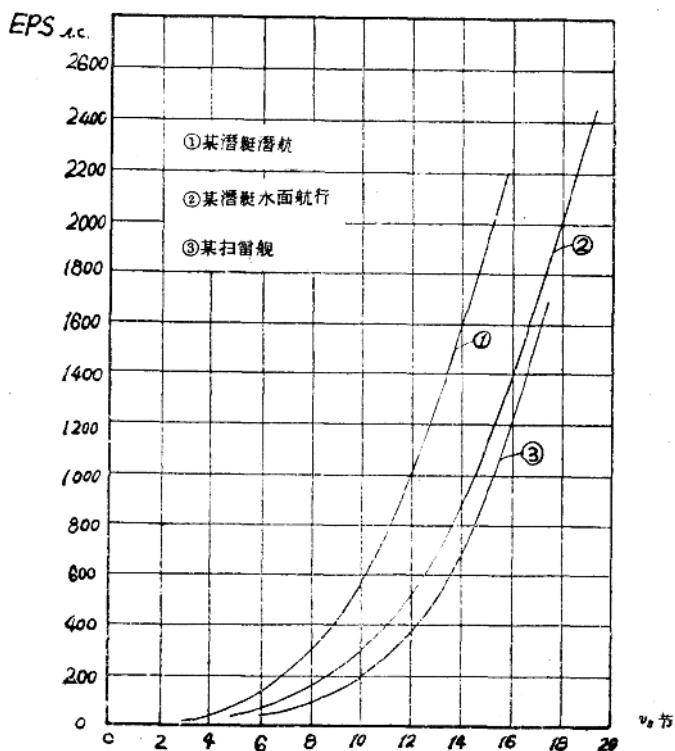


图 5-5 拖曳曲线

表 5-1

值的名称		代号与单位	数 值		
1	2	3	4	5	6
1	给定的航速	v_s 节			
2	取用的伴流系数	w			
3	取用的推力减额系数	t			
4	计算航速	$v_p = 0.515v_s(1-w)$			
5	根据拖曳曲线求出的各种速度值 v_s 下的拖曳功率	EPS 马力			
6	螺旋桨的有效推力	$P_e = \frac{75EPS}{Z_B 0.515v_s}$ 公斤 Z_B —螺旋桨数目			
7	螺旋桨的实际推力	$P = \frac{P_e}{(1-t)}$ 公斤			
8	推力——直径系数	$K'_d = V_p D \sqrt{\frac{\rho}{P}}$ $\rho = 104$			
9	求得 K'_d 以后按作用曲线求出螺旋桨的相对进程与功率	λ_p, η_p			
10	螺旋桨(发动机)的转速	$n = \frac{V_p 60}{\lambda_p D}$ 转/分			
11	舰体影响系数	$\eta_k = \frac{1-t}{1-w}$			
12	推进系数	$\eta = \eta_k \eta_p$			
13	轴系效率(给出)	$\eta_{AB} = 0.97-0.98$			
14	带动螺旋桨的每台发动机的功率	$N'_e = \frac{EPS}{Z_g \eta_{AB} \eta}$ 马力 Z_g —发动机台数			
15	根据求得的值 (N_e) 与 (n) 由 $g'_e = f(N'_e n)$ 曲线图(图 5-2)求出每有效马力小时的燃料耗量	g'_e 公斤/有效马力小时			

16	保证航速所需的辅助发动机的功率（见第七章）	N_e'' 马力
17	辅助发动机的转速	n'' 转/分
18	按所求得值 N_e'' 与 n'' 由 $g_e'' = f(N_e'', n'')$ 曲线图来求出辅助发动机每有效马力小时的燃料耗量	g_e'' 公斤/有效马力小时
19	该航速下舰艇续航力	$L = \frac{G}{\frac{g_e' N_e' Z_g + g_e'' N_e''}{v_g}}$ 哩
20	出航的时间	$T = \frac{L}{v_g}$ 小时

3. 在局部发动机带动螺旋桨工作时续航力的计算（水面舰艇的）。

上面已经提过，经济航速可以在部分发动机带动螺旋桨工作而部分停住的局部发动机工作时来实现（对多轴装置而言）。不工作的螺旋桨可以固定住或让其自由旋转，这时续航力计算的特点在于，当同一航速下用于转动螺旋桨所耗的功率要比正常工况下大得多，这是由于具有附加阻力和螺旋桨工作条件恶化的结果，后者是由于螺旋桨的滑动增大的结果。

在计算续航力时，应当具有计算正常工况时续航力计算的全部数据（见本节第2点），计算公式列于表5-2上。表中第8点里面的系数1.05系考虑及只有一台发动机工作时，由于转舵而产生的附加阻力及舰艇漂流角的影响。如果一台中间发动机或两台两舷的发动机局部工作及无舰艇的漂流角时，则系数1.05可忽略不计。

4. 潜艇水面续航力的计算。

当潜艇在水面航行时，它实际上是水面舰艇，因此计算续航力的不同之处仅在于按不同的方法来计算辅助机械的工作。在潜艇上没有专门的辅助发动机。

辅助机械的供电是按下列方法来进行。除了最高航速之外，辅助机械都由主发电机来供给电能。主发电机是由主柴油机来驱动，此外柴油机还带动螺旋桨。柴油机的这种工况称为“螺旋桨——消耗”工况。

表 5-2

N	值的名称	代号与单位	数值		
1	2	3	4	5	6
1	给定航速	v_s 节			
2	取用的伴流系数	w			
3	取用的推力减额系数	t			
4	计算航速	$v_p = 0.515v_s(1-w)$ 米/秒			
5	根据拖曳曲线确定拖曳功率	EPS 马力			
6	将不工作的螺旋桨刹住时的阻力	$R_{3B} = Z_{3B} \cdot 50 \frac{A}{A\alpha} V_p^2 D^2$ 公斤 Z_{3B} —不工作螺旋桨的数目; $\frac{A}{A\alpha}$ —螺旋桨盘面比。			
6 _A	不工作的螺旋桨自由旋转时的阻力	$R_{CB} = 0.5R_{3B}$ 公斤			
7	不工作螺旋桨消耗的功率	$EPS_B = \frac{vR_{3B(CB)}}{75}$ 马力 $v = 0.515v_s$			
8	计及垂直舵阻力与舰艇漂流角的总和拖曳功率	$\Sigma EPS = 1.05EPS + EPS_B$ 马力			
9	螺旋桨有效推力	$P_e = \frac{\Sigma EPS \cdot 75}{Z_B \cdot 0.515v_s}$ 公斤			
10	其次,计算是按表(5-1)的7,8,9,10,11,12,13各点来进行				
11	局部工作发动机的功率	$N_e = \frac{\Sigma EPS}{Z_g \eta_{гв} \eta}$ 马力			
12	以后的计算直到終了都按表(5-1)中的15,16,17,18,19,20各点来进行				η