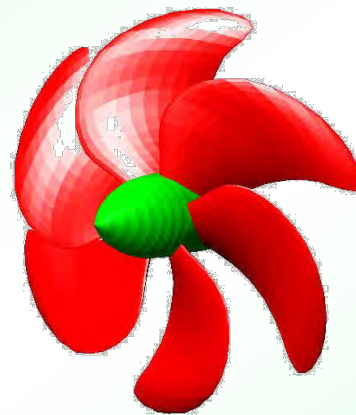


第八章 螺旋桨图谱设计

§ 8.1 设计问题和设计方法



一、螺旋桨的初步设计问题

- 1、已知船速 V ，有效马力 P_E ，根据选定的直径 D ，确定最佳转速 n ，效率 η_0 ，螺距比 P/D 和主机马力 P_S ；
- 2、已知船速 V ，有效马力 P_E ，根据选定的转速 n ，确定最佳直径 D ，效率 η_0 ，螺距比 P/D 和主机马力 P_S 。

二、螺旋桨的终结设计问题

已知主机马力 P_S ，转速 n 和有效马力 P_E ，确定最大船速 V ，直径 D ，螺距比 P/D 及效率 η_0 ；

图谱设计法

环流理论设计法

§ 8.2 B-δ 型螺旋桨设计图谱及其应用

一、AU型螺旋桨设计图谱及其应用

1、B-δ 型设计图谱的建立

针对终结设计问题导出不包含直径 D 的系数
由

$$Q = K_Q \rho n^2 D^5 = \frac{75P_D}{2\pi n}$$

$$D = \frac{V_A}{nJ}$$



$$K_Q \rho n^2 \left(\frac{V_A}{nJ}\right)^5 = \frac{75P_D}{2\pi n}$$

定义收到马力系数（功率系数）为

$$B_P = \sqrt{\frac{2\pi \rho K_Q}{75J^5}} = \frac{P_D^{1/2} n}{V_A^{2.5}}$$

各量单位取为： P_D (hp)， V_A (m/s)， n (rps)

如取为： V_A (kn)， N (rpm)， $\rho=104.51 \text{ kgfs}^2/\text{m}^4$

则有

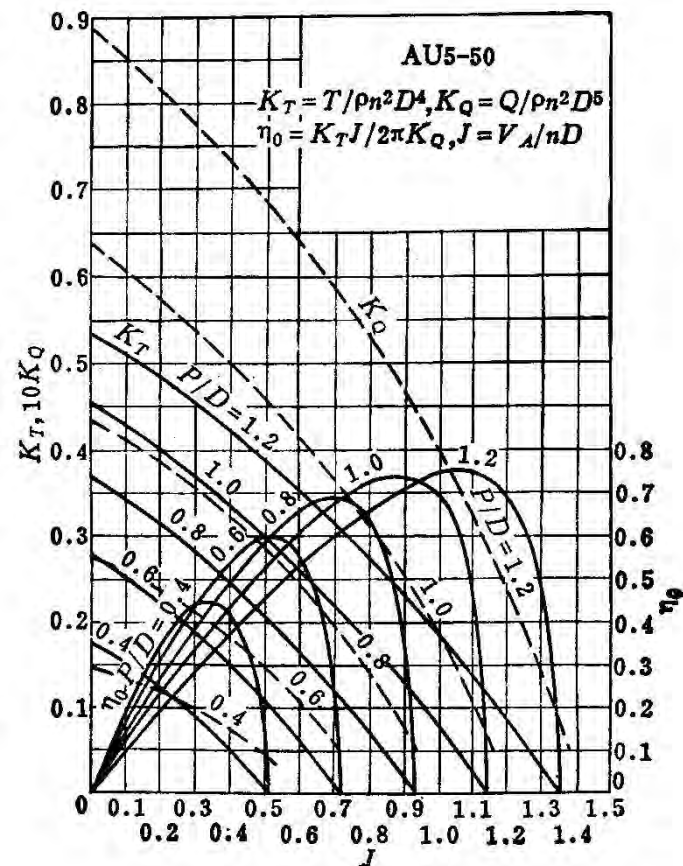
$$B_P = 33.30 \frac{K_Q^{0.5}}{J^{2.5}}$$

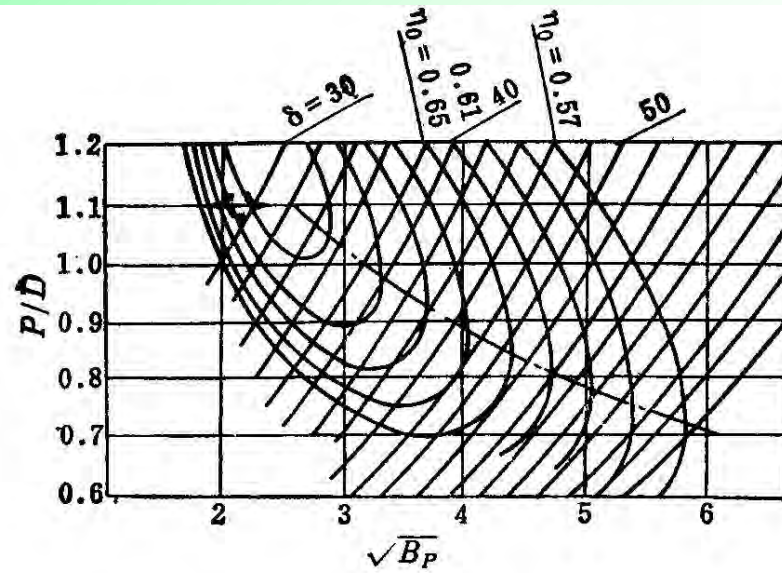
同时定义直径系数

$$\delta = \frac{ND}{V_A} = \frac{30.86}{J}$$

由敞水曲线绘制图谱方法

- 1) 在同一叶数和盘面比的敞水曲线上, 取一定 P/D 值, 读取其 $J \sim K_Q$, η_0 ;
- 2) 由 B_p 及 δ 的定义, 算出 $\sqrt{B_p}$ 和 δ ;
- 3) 在纵坐标为 P/D , 横坐标为 $\sqrt{B_p}$ 的图上, 作 P/D 的水平线, 并在其上标明与 $\sqrt{B_p}$ 值对应的 η_0 和 δ 值;
- 4) 对不同的 P/D 作上述处理, 将 η_0 和 δ 值相同的点连成曲线, 得 η_0 和 δ 值的等值线;
- 5) 将各 $\sqrt{B_p} = \text{const}$ 时效率最高点连成光滑曲线, 即为最佳效率线。



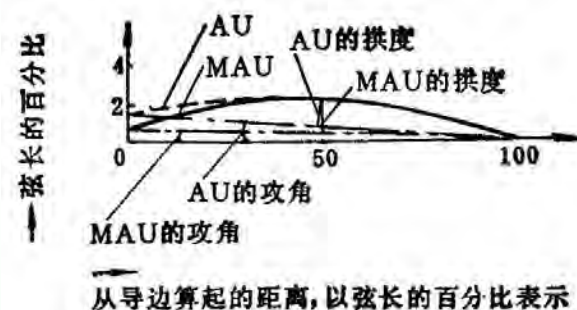
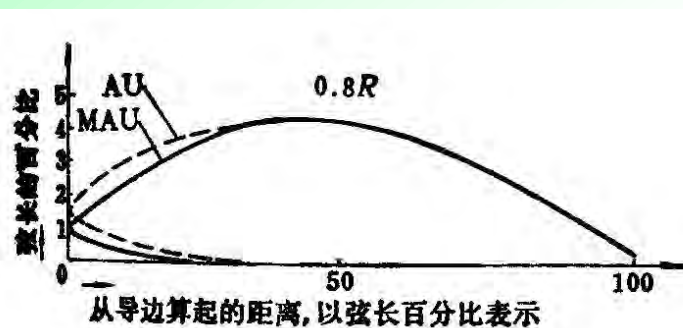


2、AU (MAU) 型螺旋桨形式

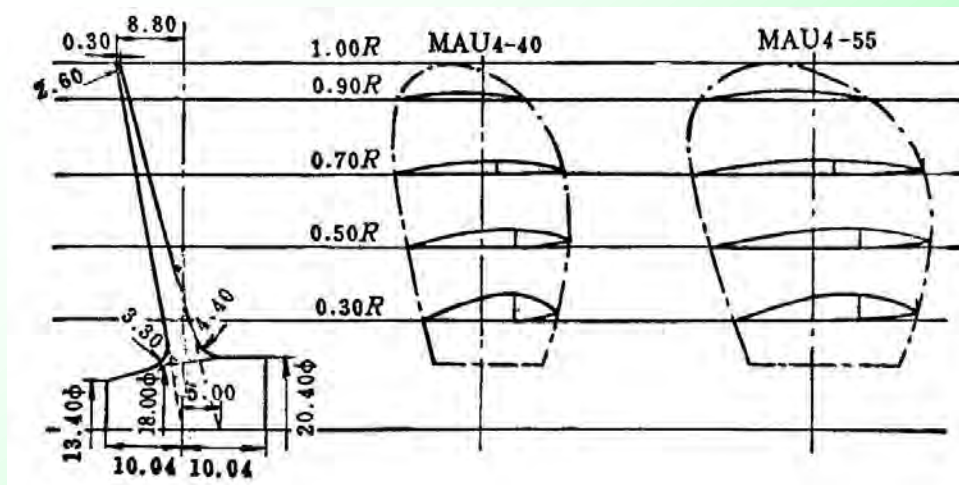
AU~该系列原型，为部分五叶桨和六叶桨

MAU~减小部分切面的前缘高度，适当降低面空泡的裕度，增大叶背的抗空泡性能。

AU_w~尾缘有一定翘度，六叶桨



MAU为等螺距螺旋桨



3、图谱的应用

设计时应先

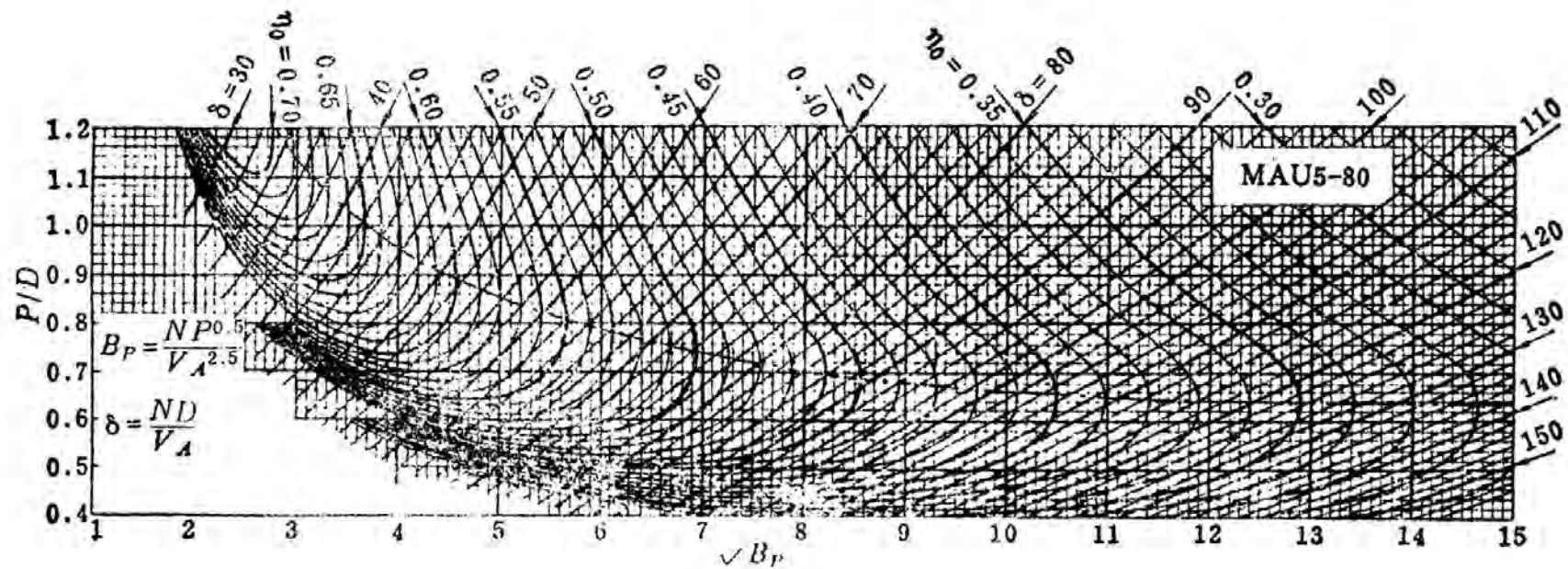
确定 w, t, η_R, η_S

1) 螺旋桨的初步设计问题

(a) 已知船速 V , P_E , 选定 D , 确定最佳转速 N , η_0 , P/D , P_S

选定桨型, 叶数, 盘面比, 假设一组转速 N , 列表计算

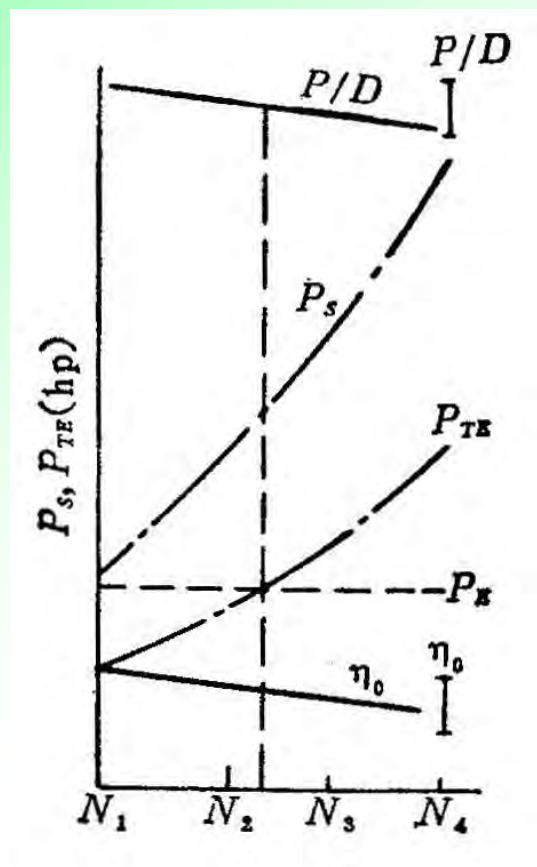
序号	名 称	单 位	数 据			
1	螺旋桨直径 D (给定)	m				
2	$\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$					
3	$V_A = V(1-w)$	kn				
4	P_E (给定)					
5	假定一组转速 N	rpm	N_1	N_2	N_3	N_4
6	直径系数 $\delta = \frac{ND}{V_A}$		δ_1	δ_2	δ_3	δ_4
7	查MAU4-55图谱, 由 δ 等值线与最佳效率曲线的交点得到 P/D η_0 $\sqrt{B_P}$		$(P/D)_1$ η_{01} $\sqrt{B_{P1}}$	$(P/D)_2$ η_{02} $\sqrt{B_{P2}}$	$(P/D)_3$ η_{03} $\sqrt{B_{P3}}$	$(P/D)_4$ η_{04} $\sqrt{B_{P4}}$
8	$P_D = \frac{B_P^2 V_A^5}{N^2}$		P_{D1}	P_{D2}	P_{D3}	P_{D4}
9	主机马力 $P_S = \frac{P_D}{\eta_S \cdot \eta_R}$		P_{S1}	P_{S2}	P_{S3}	P_{S4}
10	计算螺旋桨能克服的有效马力 $P_{TE} = P_D \cdot \eta_0 \cdot \eta_H$		P_{TE1}	P_{TE2}	P_{TE3}	P_{TE4}



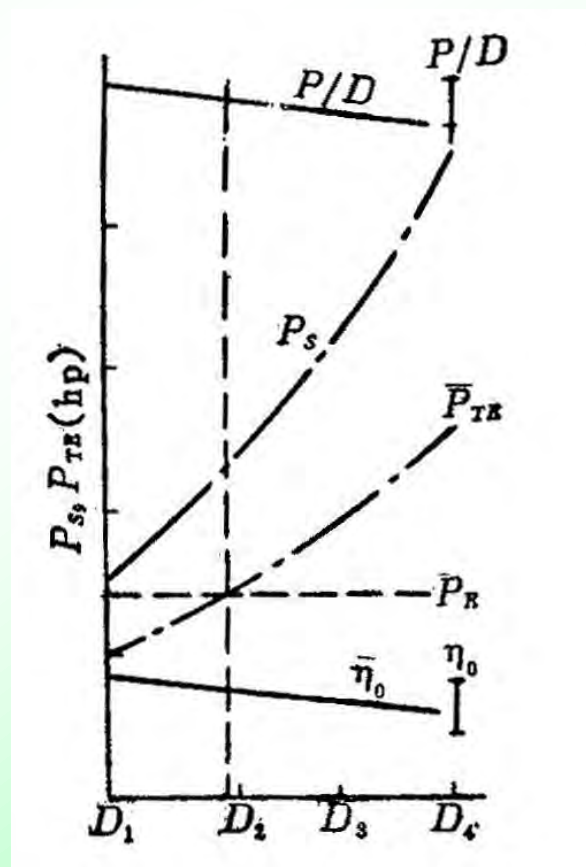
(b) 已知船速 V , P_E , 选定 N , 确定最佳转速 D , η_0 , P/D , P_S 同样选定桨型, 叶数, 盘面比, 假设一组转速 N , 列表计算

序号	名 称	单 位	数 据			
1	螺旋桨转速 N (给定)	rpm				
2	$\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$					
3	$V_A = V(1-w)$	kn				
4	P_E (给定)					
5	假设一组直径 D	m	D_1	D_2	D_3	D_4
6	直径系数 $\delta = \frac{ND}{V_A}$		δ_1	δ_2	δ_3	δ_4
7	查MAU4-55图谱, 由 δ 等值线与最佳效率曲线的交点得到 P/D η_0 $\sqrt{B_P}$		$(P/D)_1$ η_{01} $\sqrt{B_{P1}}$	$(P/D)_2$ η_{02} $\sqrt{B_{P2}}$	$(P/D)_3$ η_{03} $\sqrt{B_{P3}}$	$(P/D)_4$ η_{04} $\sqrt{B_{P4}}$
8	$P_D = \frac{B_P^2 \cdot V_A^5}{N^2}$		P_{D1}	P_{D2}	P_{D3}	P_{D4}
9	主机马力 $P_S = \frac{P_D}{\eta_S \cdot \eta_R}$		P_{S1}	P_{S2}	P_{S3}	P_{S4}
10	有效推马力 $P_{TE} = P_D \cdot \eta_0 \cdot \eta_H$		P_{TE1}	P_{TE2}	P_{TE3}	P_{TE4}

根据计算结果作 $N \sim P_S$, P_{TE} , P/D , η_0 曲线图。 P_{TE} 与 P_E 交点即为设计桨的各项参数



根据计算结果作 $D \sim P_S$, P_{TE} , P/D , η_0 曲线图。 P_{TE} 与 P_E 交点即为设计桨的各项参数



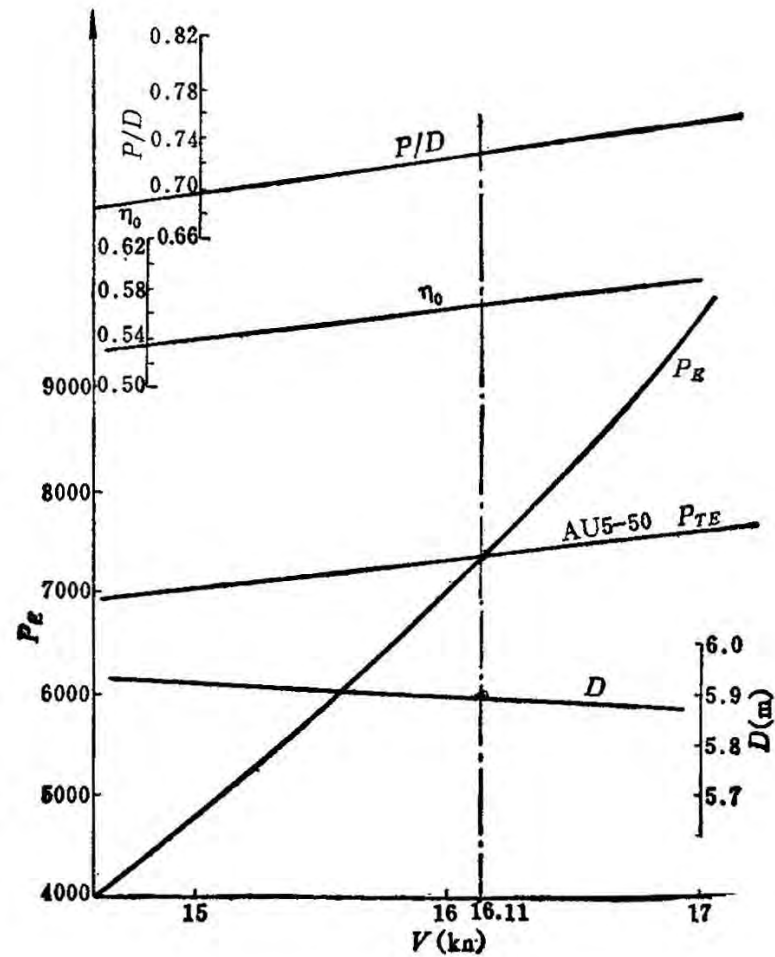
2) 螺旋桨的终结设计问题

已知 P_E ,
 P_S , 转速 N , 确定船速 V , η_0 ,
 P/D , D ,

选定桨型,
 叶数, 盘面比,
 假设一组船速 V ,
 列表计算

假定若干船速 V		kn	14	15	16	17
$V_A = V(1 - w)$		kn	9.23	9.90	10.56	11.22
$P_D^{1/2}$			107.4	107.4	107.4	107.4
$V_A^{2.5}$			259	308.5	362	422
N			118.5	118.5	118.5	118.5
$B_P = \frac{NP_D^{1/2}}{V_A^{2.5}}$			49.2	41.3	35.2	30.2
$\sqrt{B_P}$			7.02	6.43	5.93	5.50
查AU5-50图谱 从 $\sqrt{B_P}$ 与最佳效率线 交点得	δ		76.5	71.0	66.2	62.0
	η_0		0.519	0.544	0.567	0.588
	P/D		0.672	0.700	0.728	0.752
	D	m	5.95	5.93	5.90	5.87
	$P_{TE} = P_D \cdot \eta_0 \cdot \eta_H$		6720	7040	7340	7615

根据计算结果作 $V \sim P_E$, P_{TE} , D , P/D , η_0 曲线图。 P_{TE} 与 P_E 交点即为设计桨的各项参数



二、B型螺旋桨设计图谱的新形式

1969年重新整理发表。

1、B型桨图谱与AU图谱的差别：

AU型：1) 参数均为公制单位；

2) 图谱已换算至海水情况；

3) 图谱查出的最佳直径就是船后的最佳直径。

B型：1) 参数均采用英制单位；

$P_D \sim (\text{UKhp})$, $V_A \sim (\text{kn})$, $N \sim (\text{rpm})$, $D \sim (\text{ft})$

$$B_P = \frac{P_D^{1/2} N}{V_A^{2.5}} = 33.08 \sqrt{\frac{K_Q}{J^5}}$$

$$\delta = \frac{ND}{V_A} = \frac{101.33}{J}$$

2) 图谱未换算至海水情况，设计海船时，需用

$$B_P = \frac{P_D^{1/2} N}{\sqrt{\gamma} V_A^{2.5}}$$

3) 图谱最佳直径用于船后时需减小 2~4%，
(1969年前)，1969年以后，直接应用

2、B型系列桨的新图谱

1972年，荷兰船模水池根据以前的资料，应用多元回归的方法，绘制了一套新图谱，包括（1） $K_T, K_Q \sim J$ 图谱；（2） $B_{P1} \sim 1/J$ 图谱；（3） $B_{P2} \sim 1/J$ 图谱。

B_{P1} 和 B_{P2} 的定义为：

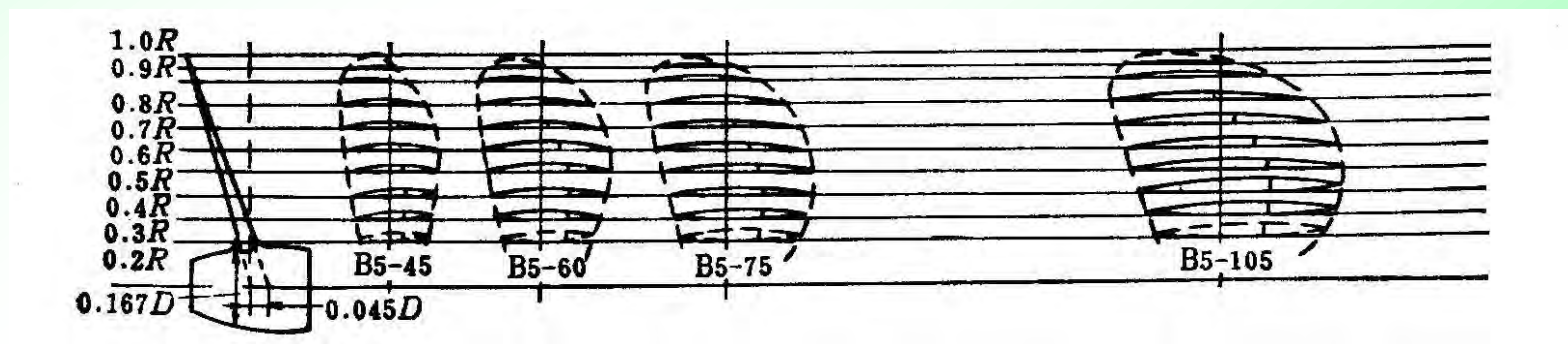
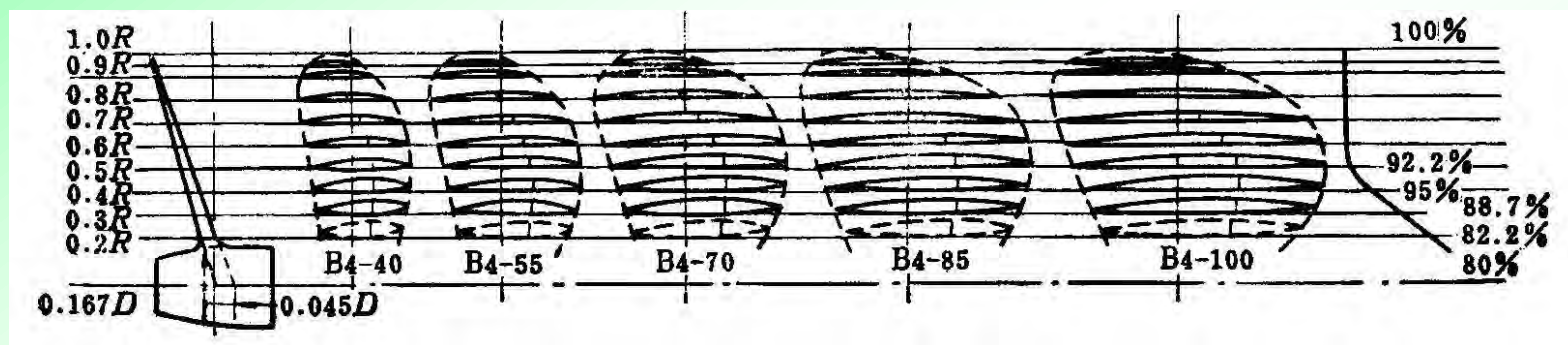
$$B_{P1} = \frac{P_D^{1/2} N}{V_A^{2.5}} \longrightarrow K_Q^{1/4} \cdot J^{-5/4} = \left[\frac{Qn^3}{\rho V_A^5} \right]^{1/4}$$

$$B_{P2} = \frac{P_D^{1/2}}{D V_A^{1.5}} \longrightarrow K_Q^{1/4} \cdot J^{-3/4} = \left[\frac{Qn}{\rho D^2 V_A^3} \right]^{1/4} = \left[\frac{P_D}{2\pi \rho D^2 V_A^3} \right]$$

$P_D \sim (\text{kgm/s}), V_A \sim (\text{m/s}), n \sim (\text{rps}), Q \sim (\text{kgf-m})$

3、B型系列桨型式

根部切面为机翼型，梢部切面为弓形，后倾角为 15° ，四叶桨 $0.6R \sim 1.0R$ 为等螺距， $0.6R$ 至叶根逐渐减少，至叶根减少20%，其它叶数桨为等螺距桨。



§ 8.4 设计螺旋桨时应考虑的若干问题

- 一、螺旋桨的数目
- 二、螺旋桨的叶数
- 三、螺旋桨的直径
- 四、螺旋桨的转速
- 五、桨叶外形和叶切面形状

§ 8.6 螺旋桨图谱设计举例

一、船舶的主要参数

船型：单桨，球首，球尾，流线型挂舵，中机型多用途远洋货船

设计水线长： $L_{WL}=144.20$ 米

垂线间长： $L_{PP}=140.00$ 米

型宽： $B=21.80$ 米

型深： $H=12.50$ 米

设计吃水： $T=8.90$ 米

方形系数： $C_B=0.743$

排水量： $\Delta=20800$ 吨

桨轴中心距基线： $Z_p=2.95$ 米

有效马力曲线数据：

航 速	V (kn)	12	13	14	15	16	17
有效马力 P_E (hp)	满 载	2036	2655	3406	4368	5533	7017
	压 载	1779	2351	3007	3642	4369	5236
	110%满载	2239	2921	3747	4805	6086	7719