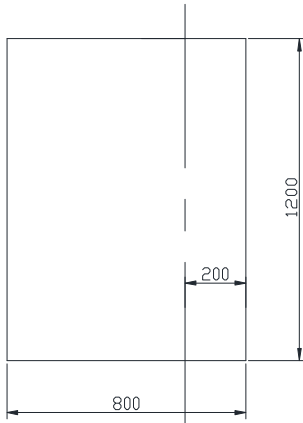


					4.00m 型宽钢质刺网渔船				
标记	数量	修改单号	签字	日期	舵系计算书	ZHC8415-231-01JS			
编制	张峰	打字				总面积	0.63 m <sup>2</sup>	共 10 页	第 1 页
校对	张海波					浙江省海洋水产研究所			
审核									
标检	张伟信								
签字		日期	2024.10						





舵系计算书		ZHC8415-231-01JS	第 2 页
1 计算准则			
1.1 本计算按中华人民共和国海事局颁布的《钢质国内海洋渔船建造规范》（船长大于或等于 12m 但小于或等于 24m）2019 年版之有关要求 进行。			
1.2 舵杆受力分析计算采用中国船级社上海规范研究所“COMPASS（Ver.0601）” 计算程序进行。			
2 船体参数			
设计水线长	$L_{WL}=12.07\text{m}$		
型宽	$B=4.00\text{m}$		
型深	$D=1.60\text{m}$		
设计吃水	$d=1.20\text{m}$		
航速	$V=8\text{ kn}$		
3 舵系要素			
3.1 型式	流线型双支承平衡舵		
	舵剖面翼型	NACA-18	
	舵尺寸要素	$1.20\times 0.80\text{ m}$ （如图）	
<div></div>			
	舵数量	1 扇	
	舵面积	$A=0.96\text{m}^2$	
	舵面积比	$u=6.62\%$	
	舵平衡部分面积	$0.24\text{m}^2$	
	舵平衡比	$e=0.25$	



舵系计算书		ZHC8415-231-01JS	第 3 页
舵平均高度	b=1. 20m		
舵平均宽度	C=0. 80m		
展弦比	$\lambda =1. 50$		
4 舵系材料			
舵轴的抗拉强度	$\delta_b=440\text{N}/\text{mm}^2$	$\delta_s=220\text{N}/\text{mm}^2$	
螺栓的抗拉强度	$\delta_b=600\text{ N}/\text{mm}^2$	$\delta_s=300\text{N}/\text{mm}^2$	
连接法兰抗拉强度	$\delta_b=440\text{ N}/\text{mm}^2$	$\delta_s=220\text{N}/\text{mm}^2$	
舵杆材料系数	$K_s=(\delta_s/235)=0. 936$		
螺栓材料系数	$K_b=(\delta_s/235)^{0. 75}=1. 201$		
连接法兰材料系数	$K_f=(\delta_s/235)=0. 936$		
5 舵压力 § 3. 1. 2			
5. 1 舵力 F			
$F_{正}=132K_1K_2K_3AV_{d正}^2=14197\text{N}$			
$F_{倒}=132K_1K_2K_3AV_{d倒}^2=2587\text{N}$			
式中： $\lambda =1. 50$			
$K_1=(\lambda +2)/3=1. 17$			
$K_{2正}=1. 1$			
$K_{2倒}=0. 8$			
$K_3=1. 0$			
$A=0. 96\text{m}^2$			
$V_{d正}=(V+20)/3=9. 33\text{kn}$			
$V_{d倒}=4. 67\text{kn}$			
5. 2 舵杆扭矩 § 3. 1. 3			
$T_{正}=F_{正}R_{正}=1136\text{N}\cdot\text{m}$			
$T_{倒}=F_{倒}R_{倒}=854\text{N}\cdot\text{m}$			
式中 $F_{正}=14197\text{N}$			
$F_{倒}=2587\text{N}$			
$R_{正}=C(\alpha_{正}-\beta)=0. 80(0. 33-0. 25)=0. 064\text{ m}$			
取 $\beta =e=0. 25$			



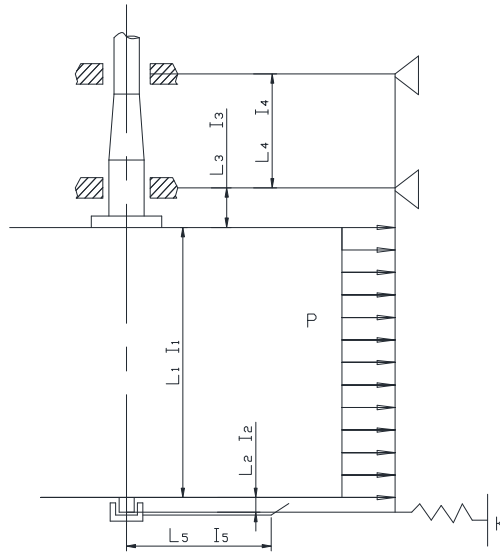
$$R_{\text{正}}=0.1C=0.080 \text{ m} \quad (R_{\text{正}} \text{取值应} \geq 0.1C) \quad \text{实取 } R_{\text{正}}=0.080 \text{ m}$$

$$R_{\text{倒}}=C(\alpha_{\text{倒}}-\beta)=0.80(0.66-0.25)=0.33\text{m}$$

考虑风浪和摩擦裕度 40%， $1.4 T_{\text{正}}=2.047\text{kN} \cdot \text{m}$ ，选用  $12 \text{ kN} \cdot \text{m}$  电动液压舵机

#### 6 舵杆—舵叶系统的受力：§ 3.1.5

计算模型见图



$$\begin{aligned} P &= F/L_1 \\ &= 14197/1.20 \\ &= 11831\text{N/m} \end{aligned}$$

舵杆、舵叶、舵销、舵托的剖面见相关图纸，其中  $l_4$ 、 $l_3$ 、 $l_2$  段内剖面为圆形，直径分别为 6cm，7cm，6cm，其惯性矩分别为：

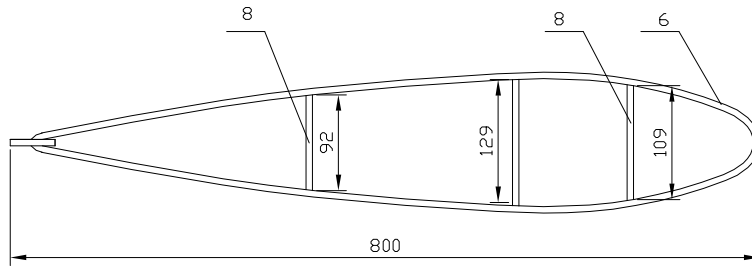
$$I_4 = (\pi/64) \times 6^4 = 64\text{cm}^4$$

$$I_3 = (\pi/64) \times 7^4 = 118\text{cm}^4$$

$$I_2 = (\pi/64) \times 6^4 = 64\text{cm}^4$$

舵叶惯性矩  $I_1$  计算如下：





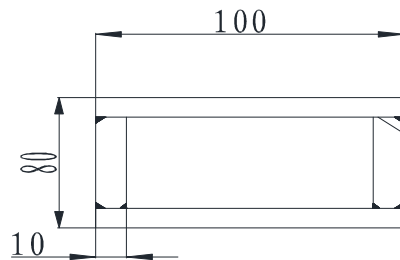
为方便计算，舵叶的剖面简化为椭圆形：

$$I_1 = (\pi/64) \times (14.50^3 \times 80 - 13.30^3 \times 78.80) + [0.80 \times (9.20^3 + 12.90^3 + 10.90^3) / 12]$$

$$= 3152 \text{ cm}^4$$

尾框底骨面对垂直中和轴的惯性矩：

根据 CAD 作图所得  $I_5 = 243.17 \text{ cm}^4$



$$K = 6.18 \times (I_5 / L_5^3) \times 10^3 = 1.622 \times 10^7 \text{ N/m}$$

$$L_1 = 1200 \text{ mm}$$

$$L_2 = 90 \text{ mm}$$

$$L_3 = 300 \text{ mm}$$

$$L_4 = 860 \text{ mm}$$

$$L_5 = 1000 \text{ mm}$$

根据 COMPASS 程序计算（见尾页）下舵承至舵叶顶间舵杆的最大弯矩  $M_{b\text{正}}$  为 1844N.m

## 7. 舵杆

### 7.1 舵柄处传递舵扭矩的舵杆直径：§ 3.1.5.1



$$D_{t正} = 4.2 \times \sqrt[3]{T_{正} / K_s} = 44.80 \text{ mm}$$

$$D_{t倒} = 4.2 \times \sqrt[3]{T_{倒} / K_s} = 40.74 \text{ mm}$$

式中  $K_s = 0.936$

$$T_{正} = 1136 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{倒} = 854 \text{ N} \cdot \text{m}$$

实取  $D_t = 60 \text{ mm}$  (装配  $D_t$  为  $59 \text{ mm}$ )

7.2 下舵承处和下舵承以下的舵杆直径  $D_c$ : § 3.1.5.4

$$D_{c正} = D_{t正} \times \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3} \left( \frac{M_{b正}}{T_{正}} \right)^2} = 57.59 \text{ mm}$$

$$D_{c倒} = D_{t倒} \times \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3} \left( \frac{M_{b倒}}{T_{倒}} \right)^2} = 56.63 \text{ mm}$$

式中:  $D_{t正} = 44.80 \text{ mm}$

$$D_{t倒} = 40.74 \text{ mm}$$

$$T_{正} = 1136 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T_{倒} = 854 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{b正} = 1844 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{b倒} = 1844 \text{ N} \cdot \text{m}$$

实取  $D_c = 70 \text{ mm}$

7.3 舵销直径: § 3.1.11.2 及 § 3.1.11.5

$$D_p = 0.35 \sqrt{\frac{P}{K_p}}$$

式中:  $P = 11831 \text{ N/m}$

$K_p = 0.936$  (取  $K_p$  同  $K_s$ )

$$D_p = 0.35 \sqrt{\frac{P}{K_p}} = 39.35 \text{ mm}$$

实取:  $D_p = 60 \text{ mm}$

销座厚  $t = 0.40 \times D_p$

$$= 17.16 \text{ mm}$$

实取  $> 30 \text{ mm}$

取舵销长度  $L = 90 \text{ mm}$



舵销轴承长度为 90mm>舵销衬套的直径  $\phi 80\text{mm}$ 。

$$L/D_p=90/80$$

$$= 1.13 < 1.20$$

#### 7.4 轴承的支承面积 $A_b$ § 3.1.13.1

$$A_b = \frac{P}{[P]} = \frac{9871}{7} = 1410 \text{ mm}^2$$

有效长度  $L=60\text{mm}$

直径  $D_p=60\text{mm}$

实取:  $A=60 \times 60$

$$=3600\text{mm}^2$$

满足规范要求

#### 8. 舵叶 § 3.1.6

##### 8.1 舵旁板、顶板、底板厚度: § 3.1.6.2

$$t=5.5s\beta\sqrt{d+\frac{F}{A}\times 10^{-4}}+2.5=4.19\text{mm}$$

式中:  $d=1.20\text{m}$      $F=14197\text{N}$      $A=0.96\text{m}^2$

$S=0.20$      $b=0.30 \text{ m}$  (格板短边  $S$ , 长边  $b$ )

$$\beta = \sqrt{1.1 - 0.5\left(\frac{S}{b}\right)^2} = 0.937$$

实取  $6 \text{ mm}$

##### 8.2 垂直隔板, 水平隔板 § 3.1.6.3

$$t=t_{\text{旁}} \times 0.7=3.101\text{mm}$$

实取  $t=8\text{mm}$  (规范要求不小于  $8\text{mm}$ )

##### 8.3 导板 § 3.1.6.4

$$t=1.2t_{\text{旁}}=5.316\text{mm}$$

实取  $t=8\text{mm}$



舵系计算书	ZHC8415-231-01JS	第 8 页
<div data-bbox="300 159 686 197" data-label="Section-Header"> <p>9. 水平连接法兰 § 3. 1. 7</p> </div> <div data-bbox="292 230 933 268" data-label="Section-Header"> <p>9.1 舵叶与舵杆连接法兰螺栓直径 § 3. 1. 7. 1</p> </div> <div data-bbox="371 293 719 383" data-label="Equation-Block"> <math display="block">d_b=0.62\sqrt{\frac{Dc^3Ks}{nEbKb}}=8.33\text{mm}</math> </div> <div data-bbox="365 427 1249 512" data-label="Text"> <p>式中 Dc=57.59mm Ks=0.936 Kb=1.201 n=6 Eb=147mm 实取 db=20mm</p> </div> <div data-bbox="292 539 662 577" data-label="Section-Header"> <p>9.2 法兰厚度 § 3. 1. 7. 2</p> </div> <div data-bbox="397 602 655 692" data-label="Equation-Block"> <math display="block">t= d_b\sqrt{\frac{K_b}{K_f}}=9.44\text{mm}</math> </div> <div data-bbox="381 736 983 846" data-label="Text"> <p>式中 Kb=1.201 Kf=0.936 db =8.33 实取 t=20mm</p> </div> <div data-bbox="292 882 678 920" data-label="Section-Header"> <p>9.3 键的尺寸 § 3. 1. 15. 3</p> </div> <div data-bbox="411 956 721 1142" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\begin{aligned} B\times L &amp;\geq D^3/2.35\times dm \\ &amp;=59^3/2.35\times 59 \\ &amp;=1481\text{mm}^2 \end{aligned}</math> </div> <div data-bbox="469 1178 1050 1590" data-label="Text"> <p>式中： B-键宽 取 28mm L-键长 取 180mm D-键轴中间直径 取 59mm Dm-键中部轴均直径 取 59mm 实际取 B×L=5040mm<sup>2</sup> 满足规范要求</p> </div> <div data-bbox="418 1624 620 1662" data-label="Text"> <p>键的剪切应力：</p> </div> <div data-bbox="454 1688 663 1769" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\tau=\frac{2T}{ndbL} \text{ N/mm}^2</math> </div> <div data-bbox="451 1807 1096 2080" data-label="Text"> <p>式中： T ---舵杆扭矩 1.136×10<sup>6</sup> N. mm n---键数 1 个 d---舵柄处舵杆直径 59mm b---键宽 28mm L---有效键长 152mm</p> </div>		

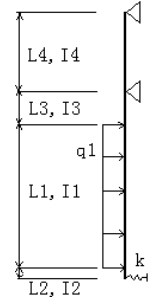


舵系计算书	ZHC8415-231-01JS	第 9 页
<div data-bbox="571 230 1198 331" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\begin{aligned} \text{代入 } \tau &amp;= 2 \times 1.136 \times 10^6 / 1 \times 59 \times 28 \times 152 \text{ mm}^2 \\ &amp;= 9.05 \text{ N/mm}^2 &lt; (\tau) = 60 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}</math> </div> <div data-bbox="416 349 620 387" data-label="Text"> <p>键的挤压应力:</p> </div> <div data-bbox="459 405 668 483" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\delta = \frac{2T}{ndhL} \text{ N/mm}^2</math> </div> <div data-bbox="451 495 1094 533" data-label="Text"> <p>式中: T ---舵杆扭矩 <math>1.136 \times 10^6</math> N. mm</p> </div> <div data-bbox="534 557 751 595" data-label="Text"> <p>n---键数 1 个</p> </div> <div data-bbox="534 616 924 654" data-label="Text"> <p>d---舵柄处舵杆直径 59mm</p> </div> <div data-bbox="534 674 746 712" data-label="Text"> <p>h---键厚 10mm</p> </div> <div data-bbox="534 732 828 770" data-label="Text"> <p>L---有效键长 152mm</p> </div> <div data-bbox="477 790 1094 891" data-label="Equation-Block"> <math display="block">\begin{aligned} \text{代入 } \delta &amp;= 2 \times 1.136 \times 10^6 / 1 \times 59 \times 10 \times 152 \text{ mm}^2 \\ &amp;= 25.22 \text{ N/mm}^2 &lt; (\delta) = 80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}</math> </div> <div data-bbox="451 909 655 947" data-label="Text"> <p>键的强度满足。</p> </div>		



输入数据: (TestA1/普通双支点舵)

L1= 1.3	L2= .09	L3= .27	L4= 1.62	单位: m
I1= .00003152	I2= .00000064	I3= .00000322	I4= .00000118	单位: m <sup>4</sup>
q1= 14055		k= 16200000	E= 206000000000	单位: N/m
0.25*L1=0.33	0.5*L1=0.65	0.75*L1=0.98		单位: m
M(0.25L1)=-3354.	M(0.5L1)=-4335.	M(0.75L1)=-3832.		单位: N*m



输出结果: (弯矩图和剪力图)

