



全国船舶标准化技术委员会指导性技术文件

CB*/Z 338—84

船 舶 推 进 轴 系 校 中

1984-05-30发布

全国船舶标准化技术委员会 批 准

船舶推进轴系校中

本标准适用于下列远洋和沿海的运输船舶推进轴系校中的计算、安装和检验。

- a. 大型低速柴油机直接传动的推进轴系;
- b. 螺旋桨轴直径在 300mm 以上的齿轮传动推进轴系。

其他的船舶推进轴系可参照执行。

1 校中计算

1.1 校中计算应在轴系详细设计阶段完成, 并分别按冷、热两种状态进行计算。

1.2 校中计算应提供下列简图:

- a. 标明轴系各结构要素数值的布置简图;
- b. 标明各轴承(包括临时支承)变位数值和轴法兰偏移与曲折(或开口)值的轴线简图。

1.3 校中计算应提供下列计算书:

- a. 轴承变位数值 mm;
- b. 指定轴截面(包括主机输出端法兰处)的弯矩 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ ($\text{kN} \cdot \text{m}$) 或弯曲应力 kgf/cm^2 (kPa)、剪力 kgf (kN)、挠度 mm、转角 rad;
- c. 轴承负荷值 kgf (kN) 和轴承比压 kgf/cm^2 (kPa);
- d. 轴承负荷影响系数 kgf/mm (kN/mm);
- e. 采用顶举法检验时的轴承负荷顶举系数;
- f. 各对轴法兰的偏移 mm、曲折 mm/m 或开口 mm 值;
- g. 对施工中特殊指示所需的相应数值。

1.4 一般情况下, 校中计算时, 应考虑到轴系运转后轴承受热膨胀的升高量。安装时, 也应考虑这一升高量, 并对轴承的变位数值作适当修改。制造厂应提供柴油机(或减速器)稳定运转后的轴承升高量数值, 在未能提供上述数值的情况下, 可按下式近似计算:

$$\Delta H = \rho \cdot H \cdot \Delta t \dots \dots \dots (1)$$

式中: ΔH ——轴承升高量, mm;

ρ ——材料的线膨胀系数, 对于焊接的钢结构, 可取为 $1.17 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$;

H ——机座底部面板到轴承中心线距离, mm;

Δt ——温度差, 一般可取 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 。

1.5 在缺乏足够依据的情况下, 校中计算时可不考虑由于轴承磨损、船体变形、轴承油膜、螺旋桨水动力及其他动态因素对校中质量的影响。

1.6 校中计算时, 允许将推进轴系简化为放置在刚性铰支上的连续梁, 梁的长度应自螺旋桨轴末端面始, 至主柴油机输出端向前数第二缸前主轴颈端面止, 或减速器大齿轮轴前端面止, 跨间作用着均布载荷、集中载荷。

1.6.1 诸轴承支点、指定轴截面、集中载荷与均布载荷等, 均应自螺旋桨轴末端始按序分类编号。

1.6.2 取螺旋桨轴末端为轴系座标系原点, 以轴系理论中心线为 X 轴, 过原点垂直 X 轴向上作为 Z 轴正向, 按右手法则, Y 轴以由纸面朝内指向为正(图 1)。此时, 集中载荷、均布载荷、轴承反力、轴承变位和轴截面挠度的符号与 Z 轴同向为正, 对应于 Y 轴的轴截面转角以右旋方向为正, 轴截面左侧(右侧)的剪力以向上(向下)为正, 轴截面右侧(左侧)的弯矩以逆(顺)时钟方向, 使轴线

呈凹向为正。

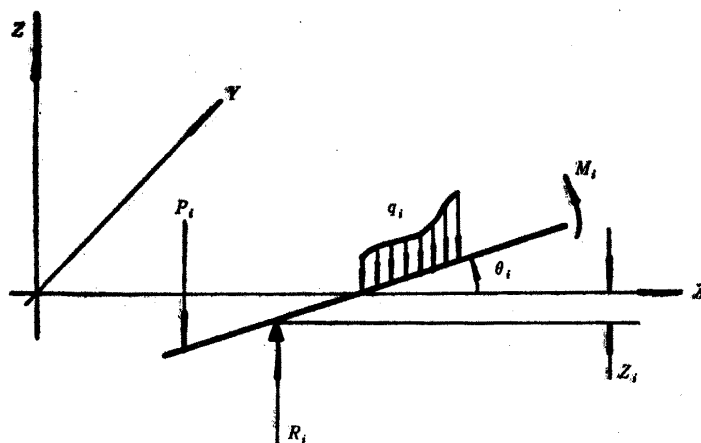


图 1

1.7 推进轴系结构要素改变后,应重新进行校中计算。

2 校中计算前的数据准备

2.1 螺旋桨重量作为集中载荷处理,当其在浸水状态时,需考虑浮力的影响。

2.1.1 螺旋桨在全浸水状态时,其重量按下式计算:

$$W_p = W_a (r_p - r_{sw}) / r_p \dots\dots\dots (2)$$

式中: W_p ——校中计算时的螺旋桨重量, kgf (kN);

W_a ——螺旋桨在空气中的重量, kgf (kN);

r_p ——螺旋桨材料的密度, kg/m³;

r_{sw} ——海水密度, kg/m³。

在一般情况下,允许近似取:

$$W_p = (0.869 \sim 0.871) W_a \dots\dots\dots (3)$$

2.1.2 螺旋桨在部分浸水状态时,其重量按下式计算:

$$W_p = W_{sw} (r_p - r_{sw}) / r_p + W_{ns} \dots\dots\dots (4)$$

式中: W_{sw} ——螺旋桨浸水部分重量, kgf (kN);

W_{ns} ——螺旋桨未浸水部分重量, kgf (kN)。

在一般情况下,允许近似取:

$$W_p = (0.935 \sim 0.947) W_a \dots\dots\dots (5)$$

2.2 螺旋桨重量的作用点,应取螺旋桨重心向螺旋桨轴线的垂直交点。在未能确定螺旋桨重心的情况下,允许取自桨叶中线 $0.7R$ 处向轴线的垂交点,或近似取桨毂中点。

2.3 螺旋桨轴和尾轴的重量作为均布载荷处理,同时,应考虑浸入海水或滑油的轴段所受浮力的影响。对浸入滑油的轴段,可近似取其在空气中重量的 90%;对浸入海水的轴段可取 87%。

2.4 锥状轴段,可取其平均直径,按均布载荷计算轴段重量。

2.5 桨轴螺帽、轴套均作为相应轴段的均布载荷计入。

2.6 中间轴、推力轴、减速器齿轮轴作为均布载荷处理。

2.7 按照所选取的算法,轴系各连接法兰、推力环、飞轮、减速器大齿轮可作为集中载荷或均布载

荷处理。当作为集中载荷时,其与相应轴段等同轴径的部分,按该轴段均布载荷计入,其他部分按集中载荷计算,其作用点为各对法兰的连接面或飞轮、推力环、齿轮中横剖面与轴线交点。

2.8 允许将柴油机曲轴,作为与主轴颈等同轴径的光轴,按均布载荷处理。

2.9 柴油机各缸的往复及旋转运动部件的重量,包括活塞、十字头、连杆以及扣除与主轴颈等同部分的曲臂重量,均作为集中载荷迭加在相应于曲柄销中点的梁跨上。

2.10 考虑到螺旋桨悬臂作用使轴承实际压力中心后移的影响,校中计算时,靠近螺旋桨轴承的交点距轴承衬后端面的距离,可在下述范围内选取:

$$S_b = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{3} \right) l \text{ mm} \dots\dots\dots (6)$$

$$S_i = \left(\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3} \right) l \text{ mm} \dots\dots\dots (7)$$

式中: S_b ——白合金轴承衬;

S_i ——铁梨木轴承衬;

l ——靠近螺旋桨轴承的轴衬长度, mm。

通常情况下,冷态计算取值应较热态计算为小,另外,对白合金轴承言,当轴承衬长与螺旋桨轴径之比值较小者取下限,较大者取上限,当比值为2.5时可取1/5。

2.11 其他轴承的支点位置,均取沿轴承衬长度的中点。

3 限制条件

3.1 轴系校中计算的结果(热态),应满足本章规定的限制条件,否则,应对轴系结构参数作合理改变并重新计算,使满足本章要求。

3.2 校中计算时,应确保诸轴承的最大负荷数值不超过设计规定的允许极限值。

$$\text{即: } [R_{mx}] \leq [P] \cdot d_i \cdot l \text{ kgf (kN)} \dots\dots\dots (8)$$

式中: $[R_{mx}]$ ——轴承允许的最大负荷, kgf (kN);

$[P]$ ——轴承衬材料的允许比压, kgf/cm² (Pa);

d_i ——在轴承衬长度内的轴或轴套外径, cm;

l ——轴承衬有效长度, cm。

一般情况下,对白合金尾管轴承、铁梨木尾管轴承、中间轴承、减速器大齿轮轴承,其轴承衬材料的允许比压依次分别为5、3、6、10kgf/cm²,其他轴承可按制造厂或相应标准的规定;特殊情况,应征得有关部门同意。

3.3 校中计算时,应确保诸轴承的最小负荷数值不低于该轴承所支承的轴的重量的20%。

3.4 减速器大齿轮前后轴承负荷的允许差值,应不超过制造厂规定的数值。在未能提供上述数值的情况下,校中计算时应确保其负荷差值不超过跨间轴段及大齿轮重量总和的20%。

3.5 校中计算时,应确保各轴截面上的弯曲应力数值不超过设计规定的允许极限值。在一般情况下,螺旋桨轴及尾轴和中间轴,其允许弯曲应力为200kgf/cm²,推力轴为150kgf/cm²,减速器大齿轮轴为100kgf/cm²,特殊情况下,应符合相应技术要求。

3.6 对柴油机直接传动的轴系,计算时应确保作用在柴油机输出端法兰处的弯矩和剪力不超过制造厂规定的数值。

3.7 校中计算时,应使尾管后轴承支点处轴的转角不超过 3.0×10^{-4} rad,否则应提出相应措施使其符合规定。

4 施工要则

4.1 施工单位应根据校中计算文件及本标准的有关规定,结合本单位的施工条件,选择校中工艺,编制校中工艺文件,准备好施工中必须的工夹具及检测设备。

4.2 船舶完工状态应与产品建造原则工艺中有关条款相一致。校中前,轴系区域的加工、装配及安装工程均应结束并检验合格。

4.2.1 轴系零、部件的加工、装配应符合相应技术要求并检验合格。

4.2.2 主机、发电机、锅炉及其他重大设备均已吊入就位,校中检验过程中,船舶上应无重大设备的迁移及压载的变更。

4.2.3 螺旋桨、螺旋桨轴及尾轴安装应符合图纸或相应技术规定的规定。螺旋桨轴(尾轴)前法兰的安装位置应作出记录,并应防止在校中时变动。

4.2.4 中间轴吊入并按图纸要求布置好中间轴承或临时支承。

4.3 轴系校中及其施工检验,应在船舶下水后进行。对施工单位确能掌握船舶下(进)水后变形规律的同型船舶的后续产品,经船检部门同意,允许在船台或船坞内校中,但必须在船舶下(进)水后进行复检,并提交复检报告存档。

4.4 轴系校中及检验时,应避免在强阳光直接照晒下进行,且在轴系区域及与之相邻接区域应停止振动性作业及焊接作业。

4.5 当采用按法兰的偏移、曲折(或开口)值校中时,应以螺旋桨轴前法兰为基准,自尾向首调节各轴及主机(或减速器)位置,使各对法兰的偏移、曲折(或开口)值符合校中计算文件的要求。

4.6 当采用按轴承位移量校中时,应确保准直仪主光轴与螺旋桨轴(尾轴)轴心线重合,并使各中间轴承对光靶中心与轴承中心线重合。按主光轴调整的各中间轴承位移量,应符合校中计算文件规定的数值,同时,应计及螺旋桨轴(尾轴)前法兰挠度对各轴承实际位移量的影响数值。对主机(或减速器)的定位,仍应以最前一根中间轴的前法兰为基准,按计算文件中规定的该对法兰的偏移、曲折(或开口)值校中。

4.7 当采用其他方法校中轴系时,应使所有被测轴承上的负荷和指定轴截面上的弯矩值符合校中计算文件规定的数值。

4.8 轴系校中完工后,应作出记录,并按相应技术条件的规定配制各法兰连接螺栓、主机(减速器)及轴承垫片和紧固螺栓,连接各轴并固紧各轴承及机座。

5 检验规则

5.1 轴系校中计算和施工时的质量应符合本文件的规定,并应与有关的船舶规范相一致。

5.2 根据有关船舶规范的规定,校中计算文件应送船检部门审查。

5.2.1 计算文件的完整性,应符合第2章的相应要求。

5.2.2 校中计算的原始数据,应与轴系设计图纸相一致,其结构参数的简化处理应符合第3章要求。

5.2.3 校中计算结果(热态)的各项技术指标遵从第4章的规定来评定,并应与相应的船舶规范相一致。

5.2.4 当轴系结构参数或校中计算的原始数据更改后,应将其重新计算结果进行复审。

5.3 一般情况下,在轴系校中完工后,应分别在各轴法兰尚未连接之前和轴法兰连接且轴承及机座固紧后,对校中质量进行检验。

5.4 各轴法兰尚未连接前,可采用直尺—塞尺法或两对指针法,按校中计算文件的规定值,对轴法兰间的偏移、曲折值(或开口)值进行检验。其垂直与水平平面上的允许误差,应以偏移值不大于 $\pm 0.10\text{mm}$ 、曲折不大于 $\pm 0.10\text{mm/m}$ (开口值按相应法兰直径换算)为合格。

5.5 各轴法兰连接且轴承及机座固紧后,可采用顶举法或其他方法(如电测法等),按校中计算文件的规定数值,对中间轴承的实际负荷进行检验,其允许误差应不超过计算值的 $\pm 20\%$,同时,应按制造厂规定的数值和允差值,检验柴油机曲轴臂距差值或检视齿轮啮合质量。

采用顶举法检验时应对被测轴承逐个进行,检测设备应正确安装并准确调零。

a. 在升压与降压过程中,应记录千斤顶压力和千分表的稳定读数,并绘制如图2所示的曲线图。不允许在千斤顶上升(或下降)过程中降压(或升压)。

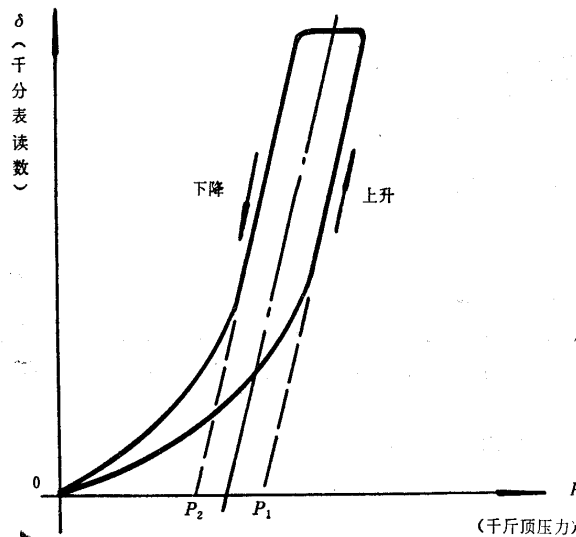


图2

b. 延长图2中的上升与下降的曲线的直线段,按下式计算被测轴承的实际负荷:

$$R = [(P_1 + P_2)/2]KS \quad \text{kgf(kN)} \dots\dots\dots (9)$$

式中: R ——被测轴承的实际负荷, kgf(kN);

P_1 ——上升曲线的直线段延长线与 P 轴的交点, kgf/cm² (kPa);

P_2 ——下降曲线的直线段延长线与 P 轴的交点, kgf/cm² (kPa);

K ——被测轴承的负荷顶举系数(由校中计算文件提供);

S ——液压千斤顶柱塞面积, cm²。

5.6 校中质量的检验结果应作出记录,填写检验表格,并由检验人员签署。

附录 A
轴系校中计算书实例
(补充件)

A.1 轴系主要参数

船名: 16000 吨货轮

主机: 苏尔寿 6RND68M 10800 马力 137rpm

螺旋桨轴直径×长度: 528×6770mm

中间轴直径×长度: 415×6510mm

轴承数量: 8

螺旋桨的重量: 11890kg (在空气中)

飞轮重量: 3543kg

往复运动件重量: 4790kg

轴系基线: 过两艮轴承的直线。

浮力影响: 由于桨、轴在海水(滑油)中产生了浮力, 应对其负荷进行适当的修正。

法兰的开口和偏移的符号: 法兰呈下喇叭口时的开口(GAP)为正, 当右边法兰低时的偏移(SAG)为正。

临时支承和千斤顶的位置如图 A 1 所示。

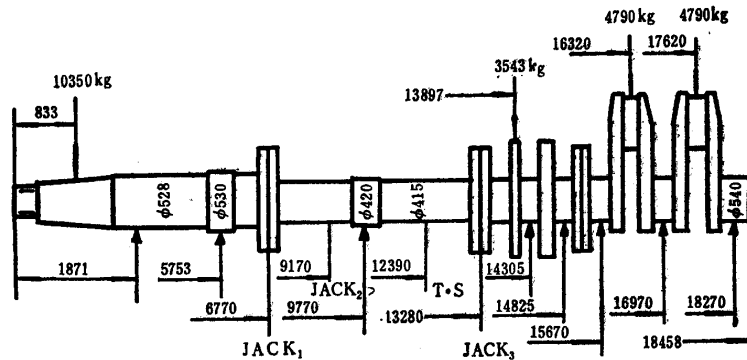
A.2 轴系布置图和轴承反力

图 A 1 轴系布置简图

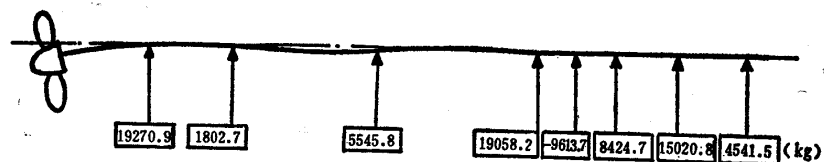
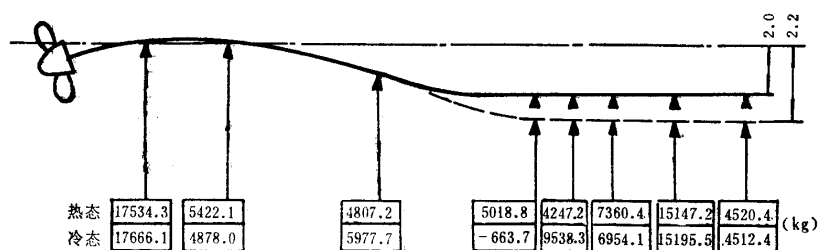


图 A 2 直线校中时的轴承负荷



图A3 变位后轴承负荷

A.3 计算结果

表 A1 输入数据

序号	节点坐标 mm	单元长度 mm	单元外径 mm	单元内径 mm	集中载荷 kgf	浮力修正系数 g/cm ³	附加弯矩 kgf·cm	轴承位置	千斤顶位置	临时支承位置	轴承长度 mm
1	0.0	330.0	478.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0	0	0	0.0
2	330.0	503.0	490.7	0.0	0.0	1.00	0.0	0	0	0	0.0
3	833.0	488.0	515.7	0.0	10350.0	1.00	0.0	0	0	0	0.0
4	1321.0	550.0	528.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0	0	0	0.0
5	1871.0	3549.0	528.0	0.0	0.0	1.00	0.0	1	0	0	900.0
6	5420.0	333.0	530.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0	0	0	0.0
7	5753.0	667.0	530.0	0.0	0.0	0.90	0.0	1	0	0	500.0
8	6420.0	100.0	530.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
9	6520.0	145.0	435.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
10	6665.0	105.0	800.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
11	6770.0	105.0	800.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	1	0	0.0
12	6875.0	2295.0	415.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
13	9170.0	100.0	415.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	1	0	0.0
14	9270.0	500.0	420.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
15	9770.0	500.0	420.0	0.0	0.0	0.00	0.0	1	0	0	400.0
16	10270.0	2120.0	415.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
17	12390.0	780.0	415.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	1	0.0
18	13170.0	110.0	935.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
19	13280.0	110.0	935.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	1	0	0.0
20	13390.0	465.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
21	13855.0	42.5	1185.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
22	13897.5	42.5	1185.0	0.0	3543.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
23	13940.0	365.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
24	14305.0	160.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	1	0	0	200.0
25	14465.0	200.0	1240.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
26	14665.0	160.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
27	14825.0	360.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	1	0	0	200.0
28	15185.0	220.0	935.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
29	15405.0	265.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
30	15670.0	650.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	1	0	0	200.0
31	16320.0	650.0	540.0	0.0	9820.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
32	16970.0	650.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	1	0	0	200.0
33	17620.0	650.0	540.0	0.0	9820.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0
34	18270.0	188.0	540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	1	0	0	200.0
35	18458.0		540.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0	0	0	0.0

注：轴段重量 = 30517.8kgf；外加载荷 = 33533.0kgf；总载荷 = 64050.8kgf。

表 A2 直线校中输出表

序号	轴承位置	节点坐标 mm	单元外径 mm	轴承反力 kgf	剪力 kgf	弯矩 kgf·cm	挠度 mm	转角 rad
1	0	0.0	478.0	0.0	0.0	0.000000, 00	-0.4388618	0.252877, -03
2	0	330.0	490.7	0.0	405.6	-0.669321, 04	-0.3554238	0.252740, -03
3	0	833.0	515.7	0.0	11407.4	-0.434880, 05	-0.2286390	0.250859, -03
4	0	1321.0	528.0	0.0	12105.7	-0.617207, 06	-0.1100060	0.228944, -03
5	1	1871.0	528.0	19270.9	-6340.3	-0.130570, 07	-0.0000000	0.163200, -03
6	0	5420.0	530.0	0.0	-1017.3	-0.964979, 02	0.0186755	-0.562833, -04
7	1	5753.0	530.0	1802.7	-2316.7	0.254013, 05	0.0000000	-0.557082, -04
8	0	6420.0	530.0	0.0	-1293.6	0.145806, 06	-0.0352095	-0.482220, -04
9	0	6520.0	435.0	0.0	-1120.4	0.157876, 06	-0.0399395	-0.463534, -04
10	0	6665.0	800.0	0.0	-951.2	0.172895, 06	-0.0461963	-0.398483, -04
11	0	6770.0	800.0	0.0	-536.9	0.180708, 06	-0.0503574	-0.394078, -04
12	0	6875.0	415.0	0.0	-122.6	0.184170, 06	-0.0544714	-0.389532, -04
13	0	9170.0	415.0	0.0	2314.3	-0.673242, 05	-0.0173057	0.398802, -04
14	0	9270.0	420.0	0.0	2420.5	-0.909980, 05	-0.0134405	0.372941, -04
15	1	9770.0	420.0	5545.8	-2581.6	-0.225616, 06	0.0000000	0.129707, -04
16	0	10270.0	415.0	0.0	-2037.8	-0.110133, 06	-0.0007184	-0.128440, -04
17	0	12390.0	415.0	0.0	213.3	0.832610, 05	-0.0322832	0.541423, -05
18	0	13170.0	935.0	0.0	1041.5	0.343221, 05	-0.0208638	0.217854, -04
19	0	13280.0	935.0	0.0	1634.4	0.196043, 05	-0.0184651	0.218238, -04
20	0	13390.0	540.0	0.0	2227.3	-0.163530, 04	-0.0160635	0.218371, -04
21	0	13855.0	1185.0	0.0	3063.3	-0.124642, 06	-0.0063952	0.186594, -04
22	0	13897.0	1185.0	0.0	6974.3	-0.138443, 06	-0.0056028	0.186319, -04
23	0	13940.0	540.0	0.0	7342.2	-0.168866, 06	-0.0048116	0.185998, -04
24	1	14305.0	540.0	19058.2	-11059.8	-0.448834, 06	0.0000000	0.582190, -05
25	0	14465.0	1240.0	0.0	-10772.1	-0.274179, 06	0.0003616	-0.770000, -06
26	0	14665.0	540.0	0.0	-8876.1	-0.776966, 05	0.0001908	-0.911789, -06
27	1	14825.0	540.0	-9613.7	1025.2	0.620202, 05	0.0000000	-0.104787, -05
28	0	15185.0	935.0	0.0	1672.4	0.134631, 05	-0.0000240	0.581979, -06
29	0	15405.0	540.0	0.0	2858.2	-0.363738, 05	0.0001037	0.556061, -06
30	1	15670.0	540.0	8424.7	-5090.0	-0.118429, 06	0.0000000	-0.175221, -05
31	0	16320.0	540.0	0.0	5898.5	0.174445, 06	-0.0014878	0.794162, -06
32	1	16970.0	540.0	15020.8	-7953.7	-0.246940, 06	0.0000000	-0.142444, -05
33	0	17620.0	540.0	0.0	3034.9	0.232070, 06	-0.0028766	-0.150638, -05
34	1	18270.0	540.0	4541.5	-338.0	-0.317711, 04	0.0000000	0.744998, -05
35	0	18458.0	540.0	0.0	0.0	0.000000, 00	0.0013974	0.742726, -05

CB*/Z 338—84

表 A3 轴承负荷影响系数
〔轴承上升一毫米产生的负荷 (kgf)〕

	1	2	3	4
1	1744.5	-3862.4	2777.0	-3350.1
2	-3862.4	9378.6	-8236.7	13827.8
3	2777.0	-8236.7	11311.6	-38896.5
4	-3350.1	13827.8	-38896.5	1168433.1
5	2891.0	-11933.0	35500.4	-1814681.2
6	-222.0	916.3	-2723.9	748766.6
7	26.4	-108.8	323.7	-88927.0
8	-4.4	18.1	-54.0	14821.2
	5	6	7	8
1	2891.0	-222.0	26.4	-4.4
2	-11933.0	916.3	-108.8	18.1
3	35500.4	-2725.9	323.7	-54.0
4	-1814681.2	748766.6	-88927.0	14821.2
5	3135704.3	-1639432.3	350344.3	-58390.7
6	-1639432.3	1311496.3	-550434.7	131635.6
7	350344.3	-550434.7	442282.8	-153506.7
8	-58390.7	131635.6	-153506.7	65480.9

表 A4 轴承负荷顶举系数

千斤顶 序号	轴承序号	离轴承的距离 mm	顶举系数
1	2	1017.0	0.930
2	3	-600.0	0.954
3	4	-1025.0	2.579

表 A5 变位后输出表
(热态)

序号	轴承位置	节点坐标 mm	单元外径 mm	轴承反力 kgf	剪力 kgf	弯矩 kgf·cm	挠度 mm	转角 rad
1	0	0.0	478.0	0.0	0.0	0.000000, 00	-0.5406898	0.307301, -03
2	0	330.0	490.7	0.0	405.6	-0.668821, 04	-0.4392917	0.307164, -03
3	0	833.0	515.7	0.0	11407.4	-0.434880, 05	-0.2851315	0.305283, -03
4	0	1321.0	528.0	0.0	12105.7	-0.617207, 06	-0.1399394	0.283368, -03
5	1	1871.0	528.0	17534.3	-4603.7	-0.130570, 07	-0.0000000	0.217624, -03
6	0	5420.0	530.0	0.0	719.3	-0.616407, 06	0.0503412	-0.138365, -03
7	1	5753.0	530.0	5422.1	-4199.6	-0.648738, 06	-0.0000000	-0.164205, -03
8	0	6420.0	530.0	0.0	-3176.4	-0.402748, 06	-0.1248688	-0.206852, -03
9	0	6520.0	435.0	0.0	-3003.2	-0.371850, 06	-0.1457951	-0.211612, -03
10	0	6665.0	800.0	0.0	-2834.1	-0.329530, 06	-0.1774971	-0.225380, -03
11	0	6770.0	800.0	0.0	-2419.7	-0.301947, 06	-0.2012038	-0.226165, -03
12	0	6875.0	415.0	0.0	-2005.4	-0.278715, 06	-0.2249895	-0.226886, -03
13	0	9170.0	415.0	0.0	431.5	-0.981014, 05	-0.8937531	-0.333321, -03
14	0	9270.0	420.0	0.0	537.7	-0.102947, 06	-0.9272480	-0.336605, -03
15	1	9770.0	420.0	4807.2	-3725.8	-0.143424, 06	-1.1000000	-0.355454, -03
16	0	10270.0	415.0	0.0	-3182.0	0.292716, 05	-1.2809846	-0.363998, -03
17	0	12390.0	415.0	0.0	-930.9	0.465245, 06	-1.8951112	-0.164986, -03
18	0	13170.0	935.0	0.0	-102.6	0.505558, 06	-1.9756410	-0.397863, -04
19	0	13280.0	935.0	0.0	490.1	0.503427, 06	-1.9799787	-0.390812, -04
20	0	13390.0	540.0	0.0	1083.0	0.494775, 06	-1.9842391	-0.383836, -04
21	0	13855.0	1185.0	0.0	1928.0	0.424990, 06	-1.9962318	-0.138151, -04
22	0	13897.0	1185.0	0.0	5832.0	0.416030, 06	-1.9968171	-0.137271, -04
23	0	13940.0	540.0	0.0	6204.8	0.390438, 06	-1.9973987	-0.136428, -04
24	1	14305.0	540.0	5018.8	1842.2	0.151987, 06	-2.0000000	-0.226590, -05
25	0	14465.0	1240.0	0.0	2129.9	0.120212, 06	-2.0001555	0.225446, -06
26	0	14665.0	540.0	0.0	4025.8	0.586569, 05	-2.0001020	0.301432, -06
27	1	14825.0	540.0	4247.2	66.3	-0.805673, 04	-2.0000000	0.770259, -06
28	0	15185.0	935.0	0.0	713.5	-0.220916, 05	-1.9998025	0.230885, -06
29	0	15405.0	540.0	0.0	1899.2	-0.508315, 05	-1.9997608	0.135138, -06
30	1	15670.0	540.0	7360.4	-4984.7	-0.107474, 06	-2.0000000	-0.222608, -05
31	0	16320.0	540.0	0.0	6003.9	0.178553, 06	-2.0015868	0.878783, -06
32	1	16970.0	540.0	15147.2	-7974.8	-0.249679, 06	-2.0000000	-0.128905, -05
33	0	17620.0	540.0	0.0	3013.8	0.230701, 06	-2.0028436	-0.152331, -05
34	1	18270.0	540.0	4520.4	-338.0	-0.317708, 04	-2.0000000	0.738228, -05
35	0	18458.0	540.0	0.0	0.0	0.000000, 00	-1.9986153	0.735957, -05

表 A6 变位后输出表
(冷态)

序号	轴承位置	节点坐标 mm	单元外径 mm	轴承反力 kgf	剪力 kgf	弯矩 kgf·cm	挠度 mm	转角 rad
1	0	0.0	478.0	0.0	0.0	0.000000, 00	-0.5329604	0.303170 ₈ -03
2	0	330.0	490.7	0.0	405.6	-0.669321, 04	-0.4329256	0.303033 ₈ -03
3	0	833.0	515.7	0.0	11407.4	-0.434880, 05	-0.2808433	0.301152 ₈ -03
4	0	1321.0	528.0	0.0	12105.7	-0.617207, 06	-0.1376672	0.279237 ₈ -03
5	1	1871.0	528.0	17666.1	-4735.5	-0.130570, 07	0.0000000	0.213493 ₈ -03
6	0	5420.0	530.0	0.0	587.4	-0.569625, 06	0.0479376	-0.132134 ₈ -03
7	1	5753.0	530.0	4878.0	-3787.3	-0.597566, 06	0.0000000	-0.155970 ₈ -03
8	0	6420.0	530.0	0.0	-2764.1	-0.379075, 06	-0.1182268	-0.195547 ₈ -03
9	0	6520.0	435.0	0.0	-2591.0	-0.352300, 06	-0.1380090	-0.200042 ₈ -03
10	0	6665.0	800.0	0.0	-2421.8	-0.315957, 06	-0.1679834	-0.213160 ₈ -03
11	0	6770.0	800.0	0.0	-2007.5	-0.292704, 06	-0.1904053	-0.213916 ₈ -03
12	0	6875.0	415.0	0.0	-1593.2	-0.273800, 06	-0.2129038	-0.214619 ₈ -03
13	0	9170.0	415.0	0.0	843.7	-0.187804, 06	-0.8764472	-0.352874 ₈ -03
14	0	9270.0	420.0	0.0	949.9	-0.196772, 06	-0.9120465	-0.359160 ₈ -03
15	1	9770.0	420.0	5977.7	-4484.0	-0.257863, 06	-1.1000000	-0.394241 ₈ -03
16	0	10270.0	415.0	0.0	-3940.2	-0.472601, 05	-1.3043452	-0.417669 ₈ -03
17	0	12390.0	415.0	0.0	-1689.1	0.549441, 06	-2.0491257	-0.216000 ₈ -03
18	0	13170.0	935.0	0.0	-860.8	0.648889, 06	-2.1591086	-0.617790 ₈ -04
19	0	13280.0	935.0	0.0	-268.1	0.655098, 06	-2.1658542	-0.608679 ₈ -04
20	0	13390.0	540.0	0.0	324.8	0.654785, 06	-2.1724994	-0.599527 ₈ -04
21	0	13855.0	1185.0	0.0	1166.0	0.620246, 06	-2.1924031	-0.259604 ₈ -04
22	0	13897.5	1185.0	0.0	5082.0	0.614526, 06	-2.1935037	-0.258313 ₈ -04
23	0	13940.0	540.0	0.0	5447.3	0.592143, 06	-2.1945988	-0.257051 ₈ -04
24	1	14305.0	540.0	-663.7	6767.2	0.381340, 06	-2.2000000	-0.535327 ₈ -05
25	0	14465.0	1240.0	0.0	7054.9	0.270764, 06	-2.2003529	0.605440 ₈ -06
26	0	14665.0	540.0	0.0	8959.8	0.110707, 06	-2.2002137	0.764559 ₈ -06
27	1	14825.0	540.0	9538.3	-299.8	-0.348074, 05	-2.2000000	0.146429 ₈ -05
28	0	15185.0	935.0	0.0	347.4	-0.356639, 05	-2.1997179	0.968615 ₈ -07
29	0	15405.0	540.0	0.0	1533.2	-0.563505, 05	-2.1997090	-0.255414 ₈ -07
30	1	15670.0	540.0	6954.1	-4944.5	-0.103292, 06	-2.2000000	-0.240698 ₈ -05
31	0	16320.0	540.0	0.0	6044.1	0.180121, 06	-2.2016246	0.911085 ₈ -06
32	1	16970.0	540.0	15195.5	-7982.8	-0.250724, 06	-2.2000000	-0.123737 ₈ -05
33	0	17620.0	540.0	0.0	3005.8	0.230178, 06	-2.2028310	-0.152977 ₈ -05
34	1	18270.0	540.0	4512.4	-338.0	-0.317708, 04	-2.2000000	0.735644 ₈ -05
35	0	18458.0	540.0	0.0	0.0	0.000000, 00	-2.1986202	0.733372 ₈ -05

表 A7 法兰的开口和偏移
(法兰均未联结起来)

轴序号	轴的外径 mm	轴承坐标 mm	变位数值 mm	转 角 rad	弯 矩 kgf·cm	轴 承 反 力 kgf
1	528.0	1871.0	0.0000	0.173381 ₈ -03	-0.130570 ₈ 07	18946.1
2	530.0	5753.0	0.0000	-0.760034 ₈ -04	-0.100701 ₈ 06	1590.6
3	420.0	9770.0	-1.1000	0.144238 ₈ -03	-0.567405 ₈ 06	6757.3
4	415.0	12390.0	-1.8740	-0.779907 ₈ -04	-0.818074 ₈ 05	959.9
5	540.0	14305.0	-2.0000	0.383063 ₈ -05	-0.300908 ₈ 06	14247.2
6	540.0	14825.0	-2.0000	-0.600232 ₈ -06	0.447668 ₈ 05	-6201.1
7	540.0	15670.0	-2.0000	-0.186888 ₈ -05	-0.115732 ₈ 06	8162.6
8	540.0	16970.0	-2.0000	-0.139111 ₈ -05	-0.247614 ₈ 06	15051.9
9	540.0	18270.0	-2.0000	0.743331 ₈ -05	-0.317711 ₈ 04	4536.3

轴承反力之和: 64050.8kgf。

法兰的开口和偏移 (呈下喇叭口的开口为正, 当左面法兰低于右面的法兰时的偏移为正)

法兰 序号	法兰外径 mm	法兰坐标 mm	开 口 mm	偏 移 mm	左面开口 mm	右面开口 mm	左面下垂 mm	右面下垂 mm
1	800.0	6770.0	0.1001	0.9940	0.0646	0.0355	0.0807	1.0747
2	935.0	13280.0	0.3701	-0.2010	0.3580	0.0121	2.2124	2.0114

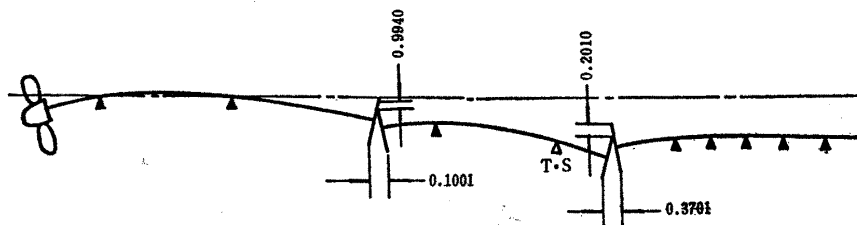


图 A4

附加说明:

本标准由全国船舶标准化技术委员会海洋运输船分委员会提出。

本标准由中国船舶工业总公司第十一研究所、武汉水运工程学院主编, 中华造船厂、船舶检验局海船规范科学研究所和七〇八所参加起草。

本标准主要起草人邹鸿钧、周继良、谢全生、沈钧如、刘常文。

本标准委托中国船舶工业总公司第十一研究所负责解释。

本标准所采用的计量单位仍以工程单位为主, 待修订后采用国际单位。