



中国船级社

# 国内航行海船建造规范

修改通报

2011

第 2 篇 船体

(报批稿)

中国船级社上海规范研究所

2010 年 12 月

# 目录

第 1 章 通则.....	4
第 2 节 船体构件.....	4
第 5 节 高强度钢的使用.....	4
第 7 节 有限航区船舶.....	5
第 8 节 结构布置.....	5
第 2 章 船体结构.....	5
第 2 节 总纵强度.....	5
第 3 节 外板.....	7
第 4 节 甲板.....	8
第 6 节 双层底.....	8
第 7 节 舷侧骨架.....	8
第 10 节 支柱.....	8
第 19 节 舷墙及栏杆.....	9
第 3 章 舾装.....	9
第 1 节 舵.....	9
第 5 章 双壳油船.....	10
第 1 节 一般规定.....	10
第 3 节 甲板.....	10
第 4 节 双层底结构.....	10
第 5 节 双壳结构.....	10
第 6 节 甲板骨架.....	10
第 8 章 散货船.....	11
第 1 节 一般规定.....	11
第 2 节 船底骨架.....	11
第 7 节 装载手册和装载仪的附加要求.....	11
附录 1 散货船结构强度校核方法.....	11
1 一般规定.....	11
2 设计载荷.....	12
3 计算工况.....	16
4 有限元结构模型.....	19
5 屈服强度评估.....	21
6 屈曲强度评估.....	22
附录 2 载货量曲线.....	27
1. 一般要求.....	28
2. 每个货舱的最大和最小载货量.....	28
3. 每两个相邻货舱的最大和最小载货量.....	31
第 10 章 拖船.....	33
第 1 节 一般规定.....	33
第 11 章 近海供应船.....	33
第 1 节 一般规定.....	34
第 2 节 货物围护和其他设施.....	34
第 12 章 驳船.....	35

附录 箱形驳船横向强度校核方法 .....	35
第 14 章 挖泥船.....	35
第 2 节 总纵强度.....	35

# 第 1 章 通则

## 第 2 节 船体构件

1.2.6.5 修改如下:

1.2.6.5 肘板的厚度  $t$  应不小于骨材的腹板厚度, 且应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 0.25 \sqrt{W} + 3.5 + C \quad \text{mm}$$

式中:  $W$  —— 骨材剖面模数,  $\text{cm}^3$ ;

$C$  —— 系数, 按下述要求确定:

$C=1.5$ , 无折边的肘板;

$C=1.0$ , 液舱中的肘板;

$C=2.5$ , 液舱中无折边的肘板;

$C=0$ , 其他。

## 第 5 节 高强度钢的使用

1.5.3.2 修改如下:

1.5.3.2 除本节 1.5.3.1、本篇第 2 章第 10 节以外的其他构件使用高强度钢时, 板的厚度  $t_h$ 、构件的剖面模数  $W_h$ 、构件的剖面积  $A_h$  和惯性矩  $I_h$  应不小于按下列各式计算所得之值:

$$\begin{aligned} t_h &= t \sqrt{K} & \text{mm} \\ W_h &= WK & \text{cm}^3 \\ A_h &= AK & \text{cm}^2 \\ I_h &= I & \text{cm}^4 \end{aligned}$$

式中:  $t$  —— 规范对采用低碳钢的船体构件所要求的厚度, mm;

$W$  —— 规范对采用低碳钢的船体构件所要求的剖面模数,  $\text{cm}^3$ ;

$A$  —— 规范对采用低碳钢的船体构件所要求的剖面积,  $\text{cm}^2$ ;

$I$  —— 规范对采用低碳钢的船体构件所要求的剖面惯性矩,  $\text{cm}^4$ ;

$K$  —— 材料系数, 见本节 1.5.1.3。

新增 1.5.3.3:

1.5.3.3 本节 1.5.3.2 的规定不适用于本篇中规定的最小厚度。

## 第 7 节 有限航区船舶

1.7.3.3 中“……尾轴架和舵等构件”改为“……尾轴架、主机座结构和舵等构件”。

## 第 8 节 结构布置

1.8.12.2 修改如下：

1.8.12.2 载重吨 600t 及以上但小于 5000t 的油船的边舱和双层底应符合以下要求：

(1) 边舱内壳与舷侧壳板之间的垂直距离  $W$  应不小于下式计算值：

$$W = 0.4 + 2.4 DW/20000 \quad \text{m}$$

$$\text{最小值 } W = 0.76 \quad \text{m}$$

(2) 双层底高度  $h$  不小于下式计算值：

$$h = B/15 \quad \text{m}$$

$$\text{最小值 } h = 0.76 \quad \text{m}$$

新增 1.8.12.10 如下：

1.8.12.10 燃油舱和货泵舱的结构和布置应按照中国主管机关对油船防污染的规定。

删除 1.8.13。

1.8.14 标题修改如下：

1.8.14 油船和散货船货物区域及其前方处所的出入通道及其内部通道的开口

1.8.14.3 修改如下：

1.8.14.3 对于载重量小于 5000 吨的油船，在特殊情况下，CCS 接受中国主管机关认可的较小尺度的开口，只要这些开口具有通行和转移伤员的能力，但是，无论如何，开口不得小于  $400\text{mm} \times 600\text{mm}$  或  $450\text{mm} \times 550\text{mm}$ ，而且要求开孔后的构件有足够的强度保证。

## 第 2 章 船体结构

### 第 2 节 总纵强度

2.2.1.1 修改如下：

2.2.1.1 对于船长大于等于 65m 的船舶应按本节要求校核其总纵强度。对于船长小于 65m 的非常规船型或特殊装载的船舶，也可按本节要求校核其总纵强度。

2.2.1.2 中的“ $B/D \leq 2.5$ ”改为“ $B/D < 2.5$ ”。

2.2.5.1 中的“船中最小剖面模数”改为“在甲板处和龙骨处的船中最小剖面模数”。

### 2.2.5.3 修改如下:

2.2.5.3 船中 0.4L 区域外的船体梁弯曲强度应满足本节 2.2.5.4 的要求, 且还应满足下述要求:

(1) 作为最低要求, 应对下述部位的船体梁弯曲强度进行校核:

- 机舱前端处;
- 最前货舱的前端处;
- 任何船体横剖面有重大改变处;
- 任何骨架形式变化处。

(2) 应校核参与总纵强度并承受压缩和剪切应力构件的屈曲强度, 特别在骨架形式变化区域或船体横剖面重大改变发生区域。

(3) 应在整个船长范围内保持结构的连续性。当结构布置发生重大改变时, 应设置足够的过渡结构。

(4) 对于具有甲板大开口的船舶, 如集装箱船, 应校核在或接近首尾四分之一船长位置处的剖面。对于在上层建筑、甲板室或机舱后具有货舱的船舶, 应对最后货舱的尾端, 和甲板室或机舱的尾端处的剖面进行强度校核。

### 2.2.5.4 修改如下:

2.2.5.4 设计者应提供船体梁沿船长各剖面的许用中拱静水弯矩  $\overline{M}_s (+)$  和许用中垂静水弯矩  $\overline{M}_s (-)$ , 但应满足以下条件:

(1) 船体梁许用中拱和中垂静水弯矩  $\overline{M}_s$ , 应包络住装载手册中给出的任一航行工况下所计算的最严重的中拱和中垂设计静水弯矩, 见本节 2.2.2。

(2) 船体梁许用中拱和中垂静水弯矩  $\overline{M}_s$  应不大于按下列公式计算所得之值:

$$\overline{M}_s (+)_{\max} = \overline{M} - M_w (+) \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\overline{M}_s (-)_{\min} = -\overline{M} - M_w (-) \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中:  $M_w$  ——波浪弯矩, 见本节 2.2.3.1;

$\overline{M}$  ——许用合成弯矩,  $\text{kN} \cdot \text{m}$ , 按下列两式计算, 取较小者;

$$\overline{M} = F_d W_d [\sigma] \times 10^{-3} \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\overline{M} = F_b W_b [\sigma] \times 10^{-3} \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

其中:  $F_d$ 、 $F_b$  ——根据 2.2.5.7(1) 确定;

$W_d$ ——甲板处的剖面模数,  $\text{cm}^3$ ;

$W_b$ ——龙骨处的剖面模数,  $\text{cm}^3$ ;

船体梁的许用弯曲应力  $[\sigma]$  按下述要求确定:

$$[\sigma] = 175/K \quad \text{N/mm}^2, \text{ 船中 } 0.4L \text{ 区域}$$

$$[\sigma] = 125/K \quad \text{N/mm}^2, \text{ 船端 } 0.1L \text{ 区域}$$

其余区域用线性内插法求得, 其中  $K$  为材料系数。

2.2.5.5 中的“按本节 2.2.5.4 计算”改为“见本节 2.2.5.4”。

2.2.6.2 修改如下:

2.2.6.2 设计者应提供船体梁沿船长各剖面的许用静水切力  $\overline{F}_s(+)$  和  $\overline{F}_s(-)$ , 但应满足以下条件:

(1) 船体梁许用正、负静水切力  $\overline{F}_s$ , 应包络住装载手册中给出的任一航行工况下最严重的船体梁正、负设计静水切力, 见本节 2.2.2。

(2) 船体梁许用正、负静水切力  $\overline{F}_s$  应不大于按下列公式计算所得之值:

$$\begin{aligned}\overline{F}_s(+)\max &= [\tau] \frac{I\delta}{S} \times 10^{-2} - F_w(+)\quad \text{kN} \\ \overline{F}_s(-)\min &= -[\tau] \frac{I\delta}{S} \times 10^{-2} - F_w(-)\quad \text{kN}\end{aligned}$$

式中:  $F_w$ ——波浪切力,  $\text{kN}$ ; 按 2.2.3.2 计算;

$I$  ——计算横剖面对水平中和轴的惯性矩,  $\text{cm}^4$ ;

$S$  ——计算横剖面上, 水平中和轴以上有效纵向构件对水平中和轴的静矩,  $\text{cm}^3$ ;

许用剪切应力  $[\tau] = 110/K$ ,  $\text{N/mm}^2$ , 其中  $K$  为材料系数;

$\delta$  ——取  $\delta_1$  和  $\delta_2$  的较小者,  $\delta_1$  和  $\delta_2$  按下列各式计算:

$$\delta_1 = \frac{t_1}{f_1 + m_1}$$

$$\delta_2 = \frac{t_2}{f_2 + m_2}$$

$t_1$ ——计算剖面上水平中和轴处舷侧外板的厚度 (双壳船为内外壳板厚度之和),  $\text{mm}$ ;

$t_2$ ——计算剖面上水平中和轴处纵舱壁板的厚度,  $\text{mm}$ ;

$f_1$ 、 $f_2$ 、 $m_1$  及  $m_2$ ——系数, 见表 2.2.6.2。

### 第 3 节 外板

2.3.2.2 修改如下:

2.3.2.2 平板龙骨的厚度应不小于按其结构形式按本节 2.3.1 计算所得的船底板厚度加 2mm, 且应不小于相邻船底板的厚度。

## 第 4 节 甲板

2.4.2.1 中的“开口边线外强力甲板厚度”改为“船中 0.4L 区域内开口边线外强力甲板厚度”。

删除 2.4.2.1 (3)。

## 第 6 节 双层底

2.6.2.1 中的“且不小于 650mm”改为“且不小于 760mm”。

2.6.6.2 中的“.....加强筋两端应削斜,其剖面模数.....”改为“.....加强筋两端应削斜,其厚度和宽度应满足 2.6.5.2 的要求,其剖面模数.....”。

2.6.13.1 修改如下:

2.6.13.1 内底板的厚度应符合本节 2.6.9 的要求。但在计算船中部 0.4L 区域内的内底板厚度时,式中  $s$  应取纵骨间距,且计算值可减少 1mm。

## 第 7 节 舷侧骨架

2.7.2.9 中的“肋骨跨距,  $m$ , 即为在舷侧量得的甲板间高,且对于甲板间肋骨”改为“肋骨跨距,  $m$ 。对于甲板间肋骨”。

## 第 10 节 支柱

2.10.2.1 修改如下:

2.10.2.1 支柱的剖面积  $A$  应不小于按下式计算所得之值:

$$A = \frac{KP}{12.26 - 5.10 \frac{l}{r\sqrt{K}}} \text{ cm}^2$$

式中:  $P$ ——支柱所受的载荷,  $kN$ ;

$l$ ——支柱的有效长度,  $m$ , 为支柱全长的 0.8 倍;

$r$ ——支柱剖面的最小惯性半径,  $cm$ ;

$K$ ——材料系数, 但取值应不小于 0.72。

2.10.3 中“支柱的壁厚”改为“支柱的最小壁厚”。



## 第 19 节 舷墙及栏杆

2.19.1.1 修改如下:

2.19.1.1 所有露天甲板四周应装设栏杆或舷墙。舷墙或栏杆的高度应至少离甲板 1.0m, 当此高度妨碍船舶正常工作时, 可准许采用较小的高度, 但所提供的适当防护措施应经主管机关的认可。

2.19.1.2 修改如下:

2.19.1.2 对甲板上设计成装运木材时, 则应装有固定舷墙, 其高度至少为 1m, 上缘应特别加强并有与甲板连接的坚固舷墙支架支撑, 舷墙上设有必要的排水舷口, 或者装有同样高度、结构特别加强的栏杆。

2.19.3.1 修改如下:

2.19.3.1 装设在上层建筑和干舷甲板上的栏杆应至少为 3 档。栏杆的最低一档以下的开口应不超过 230mm, 其他各档的间隙应不超过 380mm。如船舶设有圆弧形舷缘, 则栏杆支座应置于甲板的平坦部位。其他位置上应装设至少有 2 档的栏杆。

## 第 3 章 舾装

### 第 1 节 舵

3.1.1.5 中“K”的公式修改如下:

$$K=(235/R_{eH})^{0.75}, \quad \text{当 } R_{eH} > 235 \text{ N/mm}^2 \text{ 时}$$

$$K=235/R_{eH}, \quad \text{当 } R_{eH} \leq 235 \text{ N/mm}^2 \text{ 时}$$

3.1.5.1 中的公式修改如下:

$$D_t=4.2 \sqrt[3]{TK_s}$$

“ $68 K_s$ ”改为“ $68/K_s$ ”。

3.1.5.5 中“ $118 K_s$ ”改为“ $118/K_s$ ”。

3.1.7.1 中公式修改如下:

$$d_b=0.62 \sqrt{\frac{D_c^3 K_b}{n E_b K_s}}$$

3.1.7.2 中公式修改如下:

$$t=d_b \sqrt{\frac{K_f}{K_b}}$$

3.1.8.4 中公式修改如下:

$$T_f=0.02664 D_t^3 / K_s$$

3.1.9.2 中公式修改如下:

$$“p=\frac{8.5K_s D_t^3}{D_m^2 l f}”改为 “p=\frac{8.5 D_t^3}{D_m^2 l f K_s}”$$

3.1.10.1 中公式修改如下：

$$d_b=0.81 D_c \sqrt{\frac{K_b}{n K_s}}$$

3.1.11.2 中公式修改如下：

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

3.1.13.1 中“轴承应具有足够的润滑”改为“轴承应提供足够的润滑”。

## 第 5 章 双壳油船

### 第 1 节 一般规定

5.1.4.1 中的“油船货油舱区域的甲板骨架、船底骨架和内底骨架应为纵骨架式”改为“对于船长大于 65m 的油船，货油舱区域的甲板骨架、船底骨架和内底骨架应为纵骨架式”。

5.1.5.1 中的“ $t=6.5+L/50$  mm”改为“ $t=6.5+L/50$  mm,但不小于 7.5mm”。

### 第 3 节 甲板

5.3.1.1 修改如下：

5.3.1.1 本节的公式适用于船中 0.4L 区域内纵骨架式强力甲板板厚度的确定。

### 第 4 节 双层底结构

5.4.3.2 中的“实肋板标准间距”改为“实肋板间距”。

### 第 5 节 双壳结构

5.5.2.3 中的“间距应不大于 $0.006L+3.2$ m”改为“间距一般应不大于 $0.006L+3.2$ m”。

### 第 6 节 甲板骨架

新增 5.6.1 如下：

### 5.6.1 一般要求

5.6.1.1 本节适用于双壳油船货油舱区域纵骨架式甲板骨架布置方式和尺寸的确定。

5.6.2.2 中的“连续甲板纵桁的腹板上应设置平行于面板的水平加强筋，加强筋应满足本章 5.12.2.5 要求。”改为“当连续甲板纵桁的腹板高度大于  $65t\sqrt{K}$  (t 为腹板厚度，K 为材料系数)时，应设置平行于面板的水平加强筋，加强筋应满足本章 5.12.2.5 要求。”

## 第 8 章 散货船

### 第 1 节 一般规定

8.1.3.1 中的“CCS《散货船结构强度直接计算指南》”改为“本章附录 1”。

8.1.3.2 中的“CCS《双舷侧散货船结构强度直接计算指南》”改为“本章附录 1”。

### 第 2 节 船底骨架

新增 8.2.1.3 如下：

8.2.1.3 对于船长 150m 及以上的散货船，实肋板厚度由直接计算确定，但最小厚度应不小于下式计算所得之值：

$$t_{\min} = \max(0.6\sqrt{L} + 3, \quad 12) \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m，计算时取值不大于 300m。

新增 8.2.1.4 如下：

8.2.1.4 对于船长 150m 及以上的散货船，水密实肋板厚度除满足 8.2.1.3 的要求外，尚应符合第 2 章第 13 节对深舱的规定。

### 第 7 节 装载手册和装载仪的附加要求

8.7.1 修改如下：

8.7.1 一般要求

8.7.1.1 本节适用于船长 150m 及以上的散货船、矿砂船和兼用船。

8.7.1.2 载货量曲线按本章附录 2 进行计算和绘制。

## 附录 1 散货船结构强度校核方法

### 1 一般规定

#### 1.1 适用范围

1.1.1 本附录适用于本篇第8章第8.1.3.1条和8.1.3.2条要求应进行的散货船结构强度校核。

## 2 设计载荷

### 2.1 货物压力

2.1.1 货舱内货物压力按下式确定：

$$P_i = 10\rho_c(1 + 0.35\frac{a_0}{C_b})k_b h_d \quad \text{kN/m}^2$$

式中： $\rho_c$  ——货物密度， $\text{t/m}^3$ ；

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{3}{L}[10.75 - (\frac{300-L}{100})^{1.5} + 0.067V\sqrt{L}] \quad (150\text{m} \leq L < 300\text{m}) \\ &= \frac{1}{L}[32.75 + 0.2V\sqrt{L}] \quad (300\text{m} \leq L < 350\text{m}) \\ &= \text{另行考虑} \quad (350\text{m} \leq L \leq 500\text{m}) \end{aligned}$$

在有限航区内航行的船舶， $a_0$ 可按下述要求减小：

- (1) 在近海航区内航行的船舶减小 5%；
- (2) 在沿海航区航行的船舶减小 10%；
- (3) 在遮蔽航区内航行的船舶减小 15%。

$$k_b = \sin^2 \alpha \tan^2(45^\circ - 0.5\delta) + \cos^2 \alpha$$

$\alpha$  ——板与水平面之间的夹角（如，舱壁、舷侧板为  $90^\circ$ ，内底板为  $0^\circ$ ）；

$\delta$  ——货物的休止角（矿石和煤为  $35^\circ$ ，盐、黄砂、石子、谷物等为  $30^\circ$ ，水泥为  $25^\circ$ ）；

$h_d$  ——计算点至货物顶面的垂直距离，m。货物顶面的横向形状如图 2.1.1，船长方向认为是均匀分布的。

货物顶面，沿纵向均布；沿横向，为抛物线方程：

$$z_s = h \times (1 - \frac{y_s^2}{b^2})$$

$b=B_1/2$ ，

$B_1$  为货舱宽度；

顶面至连线的最大距离为

$$h = \frac{b}{2} \tan \delta \quad (\delta = 35^\circ)$$

抛物线部分的面积为

$$A = \frac{2}{3} b^2 \tan \delta$$

$$h_d = z_s + h_0 + h_{db} - z$$

其中

$z_s$  —— 货物顶面至连线的距离，m；

$y_s$  —— 计算点到船中纵剖面的距离，m；

$h_{db}$  —— 双层底高度，m；

$z$  —— 计算点的垂向坐标，从基线量起，m；

$h_0$  —— 应根据该舱的载货量、货物密度以及横剖面形状计算。

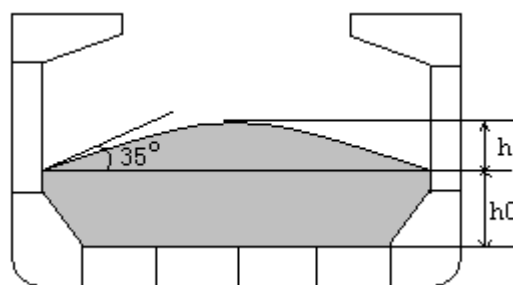


图 2.1.1 货物顶面形状

2.1.2 压载舱内液体压头取至通气管顶；重压载货舱内的压头取至舱口围板顶。

## 2.2 舷外水压力

2.2.1 舷外水压力按下述方法确定

(1) 满载工况

舷外水压力由静水压力和波浪水动压力两部分组成

$$\text{在基线处:} \quad P_b = 10d + 1.5C_w \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{在水线处:} \quad P_w = 3C_w \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{在舷侧顶端处:} \quad P_s = 3P_0 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{甲板上的水动压力: } P_d = 2.4P_0 \quad \text{kN/m}^2$$

式中:  $d$ —吃水 (m)

$$P_0 = C_w - 0.67(D - d)$$

$$C_w = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1.5} \quad 90\text{m} \leq L \leq 300\text{m}$$

$$= 10.75 \quad 300\text{m} < L < 350\text{m}$$

$$= 10.75 - \left(\frac{L - 350}{100}\right)^{1.5} \quad 350\text{m} \leq L \leq 500\text{m}$$

在有限航区内航行的船舶,  $C_w$  可按下述要求减小:

- (1) 在近海航区内航行的船舶减小 5%;
- (2) 在沿海航区航行的船舶减小 10%;
- (3) 在遮蔽航区内航行的船舶减小 15%。

## (2) 其他状态

$$\text{在基线处: } P_b = 10d_a \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{在水线处: } P_w = 0.0 \quad \text{kN/m}^2$$

式中:  $d_a$ ——对应装载工况下的实际吃水, m。

上述给出了基线、水线、舷侧顶端处的水压力计算公式, 舷侧其他部位的舷外水压力按线性插值确定。

## 2.3 端面弯矩

2.3.1 施加在舱段模型两端面上的弯矩为端面弯矩,  $M$ , kNm, 按下式计算:

$$M = M'_s + M'_w - M_r$$

式中:

$M'_s$ ——计算静水弯矩, 按表 3.1.1 选取;

$M'_w$ ——计算波浪弯矩, 按表 3.1.1 选取;

$M_r$ ——修正弯矩, 按 2.3.2 计算。

2.3.2 修正弯矩  $M_r$  是由于局部载荷引起的附加弯矩，计算方法如下：

(1) 当如图 4.2.1 所示的  $L_1 \approx L_2 \approx L_m$  时：

记中间舱段模型的线性均布压力为  $Q_m$ ，后端舱段的线性均布压力为  $Q_a$ ，前端舱段的线性均布压力为  $Q_f$ ，沿  $Z$  轴正向为正：

$$Q_m = P_b \times b - W_{mcargo} / L_m$$

$$Q_a = P_b \times b - W_{acargo} / L_a$$

$$Q_f = P_b \times b - W_{fcargo} / L_f$$

$$M_r = \frac{L_0^2}{72} \times (5Q_m + 2 \times Q_a + 2 \times Q_f) \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中：  $P_b$  —— 船底外压，见 2.2， $\text{kN/m}^2$ ；

$W_{mcargo}$  —— 中间货舱的货物重量（含压载水的重量），当采用半宽模型时，取舱内总重量的一半， $\text{kN}$ ；

$W_{acargo}$  —— 后端部货舱的货物重量（含压载水的重量），当采用半宽模型时，取舱内总重量的一半（ $\text{kN}$ ）；

$W_{fcargo}$  —— 前端部货舱的货物重量（含压载水的重量），当采用半宽模型时，取舱内总重量的一半（ $\text{kN}$ ）；

$L_a$  —— 与  $W_{acargo}$  对应的端部货舱长度， $\text{m}$ ；

$L_f$  —— 与  $W_{fcargo}$  对应的端部货舱长度， $\text{m}$ ；

$L_m$  —— 中间货舱长度， $\text{m}$ ；

$L_0$  —— 舱段模型的总长度， $\text{m}$ ；

$b$  —— 模型的宽度，当采用半宽模型时  $= B/2$ ， $B$  为型宽， $\text{m}$ 。

(2) 当如图 4.2.1 所示的  $L_1 \neq L_2 \neq L_m$  时，可用梁弯曲理论进行计算，压力采用(1)中建议的值， $M_r$  取模型中最大值。

3 计算工况

3.1 计算工况

3.1.1 船体结构强度直接计算工况应根据装载手册中的工况类型，在表 3.1.1 中选取相应的计算工况进行强度直接计算校核。

3.1.2 如装载手册中存在表 3.1.1 以外的特殊装载工况，也应进行强度直接计算校核。  
吃水取该装载工况的实际吃水，端面弯矩按 2.3 节规定确定。

3.1.3 定义

$M_H$ ：均匀装载条件下最大吃水时货舱内的实际货物质量，t；

$M_{FULL}$ ：以虚拟密度装至舱口围顶部时的货物质量，即

$$M_{FULL} = V_{FULL} \cdot \max (M_H/V_H, 0.86) \quad t;$$

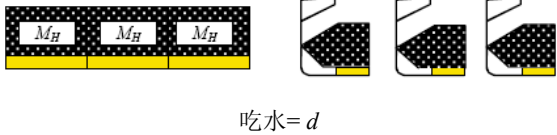
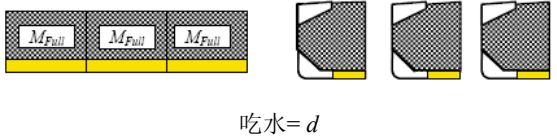
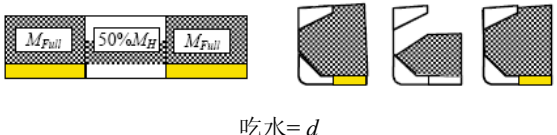
$M_{HD}$ ：对于最大吃水时具有指定空舱的设计条件时，货舱内允许装载的最大货物质量，t；

$M_{BLK}$ ：块状装载工况下的最大货物质量，t；




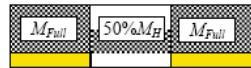

$V_{FULL}$ ：货舱容积， $m^3$ ，包括舱口围板包围的容积；







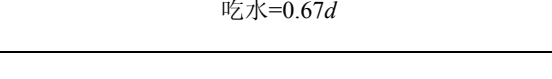
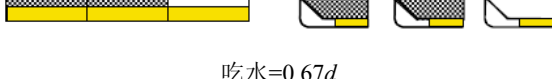
$V_H$ ：货舱容积， $m^3$ ，不包括舱口围板所包围的容积。

计算工况 表 3.1.1

工况类型	工况编号	计算工况	装载模式 后      中      前	计算静水弯矩 $M'_S$	计算波浪弯矩 $M'_w$	说明
满载	1	满载	 吃水= $d$	$1.1 M_S$	$M_W$	载运密度小于 $1.0t/m^3$ 的均匀装载船舶除外
	2	满载	 吃水= $d$	$1.1 M_S$	$M_W$	
	3	非均匀满载	 吃水= $d$	$1.1 M_S$	$M_W$	适用于均匀装载船舶



工况类型	工况编号	计算工况	装载模式 后 中 前	计算静水弯矩 $\overline{M}_s$	计算波浪弯矩 $M'_w$	说明
压载	4	正常压载	 吃水=正常压载吃水	$\overline{M}_s$	$M_w$	
	5	重压载	 吃水=重压载吃水	$\overline{M}_s$	$M_w$	仅适用于目标舱设计为压载货舱
	6	重压载	 吃水= 重压载吃水 重压载货舱双层底液舱满舱,两边舱双层底为燃油舱(如设有)	$\overline{M}_s$	$M_w$	仅适用于目标舱设计为压载货舱
	7	重压载	 吃水= 重压载吃水	$\overline{M}_s$	$M_w$	仅适用于目标舱设计为压载货舱
隔舱装载	8	非均匀满载	 吃水= $d$	$1.1 M_s$	$M_w$	适用于载货舱
	9	非均匀满载	 吃水= $d$	$1.1 M_s$	$M_w$	
	10	非均匀满载	 吃水= $d$	$1.1 M_s$	$M_w$	
	11	一舱隔舱装载	 吃水= $d$	$\overline{M}_s$	$M_w$	
	12	一舱隔舱装载	 吃水= $d$	$\overline{M}_s$	$M_w$	

工况类型	工况编号	计算工况	装载模式 后 中 前	计算静水弯矩 $M'_s$	计算波浪弯矩 $M'_w$	说明
港口装卸	13	连舱隔舱装载	 吃水= $d$	$\overline{M}_s$	$M_w$	
	14	连舱隔舱装载	 吃水= $d$	$\overline{M}_s$	$M_w$	
	15	港内-1	 吃水= $0.67d$	$\overline{M}_{s,p}$	$0.4M_w$	仅适用隔舱装载船舶的载货舱
	16	港内-1	 吃水= $0.67d$	$\overline{M}_{s,p}$	$0.4M_w$	
	17	港内-1	 吃水= $0.67d$	$\overline{M}_{s,p}$	$0.4M_w$	适用于隔舱装载船舶的载货舱和均匀装载船舶
	18	港内-1	 吃水= $0.67d$	$\overline{M}_{s,p}$	$0.4M_w$	适用于隔舱装载工况下的载货舱和均匀装载船舶
	19	港内-2	 吃水= $0.67d$	$\overline{M}_{s,p}$	$0.4M_w$	
	20	港内-2	 吃水= $0.67d$	$\overline{M}_{s,p}$	$0.4M_w$	

注：（1） $d$ ：见本篇第1章1.1.2.4；

$M_s$ ：取满载工况的最大实际静水弯矩，为模型长度范围内中间舱的最大值；

$\overline{M}_s$ ：许用静水弯矩，根据相应的计算工况选取中拱或中垂许用静水弯矩；

$M_w$ ：按照本篇第 2 章第 2 节有关内容计算，并考虑本篇第 1 章第 7 节规定进行有限航区折减。应用时波浪弯矩的中拱或中垂的选取与静水弯矩保持一致；

$\overline{M}_{s,p}$ ：港口许用静水弯矩， $\overline{M}_{s,p} = \overline{M}_s + 0.6M_w$

- (2) 除特别注明外，双层底处的阴影均代表燃油舱满舱，若没设燃油舱，则应为空舱。压载水密度取海水密度， $1.025\text{t/m}^3$ 。

## 4 有限元结构模型

### 4.1 坐标规定

#### 4.1.1 船体坐标规定如下：

x：沿船长方向，向首为正；

y：沿横向，从纵中剖面向左为正；

z：沿垂向，向上为正。

### 4.2 模型网格划分

4.2.1 采用三维有限元模型对散装货船主要构件进行强度直接计算，为了减少边界条件的影响，模型范围应覆盖三个货舱和四个横舱壁。模型端部的横舱壁连同各自壁墩应包括在模型中。垂向范围为船体型深。一般来说，强度评估采用中间一个货舱（含舱壁）的结果(如图 4.2.1 所示)，所评估的货舱应考虑到重货舱、一般货舱和重压载货舱的情况。

4.2.2 有限元模型一般应包括船舶的两舷，若主要构件和载荷对称于纵中剖面，则可以仅模型化船体结构的右舷（或左舷），如图 4.2.2 所示。

4.2.3 船体结构有限元网格沿船体横向按纵骨间距划分，纵向按肋骨间距或参照纵骨间距大小划分，舷侧也参照该尺寸划分，原则是网格形状尽量接近正方形。

4.2.4 一般地，船体的各类板、壳结构，强框架、纵桁、平面舱壁的桁材、肋骨等的高腹板以及槽型舱壁和壁墩用 4 节点板壳单元模拟，尽量少用三角形单元。在高应力区和高应力变化区尽量避免使用三角形单元，如：减轻孔、人孔，舱壁与墩连接处，邻近肘板或结构不连续处。主要构件的减轻孔、人孔，特别是双层底邻近舱壁处桁材和邻近底墩肘板肋板的开孔，可以用等效板厚的板元来替代这些开孔的影响。

4.2.5 对于承受水压力和货物压力的甲板、内外壳板、内外底板、顶边舱和底边舱斜板上的纵骨、舱壁的扶强材等用梁单元模拟，并考虑偏心的影响，纵桁、肋板上加强筋、肋骨和肘板等主要构件的面板和加强筋可用杆单元模拟。若考虑到网格的布置和大小划分的困

难，将这些区域的次要构件归并为一个等效的杆单元来模拟。

4.2.6 船底纵桁和肋板在垂直方向应布置不少于 3 个单元。舱壁最底部的单元一般情况下应尽量取为正方形单元。

4.2.7 当舷侧采用横骨架时，舷侧肋骨可以定义为板元或梁元，当肋骨腹板的高度与舷侧的网格尺寸之比小于 1/3 时，可用梁元。当舷侧采用纵骨架时，舷侧结构有限元网格可采用双层底的划分原则。

4.2.8 槽型舱壁和壁墩：每一个翼板和腹板至少应划分为一个板元；在槽型舱壁下端接近底墩处的板单元和墩板的邻近单元，其长宽比系数接近 1。

4.2.9 在前后端面中和轴与中纵剖面相交处各建一个独立点，端面各纵向构件节点自由度 $\delta_x$ 、 $\delta_y$ 、 $\delta_z$ 与独立点相关。

4.2.10 结构尺寸采用船舶建造厚度，应充分反应基于强度原因的加强，但对于船东的特殊设计要求的尺寸或加强不予考虑。

4.2.11 板单元许用应力标准采用的是膜应力，即弯曲板单元的中面应力。梁单元采用的是轴向应力。

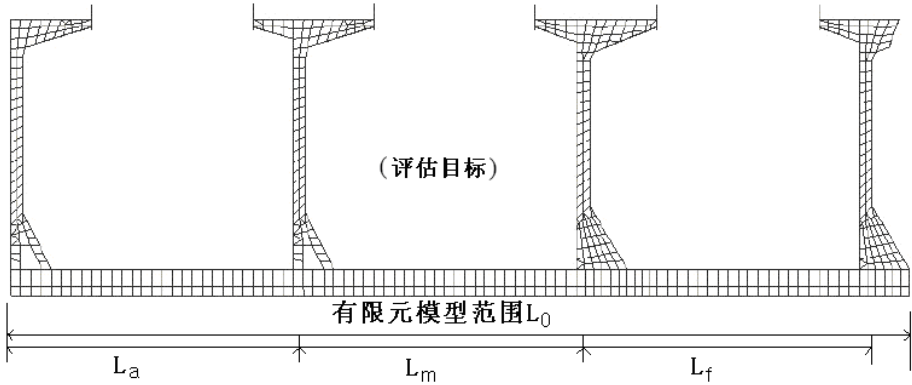


图 4.2.1 三维有限元模型范围

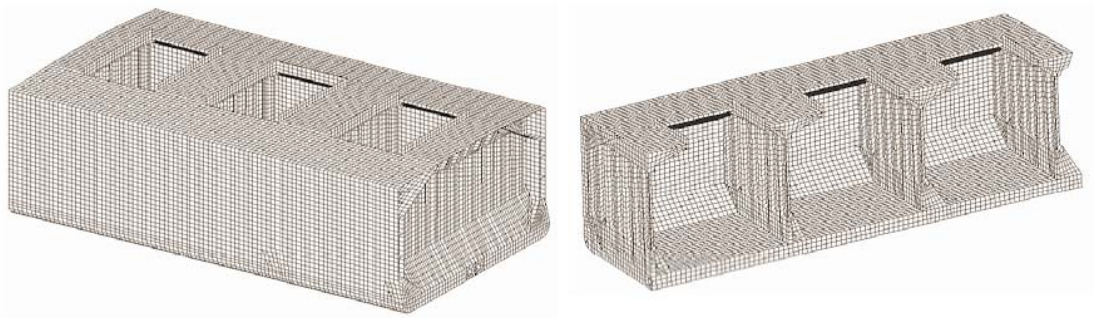


图 4.2.2 三维有限元模型

### 4.3 边界条件

4.3.1 模型两端应按表 4.3.1 (1) 和表 4.3.1 (2) 要求简支。端部两剖面的纵向构件节点应与位于中心线上中和轴处的独立点刚性关联，见表 4.3.1 (1)。两端独立点应按表 4.3.1 (2) 约束。

4.3.2 如果载荷对称，可以采用半宽模型，除了满足 4.3.1 中约束，对中纵剖面上的节点还需补充约束： $\delta_y=\theta_x=\theta_z=0$ 。

两端的刚性关联 表 4.3.1 (1)

模型两端的纵向构件节点	平移			旋转		
	$\delta_x$	$\delta_y$	$\delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
所有纵向构件	RL	RL	RL	—	—	—
“RL”是指与独立点的相关自由度刚性关联。						

独立点的支撑条件 表 4.3.1 (2)

独立点的位置	平移			旋转		
	$\delta_x$	$\delta_y$	$\delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$
模型后端的独立点	—	约束	约束	约束	—	—
模型前端的独立点	约束	约束	约束	约束	—	—

## 5 屈服强度评估

### 5.1 屈服强度评估

- 5.1.1 板单元采用中面应力，梁单元采用轴向应力。
- 5.1.2 对应于标准工况主要构件的应力一般不超过表 5.1.1 中给出的值。
- 5.1.3 对于槽型舱壁，槽型端部的应力可以通过舱壁板内的平均应力外推得到。
- 5.1.4 平均剪应力  $\tau$  系指主要构件的腹板深度范围内的平均剪应力。
- 5.1.5 对于应力集中和形状很差的单元应力可以不采纳。

最大许用应力 表 5.1.1

结构分类	许用应力			
	$\sigma_e$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_l$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_w$ N/mm <sup>2</sup>	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>
主甲板	220/k	210/k	—	—
内、外底板	220/k	210/k	145/k	—
顶边舱，底边舱斜板，舷侧外板，舷侧内壳，双舷侧内舷侧纵桁或平台	220/k	210/k	145/k	115/k

船底纵桁	235/k	210/k	—	115/k
肋板、横舱壁板	175/k	—	—	95/k
凳板、横框架板	195/k	—	—	95/k
其他	195/k	—	—	—
符号				
$\sigma_e$ —— von Mises 应力, $= \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$ 式中: $\sigma_x$ —— 单元 x 方向的应力; $\sigma_y$ —— 单元 y 方向的应力; $\tau_{xy}$ —— 单元 xy 平面的剪应力; 表中: $\sigma_l$ —— 船体梁纵向的应力; $\sigma_w$ —— 船体梁横向或垂向的应力; $\tau$ —— 剪应力, 对于纵桁和肋板为腹板总深度的平均剪应力; $k$ —— 材料换算系数。				
梁单元轴向应力(N/mm <sup>2</sup> )				
横向构件上的梁	176/k			
纵向构件上的梁	206/k			

## 6 屈曲强度评估

### 6.1 一般规定

6.1.1 所有主要构件应校核平板屈曲, 特别是下列区域应引起注意:

- (1) 双层底肋板, 特别在舱段中间部位;
- (2) 双层底纵桁, 特别是:
  - 临近舱壁或凳的舱的两端
  - 从舱壁或底凳算起的第一个开孔处的板,
  - 在舱中部;
- (3) 顶边舱, 甲板和舷侧板
- (4) 船底板和内底板, 特别是:
  - 临近舱壁或凳的舱的两端,
  - 舱中部
- (5) 舱壁和凳板, 特别是:
  - 在跨中和邻近凳的部位,
  - 凳的外侧板。

6.1.2 平板屈曲计算基于表 6.1.2 中给出的标准减缩厚度。

6.1.3 在平板屈曲计算中应考虑双向轴向压应力和剪应力，一般情况下板内的中面应力用来进行屈曲检查。

6.1.4 在计算屈曲安全因子中，第 2 篇 2.2.7 节定义的边界约束系数“ $c$ ”应加以考虑。

6.1.5 在屈曲计算中，所必需的最小屈曲安全系数  $\lambda$  如表 6.1.5 所示。

标准减缩厚度，用来计算临界屈曲应力		表 6.1.2
位置		减缩厚度，mm
风雨密甲板 1.5m 以内的压载水舱	一边与压载水相连	1.0
	两边与压载水相连	2.0
其他部位		1.0

平板屈曲所需要的安全因子 $\lambda$		表 6. 1. 5
结构	屈曲安全因子 $\lambda$	
甲板和顶边舱的板	1.0	
船底板、内底和底边舱板	1.0	
双层底和舷侧纵桁或平台	1.0	
双层底肋板和顶底边舱内框架	1.1	
横向水密舱壁和凳	1.2	
横向深舱舱壁和凳	1.2	
符号		
$\lambda$ =临界屈曲应力/实际应力		

## 6.2 计算方法

### 6.2.1 求解板格的屈曲强度

(1) 由有限元计算得到的应力，按表 6.1.2 的标准减薄厚度进行应力修正：

$$\sigma_A = \sigma t / (t - t_r)$$

式中：  $\sigma_A$  —— 屈曲计算中的工作应力；

$\sigma$  —— 由有限元计算得到的应力；

$t$  —— 有限元计算中所使用的原始板厚值；

$t_r$  —— 表 6.1.2 中所列的标准减薄厚度。

(2) 临界屈曲应力及弹塑性修正

① 短边受压板格弹性临界屈曲应力  $\sigma_{xcr,e}$  定义如下：

$$\sigma_{xcr\_e} = k_x C_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{s}\right)^2 \quad N/mm^2$$

式中:  $k_x$  —— 短边受压及弯曲屈曲系数, 按表 6.2.1 (1) 计算;

$C_1$  —— 边界约束系数, 见表 6.2.1 (2);

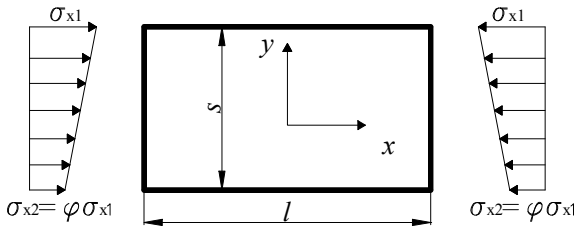
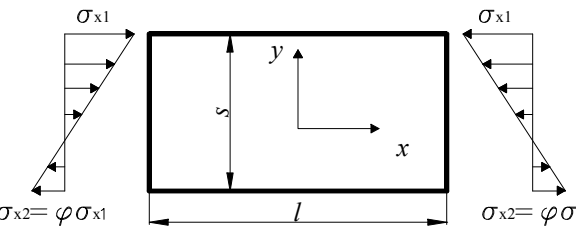
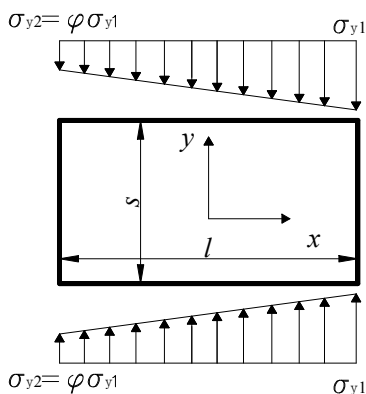
$t$  —— 板格厚度, mm;

$s$  —— 板格的短边长度, mm, 取纵骨、加强筋或扶强材间距;

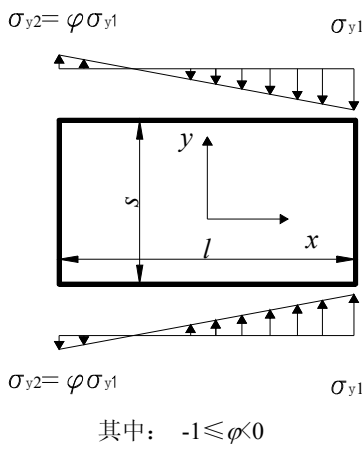
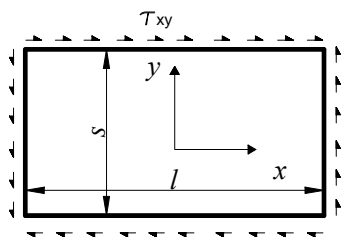
$x$  —— 定义为板格长边轴向。

板格屈曲系数

表 6.2.1 (1)

板格受压及弯曲和剪切力学模型		屈曲系数
短边受压	 <p>其中: <math>0 \leq \phi \leq 1</math></p>	$k_x = \frac{8.4}{\phi + 1.1}$
	 <p>其中: <math>-1 \leq \phi &lt; 0</math></p>	$k_x = 7.6 - 6.4\phi + 10\phi^2$
长边受压	 <p>其中: <math>0 \leq \phi \leq 1</math></p>	$k_y = \left[1 + \left(\frac{s}{l}\right)^2\right]^2 \frac{2.1}{\phi + 1.1}$



	 <p>其中: <math>-1 \leq \varphi &lt; 0</math></p>	$k_y = 1.909(1 + \varphi) \left[ 1 + \left( \frac{s}{l} \right)^2 \right]^2 - k_p \varphi + 10\varphi(1 + \varphi) \left( \frac{s}{l} \right)^2$ <p>其中:</p> $k_p = \begin{cases} 24 \left( \frac{s}{l} \right)^2 & \frac{l}{s} \leq \frac{3}{2} \\ 2 + 16 \left( \frac{s}{l} \right)^2 + 8 \left( \frac{s}{l} \right)^4 & \frac{l}{s} > \frac{3}{2} \end{cases}$
边缘受剪		$k_t = 5.34 + 4 \left( \frac{s}{l} \right)^2$

板格边界约束系数  $C_1$ 、 $C_2$

表 6.2.1 (2)

边界情况	$C_1$	$C_2$	
		位于双层底或双壳之间	其他位置
角钢或 T 型扶强材	1.1	1.3	1.2
扁钢或球扁钢	1.0	1.2	1.1

② 长边受压板格弹性临界屈曲应力  $\sigma_{y_{cr\_e}}$  定义如下:

$$\sigma_{y_{cr\_e}} = k_y C_2 \frac{\pi^2 E}{12(1 - \nu^2)} \left( \frac{t}{s} \right)^2 \quad N/mm^2$$

式中:  $k_y$  —— 长边受压及弯曲屈曲系数, 按表 6.2.1 (1) 计算;

$C_2$  —— 边界约束系数, 见本附录表 6.2.1 (2);

$y$  —— 定义为板格短边轴向。

其余符号同①。

③ 受剪切板格弹性临界屈曲应力  $\tau_{cr\_e}$  定义如下:

$$\tau_{cr\_e} = k_t C_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{s}\right)^2 \quad N/mm^2$$

式中：  $k_t$  —— 剪切屈曲系数，按表 6.2.1（1）计算；  
其余符号同①、②。

④ 应对板格的临界弹性屈曲应力进行修正，弹塑性修正公式如下：

$$\sigma_{\begin{smallmatrix} xcr \\ (ycr) \end{smallmatrix}} = \begin{cases} \sigma_{\begin{smallmatrix} xcr\_e \\ (ycr\_e) \end{smallmatrix}} & \text{当 } \sigma_{\begin{smallmatrix} xcr\_e \\ (ycr\_e) \end{smallmatrix}} \leq \frac{\sigma_s}{2} \\ \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{4\sigma_{\begin{smallmatrix} xcr\_e \\ (ycr\_e) \end{smallmatrix}}}\right) & \text{当 } \sigma_{\begin{smallmatrix} xcr\_e \\ (ycr\_e) \end{smallmatrix}} > \frac{\sigma_s}{2} \end{cases}$$

$$\tau_{cr} = \begin{cases} \tau_{cr\_e} & \text{当 } \tau_{cr\_e} \leq \frac{\tau_s}{2} \\ \tau_s \left(1 - \frac{\tau_s}{4\tau_{cr\_e}}\right) & \text{当 } \tau_{cr\_e} > \frac{\tau_s}{2} \end{cases}$$

式中：  $\sigma_{xcr\_e}$ 、 $\sigma_{ycr\_e}$ 、 $\tau_{cr\_e}$  —— 分别为板格在单轴应力作用下的  $X$  轴、 $Y$  轴的弹性临界屈曲压应力和临界屈曲剪应力，见①、②、③；

$\sigma_s$  —— 材料屈服强度， $N/mm^2$ ；

$$\tau_s \text{ —— } \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}。$$

(3) 屈曲强度校核

- ① 按表 6.2.1（3）计算板格在复合应力作用下的临界屈曲应力与计算的实际压应力之比  $\lambda$ ，应不小于表 6.1.5 中的安全因子。
- ②  $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 、 $\tau_{xy}$  在计算时取绝对值计入。若  $X$  轴、 $Y$  轴的工作应力为拉应力时，该应力分量取为零。

$\lambda$ 计算值		表 6.2.1（3）
板格长宽比	$1 \leq \frac{l}{s} \leq \sqrt{2}$	$\sqrt{2} < \frac{l}{s} \leq 8$
应力状态		

双向压缩	$\frac{1}{(1+k_1)} \frac{\sigma_{xcr}}{\sigma_x}$	$\frac{1}{\sqrt{(1+k_1^2)}} \frac{\sigma_{xcr}}{\sigma_x}$
X轴压缩+剪切	$\frac{1}{\sqrt{(1+k_2^2)}} \frac{\sigma_{xcr}}{\sigma_x}$	
Y轴压缩+剪切	$\frac{1}{\sqrt{(1+k_3^2)}} \frac{\sigma_{ycr}}{\sigma_y}$	
双向压缩+剪切	$\frac{1}{\sqrt{(1+k_1^2+k_2^2)}} \frac{\sigma_{xcr}}{\sigma_x}$	

其中：

$$k_1 = \frac{\sigma_y / \sigma_{ycr}}{\sigma_x / \sigma_{xcr}}, \quad k_2 = \frac{\tau_{xy} / \tau_{cr}}{\sigma_x / \sigma_{xcr}}, \quad k_3 = \frac{\tau_{xy} / \tau_{cr}}{\sigma_y / \sigma_{ycr}}$$

- 注：①  $\sigma_{x1}$ 、 $\sigma_{y1}$ 分别为板格边所受对应X轴、Y轴工作应力中的较大值； $\sigma_{x2}$ 、 $\sigma_{y2}$ 为对应的另一较小值，计算时 $\sigma_x$ 、 $\sigma_y$ 应按板格边中面应力的平均值计入； $\tau_{xy}$ 为平均剪应力。 $\sigma_{x1}$ 、 $\sigma_{x2}$ 、 $\sigma_{y1}$ 、 $\sigma_{y2}$ 、 $\tau_{xy}$ 如表6.2.1（1）中所示。
- ②  $\sigma_{xcr}$ 、 $\sigma_{ycr}$ 、 $\tau_{cr}$ 分别为板格在单轴应力作用下的X轴、Y轴的弹塑性修正后的临界屈曲压应力和临界屈曲剪应力

## 附录2 载货量曲线

符号

- $h$  : 船舶中纵剖面处从内底板顶部到上甲板的垂直距离，m；
- $h_a$  : 船舶块状装载时后货舱船舶中纵剖面处从内底板顶部到上甲板最低点的垂直距离，m；
- $h_f$  : 船舶块状装载时前货舱船舶中纵剖面处从内底板顶部到上甲板最低点的垂直距离，m；
- $M_H$  : 定义见本篇第8章附录1；
- $M_{FULL}$  : 定义见本篇第8章附录1；
- $M_{HD}$  : 定义见本篇第8章附录1；

- $M_D$  : 每个货舱给出的最大载货量, t;
- $M_{BLK}$  : 定义见本篇第 8 章附录 1;
- $T_{HB}$  : 最大压载吃水, m;
- $T_i$  : 第  $i$  装载工况下货舱长度  $l_H$  中点处的吃水, m;
- $d$  : 定义见本篇第 1 章 1.1.2.4;
- $V_H$  : 货舱容积,  $m^3$ , 不包括舱口围板所包围的容积;
- $V_f$  和  $V_a$  : 前部和后部货舱容积,  $m^3$ , 不包括舱口围板包围的容积;
- $T_{min}$  : 0.75  $d$  或两相邻货舱空舱的压载工况吃水, 取大者, m;
- $\Sigma$  : 两个相邻货舱的质量和。

## 1. 一般要求

### 1.1 适用范围

1.1.1 本附录要求适用于船长  $L$  为 150m 及以上船舶。

1.1.2 本附录所述步骤用于确定以下内容:

每个货舱的最大允许载货量和最小要求载货量与货舱中部吃水的函数关系;

每两个相邻货舱的最大允许载货量和最小要求载货量与货舱平均吃水的函数关系。

1.1.3 计算结果应纳入被核查的装载手册, 装载手册也应从设计角度表明船舶达到吃水  $d$  时, 每个货舱和每两个相邻货舱的最大允许载货量。

1.1.4 以下与最大允许载货量和最小要求载货量相关的注解应在装载手册中陈述。

如果船舶从事载运诸如热钢卷和重货等对双层底局部强度不利的营运, 且该装载情况未在装载手册中陈述时, 货舱最大允许载货量和最小要求载货量应特别考虑。

## 2. 每个货舱的最大和最小载货量

### 2.1 航行工况下单个货舱的最大允许载货量和最小要求载货量

2.1.1 航行工况下单个货舱的载货量曲线定义见 2.1.2 至 2.1.3。当然, 如果已经对船舶结构用比本篇第 8 章附录 1 第 3 节更严重的装载工况校核后, 最小要求载货量和最大允许载货量可基于那些相应工况。

### 2.1.2 隔舱装载船舶

对于载货舱，不同吃水( $T_i$ )时，最大允许载货量( $W_{max}(T_i)$ ), t, 应按下式得出：

$$W_{max}(T_i) = M_{HD} + 0.1M_H - 1.025V_H \frac{(d - T_i)}{h}$$

但是，在任何情况下， $W_{max}(T_i)$ 应不大于  $M_{HD}$

对于载货舱，不同吃水( $T_i$ )时，最小要求载货量( $W_{min}(T_i)$ ), t, 应按下式得出：

$$W_{min}(T_i) = 0 \quad \text{当 } T_i \leq T_{HB}$$

$$W_{min}(T_i) = 1.025V_H \frac{(T_i - T_{HB})}{h} \quad \text{当 } d \geq T_i > T_{HB} \text{ or}$$

$$W_{min}(T_i) = 0.5M_H - 1.025V_H \frac{(d - T_i)}{h} \geq 0 \quad \text{当 } d \geq T_i$$

对于最大吃水时空的货舱，不同吃水( $T_i$ )时，最大允许载货量( $W_{max}(T_i)$ ), t, 应按下式得出：

$$W_{max}(T_i) = M_{Full} - 1.025V_H \frac{(d - T_i)}{h}$$

对于最大吃水时空的货舱，不同吃水( $T_i$ )时，最小要求载货量( $W_{min}(T_i)$ ), t, 应按下式得出：

$$W_{min}(T_i) = 0 \quad \text{当 } T_i \leq d$$

隔舱装载船舶的载货舱和最大吃水时空货舱的载货量曲线示例见图 2.1.2。

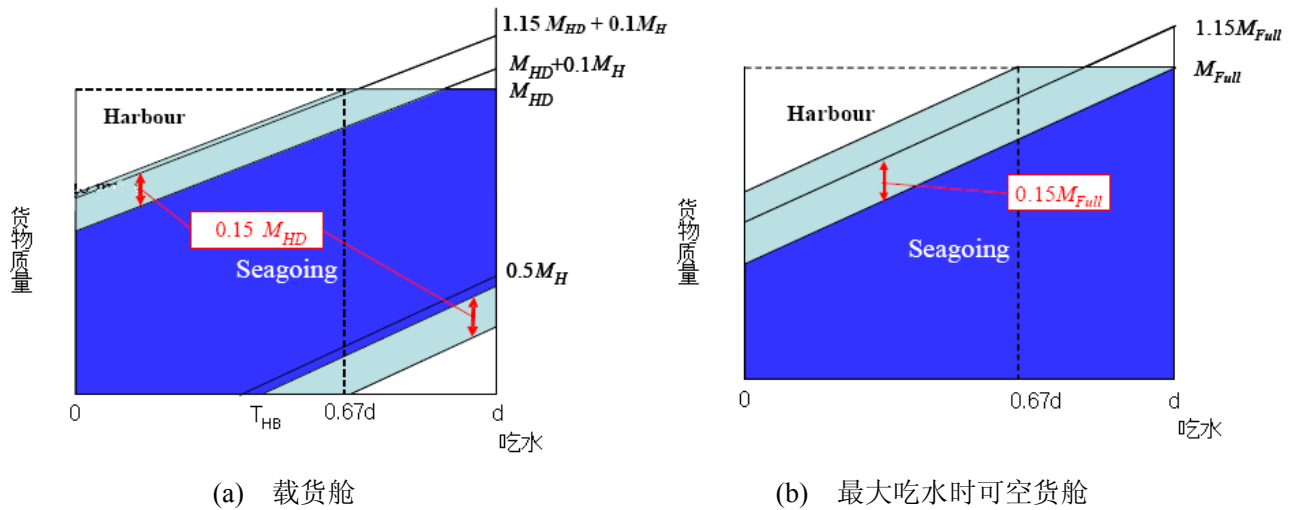


图 2.1.2 隔舱装载船舶载货量曲线示例

### 2.1.3 均匀装载船舶

不同吃水( $T_i$ )时, 最大允许载货量( $W_{max}(T_i)$ ), t, 应按下列公式得出:

$$W_{max}(T_i) = M_{Full} - 1.025V_H \frac{(d - T_i)}{h}$$

不同吃水( $T_i$ )时, 最小要求载货量( $W_{min}(T_i)$ ), t, 应按下列公式得出:

$$W_{min}(T_i) = 0 \quad \text{当 } T_i \leq T_{HB}$$

$$W_{min}(T_i) = 1.025V_H \frac{(T_i - T_{HB})}{h} \quad \text{当 } d \geq T_i > T_{HB} \text{ or}$$

$$W_{min}(T_i) = 0.5M_H - 1.025V_H \frac{(d - T_i)}{h} \quad \text{当 } d \geq T_i$$

$$W_{min}(T_i) \geq 0$$

均匀装载船舶的货舱载货量曲线示例见图 2.1.3。

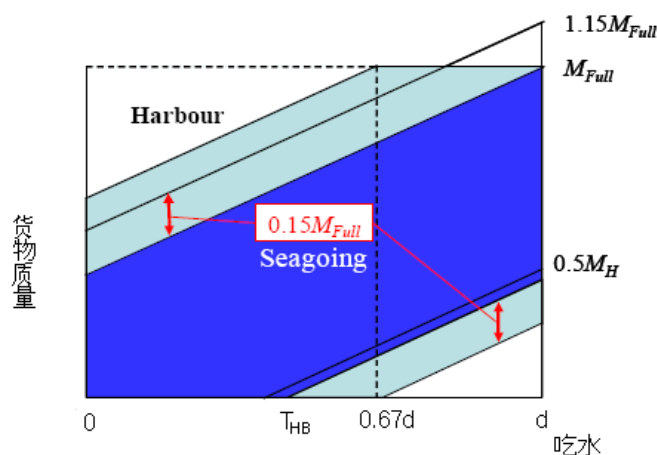


图 2.1.3 均匀装载船舶载货量曲线示例

## 2.2 港内工况下单个货舱的最大允许载货量和最小要求载货量

2.2.1 港内工况下单个货舱的载货量曲线定义见 2.2.2。当然, 如果已经对船舶结构用比本篇第 8 章附录 1 第 3 节更严重的装载工况校核后, 最小要求载货量和最大允许载货量可基于那些相应工况。

2.2.2 对于所有船舶, 港口装/卸货时, 与吃水对应的单个货舱的最大允许载货量和最小要求载货量可以增加或减少航行工况下最大吃水时的最大允许载货量的 15%。但在任何情况下, 每个货舱的最大允许载货量应不大于设计最大吃水时的最大允许载货量。

### 2.2.3 隔舱装载船舶

港口装/卸货时, 不同吃水( $T_i$ )时, 最大允许载货量( $W_{\max}(T_i)$ ), t, 除了满足 2.1.2 要求, 还应按下式校核:

对于最大吃水时可空的货舱

$$W_{\max}(T_i) = M_{FULL} \quad \text{当 } T_i \geq 0.67d$$

$$W_{\max}(T_i) = M_{FULL} - 1.025V_H \frac{(0.67d - T_i)}{h} \quad \text{当 } T_i < 0.67d$$

#### 2.2.4 均匀装载船舶

港口装/卸货时, 不同吃水( $T_i$ )时, 最大允许载货量( $W_{\max}(T_i)$ ), t, 除了满足 2.2.2 要求, 还应按下式校核:

$$W_{\max}(T_i) = M_{FULL} \quad \text{当 } d \geq T_i > 0.67d$$

$$W_{\max}(T_i) = M_{FULL} - 1.025V_H \frac{(0.67d - T_i)}{h} \quad \text{当 } T_i < 0.67d$$

### 3. 每两个相邻货舱的最大和最小载货量

#### 3.1 航行工况下两个相邻货舱的最大允许载货量和最小要求载货量

3.1.1 航行工况下两个相邻货舱的载货量曲线定义见 3.1.2。当然, 如果已经对船舶结构用比本篇第 8 章附录 1 第 3 节更严重的装载工况校核后, 最小要求载货量和最大允许载货量可基于那些相应工况。

##### 3.1.2 具有块状装载工况的隔舱装载船舶

不同吃水( $T_i$ )时, 最大允许载货量( $W_{\max}(T_i)$ ), t, 应按下列公式得出:

$$W_{\max}(T_i) = \sum (M_{BLK} + 0.1M_H) - 1.025 \left( \frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a} \right) (d - T_i)$$

然而, 无论如何  $W_{\max}(T_i)$  不大于  $\sum M_{BLK}$ 。

不同吃水( $T_i$ )时, 最小要求载货量( $W_{\min}(T_i)$ ), t, 应按下列公式得出:

$$W_{\min}(T_i) = 0 \quad \text{当 } T_i \leq T_{HB}$$

$$W_{\min}(T_i) = 1.025 \left( \frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a} \right) (T_i - T_{HB}) \quad \text{当 } d \geq T_i > T_{HB}$$

具有块状装载工况的隔舱装载船舶的货舱载货量曲线示例见图 3.1.2。

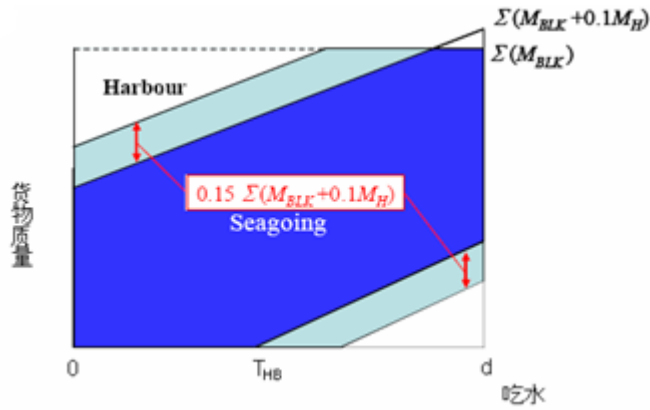


图 3.1.2 具有块状装载工况的隔舱装载船舶的货舱载货量曲线

### 3.1.3 不具有块状装载工况的隔舱装载船舶和均匀装载船舶

不同吃水( $T_i$ )时, 最大允许载货量( $W_{\max}(T_i)$ ), t, 应按下列公式得出:

$$W_{\max}(T_i) = \sum M_{FULL} - 1.025 \left( \frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a} \right) (d - T_i) \text{ 当 } T_i < d$$

不同吃水( $T_i$ )时, 最小要求载货量( $W_{\min}(T_i)$ ), t, 应按下列公式得出:

$$W_{\min}(T_i) = 0 \quad \text{当 } T_i \leq T_{HB}$$

$$W_{\min}(T_i) = 1.025 \left( \frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a} \right) (T_i - T_{HB}) \quad \text{当 } d \geq T_i > T_{HB}$$

不具有块状装载工况的隔舱装载船舶和均匀装载船舶的货舱载货量曲线示例见图

3.1.3。

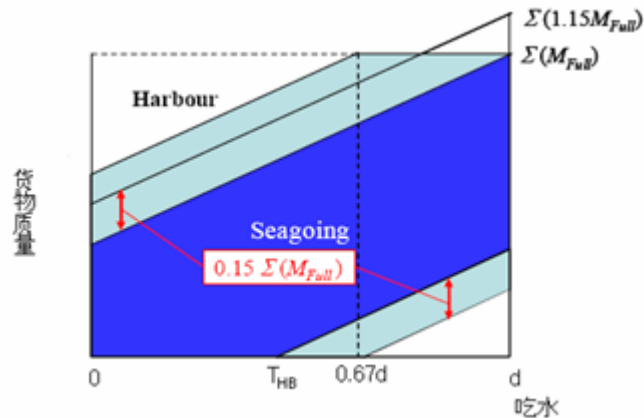




图 3.1.3 不具有块状装载工况的隔舱装载船舶和均匀装载船舶的货舱载货量曲线

### 3.2 港内工况下两个相邻货舱的最大允许载货量和最小要求载货量

3.2.1 港内工况下两个相邻货舱的载货量曲线定义见 3.2.2。当然，如果已经对船舶结构用比本篇第 8 章附录 1 第 3 节更严重的装载工况校核后，最小要求载货量和最大允许载货量可基于那些相应工况。

3.2.2 对于所有船舶，港口装/卸货时，与吃水对应的货舱的最大允许载货量和最小要求载货量可以增加或减少航行工况下最大吃水时的最大允许载货量的 15%。但在任何情况下，每个货舱的最大允许载货量应不大于设计最大吃水时的最大允许载货量。

#### 3.2.3 具有块状装载工况的隔舱装载船舶

港口装/卸货时，不同吃水( $T_i$ )时，最大允许载货量( $W_{\max}(T_i)$ )，t，除了满足 3.1.2 要求，还应按下式校核：

$$W_{\max}(T_i) = \sum M_{FULL} - 1.025 \left( \frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a} \right) (0.67d - T_i)$$

$$W_{\max}(T_i) \leq M_{BLK}$$

#### 3.2.4 不具有块状装载工况的隔舱装载船舶和均匀装载船舶

港口装/卸货时，不同吃水( $T_i$ )时，最大允许载货量( $W_{\max}(T_i)$ )，t，除了满足 3.1.3 要求，还应按下式校核：

$$W_{\max}(T_i) = M_{FULL} \quad \text{当 } d \geq T_i \geq 0.67d$$

$$W_{\max}(T_i) = \sum M_{FULL} - 1.025 \left( \frac{V_f}{h_f} + \frac{V_a}{h_a} \right) (0.67d - T_i) \quad \text{当 } T_i < 0.67d$$

## 第 10 章 拖船

### 第 1 节 一般规定

10.1.2.1 中的“……支承结构图。”改为“……支承结构图及其强度计算书。”。

## 第 11 章 近海供应船

## 第 1 节 一般规定

删除 11.1.3。

## 第 2 节 货物围护和其他设施

11.2.3 修改如下:

11.2.3 舷窗、方窗和天窗

11.2.3.1 舷窗、方窗和天窗应满足本篇第 1 章第 12 节的相关要求。

11.2.3.2 仅允许在下列位置设置方窗, 其余位置均应设置舷窗, 见图 11.2.3.2:

(1) 干舷甲板上第 2 层及其以上各层:

- ①在甲板室和上层建筑的后端壁上;
- ②在非外板部分的甲板室和上层建筑的两侧。

(2) 干舷甲板上第 3 层及其以上各层:

- ①在甲板室和上层建筑的前端壁上,但在露天甲板上第 1 层前端壁上只可设置舷窗。

11.2.3.3 应在下列位置设置永久附装的窗盖:

(1) 舷窗:

- ①在舷侧外板上;
- ②在上层建筑和甲板室的前端壁上;
- ③在干舷甲板以上直至第 3 层(包括第 3 层)甲板室和上层建筑的两侧;
- ④在干舷甲板上第 1 层和第 2 层的上层建筑,甲板室、围壁和升降口围罩的后端壁上。

(2) 方窗:

- ①在干舷甲板上第 2 和第 3 层的甲板室和上层建筑的两侧;
- ②在干舷甲板上第 2 层的上层建筑、甲板室、围壁和升降口围罩的后端壁上。

11.2.3.4 在干舷甲板上第 2 层及其以上各层的方窗,如设有进行关窗的安全通道,则可以铰链式风暴盖以替代窗盖。

11.2.3.5 驾驶室前端壁的方窗应设置窗盖或风暴盖。应为风暴盖的使用提供方便和安全的通道设施(例如:带栏杆的通道)。窗盖或风暴盖也可以是活动式的,只要它们存放在方窗的邻近可以快速装上。至少有两个窗盖或风暴盖具有可提供清晰视域的手段。

11.2.3.6 舷窗的窗盖和本节 11.2.3.4 及 11.2.3.5 未提及的方窗的窗口盖应是内铰链式的。

11.2.3.7 方窗的钢化安全玻璃厚度应不低于表 11.2.3.7 (1) 和表 11.2.3.7 (2) 的要求,比表列更大尺寸的方窗是不可接受的。

设于前端壁和侧壁上的方窗钢化安全玻璃的厚度 表 11.2.3.7 (1)

方窗公称尺度 mm×mm	钢化安全玻璃的厚度,mm			
	第 2 层	第 3 层	第 4 层	第 5 层
300×425	12	12	10	10
355×500	15	15	12	10
400×560	19	15	12	10

450×630	19	19	15	12
500×710	—	19	15	12
560×800	—	—	19	15
900×630	—	—	—	15
1000×710	—	—	—	19

设于后端壁上的方窗钢化安全玻璃的厚度 表 11.2.3.7 (2)

方窗公称尺度 mm×mm	钢化安全玻璃的厚度,mm		
	第 2 层	第 3 层	第 4 层及其以上各层
300×425	10	10	10
355×500	10	10	10
400×560	12	12	10
450×630	15	12	10
500×710	15	15	10
560×800	—	15	10
900×630	—	19	12
1000×710	—	—	12

11.2.3.8 如装有天窗,则天窗的结构应牢固,天窗的围板高度,当其位于开敞的干舷甲板、后升高甲板和首垂线起  $L/4$  以前的开敞上层建筑甲板上时,应为 600mm,当其位于距首垂线  $L/4$  以后的开敞上层建筑甲板时,应为 450mm。天窗的玻璃厚度应与相同位置的舷窗或方窗玻璃厚度相同。天窗应装有坚固的风暴盖。

11.2.4.3 中“其面积应较本篇 1.7.3 规定的最小面积作适当的增加”改为“其面积应较本篇 1.8.6.2 的要求作适当的增加”。

## 第 12 章 驳船

### 附录 箱形驳船横向强度校核方法

删除 4.3 屈曲强度评估。

## 第 14 章 挖泥船

### 第 2 节 总纵强度

14.2.1.3 中的“14.11.1”改为“14.1.1.1”。



中国船级社

# 国内航行海船建造规范

2011 年修改通报

第 3 篇 轮机  
(报批稿)

中国船级社上海规范研究所  
2010 年 12 月

# 简要说明

《国内航行海船建造规范》11 修改通报主要依据 CCS 产品认证协调会会议纪要以及相关的 IMO 决议通过的修证案，主要作如下修改：

- 1、明确新型结构的阀或非标准阀，应提交详细的图纸资料；
- 2、明确阀应由钢、铸铁、铜、铜合金或其他适于其用途的材料制成；
- 3、明确单向阀的阀壳上应有永久性流向标记。
- 4、螺旋桨油压无键安装推入量计算与钢规统一，执行UR K3的要求。

# 目 录

第 2 章 泵与管系 .....	3
第 6 节 泵、阀与附件.....	3
第 11 章 轴系及螺旋桨 .....	3
第 4 节 螺旋桨.....	3

## 第2章 泵与管系

### 第6节 泵、阀与附件

在2.6.2.1最后增加如下内容:

“对于除此之外的新型结构的阀或非标准阀,应提交详细的图纸资料。”

在2.6.2.2最后增加如下内容:

“阀应由钢、铸铁、铜、铜合金或其他适于其用途的材料制成。”

在2.6.2.5最后增加如下内容:

“单向阀的阀壳上应有永久性流向标记。”

## 第11章 轴系及螺旋桨

### 第4节 螺旋桨

删除11.4.5.1中“11.4.5.2或”。

删除11.4.5.2

删除 11.4.5.3 中“其他符号同 11.4.5.2。”

在11.4.5.3最后增加:

式中: $K$  ——螺旋桨轴端锥度,  $K \leq 1/15$ ;

$N_e$  ——传递到螺旋桨轴的额定功率, kW;

$n_e$  ——传递  $N_e$  时的转速, r/min;

$A$  ——螺旋桨毂与螺旋桨轴的理论接触面积,  $\text{mm}^2$ ;

$$K_2 = \frac{d_2}{d_1};$$

$d_1$  ——套合接触长度范围内轴的平均直径, mm;

$d_2$  ——桨毂的平均外径, mm;

$$\mu_1=0.30;$$

$\mu_2$  ——螺旋桨材料的泊松比, 对铜质一般可取  $\mu_2=0.34$ ;

$$E_1=20.6 \times 10^4 \text{ N/mm}^2;$$

$E_1$  ——螺旋桨轴材料弹性模数,

$E_2$  ——螺旋桨材料弹性模数, 对铜质一般可取  $E_2=11.77 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ;

$t$  ——螺旋桨套合时的温度,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$$a_1=11 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C};$$

$a_2$  ——螺旋桨材料的线膨胀系数, 对铜质一般可取  $a_2=18 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ ;

$R_{eH}$  ——螺旋桨材料的屈服点,  $\text{N/mm}^2$ 。





中国船级社

# 国内航行海船建造规范

2011 年修改通报

## 第 4 篇 电器装置

(报批稿)

中国船级社上海规范研究所

2010 年 12 月

## 简要编写说明

本篇主要修改内容如下：

- (1) 纳入国际船级社协会对探火和失火报警系统供电电源的统一解释
- (2) 根据用户反馈进行的其他修改。

# 目 录

- 第 1 章 通 则.....4
- 第 3 节 设计、制造与安装.....4
- 第 2 章 系统设计与安装.....4
- 第 2 节 应急电源.....4
- 第 9 节 船舶与乘员安全系统.....4

# 第 1 章 通 则

## 第 3 节 设计、制造与安装

第 1.3.6.2 条的脚注修改为：“参见 IMO 通过的 A.1021 (26) 决议《警报和指示器规则》”。

# 第 2 章 系统设计与安装

## 第 2 节 应急电源

2.2.1.6 (1) 中“本节 2.2.2.1 (1) 至 2.2.2.1 (3) 或 2.2.3.1 (1) 至 2.2.3.1 (4)”修改为“本节 2.2.2.1 (1) 至 2.2.2.1 (2) ⑥或 2.2.3.1 (1) 至 2.2.3.1 (3) ⑤”。

2.2.4.2 (4) 修改为“(4) 在紧急情况下需要使用的船内通信设备和船内信号设备（例如通用紧急报警系统等）；”。

## 第 9 节 船舶与乘员安全系统

新增 2.9.6.2 至 2.9.6.7 如下：

“2.9.6.2 探火和失火报警系统的电源应不少于两套，其中一套应为应急电源。该系统应由专用的独立馈电线供电，这些馈电线应接至位于或邻近于该系统控制板上的自动转换开关。

2.9.6.3 自动转换开关的操作或电源的单一故障不应导致探火与失火报警系统性能降低。

2.9.6.4 如果电源瞬间丧失会导致探火与失火报警系统的性能降低，则应设置有足够容量的储备能源以确保电源转换过程中系统能够持续运行。

2.9.6.5 电源至自动转换开关的连接应布置成单一故障不会导致所有供给自动转换开关的电源失效。

2.9.6.6 探火与失火报警系统的应急电源可以由应急配电板供给。当采用应急配电板供电时，馈电线应从应急配电板直接接至转换开关，而不通过任何其他分配电板。

2.9.6.7 探火与失火报警系统的应急电源也可以由蓄电池供给。当采用蓄电池供电时，其布置应满足下列要求：

(1) 蓄电池应具有足够的容量，按照本章 2.2.2 或 2.2.3 对应急电源要求的时间，对探火与失火报警系统供电；

(2) 充电装置应有足够的功率，以便恢复输入电源后，其在向探火和失火报警系统供电的同时，还能对蓄电池进行充电。

(3) 蓄电池应位于合适的位置以供紧急情况下使用。

(4) 馈电线应从蓄电池或蓄电池充放电板直接接至转换开关，而不通过任何其他分电箱。”