



指导性文件  
GUIDANCE NOTES  
CD 03—2004

中 国 船 级 社

# 双舷侧散装货船船体结构指南

2004

人 民 交 通 出 版 社

## 第1章 一般规定

### 1.1 适用范围

1.1.1 本指南无规定者,应符合本社《钢质海船入级与建造规范》(以下简称规范)的有关规定。

1.1.2 本指南适用于船长 90m 及以上、机舱在尾部、且开口边线外的强力甲板和双层底为纵骨架式的双舷侧散装货船。

1.1.3 本指南主要适用于双舷侧散装货船货舱区域的结构布置和构件尺度的确定。货舱两侧和底部邻接压载水舱或空舱组成了船舶的双层壳体。

1.1.4 货舱区域以外的其他结构布置和构件尺寸均应符合规范第 2 篇的有关要求。

### 1.2 检验

1.2.1 船体结构检验应符合规范第 1 篇的适用要求。

### 1.3 附加标志

1.3.1 对符合本指南规定的双舷侧散装货船,可授予下列附加标志之一:

(1) 双舷侧散装货船: Double Side Skin Bulk Carrier;

(2) 具有重货加强的双舷侧散装货船: Double Side Skin Bulk Carrier, Strengthened for Heavy Cargos;

(3) 具有重货加强,且有指定空舱或间隔空舱的双舷侧散装货船: Double Side Skin Bulk Carrier, Strengthened for Heavy Cargos, Holds Nos... may be Empty。

1.3.2 有关协调附加标志和要求见本指南第 10 章。

### 1.4 图纸资料

1.4.1 除规范第 2 篇第 2 章第 1 节规定的图纸资料外,还应将下列资料提交本社备查:

(1) 航行时各舱柜最大压头以及与底边舱、双舷侧内压载舱、顶边舱相通的任何双层底的详细资料;

(2) 如货舱内装载压载水或液体货物,应提供任何部分装载深度的详细资料。

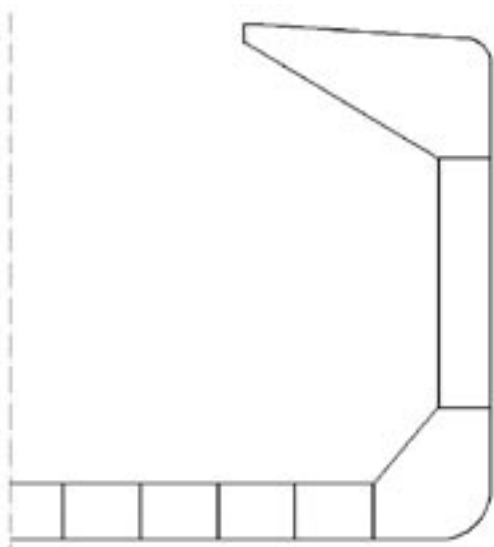
### 1.5 船舶布置

1.5.1 为保障在船舶使用的时间内能有效地开展各种检验,要求在船舶设计和建造的过程中考虑合适的检查通道。对于 2005 年 1 月 1 日及以后建造的 20000 总吨及以上的散装货船,其货物区域的检查通道应符合 SOLAS 公约 2002 年 12 月修正案(海安会决议 MSC.134(76))第 II-1 章第 3-6 条油船和散装货船货物区域的检查通道的规定,其具体技术要求应满足海安会决议 MSC.133(76) 检查通道技术规定的要求。

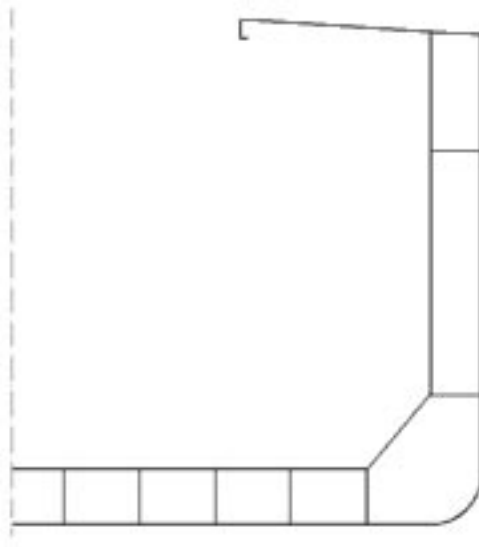
1.5.2 水密横舱壁的设置应符合规范对艧机型船的要求。

1.5.3 双舷侧内的舱应尽可能设计为指定空舱，避免作为海水压载舱。双舷侧内不可载货，内壳板的布置应使得全部货舱均位于双舷侧的内侧。

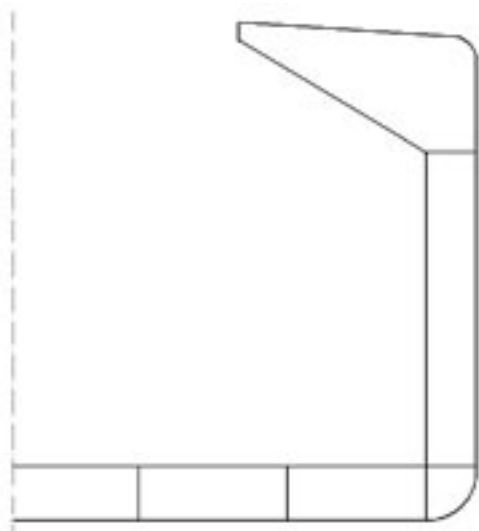
1.5.4 货舱布置包括以下 4 种型式：



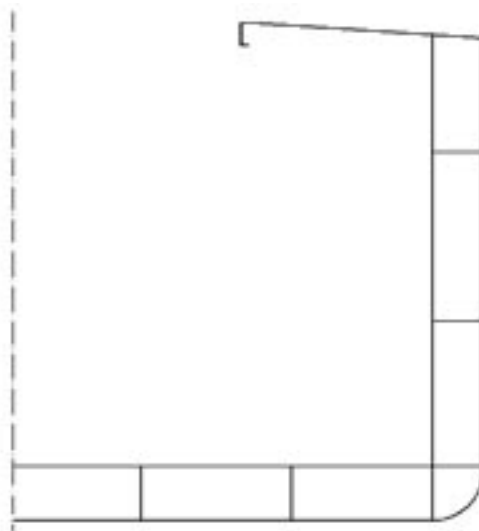
型式 1：双舷侧，具有顶边舱和底边舱



型式 2：双舷侧，具有底边舱



型式 3：双舷侧，具有顶边舱



型式 4：仅为双舷侧

1.5.5 在任何船体横剖面处，双舷侧宽度应不小于 1m。双舷侧宽度为外壳与内壳之间的型距离，垂直于舷侧外板量取。

1.5.6 在各种障碍物处（如管系、垂直梯子），双舷侧内净通道的最小宽度应不小于 0.6m。当双舷侧内为横骨架式时，骨材内表面之间的最小间距应不小于 0.6m。当双舷侧内为纵骨架式时，骨材内表面之间的最小间距应不小于 0.8m。货舱长度平行部分以外，由于结构构造的需要，该间距可以减小，但无论如何应不小于 0.6m。在量取该间距时，不必考虑骨材的端部肘板，量取方法见图 1.5.6。

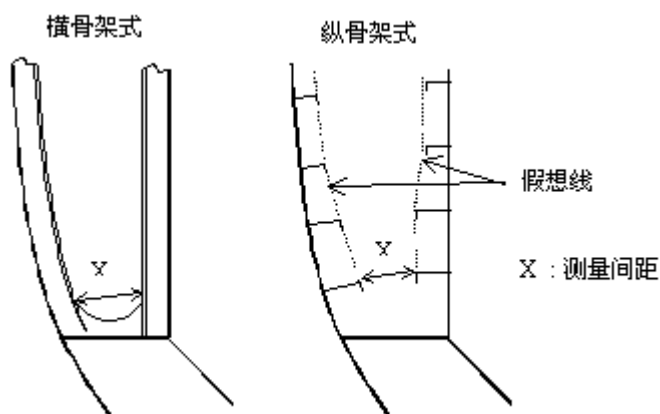


图 1.5.6

1.5.7 双层底和管隧的通道布置：

(1) 应提供适当的通道方式至双层底和管隧；

(2) 内底板上的人孔应位于离底墩或者若无底墩就离横舱壁至少一个肋板间距的距离；

(3) 肋板和纵桁的人孔位置和尺寸应能保证通风以及方便人员出入双层底，人孔应避免位于高剪力区域。

1.5.8 货舱通道布置：

(1) 应设置永久的或储存在船上的移动式的通道，以保证货舱的维护和检验；

(2) 每个货舱应提供至少两个纵向间距尽可能远的梯子。如有可能，这些梯子应对角布置，例如一个梯子靠近前壁左舷，则另一个应靠近后壁的右舷。

梯子的设计和布置应尽量避免使其被铲车、抓斗等货物处理装置所损坏。

垂直梯子可连成一线布置，但应在不大于 9m 的间隔处提供进出口和休息平台。

对于装载前要做准备工作的货舱,应考虑活动脚架或可移式平台的合适布置,以确保安全操作。

(3) 用于进入本条(2)规定通道的开口,应至少有 600mm×600mm 的净尺寸。

通道和梯子的设置应使配带自给式呼吸器及个人防护装备的人员能够方便地进入和离开货舱。

## 1.6 船体结构强度直接计算和疲劳评估

1.6.1 主要构件的尺寸和结构布置可由直接计算确定。

1.6.2 船长为 150m 及以上的双舷侧散装货船,其货舱区域主要构件(纵向、横向)应用直接计算方法进行强度计算。

1.6.3 直接计算应符合本社《双舷侧结构散装货船结构强度直接计算指导性文件》的要求,由直接计算确定的构件的厚度尚应符合本指南 6.3 的要求。

1.6.4 船长为 150m 及以上的双舷侧散装货船,其货舱区域结构应进行疲劳强度评估。疲劳强度评估应符合本社《船体结构疲劳强度指南》的要求。

1.6.5 直接计算和疲劳评估可采用本社的海虹之彩 CCSS 一船体结构分析与解决方案软件进行,其中包括结构设计评估(屈服、屈曲)和疲劳设计评估。通过该系统评估后,将授予附加标志:CCSS。

## 1.7 结构细节

1.7.1 双舷侧散装货船的结构细节、次要构件的端部连接及主要构件的端部连接应符合规范第 2 篇第 1 章的适用要求。

1.7.2 大型散装货船的高强度钢使用,导致船体结构存在大量的局部高应力区域。由于结构连接节点的非连续性,使局部高应力区域的结构节点产生非常高的应力集中,这是造成结构的疲劳破坏的主要因素。因此,大量使用高强度钢的大型散货船,其疲劳强度问题非常突出。

1.7.3 本规范所选择的结构节点是双舷侧散装货船高应力区域及易产生疲劳破坏的典型结构节点。附录提供了双舷侧散装货船典型结构节点实例,目的是为设计者提供指导,以提高结构的疲劳寿命。

1.7.4 结构节点设计应根据结构节点所处的部位和受力状况,遵循结构逐渐过渡原则,以避免结构节点区域存在较大的应力集中。

1.7.5 高应力区域的肘板通常应采用圆弧形和对称形面板。对于主要构件端部肘板趾端处,其腹板厚度应适当加厚,肘板的面板应向端部削斜并设软趾。

1.7.6 典型结构节点的建造应确保具有良好的对准,其板厚中心线的偏差应不大于三分之一板厚(板厚取小者)。

1.7.7 除本规范另有要求外，典型结构节点的焊接应符合《钢质海船入级与建造规范》第2篇第1章

## 第2章 材料与保护

### 2.1 一般要求

2.1.1 材料和钢级应符合规范第2篇第1章的有关要求。

2.1.2 结构防腐应符合规范第2篇第1章第6节的要求。

## 第3章 总纵强度

### 3.1 一般要求

3.1.1 总纵强度应满足规范第2篇第2章第2节的要求。

3.1.2 货舱甲板开口为大开口时，还应按规范第2篇第7章第2节的要求校核弯扭组合的总纵强度，其中的货物扭矩一般可取为零。

3.1.3 对于船长小于150m的双舷侧散装货船，其装载手册和装载仪应满足规范第2篇第2章第2节的要求。

3.1.4 对于船长150m及以上的双舷侧散装货船，其装载手册和装载仪应满足本章3.2和3.3的要求。

### 3.2 装载手册

3.2.1 装载手册应包括的内容：

(1) 船舶设计所依据的装载工况的静水弯矩、静水剪力，如适用时，包括扭转载荷的计算结果

(2) 静水弯矩和剪力的许用值；

(3) 满载吃水时空的货舱和货舱组。如果在满载吃水时不允许有空舱，则在装载手册中应有明确的说明；

(4) 以货舱中部位置的吃水函数的形式给出每一舱内许用载货量及所要求的最小载货量和双层底内的油和水的重量；

(5) 以两货舱相应范围的平均吃水的函数的形式给出任意两相邻舱内许用载货量及所要求的最小载货量和双层底内油和水的重量。平均吃水为两舱各自中点位置的吃水的平均值；

(6) 双层底许用载货量以及除散货以外的货物的性质的说明书；

(7) 甲板和舱口盖的最大许用载荷，如果船舶未批准在甲板和舱口盖上载货，则在装载手册中应予以说明；

(8) 最大的压载水变化率以及关于以能达到的压载水变化率为基础的装载计划，应取得港口方面同意的建议。

### 3.2.2 装载手册的批准条件

除了满足规范第 2 篇 2.2.8.11 的要求外，装载手册还应包括以下工况，按合适与否，分为出港和到港状态：

(1) 最大吃水时轻货和重货的隔舱装载工况，如果适用时；

(2) 最大吃水时轻货和重货的均匀装载工况；

(3) 压载工况。对具有与顶边舱、底边舱和双层底相邻的压载货舱的散装货船，当该压载货舱灌满水而底边舱、顶边舱和双层底舱是空的时，应保证有足够的强度；

(4) 船舶装至最大吃水但燃料有限的短航程工况；

(5) 多港口装 / 卸工况，如果适用时；

(6) 甲板载货工况，如果适用时；

(7) 船舶在均匀装载工况、相关的部分装载工况和隔舱装载工况（如适用时）下从开始装货到装至最终载货量过程中的典型的装载顺序。这些工况下的典型的卸货顺序也要包括在内。在制定典型的装 / 卸载顺序时应注意不应超过适用的强度限制。在制定典型的装 / 卸载顺序时要注意装 / 卸载速率和压载水排放量；

(8) 航行中更换压载水的典型过程，如果使用时。

## 3.3 装载仪

3.3.1 装载仪除了满足规范第 2 篇 2.2.8.4 的要求外，其显示的数据（如适用时）应准确给出：

(1) 每一个货舱内货物重量和相应的双层底内的油和水与货舱中部吃水的函数关系；

(2) 任意两相邻货舱内货物重量和相应的双层底内的油和水与两货舱相应的平均吃水的函数；

### 3.3.2 装载仪的批准条件

装载仪要经过批准，除了满足规范第 2 篇 2.2.8.12 的要求外，如适用时，还应包括以下方面内容的批准：

- (1) 所有读出点的船体梁弯矩的许用值；
- (2) 所有读出点的船体梁切力的许用值；
- (3) 以吃水的函数形式给出的每一舱内载货量和双层底内油和水的重量；
- (4) 以吃水的函数形式给出的任意两相邻舱内载货量及双层底内油和水的重量。

## 第 4 章 底边舱

### 4.1 一般要求

4.1.1 底边舱在货舱水密舱壁处应尽可能设置水密隔壁，否则应设置制荡舱壁。

4.1.2 应考虑底边舱首尾末端结构的连续性。

4.1.3 在计量底边舱构件的计算压头  $h$  时，当底边舱与顶边舱相通，则舱顶应量至顶边舱的最高点；当底边舱与双舷侧内的压载舱相通，则舱顶应量至双舷侧内压载舱的最高点。

4.1.4 本章的要求适用于纵骨架式底边舱。

### 4.2 斜板

4.2.1 斜板厚度应不小于规范第 2 篇第 2 章第 6 节对内底板的要求。凡拟取得重货加强附加标志时，应按规范第 2 篇 2.22.3.4 要求增加厚度，但可从斜板与内底板交接处往内壳板逐渐过渡，至内壳板处可不必增厚。

4.2.2 当底边舱设置水密侧壁时，侧壁板厚度  $t$  应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 4s\sqrt{h} + 25 \quad \text{mm}$$

式中： $s$  —— 扶强材间距，m；

$h$  —— 由列板下缘量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，m，取较大者。

### 4.3 纵骨

4.3.1 斜板纵骨剖面模数  $W$  应不小于船底纵骨剖面模数的 85%，且应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W = 8.5Hsl^2/\gamma \quad \text{cm}^3$$

$$W = 9shl^2 \quad \text{cm}^3$$



式中： $\gamma$  —— 装载率， $\text{m}^3/\text{t}$ ；

$H$  —— 纵骨量至顶边舱斜板下缘的垂直距离， $\text{m}$ ；当无顶边舱时，为纵骨量至上甲板的垂直距离；

$s$  —— 纵骨间距， $\text{m}$ ；

$l$  —— 纵骨跨距， $\text{m}$ 。

$h$  —— 自纵骨量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半， $\text{m}$ ；取较大者。

4.3.2 底边舱内的舷侧纵骨和舳部纵骨剖面模数  $W$  应不小于规范第2篇第2章第7节的要求。

4.3.3 底边舱内的船底纵骨剖面模数  $W$  应不小于规范第2篇第2章第6节的要求。

#### 4.4 横向支持构件

4.4.1 在双层底内设置肋板的肋位处应设置支持底边舱纵骨的横向支持构件。

4.4.2 船底肋板和舷侧强肋骨的剖面模数  $W$  和剖面惯性矩  $I$  应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W = 12Shl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$I = 2.5Wl \quad \text{cm}^4$$

式中： $S$  —— 肋板或强肋骨间距， $\text{m}$ ；

$l$  —— 肋板或强肋骨跨距， $\text{m}$ ；

$h$  —— 在舷侧处，自跨距中点量至上甲板的垂直距离， $\text{m}$ 。

4.4.3 斜板强横梁剖面模数  $W$  和剖面惯性矩  $I$  应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W = 12Shl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$I = 2.5Wl \quad \text{cm}^4$$

式中： $S$  —— 强横梁间距， $\text{m}$ ；

$l$  —— 强横梁跨距， $\text{m}$ ；

$h$  —— 自跨距中点量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半， $\text{m}$ ；取大者。

斜板强横梁剖面模数  $W$  和剖面惯性矩  $I$  尚应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W = 6.6HSl^2/\gamma \quad \text{cm}^3$$

$$I = 1.8Wl \quad \text{cm}^4$$

式中： $\gamma$  —— 装载率， $\text{m}^3/\text{t}$ ；

$H$  —— 自跨距中点量至顶边舱斜板下缘的垂直距离， $\text{m}$ ；

$S$  —— 强横梁间距, m;  
 $l$  —— 强横梁跨距, m。

4.4.4 肋板、强肋骨和强横梁之间应作有效的连接。纵骨应连续地穿过肋板、强肋骨和强横梁, 并与其腹板焊接。在主要构件面板与纵骨之间至少应每隔 1 根纵骨设置单侧肘板, 其厚度与主要构件腹板厚度相同。

4.4.5 当设置强框架代替肋板、强肋骨和强横梁时, 强框架应符合本章 4.4.2 和 4.4.3 的要求。强框架腹板高度且应不小于纵骨穿过处开孔高度的 2.5 倍。

在强框架腹板上应于斜板纵骨与船底纵骨或与舷侧纵骨之间适当设置加强筋。加强筋的厚度等于主要构件腹板的厚度, 宽度应不小于 150mm。

4.4.6 当设置开孔板代替肋板、强肋骨和强横梁时, 开孔板厚度应不小于双层底肋板厚度, 且开孔不能过大, 开孔之间应设置加强筋, 以保证必要的强度和刚度。

4.4.7 当双舷侧内为横骨架式时, 在底边舱舱顶的每一肋位处应设置肘板。肘板厚度与底边舱内强肋骨框架处腹板厚度相同。肘板沿斜板和舷侧方向应与相邻近的纵骨焊接。

## 4.5 水密隔壁

4.5.1 水密隔壁板厚度  $t$  应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 4s\sqrt{h} + 25 \quad \text{mm}$$

式中:  $s$  —— 扶强材间距, m;

$h$  —— 由列板下缘量至舱顶的垂直距离或量至溢流管顶垂直距离的一半, m, 取较大者。

4.5.2 水密隔壁扶强材剖面模数  $W$  应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 8.2shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中:  $s$  —— 扶强材间距, m;

$h$  —— 由扶强材跨距中点量至舱顶的垂直距离, 或量至溢流管顶垂直距离的一半, m;  
取较大者;

$l$  —— 扶强材跨距, m。

扶强材两端应用肘板连接。

## 4.6 非水密隔壁和制荡隔壁

4.6.1 非水密隔壁或制荡隔壁板厚度  $t$  应不小于按下式计算所得之值, 且应不小于 8mm:

$$t = 12s \quad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m。

4.6.2 非水密隔壁或制荡隔壁扶强材剖面模数应不小于按本章 4.5.2 计算所得的 50%。扶强材两端应用肘板连接。

## 第 5 章 顶边舱

### 5.1 一般要求

5.1.1 顶边舱在货舱水密舱壁处应尽可能设置水密隔壁，否则应设置制荡舱壁。

5.1.2 应考虑顶边舱首尾末端结构的连续性。

### 5.2 斜板和舱口垂向列板

5.2.1 斜板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值，且不得小于 8mm：

$$t = 4s\sqrt{h} + 2.5 \quad \text{mm}$$

$$t = 12s \quad \text{mm}$$

式中：s——纵骨间距，m；

h——自板列下缘量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，或当船舶向任何一舷横倾 30° 时，自板列下缘量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；取较大者。

最下列板应比上式计算所得增加 1mm。

5.2.2 舱口垂向列板及顶边舱斜板的顶列板厚度应不小于开口线外甲板厚度的 60%，且不小于 18s (s 为纵骨间距，m)。垂向列板处应设置间距不大于 2 个肋距的伸至甲板和斜板纵骨的肘板，且应与之焊接。

### 5.3 纵骨

5.3.1 甲板纵骨、斜板纵骨和舷侧纵骨剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 10shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：  $s$  —— 纵骨间距， m；

$l$  —— 纵骨跨距， m；

$h$  —— 自纵骨量至舱顶的垂直距离， 或量至溢流管顶垂直距离的一半， 或当船舶向任何一舷横倾  $30^\circ$  时， 自纵骨量至顶边舱最高点的垂直距离， m； 取较大者， 且不小于 1.5m。

5.3.2 甲板纵骨的尺寸还应符合规范第 2 篇第 2 章的有关要求。

#### 5.4 横向支持构件

5.4.1 支持纵骨的甲板强横梁、斜板强横梁和舷侧强肋骨的剖面模数  $W$  及剖面惯性矩  $I$ ， 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 7.5Shl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$I = 2.5Wl \quad \text{cm}^4$$

式中：  $S$  —— 强横梁或强肋骨间距， m；

$l$  —— 强横梁或强肋骨跨距， m；

$h$  —— 自跨距中点量至舱顶的垂直距离， 或量至溢流管顶垂直距离的一半， 或当船舶向任何一舷横倾  $30^\circ$  时， 自跨距中点量至顶边舱最高点的垂直距离， m； 取较大者。且不小于 1.5m。

5.4.2 强横梁或强肋骨还应不小于规范第 2 篇第 2 章的要求， 其腹板高度应不小于纵骨穿过处开口高度的 2 倍。腹板厚度应不小于其高度的 1% 加 4mm。

5.4.3 甲板强横梁、斜板强横梁和舷侧强肋骨之间应以肘板连接。

5.4.4 纵骨穿过强横梁、斜板强横梁和舷侧强肋骨的腹板处应符合本指南 4.4.4 的要求。

5.4.5 支持顶边舱内纵骨的横向支持构件的间距， 一般应不大于  $(0.006L + 3.0)\text{m}$ 。如经直接计算校核， 本社也可认可较大的间距。

5.4.6 可用开孔板代替上述支持纵骨的横向支持构件。开孔板厚度应不小于本章 5.7.1 的要求， 且应适当加强， 以保证必要的强度和刚度。

5.4.7 当双舷侧内为横骨架式时， 顶边舱舷侧底部应在每一肋位处设置肘板， 其厚度与顶边舱内强肋骨框架处腹板厚度相同， 沿舷侧和斜板方向应伸至邻近的纵骨， 并与之焊接。该肘板应与双舷侧内肋骨上端肘板在同一平面内。

5.4.8 当采用圆弧形舷缘时， 应在舷缘处于强横梁之间每间隔 1 个肋位设置伸至邻近甲板纵骨和舷侧纵骨的肘板， 并与之焊接。

5.4.9 舱口端围板处，顶边舱内应设置与围板在同一平面内的横向支持构件。

## 5.5 肋骨

5.5.1 当舷侧为横骨架式时，肋骨剖面模数  $W$  及剖面惯性矩  $I$  应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W = 10Shl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$I = 2.5Wl \quad \text{cm}^4$$

式中： $S$ ——肋骨间距，m；

$l$ ——肋骨跨距，m；

$h$ ——自肋骨跨距中点量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，或当船舶向任何一舷横倾  $30^\circ$  时，自跨距中点量至顶边舱最高点的垂直距离，m；取较大者。

肋骨端部肘板的臂长应较规范第2篇第1章1.2.6的要求增加20%。

5.5.2 肋骨两端应设置伸至邻近甲板纵骨和斜板纵骨的肘板，且应与之焊接。其厚度与双壳内肋骨上端肘板相同。

## 5.6 水密隔壁

5.6.1 水密隔壁板厚度  $t$  应不小于按下列两式计算所得之值，且不小于8mm：

$$t = 4s\sqrt{h} + 2.5 \quad \text{mm}$$

$$t = 12s \quad \text{mm}$$

式中： $s$ ——扶强材间距，m；

$h$ ——自列板下缘量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，或当船舶向任何一舷横倾  $30^\circ$  时，自列板下缘量至顶边舱最高点的垂直距离，m；取较大者。

最下列板的厚度应比上述计算所得之值增加1mm。

5.6.2 水密隔壁扶强材剖面模数  $W$  应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 10Shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中： $s$ ——扶强材间距，m；

$l$ ——扶强材跨距，m；

$h$  —— 自扶强材跨距中点量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，或当船舶向任何一舷横倾  $30^\circ$  时，自扶强材跨距中点量至顶边舱最高点的垂直距离， $m$ ，取较大者。

扶强材两端应用肘板连接。

## 5.7 非水密隔壁和制荡隔壁

5.7.1 非水密隔壁或制荡隔壁的厚度  $t$  应符合本指南 4.6.1 的要求。

5.7.2 非水密隔壁或制荡隔壁扶强材剖面模数应不小于按本章 5.6.2 计算所得的 50%。扶强材两端应用肘板连接。

# 第 6 章 双舷侧结构

## 6.1 一般要求

6.1.1 本章适用于双舷侧散装货船货舱区域双舷侧内骨架布置方式和尺寸的确定。

6.1.2 双舷侧内的横隔板和平台上可开人孔，人孔可开成圆形或长圆形，长圆的长轴方向应是垂直方向或船长方向，除通道开口外，上下相邻平台上的孔不应在同一垂直线上。开孔周边应予以加强。

6.1.3 作为通道的水平开孔，应不小于  $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，垂直开孔应不小于  $800\text{mm} \times 600\text{mm}$ 。

## 6.2 双舷侧的结构布置

6.2.1 双舷侧内在货舱水密横舱壁同一平面处应尽可能设置水密横隔板。否则应设置横框架，对于压载舱应设置制荡舱壁。

6.2.2 双舷侧内横框架或横隔板应设置或隔档设置在双层底肋板同一平面处，且与顶边舱和底边舱中的横向支持构件、双层底的肋板构成横向强框架结构。

6.2.3 在顶边舱底部和底边舱顶部必须设置平台，该平台考虑分舱和稳性要求可不开人孔。

6.2.4 整个货舱区域应设双舷侧，内壳结构应尽量向首尾延伸并与该处结构有效连接和过渡。内壳的支持构件应设在双舷侧内，不能设置在货舱一侧。

## 6.3 最小厚度

6.3.1 双舷侧内主要构件的腹板和面板、平台、横隔板和内壳板的最小厚度  $t$  应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 7.5 + 0.015L, \text{ 但不必大于 } 11\text{mm}$$

6.3.2 如果双舷侧内为指定空舱, 则本章 6.3.1 规定的最小厚度可减小 1mm。

#### 6.4 内壳板

6.4.1 当双舷侧内为指定空舱时, 内壳板的厚度  $t$  除应满足本章 6.3 的要求外, 尚应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 4s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

式中:  $s$  —— 扶强材间距, m;

$h$  —— 由内壳板列板下缘量到舱壁甲板的垂直距离, m;

当不设置底边舱时, 内壳板最下列板的厚度应较计算所得增厚 1mm, 宽度应不小于 900mm; 。如内壳板厚度同与其连接的桁材腹板厚度相差过大时, 该连接区域的内壳板应予增厚。

6.4.2 当双舷侧内为压载舱时, 内壳板厚度  $t$  除应满足本章 6.3 的要求外, 尚应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 4s\sqrt{h} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中:  $s$  —— 扶强材间距, m;

$h$  —— 由内壳板板列下缘量至压载舱舱顶的垂直距离, 或量至溢流管顶垂直距离的一半, 取较大者, m。

当不设置底边舱时, 内壳板最下列板的厚度应较计算所得增厚 1mm。

6.4.3 当不设置顶边舱时, 距强力甲板  $0.1D$  范围内的内壳板厚度应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 4s\sqrt{D} \quad \text{mm}$$

式中:  $s$  —— 扶强材间距, m;

$D$  —— 型深, m。

但内壳板的厚度不必大于相同骨材间距的舷顶列板厚度。

6.4.4 内壳板的扶强材间距应与舷侧肋骨或舷侧纵骨间距相同。

6.4.5 在指定空舱中，内壳板扶强材的剖面模数  $W$  应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 3shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：  $s$  —— 扶强材间距，m；

$h$  —— 扶强材跨距中点量到上甲板的垂直距离，m，但取值不小于 2m；

$l$  —— 扶强材跨距，m。

6.4.6 在压载舱中，内壳板扶强材的剖面模数  $W$  和惯性矩  $I$  应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W = 8.2shl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$I = 2.3Wl \quad \text{cm}^4$$

式中：  $s$  —— 扶强材间距，m；

$h$  —— 扶强材跨距中点量到舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

$l$  —— 扶强材跨距，m。

6.4.7 船长超过 150m 或水平扶强材采用高强度钢时，离船底和强力甲板  $0.1D$  范围内的内壳水平扶强材应连续穿过水密横隔板。当水平扶强材在水密横隔板处切断时，应用肘板与横隔板连接。

6.4.8 垂向扶强材的两端应设肘板。

6.4.9 肘板的尺寸应符合规范第 2 篇第 1 章 1.2.6 的要求。

## 6.5 横隔板

6.5.1 当双舷侧内的水密横隔板构成指定空舱的边界时，其尺寸应满足本章 6.4.1 和 6.4.5 的要求。

6.5.2 当双舷侧内的水密横隔板构成压载舱的边界时，其尺寸应满足本章 6.4.2 和 6.4.6 的要求。

6.5.3 横隔板上舷侧纵骨和内壳水平扶强材之间应设置加强筋。

6.5.4 当双舷侧内为纵骨架式时，在双舷侧内与肋板同一肋位上应设置或隔档设置支持舷侧纵骨和内壳水平扶强材的非水密横隔板，非水密横隔板的厚度应满足本章 6.3 的要求。舷侧纵骨和内壳水平扶强材应穿过该横隔板，并在开口处设置补板。

## 6.6 深舱平台



6.6.1 深舱平台板的厚度  $t$  应不小于按下列两式计算所得之值，且不得小于 8mm：

$$t = 4s\sqrt{h} + 3.5 \quad \text{mm}$$

$$t = 12s \quad \text{mm}$$

式中： $s$  —— 骨材间距，m；

$h$  —— 由深舱平台量至深舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

6.6.2 深舱平台纵骨或横梁剖面模数  $W$  应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 9shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中： $s$  —— 纵骨或横梁间距，m；

$h$  —— 由深舱平台量至深舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

$l$  —— 纵骨或横梁的跨距，m。

剖面惯性矩  $I$  应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 2.3Wl \quad \text{cm}^4$$

式中： $W$ 、 $l$  同上。

## 第 7 章 船底骨架

### 7.1 一般要求

7.1.1 凡拟取得重货加强附加标志的双舷侧散装货船，其船底骨架应符合规范第 2 篇第 2 章第 22 节的规定。

7.1.2 如双层底与底边舱相通，则其尺寸应符合规范第 2 篇第 2 章第 13 节对深舱构件的要求。

### 7.2 直接计算

7.2.1 凡拟取得重货加强且有指定空舱或间隔空舱附加标志的双舷侧散装货船，其船底骨架除应符合本章要求外，还应进行直接计算。

## 第 8 章 水密舱壁

### 8.1 一般要求

8.1.1 水密舱壁应符合规范第 2 篇第 2 章第 12 节的要求。

8.1.2 水密槽形舱壁上、下端如设置凳式结构时，其结构应符合下列要求：

(1) 下端凳式结构的侧板应设置在实肋板上，其厚度除应不小于规范第 2 篇第 2 章第 12 节舱壁板厚度外，还应不小于本指南对底边舱斜板的要求；

(2) 下端凳式结构侧板如设置扶强材时，其剖面模数应不小于本指南对底边舱斜板纵骨要求；

(3) 下端凳式结构内部应在船底桁材位置处设置纵向板，其厚度与内底纵桁厚度相同；

(4) 上端凳式结构的尺寸应不小于规范第 2 篇第 2 章第 12 节的要求；

(5) 位于液体舱处的凳式结构，还应符合规范第 2 篇第 2 章第 13 节对深舱构件的要求。

## 第 9 章 货舱舱口盖尺寸的确定

### 9.1 一般要求

9.1.1 本章适用于 2004 年 1 月 1 日及以后签订建造合同的国际航行的散装货船、矿砂船和兼用船。

9.1.2 舱口盖除应满足《1966 年国际载重线公约》的要求外，露天甲板上处于《1966 年国际载重线公约》规定位置 1 的所有板梁结构的货舱舱口盖和舱口前端横向围板、舱口两侧纵向围板还应满足本章要求。

舱口盖的主要支撑构件和扶强材在舱口盖的长度和宽度范围内应尽可能连续，如果无法实现时应采用适当的布置方式确保舱口盖有足够的承载能力，但不应采用端部削斜的连接方式。

平行于扶强材方向的主要支撑构件的间距应不超过其跨距的 1/3。

舱口围板的扶强材在舱口围板的宽度和长度范围内应连续。

9.1.3 舱口盖应采用 9.2 的载荷模式，最小净尺寸应满足下列强度衡准：

(1) 舱口盖板的最小净尺寸应满足 9.3.3 的要求。

(2) 舱口盖扶强材的最小净尺寸应满足 9.3.4 的要求。

(3) 舱口盖主要支撑构件的最小净尺寸应满足 9.3.5 的要求。

舱口盖还应根据本章 9.3.6 进行临界屈曲应力校核，并满足 9.3.7 的刚度衡准。

9.1.4 舱口围板应采用 9.4.1 的载荷模式，最小净尺寸应满足下列强度衡准：

(1) 舱口围板的最小净尺寸应满足 9.4.2 的要求。

(2) 舱口围板扶强材的最小净尺寸应满足 9.4.3 的要求。

(3) 舱口围板支撑的最小净尺寸应满足 9.4.4 的要求。

9.1.5 根据本章 9.3 和 9.4 要求得到的舱口盖和舱口围板的构件厚度，称为净厚度  $t_{net}$ 。

9.1.6 本章要求的总厚度等于净厚度  $t_{net}$  加上 9.6 中的腐蚀余量  $t_s$ 。

9.1.7 舱口盖和舱口围板的材料应满足规范第 1 章第 3 节船体结构用钢的要求。

## 9.2 舱口盖载荷模式

对于船长为 100m 及以上的散装货船，干舷甲板上的舱口盖板上的压力  $p$  应按下式计算，且应不小于 34.3kN/m<sup>2</sup>：

$$p = 34.3 + \frac{p_{FP} - 34.3}{0.25} \left(0.25 - \frac{x}{L}\right) \quad \text{kN/m}^2$$

式中：  $p_{FP}$  —— 首垂线处的压力，kN/m<sup>2</sup>：

$$p_{FP} = 49.1 + (L - 100)a;$$

$a = 0.0726$ ，对 B 型干舷船舶；

$a = 0.356$ ，对减小干舷船舶；

$L$  —— 按《1966 年国际载重线公约》88 年议定书附则 I 第 3 条定义的船长，m，取值应不大于 340m；

$x$  —— 舱口盖的长度中点至  $L$  前端的距离，m。

如果舱口位于高出干舷甲板至少一个上层建筑标准高度的甲板上时， $p$  值可取为 34.3kN/m<sup>2</sup>，一个上层建筑标准高度的定义与《1966 年国际载重线公约》相同。

对于船长小于 100m 的散装货船，干舷甲板上的舱口盖板上的压力  $p$  应取按下列两式计算之大值：

$$p = 15.8 + \frac{L}{3} \left(1 - \frac{5x}{3L}\right) - 3.6 \frac{x}{L} \quad \text{kN/m}^2$$

$$p = 0.195L + 14.9 \quad \text{kN/m}^2$$

式中：  $L$  —— 按《1966 年国际载重线公约》88 年议定书附则 I 第 3 条定义的船长，m；

$x$  —— 舱口盖的长度中点至  $L$  前端的距离，m。

如果舱口盖由两块及两块以上的盖板铰接而成，每块盖板应分别考虑。

### 9.3 舱口盖强度衡准

#### 9.3.1 许用应力校核

舱口盖结构的正应力  $\sigma$  和剪切应力  $\tau$  应不超过下列的许用值：

$$\text{许用正应力 } \sigma_a = 0.8\sigma_s \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{许用剪切应力 } \tau_a = 0.46\sigma_s \quad \text{N/mm}^2$$

式中： $\sigma_s$ ——材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>。

主要支撑构件带板的压应力应不超过 9.3.6 中的临界屈曲应力的 0.8 倍。

纵向主要支撑构件和横向主要支撑构件组成的板梁形式的舱口盖的应力，应使用交叉梁分析或有限元分析计算得出。如果使用梁分析或交叉梁分析，则扶强材不应计入主要支撑构件的带板面积。

计算应力  $\sigma$  和  $\tau$  时，应用构件的净尺寸。

#### 9.3.2 主要支撑构件带板的有效横截面积

使用梁分析或交叉梁分析、对主要支撑构件进行屈服强度和屈曲强度校核时，应考虑带板的有效面积，带板的有效面积  $A_F$  为桁材腹板每侧有效带板面积之和：

$$A_F = \sum_{nf} (10b_{ef}t) \quad \text{cm}^2$$

式中： $nf = 2$ ，桁材腹板的两侧均有带板，见图 9.3.2；

$nf = 1$ ，桁材腹板仅一侧有带板，见图 9.3.2；

$t$  ——带板的净厚度，mm；

$b_{ef}$  ——桁材腹板一侧带板的有效宽度，m， $b_{ef} = b_p$ ，且应不大于  $0.165l$ ；

$b_p$  ——主要支撑构件与相邻主要构件之间距离的一半，m；

$l$  ——主要支撑构件的跨距，m。

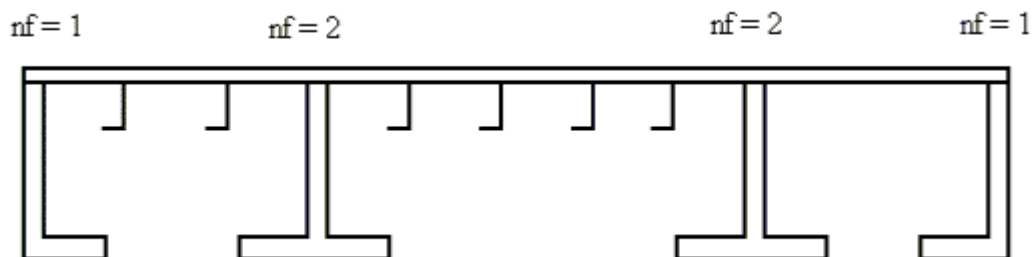


图 9.3.2

### 9.3.3 舱口盖顶板净板厚

舱口盖顶板的净厚度  $t$  应不小于按下式计算所得值，且应不小于扶强材间距的 1% 或 6mm 中之大值：

$$t = F_p 15.8s \sqrt{\frac{p}{0.95\sigma_s}} \quad \text{mm}$$

式中：  $F_p$  —— 考虑拉压和弯曲联合作用的系数，一般取 1.5，当主要支撑构件带板的应力

$$\sigma/\sigma_a \geq 0.8 \text{ 时, } F_p = 1.90\sigma/\sigma_s;$$

$s$  —— 扶强材间距，m；

$p$  —— 压力，kN/m<sup>2</sup>，见 9.2；

$\sigma$  —— 见 9.3.5；

$\sigma_a$  —— 见 9.3.1；

$\sigma_s$  —— 材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>。

### 9.3.4 扶强材的净尺寸

按净厚度计算所得的舱口盖顶板扶强材的净剖面模数  $W$ ，应不小于按下式计算所得值：

$$W = \frac{1000l^2 sp}{12\sigma_a} \quad \text{cm}^3$$

式中：  $l$  —— 扶强材跨距，m，应取为主要支撑构件的间距或主要支撑构件与边界支撑之间的距离。当扶强材的所有跨距两端均设置肘板时，扶强材的跨距可以减少，对于每块肘板，减少量等于肘板最小臂长的 2/3，但应不大于扶强材总跨距的 10%；

$s$  —— 扶强材间距，m；

$p$  —— 压力，kN/m<sup>2</sup>，见 9.2；

$\sigma_a$  —— 见 9.3.1。

计算扶强材净剖面模数时，带板宽度应取扶强材间距。

### 9.3.5 主要支撑构件的净尺寸

按净厚度计算所得的主要支撑构件的净剖面模数和腹板净厚度，应使得主要支撑构件的翼板和带板的正应力  $\sigma$  不超过许用正应力  $\sigma_a$ ，腹板的剪切应力  $\tau$  不超过许用剪切应力  $\tau_a$ ， $\sigma_a$  和  $\tau_a$  见 9.3.1。

当主要支撑构件的无侧向支撑跨距大于 3.0m 时，主要支撑构件的翼板宽度应不小于其高度的 40%，与主要支撑构件翼板相连的防倾肘板可认为是主要支撑构件的侧向支撑。

翼板外伸应不超过翼板厚度的 15 倍。

### 9.3.6 临界屈曲应力校核

#### (1) 舱口盖板

由于平行于扶强材方向的主要支撑构件弯曲而引起的舱口盖板板格的压应力 $\sigma$ ，应不超过临界屈曲应力 $\sigma_{Cl}$ 的 0.8 倍， $\sigma_{Cl}$ 应按下列两式计算：

$$\sigma_{Cl} = \sigma_{E1} \quad \text{当 } \sigma_{E1} \leq \frac{\sigma_s}{2};$$

$$\sigma_{Cl} = \sigma_s [1 - \sigma_s / (4\sigma_{E1})] \quad \text{当 } \sigma_{E1} > \frac{\sigma_s}{2};$$

式中： $\sigma_s$ ——材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>；

$$\sigma_{E1} = 3.6E \left( \frac{l}{1000s} \right)^2, \text{ N/mm}^2;$$

$E$ ——弹性模量，钢材取为  $2.06 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>；

$l$ ——板格的净厚度，mm；

$s$ ——扶强材的间距，m。

由于垂直于扶强材方向的主要支撑构件弯曲而引起的舱口盖板板格的平均压应力 $\sigma$ ，应不超过临界屈曲应力 $\sigma_{C2}$ 的 0.8 倍， $\sigma_{C2}$ 应按下列两式计算：

$$\sigma_{C2} = \sigma_{E2} \quad \text{当 } \sigma_{E2} \leq \frac{\sigma_s}{2};$$

$$\sigma_{C2} = \sigma_s [1 - \sigma_s / (4\sigma_{E2})] \quad \text{当 } \sigma_{E2} > \frac{\sigma_s}{2};$$

式中： $\sigma_s$ ——材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>；

$$\sigma_{E2} = 0.9mE \left( \frac{l}{1000s_2} \right)^2, \text{ N/mm}^2;$$

$$m = c \left[ 1 + \left( \frac{s_2}{l_r} \right)^2 \right]^2 \frac{2.1}{\psi + 1.1};$$

$E$ ——弹性模量，钢材取为  $2.06 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>；

$l$ ——板格的净厚度，mm；

$s_2$ ——板格的短边长度，m；

$l_a$  —— 板格的长边长度, m;

$\Psi$  —— 最小压应力与最大压应力之比值;

$c = 1.3$ , 当板格由主要支撑构件支撑;

$c = 1.21$ , 当板格由角钢或 T 型钢扶强材支撑;

$c = 1.1$ , 当板格由球扁钢扶强材支撑;

$c = 1.05$ , 当板格由扁钢扶强材支撑。

用有限元板单元模型分析计算所得的板格的双轴向压应力, 应满足本社《船体结构直接计算指南》要求。

## (2) 舱口盖扶强材

由于平行于扶强材方向的主要支撑构件的弯曲而引起的舱口盖扶强材带板中的压应力  $\sigma$ , 应不超过临界屈曲应力  $\sigma_{cs}$  的 0.8 倍,  $\sigma_{cs}$  应按下列两式计算:

$$\sigma_{cs} = \sigma_{ES} \quad \text{当 } \sigma_{ES} \leq \frac{\sigma_s}{2};$$

$$\sigma_{cs} = \sigma_s [1 - \sigma_s / (4\sigma_{ES})] \quad \text{当 } \sigma_{ES} > \frac{\sigma_s}{2};$$

式中:  $\sigma_s$  —— 材料屈服应力, N/mm<sup>2</sup>;

$\sigma_{ES}$  —— 扶强材的理想弹性屈曲应力, N/mm<sup>2</sup>, 取  $\sigma_{E3}$  和  $\sigma_{E4}$  中之小值;

$$\sigma_{E3} = \frac{0.001EI_a}{Al^2}, \text{ N/mm}^2;$$

$E$  —— 弹性模量, 钢材取为  $2.06 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>;

$I_a$  —— 扶强材的惯性矩, cm<sup>4</sup>, 计算时应包括带板, 带板宽度取为扶强材间距;

$A$  —— 扶强材的横剖面面积, cm<sup>2</sup>, 计算时应包括带板, 带板宽度取为扶强材间距;

$l$  —— 扶强材跨距, m;

$$\sigma_{E4} = \frac{\pi^2 EI_w}{10^4 I_p l^2} \left( m^2 + \frac{K}{m^2} \right) + 0.385E \frac{I_t}{I_p}, \text{ N/mm}^2;$$

$$K = \frac{Cl^4}{\pi^4 EI_w} \times 10^6;$$

$m$  —— 半波数, 由表 9.3.6 给出;

$I_{wf}$  —— 扶强材与板连接处的剖面扇形惯性矩, cm<sup>6</sup>, 应按下列各式计算:

$$I_w = \frac{h_w^3 t_w^3}{36} \times 10^{-6}, \text{ 对扁钢:}$$

$$I_w = \frac{t_f b_f^3 h_w^2}{12} \times 10^{-6}, \text{ 对 T 型钢:}$$

$$I_w = \frac{b_f^3 h_w^2}{12(b_f + h_w)^2} [t_f(b_f^2 + 2b_f h_w + 4h_w^2) + 3t_w b_f h_w] \times 10^{-6}, \text{ 对角钢和球扁钢:}$$

$I_p$  —— 扶强材与板连接处的剖面极惯性矩,  $\text{cm}^4$ , 应按下列两式计算:

$$I_p = \frac{h_w^3 t_w}{3} \times 10^{-4}, \text{ 对扁钢:}$$

$$I_p = \left( \frac{h_w^3 t_w}{3} + h_w^2 b_f t_f \right) \times 10^{-4}, \text{ 对有折边的扶强材:}$$

$I_t$  —— 扶强材的圣维南惯性矩,  $\text{cm}^4$ , 应按下式计算, 计算时不包括带板:

$$I_t = \frac{h_w t_w^3}{3} \times 10^{-4}, \text{ 对扁钢:}$$

$$I_t = \frac{1}{3} [h_w t_w^3 + b_f t_f^3 (1 - 0.63 \frac{t_f}{b_f})] \times 10^{-4}, \text{ 对有折边的扶强材:}$$

$h_w$  —— 扶强材的腹板高度,  $\text{mm}$ ;

$t_w$  —— 扶强材的腹板净厚度,  $\text{mm}$ ;

$b_f$  —— 扶强材翼板宽度,  $\text{mm}$ ;

$t_f$  —— 扶强材翼板净厚度,  $\text{mm}$ ;

$s$  —— 扶强材间距,  $\text{m}$ ;

$C$  —— 由舱口盖顶板产生的弹簧刚度, 应按下式计算:

$$C = \frac{k_p E t_p^3}{3s(1 + \frac{1.33k_p h_w t_p^3}{1000s t_w^3})} \times 10^{-3};$$

$k_p = 1 - \eta_p$ , 取值应不小于 0, 对于有折边的扶强材, 取值应不小于 0.1;

$$\eta_p = \frac{\sigma}{\sigma_{E1}};$$



$\sigma$  —— 见 9.3.5;

$\sigma_{E1}$  —— 见 9.3.6(1);

$t_p$  —— 舱口盖板板格的净厚度, mm。

半波数  $m$  值

表 9.3.6

	$0 < K \leq 4$	$4 < K \leq 36$	$36 < K \leq 144$	$(m-1)^2 m^2 < K \leq m^2 (m+1)^2$
$m$	1	2	3	$m$

对于扁钢扶强材和容易失稳的扶强材, 腹板的高度和厚度比应满足下列要求:

$$h/t_w \leq 15 k^{0.5}$$

式中:  $h$  —— 扶强材腹板高度, mm;

$t_w$  —— 扶强材腹板净厚度, mm;

$$k = 235/\sigma_s;$$

$\sigma_s$  —— 材料屈服应力, N/mm<sup>2</sup>。

### (3) 舱口盖主要支撑构件腹板板格

应对主要支持构件的腹板板格进行屈曲校核, 腹板板格是由主要支撑构件的腹板加强筋、与之相交的其他主要支撑构件、面板 (或舱口盖底板)、舱口盖顶板围成的。

主要支撑构件腹板板格的剪切应力  $\tau$  应不超过临界屈曲应力  $\tau_c$  的 0.8 倍,  $\tau_c$  应按下列两式计算:

$$\tau_c = \tau_E \quad \text{当 } \tau_E \leq \tau_F/2;$$

$$\tau_c = \tau_F [1 - \tau_F/(4\tau_E)] \quad \text{当 } \tau_E > \tau_F/2;$$

式中:  $\sigma_s$  —— 材料屈服应力, N/mm<sup>2</sup>;

$$\tau_F = \sigma_s/\sqrt{3}, \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_E = 0.9k_t E \left[ \frac{t_{pr,n}}{1000d} \right]^2, \text{ N/mm}^2;$$

$E$  —— 弹性模量, 钢材取为  $2.06 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>;

$t_{pr,n}$  —— 主要支撑构件腹板的净厚度, mm;

$$k_t = 5.35 + 4.0(d/a)^2;$$

$a$  —— 腹板板格中长边长度, m;

$d$  —— 腹板板格中短边长度, m。

对于平行于扶强材方向的主要支撑构件，腹板板格边长应考虑实际尺寸。

对于垂直于扶强材方向的主要支撑构件或者舱口盖结构没有扶强材的情况，在计算  $\tau_c$  时应假定板格是边长为  $d$  的正方形，应考虑板格端部剪切应力的平均值  $\tau$ 。

#### 9.3.7 变形限制和舱口盖板之间的连接

为限制舱口盖板之间的相对垂向位移，舱口盖板之间的连接方式应能够承受载荷。主要支撑构件的垂向挠度应不大于  $0.0056l$ ，其中  $l$  为主要支撑构件的最大跨距。

### 9.4 舱口围板和结构细则

#### 9.4.1 载荷模式

第一货舱舱口盖的前端横向围板上的压力  $p_{coam}$  应按下列各式计算：

$$\begin{aligned} p_{coam} &= 220 \text{ kN/m}^2, \text{ 当按照本指南第 11 章设置首楼时;} \\ p_{coam} &= 290 \text{ kN/m}^2, \text{ 其他情况;} \end{aligned}$$

其余围板上的压力  $p_{coam}$  应按下列各式计算：

$$p_{coam} = 220 \text{ kN/m}^2;$$

#### 9.4.2 围板净板厚

围板的净厚度  $t$  应不小于按下式计算所得值，且应不小于 9.5mm：

$$t = 14.9s \sqrt{\frac{p_{coam} S_{coam}}{\sigma_{a,coam}}} \quad \text{mm}$$

式中： $s$  —— 围板扶强材间距，m；

$p_{coam}$  —— 压力，kN/m<sup>2</sup>，见 9.4.1；

$S_{coam}$  —— 安全因子，取 1.15；

$\sigma_{a,coam} = 0.95\sigma_s$ ；

$\sigma_s$  —— 材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>。

#### 9.4.3 纵向和横向扶强材的净尺寸

按净厚度计算所得的舱口围板的纵向和横向扶强材的净剖面模数  $W$ ，应不小于按下式计算所得值：

$$W = \frac{1000 S_{coam} l^2 s p_{coam}}{m c_p \sigma_a} \quad \text{cm}^3$$

式中：  $m = 16$  通常情况；

$m = 12$  当扶强材端部在围板转角处削斜时；

$S_{coam}$  —— 安全因子，取为 1.15

$l$  —— 加强筋跨距，m；

$S$  —— 加强筋间距，m；

$p_{coam}$  —— 见 9.4.1；

$c_p$  —— 扶强材的塑性剖面模数与弹性剖面模数之比，计算时应计入带板，带板宽度取  $40t$ ，其中  $t$  为板的净厚度，如无法精确计算， $c_p$  取 1.16；

$\sigma_{a,coam} = 0.95\sigma_s$ ；

$\sigma_s$  —— 材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>。

#### 9.4.4 围板支撑的净尺寸

当围板支撑设计成折边梁形式与甲板连接或在与甲板连接处削斜、并设置肘板（见图 9.4.4(1) 和图 9.4.4(2)）时，按构件净厚度计算所得的剖面模数  $W$  和腹板净厚度  $t_w$  应不小于按下列两式计算所得值：

$$W = \frac{1000H_c^2 s p_{coam}}{2\sigma_{a,coam}} \quad \text{cm}^3$$

$$t_w = \frac{1000H_c s p_{coam}}{h\tau_{a,coam}} \quad \text{mm}$$

式中：  $H_c$  —— 支撑高度，m，见图 9.4.4(1) 和 9.4.4(2)；

$s$  —— 支撑间距，m；

$h$  —— 围板支撑与甲板连接处长度，mm，见图 9.4.4(1) 和 9.4.4(2)；

$p_{coam}$  —— 压力，kN/m<sup>2</sup>，见 9.4.1；

$\sigma_{a,coam} = 0.95\sigma_s$ ；

$\tau_{a,coam} = 0.50\sigma_s$ ；

$\sigma_s$  —— 材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>。

计算围板支撑的剖面模数时，仅当围板支撑以全焊透焊接在甲板上、且甲板下有足够支撑构件承受围板支撑传递的力时，围板支撑的面板面积方可计入。

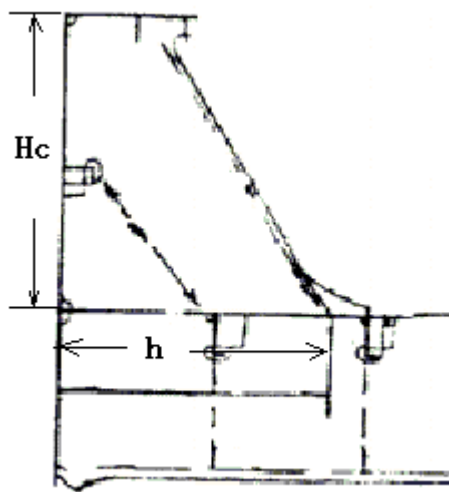


图 9.4.4(1)



图 9.4.4(2)

对于其他设计形式的支撑，见图 9.4.4(3) 和图 9.4.4(4)，应采用 9.3.1 的许用应力，校核应力最大的部位。

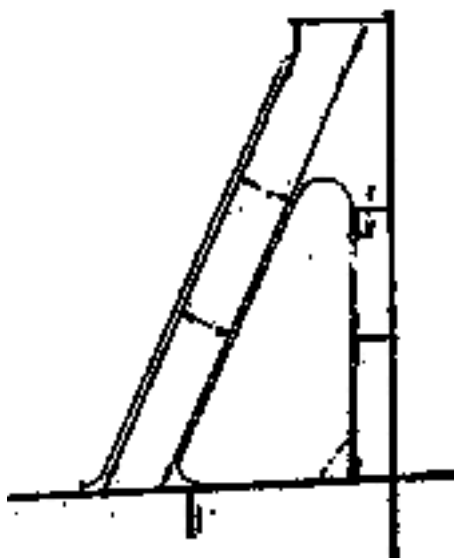


图 9.4.4(3)

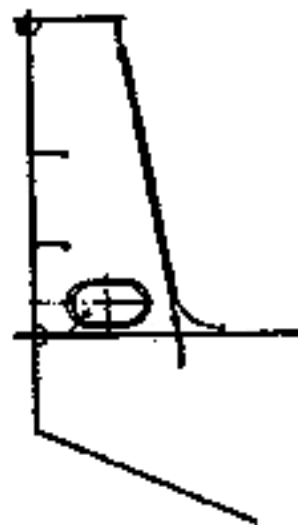


图 9.4.4(4)

#### 9.4.5 结构细则

局部细节的设计应满足规范第 1 章第 2 节有关要求，以确保舱口盖的压力经由舱口围板，传递给甲板下面的结构。舱口围板及支撑结构应适当加强以承受来自舱口盖的纵向、横向和垂向的载荷。

甲板下结构应能承受围板支撑传递的载荷，按照 9.4.4 中规定的许用应力进行校核。

除非另外说明，焊接尺寸和材料选用应符合规范第 1 章第 3 节和第 4 节的有关要求。

支撑腹板与甲板的焊接应采用双面连续焊，焊喉应不小于  $0.44t_w$ ，其中  $t_w$  为围板支撑的腹板实际厚度。

围板支撑腹板趾部与甲板的焊接应采用双面开坡口深融焊，且延伸的距离应不小于围板支撑宽度的 15%。

## 9.5 关闭装置

### 9.5.1 压紧装置应满足下列要求：

舱口盖板应采用适当的压紧装置(如螺栓、楔子或类似装置)进行紧固，压紧装置应沿舱口围板、和舱口盖板之间适当分布。

压紧装置的布置和间距应根据舱口盖的大小和形式、压紧装置之间盖板边缘的刚度决定，并应充分考虑风雨密的有效性。

每个压紧装置的净剖面面积应不小于按下式计算所得值：

$$A = 1.4a/f \quad \text{cm}^2$$

式中： $a$  —— 压紧装置的间距，m，取值应不小于 2m；

$$f = (\sigma_s/235)^e;$$

$\sigma_s$  —— 材料屈服应力，N/mm<sup>2</sup>，取值应不大于材料极限抗拉强度的 70%；

$e = 0.75$ ，当  $\sigma_s > 235$  时；

$e = 1.0$ ，当  $\sigma_s \leq 235$  时。

如果舱口面积超过 5m<sup>2</sup>，则压杆和螺栓的净直径应不小于 19mm。

压紧装置应使舱口盖与舱口围板之间、以及相邻盖板之间有足够的密封线压力，从而保持舱口盖的风雨密。当密封线压力超过 5N/mm 时，压紧装置的横剖面面积应按正比例增加，密封线压力应注明。

舱口盖边缘刚度应足以承受压紧装置之间的密封压力。舱口盖边缘部件的惯性矩应不小于按下式计算所得值：

$$I = 6pa^4 \quad \text{cm}^4$$

式中： $p$  —— 密封线压力，取值应不小于 5N/mm；

$a$  —— 压紧装置间距，m。

压紧装置应保证结构可靠，并能牢固地与舱口围板、甲板或舱口盖连接。每块舱口盖压紧装置的刚度应相近。

如采用杆型压紧装置时，应配置弹性垫圈或缓冲衬垫。

如采用液压型压紧装置，应配备有效装置，当盖板在关闭位置，即使液压系统失灵时盖板仍能保持机械锁紧。

### 9.5.2 限位块

舱口盖应通过限位块有效地紧固，承受由  $175\text{kN/m}^2$  压力引起的横向力。

第一货舱舱口盖应通过限位块有效地紧固，使舱口盖前端部能承受由  $230\text{kN/m}^2$  压力引起的纵向力。当船首按照本指南第 11 章设置首楼时，该压力可以减为  $175\text{kN/m}^2$ 。

其余货舱舱口盖也应通过限位块有效地紧固，使舱口盖前端部承受由  $175\text{kN/m}^2$  压力引起的纵向力。

限位块及其支撑结构的相当应力和限位块焊缝处焊喉的计算所得相当应力应不超过许用值  $0.8\sigma_s$ ， $\sigma_s$  为材料屈服应力， $\text{N/mm}^2$ 。

### 9.5.3 材料和焊接

限位块和压紧装置的材料以及焊接材料，应满足规范第 1 章第 3 节和第 4 节的有关要求。

## 9.6 腐蚀余量和换新

### 9.6.1 舱口盖

对于非箱形舱口盖，所有结构（板和扶强材）的腐蚀余量  $t_s$  为  $2.0\text{mm}$

对于箱形舱口盖，顶板和底板的腐蚀余量  $t_s$  为  $2.0\text{mm}$ ，内部结构的腐蚀余量  $t_s$  为  $1.5\text{mm}$ 。

对于箱形舱口盖的板和非箱形舱口盖，当测量厚度小于  $t_{net} + 0.5\text{mm}$  时要求换新。当测量厚度大于等于  $t_{net} + 0.5\text{mm}$  且小于  $t_{net} + 1.0\text{mm}$  时，可通过采用涂装或年度测厚的措施替代换新。涂装应保持在“良好”状态，“良好”的定义见规范第 1 篇第 4 章 4.3.2.2。

当本社验船师根据外板腐蚀和变形情况，对外板换新或认为有必要时，应对箱形舱口盖的内部结构进行测厚，如果测量厚度小于  $t_{net}$ ，内部结构应要求换新。

### 9.6.2 舱口围板

舱口围板和围板支撑的腐蚀余量  $t_s$  为 1.5mm。

当测量厚度小于  $t_{net} + 0.5\text{mm}$  时要求换板。当测量厚度大于等于  $t_{net} + 0.5\text{mm}$  且小于  $t_{net} + 1.0\text{mm}$  时，可采用涂装或年度测厚的措施替代换新。涂装应保持在“良好”状态，“良好”的定义见规范第 1 篇第 4 章 4.3.2.2。

## 第 10 章 散装货船协调附加标志与相应设计装载工况

### 10.1 一般要求

10.1.1 本章不妨碍装载手册中包含按照其他要求提交计算的设计装载工况，而且不能以任何方式替代船舶必需的装载手册和装载仪。

10.1.2 实际操作中装载工况可以与装载手册中的设计装载工况不同，但船舶的总纵强度和局部强度应不超过船上装载手册和装载仪规定的限制，并且满足适用的稳性要求。

### 10.2 适用范围

10.2.1 本章适用于船长 150m 及以上、并于 2003 年 7 月 1 日及以后签订建造合同的国际航行的双舷侧散装货船。

10.2.2 10.4 所列工况应按规范要求校核总纵强度、局部强度，并满足压载舱布置和稳性要求，其中总纵强度应满足规范第 2 篇第 2 章第 2 节要求。10.5 所列工况应按规范要求校核局部强度，货舱区域双层底、横舱壁和甲板构件应用直接计算方法进行强度计算，直接计算应符合本社《船体结构强度直接计算指南》的要求。

10.2.3 本章中的“最大吃水”取为夏季载重线吃水。

10.2.4 本章中的“装载比值”为货舱中货物质量除以货舱舱容的比值，计算货舱舱容时应取至舱口围板顶部。

### 10.3 协调附加标志和注释

10.3.1 符合本章要求的散装货船应授予以下之一的协调附加标志：

(1) BC-A：满足以下条件的散装货船可授予 BC-A 协调标志：

- 设计装载货物密度为  $1.0\text{t/m}^3$  及以上的干散货物，且
- 最大吃水工况中有指定空舱组，并且
- 装载工况中包括 BC-B 的要求。

(2) BC-B：满足以下条件的散装货船可授予 BC-B 协调标志：

- 设计装载货物密度为  $1.0\text{t/m}^3$  及以上的干散货物，且
- 所有舱装货，并且
- 装载工况中包括 BC-C 的要求。

(3) BC-C: 满足以下条件的散装货船可授予 BC-C 协调标志:

- 设计装载货物密度小于  $1.0\text{t/m}^3$  干散货物。

#### 10.3.2 其他附加标志:

(1) 最大货物密度 ( $\text{t/m}^3$ ) {maximum cargo density (in tonnes/ $\text{m}^3$ )}: 当设计的最大货物密度小于  $3.0\text{t/m}^3$  时, 在协调标志后应注明此项限制标志, 并在括号内标明允许装载的最大货物密度, 该附加标志仅适用于 BC-A 和 BC-B 协调标志。

(2) 无多港口装 / 卸货物 {no MP}: 当散装货船设计中未按 10.5.3 中对多港口装 / 卸货物提出要求时, 在协调标志后应注明此项限制标志, 该附加标志适用于所有协调标志 (BC-A、BC-B、BC-C)。

(3) 允许空舱组 {allowed combination of specified empty holds}: 当散装货船设计中允许空舱时, 应在协调附加标志后注明该附加标志, 该附加标志仅适用于 BC-A 协调标志。

#### 10.4 设计装载工况 (一般要求)

##### 10.4.1 BC-C 协调标志应包含工况:

最大吃水时的均匀装载工况, 所有货舱货物密度相同, 100% 装满至舱口, 所有压载舱为空舱。

##### 10.4.2 BC-B 协调标志应包含工况:

除应包含 10.4.1 所列工况, 还应包含: 最大吃水时的均匀装载工况, 货物密度为  $3.0\text{t/m}^3$ , 所有货舱装货且装载比值相同, 所有压载舱为空舱。

如果船舶在该设计工况中货物密度小于  $3.0\text{t/m}^3$ , 则货物密度用设计允许的最大货物密度, 并应在协调附加标志后面以 10.3.2(1) 的最大货物密度附加标志注明: (maximum cargo density x.y  $\text{t/m}^3$ )。

##### 10.4.3 BC-A 协调标志应包含工况:

除应包含 10.4.1 和 10.4.2 所列工况, 还应包含: 最大吃水时, 有指定的空舱组, 所有装货舱中货物密度为  $3.0\text{t/m}^3$ , 且装载比值相同, 所有压载舱为空舱。



该设计工况的指定空舱组应在协调附加标志后面以 10.3.2(2) 的附加标志注明: (holds a, b, ... may be empty)。如果船舶在该设计装载工况中货物密度小于  $3.0\text{t/m}^3$ , 则货物密度用设计允许的最大货物密度, 并应在协调附加标志后面注明: (maximum cargo density x.y  $\text{t/m}^3$ , holds a and b ... may be empty)。

#### 10.4.4 压载工况 (适用于所有协调附加标志)

##### (1) 压载舱布置要求

散装货船的压载舱应有足够舱容, 并合理布置, 在一般压载工况和重压载工况中应满足以下要求:

##### ① 本章适用的一般压载工况应为无货物时的压载工况, 并满足以下条件:

- 所有货舱 (包括设计可作压载的货舱) 为空舱;
- 压载舱可为满舱、空舱或部分压载。如果压载舱为部分压载, 应满足规范第 2 篇第 2 章第 2 节 2.2.2.6 要求;
- 螺旋桨全浸没;
- 船舶应尾倾, 但不超过  $0.015L$ , 其中  $L$  为垂线间长, m, 计算螺旋桨浸深和纵倾时, 可取船舶首吃水和尾吃水进行计算。

##### ② 本章适用的重压载工况应为无货物时的压载工况, 并满足以下条件:

- 至少有一个货舱装满压载水, 其余货舱为空舱;
- 压载舱可为满舱、空舱或部分压载。如果压载舱为部分压载, 应满足规范第 2 篇第 2 章第 2 节 2.2.2.6 要求;
- 螺旋桨浸深  $I/D$  应至少为 0.60;  
其中:  $I$  为螺旋桨轴中心线到水线距离, m,  
 $D$  为螺旋桨直径, m;
- 船舶应尾倾, 但不超过  $0.015L$ , 其中  $L$  为垂线间长, m;
- 型首吃水应不小于  $0.03L$  和 8m 两者之小值。

##### (2) 强度要求:

##### ① 一般压载工况应满足:

- 10.4.4.(1) ①所列工况中最小首吃水如果小于本社有关要求时, 应根据规范第 2 篇第 2 章第 15 节 2.15.3 的适用要求对船首底部进行抨击加强;
- 10.4.4.(1) ①所列工况应满足总纵强度要求;
- 如果 10.4.4.(1) ①所列工况中有压载舱为空舱或部分压载, 当所有压载舱 100%满舱时, 仍应满足总纵强度要求。

② 重压载工况应满足：

- 10.4.4.(1) ②所列工况应满足总纵强度要求；
- 如果 10.4.4.(1) ②所列的重压载工况中有压载舱为空舱或部分压载，当所有压载舱 100%满舱时，仍应满足总纵强度要求；
- 当在海上航行状态下，有一个以上的货舱被设计成可作压载货舱时，总纵强度评估不强制要求两个及以上的压载货舱同时 100%装满压载水的工况，但如果设计时重压载工况中有此类工况，则该工况必须进行总纵强度评估。除非每个货舱单独装满压载水的重压载工况都被校核，否则指定可作重压载的货舱以及对其他货舱用作压载货舱的使用限制都应在装载手册中给予说明。

10.4.5 本章 10.4 中所列工况应分为出港和到港两种状态，如无另外说明，出港和到港状态应取为：

- (1) 出港状态：燃油舱中的燃油不少于 95%，其余消耗品 100%
- (2) 到港状态：所有消耗品 10%

10.5 设计装载工况（局部强度要求）

10.5.1 一个货舱或两个相邻货舱的最大允许载货量及所要求的最小载货量，与双层底上的净载荷有关。双层底上的净载荷是吃水、货舱载货量、双层底舱中燃油和压载水质量的函数。为更清楚地说明 10.5.2 至 10.5.6 中所列的工况，定义下面三个参数。

- (1)  $M_H$ ：最大吃水时，均匀装载工况下，货舱中的实际载货量。
- (2)  $M_{Full}$ ：均匀装载工况下，货物取虚拟密度（虚拟密度 = 货舱载货量 / 货舱舱容，最小取  $1.0\text{t/m}^3$ ）装至舱口盖围板顶部时，货舱的载货量。 $M_{Full}$  应不小于  $M_H$ 。
- (3)  $M_{HD}$ ：最大吃水时，有指定空舱组的设计装载工况下，货舱的最大允许载货量。

10.5.2 所有协调附加标志要求对货舱应按下列装载工况进行校核。

- (1) 最大吃水时，任一货舱下双层底内燃油舱（如设有时）100% 满舱，双层底内压载舱空舱时，该货舱应能装  $M_{Full}$  的货物。

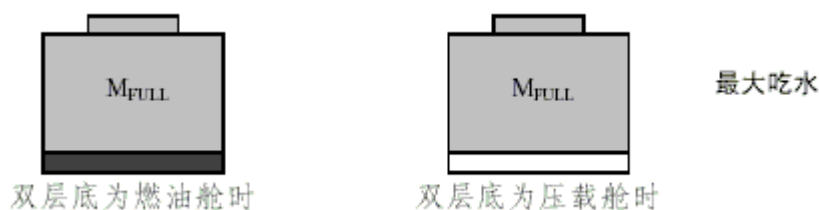


图 10.5.2(1)  
第 38 页

(2) 最大吃水时，任一货舱下双层底内所有舱空舱时，该货舱应能装至少  $50\% M_H$  的货物。

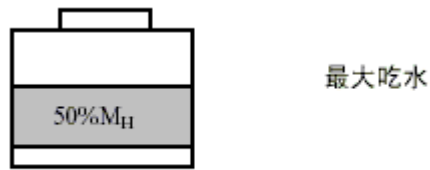


图 10.5.2(2)

(3) 最大压载吃水时，任一货舱下双层底内所有舱空舱时，该货舱应能空舱。

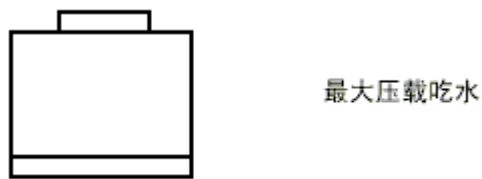


图 10.5.2(3)

10.5.3 所有协调标志，但授予 (no MP) 附加标志（无多港口装 / 卸货物）船舶除外，要求对货舱应按下列装载工况进行校核。

(1) 67% 最大吃水时，任一货舱下双层底内燃油舱（如设有时）100% 满舱，双层底内压载舱空舱时，该货舱应能装  $M_{FULL}$  的货物。

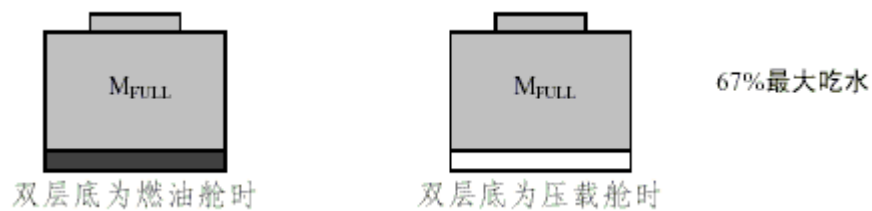


图 10.5.3(1)

(2) 83% 最大吃水时，任一货舱下双层底内所有舱空舱时，该货舱应能空舱。

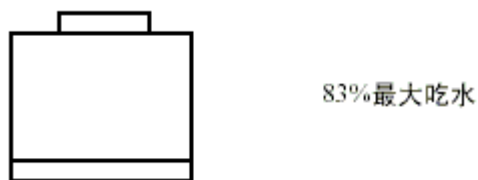


图 10.5.3(2)

(3) 67% 最大吃水时，任何两相邻货舱下双层底内燃油舱（如设有时）100% 满舱，双层底内压载舱空舱时，该两货舱均应能装  $M_{FULL}$  的货物。如果相邻货舱并非装货而是可装满压载水，装货舱也应能装  $M_{FULL}$  的货物。

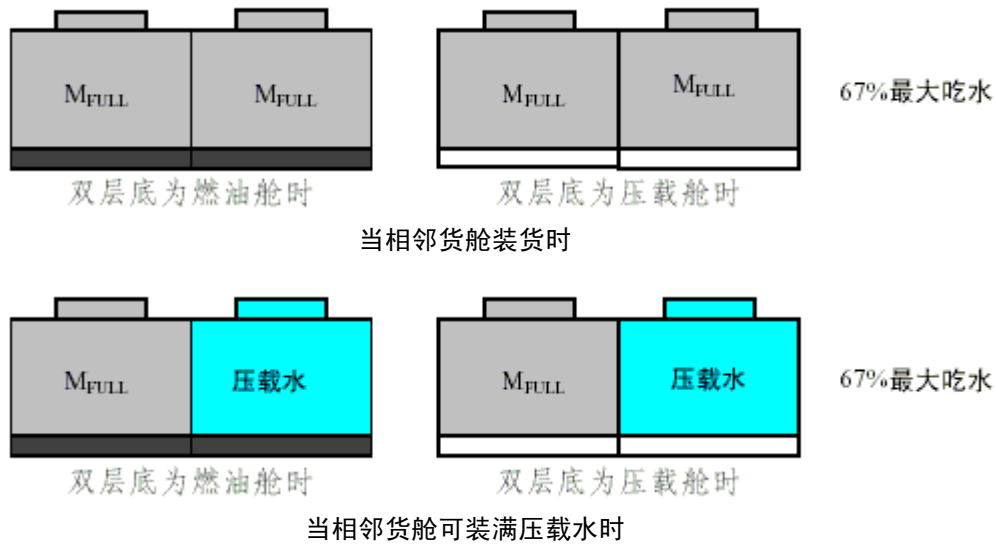


图 10.5.3(3)

(4) 75% 最大吃水时，任何两相邻货舱下双层底内所有舱空舱时，该两货舱应能空舱。

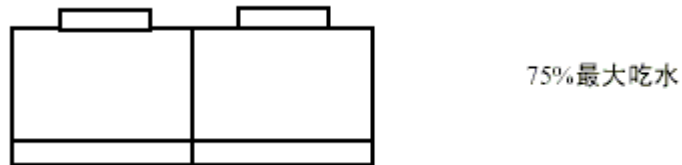


图 10.5.3(4)

#### 10.5.4 BC-A 协调标志的补充要求

(1) 最大吃水时，设计作空舱的货舱，当货舱下双层底内所有舱空舱时，该货舱应能空舱。

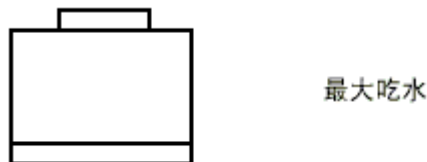


图 10.5.4(1)

(2) 最大吃水时，设计装载重货的货舱，当货舱下双层底内燃油舱（如设有时）100% 满舱，双层底内压载舱空舱时，该货舱应能装载  $M_{HD}+10\%M_H$  的货物。但是在实际操作中，该货舱的最大允许载货量应限制为  $M_{HD}$ 。

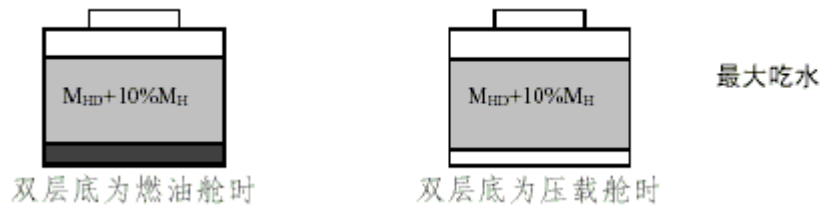


图 10.5.4(2)

(3) 最大吃水时，如果两相邻货舱按设计装载工况装货，而与它们相邻的货舱为空舱，当货舱下双层底内燃油舱（如设有时）100% 满舱，双层底内压载舱空舱时，该两相邻货舱均应能装该设计工况中规定的最大载货量  $+10\%M_H$ 。但是在实际操作中，最大允许载货量应限制为该设计装载工况中规定的最大载货量。

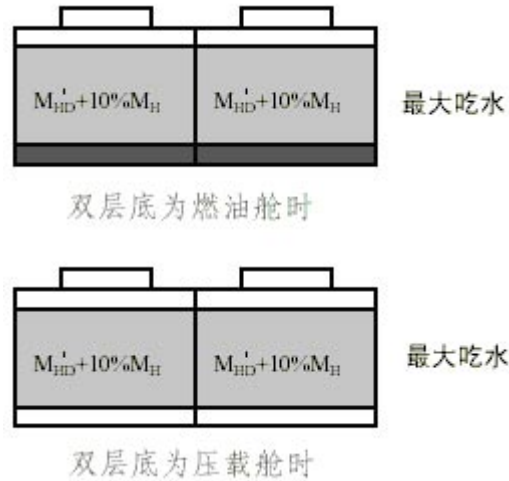


图 10.5.4(3)

### 10.5.5 可装压载水货舱的补充要求

(1) 在任何重压载吃水时，设计装压载水的货舱，当货舱下双层底内所有舱 100% 满舱时，该货舱应能装满压载水至舱口。当该货舱装满压载水而相邻的顶边舱、底边舱、双层底舱空舱时，货舱结构应保证有足够的强度。

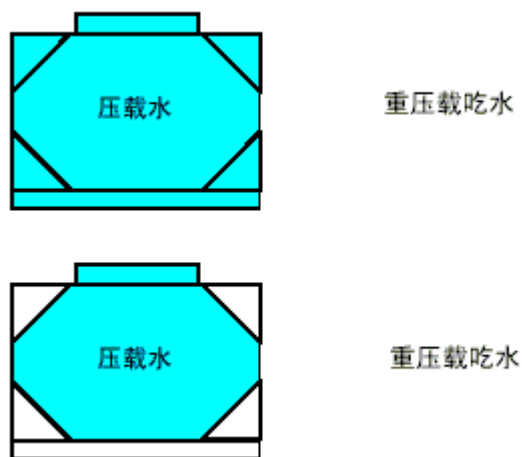


图 10.5.5(1)

#### 10.5.6 港内装 / 卸货时的补充要求

(1) 在港内，67% 最大吃水时，任一货舱应能装载航行状态下的最大允许装货量。

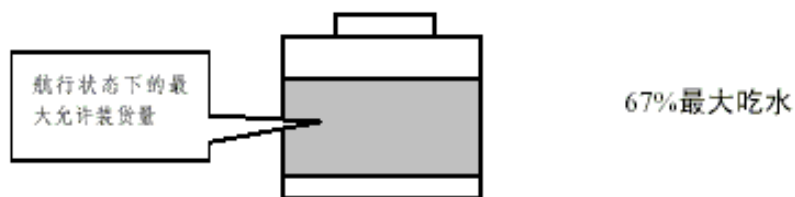


图 10.5.6(1)

(2) 在港内，67% 最大吃水时，两相邻货舱下双层底内燃油舱（如设有时）100% 满舱，双层底内压载舱空舱时，该两货舱均应能装载  $M_{FULL}$  货物。

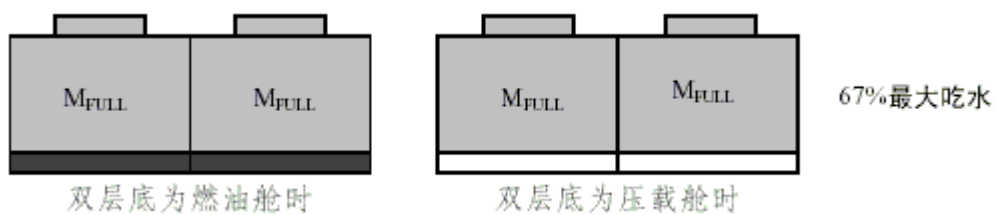


图 10.5.6(2)

(3) 港内装 / 卸货过程中吃水减少状态下，货舱内的最大允许载货量可以适当增加，增加量为航行状态下最大吃水时的最大允许载货量的 15%，但货舱的最大允许载货量仍应不超过航行状态下最大吃水时的允许载货量。最小载货量也可适当减少，减少量为航行状态下最大吃水时最大允许载货量的 15%。

### 10.5.7 货舱载货量曲线

(1) 基于本章 10.5.2~10.5.6 所列的局部强度校核工况，一个货舱和两相邻货舱的载货量曲线应编入装载手册和装载仪，表明航行状态和港内装 / 卸货状态下，货舱的最大允许载货量和最小载货量与吃水的函数关系（见本指南第 3 章）。

(2) 除本章所列装载工况外的其他吃水工况中，最大允许载货量和要求的最小载货量应按作用在船底浮力变化进行调整。浮力的变化应根据吃水处水线面面积计算。

## 第 11 章 露天甲板设置首楼的要求

### 11.1 一般要求

11.1.1 本章适用于 2004 年 1 月 1 日及以后签订建造合同、国际航行的散装货船、矿砂船和兼用船。

11.1.2 首楼的结构布置和尺寸应满足规范第 2 篇第 2 章第 17 节的适用要求。

### 11.2 布置

11.2.1 首楼应位于干舷甲板上，首楼后端壁应位于第一货舱的前舱壁的上方或后面，见图 11.1。

11.2.2 首楼在主甲板之上的高度  $H_F$  应不小于下列两式计算之大值：

$$\begin{aligned} H_{F1} &= H_{sh} \quad \text{m} \\ H_{F2} &= H_C + 0.5 \quad \text{m} \end{aligned}$$

式中： $H_{sh}$  ——《1966 年国际载重线公约》88 年议定书规定的上层建筑标准高度；

$H_C$  —— 第一货舱舱口盖的前端横向围板在中纵剖面处的高度，m。

11.2.3 首楼甲板后端边缘上的所有点与第一货舱舱口盖的前端横向围板的距离  $l_f$  应满足下式要求：

$$l_f \leq 5\sqrt{H_F - H_C} \quad \text{m}$$

11.2.4 在首楼甲板上不应为保护舱口围板和舱口盖而设置挡浪板。如需要设置挡浪板，挡浪板的上边缘在中线处与首楼甲板后边缘的距离应不小于  $H_B/\tan 20^\circ$  其中  $H_B$  为挡浪板在首楼甲板上的高度，见图 11.1。

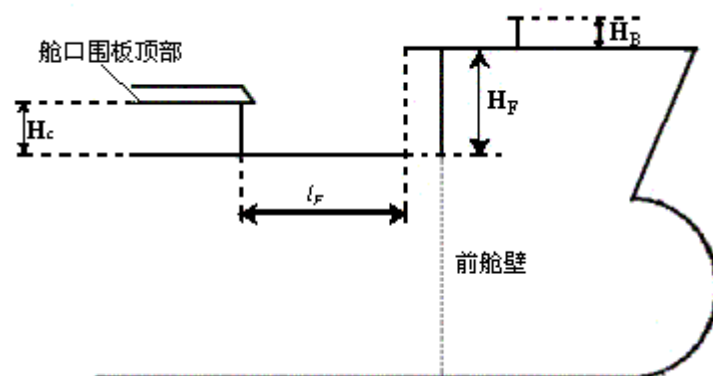
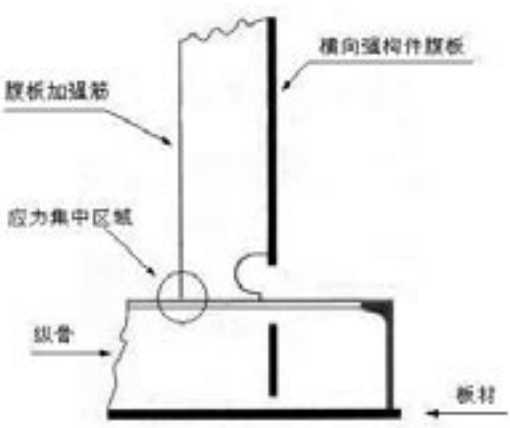
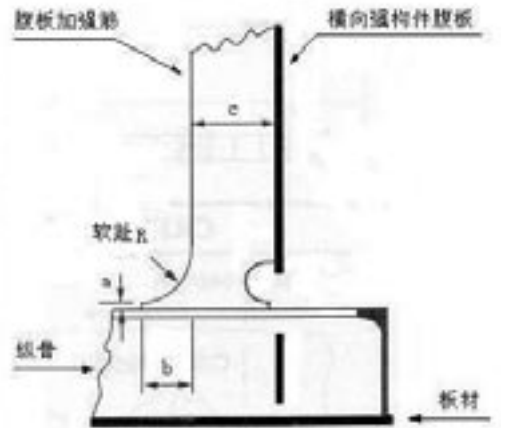


图 11.1

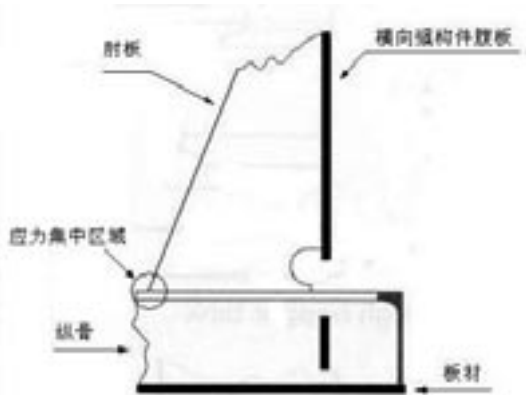
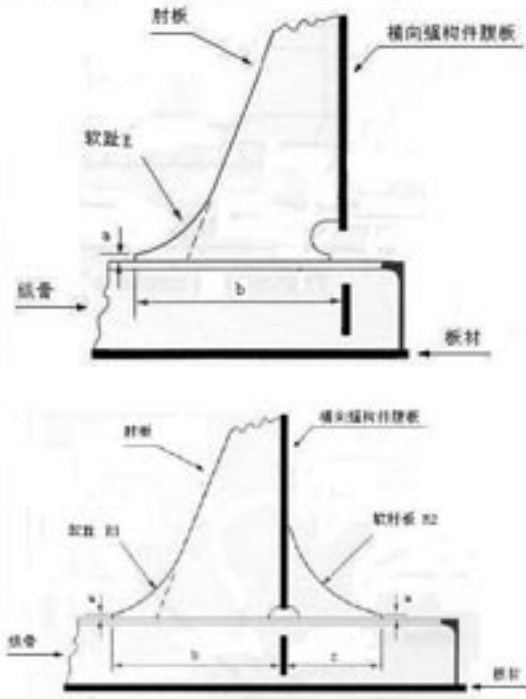


附录：双舷侧散装货船典型结构节点实例

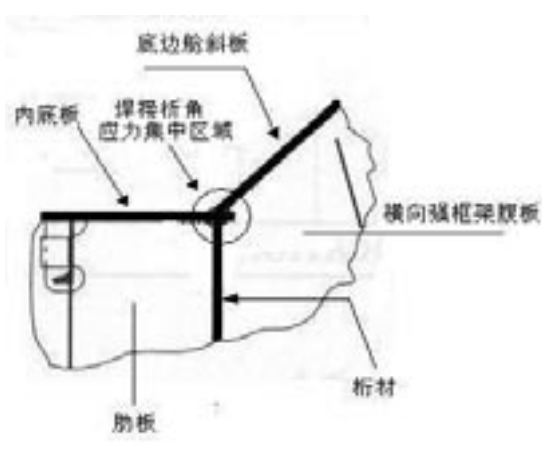
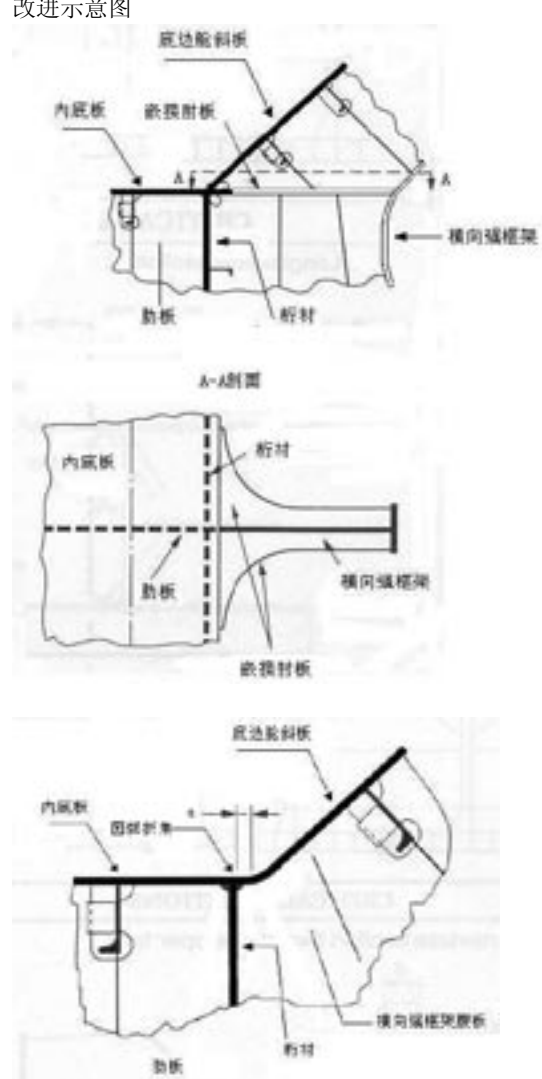
表 1.3.1

典型结构细节	纵骨与横向强构件连接（腹板加强筋为扁钢）	例 1
区域	双层底结构、双舷侧结构、甲板结构、底边舱结构、顶边舱结构。	
示意图	<div></div> <div></div>	
说明：	<div><p>1 横向强构件支撑纵骨所承受的局部载荷以及纵骨轴向承受船体梁总体载荷。</p><p>2 腹板加强筋与纵骨面板连接处，由于结构几何形状的突变，导致腹板加强筋根部产生应力集中，极易产生疲劳裂纹，造成结构连接节点的损坏。</p></div> <div><p>1 腹板加强筋根部设软趾以降低应力集中系数，软趾尺寸如下：</p><p><math>R \geq 0.75c</math>；<math>b \geq 0.5c</math>；<math>a \leq 15\text{mm}</math></p><p>2 确保腹板加强筋与纵骨腹板具有良好的对准。</p><p>3 腹板加强筋与纵骨面板双面连续焊且两端包角焊。</p></div>	


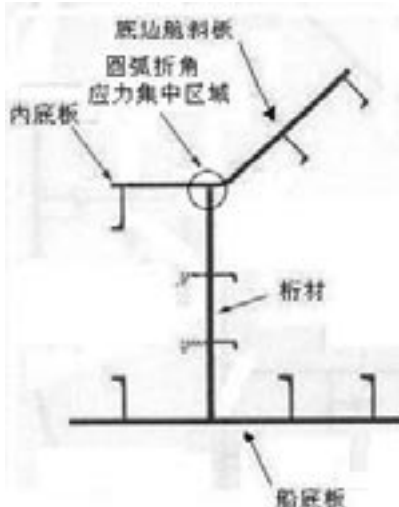
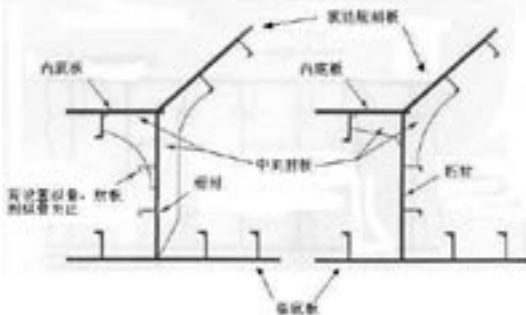
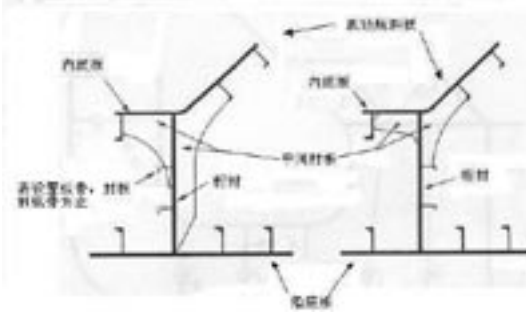
续表 1.3.1

典型结构细节	纵骨与横向强构件连接（腹板加强筋为肘板）	例 2
区域	双层底结构、双舷侧结构、甲板结构、底边舱结构、顶边舱结构。	
示意图	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>肘板</p> <p>横向强构件腹板</p> <p>应力集中区域</p> <p>纵骨</p> <p>板材</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>肘板</p> <p>横向强构件腹板</p> <p>软趾 R</p> <p>纵骨</p> <p>板材</p> <p>肘板</p> <p>横向强构件腹板</p> <p>软肘板 R2</p> <p>纵骨</p> <p>板材</p> </div> </div>	
说明：	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1 横向强构件支撑纵骨所承受的局部载荷以及纵骨轴向承受船体梁总体载荷。</p> <p>2 肘板与纵骨面板连接处，由于结构几何形状的突变，导致腹板加强筋肘板根部产生应力集中，极易产生疲劳裂纹，造成结构连接细节的损坏。</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>说明：</p> <p>1 肘板根部设软趾以降低应力集中系数，软趾尺寸如下：</p> <math display="block">R \geq 300\text{mm}; a \leq 15\text{mm}</math> <p>2 肘板根部设软趾并在横向强构件腹板的另一面设圆弧形软肘板，以进一步降低肘板根部另一趾端的应力集中系数，其尺寸如下：</p> <math display="block">R1 \geq 300\text{mm}; R2 \geq \text{MAX}(400\text{mm}, 0.67b)</math> <math display="block">a \leq 15\text{mm}; c \geq \text{MAX}(300\text{mm}, 0.5b)</math> <p>3 确保肘板和软肘板与纵骨腹板具有良好的对准。</p> <p>4 肘板及软肘板与纵骨面板双面连续焊且两端包角焊。</p> </div> </div>	

续表 1.3.1

典型结构细节	内底板与底边舱斜板连接	例 3
区域	双层底与底边舱结构（肋板与边舱内横向强框架处）。	
示意图		
改进示意图		
说明：	<p>1 内底板与底边舱斜板及肋板和横向强框架腹板的连接细节处，承受舱内货物和边舱压载水的惯性载荷以及舷外水的波浪载荷。</p> <p>2 横向强框架处，内底板至底边舱非连续突变，使该细节局部区域产生应力集中，易导致细节损坏。</p>	
说明：	<p>1 对于内底板与底边舱斜板采用焊接折角连接时，在底边舱内的内底板同一平面上嵌接软肘板，以降低应力集中系数。</p> <p>2 对于内底板与底边舱斜板采用非焊接圆弧折角连接时，圆弧折角的中心线距桁材距离 <math>a</math> 为：<math>50\text{mm} \leq a \leq 70\text{mm}</math>。</p> <p>3 确保肋板与横向强框架腹板具有良好的对准，其板厚中心线的偏差应小于三分之一板厚。</p> <p>4 对于内底板与底边舱斜板采用焊接折角连接时，内底板与底边舱斜板及桁材的板厚中心线尽量汇交于同一点。</p> <p>5 应力集中区域应采用全焊透焊接。</p>	

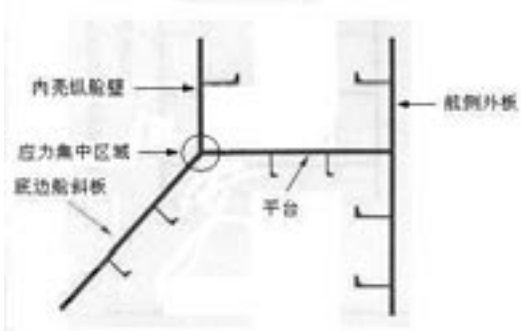
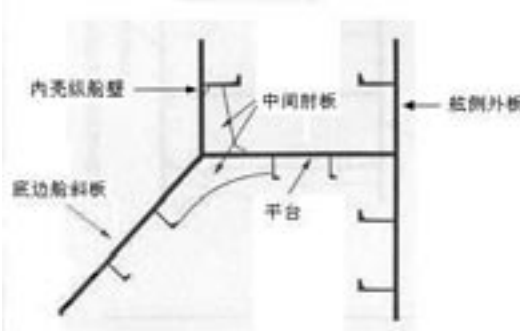
续表 1.3.1

典型结构细节	内底板与底边舱斜板连接	例 4
区域	双层底与底边舱结构（边舱内横向强框架之间）。	
示意图	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>底边舱斜板 焊接折角 应力集中区域 内底板 桁材 船底板</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>底边舱斜板 圆弧折角 应力集中区域 内底板 桁材 船底板</p> </div> </div>	
改进示意图	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>底边舱斜板 内底板 中间肘板 肘板 底边舱</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>底边舱斜板 内底板 中间肘板 肘板 底边舱</p> </div> </div>	
说明:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1 肋板或边舱内横向强框架之间中点处的内底板与底边舱斜板的连接细节，承受舱内货物和边舱压载水的惯性载荷。</p> <p>2 肋板或边舱内横向强框架跨距之间的细节，存在局部区域高应力，易导致细节损坏。</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>1 当肋板或边舱内横向强框架间距大于 2.5m 时，应在肋板或边舱内横向强框架之间均匀设置两挡中间肘板，以降低应力水平。</p> <p>2 确保底边舱与双层底内的中间肘板具有良好的对准。</p> </div> </div>	

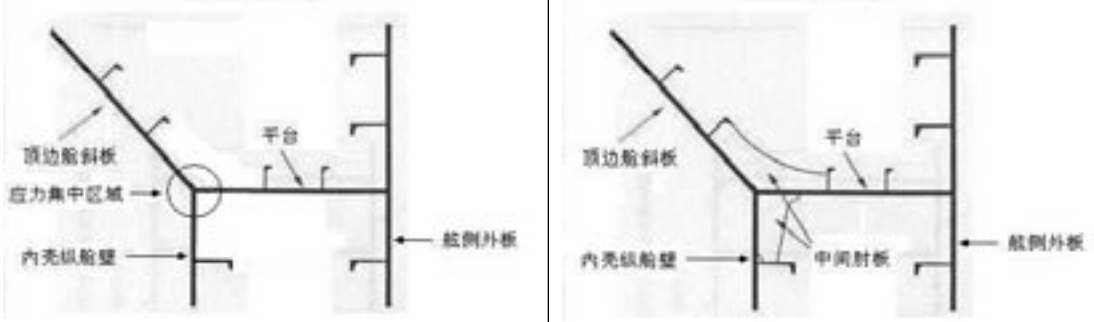
续表 1.3.1

典型结构细节	内底板与内壳纵舱壁连接	例 5
区域	双层底与边舱结构。	
示意图		
改进示意图		
说明:	<p>1 内底板与内壳纵舱壁及肋板和横向强框架腹板或横舱壁的连接细节处，承受舱内货物和边舱压载水的惯性载荷以及舷外水的波浪载荷。</p> <p>2 横向强框架和横舱壁处，内底板至底边舱非连续突变，使该细节局部区域产生应力集中，易导致细节损坏。</p>	
说明:	<p>1 内底板延伸至边舱内，并在横向强框架或横舱壁处设置嵌接肘板，以降低应力集中系数。嵌接肘板尺寸如下：</p> <p style="text-align: center;"><math>R \geq 400\text{mm}; 15\text{mm} \leq a \leq 25\text{mm}</math></p> <p>2 确保肋板与横向强框架腹板以及内底板、内壳纵舱壁和桁材具有良好的对准，其板厚中心线的偏差应小于三分之一板厚。</p> <p>3 应力集中区域应采用全焊透焊接。</p>	

续表 1.3.1

典型结构细节	底边舱斜板与内壳纵舱壁连接	例 6
区域	底边舱与边舱结构（边舱内横向强框架之间）。	
示意图	<div><div><p>内壳纵舱壁</p><p>应力集中区域</p><p>底边舱斜板</p><p>平台</p><p>舷侧外板</p></div><div><p>内壳纵舱壁</p><p>中间肘板</p><p>底边舱斜板</p><p>平台</p><p>舷侧外板</p></div></div>	
<b>说明：</b> <div><div>1</div><div>边舱内横向强框架之间中点处的内壳纵舱壁与底边舱斜板的连接细节，承受舱内货物和边舱压载水的惯性载荷。</div></div> <div><div>2</div><div>边舱内横向强框架跨距之间的细节，存在局部区域高应力，易导致细节损坏。</div></div>	<b>说明：</b> <div><div>1</div><div>边舱内横向强框架间距大于 2.5m 时，应在边舱内横向强框架之间均匀设置两挡中间肘板，以降低应力水平。</div></div> <div><div>2</div><div>确保底边舱与边舱内的中间肘板具有良好的对准。</div></div>	

续表 1.3.1

典型结构细节	顶边舱斜板与内壳纵舱壁连接	例 7
区域	顶边舱与边舱结构（边舱内横向强框架之间）。	
示意图		
说明:	<div><div><p>1 边舱内横向强框架之间中点处的内壳纵舱壁与顶边舱斜板的连接细节，承受舱内货物和边舱压载水的惯性载荷。</p><p>2 边舱内横向强框架跨距之间的细节，存在局部区域高应力，易导致细节损坏。</p></div><div><p>1 边舱内横向强框架间距大于 2.5m 时，应在边舱内横向强框架之间均匀设置两挡中间肘板，以降低应力水平。</p><p>2 确保顶边舱与边舱内的中间肘板具有良好的对准。</p></div></div>	

续表 1.3.1

典型结构细节	槽形舱壁与下墩顶板连接		例 8
区域	货舱内横舱壁结构。		
示意图	<div><div></div><div></div></div>		
说明：	<div><div><div>1 舱内货物的压力及惯性压力。</div><div>2 槽形舱壁板与下墩结构的顶板连接处，由于结构垂向非连续性突变，使该处产生局部高应力集中，易导致细节损坏。</div></div><div><div>1 在槽形舱壁斜板同一平面的下墩结构内设置附加肘板，以降低因结构突变而产生的应力集中系数</div><div>2 确保附加肘板与槽形舱壁斜板的对准。</div></div></div>		



续表 1.3.1

典型结构细节	货舱口围板纵向肘板趾端	例 9
区域	货舱舱口围结构。	
示意图	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>示意图</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>改进示意图</p> </div> </div>	
说明：	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1 承受船体梁总纵垂向弯矩的作用。</p> <p>2 纵向舱口围板和纵向肘板与主甲板连接，在船体纵向形成结构非连续性突变，使纵向肘板根部趾端产生局部高应力集中，易导致细节损坏。</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>说明：</p> <p>1 将肘板形状改为较柔性的圆弧形，并采用对称面板，其尺寸如下：</p> <math display="block">R = 500\text{mm}; X = 0.7H_c</math> <p>2 肘板的根部设软趾，其尺寸如下：</p> <math display="block">a=7\text{mm}; 15\text{mm} \leq b \leq 25\text{mm}</math> <p>3 肘板根部趾起 <math>0.15H_c</math> 的长度范围内双面全焊透，肘板端部包角焊。</p> </div> </div>	