

中 国 船 级 社

特定航线江海直达船舶建造规范

2018

生效日期：2018 年 7 月 1 日

北京

目　录

第 1 章　通则 1
　第 1 节　一般规定 1
　第 2 节　定义 1
　第 3 节　船体构件 5
　第 4 节　材料与焊接 13
　第 5 节　结构强度直接计算 15
　第 6 节　结构防腐 26
　第 7 节　结构布置 28
第 2 章　船体结构 32
　第 1 节　一般规定 32
　第 2 节　总纵强度 32
　第 3 节　扭转强度 44
　第 4 节　外板 45
　第 5 节　甲板 50
　第 6 节　双层底 53
　第 7 节　单层底 59
　第 8 节　舷侧骨架 63
　第 9 节　甲板骨架 68
　第 10 节　支柱 74
　第 11 节　非水密支承舱壁 76
　第 12 节　水密舱壁 77
　第 13 节　深舱 81
　第 14 节　首尾柱、球鼻首、尾轴架 86
　第 15 节　船端加强 90
　第 16 节　主机基座及轴隧 93
　第 17 节　上层建筑及甲板室 95
　第 18 节　舷墙及栏杆 100
　第 19 节　舱口和舱口盖 101
　第 20 节　承载有木质支撑钢卷的内底 104
第 3 章　舾装 111
　第 1 节　舵 111
　第 2 节　锚泊及系泊设备 129
　第 3 节　拖带和系泊相关的船用配件与船体支撑结构 137
　第 4 节　甲板设备支撑 142
　第 5 节　桅、木铺板 144
　附录 1　舵-舵杆系统弯矩及剪力分布计算指南 146
第 4 章　集装箱船结构补充规定 154
　第 1 节　一般规定 154
　第 2 节　甲板结构 154
　第 3 节　外板 156
　第 4 节　舷侧骨架 156

第 5 节　双层底.....157
第 6 节　舱壁.....157
第 7 节　船首舷侧结构加强.....157
附录 1　集装箱系固与系固设备.....160
附录 2　集装箱船结构强度直接计算.....173
第 5 章　散货船结构补充规定.....180
第 1 节　一般规定.....180
第 2 节　船底骨架.....180
第 3 节　舷侧骨架.....181
第 4 节　水密舱壁.....184
第 5 节　底边舱.....185
第 6 节　顶边舱.....187
第 7 节　双舷侧结构.....190
附录 1　散货船结构强度直接计算.....193
第 6 章　商品汽车滚装船结构补充规定.....202
第 1 节　一般规定.....202
第 2 节　总纵强度.....204
第 3 节　舷侧结构.....206
第 4 节　甲板结构.....207
第 5 节　支柱及半舱壁.....210
第 6 节　舷门.....210
第 7 节　车辆跳板.....211
附录 1　货舱区域结构强度直接计算.....213
附录 2　车辆系固与系固设备.....217
第 7 章　轮机.....220
第 1 节　一般规定.....220
第 2 节　泵与管系.....220
第 3 节　船舶管系.....225
第 4 节　动力管系.....231
第 5 节　锅炉与压力容器.....233
第 6 节　柴油机.....233
第 7 节　齿轮传动装置.....234
第 8 节　轴系与螺旋桨.....234
第 9 节　轴系振动与校中.....236
第 10 节　甲板机械.....238
第 8 章　电气装置.....239
第 1 节　一般规定.....239
第 9 章　控制、监测、报警和安全系统.....245
第 1 节　一般规定.....245

第 1 章　通则

第 1 节　一般规定

1.1.1　适用范围

1.1.1.1　《特定航线江海直达船舶建造规范》（以下简称本规范）适用于本节 1.1.2 所述航行条件且船长大于或等于 20m 小于 150m 的下列焊接结构钢质民用特定航线江海直达船舶：

（1）散货船；

（2）集装箱船；

（3）商品汽车滚装船。

1.1.1.2　本规范适用于新船。

1.1.2　航行条件

1.1.2.1　本规范适用于航行于长江至中国东海特定海区下列航线的船舶：

（1）特定航线 1-1；

（2）特定航线 1-2。

1.1.3　检验

1.1.3.1　江海直达船舶的入级检验内容和检验间隔期应符合 CCS《内河船舶入级规则》的相关规定。

1.1.4　附加标志

1.1.4.1　江海直达船舶如满足本规范的要求，经船东申请，可授予如下船型附加标志：

江海直达××船。

其中：××船由船舶类型替代，如：散货船、集装箱船、商品汽车滚装船。

1.1.4.2　江海直达船舶可根据在长江是否航经急流航段和海上航行路线的不同授予如下航区限制附加标志：

A 级航区、J_1/J_2 航段（适用时）、特定航线 1-1/1-2。

第 2 节　定义

1.2.1　航行区域

1.2.1.1　东海特定海区：系指东海自北纬 29º32′至北纬 31º20′，自东经 122º50′往西至东海我国大陆海岸的水域范围。

1.2.1.2　特定航线：系指船舶专门从事两个或几个港口之间航行的航线。

1.2.1.3　特定航线 1-1[①]：长江口经崾泗港、洋山港、南港、马岙港、镇海港、北仑港、金塘港、岑港港、大榭港、穿山港、梅山港、六横港、象山港、虾峙门（条帚门）航线（见图 1.2.1）。

1.2.1.4　特定航线 1-2[①]：长江口经崾泗港、衢山港、岱山港、白泉港、虾峙门（条帚门）航线（见图 1.2.1）。

[①]船舶航行应满足中华人民共和国海事局现行通航管理的相关要求。

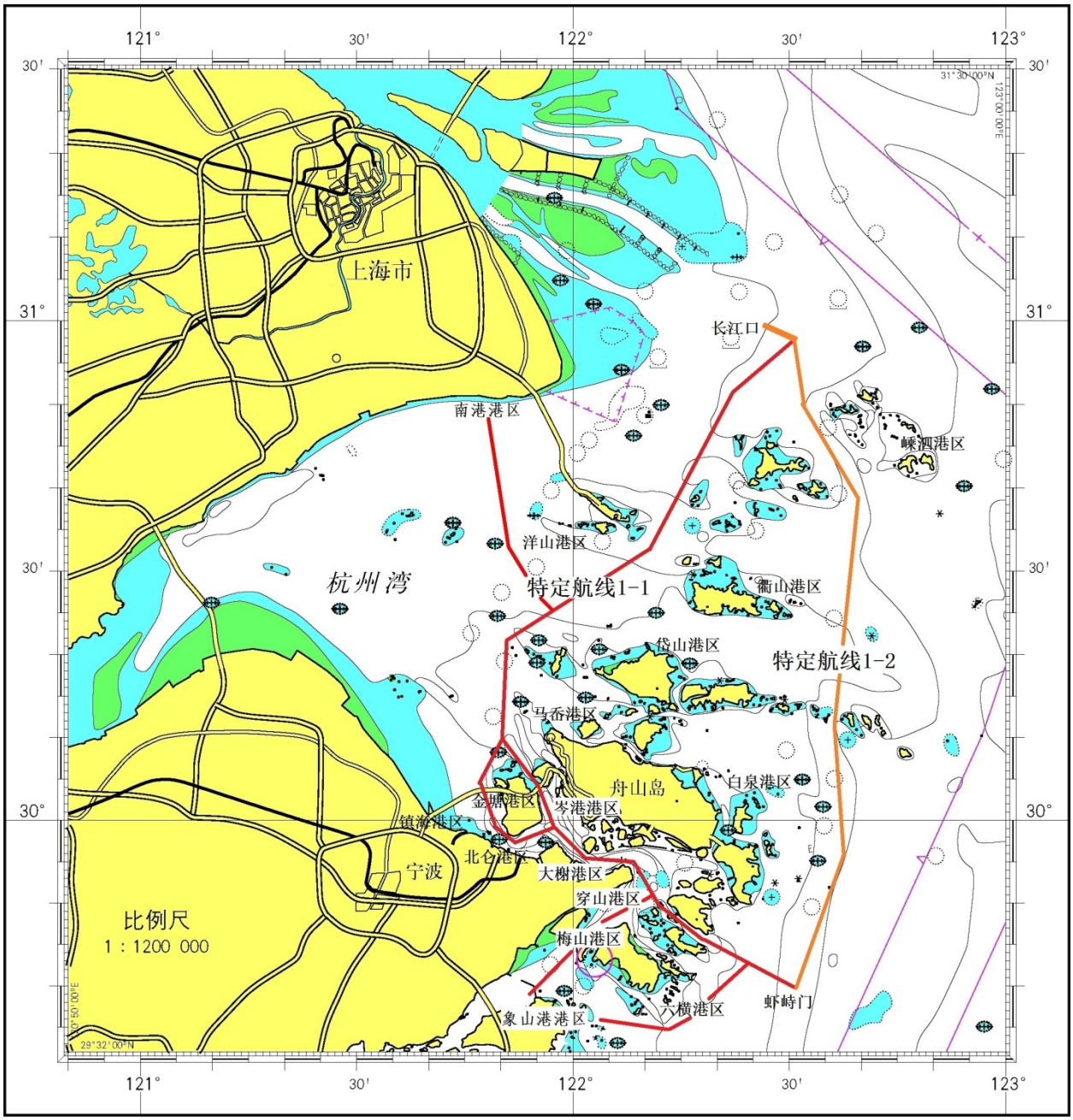


图 1.2.1 特定航线示意图

1.2.2 船型

1.2.2.1 散货船：系指其构造主要适用于在货舱内装运散装干货的船舶。

1.2.2.2 集装箱船：系指其构造适合于在货舱内和在甲板上专门装载集装箱的船舶。

1.2.2.3 商品汽车滚装船：系指专用于载运新乘用车和新商用车的滚装货船。

1.2.3 主尺度

1.2.3.1 船长L（m）：沿夏季载重水线，由首柱前缘量至舵柱后缘的长度；对无舵柱的船舶，由首柱前缘量至舵杆中心线的长度；但均不应小于夏季载重水线总长的96%，且不必大于97%。对于具有非常规船首和船尾的船舶，其船长L需特殊考虑。

对于无舵杆的船舶（如设有全回转推进器的船舶），L 为夏季载重水线总长的 97%。

1.2.3.2 船宽 B（m）：在船舶的最宽处，由一舷的肋骨外缘量至另一舷的肋骨外缘之间的水平距

离。

1.2.3.3　型深 D（m）：在船长中点处，沿船舷由平板龙骨上缘量至上层连续甲板横梁上缘的垂直距离；对甲板转角为圆弧形的船舶，则由平板龙骨上缘量至横梁上缘延伸线与肋骨外缘延伸线的交点。

1.2.3.4　吃水 d（m）：在船长中点处，由平板龙骨上缘量至夏季载重线的垂直距离。

1.2.3.5　方形系数 C_b：方形系数 C_b 由下式确定：

$$C_b = \frac{\nabla}{LB_{wl}d}$$

式中：∇——相应于夏季载重线吃水时的型排水体积，m^3；

L、d——见本节 1.2.3.1、1.2.3.4。

B_{wl}——满载水线在中部不包括船壳板在内的船体最大宽度，m。

1.2.4　甲板、上层建筑及甲板室

1.2.4.1　上层连续甲板：船体的最高一层全通甲板。

1.2.4.2　强力甲板：

（1）上层连续甲板；

（2）在船中部 0.5L 区域内长度不小于 0.15L 的上层建筑甲板，和此上层建筑区域以外的上层连续甲板。

1.2.4.3　下甲板：上层连续甲板以下的连续甲板。

1.2.4.4　舱壁甲板：各水密横舱壁上伸到达的连续甲板。

1.2.4.5　干舷甲板：量计干舷高度的甲板。

1.2.4.6　平台甲板：强力甲板以下，不计入船体总纵强度的不连续甲板。

1.2.4.7　大开口：符合下列任一条件的甲板开口为大开口：

（1）$\frac{b}{B_1} \geqslant 0.7$；

（2）$\frac{l_H}{l_{BH}} \geqslant 0.89$；

（3）$\frac{b}{B_1} > 0.6$ 和 $\frac{l_H}{l_{BH}} > 0.7$。

式中：b——开口宽度，m，如果有几个舱口并列，则 b 代表各开口宽度之和，即 $b=b_1+b_2$，如图 1.2.4.7；

B_1——在开口长度中点处包括开口在内的甲板宽度，m；

l_H——舱口长度，m；

l_{BH}——每一舱口两端横向甲板条中心线之间的距离，m，如图 1.2.4.7。如舱口前或后再无其他舱口时，则 l_{BH} 算到舱壁为止。

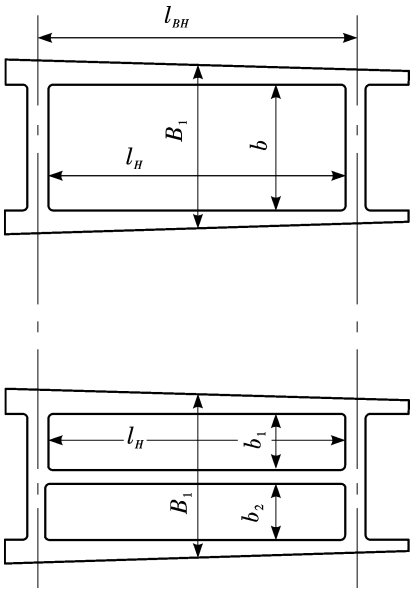


图 1.2.4.7

1.2.4.8　上层建筑及甲板室：上层连续甲板上，由一舷伸至另一舷的或其侧壁板离船壳板向内不大于 4%船宽 B 的围蔽建筑为上层建筑，即首楼、桥楼和尾楼。其他的围蔽建筑为甲板室。

1.2.4.9　长上层建筑及短上层建筑：长度大于 $0.15L$，且不小于其高度 6 倍的上层建筑为长上层建筑。不符合长上层建筑条件的为短上层建筑。

1.2.4.10　长甲板室及短甲板室：长度大于 $0.15L$，且不小于其高度 6 倍的甲板室为长甲板室。不符合长甲板室条件的为短甲板室。

1.2.5　其他

1.2.5.1　装载率 γ（m^3/t）：货舱容积对货舱内货物质量的比值（货舱容积不包括舱口围板所包围的容积）。

1.2.5.2　首、尾垂线：首垂线为通过首柱前缘与夏季载重线交点的垂线。尾垂线为通过舵柱后缘与夏季载重线交点的垂线，对无舵柱船舶为舵杆中心线，对无舵杆的船舶为船长 L 的尾端。

1.2.5.3　主要构件：一般是指船体的主要支撑构件，如强肋骨、舷侧纵桁、强横梁、甲板纵桁、实肋板、船底桁材、舱壁桁材等。

1.2.5.4　次要构件：一般是指板的扶强构件，如肋骨、纵骨、横梁、舱壁扶强材、组合肋板的骨材等。

1.2.5.5　载重线船长 L_L（m）：载重线定义的船长。

1.2.5.6　位置 1：在露天的干舷甲板上和后升高甲板上，以及位于从首垂线起载重线船长的 1/4 以前的露天上层建筑甲板上的位置。

1.2.5.7　位置 2：在位于从首垂线起载重线船长的 1/4 以后干舷甲板上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上的位置，以及在位于从首垂线起载重线船长的 1/4 以前，且在干舷甲板上至少两个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上的位置。

1.2.5.8　主肋骨：防撞舱壁与尾尖舱舱壁之间，最下层甲板以下的舷侧肋骨。

1.2.5.9　甲板间肋骨：两层甲板之间的肋骨。

1.2.5.10　首尖舱：位于防撞舱壁之前，舱壁甲板之下的舱。

1.2.5.11　尾尖舱：位于船舶尾部最后一道水密舱壁之后，舱壁甲板或水密平台甲板之下的舱壁。

1.2.5.12　最大服务航速V（kn）:船舶按其设计在营运中以最深航行吃水、螺旋桨最大转速（RPM）和发动机的相应最大持续功率（MCR）所保持的最大航速。

1.2.5.13　新船：系指本规范生效之日及以后签订建造合同的新建船舶。

第 3 节　船体构件

1.3.1　一般要求

1.3.1.1　除另有规定外，本规范所要求的构件剖面模数和惯性矩均为连同带板的最小要求值，且假定带板是与构件的腹板相垂直的。当构件的腹板与带板不垂直，且其腹板与带板的夹角小于 75°时，其剖面特征（惯性矩、剖面模数和剪切面积）应相对于与带板平行的轴进行计算。当构件为轧制型材时，其实际剖面模数可按下式近似地确定：

$$W = W'\sin\alpha \qquad \text{cm}^3$$

式中：W'——假定构件的腹板垂直于带板时的构件实际剖面模数，cm^3；

α——构件的腹板与带板之间的夹角，（°）。

1.3.1.2　本规范所规定的各种构件，除另有规定外，不应任意开孔。

1.3.1.3　公式或表格中，如仅规定船中部及船端的构件尺寸时，则中间区域的构件尺寸应予逐渐变化。构件中断处，应有良好的过渡。

1.3.1.4　本规范各表列数值，除另有规定外，其中间值均可用内插法求得。

1.3.1.5　考虑到商品化的船用板材、轧制型材是尺寸不连续的产品系列，为了在保证结构强度的前提下提供一个经济、合理的结构要求，在根据本规范所要求的构件尺寸选取钢材产品时，其舍入容差按下述原则确定：

（1）规范要求的板材厚度，如小数小于或等于 0.25mm 可予不计；大于 0.25mm 且小于 0.75mm 时，应取为 0.5mm；大于或等于 0.75mm 时，应进为 1.0mm；

（2）对于采用轧制型材的构件，其包括有效带板的剖面模数可比规范要求的值小 3%；

（3）对于同一区域、位置相邻的一组采用轧制型材的同类构件，当在建造时选用相同尺寸时，其包括有效带板的剖面模数应不小于该组各单独构件规范要求值的平均值，但这一平均值应不小于该组中单个构件最大规范要求值的 95%；

（4）上述（2）、（3）两原则不可同时使用。

1.3.1.6　除另有规定外，本规范所规定的各种构件尺寸均系最小值。在营运中腐蚀和磨耗较严重的部分构件，设计时可适当增厚。

1.3.1.7　对于在使用中可能经常承受靠泊、顶推或拖带等外力的局部构件，应作适当加强。

1.3.1.8 强力甲板相邻板材之间、船体外板相邻板材之间、内壳板相邻板材之间的建造厚度的差值，应不大于较厚板厚度的 50%。

1.3.2　构件的带板

1.3.2.1　主要构件带板的有效剖面积 A 应按下列各式确定，但取值不小于面板剖面积：

（1）　安装在平板上：

$$A = 10fbt_p \qquad \text{cm}^2$$

（2）　安装在槽形板上且与槽向平行的：

$$A = 10at \qquad \text{cm}^2$$

（3） 安装在槽形板上且与槽向垂直的：

$$A = 10b_f t_f \qquad \text{cm}^2$$

式中：f ——系数，等于 0.3（l/b）$^{2/3}$，但不大于 1；

b ——主要构件所支承的面积的平均宽度，m；

l ——主要构件的长度，m；

t_p ——带板的平均厚度，mm；

b_f——主要构件面板宽度，m；

t_f ——主要构件面板厚度，mm；

a ——槽形板平面部分的宽度，m；

t ——槽形板厚度，mm。

1.3.2.2 次要构件的带板宽度，取为 1 个骨材间距。

1.3.3 构件的跨距点

1.3.3.1 除另有规定外，本规范计算构件所取的计算跨距均为跨距点之间的有效跨距。

1.3.3.2 主要构件的跨距点应取距离构件末端为 b_e 的点（见图 1.3.3.2）：

$$b_e = b_b（1-\frac{d_w}{d_b}）$$

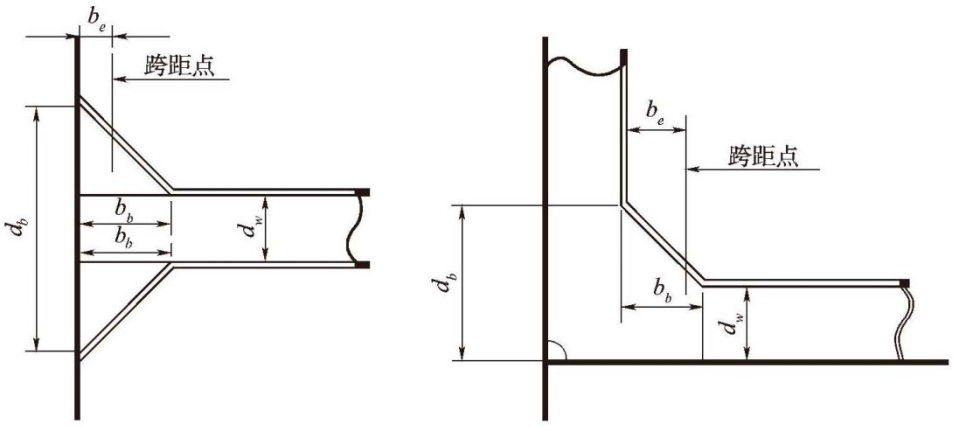


图 1. 3. 3. 2

1.3.3.3 次要构件的跨距点，当设置端部肘板时，见图 1.3.3.3（1）。当不设置端部肘板时，跨距点取在该构件的端部（如图 1.3.3.3（2）所示）。

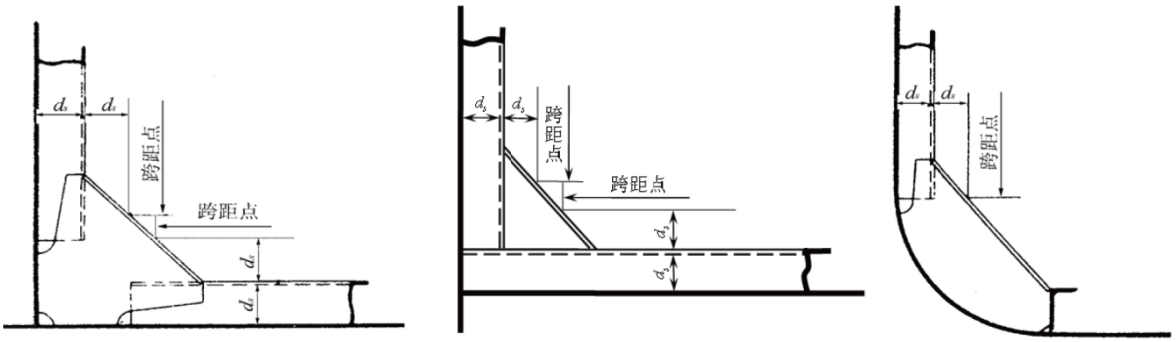


图 1.3.3.3（1）

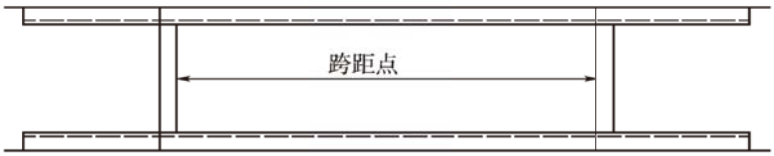


图 1.3.3.3（2）

1.3.3.4　除本规范另有规定外，对于有曲度的构件，其跨距为跨距点之间的弦长。

1.3.3.5　如构件两端的支撑结构不能有效地防止转动和位移，则构件使用的有效跨距应另行考虑。

1.3.4　构件的几何特性

1.3.4.1　轧制型材（包括球扁钢、不等边角钢和不等边不等厚角钢）（见图 1.3.4.1）连同带板的剖面积 A_z、惯性矩 I 和剖面模数 W 可按下列各式计算：

$$A_z = A_1 + A \qquad \text{cm}^2$$

$$I = I_{x1} + (y_1 - y)^2 A_1 + \frac{At^2}{12} \times 10^{-2} + (0.05t + y)^2 A \qquad \text{cm}^4$$

$$W = \frac{I}{0.1h - y} \qquad \text{cm}^3$$

式中：h ——型材的高度，mm；

A_1——型材的剖面积，cm^2；

I_{x1}——型材的自身惯性矩，cm^4；

y_1——型材的中和轴位置，cm；

A——带板剖面积，cm^2；

t ——带板厚度，mm；

y ——连带板的中和轴位置，按下式计算：

$$y = \frac{A_1 y_1 - 0.05At}{A_Z} \qquad \text{cm}$$

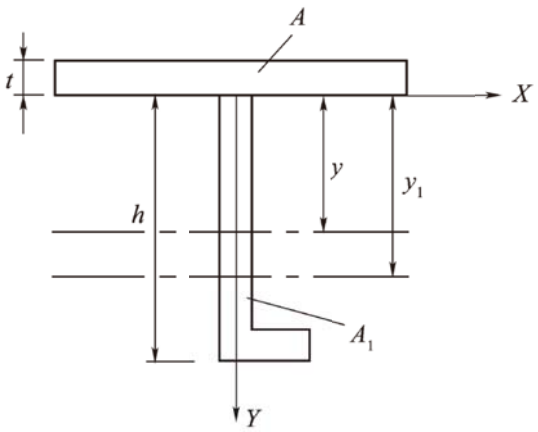


图 1.3.4.1

1.3.4.2 如 T 型材的面板和带板的厚度不大于 1/10 的腹板高度，T 型材连同带板的剖面模数 W 和惯性矩 I （见图 1.3.4.2） 可按下列各式计算：

$$W=\frac{d_w}{10}\left[a+\frac{f_s}{6}\left(1+\frac{2(A-a)}{2A+f_s}\right)\right] \qquad \text{cm}^3$$

$$I=\frac{d_w^2}{100}\left[\frac{1}{3}f_s+\frac{Aa-0.25f_s^2}{A+a+f_s}\right] \qquad \text{cm}^4$$

式中：α —— 面板剖面积，cm^2；

A —— 带板剖面积，cm^2；如带板 A 小于面板 α 时，取 A 等于 α；

f_s —— 腹板剖面积，cm^2；

d_w —— 腹板高度，mm。

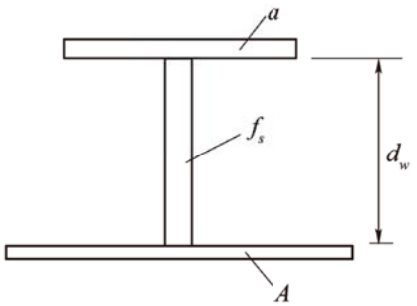


图 1.3.4.2

1.3.4.3 槽形舱壁一个槽形宽度 s 的剖面模数 W 和惯性矩 I（见图 1.3.4.3）可按下列各式计算：

$$W=d_w t\ (a+\frac{b}{3}) \qquad \text{cm}^3$$

$$I=\frac{1}{20}d_w^2 t\ (a+\frac{b}{3}) \qquad \text{cm}^4$$

式中：a ——槽形平面部分宽度，m；

b ——槽形斜面部分宽度，m；

d_w ——槽形深度，mm；

t ——槽形舱壁板厚度，mm；

α ——槽形斜面部分与平面部分的夹角。

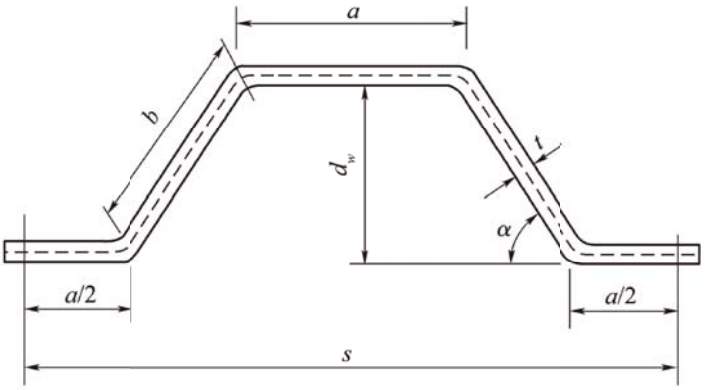


图 1.3.4.3

1.3.4.4 双层板舱壁剖面模数 W 和惯性矩 I（见图 1.3.4.4）可按下列各式计算：

$$W = b\left(fst_p + \frac{bt_w}{6}\right)\times 10^3 \qquad \text{cm}^3$$

$$I = 5\left(fst_p + \frac{bt_w}{6}\right)b^2\times 10^4 \qquad \text{cm}^4$$

式中：b ——双层板的间距，m；

s ——隔板平均间距，m；

t_p ——双层板舱壁的板厚，mm；

t_w ——隔板的厚度，mm；

f ——系数，与本节 1.3.2.1 的规定相同。

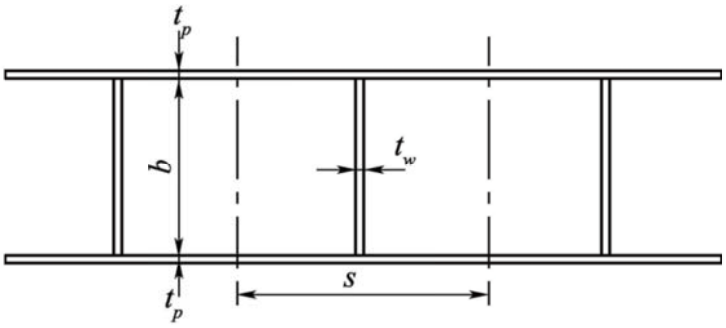


图 1.3.4.4

1.3.4.5 构件剖面的最小惯性半径 r 应按下式计算：

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \qquad \text{cm}$$

式中：I ——构件剖面的最小惯性矩，cm^4；

A ——构件的剖面积，cm^2。

1.3.5 结构细则

1.3.5.1 主要构件的布置，应确保结构的有效连续性，避免剖面或高度的突然变化。当构件在舱

壁或其他主要构件的两侧对接时，应保证其位置在同一直线上。液舱内的主要构件应构成一个连续性的支撑，并尽可能构成一个完整的环形框架。环形框架的接合处应做成具有足够半径的圆角。一般圆角半径应不小于邻接构件的腹板高度。

1.3.5.2　主要构件的腹板厚度 t_w 应不小于 $0.01S_W$ （mm），其中 S_W 为腹板上的水平扶强材间距或无扶强的腹板高度（mm）；在干货舱内 t_w 应不小于 7mm，在液体舱内应不小于 8mm；对船长小于 60m 的船舶可减小 1mm，对船长小于 40m 的船舶可减小 2mm。

1.3.5.3　主要构件面板的剖面积 A_f 一般应不超过 $d_w t_w$ / 150（cm^2），其中 d_w 为腹板的高度（mm），t_w 为腹板的厚度（mm）。

1.3.5.4　主要构件应设置防倾肘板。当主要构件为对称剖面时，应每 4 个骨材间距设置防倾肘板，如主要构件面板的宽度大于 400mm，还应在防倾肘板处设置背肘板。当主要构件为非对称剖面时，应每隔 1 根骨材设置防倾肘板。主要构件承受集中载荷处也应设置防倾肘板。在主要构件端肘板的趾端处，如腹板高度与其厚度之比大于 55 时，也应设置防倾肘板或加强筋。防倾肘板的高度应伸至主要构件的面板，宽度应不小于其高度的 40%；当主要构件的面板或折边无支撑的宽度超过 $15t$（t 为主要构件面板的厚度）时，防倾肘板应与主要构件的面板或折边焊接。防倾肘板的厚度 t_b（mm）应不小于（5+0.025L），但不必大于主要构件的腹板厚度，其中 L 为船长。当防倾肘板的自由边长 l_b （m）大于 $0.06t_b$ 时，则防倾肘板应有面板或折边，其面板或折边的截面积 A（cm^2），一般应不小于 $10l_b$。

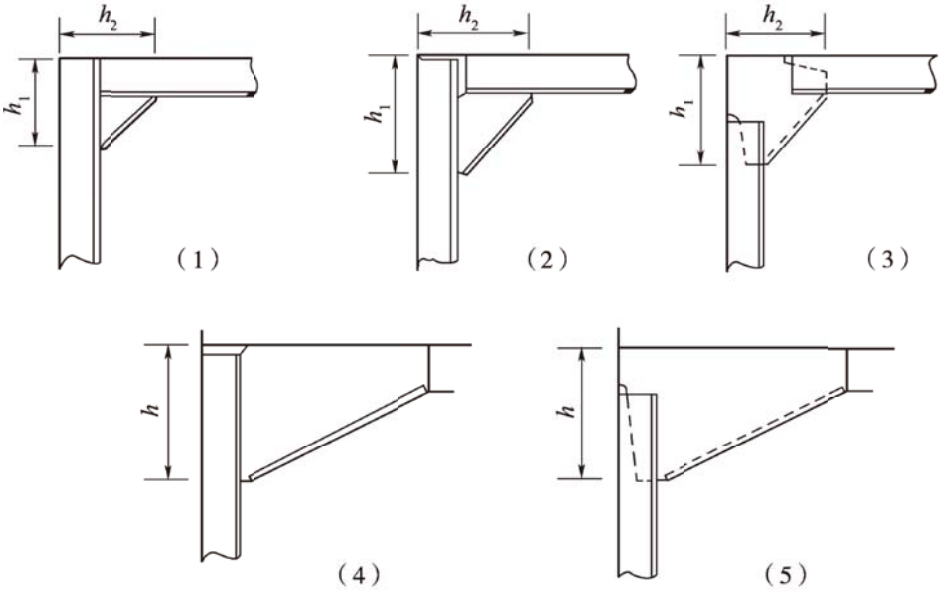
1.3.5.5　所有结构上的开口应尽量避开应力集中区域，如无法避开时应作相应的补偿，开口的角隅处均应有良好的圆角。构件与板材直接连接时应避免出现硬点。

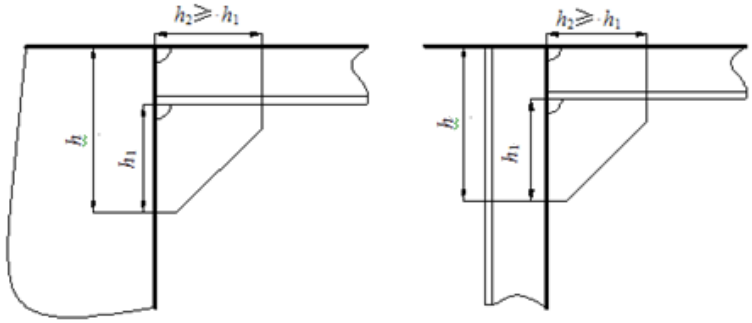
1.3.5.6　在船中 0.4L 区域内，当强力甲板纵桁的腹板高度大于 $65t\sqrt{K}$ （t 为腹板厚度，mm，K 为材料系数）时，应设置平行于面板的水平加强筋。

1.3.6　次要构件的端部连接

1.3.6.1　除本规范另有规定外，次要构件的端部连接应符合本条的规定。

1.3.6.2　次要构件的端部一般应设置连接肘板，如图 1.3.6.2 所示。当次要构件穿过主要构件时，次要构件与主要构件腹板的相交处，应予以焊接。





（6） （7）

图 1.3.6.2

1.3.6.3 参与总纵弯曲的次要构件在舱壁或横向主要构件处切断时，应设置连接肘板以保证结构的纵向连续性。位于舱壁或横向主要构件两侧的肘板应对齐。

1.3.6.4 确定肘板尺寸的骨材剖面模数 W 应按下列规定选取：

（1）对次要构件连接到主要构件上的肘板，W 为次要构件的剖面模数；

（2）肋骨端部的肘板，W 为肋骨的剖面模数；

（3）其他肘板，W 为连接构件中的剖面模数的较小者。

1.3.6.5 肘板的厚度 t 应不小于按下列各式计算所得之值：

$$t = (0.25\sqrt{W} + 2)\sqrt{\frac{R_{eH_s}}{R_{eH_b}}} + C \quad \text{mm，对于有面板或折边的肘板}$$

$$t = (0.25\sqrt{W} + 3.5)\sqrt{\frac{R_{eH_s}}{R_{eH_b}}} + C \quad \text{mm，对于无面板或折边的肘板}$$

式中：W —— 规范要求的骨材剖面模数，cm^3；

R_{eH_s} —— 骨材的材料屈服应力，N/mm^2；

R_{eH_b} —— 肘板的材料屈服应力，N/mm^2；

C ——系数，液舱中的肘板取 2.5，其他肘板取 1.5。

肘板的最小厚度一般应为 6mm，也不必大于 15mm。

1.3.6.6 规范要求的骨材剖面模数 $W \geqslant 500$ cm^3或肘板的自由边长大于肘板厚度的 50 倍时，肘板应有折边或面板。折边或面板宽度 b 应不小于按下式计算所得之值：

$$b = 0.04W + 40 \text{ mm，且不小于 } 50\text{mm}$$

式中：W ——规范要求的骨材剖面模数，cm^3。

1.3.6.7 肘板的臂长 h 应不小于 2.2 倍的骨材腹板高度（但当骨材端部焊接时可减为不小于 2 倍，见图 1.3.6.2（1）），且应不小于按下式计算所得之值：

$$h = 75\sqrt{\frac{W}{t - C}} \quad \text{mm}$$

式中： W —— 规范要求的骨材剖面模数，cm^3;

t —— 肘板的厚度，mm；

C ——系数，见本节 1.3.6.5。

1.3.6.8 肘板的两臂长应尽可能相等。 如肘板的两臂长不等时，应满足下列要求：

$$h_1 + h_2 \geqslant 2h$$
$$h_1 \geqslant 0.8h$$
$$h_2 \geqslant 0.8h$$

式中：h_1 和 h_2 ——肘板两臂的实际臂长，如图 1.3.6.2 所示，mm；

h ——肘板的臂长，mm，见本节 1.3.6.7。

1.3.6.9 当骨材与肘板的连接采用搭接时，搭接长度应不小于骨材腹板高度的 1.25 倍。

1.3.6.10 当骨材用肘板与主要构件连接时，该肘板一般应延伸至主要构件的面板。

1.3.7 主要构件的端部连接

1.3.7.1 除本规范另有规定外，主要构件的端部连接应符合本条的规定。

1.3.7.2 主要构件的端部应设置连接肘板。当肘板连接两个主要构件时，肘板的尺寸可按剖面模数较小的主要构件的尺寸确定。

1.3.7.3 包括主要构件腹板高度在内的端肘板臂长，应不小于 2 倍的主要构件的腹板高度，肘板的厚度应不小于主要构件腹板的厚度。肘板应有折边或面板，其尺寸一般与主要构件的面板相同。主要构件的腹板应与连接构件相焊接。当肘板无扶强的三角形边长大于 100t（t 为肘板的腹板厚度）时，应设加强筋，使肘板无扶强的三角形边长不大于肘板厚的 100 倍。加强筋与面板平行，邻近面板的加强筋，距面板的距离不大于肘板板厚的 30 倍，其他加强筋间距可不大于肘板板厚的 45 倍。肘板的面板和加强筋应给予适当支持以防倾。肘板面板不与构件面板连续时，肘板面板的两端应削斜。

1.3.7.4 非液舱内的主要构件，采用整体式端肘板与舱壁连接时（即主要构件的腹板在端部逐渐升高），肘板臂长应不小于 1.5 倍的主要构件的腹板高度。主要构件的腹板应与舱壁相焊接，面板应连续延伸至舱壁。

1.3.7.5 当甲板纵桁或强横梁与舱壁或外板上的垂直构件相连接时，为保证连接节点具有足够的抗转动刚度，可以要求增大垂直构件的尺度。

1.3.7.6 为避免主要强力构件端部的应力集中，在大型肘板趾端处，其腹板厚度应适当加厚，肘板的面板应向端部削斜。趾高一般应不大于肘板趾部厚度 t_w，且应不小于 15mm。建议的大型肘板趾端结构型式，见图 1.3.7.6。

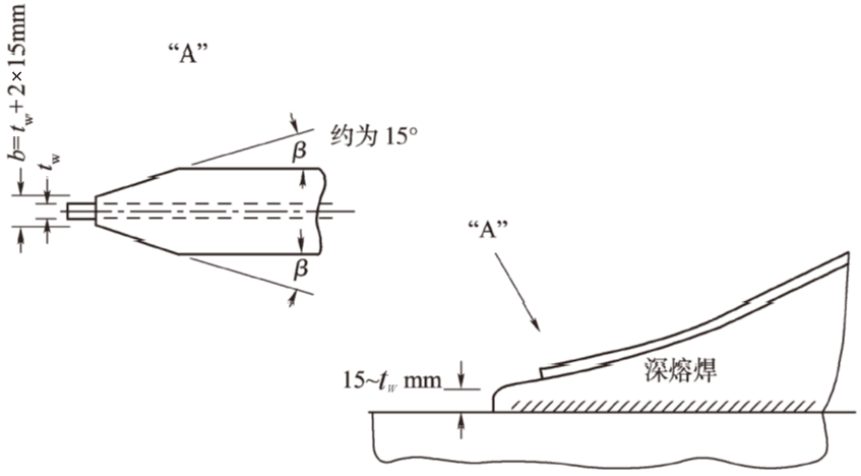


图 1.3.7.6

1.3.8 骨材的标准间距

1.3.8.1　肋骨、横梁或纵骨（船底、舷侧、甲板）的标准间距 s_b 应按下式计算：

$$s_b = 0.0016L + 0.5 \quad \text{m，且不大于 } 0.7\text{m}$$

式中：L——船长，m。

1.3.8.2　在首尾尖舱内，肋骨或舷侧纵骨的标准间距 s_b 应为按本节 1.3.8.1 计算所得值和 0.6m 的较小者。

1.3.8.3　在船端 $0.05L$ 区域内，上层建筑及甲板室的甲板纵骨或横梁的标准间距 s_b 应按本节 1.3.8.1 计算所得值和 0.6m 的较小者。

第 4 节　材料与焊接

1.4.1　一般要求

1.4.1.1　除本节有明确规定者外，江海直达船舶相关材料与焊接应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

1.4.1.2　船体结构用钢材的化学成份和力学性能应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章的有关规定。

1.4.1.3　船用钢材的制造和试验应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 1 章和第 2 章的规定。

1.4.1.4　首柱、尾柱、舵柱、尾轴架、舵杆及其他结构用的锻钢件、铸钢件应符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章和第 6 章的规定。

1.4.1.5　除另有规定外，钢材的弹性模量可取为 $2.06\times10^5\text{N/mm}^2$。

1.4.1.6　屈服点大于或等于 265N/mm^2 的钢属于高强度钢。

1.4.1.7　船体上使用高强度钢时，其种类、等级及分布情况，应在结构图上注明，以便维修。

1.4.1.8　船体结构钢的材料系数 K 见表 1.4.1.8。

材料系数 *K*　　**表 1.4.1.8**

屈服强度 R_{eH}（N/mm^2）	材料系数 K
235	1.0
315	0.78
355	0.72

1.4.1.9　船体结构和构件的焊缝设计、焊接工艺、焊缝质量检查应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 7 篇的有关规定。

1.4.2　船体结构用钢的要求

1.4.2.1　当船长大于等于 90m 时，船体各强力构件的钢级应不低于表 1.4.2.1 的规定。在表 1.4.2.1 中没有提及的强力构件或船长小于 90m 的船体结构用钢一般可以使用 A/AH 钢级。钢级应与建造的实际板厚相对应。

1.4.2.2　对不同材料级别的船体构件，应根据船体构件所取的板厚按表 1.4.2.2 选用钢级。

1.4.2.3　用于制造支撑舵和螺旋桨毂的尾框架、舵、挂舵臂和尾轴架的板材一般应不低于表 1.4.2.2 中材料级别 II 所对应的钢级。对于承受集中力的舵结构（如半平衡舵的下舵承或平衡舵的上部分）应取表 1.4.2.2 中材料级别 III 所对应的钢级。

1.4.2.4　船长小于 90m 的船舶，在船中 $0.4L$ 区域内，凡采用材料级别 III 的单列板的宽度应不小于 $800+5L$ mm（L 为船长，m），但不必大于 1800mm。

1.4.2.5　用于增强构件的材料级别，以及用于焊接连接件的材质（低碳钢或高强度结构钢）例如舭龙骨垫板，通常应与该处的船体外板相同。当构件与圆弧形舷板连接时，对所需的钢级，应作特殊考

虑，并应注意到所需结构布置及连接的细则。

船舶材料级别和钢级 **表 1.4.2.1**

构件类别	构件名称	材料级别/钢级
次要类	(1) 纵舱壁板，除主要类要求者外 (2) 露天甲板板，除主要类或特殊类要求者外 (3) 舷侧板	船中 0.4*L* 内，级别 I 船中 0.4*L* 外，A/AH 钢级
主要类	(1) 船底板，包括平板龙骨 (2) 强力甲板板，除特殊类要求的甲板 (3) 强力甲板以上的强力构件的连续纵向板，除舱口围板 (4) 纵舱壁最上一列板 (5) 垂直列板(舱口纵桁)和顶边舱的最上一列斜板	船中 0.4*L* 内，级别 II 船中 0.4*L* 外，A/AH 钢级
特殊类	(1) 强力甲板处的舷顶列板① (2) 强力甲板处的甲板边板① (3) 纵舱壁处的甲板列板，不包括双壳船在内壳舱壁处的甲板板①	船中 0.4*L* 内，级别 III 船中 0.4*L* 外，级别 II 船中 0.6*L* 外，级别 I
	(4) 集装箱船在货舱口角隅处与舷侧之间的强力甲板板	船中 0.4*L* 内，级别 III 船中 0.4*L* 外，级别 II 船中 0.6*L* 外，级别 I 货舱区域内,最小级别 III
	(5) 散货船在货舱口角隅处的强力甲板	船中 0.6*L* 内，级别 III 其余货舱区域内，级别 II
	(6)整个船宽范围内设有双层底的船舶的舭列板	船中 0.6*L* 内，级别 II 船中 0.6*L* 外，级别 I
	(7) 长度超过 0.15*L* 的纵向舱口围板，包括舱口围顶板和舱口围顶板边缘 (8) 纵向货舱舱口围板的端肘板，纵向货舱舱口围板与甲板室的过渡	船中 0.4*L* 内，级别 III 船中 0.4*L* 外，级别 II 船中 0.6*L* 外，级别 I 不低于 D/DH 钢级

注：① 在船中 0.4*L* 区域内，凡采用材料级别 III 的单列板的宽度应不小于 800+5*L* mm(*L* 为船长，m),但不必大于 1800mm，除非受船舶设计几何尺寸的限制。

各材料级别要求的钢级 **表 1.4.2.2**

材料级别	I		II		III	
板厚(mm)	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢
$t \leqslant 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 < t \leqslant 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 < t \leqslant 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 < t \leqslant 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 < t \leqslant 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 < t \leqslant 40$	B	AH	D	DH	E	EH

1.4.2.6 船中 0.4*L* 区域内的甲板板、舷顶列板以及纵舱壁上列板的材料级别，在尾楼前端和桥楼两端处，亦应保持不变。

1.4.2.7 集装箱船的中部 0.4*L* 区域内的强力甲板、舷顶列板及抗扭箱形结构所用的材料级别，在整个货舱区域内应保持不变。

1.4.2.8 在船体结构为 T 型或十字型接头，且使用全焊透焊接处和板材在板厚方向承受重大拉应

力的构件，建议采用具有全厚度特性的 Z 向钢钢板。

第 5 节　结构强度直接计算

1.5.1　一般要求

1.5.1.1　当本规范有专门要求时；或者采用新颖的结构形式；或者结构的布置、船舶尺度超出本规范规定时应进行结构强度直接计算。

1.5.1.2　除另有规定外，本节一般适用于本规范要求的舱段有限元结构强度直接计算。

1.5.1.3　直接计算所考虑的装载工况应包括船舶设计中最为严重的装载工况。

1.5.1.4　有限元模型结构尺寸应采用船舶建造厚度。

1.5.1.5　除另有规定外，直接计算不能降低本规范所要求的结构尺寸。

1.5.1.6　直接计算可采用适用的通用程序，如使用非通用程序时，送审单位还应提供所采用的计算机程序可靠性说明的文件。

1.5.1.7　应提交下列资料：

（1）所用图纸清单；

（2）所用的有限元计算程序说明；

（3）结构有限元模型的详细说明；

（4）模型中结构构件属性与材料特性说明；

（5）边界条件的详细说明；

（6）装载工况的详细说明；

（7）所施加的载荷的详细说明；

（8）总体和局部变形图；

（9）屈服强度评估结果；

（10）屈曲强度评估结果；

（11）表明结构是否满足设计衡准的结果列表。

1.5.1.8　定义

（1）坐标系统取右手坐标系，见图 1.5.1.8，即：

①　x 方向为船体的纵向，向船首方向为正；

②　y 方向为船体的横向，向左舷为正；

③　z 方向为船体的垂向，向上为正。

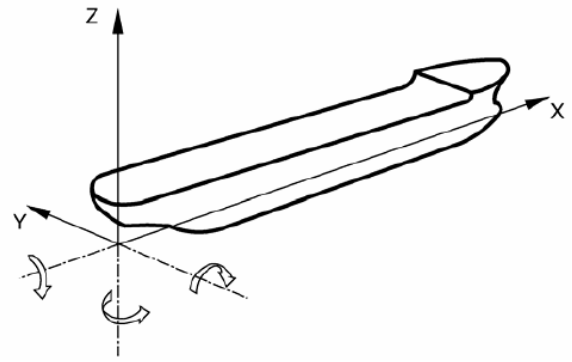


图 1.5.1.8

（2）相当应力（von Mises 应力）σ_e，应按下式计算：

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：σ_x——单元 x 方向的应力，N/mm^2；

σ_y——单元 y 方向的应力，N/mm^2；

τ_{xy}——单元 xy 平面的剪应力，N/mm^2。

（3）剪应力 τ，对于主要构件沿腹板深度方向，板单元的平均剪应力可按下式计算：

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\tau_i A_i)}{A_w} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：A_i——第 i 单元的有效剪切面积，mm^2；

τ_i——第 i 单元的剪应力，N/mm^2；

A_w——实际结构总的有效剪切面积，mm^2。

1.5.2 运动和加速度

1.5.2.1 船舶绝对运动和加速度

（1）横摇周期 T_R 应按下式计算：

$$T_R = 2\frac{k_r}{\sqrt{GM}} \qquad \text{s}$$

式中：k_r—— 横摇转动半径，m，没有确切数值时，可按下列各式估算：

$k_r = 0.35B$　　散货船

$k_r = 0.39B$　　集装箱船、商品汽车滚装船

其中：B——船宽，m。

GM—— 计算工况下的初稳性高度，没有确切数值时，可按下列各式估算：

$GM = 0.12B$　　散货船

$= 0.07B$　　集装箱船、商品汽车滚装船

（2）最大横摇角 φ_m 应按下式计算，但不必大于 0.523 rad：

$$\varphi_m = f_r k \frac{62.5 - 1.25T_R}{B + 75} \qquad \text{rad}$$

式中：T_R——按本条（1）计算；

B——船宽，m

f_r——系数，$f_r = (-0.15L + 67.12) \times 10^{-2}$；

式中：L—— 船长，m。

k——系数，应按下列各式取值：

$k = 1.2$　　对于无舭龙骨的船舶

$k = 1.0$　　对于有舭龙骨的船舶

$k = 0.8$　　对于有主动式减摇装置的船舶

（3）纵摇周期 T_P 应按下式计算：

$$T_P = 1.80\sqrt{\frac{L}{10}} \qquad \text{s}$$

式中：L—— 船长，m。

（4）最大纵摇角 ψ_m 应按下式计算，但不必大于 0.14 rad：

$$\psi_m = 0.35\frac{a_0}{C_b} \quad \text{rad}$$

式中：C_b—— 方形系数；

a_0—— 加速度系数，应按下式计算：

$$a_0 = (0.58\text{-}0.18C_b)(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L})$$

其中：C_b—— 方形系数；

L——船长，m。

1.5.2.2 船舶相对运动和加速度

（1）纵荡加速度 a_x 应按下式计算：

$$a_x = 2.6a_0\sqrt{C_b} \quad \text{m/s}^2$$

式中：C_b—— 方形系数；

a_0——见本节 1.5.2.1（4）。

（2）横荡加速度 a_y 应按下式计算：

$$a_y = 0.45a_0 g \quad \text{m/s}^2$$

式中：a_0——见本节 1.5.2.1（4）。

（3）升沉加速度 a_z 应按下式计算：

$$a_z = \frac{9a_0}{\sqrt{C_b}} \quad \text{m/s}^2$$

式中：C_b—— 方形系数；

a_0——见本节 1.5.2.1（4）。

（4） 横摇角加速度 a_r 应按下式计算：

$$a_r = \varphi_m\left(\frac{6.28}{T_R}\right)^2 \quad \text{rad/s}^2$$

式中：T_R—— 横摇周期，s，按本节 1.5.2.1（1）计算；

φ_m—— 最大横摇角，rad，按本节 1.5.2.1（2）计算。

（5）纵摇角加速度 a_p 应按下式计算：

$$a_p = \psi_m \left(\frac{6.28}{T_p} \right)^2 \qquad \text{rad/s}^2$$

式中：T_P—— 纵摇周期，s，按本节 1.5.2.1（3）计算；

ψ_m—— 最大纵摇角，rad，按本节 1.5.2.1（4）计算。

（6）横向合成加速度 a_t 应按下式计算：

$$a_t = \sqrt{a_y^2 + \left[a_r \left(z - z_{rp} \right) + 10 \sin \varphi_m \right]^2} \qquad \text{m/s}^2$$

式中：a_y —— 横荡加速度，见本条（2）；

a_r —— 横摇角加速度，见本条（4）；

φ_m—— 最大横摇角，见本节 1.5.2.1（2）；

z —— 计算点至基线的垂向距离，m；

z_{rp}—— 横摇转动轴和纵摇转动轴到基线的垂直距离，应按下列两式计算，取小者：

$$z_{rp1} = \frac{D}{4} + \frac{d_1}{2} \qquad \text{m}$$

$$z_{rp2} = \frac{D}{2} \qquad \text{m}$$

其中：D ——型深，m；

d_1 ——计算工况下的吃水，m。

（7）纵向合成加速度 a_l 应按下式计算：

$$a_l = \sqrt{a_x^2 + \left[a_p \left(z\text{-}z_{rp} \right) + 10 \sin \psi_m \right]^2} \qquad \text{m/s}^2$$

式中：z_{rp}、z——见本条（6）；

a_x——纵荡加速度，见本条（1）；

a_p ——纵摇角加速度，见本条（5）；

ψ_m ——最大纵摇角，rad，按本节 1.5.2.1（4）计算。

（8）垂向合成加速度 a_v 应按下列两式计算，取大者：

$$a_{v1} = \sqrt{a_z^2 + a_r^2 y^2} \qquad \text{m/s}^2$$

$$a_{v2} = \sqrt{a_z^2 + a_p^2 \left(x\text{-}0.45L \right)^2} \qquad \text{m/s}^2$$

式中：a_z —— 升沉加速度，见本条（3）；

a_r —— 横摇角加速度，见本条（4）；

a_p —— 纵摇角加速度，见本条（5）；

x —— 计算点至尾垂线的纵向距离，m；
y —— 计算点至纵中剖面的横向距离，m；
L —— 船长，m。

1.5.3 舷外水压力

1.5.3.1 舷外水压力包括海水静压力和海水动压力。

1.5.3.2 海水静压力 p_{hs} 应按下式计算：

$$p_{hs} = \rho_w g(d_1 - z) \quad \text{kN/m}^2, \quad \text{当载荷计算点位于水线面以下时}$$

$$p_{hs} = 0 \quad \text{kN/m}^2, \quad \text{当载荷计算点位于水线面以上时}$$

式中：ρ_w——海水密度，取 1.025 t/m^3；
d_1——计算工况下的吃水，m；
z——计算点至基线的垂向距离，m。

1.5.3.3 海水动压力

（1）舷侧水线处的海水动压力 p_{WL} 应按下式计算：

$$p_{WL} = 2B^{0.66} + 3CC_b + 0.4d_1 \quad \text{kN/m}^2$$

式中：B ——船宽，m；
C_b——方形系数；
d_1 ——计算工况下的吃水，m。
C ——系数，见本规范第 2 章 2.2.3.1。

（2）船底边缘处（舭部）的海水动压力 p_{BS} 应按下式计算：

$$p_{BS} = 0.5p_{WL} \quad \text{kN/m}^2$$

式中： p_{WL} ——见本条（1）。

（3）船底中纵剖面处的海水动压力 p_{BC} 应按下式计算：

$$p_{BC} = 0.3p_{WL} \quad \text{kN/m}^2$$

式中： p_{WL} ——见本条（1）。

（4）水线面以下任意点的海水动压力 p_{hd} 应按下式计算：

$$p_{hd} = p_{WL} + (p_{BS} - p_{WL})\left(1 - \frac{z}{d_1}\right) + (p_{BC} - p_{BS})\left(1 - \frac{2y}{B}\right) \quad \text{kN/m}^2$$

式中： p_{WL} ——按本条（1）计算；

p_{BS}——按本条（2）计算；

p_{BC}——按本条（3）计算；

B ——船宽，m；

d_1 ——计算工况下的吃水，m；

y ——计算点至纵中剖面的横向距离，m；

z ——计算点至基线的垂向距离，m。

（5） 水线面以上舷侧外板上任意点的海水动压力 p_{hd} 应按下式计算：

$$p_{hd} = p_{WL} - 10(z - d_1) \qquad \text{kN/m}^2 \qquad \text{当 } d_1 < z \leqslant d_1 + \frac{p_{WL}}{10} \text{ 时}$$

$$p_{hd} = 0 \qquad \text{kN/m}^2 \qquad \text{当 } d_1 + \frac{p_{WL}}{10} < z \text{ 时}$$

式中：p_{WL}——按本条（1）计算；

d_1 ——计算工况下的吃水，m；

z ——计算点至基线的垂向距离，m。

（6）露天甲板的上浪载荷 p_{wdk} 应按下式计算，且不小于零：

$$p_{wdk} = p_{WL} - 10(z_{dk} - d_1) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：p_{WL}——按本条（1）计算；

d_1——计算工况下的吃水，m；

z_{dk}——露天甲板至基线的垂向距离，m。

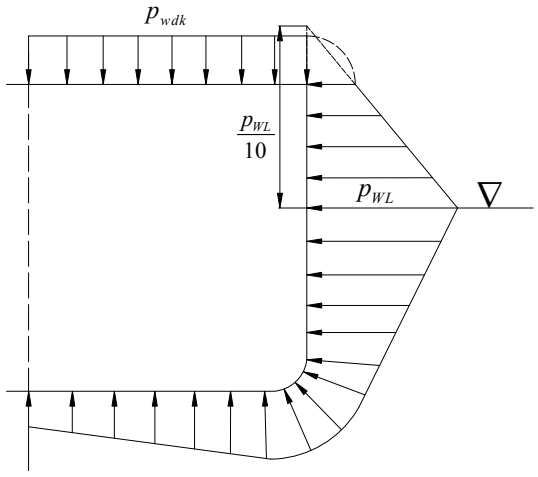


图 1.5.3.3 舷外海水动压力

1.5.4 液舱内液体压力

1.5.4.1 液舱内液体产生的侧向压力 p_l 应按下式计算：

$$p_l = \rho g\left(h + 2.1\right) \quad \text{kN/m}^2$$

式中：ρ——液体的密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025t/m^3；

h——计算点量至液舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取大者，m；

1.5.5 结构模型化原则

1.5.5.1 单元选取应符合下列原则：

（1）甲板、船体外板、内舷壁板、内底板、横舱壁、围壁，以及实肋板、强横梁、纵桁、龙骨等构件的腹板一般应采用板单元模拟；

（2)对于承受水压力或货物压力的各类板上的扶强材一般应采用梁单元模拟，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。

1.5.5.2 网格划分应符合下列原则：

（1）单元的网格沿船长方向应按不大于肋距尺寸划分，沿船宽方向应按不大于纵骨间距或肋距尺寸划分，沿型深方向可根据情况参照肋距或纵骨间距尺寸划分；

（2）船底纵桁和肋板在腹板高度方向应不少于 3 个单元。组合强框架在腹板高度方向应不少于 2 个单元；

（3）板单元的长宽比通常应不超过 3，模型中应尽可能减少使用三角形板单元；在可能产生高应力或高应力梯度的区域内，板单元的长宽比应尽可能接近 1，并应避免使用三角形单元。

1.5.5.3 应对舱段模型纵向范围内中部货舱（含舱壁）内的所有主要构件进行强度评估。

1.5.5.4 当主要构件的开孔影响到构件的应力分布或刚度时，可按下述方法处理：

（1）对于主要构件腹板开孔，如减轻孔、人孔等，应按本节表 1.5.5.4 的规定模拟；

主要构件腹板开孔模拟 **表 1.5.5.4**

h_0/h<0.35 且 g_0<1.2	开孔无须建模
0.35≤h_0/h<0.5 且 g_0<1.2	等效板厚为 $t_1 = \dfrac{h-h_0}{h}t_w$
h_0/h<0.5 且 1.2≤g_0<2	等效板厚为 $t_2 = \dfrac{h-h_0}{hg_0}t_w$
h_0/h≥0.5 或 g_0≥2	按开孔的几何形状建模，也可通过移除开孔处相应的单元进行。

其中：t_w——腹板厚度；

l_0——垂直于主要构件腹板高度方向的开孔长度，见图 1.5.5.4（1）；如连续开孔之间的距离 d_0<0.25h，l_0 应取跨越连续开孔的长度值，见图 1.5.5.4（2）；

h_0——平行于主要构件腹板高度方向的开口高度，见图 1.5.5.4（1）；

h——开孔处的主要构件腹板高度，见图 1.5.5.4（1）；

$g_0 = 1 + \dfrac{l_0^2}{2.6\left(h-h_0\right)^2}$。

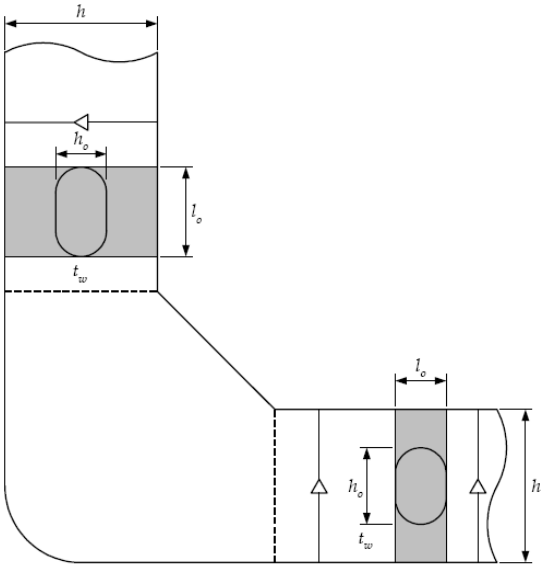


图 1.5.5.4（1） 腹板开孔

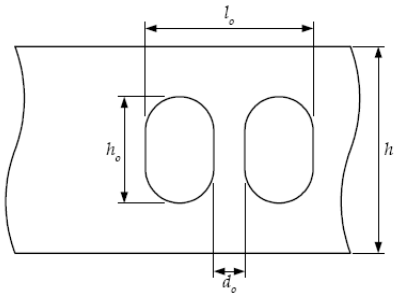


图 1.5.5.4（2） 连续开孔之间的距离 d_0<0.25h 时的 l_0 长度

（2）当采用详细应力分析时，开孔周围的最内两层单元网格大小应不大于 50mm×50mm，网格划分应保证从细化区域向粗网格区域的平稳过渡。焊接在开孔边缘的加强筋应采用板单元模拟；位于开孔附近距离开口边缘 50mm 以外的腹板加强筋可以采用杆或梁单元模拟；如图 1.5.5.4（3）所示。许用应力为：

$$[\sigma_e] = 1.6 \times 235 / K \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：K——材料系数。

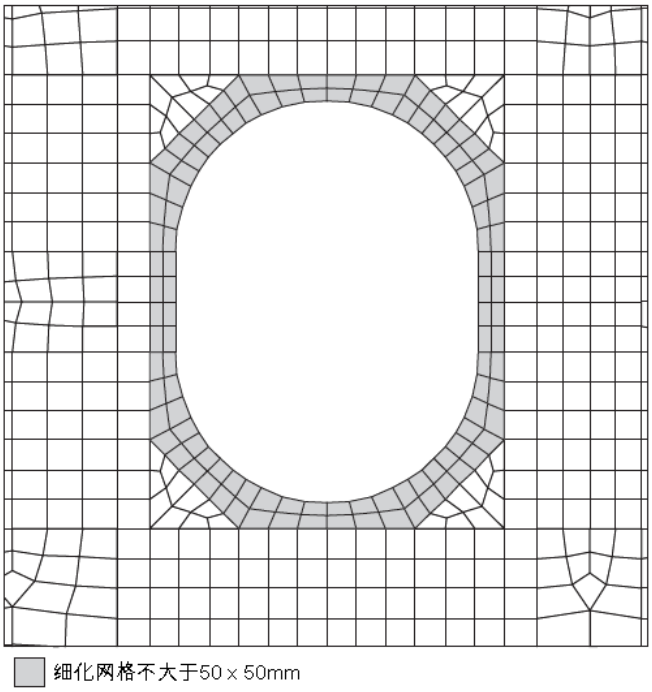


图 1.5.5.4（3） 腹板开孔细化

1.5.6 屈服强度评估

1.5.6.1 构件的应力应不超过相关的许用应力衡准。

1.5.6.2 板单元应力应采用膜应力，即弯曲板单元的中面应力。

1.5.6.3 对于应力集中和形状很差的单元应力可不考虑。

1.5.7 屈曲强度评估

1.5.7.1 板格的屈曲安全因子 λ 应不小于相关的最小屈曲安全因子。

1.5.7.2 应对所有主要构件进行平板屈曲强度评估，屈曲评估中临界屈曲应力应考虑适当的标准减薄厚度。

1.5.7.3 在屈曲强度计算中应考虑双轴向压应力和剪应力，且应使用板的中面应力来进行屈曲强度评估。

1.5.7.4 临界屈曲应力与弹塑性修正

（1） 短边受压板格弹性临界屈曲应力 σ_{xcr_e} 为：

$$\sigma_{xcr_e} = k_x C_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-v^2)}\left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：k_x ——短边受压及弯曲屈曲系数，按表 1.5.7.4（1）计算；

C_1——边界约束系数，见表 1.5.7.4（2）；

t ——板格厚度，mm；

s ——板格的短边长度，mm，取扶强材间距；

E ——材料弹性模量，N/mm^2；

v ——材料泊松比。对钢材，$v = 0.3$；

x ——板格长边方向。

（2） 长边受压板格弹性临界屈曲应力 σ_{ycr_e} 为：

$$\sigma_{ycr_e} = k_y C_2 \frac{\pi^2 E}{12(1-v^2)}\left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：k_y——长边受压及弯曲屈曲系数，按表 1.5.7.4（1）计算；

C_2——边界约束系数，见表 1.5.7.4（2）；

y ——板格短边方向；

其余符号同本条（1）。

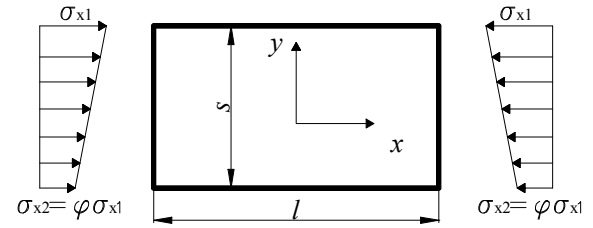
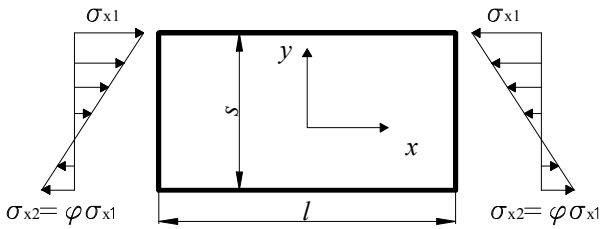
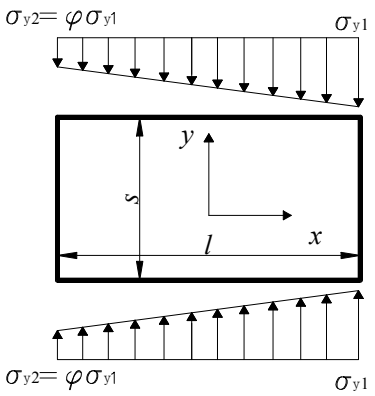
（3）受剪切板格弹性临界屈曲应力 τ_{cr_e} 为：

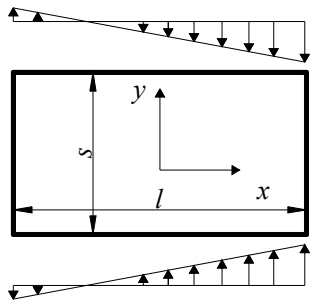
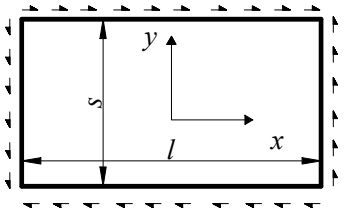
$$\tau_{cr_e} = k_t C_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-v^2)}\left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：k_t——剪切屈曲系数，按表 1.5.7.4（1）计算；

其余符号同本条（1）、（2）。

板格屈曲系数 **表 1.5.7.4（1）**

屈曲载荷工况		屈曲系数
短边受压	 其中：$0 \leqslant \varphi \leqslant 1$	$k_x = \dfrac{8.4}{\varphi + 1.1}$
	 其中：$-1 \leqslant \varphi < 0$	$k_x = 7.6 - 6.4\varphi + 10\varphi^2$
长边受压	 其中：$0 \leqslant \varphi \leqslant 1$	$k_y = \left[1 + \left(\dfrac{s}{l}\right)^2\right]^2 \dfrac{2.1}{\varphi + 1.1}$

屈曲载荷工况		屈曲系数
	$\sigma_{y2}=\varphi\sigma_{y1}$ σ_{y1}  $\sigma_{y2}=\varphi\sigma_{y1}$ σ_{y1} 其中：$-1\leqslant\varphi<0$	$k_y=1.909(1+\varphi)\left[1+\left(\frac{s}{l}\right)^2\right]^2-k_p\varphi$ $+10\varphi(1+\varphi)\left(\frac{s}{l}\right)^2$ 其中： $k_p=\begin{cases}24\left(\frac{s}{l}\right)^2 & \frac{l}{s}\leqslant\frac{3}{2}\\ 2+16\left(\frac{s}{l}\right)^2+8\left(\frac{s}{l}\right)^4 & \frac{l}{s}>\frac{3}{2}\end{cases}$
边缘受剪	τ_{xy}  	$k_t=5.34+4\left(\frac{s}{l}\right)^2$

板格边界约束系数 C_1、C_2 **表 1.5.7.4（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

1.5.7.5 应对板格的弹性临界屈曲应力进行修正，弹塑性修正公式如下：

$$\sigma_{\substack{xcr\\(ycr)}}=\begin{cases}\sigma_{\substack{xcr_e\\(ycr_e)}} & 当\ \sigma_{\substack{xcr_e\\(ycr_e)}}\leqslant\frac{R_{eH}}{2}\\ R_{eH}\left(1-\frac{R_{eH}}{4\sigma_{\substack{xcr_e\\(ycr_e)}}}\right) & 当\sigma_{\substack{xcr_e\\(ycr_e)}}>\frac{R_{eH}}{2}\end{cases}$$

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

式中：σ_{xcr_e}、σ_{ycr_e}、τ_{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，见本节 1.5.7.4。

R_{eH} —— 材料的屈服应力，N/mm^2；

$\tau_s=\frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}$。

1.5.7.6　屈曲强度评估中，屈曲安全因子 λ 应为板格临界屈曲应力与计算所得的实际压应力之比，见表 1.5.7.6。σ_x、σ_y、τ_{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。

λ 计算值　　**表 1.5.7.6**

应力状态 \ 板格长宽比	$1 \leqslant \frac{l}{s} \leqslant \sqrt{2}$	$\sqrt{2} < \frac{l}{s} \leqslant 8$
双向压缩	$\frac{1}{(1+k_1)}\frac{\sigma_{xcr}}{\sigma_x}$	$\frac{1}{(1+k_1^2)}\frac{\sigma_{xcr}}{\sigma_x}$
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：$k_1 = \frac{\sigma_y / \sigma_{ycr}}{\sigma_x / \sigma_{xcr}}$，$k_2 = \frac{\tau_{xy} / \tau_{cr}}{\sigma_x / \sigma_{xcr}}$，$k_3 = \frac{\tau_{xy} / \tau_{cr}}{\sigma_y / \sigma_{ycr}}$

注：① σ_{x1}、σ_{y1} 分别为板格边所受对应 x 轴、y 轴工作应力中的较大值，σ_{x2}、σ_{y2} 为对应的较小值，计算时 σ_x、σ_y 应按板格边中面应力的平均值（取两个对边节点的平均值）计入；τ_{xy} 为平均剪应力。σ_{x1}、σ_{x2}、σ_{y1}、σ_{y2}、τ_{xy} 如本节表 1.5.7.4（1）所示；

② σ_{xcr}、σ_{ycr}、τ_{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。

第 6 节　结构防腐

1.6.1　一般要求

1.6.1.1　所有船舶均应采取有效的措施以防止船体构件的过分腐蚀。

1.6.1.2　所有以船体外板为界的海水压载舱，应涂以环氧树脂或其他等效的防腐蚀涂料。除海水压载舱之外的船体内部结构及船体外板的内侧，诸如双层底船的舭部污水沟、单底船实肋板以下处所、隔离空舱等，也应根据舱室的用途提供相适应的涂层保护。

1.6.1.3　散货船的货舱舱口围板及舱口盖的内外表面，以及在货舱中暴露在货物中的所有内表面（包括所有骨材及其端肘板，但不包括内底板和舷侧肋骨下肘板趾端以下大约 300mm 至内底边线的底边舱斜板）均应具有有效的保护涂层（环氧树脂或其他等效涂料）。在选择涂料时，船东应适当考虑将来营运中预定的装货情况。

1.6.1.4　结构表面在涂刷涂料之前，应按涂料制造厂的工艺要求进行表面处理，并达到相应的清洁度要求。涂层的层数和总的干膜厚度应满足设计的要求。

1.6.1.5　在两种不同金属连接处应采取适当措施以防电化腐蚀。

1.6.2　底漆或涂料

1.6.2.1　如在建造期内使用车间底漆时，应在钢材表面处理后立即涂车间底漆。底漆的成分应不影响以后的焊缝质量，也不致于在以后的焊接工作中产生重大的有害影响，并应与以后使用的结构防腐蚀系统有关的油漆或涂料相适应。底漆应按 CCS 有关的规定进行认可。

1.6.3　液舱牺牲阳极的阴极保护

1.6.3.1　如在液舱内设置牺牲阳极的阴极保护系统，则应提交一份标明牺牲阳极位置及其固定细节的图纸。

1.6.3.2　牺牲阳极的阴极保护系统仅适用于水压载舱（包括油舱兼压载舱）而不适用于干货舱和

专用油舱。

1.6.3.3 液舱内装设阴极保护系统时，所有高于正常液位（最少不小于舱顶以下 1.5m）的表面应按本节 1.6.2 的要求涂刷涂料，液舱的其余部分应由牺牲阳极保护。上述涂料应与底漆和采用的阴极保护系统相适应。

1.6.3.4 为能检查牺牲阳极的块数、类型和分布情况，应提交包括下列内容的说明书：

（1）阳极材料及其容量；

（2）液舱结构的计算表面积；

（3）阳极的大小、形状，包括横剖面积和总重量；

（4）载运货物的类型；

（5）用于压载的时间。

1.6.3.5 在确定阴极保护要求时，应计及与这些受保护表面相邻接的无涂料表面（如液舱的附件）的影响。

1.6.3.6 铝阳极、镁阳极和锌阳极：

（1）阳极的重量应取装配时的重量，包括衬垫和装置设施。

（2）阳极的高度通常应从液舱底部量至阳极中心，如牺牲阳极位于或紧靠近于一个水平构件的上表面（如舱壁水平桁），而该水平构件的宽度不小于 1.0m，且有不小于 75mm 向上的折边或面板时，则阳极的高度也可以从该水平构件上表面量起；

（3）锌和锌合金阳极的使用位置可不受限制。

1.6.3.7 牺牲阳极的安装要求：

（1）牺牲阳极应根据受保护表面的结构特征合理布置，同时应注意相邻构件和开口的影响；

（2）牺牲阳极应装有钢芯，钢芯应使阳极耗蚀后仍能保持住阳极，且阳极应有足够的刚度，以避免与其支座发生共振。

（3）阳极与结构的连接应可靠。可采用下列的连接方法：

① 钢芯以足够尺寸的连续焊与结构连接；

② 钢芯用螺栓连接到用连续焊焊接于结构上的支座上，每个支座上至少应有 2 只带防松螺母的螺栓；

③ 其他已认可的机械夹紧装置。

（4）舱内牺牲阳极不应固定在船壳板上，牺牲阳极的两端点也不应固定在可能发生相对运动的分开的构件上；

（5）牺牲阳极应固定在扶强材上或与平面舱壁扶强材相对应的位置上。钢芯或支座与主要构件焊接时，应避开肘板趾端及类似应力集中处。当钢芯或支座与不对称扶强材焊接时，应与其腹板连接，且焊缝距腹板边缘的距离至少 25mm；当扶强材或桁材具有对称面板时，则钢芯或支座可连接到腹板或面板的中心线上，但应避开自由边缘。建议阳极尽可能不装在高强度钢纵骨的面板上。

1.6.4 船体外部保护

1.6.4.1 舷侧外板，特别是轻、重载重水线之间的舷侧外板，以及露天甲板和舱口盖，均应提供适当的防腐措施。

1.6.4.2 如设有外加电流阴极保护系统时，应提交显示有关阳极布置、参比电极、线路图以及与舵、螺旋桨的连接方法的图纸或资料。

1.6.4.3 对电缆穿过船壳板的密封装置的布置，应使用其包围在一个小的隔离空间内，连接阳极的电缆不应通过载运低闪点油的油舱。

1.6.4.4 对于拟用水下检验代替坞内检验的船舶，船体水线以下部分应采用高效防腐蚀涂料，该涂料的细则应提交备查。

1.6.5 腐蚀余量

1.6.5.1 除本规范另有规定外，按本规范计算的船体构件尺寸均已包含本条规定的腐蚀余量 t_c。

1.6.5.2　船体构件，包括板材和骨材的腐蚀余量 t_c 应按表 1.6.5.2 确定。

1.6.5.3　对于压载舱的周界，腐蚀余量应不小于 2.5mm。

腐蚀余量 t_c　　**表 1.6.5.2**

厚度 t（mm）	腐蚀余量 t_c （mm）
≤10	1.5
＞10	0.1t+0.5，最大 3.2

1.6.5.4　对于干燥处所（但不包括散货船的装货处所），其腐蚀余量应为 0.5t_c （t_c 见表 1.6.5.2），但应不小于 1.0mm。

第 7 节　结构布置

1.7.1　一般规定

1.7.1.1　本节规定了船体主要结构布置的原则要求。

1.7.1.2　除本节规定外，还应符合中国政府主管机关的规定。

1.7.1.3　本节中船长 L_{WL} 系指在最深分舱载重线两端的垂线间量得的长度。

1.7.2　水密舱壁的布置

1.7.2.1　所有船舶至少应设有以下水密舱壁：

（1）一道防撞舱壁；

（2）一道尾尖舱舱壁；

（3）机器处所每端一道舱壁。

1.7.3　防撞舱壁的布置

1.7.3.1　船舶应设有通至干舷甲板的水密的防撞舱壁。此舱壁应位于距首垂线不小于船长 L_{WL} 的 5%。除经同意外，不应大于船长 L_{WL} 的 8%。如船舶水线以下的任何部分自首垂线向前延伸，例如球鼻首，则上述规定的距离应自下列各点之一来量计，取其较小值：

（1）这类延伸部分的长度中点；

（2）首垂线以前船长 L_{WL} 的 1.5%处；

（3）首垂线以前 3m 处。

1.7.3.2　防撞舱壁在 1.7.3.1 所指范围内可以具有台阶或凹入。舱壁上不允许开门、人孔、通风管道或任何其他开口。

1.7.3.3　当船舶首部设有长的上层建筑时，其防撞舱壁应风雨密延伸至干舷甲板的上一层甲板。此延伸部分不必直接设于下面舱壁之上，但应位于上述 1.7.3.1 规定的限度内，并且形成台阶部分的甲板应有效地作成风雨密。

1.7.3.4　干舷甲板以上防撞舱壁延伸部分的开口数，应在适应船舶设计及正常作业情况下减至最少。所有这类开口应能够风雨密关闭。

1.7.4　尾尖舱及机器处所的舱壁和尾管的布置

1.7.4.1　必须设置将机器处所与前后载货处所隔开的舱壁，此舱壁应水密向上延伸至干舷甲板。

1.7.4.2　尾管应封闭在具有适当容积的一个（或多个）水密处所内。也可允许采取其他措施，使在尾管受损的情况下向船体内渗水的危险减少到最小程度。

1.7.5　水密舱壁和内部甲板上的开口、围壁通道的布置和水密性

1.7.5.1　水密舱壁上开口的数量，应在适应船舶设计和正常作业的情况下减至最少。这些开口均

应设有保证该舱壁水密完整性的装置。

1.7.5.2　水密通风管道及围壁通道应至少向上延伸到干舷甲板。

1.7.6　舱壁甲板/干舷甲板以下外板上开口和舷墙上排水舷口

1.7.6.1　外板上的开口数量应在适应船舶设计及船舶正常作业情况下减至最少。

1.7.6.2　排水舷口应能迅速排出甲板积水和放尽积水，舷墙上的排水舷口面积应满足以下要求：

（1）干舷甲板上每个阱内在船舶每侧的最小排水舷口面积（A）应按下式算得。在上层建筑甲板上的每个阱的最小面积应为按下式算得面积的一半：

如阱内舷墙长度 l 为 20 m 或以下：

$$A = 0.7 + 0.035l \qquad \text{m}^2$$

如 l 超过 20 m，$A = 0.07l$，m^2。

在任何情况下，所取之 l 值不必大于 $0.7L_L$。

如果舷墙平均高度大于 1.2m，则所需面积对每 0.1m 高度差，按每米阱长增加 0.004m^2。如果舷墙平均高度小于 0.9m，则所需面积对每 0.1m 高度差，按每米阱长减少 0.004m^2。

（2）对没有舷弧的船舶，则按（1）算得的面积应增加 50%。如果舷弧小于标准舷弧，此百分数应用线性内插法求得；

（3）如干舷甲板露天部分的凸形甲板未在其长度一半范围内装设栏杆，或者如在分立的上层建筑之间设有连续或大体连续的舱口侧围板，排水舷口的最小面积应按表 1.7.6.2 计算：

表 1.7.6.2

舱口或凸形甲板的宽度与船舶宽度比值	排水舷口面积与舷墙总面积比值
40%或小于 40%	20%
75%或大于 75%	10%

介于中间宽度比值的排水舷口面积，应用线性内插法求得。

（4）当船舶干舷甲板上的上层建筑或上层建筑甲板的任一端或两端都是开敞的而由开敞甲板上的舷墙形成阱时，上层建筑内的开敞处所应有适当的排水设施；

（5）排水舷口的下边缘应尽实际可能接近甲板。所需排水舷口面积的三分之二应分布在阱内最接近舷弧最低点的二分之一范围内。所需排水舷口面积的三分之一应沿剩下的阱长平均分布。在舷弧为零或舷弧很小的露天干舷甲板或露天上层建筑甲板上，排水舷口面积应沿阱长平均分布；

（6）舷墙上所有排水舷口，应用间距约为 230 mm 的栏杆或铁条保护。如排水舷口设有盖板，则应有足够空隙以防堵塞。铰链的销子或轴承应用耐腐材料制成。盖板不应装设锁紧装置。

1.7.7　其他开口及其关闭装置

1.7.7.1　封闭上层建筑端壁上的出入口应满足下列要求：

（1）应装设钢质或其他相当材料的门，永久地和牢固地装在端壁上，并应有加强筋加强，使整个结构与完整的端壁具有同等的强度，并在关闭时保持风雨密；

（2）除非经中国政府主管机关批准，否则门均应向外开启并设有防止海水冲击的保护；

（3）出入口的门槛高度应高出甲板至少 380mm。

1.7.7.2　货舱口及其他舱口、干舷甲板和上层建筑甲板的各种开口应满足下列要求：

（1）舱口围板在甲板上的最小高度应：

①　在位置 1 时，为 600mm；和

②　在位置 2 时，为 450mm。

（2）除本条（1）规定外，处于位置 1 和位置 2 的货舱口和其他舱口的结构及其保持风雨密的方法，还应满足载重线的有关要求。

（3）干舷甲板和上层建筑甲板的开口应满足以下要求：

① 在“位置 1”或“位置 2”或在非封闭上层建筑内的人孔或平的小舱口，应用能达到水密的坚固罩盖关闭。除使用间隔紧密的螺栓紧固以外，罩盖应永久地附装于开口处；

② 在干舷甲板上，除货舱口及其他舱口、机舱口、人孔与平的小舱口以外的开口，应由封闭的上层建筑或强度相当和风雨密的甲板室、升降口来保护。在露天的上层建筑甲板或在干舷甲板上的甲板室顶部，通往干舷甲板以下的处所或封闭的上层建筑以内的处所的任何开口，应用坚固的甲板室或升降口作保护。在上述甲板室或升降口的通道，应装设满足本节 1.7.7.1 要求的门；

③ 在“位置 1”，升降口通道的门槛在甲板以上的高度至少应为 600mm，在“位置 2”则至少应为 380mm。

1.7.7.3 机舱开口应满足下列要求：

（1）机舱开口应有钢质舱棚有效地围闭，其出入口应设有风雨密门，门槛高度应至少高出甲板 600mm（位置 1）/ 380mm（位置 2）。舱棚的其他开口应设有永久附装其上的罩盖；

（2）核定干舷小于基本干舷的船舶，如机舱棚没有其他结构保护，则应装设双道门，且内门门槛高度应为 230mm，外门门槛高度应为 600mm；

（3）机舱通风筒如围板高度满足本节 1.7.7.4 的要求，可不必装设风雨密关闭装置。对须向应急发电机舱连续供风的通风筒，如稳性计算中计入其浮力或视其保护通向下层的开口，则应装设满足本节 1.7.7.4（6）要求高度的围板，而不必装设风雨密关闭装置；

（4）如机舱和应急发电机舱通风筒围板小于本节 1.7.7.4（6）要求的高度，则应装设风雨密关闭装置；

（5）机炉舱顶棚开口应装设钢质的或其他相当材料的风雨密罩盖，并永久附设其上。

1.7.7.4 通风筒应满足下列要求：

（1）在位置 1 或位置 2，通往干舷甲板或封闭上层建筑甲板以下的处所的通风筒，应设有钢质或其他相当材料的围板，其结构应坚固并与甲板牢固地连接。如通风筒围板的高度大于 900mm 时，则应有专门的支撑；

（2）通过非封闭的上层建筑的通风筒，应在干舷甲板上设有坚固的钢质或其他相当材料的围板；

（3）在位置 1 的通风筒，甲板以上的围板高度应不小于 900mm；

（4）在位置 2，甲板以上的围板高度应不小于 760mm；

（5）通风筒围板的厚度应按表 1.7.7.4 选取，但不必超过甲板厚度；

通风筒围板厚度 **表 1.7.7.4**

通风筒内径（mm）	围板厚度（mm）
≤200	7.5
250	8.0
300	8.5
350	9.0
400	9.5
≥450	10.0

（6）在位置 1 的通风筒，其围板高出甲板以上 4.5m，和在位置 2 的通风筒，其围板高出甲板以上 2.3m，均不必装设封闭装置；

（7）除本条（6）规定外，通风筒的开口应装设有效的风雨密关闭装置。当载重线船长 L_L 不超过 100m 时，关闭装置应永久安装在通风筒围板上；当载重线船长 L_L 大于 100m 时，关闭装置可贮放在所安装的通风筒附近。

1.7.7.5 空气管应满足下列要求：

（1）空气管除应符合本节规定外，还应符合第 7 章的有关规定；

（2）压载水舱和其他舱柜的空气管，自甲板至水可能从管口进入下面的那一点的高度，在干舷甲

板上应不小于 760mm，在上层建筑甲板上应不小于 450mm。如上述高度可能妨碍船上工作，可同意用一个较小的高度，但应经认可该关闭装置和其他周围环境表明可以用这一较小的高度。空气管露出甲板部分，其结构应坚固；

（3）露天甲板上的空气管，其壁厚应至少为：

管子外径 80mm 及以下　　6.0mm

管子外径 165mm 及以上　　8.5mm

中间值可用内插法决定。

（4）空气管应装设自动关闭装置；

（5）因载运甲板货而不能到达的空气管，应装有满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 2 章附录 4 相关要求的自动关闭装置。

1.7.8　双层底的布置

1.7.8.1　500 总吨及以上的船舶应设置双层底，且在适应船舶设计及船舶正常作业的情况下，该双层底应尽实际可能自防撞舱壁延伸至尾尖舱舱壁。若确因布置困难未设置双层底或双层底的设置不能满足相关要求的任何部分，应能满足《特定航线江海直达船舶法定检验技术规则》所规定的破损。

1.7.8.2　如设有双层底，其内底板应延伸至船舷两侧，以保护船底至舭部弯曲部位。

1.7.8.3　双层底内与货舱排水装置相连的小阱，不应向下延伸超过所需的深度。

1.7.8.4　专供装载液体的水密舱，如当该舱的底部破损时不致有损于船舶的稳性安全，可不设双层底。

1.7.9　隔离空舱的布置

1.7.9.1　隔离空舱系指空的处所，其设置是为了使隔离空舱每一侧的舱室没有共同的界面；隔离空舱可以垂直或水平设置。隔离空舱应适当通风，并应有足够大的尺寸，以便可以进入检查、维护和安全撤离。

1.7.9.2　燃油舱或润滑油舱与淡水（饮用水、推进装置和锅炉用水）舱之间应设置隔离空舱。

对双层底的内底板在舷侧升高的船舶，仅要求在双层底燃油舱和直接布置在燃油装满至内底板的这些燃油舱上面的液舱之间设置隔离空舱。但燃油舱与液舱的相对位置为角对角的情况，液舱不认为是相邻的。

1.7.9.3　隔离空舱的设置还应符合第 7 章的有关规定。

1.7.10　首部干舷甲板及防撞舱壁前舱室的布置

1.7.10.1　首部干舷甲板及封闭上层建筑（如设有）的布置应满足载重线对最小船首高度的要求。

1.7.10.2　位于防撞舱壁以前的首尖舱和其他舱室不可用来载运燃油及其他易燃品。

1.7.10.3　锚链管和锚链柜应水密延伸至干舷甲板，且若在干舷甲板以下部分之上设有出入口，则应用坚固的盖关闭并用间距紧密的螺栓紧固。若设有上层建筑，则锚链管和锚链柜至少应自干舷甲板风雨密延伸至露天甲板，且若在该延伸部分之上设有出入口，则应保持风雨密关闭。

第 2 章　船体结构

第 1 节　一般规定

2.1.1　一般要求

2.1.1.1　船长大于 65m 的船舶，船底和强力甲板开口线外一般采用纵骨架式。

2.1.1.2　特殊尺度的船舶和采用新颖结构型式的船舶，其结构要求应另行考虑，并应经 CCS 同意。

2.1.2　图纸资料

2.1.2.1　应将下列图纸资料提交批准。对特殊结构和布置，如认为必要，可要求增加送审图纸资料的范围：

（1）总布置图；

（2）主要横剖面图；

（3）基本结构图，包括纵剖面、各层甲板、内底结构、上层建筑和甲板室结构图；

（4）首柱结构图；

（5）尾柱结构图；

（6）外板展开图；

（7）油密和水密舱壁图；

（8）主机基座和推力轴承座结构图；

（9）尾轴架结构图；

（10）货舱口围板结构图；

（11）货舱舱口盖结构图；

（12）锚设备布置图，包括舾装数计算；

（13）舵、舵杆和舵柄；

（14）桅、起重柱、起重机基座及其支撑结构图；

（15）总纵强度计算书（适用时）；

（16）焊接方式和规格；

（17）估算及完工装载手册。

2.1.2.2　应将下列图纸资料提交备查：

（1）型线图或型值表；

（2）肋骨型线图；

（3）舱容图；

（4）船体及设备说明书。

第 2 节　总纵强度

2.2.1　一般要求

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　本节适用于满足下列条件的船舶：

$$L/B \geqslant 4.5$$

$$B/D \leqslant 3.0$$

$$C_b \geqslant 0.6$$

2.2.1.3 对于具有甲板大开口的船舶，还应按本章第 3 节的要求校核弯扭组合的总纵强度。

2.2.2 设计静水弯矩和设计静水切力

2.2.2.1 应以下述工况计算船体梁各横剖面处的静水弯矩和静水切力：

满载： 出港、到港；

压载： 出港、到港。

对装载手册中所规定的各种工况也应计算。

敞口集装箱船的总纵强度校核工况还应包括满载出港和满载到港在假定货舱浸水状况下的工况。其中假定货舱浸水深度、货舱浸水的重量、重心位置按下列方法确定：

（1）货舱浸水深度取舱深的 70%，但不必超过 4m。货舱的舱深系指货舱长度中点处内底板上表面量至干舷甲板上表面的距离；

（2）货舱浸水重量按下式计算：

$$P = k\rho V \quad \text{t}$$

式中：V——浸水区域的体积，m^3；

ρ——水的密度，t/m^3，取 ρ=1.025；

k——系数，取 k=0.70。

（3）货舱浸水重量的重心位置为浸水区域的形心位置；

（4）浸水的重心高度为浸水区域的形心高度。

2.2.2.2 在计算静水弯矩和静水切力时，向下的载荷取为正值，向上的载荷取为负值，从尾端向船首沿船长积分。静水弯矩 M_s 和静水切力 F_s 的符号（正、负）规定见图 2.2.2.2。

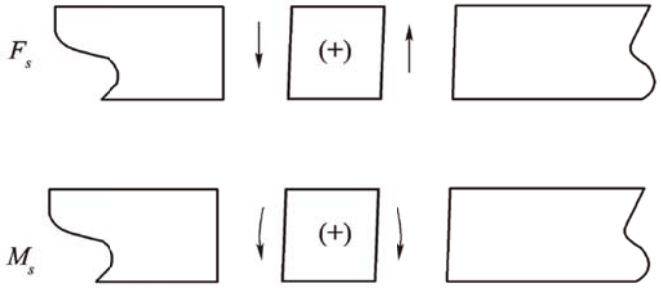


图 2. 2. 2. 2

2.2.2.3 通常按出港和到港情况，并应考虑燃料、淡水和贮藏品等对下列装载和压载工况沿船长计算各横剖面的静水弯矩 M_s 和静水切力 F_s：

① 最大吃水时的均匀装载工况；

② 压载工况；

③ 特殊装载工况，如小于最大吃水时的集装箱装载或轻载工况，重货、空舱或非均匀货物装载工况，装甲板货工况等（如适用时）；

④ 短程航行或港内工况（如适用时）；

⑤ 坞内起浮工况；

⑥ 装卸瞬时工况（如适用时）；

如在任何航行中途，上述消耗品的数量和布置对于总纵强度是严重的情况时，该状态的计算书应提交批准。凡拟在航行中进行压载/排压载操作的船舶，对于压载舱在压载/排压载的前后工况也应提交批准，批准后纳入装载手册作为操作指南。

2.2.2.4 在压载工况中部分压载的压载舱：

压载工况中，出港、到港和中途工况下，首尾尖舱和/或其他压载舱的部分压载工况不应作为设计工况，除非满足下述要求：

- 上述压载舱在空舱与满舱之间的所有压载高度下，满足设计应力的限制。

为了证明在空舱与满舱之间的所有压载高度下满足要求，对所有出港、到港工况以及本节 2.2.2.3 要求的中途工况，预期部分压载的压载舱应假定为：

- 空舱；
- 满舱；
- 预期高度的部分压载。

如多个压载舱需部分压载，应考虑空舱、满舱和预期高度的部分压载的所有组合。

2.2.2.5 在装货工况中部分压载的压载舱：

装货工况中，本节 2.2.2.4 的要求仅适用于首尾尖舱。

2.2.3 波浪弯矩和波浪切力

2.2.3.1 船体梁各横剖面的中拱波浪弯矩 M_W（+）和中垂波浪弯矩 M_W（−）应按下列公式计算：

$$M_W（+）= +190MCL^2BC_b \times 10^{-3} \quad \text{kN·m}$$

$$M_W（-）= -110\,MCL^2B（C_b + 0.7）\times 10^{-3} \quad \text{kN·m}$$

式中：M——弯矩分布系数，见图 2.2.3.1；

L——船长，m；

B——船宽，m；

C_b——方形系数，但计算取值不应小于 0.60；

C——系数，$C = 2.155 + 0.047L - (0.012L)^2$。

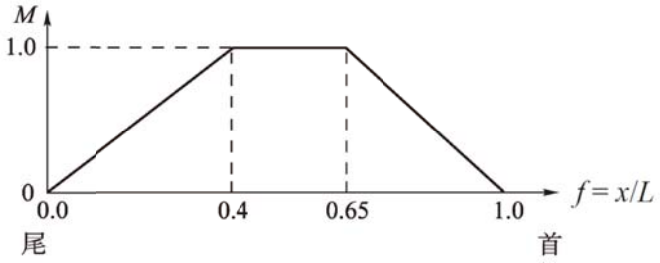


图 2. 2. 3. 1

2.2.3.2 船体梁各横剖面的中拱波浪切力 F_w（+）和中垂波浪切力 F_w（−）应按下列各式计算：

$$F_w（+）= +0.72\,F_1L^{1.25}B（C_b + 0.7）\quad \text{kN}$$

$$F_w（-）= -0.72\,F_2L^{1.25}B（C_b + 0.7）\quad \text{kN}$$

式中：F_1 和 F_2——切力分布系数，见图 2.2.3.2（1）和 2.2.3.2（2）；

C_b——方形系数；

L——船长，m；

B——船宽，m。

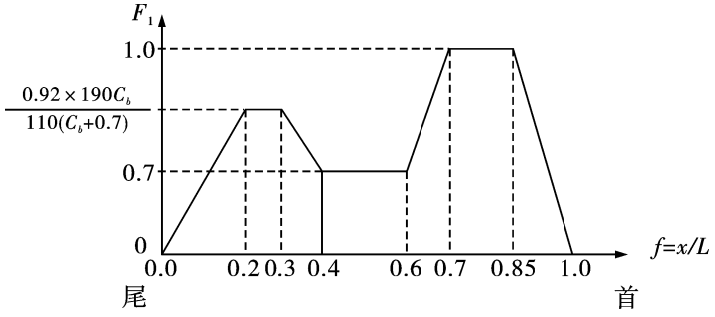


图 2.2.3.2（1）

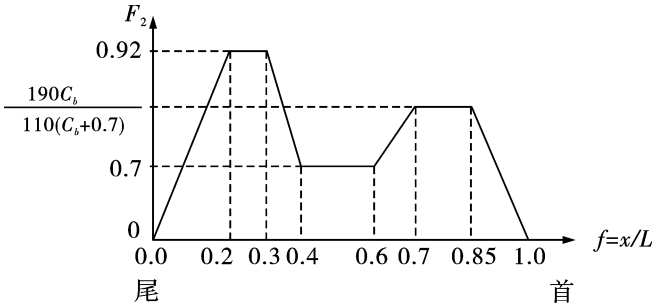


图 2.2.3.2（2）

2.2.4 船体梁剖面特性计算

2.2.4.1 将船体梁横剖面对其水平中和轴的惯性矩，除以中和轴到强力甲板边线的垂直距离，可得出甲板处的船体梁剖面模数 W_d；除以从中和轴到平板龙骨上表面的垂直距离，可得出船底处的船体梁剖面模数 W_b。

2.2.4.2 强力甲板及其以下所有在 0.4L 区域内连续的纵向构件的剖面积，均可计入船体梁剖面模数。强力甲板以上可计入舷顶列板伸出强力甲板的部分和连续的舷边角钢的剖面积。强力甲板以上连续纵向舱口围板，当由纵舱壁或高腹板桁材作有效支持时，也可将其剖面积计入船体梁剖面模数。

2.2.4.3 在计算船体梁剖面模数时所用的计算点到中和轴之间的垂直力臂 Z_t 应按下式计算，Z_t 的计算值应大于中和轴到强力甲板边线的垂直距离：

$$Z_t = Z_c\left(0.9 + 0.2\frac{y}{B_1}\right) \quad \text{m}$$

式中：Z_c ——中和轴至连续强力构件顶点的垂直距离，m；

y ——连续强力构件的顶点与船体中心线之间的水平距离，m；

B_1 ——计算剖面处的船宽，m。

在计算中，Z_c 和 y 均应量到能给出 Z_t 最大值的位置。

2.2.4.4 如甲板开口长度（首尾方向）超过 2.5m，或者宽度超过 1.2m 或 0.04B（取其较小者），在计算船体梁剖面模数时，应扣除其剖面积。

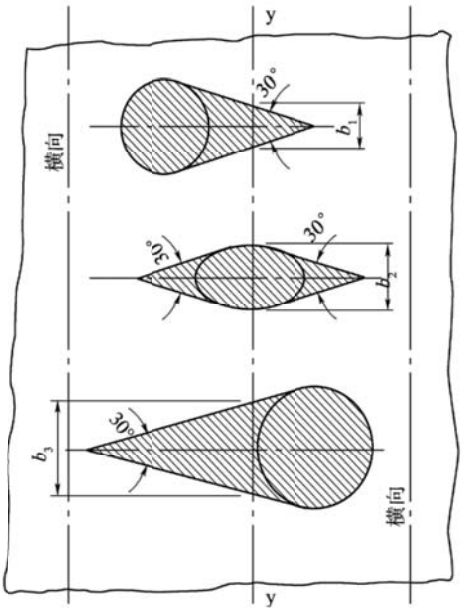
2.2.4.5 比本节 2.2.4.4 规定小的甲板小开口（包括人孔、减轻孔、焊缝处的单个扇形孔等），如其宽度或阴影区宽度（见图 2.2.4.5）在一个横剖面上的总和 b_c 满足下式要求或在甲板及船底处降低的剖面模数不超过 3%，则在计算船体梁剖面模数时，不必扣除其剖面积：

$$b_c \leqslant 0.06(B_1 - \Sigma b)$$

式中：B_1 ——计算剖面处的船宽，m；

Σb ——计算剖面处按本节 2.2.4.4 规定应扣除的开口宽度的总和，m。

2.2.4.6 若纵骨或纵桁的开孔（如减轻孔、流水孔、焊缝处的单个扇形孔）高度不超过腹板高度的 25%（但对扇形孔深度最大不超过 75mm）时，则在计算船体梁剖面模数时不必扣除其面积。



在 *y-y* 剖面处小开孔宽度之和为 $b_c = b_1+b_2+b_3$

图 2. 2. 4. 5

2.2.5 船体梁弯曲强度

2.2.5.1 船体梁在甲板处和龙骨处的船中最小剖面模数 W_0 应不小于按下式计算所得之值：

$$W_0 = C_0 L^2 B\left(C_b + 0.7\right) K \qquad \text{cm}^3$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

C_b——方形系数；

K——材料系数；

C_0——系数， $C_0 = 1.355 + 0.4d + 0.03L - \left(0.0095L\right)^2$

其中： d ——吃水，m。

计入船中最小剖面模数 W_0 的纵向连续构件尺寸应在船中 0.4L 区域内保持不变。但在特殊情况下，考虑到船舶种类、船型和装载条件，且不降低船舶的装载适应性，纵向连续构件尺寸可向船中 0.4L 区域的两端逐渐减小。若船舶甲板或底部区域有部分纵向强力材料作为压载水舱的边界，且这些液舱具有有效的防腐蚀系统，则允许这些边界的尺寸有一些折减，但任何情况下最小船体梁剖面模数的折减都不能超过 5%。

2.2.5.2 船中剖面对水平中和轴的惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 3C_0 L^3 B(C_b + 0.7) \qquad \text{cm}^4$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

C_b——方形系数；

C_0——系数，见本节 2.2.5.1。

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，且还应满足下列要求：

（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　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 $\overline{M}_s$（−），且应满足以下条件：

（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：

$$\overline{M}_s(+)_{\max} = \overline{M} - M_W \quad (+) \qquad \text{kN·m}$$

$$\overline{M}_s(-)_{\min} = -\overline{M} - M_W \quad (-) \qquad \text{kN·m}$$

式中：M_W——波浪弯矩，见本节 2.2.3.1；

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

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

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

其中：F_d、F_b——根据本章 2. 2. 5. 6(1)确定；

W_d——甲板处的剖面模数，cm^3；

W_b——龙骨处的剖面模数，cm^3；

船体梁的许用弯曲应力［σ］按下述要求确定：

$[\sigma]$ =175/K　　N/mm^2，船中 0.4L 区域

$[\sigma]$ =125/K　　N/mm^2，船端 0.1L 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　计算点处的总纵弯曲应力应按下式计算：

$$\sigma = \frac{\left|\overline{M}_s + M_W\right|}{W_c} \times 10^3 \qquad N/mm^2$$

式中：$\overline{M}_s$ ——许用静水弯矩，kN • m，见本节 2.2.5.4；

M_W ——波浪弯矩，kN • m，按本节 2.2.3.1 计算；

W_c ——计算点处的船体梁剖面模数，cm^3。

2.2.5.6　局部构件尺寸的折减系数应符合下列规定：

（1）当甲板处和龙骨处的最大总纵弯曲应力小于许用弯曲应力［ σ ］时，可取适宜的折减系数 F_d 和 F_b，以减小局部构件的尺寸，但应符合以下条件：

$$F_d \geqslant \frac{\sigma_d}{[\sigma]}$$

$$F_b \geqslant \frac{\sigma_b}{[\sigma]}$$

式中：σ_d ——甲板处的总纵弯曲应力，N/mm^2；

σ_b ——龙骨处的总纵弯曲应力，N/mm^2；

［σ］——弯曲许用应力，N/mm^2，见本节 2.2.5.4（2）。

对于外板和甲板，折减系数 F_d 和 F_b 应不小于 0.7；对于骨材，折减系数 F_d 和 F_b 应不小于 0.8。

（2）对船长小于 65m 的船舶，F_d 和 F_b 均取为 1。

2.2.5.7　当船体为部分采用高强度钢时，高强度钢的垂向范围应不小于：

当强力甲板结构采用高强度钢时，从该甲板边线向下 y_1（1- $\frac{K}{F_d}$）的区域；当船底结构采用高强度钢时，从平板龙骨向上 y_2（1- $\frac{K}{F_b}$）的区域。y_1 和 y_2 分别为中和轴至甲板边线和平板龙骨的垂直距离（m），如图 2.2.5.7 所示。其中 K 为材料系数。

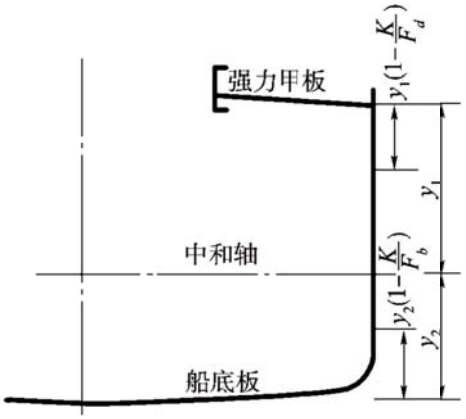


图　2.2.5.7

2.2.5.8　当船中部区域采用高强度钢而端部采用低碳钢时，使用高强度钢板的区域应延伸至端部所要求的低碳钢板厚与船中部高强度钢板厚相同处为止（见图 2.2.5.8）。

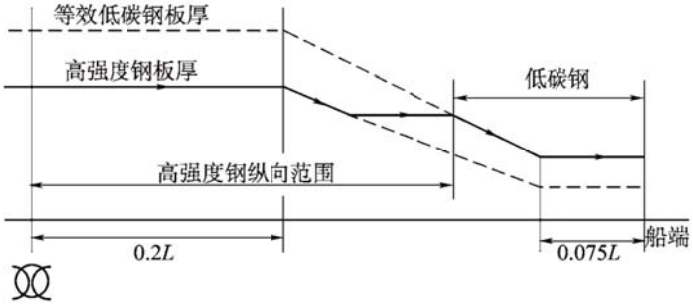


图　2.2.5.8

2.2.5.9　当强力甲板结构采用高强度钢时，与强力甲板焊接的纵向连续构件（舱口围板、甲板开口的加强构件等）通常也应采用相应的高强度钢。

2.2.6　船体梁剪切强度

2.2.6.1　设计静水切力

（1）在各种装载情况下，沿船体梁各横剖面处的设计静水切力应满足下述条件：

$$F_s(+) \leqslant \overline{F}_s(+)$$

$$|F_s(-)| \leqslant |\overline{F}_s(-)|$$

式中：F_s ——计算工况下的设计静水切力，kN；

$\overline{F}_s$ ——许用静水切力，kN，按本节 2.2.6.2 计算。

（2）如货舱间隔装载或严重不均匀装载，应对横舱壁处的静水切力 F_s 进行修正。切力修正如图 2.2.6.1 所示。切力修正值 N_k 和 N_m 分别按下列各式计算：

$$N_k = F|F_{sA} - F_{sB}| \quad \text{kN}$$

$$N_m = F|F_{sA} - F_{sC}| \quad \text{kN}$$

式中：F_{sA}、F_{sB}、F_{sC}——分别是横舱壁 A、B 和 **C** 处用船体梁计算所得切力，kN；

F——静水切力修正系数，按下式计算：

$$F = \frac{B_0}{2.2(B + l_H)}$$

式中：B_0——计算舱段内双层底平坦部分平均宽度，m；

B ——船宽，m；

l_H ——舱长，m。

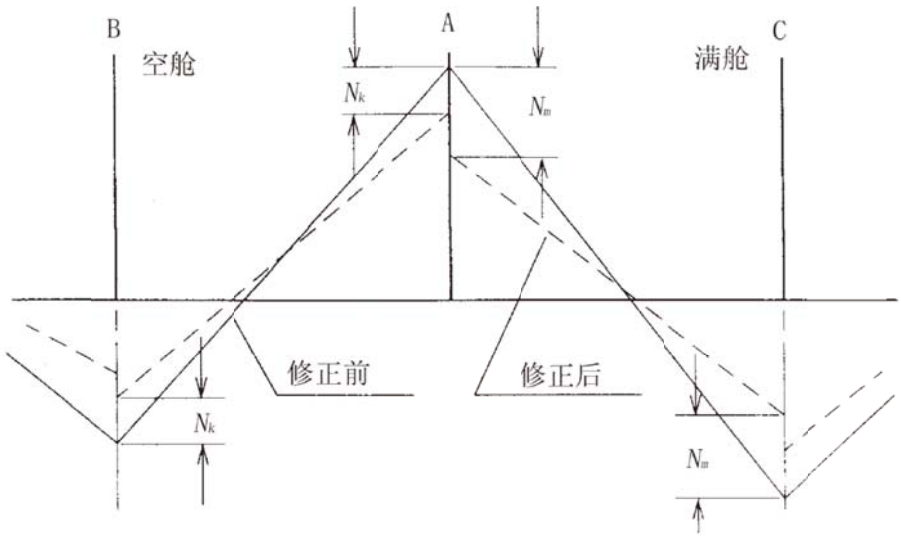


图 2.2.6.1

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 $\overline{F}_s$（−），且应满足以下条件：

（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：

$$\overline{F}_s(+)_{\max} = [\tau]\frac{I\Sigma t}{S}\times 10^{-2} - F_w\ (+) \quad \text{kN}$$

$$\overline{F}_s(-)_{\min} = -[\tau]\frac{I\Sigma t}{S}\times 10^{-2} - F_w\ (-) \quad \text{kN}$$

式中：F_w ——波浪切力，kN；按本节 2.2.3.2 计算；

I ——计算横剖面对水平中和轴的惯性矩，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，cm^3；

许用剪切应力［τ］=110/K，N/mm^2，其中 K 为材料系数；

$\sum t$ ——计算剖面中和轴处舷侧外板和纵舱壁厚度之和，mm 。

2.2.6.3　剖面中和轴处舷侧外板和纵舱壁（如设有）的剪切应力 τ 按下式计算：

$$\tau = \frac{\left|\overline{F_S} + F_w\right|}{I} \cdot \frac{S}{\sum t} \times 10^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：$\overline{F}_s$、 F_w、S、I 及 $\sum t$ ——见本节 2.2.6.2；

2.2.7　屈曲强度

2.2.7.1　船长大于或等于 90m 的船舶，受船体梁弯曲和剪切应力的板格及纵向构件，应按下述规定作屈曲强度校核。

2.2.7.2　板格和纵骨的工作压应力 σ 按本节 2.2.5.5 计算（但取值应不小于 30/K，N/mm^2，K 为材料系数），并应满足下式要求：

$$\sigma \leqslant \frac{1}{\beta}\sigma_c$$

式中：β=1，对板和对加强材的腹板（局部屈曲）；

β=1.1，对加强筋；

σ_c ——临界屈曲应力，按本节 2.2.7.6 计算。

2.2.7.3　板格的工作剪切应力 τ 按本节 2.2.6.3 计算，并应满足下式要求：

$$\tau \leqslant \tau_c$$

式中：τ_c——临界屈曲剪切应力，按本节 2.2.7.7 计算。

2.2.7.4　板的理想弹性屈曲应力按下列各式计算：

（1）受压板格的理想弹性屈曲应力 σ_E 应按下式计算：

$$\sigma_E = 0.9K_cE\left(\frac{t_b}{1000s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：E ——材料弹性模量，N/mm^2；

s ——板格的短边长度，m；

t_b ——减去表 2.2.7.4 给定值后的板的净厚度，mm；

K_c——系数，按下列公式计算：

$K_c = \dfrac{8.4}{\psi + 1.1}$，对于具有与压应力平行的纵向加强筋的板；

$K_c = C\left[1 + \left(\dfrac{S}{l}\right)^2\right]^2 \dfrac{2.1}{\psi + 1.1}$，对于具有与压应力垂直的横向加强筋的板。

其中：l——板格的长边长度，m；

C=1.3，由肋板或高腹板梁扶强的板格；

C=1.21，加强筋是角钢或 T 型材；

C=1.10，加强筋是球扁钢；

C=1.05，加强筋是扁钢；

ψ——为最小与最大压应力之比值，0≤ψ≤1，（见图 2.2.7.4）。

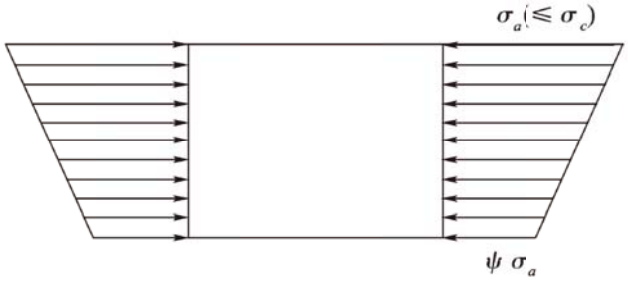


图 2. 2. 7. 4

（2） 受剪切板格的理想弹性屈曲剪切应力 τ_E 按下式计算：

$$\tau_E = 0.9K_t E\left(\frac{t_b}{1000s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：$K_t = 5.34+4\left(\frac{s}{l}\right)^2$；

E、t_b、s 和 l 见本条（1）。

标准减薄厚度 **表 2.2.7.4**

结　　构	标准减薄厚度（mm）	最小最大极限值（mm）
散装干货舱； 一面在压载舱内的垂直表面及倾斜表面（与水平线夹角＞25°）	0.05t	0.5～1
一面在压载舱内的水平表面及倾斜表面（与水平线夹角≤25°）； 两面均在压载舱内的垂直表面及倾斜表面（与水平线夹角＞25°）	0.10t	2～3
两面均在压载舱内的水平表面及倾斜表面（与水平线夹角≤25°）	0.15t	2～4

注：表中 t 为设计的板厚值，mm。

2.2.7.5 纵骨的理想弹性屈曲应力按下列各式计算：

（1）横截面无转动的柱屈曲模式（垂直于板的平面），纵骨的理想弹性屈曲应力 σ_E 应按下式计算：

$$\sigma_E = 0.001E\frac{I_a}{Al^2} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：I_a ——纵骨惯性矩，cm^4；包括带板，且按本节表 2.2.7.4 减薄后的厚度计算；

A ——纵骨横截面面积，cm^2，包括带板，且按本节表 2.2.7.4 减薄后的厚度计算；

l ——纵骨跨距，m。

（2）扭转屈曲模式，纵骨的理想弹性屈曲应力 σ_E 按下式计算：

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 EI_W}{I_p l^2 \times 10^4}\left(n^2 + \frac{K_B}{n^2}\right) + 0.385E\frac{I_t}{I_p} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：$K_B = \frac{Cl^4}{\pi^4 EI_W}\times 10^6$；

n ——半波数，由表 2.2.7.5 给出；

I_t ——剖面的圣维南惯性矩（不包括带板），cm^4，应按下列各式计算：

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

$$I_t=\frac{1}{3}\left[h_w t_w^3+b_f t_f^3\left(1-0.63\frac{t_f}{b_f}\right)\right]\times 10^{-4}$$，对有折边剖面；

I_p ——扶强材与板连接处的剖面极惯性矩，cm^4：

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

$$I_p=\left(\frac{h_w^3 t_w}{3}+h^2 b_f t_f\right)\times 10^{-4}$$，对有折边剖面；

I_w ——扶强材与板连接处的剖面扇形惯性矩，cm^6：

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

$$I_w=\frac{t_f b_w^3 h_w^2}{12}\times 10^{-6}$$，对 T 形剖面；

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

l ——纵骨跨距，m；

E ——材料弹性模量，N/mm^2。

其中：h_w——腹板高度，mm；

t_w——按本节表 2.2.7.4 减薄后的腹板厚度，mm；

b_f——面板宽度，mm；

t_f ——按本节表 2.2.7.4 减薄后的面板厚度，mm，对球扁钢，可用球的平均厚度；

C——由支持板格产生的弹簧刚度，按下式计算：

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

s ——纵骨的间距，m；

t_p ——板格厚度，mm，按本节表 2.2.7.4 减薄后的厚度计算；

$K_p=1-\eta_p$ 取正值，对于折边剖面，K_p 取不小于 0.1；

$\eta_p=\frac{\sigma}{\sigma_E}$；

σ——工作压应力，按本节 2.2.5.5 计算，但取值应不小于 $30/K$，N/mm^2， 其中 K 为材料系数；

σ_E ——按本节 2.2.7.4 计算所得的支持板的理想弹性屈曲应力。

半波数 *n* 值 **表 2.2.7.5**

	$0<K_b\leqslant 4$	$4<K_B\leqslant 36$	$36<K_B\leqslant 144$	$(n\text{-}1)^2 n^2<K_B\leqslant n^2(n+1)^2$
n	1	2	3	N

（3）纵骨腹板和面板的屈曲：

① 对纵骨的腹板，理想弹性屈曲应力 σ_E 应按下式计算：

$$\sigma_E = 3.8E\left(\frac{t_w}{h_w}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：t_w、h_w、E 见本条（2）。

② 对于角钢和 T 形截面的纵骨，面板的屈曲可按下式要求校核：

$$\frac{b_f}{t_f} \leqslant 15$$

式中：b_f——对角钢为面板的宽度，对 T 形截面为面板的半宽，mm；

t_f ——面板厚度，mm。

2.2.7.6 受压时的临界屈曲应力 σ_c 按下列各式计算：

$$\sigma_c = \sigma_E \qquad \text{当 } \sigma_E \leqslant \frac{R_{eH}}{2}$$

$$\sigma_c = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_E}\right) \qquad \text{当 } \sigma_E > \frac{R_{eH}}{2}$$

式中：R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2；

σ_E ——按本节 2.2.7.4（1）和 2.2.7.5 计算的理想弹性屈曲应力，N/mm^2。

2.2.7.7 受剪时的临界屈曲剪切应力 τ_c 按下列各式计算：

$$\tau_c = \tau_E, \qquad \text{当 } \tau_E \leqslant \frac{\tau_s}{2}$$

$$\tau_c = \tau_s\left(1 - \frac{\tau_s}{4\tau_E}\right), \qquad \text{当 } \tau_E > \frac{\tau_s}{2}$$

式中：$\tau_s = \dfrac{R_{eH}}{\sqrt{3}}$；

R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2；

τ_E ——按本节 2.2.7.4（2）计算的理想弹性屈曲剪切应力，N/mm^2。

2.2.8 装载手册和装载仪

2.2.8.1 船舶竣工后，设计部门应及时编制该船的装载手册，并提交审批。装载手册的编制格式可参照 CCS《装载手册编制指南》。

2.2.8.2 船舶的装载应符合装载手册的规定，以避免在船体结构中产生不允许有的应力。

2.2.8.3 装载手册应包括以下内容：

（1）船舶设计所依据的装载工况，包括沿船长的许用静水弯矩和许用静水切力曲线；

（2）各种装载情况下的静水弯矩和静水切力的计算值，必要时还应考虑对扭转载荷和横向载荷的限制；

（3）结构（如舱口盖、甲板和双层底等）所允许的局部载荷。

2.2.8.4 船舶港口作业状态下的静水弯矩许用值和静水剪力许用值可以适当增加，增加值可取为按本节 2.2.3.1 所规定的波浪弯矩值的 50%和 2.2.3.2 所规定的波浪剪力值的 50%。

2.2.8.5 装载手册的批准条件：

（1）装载手册的批准应以船舶的完工数据为依据，手册应包括批准船体结构尺寸所依据的设计装载和压载工况；

（2）如船舶的改建导致船舶主要数据的改变，则要签发一份新的经批准的装载手册；

（3）装载手册应采用中文编制。

2.2.8.6　如配备装载仪，装载仪应符合 CCS《国内航行海船建造规范》的有关规定。

第 3 节　扭转强度

2.3.1　一般要求

2.3.1.1　当强力甲板上的开口符合第 1 章 1.2.4.7 大开口的条件时，其总纵强度除应满足本章第 2 节的要求外，还应按本节的要求校核船体的扭转强度。

2.3.1.2　在货舱区域内，至少应计算下列7个横剖面处的应力：

（1）机舱前端；

（2） 开口长度的前端，开口长度即为自机舱前的货舱舱口的后端至最前一个货舱舱口前端的距离；

（3）在开口长度内应有 5 个剖面，其中，至少应有 3 个剖面位于船中 0.4L 范围内。在设置剖面时，应尽可能将剖面设置在纵向结构突变处。

2.3.1.3　在货舱区域内，还应计算除本节 2.3.1.2 要求外的其他任何纵向结构突变处的横剖面上的应力。

2.3.2　水平弯矩

2.3.2.1　在船中剖面处的水平波浪弯矩 M_H 应按下式计算：

$$M_H = 0.064MCL^2B \qquad \text{kN·m}$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

M——弯矩分布系数，见本章2.2.3.1；

C——系数，见本章 2.2.3.1。

2.3.3　扭矩

2.3.3.1　沿船长任一剖面处的水动力扭矩 $M_{T(x)}$ 应按下式计算：

$$M_{T(x)} = 0.106LB^{2.3}\left(1.75+1.5\frac{Z_S}{D}\right)\frac{(1-\cos\frac{2\pi}{L}x)}{2} \qquad \text{kN·m}$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

D——型深，m；

Z_s——剪切中心至船底基线的距离，m，当剪切中心在船底基线下方时取正值，否则取负值。

x——从任一剖面至尾垂线的距离，m。

2.3.3.2　装载集装箱的船舶应计及货物装载不均匀所引起的货物扭矩，在船中剖面处的货物扭矩 M_{TC}，按下式计算：

$$M_{TC} = 15.7Bn_Bn_t \qquad \text{kN·m}$$

式中：B——船宽，m；

n_B——在船中部货舱内沿船宽方向的集装箱行数；

n_t——在船中部货舱内的集装箱层数，不包括甲板上和舱口盖上的集装箱。

在船长两端处的 M_{TC} 为零，沿船长的 M_{TC} 为由船中向两端按直线分布。

2.3.4　应力计算及衡准

2.3.4.1　船舶处于斜浪状态时的合成应力应为下列应力之和：

（1）垂向弯曲合成应力 σ_c 应按下式计算：

$$\sigma_c = \frac{\overline{M_s} + 0.6M_W}{W} \times 10^3 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：$\overline{M_s}$ ——许用静水弯矩，kN·m，见本章 2.2.5.4；

W——甲板处或船底处的垂向剖面模数，$c\text{m}^3$；

M_W——垂向波浪弯矩，kN·m，见本章 2.2.3.1。

（2）水平弯曲应力 σ_H 应按下式计算：

$$\sigma_H = \frac{yM_H}{I_H} \times 10^5 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：M_H——水平波浪弯矩，kN·m，见本节 2.3.2.1；

y——计算点距横剖面中心线的水平距离，m；

I_H——水平惯性矩，$c\text{m}^4$。

（3）由水动力扭矩 M_T 及货物扭矩 M_{TC} 所产生的翘曲正应力。

在强力甲板处和船底处的许用合成应力均为 $175/K$，N/mm^2，其中 K 为材料系数。

第 4 节　外板

2.4.1　船底板

2.4.1.1　船底板是指由平板龙骨至舭列板之间的外板。

2.4.1.2　船底为横骨架式时，船中部 $0.4L$ 区域内的船底板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1 = 0.065sE^{-1}（L+170）\sqrt{\frac{F_b}{K}} \qquad \text{mm}$$

$$t_2 = 6.4s\sqrt{dF_bK} \qquad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——肋骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

$E=1+\frac{s^2}{S^2}$，其中，S 为船底桁材或龙骨间距，m；

d——吃水，m；

F_b——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

2.4.1.3　船底为纵骨架式时，船中 $0.4L$ 区域内的船底板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1=0.039s（L+230）\sqrt{\frac{F_b}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=5.3s\sqrt{dF_bK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——纵骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

d——吃水，m；

F_b——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

2.4.1.4 离船端 0.075L 区域内的船底板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=（0.03L+5.5）\sqrt{\frac{sK}{0.7}} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——肋骨或纵骨间距，m，计算时取值应不小于 0.7；

K——材料系数。

2.4.1.5 船底板厚度应不小于按下式计算所得之值：

$$t=（0.03L+5.5）\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

K——材料系数。

船中部 0.4L 区域以外的船底板厚度，应能逐渐向端部船底板厚度过渡。

2.4.1.6 首部船底板的厚度还应符合本章第 15 节中的有关规定。

2.4.2 平板龙骨

2.4.2.1 平板龙骨的宽度 b 应不小于按下式计算所得之值：

$$b=900+3.5L \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m。

平板龙骨的宽度不必大于 1800mm。平板龙骨的宽度应在整个船长内保持不变。

2.4.2.2 平板龙骨的厚度应不小于根据其结构形式按本节 2.4.1 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。

2.4.3 舭列板

2.4.3.1 舭列板厚度，当舭列板处为横骨架式时，应不小于按本节 2.4.1.2 计算所得；当舭列板处为纵骨架式时，应不小于按本节 2.4.1.3 计算所得。

2.4.3.2 当船底和舷侧均为纵骨架式，而舭部不设纵骨，横向强力构件或相当舭肘板的设置满足本章 2.6.15.5 的要求时，舭列板的厚度应不小于 $\frac{rF_b}{165K}$（r 为舭部半径，mm，F_b 为船底折减系数，K 为材料系数），且应不小于相邻船底板的厚度。

2.4.4 舷侧外板

2.4.4.1 舷侧外板系指从舭列板至舷顶列板之间的外板。

2.4.4.2 舷侧为横骨架式时，船中部 0.4L 区域内舷侧外板厚度 t 应符合下列规定：

（1）距基线 $\frac{3}{4}$ D 以上的舷侧外板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1=0.066sE^{-1}（L+110）\sqrt{\frac{F_d}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=4.1s\sqrt{dK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——肋骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

$E=1+\frac{s^2}{S^2}$ ，其中，S 为舷侧纵桁间距，m；

d ——吃水，m；

F_d——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

（2）以距基线 0.5D 为中点的 $\frac{1}{2}D$ 范围内的舷侧外板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1=0.054s（L+110）\sqrt{\frac{F_m}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=4.8s\sqrt{dK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——肋骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

d ——吃水，m；

F_m——折减系数，取 F_d 和 F_b 中的较大者，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

（3）距基线 $\frac{1}{4}D$ 以下的舷侧外板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1=0.065sE^{-1}（L+110）\sqrt{\frac{F_b}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=5.9s\sqrt{dF_bK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——肋骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

$E=1+\frac{s^2}{S^2}$ ，其中，S 为舷侧纵桁间距，m；

d ——吃水，m；

F_b——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

2.4.4.3　舷侧为纵骨架式时，船中部 0.4L 区域内舷侧外板厚度 t 应符合下列规定：

（1）距基线 $\frac{3}{4}D$ 以上的舷侧外板厚度 t 尚应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1=0.054s（L+110）\sqrt{\frac{F_d}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=3.5s\sqrt{dF_dK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——纵骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

d ——吃水，m；

F_d——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

（2）以距基线 0.5D 为中点的 $\frac{1}{2}D$ 范围内的舷侧外板厚度 t 尚应不小于按下式计算所得之值：

$$t_1=0.054s（L+110）\sqrt{\frac{F_m}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=4s\sqrt{dK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——纵骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

d ——吃水，m；

F_m——折减系数，取 F_d 和 F_b 中的较大者，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

（3）距基线 $\frac{1}{4}D$ 以下的舷侧外板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t_1=0.054s（L+110）\sqrt{\frac{F_b}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=5.0s\sqrt{dF_bK} \quad \text{mm}$$

式中：s ——纵骨间距，m，计算时取值应不小于纵骨的标准间距；

L ——船长，m；

d ——吃水，m；

F_b——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K ——材料系数。

2.4.4.4　离船端 0.075L 区域内的舷侧外板厚度应满足本节 2.4.1.4 的要求。

2.4.4.5　舷侧外板厚度应不小于按下式计算所得之值：

$$t=(0.03L+5.5)\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

K——材料系数。

船中部 0.4L 区域以外的舷侧外板厚度，应能逐渐向端部舷侧外板厚度过渡。

2.4.5　舷顶列板

2.4.5.1　舷顶列板的宽度应不小于：

b=800+5L　mm，但也不必大于 1800mm

式中：L——船长，m。

2.4.5.2　舷侧为横骨架式时，船中 0.4L 区域内舷顶列板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=0.077s\,E^{-1}（L+110）\sqrt{\frac{F_d}{K}} \quad \text{mm}$$

式中：s ——肋骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

L ——船长，m；

$E=1+\frac{s^2}{S^2}$ ，其中，S 为舷侧纵桁间距，m；

F_d——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K ——材料系数。

2.4.5.3 舷侧为纵骨架式时，船中 0.4L 区域内的舷顶列板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=0.054s(L+110)\sqrt{\frac{F_d}{K}} \quad \text{mm}$$

式中：s ——纵骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

L ——船长，m；

F_d——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K ——材料系数。

2.4.5.4 在船中部 0.4L 区域内的舷顶列板的厚度，在任何情况下均应不小于强力甲板边板厚度的 0.85 倍，也不小于相邻舷侧外板的厚度加 1mm。舷顶列板的厚度可逐渐向两端过渡到端部的舷侧外板厚度。

2.4.5.5 舷顶列板与甲板边板的连接采用焊接时，舷顶列板上缘应平整，在船中部 0.5L 范围内应避免焊接其他装置；在此范围内或上层建筑间断处，如舷顶列板高出甲板，则在舷顶列板的甲板以上部分不应开流水孔。

用圆弧舷板时，圆弧半径应不小于板厚的 15 倍。圆弧舷板厚度至少应等于甲板板厚度。加工后应采取措施保证钢材应具有的性能。在船中部 0.5L 区域内的圆弧舷板上应尽量避免焊接甲板装置。

2.4.6 局部加强

2.4.6.1 与尾柱连接的外板、轴毂处的包板以及多推进器尾轴架托掌固定处的外板厚度，应不小于端部外板厚度的 1.5 倍，也不小于中部外板的厚度。

2.4.6.2 锚链筒处的外板及其下方一块板应予加厚或用复板。锚链筒出口处应有足够的圆弧半径，用钢板或铸钢制作的锚唇外缘的圆弧半径建议不小于锚链直径的 12 倍。

2.4.7 外板开口

2.4.7.1 在船中部 0.5L 区域内，舭列板弯曲部分应尽量避免开口，必需开口时，应开成长轴沿船长方向布置的椭圆形开口。

2.4.7.2 舷顶列板上的圆形孔，如避开舷缘和舱口边线外的任何甲板开口，且此孔的高度不超过舷顶列板高度的 20%或 380mm（取小者）时，则一般不必补偿。此项圆形孔应避开上层建筑端点。圆弧形舷缘上不允许开口。

2.4.7.3 海水进口及其他开口角隅应有足够大的圆角。通海阀箱厚度应与邻近的外板厚度相同，船长等于及大于 90m 时，应不小于 11mm。

2.4.7.4 舷门等开口角隅应采用足够大的圆角，而且要避开上层建筑端点和货舱口边线外的甲板开口。在船中部 0.5L 范围内，应完全补偿，补偿可用加厚板或复板，在船长方向应有足够长度。

2.4.8 舭龙骨

2.4.8.1 如在船体上安装有舭龙骨时，舭龙骨应连接在一根连续的扁钢上，此扁钢可焊接在船体上，舭龙骨上的端接缝、扁钢上的端接缝与外板上的端接缝都应相互错开。舭龙骨和扁钢不能突然中断，应逐渐减小，且在端点处的船体内应有适当的内部支持。

第 5 节　甲板

2.5.1　一般要求

2.5.1.1　本节规定适用于纵骨架式和横骨架式的各层甲板。

2.5.1.2　在船中部 0.4*L* 区域内中断的平台甲板，　应在中断处以水平肘板延伸适当长度。

2.5.2　强力甲板

2.5.2.1　船中 0.4*L* 区域内开口边线外强力甲板厚度 *t*，除应满足中剖面模数要求外，还应不小于按下列各式计算所得之值：

（1）横骨架式：

$$t_1=0.077s\,E^{-1}\,(L+110)\sqrt{\frac{F_d}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=0.95s\sqrt{(L+75)K} \quad \text{mm}$$

式中：s —— 横梁间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

L —— 船长，m；

$E=1+\frac{s^2}{S^2}$，其中，S 为甲板纵桁间距；

F_d—— 折减系数，见本章 2.2.5.6；

K ——材料系数。

（2）纵骨架式：

$$t_1=0.054s\,(L+110)\sqrt{\frac{F_d}{K}} \quad \text{mm}$$

$$t_2=0.8s\sqrt{(L+75)K} \quad \text{mm}$$

式中：s ——纵骨间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

L ——船长，m；

F_d—— 折减系数，见本章 2.2.5.6；

K ——材料系数。

2.5.2.2　在开口边线以内及离船端 0.075*L* 区域内的强力甲板，无论是纵骨架式或横骨架式，其厚度 *t* 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=0.8s\sqrt{(L+75)K} \quad \text{mm}$$

式中：*s*——骨材间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

L——船长，m；

K——材料系数。

2.5.2.3　强力甲板（包括端部甲板）的最小厚度 *t* 应不小于 6mm。

2.5.2.4　船中部强力甲板厚度应在船中部 0.4*L* 区域内保持相同，并逐渐向端部甲板厚度过渡。

2.5.2.5　如强力甲板在船首端无首楼保护时，在距首垂线 0.15*L* 以前的强力甲板板厚还应满足首楼甲板的要求。

2.5.3　甲板边板

2.5.3.1　强力甲板边板厚度，应不小于强力甲板厚度。船中 0.4L 区域的强力甲板边板宽度应满足

第 1 章第 4 节的有关要求。强力甲板边板在端部的宽度，应不小于其在船中部宽度的 65%。

2.5.4 甲板开口

2.5.4.1 当强力甲板上机炉舱、货舱开口的角隅是抛物线形或椭圆形时，角隅处的甲板不需设嵌入板，但应符合图 2.5.4.1 的规定。

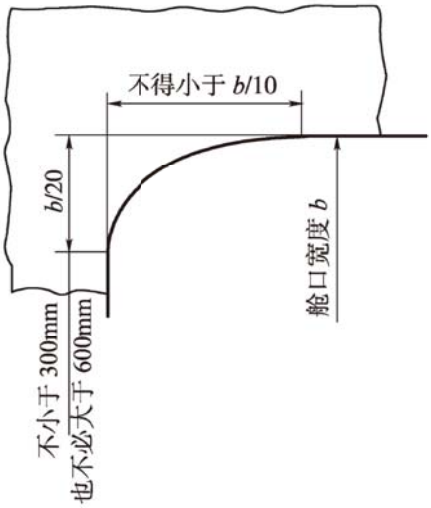


图 2.5.4.1

2.5.4.2 当强力甲板上的机炉舱、货舱开口的角隅是圆形时,角隅处要求设嵌入板,且角隅半径与舱口宽度之比不小于 1/20,但对于舱口围板处未设置甲板纵桁者不小于 1/10。如甲板伸进舱口围板内,圆形角隅的最小半径为 300mm；如舱口围板以套环形式与甲板内缘焊接时，圆形角隅最小半径为 150mm。

角隅处嵌入板的延伸范围应符合图 2.5.4.2 的规定（R 为舱口角隅半径；e 应不小于 760mm，且对于纵骨架式应不小于 1 个纵骨间距）。角隅处嵌入板端接缝应与舱口围板的端接缝以及甲板骨架的角接焊缝错开，嵌入板的厚度应较强力甲板增加 4mm。

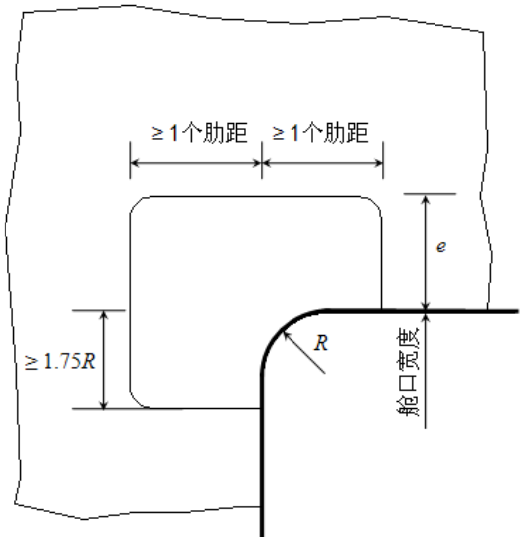


图 2.5.4.2

2.5.4.3 在强力甲板舱口边线外的开口应尽量减少，并应避开舱口角隅。所有开口角隅应有良好的圆角和光滑的边缘。

甲板室的端壁和货舱口角隅之间的强力甲板上应尽量避免开口。

2.5.4.4 在船中部 0.5L 区域内，强力甲板舱口线外的开口，符合本章 2.2.4.5 的规定时，不必补偿。

满足下列要求者，开口边缘不必加强：

（1）椭圆形开口的长轴应沿船长方向布置，且开口的长宽比不小于 2；

（2）其他形状的开口，如试验证明其应力集中系数对低碳钢小于 2；对高强度钢小于 1.5。

2.5.4.5 在船中 0.5L 区域内，强力甲板舱口线外的开口不符合本章 2.2.4.5 规定时，应予以补偿。通常的补偿方法是加厚甲板。当开口不符合本节 2.5.4.4（1）、（2）的规定时，应采用套环形式（如图 2.5.4.5），或其他等效方式加强开口边缘。当采用套环形式时，圆环板的剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$A = 0.5rt \qquad \text{mm}^2$$

式中：r——开口半径，mm，对椭圆形开口取为开口宽度的一半；

t ——甲板厚度，mm。

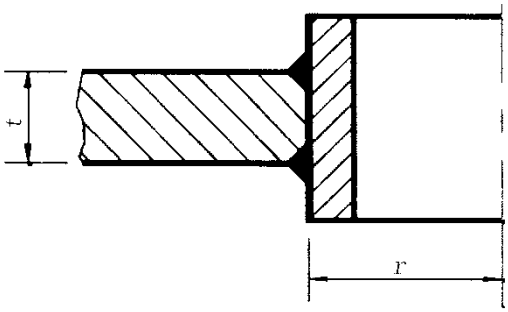


图 2.5.4.5

2.5.4.6 舱口线外的开口应尽量避开舱口角隅处和其他高应力区域。本节 2.5.4.4 和 2.5.4.5 的规定一般也适用于下甲板，但开口总宽度（见本章图 2.2.4.5 所示阴影部分）超过该甲板用作中剖面模数计算宽度的 15%时，方需补偿。

2.5.4.7 甲板开口的上述规定，一般也适用于船中部 0.5L 以外区域。

2.5.5 平台甲板

2.5.5.1 平台甲板的厚度 t，应不小于按下式计算所得之值：

$$t=9s\sqrt{K} \qquad \text{mm，且不小于 5.5mm}$$

式中：s——骨材间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

K ——材料系数。

2.5.6 升高甲板

2.5.6.1 对于升高甲板的要求见本章 2.17.8。

2.5.7 上层建筑端部

2.5.7.1 上层建筑端部甲板的加强应满足本章 2.17.6 的要求。

2.5.8 甲板敷盖

2.5.8.1 甲板敷盖材料应不腐蚀钢板，否则应用不腐蚀钢板的保护层使之与钢板有效地隔离。

2.5.8.2 在露天钢甲板上的木铺板厚度，当船长小于 120m 时，应不小于 50mm（松木）及 45mm（柚木）；当船长等于或大于 120m 时，应分别不小于 60mm 及 50mm。在遮蔽舱室内的钢甲板上的松木铺板厚度应不小于 40mm。

设有上述木铺板的钢甲板厚度可比不设木铺板的减薄 1mm。该木铺板的每一板条应在每一横梁处用螺柱固定于甲板上。

2.5.8.3 如以化学敷料代替钢甲板上的木铺板时，则钢甲板的厚度不应减薄。

第 6 节 双层底

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 双层底除应满足本节要求外，还应满足第 1 章第 7 节的有关要求。

2.6.1.2 双层底中断处船底纵向骨架应保持连续性，中断区域的单底中内龙骨和旁内龙骨应为双层底中桁材和旁桁材的延续部分；而内底板应在不小于 3 个肋距内逐渐缩小为中内龙骨和旁内龙骨的面板，此面板在双层底中断处的宽度应不小于旁内龙骨间距的一半。内底边板亦应向中断区域延伸不小于 3 个肋距；当内底边板为倾斜时，其延伸部分应有面板或折边，其宽度可逐渐减小。中断区域内，不与双层底旁桁材直接连续的旁内龙骨，应向双层底内延伸 3 个肋距，其高度可逐渐降低，其自由边应有折边。

2.6.1.3 机舱内，在主机部位应布置足够的纵桁，并应保持结构的连续性。对尾机型船舶，这些纵桁应尽可能向尾延伸，并应与强肋骨或肋板有效连接。

2.6.1.4 所有肋板、旁桁材上均应开人孔；除轻型肋板外，开孔的高度应不大于该处双层底高度的 50%，否则应予加强。各肋板开孔位置在船长方向应尽量按直线排列，以便利人员出入。在肋板的端部和横舱壁处的 1 个肋距内的旁桁材上，不应开人孔和减轻孔，否则开孔边缘应予加强。且开孔要光滑。

2.6.1.5 所有肋板、旁桁材、船底及内底纵骨上，均应有适当的流水孔和透气孔，并应考虑到泵的抽唧率，使自舱内各处到空气管和吸口的空气与水能自由流通。

2.6.1.6 双层底内肋板和桁材的最小厚度为 6mm。

2.6.2 中桁材

2.6.2.1 在船体中纵剖面处应设置中桁材。中桁材高度 h_0 应不小于：

$$h_0 = 25B + 42d + 300 \quad \text{mm，且不小于 760mm}$$

式中：B——船宽，m；

d——吃水，m。

对于双壳结构的船舶（设有双层底和双舷侧结构），可用内外壳中点之间的距离 B_e 作为等效船宽代替式中的船宽 B（见图 2.6.2.1），B_e 的取值一般应不小于 $0.9B$。如双层底的强度符合本规范相关船型的直接计算强度标准，双层底的高度可以适当减小。

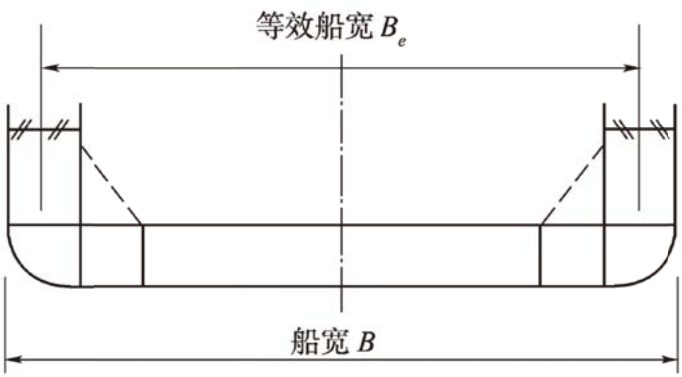


图 2.6.2.1

2.6.2.2 中桁材的厚度 t 应不小于下述规定：

（1）船中部 0.4*L* 区域内：

$$t = （0.007h_0+3.5）\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：h_0——双层底计算高度，mm；

K ——材料系数。

（2）船端 0.075*L* 区域内，中桁材厚度可比本条（1）的要求减少 2mm。

（3）炉舱内中桁材厚度应较船中部 0.4*L* 区域内中桁材增厚 2.5mm。

2.6.2.3 中桁材在船中部 0.75*L* 区域范围内应连续，并应尽量向首尾柱延伸。

2.6.2.4 船中部 0.75*L* 区域内，中桁材上不应开人孔或减轻孔，在个别特殊情况下一定要开孔时，应适当加强。

船中部 0.75*L* 区域以外，中桁材（舱壁前后 1 个肋距内除外）上可以开孔，但开孔的高度应不大于该处中桁材高度的 40%。

2.6.3 箱形中桁材

2.6.3.1 中桁材可用箱形中桁材（管隧）代替。箱形中桁材侧板厚度应不小于水密肋板的厚度，侧板之间的距离一般应不大于 2m；箱形中桁材区域的船底板和内底板应适当增厚。

2.6.3.2 箱形中桁材的骨架应满足下列要求：

（1）在箱形中桁材内的每个肋位上，应设置船底骨材和内底骨材，其剖面模数 *W* 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=20sdl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：*s*——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

l ——跨距，m，取两道侧板的间距；

K ——材料系数。

（2）船底骨材和内底骨材的两端应逐渐放大，与箱形中桁材侧板连接，其放大后的高度和长度应不小于骨材高度的 1.5 倍。同时，侧板的外侧无肋板的肋位上，应设置与实肋板等厚的肘板，并与船底和内底纵骨连接。

（3）箱形中桁材内在船体中心线处，应设置船底纵向骨材，该骨材在横向骨材处可间断。

2.6.3.3 箱形中桁材和中桁材的衔接处，至少应有不小于 3 个肋距的相互交叉过渡区。

2.6.4 横骨架式旁桁材

2.6.4.1 旁桁材的厚度应不小于按下式计算所得之值：

$$t = （0.0068h_0+1）\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：h_0——双层底计算高度，mm；

K ——材料系数。

水密旁桁材厚度较上式计算所得之值增厚 1㎜。如双层底与边液舱或深隔离舱内部相连通时，水密旁桁材厚度还应满足深舱要求。

2.6.4.2 船宽大于 10m 的船舶，中桁材两侧至少各设 1 道旁桁材；船宽大于 18m 时，中桁材两侧至少各设 2 道旁桁材，桁材之间的间距一般不大于 4m。但距首垂线 0.2*L* 以前区域，旁桁材设置间距应不大于 3 个肋距。旁桁材应尽可能均匀设置。

2.6.5 横骨架式实肋板

2.6.5.1 货舱和机舱实肋板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，但不必超过 13mm：

$$t = （0.0068h_0+1）\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：h_0——双层底计算高度，mm；

K ——材料系数。

炉舱内实肋板和污水阱处的实肋板应较上式增加 2mm。

2.6.5.2 至少每隔 4 个肋距应设置实肋板，且间距不大于 3.2m。船长超过 90m 或肋板高度超过 0.9m 时，实肋板上应设置垂直加强筋，其间距不大于 1.5m，厚度与肋板相同，宽度为肋板高度的 1/10。

机舱、锅炉座下、推力轴承座下应每个肋位上设置实肋板。横舱壁以及支柱下应设置实肋板。距首垂线 0.2L 以前区域应每个肋位上设置实肋板。

2.6.6 横骨架式水密肋板

2.6.6.1 水密肋板的厚度按下述规定：

（1）水密肋板厚度较货舱实肋板厚度增加 2mm，但一般不必大于 13mm。在横向水密舱壁下应尽量设置水密肋板；

（2）油舱的油密肋板厚度与上述要求相同。

2.6.6.2 水密肋板的高度大于 0.9m 时，应设置间距不大于 0.9m 的垂直加强筋，加强筋两端应削斜，其厚度和宽度应满足本节 2.6.5.2 的要求，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=5shl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s——加强筋间距，m；

h——由内底板到溢流管顶的垂直距离，m；

l——加强筋跨距，m；即实取的双层底高度；

K ——材料系数。

油舱的油密肋板加强筋的要求与上式相同。

2.6.6.3 当双层底与边液体舱或隔离舱内部相连通时，水密肋板的尺度应不小于对深舱的要求，同时垂直加强筋的端部要加肘板。

2.6.7 组合肋板

2.6.7.1 横骨架式的双层底在不设置实肋板的肋位上应设置组合肋板。其在中桁材及内底边板处的肘板宽度应不小于中桁材高度的 75%；其厚度应与该区域肋板的板厚相同；如双层底高度等于或大于 800mm 时，肘板应有面板或折边，其宽度为厚度的 10 倍，但不宜大于 90mm。旁桁材一边应设扶强材，扶强材尺寸与内底骨材相同，如图 2.6.7.1。图中 l 值大于 2.5m 时，应设满足本节 2.6.7.2 要求的中间撑柱。

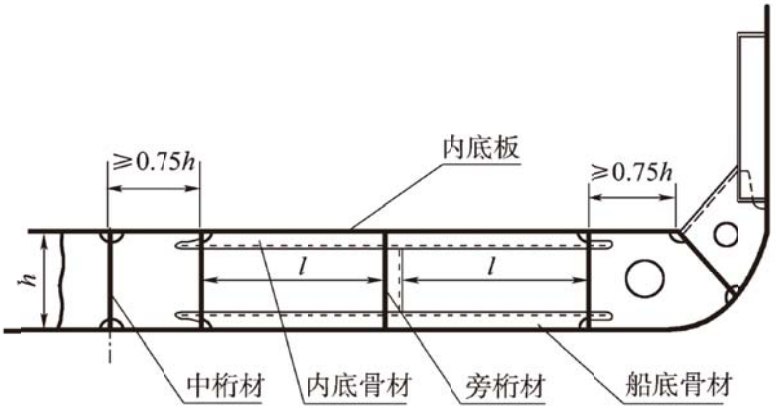


图 2. 6. 7. 1

2.6.7.2 组合肋板船底骨材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 6.5sdl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

l——骨材跨距，m，自肘板边缘量至旁桁材；

K——材料系数。

如在上述骨材跨距 l 的一半处设置中间撑柱时，则船底骨材的剖面模数应不小于上式计算值的一半。

中间撑柱截面积 A 应不小于按下列各式计算所得之值：

A=23.8+0.04W cm^2，当 W＞85cm^3 时

A=0.32W cm^2，当 W≤85cm^3 时

式中：W——船底骨材的剖面模数，cm^3。

内底骨材的剖面模数应为船底骨材的 85%。

在锅炉舱区域内的骨材及撑柱应增厚 2mm。

2.6.7.3 组合肋板的船底骨材及内底骨材与肘板搭接时，其搭接长度应不小于下列规定：

（1）当肋骨高度等于或小于 100mm 时，搭接长度应不小于 2 倍肋骨高度；

（2）当肋骨高度大于 100mm 时，搭接长度应不小于 1.5 倍肋骨高度，且不小于 200mm。

2.6.8 轻型肋板

2.6.8.1 横骨架式双层底在不设置实肋板的肋位上，可设置轻型肋板以代替组合肋板。轻型肋板腹板厚度不小于所在区域实肋板厚度。其开孔边缘至内底或船底的最小距离应不小于 0.2 倍中桁材高度；从中桁材和内底边板至开口边缘的距离应不小于 0.5 倍中桁材高度；旁桁材与开口边缘的距离不小于 0.25 倍中桁材高度；开口长度应不超过 1.2 倍中桁材高度，如图 2.6.8.1 所示。肋板上的垂直扶强材尺寸应满足本节 2.6.5.2 的要求，其间距应不大于 2.2m。

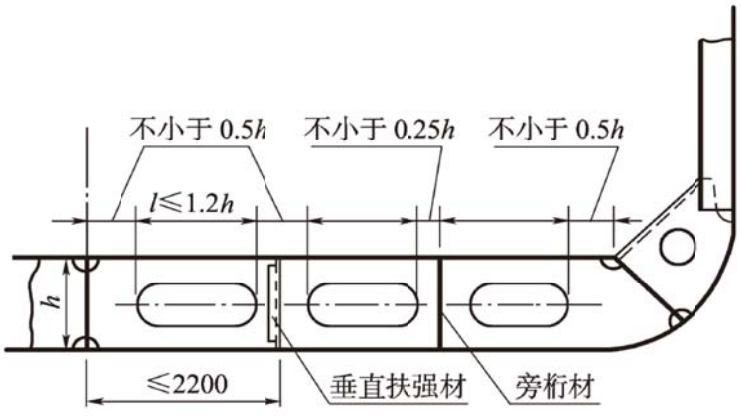


图 2.6.8.1

2.6.9 横骨架式内底板及内底边板

2.6.9.1 内底板的厚度 t 应不小于按下列各式计算所得之值：

在船中部 0.4L 区域内 t=（0.036L+4.5s+1.9）$\sqrt{K}$ mm

在机舱区域内 t=（0.05L+4.3）$\sqrt{K}$ mm

式中：L——船长，m；

S——肋骨间距，m；

K ——材料系数。

船端部 0.075L 区域内的厚度为船中部 0.4L 区域内厚度的 0.9 倍。其他区域的厚度应自船中部 0.4L 区域的厚度向端部的厚度逐渐过渡。

2.6.9.2　内底板的局部增厚：

（1）双层底内为燃油舱的区域，内底板厚度应不小于 7mm。

（2）如货舱舱口下未铺设木铺板时，应将舱口下内底板至少增厚 2mm。如采用抓斗或其他类似机械卸货而又未按第 3 章 3.5.2.5 规定铺设木铺板时，内底板至少增厚 5mm。

2.6.9.3　内底边板的宽度，当内底边板为向下倾斜形式时，应不小于中桁材高度的 80%；　为水平形式时，应不小于舭肘板宽度加 50mm。

内底边板向下倾斜时，在货舱区域内，当船长等于或小于 110m 时，应较内底板增厚 1.5mm；当船长大于 110m 时，应增厚 2mm。机舱和炉舱区域，不小于各区域的内底板厚度。

2.6.10　纵骨架式船底桁材

2.6.10.1　中桁材的高度和厚度与本节 2.6.2.1 和 2.6.2.2 要求相同。但在实肋板之间的中桁材两侧，应各设通达邻近纵骨的肘板，其间距一般不大于 1.20m，肘板厚度与肋板相同。如中桁材是水密的，则在肘板和肋板之间（间距大于一个肋距时）应设置间距不大于 0.9m 的垂直加强筋，其剖面模数应满足本节 2.6.6.2 的要求，厚度与中桁材腹板厚度相同，一般宽度为水密中桁材腹板高度的 1/10。

2.6.10.2　对船宽大于 12m 但不大于 20m 的船舶，中桁材两侧至少应各设 1 道旁桁材。对船宽大于 20m 的船舶，中桁材两侧至少应各设 2 道旁桁材，桁材之间的间距一般不大于 5m。距首垂线 0.2L 以前区域，旁桁材间距应不大于 4 个纵骨间距。旁桁材应尽可能均匀设置。

旁桁材和水密旁桁材的厚度应满足本节 2.6.4.1 的要求。如双层底与边液舱或深隔离舱内部相连通时，水密旁桁材厚度还应满足深舱要求。

旁桁材和水密旁桁材一般均应设置垂直加强筋。旁桁材垂直加强筋间距不大于 1.5m，厚度与旁桁材腹板厚度相同，宽度一般为旁桁材腹板高度的 1/10。水密旁桁材的垂直加强筋间距不大于 0.9m，厚度与水密旁桁材腹板厚度相同，宽度一般为水密旁桁材腹板高度的 1/10，剖面模数 W 应满足本节 2.6.6.2 的要求。

当旁桁材和水密旁桁材设置水平加筋时，加筋厚度一般与桁材腹板厚度相同，宽度一般为旁桁材高度的 1/10；水密旁桁材上的水平加筋，其剖面模数 W 还应满足本节 2.6.6.2 的要求。

2.6.11　纵骨架式肋板

2.6.11.1　在机舱区域，至少每隔 1 个肋位上应设置实肋板，但在主机座、锅炉座、推力轴承座下的每个肋位处均应设置实肋板。横舱壁下和支柱下应设置实肋板。

距首垂线 0.2L 以前区域应在每隔 1 个肋位上设置实肋板。其余区域实肋板间距应不大于 3.6m。

2.6.11.2　纵骨架式实肋板厚度应较本节 2.6.5.1 要求的实肋板厚度增厚 10%，但不必大于 15mm，而水密和油密肋板厚度与本节 2.6.6.1 相同。肋板上的每根纵骨处应设置垂直加强筋。肋板垂直加强筋的厚度等于肋板厚度，宽度应不小于 150mm；船长小于 90m 时，加强筋的宽度取不小于 1.65L（mm），但不小于 50mm。水密肋板的垂直加强筋尺寸还应满足本节 2.6.6.2 的要求。垂直加强筋应与内外底纵骨焊接。

肋板厚度与高度之比一般不小于 1/130。如双层底与边液舱或深隔离舱内部相连通时，水密肋板厚度及其扶强材均应按深舱的要求。

2.6.12　纵骨架式船底纵骨

2.6.12.1　船底纵骨的最大间距应不大于 1m。

2.6.12.2　船底纵骨的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W=\frac{9.2f}{(1.73-F_b)}dsl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

l——骨材跨距，m，不小于 1.5m；

d——吃水，m；

F_b—— 折减系数，见本章 2.2.5.6；

f——系数，有中间垂直撑柱时取 0.52，无中间垂直撑柱时取 1.0；

K——材料系数。

如实肋板间距大于 2.5m，可在跨距中点设置连接船底纵骨与内底纵骨的垂直撑柱，其剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

A=23.8+0.04W cm^2， 当 W＞85cm^3 时

A=0.32W cm^2， 当 W≤85cm^3 时

式中：W——纵骨的剖面模数，cm^3。

2.6.12.3 内底纵骨的剖面模数为船底纵骨剖面模数的 85%。在锅炉舱内，纵骨、撑柱及肘板等应增厚 2mm。

2.6.12.4 纵骨穿过非水密肋板时，纵骨应与肋板和该处肋板上的垂直加强筋焊接。当纵骨在水密肋板处中断时，纵骨应以肘板与水密肋板连接。肘板的尺寸应满足本章 1.3.6 的要求。纵骨采用了高强度钢时，船底纵骨应穿过水密肋板，但也可采用相应的替代结构。

2.6.13 纵骨架式内底板及内底边板

2.6.13.1 内底板的厚度应满足本节 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。

2.6.13.2 内底边板的厚度除满足按本节 2.6.13.1 的要求外，还应按本节 2.6.9.3 的要求增厚。

2.6.13.3 内底边板应在每个肋位处设置通达邻近底纵骨的肘板（见图 2.6.13.3），肘板边缘应作加强，肘板厚度与肋板相同。

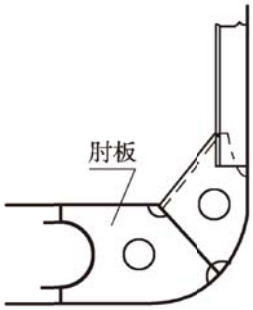


图 2. 6. 13. 3

2.6.14 铲车在舱内装卸货物的加强

2.6.14.1 采用铲车在货舱内装卸货物时，内底板及骨架还应满足第 6 章对车辆甲板的有关要求。

2.6.15 舭肘板

2.6.15.1 舭肘板应在每个肋位上设置。舭肘板厚度与实肋板厚度相同。舭肘板上可以开圆形减轻孔，但孔缘任何地方的板宽均应不小于舭肘板宽度的 $\frac{1}{3}$。

2.6.15.2 舭肘板的自由边缘应有面板或折边，面板或折边的宽度一般为其厚度的 10 倍。

2.6.15.3　舭肘板的标准高度和宽度按下述规定：

连接次要构件的舭肘板的高度为内底板至最近一层甲板之间高度的 10%或肋骨腹板高度的 2.2 倍，取较大者。连接主要构件的舭肘板的高度为肋骨腹板高度的 1.65 倍。舭肘板的宽度和高度相同。舭肘板的宽度和高度按图 2.6.15.3 所示量取。如双层底内底边板为水平式时，则在舭肘板趾端的双层底内肋板上应设置垂直加强筋（如图 2.6.15.3 所示），加强筋的要求与本节 2.6.5.2 相同。

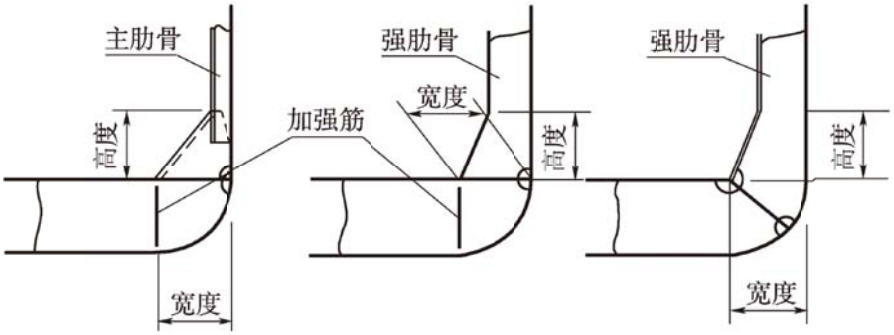


图 2. 6. 15. 3

2.6.15.4　如舭肘板与肋骨的连接方式采用搭接时，则搭接长度应满足本节 2.6.7.3 的要求。

2.6.15.5　当船底和舷侧采用纵骨架式且舭部不设纵骨时，该处的横向强力构件或相当舭肘板的间距 S 应不超过下式要求：

$$S = 8\times10^{6}\frac{t^{2}}{Dr}\sqrt{\frac{t}{r}} \qquad \text{mm}$$

式中：t ——舭板厚度，mm；

D——型深，m；

r ——舭部半径，mm。

同时，在实肋板之间还应设置适当数量的与舭部上下端弯曲处纵骨相连接的中间舭肘板。

第 7 节　单层底

2.7.1　一般要求

2.7.1.1　本节适用于船长不大于 90m 的横骨架式和纵骨架式单层底船舶。

2.7.2　实肋板

2.7.2.1　横骨架式船底一般应每个肋位设实肋板，如有特殊需要实肋板间距可适当加大但应不大于1.8m。纵骨架式船底的实肋板间距应不大于2.5m。

2.7.2.2　实肋板剖面模数W应不小于按下式计算所得之值：

$$W = cshl^{2}K \qquad \text{cm}^{3}$$

式中：s ——实肋板间距，m；

h——计算压头，m，取$1.14d$和$d+1$之大者；d—吃水，m；

l——实肋板跨距，m；

c——系数，根据实肋板跨距内的龙骨道数按下式计算：

$$c=a\left(l_1/l-1.1\right)+b$$

其中： a、b——系数，按表 2.7.2.2（1）选取；

l_1/l —舱长比，l_1 为舱底平面长度，m，取两横舱壁的间距，取值范围按表 2.7.2.2（2）。

K——材料系数。

表 2.7.2.2（1）

骨架型式 / 系数	横骨架式			纵骨架式		
	1 根龙骨	3 根龙骨	5 根龙骨	1 根龙骨	3 根龙骨	5 根龙骨
a	2.00			1.25		
b	3.2	2.8	2.4	2.0	1.75	1.5

表 2.7.2.2（2）

龙骨数 / l_1/l	1 根龙骨	3 根龙骨	5 根龙骨
上限值	1.5	1.7	1.9
下限值	1.1		

2.7.2.3 肋板面板的厚度应不小于肋板腹板的厚度，面板宽度应不小于其厚度的 10 倍，但亦不必大于 15 倍。

2.7.2.4 对具有显著的舭部（或向首尾端）升高的船舶，应增加实肋板的高度。当实肋板是水密舱壁或深舱、液舱舱壁的组成部分时，肋板在中纵剖面处的高度应不小于 900mm，其厚度应不小于舱壁底列板的厚度。

对小型船舶，肋板在中纵剖面处的高度可适当减小。

2.7.2.5 在机舱区域内，横骨架式单底应在每个肋位设置实肋板，纵骨架式实肋板间距不大于 1.25m。实肋板应为 T 型组合型材。机舱实肋板的剖面模数应不小于 2.7.2.2 计算所得值的 1.3 倍。

2.7.3 中内龙骨

2.7.3.1 在船舶中纵剖面处应设置中内龙骨。中内龙骨腹板的高度和厚度与该处的实肋板相同，面板剖面积应不小于该处实肋板面板剖面积的 1.5 倍。

2.7.3.2 中内龙骨一般应贯通全船，在舱壁处中断时应用下列方式之一与舱壁连接：

（1）将中内龙骨的腹板在 1 个肋距内逐渐升高至舱壁处，该处高度应为原高度的 1.5 倍。中内龙骨的面板应延伸至舱壁，并与之焊接，如图 2.7.3.2（1）所示；

（2）用有面板或折边的肘板与舱壁连接，肘板的高度和长度应等于中内龙骨的高度。此时，中内龙骨面板可不与舱壁焊接。肘板的厚度应与中内龙骨腹板厚度相同。如图 2.7.3.2（2）所示；

（3 将中内龙骨面板宽度在 1 个肋距内逐渐放宽，至舱壁处其宽度为原宽度的两倍，并与舱壁焊接。如图 2.7.3.2（3）所示。

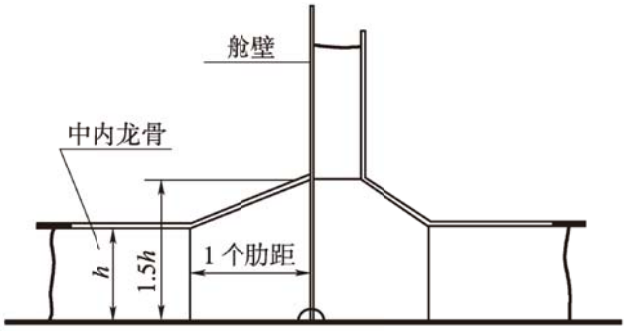


图 2.7.3.2（1）

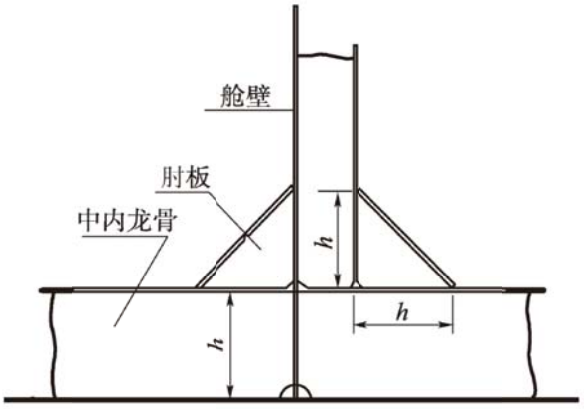


图 2.7.3.2（2）

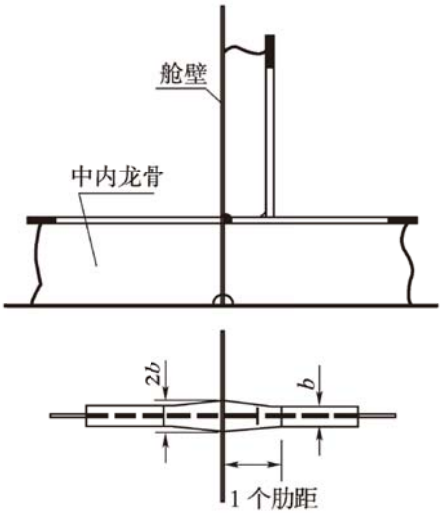


图 2.7.3.2（3）

2.7.3.3　如单机船的机座纵桁在整个机舱长度内是贯通的，并且在两端舱壁的背面均设有过渡的肘板时，则机舱内的中内龙骨可以省略，但在中内龙骨中断处的机舱内应设置长度不小于 2 个肋距的肘板作为中内龙骨的过渡，如图 2.7.3.3 所示。

对尾机型船舶，此种机座纵桁应尽可能地向尾延伸，且其端部应由强肋骨或实肋板支持。如由于尾部线型过于尖瘦导致在尾尖舱舱壁后无法设过渡肘板时，可不设过渡肘板。

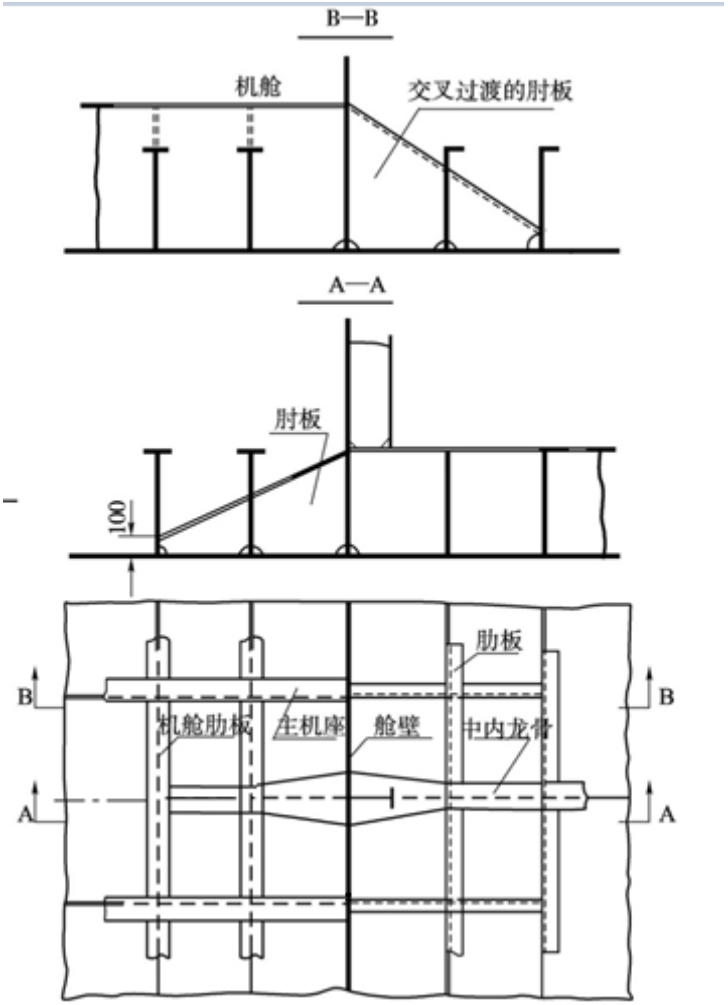


图 2. 7. 3. 3

2.7.4 旁内龙骨

2.7.4.1 旁内龙骨其尺寸与该处实肋板相同。

2.7.4.2 旁内龙骨应尽量均匀设置并向首尾延伸。旁内龙骨之间、旁内龙骨与中内龙骨、舷侧（或纵舱壁）之间的距离应不大于 2.5m。主机基座纵桁外侧，应设置按本节 2.7.4.1 要求的旁内龙骨，并应注意结构的连续性。对机舱在尾部的双机型船舶，若因机舱狭小而无法设置时，可不设置。

2.7.4.3 旁内龙骨在舱壁处的连接与对中内龙骨的要求相同，见本节 2.7.3.2。

2.7.5 横骨架式底肋骨

2.7.5.1 横骨架式船底未设实肋板的肋位上应设置底肋骨。底肋骨的剖面模数W应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 6.5sdl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

l——骨材跨距，m；

K——材料系数。

2.7.5.2　底肋骨的剖面惯性矩I应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 3Wl \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——按本节2.7.5.1计算所得的剖面模数；

l——同本节2.7.5.1式。

2.7.6　纵骨架式船底纵骨

2.7.6.1　船底纵骨的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W = \frac{9.2}{(1.73 - F_b)} dsl^2 K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

l——骨材跨距，m，不小于 1.5m；

d——吃水，m；

F_b——折减系数，见本章 2.2.5.6；

K——材料系数。

2.7.7　舭肘板

2.7.7.1　肋板与肋骨之间应用舭肘板连接。舭肘板的高度由基线算起为纵中剖面处肋板高度的 2 倍。舭肘板长度，由肋骨内缘算起等于纵中剖面处肋板高度。舭肘板厚度等于肋板厚度。舭肘板应有面板或折边。当为折边时，其折边宽度不应大于 10 倍肘板厚度，但不小于 50mm。

2.7.7.2　由于船舶线型或其他原因不能设置舭肘板时，肋板应向船侧升高到舭肘板所需的高度。

2.7.7.3　当舭肘板或肋板与肋骨搭接时，其搭接长度应不小于下列规定：

（1）当肋骨高度等于或小于 100mm 时，搭接长度应不小于 2 倍肋骨高度；

（2）当肋骨高度大于 100mm 时，搭接长度应不小于 1.5 倍肋骨高度，且不小于 200mm。

2.7.8　流水孔

2.7.8.1　船底肋板、旁内龙骨上均应开流水孔，流水孔大小应考虑到泵的抽唧率，使自船底部的各个流水孔至吸口均能自由流通。

第 8 节　舷侧骨架

2.8.1　一般要求

2.8.1.1　肋骨或舷侧纵骨的最大间距应不大于 1.0m。

2.8.2　肋骨

2.8.2.1　除首尾尖舱外，主肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = cc_1 sdl^2 K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——肋骨间距，m；

d ——吃水，m；

l ——肋骨跨距， m，但无论如何应不小于$\sqrt{D}$（D 为型深），在从距首垂线 0.2L 至防撞舱壁之间的区域内，应取用该区域中相似结构布置的最大肋骨跨距；

$$c=\frac{2+\frac{0.65d}{D}}{1.45-\frac{\sqrt{D}}{l}}$$

c_1——系数，当 $L<90$m 时，$c_1=0.95$，当 $L\geq 90$m 时，$c_1=0.9$；

K——材料系数。

2.8.2.2 对主肋骨剖面模数的修正：

（1）如舭肘板的高度小于本章 2.6.15.3 或 2.7.7.1 规定值，则每减小 100mm，按本节 2.8.2.1 规定计算所得的主肋骨剖面模数应增加 2.7%；

（2）如主肋骨与横梁或近舷侧甲板纵骨相连接的肘板的臂长大于 1.3.6.7 的规定值，则每增加 100mm，按本节 2.8.2.1 规定计算所得的主肋骨剖面模数可减小 1.3%。

2.8.2.3 如按均匀布置的原则设置满足本节 2.8.3.1 要求的舷侧纵桁，则可按下列规定减小主肋骨的剖面模数：

（1）当设置 1 根舷侧纵桁时，主肋骨的剖面模数可为按本节 2.8.2.1 或 2.8.2.2 计算所得值的 0.5 倍；

（2）当设置 2 根舷侧纵桁时，主肋骨的剖面模数可为按本节 2.8.2.1 或 2.8.2.2 计算所得的 0.3 倍；

（3）当设置 3 根舷侧纵桁时，主肋骨的剖面模数可为按本节 2.8.2.1 或 2.8.2.2 计算所得值的 0.25 倍。

2.8.2.4 舱口端梁下的主肋骨剖面模数应不小于本节所规定的普通主肋骨剖面模数的 1.67 倍。

2.8.2.5 当机舱位于船中部时，如未按本节 2.8.4.2 的规定在机舱内设置强肋骨，则应将机舱内主肋骨的剖面模数增加 50%。

2.8.2.6 在任何情况下，主肋骨的尺寸应不小于其上甲板间肋骨的尺寸，且剖面模数不小于 18cm^3。

2.8.2.7 主肋骨的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=3.2Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——本节所规定的主肋骨剖面模数，cm^3；

l——肋骨跨距，m，无舷侧纵桁时，同本节 2.8.2.1 的规定，当设有舷侧纵桁时，为肋板的面板或内底板的上缘与纵桁之间或舷侧纵桁之间或舷侧纵桁与最下层甲板的边线之间的垂直距离；

K——材料系数。

2.8.2.8 首、尾尖舱内的肋骨应满足下列要求：

（1）首、尾尖舱内最下层甲板以下的主肋骨剖面模数 W 和剖面惯性矩 I 应分别不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=4.14sdDK \qquad \text{cm}^3$$

$$I=3.5\ Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：s——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

D——型深，m；

l——肋骨跨距，m，即为肋板上缘与舷侧纵桁（开孔平台）或舷侧纵桁（开孔平台）之间或舷侧纵桁（开孔平台）与最下层甲板间的垂直距离；

K——材料系数。

（2）当首尖舱内的最下层甲板位于满载水线以上 1m 处下方时，最下层甲板至满载水线以上 1m 处区域内的甲板间肋骨也应满足本条（1）的要求；

（3）首尖舱内的其他甲板间肋骨应满足本节 2.8.2.9 的要求。

2.8.2.9 甲板间及上层建筑肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=CC_1sdl\sqrt{D}K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——肋骨间距，m；

d ——吃水，m；

l ——肋骨跨距，m。对于甲板间肋骨，当其实际跨距小于 2.6m 时应取 l=2.6m，对于上层建筑当其实际跨距小于 2.3m 时应取 l=2.3m；

D ——型深，m；

C ——系数，取 $C=0.63+3.6\frac{d}{D}$；

C_1——系数，按肋骨所在位置确定，对于甲板间，对 C_1=1.0；对于首楼肋骨，C_1=0.90；对于桥楼、尾楼肋骨，C_1=0.80；

K ——材料系数。

2.8.2.10 舱口端梁下的甲板间肋骨的剖面模数，应不小于本节所规定的普通甲板间肋骨剖面模数的 1.67 倍。

2.8.2.11 当机舱位于船中部时，如未按本节 2.8.4.2 的规定在机舱内设置强肋骨，则应将机舱内满载水线以上最低一层甲板以下的甲板间肋骨剖面模数增大 50%。

2.8.2.12 如首楼或尾楼的长度大于 $0.25L$，则位于首楼后端或尾楼前端的两根肋骨的尺寸应按该处上甲板下的甲板间肋骨公式计算。

2.8.2.13 桥楼两端各四根肋骨的尺寸应按该处上甲板下的甲板间肋骨公式计算。

2.8.2.14 肋骨端部的连接结构应满足下列要求：

（1）肋骨上端与横梁的连接肘板尺寸应符合第 1 章 1.3.6 的规定。当甲板为纵骨架式时，应将肋骨上端处的肘板伸至最近一根甲板纵骨，并予以焊接；

（2）主肋骨下端的舭肘板应满足本章第 6 节和第 7 节的有关要求；

（3）如将甲板间肋骨在下甲板处中断，则在中断处应设置肘板，肘板的尺寸与甲板间肋骨上端肘板的尺寸相同。若将甲板间肋骨及该甲板下方的肋骨均直接与下甲板焊接，则甲板间肋骨的下端可不设肘板。

2.8.3 舷侧纵桁

2.8.3.1 支持主肋骨的舷侧纵桁的剖面模数 W 和剖面惯性矩 I，应分别不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=7hbl^2K \quad \text{cm}^3$$

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

式中：b ——舷侧纵桁支持面积的宽度，m；

h ——从舷侧纵桁跨距中点至上甲板边线的垂直距离，m；

l——舷侧纵桁的跨距，m；

K ——材料系数。

2.8.3.2 在舷侧纵桁与横舱壁的连接处，应设置连接肘板，并应满足第 1 章 1.3.7 的要求。 在舷侧纵桁与强肋骨的连接处，应使舷侧纵桁的面板或折边具有足够的连续性。

2.8.3.3 在横骨架式的机舱区域内，当主肋骨跨距大于 6m 时，应设置支持主肋骨的舷侧纵桁，其剖面模数和剖面惯性矩均应满足本节 2.8.3.1 的规定，但其腹板高度应不小于主肋骨高度的 2.5 倍。

2.8.3.4 在横骨架式的机舱区域内，也可用间断的舷侧纵桁替代本节 2.8.3.3 所述的舷侧纵桁，但其间距一般应为 2.5m；其腹板高度与主肋骨的高度相同；其腹板厚度 t 和面板的剖面积 A，应分别不小于按下列两式计算所得之值：

$$t=0.021L+5.4 \quad \text{mm}$$

$$A=（0.125L+1）K \quad \text{cm}^2$$

式中：L——船长，m；

K ——材料系数。

2.8.4 横骨架式强肋骨

2.8.4.1 对于支持舷侧纵桁的强肋骨，其尺寸应由直接计算予以确定，计算时，假定强肋骨两端为刚性固定，强肋骨承受由舷侧纵桁传递的集中载荷（舷侧纵桁的计算水压头，应为舷侧纵桁的跨距中点至上甲板边线的垂直距离，m）的作用，取许用弯曲应力为 $93.2/K$ N/mm^2，许用剪切应力为 $83.4/K$ N/mm^2。

2.8.4.2 当机舱位于船尾部且船侧为横骨架式结构时，则在机舱区域内，应设置间距不大于 5 个肋骨间距的强肋骨，强肋骨应从内底延伸至上甲板。

2.8.4.3 在横骨架式的机舱区域内，支持舷侧纵桁的强肋骨的尺寸，应按本节 2.8.4.1 予以确定。

2.8.4.4 在横骨架式的机舱区域内，不支持舷侧纵桁的强肋骨，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

在最下层甲板以下： $W=4.5Shl^2K$ cm^3

在甲板间： $W=3Sdl\sqrt{D}K$ cm^3

式中：S ——强肋骨间距，m；

h ——从强肋骨跨距中点至上甲板边线的垂直距离，m；

l ——强肋骨的跨距，m；

d ——吃水，m；

D——型深，m；

K ——材料系数。

2.8.4.5 在横骨架式的机舱区域内，强肋骨的腹板高度应不小于相邻肋骨高度的 2.5 倍。

2.8.4.6 横骨架式强肋骨端部的连接结构应符合本章 2.6.15 和 2.9.7.8 的有关规定。

2.8.5 舷侧纵骨

2.8.5.1 上甲板以下的舷侧纵骨（包括舭部纵骨）的剖面横数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=\frac{8.5}{f}hsl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s ——纵骨间距，m；

l ——纵骨跨距，m；

f ——系数，应按下列两式计算，计算时取不大于 1.077：

$$f=1.73-F_d\frac{Z-Z_n}{D-Z_n}$$，当 $Z\geq Z_n$ 时；

$$f=1.73-F_b\frac{Z_n-Z}{Z_n}$$，当 $Z<Z_n$ 时；

h ——计算压头，应按下式计算：

$$h=0.26C+d-\frac{Z}{D}(0.06C+d)$$

Z_n ——船体横剖面的水平中和轴距基线的高度，m；

D ——型深，m；

d ——吃水，m；

C ——系数，见本章 2.2.3.1；

F_b、F_d ——折减系数，见本章 2.2.5.6；

Z ——纵骨距基线的高度，m；

K ——材料系数。

2.8.5.2 在从距首垂线 0.2L 至首尖舱舱壁之间的区域内，上甲板以下的舷侧纵骨的剖面模数，除应符合本节 2.8.5.1 的规定外，还应符合本节 2.8.5.4 的规定。

2.8.5.3 当机舱位于船尾部时，机舱区域内的舷侧纵骨的剖面模数，除应符合本节 2.8.5.1 规定外，还应不小于按本节 2.8.5.5 计算所得值的 0.8 倍。

2.8.5.4 在首尖舱内，舷侧纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=6.75shl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——纵骨间距，m；

h ——从纵骨至载重线要求最小船首高度以上 3m 的垂直距离，m；且不应小于纵骨至上甲板边线的垂直距离；

l ——纵骨跨距，m；但计算时取值不应小于 1.5m；

K ——材料系数。

2.8.5.5 在尾尖舱内，舷侧纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=7.65sl^2（h+0.167D）K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——纵骨间距，m；

l ——纵骨跨距，m，但计算时取值不应小于 1.5m；

h ——从纵骨至上甲板边线的垂直距，m，但应取 h 不小于 3m；

D ——型深，m；

K ——材料系数。

2.8.5.6 舷侧纵骨（包括舭部纵骨）的剖面模数，不必大于与其间距相同的船底纵骨的剖面模数。

2.8.5.7 舷侧纵骨应穿过强肋骨，且在纵骨腹板与强肋骨腹板的相交处应予以焊接。当舷侧纵骨在横舱壁处中断时，在舷侧纵骨与横舱壁的连接处应设置肘板，肘板应符合第 1 章 1.3.6 的有关规定。

2.8.6 纵骨架式强肋骨

2.8.6.1 当舷侧为纵骨架式时，应设置支持舷侧纵骨的强肋骨。强肋骨应设置在实肋板平面内。强肋骨的间距，当船长等于或小于 100m 时，一般应不大于 3.6m； 当船长大于 100m 时，一般应不大于（0.006L+3.0），m，其中 L 为船长。在首、尾尖舱内，纵骨架式强肋骨的间距：当船长等于或小于 100m 时，应不大于 2.5m；当船长大于 100m 时，应不大于 2.8m。

2.8.6.2 除机舱区域和首、尾尖舱外，纵骨架式强肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=cshl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：c ——系数，当上甲板下未设平台时，c = 8.5；当上甲板下设有平台时，c=6；

s ——强肋骨间距，m；

h ——从强肋骨跨距中点至上甲板边线的垂直距离，m；

l ——强肋骨跨距，m；

K ——材料系数。

2.8.6.3 在纵骨架式的机舱区域内，强肋骨剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

在最下层甲板以下： $W=9Shl^2K$ cm^3

在甲板间： $W=3.96Sdl\sqrt{D}\,K$ cm^3

式中：S ——强肋骨间距，m；

h ——从强肋骨跨距中点至上甲板边线的垂直距离，m；

l ——强肋骨的跨距，m；

d ——吃水，m；

D——型深，m；

K ——材料系数。

强肋骨腹板高度应不小于其所支持的舷侧纵骨高度的 2.5 倍。

2.8.6.4 在纵骨架式的首尖舱内，强肋骨的剖面模数 W 和剖面惯性矩 I，应分别不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=12.6Shl^2K \qquad \text{cm}^3$$

$$I=2.5\ Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：S——强肋骨间距，m；

h——从强肋骨跨距中点至首尖舱舱顶的垂直距离，或至溢流管顶的垂直距离的一半，m，取较大者；

l——强肋骨跨距，m；

K ——材料系数。

当设有撑杆时，强肋骨和撑杆的尺寸要求应另行考虑。

2.8.6.5 在纵骨架式的尾尖舱内，强肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=9Shl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：S——强肋骨间距，m；

h——从强肋骨跨距中点至上甲板边线的垂直距离，m；

l——强肋骨跨距，m；

K ——材料系数。

2.8.6.6 纵骨架式强肋骨端部的连接结构应符合本章第 6 节和第 9 节的有关规定。

第 9 节 甲板骨架

2.9.1 甲板计算压头

2.9.1.1 甲板的计算压头 h 应符合表 2.9.1.1 的规定。对于深舱处的甲板还应满足本章第 13 节的相关要求。

甲板计算压头 表 2.9.1.1

甲板名称及位置	计算压头 h（m）
首垂线 0.15L 以前的露天甲板	2.0
首垂线0.15L以后的露天甲板	0.9
仓库处所的甲板	1.2
机舱平台以及修理间和机舱物料间处所的甲板	1.6
上层建筑和甲板室甲板： 第 1 层 第 2 层及以上 距首垂线 0.2L 以前的首楼甲板	 0.45 0.32 同相应位置的露天甲板

2.9.2 甲板横梁

2.9.2.1 横骨架式甲板应在每个肋位上设置横梁，其剖面模数W应不小于按下式计算所得之值，且

不小于25s：

$$W = 6.9c_1shl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：c_1——系数，对强力甲板取1.45，其余甲板均取1.0；

s——横梁间距，m；

l——横梁跨距，m，且不小于2m；

h——甲板计算水柱高度，m，按表2.9.1.1确定。

K——材料系数。

2.9.2.2 对与舷侧相连的横梁，其剖面模数还应不小于与之连接的舷侧主肋骨剖面模数的 0.7 倍。

2.9.2.3 强力甲板横梁的剖面惯性矩I应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 3Wl / \text{K} \quad \text{cm}^4$$

式中：W——按本节2.9.2.1和2.9.2.2要求的剖面模数；

l——同本节2.9.2.1式。

K——材料系数。

2.9.2.4 甲板横梁的腹板高度应不小于 60mm，对甲板室甲板横梁的腹板高度可适当减小，但不应小于 45mm。

2.9.2.5 横梁与肋骨的连接应满足第 1 章 1.3.6 的要求。

2.9.2.6 应将横梁穿过甲板纵桁，并应在横梁与纵桁腹板的相交处进行焊接。当需将横梁在舱口纵桁或甲板纵桁的腹板处中断时，应设置肘板将横梁与纵桁连接，肘板的尺寸应符合 1.3.6 的规定，肘板应延伸至甲板纵桁面板。

2.9.3 横骨架式甲板纵桁

2.9.3.1 对于距首垂线 0.075L 以前的露天强力甲板和首楼甲板，其支持横梁的甲板纵桁的间距应不大于 3.6m；对于尾尖舱舱壁以后的上甲板和下甲板，其支持横梁的甲板纵桁的间距应不大于 3m。

2.9.3.2 支持横梁的甲板纵桁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：c——系数，强力甲板取$c=0.03L+4.8$，但不必大于6.6；非强力甲板取5.5；

h——按本节2.9.1.1的规定；

b——甲板纵桁支承面积的平均宽度，m；

l——纵桁跨距，m。

K——材料系数。

2.9.3.3 当支持横梁的甲板纵桁承受 1 个集中载荷时，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=0.102cPlK \quad \text{cm}^3$$

式中：P——集中载荷，kN；

l——甲板纵桁跨距，m；

c——系数，按表 2.9.3.3 选取。表中，a 为 P 的作用点至纵桁两支点间较远一点的距离，m；

K——材料系数。

系数 C 表 2.9.3.3

a/l	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.50
c	1.44	3.36	5.68	7.36	8.64	9.20	9.60	10

2.9.3.4 当支持横梁的甲板纵桁承受 2 个或 3 个集中载荷时，其剖面模数 W 应由直接计算确定。计算时，假定纵桁的两端为刚性固定，许用弯曲应力为 $124/K$ N/mm^2。

2.9.3.5 甲板纵桁的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.75Wl/K \quad \text{cm}^4$$

式中：W——本节所要求的甲板纵桁剖面模数，cm^3；

l ——甲板纵桁的跨距，m；

K ——材料系数。

2.9.3.6 甲板纵桁的腹板高度应不小于横梁穿过处的切口高度的 1.6 倍。对切口的设计，应使腹板上的应力集中为最小。甲板纵桁腹板的厚度应不小于其高度的 1%加 4mm。

2.9.3.7 当需将电缆和管系穿过甲板纵桁的腹板时，在腹板上的开孔高度应不超过腹板高度的 25%，开孔的宽度应不超过横梁间距的 60%或纵桁腹板的高度（为其较大者），否则应予以补偿。通常的补偿方法是设置补强复板、套环或加厚板，补强构件的横剖面积应不小于因开孔损失的纵桁腹板横剖面积，补强构件材料的强度等级应不低于腹板的材料强度等级。开孔的边缘至纵桁面板的距离应不小于纵桁腹板高度的 40%；开孔的边缘应光滑并具有良好的圆角。不应将开孔密度集中地布置在相邻的肋位内。离纵桁肘板趾端 200mm 范围内的纵桁腹板上，不应有任何开孔。

2.9.3.8 甲板纵桁的端部与横舱壁的连接应符合第 1 章 1.3.7 的有关规定。 对于参加总纵强度的甲板纵桁，应特别注意其在横舱壁处的结构纵向连续性。

2.9.4 横骨架式强横梁

2.9.4.1 对于支持甲板纵桁的强横梁，其尺寸应由直接计算确定。计算时，假定强横梁两端为刚性固定，并承受由甲板纵桁传递的集中载荷，许用弯曲应力为 $124/K$ N/mm^2。

2.9.4.2 支持甲板纵桁的强横梁的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2Wl/K \quad \text{cm}^4$$

式中：W——按本节 2.9.4.1 计算所得的强横梁剖面模数，cm^3；

l ——强横梁的跨距，m；

K ——材料系数。

2.9.4.3 支持甲板纵桁的强横梁的腹板厚度和腹板上的开孔均应符合本节 2.9.7.6 和 2.9.7.7 的规定。

2.9.4.4 支持甲板纵桁的强横梁与肋骨或强肋骨或纵舱壁的连接结构应符合本节 2.9.7.8 的规定。

2.9.5 甲板纵骨

2.9.5.1 甲板纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值，且不小于 25s：

$$W=cc_1shl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：c——系数，船中部强力甲板取 $c=0.05L+4$；中部以外向首、尾逐步递减至0.8c，但应不小于5.5；

非强力甲板取5.5；

c_1——系数，对强力甲板取1.45，其余甲板均取1.0；

h——按本节2.9.1.1的规定确定；

s——纵骨间距，m；

l——纵骨跨距，m；

K——材料系数。

2.9.5.2 甲板纵骨腹板高度均应不小于 60mm。

2.9.5.3 应将开口线外的甲板纵骨穿过强横梁，且在纵骨与强横梁腹板的相交处，应予以焊接。当甲板纵骨在舱口端梁或强横梁的腹板处中断时（限于甲板开口线内或船端部分），在甲板纵骨与舱口端梁或强横梁的连接处，应设置肘板，肘板的尺寸应符合第 1 章 1.3.6 的有关规定，并应将肘板沿舱口端梁腹板或强横梁腹板伸至舱口端梁或强横梁的面板。

2.9.5.4 当甲板纵骨在横舱壁处中断时，在甲板纵骨与横舱壁的连接处，应设置肘板，肘板的尺寸应符合第 1 章 1.3.6 的有关规定。采用高强度钢时，应将甲板开口线外的强力甲板纵骨连续穿过横舱壁，但也可采用相应的替代结构。

2.9.5.5 不应将开口线外的强力甲板纵骨终止在同一横剖面处，而应将其末端适当错开，并应将其延伸至横向构件。

2.9.6 纵骨架式甲板纵桁

2.9.6.1 对于支持强横梁的甲板纵桁，其尺寸应由直接计算确定，计算时，假定甲板纵桁的两端为刚性固定，并承受由强横梁传递的集中载荷，许用弯曲应力为 $124/K$ N/mm^2。

2.9.6.2 支持强横梁的甲板纵桁剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——按本节 2.9.6.1 计算所得的甲板纵桁剖面模数，cm^3；

l ——甲板纵桁跨距，m；

K——材料系数。

2.9.6.3 支持强横梁的甲板纵桁的腹板厚度和腹板上的开孔应分别符合本节 2.9.3.6 和 2.9.3.7 中的有关规定。

2.9.6.4 支持强横梁的甲板纵桁与横舱壁的连接结构应符合本节 2.9.3.8 中的有关规定。

2.9.7 纵骨架式强横梁

2.9.7.1 当甲板为纵骨架式时，应设置支持甲板纵骨的强横梁。甲板强横梁应设置在实肋板平面内。强横梁的间距：当船长等于或小于 100m 时，一般应不大于 3.6m；当船长大于 100m 时，一般应不大于（$0.006L$+3.0）m，其中 L 为船长。在首、尾尖舱内，纵骨架式强横梁的间距：当船长等于或小于 100m 时，应不大于 2.5m；当船长大于 100m 时，应不大于 2.8m。

2.9.7.2 在机舱区域和尾尖舱内，应将支持甲板纵骨的强横梁设在强肋骨所处的肋位上。

2.9.7.3 支持甲板纵骨的强横梁剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = cshl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：c——系数，强力甲板取5.7；非强力甲板取5.1；

h——按本节2.9.1.1的规定；

s——强横梁间距，m；

l——强横梁跨距，m；

K——材料系数。

2.9.7.4　当支持甲板纵骨的强横梁承受集中载荷时，对于其所增加的剖面模数，可按本节 2.9.3.3 或 2.9.3.4 对甲板纵桁的规定计算。

2.9.7.5　支持甲板纵骨的强横梁剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=cWlK \quad \text{cm}^4$$

式中：c——系数，对强力甲板取2.75，其余甲板均取2.2；

W——本节所规定的强横梁剖面模数，cm^3；

l——强横梁跨距，m；

K——材料系数。

2.9.7.6　强横梁的腹板高度应不小于甲板纵骨穿过处的切口高度的 1.6 倍。对切口的设计，应使腹板的应力集中为最小。强横梁腹板的厚度应不小于其高度的 1%加 4mm。

2.9.7.7　当需将电缆和管系穿过甲板强横梁的腹板时，在腹板上的开孔高度应不超过腹板高度的 25%，开孔的宽度应不超过甲板纵骨间距的 60%或强横梁腹板的高度（为其较大者），否则应予以补偿。通常的补偿方法是设置补强复板、套环或加厚板，补强构件的横剖面积应不小于因开孔损失的强横梁腹板横剖面积，补强构件材料的强度等级应不低于腹板的材料强度等级。开孔的边缘至强横梁面板的距离应不小于强横梁腹板高度的 40%；开孔的边缘应光滑并具有良好的圆角。不应将开孔密集地布置在相邻的纵骨间距内，离强横梁肘板趾端 200mm 范围内的强横梁腹板上不应有任何开孔。

2.9.7.8　强横梁端部与肋骨或强肋骨或纵舱壁之间应设置连接肘板，肘板的尺寸应符合第 1 章 1.3.7 的有关规定。当将强横梁与强肋骨或纵舱壁垂直桁的连接结构设计成整体形时，一般应使其形成环形框架，连接处的肘板应为圆弧形。其圆弧半径一般应不小于强横梁腹板高度和强肋骨或纵舱壁垂直桁腹板高度中的较小者，并应设面板将强横梁面板与强肋骨或纵舱壁垂直桁面板相连接，面板的尺寸应与强横梁面板尺寸相同。

2.9.8　舱口甲板纵桁

2.9.8.1　当将露天甲板的舱口甲板纵桁（包括露天甲板舱口围板）同时兼作甲板纵桁、且以舱口两端作为支点时，舱口甲板纵桁的剖面模数 W 和剖面惯性矩 I 应分别不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=7hbl^2K \quad \text{cm}^3$$

$$I=2.6Wl/K \quad \text{cm}^4$$

式中：h——甲板的计算压头，m，见本节 2.9.1.1；

b——舱口甲板纵桁所支承面积的平均宽度，m；

l——舱口甲板纵桁的跨距，m；

K——材料系数。

2.9.8.2　舱口甲板纵桁腹板在甲板以下的高度应不小于与其相连接的横梁腹板的高度。

2.9.8.3　舱口甲板纵桁腹板的厚度应不小于其高度的 1%加 4mm，舱口围板厚度和结构应满足本章 2.19.2.2 的要求。

2.9.8.4　在计算舱口甲板纵桁（包括舱口围板）的剖面模数和剖面惯性矩时，可算至舱口围板的水平面上缘（应扣除水平面板上的开孔）；当不设水平面板时，仅能算至围板的水平加强筋上缘。

2.9.8.5　对于舱口甲板纵桁延伸构件的尺寸，应予逐渐过渡。

2.9.8.6　当甲板为纵骨架式时，应设肘板将舱口甲板纵桁与强横梁相连接，若甲板下舱口甲板纵桁的腹板高度与强横梁的腹板高度相同，则应将舱口甲板纵桁直接与强横梁相连接。当强横梁的间距大于 2 个肋骨间距时，应在强横梁之间增设 1 块防倾肘板，防倾肘板应伸至舱口甲板纵桁面板和邻近的甲

板纵骨，肘板的厚度应与邻近的强横梁腹板厚度相同，肘板的折边或面板应符合第 1 章 1.3.6 的规定。

2.9.8.7　当甲板为横骨架式时，在每根横梁与舱口甲板纵桁的连接处均应设置肘板，并应将肘板伸至舱口甲板纵桁的面板，肘板的尺寸应符合第 1 章 1.3.6 的规定

2.9.9　舱口端横梁

2.9.9.1　当舱口端横梁支持舱口纵桁承受的全部载荷时，在船宽范围内，端横梁应为连续结构，其剖面模数 W 和剖面惯性矩 I 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=4.6chAlK \qquad \text{cm}^3$$

$$I=3Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：l——端横梁的跨距，m；

K——材料系数；

A——载荷面积，m^2；应按下列情况予以确定：

① 当甲板为纵骨架式、且舱口纵桁的延伸部分支持 1 根或 1 根以上强横梁时，见图 2.9.9.1（1）：

$$A=F_1+2F_3+F_4+F_5$$

② 当甲板为纵骨架式，但舱口纵桁的延伸部分不支持强横梁时，见图 2.9.9.1（2）：

$$A=F_1+F_2+F_3$$

③ 当甲板为横骨架式，且不设附加纵桁时，见图 2.9.9.1（3）：

$$A=F_1+F_4$$

④ 当甲板为横骨架式，且设附加纵桁时，见图 2.9.9.1（4）：

$$A=F_1+F_4;$$

h——甲板的计算压头，m，见本节 2.9.1.1；

c——系数，根据舱口纵桁距中纵剖面的距离 a 选取：当 $a\geq l/2$（l 为端横梁的跨距）时，c=1.6，当 $a\leq l/3$ 时，c=1.5，当 $l/3<a<l/2$ 时，以内插法求得 c。

2.9.9.2　舱口端横梁与肋骨或强肋骨或纵舱壁的连接结构应满足本节 2.9.7.8 的要求。

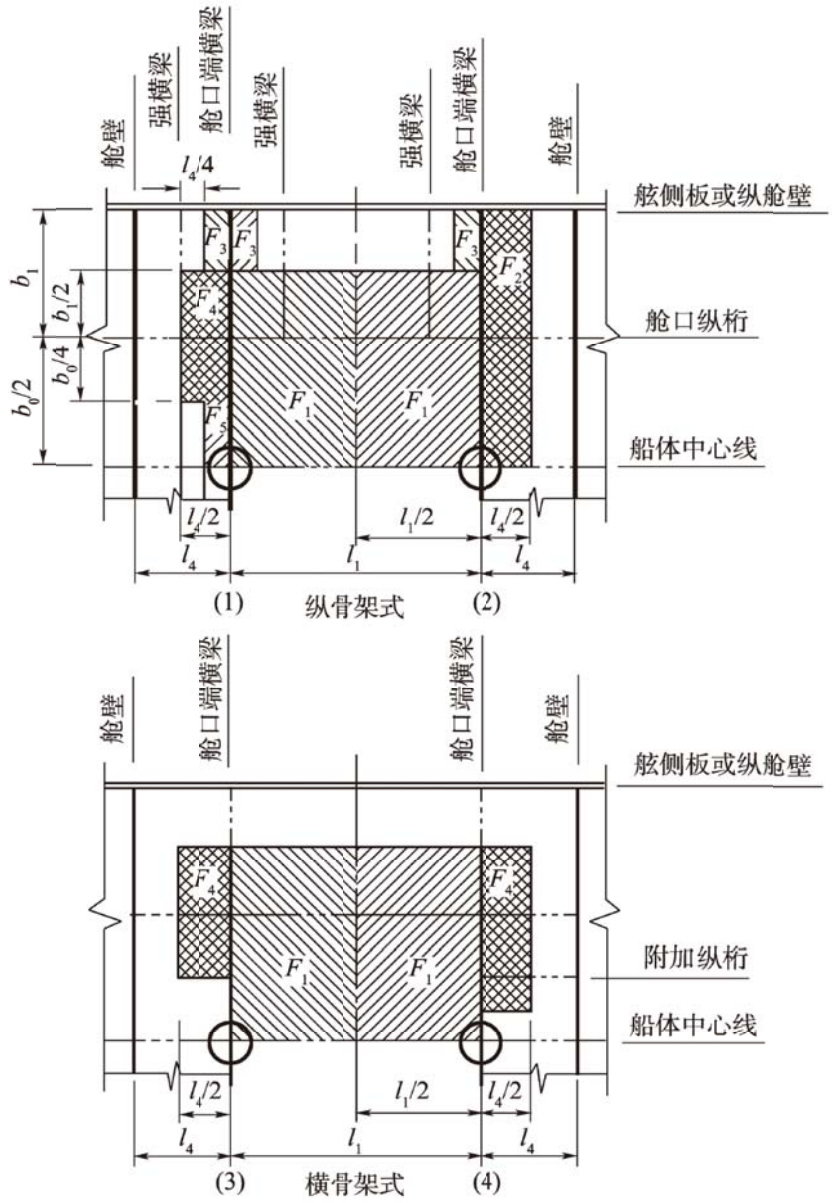


图 2.9.9.1

第 10 节 支柱

2.10.1 支柱负荷的确定

2.10.1.1 当仅在强力甲板（或干舷甲板）下方设置支柱时，支柱的计算负荷*P*应按下式计算：

$$P = 9.81kabh \quad \text{kN}$$

式中：*a*、*b*——支柱所支撑甲板面积的长度和宽度，m，如图2.10.1.2（1）所示；

h——甲板上的计算水柱高度，m，按本章2.9.1.1的规定确定；

k——系数，$k = 0.5(1 + d_0 / h)$；

其中：d_0——船底计算水柱高度，m，空舱内的支柱取为满载吃水，货舱（含机舱）内的支柱取为满载吃水的0.6倍；当d_0<1.0m时，取d_0=1.0m。

2.10.1.2 当多层甲板自下而上连续设置支柱时，各层甲板下支柱的计算负荷*P*应按下式计算：

$$P = 9.81abh + c_1\left(0.95P'\right) \quad \text{kN}$$

式中：h——按本章2.9.1.1的规定确定；

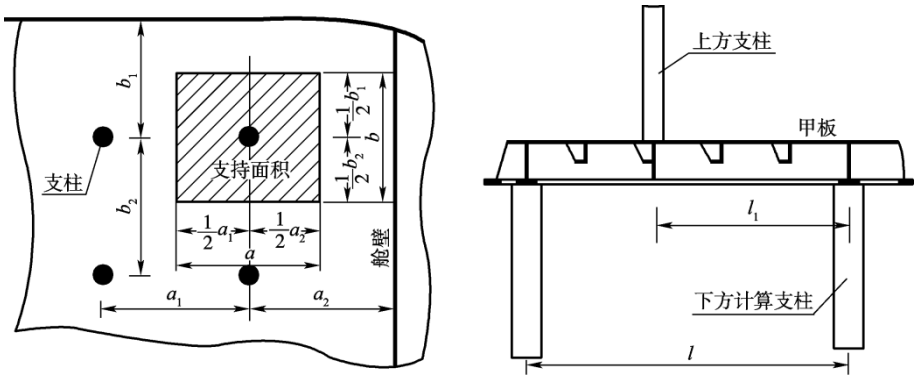
a、b——支柱所支撑甲板面积的长度和宽度，m，如图2.10.1.2（1）所示；

P'——上方支柱的负荷，kN；

c_1——系数，$c_1 = 2\left(l_1 / l\right)^3 - 3\left(l_1 / l\right)^2 + 1$；

其中：l_1——为上方支柱中心线至如图2.10.1.2（2）所示的下方计算支柱中心线间的距离，m；

l——为下方计算支柱中心线至如图2.10.1.2（2）所示的相邻支柱中心线（或舱壁）间的距离，m。



（1）　　（2）

图 2.10.1.2

2.10.2　支柱的剖面积

2.10.2.1　支柱的剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

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

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。

2.10.3　支柱的最小壁厚

2.10.3.1　管形支柱的壁厚 t 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$t = \frac{P}{0.392d_p - 4.9l} \quad \text{mm}$$

$$t = \frac{d_p}{40} \quad \text{mm}$$

式中：P——支柱所受的载荷，kN，见本节 2.10.1；

l——见本节 2.10.2.1；

d_p——管形支柱的平均直径，mm。

管形支柱的最小壁厚：船长 L＜60m 时为 5mm；60m≤L＜90mm 时为 6mm；L≥90m 时为 7mm。

2.10.3.2　组合形支柱以及轧制型材支柱均应符合下列规定：

（1）空心矩形剖面支柱的壁厚 t 以及工字形或槽形剖面支柱的腹板厚度 t，应不小于按下列两式计算所得值中的较小者：

$$t=\frac{br}{60l} \quad \text{mm}$$

$$t=\frac{b}{55} \quad \text{mm}$$

式中：b ——空心矩形剖面的长度，mm，工字形或槽形剖面的腹板高度；

l、r——见本节 2.10.2.1。

空心矩形剖面支柱的最小壁厚以及工字形或槽形剖面支柱的最小腹板厚度：船长 L＜60m 时为 5mm；60m≤L＜90m 时为 6mm；L≥90m 时为 7mm；

（2）角形剖面支柱的角边厚度 t 以及槽形剖面支柱的面板厚度 t 均应不小于按下列两式计算所得值中的较小者：

$$t=\frac{br}{20l} \quad \text{mm}$$

$$t=\frac{b}{18} \quad \text{mm}$$

式中：b ——角形剖面的角边宽度，mm，槽形剖面的面板宽度；

r、l——同本节 2.10.2.1；

（3）工字形剖面支柱的面板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得值中的较小者：

$$t=\frac{br}{40l} \quad \text{mm}$$

$$t=\frac{b}{36} \quad \text{mm}$$

式中：b ——工字形剖面的面板宽度，mm；

r、l——同本节 2.10.2.1。

2.10.4 支柱端部的结构加强

2.10.4.1 应保证支柱上下端处的结构能合理地承受和传递载荷。管形支柱和空心矩形剖面支柱的上端应与由有效肘板支持的板相连接。在组合形或轧制型材支柱的上端和下端应设纵向和横向的肘板。在支柱的下方应设置复板或加厚板。

2.10.4.2 应将支柱设置在实肋板上或桁材上，并应在实肋板或桁材上设置垂直加强筋。当支柱的间距较大时，应将支柱设置在实肋板与桁材的交叉点上，如不设在交叉点上则应在支柱下面设置局部肋板或局部桁材。在支柱下面的肋板和桁材上不应开设人孔。

2.10.4.3 当在轴隧上或其他较弱的骨架上设置支柱时，则应对该部位的结构作适当加强。

2.10.4.4 对于压载舱或其他液舱内的支柱，应注意可能受拉的影响。

第 11 节 非水密支承舱壁

2.11.1 一般要求

2.11.1.1 舱壁板的最小厚度在下层货舱内应为 7mm，在甲板间舱内应为 6mm；船长小于 90m 时，最小厚度均应为 5mm。

2.11.1.2 舱壁扶强材的最大间距为 1500mm。

2.11.1.3　支承横梁、纵骨、纵桁、强横梁等的舱壁扶强材的剖面积 A（包括宽度不超过 600mm 的扶强材带板）应不小于按下列各式计算所得之值：

$$A=\frac{KP}{12.26-5.1\dfrac{l}{r\sqrt{K}}}\quad \text{cm}^2，当\frac{s}{t}\leqslant 80\text{ 时；}$$

$$A=\frac{KP}{4.86-1.475\dfrac{l}{r\sqrt{K}}}\quad \text{cm}^2，当\frac{s}{t}\geqslant 120\text{ 时}$$

$80<\dfrac{s}{t}<120$ 时，A 由内插法求得。

式中：P、r——见本章 2.10.2. 1；

l——扶强材跨距，m；

s——扶强材间距, mm；

t——舱壁板厚度, mm，

K——材料系数，但取值应不小于 0.72。

2.11.1.4　扶强材腹板的最小高度，在下层货舱内应为 150mm，在甲板间舱内应为 100mm；船长小于 90m 时，最小高度分别应为 100mm 和 75mm。

第 12 节　水密舱壁

2.12.1　一般要求

2.12.1.1　水密舱壁除应满足本节要求外，还应满足第 1 章第 7 节的有关要求。

2.12.1.2　横向水密舱壁的总数一般应不少于表 2.12.1.2 的规定。

水密舱壁总数　　**表 2.12.1.2**

船型 \ 船长	$L\leqslant 60$	$60<L\leqslant 85$	$85<L\leqslant 105$	$105<L\leqslant 125$	$125<L\leqslant 145$	$L>145$
中机型	4	4	5	6	7	8
尾机型	3	4	5	6	6	7

2.12.1.3　横向水密舱壁的设置应满足下列要求：

（1）除防撞舱壁和尾尖舱壁外，其余水密舱壁均应通至舱壁甲板；

（2）货舱舱壁应均匀地间隔设置。当一个货舱的长度超过 30m 时，横向结构应予以加强，并提交相应的技术支持文件；

（3）由于特殊运输需求，如水密舱壁的设置无法满足表 2.12.1.2 的要求时，只要进行适当的结构补偿并经直接计算证实船体的横向强度是足够的，可减少一道或几道水密舱壁。

2.12.1.4　水密舱壁为深舱舱壁组成部分时，其结构应同时满足本章第 13 节对深舱舱壁的要求。

2.12.1.5　舱壁形式可采用平面舱壁、对称槽形舱壁或双层板舱壁。

2.12.2　防撞舱壁

2.12.2.1　计算防撞舱壁构件时，其 h 值应为相应规定高度的 1.25 倍。

2.12.3　平面舱壁板

2.12.3.1　平面舱壁板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，但应不小于 5.5mm：

$$t=4s\sqrt{hK}\qquad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m；

h——在舷侧处由列板下缘量到舱壁甲板的垂直距离，m，取值应不小于 2.5m；

K——材料系数。

2.12.3.2 污水沟或舱底污水井处的舱壁板应增厚 2.5mm，尾管通过处舱壁板的厚度应增加 1 倍。

2.12.3.3 舱壁最下列板由内底板算起（单底时自船底算起）的高度应不小于 900mm。如舱壁一面设有双层底而另一侧为单底时，最下列板至少高出双层底平面 300mm。

2.12.3.4 如舱壁板厚度同与其连接的桁材腹板厚度相差过大时，该连接区域的舱壁板应予增厚。

2.12.4 平面舱壁扶强材

2.12.4.1 舱壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=Cshl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——扶强材间距，m；

h ——在舷侧处由扶强材跨距中点量到舱壁甲板的垂直距离，m，但取值不小于 2m；

l ——扶强材跨距，m；

C——系数，按下面情况选取：

C=6，扶强材端部不连接或与无扶强的板直接连接；

C=3，扶强材端部用肘板连接；扶强材端部直接同纵向构件搭接；

K——材料系数。

扶强材端部直接同纵骨架式甲板板（内底板）连接，且扶强材和纵骨的腹板在同一平面内；扶强材端部同甲板或桁材腹板直接连接，但甲板或桁材另一边应具有与之连接且与该扶强材在同一直线上的至少为相同剖面的相邻构件。

2.12.4.2 当横向舱壁支持甲板纵桁时，应在甲板纵桁位置设置舱壁扶强材，该扶强材连带板剖面积还应满足本章第 11 节对非水密支承舱壁的要求。

2.12.4.3 舱壁扶强材端部肘板尺寸应符合第 1 章 1.3.6 的规定。

扶强材端部不连接的形式仅适用于上甲板间舱。

2.12.4.4 扶强材上下端的肘板应分别延伸到舱壁邻近的横梁或肋板，并牢固地与之焊接。如甲板或底部为纵骨架式而舱壁扶强材末端之肘板又不在纵骨平面内时，应在肘板末端与纵骨之间设置加强筋。

2.12.4.5 扶强材腹板的最小高度应满足本章 2.11.1.4 的要求，腹板的厚度 t 应满足下列要求：

对于有折边或面板的轧制或组合扶强材：$t \geqslant \dfrac{d_w}{60\sqrt{K}}$ mm

对于扁钢扶强材：$t \geqslant \dfrac{d_w}{18\sqrt{K}}$ mm

式中：d_w——扶强材腹板高度，mm；

K——材料系数。

2.12.5 对称槽形舱壁

2.12.5.1 槽形各部分尺度的代号见第 1 章图 1.3.4.3。

2.12.5.2 槽形舱壁的尺寸应满足下列要求：

（1）槽形舱壁一个槽形宽度的剖面数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=Cshl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：l ——槽形跨距，m；

h ——在舷侧处由槽形跨距中点量至舱壁甲板的垂直距离，m，但取值不小于 2m；

s ——一个槽形宽度，m；

C——系数，按表 2.12.5.2 规定的端部固定情况选取；

K——材料系数。

（2）槽形斜面部分与平面部分的夹角 $\alpha \geqslant 40^{\circ}$；

***C* 值** **表 2.12.5.2**

上端 / 下端	直接同甲板连接	按本节图 2.12.5.2（2）或（3）所示
按本节图 2.12.5.2（1）或（2）或（3）所示	5.04	3.84

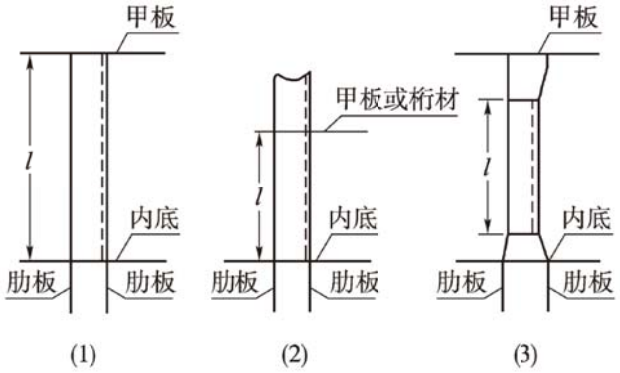


图 2. 12. 5. 2

2.12.5.3 对称槽形舱壁板的厚度 t 应符合本节 2.12.3.1 的规定，且应符合下列要求：

$$\text{在顶部：}\ t \geqslant \frac{a}{85\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

$$\text{在底部：}\ t \geqslant \frac{a}{70\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

式中：a ——槽型平面部分宽度，mm；

K ——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求（另见第 1 章 1.5.7），则可取较低强度等级的 K 值计算。

2.12.5.4 槽形舱壁跨距中点的板厚应保持至不低于跨距中点以上 0.2l 处。

2.12.6 双层板舱壁

2.12.6.1 双层板舱壁隔板剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=Cs\hbar l^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——隔板间距，m，见第 1 章图 1.3.4.4；

h ——在舷侧处由跨距中点量至舱壁甲板的垂直距离，m，但取值不小于 2m；

l ——隔板跨距，m；

C ——系数，按表 2.12.6.1 规定的端部固定情况选取；

K ——材料系数。

***C* 值** **表 2.12.6.1**

上端 / 下端	直接同甲板连接	按本节图 2.12.5.2（2）或（3）所示
按本节图 2.12.5.2（1）或（2）或（3）所示	3.96	3.00

2.12.6.2 双层板舱壁的尺寸满足本节 2.12.6.1 和 2.12.3.1 的要求外，还应满足下列要求：

（1）双层板舱壁板厚度 t_p 应满足下列要求：

$$\text{在顶部：}\ t_p \geqslant \frac{s}{75\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

$$\text{在底部：}\ t_p \geqslant \frac{s}{65\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

式中：s——隔板间距，mm；

K——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求（另见第 1 章 1.5.7），则可取较低强度等级的 K 值计算。

（2）双层板舱壁的隔板厚度 t_w 和剪切面积 A_w 应满足下列要求：

$$\text{在顶部：}\ t_w \geqslant \frac{b}{85\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

$$A_w \geqslant 0.12\frac{W}{l} \qquad \text{cm}^2$$

$$\text{在底部：}\ t_w \geqslant \frac{b}{75\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

$$A_w \geqslant 0.18\frac{W}{l} \qquad \text{cm}^2$$

式中：b——双层板舱壁的舱壁板之间的间距，mm；

W——本节 2.12.6.1 要求的剖面模数，cm^3 ；

l——隔板的跨距，m；

K——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求（另见第 1 章 1.5.7），则可取较低强度等级的 K 值计算。

2.12.6.3　双层板舱壁跨距中点处板的厚度应保持至不低于跨距中点以上 $0.2l$。双层板舱壁隔板自每端 1/3 长度内不应开人孔或类似开孔。

2.12.7　桁材

2.12.7.1　桁材剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=6.6bhl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——桁材支持面积的宽度，m；

h——在舷侧处，由桁材跨距中点量至舱壁甲板的垂直距离，m，但取值不小于 2m；

l——桁材跨距，m；

K——材料系数。

2.12.7.2　桁材腹板高度应不小于其支持的舱壁扶强材腹板高度的 2.5 倍，面板宽度应不大于腹板高度或面板厚度的 35 倍。

2.12.7.3　桁材的末端应用肘板连接。肘板应延伸至邻近的肋骨或舱壁扶强材，肘板的尺寸应符合第 1 章 1.3.7 的有关规定。

2.12.8 水密舱壁台阶

2.12.8.1 舱壁台阶处甲板或平台的横梁剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=4.2shl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——横梁间距，m；

h——在舷侧处由构成舱壁台阶处的甲板或平台量至舱壁甲板的垂直距离，m，但取值不小于 2m；

l ——横梁跨距，m，但取值不小于 2m；

K ——材料系数。

2.12.8.2 台阶处甲板板或平台板的厚度应按本节 2.12.3.1 的规定增厚 1mm，此时公式中的 s 取横梁间距。

2.12.8.3 台阶处甲板板或平台板的厚度及横梁尺寸，在任何情况下皆应不小于本章第 5 节及第 9 节对相应的甲板板和横梁所要求的尺寸。

第 13 节 深舱

2.13.1 一般要求

2.13.1.1 本节所述的深舱是指用于装载液体（如水、燃油等）的舱，其在舱室或甲板间构成船体的一部分。

2.13.2 平面舱壁

2.13.2.1 平面舱壁板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=3.95s\sqrt{\rho hK}+2.5 \qquad \text{mm}$$

式中：s ——扶强材间距，m；

h——由舱壁板列下缘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；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

K ——材料系数。

板的厚度应不小于：当 $L\geqslant$90m 时为 8mm；当 60m$\leqslant L<$90m 时为 7mm；当 $L<$60m 时为 6mm。

2.13.2.2 污水沟或污水阱处的舱壁板应增厚 2.5mm。

2.13.2.3 舱壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=8s\rho hl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——扶强材间距，m；

l ——扶强材跨距，m；

h——由扶强材跨距中点量到深舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m。扶强材端部应用肘板连接，肘板的尺寸应满足第 1 章 1.3.6 的有关要求。扶强材端部也可同甲板或桁材直接连接，但甲板或桁材另一边应具有与之连接且与该扶强材在同一直线上的至少为相同剖面的相邻构件；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

K ——材料系数。

2.13.2.4 舱壁扶强材剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.3Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W、l、K ——同本节 2.13.2.3。

2.13.3 对称槽形舱壁

2.13.3.1 槽形舱壁的尺寸应符合下述规定：

（1）槽形舱壁一个槽形宽度的剖面模 W 应不小于下式计算所得之值：

$$W=Cs\rho hl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：l ——槽形跨距，m；

h ——由槽形跨距中点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；

ρ ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

s ——一个槽形宽度，m；

C——系数，按表 2.13.3.1 规定的端部固定情况选取；

K ——材料系数。

（2）槽形斜面部分与平面部分的夹角 $\alpha \geqslant 40°$。

C 值 **表 2.13.3.1**

下端 \ 上端	直接同甲板连接	按本节图 2.12.5.2（2）或（3）所示
按本节图 2.12.5.2（1）或（2）或（3）所示	13.3	10.3

2.13.3.2 槽形舱壁板的厚度 t 应符合本节 2.13.2.1 规定，且应满足下式要求：

$$t \geqslant \frac{a}{70\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

式中：a ——槽型平面部分宽度，mm；

K ——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求（另见第 1 章 1.5.7），则可取较低强度等级的 K 值计算。

2.13.3.3 槽形舱壁跨距中点处的板厚应保持至不低于跨距中点以上 0.2l 处。

2.13.4 双层板舱壁

2.13.4.1 双层板舱壁隔板剖面模数 W 和舱壁板间距 b 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=Cs\rho hl^2K \qquad \text{cm}^3$$

$$b=40l \qquad \text{mm}$$

式中：s ——隔板间距，m；

h ——由跨距中点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；

ρ ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l ——隔板跨距，m；

C——系数，按表 2.13.4.1 规定的端部固定情况选取；

K ——材料系数。

C 值 **表 2.13.4.1**

下端 \ 上端	直接同甲板连接	按本节图 2.13.5.2（2）或（3）所示
按本节图 2.12.5.2（1）或（2）或（3）所示	10.2	8

2.13.4.2 双层板舱壁板厚度 t_p 除应符合本节 2.13.2.1 的规定外，还应满足下列要求：

在顶部：$t_p \geqslant \dfrac{s}{75\sqrt{K}}$ mm

$$\text{在底部：}\ t_p \geqslant \frac{s}{65\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

式中：s——隔板间距，mm；

K——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求（另见第 1 章 1.5.7），则可取较低强度等级的 K 值计算。

2.13.4.3　双层板舱壁的隔板厚度 t_w 和剪切面积 A_w 应满足下列要求：

$$\text{在顶部：}\ t_w \geqslant \frac{b}{85\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

$$A_w \geqslant 0.07\frac{W}{l} \qquad \text{cm}^2$$

$$\text{在底部：}\ t_w \geqslant \frac{b}{75\sqrt{K}} \qquad \text{mm}$$

$$A_w \geqslant 0.10\frac{W}{l} \qquad \text{cm}^2$$

式中：b——双层板舱壁的舱壁板之间的间距，mm；

W——本节 2.13.4.1 要求的剖面模数，cm^3 ；

l——隔板的跨距，m；

K——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求（另见第 1 章 1.5.7），则可取较低强度等级的 K 值计算。

2.13.4.4　双层板舱壁跨距中点处的板厚应保持至不低于跨距中点以上 0.2l 处。双层板舱壁隔板自每端 1/3 长度内不应开人孔或类似开孔。

2.13.5　桁材

2.13.5.1　桁材剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=11.7bρhl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——桁材支持面积的宽度，m；

h——由桁材跨距中点处量至深舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取大者，m；

$ρ$——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l——桁材跨距，m；

K——材料系数。

2.13.5.2　桁材的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W、l、K——同本节 2.13.5.1。

2.13.5.3　桁材腹板高度应不小于被支持的舱壁扶强材腹板高度的 2.5 倍，面板的宽度应不大于腹板高度或面板厚度的 35 倍。

2.13.5.4　桁材的末端应用肘板连接。肘板应延伸至邻近的肋骨或舱壁扶强材，肘板的尺寸应符合第 1 章 1.3.7 的有关规定。

2.13.6　横骨架式舷侧

2.13.6.1　肋骨应满足下列要求：

（1）除首尖舱、尾尖舱肋骨外，肋骨剖面模数应按本章第 8 节要求增加 15%。

（2）肋骨剖面模数 W 和剖面惯性距 I 除满足上述要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$W=6.8s\rho hl^2K \quad \text{cm}^3$$

$$I=3.5Wl/K \quad \text{cm}^4$$

式中：s ——肋骨间距，m；

l ——肋骨跨距，m，由肋板或内底的上缘量至舷侧纵桁或舷侧纵桁之间，或舷侧纵桁至甲板间的垂直距离；

h——由肋骨跨距中点量至深舱顶的垂直距离，或者量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

K——材料系数。

（3）肋骨端部肘板的臂长应较 1.3.6 的要求增加 20%。

2.13.6.2　支持肋骨的舷侧纵桁除应满足本节 2.13.5.3 和 2.13.5.4 的要求外，其剖面模数 W 和惯性矩 I 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$W=11.7b\rho hl^2K \quad \text{cm}^3$$

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

式中：b ——桁材支持面积的宽度，m；

h——由桁材跨距中点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，但不小于由桁材跨距中点量至上甲板的垂直距离或量至平板龙骨以上 $1.4d$（d 为吃水）处的垂直距离的较小者，m；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l——桁材跨距，m；

K——材料系数。

2.13.6.3　在距首垂线 $0.2L$ 以前区域的深舱内，应设置间距不大于 5m 的舷侧纵桁，或设置满足本章 2.15.1.11 要求的开孔平台。当舱长超过 14m 且以开孔平台代替舷侧纵桁时， 应设置强肋骨或横向制荡舱壁。

2.13.6.4　支持舷侧纵桁的强肋骨，其尺寸应按本章 2.8.4.1 要求计算。但计算压头 h 为自舷侧纵桁量至深舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶距离的一半，取较大者；但不小于由桁材量至上甲板的距离或量至平板龙骨以上 $1.4d$（d 为吃水）处的垂直距离的较小者。

2.13.7　纵骨架式舷侧

2.13.7.1　舷侧纵骨剖面模数 W 除应满足本章第 8 节要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$W=8.8s\rho hl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s ——纵骨间距，m；

h——由纵骨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；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l ——纵骨跨距，m；

K——材料系数。

舷侧纵骨端部连接应满足本章 2.8.5.7 的有关要求。端部肘板的臂长应较 1.3.6 要求增大 20%。

2.13.7.2　支持舷侧纵骨的强肋骨的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W=11.7s\rho hl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s ——强肋骨间距，m；

h——由强肋骨跨距中点量至深舱顶垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l ——强肋骨跨距，m；

K——材料系数。

2.13.7.3　强肋骨剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得值：

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W、l、K——同本节 2.13.7.2。

2.13.7.4　距首垂线 0.2L 以前区域的深舱内，支持纵骨的强肋骨剖面模数应按本节 2.13.7.2 计算所得之值再增加 20%， 强肋骨的间距：当船长等于或小于 100m 时，一般应不大于 3.0m； 当船长大于 100m 时，一般应不大于 3.3m。当深舱深度大于 16m 时，应设置开孔平台且在强肋骨处设置强横梁。

2.13.8　甲板及其骨架

2.13.8.1　深舱甲板（或平台）板的厚度 t 除应满足本章第 5 节要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$t=3.95s\sqrt{\rho hK}+3.5 \qquad \text{mm}$$

式中：s ——骨材间距，m；

h——由甲板（或平台）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；

ρ ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

K——材料系数。

深舱甲板（或平台）板厚度 t 应不小于：当船长 $L\geq$90m 时为 8mm；当 60m$\leq L<$90m 时为 7mm；当 $L<$60m 时为 6mm。

2.13.8.2　深舱甲板（或平台）纵骨或横梁剖面模数 W，除应满足本章第 9 节要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$W=8.8s\rho hl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨或横梁间距，m；

h——由甲板（或平台）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；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l ——纵骨或横梁的跨距，m；

K——材料系数。

剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.3Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W、l、K——同上。

2.13.8.3　深舱甲板（或平台）纵桁或强横梁剖面模数 W，除应满足本章第 9 节要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$W=11.7S\rho hl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：S——纵桁或强横梁间距，m；

h——由甲板（或平台）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；

ρ ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

l ——桁材或强横梁跨距，m；

K ——材料系数。

剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W、l、K——同上。

2.13.8.4　甲板纵桁和强横梁的腹板高度应满足本章第 9 节的有关要求。

2.13.8.5　距首垂线 0.2*L* 以前区域的深舱内，支持甲板纵骨的强横梁间距与本节 2.13.7.4 规定的强肋骨间距相同。

2.13.9　船底骨架

2.13.9.1　距首垂线 0.2*L* 以前区域深舱横骨架式单底还应满足下列要求：

（1）横骨架式单底应在每一肋位处设置实肋板，肋板尺寸应不小于本章 2.15.1.1 的要求。在强肋骨处肋板高度和面板尺寸应不小于强肋骨的相应尺寸；

（2）横骨架式单底中内龙骨剖面模数 *W* 应不小于按下列两式计算所得的较大者：

$$W=9s\,h_1\,l^2K \qquad \text{cm}^3$$

$$W=9.8s\rho\,h_2\,l^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：*S* ——中内龙骨的平均支承宽度，m；

l ——中内龙骨的跨距，m；

h_1——在舷侧处由跨距中点量到上甲板的垂直距离，m；在距首垂线 0.15*L* 以前区域应量到量计船首最小高度的甲板以上 3m 的垂直距离；

h_2——由跨距中点量到深舱顶的垂直距离，或量到溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

ρ ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1.025；

K ——材料系数。

剖面惯性矩 *I* 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：*W*、*l*、*K*——同上。

（3）横骨架式单底应设置间距不大于 3 个肋骨间距的间断旁内龙骨。旁内龙骨的尺寸与肋板相同。

2.13.10　制荡舱壁

2.13.10.1　深舱由一舷至另一舷时，在中纵剖面处应设置纵舱壁或制荡舱壁。在距首垂线 0.3*L* 以前区域，如舱宽最大处超过 0.5*B*，则应在舱宽中心线设置制荡舱壁；如舱宽最大处超过 0.7*B*，则建议在船宽中心线设置纵舱壁。

2.13.10.2　制荡舱壁厚度与本节所述舱壁相同。扶强材剖面模数为舱壁扶强材的 50%，但 *h* 值为量至深舱顶。扶强材两端应用肘板连接，制荡舱壁上开孔面积应不小于舱壁总面积的 5%，也不大于 10%。

第 14 节　首尾柱、球鼻首、尾轴架

2.14.1　首柱

2.14.1.1　矩形首柱在夏季载重线以上 0.5m 处以下区域的横剖面面积 *A*，应不小于按下列各式计算所得之值：

$$A = 1.2L \qquad \text{cm}^2，\text{当 } L<90\text{m}$$

$$A = 1.63L-38 \qquad \text{cm}^2，\text{当 } L\geqslant 90\text{m}$$

式中：*L* ——船长，m。

夏季载重线以上 0.5m 处以上区域的首柱横剖面面积可逐渐减小，至顶端可减小 25%。

2.14.1.2　钢板焊接首柱在夏季载重线以上 0.5m 处以下区域的板厚 *t* 应不小于按下式计算所得之值：

$$t =（0.08L+5.5）\sqrt{K} \qquad \text{mm}$$

式中：*L* ——船长，m;

K——材料系数。

夏季载重线以上 0.5m 处以上区域的厚度可逐渐减小，至顶端可等于船端外板的厚度。

首柱应以水平肘板加强，其间距应不大于 1m。肘板厚度应不小于邻接外板的厚度。肘板应向后延伸与肋骨或舷侧纵桁连接，但至少应超过首柱板与外板的对接缝。

对曲率半径较大的首柱，沿其中纵剖面处应设置与水平肘板厚度相同的纵向加强筋。

2.14.1.3　铸钢首柱应便于制造，其所有圆角应有足够大的半径。铸钢首柱的剖面积应不小于本节 2.14.1.1 对矩形首柱剖面面积的规定，在铸钢首柱上应有水平加强筋。

2.14.2　无舵柱的尾柱

2.14.2.1　无舵柱的尾柱由尾框底骨、推进器柱及其在推进器柱上的轴毂组成。

2.14.2.2　钢板焊接的推进器柱（如图 2.14.2.2 所示）尺寸应不小于按下列各式计算所得之值：

剖面长度：$a=46\sqrt{L}$　　mm

剖面厚度：$t=2.3\sqrt{L}+3$　　mm

式中：L——船长，m。

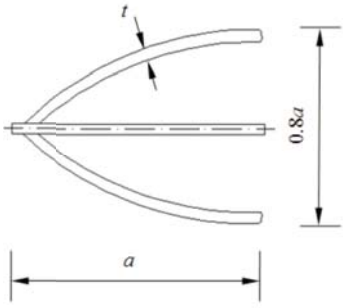


图 2. 14. 2. 2（1）

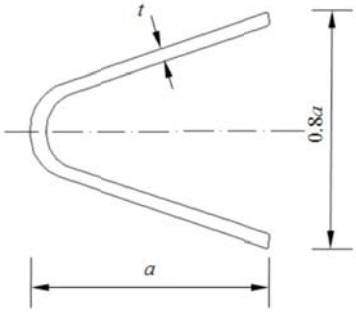


图 2. 14. 2. 2（2）

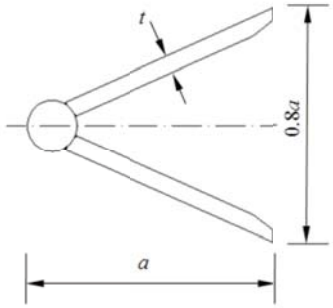


图 2. 14. 2. 2（3）

2.14.2.3　铸钢推进器柱（如图 2.14.2.3 所示）尺寸应不小于按下列各式计算所得之值：

剖面长度：$a=41\sqrt{L}$　　mm

剖面厚度：$t_1=3\sqrt{L}$　　mm

$t_2=4\sqrt{L}$　　mm

圆角半径：$R=4.9\sqrt{L}$　　mm

式中：L——船长，m。

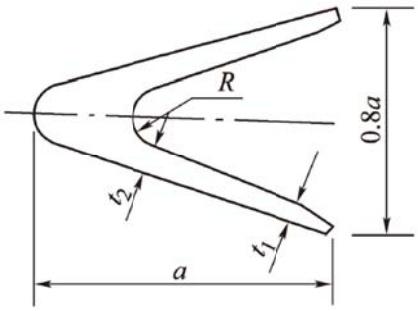


图 2. 14. 2. 3

2.14.2.4　钢板或铸钢推进器柱应设置水平肘板予以加强，其位置根据船体骨架与推进器柱结构而定，但其间距不大于 650mm。铸钢尾柱应便于制造，所有圆角应有足够大的半径，曲率半径较大的部分还应设置纵向加强筋。

2.14.2.5　尾框底骨（如图 2.14.2.5 所示）任一计算剖面处对垂直中和轴（Z 轴）的剖面模数 W_z，应不小于按下式计算所得之值：

$$W_z = \frac{K}{80} Px \qquad \text{cm}^3$$

式中：P——尾框底骨对舵叶的支持力，N，应按第 3 章第 1 节的有关规定计算；

K——材料系数。对于钢板组合的尾框底骨，K 为按第 1 章 1.4.1.8 所取的材料系数；对于铸钢的尾框底骨，K 为按第 3 章 3.1.1.3 所取的材料系数；

x——计算剖面至舵杆中心线的距离，m，其取值应不小于 $0.5l_s$，l_s 为最大距离（见图 2.14.2.5）。

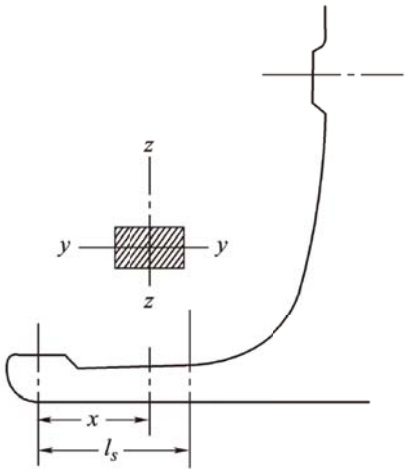


图 2.14.2.5

2.14.2.6　尾框底骨任一计算剖面处对水平中和轴（Y 轴）的剖面模数 W_y，应不小于按下式计算所得之值：

$$W_y = 0.5W_z \qquad \text{cm}^3$$

式中：W_z——按本节 2.14.2.5 计算的剖面模数，cm^3。

2.14.2.7　尾框底骨任一横剖面的剖面积 A_s，应不小于按下式计算所得之值：

$$A_s = \frac{K}{48} P \qquad \text{mm}^2$$

式中：P 和 K 见本节 2.14.2.5。

2.14.2.8　在长度 l_s 范围内，尾框底骨任一横剖面上的相当应力 σ_e 应满足下式要求：

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant 115/K \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：$\sigma = \frac{Px}{W_z}$，N/mm^2，其中 P 和 x 见本节 2.14.2.5，W_z 为计算剖面对 Z 轴的剖面模数，cm^3；

$\tau = \frac{P}{A_s}$，N/mm^2，其中 P 见本节 2.14.2.5，A_s 为计算剖面的剖面积，mm^2；

K 见本节 2.14.2.5。

2.14.2.9　在钢板组合的尾框底骨中，应设置间距不超过 760mm 的横向隔板。如钢板组合的尾框

底骨内宽度超过 900mm 时，还应装设中心线垂直隔板。

2.14.2.10　尾框底骨应由推进器柱轴毂前端向船首延伸至少 3 个肋位，并与平板龙骨牢固连接。该延伸部分的横剖面面积允许逐渐减小到与平板龙骨有效连接所需的面积。

2.14.2.11　尾轴管应与肋板或舱壁牢固连接。与尾轴管连接的肋板应增厚 3mm。

2.14.2.12　推进器柱在尾管轴或推进器轴通出处的毂壁厚度 t，在搪孔完毕后应不小于按下式计算所得之值：

$$t=0.1d_s+60 \quad \text{mm，但不必大于 } 0.3d_s$$

式中：d_s ——尾管轴或推进器轴的直径，mm。

2.14.3　双推进器船推进器柱

2.14.3.1　双推进器船和船身组成一体的推进器柱，其尺寸（如图 2.14.3.1（1）和（2）所示）应不小于按下列各式计算所得之值：

$$\text{剖面宽度：} b=33\sqrt{L} \quad \text{mm}$$

$$\text{剖面厚度：} t_1=3.3\sqrt{L} \quad \text{mm}$$

$$t_2=3.7\sqrt{L} \quad \text{mm}$$

$$t_3=4.5\sqrt{L} \quad \text{mm}$$

$$\text{圆角半径：} R=4.4\sqrt{L} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m。

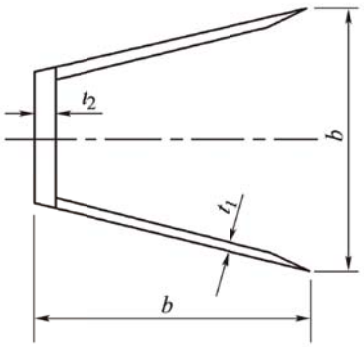


图 2.14.3.1（1）

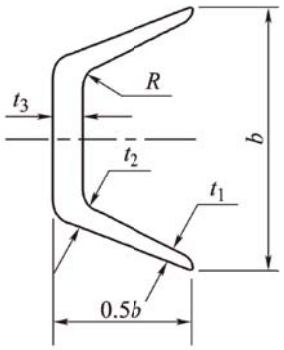


图 2.14.3.1（2）

2.14.4　推进器净空

2.14.4.1　推进器与尾柱、舵之间的最小间隙（如图 2.14.4.1 所示）建议不小于下列要求：

$$a = 0.12D \quad \text{m}$$

$$b = 0.20D \quad \text{m}$$

$$c = 0.14D \quad \text{m}$$

$$d = 0.04D \quad \text{m}$$

式中：D ——螺旋桨直径，m。

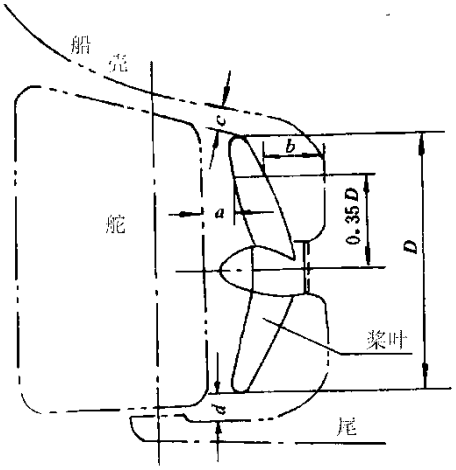


图 2.14.4.1

2.14.5 球鼻首

2.14.5.1 设置球鼻首的船舶，球鼻结构应有足够支持，并与首尖舱结构组成一个整体。一般应按下列要求加强：

（1）在球鼻首前端应设置间隔约 1m 的水平隔板，并与中纵桁连接；

（2）由首尖舱肋骨到球鼻首肋骨的过渡区域应装设横向垂直隔板；

（3）对于长球鼻，一般应设置横向制荡舱壁作附加加强或每隔 5 个肋距设置强肋骨；

（4）对于宽球鼻，一般应在中纵剖面处设置制荡舱壁作附加加强；

（5）球鼻前端以及易受锚和锚链碰损部分的外板应予增厚，加厚板的厚度可取为钢板首柱的厚度。

2.14.6 尾轴架

2.14.6.1 尾轴架可采用铸钢、钢板焊接和分段铸件或锻件焊接构成，支臂与轴毂的焊缝应充分焊透。

2.14.6.2 人字形尾轴架每个支臂和轴毂的尺寸，应不小于按下列各式计算所得之值：

支臂厚度： $t=0.45d_s$ mm

支臂截面积： $A=0.45\,d_s^2$ mm^2

轴毂厚度： $t=0.33\,d_s$ mm

轴毂长度： $l=3\,d_s$ mm

式中：d_s——轴支架处尾管轴或推进器轴直径，mm。

2.14.6.3 尾轴架固定处的船体骨架应予加强，船体外板按本章 2.4.6.1 加厚。支臂应伸进船体内部，并与肋板、纵桁和外板牢固连接。

第 15 节 船端加强

2.15.1 首尖舱内的加强

2.15.1.1 在每个肋位处均应设置实肋板，其腹板高度 h、厚度 t 和面板剖面积 A，应分别不小于按下列各式计算所得之值：

$$h=85D+140 \quad \text{mm，但不必大于 1500mm}$$

$$t=(0.027L+5.4)\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

$$A=0.765BK \qquad \text{cm}^2$$

式中：B ——船宽，m；

D ——型深，m；

L——船长，m；

K ——材料系数。

2.15.1.2 在中纵剖面处应设置中内龙骨，其腹板的高度和厚度以及面板剖面积均应符合本节 2.15.1.1 对实肋板的规定。

2.15.1.3 若因船底过分尖瘦，则可不必将中内龙骨的腹板伸至船底，其高度约为肋板高度的 1/3。或者，不设置中内龙骨，但在肋板的腹板上应设置数道水平加强筋，且在这些肋板腹板的上缘设置开孔平台，以代替肋板的面板。

2.15.1.4 在本节 2.15.1.3 所述的情况下，应在防撞舱壁前的若干档肋位内，设置逐渐减小尺寸的中内龙骨，以作为防撞舱壁后的中桁材或中内龙骨的延伸部分。

2.15.1.5 当舷侧为横骨架式时，应在每隔 1 档肋位处设置垂向间距不大于 2m 的强胸横梁，其垂向设置范围应为从肋板的上缘至最下层甲板，且至少应达到满载水线以上 1m 处。强胸横梁的剖面积 A 和最小剖面惯性矩 I 应分别不小于按下列两式计算所得之值：

$$A=（0.243L+7.2）K \qquad \text{cm}^2$$

$$I = ceh_il^2 \qquad \text{cm}^4$$

式中：L ——船长，m；

c ——强胸横梁的水平间距，m；

e ——强胸横梁的垂直间距，m；

h_i——强胸横梁至量计载重线要求的船首最小高度的甲板以上 3m 处的垂直距离，且不应小于至上甲板的垂直距离，m；

l ——强胸横梁的跨距，m；

K ——材料系数。

2.15.1.6 当首尖舱为液舱且其最宽处的宽度超过 $0.5B$（B 为船宽）时，在中纵剖面处应设置有效的支撑构件或制荡舱壁，以支持强胸横梁。制荡舱壁应符合本章 2.13.10 的规定。

2.15.1.7 当首尖舱长度超过 10m 时，还应在首尖舱内设置横向的制荡舱壁或强肋骨，以对其作横向的附加加强。

2.15.1.8 当舷侧为横骨架式时，在每道强胸横梁处应设置具有折边或面板的舷侧纵桁，其腹板高度 h 和厚度 t 应分别不小于按下列各式计算所得之值：

$$h=5.6L+166 \quad \text{mm}，\text{当 } L<90\text{m 时}$$

$$h=3.0L+400 \quad \text{mm}，\text{当 } L\geqslant 90\text{m 时}$$

$$t=0.02L+5.4 \quad \text{mm}$$

式中：L ——船长，m。

2.15.1.9 在舷侧纵桁与肋骨的连接处的下缘，应设肘板，肘板的厚度应不小于舷侧纵桁腹板的厚度，并应将肘板伸至舷侧纵桁的折边或面板；在设有强胸横梁处，沿肋骨的肘板臂长应不小于舷侧纵桁腹板高度的 75%；在未设强胸横梁处，肘板臂长应不小于舷侧纵桁腹板高度的 50%。在舷侧纵桁腹板与肋骨相交处，应予以焊接。

2.15.1.10 当舷侧为横骨架式且用开孔平台结构代替强胸横梁和舷侧纵桁时，开孔平台的间距应不大于 2.5m。其垂向设置范围为从肋板的上缘至满载水线以上的最下层甲板，但应不低于满载水线以上 1.0m。

2.15.1.11　当舷侧为横骨架式时，开孔平台应满足下列要求：

（1）每一平台的开孔面积应不小于该平台总面积的 10%；

（2）开孔平台板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=0.02L+4.5 \quad \text{mm}$$

式中：L ——船长，m；

（3）在开孔平台下，应每隔 1 档肋位设置横梁，其不连带板的剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$A=0.12L+3.3 \quad \text{cm}^2$$

式中：L ——船长，m；

（4）开孔平台的横梁与肋骨的连接肘板尺寸应满足第 1 章 1.3.6 的要求。

2.15.1.12　当舷侧为纵骨架式且舱深超过 10m 时，应在适当位置设置 1 层或多层开孔平台，或者，应在每根强肋骨处设置 1 道或多道满足本节 2.15.1.5 规定的强胸横梁。

2.15.1.13　当舷侧为纵骨架式时，在首尖舱舱顶和开孔平台（如设有时）处应设置适当数量的强横梁，强横梁与强肋骨的连接肘板应符合第 1 章 1.3.7 的规定。

2.15.1.14　当舷侧为纵骨架式时，开孔平台应满足本节 2.15.1.11（1）～（3）的要求，同时应在开孔平台横梁与舷侧板的连接处设置肘板，且应将肘板伸至邻近的舷侧纵骨。

2.15.1.15　在强肋骨与舷侧纵骨连接处的前缘应设置肘板。肘板的厚度应不小于强肋骨腹板的厚度；应将肘板伸到强肋骨的面板；在设有强胸横梁处沿舷侧纵骨的肘板臂长应不小于强肋骨腹板高度的 75%；在未设强胸横梁处，沿舷侧纵骨的肘板臂长应不小于强肋骨腹板高度的 50%。

2.15.1.16　对纵骨架式船底结构，应特殊考虑。

2.15.2　首尖舱外的舷侧加强

2.15.2.1　当舷侧为横骨架式时，对于从距首垂线 0.15L 至防撞舱壁区域内的舷侧结构，应按下列要求进行加强：

（1）当主肋骨跨距不超过 9m 时，应沿首尖舱内的舷侧纵桁或开孔平台的延伸线设置间断的舷侧纵桁；

（2）当主肋骨跨距不超过 9m 且未设置间断舷侧纵桁时，对于该区域的外板，应较本章规定的厚度增厚 15%；

（3）当主肋骨跨距超过 9m 时，应沿首尖舱内的舷侧纵桁或开孔平台的延伸线设置间断的舷侧纵桁，并应将其延伸至距首垂线 0.2L 处；

（4）当下甲板间肋骨跨距超过 2.6m 或上甲板间肋骨跨距超过 3m 时，应设置间断舷侧纵桁；但若将舷侧外板按本条（2）的要求进行增厚时，则可不设舷侧纵桁。

2.15.2.2　本节 2.15.2.1 所述的间断舷侧纵桁的腹板高度可与肋骨高度相同，但应将间断舷侧纵桁的腹板在距防撞舱壁不少于 2 档肋距的长度内向防撞舱壁处逐渐升高，使其在防撞舱壁处的高度与首尖舱内舷侧纵桁的腹板高度相同。若在首尖舱内所设的是开孔平台，则应按本节 2.15.1.8 规定计算首尖舱内舷侧纵桁的腹板高度。间断舷侧纵桁的腹板厚度 t 以及面板剖面积 A 应分别不小于下列两式计算所得之值：

$$t=0.02L+5.4 \quad \text{mm，且不必大于 11mm}$$

$$A=0.125L+1 \quad \text{cm}^2\text{，且不小于 7cm}^2$$

式中：L ——船长，m。

2.15.3　尾尖舱内的加强

2.15.3.1 在每档肋位上应设置实肋板，其厚度应较本节所要求的首尖舱内的实肋板厚度增厚1.5mm。对于单螺旋桨船舶，应将其肋板伸至尾管以上的足够高度。在推进器柱、尾轴架和挂舵臂处，一般应将肋板伸至舱顶并应增加其厚度。

2.15.3.2 当舷侧为横骨架式时，在肋板以上应设置垂向间距不大于 2.5m 的强胸横梁和舷侧纵桁或满足本节 2.15.1.11 要求的开孔平台。强胸横梁、舷侧纵桁及其与肋骨的连接均应满足对首尖舱的要求。

2.15.3.3 当舷侧为纵骨架式时，在舱顶应设置适当数量的强横梁。强横梁与强肋骨的连接肘板应满足第 1 章 1.3.7 的要求。

2.15.3.4 在液舱内，尾尖舱上部和尾突出体的中纵剖面处一般应设置制荡舱壁。但当尾部悬伸特别宽大时，可要求在其左右舷另外设置纵向制荡舱壁。制荡舱壁应满足本章 2.13.10 的要求，且应在其每一肋位处设置扶强材。

2.15.4 尾尖舱上面的舷侧加强

2.15.4.1 当尾尖舱上面的甲板间舱舷侧为横骨架式，且甲板间舱高度大于 3m 时，应设抗拍击的间断舷侧纵桁，其腹板高度与肋骨相同，其腹板厚度和面板剖面积应满足本节 2.15.2.2 的要求；如不设间断舷侧纵桁，则应按本节 2.15.2.1（2）的要求增加该区域的外板厚度。

2.15.4.2 当尾尖舱上面的甲板间舱舷侧为横骨架时，应设置不大于 4 档肋骨间距的强肋骨，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=3.15\,S\,dh\sqrt{D}\,K \qquad \text{cm}^3$$

式中：S ——强肋骨间距，m；

d ——吃水，m；

h ——甲板间舱高度，m；

D——型深，m；

K ——材料系数。

2.15.4.3 当尾尖舱上面的甲板间舱舷侧为纵骨架式时， 应设置支持纵骨的强肋骨。强肋骨的间距：当船长等于或小于 100m 时，应不大于 2.5m；当船长大于 100m 时，应不大于 2.8。强肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=3.96\,S\,dh\sqrt{D}\,K \qquad \text{cm}^3$$

式中：S、d、h、D 和 K ——同本节 2.15.4.2。

第 16 节 主机基座及轴隧

2.16.1 主机基座

2.16.1.1 主机基座的结构应具有足够的强度和刚度。主机基座通常是由两道纵桁，及设在每个肋位处的横隔板及横肘板组成。横隔板设在纵桁之间，并应尽量升高。横肘板设在纵桁外侧，宽度一般不小于其高度。横肘板应与纵桁面板焊接。

2.16.1.2 主机基座纵桁应与底部旁桁材设在同一平面内；如无法办到，则应在机座纵桁下设置与旁桁材同厚的局部桁材。

在个别情况下，局部桁材可为仅与内底及肋板焊接的半高旁桁材。

2.16.1.3 主机基座构件尺寸

（1）1470kW 以上的大型低速柴油机主机基座，其纵桁的水平面板厚度 t、纵桁的腹板厚度 t_1 及横隔板、横肘板的厚度 t_2 应不小于按下列各式计算所得之值：

$$t = 1.44\sqrt[3]{p} + 10s \qquad \text{mm}$$

$$t_1 = 0.65t\left(1 + \frac{h-1}{10}\right) \qquad \text{mm，对 } L \geqslant 90\text{m}$$

$$t_1 = 0.70t \qquad \text{mm，对 } L < 90\text{m}$$

$$t_2 = 0.77t_1 \qquad \text{mm，对 } L \geqslant 90\text{m}$$

$$t_2 = 0.80\ t_1 \qquad \text{mm，对 } L < 90\text{m}$$

式中：P——主机功率，KW；

s ——肋骨间距，m；

h ——纵桁腹板高度，m。

（2）1470kW 及以下的主机基座纵桁腹板的厚度，当采用柴油机时应较机舱区双层底旁桁材或单层底旁内龙骨增厚 60%；当采用涡轮机或电动机时增厚 30%。同时均应有较腹板增厚 40%的连续水平面板。主机基座纵桁的末端应逐渐消失。

横隔板及横肘板的厚度，当采用柴油机时应较肋板增厚 40%，当采用涡轮机或电动机时应增厚 30%。横隔板及横肘板应有面板或折边；

（3）大功率涡轮机主机，大功率电动主机，大功率中速、高速柴油主机基座尺寸可适当减小。

2.16.1.4　主机基座纵桁的水平面板应在固定螺栓处以适当数量的垂直肘板支持。肘板的高度应为宽度的 2 倍。

2.16.1.5　当主机基座及推力轴承座的固定螺栓直接穿过内底板时，该区域内底板厚度 t_3 应不小于下列要求：

（1）当装设 1470kW 以上的大型低速柴油主机时，　t_3=t，t 见本节 2.16.1.3（1）；

（2）当装设 1470kW 及以下的主机时，　t_3 为该区域的内底板厚度的 2 倍，且不小于 20mm；

（3）当装设大功率涡轮机主机等时，　t_3 值将另行考虑。

上述区域的双层底内不应装载油、水，在靠近固定螺栓处并应设置局部桁材或半高桁材。邻近的油水舱的纵向隔板和旁纵桁可视为固定螺栓处的局部桁材。

2.16.2　轴隧

2.16.2.1　轴隧应为水密结构。

2.16.2.2　轴隧板的厚度应满足本章 2.12.3.1 对水密舱壁板的要求。拱形顶板在干货舱内的厚度可减少 10%，平形顶板在干货舱内的厚度应不小于对水密舱壁厚度要求的 1.1 倍。

在货舱口下的顶板厚度应至少增加 2mm，否则应按第 3 章 3.5.2.4 的要求铺设木铺板。

2.16.2.3　轴隧扶强材应尽量设在肋骨平面内，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 5.4shl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——扶强材间距，m；

h ——扶强材垂直部分的中点至舱壁甲板的垂直距离，m；

l ——扶强材垂直部分的长度，m；

K ——材料系数。

平顶形的横梁应不小于水密舱壁台阶处横梁的要求（见本章 2.12.8）。

扶强材垂直部分的下端应与内底板焊接。

2.16.2.4　轴隧经过或邻接深舱时，其相邻部分之壁板及扶强材应满足本章第 13 节对深舱的要求。

2.16.2.5　推力轴承龛及轴隧尾室的结构，应满足水密舱壁台阶的要求。如其周围为深舱时，应满足对深舱舱壁及扶强材的要求。

2.16.2.6　轴隧应有通向露天甲板的应急通道，其围壁结构应满足对水密舱壁的要求。通道的关闭

装置应能两面操纵。

第 17 节 上层建筑及甲板室

2.17.1 一般要求

2.17.1.1 所有船舶应设置首楼或增大舷弧，使船首最小高度满足中国政府主管机关的要求。

2.17.1.2 上层建筑和甲板室如承受本节规定以外的载荷时，除应满足本节要求外，还应适当增大构件尺寸。

2.17.1.3 上层建筑/甲板室各层的定义：最低层或第 1 层通常系指直接位于计量规范型深 D 时所量到最上层连续甲板上的上层建筑/甲板室。第 2 层指位于最低层之上的那一层，依次类推。

2.17.1.4 第 N 层上层建筑/甲板室的甲板是指该层上层建筑/甲板室的顶甲板。

2.17.2 计算压头

2.17.2.1 露天的上层建筑端壁和甲板室围壁（端壁和侧壁）的计算压头 h 应按下式计算，且应不小于表 2.17.2.1 所列的最小值：

$$h=\alpha\delta\ (\beta\lambda-\gamma) \qquad \text{m}$$

式中：α、β、λ 和 δ——系数，分别按本节 2.17.2.2、2.17.2.3、2.17.2.4 和 2.17.2.5 确定。

γ——自夏季载重线至扶强材跨距中点或至板格中心的垂直距离，m。

表 2.17.2.1

船长 L（m）	计算压头 h_{min}（m）	
	最下层无保护前端壁	其它位置
$L\leqslant 50$	3.0	1.5
$50<L<150$	0.01L+2.5	0.005 L + 1.25

2.17.2.2 系数 α 按下列各式计算：

$\alpha = 0.0083L+1.0$，第一层无保护前端壁

$\alpha = 0.0067L+0.5$，第二层及以上无保护前端壁、

$\alpha = 0.006L+0.45$，各层有保护前端壁和各层侧壁

$\alpha = 0.0009L - 0.72\ (X/L) +0.63$，各层位于船中以后的后端壁

$\alpha = 0.0009L - 0.36\ (X/L) +0.45$，各层位于船中以前的后端壁

式中：L——船长，m；

X——尾垂线至所考虑舱壁的距离，m；在确定甲板室侧壁的构件尺寸时，应将甲板室分成长度大致相等而不超过 0.15L 的若干部分，而 X 则应量至每一部分长度的中点。

2.17.2.3 系数 β 按下列各式计算：

$$\beta = 1.0 + \left(\frac{X/L - 0.45}{C_b + 0.2}\right)^2，\ \text{当}\ X/L\leqslant 0.45$$

$$\beta = 1.0 + 1.5\left(\frac{X/L - 0.45}{C_b + 0.2}\right)^2，\ \text{当}\ X/L>0.45$$

式中：L ——船长，m；

X ——见本节 2.17.2.2；

C_b——方形系数，当 C_b＜0.6 时，取 C_b=0.6；当 C_b ＞0.8 时，取 C_b=0.8；当上层建筑后端壁位于船中以前，用以确定后端壁 β 值的 C_b 应不小于 0.8。

2.17.2.4 系数 λ 按下式计算：

$$\lambda=\frac{L}{10}e^{-L/300}-\left[1-(\frac{L}{150})^2\right]$$

式中：L—— 船长，m。

2.17.2.5 系数 δ 按下式计算：

$$\delta=0.7\frac{b}{B_1}+0.3\text{，且不小于 }0.475$$

式中：b ——所考虑位置的甲板室宽，m；

B_1——船舶的露天甲板在所考虑位置处的最大实际宽度，m。

对于上层建筑、机舱棚的露天部分和保护泵舱开口的甲板室应取 δ=1。

2.17.3 上层建筑端壁和甲板室围壁

2.17.3.1 上层建筑端壁板和甲板室围壁板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，且不小于 4.5mm：

$$t=3s\sqrt{hK}\qquad\text{mm}$$

式中：s ——扶强材间距，m；

h——计算压头，m；按本节 2.17.2 计算；

K ——材料系数。

2.17.3.2 上层建筑端壁和甲板室围壁的扶强材剖面模数 W 应不小于：

$$W=3.5shl^2K\qquad\text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m；应取为甲板间高度，但在任何情况下取值不应小于 2.0m；

h——计算压头，m，按本节 2.17.2 计算；

K ——材料系数。

除本节 2.17.3.3 和 2.17.3.4 规定的情况外，甲板室围壁扶强材的端部可不设肘板，但扶强材的腹板应与甲板有效焊接。甲板室侧壁扶强材的剖面模数不必大于位于正下方的甲板肋骨考虑间距和跨距时的剖面模数。

2.17.3.3 下列情况的扶强材端部应用肘板连接或采用其他等效措施，肘板尺寸应满足第 1 章 1.3.6 的有关规定：

（1）最下层前端壁扶强材；

（2）最下层尾甲板室后端壁扶强材；

（3）设置二层或二层以上甲板室时最下层甲板室的侧壁扶强材；如不设肘板而直接与甲板焊接时，扶强材剖面模数应增加 20%。

2.17.3.4 在船中部的露天机舱棚和泵舱棚前端壁扶强材，以及位于量计型深 D 的甲板上的露天机舱棚和泵舱棚后端壁扶强材的两端应用肘板连接，如不用肘板而直接与甲板连接时，则按相应位置甲板室扶强材剖面模数增加 20%。除此以外的露天机舱棚和泵舱棚的扶强材两端都应与甲板焊接。

2.17.4 上层建筑的侧壁

2.17.4.1 上层建筑舷侧骨架一般为横骨架式，且应满足本章第 8 节的有关要求。

2.17.4.2 上层建筑的舷侧外板应满足下列要求：

（1）首楼的舷侧外板厚度 t 应不小于：

$$t=\left(0.025L+5\right)\sqrt{\frac{sK}{s_b}} \quad \text{mm}$$

式中：L ——船长，m；

s ——肋骨或纵骨间距，m，计算时取值应不小于 s_b；

s_b——肋骨或纵骨的标准间距，m；

K ——材料系数。

（2）桥楼和尾楼的舷侧外板厚度 t 应不小于：

$$t=\left(0.023L+4.5\right)\sqrt{\frac{sK}{s_b}} \quad \text{mm}$$

式中：L ——船长，m；

s ——肋骨或纵骨间距，m，计算时取值应不小于 s_b ；

s_b ——肋骨或纵骨的标准间距，m；

K ——材料系数。

2.17.5 甲板

2.17.5.1 上层建筑和甲板室的甲板骨架应满足本章第 9 节的有关要求。

2.17.5.2 除首楼外的上层建筑和甲板室的甲板板厚度 t 应不小于：

$$t=\left(0.018L+C\right)\sqrt{\frac{sK}{s_b}}-t_c \quad \text{mm，且不小于 4.5mm}$$

式中：L ——船长，m；计算时取值不必大于 100m；

s ——甲板纵骨或横梁间距，m，计算时取值应不小于 s_b；

s_b——甲板纵骨或横梁的标准间距，m；

C——系数，按下列选取：

在第一层：5；

在第二层及以上：4.5；

t_c ——对于上层建筑或甲板室内部干燥处所的甲板，t_c=1；其他情况 t_c=0；

K ——材料系数。

2.17.5.3 首楼甲板板厚度 t 应不小于：

$$t=\left(0.018L+5.5\right)\sqrt{\frac{sK}{s_b}} \quad \text{mm}$$

式中：L ——船长，m；

s ——甲板纵骨或横梁间距，m，计算时取值应不小于 s_b；

s_b ——甲板纵骨或横梁的标准间距，m；

K ——材料系数。

2.17.6 上层建筑的局部加强

2.17.6.1 当尾楼或桥楼上面有大甲板室或其他建筑物时，在尾楼或桥楼内应设置间距约 9m 的强肋骨或局部舱壁以支持甲板室的侧壁和端壁。

其他高负荷区域下也应设置相应的强力构件。

2.17.6.2 上层建筑内强肋骨或局部舱壁应尽可能设置在与其下面的水密舱壁或其他强力构件同一垂直平面内。

2.17.6.3 上层建筑端部的下面应设置支柱、隔壁、舱壁或其他强力构件以支持上层建筑。

2.17.6.4 为降低舷侧无内缩的上层建筑端部主船体结构中的应力集中，上层建筑的舷侧外板应延伸至上层建筑端部以外，且其高度逐步减小至主船体的舷顶列板，过渡应光顺（延伸板的自由边缘一般应做成长轴为水平布置的椭圆状，见图 2.17.6.4）。延伸板应用加强肘板支持，上缘应用相同厚度而宽度不小于 10 倍厚度的面板加强。延伸板应满足下述要求：

（1）当上层建筑端壁位于船中部 0.5*L* 区域内，延伸板的长度应不小于 1.5 倍的上层建筑高度，延伸板的厚度应增加 25%；

（2）当上层建筑端壁位于离船端 0.2*L* 区域内，延伸板的长度应不小于上层建筑高度，延伸板的厚度可不增加；

（3）当上层建筑端壁位于离船端 0.2*L* 至 0.25*L* 之间区域内，延伸板的长度和厚度的增加值应按内插法求得。

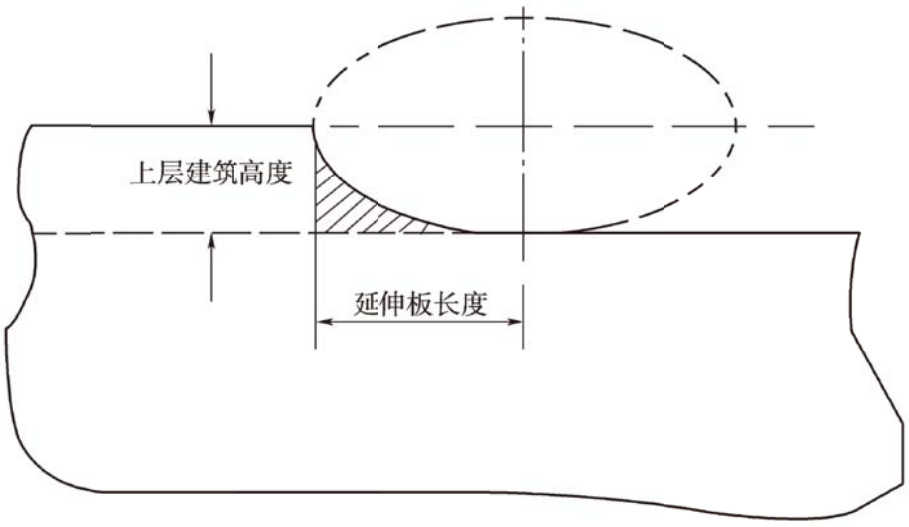


图 2. 17. 6. 4

2.17.6.5 从上层建筑端壁向内至少 2 个肋距至舷侧外板延伸部分端点外 2 个肋距之间区域（见图 2.17.6.5），上甲板的甲板边板和舷顶列板应按下列要求增加厚度：

（1）当上层建筑端壁位于船中部 0.5*L* 区域内，甲板边板和舷顶列板的厚度应增加 20%；

（2）当上层建筑端壁位于离船端 0.2*L* 区域内，甲板边板和舷顶列板的厚度可不增加；

（3）当上层建筑端壁位于离船端 0.2*L* 至 0.25*L* 之间区域内，甲板边板和舷顶列板的增加值应按内插法求得。

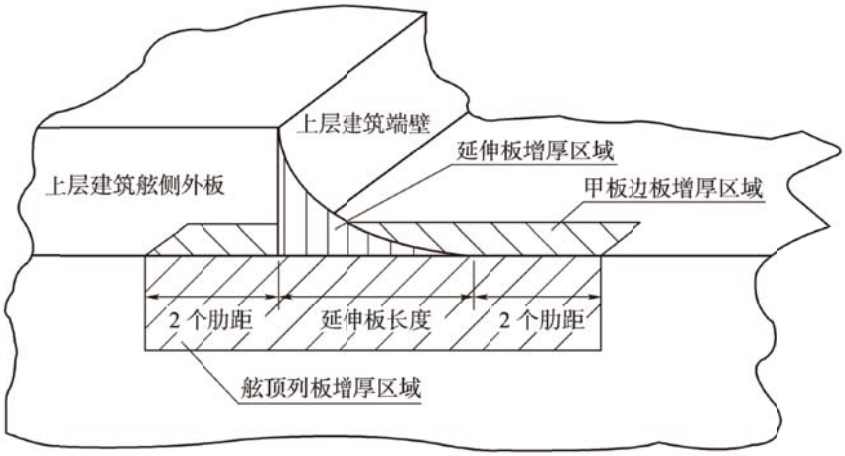


图 2.17.6.5

2.17.7 甲板室的局部加强

2.17.7.1 甲板室端部的下面应设支柱、隔板、舱壁或其他强力构件以支持甲板室。应注意甲板室角隅和支持结构区域与甲板的连接，一般应加复板或采用其他有效结构。

2.17.7.2 长甲板室侧壁上的开口应有足够的加强和圆角。门或类似开口的下面和上面应有足够高度的连续围壁板。甲板室顶的吊艇架区域应加强。在船中部 0.5L 区域内的甲板室端区应尽量减小侧壁开口的尺寸和数量。

2.17.7.3 最下层长甲板室端壁和侧壁一般应以间距约 9m 的局部舱壁或垂直桁材加强，此加强构件应尽可能和甲板室下面甲板间舱的加强结构位于同一平面内。

2.17.8 升高甲板

2.17.8.1 升高甲板区的主肋骨按本章第 8 节的要求确定，此时肋骨跨距应量至升高甲板。

升高甲板的横梁应按本章第 9 节对强力甲板的有关要求确定。

升高甲板区的舷顶列板厚度应按本章第 4 节的要求选取；甲板厚度应按本章第 5 节对强力甲板的有关要求选取。此时型深可取升高甲板处的型深。

甲板台阶处端壁板厚度及扶强材应按相应上层建筑的端壁选取。

2.17.8.2 在船中部 0.5L 区域以外升高甲板台阶处，强力甲板的甲板边板，应自台阶处延伸 3 个肋距，并逐渐消失。

2.17.8.3 在升高甲板端壁向首尾各 3 至 5 个肋距的范围内，舷顶列板的厚度应增加 30%。

2.17.9 机舱棚

2.17.9.1 机舱在露天甲板上的开口应以坚固可靠的钢质舱棚保护，干舷甲板及尾升高甲板上的机舱棚，应尽可能设于上层建筑或甲板室内。

2.17.9.2 机舱棚的门应为钢质且结构坚固，并在其内外两面均可关闭。

2.17.9.3 露天机舱棚围壁的构件尺寸，应按相应位置的甲板室围壁的要求进行计算。

2.17.9.4 非露天机舱棚的构件尺寸应满足下列要求：

（1）机舱棚围壁板最小厚度，在货舱区域应不小于 6.5mm；在居住舱室区域应不小于 5mm；

（2）机舱棚围壁扶强材剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=7.2slK \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m；

K——材料系数。

对 L≥65m 的船舶， 扶强材高度应不小于 60mm。

2.17.9.5 当机舱棚扶强材支持甲板强横梁或纵桁，或扶强材与下面的支柱在同一直线上时，扶强

材应适当加强。

2.17.9.6　当机舱棚的围壁支持其上面的甲板时，围壁上门、窗等开口应有效地加强。对支持烟囱或排气烟道的机舱棚部分应注意加强。

2.17.10　挡浪板

2.17.10.1　计算载荷参照本节 2.17.2 按上层建筑前端壁的要求确定。

2.17.10.2　挡浪板的板厚和扶强材尺寸按本节 2.17.3 确定。

2.17.10.3　支持挡浪板的主要构件（水平桁材和垂直桁材）尺寸应用直接计算法确定，许用应力如下：

$$\text{许用相当应力}[\sigma_e]=\sqrt{\sigma^2+3\tau^2}=235/K \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：K ——材料系数。

第 18 节　舷墙及栏杆

2.18.1　一般要求

2.18.1.1　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。

2.18.2　舷墙

2.18.2.1　对船长小于 65m 的船舶，干舷甲板上的舷墙板厚度应不小于 5mm；对船长等于或大于 65m 的船舶，干舷甲板上的舷墙板厚度应不小于 6mm。对其他甲板上的舷墙可予以适当减薄。

2.18.2.2　在舷墙的上缘应设有扁钢或型钢。

2.18.2.3　应在甲板的横梁或梁肘板位置设置舷墙的支撑肘板。支撑肘板应有折边或面板。当肋距不大于 620mm 时，肘板的间距应不大于 3 档肋距；当肋距大于 620mm 或需在甲板上载运木材时，肘板的间距 应不大于 2 档肋距。当首楼甲板上的舷墙外倾较大时，应在甲板的每档横梁位置设支撑肘板。

2.18.2.4　支撑肘板根部的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=（27+0.4L）SH^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：S ——肘板间距，m；

L ——船长，m，计算时取值不必大于 100m；

H——舷墙高度，m；

K ——材料系数。

如未将肘板的折边部分与甲板焊接，则不应将折边部分计入支撑肘板根部的剖面模数。

2.18.2.5　对舷墙上的桅侧稳索和吊杆稳索等的系固处以及导缆孔安装处均应予以加强。

2.18.2.6　如在舷墙上开有通道口或其他开口，则应在开口的两旁设置加强的支撑肘板。在上层建筑端部加强区域的舷墙上不应开有通道口或其他开口。

2.18.2.7　在船中部，应尽可能不将舷墙与舷顶列板相焊接，以避免其参加船体总纵弯曲。

2.18.3　栏杆

2.18.3.1　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 19 节 舱口和舱口盖

2.19.1 一般要求

2.19.1.1 舱口和舱口盖除应满足本节要求外，还应注意中国政府主管机关的有关要求。

2.19.2 舱口围板

2.19.2.1 舱口围板的高度：

（1）在位置 1，其高度应不小于 600mm；

（2）在位置 2，其高度应不小于 450mm；

（3）采用钢质风雨密舱口盖的船舶，在不影响船舶安全和采取有效措施的条件下，经同意，对其舱口围板高度可适当降低；

2.19.2.2 露天舱口围板的结构：

（1）围板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 0.045L+6 \quad \text{mm}$$

式中：L ——船长，m，计算时取值不必大于 90m。

（2）当围板高度等于或大于 600mm 时，应在其上缘或离上缘约 250mm 处设置水平球扁钢或其他等强度构件。水平球扁钢的腹板高度应不小于 180mm，并应在水平球扁钢与甲板之间设置间距不大于 3m 的垂直加强筋或肘板。加强筋或肘板的腹板高度应不小于水平球扁钢的腹板高度，并应具有折边或面板。当围板高度大于 900mm 时，应减小上述加强筋或肘板的间距。当围板高度等于或大于 1200mm 时，应在围板半高处增设一根水平球扁钢或其他等强度构件。当舱口围板承受集装箱时，应对舱口围板及其支撑构件作相应加强；

（3）如在围板上缘不设面板，则在该处应用半圆钢或其他能保证围板刚性和上缘部分圆滑的型材；

（4）当甲板板不伸入围板内时，应将舱口角隅处的围板弯成圆形。在船中部 0.5L 区域内，此圆角半径应满足本章 2.5.4 的要求。

当甲板板伸入围板内，而甲板开口的角隅处满足本章 2.5.4 要求，且将纵向围板在舱口角隅处削斜延伸时，则舱口角隅处的舱口围板可为方形；

（5）不应将与舱口围板大致在一直线上的外伸肘板或供贮存钢质舱盖的轨道焊于甲板室或桅屋上，除非经过计算后表明可以将舱口围板作为船体的纵向强力构件；

（6）如将露天舱口围板同时兼作甲板纵桁时，其结构应满足本章 2.9.8 中的有关要求。

2.19.3 钢质风雨密舱口盖及其封闭装置

2.19.3.1 钢质风雨密舱口盖结构应按2.19.5的要求根据直接计算确定，其中舱口盖板厚度t应不小于按下式计算所得之值，且不小于5.5mm：

$$t = 9s \quad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m。

2.19.3.2 在钢质风雨密舱口盖上应装设可靠的扣紧装置及合适的衬垫材料，其布置应保证能在任何海况下维持舱口盖的密性。

2.19.4 钢质箱形舱口盖及其封闭装置

2.19.4.1 钢质箱形舱口盖结构应按2.19.5的要求根据直接计算确定，其中舱口盖板厚度t应不小于按下式计算所得之值，且不小于5.5mm：

$$t = 9s \quad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m。

2.19.4.2　钢质箱形舱口盖应按下列要求配备防水帆布和压紧装置：

（1）对位于干舷甲板和上层建筑甲板上的露天舱口，当配以钢质箱形舱口盖时，至少应覆两层结实的防水帆布；

（2）不应用黄麻制作防水帆布。在防水帆布被制成舱盖布以前的单位面积最小重量为：

如帆布涂煤焦油　0.65kg/m^2；

如帆布涂化学涂料 0.65kg/m^2；

如帆布涂黑油 0.55kg/m^2；

（3）在舱口围板或水平加强筋上应焊有楔耳，楔耳应有适合楔子的斜度。楔耳宽度应不小于 65mm，中心间距不大于 600mm，近舱口角隅的楔耳距舱口角隅应不大于 150mm；

（4）应采用硬木做楔子。楔子的斜率应不大于 1：6，其薄头厚度至少为 13mm；

（5）对位于干舷甲板及上层建筑甲板上的露天舱口，当配以钢质箱形舱口盖时，应配备扁钢或其他相当属具，以便能有效地压紧覆在舱口盖上防水帆布。对于长度大于 1.5m 的舱口盖，至少应用两套装置予以压紧；

（6）对于其他位置的露天舱口，当配以钢质箱形舱口盖时，应配备供系缚用的松紧螺栓或其他装置。

2.19.5　直接计算

2.19.5.1　对于舱口盖的构件尺寸，应根据本条规定，采用有限元计算方法予以确定：

2.19.5.2　舱口盖设计载荷应满足下述要求：

（1）干舷甲板上的舱口盖板上的压力 p_H 应按下式计算：

$$p_H = 0.062L + 19.62 \quad \text{kN/m}^2$$

式中：L —— 船长，m。

（2）当在露天甲板的舱口盖装载集装箱时，舱口盖的构件尺寸应分别满足能承受露天甲板的舱口盖载荷和集装箱载荷的要求。

2.19.5.3　有限元模型范围按如下要求确定：

（1）如舱口盖的桁材或载荷只对称于 x 轴或 y 轴一个轴，则可取舱口盖的 1/2 进行校核；

（2）如舱口盖的桁材或载荷不对称于任何一个轴，则应取舱口盖整体进行强度校核，如图 2.19.5.3。

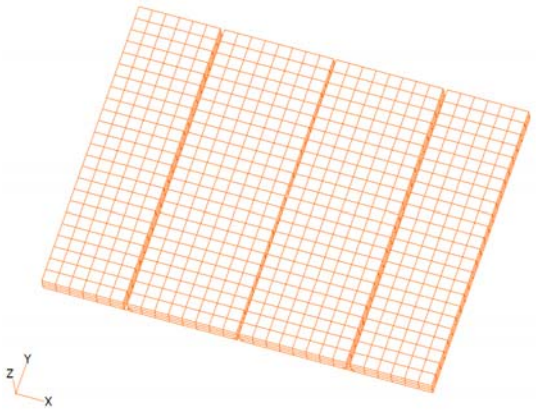


图 2.19.5.3　舱口盖有限元模型

2.19.5.4　模型单元应满足以下要求：

（1）舱口盖的所有板材、桁材和扶强材均应包含在有限元模型中；

（2）所有板材，如顶板、底板、肘板、主要支承构件的腹板、面板等用板单元模拟，且尽量避免采用三角形单元；

（3）所有扶强材用梁单元、杆单元或板单元模拟；

（4）网格间距不应大于骨材间距，桁材在垂直方向上应布置不少于 3 个单元。

2.19.5.5　有限元分析时，结构尺寸应基于建造厚度。

2.19.5.6　坐标系统采用右手坐标系：

x 轴沿纵向，以船首为正方向；

y 轴沿横向，以左舷为正方向；

z 轴沿型深方向，向上为正方向。

2.19.5.7　边界条件按如下要求确定：

（1）如舱口盖的桁材和载荷对称于 x 轴，则对称面内节点的纵向位移为 0，绕 y、z 两个坐标轴的角位移为 0，即 $\delta_x=\theta_y=\theta_z=0$（如图 2.19.5.7）；

（2）如舱口盖的桁材和载荷对称于 y 轴，则对称面内节点的横向位移为 0，绕 x、z 两个坐标轴的角位移为 0，即 $\delta_y=\theta_x=\theta_z=0$（如图 2.19.5.7）；

（3）支承处的节点应约束 z 向的线位移，即 $\delta_z=0$；

（4）应按照限位器限制的方向约束其线位移；

（5）如舱口盖是折叠式的，则铰链处应设置为 z 向位移刚性关联。

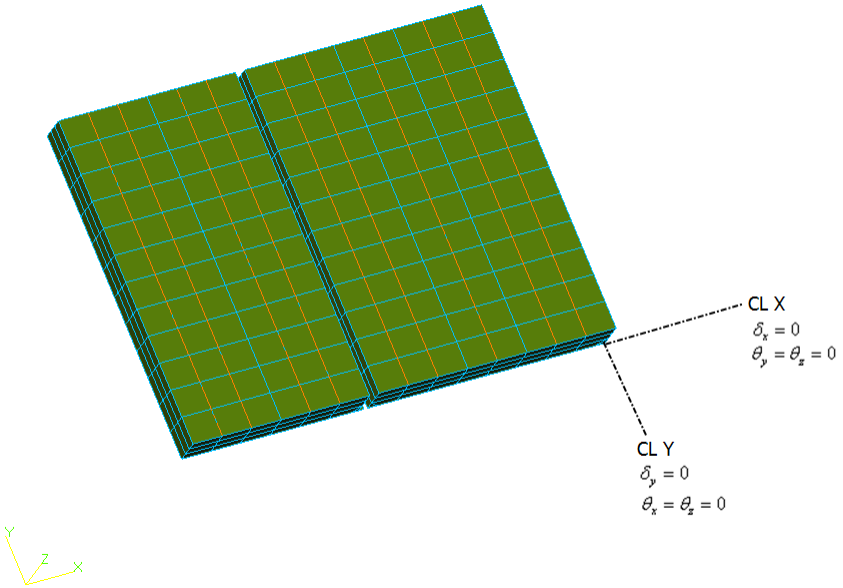


图 2.19.5.7 舱口盖模型的边界条件

2.19.5.8　舱口盖强度衡准按如下要求确定：

（1）许用应力校核

舱口盖结构的正应力 σ 和剪切应力 τ 应不超过下列的许用值：

许用正应力　　$\sigma_a=0.8R_{eH}$　　N/mm^2

许用剪切应力　　$\tau_a=0.46\ R_{eH}$　　N/mm^2

式中：R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2。

（2）稳定性校核

主要支撑构件、扶强材的工作应力应不超过其临界屈曲应力，其中主要支撑构件、扶强材的临界应力可以根据本章 2.2.7 计算。

板格的工作应力应不超过其临界屈曲应力的 0.8 倍，其中板格的临界应力可以根据第 1 章 1.5.7 计算。

（3）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。

2.19.6 其他类型的开口

2.19.6.1 对于其他类型开口，应满足第 1 章 1.7.7 的要求。

2.19.6.2 露天甲板上的小舱口还应满足下列要求：

（1）小舱口围板的高度应满足本节 2.19.2.1 的要求，其厚度应不小于本章对舱口开口线内的甲板所规定的最小厚度或 11mm，为其较小者；

（2）小舱口应配以钢质风雨密的舱口盖，并设可靠的紧固装置，以在任何情况下都能使舱口盖保持风雨密，舱口盖的板厚应不小于本章对舱口开口线内的甲板所规定的最小厚度或 8mm，为其较小者。

第 20 节 承载有木质支撑钢卷的内底

2.20.1 一般要求

2.20.1.1 拟载钢卷的船舶，其内底、舭部底边舱斜板和内壳的厚度及扶强材剖面模数和剪切剖面积应满足本节的要求。

2.20.1.2 此规定基于将图 2.20.1.1 所示方式假定为钢卷的标准系固方式。

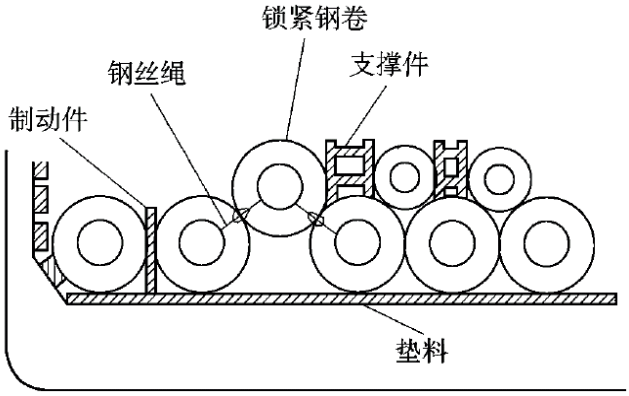


图 2. 20. 1. 1 承载钢卷的内底

2.20.2 加速度

2.20.2.1 为了计算加速度，计算点横向位置采用如下坐标。

$$y_{G-SC}=\begin{cases}B_h/4 & \text{左舷}\\ -B_h/4 & \text{右舷}\end{cases}$$

$$z_{G-SC}=h_{DB}+\left\{1+\left(n_1-1\right)\frac{\sqrt{3}}{2}\right\}\frac{d_{SC}}{2}$$

式中：B_h——货舱中间位于底边舱斜板与舷侧外板或内壳板相连处的货舱宽度，m；

d_{SC}——钢卷直径，m；

h_{DB}——双层底高度，m；

由横摇产生的切向加速度 a_R，m/s^2，应根据下式计算：

$$a_R = \varphi_m \left(\frac{2\pi}{T_R}\right)^2 \sqrt{y_{G-SC}{}^2 + R^2}$$

式中，φ_m、T_R 见第 1 章 1.5.2 中规定的公式；

$$R = z - \min\left(\frac{D}{4} + \frac{d}{2}, \frac{D}{2}\right)$$

d ——吃水，m。

2.20.3 内底板

2.20.3.1 纵骨架式内底板的板材厚度应不小于按下式计算所得之值：

$$t = K_1 \sqrt{\frac{\left(g + 0.5a_v\right)F_{SC}}{\lambda_p R_{eH}}} + 2.5 \qquad \text{mm}$$

式中：K_1——系数，取为：

$$K_1 = \sqrt{\frac{1.7slK_2 - 0.73s^2K_2^2 - \left(l - l'\right)^2}{2l'\left(2s + 2lK_2\right)}}$$

a_v ——垂向加速度，m/s^2，应根据第 1 章 1.5.2（8）定义的公式计算；

F_{SC} ——力，kg，取为：

$$F_{SC} = K_S \frac{W_{SC} n_1 n_2}{n_3} \qquad \text{对于 } n_2 \le 10 \text{ 且 } n_3 \le 5$$

$$F_{SC} = K_S n_1 W_{SC} \frac{l}{l_s} \qquad \text{对于 } n_2 > 10 \text{ 或 } n_3 > 5$$

λ_p ——系数，一般取 0.8，当计算构件对船体梁强度不起作用时取 0.9；

l ——沿弦长量取的基本板格的长边长度，m；

s ——沿 l 跨距中点处弦长量取的基本板格的短边长度，m；

K_S ——系数，取为：

K_s=1.4　　当钢卷排成一层，以一个钢卷锁紧时

K_s=1.0　　在其他情况下

W_{SC} ——单个钢卷的质量，kg；

R_{eH} ——材料屈服强度，MPa；

n_1 ——钢卷的层数；

n_2 ——内底每一基本板格的载荷点数量（见图 2.20.3.1（1）和图 2.20.3.1（2））。当 $n_3 \le 5$ 时，

n_2 可根据 n_3 和 l/l_s 值的从表 2.20.3.1（1）获得。

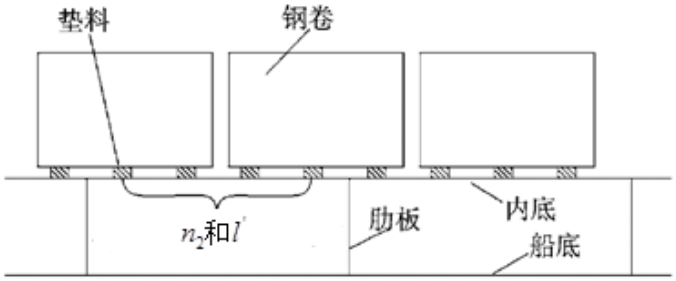


图 2.20.3.1（1） 钢卷装载工况

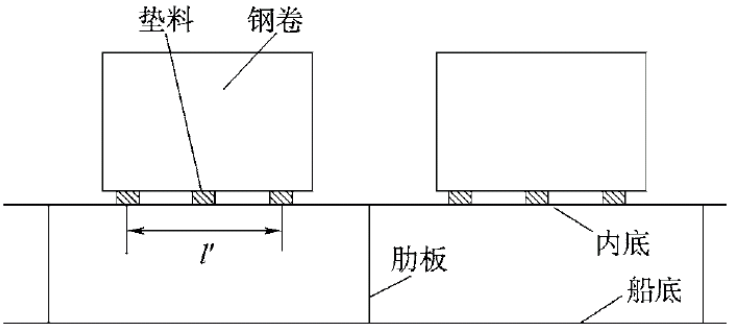


图 2.20.3.1（2）钢卷装载工况

n_3——单个钢卷的支承垫料数量；

l_s ——钢卷的长度，m；

K_2 ——系数，取为：

$$K_2 = -\frac{s}{l} + \sqrt{\left(\frac{s}{l}\right)^2 + 1.37\left(\frac{s}{l}\right)^2\left(1-\frac{l'}{l}\right)^2 + 2.33}$$

l' ——沿船长方向，内底板每一基本板格的载荷点之间的距离（见图 2.20.3.1（1）和图 2.20.3.1（2））。当 $n_2 \le 10$ 且 $n_3 \le 5$ 时，l' 按 l，l_s，n_2 和 n_3 之值从表 2.20.3.1（2）获得。当对于 $n_2 > 10$ 或 $n_3 > 5$ 时，l' 取 l。

每一基本板格的载荷点数量 n_2 表 2.20.3.1（1）

n_2	$n_3=2$	$n_3=3$	$n_3=4$	$n_3=5$
1	$0<\frac{l}{l_s}\le 0.5$	$0<\frac{l}{l_s}\le 0.33$	$0<\frac{l}{l_s}\le 0.25$	$0<\frac{l}{l_s}\le 0.2$
2	$0.5<\frac{l}{l_s}\le 1.2$	$0.33<\frac{l}{l_s}\le 0.67$	$0.25<\frac{l}{l_s}\le 0.5$	$0.2<\frac{l}{l_s}\le 0.4$

3	$1.2<\frac{l}{l_s}\le 1.7$	$0.67<\frac{l}{l_s}\le 1.2$	$0.5<\frac{l}{l_s}\le 0.75$	$0.4<\frac{l}{l_s}\le 0.6$
4	$1.7<\frac{l}{l_s}\le 2.4$	$1.2<\frac{l}{l_s}\le 1.53$	$0.75<\frac{l}{l_s}\le 1.2$	$0.6<\frac{l}{l_s}\le 0.8$
5	$2.4<\frac{l}{l_s}\le 2.9$	$1.53<\frac{l}{l_s}\le 1.87$	$1.2<\frac{l}{l_s}\le 1.45$	$0.8<\frac{l}{l_s}\le 1.2$
6	$2.9<\frac{l}{l_s}\le 3.6$	$1.87<\frac{l}{l_s}\le 2.4$	$1.45<\frac{l}{l_s}\le 1.7$	$1.2<\frac{l}{l_s}\le 1.4$
7	$3.6<\frac{l}{l_s}\le 4.1$	$2.4<\frac{l}{l_s}\le 2.73$	$1.7<\frac{l}{l_s}\le 1.95$	$1.4<\frac{l}{l_s}\le 1.6$
8	$4.1<\frac{l}{l_s}\le 4.8$	$2.73<\frac{l}{l_s}\le 3.07$	$1.95<\frac{l}{l_s}\le 2.4$	$1.6<\frac{l}{l_s}\le 1.8$
9	$4.8<\frac{l}{l_s}\le 5.3$	$3.07<\frac{l}{l_s}\le 3.6$	$2.4<\frac{l}{l_s}\le 2.65$	$1.8<\frac{l}{l_s}\le 2.0$
10	$5.3<\frac{l}{l_s}\le 6.0$	$3.6<\frac{l}{l_s}\le 3.93$	$2.65<\frac{l}{l_s}\le 2.9$	$2.0<\frac{l}{l_s}\le 2.4$

沿船长方向内底每一基本板格的载荷点之间的距离　　表 2.20.3.1（2）

n_2	n_3			
	2	3	4	5
1	垫料的实际宽度			
2	$0.5l_s$	$0.33l_s$	$0.25l_s$	$0.2l_s$
3	$1.2l_s$	$0.67l_s$	$0.50l_s$	$0.4l_s$
4	$1.7l_s$	$1.20l_s$	$0.75l_s$	$0.6l_s$
5	$2.4l_s$	$1.53l_s$	$1.20l_s$	$0.8l_s$
6	$2.9l_s$	$1.87l_s$	$1.45l_s$	$1.2l_s$
7	$3.6l_s$	$2.40l_s$	$1.70l_s$	$1.4l_s$
8	$4.1l_s$	$2.73l_s$	$1.95l_s$	$1.6l_s$
9	$4.8l_s$	$3.07l_s$	$2.40l_s$	$1.8l_s$

10	$5.3l_s$	$3.60l_s$	$2.65l_s$	$2.0l_s$

2.20.4 底边舱斜板和内壳板

2.20.4.1 底边舱斜板和内壳板纵骨架式底边舱斜板和内壳的板材厚度应不小于按下式求得的值：

$$t = K_1\sqrt{\frac{a_{hopper}F_{SC}^{'}}{\lambda_p R_{eH}}} + 2.5 \qquad \text{mm}$$

式中：K_1——系数，见本节 2.20.3；

R_{eH}——材料屈服强度，MPa；

θ_h——内底板与底边舱斜板或内壳板之间的夹角，度；

a_{hopper}——系数，取为：

$$a_{hopper} = -a_R \sin\left(\tan^{-1}\left|\frac{y_{G-SC}}{R}\right| - \theta_h\right) + g\cos\left(\theta_h - \varphi_m\right)$$

a_R——切向加速度，见本节 2.20.2；

$y_{G\text{-}SC}$——横向重心位置，见本节 2.20.2；

R——系数，见本节 2.20.2；

$F_{SC}^{'}$——力，kg，取为：

$$F_{SC}^{'} = \frac{W_{SC}n_2C_k}{n_3} \qquad \text{对于 } n_2 \le 10 \text{ 且 } n_3 \le 5$$

$$F_{SC}^{'} = C_k W_{SC}\frac{l}{l_s} \qquad \text{对于 } n_2 > 10 \text{ 或 } n_3 > 5$$

λ_p——系数，见本节 2.20.3；

C_k——系数，取为：

$C_k = 2.2$，用于钢卷排为两层或两层以上的情况，或钢卷排为一层且锁紧钢卷位于底边舱斜板或内壳板起第二个或第三个的情况；

$C_k = 1.2$，在其他情况下。

2.20.5 内底板上的普通扶强材

2.20.5.1 内底板上的单跨普通扶强材的剖面模数 W，cm^3 和剪切剖面积 A，cm^2 应不小于按下列公式求得之值：

$$W = K_3 \frac{\left(g + 0.5a_v\right) F_{SC}}{12R_{eH}}$$

$$A = \frac{4\left(g + 0.5a_v\right) F_{SC}}{\tau_a \sin\phi} \times 10^{-3}$$

式中：K_3——系数，见表 2.20.5.1，当 n^2 大于 10 时，K_3 取 $2l/3$；

a_v——垂向加速度，m/s^2，应根据第 1 章 1.5.2（8）定义的公式计算；

F_{SC}——力，kg，见本节 2.20.3；

R_{eH}——材料屈服强度，MPa；

τ_a——剪切强度，MPa，取为：

$$\tau_a = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}$$

ϕ——扶强材腹板与外板的夹角，度，在扶强材跨距中点量取。

系数 K_3　　表 2.20.5.1

n_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_3	l	$l-\frac{l'^2}{l}$	$l-\frac{2l'^2}{3l}$	$l-\frac{5l'^2}{9l}$	$l-\frac{l'^2}{2l}$	$l-\frac{7l'^2}{15l}$	$l-\frac{4l'^2}{9l}$	$l-\frac{3l'^2}{7l}$	$l-\frac{5l'^2}{12l}$	$l-\frac{11l'^2}{27l}$

2.20.6　底边舱斜板或内壳上的普通扶强材

2.20.6.1　底边舱斜板或内壳上单跨普通扶强材的剖面模数 W，cm^3 和剪切剖面积 A，cm^2 应不小于按下列公式求得之值：

$$W = K_3 \frac{a_{hopper} F'_{SC}}{12R_{eH}}$$

$$A = \frac{4a_{hopper} F'_{SC}}{\tau_a \sin\phi} \times 10^{-3}$$

式中：K_3——系数，见表 2.20.5.1，当 n^2 大于 10 时，K_3 取 $2l/3$；

R_{eH}——材料屈服强度，MPa；

τ_a——剪切强度，MPa；

a_v——垂向加速度，m/s^2，应根据第 1 章 1.5.2（8）定义的公式计算；

F'_{SC} ——力，kg，见本节 2.20.4；

ϕ ——夹角，定义见本节 2.20.5。

第 3 章　舾装

第 1 节　舵

3.1.1　一般要求

3.1.1.1　适用范围

⑴本节定适用于普通剖面型舵，以及部分为了提升舵力，采用特殊布置实现剖面优化的加强型的舵。对于剖面形状不包含在本节中的舵型，需要特殊考虑。

⑵本节适用于钢质舵。非钢质舵需要特殊考虑。

3.1.1.2　设计考虑

⑴舵应通过有效的方式支承在船体结构上，使支承构件在不产生过度的舵承压力时能支撑舵体的重量。例如采用在舵杆上部设置一个上舵承的方式，上舵承处的船体结构应作适当加强。

⑵应有合适的装置，以防止舵被抬升。

⑶对处于船体外部的舵杆围阱，应在最大载重水线之上安装有密封装置或填料函，以防止舵机舱进水，导致舵承处的润滑剂被冲走。若舵杆围阱的顶部低于最大载重水线，应设有两个分开的填料函。

3.1.1.3　材料

⑴舵的焊接件材料应符合 CCS《材料与焊接规范》船体结构钢的有关规定。

⑵在每一条规范要求中，应考虑普通强度或高强度钢板的材料系数 K。如无特殊规定，材料系数应按第 1 章第 4 节取值。

⑶舵及挂舵臂的钢板钢级应符合第 1 章第 4 节的有关规定。

⑷舵杆、舵销、连接螺栓、键及舵的铸件应采用符合 CCS《材料与焊接规范》有关规定的轧制锻造或铸造碳锰钢。

⑸对于舵杆、舵销、键和螺栓，其所使用材料的最小屈服应力应不小于 200N/mm^2。本节要求的基于材料的屈服应力为 235N/mm^2。所用材料的屈服应力若不同于 235N/mm^2，材料系数 K 应按下式计算得到：

$$K=\left(\frac{235}{R_{eH}}\right)^{e}$$

式中：e =0.75　对于 R_{eH} > 235N/mm^2；

e =1.00　对于R_{eH} ≤ 235N/mm^2；

R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2，应不大于0.7R_m或450N/mm^2，　取其小值；

R_m——材料的抗拉强度，N/mm^2。

3.1.1.4　焊接和设计细节

⑴应尽可能少用塞焊。在有大的面内应力垂直于塞焊处，以及半悬挂舵的缺口处，不可用塞焊。

当使用塞焊时，塞焊长度应不小于 75mm，宽度为 2t，其中 t 为舵叶厚度，mm。塞焊端部的间距应不大于 125mm。应用适合的化合物填充绕孔边界填角焊后留下的塞焊孔，如采用环氧油灰。塞焊不应在孔内填满焊肉。

不使用塞焊时，应使用连续对接焊代替塞焊。当采用连续对接焊时，应留根 6~10mm，

坡角应至少为 15 度。

⑵在半悬挂舵缺口处，舵板倒角圆弧半径应不小于 5 倍舵板厚度，且不小于 100mm。舵旁板的焊接应避免焊到圆弧处。接近圆弧处的边以及焊脚应磨平。

⑶舵板与锻钢或铸钢承座实心体或者很厚的板焊接时，应采用全焊透。在高应力区域，比如半悬挂舵缺口处以及悬挂舵上部分，应采用铸钢或者焊接在隔板上。通常应采用双面全焊透。如果背面不可施焊，应焊接在陶瓷垫板或相当材料上。可采用钢质垫板，且应单面连续焊接在实体或厚板上。

⑷对于舵筒围阱的焊接以及设计细节的要求见本节 3.1.9.2。

⑸当舵杆与舵叶水平法兰连接时，对于其焊接以及设计细节的要求见本节 3.1.6.1⑷。

⑹对于挂舵臂的焊接以及设计细节的要求见本节 3.1.9.1⑶。

3.1.1.5 等效设计

⑴如该设计具有与本节相当的要求，CCS 可以接受与本节要求不同的设计。

⑵为了证明不同设计的等效性，可采用满足所有相关破坏模式的直接计算进行具体分析。这些破坏模式包括屈服、疲劳、屈曲、断裂。由空蚀可能带来的破坏也应加以考虑。

⑶若 CCS 认为必要，可能需要提供试验结果，或者全尺度试验结果以证明等效的设计方法。

3.1.2 舵力和舵杆扭矩

3.1.2.1 无缺口舵叶

⑴舵力是舵尺寸计算的基础，舵力 C_R应按下式计算：

$$C_R = 132K_1K_2K_3AV^2 \qquad \text{N}$$

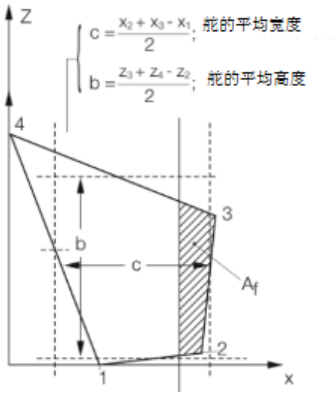


图 3.1.2.1

式中：C_R——舵力，N；

A——舵叶面积，m^2；

V——最大服务航速，kn。当航速小于 10 节时，V应被下式取代：

$$V_{min} = (V + 20)/3 \qquad \text{kn}$$

对于倒车工况，应采用最大倒车航速 V_{astern}，且该航速应不小于下式计算所得之值：

$$V_{astern} = 0.5V \qquad \text{kn}$$

K_1—系数，依据展舷比 λ 而定；

$K_1 = (\lambda+2)/3$，λ 的取值应不大于 2；

$\lambda = b^2/A_t$；

b——舵面积的平均高度，m。舵的平均宽度和平均高度按如图 3.1.2.1 计算；

A_t——舵叶面积 A 以及高度 b 范围内可能设有的舵柱和挂舵臂面积，m^2；

K_2——按舵的类型以及剖面形状选取的系数，见表 3.1.2.1，经 CCS 认可，可以采用试验提供的数据；

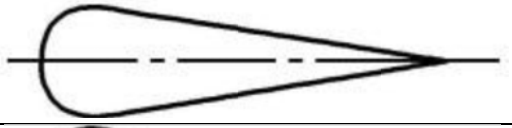
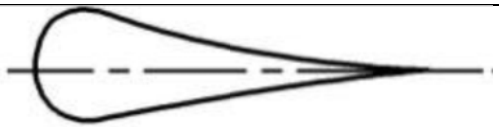
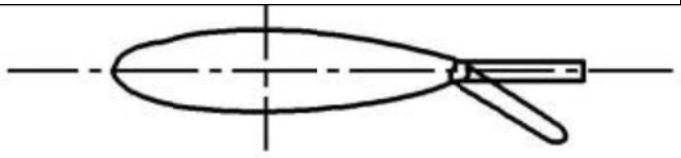
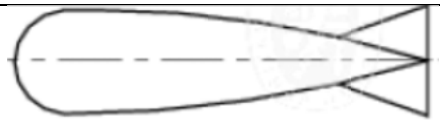
K_3——系数，取值如下：

当舵位于螺旋桨尾流之外时，K_3=0.8；

当舵在螺旋桨导流管后面时，K_3=1.15；

其他情况时，K_3=1.0。

表 3.1.2.1

翼　型		K_2	
		正车时	倒车时
NACA-00 哥汀根翼型		1.1	0.80
平边翼型		1.1	0.90
中空翼型		1.35	0.90
高升力舵		1.7	应作专门考虑；若不可知：1.30
鱼尾型		1.4	0.8
单板型		1.0	1.0
混合翼型 （e.g. HSVA）		1.21	0.9

⑵对于正车和倒车工况，舵杆扭矩 Q_R 均应按下式计算：

$$Q_R = C_R r \qquad \text{N} \cdot \text{m}$$

式中：r——力臂，$r = c\ (\alpha - k)$，m；

c——舵面积的平均宽度，m，见图 3.1.2.1；

α——系数，正车时取 0.33，倒车时取 0.66。对襟翼舵可作特殊考虑，若不能提供试验数据，正车时取 0.40，倒车时取 0.66；

k——系数，$k = A_f/A$；

A_f ——位于舵杆前的舵叶部分面积，m^2；

对于正车工况，r_{min}=0.1c，m。

3.1.2.2 有缺口的舵叶（半悬挂舵）

总舵力 C_R 应按本节 3.1.2.1⑴计算。舵叶面积上的压力分布是确定舵杆扭矩和舵叶强度的依据，应由下述所得：

舵叶面积可分为两个矩形或两个不规则四边形部分，面积分别为 A_1 和 A_2，如图 3.1.2.2 所示， $A=A_1+A_2$。

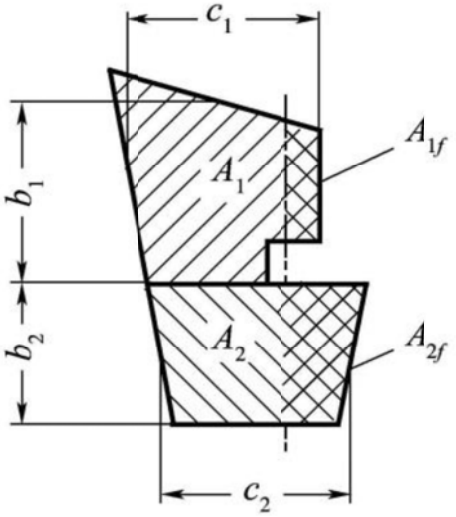


图 3.1.2.2 面积 A_1 和 A_2

力臂 r_1 与 r_2 应按下式计算：

$$r_1 = c_1\,(\alpha - k_1)，\ \mathrm{m}；$$

$$r_2 = c_2\,(\alpha - k_2)，\ \mathrm{m}；$$

式中：c_1，c_2——A_1 和 A_2 部分面积的平均宽度，依据图 3.1.2.1；

$k_1 = A_{1f}/A_1$；

$k_2 = A_{2f}/A_2$；

A_{1f}——舵叶 A_1 部分位于舵杆中心线前的面积，m^2；

A_2f——舵叶 A_2 部分位于舵杆中心线前的面积，m^2；

α——系数，取值如下：

对于正车工况，α= 0.33；

对于倒车工况，α= 0.66；

当舵位于挂舵臂之类固定结构之后时：

对于正车工况，α= 0.25；

对于倒车工况，α= 0.55。

各部分的合力可取为：

$$C_{R1}=C_R A_1/A \qquad \mathrm{N}$$

$$C_{R2}=C_R A_2/A \qquad \mathrm{N}$$

各部分的合成扭矩可取为：

$$Q_{R1} = C_{R1}/r_1 \qquad \mathrm{N \cdot m}$$

$$Q_{R2} = C_{R2}/r_2 \qquad \mathrm{N \cdot m}$$

对于正车工况和倒车工况下舵杆的总扭矩 Q_R，应按下式计算：

$$Q_R = Q_{R1} + Q_{R2} \quad \text{N·m}$$

对于正车工况，Q_R应不小于按下式计算所得之值：

$$Q_{R\min} = 0.1C_R(A_1C_1 + A_2C_2)/A \quad \text{N·m}$$

3.1.3 舵强度计算

3.1.3.1 舵强度计算包括本节3.1.2定义的舵力和舵杆扭矩引起舵叶的弯矩和剪力，舵杆的弯矩和扭矩，舵销轴承、舵杆轴承的支持力，挂舵臂和尾框底骨的弯矩、剪力、扭矩。舵体应由水平和垂直的隔板支持以构成一个弯曲梁。

3.1.3.2 弯矩、剪力、扭矩以及支持力大小应由直接计算或者经CCS认可的近似简化方法得到。对于有尾框底骨和挂舵臂支撑的舵，为了反映准确的舵体弹性支持力，尾框底骨和挂舵臂这些结构均应包含在模型中。弯矩和剪力的分布可参考本章后的附录1。

3.1.4 舵杆尺寸

3.1.4.1 传递舵杆扭矩的舵杆直径应使扭转应力 τ_t不超过按下式计算所得之值：

$$\tau_t = 68/K \quad \text{N/mm}^2$$

传递舵杆扭矩的舵杆直径 d_t应不小于按下式计算所得之值：

$$d_t = 4.2\sqrt[3]{Q_R K} \quad \text{mm}$$

式中：Q_R——总的舵杆扭矩，N·m，见本节 3.1.2.1⑵和 3.1.2.2；

K——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

3.1.4.2 满足合成应力要求的舵杆尺寸

舵杆的等效弯曲和扭转合成应力应不超过 118/K，N/mm^2。K 为舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

等效应力 σ_c应按下式计算得到：

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_t^2} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：

弯曲应力 $\sigma_b = 10.2M/d_c^3 \times 10^3$，N/mm^2；

剪切应力 $\tau_t = 5.1Q_R/d_c^3 \times 10^3$，N/mm^2。

舵杆直径 d_c应不小于按下式计算所得之值：

$$d_c = d_t\sqrt[6]{1 + \left(M / Q_R\right)^2 4/3} \quad \text{mm}$$

式中：M——考虑剖面的舵杆弯矩，N·m。

3.1.4.3 当使用屈服应力超过235N/mm^{2}的钢材而导致舵杆直径明显减小时，CCS可要求对舵杆弹性变形进行评估。为防止在轴承处产生过大的边缘应力，应该避免较大的舵杆变形。

3.1.5 舵叶

3.1.5.1 许用应力

舵叶水平剖面的剖面模数和腹板面积应使下述各应力不超过其应力许用值：

(1)一般

① 弯曲应力 $\sigma_b \leqslant 110/K$，N/mm^2

② 剪切应力 $\tau \leqslant 50/K$，N/mm^2

③ 等效应力 $\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant 120/K$，N/mm^2

式中：K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3(2)。

(2)半悬挂舵挂舵臂舵销处缺口处的应力

① 弯曲应力 $\sigma_b \leqslant 75$，N/mm^2（对于缺口处的剖面）；

② 剪切应力 $\tau \leqslant 50$，N/mm^2；

③ 等效应力 $\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant 100$，N/mm^2。

注：使用高强度钢，许用应力也不可折减。

3.1.5.2 舵叶厚度

舵旁板、顶板和底板的板厚 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 5.5s\beta\sqrt{K}\sqrt{d + C_R 10^{-4} / A} + 2.5 \qquad \text{mm}$$

式中：d——夏季载重线吃水，m；

C_R——舵力，N，见本节 3.1.2.1；

A——舵叶面积，m^2；

$\beta = \sqrt{1.1 - 0.5(s/b)^2}$，若 $b/s \geqslant 2.5$，则 β 最大取 1；

s——板格的短边长度，m；

b——板格的长边长度，m；

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3(2)。

舵叶的导边板厚度应不小于 1.2 倍的舵旁板厚度，但也不必大于 22mm。隔板厚度应不小于舵旁板厚度的 70%，且不小于 8mm。

与实心体连接处的舵板应按本节 3.1.5.3(4)加厚。

3.1.5.3 舵叶结构与实心锻件或铸钢件的连接

(1)舵杆或舵销的实心锻钢或铸钢承座，一般应设置凸缘。

当隔板厚度小于下值时，可不要求有凸缘：

—10mm，对于焊接在半悬挂舵下舵销承座处的隔板和焊接在悬挂舵舵杆连接实体处的垂直隔板；

—20mm，对于其他隔板。

(2)实心承座一般应通过两个水平隔板和两个垂直隔板与舵结构相连接。

(3)与舵杆承座连接结构的最小剖面模数。

与舵杆承座实心部分连接的舵叶结构由垂直隔板和舵板组成，其剖面模数 W_S 应不小于按下式计算所得之值：

$$W_s = c_s d_c^3 \left(\frac{H_E - H_X}{H_E}\right)\frac{K}{K_s}10^{-4} \qquad \text{cm}^3$$

式中：c_s ——系数，应按如下取值：

若舵板无开口或该开口由全熔透焊板封闭，c_s =1.0；

若所考虑的舵横剖面有一开口，c_s =1.5；

d_c——按本节 3.1.4 计算的下舵承处舵杆直径，mm；

H_E——舵叶下缘和实心部件上缘之间的垂直距离，m；

H_X ——所考虑的横剖面和实心部件上缘之间的垂直距离，m；

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3⑵；

K_s——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

舵叶剖面的实际剖面模数应按舵叶对称轴计算。其计及剖面模数的有效舵叶宽度 b 应不大于按下式计算所得之值：

$$b = s_v + 2H_x/3 \qquad \text{m}$$

式中：s_v——两垂直隔板的间距，m，见图 3.1.5.3。

舵杆螺母的通道开口若未用全熔焊接板封闭，则开口应相应扣除。

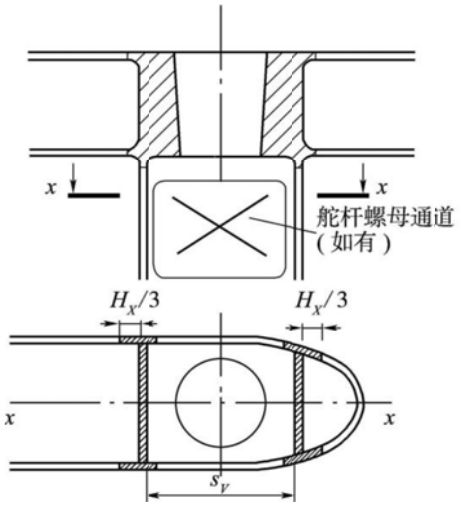


图 3.1.5.3　舵叶与舵杆承座连接处剖面

⑷承座附近的水平隔板厚度以及这些隔板之间的舵叶厚度 t_H 应不小于按下式计算所得之值取大者：

$$t_H = 1.2t \qquad \text{mm}$$

$$t_H = 0.045d_S^2/S_H \qquad \text{mm}$$

式中：t——见本节 3.1.5.2；

d_S——直径，mm，应按如下取值：

承座与舵杆相连时，$d_S = d_c$，见本节 3.1.4.2；

承座与舵销相连时，$d_S = d_p$，见本节 3.1.7.1；

S_H——两个水平隔板间的距离，mm。

加厚水平隔板应延伸至实体前后至少一个垂直隔板。

⑸与舵杆承座焊接的垂直隔板和舵杆承座以下的舵旁板的厚度应不小于表 3.1.5.3 中的

值。

舵旁板和垂直隔板的板厚 **表 3.1.5.3**

舵的型式	垂直隔板厚度(mm)		舵板厚度(mm)	
	无开口舵叶	有开口舵叶	无开口舵叶	有开口舵叶
由尾框底骨支承的舵	1.2t	1.6t	1.2t	1.4t
半悬挂舵和悬挂舵	1.4t	2.0t	1.3t	1.6t

表中：t 为舵板厚度，mm，定义见本节 3.1.5.2。

加厚水平隔板应延伸至实体之下至少一个水平隔板。

3.1.5.4 单板舵

⑴舵杆直径

舵杆直径应按本节 3.1.4.1 和 3.1.4.2 计算得到。对于悬挂舵其下段的三分之一可向下过渡至下舵杆直径的 0.75 倍。

⑵舵叶厚度

舵叶厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 1.5sV\sqrt{K} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中：s——加强筋间距，m，应不大于 1m；

V——航速，kn，见本节 3.1. 2.1⑴；

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3⑵。

⑶加强筋

加强筋的厚度 t_a 应不小于舵叶厚度：

$$t_a = t_b \quad \text{mm}$$

加强筋的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 0.5sC_1^2VK^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：C_1——自舵后端至舵杆中心线的水平距离，m；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

3.1.6 舵杆连接

3.1.6.1 水平法兰连接

⑴连接螺栓直径 d_b 应不小于下式计算所得之值：

$$d_b = 0.62\sqrt{d_s^3 K_b / n e_m K_s} \quad \text{mm}$$

式中：d_s——舵杆直径，按本节 3.1.4.1 及 3.1.4.2 要求的直径 d_t 与 d_c 取大值，mm；

n ——螺栓总数，应不小于 6；

e_m——螺栓中心与螺栓系统中心平均间距，mm；

K_s——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

K_b——螺栓材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

⑵连接法兰的厚度 t_f 应不小于按下式计算所得之值取大者：

$$t_f = d_b\sqrt{K_f / K_b} \quad \text{mm}$$

$$t_f = 0.9d_b \quad \text{mm}$$

式中：K_f——连接法兰材料系数，见本节 3.1.1. 3⑸；

K_b——螺栓材料系数，见本节 3.1.1. 3⑸；

d_b——按不超过 8 个螺栓数计算所得的螺栓直径，mm。

⑶螺栓孔与法兰边之间距离应不小于 $0.67d_b$。

⑷舵杆与法兰的焊接节点应满足图 3.1.6.1 要求或者相当设计。

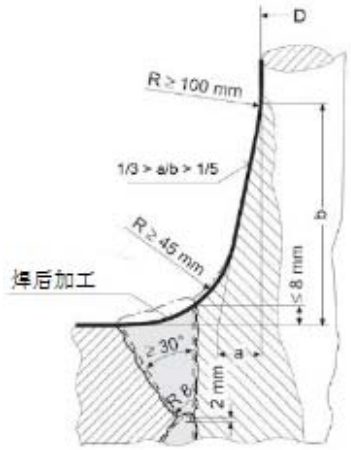


图 3. 1. 6. 1 舵杆与法兰的焊接节点

⑸连接法兰的螺栓应为铰孔螺栓，螺母应有可靠的止动装置。

3.1.6.2 垂向法兰连接

⑴连接的螺栓直径 d_b 应不小于按下式计算所得之值：

$$d_b = 0.81 d_s \Big/ \sqrt{n} \times \sqrt{K_b / K_s} \qquad \text{mm}$$

式中：d_s——连接法兰处的舵杆直径，mm；

n ——螺栓总数，至少应有 8 个；

K_b——螺栓材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

K_s——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

⑵螺栓面积对法兰中心的静矩 m 应不小于按下式计算所得之值：

$$m = 0.00043 d_s^3 \qquad \text{cm}^3$$

⑶连接法兰的厚度应不小于螺栓直径，螺栓孔以外的材料宽度应不小于 $0.67d_b$。

⑷连接法兰的螺栓应为铰孔螺栓，螺母应有可靠的止动装置。

3.1.6.3 有键的锥形连接

⑴锥度和锥体长度

对于没有液压装置的锥形连接，锥体在直径方向上的锥度 c 应在 1:8-1:12 之间。其中 $c = (d_0-d_u)/l$，见图 3.1.6.3。

锥形连接应由螺母紧固。螺母的紧固方式可使用图 3.1.6.3 所示紧固板。

锥体应精确适配。锥体长度 l 一般应不小于 $1.5d_0$。

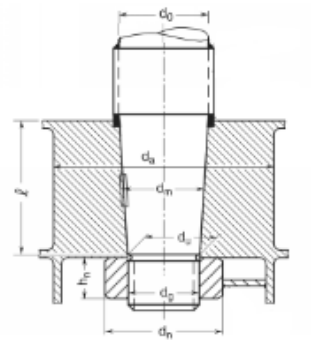


图 3.1.6.3 有键锥形连接

⑵键的尺寸

对于没有液压装置的锥形连接，锥体和舵杪之间应设有一个键，其剪切面积 a_s 应不小于：

$$a_s = \frac{17.55Q_F}{d_k R_{eH1}} \quad \text{cm}^2$$

式中：Q_F——舵杆的设计屈服扭矩；

$$Q_F = 0.02664 d_t^3 / K \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

若舵杆实际直径 d_{ta} 大于计算要求直径 d_t，应取实际直径 d_{ta}，但不必大于 $1.145d_t$；

d_t——按本节 3.1.4.1 计算的舵杆直径，mm；

K——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

d_k——舵杆锥体装键处的平均直径，mm；

R_{eH1}——键材料最小屈服应力，N/mm^2。

键与舵杆或承座之间的(未打磨)有效表面积 a_k，cm^2，应不小于：

$$a_k = \frac{5Q_F}{d_k R_{eH2}} \quad \text{cm}^2$$

式中：R_{eH2}——键、舵杆或舵叶承座材料的最小屈服应力，N/mm^2。

⑶螺母的尺寸

如图 3.1.6.3 所示，锥形连接中螺母的尺寸应符合下列要求：

螺纹外径 $d_g \geqslant 0.65d_o$

螺母高度 $h_n \geqslant 0.6d_g$；

螺母外径 $d_n \geqslant 1.2d_u$ 或 $1.5d_g$，取大者。

⑷应证明有 50%的设计屈服扭矩通过锥形连接摩擦传递。当扭矩 $Q'_F = 0.5Q_F$ 时所要求的锥形推入压力和推入长度可按本节 3.1.6.4⑵计算。

⑸除了满足本节 3.1.6.3⑵和 3.1.6.3⑷的要求，当舵杆与舵叶通过有键锥形连接时，认为所有的扭矩都通过键传递，键的尺寸和压入力、压入长度应作特殊考虑。

3.1.6.4 具有特殊拆装专用装置的锥形连接

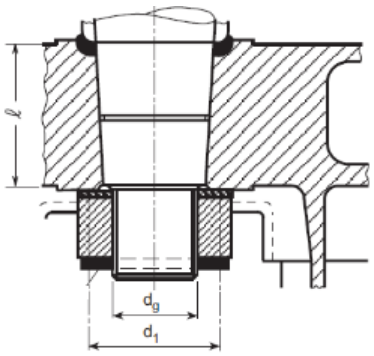


图 3.1.6.4 特殊拆装专用装置的锥形联接

⑴若舵杆直径超过 200mm，建议通过液压锥形连接进行压入配合。在此情况下，锥部应更细长，锥度在 c≈1:12 至≈1:20 之间。

若用液压方式连接，螺母应有效紧固于舵杆或舵销。

为使舵杆和舵叶之间的连接能安全传递扭矩，推入压力和推入长度应由 3.1.6.4⑵和 3.1.6.4⑶确定。

⑵推入压力

推入压力应不小于以下两式计算所得之值的大者：

$$p_{req1} = \frac{2Q_F \times 10^3}{d_m{}^2 l \pi \mu_0} \quad \text{N/mm}^2$$

$$p_{req2} = \frac{6M_b \times 10^3}{l^2 d_m} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：Q_F ——舵杆设计屈服扭矩，N·m，按本节 3.1.6.3(2)确定；

d_m ——锥体平均直径，mm；见图 3.1.6.3；

l ——锥体长度，mm；

μ_0——摩擦系数，等于 0.15；

M_b——锥形连接弯矩(例如悬挂舵)，N·m。

应证明推入压力不超过锥体的许用表面压力。许用表面压力 p_{perm}，应按下式计算确定：

$$p_{perm} = \frac{0.8R_{eH}(1-\alpha^2)}{\sqrt{3+\alpha^4}} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：R_{eH} ——舵柄材料最小屈服应力，N/mm^2；

$\alpha = d_m / d_a$；

d_m——锥体平均直径，mm，定义见图 3.1.6.3；

d_a——舵柄外径见图 3.1.6.3，mm，应不小于 1.5d_m。见图 3.1.6.3。

⑶推入长度

推入长度 l，mm，应满足下式：

$$\Delta l_1 \leqslant \Delta l \leqslant \Delta l_2$$

式中：

$$\Delta l_1 = \frac{p_{req} d_m}{E\left(\frac{1-\alpha^2}{2}\right)c} + \frac{0.8R_{tm}}{c}$$ ，mm；

$$\Delta l_2 = \frac{1.6R_{eH} d_m}{Ec\sqrt{3+\alpha^4}} + \frac{0.8R_{tm}}{c}$$ ，mm；

R_{tm}——平均粗糙度，mm，等于 0.01；

c——直径锥度，见本节 3.1.6.4⑴。

压入长度应不小于 2mm。

注：如用液压方式连接，所要求的锥体推入力 P_e，可按下式计算：

$$P_e = p_{req} d_m \pi l\left(\frac{c}{2} + 0.02\right) \quad \text{N}$$

数值 0.02 是采用油压摩擦系数的基准。该值是变量，视机加工和粗糙度的具体细节而定。若在装配过程中，产生了因舵的重量引起的部分推入效应，可在确定所需的推入长度时予以考虑，并应经 CCS 批准。

3.1.7 舵销

3.1.7.1 舵销尺寸

舵销直径 d_p 应不小于：

$$d_p = 0.35\sqrt{BK_p} \quad \text{mm}$$

式中：B——支撑力，N；

K_p——舵销材料系数，见本节 3.1.1.3。

3.1.7.2 连接

⑴锥度

舵销若为锥形，直径方向的锥度应符合以下规定：

对于有键或者其它手动安装的舵销，若由止动螺母锁定，直径方向的锥度为 1:8 至 1:12；

对于以油压和液压螺母装配的舵销，直径方向的锥度为 1:12 至 1:20。

⑵舵销轴承的推入压力

所要求的舵销轴承推入压力 p_{req} 应按下式计算：

$$p_{req} = 0.4\frac{B_1 d_0}{d_m^2 l} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：B_1——舵销轴承的支撑力，N；

d_0——舵销直径，mm，见图 3.1.6.3。

推入长度应按本节 3.1.6.4⑶的类似方法计算，采用满足要求的舵销轴承推入压力和舵销轴承的属性。

3.1.7.3 螺母和螺纹的最小尺寸应依据3.1.6.3⑶得到。

3.1.7.4 舵销承座

舵枢处舵销承座的长度应不小于舵销直径 d_p。d_p 应在衬套外径处量取。

舵销承座的厚度应不小于 $0.25d_p$。

3.1.8 舵杆、舵轴和舵销的轴承

3.1.8.1 衬垫和衬套

⑴舵杆轴承

轴承应有衬垫和衬套，衬垫和衬套的最小厚度 t_{min} 应按如下取值：

对于金属材料和合成材料，t_{min} = 8mm；

对于木材，t_{min} = 22mm。

⑵舵销的轴承

任何衬套或衬垫的厚度 t，mm，应不小于 3.1.8.1⑴定义的最小厚度及按下式计算所得之值：

$$t = 0.01\sqrt{P} \quad \text{mm}$$

式中：P—相关轴承支撑力，N。

3.1.8.2 最小轴承表面积

应提供足够的润滑。

舵承表面积 A_b(定义为投影面积：舵承高度×衬套外径)，应不小于：

$$A_b = P/q_a \quad \text{mm}^2$$

式中：P——舵承支持力，N，定义见本节 3.1.3.2；

q_a——按表 3.1.8.2 确定的许用表面压力。

各种不同材料最大表面压力 q_a 应按下表确定。如有许用表面压力大于表 3.1.8.2 数值，且已经由试验验证过，可按供应商说明书选取。

许用表面压力 q_a **表 3.1.8.2**

舵承材料	q_a (N/mm^2)
铁梨木	2.5
白合金，油润滑	4.5
邵氏硬度 D 级 60~70 的合成材料①	5.5②
钢材③、青铜和热压青铜-石墨材料	7.0

注：①压痕硬度试验应在23℃及具有50%湿度情况下按公认的标准进行。合成材料应是认可型的。

②根据轴承供应商说明书与试验，表面压力超过5.5N/mm^{2}为可能接受，但无论如何不得超过10 N/mm^2。

③钢材为不锈钢和耐磨钢，并以认可方式同舵杆衬套组合。

3.1.8.3 舵承尺寸

舵承长度与直径的比值应不大于 1.2。

舵承长度 L_P 应满足：$D_P \leqslant L_P \leqslant 1.2D_P$，式中 D_P 为在衬套外面量取的舵销实际直径。

3.1.8.4 舵承间隙

金属材料舵承的直径方向间隙应不小于 d_b/1000 + 1.0mm。如采用非金属轴承，轴承的径向间隙应考虑材料的膨胀和热膨胀特性予以专门确定，除非生产商推荐并提供更小间隙的成功使用经验的报告，否则该间隙应不小于 1.5mm。

3.1.9 挂舵臂与舵杆围阱的强度

3.1.9.1 挂舵臂

支承半悬挂舵的挂舵臂可采用钢板焊接或铸钢，其水平剖面形状可参照推进器柱的截面

形状。若挂舵臂与外板之间为圆弧过渡，应充分考虑挂舵臂板抗弯曲的有效性以及横隔板的应力。圆弧半径应不小于(0.8L+150)mm，其中 L 为船长。

有一个弹性支持的半悬挂舵和两个弹性支持的半悬挂舵的弯矩和剪力应由直接计算确定，或者可以依据本章附录 1/5 和附录 1/6 确定。

水平 x 轴的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = M_b K/67 \qquad \text{cm}^3$$

式中：M_b——计算剖面的弯矩，N·m；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

剪应力 τ 应不大于按下式计算所得之值：

$$\tau = 48/K \qquad \text{N/mm}^2$$

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

⑴等效应力

挂舵臂高度范围内任何位置的等效应力应不超过 120/K，N/mm^2。等效应力 σ_v 应按下式计算：

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\left(\tau^2 + \tau_T^2\right)} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：

$\sigma_b = M_b/W_x$，N/mm^2；

$\tau = B_1/A_h$，N/mm^2；

W_x——挂舵臂绕 x 轴的剖面模数，cm^3；

B_1——舵销轴承的支持力，N；

A_h——挂舵臂 y 方向的有效剪切面积，mm^2；

$\tau_T = M_T 10^3/(2A_T t_h)$，N/mm^2；

M_T ——扭矩，N·m；

A_T——挂舵臂围住的水平剖面面积，mm^2；

t_h ——挂舵臂的板厚，mm；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

⑵挂舵臂板

挂舵臂的侧板厚度 t 应不小于：

$$t = 2.4\sqrt{LK} \qquad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

K——材料系数，见本节 3.1.1.3⑵。

⑶与船体结构的焊接与连接

挂舵臂应有效地连接至船尾结构，例如板材与外板及横纵桁的连接，以实现力的合理传递，见图 3.1.9.1。

挂舵臂内应在与外板对齐处设置肘板或者水平结构，如图 3.1.9.1 所示。

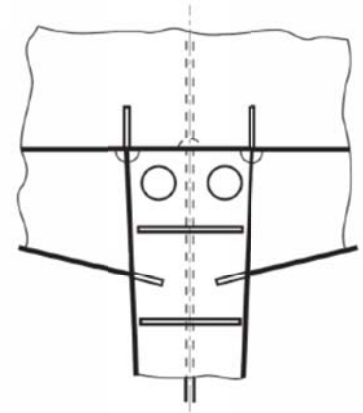


图 3.1.9.1　挂舵臂与船尾结构的连接

应有一定数量的挂舵臂横隔板向上装入船体直至达到最近一层平台甲板，横隔板的厚度应达到一定的要求。

应与横隔板一起安设加强肋板，以实现与船体的充分连接。

尾尖舱的中纵舱壁(制荡舱壁)应与挂舵臂相连。

横隔板与外板连接处应避免出现扇形孔。

挂舵臂板与外板之间应全焊透。焊接半径应足够大，并打磨。

3.1.9.2　舵杆围阱

⑴材料，焊接以及与船体的连接要求

本要求适用于伸入艉柱以下和未伸入艉柱以下两种类型的舵杆围阱。

舵杆围阱的钢材应保证可焊性，熔炼分析的含碳量应不超过 0.23%，碳当量 CEQ 应不超过 0.41%。

舵杆围阱的板材钢级一般不应低于第 1 章第 4 节中材料级别 II 所对应的钢级。

舵杆围阱与船壳或导流尾鳍底部的连接焊缝应为全焊透。

凸肩圆角半径 r，mm，见图 3.1.9.2，应尽可能大并按如下取值：

当 $\sigma \geq 40/K$ 时，$r=60$；

当 $\sigma < 40/K$ 时，$r=0.1d_c$，且不小于 30mm。

其中：d_c——3.1.4.2 定义的舵杆直径；

σ——舵杆围阱的弯曲应力，N/mm^2；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

弧形可用打磨方式制成。若用砂轮打磨，应在焊缝方向上避免出现砂轮划痕。应用模板核查弧形的精度。

至少应核查四个弧形，并应向验船师提交报告。

非钢质材料舵杆围阱应由 CCS 作特殊考虑。

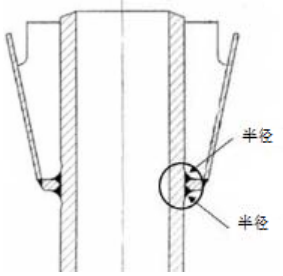


图 3.1.9.2

⑵结构尺寸

若舵杆在舵杆围阱内，且舵的运动作用力使舵杆围阱产生应力，舵杆围阱的尺寸应使弯曲和剪切的合成应力应不超过 0.35R_{eH}。

焊接的舵杆围阱弯曲应力 σ 应满足下式：

$$\sigma \leq 80/K \qquad N/mm^2$$

式中：σ——舵杆围阱的弯曲应力，3.1.9.2⑴中定义；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸，应不小于 0.7；

R_{eH}——所用材料的屈服应力，N/mm^2。

在计算弯曲应力时，所计跨距应为下舵杆轴承高度中点与舵杆围阱在船壳或导流尾鳍底部的夹入点之间的距离。

3.1.10 其它

3.1.10.1 舵扇与舵柄

⑴舵柄在距舵杆中心的任一剖面对其垂直轴的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 0.14(1 - D_s / R)D_t^3 \qquad mm^3$$

式中：D_s——舵柄上计算剖面到舵杆中心线距离，不超过销轴孔径，如图 3.1.10.1 所示，mm；

D_t——舵柄处的舵杆直径，按本节 3.1.4.1 计算，mm；

R——舵扇半径或舵柄长度，mm。

对于一个幅条以上的舵扇，各幅条的剖面数总和应不小于上式要求。

矩形舵柄剖面的宽度与高度之比应不大于 2。

⑵舵扇、舵柄毂的高度应满足 $h \geq 1.0D_t$，外径应满足 $D_o \geq 1.8D_t$，如图 3.1.10.1 所示。当舵柄毂的高度 h 大于 D_t 时，外径 D_o 可相应减少。应保证 $hD_o^2 \geq 1.8D_t^3$，且 D_o 不得小于 $1.6D_t$。

D_t 定义同本条 3.1.10.1⑴。

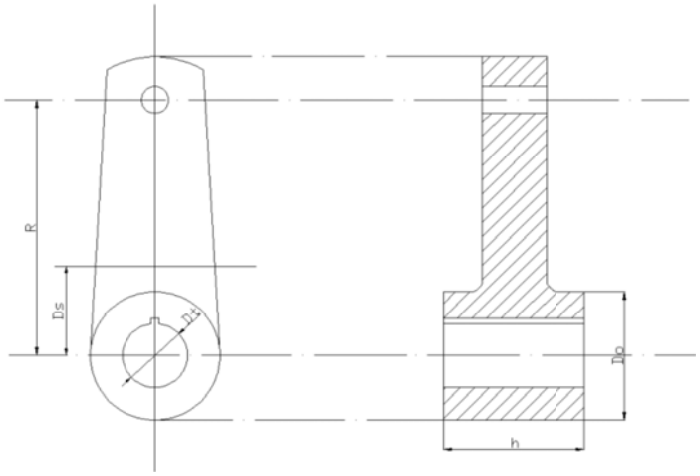


图 3.1.10.1

⑶若舵柄(舵扇)毂由两个半块对合组成，应至少安装一个键，且在每一端至少配置 2 个螺栓进行栓固。螺栓应进行预紧，每个螺栓的预紧力应为该螺栓材料许用应力的 70%，如使用双键，预紧力可适当降低。全部螺栓的总剖面积 A_b 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_b = 0.2D_t^3/b \qquad \text{mm}^2$$

式中：D_t——舵柄处的舵杆直径，按本节 3.1.4.1 计算，mm；

b——螺栓中心线至舵杆中心线距离，mm。

⑷舵柄(舵扇)与舵柄之间的连杆剖面积 A_x和剖面惯性矩 I_x应不小于按下式计算所得之值：

$$A_x = 0.12D_t^3/R \qquad \text{mm}^2$$

$$I_x = 6.6D_t^3l^2/R \qquad \text{mm}^4$$

式中：D_t——被动舵舵柄处的舵杆直径，按本节 3.1.4.1 计算，mm;

l——连杆长度，mm；

R——被动舵的舵柄长度，mm。

⑸对于转叶式舵机，其转子和叶片应满足本条 3.1.10.1⑴和 3.1.10.1⑵中舵柄毂及舵柄的要求。

3.1.10.2 舵柄与舵杆的连接

⑴舵柄与舵杆的连接应保证在任何操作情况下都能将机械力由转舵机构传递到舵杆。舵柄与舵杆的连接传递的扭矩应不小于 2 倍的舵机设计扭矩，但不必大于按本节 3.1.6.3⑵计算的舵杆设计屈服扭矩 Q_F。

⑵若通过摩擦传递扭矩，舵柄与舵杆连接的平均表面压力应不小于按下式计算所得之值：

$$p_r \geq \frac{2T_{fr}}{\pi D_m^{\,2} lf} \times 10^3 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：T_{fr}——摩擦传递的扭矩，N·m，无键连接时，$T_{fr} = T_d$，有键连接时，$T_{fr} = 0.5T_d$；

T_d——舵柄与舵杆连接传递的扭矩，N·m，按本节 3.1.10.2(1)确定；

D_m——舵杆直径或锥体的平均直径，mm；

l——与舵杆有效连接部分的长度，mm；

f——摩擦系数，对于液压连接取 0.15，对于干式连接取 0.18。

⑶若为锥形连接，应使用螺母进行紧固防止发生轴向的位移。螺母的尺寸应满足本节 3.1.6.3⑶的要求。

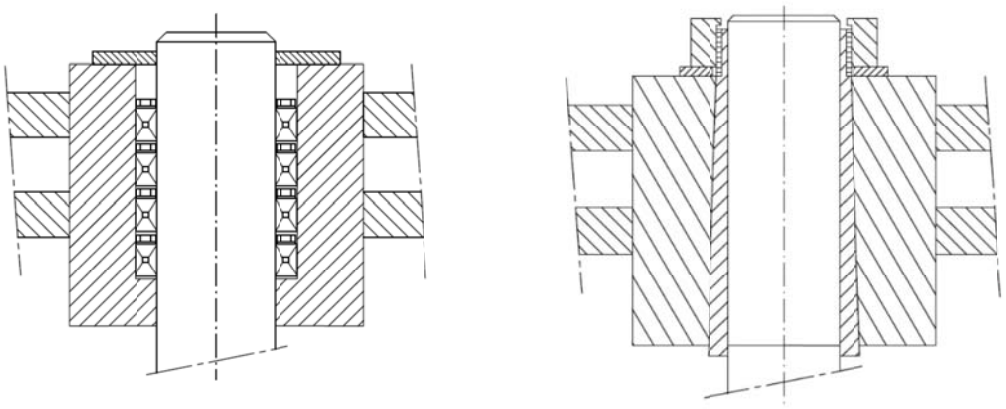
⑷当舵柄与舵杆之间使用了多只胀紧套或锥形套筒连接，如图 3.1.10.2 所示，还应考虑轴向力的影响。此时舵柄与舵杆的连接传递的扭矩 T_{d1}应不小于按下式计算所得之值：

$$T_{d1} = \sqrt{T_d^2 + (2WD_m)^2 10^{-4}} \qquad \text{N·m}$$

式中：T_d——扭矩，N·m，按本节 3.1.10.2⑴确定；

W——舵以及舵杆的重量，kg；

D_m——舵杆直径，mm。



(a)胀紧套　　(b)锥形套筒

图 3.1.10.2

⑸无键锥形连接的直径锥度应不大于 1:15，有键锥形连接的直径锥度应不大于 1:10。

⑹若为有键连接，键的剪切面积应不小于按下式计算所得之值：

$$A_s = \frac{70\left(T_d - k_{key}T_{fr}\right)}{D_k R_{eH}} \quad \text{cm}^2$$

式中：T_d——舵柄与舵杆连接传递的扭矩，N·m，按本节 3.1.10.2 计算；

k_{key}——系数，当舵柄毂由两块对合并由螺栓进行夹紧时，k_{key}=0.7，当舵杆与舵柄进行液压装配时，k_{key}=0.9，其他情况下，k_{key}=1.0。

T_{fr}——摩擦传递的扭矩，N·m，按以下公式计算：

$$T_{fr} = 0.5\pi p_r D_m^2 l f \times 10^{-3}$$

其中：p_r——舵柄与舵杆连接的平均表面压力，N/mm^2，按本节 3.1.10.2⑵确定，当采用液压装配或冷缩配合的锥形连接时，应取为推入平均表面压力；

D_m，l，f——同本节 3.1.10.2⑵；

D_k——舵杆装键处的平均直径，mm；

R_{eH}——键材料的屈服应力，N/mm^2。

⑺若为有键连接，键的受挤压面积 A_k（不计圆边部分）应不小于按下式计算所得之值：

$$A_k = \frac{22\left(T_d - k_{key}T_{fr}\right)}{D_k R_{eH}} \quad \text{cm}^2$$

式中：T_d，k_{key}，T_{fr}，——同本节 3.1.10.2⑹；

R_{eH}——键材料的屈服应力，N/mm^2。

⑻当安装两个键时，每个键的剪切面积和受挤压面积可取为按单键计算所得之值的 2/3。

⑼键槽应有足够的圆弧倒角，倒角的半径通常应不小于键厚度的 5%，舵杆及舵柄上键槽的挤压应力应不超过所用材料屈服应力的 90%。

⑽当采用液压装配或冷缩配合的锥形连接，应按下列要求确定推入长度和推入平均表面压力：

①推入长度 S 应满足下式要求：

$$S_1 \leqslant S \leqslant S_2$$

最小推入长度 S_1　　$S_1=\frac{1}{k_1}[\frac{2p_rD_mk_2^2}{E(k_2^2-1)}+0.02]$，mm

最大推入长度 S_2　　$S_2=\frac{1}{k_1}[1.6R_{eH}D_m\frac{k_2^2}{E\sqrt{3k_2^4+1}}+0.02]$，mm

式中：p_r——舵柄与舵杆连接的平均表面压力，N/mm^2，按本节 3.1.10.2⑵确定；

k_1——锥体的直径锥度；

$k_2=(D_m+t_a)/D_m$；

D_m——锥体的平均直径，mm；

t_a——舵柄毂的平均厚度，mm；

R_{eH}——舵柄毂或舵杆材料的屈服应力，取小者，N/mm^2；

E——弹性模量，取 2.06×10^5，N/mm^2。

②推入平均表面压力 P 应按下式计算：

$$P=\frac{SE(k_2^2-1)k_1}{2D_mk_2^2}\qquad \text{N/mm}^2$$

式中：k_1，k_2，D_m，E——同本条(1)；

S——按本条(1)确定的推入长度，mm。

第 2 节　锚泊及系泊设备

3.2.1　舾装数

3.2.1.1　锚泊设备应根据船舶种类及其航行水域并根据本节3.2.1.2所求得的舾装数N，按表3.2.1.1的要求配备。表3.2.1.1中所列的拖索仅为指导性要求。

本节关于锚泊设备的要求系针对因等待靠泊、潮水等而暂时系泊于港口或遮蔽区的船舶。

因此，符合本节要求的设备并非适用于在风暴天气下使船舶与毫无遮蔽的岸边保持距离，或使移动或漂动中的船舶停下。若在上述条件下使用，作用在锚泊设备上的载荷将由于形成高能量载荷而增大，并导致其部件的损坏或丢失，特别是较大尺度的船舶。

符合本节规定的锚泊设备应能使船舶在良好的锚地底质上系留，以防止出现走锚情况。在不良的锚地底质上，锚的抓力将明显降低。

本节所要求锚泊设备的舾装数 N 的计算公式基于以下假定：最大水流速度为 2.5m/s；最大风速为 25m/s；最小出链长度在 6~10 之间，其中出链长度指抛出锚链的长度与水深之比。对于船长大于 135m 的船舶，本节所要求的锚泊设备可认为适用于最大水流速度为 1.5m/s、最大风速为 11m/s、最大有义波高为 2m 的情况。

假定在正常情况下，一艘船舶只使用一只锚。

锚及锚链的制造应满足 CCS《材料与焊接规范》的相关要求。

首锚应与其锚链连接，布置于船上，并随时可用。

3.2.1.2　舾装数N按下式计算：

$$N=\Delta^{\frac{2}{3}}+2Bh+\frac{A}{10}$$

式中：Δ ——夏季载重线下的型排水量，t；

B ——船宽，m；

h ——从夏季载重水线到最上层舱室顶部的有效高度，m；对最下层的层高 h_i 从上甲板中心线量起，或具有不连续上甲板时，从上甲板最低线及其平行于升高部分甲板的延伸线量起，见图 3.2.1.2(1)，即：

$$h = a + \sum h_i$$

其中：a ——从船中夏季载重水线至上甲板的距离，m；

h_i ——各层宽度大于 $B/4$ 的舱室，在其中心线处量计的高度，m；

A ——船长 L 范围内夏季载重水线以上的船体部分和上层建筑以及各层宽度大于 $B/4$ 的甲板室的侧投影面积的总和，m^2。

计算 h 和 A 时，不必计及舷弧和纵倾。

凡是高度超过 1.5m 的挡风板和舷墙，均视为上层建筑或甲板室的一部分。

宽度大于 $B/4$ 的甲板室如在宽度为 $B/4$ 或以下的甲板室之上，应计入上面的甲板室而忽略下面的甲板室。

在确定 h 和 A 时，可不考虑舱口围板高度和集装箱之类任何甲板货的高度。在确定 A 时，若舷墙高于 1.5m，图 3.2.1.2(2)所示的面积 A_2 应计入 A。表 3.2.1.1 中的有档首锚链的总长度应在两只首锚之间分为大致相等的部分。

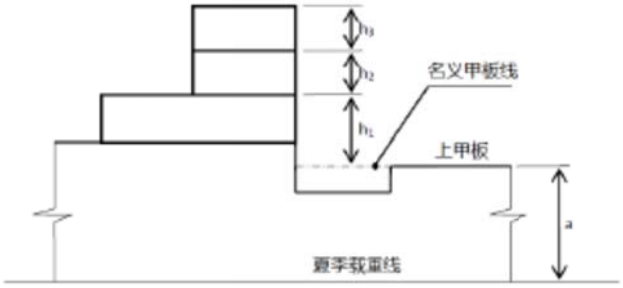


图 3.2.1.2(1)

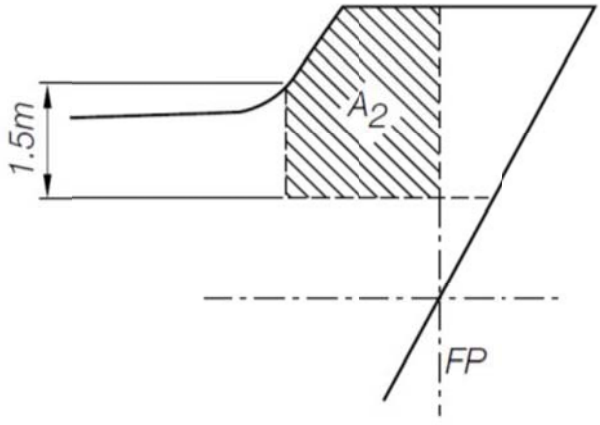


图 3.2.1.2(2)

3.2.2 锚

3.2.2.1 每个首锚的质量可以与本节表3.2.1.1所列锚质量相差在-3%至+7%范围内，但首锚的总质量应不小于表列锚质量的总和。

3.2.2.2　普通无杆锚的锚头质量，包括梢子与转轴在内，应不小于该锚总质量的60%。

3.2.2.3　可以采用有杆的首锚，但其质量(不包括横杆)应不小于本节表3.2.1.1所规定的无杆锚质量的80%。

3.2.2.4　当采用大抓力锚作为首锚时，每只锚的质量可以为本节表3.2.1.1规定的普通无杆首锚质量的75%，大抓力锚的抓力应至少为同等重量普通无杆锚抓力的两倍，其具体要求详见CCS《材料与焊接规范》第1篇第10章第1节的规定。

锚泊和拖带设备　　**表3.2.1.1**

序号	舾装数 N		首 锚		有档首锚链				拖 索	
	超过	不超过	数量	每只质量(kg)	总长度(m)	直径			长度(m)	破断负荷(kN)
						CCS AM1	CCS AM2	CCS AM3		
1	50	70	2	150	192.5	14	12.5		180	98
2	70	90	2	180	220	14	12.5		180	98
3	90	110	2	240	220	16	14		180	98
4	110	130	2	300	247.5	17.5	16		180	98
5	130	150	2	360	247.5	19	17.5		180	98
6	150	175	2	420	275	20.5	17.5		180	98
7	175	205	2	480	275	22	19		180	112
8	205	240	2	570	302.5	24	20.5		180	129
9	240	280	2	660	302.5	26	22	20.5	180	150
10	280	320	2	780	330	28	24	22	180	174
11	320	360	2	900	357.5	30	26	24	180	207
12	360	400	2	1020	357.5	32	28	24	180	224
13	400	450	2	1140	385	34	30	26	180	250
14	450	500	2	1290	385	36	32	28	180	277
15	500	550	2	1440	412.5	38	34	30	190	306
16	550	600	2	1590	412.5	40	34	30	190	338
17	600	660	2	1740	440	42	36	32	190	371
18	660	720	2	1920	440	44	38	34	190	406
19	720	780	2	2100	440	46	40	36	190	441
20	780	840	2	2280	467.5	48	42	36	190	480
21	840	910	2	2460	467.5	50	44	38	190	518
22	910	980	2	2640	467.5	52	46	40	190	559
23	980	1060	2	2850	495	54	48	42	200	603

序号	舾装数 N		首 锚		有档首锚链				拖 索	
	超过	不超过	数量	每只质量(kg)	总长度(m)	直径			长度(m)	破断负荷(kN)
						CCS AM1	CCS AM2	CCS AM3		
24	1060	1140	2	3060	495	56	50	44	200	647
25	1140	1220	2	3300	495	58	50	46	200	691
26	1220	1300	2	3540	522.5	60	52	46	200	738
27	1300	1390	2	3780	522.5	62	54	48	200	786
28	1390	1480	2	4050	522.5	64	56	50	200	836
29	1480	1570	2	4320	550	66	58	50	220	889
30	1570	1670	2	4590	550	68	60	52	220	941
31	1670	1790	2	4890	550	70	62	54	220	1002
32	1790	1930	2	5250	577.5	73	64	56	220	1109
33	1930	2080	2	5610	577.5	76	66	58	220	1168
34	2080	2230	2	6000	577.5	78	68	60	240	1259
35	2230	2380	2	6450	605	81	70	62	240	1356
36	2380	2530	2	6900	605	84	73	64	240	1453
37	2530	2700	2	7350	605	87	76	66	260	1471
38	2700	2870	2	7800	632.5	90	78	68	260	1471
39	2870	3040	2	8300	632.5	92	81	70	260	1471
40	3040	3210	2	8700	632.5	95	84	73	280	1471
41	3210	3400	2	9300	660	97	84	76	280	1471
42	3400	3600	2	9900	660	100	87	78	280	1471
43	3600	3800	2	10500	660	102	90	78	300	
44	3800	4000	2	11100	687.5	105	92	81	300	
45	4000	4200	2	11700	687.5	107	95	84	300	
46	4200	4400	2	12300	687.5	111	97	87	300	
47	4400	4600	2	12900	715	114	100	87	300	
48	4600	4800	2	13500	715	117	102	90	300	
49	4800	5000	2	14100	715	120	105	92	300	
50	5000	5200	2	14700	742.5	122	107	95	300	
51	5200	5500	2	15400	742.5	124	111	97	300	

序号	舾装数 N		首 锚		有档首锚链				拖 索	
	超过	不超过	数量	每只质量(kg)	总长度(m)	直径			长度(m)	破断负荷(kN)
						CCS AM1	CCS AM2	CCS AM3		
52	5500	5800	2	16100	742.5	127	111	97	300	
53	5800	6100	2	16900	742.5	130	114	100	300	
54	6100	6500	2	17800	742.5	132	117	102		
55	6500	6900	2	18800	742.5		120	107		
56	6900	7400	2	20000	770		124	111		
57	7400	7900	2	21500	770		127	114		
58	7900	8400	2	23000	770		132	117		
59	8400	8900	2	24500	770		137	122		
60	8900	9400	2	26000	770		142	127		
61	9400	10000	2	27500	770		147	132		
62	10000	10700	2	29000	770		152	132		
63	10700	11500	2	31000	770			137		
64	11500	12400	2	33000	770			142		
65	12400	13400	2	35500	770			147		
66	13400	14600	2	38500	770			152		
67	14600	16000	2	42000	770			157		

3.2.3 锚链

3.2.3.1 对N小于90的船舶，可用试验载荷相等的无档锚链代替。

3.2.3.2 对船长小于40m的船舶，可使用钢丝绳替代锚链，且应满足下述要求：

(1) 钢丝绳的总长应为表 3.2.1.1 中有档锚链相应要求长度的 1.5 倍，最小破断强度应与相应有档锚链破断强度相同；

(2) 在钢丝绳和锚之间应设有一段短锚链，其长度为 12.5 m 或锚存放位置至锚机的距离，取小者；

(3) 所有与钢丝绳（包括钢丝绳的中间部分）接触的表面都需要进行倒圆，倒圆半径应不小于 10 倍钢丝绳直径。

3.2.3.3 锚链于连接锚的一端应装设1个转环。

3.2.3.4 锚链的内端应系固在船体结构上，并能在锚链舱外易于到达的地方迅速解脱。

3.2.3.5 拉伸应力小于400N/mm^{2}的CCS AM1级链不能用于大抓力锚。CCS AM3级链仅适用于链径为20.5mm或以上的锚链。

3.2.4 拖索和系船索

3.2.4.1 系船索的数量、长度及破断负荷可根据船舶的类型及尺寸由设计者自行确定，选定的系船索的数量、长度及破断负荷应标注在船舶的系泊布置图上。表3.2.1.1所列的拖索为船上配有的用于拖船或其他船舶拖带本船所使用的拖索，为选取拖索而计算舾装数时，应计入甲板货（装载手册中给出）的侧投影面积。

3.2.4.2 本节表3.2.1.1所列的拖索是钢丝抗拉强度不小于1.37kN/mm^{2}的柔韧镀锌钢丝绳。钢丝绳的结构形式见CCS《材料与焊接规范》第1篇第10章第4节的规定。

3.2.4.3 拖索和系船索，可以采用植物纤维、合成纤维或钢丝与植物纤维组成的缆索。使用植物纤维、合成纤维的缆索，其周长应不小于63mm（直径20mm）。

3.2.4.4 缆索的破断负荷大于736kN时，应采用专门设计的缆车来进行操作。

3.2.5 船首甲板锚机固定的强度要求

3.2.5.1 本条是对所有船长80m及以上的船舶，距夏季载重线以上高度小于0.1L或22m，取小者，露天甲板上位于距船首0.25L区域内的锚机固定的强度要求。

3.2.5.2 当系泊绞车和锚机为整体式时，系泊绞车被认为是锚机的一部分。

3.2.5.3 作用在锚机上的压力和计算面积可按下述计算（见图3.2.5.3）：

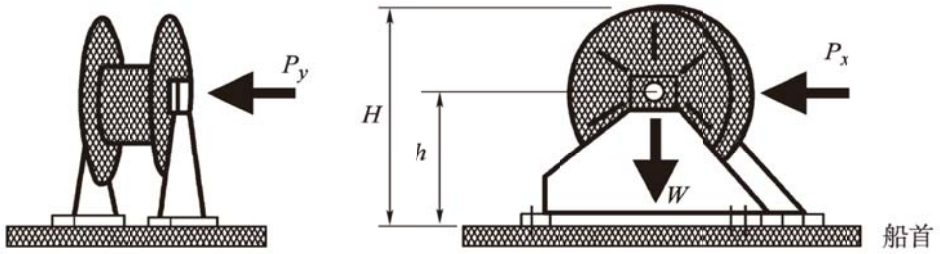
（1）力 P_x 垂直于轴线由船首向后方向，其值为 200kN/ m^2 乘以该方向的投影面积。

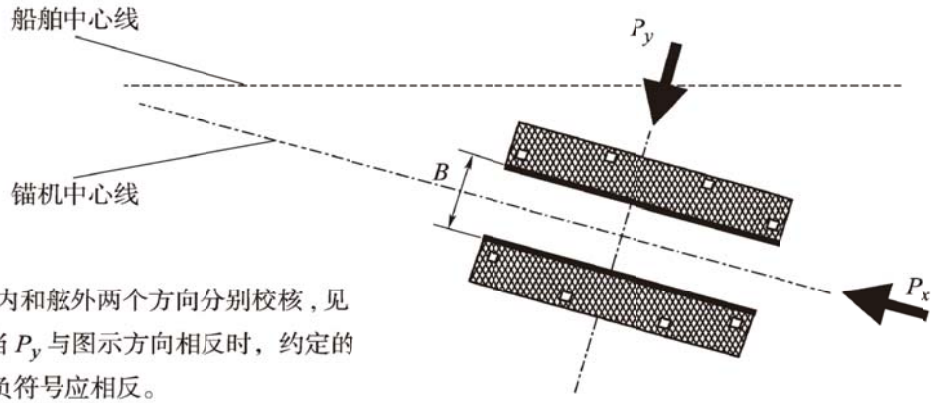
（2）力 P_y 平行于轴线分别作用于舷内和舷外侧，其值为 150kN/m^2 乘以 f 倍该方向的投影面积，f 定义如下：

$$f = 1 + \frac{B}{H}$$，但不大于 2.5

式中：B —平行于轴线的锚机计算宽度，m；

H—锚机最大高度，m。





注：

P_y 应按舷内和舷外两个方向分别校核，见3.2.5.3。当 P_y 与图示方向相反时，约定的 y_i 值的正负符号应相反。

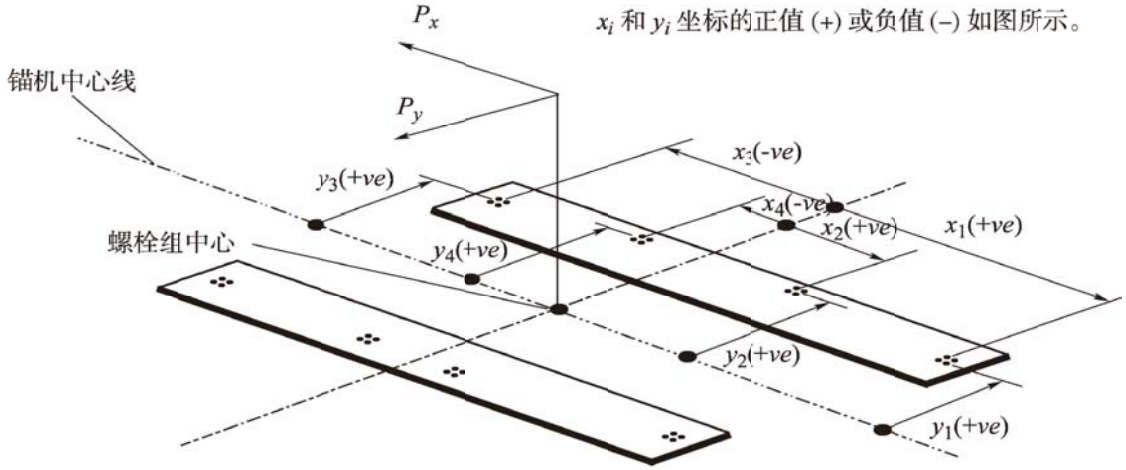


图 3. 2. 5. 3

3.2.5.4　固定锚机于甲板上的螺栓、楔块和限位块上的力应予计算，锚机由N个螺栓组支持，每个螺栓组包含1个或多个螺栓，如图3.2.5.3所示。

3.2.5.5　第i个螺栓组(或螺栓)的轴向力R_i可按下式计算：

$$R_{xi} = \frac{P_x h x_i A_i}{I_x} \qquad \text{kN}$$

$$R_{yi}=\frac{P_y h y_i A_i}{I_y} \qquad \text{kN}$$

$$R_i = R_{xi}+R_{yi}-R_{si} \qquad \text{kN}$$

式中：P_x ——垂直于轴线的作用力，kN；

P_y ——平行于轴线的作用力，kN，舷内侧或舷外侧，取较大者；

h ——锚机轴线离安装平面的高度，cm；

x_i，y_i ——以所有螺栓组的中心为原点，第 i 个螺栓组的位置坐标，cm，作用力的相反方向为正值；

A_i ——第 i 个螺栓组所有螺栓横剖面面积之和；

$I_x=\sum A_i x_i^2$，cm^4，N 个螺栓组对 y 轴惯性矩之和；

$I_y=\sum A_i y_i^2$，cm^4，N 个螺栓组对 x 轴惯性矩之和；

R_{si}——由锚机重量作用在第 i 个螺栓组上的静反力，kN。

3.2.5.6 作用在第i个螺栓组上的剪切力F_{xi}、F_{yi}，以及合成力F_i可按下式计算：

$$F_{xi}=\frac{P_x-agW}{N} \qquad \text{kN}$$

$$F_{yi}=\frac{P_y-agW}{N} \qquad \text{kN}$$

$$F_i=\sqrt{F_{xi}^{\ 2}+F_{yi}^{\ 2}} \qquad \text{kN}$$

式中：α ——摩擦系数，取 0.5；

W ——锚机重量，t；

g ——重力加速度，取 9.81m/s^2；

N ——螺栓组数量。

3.2.5.7 上述3.2.5.5的轴向力与3.2.5.6的横向力，在支撑结构的设计中应予考虑。

3.2.5.8 应计算每个螺栓组中的单个螺栓的轴向拉伸应力。水平力F_{xi}和F_{yi}通常由剪切楔块承受。若紧配螺栓设计成支撑1个或2个方向的剪切力时，应计算单个螺栓的等效应力，并与验证负荷下的应力相比较。相对于螺栓强度的安全系数应不小于2.0。当底座垫片采用环氧树脂时，计算中应适当考虑。

3.2.5.9 支承锚机与3.2.5.3～3.2.5.7所述固定锚机的螺栓载荷的甲板骨架强度应进行直接计算。

3.2.5.10 在甲板骨架的强度校核中，为较好地描述区域中的结构部件在各个方向上的受力分布情况，应尽可能采用三维有限元模型进行分析。若用交叉梁系或板梁组合模型，则模型简化应合理且趋于保守。分析应基于线弹性理论。模型中的构件取建造厚度。

3.2.5.11 对于三维有限元模型，模型范围、单元及边界条件的取用原则如下：

(1)模型范围及边界条件：采用局部立体结构模型（以下简称局部模型），以基座有效作用平面矩形（$a\times b$）形心为中心，向四周分别扩展至少一倍的该矩形相对应的长、宽距离（$3a\times 3b$）。垂向从基座面扩展至甲板之下的第一个平台甲板或至少 $D/4$ 处（D 为型深）。如按上述方法框取的模型边界上未设置结构的主要支撑构件，则模型应再延伸直至边界落在结构的主要支撑构件上，边界条件可考虑自由支持或固支。

若边界条件或模型范围的大小对中心区域的计算结果较为敏感，则应再适当扩大局部模型的取用范围，以不影响中心区域的计算结果为原则。

(2) 局部模型的理想化：单元选取、特性及其建模网格划分等原则按第 1 章 1.5.5 的规定。

3.2.5.12　各种工况下，甲板骨架的计算应力应不大于表3.2.5.12中的许用值。

许用应力　　**表3.2.5.12**

单元类型	许用应力
梁单元	正应力：$[\sigma]=1.00R_{eH}$ 剪应力：$[\tau]=0.6\ R_{eH}$
板元	相当应力：$[\sigma_e]=1.00R_{eH}$

注：　R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2。

第 3 节　拖带和系泊相关的船用配件与船体支撑结构

3.3.1　一般要求

3.3.1.1　本节适用于500总吨及以上排水型船舶上拖带和系泊操作用的船用配件及支撑结构的设计与构造。本节不适用于伴航拖带。

3.3.1.2　船体支撑结构的最小净尺度应满足本节3.3.3.5和3.3.4.5的要求。净厚度t_{net}，是使最小净尺度满足上述要求的构件板厚。这要求总厚度应由t_{net}增加总腐蚀增量t_c获得，t_c由本节3.3.6确定。

3.3.2　定义

3.3.2.1　船用配件：系指下列正常系泊船舶用的系缆桩与缆柱、系缆器、立式滚轮、导缆孔以及用于正常拖带及其他拖带的类似船用部件。其他部件如绞盘、绞车等不包含在本节中。任何船用配件与支撑结构的焊接、螺栓或其他是船用配件某一部分的等效设施，若根据工业标准选用，应满足该工业标准。

3.3.2.2　船体支撑结构：系指在上部或内部安装船用配件并直接承受作用在船用配件上的力的部分船体结构。用于上述正常拖带、系泊操作的绞盘、绞车等船体支撑结构也应符合本节的规定。

3.3.2.3　工业标准：系指国际标准(ISO等)或船舶建造的国家认可的国家协会颁布的标准。

3.3.2.4　正常拖带：系指与船舶正常操作所配合的，为在港口和遮蔽水域操纵船舶所需要的拖带作业。

3.3.2.5　其他拖带：系指安装有拖带设备的船舶被其他船舶或拖船拖带（如在紧急情况下被帮助）的拖带作业。

3.3.2.6　伴航拖带：系指在特定河口所要求的当船舶推进装置或操舵装置损坏时用于控制船舶的拖带作业。

3.3.3　拖带

3.3.3.1 在船首、舷侧和船尾用于正常拖带和其他拖带操作的船用配件及其船体支撑结

构的强度应满足本节3.3.3.2至3.3.3.6要求。

3.3.3.2 拖带用的船用配件应位于部分甲板结构(强力构件和/或桁材)上，以有效分布拖带负荷。其他用于预定用途的布置(如舷墙导缆孔等)若确定其强度足够，则可以被接受。

3.3.3.3 考虑载荷

船用配件的船体支撑结构的最小设计负荷应满足如下要求：

(1)用于正常拖带操作时，设计负荷应为拖带与系泊布置图中标明的预期的最大拖带负荷(如系柱静拖力)的 1.25 倍；

(2)对于其他拖带服务，设计负荷应为表 3.2.1.1 中舾装数 N 对应的拖索的破断负荷；

注：在选择拖索时应计入包括甲板货（装载手册中给出）最大堆层的侧投影面积，并使用该拖索的破断负荷作为设计载荷。

(3)对同时用于正常拖带和其他拖带的船用设备，设计载荷应取为(1)和(2)中的大者；

(4)当设计者所选定配件的拖带安全工作负荷大于 3.3.3.6 规定的拖带安全工作负荷时，设计载荷应根据拖带安全工作负荷与设计载荷之间的换算关系进行增加；

(5)设计载荷应根据拖带与系泊布置图中的布置，各种可能出现的方向施加于配件。当拖索在配件处转向，作用在配件上的设计载荷应为拖索设计载荷的合力，但不需超过 2 倍的拖索设计负荷。

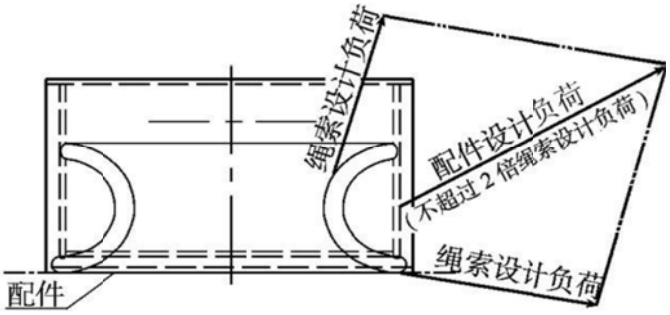


图 3.3.3.3（5）

3.3.3.4 可根据接受的工业标准选择船用配件，并至少基于以下载荷：

(1)正常拖带时拖带与系泊布置图上所标明的预期的最大拖带负荷(如系柱静拖力)；

(2)其他拖带时表 3.2.1.1 中舾装数 *N* 对应的拖索的破断负荷，并参见 3.3.3.3（2）的注；

(3)对同时用于正常拖带和其他拖带的船用设备，设计载荷应取为（1）和（2）中的大者。

如果工业标准中给出了双柱带缆桩的不同受力型式，如 8 字缠绕两根缆桩和 1 个绳圈缠绕单个缆桩的型式，双柱带缆桩应根据 1 个绳圈缠绕于单个缆桩的型式选取。

如船用配件没有按接受的工业标准选择时，评估该配件的强度及配件与船舶的连接时的设计负荷应符合本节 3.3.3.3 和 3.3.3.5 的要求。双柱带缆桩应根据 1 个绳圈缠绕于单个缆桩的型式。使用梁理论或有限元进行强度分析时，应使用净尺寸的方法。腐蚀余量的要求详见本节 3.3.6，磨损余量的要求详见本节 3.3.7。经同意，可通过载荷试验的方式替代强度分析。

3.3.3.5 船体支撑结构

(1)布置

船用配件下的加强部件应对作用在船用配件上的拖带载荷的任何方向(水平方向和垂直方向)的变化作有效布置，如图 3.3.3.5(1)所示。配件与船体支撑结构应保证合适的对齐。

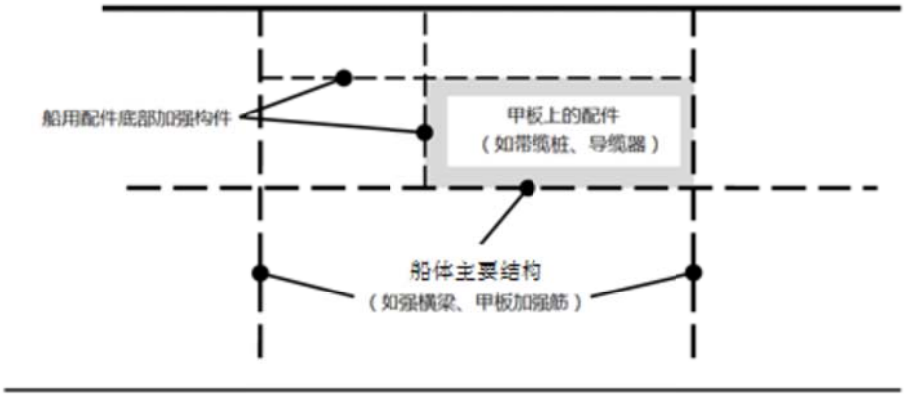


图 3.3.3.5(1)

(2)拖带载荷的作用点

船用配件上拖带载荷的作用点应是拖索的附着点或拖索方向变化处。对于带缆桩，拖索的连接点应位于基座以上 4/5 的筒体高度处，如图 3.3.3.5(2)所示。

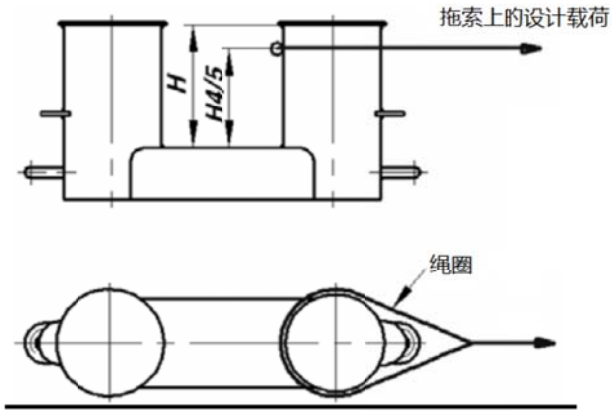


图 3.3.3.5(2)

(3)许用应力

本节 3.3.3.3 规定的设计负荷下的许用应力如下：

①使用梁理论或板架分析：

正应力：100%规定的材料的最小屈服点；

剪切应力：60%规定的材料的最小屈服点；

正应力指弯曲应力和轴向应力的和，相应的剪切应力作用方向垂直于正应力。不考虑应力集中因素。

②有限元分析：

合成应力：100%规定的材料的最小屈服点；

使用有限元分析进行强度计算时，模型应尽可能与实际结构一致。单元的长度与宽度比应不超过 3。强桁材应使用板单元或平面应力单元模拟。对称桁材面板可使用梁或桁架单元模拟。桁材腹板的高度不可超过腹板高度的 1/3。对于桁材腹板上的小型开孔，腹板厚度应减薄到整个腹板高度的平均厚度。大型开孔应直接模拟。加强筋可通过板单

元、平面应力单元或梁单元进行模拟。应读取每个单元中部的应力结果。对于板单元，应评估单元中间平面的应力。

3.3.3.6 拖带安全工作负荷(TOW)

(1)拖带安全工作负荷（TOW）是拖带用途的极限载荷；

(2)用于正常拖带操作的 TOW 应不超过本节 3.3.3.3(1)给定设计负荷的 80%；

(3)用于其他拖带操作的 TOW 应不超过本节 3.3.3.3(2)给定的设计负荷；

(4)同时用于正常拖带和其他拖带的 TOW 应为(2)和(3)中的大者；

(5)同时用于拖带和系泊的配件，还应满足本节 3.3.4 的要求；

(6)每一船用配件的 TOW（单位为 t）应标记(焊点或等效方法)在用于拖带的甲板配件上。对同时用于拖带和系泊的配件，除 TOW 外，本节 3.3.4.6 要求的 SWL（单位为 t）也应进行标记。

(7)上述要求的 TOW 仅适用于不超过一个拖索的使用。若无根据其他方式选择，对于双式带缆桩，TOW 为 1 根缆索用 1 个绳圈缠绕于单个缆桩型式的极限载荷；

(8)本节 3.3.5 描述的拖带与系泊布置图应规定拖索的使用方法。

3.3.4 系泊

3.3.4.1 用于系泊操作的船用配件及其船体支撑结构的强度，以及绞车和绞盘的船体支撑结构的强度应满足本节3.3.4.2至3.3.4.5要求。

3.3.4.2 系泊用船用配件、绞车和绞盘应位于部分甲板结构(强力构件和/或桁材)上，以有效分布系泊负荷。其他用于预定用途的布置(如舷墙导缆孔等)若确定强度足够，则可以被接受。

3.3.4.3 考虑载荷

(1)船舶配件的船体支撑结构的最小设计负荷应为设计者选定的系索破断强度的 1.15 倍。

(2)绞车的船体支撑结构的最小设计负荷应为预计的最大刹车支持负荷的 1.25 倍，最大刹车支持负荷应不小于 80%的设计者选定的系索破断强度。对绞盘，设计负荷为 1.25 倍的最大卷入力。

(3)当设计者所选定配件的安全工作负荷大于本节 3.3.4.6 规定的安全工作负荷时，设计载荷应根据安全工作负荷与设计载荷之间的换算关系进行增加。

(4)设计载荷应根据拖带与系泊布置图中的布置，各种可能出现的方向施加于配件。当系泊索在配件处转向，作用在配件上的设计载荷应为系泊索设计载荷的合力，但不需超过 2 倍的系泊索设计负荷。参见图 3.3.3.3（5）。

3.3.4.4 可根据接受的工业标准选择船用配件。应至少基于设计者选定的系索破断强度。

如果工业标准中给出了双柱带缆桩的不同受力型式，如 8 字缠绕两根缆桩和 1 个绳圈缠绕单个缆桩的型式，双柱带缆桩应根据 8 字缠绕两根缆桩的型式选取。

如船用配件没有按接受的工业标准选择时，评估该配件的强度及配件与船舶的连接时的船体支撑结构应符合本节 3.3.4.3 和 3.3.4.5 的要求。双柱带缆桩应根据 8 字缠绕两根缆桩的型式，应注意在此种型式下，每根缆桩能承受 2 倍的作用在系泊索上的载荷，如果采用了其他型式而忽略了这种效果，配件使用中将可能出现过载的情况。使用梁理论或有限元进行强度分析时，应使用净尺寸的方法。腐蚀余量的要求详见本节 3.3.6，磨损余量的要求详见本节 3.3.7。经同意，可通过载荷试验的方式替代强度分析。

3.3.4.5 船体支撑结构

(1)布置

船用配件下的加强部件应对作用在船用配件上的系泊载荷的任何方向(水平方向和垂直方向)的变化作有效布置。参见图 3.3.3.5(1)所示。配件与船体支撑结构应保证合适的对齐。

(2)系泊载荷的作用点

船用配件上系索载荷的作用点应是系索的附着点或系索方向变化处。对于带缆桩，系泊索的连接点应位于基座以上 4/5 的筒体高度处，如图 3.3.4.5（2）中 a)所示。如果筒体上安装了挡板以保证系泊索尽可能低，则系泊索的作用点可取为挡板的高度处，如图 3.3.4.5(2)中 b)所示。

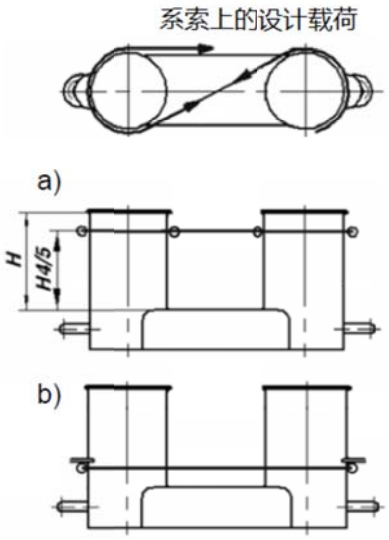


图 3. 3. 4. 5（2）

(3)许用应力

本节 3.3.4.3 规定的设计负荷下的许用应力如下：

①使用梁理论或板架分析：

正应力：100%规定的材料的最小屈服点；

剪切应力：60%规定的材料的最小屈服点；

正应力指弯曲应力和轴向应力的和，相应的剪切应力作用方向垂直于正应力。不考虑应力集中因素。

②有限元分析：

合成应力：100%规定的材料的最小屈服点；

使用有限元分析进行强度计算时，模型应尽可能与实际结构一致。单元的长度与宽度比应不超过 3。强桁材应使用板单元或平面应力单元模拟。对称桁材面板可使用梁或桁架单元模拟。桁材腹板的高度不可超过腹板高度的 1/3。对于桁材腹板上的小型开孔，腹板厚度应减薄到整个腹板高度的平均厚度。大型开孔应直接模拟。加强筋可通过板单元、平面应力单元或梁单元进行模拟。应读取每个单元中部的应力结果。对于板单元，应评估单元中间平面的应力。

3.3.4.6 安全工作负荷(SWL)

(1)安全工作负荷（SWL）是系泊用途的极限载荷；

(2)除根据本节 3.3.4.3（3），设计者应选用更大安全工作负荷（SWL）的配件，安全工作负荷应不超过按设计者选定的系索破断强度。

(3)每一船用配件的 SWL（单位为 t）应标记(焊点或等效方法)在用于系泊的甲板配件上。对同时用于拖带和系泊的配件，除 SWL 外，本节 3.3.3.6 要求的 TOW（单位为 t）也应进行标记。

(4)上述要求的 SWL 仅适用于不超过一个系泊索的使用。

(5)本节 3.3.5 描述的拖带与系泊布置图应规定系泊索的使用方法。

3.3.5 拖带与系泊布置图

(1)每个船用配件预定用途的 SWL 和 TOW 应在拖带与系泊布置图上注明，该布置图应配备在船上用于指导船长。应注意拖带安全工作负荷（TOW）是拖带用途的极限载荷而安全工作负荷（SWL）用于系泊用途，如无根据其他方式选择，对于拖带用双式带缆桩，TOW 为 1 根缆索用 1 个绳圈缠绕于单个缆桩型式的极限载荷；

(2)提供的布置图应包括的每个船用配件的信息，涉及：

①船上位置；

②配件型号；

③SWL/TOW；

④用途(系泊/港区拖带/其他拖带)；

⑤施加拖带或系泊载荷的方法，包括角度变化的限制。

配件的 SWL 及 TOW 的确定应考虑其用途及施加载荷的方法，并提交批准。

布置图中还应包括：

② 泊索的布置图（显示系泊索的数量)；

②每根系泊索的最小破断负荷（MBL)；

(3)上述(2)中的信息应具体反映在引航员卡中，为引航员提供港区/其他拖带操作的正确信息。

3.3.6 腐蚀增量

腐蚀增量 t_c，mm，应不小于下列值：

(1)对于船体支撑结构，2mm。

(2)对于甲板上的基座或底座（基座和底座不是根据所接受工业标准制造的船用配件的一部分)，2mm；

(3)对于船用配件（不是根据所接受工业标准制造的)，2mm。

3.3.7 磨损增量

在 3.3.6 的腐蚀增量基础上，对于不是根据所接受的工业标准制造的船用配件，其经常与绳索接触的表面，应考虑不小于 1mm 的磨损增量。

3.3.8 建造后检验

任何甲板配件及其基座或底座，与配件相邻的船体结构应按本规范检查。

第 4 节 甲板设备支撑

3.4.1 一般要求

3.4.1.1 属于甲板设备和属具(如本节3.4.1.2(1)至(3)所列)的支撑结构的资料应提交批准，支撑结构系指上部或内部用于安装甲板设备和属具并直接承受作用在甲板设备和属具上的力的部分船体结构。

3.4.1.2 本节内容包括对下列设备和配件的支撑结构和基座的尺度要求：

(1)锚机；

(2)掣链器；

(3)其他需特别认可的甲板设备和配件。

3.4.1.3 如甲板设备有可能遇到多种载荷工况，如作业载荷和上浪载荷，评估基座和支撑结构的强度时应独立施加作业载荷和上浪载荷。

3.4.2 锚机和掣链器的支撑结构

3.4.2.1 以下图纸和资料应提交批准：

(1) 锚机支撑结构详图；

(2) 锚机基座设计详图，包括底脚螺栓和基座与甲板连接的材料明细表；

(3) 掣链器基座设计的详细说明，包括材料明细表以及基座与甲板的连接详图。

3.4.2.2 同时还应提交以下图纸和资料：

(1)锚泊设备的一般布置图；

(2)本节 3.4.2.3 和 3.4.2.4 中定义的设计载荷和相关的作用在基座和支撑结构上的反力。

3.4.2.3 校核下列载荷工况下锚机和掣链器支撑结构的强度：

(1)锚机(带掣链器)： 破断负荷的 45%

(2)锚机(不带掣链器)： 破断负荷的 80%

(3)掣链器： 破断负荷的 80%

破断负荷系指根据本章表 3.2.1.1 确定的锚链的最小破断负荷。载荷应在锚链的方向施加。

3.4.2.4 对于满足本章 3.2.5.1 的锚机，还应按本节 3.2.5 的要求校核船首甲板锚机固定的强度。

3.4.2.5 在支撑结构和基座的强度校核中，为较好地描述区域中的结构部件在各个方向上的受力分布情况，应尽可能采用三维有限元模型进行分析。如用交叉梁系或板梁组合模型，则模型简化应合理且趋于保守。分析应基于线弹性理论。模型中的构件取建造厚度。

3.4.2.6 对于三维有限元模型，模型范围、单元及边界条件的取用原则如下：

(1)模型范围及边界条件：采用局部立体结构模型(以下简称局部模型)，以基座有效作用平面矩形($a\times b$)形心为中心，向四周分别扩展至少一倍的该矩形相对应的长、宽距离($3a\times 3b$)。垂向从基座面扩展至甲板之下的第一个平台甲板或至少 $D/4$ 处(D 为型深)。如按上述方法框取的模型边界上未设置结构的主要支撑构件，则模型应再延伸直至边界落在结构的主要支撑构件上，边界条件可考虑自由支持或固支。若边界条件或模型范围的大小对中心区域的计算结果较为敏感，则应再适当扩大局部模型的取用范围，以不影响中心区域的计算结果为原则。

(2)局部模型的理想化：单元选取、特性及其建模网格划分等原则按第 1 章 1.5.5 的规定。

3.4.2.7 各种工况下，支撑结构和基座的计算应力应不大于表 3.4.2.7 中的许用值。

许用应力 **表3.4.2.7**

单元类型	许用应力
交叉梁系	正应力：$[\sigma]=1.00R_{eH}$ 剪应力：$[\tau]=0.6\ R_{eH}$
板元	相当应力：$[\sigma_e]=1.00R_{eH}$

注： R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2。

3.4.3 其他需要提交特别认可的甲板设备或配件的支撑结构

3.4.3.1 以下要求是关于本节3.4.2中未涉及的甲板设备的其他项目。以下细节应提交批准。它们可以分别说明或包括在主要结构图纸中：

(1) 标明甲板设备/舾装件的支撑结构的图纸；

(2) 甲板设备/舾装件施加于结构上的载荷受力情况。

3.4.3.2 供工作人员使用的起重设备应提供如下支撑：

(1) 一般救生装置(救生艇，救生筏和救助艇)应安装在特制的支架、基座或专用机械上；

(2) 支撑结构应局部加强和局部增加板厚度，还可要求设置主要支撑构件，以降低载荷集中，并将支架、基座或专用机械上承受的载荷有效传递给船体主要结构。

(3) 在升降运行设备的固定点所在位置应设置船员升降机的支撑结构；

(4) 在舷梯的固定点所在位置应设置登乘梯(舷梯)的支撑结构。

3.4.3.3 对安装在桅杆上助航设备的支撑结构规定如下：

(1) 桅杆应以舱壁、高腹板横梁或纵桁的形式布置足够的主要支撑构件。这类构件应布置在桅杆结构以下或附近；

(2) 为把载荷从桅杆结构传递至主要支撑构件，在桅杆与甲板形成连接的桅杆结构以下位置应布置甲板下加强构件；

(3) 可要求增加甲板的厚度以保证焊接连接处的厚度足够。

3.4.3.4 挡浪板支撑结构的设计载荷应能被其自身承受，且应和挡浪板自身所能承受的设计载荷相等。挡浪板支撑结构的恰当设计是能作为将载荷从挡浪板传递至船舶的主要支撑构件。与甲板形成连接的挡浪板结构所在的甲板下应设置为有效加强结构。

第 5 节 桅、木铺板

3.5.1 桅

3.5.1.1 轻型吊杆装置的桅，应至少有2个牢固的支持点。具有足够强度的上层建筑甲板或甲板室甲板，可作为其中一个有效的支持点。

3.5.1.2 桅穿过甲板支持点处应牢固地与甲板连接，甲板开孔周围应作有效的补强。

3.5.1.3 桅的外径D与厚度t的关系值应符合下式规定：

当 t ≤15mm 时，$D \leqslant \dfrac{1000t}{25-t}$，mm；

当 t ＞15mm 时，$D \leqslant 100t$，mm。

3.5.1.4 桅的最小壁厚为6mm，如桅兼作通风筒时，则应不小于7mm。

3.5.1.5 轻型吊杆的桅的下端、桅肩、吊货杆座、千斤索眼板和桅支索眼板固定区域等应力集中的部位，应根据需要加装复板或增加壁厚。用复板加强时，复板的高度和宽度应按情况稍大于上述零部件的高度和宽度或该处桅的外径。

3.5.1.6 桅强度计算的工况和安全系数应符合主管机关的规定。

3.5.2 木铺板

3.5.2.1 在单层底船的肋板、舭肘板上以及双层底船的舭部污水沟上，应铺设遮蔽板

并应设有局部的活动铺板，以便掀开进行检查。

3.5.2.2　如在货舱口下方的内底板上铺设木铺板，则木铺板下面应垫木条，该木条的厚度至少应为30mm。如双层底柜内不装燃油，可直接铺设在预先涂好一层沥青化合物或其他有效敷料的内底板上。

3.5.2.3　不论单层底或双层底船，如在货舱内铺设木铺板，其厚度应根据船长L按下述规定选取：

对于 $L \leqslant 60$m：木铺板厚度应不小于 50mm；

对于 $60\text{m} < L \leqslant 90$m：木铺板厚度应不小于 55mm；

对于 $L > 90$m：木铺板厚度应不小于 60mm。

3.5.2.4　位于货舱口下方的内底板或轴隧顶板如增厚2mm，可免予铺设木铺板。

3.5.2.5　如使用抓斗或其他类似机械进行装卸，则在货舱口下方的内底板上铺设双层木铺板(每层厚度按本节3.5.2.3规定)，如内底板已增厚5mm，可免予铺设木铺板。

3.5.2.6　如货舱舱壁的另一侧为深油舱且具有加热设备时，应在货舱一侧铺设木铺板或敷设绝缘。如铺设木铺板，其厚度应按本节3.5.2.3规定。

3.5.2.7　货舱内的人孔盖及其附件，应尽量不高出内底板或木铺板，如高出内底板，则对每一人孔应先加钢镶框，再加上木铺板或钢盖板，使其逐渐过渡。

3.5.2.8　铺设木铺板的双层底柜顶板或轴隧顶板的外表面，应涂刷沥青溶液或其他有效的涂料；不铺设木铺板的双层底柜顶板或轴隧顶板则应涂刷油漆。

附录 1　舵-舵杆系统弯矩及剪力分布计算指南

1　一般规定

1.1　本附录适用于基本舵型，舵－舵杆系统的弯矩、剪力和支撑力应按本附录2~6进行估算。

2　无舵杆围阱的悬挂舵

2.1　分析数据

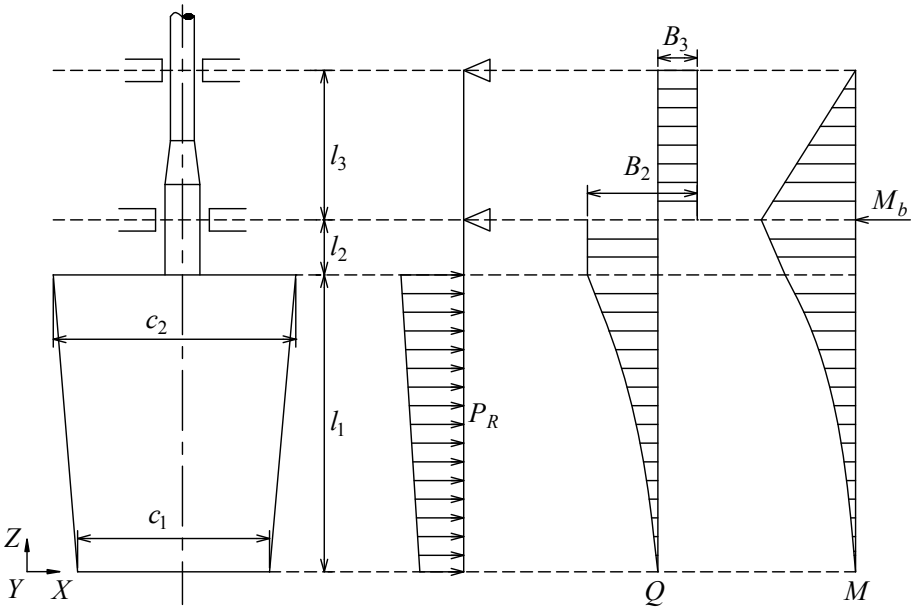


图 2.1 无舵杆围阱的悬挂舵

l_1~l_3——该系统各构件长度，m；

I_1~I_3——这些构件的惯性矩，cm^4。

2.2　舵叶的载荷

$$P_R = C_R 10^{-3}/l_1 \qquad \text{kN/m}$$

2.3　弯矩和剪力

弯矩和剪力可按下式计算所得：

$$M_b = C_R\,(l_2 + (l_1(2c_1 + c_2)/3(c_1 + c_2))) \qquad \text{N·m}$$

$$B_3 = M_b/l_3 \qquad \text{N}$$

$$B_2 = C_R + B_3 \qquad \text{N}$$

3　有舵杆围阱的悬挂舵

3.1　分析数据

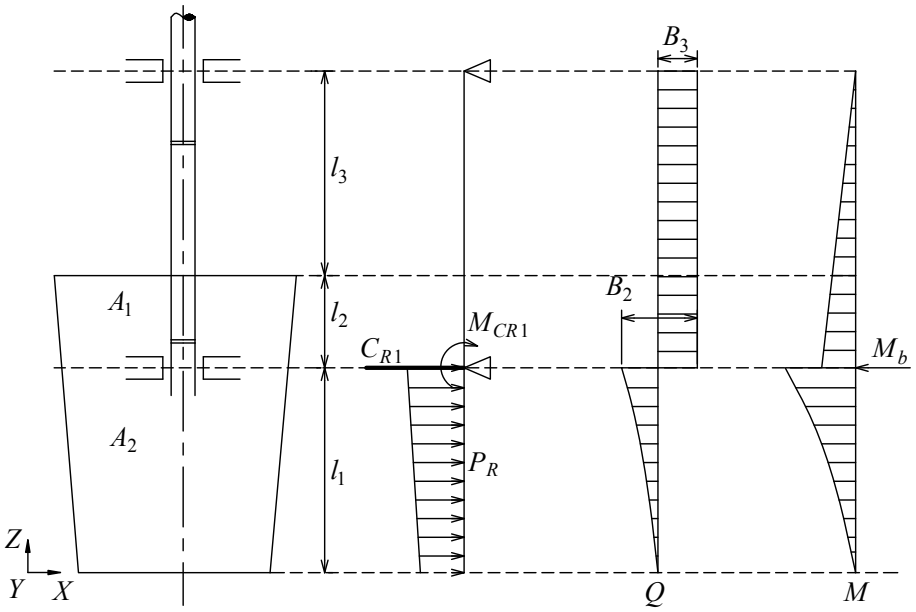


图 3.1　有舵杆围阱的悬挂舵

l_1~l_3——该系统各构件长度，m；

I_1~I_3——这些构件的惯性矩，cm^4。

3.2　舵叶的载荷

$$P_R = C_R 10^{-3}/(l_1 + l_2) \quad \text{kN/m}$$

3.3　弯矩和剪力

对于有舵杆围阱的悬挂舵，弯矩和剪力可按下式计算所得：

弯矩 M_R 取以下公式计算所得值的大者：

$$M_R = C_{R2}(l_1 - z_{G2}) \quad \text{N·m}$$

$$M_R = C_{R1}(z_{G1} - l_1) \quad \text{N·m}$$

式中：C_{R1} ——舵叶面积 A_1 内的舵力，N；

C_{R2} ——舵叶面积 A_2 内的舵力，N；

z_{G1} ——舵叶面积 A_1 重心的垂直位置，m；

z_{G2} ——舵叶面积 A_2 重心的垂直位置，m。

$$M_{CR1} = C_{R1}(z_{G1} - l_1) \quad \text{N·m}$$

$$M_B = C_{R2}(l_1 - z_{G2}) \quad \text{N·m}$$

$$B_3 = (M_B + M_{CR1})/(l_2 + l_3) \quad \text{N}$$

$$B_2 = C_R + B_3 \quad \text{N}$$

4　尾框底骨支撑的舵

4.1　分析数据

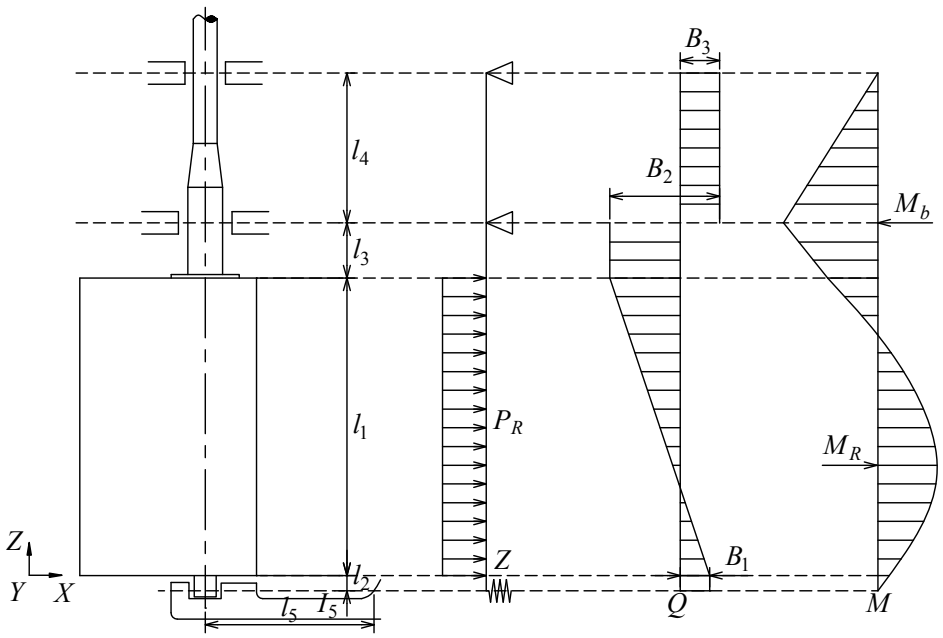


图 4.1 尾框底骨支撑的舵

l_1~l_5——该系统各构件长度，m；

I_1~I_5——这些构件的惯性矩，cm^4。

对尾框底骨支撑的舵，l_2 是舵体下缘至尾框底骨中心的距离，I_2 是尾框底骨中舵销的惯性矩。

I_5——底骨绕 Z 轴的惯性矩，cm^4；

l_5——底骨的有效长度，m；

Z——底骨支撑处的弹簧常数，$Z = 6.18I_5/l_5^3$，kN/m。

4.2　舵叶的载荷

$$P_R = C_R 10^{-3}/l_1 \qquad \text{kN/m}$$

Z——底骨支撑处的弹簧常数

$$Z = 6.18I_5/l_5^3 \qquad \text{kN/m}$$

4.3　弯矩和剪力

弯矩和剪力见图 4.1。

5　单舵钮的半悬挂舵

5.1　分析数据

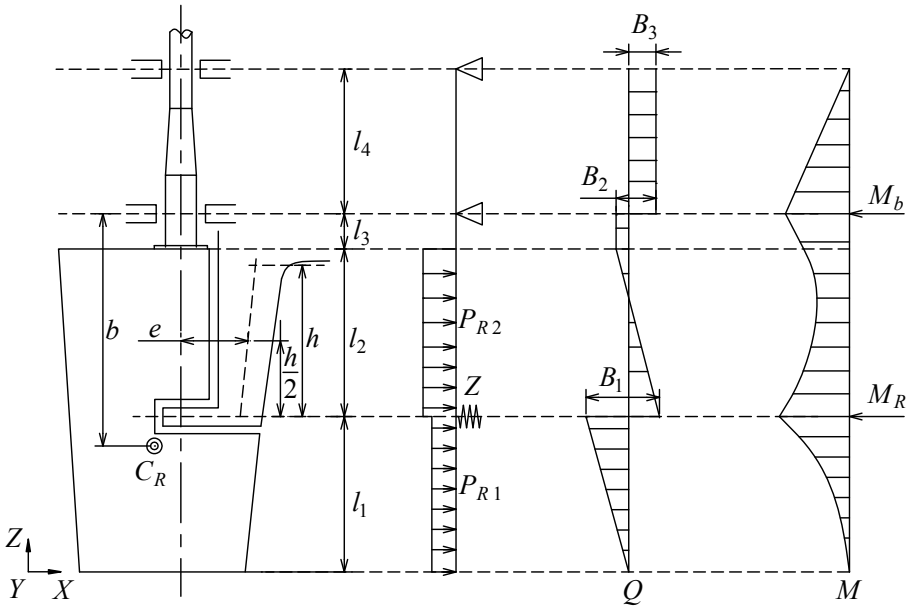


图 5.1（1）单舵钮的半悬挂舵

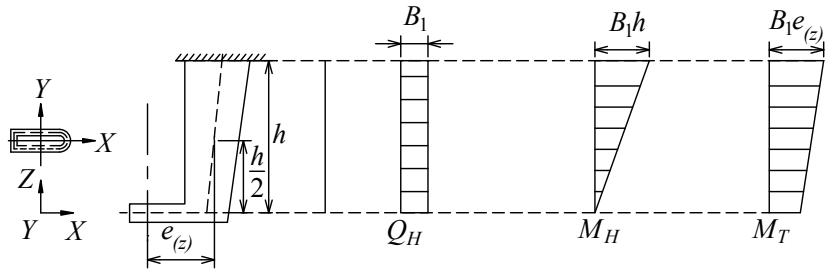


图 5.1（2）单舵钮的半悬挂舵的挂舵臂

l_1~l_5——该系统各构件长度，m；

I_1~I_5——这些构件的惯性矩，cm^4；

Z——挂舵臂的支撑弹簧常数；$Z = 1/(f_b+f_t)$，kN/m；

f_b——作用于支承中心的 1 kN 单位力所造成的挂舵臂的单位位移，$f_b = 1.3h^3/(6.18I_n)$，m/kN（指导值）

I_n——挂舵臂对 X 轴的惯性矩，cm^4，见图 5.1（1）；

f_t——因扭矩产生的单位位移，$f_t = he^2\Sigma(u_i/t_i)/(3.14\times10^8A_T^2)$，m/kN；

A_T——挂舵臂的平均截面积，m^2；

u_i——形成挂舵臂平均截面积的各块板的宽度，mm；

t_i——各块板 u_i 宽度内的板厚，mm；

h——挂舵臂的高度，m，按图 5.1（1）定义，从挂舵臂上端曲线的切点处开始往下量至下挂舵臂销中线处；

e——按图 5.1（2）确定的距离，m，量至挂舵臂高度 $h/2$ 处。

5.2 舵叶的载荷

$$P_{R1} = C_{R1}10^{-3}/l_1 \quad \text{kN/m}$$

$$P_{R2} = C_{R2}10^{-3}/l_2 \quad \text{kN/m}$$

式中：C_{R1}，C_{R2}——定义见本章 3.1.2.2。

5.3 弯矩和剪力

弯矩和剪力见图 5.1（1）。

5.4 挂舵臂

挂舵臂的载荷见下式：

M_H——弯矩，N·m，$M_H=B_1z$；

$$M_{H\max}=B_1h \qquad \text{N·m}$$

Q_H——剪力，N，$Q_H=B_1$；

M_T——扭矩，N·m，$M_T=B_1e_{(z)}$；

B_1 的估值：

$$B_1=C_Rb/(l_{20}+l_{30}) \qquad \text{N}$$

b——舵叶受力中心点至下舵承沿 Z 轴的距离，m，

6 双舵钮的半悬挂舵

6.1 分析数据

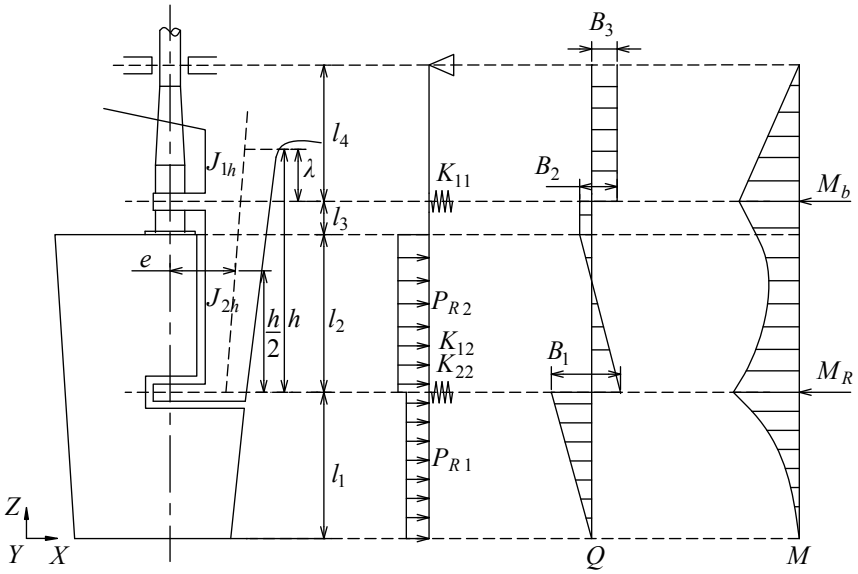


图 6.1（1）双舵钮的半悬挂舵

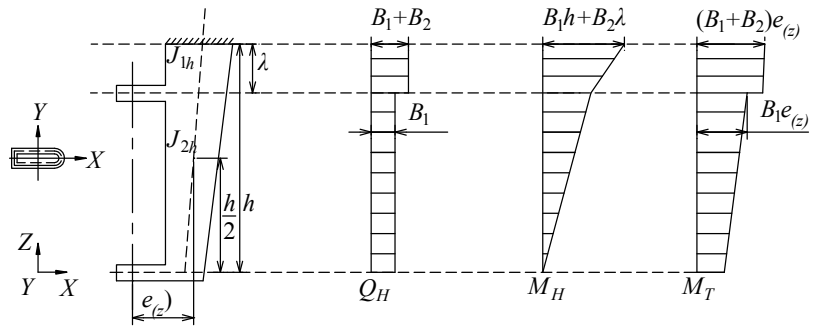


图 6.1（2）双舵钮的半悬挂舵的挂舵臂

K_{11}，K_{22}，K_{12}——挂舵臂柔性常数，按有二个共轭弹性支点的挂舵臂计算，见图 6.1（1）。这二个共轭弹性支撑在水平位移 y_i 方面由下式定义：

在挂舵臂下轴承处：

$$y_1 = -K_{12}B_2 - K_{22}B_1$$

在挂舵臂上轴承处：

$$y_2 = -K_{11}B_2 - K_{12}B_1$$

式中：y_1，y_2 ——挂舵臂上下轴承处水平位移，m；

B_1，B_2 ——挂舵臂上下轴承处水平支撑力，kN；

K_{11}，K_{22}，K_{12}——以 m/kN 计，按下式计算所得：

$$K_{11} = 1.3 \times \frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{e^2\lambda}{GJ_{th}}$$

$$K_{22} = 1.3 \times \left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{\lambda^2(h-\lambda)}{2EJ_{1h}} \right] + \frac{e^2\lambda}{GJ_{th}}$$

$$K_{22} = 1.3 \times \left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{\lambda^2(h-\lambda)}{EJ_{1h}} + \frac{\lambda(h-\lambda)^2}{EJ_{1h}} + \frac{(h-\lambda)^3}{3EJ_{2h}} \right] + \frac{e^2\lambda}{GJ_{th}}$$

式中：h——挂舵臂高度，m，定义见图 6.1（1）。此高度值从上挂舵臂端部的曲率过渡点向下量至下挂舵臂销的中线；

λ——长度，m，定义见图 6.4（1）。此高度值从上挂舵臂端部的曲率过渡点向下；量至上挂舵臂轴承的中线。如果 λ=0，则对于只有 1 个弹性支点的挂舵臂，以上公式收敛至弹簧常数 Z 的公式，且假定该部分为中空横截面；

e——挂舵臂扭转力臂，m，定义见图 6.1（1），在 $z=h/2$ 处取值；

J_{1h}——在上挂舵臂轴承以上部位，挂舵臂对 x 轴的惯性矩，m^4。应注意 J_{1h} 是长度 λ 内的平均值，见图 6.1（1）；

J_{2h}——在上下挂舵臂轴承之间部位，挂舵臂对 x 轴的惯性矩，m^4。应注意 J_{2h} 是长度 h - λ 内的平均值，见图 6.1（1）；

J_{th}——挂舵臂抗扭刚度因子，对任何薄壁封闭段，$J_{th} = 4A_T^2 / \sum_i \frac{u_i}{t_i}$ ，m^4；

A_T——挂舵臂薄壁封闭段内外限界所封闭面积的平均值，m^2；

u_i——构成挂舵臂平均截面积的各块板的长度，mm；

t_i——上述各板厚度，mm。

应注意 J_{th} 取为平均值，在挂舵臂高度内有效。

6.2 舵叶的载荷

$$P_{R1} = C_{R1}10^{-3}/l_1 \quad \text{kN/m}$$

$$P_{R2} = C_{R2}10^{-3}/l_2 \quad \text{kN/m}$$

式中：C_{R1}，C_{R2}——定义见本章 3.1.2.2。

6.3 弯矩和剪力

弯矩和剪力见图 6.1（1）。

6.4 挂舵臂

(1)考虑剖面挂舵臂的弯矩 M_H，可按下式计算

下端和挂舵臂上支撑之间：

$$M_H=B_1z \quad \text{N·m}$$

挂舵臂上支撑之上：

$$M_H=B_1z+B_2(z-d_{lu}) \quad \text{N·m}$$

式中：z——距离，m，比 h 小，应按图 6.1（2）定义；

d_{lu}——距离，m，挂舵臂上下轴承之间，按图 6.1（2），$d_{lu}=h-\lambda$。

(2)挂舵臂计算剖面剪力 Q_H，应按下式计算

下端和挂舵臂上支撑之间：

$$Q_H=B_1 \quad \text{N}$$

挂舵臂上支撑之上：

$$Q_H=B_1+B_2 \quad \text{N}$$

(3)挂舵臂计算剖面扭矩 M_T，应按下式计算

下端和挂舵臂上支撑之间：

$$M_T=B_1e_{(z)} \quad \text{N·m}$$

挂舵臂上支撑之上：

$$M_T=B_1e_{(z)}+B_2e_{(z)} \quad \text{N·m}$$

式中：F_{A1}，F_{A2}——支持力，N

$e_{(z)}$——扭转力臂，m，按图 6.1（2）定义。

(4)挂舵臂剪应力计算

对于位于上下轴承间的挂舵臂，应计算如下应力：

τ_s——剪应力，应按下式计算得到：

$$\tau_s=B_1/A_H \quad \text{N/mm}^2$$

τ_T——扭转应力，对于中空的挂舵臂应按下式计算得到：

$$\tau_T=M_T10^3/(2A_Tt_H) \quad \text{N/mm}^2$$

对于实心的挂舵臂，τ_T 应由 CCS 在个案基础上考虑。

对于位于上轴承以上剖面的挂舵臂，应计算以下应力：

τ_s——剪应力，应按下式计算得到：

$$\tau_s=(B_1+B_2)/A_H \quad \text{N/mm}^2$$

τ_T——扭转应力，对于中空的挂舵臂应按下式计算得到：

$$\tau_T=M_T10^3/(2A_Tt_H) \quad \text{N/mm}^2$$

对于实心的挂舵臂，τ_T应由 CCS 在个案基础上考虑。

式中：A_H——挂舵臂在 y 方向的有效剪切面积，mm^2；

M_T——扭矩，N·m；

A_T——被薄壁挂舵臂剖面内外边界围住区域的平均面积，m^2；

t_H——挂舵臂板厚，mm。对于一个特定剖面的挂舵臂，当 t_H 最小时，τ_T 最大。

(5)挂舵臂弯曲应力计算

对于长度 h 范围内的一般剖面挂舵臂，应计算以下应力：

σ_B——弯曲应力，应按下式计算得到：

$$\sigma_B = M_H/W \qquad N/mm^2$$

式中：M_H——计算剖面弯矩，N·m；

W——绕 X 轴的剖面模数，cm^3，见图 6.1（2）。

第 4 章　集装箱船结构补充规定

第 1 节　一般规定

4.1.1　适用范围

4.1.1.1　本章的规定适用于在货舱内和甲板上载运标准集装箱的船舶。

4.1.1.2　对于本章中无规定者，均应满足第 2 章的有关要求。

4.1.2　图纸资料

4.1.2.1　除第 2 章第 1 节规定的图纸资料外，还应将下列图纸提交批准：

（1）集装箱的装载布置图；

（2）集装箱底座受力处的结构加强图。

4.1.3　布置及结构形式

4.1.3.1　本章所要求的船体基本结构形式一般为双层底和双层壳舷侧结构，且在双层壳舷侧的顶部应设置有效的抗扭箱结构。在保证船体结构强度的情况下，也可用双层底和具有抗扭箱或其他等效结构的单层壳舷侧结构代替。

4.1.3.2　在舷侧顶部应采用纵骨架式，且对于船长大于 100m 的船舶，在双层底内也应采用纵骨架式。

4.1.3.3　除敞口集装箱船外，船体在水动力扭矩作用下，强力甲板舱口的平均扭转角一般不超过 0.006°/m，强力甲板舱口的对角线伸长一般不超过 35mm。

4.1.4　船体结构强度直接计算

4.1.4.1　强力甲板舱口宽度大于 0.85B（B 为船宽）时，其货舱区域主要构件应按本章附录 2 进行结构强度直接计算。

第 2 节　甲板结构

4.2.1　一般要求

4.2.1.1　甲板结构的尺寸除应分别符合第 2 章第 5 节和第 9 节的规定外，还应满足第 2 章第 2 节对总纵强度的要求。

4.2.1.2　在货舱区域内，强力甲板应为纵骨架式，同时，按第 2 章第 2 节所要求的船体剖面模数确定的强力甲板构件尺寸在货舱区域内应保持不变。

4.2.1.3　为了保证船体结构的强度，应特别注意甲板结构的连续性，应尽量避免其形状、剖面和厚度的突变。对甲板开口长度的两端结构应作有效地过渡。应使舱口角隅和开口处结构所引起的应力集中为最小。

4.2.1.4　如将下层甲板作为支持舷侧骨架的主要构件，则可要求对其适当加厚。

4.2.2　横向甲板条

4.2.2.1　当强力甲板的横向甲板条构成横舱壁的顶板时，其宽度 b 应不小于按下式计算所得之值：

$$b=1000+1.5L \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m。

4.2.2.2　强力甲板的横向甲板条厚度 t 除应满足第 2 章 2.5.2.2 的要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$t=9+0.009L \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m。

4.2.2.3　强力甲板以下的第二层甲板横向甲板条厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，但不应小于 7mm：

$$t=11s \quad \text{mm}$$

式中：s——横梁间距，m，计算时取值不小于横梁的标准间距。

4.2.2.4　第二层甲板以下的其他甲板横向甲板条厚度可为 7mm。

4.2.2.5　在横向甲板条上应设有足够的横向扶强构件，对其应力集中处应予以增厚。

4.2.2.6　应对横向甲板条的端部与抗扭箱结构进行有效的连接。

4.2.2.7　当在货舱舱壁顶部设置横向箱形支撑结构替代横向甲板条时，任一横剖面对 z 轴的剖面惯性矩 I_z 不小于按下式计算所得之值：

$$I_z = 0.174 L_{bh} D^2 b^2 / \mathrm{K} \quad \text{cm}^4$$

式中：L_{bh}——横舱壁间距，m；

D——型深，m；

b——货舱舱口宽度，m。

K——材料系数。

横向支撑结构侧壁应与舷侧强肋骨或强框架在同一平面内，其两端应与舷侧结构牢固连接和过渡。箱形支撑结构壁厚应不小于其边长的 1/55。

4.2.3　强力甲板纵桁

4.2.3.1　在强力甲板下，应设置支持纵向舱口围板的纵桁（设有抗扭箱结构处除外）。

4.2.3.2　应使强力甲板纵桁在整个货舱区域内连续。

4.2.3.3　应将强力甲板纵桁的两端完整地伸入货舱区域以外的结构。应特别注意纵桁与横向箱形梁的连接。

4.2.4　甲板开口

4.2.4.1　对于强力甲板上的舱口，其开口角隅应为圆角。近舷侧处的开口角隅半径应不小于（0.35 + 0.0005L）（m）（L 为船长，m）；在强力甲板纵桁与横向甲板条相交处的角隅半径应不小于 0.25m。对于采用负半径的圆角隅，设计方应提供技术依据。

4.2.4.2　对于邻接机舱的货舱，应尽可能加大其舱口的角隅半径，近似地可将其定为不小于 0.04B（B 为船宽）。

4.2.4.3　在舱口的开口角隅处应设嵌入板，其厚度应较强力甲板厚度增加 15%。对于邻接机舱的货舱，其舱口角隅处的嵌入板厚度应较强力甲板增厚 25%。嵌入板增厚值应不小于 4mm，但也不必大于 7mm，其材料应与强力甲板相同。嵌入板的延伸范围应符合图 4.2.4.3 的规定（R 为舱口角隅半径；e 应不小于 760mm，且对于纵骨架式应不小于 1 个纵骨

间距）。

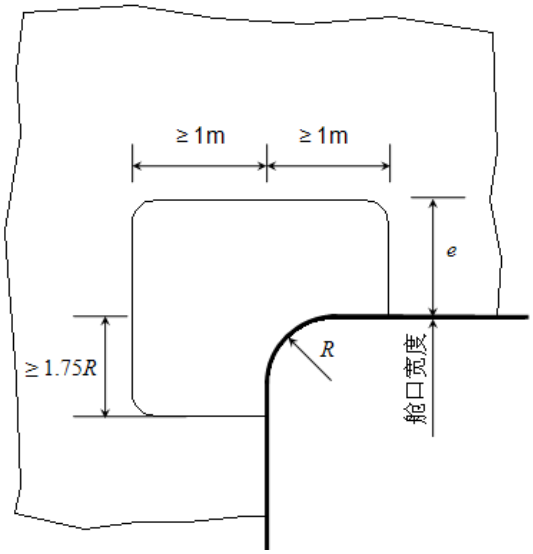


图 4.2.4.3

4.2.4.4　在货舱区域内的舱口开口边线外的强力甲板上，一般不应设有任何开口。

4.2.5　舱口围板

4.2.5.1　如舱口围板在整个开口范围内保持连续，则在舱口围板的端部应具有良好的结构过渡。

4.2.5.2　舱口围板的结构应符合第 2 章第 19 节中的有关规定，围板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，且应不小于 10mm，还应保持舱口围板的屈曲强度：

$$t=0.0072H\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：H——舱口围板高度，mm；

K——材料系数。

第 3 节　外板

4.3.1　船底板和舭列板

4.3.1.1　船底板的厚度除应符合第 2 章第 4 节的有关规定外，还应满足第 2 章第 2 节对总纵强度的要求。

4.3.1.2　对横骨架式的船底板和舭列板，应特别注意其屈曲强度。

4.3.2　舷顶列板和舷侧外板

4.3.2.1　舷顶列板和舷侧外板的厚度除应符合第 2 章第 4 节的有关规定外，还应满足第 2 章第 2 节对总纵强度的要求，同时，对其受力较大的部位以及双层壳舷侧结构在舷侧外板的终端处，可要求局部加厚。

第 4 节　舷侧骨架

4.4.1 单层壳舷侧骨架

4.4.1.1 舷侧骨架的布置以及舷侧骨架的尺寸，均应满足第 2 章第 8 节的要求。也可要求通过直接计算校核其主要支持构件的强度。

4.4.1.2 如舷侧为纵骨架式，则应将强肋骨与双层底内的实肋板和抗扭箱的横框架布置在同一剖面上，使它们构成整体框架，以保证船舶的横向强度。

4.4.2 双层壳舷侧骨架

4.4.2.1 双层壳舷侧内的横框架和水平隔板（包括开孔平台）的厚度 t，应不小于按下式计算所得之值，但不必大于 8mm：

$$t=6.8+0.013L \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m。

4.4.2.2 在横框架和水平隔板上应设置扶强构件，且在其切力较大处予以局部加厚。

第 5 节 双层底

4.5.1 一般要求

4.5.1.1 双层底的构件尺寸应符合第 2 章第 6 节的有关规定，但在集装箱的角座下方应予以局部加强。

4.5.1.2 在集装箱的角座下方应设置纵桁或实肋板。

4.5.1.3 对于仅装载集装箱的货舱，第 2 章第 6 节 2.6.9.2（2）的要求不适用。

第 6 节 舱壁

4.6.1 内层壳纵壁

4.6.1.1 内层壳纵壁的构件尺寸除应符合第 2 章第 11 节和第 12 节的有关规定外，还应满足第 2 章第 2 节对总纵强度的要求。

4.6.1.2 在货舱区域内，内层壳纵壁的纵向构件应保持连续。

4.6.1.3 如将内层壳纵壁设计成阶梯形时，则在其阶梯部分应具有不小于 3 个肋距的交叉长度予以过渡。

4.6.1.4 在内层壳纵壁的两端终止处，应具有良好的过渡结构。

4.6.2 水密横舱壁

4.6.2.1 在水密横舱壁上应设置垂直桁材和水平桁材，以支持舱壁的扶强材。应将垂直桁材的上端和下端分别与强力甲板纵桁和双层底内的旁桁材对齐。当舱壁的深度与宽度的比值较大时，应采用直接计算确定其垂直桁的尺寸。

第 7 节 船首舷侧结构加强

4.7.1 一般要求

4.7.1.1 船首部舷侧结构（包括艏楼舷侧结构）应予以加强。加强范围自首垂线起向

后 0.1L 之间与夏季载重线以上区域。如距首垂线 0.15L 处的最大外飘角 α（见图 4.7.1.3(1)）大于 40 度，则加强的纵向范围应延伸至距首垂线 0.15L 处。在加强区域内的舷侧构件的尺寸应满足本节的要求。

4.7.1.2　除本节要求外，船首舷侧结构还应满足本规范中的其他有关规定。

4.7.1.3　船首砰击计算压头 h_s 按下式计算：

$$h_s = C_s\ （0.22+0.15\tan\alpha）（0.4V\sin\beta+0.6\sqrt{L}\ ）^2 \qquad \text{m}$$

式中：C_s=0.144（C−0.5h_1），且不大于 0.8；

C——波浪系数，见第 2 章 2.2.3.1；

α ——计算点处的外飘角，定义为在该处横剖面上，垂线与外板切线之间的夹角，度，见图 4.7.1.3（1）；

β ——计算点处的首尖角，定义为在该处水平面上，中心线与外板切线之间的夹角，度，见图 4.7.1.3（2）；

V ——满载时的最大设计航速，kn；

L ——船长，m。

其中：h_1——夏季载重线与计算点之间的垂直距离，m，见图 4.7.1.3（1）。对于外板，计算点取板格中心；对于构件，计算点取跨距中点。

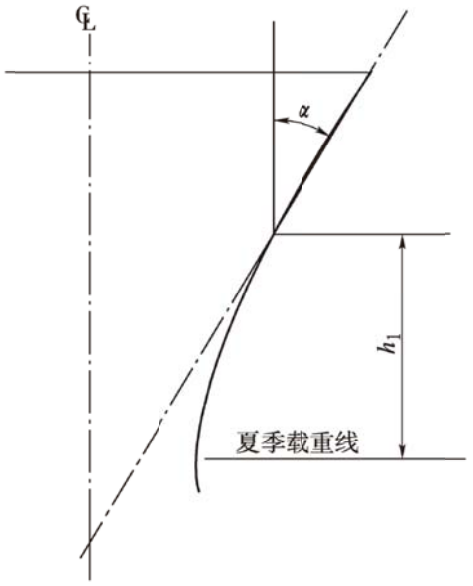


图 4.7.1.3（1）

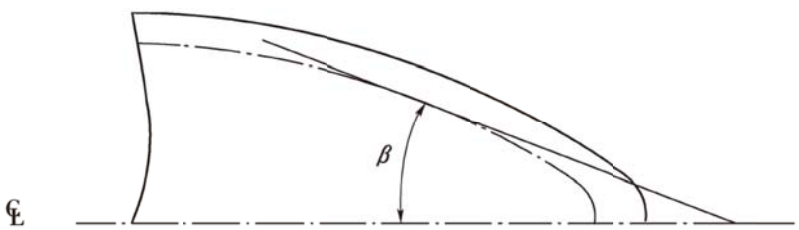


图 4.7.1.3（2）

4.7.2 舷侧外板

4.7.2.1 舷侧外板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=3.2\,b_{r1}\,s\sqrt{h_s K}+1.5 \qquad \text{mm}$$

式中：b_{r1}——系数，按以下选取，且不小于 0.72：

$$b_{r1}=1.0 \qquad \frac{s}{l}\leqslant 0.4$$

$$b_{r1}=1.187-0.467\frac{s}{l} \qquad \frac{s}{l}>0.4$$

其中：s ——次要构件间距，m；

l ——次要构件跨距，m；

h_s ——船首砰击计算压头，见本节 4.7.1.3；

K ——材料系数。

4.7.3 次要构件

4.7.3.1 舷侧纵骨或舷侧肋骨等次要构件的剖面模数 W 和腹板剖面积 A，应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W=2.7s\,h_s\,l^2K \qquad \text{cm}^3$$

$$A=0.38\,b_{r2}\,ls\,h_s\,K \qquad \text{cm}^2$$

式中：$b_{r2}=1-\frac{s}{2l}$；

s ——次要构件间距，m；

h_s——船首砰击计算压头，见本节 4.7.1.3；

l ——次要构件跨距，m；

K——材料系数。

4.7.3.2 当舷侧纵骨或舷侧肋骨等次要构件的腹板与外板的夹角小于 70°时，应在构件跨距中点设置防倾肘板，以加强板格的横向稳定。

4.7.4 主要构件

4.7.4.1 舷侧水平桁材或垂直桁材等主要构件的剖面模数 W 与腹板剖面积 A，应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W=2.1Sh_sl^2K \qquad \text{cm}^3$$

$$A=0.265Sh_slK \qquad \text{cm}^2$$

式中：S ——桁材间距，m；

h_s——船首砰击计算压头，见本节 4.7.1.3；

l——桁材跨距，m；

K——材料系数。

附录 1　集装箱系固与系固设备

1　一般要求

1.1　本附录适用于载运集装箱船舶的集装箱系固。

1.2　本附录的集装箱堆装及系固要求基于符合国际标准化组织ISO 1496-1：2013所建造集装箱制定。常用货运集装箱的外部尺寸、额定重量及角件定位尺寸见表1.2。

常用货运集装箱的外部尺寸、额定重量及角件定位尺寸[①]　　表1.2

公称长度	集装箱型号	长度 (mm)	宽度 (mm)	高度 (mm)	箱角件孔中心距(纵向) (mm)	箱角件孔中心距(横向)(mm)	额定重量 (kg)
ISO668 20 英尺	1CC	6058	2438	2591	5853	2259	30480 (24000)[②]
	1C			2438			
	1CX			<2438			
ISO668 40 英尺	1AAA	12192	2438	2896	11985	2259	30480
	1AA			2591			
	1A			2438			
	1AX			<2438			
ISO668 45 英尺	1EEE	13716	2438	2896	11985 13509	2259	30480
	1EE			2591			
43 英尺		13103	2438	2591	11985	2259	30480
48 英尺		14630	2591	2908	11985 14422	2259	30480
53 英尺		16154	2591	2908	11985 15947	2259	30480

注：① 本表格中 ISO 标准集装箱的数据是根据 ISO 668：1995 及其修订案确定。

② 根据 ISO 668：1995 的 Amd 1：2005 之前版本制造的 20 英尺集装箱额定重量为 24000kg。用于系固系统设计的集装箱空箱重量建议如下：

20 英尺集装箱　2.5t

40 英尺集装箱　3.5t

43 英尺和 45 英尺集装箱　4.0t

48 英尺集装箱和 53 英尺集装箱　4.5t

1.3　集装箱的强度应满足《集装箱检验规范》的有关规定。

1.4　适用于本附录的定义和术语如下：

（1）行：集装箱长度方向沿船长方向放置，沿船长方向的堆装数量单位。

（2）列：集装箱长度方向沿船长方向放置，沿船宽方向的堆装数量单位。

（3）层：集装箱自下而上的堆装数量单位。

（4）系固设备：系指角锁紧装置、绑扎装置、箱格导轨或其他经 CCS 认可的等效装置和结构。

（5）角锁紧装置：系指安装在集装箱箱角用于连接上下层或相邻集装箱的系固设备，包括底座、扭锁、堆锥、桥锁（桥型连接器）。扭锁可承受拉力、压力和剪切力。堆锥可承受压力和剪切力。

（6）绑扎装置：系指由拉力元件、张紧装置以及绑扎点组成用于连接集装箱堆垛的系固设备，包括钢丝绳、绑扎带、绑扎链、绑扎杆、花篮螺丝、绑扎环（D 形环）、绑扎眼板、绑扎座、绑扎钩及卸扣、速脱钩等配件索具。

（7）绑索：系指以钢丝绳、绑扎带、绑扎链等柔性装置及其配件构成的绑扎装置。

1.5　船上应配有经批准的集装箱系固手册/布置方案。

1.6　与航向、航速相关的不当操作或是极限情况(如大幅横摇)，可能会对船舶及货物产

生超过本附录所确定的载荷。船长有义务正确驾驶以避免过度的船舶运动，以减少作用在货物堆装系统上的载荷。

2 材料与试验

2.1 本附录未规定的系固设备在使用时应进行强度试验及满足有关规定。

2.2 系固设备应具有认可的证书。与船体相连接的固定式系固设备及箱格导轨结构所用钢材应符合CCS《材料与焊接规范》的有关规定，其他系固设备和配件的材料应经CCS同意。

2.3 除箱格导轨外，系固设备及其配件应进行原型试验以确认其破断负荷，原型试验应在每种部件中至少抽两件进行。表2.3为破断负荷、验证负荷与安全工作负荷之间的关系。当试验负荷达到表列验证负荷时，试件应无永久变形（夹头部分除外）。

设计破断负荷和验证负荷（kN） **表2.3**

项 目	最小设计破断负荷		最小验证负荷	
	SWL≤400	SWL>400	SWL≤400	SWL>400
钢丝绳	3 SWL			
杆（低碳钢）	3 SWL		1.5 SWL	
杆（高强度钢）	2 SWL		1.5 SWL	
链（低碳钢）	3 SWL			
链（高强度钢）	2.5 SWL			
配件及其他绑扎装置	2 SWL	SWL+400	1.5 SWL	SWL+200

注：①在本规定中，高强度钢的屈服应力应不小于315N/mm^2。

②若不用钢材而采用其他材料，则其破断负荷和验证负荷将另行考虑。

③SWL为安全工作负荷，kN。

2.4 若2个试件中有1个在设计破断负荷之前发生破坏，则应增加1个试件。如符合下列3个条件，原型试验仍视为合格：

（1）试件的实际破断负荷不小于设计破断负荷的 95%；

（2）所增加的 1 个试件经试验合格；

（3）3 个试件的实际破断负荷的平均值不小于设计破断负荷。

2.5 当制造厂按照原型试验合格的系固设备及其配件的图纸资料进行成批生产时，其产品尚应按下列两者之一的要求进行产品试验。

（1）批量试验

对于绑扎用的杆、配件及系固设备，每 50 件（不足 50 件的仍按 50 件计）中抽取 1 个试件进行验证负荷试验。验证负荷为其安全工作负荷的 1.5 倍。

用于绑扎装置中的链或钢丝绳，每 50 件（不足 50 件的仍按 50 件计）中抽取 1 个试件进行验证破断试验。

（2）逐件试验

每个配件、系固设备及绑扎用的杆均应按其相应的许用负荷逐件进行试验，但对绑扎装置用的链或钢丝绳，在每批产品出厂前，应从中抽取 1 个试件进行破断试验。

2.6 当批量产品试验按2.5（1）规定进行时，如在下述试验负荷范围内产生永久变形，则该试件被认为不合格。

（1）1.5SWL，当 SWL< 250kN 时；

（2）SWL＋125，当 SWL≥250kN 时。

当 1 个试件过早地出现破坏或严重的塑性变形时，则须另抽取 2 个试件进行复试，复试结果均合格者，则该批产品可以验收。

2.7　当按 2.5（2）规定进行产品试验时；若产生永久变形，则不予验收。

3　集装箱的堆装与系固

3.1　集装箱应采用本附录规定的一种或几种装置的组合进行系固。当符合《国内航行海船建造规范》第2篇第7章附录1规定时（包括采用箱格导轨装置），可认为满足本附录的要求。采用本附录以外的其他方式系固或采用纵向排列以外的方式堆装时，须经CCS同意。

3.2　对集装箱的系固方式应按本附录规定的受力计算后予以确定，应能保证集装箱和系固设备的强度，确保船上设有供安装和检查系固设备所需的足够空间（该空间应考虑由于载货量变化产生的船体变形等因素），如合理可行时尚应留出足够的从一舷到另一舷的横向通道，如需要时还应配备辅助攀爬设施。还应特别考虑下列情况，并在系固手册/布置方案中给出预案（包括积载、系固/绑扎等）：

（1）顶层集装箱的某列或某些列空缺；

（2）如设计允许时，20 英尺与 40 英尺标准集装箱的混合堆装；

（3）如设计允许时，装运宽度、高度和/或长度与标准集装箱不同的非标准箱。

3.3　集装箱堆放时一般应符合下列原则：

（1）船宽方向，不应伸至舷外，尽可能对称堆放，空缺箱位建议放在外侧；

（2）高度方向，重箱建议堆放在下层；20 英尺与 40 英尺集装箱混合堆放时，应将 40 英尺集装箱堆放在上层；

（3）超宽集装箱，建议堆放在上层，船宽方向不应超出底层的最外侧；

（4）超高集装箱，建议堆放在内侧；

（5）超长集装箱，建议堆放在上层。

3.4　舱口围板以上[①]或甲板上（舱口盖）上堆放的集装箱，应满足下列要求：

（1）堆垛顶面应使用桥锁等装置将相邻两列横向连接，并使用绑索将同一行集装箱横向张紧，以限制各列之间在船宽方向的相对位置发生分离；

（2）堆垛外侧每端应使用绑索将集装箱垂向张紧连接，以限制集装箱在上下层之间发生分离；

（3）顶面的绑索与侧面的绑索一般应相互独立，若为一根绑索则顶面与侧面的张紧应能各自独立发挥作用。

3.5　舱口围板以上或甲板上（舱口盖）上堆放的集装箱，还应按图3.5所示对最外侧列（必要时尚应包括某些中间列）在端面交叉绑扎，并满足下列要求：

（1）集装箱行与行的间距应不小于 76mm，每 40 英尺箱位行与行之间的间距尚应适当加大（考虑船体变形的影响，建议不少于 340mm），以便安装和检查系固设备；

（2）混合堆装时 20 英尺集装箱顶部至少堆装一层 40 英尺集装箱，40 英尺集装箱在中部与下层 20 英尺集装箱应采用堆锥垂向连接；

（3）对于最外侧集装箱，应在箱底角处用扭锁锁定；

（4）对于舱口围板所在的层（图 3.5 中虚线所示集装箱），应用双头横向双式堆锥（或其他等效设备）在顶箱角和底箱角横向连接，舱口纵围板与最外侧集装箱之间应装设防止集

[①] 指集装箱中心高度高出舱口围板。

装箱横向移动的木楔（或其他等效装置）；

（5）对于其他集装箱，应在箱底角处用堆锥连接。

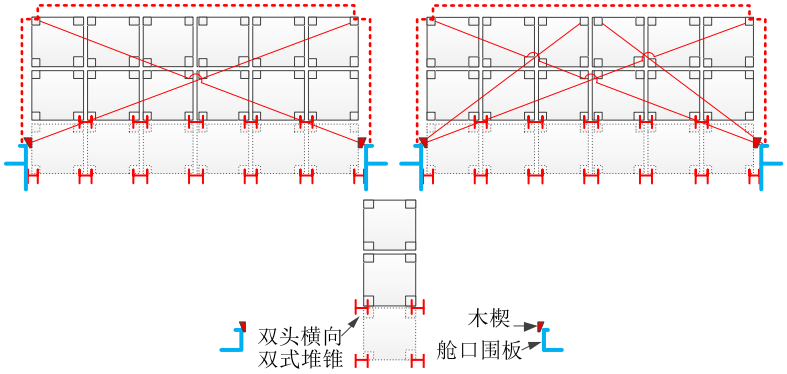


图 3.5

3.6　作为本附录3.5的一种替代，舱口围板以上或甲板（舱口盖）上堆放的集装箱，也可采用扭锁锁定，并满足下列要求：

（1）集装箱行与行的间距应不小于 76mm，每 40 英尺箱位行与行之间的间距尚应适当加大（考虑船体变形的影响，建议不少于 340mm），以便安装和检查系固设备；

（2）混合堆装时 20 英尺集装箱顶部至少堆装一层 40 英尺集装箱，40 英尺集装箱在中部与下层 20 英尺集装箱应采用堆锥/扭锁垂向连接。

3.7　舱口围板以下堆放的集装箱，应在箱底角处用堆锥连接。

3.8　木楔应装设在集装箱角柱所在处，不得装设在集装箱侧壁板处，以免损坏集装箱。木楔（或其他等效装置）应尽可能设置在围板垂直桁处，否则应按图3.8进行加强，其中垂直桁的尺寸与舱口围板的扶强水平桁相同。

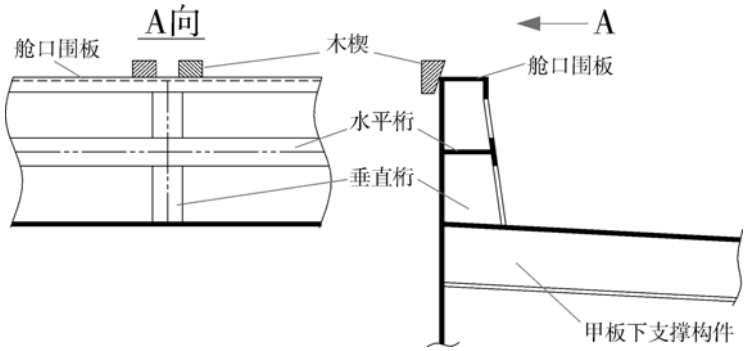


图 3.8

3.10　船体上的系固点应布置在船体主要构件处，如纵桁、实肋板、舱口围板、水平桁等，且系固点处的固定式系固设备与相连接的船体结构之间应设置复板，否则应予局部加强。

4　集装箱受力计算

4.1　集装箱的受力应根据船舶的装载情况、航区和船舶的运动来确定。这些力包括集装箱的重力、所受的风力、系固力以及因船舶回航、摇荡运动所产生的惯性力等。

4.2　集装箱上所受的力可分为N_y和N_z，如图4.2所示，均作用在集装箱的中心。

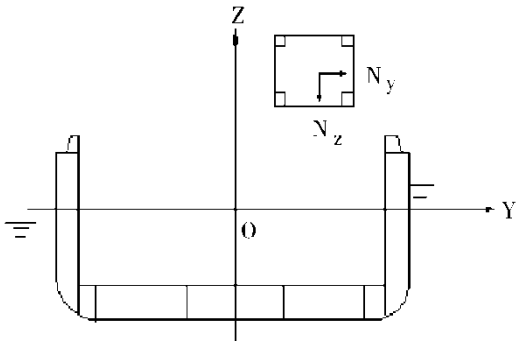


图 4.2

4.3 集装箱单箱的横向和垂向分力N_y、N_z值分别按下式计算：

$$N_y = \left[\left(g + a_{v2}\right)\sin\theta_m + a_r\left(z - z_{rp}\right) + \left(a_y + a_h\right)\cos\theta_m\right]M + F \quad \text{kN}$$

$$N_z = 0.866 k_x g M \quad \text{kN}$$

式中：M——集装箱单箱重量，t；

F——集装箱单箱所受的风力，kN，按4.4计算；

a_r、z、z_{rp}——见第1章1.5.2.2(6)；

a_y、a_{v2}——见第1章1.5.2.2(8)；

y——计算点相对中纵剖面的坐标，m；左右舷取相反符号，即，当计算点位于中纵剖面右舷时取正，位于左舷时取负，或者反之；

θ_m——计算横倾角，rad；取最大横摇角或船舶回航静倾角之大者，最大横摇角见第1章1.5.2.1(2)，船舶回航静倾角由船舶回航力矩和稳性力臂曲线确定；

a_h——由船舶回航引起的惯性加速度，m/s^2，按4.5计算；

k_x——纵向分布系数，按下式计算：

$$k_x = 1 + 0.1\frac{0.2L - x}{0.2L} \qquad \text{当 } x<0.2L$$

$$k_x = 1 \qquad \text{当 } 0.2L \le x \le 0.7L$$

$$k_x = 1 + 0.2\frac{x - 0.7L}{0.3L} \qquad \text{当 } x>0.7L$$

L——船长，m；

x——计算点至尾垂线的纵向距离，m；

4.4 任一集装箱所受风力 F 按下列公式取正浮状态计算：

$$F = PA \qquad \text{kN}$$

式中：P——单位计算风压，kN/m^2，对于舷旁外侧的集装箱取0.663，对于中间和货舱内的集装箱取0，A为受风压作用的集装箱的侧面积，m^2。当邻近的集装箱堆间距离不超过1m，内侧的集装箱的风载荷可不计入。当集装箱堆间距离为5m或以上，内侧的集装箱的风载荷应完全计入。距离在1m到5m的情况，需要进行线性插值计算。当暴露面积小于1/3的侧向面积时，风载荷可以忽略。

A——集装箱的受风面积，m^2。

4.5 船舶回航引起的惯性加速度 a_h，按下列公式计算：

$$a_h = 1.543 C_i \frac{V_m^2 A_R}{L^2 d} \qquad \text{m/s}^2$$

式中：C_i——从初始转向至定常转向的动力系数，若无试验资料或其他可信资料时取1.5；

V_m——船舶回航时允许的最大营运航速，km/h；

A_R——舵面积，m^2，当存在两个以上的主舵时，取其总和的0.8倍；

L——船长，m；

d——吃水，m。

5 有绑扎时受力计算

5.1 任一第k列顶部端壁所需横向力$T_{H,k}$，见图5.1，按下式计算，计算值取不小于0：

$$T_{H,k} = \frac{M_{k,1}}{2H_1} \qquad \text{kN}$$

式中：H_1——舱口围板顶缘对应层集装箱的顶部至该列底部的垂直距离，m，见图5.1：

H_0——舱口围板顶缘对应层集装箱的顶部至该列底部的垂直距离，m，见图5.1：

$M_{k,1}$——H_1范围内集装箱整体翻倾力矩之和，kN·m，取值如下

$$M_{k,1} = \sum_{i=s+1}^{e} \left(N_{y,i,k} \left(Z_{i,k} - H_0 - h_{s,k} \right) - N_{z,i,k}\, b/2 \right)$$

i——集装箱层序号；

s——舱口围板顶缘处对应的集装箱层序号，见图5.1；

e——顶部集装箱层序号；

b——集装箱的宽度，m；

$h_{i,k}$——第k列第i层集装箱的层高，m，取该层顶部至下层顶部的垂直距离；

$Z_{i,k}$——第k列第i层集装箱中心至该列底部的垂直距离，m；

$N_{y,i,k}$——按4.3计算；

$N_{z,i,k}$——按4.3计算。

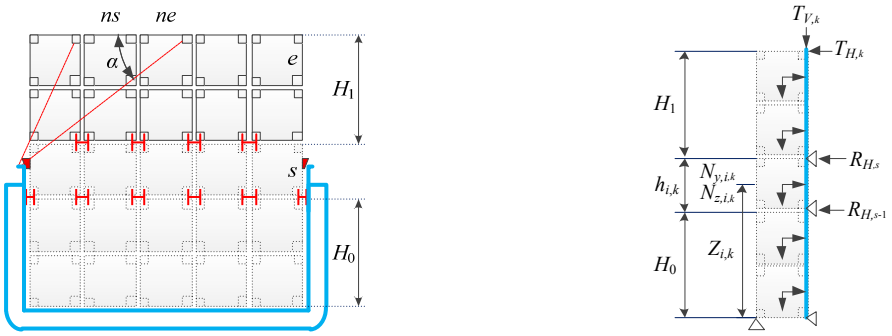


图 5.1

5.2 任一第k列设有绑扎装置时，其所需拉力T应按下式计算，且计算值取不小于15kN：

$$T = \sum_{k=ns}^{ne} T_{H,k} / \cos\alpha \qquad \text{kN}$$

式中：α——集装箱绑扎装置与船体基平面的夹角，rad，见图5.1；

k——集装箱的列序号；

$T_{H,k}$——按上文5.1计算；

ns、ne——绑扎装置作用范围内列起始序号和结束序号，见图5.1。

5.3 任一第k列绑扎拉力产生的垂向分量$T_{V,k}$，见图5.1，按下式计算：

顶层有绑扎的列：$T_{V,k} = T\sin\alpha$ kN

顶层有绑扎的列：$T_{V,k} = 0$ kN

式中：T、α——同5.2。

5.4 舱口围板顶缘对应层的第k列集装箱端壁的横向支反力R_H，见图5.1，按下式计算：

$$R_{H,s} = \frac{F_{k,1}}{2} - T_{H,k} + \frac{N_{y,s,k}\left(Z_{s,k} - H_0\right) - N_{z,s,k}b/2}{2h_{s,k}} \qquad \text{kN}$$

$$R_{H,s-1}=\frac{N_{y,s,k}}{2}-\frac{N_{y,s,k}\left(Z_{s,k}-H_0\right)-N_{z,s,k}b/2}{2h_{s,k}}+\frac{M_{k,0}}{2H_0} \quad \text{kN}$$

式中：i——集装箱层序号；

s——舱口围板顶缘处对应的集装箱层序号，见图5.1；

e——顶部集装箱层序号；

k——集装箱的列序号；

H_0——舱口围板顶缘对应层集装箱的顶部至该列底部的垂直距离，m，见图5.1：

$Z_{i,k}$——第k列第i层集装箱中心至该列底部的垂直距离，m；

$h_{s,k}$——第k列第s层集装箱的层高，m，取该层顶部至下层顶部的垂直距离；

b——集装箱的宽度，m；

$F_{k,0}$——H_0范围内横向分力之和，kN·m，取值如下：

$$F_{k,0}=\sum_{i=1}^{s-1}N_{y,i,k}\ ;$$

$F_{k,1}$——H_1范围内横向分力之和，kN·m，取值如下：

$$F_{k,1}=\sum_{i=s+1}^{e}N_{y,i,k}\ ;$$

$T_{H,k}$——按5.1计算；

$M_{k,0}$——H_0范围内翻倾力矩之和，kN·m，取值如下：

$$M_{k,0}=\sum_{i=1}^{s-1}\left(N_{y,i,k}Z_{i,k}-N_{z,i,k}\,b/2\right);$$

$N_{y,i,k}$——按4.3计算；

$N_{z,i,k}$——按4.3计算。

5.5 任一行第 i 层集装箱每道端壁上的扭变力 R_i，按下式计算：

对顶层集装箱：$R_i=\frac{1}{4}N_{y,i}-T_{H,k}$ kN

第 s 层集装箱：$R_s=R_{s+1}+\frac{1}{4}(N_{y,s}+N_{y,s+1})-R_{H,s}$ kN

第 s-1 层集装箱：$R_{s-1} = R_s + \frac{1}{4}(N_{y,s-1} + N_{y,s}) - R_{H,s-1}$ kN

对其他集装箱：$R_i = R_{i+1} + \frac{1}{4}(N_{y,i} + N_{y,i+1})$ kN

式中：i、i+1——计算集装箱的层数号；

$N_{y,i}$——按4.3计算；

$T_{H,k}$——按5.1计算；

$R_{H,s}$、$R_{H,s\text{-}1}$——按5.4计算。

5.6 任一行第 i 层集装箱每一箱底角处最小箱角压力 $F_{min,i}$，按下式计算：

对顶层集装箱：$F_{min,i} = \frac{1}{4}N_{z,i} - \frac{h_i}{b}R_i$ kN

对其他集装箱：$F_{min,i} = F_{min,i+1} + \frac{1}{4}N_{z,i} - \frac{h_i}{b}R_i$ kN

式中：b——集装箱宽度，m；

i——集装箱的层序号；

h_i——第i层集装箱的层高，m，取该层顶部至下层顶部的垂直距离；

$N_{z,i}$——按上文4.3计算；

R_i——按上文5.5计算。

5.7 任一行第 i 层集装箱底角处最大箱角压力 $F_{max,i}$，按下式计算：

对顶层集装箱：$F_{max,i} = \frac{1}{4}N_{z,i} + \frac{h_i}{b}R_i + T_{V,k}$ kN

对其他集装箱：$F_{max,i} = F_{max,i+1} + \frac{1}{4}N_{z,i} + \frac{h_i}{b}R_i$ kN

式中：i、b——同5.6；

$N_{z,i}$、R_i、h_i——同5.6；

$T_{V,k}$——按5.3计算。

5.8 任一行第 i 层集装箱底角处剪力 Q_i，按下式计算：

对顶层集装箱：$Q_i = N_{y,i}/4 - T_{H,k}$ kN

第 s 层集装箱：$Q_s = Q_{s+1} + N_{y,s}/4 - R_{H,s}$ kN

第 s-1 层集装箱：$Q_{s-1} = Q_s + N_{y,s-1}/4 - R_{H,s-1}$ kN

对其他集装箱：$Q_i = Q_{i+1} + N_{y,i}/4$ kN

式中：i、s——计算集装箱的层序号；

$N_{y,s}$——按4.3计算；

$T_{H,k}$——按5.1计算。

5.9 对于在甲板（舱口盖）上堆装的情况，则计算时上述条款中$R_{H,s-1}$、$R_{H,s}$、H_0、$h_{s,k}$均取0。

5.10 绑扎装置在船体上的绑扎点（如舱口围板上的绑扎环等），其受力应为所有连接在该绑扎点上的绑扎力之和。

6 无绑扎时受力计算

6.1 舱口围板顶缘对应层的第k列集装箱端壁的横向支反力R_H，见图6.1，按下式计算：

$$R_{H,s}=\frac{F_{k,1}}{2}+\frac{N_{y,s,k}}{2}-\frac{N_{y,s,k}\left(h_{s,k}-Z_{s,k}+H_0\right)+N_{z,s,k}b/2-M_{k,1}}{2h_{s,k}} \quad \text{kN}$$

$$R_{H,s-1}=\frac{N_{y,s,k}\left(h_{s,k}-Z_{s,k}+H_0\right)+N_{z,s,k}b/2-M_{k,1}}{2h_{s,k}}+\frac{M_{k,0}}{2H_0} \quad \text{kN}$$

式中：i——集装箱层序号；

s——舱口围板顶缘处对应的集装箱层序号，见图6.1；

e——顶部集装箱层序号；

k——集装箱的列序号；

$Z_{i,k}$——第k列第i层集装箱中心至该列底部的垂直距离，m；

$h_{s,k}$——第k列第s层集装箱的层高，m，取该层顶部至下层顶部的垂直距离；

b——集装箱的宽度，m。

$N_{y,i,k}$——按4.3计算；

$N_{z,i,k}$——按4.3计算；

H_0——舱口围板顶缘对应层集装箱的顶部至该列底部的垂直距离，m，见图6.1：

$F_{k,0}$——H_0范围内横向分力之和，kN·m，取值如下：

$$F_{k,0}=\sum_{i=1}^{s-1}N_{y,i,k}\ ;$$

$F_{k,1}$——H_1范围内横向分力之和，kN·m，取值如下：

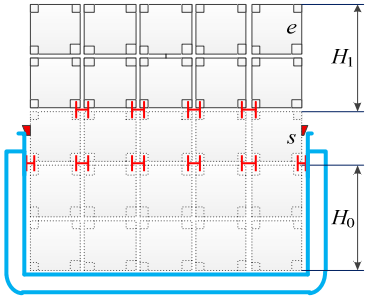
$$F_{k,1}=\sum_{i=s+1}^{e}N_{y,i,k}\ ;$$

$M_{k,1}$——H_1范围内整体翻倾力矩之和，kN·m，取值如下：

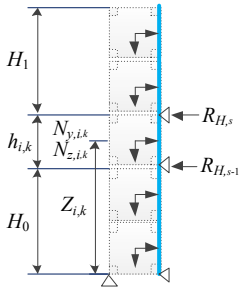
$$M_{k,1}=\sum_{i=s+1}^{e}\left(N_{y,i,k}\left(Z_{i,k}-H_0-h_{s,k}\right)-N_{z,i,k}\,b/2\right)$$

$M_{k,0}$——H_0范围内翻倾力矩之和，kN·m，取值如下：

$$M_{k,0}=\sum_{i=1}^{s-1}\left(N_{y,i,k}Z_{i,k}-N_{z,i,k}\,b/2\right)；$$



（1）



（2）

图 6.1

6.2 任一行第 i 层集装箱每道端壁上的扭变力 R_i 按下式计算：

对顶层集装箱：$R_i=\frac{1}{4}N_{y,i}$ kN

第 s 层集装箱：$R_s=R_{s+1}+\frac{1}{4}(N_{y,s}+N_{y,s+1})-R_{H,s}$ kN

第 s-1 层集装箱：$R_{s-1}=R_s+\frac{1}{4}(N_{y,s-1}+N_{y,s})-R_{H,s-1}$ kN

对其他集装箱：$R_i=R_{i+1}+\frac{1}{4}(N_{y,i}+N_{y,i+1})$ kN

式中：i、i+1——计算集装箱的层数号；

$N_{y,i}$——按4.3计算；

$R_{H,s}$、$R_{H,s\text{-}1}$——按6.1计算。

6.3 任一行第 i 层集装箱每一箱底角处最小箱角压力 $F_{min,i}$ 按下式计算：

对顶层集装箱：$F_{min,i}=\frac{1}{4}N_{z,i}-\frac{h_i}{b}R_i$ kN

对其他集装箱：$F_{min,i}=F_{min,i+1}+\frac{1}{4}N_{z,i}-\frac{h_i}{b}R_i$ kN

式中：b——集装箱宽度，m；

i——集装箱的层序号；

h_i——第i层集装箱的层高，m，取该层顶部至下层顶部的垂直距离。

$N_{z,i}$——按4.3计算；

R_i——按6.2计算。

6.4 任一行第 i 层集装箱底角处最大箱角压力 $F_{max,i}$ 按下式计算：

对顶层集装箱：$F_{max,i} = \frac{1}{4} N_{z,i} + \frac{h_i}{b} R_i$ kN

对其他集装箱：$F_{max,i} = F_{max,i+1} + \frac{1}{4} N_{z,i} + \frac{h_i}{b} R_i$ kN

式中：i、b——同6.1；

h_i——同6.2；

$N_{z,i}$——按4.3计算；

R_i——按6.2计算。

6.5 任一行第 i 层集装箱底角处剪力 Q_i 按下式计算：

对顶层集装箱：$Q_i = N_{y,i} / 4$ kN

第 s 层集装箱：$Q_s = Q_{s+1} + N_{y,s} / 4 - R_{H,s}$ kN

第 s-1 层集装箱：$Q_{s-1} = Q_s + N_{y,s-1} / 4 - R_{H,s-1}$ kN

对其他集装箱：$Q_i = Q_{i+1} + N_{y,i} / 4$ kN

式中：$N_{y,s}$——按4.3计算；

i、s——计算集装箱的层数号。

6.6 对于在甲板（舱口盖）上堆装的情况，则计算时上述条款中 $R_{H,s-1}$、$R_{H,s}$、H_0、$h_{s,k}$ 均取0。

7 强度衡准

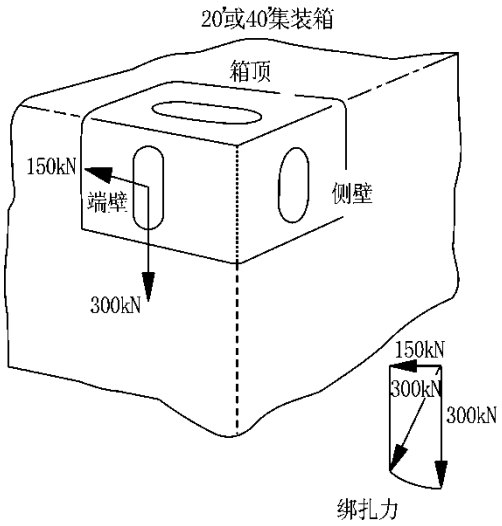
7.1 作用在集装箱上的力，包括端壁扭变力以及箱角压力、拉力、剪切力和绑扎拉力（绑扎拉力分量）等，应不超过集装箱的许用负荷。

7.2 符合国际标准组织（ISO）标准系列1的集装箱许用负荷见表7.2和图7.2。

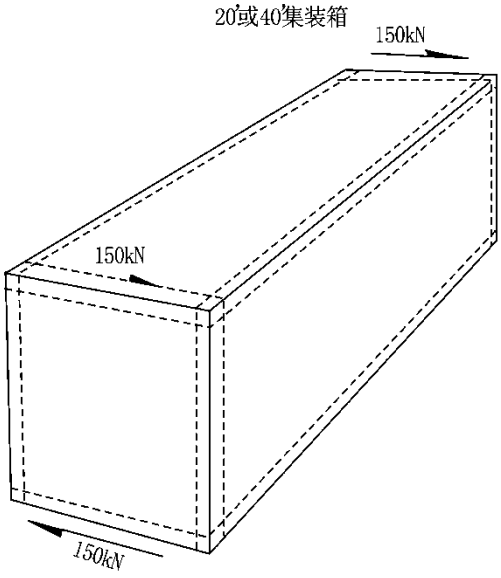
7.3 作用在系固设备上的力，包括堆锥压力和剪力、扭锁压力/拉力和剪力、绑扎装置拉力、绑扎环拉力等，应不超过系固设备的安全工作负荷SWL。系固设备的安全工作负荷SWL应符合本附录2.3的规定。

集装箱许用负荷（kN） 表7.2

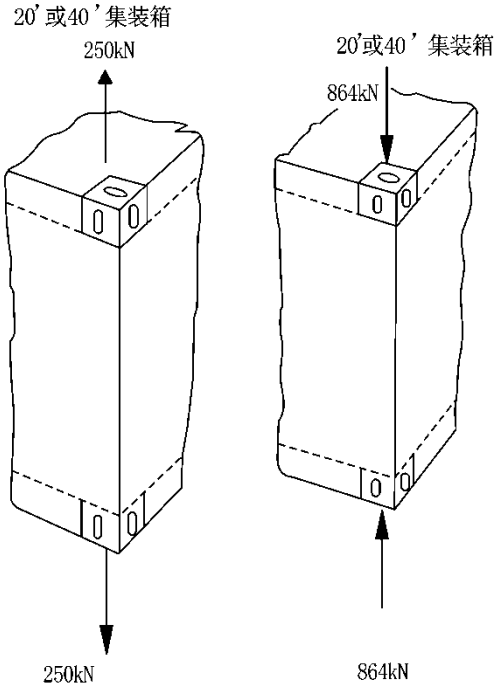
作用力	20′	40′
端壁角件上的绑扎力水平分力	150	150
端壁角件上的绑扎力垂直分力	300	300
端壁角件上的绑扎力	300	300
端壁的扭变力	150	150
箱顶角件垂直拉力	250	250
箱底角件垂直拉力	250	250
箱角柱的垂直压力	864	864
箱顶角件横向剪力（平行于顶面）	225	340
箱底角件横向剪力（平行于顶面）	350	500



(a)角件上的绑扎力

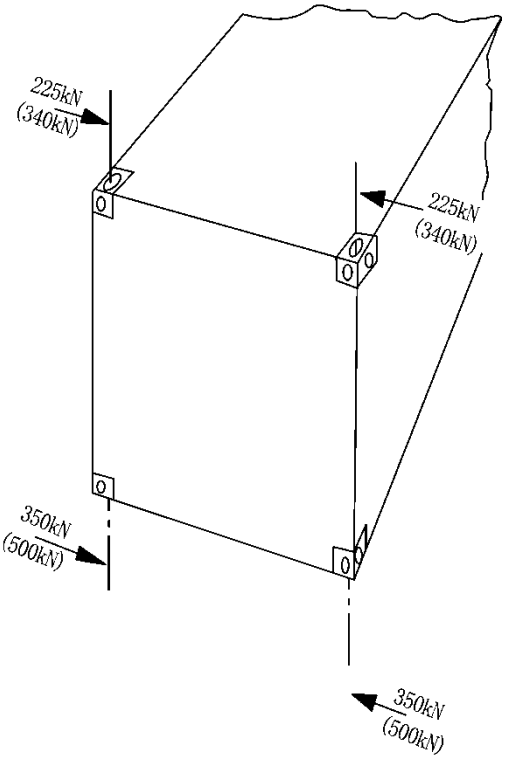


(b)扭变力



(c)角件上的垂直拉力

(d)角柱上的垂直压力



(e)横向剪力

图 7.2

附录 2　集装箱船结构强度直接计算

1　一般规定

1.1　适用范围

1.1.1　本附录适用于本章要求的集装箱船结构强度直接计算。

1.1.2　对于本附录无规定者，均应满足第 1 章第 5 节的有关要求。

1.1.3　舱段直接计算适用于货舱区域主要构件的强度评估。主要构件包括：

（1）双层底结构（船底板、内底板、纵桁和实肋板）；

（2）双舷侧结构 （舷侧板，内壳板，边舱纵向平台和横向强框架）；

（3）横舱壁结构；

（4）甲板及舱口间甲板结构。

2　模型范围

2.1 一般要求

2.1.1　模型范围应满足下述要求：

（1）纵向范围一般应至少覆盖船中货舱区的 1/2 个货舱+1 个货舱+1/2 个货舱长度。对货舱区仅设一个或两个货舱的船舶，模型纵向范围可取 1 个货舱向首尾各延伸 1/2 个货舱的范围；

（2）横向应取全宽范围；

（3）垂向范围应取主船体范围内的所有构件，包括主甲板上的所有主要构件。

3　计算工况及设计载荷

3.1　计算工况

3.1.1　敞口集装箱船应按表 3.1.1(1)的适用工况进行校核，非敞口集装箱船应按表 3.1.1（2）的适用工况进行校核。如装载手册中存在表 3.1.1（1）和 3.1.1（2）中计算工况以外的更为严重的装载工况，也应对此装载工况进行结构强度直接计算。

3.2　设计载荷

3.2.1　除本附录另有规定外，设计载荷见第 1 章第 5 节。

3.2.2　总体载荷包括静水弯矩和波浪弯矩。静水弯矩 M_s 取设计方提供的许用中拱静水弯矩 $\overline{M}_{s\text{-}hog}$ 和许用中垂静水弯矩 $\overline{M}_{s\text{-}sag}$。垂向波浪弯矩 M_w 包括中拱波浪弯矩 $M_{w\text{-}hog}$ 和中垂波浪弯矩 $M_{w\text{-}sag}$ 按第 2 章 2.2.3 计算。

3.2.3　敞口集装箱船各工况应计及的设计载荷见表 3.1.1（1），非敞口集装箱船各工况应计及的设计载荷见表 3.1.1（2）。

敞口集装箱船计算工况及设计载荷　　表 3.1.1（1）

工况编号	计算工况	装载模式	总强度工况载荷		局部强度工况载荷			边界条件类型
			静水弯矩	波浪弯矩	静水载荷	波浪载荷	集装箱载荷	
LC1	船舶中拱	所有货舱 40ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s-hog}$	$M_{w\text{-}hog}$	d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC2	船舶中垂	所有货舱 20 ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s\text{-}sag}$	$M_{w\text{-}sag}$	0.67d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC3	中间一 40ft 箱位空舱	中间货舱一 40ft 箱位空舱，其余箱位处 40ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s-hog}$	$M_{w\text{-}hog}$	d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC4	船舶横倾-1	所有货舱 20 ft 集装箱装满	-	-	d	-	集装箱自重	非对称
LC5	船舶横倾-2	中间货舱一 40ft 箱位空舱，其余箱位处 40ft 集装箱装满	-	-	d	-	集装箱自重	非对称
LC6	船舶纵荡	所有货舱 40ft 集装箱装满	-	-	-	-	集装箱的纵向惯性力	对称

注：（1）d——吃水，m；
（2）P_W ——舷外海水动压力，按第1章第5节计算；
（3）对于LC2至LC6，集装箱载荷（20ft或40ft），单个箱重取舱内许用堆重除以最大装箱层数得到；
（4）对于工况LC1，集装箱载荷取法，单个箱重为（3）所规定重量的55%。
（5）横倾工况（LC4、LC5）中，横倾角按第1章第5节计算；如有波浪载荷直接计算预报时，可接受直接计算预报的横倾角。

非敞口集装箱船计算工况及设计载荷　　表 3.1.1（2）

工况编号	计算工况	装载模式	总强度工况载荷		局部强度工况载荷			边界条件类型
			静水弯矩	波浪弯矩	静水载荷	波浪载荷	集装箱载荷	
LC1	船舶中拱	所有货舱舱内和舱口盖上 40ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s-hog}$	$M_{w\text{-}hog}$	d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC2	船舶中垂	所有货舱舱内和舱口盖上 20 ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s\text{-}sag}$	$M_{w\text{-}sag}$	0.67d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC3-1	中间一 40ft 箱位空舱	中间货舱和舱口盖上一 40ft 箱位空舱，其余箱位处 40ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s-hog}$	$M_{w\text{-}hog}$	d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC3-2	中间一 40ft 箱位空舱	中间货舱舱内一40ft 箱位空舱，舱口盖上 40ft 集装箱装满，其余箱位处 40ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s-hog}$	$M_{w\text{-}hog}$	d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称
LC3-3	中间一 40ft 箱位空舱	中间货舱舱内一40ft 箱位空舱，舱口盖上 20ft 集装箱装满，其余箱位处 20ft 集装箱装满	$\overline{M}_{s-hog}$	$M_{w\text{-}hog}$	d	P_W	集装箱自重及垂向惯性力	对称

工况编号	计算工况	装载模式	总强度工况载荷		局部强度工况载荷			边界条件类型
			静水弯矩	波浪弯矩	静水载荷	波浪载荷	集装箱载荷	
LC4	船舶横倾-1	所有货舱舱内和舱口盖上 20 ft 集装箱装满	-	-	d	-	集装箱自重	非对称
LC5	船舶横倾-2	中间货舱舱内和舱口盖上一 40ft 箱位空舱，其余箱位处 40ft 集装箱装满	-	-	d	-	集装箱自重	非对称
LC6	船舶纵荡	所有货舱舱内和舱口盖上 40ft 集装箱装满	-	-	-	-	集装箱的纵向惯性力	对称

注：（1）d——吃水，m；
（2）P_W——舷外海水动压力，按第1章第5节计算；
（3）对于LC2至LC6，集装箱载荷（20ft或40ft），单个箱重取舱内许用堆重除以最大装箱层数得到；
（4）对于工况LC1，集装箱载荷取法，单个箱重为（3）所规定重量的55%；
（5）横倾工况（LC4、LC5）中，横倾角按第1章第5节计算；如有波浪载荷直接计算预报时，可接受直接计算预报的横倾角。

3.2.4　横倾工况（LC4、LC 5）中，应将计算模型按工况的规定，处于一静横倾角状态，计算各载荷分量。货舱内集装箱由于船舶横倾产生的横向载荷分量，按各集装箱的物理位置和其系固布置型式，根据力的传递，以一组集中力的方式加载在相应的主要支撑构件上。

3.2.5　纵荡工况（LC 6）中，货舱内每一集装箱由纵向运动加速度产生的力，按各集装箱的物理位置和其系固布置型式，根据力的传递，以一组集中力的方式加载在相应的主要支撑构件上。纵向加速度按照第1章1.5.2.2（7）计算。如设有箱型甲板纵桁，且甲板横向抗扭箱的跨距不超过13.0m，工况LC6可不必计算。

4　边界条件

4.1　纵中剖面对称边界条件

4.1.1　对于结构形式、设计载荷均左右对称的工况（如 LC1、LC2、LC3、LC6），中部货舱前后舱壁处纵中剖面与船底板的交点 J 的横向线位移约束，即：$\delta_y = 0$。

4.2　局部载荷工况边界条件（见表 4.2）

4.2.1　此边界条件适用于表3.1.1中载荷对称的计算工况。

4.2.2　端面A与B施加对称面边界条件，端面内节点的纵向线位移、绕端面内两个坐标轴的角位移约束，即：$\delta_x = \theta_y = \theta_z = 0$。

4.2.3　在舷侧外板、内壳板与前后横舱壁和与船底实肋板交线上和在节点应设置垂向弹簧单元，弹簧单元弹性系数均匀分布，弹性系数按下式计算：

$$K = \frac{5GA}{6l_H n} \qquad \text{N/mm}$$

式中：G——材料的剪切弹性模量；对于钢材，G=0.792×10^5　N/mm^2;
A——前后舱壁处舷侧外板、内壳板的剪切面积，mm^2；
l_H——中部货舱长度，mm；

n——舷侧外板、内壳板与前后横舱壁和与船底实肋板交线节点数量。

局部载荷边界条件　　表 4.2

位　置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
节点 J	—	固定	—	—	—	—
端面 A、B	固定	–	–	–	固定	固定
舷侧外板、内壳板与前后横舱壁和与船底实肋板交线节点	–	–	弹簧	–	–	–

4.3　总体载荷工况边界条件（见表4.3）

4.3.1　此边界条件仅适用于表3.1.1中船体梁的弯曲应力的计算。

4.3.2　在端面A与B内中和轴与纵中剖面相交处建一个独立点D，在独立点上施加总纵弯矩，端面各纵向构件节点自由度 δ_x 、 δ_y 、 δ_z 与独立点相关。

4.3.3　端面A与B内独立点D的横向线位移、垂向线位移、绕纵向轴的角位移约束，即：$\delta_y=\delta_z=\theta_x=0$；端面A内独立点D纵向线位移约束，即 $\delta_x=0$ 。

总体载荷边界条件　　表 4.3

位置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
节点 J	—	固定	—	—	—	—
端面 A、B	相关	相关	相关	—	—	—
独立点 D（端面 A）	固定	固定	固定	固定	弯矩	—
独立点 D（端面 B）	—	固定	固定	固定	弯矩	—

4.4　横倾工况（LC4、LC5）边界条件（见表4.4）

4.4.1　此边界条件适用于载荷非对称的横倾工况，应采用全宽模型。

4.4.2　端面A、B分别施加对称面边界条件，见本附录4.2.2。

4.4.3　舷侧外板、内壳板与前后横舱壁和与船底实肋板交线上节点应设置垂向弹簧单元，弹簧单元弹性系数均匀分布，弹性系数见本附录 4.2.3。

4.4.4　船底板、内底板与前后横舱壁交线上节点应设置水平弹簧单元，弹簧单元弹性系数均匀分布，弹性系数按下式计算：

$$K=\frac{5GA}{6l_Hn} \qquad \text{N/mm}$$

式中：G——材料的剪切弹性模量；对于钢材，G=0.792×10^5 N/mm^2;

A——前后舱壁处船底板、内底板的剪切面积，mm^2；

l_H——中部货舱长度，mm；

n——船底板、内底板上水平交线节点数量。

横倾工况边界条件　　表 4.4

位　置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
端面 A、B	固定	–	–	–	固定	固定
舷侧外板、内壳板与前后横舱壁和与船底实肋板交线节点	–	–	弹簧	–	–	–
船底板、内底板与前后横舱壁交线上节点	–	弹簧	–	–	–	–

5　屈服强度评估

5.1　舱段主要构件屈服强度评估

5.1.1　应对舱段模型纵向范围内中部货舱和向前后延伸一个横框架范围内的所有主要构件进行强度评估，对工况 LC1、LC2 和 LC3，评估应力为将局部载荷工况应力与总体载荷工况应力按照第 1 章 1.5.1.8（2）进行合成后的应力。工况 LC1、LC2 和 LC3 下，各主要构件的许用应力见表 5.1.1。

许用应力　　表 5.1.1

构件名称	许用应力（N/mm^2）	
	$[\sigma_e]$	$[\tau]$
甲板板	225/K	—
船底外板、内底板	225/ K	—
舷侧外板、纵舱壁	225/ K	115/ K
船底纵桁	235/ K	115/ K
双层底肋板	175/ K	90/ K
横向强框架	195/ K	95/ K
边舱纵向平台	225/ K	—
横舱壁板	180/ K	100/ K
横舱壁桁材	175/ K	—

注：　K ——材料系数。

5.1.2　对工况LC4、LC5，各主要构件的许用应力见表5.1.2。

许用应力　　表 5.1.2

构件名称	许用应力（N/mm^2）	
	$[\sigma_e]$	$[\tau]$
舷侧板、纵舱壁	175/ K	90/ K
边舱纵向平台	175/ K	90/ K
双层底肋板	175/ K	90/ K
横向强框架	195/ K	95/ K

构件名称	许用应力（N/mm^2）	
	$[\sigma_e]$	$[\tau]$
舷侧板、纵舱壁	175/ K	90/ K
边舱纵向平台	175/ K	90/ K
双层底肋板	175/ K	90/ K
横向强框架	195/ K	95/ K
横舱壁桁材	175/ K	—
甲板横向抗扭箱	175/ K	90/ K

注：K——材料系数。

5.1.3　对工况LC6，各主要构件的许用应力见表5.1.3。

许用应力　　**表 5.1.3**

构件名称	许用应力（N/mm^2）
	$[\sigma_e]$
纵舱壁、边舱纵向平台、横舱壁桁材、甲板横向抗扭箱	85/ K

注：K——材料系数。

6　屈曲强度评估

6.1　舱段主要构件屈曲强度评估

6.1.1　构件的标准减薄厚度见表 6.1.1。

标准减薄厚度　　**表 6.1.1**

位　置	标准减薄厚度（mm）
甲板、边舱甲板（如第二层甲板等）	1.0
纵舱壁板（内壳板）	1.0
外板（包括船底板）、内底板	1.0
双层底及边舱内结构（桁材、肋板）	1.0
横舱壁结构（水密、非水密）	0
甲板横向抗扭箱	0

6.1.2　板格屈曲安全因子 λ 应不小于表 6.1.2 中的最小屈曲安全因子。

最小屈曲安全因子　　**表 6.1.2**

结　构	计算工况	最小屈曲安全因子
船底外板、内底板	LC1，2，3	0.8
舷侧外板、纵舱壁	LC1，2，3	0.8
双层底纵桁	LC1，2，3	1.0
双层底肋板、横向强框架	LC1，2，3，4，5	1.0
边舱纵向平台	LC1，2，3	1.0
横舱壁	LC1	0.8

结　构	计算工况	最小屈曲安全因子
横舱壁桁材	LC1	1.0
甲板横向抗扭箱	LC4，5	1.0

第 5 章　散货船结构补充规定

第 1 节　一般规定

5.1.1　适用范围

5.1.1.1　本章适用于主要用于运输散装干货的船舶。

5.1.1.2　对本章无规定者，均应满足第 2 章的有关要求。

5.1.2　图纸资料

5.1.2.1　除第 2 章第 1 节规定的资料图纸外，还应提交航行时各舱柜最大压头以及底边舱和顶边舱相通的任何双层底的详细情况供备查。

5.1.3　布置及结构形式

5.1.3.1　散货船货舱结构一般应为下列型式：

（1）双层底、双舷侧，具有顶边舱和底边舱；

（2）双层底、双舷侧，具有底边舱；

（3）双层底、双舷侧，具有顶边舱；

（4）双层底、双舷侧；

（5）双层底、单舷侧，具有顶边舱和底边舱。

5.1.3.2　货舱区的强力甲板和船底骨架均应为纵骨架式。

5.1.3.3　当强力甲板的横向甲板条构成横舱壁的顶板时，其结构应满足第 4 章 4.2.2 的要求。

5.1.4　船体结构强度直接计算

5.1.4.1　强力甲板舱口宽度大于0.8B（B为船宽）时，其货舱区域主要构件应按本章附录1进行直接计算。

第 2 节　船底骨架

5.2.1　一般要求

5.2.1.1　双层底结构除应满足本节要求外，还应符合第 2 章第 6 节的有关规定。

5.2.1.2　如双层底与底边舱相通，则其尺寸还应满足第 2 章第 13 节对深舱构件的要求。

5.2.1.3　应特别注意货舱双层底内底板向舷边舱的良好过渡，内底板应向边舱内连续延伸足够宽度，且与舱壁或者强框架间应设置连接肘板。

5.2.2　船底骨架

5.2.2.1　实肋板间距一般应不大于 2.5m，其厚度应不小于第 2 章 2.6.11.2 的要求。

5.2.2.2　船底桁材间距一般应不大于 3.6m，旁桁材的厚度应不小于第 2 章 2.6.10.2 的要求。

5.2.2.3　水密或油密肋板的厚度应满足第 2 章 2.6.11.2 的要求。

5.2.2.4　内底板的厚度除应满足第 2 章 2.6.13 的要求外，还应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 4.65s\sqrt{\frac{HK}{\gamma}} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长；

s——内底纵骨间距，m；

γ——装载率，m^3/t；

H——在船中部舷侧处，从内底板量至甲板的垂直距离，m；

K——材料系数。

5.2.2.5　内底纵骨剖面模数 W 应不小于按第 2 章 2.6.12.2 要求的船底纵骨剖面模数的 85%，且应不小于按下式计算所得之值：

$$W = \frac{7.9}{\gamma}sHl^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：γ、H、s——同本节 5.2.2.4；

l——内底纵骨跨距，m；

K——材料系数。

5.2.2.6　如在内底纵骨的跨距中点处设有垂直撑柱，且内底纵骨承受均布载荷，则可采用直接计算确定内底纵骨和撑柱的尺寸。

5.2.2.7　对箱形中桁材的设置应满足第 2 章 2.6.3 的要求，但其内底骨材的剖面模数应不小于按本节 5.2.2.5 计算所得之值，其中 s 为骨材间距，l 为骨材跨距。

5.2.2.8　对于货舱装载率小于 0.833 且有指定空舱或间隔空舱的散货船，还应按本章附录 1 进行直接计算，并应提交批准。

第 3 节　舷侧骨架

5.3.1　适用范围

5.3.1.1　本节适用于单壳散货船。

5.3.2　舷侧外板

5.3.2.1　舷侧外板的厚度应按第 2 章的要求确定。货舱区域内底边舱与顶边舱之间的舷侧外板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=0.9\sqrt{LK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

K——材料系数。

5.3.3　主肋骨

5.3.3.1　主肋骨腹板的最小厚度应按下式计算：

$$t=6.0+0.03L \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m。

5.3.3.2　舱内主肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=5.22sh_1l^2K \quad \text{cm}^3$$

式中：s——肋骨间距，m；

K——材料系数；

h_1——肋骨跨距中点和处于满载水线以上（$0.01L+0.8$）的点之间的垂直距离，m，见图 5.3.3.2。

其中：L——船长，m；

l——肋骨跨距 m，为斜板与舷侧板交点之间的距离，当 $l<0.25D$ 时取 $0.25D$，D 为型深。

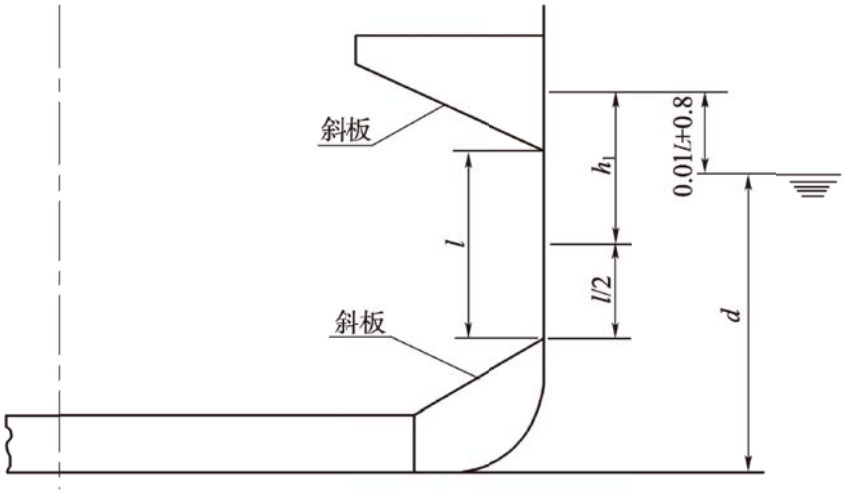


图 5.3.3.2

5.3.3.3　主肋骨腹板的高度和厚度之比应不超过下列值：

$60\sqrt{K}$，对于具有对称面板的主肋骨

$50\sqrt{K}$，对于具有非对称面板的主肋骨

式中：K——材料系数。

5.3.3.4　主肋骨面板突出部分的最大宽度不超过面板厚度的 $10\sqrt{K}$ 倍。

5.3.3.5　肋骨面板在与上、下肘板面板的连接处应是圆弧型（见图 5.3.3.5），其曲率半径不小于下式值：

$$r=\frac{0.4b_f^2}{t_f} \qquad \text{mm}$$

式中：b_f——上或下肘板的面板的宽度，mm；

t_f——上或下肘板的面板的厚度，mm。

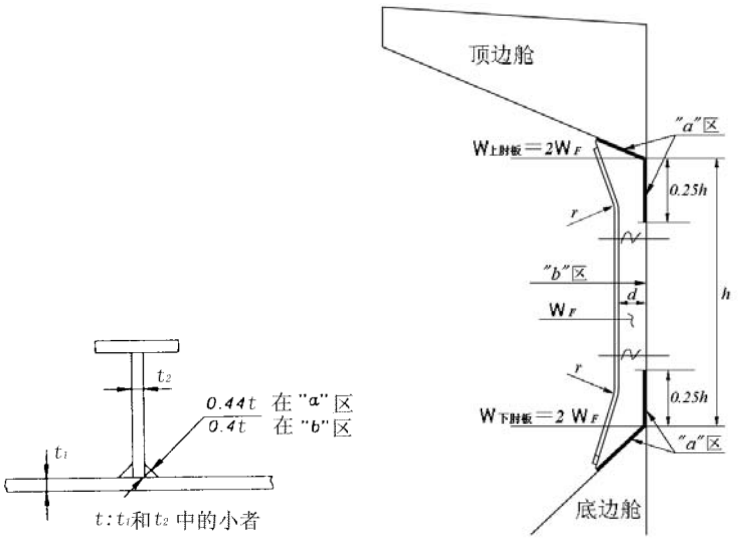


图 5.3.3.5

5.3.4 主肋骨的上肘板和下肘板

5.3.4.1 主肋骨的下肘板的厚度应不小于主肋骨腹板的厚度，且应不小于按本节 5.3.3.1 计算所得之值再增加 2mm。

5.3.4.2 主肋骨的上肘板的厚度应不小于主肋骨腹板的厚度。

5.3.4.3 上和下肘板的外形尺寸应不小于如图 5.3.4.3 所示的尺寸。

5.3.4.4 如图 5.3.3.5 所示位置主肋骨和肘板或整体肘板的剖面模数应不小于本节 5.3.3.2 计算所得之值的 2 倍。

5.3.4.5 在顶边舱和底边舱内应设置如图 5.3.4.5 所示的连接肘板，以确保主肋骨上下两端结构连续性。连接肘板应予以加强，以提高它的稳定性。

5.3.4.6 上、下肘板的端部建议设置第 1 章第 3 节图 1.3.7.6 所示的软趾。

5.3.5 第 1 货舱舷侧结构的加强

5.3.5.1 主肋骨的腹板最小厚度应为本节 5.3.3.1 所要求的腹板最小厚度的 1.15 倍。

5.3.5.2 为了防止船壳板变形，应适当增大紧邻防撞舱壁的主肋骨的尺寸。作为替代，也可将首尖舱内的舷侧纵桁或开孔平台延伸至第 1 货舱的第 1 根肋骨处，该延伸结构在与肋骨连接处应有足够的抗剪切面积。

5.3.5.3 如第 1 货舱的主肋骨为非对称截面时，则应在主肋骨的跨距中点附近设置间隔的防倾肘板，如图 5.3.5.3 所示。

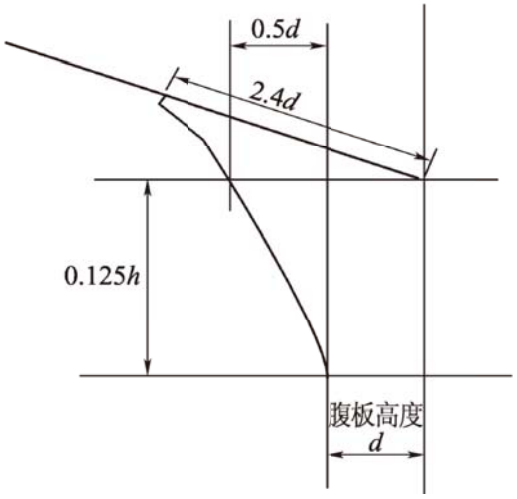


图 5.3.4.3

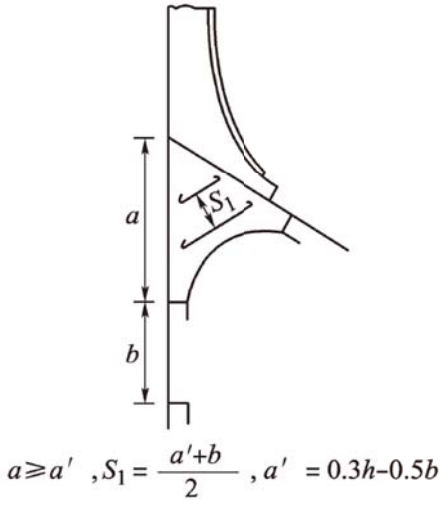


图 5.3.4.5

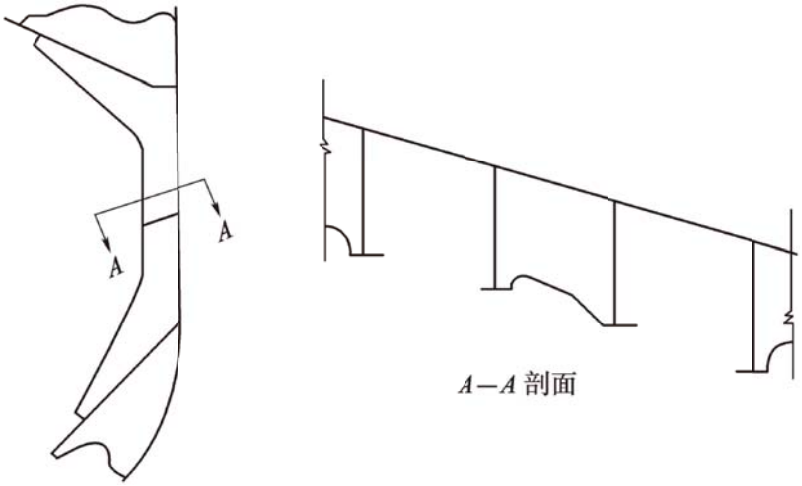


图 5.3.5.3

5.3.6 主肋骨和上、下肘板与舷侧外板和斜板的焊接

5.3.6.1 连接主肋骨和肘板至舷侧外板、顶边舱和底边舱斜板的填角焊缝，以及主肋骨和肘板的腹板与面板连接的填角焊缝应采用双面连续焊，焊喉的尺寸要求如下（见图 5.3.3.5）：

在“a”区域：$0.44t$

在“b”区域：$0.4t$

式中：t 为二个连接板中较薄板的厚度，mm。

5.3.6.2 如船的线型妨碍有效的填角焊时，肋骨和肘板的腹板边缘可以要求削斜，以便达到上述焊喉尺寸并有效焊接。

第 4 节 水密舱壁

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 水密舱壁应满足第 2 章第 12 节的要求。当横舱壁构成压载货舱的周界时，还应满足第 2 章第 13 节对深舱舱壁要求。

5.4.1.2　水密槽形舱壁上、下端如设置凳式结构时，其结构应满足下列要求：

（1）底凳斜边板应设置在实肋板上，其厚度除应不小于第 2 章第 12 节舱壁板厚度外，还应不小于本章 5.5.2.1 对底边舱斜板的要求；

（2）底凳斜边板如设置扶强材时，其剖面模数应不小于本章 5.5.3.1 对底边舱斜板纵骨要求；

（3）底凳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）顶凳高度一般应取为槽形深度 2～3 倍，而矩形顶凳的高度一般应取为槽形深度的 2 倍，上述尺寸在舱口边纵桁处由甲板平面向下量取。顶凳底板的宽度一般应与底凳顶板的宽度相等。非矩形顶凳的顶部宽度不小于槽形深度的 2 倍。

（5）位于液体舱处的凳式结构，还应满足第 2 章第 13 节对深舱构件的要求。

第 5 节　底边舱

5.5.1　一般要求

5.5.1.1　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。

5.5.1.2　应考虑底边舱首尾末端结构的连续性。

5.5.1.3　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。

5.5.1.4　本节的要求适用于纵骨架式底边舱。

5.5.2　斜板

5.5.2.1　斜板下列板厚度应不小于按本章 5.2.2 计算的内底板的厚度。从斜板与内底板交接处往舷侧处可逐渐减小，但不得小于按第 2 章第 6 节对内底板厚度的要求。当底边舱与顶边舱边舱相通或为压载货舱周界时，斜板厚度还应不小于第 2 章第 13 节的深舱要求。

5.5.2.2　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：

$$t=4s\sqrt{hK}+2.5 \qquad \text{mm}$$

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；

K——材料系数。

5.5.3　纵骨

5.5.3.1　斜板纵骨剖面模数 W 应不小于第 2 章第 6 节对内底纵骨的要求，还应不小于按下式计算所得之值：

$$W=\frac{7.9}{\gamma}sHl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：γ——见本章 5.2.2.4；

H——纵骨量至顶边舱斜板下表面的垂直距离， 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，m；

l——纵骨跨距，m；

K——材料系数。

当底边舱与顶边舱相通或为压载货舱周界时，斜板纵骨的剖面模数还应不小于：

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

式中：s、l、K——同上；

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，m，取较大者。

5.5.3.2 底边舱内的舷侧纵骨和舭部纵骨剖面模数 W 应不小于第 2 章第 8 节的要求。

5.5.3.3 底边舱内的船底纵骨剖面模数 W 应不小于第 2 章第 6 节的要求。

5.5.4 横向支持构件

5.5.4.1 在货舱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。

5.5.4.2 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：

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

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：S——肋板或强肋骨间距，m；

l ——肋板或强肋骨跨距，m；

h——在舷侧处，自跨距中点量至上甲板的垂直距离，m；

K——材料系数。

5.5.4.3 斜板强横梁剖面模数 W 和剖面惯性矩 I 应不小于按下列各式计算所得之值：

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

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

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：S——强横梁间距，m；

l——强横梁跨距，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，m，取大者；

γ——见本章 5.2.2.4；

H——自跨距中点量至顶边舱斜板下表面的垂直距离，m；

K——材料系数。

5.5.4.4 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。主要构件腹板高度应不小于纵骨穿过处开孔高度的 2.5 倍，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，其要求与第 2 章第 6 节 2.6.11.2 相同。在主要构件面板与纵骨之间至少应每隔 1 根纵骨设置肘板，其厚度与主要构件腹板厚度相同。

5.5.4.5 当由于线型瘦削而导致难以设置横向强框架时，可采用非水密横隔板代替上述船底肋板、舷侧强肋骨和斜板强横梁组成的强框架，非水密横隔板的厚度和扶强材应满足本节 5.5.6 的要求。

5.5.4.6 当货舱舷侧为横骨架式时，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的长度应不小于货舱主肋骨下端肘板的自由边长度，并应与相邻近的纵骨焊接。肘板上应设置防屈曲的加强筋，，其方向见本章图 5.3.4.5，剖面尺寸与肋板加强筋相同。

5.5.5 水密隔壁

5.5.5.1 水密隔壁板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t=4s\sqrt{hK}+2.5 \qquad \text{mm}$$

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；

K——材料系数。

5.5.5.2 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：

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

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；

K——材料系数。

扶强材两端应用肘板连接。

5.5.6 非水密隔壁和制荡隔壁

5.5.6.1 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 7mm：

$$t=11s \qquad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m。

5.5.6.2 非水密隔壁或制荡隔壁扶强材剖面模数应不小于按本节 5.5.5.2 计算所得的 50%。扶强材两端应用肘板连接。

第 6 节 顶边舱

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 顶边舱于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。

5.6.1.2 应考虑顶边舱首尾末端结构的连续性。

5.6.2 斜板和舱口垂向列板

5.6.2.1 斜板厚度 t 应不小于按下列两式计算所得之值，且不应小于 8mm：

$$t=4s\sqrt{hK}+2.5 \qquad \text{mm}$$

$$t=12s\sqrt{K} \qquad \text{mm}$$

式中：s——纵骨间距，m；

K——材料系数；

$h=h_1\cos\theta+b_1\sin\theta$，或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，m，取较大者；

h_1——自板列下缘量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；

b_1——自板列下缘量至顶边舱任一侧最高点的水平距离，m，取较大者；

$\theta=30°$。

最下列板应比上式计算所得增加 1mm。

5.6.2.2 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。

5.6.3 纵骨

5.6.3.1 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：

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

式中：s——纵骨间距，m；

l——纵骨跨距，m；

K——材料系数；

$h=h_1\cos\theta+b_1\sin\theta$，或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，m，取较大者，且应不小于 1.5m；

h_1——自纵骨量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；

b_1——自纵骨量至顶边舱任一侧最高点的水平距离，m，取较大者；

$\theta=30°$。

5.6.3.2 甲板纵骨和舷侧纵骨的尺寸还应满足第 2 章的有关要求。

5.6.4 横向支持构件

5.6.4.1 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，应不小于按下列各式计算所得之值：

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

$$I=2.5Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：S——强横梁或强肋骨间距，m；

l——强横梁或强肋骨跨距，m；

K——材料系数；

$h=h_1\cos\theta+b_1\sin\theta$，或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，m，取较大者，且应不小于 1.5m；

h_1——自跨距中点量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；

b_1——自跨距中点量至顶边舱任一侧最高点的水平距离，m，取较大者；

$\theta=30°$。

5.6.4.2 强横梁或舷侧强肋骨还应不小于第 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。

5.6.4.3 甲板强横梁、斜板强横梁和舷侧强肋骨之间应以肘板连接。

5.6.4.4 纵骨应连续穿过甲板强横梁、斜板强横梁和舷侧强肋骨，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 根纵骨设置肘板，其厚度与主要构件腹板厚度相同。

5.6.4.5 支持顶边舱内纵骨的横向支持构件的间距，当船长 L 等于或小于 100m 时，一般不大于 3.6m；当船长 L 大于 100m 时，一般应不大于（0.006L+3.0）m。如果按本章附录 1 的要求，通过结构强度直接计算评估，可以接受较大的间距。

5.6.4.6 当由于线型瘦削而导致难以设置横向强框架时，可采用非水密横隔板代替上述甲板强横梁、舷侧强肋骨和斜板强横梁组成的强框架，非水密横隔板的厚度和扶强材应满足本节 5.6.7 的要求。

5.6.4.7 当货舱舷侧为横骨架式时，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边的纵骨，并与之焊接。该肘板应与货舱肋骨上端肘板在同一平面内。

5.6.4.8 当采用圆弧形舷缘时，应在舷缘处于强横梁之间设置伸至邻近甲板纵骨和舷侧纵骨的肘板，并与之焊接。

5.6.4.9 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。

5.6.5 肋骨

5.6.5.1 当舷侧为横骨架式时，肋骨剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：s——肋骨间距，m；

l——肋骨跨距，m；

K——材料系数；

$h=h_1\cos\theta+b_1\sin\theta$，或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，m，取较大者；

h_1——自跨距中点量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；

b_1——自跨距中点量至顶边舱任一侧最高点的水平距离，m，取较大者；

$\theta=30°$。

肋骨还应满足第 2 章 2.13.6.1 的要求。

5.6.5.2　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。其厚度与货舱主肋骨上端肘板相同。

5.6.6　水密隔壁

5.6.6.1　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：

$$t=4s\sqrt{hK}+2.5 \qquad \text{mm}$$

$$t=12s\sqrt{K} \qquad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m；

K——材料系数；

$h=h_1\cos\theta+b_1\sin\theta$，或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，m，取较大者；

h_1——自板列下缘量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；

b_1——自板列下缘量至顶边舱任一侧最高点的水平距离，m，取较大者；

$\theta=30°$。

最下列板的厚度应比上述计算所得之值增加 1mm。

5.6.6.2　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：

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

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m；

K——材料系数；

$h=h_1\cos\theta+b_1\sin\theta$，或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，m，取较大者；

h_1——自跨距中点量至顶边舱的最高点的垂直距离，m；

b_1——自跨距中点量至顶边舱任一侧最高点的水平距离，m，取较大者；

$\theta=30°$。

扶强材两端应用肘板连接。

5.6.7　非水密隔壁和制荡隔壁

5.6.7.1　非水密隔壁或制荡隔壁的厚度 t 应满足本章 5.5.6.1 的要求。

5.6.7.2　非水密隔壁或制荡隔壁扶强材剖面模数应不小于按本节 5.6.6.2 计算所得的 50%。扶强材两端应用肘板连接。

第 7 节　双舷侧结构

5.7.1　一般要求

5.7.1.1　本节适用于双舷侧散货船货舱区域双舷侧内骨架布置方式和尺寸的确定。

5.7.1.2　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。

5.7.2　双舷侧的结构布置

5.7.2.1　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。

5.7.2.2　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。

5.7.2.3　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。

5.7.2.4　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。

5.7.2.5　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。

5.7.3　最小厚度

5.7.3.1　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：

$$t=7.5+0.015L$$，但不必大于 11mm

5.7.3.2　如果双舷侧内为指定空舱，则本节 5.7.3.1 规定的最小厚度可减小 1mm。

5.7.4　内壳板

5.7.4.1　当双舷侧内为指定空舱时，内壳板的厚度 t 除应满足本节 5.7.3 的要求外，尚应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 3.6s\sqrt{hK} \quad \text{mm}$$

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；

K——材料系数。

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；如内壳板厚度比与其连接的桁材腹板厚度小且相差过大时，该连接区域的内壳板一般应予增厚。

当不设顶边舱时，内壳板上列板宽度应不小于舷顶列板的宽度，其厚度应不小于强力甲板边板厚度的 0.85 倍，也不小于相邻舷侧外板的厚度加 1mm。

5.7.4.2　当双舷侧内为压载舱时，内壳板厚度 t 除应满足本节 5.7.3 的要求外，尚应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 3.6s\sqrt{hK} + 2.5 \quad \text{mm}$$

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；

K——材料系数。

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。

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

$$t = 3.6s\sqrt{DK} \quad \text{mm}$$

式中：*s* ——扶强材间距，m；

D——型深，m；

K ——材料系数。

但内壳板的厚度不必大于相同骨材间距的舷顶列板厚度。

5.7.4.4 内壳板的扶强材间距应与舷侧肋骨或舷侧纵骨间距相同。

5.7.4.5 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：

$$W=2.7shl^2K \quad \text{cm}^3$$

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；

K——材料系数。

5.7.4.6 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：

$$W=7.4shl^2K \quad \text{cm}^3$$

$$I=2.1Wl/K \quad \text{cm}^4$$

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；

K——材料系数。

5.7.4.7 水平扶强材采用高强度钢时，离船底和强力甲板 0.1*D* 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。

5.7.4.8 垂向扶强材的两端应设肘板。

5.7.4.9 肘板的尺寸应满足第 1 章 1.3.6 的要求。

5.7.5 横隔板

5.7.5.1 当双舷侧内的水密横隔板构成指定空舱的边界时，其尺寸应满足本节 5.7.4.1 和 5.7.4.5 的要求。

5.7.5.2 当双舷侧内的水密横隔板构成压载舱的边界时，其尺寸应满足本节 5.7.4.2 和 5.7.4.6 的要求。

5.7.5.3 横隔板上舷侧纵骨和内壳水平扶强材之间应设置加强筋。

5.7.5.4 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节 5.7.3 的要求。舷侧纵骨和内壳水平扶强材应穿过该横隔板。

5.7.6 深舱平台

5.7.6.1　深舱平台应满足第 2 章第 13 节的相关要求。

5.7.6.2　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：

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

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；

K——材料系数。

剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：W、l、K——同上。

附录 1　散货船结构强度直接计算

1　一般规定

1.1　一般要求

1.1.1　本附录适用于本章要求的散货船结构强度直接计算。

1.1.2　对于本附录无规定者，均应满足第 1 章第 5 节的有关要求。

2　设计载荷

2.1　一般要求

2.1.1　除本附录另有规定外，设计载荷见第 1 章第 5 节。

2.1.2　一般应考虑总体载荷与局部载荷，包括垂向弯矩、舷外水压力、货物载荷与液舱液体压力等。

2.1.3　总体载荷工况下的静水弯矩取设计方提供的许用静水弯矩 $\overline{M}_s$；波浪弯矩 M_w 应按第 2 章 2.2.3 计算。

2.1.4　港内工况时不计入波浪载荷（压力和弯矩）的影响；港内工况的许用静水弯矩 $\overline{M}_{sp}$ 由设计方确定，但应能包络住装载手册中给出的港口装卸工况下的设计静水弯矩，且装卸货顺序应在装载手册中说明。

2.2　干散货压力

2.2.1　干散货引起的压力应按本附录 2.2.2 和 2.2.3 计算。

2.2.2　干散货上表面应按下述要求确定：

（1）对棱柱形货舱，当干散货装载至舱口围板顶部时，货物上表面应按货舱范围内相同货物体积等效确定。等效货物水平表面在内底以上 h_C 处，如图 2.2.2（1）所示，应按下式计算：

$$h_C = h_{HPU} + h_0 \qquad \text{m}$$

式中：h_{HPU}——从内底至顶边舱与舷侧外板或内壳板下交点的垂直距离，m，见图 2.2.2（1）；

h_0——从顶边舱与舷侧外板或内壳下交点至等效货物水平面的垂直距离，$h_0 = \dfrac{S_A}{B_H}$，m；

$$S_A = S_0 + \frac{V_{HC}}{l_H}$$

S_0——从顶边舱与舷侧外板或内壳板下交点至上甲板水平面的阴影面积，m^2，见图 2.2.2（1）；

V_{HC}——由甲板至围板顶部范围内舱口围板所包围的容积，m^3；

l_H——货舱长度，m；

B_H——货舱的平均宽度，m。

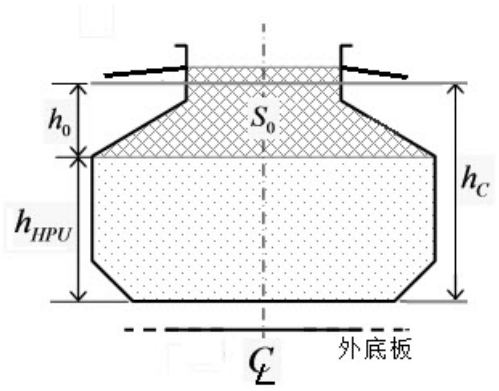


图 2.2.2（1） h_C、h_0、h_{HPU} 和 S_0 的定义

（2）对棱柱形货舱，当干散货未装载至上甲板时，假定干散货上表面沿船体横向为抛物面，沿货舱长度方向的各横剖面形状相同，如图 2.2.2（2）所示。货物上表面形状的各参数根据货舱内的货物体积（取 M/ρ_C）确定，应按下列各式计算：

$$h_C = h_y + h_2 + h_{HPL} \quad \text{m} \quad \text{当} h_2 \geqslant 0 \text{时}$$

$$h_C = h_y + h_{22} \quad \text{m} \quad \text{当} |y| \leqslant \frac{B_2}{2} \text{且} h_2 < 0 \text{时}$$

$$h_C = 0 \quad \text{m} \quad \text{当} |y| > \frac{B_2}{2} \text{且} h_2 < 0 \text{时}$$

式中：h_2——距离，m，见图 2.2.2（2），应按下式计算：

$$h_2 = \frac{M}{\rho_C B_H l_H} - \frac{B_H + B_{IB}}{2B_H} h_{HPL} - \frac{B_H}{6}\tan\delta + \frac{V_{TS}}{B_H \cdot l_H}$$

h_y——距离，m，见图 2.2.2（2），应按下列各式计算：

$$h_y = h_1\left(1 - \frac{4y^2}{B_H^2}\right) \quad \text{当} h_2 \geqslant 0 \text{时}$$

$$h_y = h_1\left(1 - \frac{4y^2}{B_2^2}\right) \quad \text{当} h_2 < 0 \text{时}$$

B_2——当 $h_2 < 0$ 时的货物表面宽度，m，见图 2.2.2（2），应按下式计算：

$$B_2 = \sqrt{\frac{\frac{6}{l_H}\left(\frac{M}{\rho_C} + V_{TS}\right) + \frac{3B_{IB}^2}{B_H - B_{IB}} h_{HPL}}{\tan\delta + \frac{3h_{HPL}}{B_H - B_{IB}}}}$$

h_{22}——当 $h_2 < 0$ 时的距离，m，见图 2.2.2（2），应按下式计算：

$$h_{22} = h_{HPL}(\frac{B_2 - B_{IB}}{B_H - B_{IB}})$$

h_{HPL} ——从内底至底边舱与舷侧外板或内壳上交点的垂直距离，m，见图 2.2.2（2）。如无底边舱，h_{HPL} 取 0。

h_1——距离，m，见图 2.2.2（2），应按下列各式计算：

$$h_1 = \frac{B_H}{4}\tan\delta \qquad 当 h_2 \geqslant 0 时$$

$$h_1 = \frac{B_2}{4}\tan\delta \qquad 当 h_2 < 0 时$$

M ——货舱干散货质量，t；

V_{TS} ——在货舱长度 l_H 范围内，横舱壁底凳的总体积，m^3。该体积不包括底边舱穿过横舱壁的部分；

B_H、l_H ——见本条（1）；

B_{IB} ——内底平均宽度，m，见图 2.2.2（2）；

ρ_C——干散货密度，t/m^3；

δ——货物的休止角，按下列情况确定：

$\delta = 35^o$，当货物为矿石和煤时

$=30^o$，当货物为盐、黄砂、石子、谷物时

$=25^o$，当货物为散装水泥时

y——计算点距中纵剖面的横向距离，m。

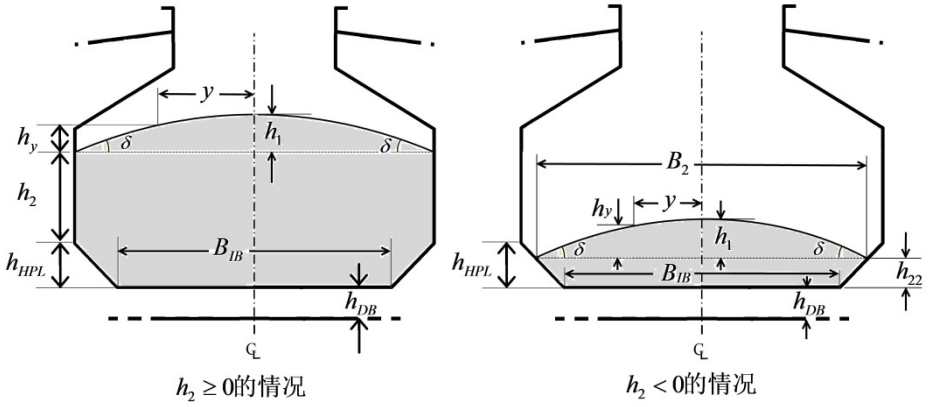


图 2.2.2（2） h_y、h_1、h_2、h_{22}和 h_{HPL} 的定义

（3）对非棱柱形货舱，干散货上表面可取在上甲板水平面处，密度取 M / V_H，其中 V_H 为货舱容积，不包括舱口围板包围的部分。

2.2.3　干散货引起的总压力 p_C 按下式计算，取不小于零：

$$p_C = \rho_C K_C (g + 0.5a_v)(h_C + h_{DB} - z) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：ρ_C——干散货密度，t/m^3；

a_v——所考虑货舱形心处的垂向加速度，m/s^2，见第 1 章 1.5.2.2（8）；

h_C——计算点至干散货上表面的垂直距离，m，按本附录 2.2.2 确定；

h_{DB}——双层底高度，m；

z——计算点距基线的垂向距离，m。

K_C——系数，应按下列各式计算：

$K_C = \cos^2\alpha + \tan^2(45^\circ - 0.5\delta)\sin^2\alpha$，对于内底、底边舱、横舱壁和纵舱壁、底凳、垂直顶凳、内壳和舷侧板；

$K_C = 0$，对于顶边舱，上甲板和倾斜顶凳；

α——所考虑板与水平面之间的夹角，deg；

δ——货物的休止角，deg，见本附录 2.2.2（2）。

3　模型范围

3.1　一般要求

3.1.1　模型范围应满足下述要求：

（1）纵向范围一般应至少覆盖船中货舱区的 1/2 个货舱+1 个货舱+1/2 个货舱长度，见图 3.1.1。对货舱区仅设一个或两个货舱的船舶，模型纵向范围可取 1 个货舱向首尾各延伸 1/2 个货舱的范围；

（2）如主要构件和设计载荷对称于纵中剖面时，可以仅模型化船体结构的右舷（或左舷）；

（3）垂向范围应取主船体范围内的所有构件，包括主甲板上的所有主要构件。

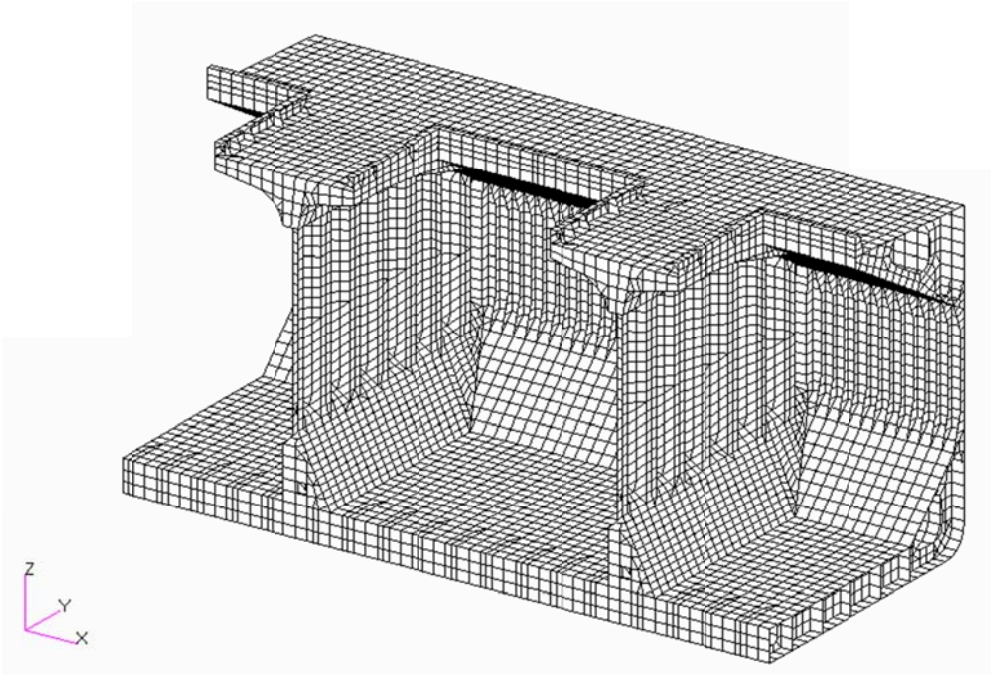


图 3.1.1　有限元模型

4　计算工况

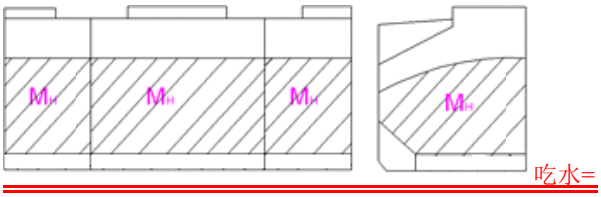
4.1　一般要求

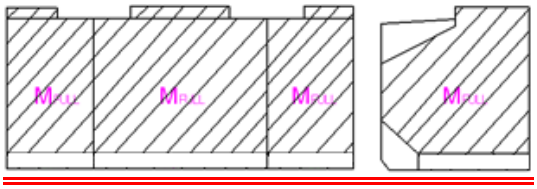
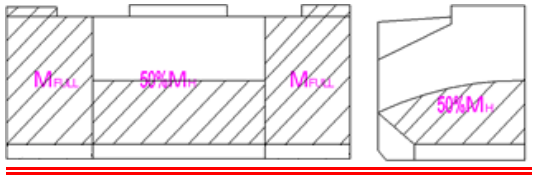
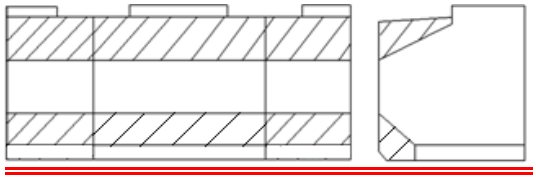
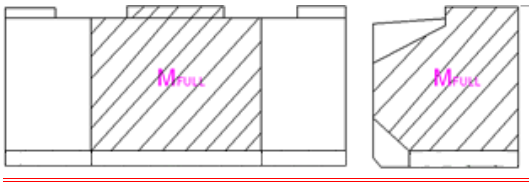
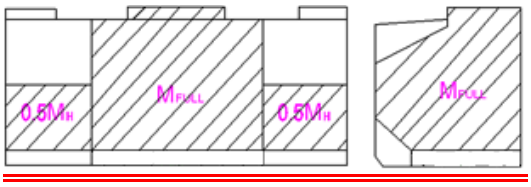
4.1.1　通常，所考虑的装载工况应包括船舶设计中最为严重的装载工况。应根据本附录表 4.2.1 选取相应的计算工况进行校核。如装载手册中存在本附录表 4.2.1 中计算工况以外的更为严重的装载工况，如隔舱满载工况、多港装卸工况，也应对此装载工况进行结构强度直接计算。

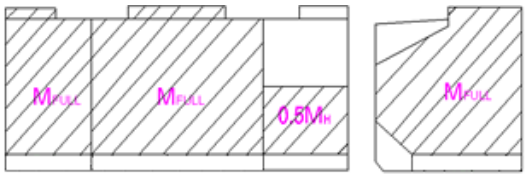
4.2　计算工况

4.2.1　舱段有限元分析应按照表 4.2.1 的适用工况进行。

计算工况　　表 4.2.1

工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
1	满载-1		$\overline{M}_s$	M_W

工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
		d		
2	满载-2	 吃水= d	$\overline{M}_s$	M_w
3	非均匀满载	 吃水= d	1.1 M_a，但不必大于 $\overline{M}_s$，如无此工况，则取 $\overline{M}_s$	M_w
4	正常压载	 吃水=最深压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w
5	港内-1	 吃水=0.67d	$\overline{Msp}$	=
6	港内-2	 吃水=0.67d	$\overline{Msp}$	=

工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
7	港内-3	 吃水=0.67d	$\overline{Msp}$	=

注：M_a——对应工况的实际静水弯矩，kNm；

M_H——最大吃水时，均匀装载工况下的货舱实际载货量，t；

M_{FULL}——以虚拟密度装至舱口围顶部时的载货量，t，即；

$$M_{FULL} = V_{FULL} \times \max(M_H / V_{FULL}, 0.86)$$

V_H——货舱容积，m^3，不包括舱口围板所包围的容积；

V_{FULL}——货舱容积，m^3，包括舱口围板包围的容积；

ρ_w——海水密度，取 1.025t/m^3。

5 边界条件

5.1 纵中剖面对称边界条件

5.1.1 如果采用半宽模型，纵中剖面内节点的横向线位移、绕纵中剖面内两个坐标轴的角位移约束，即：$\delta_y = \theta_x = \theta_z = 0$。

5.1.2 如果采用全宽模型，中部货舱前后舱壁处纵中剖面与船底板的交点 G 的横向线位移约束，即：$\delta_y = 0$。

5.2 局部载荷工况边界条件（见表 5.2）

5.2.1 端面 A 与 B 施加对称面边界条件，端面内节点的纵向线位移、绕端面内两个坐标轴的角位移约束，即：$\delta_x = \theta_y = \theta_z = 0$。

5.2.2 舷侧外板、内壳板与中部货舱前后舱壁交线上应设置垂向弹簧单元，弹簧单元弹性系数均匀分布，弹性系数按下式计算：

$$K = \frac{5GA}{6l_H n} \qquad \text{N/mm}$$

式中：G——材料的剪切弹性模量；对于钢材，G=0.792×10^5 N/mm^2；

A——前后舱壁处舷侧外板、内壳板的剪切面积，mm^2；

l_H——中部货舱长度，mm；

n——舷侧外板、内壳板上垂向交线节点数量。

局部载荷边界条件 **表 5.2**

位　置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z

纵中剖面（半宽模型）	—	固定	—	固定	—	固定
节点 G（全宽模型）	—	固定	—	—	—	—
端面 A、B	固定	—	—	—	固定	固定
交线 C	—	—	弹簧	—	—	—

5.3　总体载荷工况边界条件（见表 5.3）

5.3.1　在端面 A 与 B 内中和轴与纵中剖面相交处建一个独立点 H，在独立点上施加总纵弯矩，端面各纵向构件节点自由度 δ_x、δ_y、δ_z 与独立点相关。

5.3.2　端面 A 与 B 内独立点 H 的横向线位移、垂向线位移、绕纵向轴的角位移约束，即：　$\delta_y=\delta_z=\theta_x=0$；端面 A 内独立点 H 纵向线位移约束，即 $\delta_x=0$ 。

总体载荷边界条件　　**表 5.3**

位　置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
纵中剖面（半宽模型）	—	固定	—	固定	—	固定
节点 G（全宽模型）	—	固定	—	—	—	—
端面 A、B	相关	相关	相关	—	—	—
独立点 H（端面 A）	固定	固定	固定	固定	弯矩	—
独立点 H（端面 B）	—	固定	固定	固定	弯矩	—

5.4　模型边界条件见图 5.4。

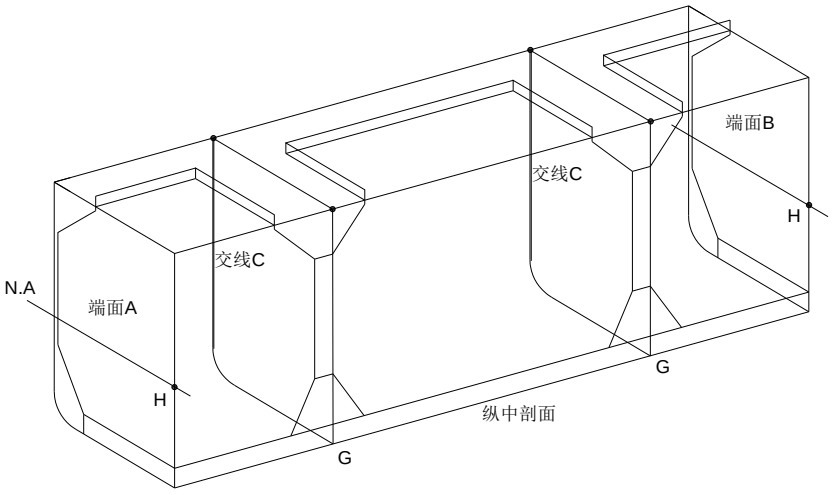


图 5.4 边界条件

6　屈服强度评估

6.1　许用应力

6.1.1　应对舱段模型纵向范围内中部货舱（含舱壁）内的所有主要构件进行强度评估，评估应力为将局部载荷工况应力与总体载荷工况应力按照第 1 章 1.5.1.8（2）进行合成后的应力。

6.1.2　各主要构件的许用应力见表 6.1.2。

许用应力　　表 6.1.2

结构分类	许用应力（N/mm^2）	
	$[\sigma_e]$	$[\tau]$
甲板	220/K	—
船底外板、内底板	220/K	—
舷侧外板、内壳板、双壳内平台	220/K	115/K
底边舱斜板、顶边舱斜板	220/K	115/K
船底纵桁	235/K	115/K
双层底肋板	175/K	95/K
横舱壁	175/K	95/K
底凳、顶凳侧板	195/K	95/K
横向强框架	195/K	95/K
舱口间甲板	175/K	—
其它	195/K	—

注 1：K ——材料系数。

7　屈曲强度评估

7.1　屈曲安全因子

7.1.1　构件的标准减薄厚度见表 7.1.1。

标准减薄厚度　　表 7.1.1

位　置		标准减薄厚度（mm）
露天甲板下 1.5m 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

7.1.2　板格屈曲安全因子 λ 应不小于表 7.1.2 中的最小屈曲安全因子。

最小屈曲安全因子　　表 7.1.2

结　构	最小屈曲安全因子
甲板、舱口间甲板	0.8
船底外板、内底板	0.8
舷侧外板、内壳板	0.8
底边舱斜板、顶边舱斜板	0.8
双层底纵桁、双壳内平台	1.0
双层底肋板、横向强框架	1.0
横舱壁、底凳、顶凳	0.8

第 6 章　商品汽车滚装船结构补充规定

第 1 节　一般规定

6.1.1　适用范围

6.1.1.1　本章适用于专门设计和制造用于载运新乘用车和新商用车的滚装货船，且车辆单轴负荷不超过 2t。对于运输车辆单轴负荷超过 2t 的商品汽车滚装船，其车辆甲板结构的技术要求应另行考虑。

6.1.1.2　本章中无明确规定者应符合第 1 章和第 2 章的有关规定。

6.1.2　定义

6.1.2.1　强力甲板：系指舷侧结构（骨架形式和主要构件腹板高度）延伸到的上层连续甲板。

6.1.2.2　计算型深 D_F（m）：在船长中点处，自平板龙骨上缘量至舷侧干舷甲板横梁上缘之间的垂直距离。

6.1.3　装载与系固

6.1.3.1　商品汽车滚装船除应按第 2 章 2.2.8 的要求配备《装载手册》外，还应配备《车辆系固手册》。车辆系固及系固装置应符合本章附录 2 规定。

6.1.3.2　车辆甲板的计算轮印负荷及单轴负荷应取可能装载车辆的最大值，并应在《装载手册》中注明。

6.1.4　结构布置及结构细节

6.1.4.1　船体的基本结构形式应为具有多层甲板和双层底的结构。

6.1.4.2　65m 及以上的船舶强力甲板和船底应为纵骨架式。

6.1.4.3　从强力甲板至最低一层车辆甲板间，应设置局部横舱壁或强肋骨和强横梁组成的横向强框架。横向强框架应设置在船底实肋板平面内，间距应不超过 4 个肋距或 3.6m（取小者）。

6.1.4.4　强力甲板与干舷甲板之间舷侧外板上的开孔沿船长方向最大尺度的总和，应小于等于船长的 0.4 倍且开口边缘之间沿船长方向的距离应不小于 1 个肋距；沿型深方向最大尺度的平均值应不大于强力甲板与干舷甲板间舷侧外板高度的 0.6 倍。

6.1.4.5　强力甲板与干舷甲板之间舷侧外板上最多允许开设两个舷门开口，其沿船长方向的开口尺寸应符合本节 6.1.4.4 的规定，沿型深方向的开口尺寸不大于强力甲板与干舷甲板间舷侧外板高度的 0.8 倍。舷门开口除应满足第 2 章 2.4.7 的相关要求外，尚应满足以下要求：

（1）舷门的开口角隅应为圆角，并应与上层建筑或长甲板室的端点避开。

（2）舷门开口应用桁材及复板补强。舷门开口两侧应设竖桁材，开口的上端应设短桁材。开口上下两端应采用等于舷侧外板厚度1.5倍的加厚板或厚度相等的复板加强，加厚板或复板应向舷门边线两侧各延伸两个肋距，并应将圆角包住，如图6.1.4.5所示。

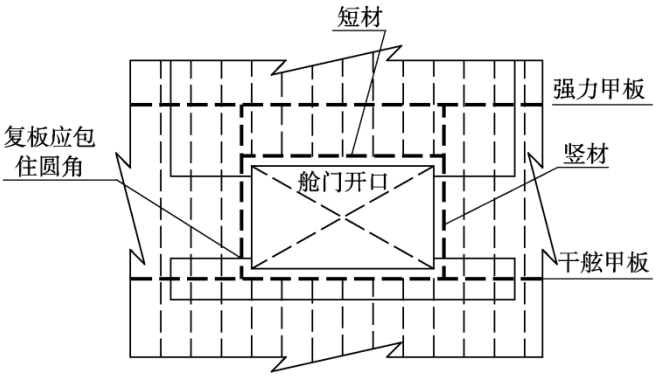


图 6.1.4.5

6.1.4.6　主要构件的腹板高度一般应不小于次要构件穿过处切口高度的 2.5 倍。当超过此限值时，应设置补板。但在任何情况下，主要构件的腹板高度应不小于次要构件穿过处切口高度的 2 倍。

6.1.4.7　除 6.1.4.6 规定外，主要构件腹板上还应在下述位置的切口处设置补板：

（1）支柱的上下端处；

（2）预计承受集中载荷处；

（3）靠近端部肘板趾端处。

6.1.4.8　舱壁甲板以上车辆舱的强横梁与强肋骨可采用连续性圆角连接或无肘板交叉连接，见图 6.1.4.8。圆角连接的圆角半径 R 应不小于强横梁和强肋骨腹板高度的较大者。无肘板交叉连接接头（强横梁与强肋骨之间）的腹板厚度 t_3 应不小于按下列两式计算所得之值的较大者，且应不小于强横梁和强肋骨腹板厚度的较大者。

$$t_3 = \frac{1}{K}\left(\frac{\sigma_1 A_1}{dw_2} - \frac{t_2\tau_2}{100}\right) \quad \text{mm}$$

$$t_3 = \frac{1}{K}\left(\frac{\sigma_2 A_2}{dw_1} - \frac{t_1\tau_1}{100}\right) \quad \text{mm}$$

式中：A_1、A_2——分别为强肋骨和强横梁的面板的剖面积，cm^2；

dw_1、dw_2——分别为强肋骨和强横梁的腹板高度，mm；

t_1、t_2——分别为邻近交叉连接接头处强肋骨和强横梁的腹板厚度，mm；

σ_1、σ_2——分别为邻近交叉连接接头处强肋骨和强横梁的弯曲应力，N/mm^2，不大于 $124N/mm^2$；

τ_1、τ_2——分别为邻近交叉连接接头处强肋骨和强横梁的剪应力，N/mm^2，不大于 $74N/mm^2$；

K——材料系数。

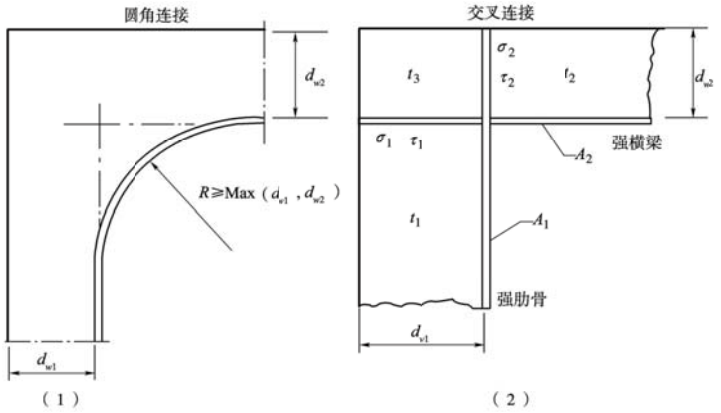


图 6.1.4.8

对于无肘板交叉连接的强肋骨或强横梁的面板应保持连续至甲板板和舷侧外板，并与甲板板和舷侧外板连接。

6.1.5 船体结构强度直接计算

6.1.5.1 载车区域的船体局部强度应按本章附录 1 的要求由直接计算验证。

6.1.6 图纸资料

6.1.6.1 除第 2 章第 1 节所规定的图纸资料外，还应将下列图纸资料提交批准：

（1）跳板结构图；

（2）舷门结构图；

（3）甲板间固定车辆斜坡道的结构图。

6.1.6.2 下列图纸资料应提交备查：

（1）载运车辆的轮印布置及载荷、轴负荷等与设计载荷有关的数据资料；

（2）车辆装载布置图；

（3）载车区域结构强度直接计算书；

（4）跳板结构强度计算书（如适用时）；

第 2 节 总纵强度

6.2.1 一般规定

6.2.1.1 除本节规定者外，船体梁的总纵强度应满足第 2 章第 2 节的相关要求。

6.2.2 船体梁剖面特性

6.2.2.1 在船体梁剖面模数计算中，除应满足第 2 章 2.2.4 的要求外，还应按图 6.2.2.1 确定开口、非连续甲板、纵舱壁和舷侧外板的非有效面积，标示非有效面积的阴影区是通过画两条与船纵轴成 15°的斜线获得。

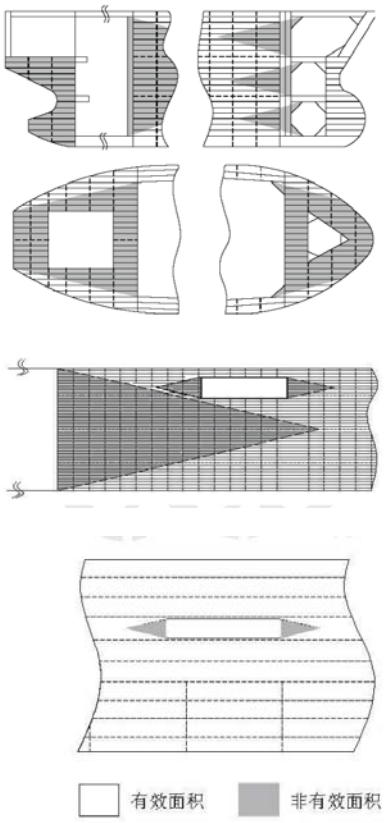


图 6.2.2.1

6.2.3 船体梁屈曲强度

6.2.3.1 船长大于等于 90m 的商品汽车滚装船应按第 2 章 2.2.7 要求校核屈曲强度。

6.2.3.2 在屈曲强度校核中，标准减薄厚度应符合表 6.2.3.2 的要求。

标准减薄厚度 **表 6.2.3.2**

结　构	标准减薄厚度 （mm）
（1）干舷甲板以下的板格及纵向构件 （2）液舱边界 （3）液舱内的构件	按第 2 章 2.2.7.4
（1）干舷甲板以上的舷侧外板 （2）开敞载车区域的甲板	0.5
（1）封闭载车区域的甲板	0

6.2.3.3 对中和轴以上的构件，应取许用静水弯矩 $\overline{M}_s$ 和波浪弯矩的中垂弯矩值。对中和轴以下的构件，应取中拱弯矩值。

6.2.3.4 如在所有装载情况下均为中拱的静水弯矩，则按第 2 章 2.2.5.5 计算工作应力时，设计合成中垂弯矩 $\left|\overline{M}_s+M_W\right|$ 应为规范要求的中垂波浪弯矩 M_W（-）扣除最小的中拱静水弯矩，但应不小于 0.9 M_W（-）。

第 3 节　舷侧结构

6.3.1　一般要求

6.3.1.1　除本节另有规定外，舷侧及舷侧构件的布置应满足第 1 章和第 2 章的相关要求。

6.3.1.2　本节规定的舷侧外板系指从舭列板至强力甲板处的外板。

6.3.2　舷侧外板

6.3.2.1　船中 0.4*L* 区域内，与强力甲板连接的最高一列舷侧外板的宽度应满足第 2 章 2.4.5.1 的要求。

6.3.2.2　干舷甲板以下舷侧外板的厚度 *t* 应满足第 2 章 2.4.4 的要求。

6.3.2.3　干舷甲板以上至强力甲板之间的舷侧外板厚度 *t* 在首垂线向后 0.1L 范围内，应符合第 2 章 2.17.4.2 对首楼舷侧外板的规定，其余区域应符合第 2 章 2.17.4.2 对尾楼舷侧外板的规定，且应满足第 2 章第 2 节及本章第 2 节关于总纵强度的相关要求。

6.3.2.4　干舷甲板以上至强力甲板之间的舷侧外板厚度 *t* 尚应不小于干舷甲板以下舷侧外板最大厚度值的 0.85 倍。

6.3.2.5　强力甲板以上上层建筑的舷侧外板厚度 *t* 应满足第 2 章 2.17.3.1 的要求。

6.3.3　舷侧骨架

6.3.3.1　除另有规定外，舷侧骨架应满足第 2 章第 8 节的有关要求。

6.3.3.2　强力甲板以下载车区域的舷侧结构一般应为纵骨架式，强力甲板以上上层建筑载车区域的舷侧结构一般应为横骨架式。

6.3.3.3　干舷甲板以下载车区域舷侧强肋骨的剖面模数 *W* 应不小于下式计算所得之值：

$$W = 6.5shl^2K \qquad \text{cm}^3$$

式中：*s* ——强肋骨间距，m；

h ——从强肋骨跨距中点至干舷甲板边线的垂直距离（取最大者），m；

l ——强肋骨跨距，m；

K——材料系数。

干舷甲板以下载车区域舷侧强肋骨的剖面模数 *W* 尚应不小于第 2 章 2.13.7.2 计算所得之值。

6.3.3.4　干舷甲板以上第 1 层上层建筑载车区域舷侧肋骨的剖面模数 *W* 应不小于下列公式计算所得之值：

（1）自首垂线向后 0.1*L* 区域内：

$$W=(0.63+\frac{3.6d}{D_F})sdlK\sqrt{D_F} \qquad \text{cm}^3$$

$$W=0.8SlLK \qquad \text{cm}^3$$

式中：*d*——吃水，m；

D_F ——计算型深，m；

s——构件间距，m；

l ——肋骨跨距，即在舷侧量得的甲板间高，计算时取值应不小于 2.3m；

L——船长，m；

K——材料系数。

（2）其余区域：

$$W=(0.56+\frac{3.2d}{D_F})sdlK\sqrt{D_F} \quad \text{cm}^3$$

$$W=0.49slLK \quad \text{cm}^3$$

式中：d、D_F、s、l、L、K——见本条（1）；

6.3.3.5 干舷甲板以上第 2 层及以上各层上层建筑载车区域舷侧肋骨的剖面模数 W 除应不小于第 2 章 2.17.3.2 要求外，尚应不小于下式计算所得之值：

$$W=0.4slLK \quad \text{cm}^3$$

式中：d、D_F、s、l、L、K——见本节 6.3.3.4；

6.3.3.6 载车区域强肋骨的强度尚应按本章附录 1 的要求由直接计算验证。

6.3.4 内舷壁

6.3.4.1 强力甲板以下内舷壁的构件尺寸除应符合第 2 章第 11 节和第 12 节的有关规定外，还应符合第 2 章第 2 节及本章对总纵强度的相关要求。

6.3.5 船首舷侧结构砰击加强

6.3.5.1 船首舷侧结构应符合第 4 章第 7 节的要求。

第 4 节 甲板结构

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 除本节另有规定外，甲板及甲板构件的布置应满足第 1 章和第 2 章的相关要求。

6.4.1.2 强力甲板以上第一层上层建筑的开孔如符合本章 6.1.4.4 的规定，则载车区域的甲板构件应满足强力甲板构件的要求。

6.4.1.3 内底板如载车，尚应按照本节载车区域甲板的要求校核强度。

6.4.2 甲板板

6.4.2.1 载车区域甲板厚度 t 应不小于下式计算所得之值，且不小于 5.5mm：

$$t=C\sqrt{PK}+1.5 \quad \text{mm}$$

式中：P——轮印上的荷重，t；

K——材料系数；

C——系数，应按下式计算：

$$C=4.668-8.4\frac{v}{s}+4.2(\frac{v}{s})^2-0.38\frac{u}{v}+\frac{l}{s}$$，其中$\frac{l}{s}$取$\succ 2.5$；

s——纵骨或横梁间距，m；

l——纵骨或横梁跨距，m；

u、v——分别为轮印的长度和宽度，m，如图 6.4.2.1 所示；

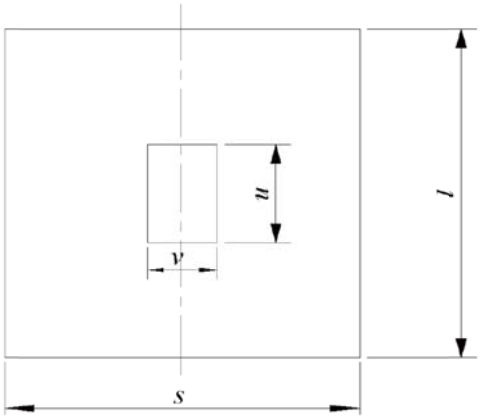


图 6. 4. 2. 1

6.4.2.2　对于封闭载车区域的甲板，其厚度 t 可按本节 6.4.2.1 的要求减 1.5mm，且不小于 5.5mm。

6.4.2.3　强力甲板的厚度 t 除满足本节 6.4.2.1 和 6.4.2.2 的要求，尚应不小于下式计算所得之值，且不小于 6mm：

$$t = 9s\sqrt{K} \qquad \text{mm}$$

式中：s ——甲板纵骨或横梁间距，m，计算时取值应不小于 s_b；

K ——材料系数。

6.4.2.4　强力甲板边板应满足以下要求：

（1）船中 0.4L 区域内，强力甲板边板宽度应不小于下式计算所得之值，但也不必大于 1800㎜：

$$b = 800 + 5L \qquad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

（2）强力甲板边板在端部的宽度，应不小于船中部宽度的 65%；

（3）强力甲板边板厚度 t 应不小于强力甲板厚度。

6.4.2.5　干舷甲板及平台甲板非载车区域的甲板厚度 t 应不小于下式计算所得之值，且不小于 6mm：

$$t = 9s\sqrt{K} \qquad \text{mm}$$

式中：s ——甲板纵骨或横梁间距，m，计算时取值应不小于 s_b；

K ——材料系数。

6.4.2.6　上层建筑甲板非载车区域的甲板板厚 t 应不小于下式计算所得之值，且不小于 4.5mm：

$$t = \left(0.018L + 4.5\right)\sqrt{\frac{sK}{s_b}} - t_c \qquad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；计算时取值不必大于 100m；

s——甲板纵骨或横梁间距，m，计算时取值应不小于 s_b；

s_b——甲板纵骨或横梁的标准间距，m；

t_c——对于内部干燥处所的甲板，t_c＝1；其他情况 t_c＝0；

6.4.3 甲板强横梁和纵桁

6.4.3.1 载车区域强横梁和甲板纵桁的剖面模数 W 应不小于下式计算所得之值：

$$W=(q_c+0.1)sl^2fK \qquad \text{cm}^3$$

式中：f ——系数，强力甲板 f 取 4.71；非强力甲板 f 取 4.17；

q_c ——车辆均布载荷，t/m^2；$q_c=\dfrac{Q}{A}$；

其中：Q——计算甲板层载车总重，t；

A——计算甲板层载车面积，m^2；

l——构件跨距，应取支柱之间的距离，m；

s——构件间距，应取支柱之间的距离，m；

K——材料系数。

6.4.3.2 载车区域强横梁和甲板纵桁的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I=2.75Wl/K \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——本节6.4.3.1计算所得剖面模数，cm^3；

l、K——同本节6.4.3.1。

6.4.3.3 载车区域强横梁和甲板纵桁的强度尚应按本章附录 1 的要求由直接计算验证。

6.4.3.4 非载车区域的甲板强构件应满足第 2 章第 9 节及第 17 节的相关要求。

6.4.4 甲板横梁和纵骨

6.4.4.1 载车区域甲板纵骨的剖面模数 W 应不小于下式计算所得之值，且不小于 25s：

$$W=(6.25P_cl+0.83sl^2)fK \qquad \text{cm}^3$$

式中：f ——系数，对强力甲板 f 取 1.45，非强力甲板 f 取 1；

P_c——最大单轴负荷，t；

l——纵骨跨距，m；

s——纵骨间距，m；

K——材料系数；

6.4.4.2 强力甲板纵骨的惯性矩 I 应不小于下式计算所得之值：

$$I=1.43Al^2K \qquad \text{cm}^4$$

式中：A——连同带板的骨材剖面积。

l——横梁或纵骨的跨距，m；

K——材料系数。

6.4.4.3 载车区域甲板横梁的剖面模数 W 应不小于下式计算所得之值，且不小于 25s：

$$W=(12.5P_c\frac{l-l_0^2}{l}+0.83sl^2)fK \qquad \text{cm}^3$$

式中：l——横梁跨距，m；

s——横梁间距，m；

l_0——车轮间距，m；

P_c、f、K——同本节 6.4.4.1

6.4.4.4　非载车区域的甲板纵骨和横梁应满足第 2 章第 9 节及第 17 节的相关要求。

6.4.4.5　甲板纵骨和横梁腹板高度均应不小于 60mm。

6.4.5　车辆坡道

6.4.5.1　甲板间固定斜坡道的极限角度应不大于船舶在最大不利纵倾情况下所装载各种车辆的最大爬升角。

6.4.5.2　甲板间固定斜坡道的结构强度应与车辆甲板的结构强度相当，其支撑构件应有足够强度。固定斜坡道下端与甲板相接处的甲板结构应予适当加强。

第 5 节　支柱及半舱壁

6.5.1　支柱

6.5.1.1　本节要求适用于车辆舱内的支柱。本节无明确规定者，应符合第 2 章第 10 节的有关要求。

6.5.1.2　封闭车辆舱内的支柱不应选用管形支柱或空心矩形剖面的支柱。

6.5.1.3　支柱所受的载荷 P 应按下式计算：

$$P = p_d ab + P_0 \qquad \text{kN}$$

式中：a——支柱所支持的甲板面积的平均长度，m；

b——支柱所支持的甲板面积的平均宽度，m；

P_0——上方支柱所传递的载荷，kN；

P_d——设计均布载荷，kN/m^2；对于强力甲板，P_d 应不小于 3.2 kN/m^2。

6.5.2　半舱壁

6.5.2.1　除另有规定外，半舱壁应满足第 2 章第 11 节的相关要求。

6.5.2.2　半舱壁板的最小厚度应为 6mm；船长小于 90m 时，最小厚度为 5mm。

6.5.2.3　扶强材腹板的最小高度应为 100㎜；船长小于 90m 时，最小高度应为 75㎜。

第 6 节　舷门

6.6.1　舷门的一般要求

6.6.1.1　本节要求适用于防撞舱壁后、干舷甲板以上的舷门的布置、强度和紧固。

6.6.1.2　舷门的设置应确保其密闭性和结构完整性，并与其所处的位置及周围的结构相当。

6.6.1.3　门一般应向外开启。

6.6.1.4　定义：

（1）紧固装置：指用于防止门绕绞链转动或绕附连于船上的附件旋转，使门保持关闭状态的一种装置；

（2）支持装置：指将门承受的外载荷或内载荷传递给紧固装置，再从紧固装置传递给船体结构的一种装置，或将门承受的载荷传递给船体结构除紧固装置以外的一种装置，如绞链、制动器或其他固定装置；

（3）锁紧装置：指将紧固装置锁紧在关闭位置的一种装置。

6.6.2　舷门的构件尺寸

6.6.2.1　舷门的强度应与周围结构的强度相当。

6.6.2.2　舷门应适当扶强，且应采取措施，防止门关闭后有任何的横向或垂向移动。在吊臂、操纵臂和铰链与门结构以及船体结构的连接，应有足够的强度。

6.6.2.3　当门作为车辆跳板时，铰链的设计应考虑可能导致铰链受力不均匀的船舶纵倾和横倾角。

6.6.2.4　门板的厚度应不小于用门扶强材间距算得的舷侧外板的厚度，且应不小于同一位置上的舷侧外板的最小厚度。当门作为车辆跳板时，其厚度尚应符合本章第 7 节的规定。

6.6.2.5　水平扶强材或垂直扶强材的剖面模数应不小于对舷侧肋骨的要求。如有必要，应考虑舷侧肋骨与门扶强材之间，在固定程度方面的差异。当门作为车辆跳板时，扶强材尺寸尚应符合本章第 7 节的规定。

6.6.2.6　扶强材应由构成门的主要构件来支持。

6.6.2.7　主要构件及门周围的船体结构应具有足够的刚性，以保证门周围的结构完整性。

6.6.2.8　主要构件的尺寸应不小于对舷侧主要构件的要求。当门作为车辆跳板时，主要构件的尺寸尚应符合本章第 7 节的规定。

6.6.3　门的紧固和支持

6.6.3.1　舷门应装设足够的紧固和支持装置，以便与周围的结构强度和刚性相当。当要求密封时，密封材料应为比较柔软型的，且其支承力应仅由钢结构承受。也可以考虑其他类型的密封材料。

紧固和支持装置之间的最大设计间隙，一般应不大于 3mm。

应提供一种机械固定方法将门固定在开启位置。

6.6.3.2　紧固装置应易于到达且操作简单。

紧固装置应配备机械式锁紧装置（自锁或独立装置）或重力式的。开启和关闭系统以及紧固和锁紧装置应通过一定程序的操作方式来联锁。

第 7 节　车辆跳板

6.7.1　一般要求

6.7.1.1　车辆跳板的厚度应符合本章 6.4.2.1 和 6.4.2.2 的规定。

6.7.1.2　车辆跳板的骨架除应符合本章 6.4.3 和 6.4.4 的相关规定外，还应按如下要求进行强度校核：

（1）跳板处于放下状态；

（2）设计的车辆负荷乘上 1.1 的系数以最不利的位置作用于跳板上，同时考虑跳板的自身重量负荷；

（3）许用弯曲应力为：$[\sigma]=141/K$，N/mm^2，其中 K 为材料系数；许用挠度为：$[f]=l/400$ mm，其中 l 为骨材支撑点之间的距离，mm。

6.7.1.3　车辆跳板连接铰链应满足如下要求：：

（1）铰链轴销的直径 d 应满足下式：

$$d \geqslant \sqrt{\frac{1.27F}{[\tau]}} \qquad \text{mm}$$

（2）铰链中心眼板的尺寸应满足下列两式：

$$\frac{F}{b_0 t_0} \leqslant [\tau],\quad b_0 \geqslant d$$

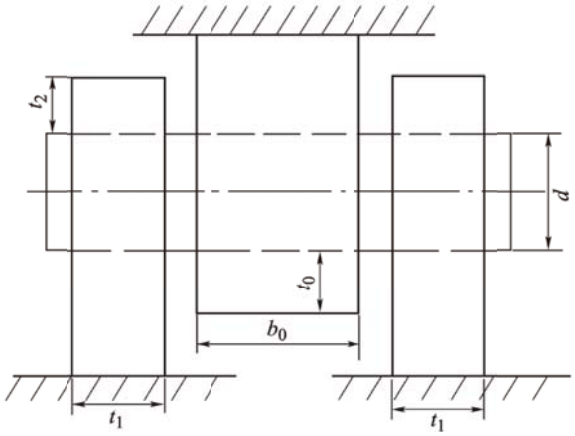
（3）铰链的两侧眼板的尺寸应满足下列两式：

$$\frac{F}{2t_1 t_2} \leqslant [\tau],\quad t_1 \geqslant d/2$$

式中： F——铰链承受的最大剪切力，N；

t_1、t_2、b_0、t_0、d——见图 6.7.1.3；

［τ］——许用剪切应力，取［τ］=81.6/K，N/mm^2，其中 K 为材料系数。



单位 mm

图 6.7.1.3

附录 1　货舱区域结构强度直接计算

1　一般规定

1.1　本附录适用于货舱区域主要支撑构件的强度评估。主要结构包括：

（1）甲板结构

（2）舷侧结构

（3）双层底结构

（4）舱壁结构

（5）半舱壁结构（如有时）

（6）支柱

1.2　对于本附录无规定者，均应符合第 1 章第 5 节的有关要求。

2　模型范围

2.1　有限元模型的横向和垂向范围：整个船宽和型深；纵向范围应符合下述要求：

（1）当货舱区域采用均匀设置的半舱壁设计时，模型应包括半舱壁及前后 1/2 个半舱壁间距；

（2）当货舱区域采用无半舱壁、有支柱设计时，模型应包括 1/2+1+1/2 个支柱间距；

（3）当货舱区域采用无半舱壁、无支柱设计时，模型应包括 3 个强框架间距；

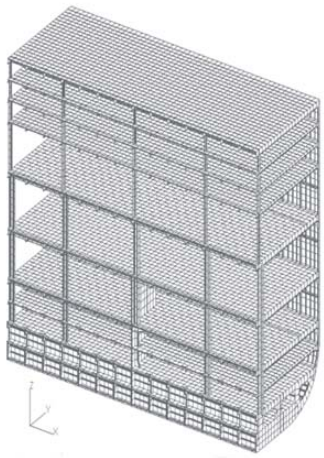


图 2.1　有限元模型（仅显示左舷）

3　计算工况

3.1　通常，舱段有限元分析应按照表 3.1 的适用工况进行。如装载手册中存在本附录表 3.1 中计算工况以外的更为严重的装载工况，如不均匀装载，也应对此装载工况进行结构强度直接计算。

计算工况　　表 3.1

工况编号	装载模式
1	满载工况

工况编号	装载模式
2	压载工况
3	横摇工况

3.2 满载工况

3.2.1 本工况考虑的载荷应符合下述要求：

（1）作用在甲板上的垂向压力为：

$$P_v=(g+0.5a_v)(P+m_s) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：g——重力加速度，9.81 m/s^2；

a_v——垂向合成加速度，m/s^2，按第 1 章 1.5.2 计算。

P——车辆载荷，t/m^2；

m_s——甲板的自重载荷，t/m^2，但应不小于 0.1。

（2）船底及舷侧静水压力和水动压力按第 1 章 1.5.3 计算，其中吃水 d 为结构吃水。

3.3 压载工况

3.3.1 本工况考虑的载荷应符合下述要求：

（1）甲板结构自重仅包括静态载荷，可通过重力场或者面压力的形式施加；

（2）船底及舷侧静水压力和水动压力按第 1 章 1.5.3 计算，其中吃水 d 为压载吃水；

（3）对于双层底的压载水舱和燃油舱根据实际的装载情况施加静压力。

3.4 横摇工况

3.4.1 本工况假定船舶横倾至最大横摇角（如船体结构对于中纵剖面不对称，应分别考虑向左舷横摇和向右舷横摇），设计载荷应符合下述要求：

（1）作用在甲板上的垂向压力 P_v 和水平力 P_t 为：

$$P_v=(P+m_s)g \qquad \text{kN/m}^2$$

$$P_t=(P+m_s)a_t \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：g——重力加速度，9.81 m/s^2；

φ_m——横摇角，rad，按第 1 章 1.5.2 计算。

a_t——横向合成加速度，m/s^2，按第 1 章 1.5.2 计算。

P——车辆载荷，t/m^2；

m_s——甲板的自重载荷，t/m^2，但应不小于 0.1。

（2）船底及舷外水压力为结构吃水下的最大横摇角 φ_m 对应的静水压力，按第 1 章 1.5.3.2 计算。

4 边界条件

4.1 各工况采用相同的边界条件，即在内底板的一端约束 x 方向的位移，在内底一舷的边线处约束 y 方向的位移，在舷侧的两端约束其 z 方向的位移，在船底和甲板纵桁前后端处，约束其绕 y 轴的转动。具体位置见表 4.1 和图 4.1

局部载荷边界条件 **表 4.1**

约 束	$\delta_x=0$	$\delta_y=0$	$\delta_z=0$	$\theta_y=0$
作用位置	线 AD	线 AB	线 AA’、BB’、CC’、DD’	各纵桁两端

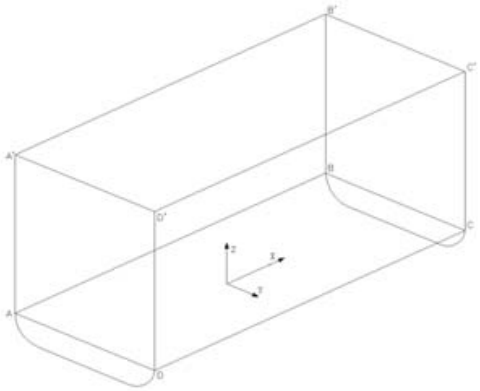


图 4.1 边界条件

5 许用应力

5.1 各工况下的许用应力标准为：

（1）许用剪切应力：[τ] =100/K，N/mm^2；

（2）许用相当应力：[σ_e] =190/K N/mm^2；

（3）梁单元和杆单元的许用应力：[σ] =190/K N/mm^2；

其中 K 为材料系数；

（4）支柱单元的压缩许用应力按下式计算确定：

$l/r \le 120\sqrt{K}$ 时，$[\sigma]=\dfrac{119.56}{K}-\dfrac{4.9\times10^{-3}}{K^2}\left(\dfrac{l}{r}\right)^2$

$l/r > 120\sqrt{K}$ 时，$[\sigma]=7.056\times10^5\Big/\left(\dfrac{l}{r}\right)^2$

l——包括肘板在内的支柱长度，cm；

r——支柱剖面的最小惯性半径，cm；

K——材料换算系数。

6 屈曲强度评估

6.1 应对模型中部区域的下列结构进行屈曲强度校核，屈曲安全因子 λ 应不小于 1.0：

（1）横舱壁板和半舱壁板；

（2）强横梁、强肋骨、实肋板；

（3）甲板纵桁；

（4）船底板、内底板。

6.2 板格屈曲计算中，一般部位板厚扣除腐蚀余量 1.0mm，车辆舱内部构件的腐蚀余量应不低于 0.5mm。

附录 2　车辆系固与系固设备

1　一般规定

1.1　车辆前轮或后轮应用木楔塞紧（或其他有效方式），以防止车辆前后移位。

1.2　车辆本身在船舶航行中应使用停车制动器可靠刹住。

1.3　滚装处所的通道和车辆间距应符合主管机关的规定。

2　系固布置

2.1　本附录系固设备系指绑索（纤维绳、绑扎带、钢丝绳和钢链等）、导索装置（底座、环和甲板孔等）以及锁紧装置（卸扣、花篮螺丝、车掣、螺栓和螺丝等）。系固设备应具有认可的证书。

2.2　车辆甲板上的系固点根据车辆甲板实际装载和系固布置方案确定。一般车辆甲板上的系固点纵向距离应不超过 2.5m，横向距离应不超过 3m。

2.3　车辆上的系固点应满足下列要求：

（1）系固点的设计应能使车辆系固于船上，其穿孔应仅能穿过一根绑索。系固点与穿孔应允许绑索能通过不同方向被系固于车辆甲板上；

（2）车辆每侧最少 2 个系固点；

（3）每个系固点应涂上清楚易见的颜色；

（4）系固点的布置应能保证用绑索有效地限制车辆的运动；

（5）系固点应能将作用力从绑索转移到道路车辆底盘，并且绝不应该安装在保险杠或车轴上，除非系固点是专门建造而且作用力可直接转移至底盘；

（6）系固点应位于容易和安全绑扎绑索的地方；

（7）每个系固点的穿孔内沿自由通道应不小于 80mm。

3　受力计算

3.1　车辆的受力应根据船舶的装载情况、航区和船舶的运动来确定。这些力包括车辆的重力、所受的风力、系固力以及因船舶横摇、纵摇和垂荡运动所产生的惯性力等。

3.2　船舶的横摇中心轴取满载水线面的中心线，或 1/2 型深处水线面中心线之高者。纵摇中心轴取满载水线面与过漂心横剖面的交线。

3.3　车辆所受的力均作用在车辆的重心。

3.4　车辆所受的横向和垂向分力 N_y、N_z 按下式计算：

$$N_y = 9.81M\left\{\left(1-\frac{4\psi_m X_c}{{T_P}^2}-\frac{a_z}{9.81}\right)\sin\theta+\frac{4\varphi_m Z_c}{{T_R}^2}\right\}+F\cos\theta \qquad \text{kN}$$

$$N_z = 9.81M\left\{\left(1-\frac{4\psi_m X_c}{{T_P}^2}-\frac{a_z}{9.81}\right)\cos\theta-\frac{4\varphi_m Y_c}{{T_R}^2}\right\}-F\sin\theta \qquad \text{kN}$$

式中：M——单车总重量，t；

F——单车所受的风力，kN，按本附录3.5计算；

φ_m、ψ_m——横摇、纵摇幅值，rad，按第1章1.5.2.1计算；

T_R、T_P——横摇、纵摇周期，s，按第1章1.5.2.1计算；

θ——船舶横摇角，rad，按下式计算，但不必大于0.523 rad：

$$\theta = \varphi_m + 0.175 \qquad \text{rad}$$

a_z——升沉加速度，m/s^2，按第1章1.5.2.2计算；

X_c——车辆受力作用点相对船舶纵摇中心轴坐标的绝对值，m；

Y_c、Z_c——车辆受力作用点相对船舶横摇中心轴坐标的绝对值，m。

3.5 车辆所受风力 F 按下列公式取正浮状态计算：

$$F = PA \qquad \text{kN}$$

式中：P——单位计算风压，kN/m^2，按下式计算：

$$P = -0.0023{h_f}^2 + 0.0496h_f + 0.3856$$

h_f——受风中心至水面的垂直距离，m，取不小于1也不大于10；

A——受风面积，m^2，车辆在船舶中纵剖面上的侧投影面积。

3.6 车辆所受的绑索拉力 T，按以下两式计算，取大者：

$$T = \frac{N_y - fN_z}{\sum_{i=1}^{n}(\sin\alpha_i \sin\beta_i + f\cos\alpha_i)} \qquad \text{kN}$$

$$T = \frac{N_y h - N_z b}{\sum_{i=1}^{n}(c_{\mathrm{i}} \sin\gamma_{\mathrm{i}})} \qquad \text{kN}$$

式中：n——车辆单侧绑索数量；

α_i——为第i根绑索与垂直方向的夹角，rad；

β_i——为第i根绑索在甲板平面的投影与船长方向的夹角，rad，计算时取值不大于0.523；

γ_i——第i根绑索与船舶纵向的夹角，rad；

f——摩擦系数，一般取0.3；

h——车辆重心距甲板的垂向高度，m；

b——车辆重心距车轮外侧的横向距离，m；

N_y、N_z——按本附录3.4式计算；

c_i——第 i 根绑索的系固力臂，即车辆倾覆支点到第 i 根绑索在过该支点的船舶横剖面上投影线的垂直距离，m。

4 强度衡准

4.1 绑索、甲板系固点及相关系固设备的安全工作负荷（SWL）应不低于按本附录 3.6 计算值的 1.5 倍。若甲板系固点上有多根绑索穿过，则其安全工作负荷应取其总和。

4.2 系固设备的安全工作负荷由其破断负荷决定。纤维绳的破断负荷为 3SWL，其他系固设备的破断负荷按表 4.2 确定。

设计破断负荷和验证负荷（kN） 表 4.2

项 目	最小设计破断负荷	最小验证负荷
钢丝绳	3 SWL	
杆（低碳钢）	3 SWL	1.5 SWL
杆（高强度钢）	2 SWL	1.5 SWL
链（低碳钢）	3 SWL	
链（高强度钢）	2.5 SWL	
配件及其他绑扎装置	2 SWL	1.5 SWL

注：①在本规定中，高强度钢的屈服应力应不小于315N/mm^2；

②若不用钢材而采用其他材料，则其破断负荷和验证负荷将另行考虑；
③SWL为安全工作负荷，kN。

4.3 车辆上系固点的最小强度（kN）应不低于 GVM×10×1.2/*n*，其中 GVM 为单车总质量（t），*n* 为车辆每侧系固点的总数量。

第 7 章　轮机

第 1 节　一般规定

7.1.1　一般要求

7.1.1.1　除本章明确规定外，船舶轮机尚应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇的有关要求。

7.1.1.2　若船舶采用电力推进，还应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 8 篇第 2 章的要求。

7.1.2　环境条件

7.1.2.1　主、辅机和轴系传动装置以及与船舶安全有关的机械设备，其设计、选型和布置，应能保证船舶处于表 7.1.2.1 中倾斜情况仍能正常工作。

船舶倾斜角表　　**表 7.1.2.1**

装置和设备	倾斜角①（°）			
	横向		纵向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
主、辅机	15	22.5	5②	7.5
安全设备：如应急发电机装置、应急消防泵及其驱动装置	22.5	22.5	10	10

注：①横向和纵向倾斜可能同时发生。
②当船舶长度大于 100m 时，纵倾倾斜角可取 500/L，式中 L 为船舶总长度，m。

7.1.2.2　确定船舶主、辅柴油机的功率，应采用下列基准环境条件：

绝对大气压	0.1MPa
环境温度	45℃
相对湿度	60%
海水温度（中冷器进口处）	32℃

7.1.3　防腐蚀

7.1.3.1　暴露于腐蚀环境的零部件应采用耐腐蚀的材料制成，或采取有效的防腐蚀措施。

7.1.4　燃料

7.1.4.1　船舶使用硫含量不超过0.10 %（m/m）馏分油时，除符合本章有关规定外，还应满足CCS《船舶使用低硫燃油指南》的适用要求。

第 2 节　泵与管系

7.2.1　一般要求

7.2.1.1　压力管路上如装有减压阀时，应在减压阀后装设安全阀及压力表，并应设有旁通管路或另设有一只并联的备用减压阀。

7.2.2　金属管

7.2.2.1 钢管管壁厚度的计算

受内压的钢管，其最小壁厚δ应不小于按下式计算所得之值[①]：

$$\delta = \delta_0 + \mathrm{b} + c \quad \text{mm}$$

$$\delta_0 = \frac{pD}{2[\sigma]e + p} \quad \text{mm}$$

$$\mathrm{b} = 0.4\frac{D}{R}\delta_0 \quad \text{mm}$$

式中：δ_0——基本计算壁厚，mm；

b——弯曲附加余量，mm；对于仅受内压的管子，b 值应按管子弯曲处的计算应力不超过许用应力的方法选取；当 b 值不能更准确确定时，按上述公式计算选取；

p——设计压力，MPa，见《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇 2.1.3.1 的规定；

D——钢管外径，mm；

$[\sigma]$——钢管许用应力，N/mm^2，见本节 7.2.2.2 的规定；

c——腐蚀余量，mm，由表 7.2.2.1 查得；

e——焊接有效系数，对无缝钢管、电阻焊钢管和高频焊钢管应取 1，其他方法制造的管子，e 值另行考虑。

对于穿过舱柜的管路，应增加一个计及外部腐蚀的附加腐蚀余量，该腐蚀余量取决于外部介质；如采用涂层、衬层等措施对管子及其接头进行有效的防蚀保护，则腐蚀余量最多可减少 50%；当使用有足够抗蚀性能的特种钢时，其腐蚀余量可以减少，甚至可减少到零。

钢管腐蚀余量（mm） 表 7.2.2.1

管系用途	c	管系用途	c
饱和蒸汽管系	0.8	滑油管系	0.3
货油舱蒸汽加热管系	2.0	燃油管系	1.0
锅炉开式给水管系	1.5	货油管系	2.0
锅炉闭式给水管系	0.5	冷藏装置制冷剂管系	0.3
锅炉排污管系	1.5	清水管系	0.8
压缩空气管系	1.0	海水管系	3.0
液压油管系	0.3	冷藏货舱盐水管系	2.0

7.2.2.2 钢管许用应力$[\sigma]$应不大于按下列各式计算所得之值的最小值：

$$[\sigma] = \frac{R_m}{2.7} \quad \text{N/mm}^2$$

$$[\sigma] = \frac{R_{eH}^T}{1.6} \quad \text{N/mm}^2$$

① 本公式适用于外径与内径之比不超过 1.7 的管子。

$$[\sigma]=\frac{\sigma_D^T}{1.6} \quad \text{N/mm}^2$$

$$[\sigma]=\sigma_c^T \quad \text{N/mm}^2$$

式中：R_m——材料在常温下的抗拉强度，N/mm^2；

R_{eH}^T——材料在设计温度下的屈服强度或 0.2％的规定非比例延伸强度，N/mm^2；

σ_D^T ——材料在设计温度下 100000h 内产生破断的平均应力，N/mm^2；

σ_c^T——材料在设计温度下 100000h 内产生 1%蠕变的平均应力，N/mm^2；

R_m、R_{eH}^T、σ_D^T 应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

7.2.2.3 本节 7.2.2.1 所述的最小壁厚 δ 未考虑制造负公差，因此，当有制造负公差时，管子的壁厚 δ_m 应不小于按下式计算之值：

$$\delta_m=\frac{\delta}{1-\frac{a}{100}} \quad \text{mm}$$

式中：a——壁厚的制造负公差百分数。

7.2.2.4 当由本节 7.2.2.3 所述公式计算所得的最小壁厚小于表 7.2.2.4（1）、表 7.2.2.4（2）或表 7.2.2.4（3）所列的数值时，则应采用表列相应的标准管的最小公称壁厚。

螺纹管的壁厚，应量至螺纹根部。

钢管外径与最小公称壁厚 δ，mm **表 7.2.2.4（1）**

外 径 D	最小公称壁厚 δ			
	一般用管③④⑥⑧⑨	与船体结构有关的舱柜的空气管、溢流管和测量管①②③④⑥⑦⑧	舱底、压载水管、一般海水管和液舱内的蒸气加热盘管①③④⑤⑥⑦⑧	通过压载舱和燃油舱的舱底水管、空气管、溢流管和测量管。通过燃油舱的压载管和通过压载舱的燃油管①②③④⑤⑥⑦⑧
10.2～12 13.5～19.3 20	1.6 1.8 2.0			
21.3～25 26.9～33.7 38～44.5	2.0 2.0 2.0	4.5	3.2 3.2 3.6	6.3
48.3 51～63.5 70	2.3 2.3 2.6	4.5 4.5 4.5	3.6 4.0 4.0	6.3 6.3 6.3
76.1～82.5 88.9～108 114.3～127	2.6 2.9 3.2	4.5 4.5 4.5	4.5 4.5 4.5	6.3 7.1 8.0
133～139.7 152.4～168.3 177.8	3.6 4.0 4.5	4.5 4.5 5.0	4.5 4.5 5.0	8.0 8.8 8.8

193.7 219.1 244.5～273	4.5 4.5 5.0	5.4 5.9 6.3	5.4 5.9 6.3	8.8 8.8 8.8
298.5～368 406.4～457	5.6 6.3	6.3 6.3	6.3 6.3	8.8 8.8

注：① 如采用涂层、衬层等措施对管子及其接头进行有效的防蚀保护，其最小壁厚可以适当减薄，但减薄最多不超过 1mm；

② 除液货闪点小于 60℃的液货舱测量管外，表列测量管的最小壁厚系适用于液舱外部的测量管；

③ 对于允许采用的螺纹管，最小壁厚应自螺纹根部量起；

④ 焊接钢管和无缝钢管的外径和壁厚的数值取自 ISO 的推荐文件 R336，如按其他标准选取管子壁厚可适当减小；

⑤ 通过深舱的舱底水管和压载管的最小壁厚应另行考虑；

⑥ 外径大于 457mm 的管子的最小壁厚可参照国家或国际标准，但任何情况下其最小壁厚不应小于表 7.2.2.4（1）中管子外径为 406.4～457mm 所对应的值；

⑦ 舱底、测量、空气和溢流管的最小内径应为：

舱底管 50mm

测量管 32mm

空气和溢流管 50mm

⑧ 本表所列的最小壁厚一般是指公称壁厚，因此不必考虑负公差和弯曲减薄余量；

⑨ 排气管的最小壁厚应另行考虑。

不锈钢管外径 D 与最小公称壁厚 δ，mm　　表 7.2.2.4（2）

管子外径（D）	不锈钢管最小公称壁厚（δ）
≤10	1.0
11～18	1.5
19～83	2.0
84～169	2.5
170～246	3.0
247～340	3.5
341～426	4.0
427～511	4.5
512～597	5.0

奥氏体不锈钢管外径与最小公称壁厚 δ，mm　　表 7.2.2.4（3）

管子外径（D）	最小公称壁厚（δ）
10.2 ～ 17.2	1.0
21.3 ～ 48.3	1.6
60.3 ～ 88.9	2.0
114.3 ～ 168.3	2.3
219.1	2.6
273.0	2.9
323.9 ～ 406.4	3.6
>406.4	4.0
注：可接受按国家或国际标准选取外径及壁厚。	

7.2.2.5　甲板排水管和泄水管的最小壁厚应满足：

（1）对泄水管和排水管如无足够厚度要求：

①　对外径等于或小于 155 mm 的管子，厚度应不小于 4.5 mm；

②　对外径等于或大于 230 mm 的管子，厚度应不小于 6 mm。

外径尺寸如为中间值，厚度应由线性内插确定。

（2）对泄水管和排水管如有足够厚度要求：

①　对外径等于或小于 80 mm 的管子，厚度应不小于 7 mm；

②　对外径为 180 mm 的管子，厚度应不小于 10 mm；

③　对外径等于或大于 220 mm 的管子，厚度应不小于 12.5 mm。

外径尺寸如为中间值，厚度应用线性内插法确定。

7.2.2.6　露天甲板以上的空气管的最小壁厚应符合第 1 章 1.7.7.5 的规定。

7.2.3　铜管管壁厚的计算

7.2.3.1　受内压的铜和铜合金管，其最小壁厚 δ 应不小于按下式计算所得之值：

$$\delta = \delta_0 + \mathrm{b} + c \quad \text{mm}$$

$$\delta_0 = \frac{pD}{2[\sigma]e + p} \quad \text{mm}$$

$$\mathrm{b} = 0.4\frac{D}{\mathrm{R}}\delta_0 \quad \text{mm}$$

式中：δ_0——基本计算壁厚，mm；

b——弯曲附加余量，mm；对于仅受内压的管子，b 值应按管子弯曲处的计算应力不超过许用应力的方法选取；当 b 值不能更准确确定时，按上述公式计算选取；

P——设计压力，MPa，见 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇 2.1.3.1 的规定；

D——管子外径，mm；

$[\sigma]$——许用应力，N/mm^2，由表 7.2.3.1 查得；

c——腐蚀余量，mm，铜、黄铜和类似合金、不含铅的铜锡合金和镍含量低于 10%的铜镍合金，c = 0.8mm；镍含量为 10%及以上的铜镍合金，c = 0.5mm；若介质对管材不产生腐蚀，c = 0；

e——焊接有效系数，对无缝钢管、电阻焊钢管和高频焊钢管应取 1，其他方法制造的管子，e 值另行考虑。

铜和铜合金管许用应力　　表 7.2.3.1

管子材料	材料条件	抗拉强度（N/mm^2）	许用应力（N/mm^2）										
			设计温度（℃）										
			50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
铜	退火	215	41	41	40	40	34	27.5	18.5	—	—	—	—
铝黄铜	退火	325	78	78	78	78	78	51	24.5	—	—	—	—
铜镍合金 CuNi5 Fel Mn CuNi10 Fel Mn	退火	275	68	68	67	65.5	64	62	59	56	52	48	44
铜镍合金 CuNi30	退火	365	81	79	77	75	73	71	69	67	65.5	64	62

注：①如金属温度处于表中所列数值之间，则许用应力可采用线性内插法求得。
② 表内未包括材料的许用应力的选取应提交详细资料，并经 CCS 同意。

7.2.3.2 本节 7.2.3.1 所述最小壁厚 δ 并未考虑制造负公差，当考虑制造负公差修正时，管子的壁厚 δ_m 应不小于按下式计算之值：

$$\delta_m = \frac{\delta}{1-\frac{a}{100}} \quad \text{mm}$$

式中：a——壁厚的制造负公差百分数。

铜和铜合金管外径与最小公称壁厚 δ_m，mm　　表 7.2.3.2

外径 D	最小公称壁厚 δ_m	
	铜	铜合金
8～10	1.0	0.8
12～20	1.2	1.0
25～44.5	1.5	1.2
50～76.1	2.0	1.5
88.9～108	2.5	2.0
133～159	3.0	2.5
193.7～267	3.5	3.0
273～470	4.0	3.5
508	4.5	4.0

注：① 外径和壁厚的数值取自 ISO 标准；
② 如按其他标准选取管径，管子壁厚可适当减小。

7.2.3.3 当由本节 7.2.3.1 所述公式计算所得的最小壁厚小于表 7.2.3.2 所列数值时，则应采用表列相应的标准管的最小公称壁厚。

螺纹管的壁厚应量至螺纹根部。

第 3 节　船舶管系

7.3.1　一般要求

7.3.1.1 阀上应设有显示阀开闭状态的指示装置，但能通过其他方法观察到者除外。单向阀的阀壳上应有永久性流向标记。

7.3.1.2 钢质舷旁阀和附件以及海水箱等，应有适当的防蚀保护措施。

7.3.2　舱底水管系

7.3.2.1　舱底水吸口布置

（1）主机总功率超过 440kW 的船舶、推进电机总功率超过 440kW 的电力推进船舶，其机器处所（主推进装置、主发电机组、主推进电机所在处所）舱底水支吸口布置应符合表 7.3.2.1（1）的规定；

机器处所舱底水支吸口的布置　　表 7.3.2.1（1）

机器处所情况	舱底水支吸口

单层底船舶	船底向两舷升高≥5º	中纵剖面处 1 只
	船底向两舷升高＜5º	中纵剖面处 1 只及每舷 1 只
双层底船舶	内底板扩展至机舱全长并在两舷形成舭污水沟	每舷 1 只
	内底板扩展至机舱全长和全宽	每舷 1 只污水井，每井内 1 只
尾机型船舶机舱		前端每舷 1 只及后端中纵剖面处 1 只
用水密舱壁与机舱隔开的炉舱或辅机舱，电力推进船舶的独立电动机机舱		按货舱要求

（2）对于由曲柄坑或其他凹槽、具有反梁拱的双层底顶板或双层底不连续所形成的双层底顶板上凹陷处的排水，可要求增设额外的舱底水吸口；

（3）货舱舱底水支吸口的布置应符合表 7.3.2.1（3）的规定。

货舱舱底水吸口的布置　　表 7. 3. 2. 1（3）

货舱情况		每一舱舱底水吸口
单层底船舶	船底向两舷升高≥5º	后端靠近中纵剖面处 1 只
	船底向两舷升高＜5º	后端每舷 1 只
双层底船舶	内底板向两舷延伸形成舭污水沟	每舷 1 只
	内底板向两舷升高	中纵剖面处 1 只
	内底板向两舷延伸并不形成污水沟	每舷 1 只污水井，每井内 1 只
仅有一个货舱且该舱长度＞35m		前后端均应设置
首尾端狭窄货舱		中纵剖面处 1 只

7.3.2.2　干舷甲板上封闭的货物处所

干舷甲板上封闭的货物处所要求的排水装置，可按下列要求通过泄水孔以重力泄放的形式进行排放：

（1）当船舶横倾为 5º时，其干舷不会使干舷甲板边缘浸水，则该货物处所可通过设有足够数量适当尺寸的泄水孔直接将水排向舷外；

（2）当船舶横倾为 5º或小于 5º时，其干舷会使干舷甲板边缘浸水，则该货物处所内排出的水应导向一个或多个容量足够的泄水舱，该泄水舱应有高水位报警器和向舷外排放的有效装置；

（3）应在左右两舷均布置泄水孔，泄水孔的数量和布置应能防止水的不合理积聚；泄水孔的开口端应设有格栅；一般泄水孔的通径应不小于 100mm；

（4）如上述封闭的货物处所由固定式压力水雾灭火系统保护，则甲板泄水系统还应考虑固定式压力水雾灭火系统工作时增加的水量要求；

（5）如上述封闭的货物处所由 CO_2 灭火系统保护，则甲板泄水孔应设有防止此类窒息性气体泄漏的装置；

（6）受石油或其他危险品物质污染的水，不应排向机器处所或其他可能存在火源的处所。

7.3.2.3　轴隧与管隧：

轴隧和管隧内一般应在尾端设 1 只舱底水吸口。如首端有积水可能或其长度超过 35m 时，则应在首端增设吸口。

7.3.2.4　舱底泵

（1）每艘船舶的舱底泵数量，应符合表7.3.2.4（1）的规定。

舱底泵数量　　表 7. 3. 2. 4（1）

适用范围	独立动力泵（台）	主机带动或独立动力泵
船长>91.5m	2	—
65m<船长≤91.5m	1	1
船长≤65m	—	1

（2）在上述（1）中所述的每台舱底泵，可由几台泵组成的舱底泵组代替，每一泵组的总排量应不小于 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇 3.2.6.4 所规定的 1 台舱底泵的计算排量；

（3）当一台舱底泵的排量稍小于规定值时，其差额可由其他舱底泵超过的排量补足，但差额应限制在规定值的 30%内。

7.3.2.5 舱底水管

（1）在任何情况下，舱底水总管的内径应不小于最大舱底水支管的内径；

（2）舱底水支管的内径一般应不小于 50mm；

（3）直通舱底泵的舱底水管内径，应不小于该船舱底水总管的内径；

（4）轴隧舱底水支管的内径一般应不小于 65mm；

（5）连接舱底水总管和分配阀箱的连接管的截面积，应不小于连接于该阀箱的两个最大舱底水支管的规定截面积之和，也不必大于所规定的舱底水总管的截面积；

（6）所有舱底水吸入管路，直至与舱底泵吸入阀箱连接之前，不应与其他管路有任何连接。

7.3.2.6 止回布置：

为防止水密舱室间、水密舱室与货舱和机器处所间、干燥舱室与海水或舱柜间发生沟通的可能性，下列附件上应装设截止止回阀：

（1）舱底水分配阀箱或舱底水支管；

（2）舱底泵或舱底水总管上舱底水吸入软管的接管；

（3）直通舱底泵吸入管；

（4）舱底泵与舱底水总管之间的连接管。

7.3.2.7 敞口集装箱船货舱舱底排水系统

（1）由耐波性模型试验确定干舷的船舶，舱底排水系统应具有足够的排水能力，使之能排放下述 4 项中最大者：

①由耐波性模型试验确定的最大每小时货舱上浪量；

②每小时 100mm 的降雨量（不考虑所设置的防雨棚）；

③最大敞口货舱内消防所需水量的 4/3；

④相当于封闭货舱所需要的排量。

（2）不通过耐波性模型试验确定干舷的船舶，舱底排水系统应具有的排量应不小于下述 3 项中最大者：

①最大敞口货舱内消防所需水量的 4/3；

②相当于封闭货舱所需要的排量；

③每小时货舱上浪量按以下选取：

a.第 1 货舱 130mm/h；

b.其他货舱 100mm/h。

（3）应至少设有 2 台独立动力舱底泵，舱底泵可兼作压载或消防泵，但应确保水消防时仍有 1 台泵或 1 组泵用作舱底排水，且应满足本条（1）或（2）规定的排量要求；

（4）舱底泵的排量和配置应满足下列要求之一：

①设有 2 台舱底泵，每台舱底泵都具有不小于本条（1）或（2）所要求的排量；

②设有 3 台舱底泵，其中 1 台具有不小于本条（1）或（2）所要求的排量，另外 2 台泵的组合排量应不小于本条（1）或（2）所规定的要求。

（5）舱底排水系统的布置，应使系统在船舶正浮或横倾达 22.5°或装载手册和稳性计算书中最大首、尾倾时，或在这些范围内出现的任何组合倾斜角度时能有效地工作。敞口货舱内的集水阱应便于疏通和清洁；

（6）所有敞口货舱应设置舱底水高位报警装置，该报警装置应在机舱和有人操作处所（驾驶室、控制站或机器处所）发出听觉和视觉报警，并应独立于舱底泵控制装置。用于报警的传感器一般设于货舱集水阱顶部；

（7）敞口集装箱船应能在任何营运情况下，将开敞货舱内的舱底水直接向舷外排放。如敞口集装箱船载运包装危险货物时，应设置足够容积的危险货物收集舱（柜），并使用机舱以外的舱底泵或专用泵进行抽吸，同时符合《特定航线江海直达船舶法定检验技术规则》第 12 章的相关规定。

7.3.2.8　舱底泵和舱底水管的连接

船长 65m 以上的船舶，舱底泵与舱底水管系的连接应确保当其他舱底泵在拆开检修时，至少有 1 台泵仍能继续工作。

7.3.2.9　使用固定式压力水雾灭火系统处所排水的附加要求：

（1）排水和抽水装置应能防止形成自由液面。排水系统的尺度应能够排走不低于水雾系统泵和所要求消防水枪组合容量的 125%。排水系统的阀门应能从所保护位置的外部靠近灭火系统控制的位置进行操作。污水井应具有足够的容量，并应布置在船侧，其在每一水密舱内相互间的距离应不超过 40m。

如不可能，在批准稳性资料时应将增加的水重量和自由液面对船舶稳性的不良影响考虑到其认为必要的程度。这些信息应包括在所要求的向船长提供的稳性资料中。

（2）对于船舶的封闭车辆和滚装处所，如安装了固定式压力水雾系统，应在每个排水孔处安装一个易于拆卸的格栅或滤网或其他装置，以防止杂物堵塞排水管。格栅与连接排水管的总面积比应至少为 6：1。格栅应升高至甲板以上或安装一个角度，以防止大物体堵塞排水管。格栅中格条间隔尺寸不应超过 25mm。

如船上设有疏通排水系统的固定式机械系统，或重力排水系统以外的滤水器时，不需要格栅或滤网。

在每个排水孔上方应提供一个清晰可见的说明“排水口不要遮盖或阻塞”的标志。

7.3.2.10　遥控的舱底水与压载水管系

（1）如设有机舱外舱底水总管，则其布置应满足下列要求之一：

①　如仅设有一根舱底水总管，则该总管应位于管隧内，并尽可能位于管隧的较高部位。每一接至该总管的舱底水支吸管上均应装设遥控阀；

②　该两根舱底水总管，每一货舱均设有分别接至每一舱底水总管的舱底水支吸管，并在每一舱底水吸管上装设遥控阀。

（2）货舱舱底水总管的尺寸应与机器处所舱底水总管的尺寸相同；

（3）在机器处所内应装设货舱舱底水总管截止阀；

（4）舱底水吸入支管的遥控阀应为截止止回阀或串联在一起的截止阀及止回阀；

（5）遥控舱底泵和压载泵应在遥控操纵板上设有泵的运转指示装置。

7.3.3　通风管系

7.3.3.1　通风筒应符合第1章第7节的有关规定。

7.3.3.2　应急发电机室通风

（1）应急发电机室应设有通风开口，用于为发动机提供燃烧空气和排出热量。通风开

口通常设有百叶窗，在应急发电机室失火时，百叶窗可以在应急发电机室外部被关闭。百叶窗可以手动操作或动力操作；或者，百叶窗也可以为固定式的，并设有手动或自动关闭的门；

（2）应急发电机室通风百叶窗和通风关闭装置应满足如下要求：

①失火时，通风百叶窗和通风关闭装置应能手动操作或动力操作（液压/气动/电动）；

②正常情况下，手动操作的通风百叶窗和通风关闭装置应保持常开。手动操作位置处，应设有相应的告示牌；

③动力操作的通风百叶窗和通风关闭装置应为故障开启型。正常情况下关闭通风百叶窗和通风关闭装置是可被接受的；但当应急发电机起动/运行时，动力操作的通风百叶窗和通风关闭装置应能自动开启；

④应能从应急发电机室外有清晰标志的安全位置通过人工操作关闭通风开口，上述人工关闭操作位置应能易于确认关闭动作，并应在该位置指示百叶窗的启闭状态。不应从其他遥控位置关闭应急发电机室的通风开口。

7.3.4　空气管

7.3.4.1　一般要求

（1）空气管以及所有测量管的顶端，均应设置铭牌。

（2）除满足本节要求外，空气管还应满足第 1 章第 7 节的要求。

7.3.4.2　空气管的布置

（1）储藏水、燃油、滑油的舱柜以及隔离空舱和管隧均应装设空气管，必要时，轴隧也应装设空气管。空气管应从舱柜的高处引出并远离注入管；

（2）顶板的长度或宽度不小于 7m 的舱柜，应设 2 根或多根空气管，其间距应适当；如特殊情况无法布置，则在确保有效透气的情况下可以接受 1 根空气管。如舱柜顶部形状特殊或不规则时，则空气管的数目和位置应根据实际情况来决定；

（3）具有阴极保护的舱柜，应在其前、后端设置空气管；

（4）所有双层底舱均应设置空气管，延伸至两舷的每一个双层底分舱应自两舷引出空气管。但对于船舶首尾部宽度较小的双层底舱，如一根空气管能确保舱室的有效透气，则可以设置一根透气管。

7.3.4.3　空气管的布置，应在任一个舱柜破舱浸水后，不致使海（江）水通过空气总管进入位于其他水密舱室内的舱柜。

7.3.4.3　空气管的终止

（1）下列舱柜和隔离舱的空气管，应引至干舷甲板以上的敞开地点：

① 燃油舱柜；

② 加热的滑油舱和液压油舱；

③ 位于机器处所之外且未设溢流管并能用泵灌装的舱柜；

④ 与燃油舱相邻的隔离舱。

（2）除上述（1）中规定的舱柜外，下列舱柜和隔离舱的空气管，应引至舱壁甲板以上：

① 双层底舱；

② 延伸至外板的深舱；

③ 能直接从舷外和海水箱注水的舱柜；

④ 其他隔离舱。

（3）滑油舱柜或容积小于 0.5m^3 的燃油放泄柜（非动力注入柜）的空气管，如其出口端位于溢油不致与电气设备及热表面接触之处，则可以终止于机器处所之内；

（4）燃油舱柜空气管的开口端，应位于开敞甲板上不致因溢油或油气而产生危险的处所；

（5）燃油舱柜的空气管的管端，应装设耐腐蚀和便于更换的金属防火网；

（6）空气管管端金属防火网的净通流面积，应不小于对该空气管所要求的横截面积。

7.3.4.4　空气管尺寸

（1）对于能用船内泵或岸泵通过注入总管灌装的所有舱柜，每一个舱柜的空气管的总横截面积，应比各自注入管的有效截面积至少大25%。任何情况下，上述舱柜空气管的内径应不小于50mm。当多个舱柜共用一根空气管时，则共用空气管的横截面积至少应为其中两个舱柜中所需最大空气管横截面积之和；

（2）如舱柜装有本节规定的溢流管时，则空气管的横截面积至少应为该舱柜注入管横截面积的 20%；

（3）当装有本节规定溢流管的几个舱柜共用一根空气管时，则该空气管的横截面积，至少应为独立舱柜中两根最大注入管横截面积之和的 20%；

（4）参与船体结构的舱柜，其空气管的壁厚，应符合本章表 7.2.2.4（1）的规定；

（5）轴隧和管隧所安装的空气管，其内径应不小于 75mm；

（6）舱柜空气管的内径应不小于 50mm。对于容积小于 0.5m^3 的重力注入舱柜，可采用较小直径的空气管。

7.3.5　溢流管

7.3.5.1　相应于空气管高度的液体压头大于该舱柜所能承受的压力，或空气管的截面积小于本节7.3.4.4的要求时，则所有能用泵灌装的舱柜，均应装设溢流管。当多个舱柜共用一根空气管时，来自一个舱柜的空气管不应视为另一舱柜的溢流管，但至溢流舱的共用溢流管除外。

7.3.5.2　燃油和滑油舱柜的溢流管，应引向有足够容积的溢流柜或预留有溢流空间的储存舱柜。

除燃油和滑油舱柜外，其他舱柜的溢流管应引至开敞处所或溢流柜。

7.3.5.3　溢流管上应装设具有良好照明的观察器，观察器应安装在垂直管上易于察看之处。作为等效办法，也可装设报警装置，以便当舱柜溢流或油量达到舱柜的预定液面高度时予以报警。

7.3.5.4　溢流管上不应装设截止阀或旋塞。

7.3.5.5　每一舱柜溢流管的截面积，应不小于该舱柜注入管截面积的1.25倍。当多个舱柜共用一根溢流管时，则共用溢流管的横截面积至少应为其中两个舱柜中所需最大溢流管横截面积之和。

7.3.5.6　溢流管的布置，应在任一舱柜破舱浸水后，不致使海（江）水通过溢流总管进入位于其他水密舱室内的舱柜。

7.3.6　测量管

7.3.6.1　一般要求

（1）所有舱柜、隔离空舱、管隧以及不易经常接近的污水沟或污水井，均应设置测量管。测量管一般应引至舱壁甲板以上随时可以接近的地点。测量管应尽可能靠近抽吸口；

（2）其他测量装置可用来代替舱柜的测量管。测量装置在装船后应经试验合格；

（3）为防止海水通过测量管进入舱柜，所有可能进水的测量管均应装有永久附连的可靠关闭装置；

（4）测量管下端开口处的底板上，应安装适当厚度和尺寸的防击板。

7.3.6.2　短测量管

在机器处所和轴隧内，当测量管不可能如本节 7.3.6.1 要求那样延伸时，则可安装延伸至花钢板以上的短测量管，且测量管应易于接近，并应装设旋塞或用链条与管子相连的螺旋帽；

7.3.6.3　燃油舱柜测量管的附加要求

（1）应设有安全而有效的设施，以确定任何燃油舱柜内的存油量。如使用测量管，则它们不应终止于测量管溢油有被引燃危险的任何处所，尤其不应终止于船员处所。作为一般原则，它们不应终止于机器处所。然而，如布置有困难时，可准许测量管终止于机器处所，但应满足下列要求：

① 安装满足下述（3）要求的油面计；

② 测量管终止于远离着火危险的位置，否则应采取预防措施，例如安装有效的防火网，以防止从测量管终端溢出的油与着火源相接触；

③ 测量管终端装有自闭式关断装置，并在其下面装有一个小直径的自闭式控制旋塞，用于确定该关断装置打开前没有燃油存在。应采取措施确保从控制旋塞溢出的油没有着火危险。

（2）对于双层底舱及以上的燃油舱柜，如其设有满足要求的溢流管或高液位报警装置，则当其测量管终止于机器处所时，仅需满足上述（1）②和③的要求。

对于双层底舱的燃油舱柜，当其测量管终止于机器处所时，仅需满足上述（1）②和③的要求；

（3）可使用其他的油面计代替测量管，除非此类装置损坏或舱柜注油过量时不应有燃油溢到处所内。可以使用装有平板玻璃且在油面计和油柜之间设有自闭阀的油面计。禁止使用圆柱形玻璃油面计。

7.3.6.4　滑油舱柜测量管的附加要求

一般确定滑油舱柜内存油量的设施应满足本节 7.3.6.3 的要求。但如其终止于机器处所内的测量管装有适当的关闭装置，则对 7.3.6.3（1）①和③的要求可以不适用。

7.3.6.5　其他易燃油类舱柜测量管的附加要求

（1）位于含有点火设施的处所内的易燃油类舱柜，确定其舱柜内存油量的设施应满足本节 7.3.6.3 的要求；

（2）对位于其他位置的易燃油类舱柜，如使用油面计替代测量管，则至少应满足本节 7.3.6.3（3）的要求。

7.3.6.6　测量管尺寸

测量管的内径应不小于 32mm。当测量管通过温度为 0℃及以下的舱室时，其内径应不小于 65mm。

第 4 节　动力管系

7.4.1　燃油管系

7.4.1.1　一般要求

设有锅炉燃烧装置、燃油沉淀柜和日用油柜的处所，应有良好的通风并易于出入。

7.4.1.2　燃油舱柜

（1）燃油舱柜应设有安全有效的液位测量设施，测量设施满足本章7.3.6.3的要求。

（2）燃油舱柜不应直接位于锅炉或其他高温热表面的上方。应采取预防措施，防止任何油类在压力下可能从泵、滤器或加热器溢出与热表面相接触。

（3）400 总吨及以上的船舶其首尖舱或防撞舱壁之前的舱内不应装载油类。400 总吨以下的船舶，尽可能参照执行。

7.4.1.3　燃油管路

燃油管路不应位于紧靠高温装置的上方和附近。这些装置包括锅炉、蒸汽管路、排气总管、消音器或CCS《钢质内河船舶建造规范》第1篇1.2.7.1要求加以隔热的其他设备。应尽

实际可能使燃油管线的布置远离热表面、电气装置或其他着火源，并应予以围罩或采取其他适当保护措施，以避免燃油喷到或渗漏到着火源上，应最大限度地减少这种管系的接头数量。

7.4.1.4　锅炉燃烧装置

（1）燃油装置的压力泵不应与给水、舱底水和压载水管系相连接；

（2）当锅炉燃烧器接有蒸汽吹洗或蒸汽雾化设施时，则应有有效措施防止燃油进入蒸汽系统；

（3）燃烧器应布置成当燃烧器的燃油供应未切断前，燃烧器不能抽出；

（4）主锅炉应设有不需船外供应动力的初始升汽设施；

（5）顶燃式锅炉，应有当火焰熄灭时自动切断燃烧器的燃油供应，并发出视觉和听觉报警的设施。小型顶燃式辅助锅炉，可以例外；

（6)应有可靠的止回装置，以防止在切断燃烧器的供油后，燃油从回油系统流至燃烧器；

（7）燃油、废气交替使用的炉膛，其废气进口管应设有隔断装置和连锁装置，使在切断废气进口后才能将燃油供入燃烧器。

7.4.1.5　燃油泵

（1）当设有动力泵驳运燃油时，则应设有 1 台备用泵。如有合适的泵接入该系统，则可作为备用泵；

（2）对于工作时有可能使压力超过其系统设计压力的所有泵，均应装设安全阀。安全阀排出的油应流至泵的吸入端，并能有效地将泵的排出压力限制在系统的设计压力之内。

7.4.1.6　燃油（滑油）加热

（1）当燃油（滑油）加热需使用蒸汽加热器或其他加热介质的加热器时，除非不可能达到介质着火的温度，否则，除温度控制装置外，至少还应设置一套高温报警器或低流量报警器；

（2）柴油机的排气不应直接用于加热燃油。

7.4.1.7　隔离装置

在使用同一供油来源的多台发动机装置中，应提供隔离各自发动机供油和溢油管线的装置。隔离装置不应影响其他发动机的工作，并应能够从不会因任何发动机失火而无法靠近的位置操作。隔断装置应能可靠手动关闭。

7.4.1.8　注入管路

（1）船舶加油应通过固定的管路进行。注入管应伸入舱柜内并尽可能接近底部；

（2）如船上设有加油站，则该站应与其他处所隔离，并能有效的排水与通风。加油站还应布置成能安全地从两舷进行加油；

（3）注入管路上应有防止超压的设施。如安装安全阀作为防止超压措施，则该阀的溢油应排至溢流舱柜或其他安全处所。

7.4.2　滑油管系

7.4.2.1　滑油泵

（1）重要用途的辅机及其齿轮传动装置，如每台机器均带有滑油泵，则可不设备用泵，如多台辅机及其齿轮传动装置共用一滑油系统，则仍应设备用泵；

（2）如滑油泵能使管系的压力超过设计值时，则应在泵的排出端装设安全阀。安全阀排出的滑油应流至泵的吸入端，并能有效地将泵的排出压力限制在系统的设计压力之内。

7.4.2.2　滑油管系及滑油舱柜

（1）滑油柜的液位测量设施应符合本章7.3.6.3的规定；

（2）滑油循环舱的容量，应能容纳循环于系统中的全部滑油。

在必需设双层底的船舶上，当柴油机滑油循环舱延伸至船舶的外底板时，则应在柴油机

油底壳至滑油循环舱之间的泄油管上装设截止阀。该阀应能在花钢板以上易于接近的地点进行关闭。如柴油机的滑油循环舱用隔离空舱与外底板隔开，则可不设上述截止阀。

滑油循环舱的进油管，应延伸至最低工作液面以下适当深度，并应与出油口尽量远离；

（3）压力润滑系统的布置，应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇 4.2.2.1、4.2.4.1 和 4.2.4.2 及本章 7.3.4~7.3.6、7.4.1.2（2）和（3）、7.4.1.3 的有关规定。

主机总功率不大于 440kW 的船舶，滑油循环舱柜可以不设遥控关闭装置。

如设计方确认当误动滑油循环舱柜上的遥控关闭阀会危及主机或重要辅机的运转安全时，则可以不设遥控关闭装置。

7.4.3 蒸汽管系

7.4.3.1 工作压力大于 0.98MPa 的蒸汽管沿燃油舱壁布置时，管路与燃油舱壁的距离一般应不小于 250mm。

7.4.4 冷却水管系

7.4.4.1 当每台辅机均自带冷却水泵时，则可不设备用冷却水泵。如多台辅机共用 1 冷却水系统时，则应设冷却水备用泵。也可用其它足够排量的泵代替备用泵。

7.4.4.2 当主机和（或）辅机使用淡水冷却且与海水系统有应急连接时，则可不设备用淡水泵。

7.4.4.3 对于工作时有可能使压力超过其系统设计压力的冷却水泵，应在泵的出口端装设安全阀。如安全阀的排水泄至舱底，则该阀应位于花钢板以上易于见到的地点，且阀的排水应能易于看到。

7.4.4.4 所有用海水冷却的装置，均应设有防蚀措施。

7.4.5 液压传动管系

7.4.5.1 工作压力大于 1.5MPa 的液压部件，一般应独立布置。如不可能，则应对其提供适当的防护。

7.4.5.2 重要用途的液压传动装置中的液压油箱应设有液位计，及压力表以检测液压管路工作压力，如商品车滚装船跳板的液压系统等。

第 5 节 锅炉与压力容器

7.5.1 一般要求

7.5.1.1 锅炉与压力容器应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 5 章的相关规定。

第 6 节 柴油机

7.6.1 一般要求

7.6.1.1 柴油机除本节明确规定外，应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 6 章的相关规定。

7.6.2 燃油系统

7.6.2.1 500 总吨及以上的货船，位于高压燃油泵与燃油喷油器之间的所有外部高压燃油输送管路，应设有一个能够容纳因高压管路破裂对漏出的燃油加以保护的套管管路系统。这种套管包括内装高压燃油管的外管，构成一固定组装件。套管管路系统还应包括一个收集漏油的装置，以及一个燃油管故障报警装置。但对于将高压燃油泵和燃油喷嘴以及之间的高压燃油管路密闭在防护外壳内而无外露部件的柴油机，若其内部设有泄油通路并设有相应的

燃油泄漏报警装置，则不必满足此要求。驱动锚机、绞缆机的柴油机和救生艇用柴油机可免设套管管路系统。

7.6.2.2　对 500 总吨以下货船，气缸直径等于和大于 250mm 的主、辅柴油机，其高压燃油管应可靠地加以防护和固定，以防止燃油或油雾喷射到机器或其周围处的着火源。所漏出的燃油应泄至适当的集油柜中。

7.6.2.3　在 V 型柴油机上，如燃油系统布置在两列气缸之间，则应设置适当的防护和漏油排泄管路。

7.6.2.4　漏出的燃油应在无压力状态下安全地排出，应注意确保漏出的燃油不会混入柴油机的润滑油。

7.6.3　应急发电柴油机的起动、监测与报警

7.6.3.1　应急发电机的原动机，在 0℃下应具有冷机起动的能力。如不具备这种能力或可能遇到更低温度时，可装设加热辅助装置，以保证应急发电机组的低温起动性能。

7.6.3.2　自动起动的每台应急发电机组，应设有起动装置，并配备至少能供 3 次连续起动的能源。储备的能源应受到保护，以免被自动系统耗尽，除非设有第二套独立的起动装置。此外，还应配备能在 30min 内能起动 3 次的第二能源，但人工起动能被证明是有效者除外。

7.6.3.3　应急柴油机应按表7.6.3.3的要求设置报警和安全保护措施，在应急柴油机所在处所，应至少设有表7.6.3.3所要求的报警显示项目，且在报警系统和安全系统发生故障时，仍应保持正常显示状态。

7.6.3.4　报警系统（包括显示）应满足第9章的要求，但显示和报警的项目在驾驶室控制站也可仅设1个组合报警。

7.6.3.5　除在应急柴油机所在处所之外能够切断燃油的供给外，应设有就地停车装置。

应急柴油机的报警和安全保护项目表　　表7. 6. 3. 3

项　目	≥220kW	<220kW
滑油进机压力	压力低	低
滑油进机温度	高	
冷却水或冷却空气出口温度	高	高
冷却水压力或流量	低	
转速	超速时报警并停车	
高压燃油管泄漏	漏油时	漏油时
曲轴箱油雾浓度①	高	

注：① 仅适用于功率≥2250kW 或缸径>300mm 的柴油机。

第 7 节　齿轮传动装置

7.7.1　一般要求

7.7.1.1　齿轮传动装置除本节明确规定外，应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 7 章的相关规定。

7.7.1.2　齿轮传动装置应设有滑油低压报警装置，对于输入功率大于 1470kW 的齿轮传动装置，应设有滑油高温报警装置。

第 8 节　轴系与螺旋桨

7.8.1　一般要求

7.8.1.1　轴系及螺旋桨除本节明确规定外，应符合《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇

第 8 章的规定。

7.8.2 轴套

7.8.2.1 尾管轴或螺旋桨轴在轴承档处的铜套厚度 t 应不小于按下式计算的值：

$$t = 0.03d + 7.5 \quad \text{mm}$$

式中：d——尾管轴或螺旋桨轴在轴承档处的直径，mm。

当采用不锈钢轴套时，轴套厚度取上述计算值的一半，但不小于 6mm。

7.8.2.2 在轴承档之间的轴套厚度可适当减小，但应不小于 $0.75t$。

7.8.2.3 一个轴承处轴套一般应是整体铸造。需要时，允许轴套由几段组成，但应采用可靠的方法焊成一体以防海水浸入。

7.8.2.4 如两段轴承轴套之间使用玻璃钢或工程塑料等物包覆轴身时，则其包覆工艺及与轴套衔接处的结构应能有效地防止海水浸入。一般轴套衔接处可做成半圆槽，包覆多层玻璃钢或工程塑料且用铜丝或不锈钢丝扎牢。接缝部分不应处在轴承区域内。

7.8.2.5 整体式或分段轴套，在粗加工后应进行 0.2MPa 的液压试验，应无裂纹或泄漏现象。

7.8.2.6 轴套应采用热套或液压套合法压入到轴上，不应用销子固定。

7.8.2.7 应提供有效的措施，以防止海水从轴套后端与桨毂之间浸入轴。

7.8.3 尾管及其轴承

7.8.3.1 邻接并支撑螺旋桨的轴承长度规定如下：

（1）对水润滑的铁梨木、合成材料（如合成橡胶或塑料等）轴承，其长度应不小于规范所要求的螺旋桨轴计算直径的 4 倍或实际直径的 3 倍，取其较大值。对于水润滑的合成材料，如果计及轴和螺旋桨重量的静载荷计算得到的轴承比压小于 0.8MPa，轴承长度可适当减小，但不小于规范所要求的该轴承处螺旋桨轴计算直径的 2 倍；

（2）对油润滑的白合金轴承的长度，应不小于规范所要求的螺旋桨轴直径的 2 倍或实际直径的 1.5 倍，取其较大值。如果计及轴和螺旋桨重量的静载荷计算得到的轴承比压小于 0.8MPa，轴承长度可适当减少，但不小于实际直径的 1.5 倍；

（3）对油润滑的合成橡胶或增强树脂或塑料的轴承，其长度应不小于规范所要求的螺旋桨轴直径的 2 倍。如果计及轴和螺旋桨重量的静载荷计算得到的轴承比压小于 0.6MPa，轴承长度可适当减少，但不小于实际直径的 1.5 倍。

若材料已被证明具有足够承载能力以及使用经验，则可考虑增加轴承的压力。

（4）采用其他的轴承材料或润滑方式时，应提供采用其轴承长度的背景资料，如轴承材料的膨胀特性、承压能力等试验结果或使用经验。

7.8.3.2 对水润滑的直径等于或大于 400mm 的铁梨木轴承、以及各种尺寸的橡胶或塑料轴承，应采用强力海水润滑系统，且在进入尾尖舱处或隔舱壁前轴承处的润滑管路上，应装设控制水量的截止阀或旋塞。

7.8.3.3 对油润滑的轴承，应装有认可型的油封装置。

7.8.3.4 对油润滑的轴承，如采用重力油柜润滑系统时，则油柜应设在满载水线以上适当的位置，且在机舱内应设有一低油位报警装置。

7.8.3.5 对油润滑的轴承，应设有冷却润滑油的措施。为此，可在尾尖舱中保持充水至高出尾管的高度，或采用其他适当措施。

7.8.3.6 尾管在船上安装以前，应进行压力为 0.2MPa 的液压试验。

第 9 节　轴系振动与校中

7.9.1　一般要求

7.9.1.1　轴系的布置及轴的结构尺寸除应符合本章第 8 节的规定外，还应符合本节的规定，且所要求的轴系扭振、纵振、回旋振动及校中获得批准后，整个轴系方可最后获得批准。

7.9.1.2　轴系振动与校中的计算书应提交批准。 如认为必要时，其实测报告应提交批准或备查。

7.9.1.3　对新颖或复杂的轴系，如有类似装置的实测报告并符合本节规定时，经详细研究后也可给予批准。

7.9.1.4　如已批准的轴系其后又作更改，如安装高弹性联轴器、轴承尺寸改变、更换机型、更换齿轮箱、更换螺旋桨、增减轴承等等，均需根据不同情况重新进行轴系振动与校中计算，并提交批准。

7.9.1.5　轴系振动与校中计算书，应包括审查核算所需要的详细资料及必要的说明

7.9.2　扭转振动

7.9.2.1　本节规定适用于下列系统：

（1）主柴油机推进系统；

（2）重要用途的额定功率等于或大于110kW的辅柴油机系统；

（3）电力推进系统。

7.9.2.2　扭转振动应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 8 章第 4 节的相关要求。

7.9.3　回旋振动

7.9.3.1 本节规定适用于下列系统：

（1）具有尾轴架的轴系；

（2）尾轴轴承的间距（L）与尾轴直径（D）之比L/D大于40的轴系；

（3）具有万向节联轴器的轴系；

（4）适用于电力推进的轴系。

7.9.3.2　回旋振动应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 8 章第 5 节的相关要求。

7.9.4　纵向振动

7.9.4.1　对主推进轴系，应保证在整个转速范围内没有过大振幅的纵向振动。否则应根据不同情况设转速禁区或采取必要的减振措施。

7.9.4.2　大型低速二冲程柴油机推进轴系的纵向振动特性，应提交批准。

7.9.4.3　纵振计算书应包括：机型、额定功率、额定转速、轴系布置图、系统的纵振当量参数及必要的说明，0节和1节振动的霍尔茨表以及相应的相对振幅矢量和、主要简谐的振动响应及相应的许用值。

7.9.4.4　许用振幅

（1）柴油机推进轴系，在r =0～1.0范围内，由轴系纵振产生的曲轴自由端持续运转的纵振振幅应不超过按下式计算所得的值：

$$[A_{a1}]=\frac{R[\Delta a_0]}{2(\Delta a_k)_{\max}(R+\frac{d_j}{2})} \quad \text{mm}$$

式中：$[A_{a1}]$——曲轴自由端持续运转许用纵振振幅，mm；

$(\Delta a_k)_{\max}$——所计算纵振振型曲轴中相对振幅差的最大值，mm；

d_j——曲轴主轴颈直径，mm；

Δa_0——允许的曲轴臂距差的最大值，mm；

R——曲拐回转半径，mm。

（2）瞬时运转的许用纵振振幅，一般可为持续运转许用值的1.5倍。

（3）如超过持续运转的许用值，则应设转速禁区。一般在r=0.85时由共振或上波坡产生的纵振振幅应不超过持续运转许用值，在r=1.0时由共振或下波坡产生的纵振振幅也应不超过持续运转许用值。

（4）根据制造厂提供的经验数据或详细的计算资料，可采用制造厂提供的许用纵振振幅。

7.9.5 轴系校中

7.9.5.1 下列主推进轴系的轴系校中计算书包括轴系校中说明应提交批准：

（1）尾管后轴承处螺旋桨轴的实际直径等于或大于250mm的轴系；

（2）没有尾管前轴承的、螺旋桨轴直径等于或大于200mm的轴系。

（3）大齿轮由2个或2个以上小齿轮传动的，具有减速齿轮的推进轴系。

（4）确定采用尾管轴承斜镗孔或轴承倾斜的轴系。

（5）轴带发电机或电动机、并作为低速推进轴一部分的轴系。

7.9.5.2 对于7.9.5.1以外的主推进轴系，也可采用合理校中的方法进行校中，如自愿采用合理校中的方法进行校中，则轴系校中计算书连同其安装工艺应提交批准。如没有提交轴系校中计算书，在其轴系强度计算书中应包括轴承间距的选取。

7.9.5.3 轴系校中计算结果应满足本节7.9.5.4的要求。

7.9.5.4 轴系校中要求：

（1）在静态下，所有轴承应为正负荷，即不应出现轴承脱空现象。轴承负荷一般应不小于相邻两跨距间所有重量总和的20%。

（2）轴承负荷一般应不超过下列规定值或制造厂的规定值：

尾管后轴承：本章7.8.3.1的规定值；

尾管前轴承：0.8N/mm^2；

非金属材料尾管轴承：0.3N/mm^2；

中间轴轴承：0.8N/mm^2；

齿轮轴轴承：1 N/mm^2；

柴油机主轴承：柴油机厂的规定值。

（3）各轴的附加弯曲应力，一般应不超过下列值：

螺旋桨轴和尾管轴：20N/mm^2；

中间轴：20N/mm^2；

推力轴：15N/mm^2；

大齿轮轴：10N/mm^{2}或齿轮箱厂的规定值。

（4）施加到柴油机输出法兰处的弯矩和剪力，应不超过柴油机制造厂的规定值（如有要求时）。主机主轴承最小负荷，一般应不小于主轴承许用负荷的10%；也可以接受柴油机厂

规定的最低值，但应在轴系校中计算书中体现。

（5）齿轮箱大齿轮前后轴承负荷之差，应满足制造厂的有关规定。一般应不超过两轴承之间轴段与大齿轮重量之和的 20%。

但如提供轴系运转状态校中计算结果，并确认轴承结构是按运转状态合力作用角确定时，则前后轴承负荷之差可不受 20%的限制，但应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 10 章附录 1 的有关要求。

（6）在尾管后轴承支点处，螺旋桨轴与尾管后轴承的相对倾角，在静态下一般应不超过 3.5×10^{-4} rad。

7.9.5.5 轴系校中计算、轴系校中条件、步骤和检验参考CCS《船上振动控制指南》第9章轴系校中的有关要求。

第 10 节 甲板机械

7.10.1 一般要求

7.10.1.1 操舵装置应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 9 章的相关规定。

7.10.1.2 锚机装置除本节明确规定外，应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 9 章的相关规定。

7.10.1.3 起锚机工作负荷应满足以下规定：起锚机应具有平均速度连续工作 30min 的能力。其工作负载规定如下：

（1）当 $D\leqslant45$m 时，工作负载（F_1）按下式计算：

A1 级锚链：$28.7d^2$ N

A2 级锚链：$32.5d^2$ N

A3 级锚链：$36.3d^2$ N

（2）当 45m < D≤82.5m 时：

A1 级锚链：$37.5\ d^2$ N

A2 级锚链：$42.5d^2$ N

A3 级锚链：$47.5d^2$ N

（3）当 D＞82.5m 时：

A1 级锚链：$37.5\ d^2$ +（D-82.5）×$0.27d^2$ N

A2 级锚链：$42.5d^2$ +（D-82.5）×$0.27d^2$N

A3 级锚链：$47.5d^2$ +（D-82.5）×$0.27d^2$ N

式中：d ——锚链直径，mm；

D——抛锚深度。

起锚机应能在过载负载下连续工作至少 2min，此时不规定速度。其过载负载应不小于 1.5 倍的工作负载。

7.10.1.4 起锚机的链轮或卷筒应装有可靠的制动器，制动器刹紧后，应能承受锚链或钢索断裂负荷 45%的静拉力，或能承受锚链上的最大静负荷；其受力零件不应有永久变形，其制动装置也不应有打滑现象。

第 8 章　电气装置

第 1 节　一般规定

8.1.1　一般要求

8.1.1.1　除本章明确规定外，船舶的电气装置尚应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇的有关要求。

8.1.1.2　船舶的电气装置应能在表 8.1.1.2 所列倾斜状态下正常工作。

船舶倾斜角　　**表 8.1.1.2**

装置和设备	倾斜角①（°）			
	横向		纵向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
应急电气设备、开关设备、电器及电子设备	22.5	22.5	10	10
上列以外的设备、组件	15	22.5	5	7.5

注：①横向和纵向倾斜可能同时发生。

8.1.2　主电源

8.1.2.1　主电源装置应至少为二台发电机组，以保证当一台发电机组失效时，另一台发电机组仍能对船舶推进、船舶安全所必需的设备供电。同时，最低舒适居住条件也应得到保证，至少应包括适当的炊事、取暖、食品冷冻、机械通风、卫生和淡水等设备的供电。

8.1.3　应急电源

8.1.3.1　船舶应设有独立的应急电源。

8.1.3.2　船舶的应急电源可采用独立的蓄电池组或发电机组。航经内河急流航段且转舵扭矩大于 16kN•m 的船舶，舵机应急电源应采用蓄电池组。应急电源应有足够的容量，以保证在主电源失效时，在本节 8.1.3.4 规定的时间内向本节 8.1.3.3 所要求的电气设备供电。

8.1.3.3　应急电源应至少能对下列设备供电：

（1）下列处所的应急照明：

① 每一登乘救生艇、筏的集合地点、登乘地点及其舷外的应急照明；

② 所有服务处所及起居处所内的走廊、梯道和出口处；

③ 机器处所、主配电板和应急配电板处；

④所有控制站；

⑤操舵装置处；

⑥ 消防员装备存放处。

（2）下列设备的应急供电：

① 航行灯和其他号灯；

② 无线电通信设备；

③ 所有在紧急状态下需要的船内通信设备（如应急车钟、广播系统、应急情况下的通信系统等）；

④ 探火和火灾报警系统；

⑤ 断续使用的白昼信号灯、船舶号笛、手动火灾报警按钮；

⑥ 航行设备（5000 总吨及以上的船舶）；

⑦ 应急消防泵（如以应急发电机作为动力源）。

以上③至⑤项所列各项设备，如能由安装在适当位置，按规定时间供电的独立蓄电池组供电者，则可除外；

（3）应急操舵装置（设有电动或电动液压应急操舵装置时）。

8.1.3.4　按本节 8.1.3.3 规定的应急供电范围，应急电源供电时间应不小于下列要求：

（1）不小于 3h；

（2）航经内河水域急流航段且转舵扭矩大于 16kN·m 的船舶，其应急蓄电池组对应急操舵装置的供电时间可不满足本条（1）的要求，但应不小于 1h。

8.1.4　临时应急电源

8.1.4.1　当应急电源采用应急发电机组时，尚应设置一组蓄电池作为临时应急电源，并应满足下列要求：

（1）承载应急负载而无需再充电，并在整个放电期间蓄电池组的电压变化应保持在其额定电压的±12%范围内；

（2）在主电源和应急电源供电失效时，均应能立即向下列设备供电；

① 本节 8.1.3.3（1）所要求的照明和本节 8.1.3.3（2）所要求的航行灯和其他号灯（但对机器处所、服务处所内所需的应急照明，可以设置固定安装、单独、自动充电并以安装继电器控制的蓄电池灯）；

② 本节 8.1.3.3（2）③～⑤所述的设备。

8.1.4.2　临时应急电源按本节 8.1.4.1（2）所述的供电范围，其供电时间应不小于 0.5h。

8.1.5　应急电源、临时应急电源的安装

8.1.5.1　应急（临时应急）电源连同其变换设备（如设有时）、应急配电板以及照明配电板等均应安装在干舷甲板以上易于从露天甲板到达之处，且不应装设在防撞舱壁之前。

8.1.5.2　应急（临时应急）蓄电池组与应急配电板和充电装置不应安装在同一舱室内，但应尽量靠近。当主配电板所在处所发生火灾或其他事故时，不致妨碍应急配电板的功能。

8.1.6　接岸电的要求

8.1.6.1　船舶应安装符合本条要求中的一种岸电系统船载装置。

8.1.6.2　岸电系统船载装置应持有船用产品证书。

8.1.6.3　船舶应建立和实施船舶岸电连接操作程序，以确保连接岸电时的操作安全。

8.1.6.4　当船舶采用低压岸电系统（系指向船舶配电系统供电的电源额定电压（相间电压）为 1kV 及以下的船舶岸电系统）船载装置时应满足如下要求：

(1) 对船舶供电的低压岸电应有足够的容量，且质量应满足《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 1 章第 3 节的相关要求。

(2) 船上应设有低压岸电供电的固定连接装置和连接电缆。连接电缆应采用足够电流定额的耐油、滞燃护套的柔性电缆，并应符合 IEC60092-353 出版物或其他等效标准的规定。电缆的连接端头不应承受外力。

(3) 船舶应设有将船体与岸地（或囤船上接地装置）相连接的设施。

(4) 船电和岸电之间的连接可以通过适当的型式或插头和插座连接。插头和插座的设计应确保不会出现不正确连接，并且确保不能带电插拔。插头、插座应满足相应的标准，如 IEC 60309-5（工业用插头、插座和耦合器。第 5 部分:用于低电压海岸连接系统的插头、插座、船舶连接器的尺寸兼容性和互换性要求(LVSC)）等。

(5) 用作连接岸电的岸电箱应《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 3 章第 3 节的相关要求。

(6) 码头的岸电连接控制处与船舶岸电连接控制处之间应能有效通讯。

(7) 船舶配电板上应设有岸电供电的指示灯。

(8) 岸电和船电之间的负载转移可以通过断电或短时并联方式进行。

(9) 当采用断电方式进行负载转移时，应采取措施避免船舶发电机（包括应急发电机）和岸电同时供电，且配电板上应设有下列指示岸电参数的仪表：

a) 1 只电压表：能分别测量各相电压；

b) 1 只电流表：能分别测量各相电流。

(10) 当采用船舶发电机与岸电短时并联方式进行负载转移时，配电板应设下列仪表、设备，在负载安全转移的前提下，短时并联运行的时间应尽可能短：

a) 2 只电压表[①]：1 个能测量岸电各相电压，1 个测量汇流排电压；

b) 1 只电流表：能分别测量岸电各相电流；

c) 2 只频率表[②]：1 个测量岸电频率，1 个测量汇流排频率；

d) 相序指示器；

e) 同步设备。

(11) 船舶接入岸电时的短路电流计算，应按照 CCS 接受的标准[③]进行。

(12) 岸电供电期间，船舶配电系统中任何安装点的预期短路电流不应超过该点断路器的短路分断和接通能力。

(13) 进行短路评估时，应考虑岸电和船舶电源馈送的预期短路电流，可考虑采取下列措施以限制连接岸电时的预期短路电流：

a) 防止岸电与船舶电源并网运行；或

b) 并网连接转移负载期间限制运行船舶发电机组数量；和/或

c) 限制岸电供电电源输入至船舶配电系统的短路电流。

8.1.6.5 船舶使用高压岸电系统（向船舶配电系统供电的电源额定电压（相间电压）为 1kV 以上但不超过 15kV 的船舶岸电系统）船载装置时时，应满足如下要求：

(1) 岸电系统应有足够的容量，以确保船舶港内停泊时预期使用的设备能够正常工作。

(2) 船舶和码头间应建立等电位连接，并且该连接不应改变船舶配电系统的接地原理。

(3) 岸电系统设置应急切断功能，以确保快速断开岸上和船上的岸电连接断路器。应急切断应能：

a) 应急切断系统应按故障安全原则设计，其布置应能防止被误触动。

b) 如发生下列情况，应自动触发应急切断：

i. 等电位连接断开；

ii. 电缆管理系统发出报警信号(电缆中机械应力过高或剩余电缆长度过低)；

iii. 岸电系统控制和监测线路故障；

iv. 岸电连接插头带电拔出。

c) 应急切断按钮至少应设置在以下位置和处所：

i. 岸电连接配电柜(板)所在处所；

ii. 电缆管理系统操作位置；

iii. 岸电接入控制屏所在处所。

iv. 应急切断动作时，应在港内停泊时有人值班处所发出听觉和视觉报警信号。

v. 应急切断发生后，非经人工复位，断路器不能再次闭合。

---

① 若将岸电电源连接于汇流排时，操作人员易于观察到汇流排的电压和频率，则岸电接入控制屏可仅设置一只电压表。

② 若将岸电电源连接于汇流排时，操作人员易于观察到汇流排的电压和频率，则岸电接入控制屏可仅设置一只频率表。

③ 仅使用岸电时，参照 CCS 指导性文件 GD021-1999《岸上供电交流电力系统的短路电流计算》；岸电和船舶电站短时并联时，参照 IEC60909 系列出版物进行。

(4) 当出现下列情况时，岸电连接断路器(安装在船上)应不能闭合或在闭合位置自动断开：

a) 等电位连接未建立；

b) 岸电连接插头/插座的控制棒电路未接通[①]；

c) 应急切断设备动作；

d) 岸电系统控制和监测线路故障；

e) 电缆管理系统发出报警信号(电缆中机械应力过高或剩余电缆长度过低)；

f) 保护接地系统故障；

g) 岸电供电电源尚未提供。

(5) 船-岸间高压岸电电缆应符合 IEC80005-1 号出版物附录 A 或其他接受的标准的规定。固定敷设的电缆应符合 IEC60092-353 和 IEC60092-354 出版物或其他等效的标准的规定。高压电缆不应通过生活居住舱室敷设。岸电电缆应设置电缆管理系统，以保证：

a) 电缆上承受的机械应力不超过允许的设计值；

b) 在电缆或导线连接的接线端上排除传递机械应力的可能性；

c) 电缆出现过度拉伸时，迅速断开岸电连接断路器。

(6) 岸电和船电之间的负载转移可以通过断电或短时并联方式进行。

(7) 当采用断电方式进行负载转移时，应采取措施避免船舶发电机(包括应急发电机)和岸电同时供电。

(8) 采用短时并联方式时，应满足以下要求：

a) 应设有船电和岸电自动同步设备；

b) 负载转移应能手动和自动进行；

c) 在负载安全转移的前提下，短时并联运行的时间应尽可能短；

d) 当负载转移超过了确定的时间限值时，应停止转移，断开岸电连接断路器，并在有人值班处所发出听觉和视觉报警信号。

(9) 船舶接入岸电时的短路电流计算，应按照 CCS 接受的标准[②]进行。

(10) 岸电供电期间，船舶配电系统中任何安装点的预期短路电流不应超过该点断路器的短路分断和接通能力。

(11) 进行短路评估时，应考虑岸电和船舶电源馈送的预期短路电流，可考虑采取下列措施以限制连接岸电时的预期短路电流：

a) 防止岸电与船电并网运行；或

b) 并网连接转移负载期间限制运行船舶发电机组数量；和/或

c) 限制岸电供电电源输入至船舶配电系统的短路电流。

(12) 岸电连接配电柜(板)应满足 IEC62271-200 出版物中规定的 LSC1 等级的要求。

(13) 岸电连接配电柜(板)应尽可能靠近船上岸电电缆连接处。

(14) 岸电连接配电柜(板)内应设置连接断路器，该断路器应具有欠电压保护、过电流保护和短路保护。

(15) 岸电连接配电柜(板)应安装以下仪表、指示和报警：

a) 1 只电压表：能分别测量各相电压；

b) 1 只电流表：能分别测量各相电流；

c) 1 只频率表；

d) 1 只电度表(可选)；

[①] 通过插头的控制棒与插座中对应插孔良好接触接通该电路。

[②] 仅使用岸电时，参照 CCS 指导性文件 GD021-1999《岸上供电交流电力系统的短路电流计算》；岸电和船舶电站短时并联时，参照 IEC60909 系列出版物进行。

e）岸电指示灯：指明岸电电缆通电；

f）断路器脱扣故障报警；

g）接地故障报警；

h）相序指示器。

(16)如按照本节 2.3.16.12(3)的要求采取限制短路电流的措施，则应在岸电连接配电柜(板)内设置相应设备。

(17)岸电接入控制屏一般作为主配电板的组成部分。

(18)如采用断电方式转移负载，控制屏应设置以下仪表：

a）1 只电压表：能分别测量各相电压；

b）1 只电流表：能分别测量各相电流；

c）1 只频率表；

d）相序指示器。

(19)如采用短时并联方式转移负载，控制屏应设置以下仪表和装置：

a）2 只电压表[①]：1 个能测量岸电各相电压，1 个测量汇流排电压；

b）1 只电流表：能分别测量岸电各相电流；

c）2 只频率表[②]：1 个测量岸电频率，1 个测量汇流排频率；

d）相序指示器；

e）同步设备。

(20)变压器应满足下列要求：

a）具有独立的初级和次级绕组，并符合 IEC60076 系列出版物的适用规定。

b）变压器的一次绕组侧建议采用多极断路器进行短路保护。

c）变压器应尽可能采用干式变压器。若采用油浸式高压变压器，则应在船舶倾斜条件下能正常工作，无溢油的危险；且应采取措施使变压器油不与空气直接接触或采用防止变压器油老化的措施。

d）降压变压器低压侧为 1kV 以下的绝缘系统时，应在低压侧装设击穿式保险器或低压避雷器，以防止高压侧漏电而窜入低压侧。

e）降压变压器低压侧为 1kV 以下的中性点接地系统时，中性点应可靠接地。

(21)船舶和岸上电源之间的连接可以通过适当的型式或插头和插座连接。插头和插座的设计应确保不会出现不正确连接，并且确保不能带电插拔。插头和插座应符合国际[③]和/或国内标准[④]。

(22)高压装置的非绝缘部件的相与相和相与地之间的电气间隙、高压开关柜的布置及操作和维护通道应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 16 章第 3 节的相关要求。

8.1.7 轮机员报警系统

8.1.7.1 500 总吨及以上的船舶应设有能由机舱或机器控制室操作的轮机员报警系统，并应能在轮机员起居处所清晰地听到。

---

① 若将岸电电源连接于汇流排时，操作人员易于观察到汇流排的电压和频率，则岸电接入控制屏可仅设置一只电压表。

② 若将岸电电源连接于汇流排时，操作人员易于观察到汇流排的电压和频率，则岸电接入控制屏可仅设置一只频率表。

③ 参见 IEC62613-1《船舶高压岸电系统用插头、插座和耦合器第 1 部分——通用要求》、IEC62613-2《船舶高压岸电系统用插头、插座和耦合器第 2 部分——不同类型船舶的附件的尺寸兼容性和互换性要求》和 IEC80005-1《实用的连接端口 - 第 1 部分：高压岸上连接（ HVSC ）系统 - 一般要求》。

④ 参见 GB/T 30845.1《高压岸电连接系统(HVSC 系统)用插头、插座和船用耦合器 第 1 部分:通用要求》、GB/T 30845.2《高压岸电连接系统(HVSC 系统)用插头、插座和船用耦合器 第 2 部分：不同类型的船舶用附件的尺寸兼容性和互换性要求》。

8.1.7.2　听觉警报器可以集中安装在轮机员起居处所的走廊中，或者安装在各轮机员舱室和餐厅中。

如采用分散布置，则应能单一和集中地向轮机员发出报警。

8.1.8　公共广播系统

8.1.8.1　500 总吨及以上的船舶应设有满足下列要求的公共广播系统：

（1）应能从驾驶室和消防控制站等处所，向船员通常所在的所有处所以及集合站发送广播信息；

（2）应不需要接收者进行任何操作即可接收广播信息；

（3）应有防止未经许可使用的保护；

（4）放大器应有足够的输出功率，以使作广播紧急通告用的所有扬声器能同时工作；

（5）其布置应能防止音频反馈或其他干扰；

（6）当船舶在正常航行状态下航行时，广播紧急通告的声压级应不低于：

① 内部处所 75dB（A），并应至少高于语音干扰声压级 20dB（A）；

② 外部处所 80dB（A），并应至少高于语音干扰声压级 15dB（A）；

（7）应能由主电源和应急电源供电。

8.1.9　照明及其他设备供电

8.1.9.1　下列设备应由主配电板设单独馈电线供电:

（1）主照明变压器；

（2）航行灯、信号灯控制箱；

（3）探照灯分配电板；

（4）舱室照明分配电板；

（5）机舱和机器处所照明分配电板；

（6）雷达；

（7）无线电通信设备分配电板；

（8）助航设备分配电板；

（9）主机控制系统。

8.1.9.2　驾驶室内的电气设备，如助航设备分配电板、信号灯控制箱、工作灯和探照灯分配电板、室外照明分配电板等集中设置在驾驶室集中控制板内时，若采用集中供电，应由主配电板设 2 路单独馈电线对其供电。每路馈电线的电流定额均应满足驾驶室控制板内电气设备满负载时的用电，并应保证其中一路馈电线故障时，另一路应能通过自动或手动转换使驾驶室控制板得到供电。同时，尚应由应急配电板设一路单独馈电线对所需应急设备供电。

当采取高、低压隔离措施后，驾驶室的直流低压分配电板允许设在驾驶室集中控制板内。

8.1.9.3　独立安装或设在驾驶室集中控制板（台）上的航行灯控制箱均应由两路供电，其中一路应由主配电板供电，另一路应由应急配电板供电。

第 9 章　控制、监测、报警和安全系统

第 1 节　一般规定

9.1.1　一般要求

9.1.1.1　船舶的控制、监测、报警和安全系统，应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关要求。