规范文件
R022AM01-2026

中 国 船 级 社

集装箱船结构规范

修 改 通 报

2026

2026 年 7 月 1 日生效

北 京

目　录

第 1 章　总　则 1
　第 1 节　一般规定 1
　第 3 节　符合验证 3
第 3 章　结构设计原则 4
　第 2 节　净尺寸方法 4
　第 3 节　腐蚀增量 4
　第 5 节　结构细节原则 5
第 4 章　载　荷 8
　第 1 节　一般规定 8
　第 2 节　动载荷工况 9
　第 3 节　船舶运动和加速度 38
　第 4 节　船体梁载荷 41
　第 5 节　外部载荷 45
　第 6 节　内部载荷 78
　第 8 节　装载工况 79
第 5 章　船体梁强度 87
　第 1 节　一般要求 87
　第 2 节　船体梁屈服强度 87
第 6 章　船体局部构件尺寸要求 89
　第 1 节　一般规定 89
　第 2 节　最小厚度 90
　第 3 节　板 92
　第 5 节　主要支撑构件和支柱 93
　第 6 节　首部、机器处所、尾部 94
　第 7 节　其他特殊要求 94
第 7 章　舱段直接强度分析 100
　第 2 节　舱段结构强度分析 100
第 8 章　整船有限元强度评估 107
　第 1 节　一般规定 107
第 9 章　屈　曲 108
　第 2 节　长细比要求 108
第 10 章　疲　劳 112
　第 1 节　一般规定 112
　第 2 节　评估的结构细节 112
　第 3 节　疲劳评估 113
　第 4 节　简化应力分析 113
　第 7 节　结构细节设计标准 114
第 12 章　集装箱系固 121
　第 1 节　一般规定 121
　第 6 节　集装箱系固结构的强度评估 121

第 7 节　绑扎计算程序 121
第 9 节　集装箱系固系统的批准和认可 126
第 13 章　建　造 128
第 3 节　焊接接头设计 128
第 14 章　营运船舶换新衡准 132
第 1 节　原则和检验要求 132

第 1 章　总　则

第 1 节　一般规定

2　定义

2.23　大开口

符合下述任一条件的甲板开口为大开口：

(1) $\frac{b}{B_1} \geq 0.7$；

(2) $\frac{l_H}{l_{BH}} \geq 0.89$；

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

式中：b ——开口宽度，m，如有几个舱口并列，则 b 代表各开口宽度之和，即 $b=b_1+b_2$，见图 2.23；

B_1 ——在开口长度中点处包括开口在内的甲板宽度，m；

l_H ——开口长度，m；

l_{BH} ——每一舱口两端横向甲板条中心线之间的距离，m，见图 2.23；如舱口前或后再无其他舱口时，则 l_{BH} 算到舱壁为止。

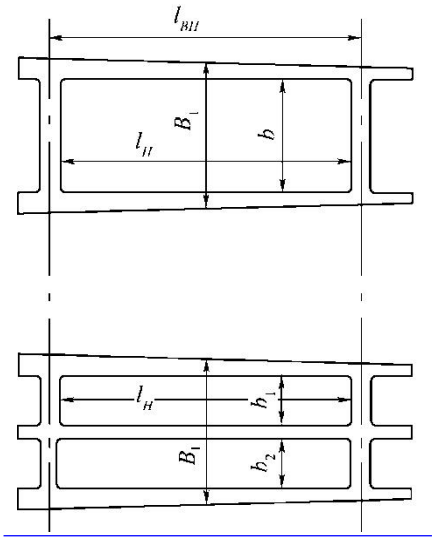


图 2.23　大开口示意图

3 附加标志

3.2 其他附加标志

3.2.1 本规范规定的集装箱船其他附加标志见表 3.2.1。

其他附加标志 **表 3.2.1**

序号	附加标志	说明和应用		技术要求
1	GFE	整船有限元强度评估	（1）符合下列条件之一的集装箱船，该附加标志技术要求为强制： 1) 船长 *L* 大于 250m； ~~2）强力甲板舱口宽度大于 0.89*B*；~~ ~~3~~2) 结构布置非常规形式。 （2）除上述以外的其他集装箱船，该附加标志技术要求为可选。	本规范第 8 章
2	FL	最小疲劳设计寿命	船长 *L* 为 150m 及以上的集装箱船，该附加标志技术要求为强制，并加注（XX,YY）后缀标志，说明如下： XX—船舶运营波浪环境条件，如基于全球波浪谱的环境条件取为 WW，如基于北大西洋波浪谱的环境条件取为 NA； YY—疲劳设计寿命（年），最小疲劳设计寿命至少为 25 年，可以从 25 年开始计以 5 年为间隔；例如，FL（NA，25）表示在北大西洋波浪环境下的设计寿命为 25 年。	本规范第 10 章
3	SFA	基于谱分析的疲劳强度评估	该附加标志技术要求为可选，后缀标志的说明同序号 2。	本规范第 10 章附录 1
4	CLC	集装箱绑扎计算程序	该附加标志技术要求为~~可选~~强制，并可加注后缀标志 V、W，说明如下： V—特定航线。如申请特定航线系固的船舶，可授予附加标志 CLC（V）； W—特定季节。在附加标志 CLC（V）的基础上，如申请特定季节集装箱系固的船舶，可授予 CLC（V，W）。	本规范第 12 章
5	SAF	线性波激振动下疲劳强度评估	对于满足本规范附录 A 中 1.1.3 相关要求的集装箱船，在疲劳强度评估时计及线性波激振动的影响，该附加标志技术要求为强制。	本规范附录 A
6	SWAF	砰击颤振和波激	对于满足本规范附录 A 中 1.1.3 相关要求的集装	本规范附录 A

序号	附加标志	说明和应用		技术要求
		振动下疲劳强度评估	箱船，在疲劳强度评估时计及波激振动和砰击颤振的影响，该附加标志技术要求为强制。	
7	WAU	砰击颤振下船体梁极限强度评估	对于满足本规范附录 A 中 1.1.3 相关要求的集装箱船，在船体梁极限强度评估时计及砰击颤振的影响，该附加标志技术要求 ~~WAU~~ 为强制。	本规范附录 A
8	SLM(B)	首底砰击加强	当航行中最小首吃水小于 0.04*L* 时，应对其从首端向后的底部平坦部分进行加强，可授予该附加标志。	本规范第 6 章第 7 节[3.2]
9	SLM(S)	尾底砰击加强	对具有的大型平坦尾底结构，针对尾底砰击进行加强，可授予该附加标志。	本规范第 6 章第 7 节[3.4]

第 3 节　符合验证

2　应提交的文件

2.2　图纸和资料的提交

2.2.1　应按 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇的要求提交图纸和资料。

2.2.2　在结构图纸上应标明如下信息：

（1）构件的尺寸；

（2）结构连接细节；

（3）设计材料的说明，一般包括钢级、制造工艺、焊接工艺和热处理等；

（4）第 14 章规定的与换新厚度相关的信息（如适用时）。

第 3 章　结构设计原则

第 2 节　净尺寸方法

1　一般要求

1.3　尺度符合

1.3.1　所要求的~~净~~厚度 ~~t_{req}~~ 由按照本规范计算的~~净~~厚度圆整到最近的半毫米得到。~~例如：~~

~~(1)　当 10.75 ≤ $t_{calc\text{-}net}$ < 11.25 mm 时，则本规范要求的净厚度为 11.0 mm。~~

~~(2)　当 11.25 ≤ $t_{calc\text{-}net}$ < 11.75 mm 时，则本规范要求的净厚度为 11.5 mm。~~

第 3 节　腐蚀增量

1　一般要求

1.2　腐蚀增量的确定

1.2.1　结构构件两侧的每一侧的腐蚀增量，t_{c1} 或 t_{c2}，见表 1.2.1。

（1）构件两侧的总腐蚀增量 t_c，mm，用下式求得：

$$t_c = \text{~~Roundup}_{0.5}\text{~~}(t_{c1} + t_{c2})\text{~~)~~} + t_{res}$$

（2）对设定舱室内部构件，总腐蚀增量 t_c 用下式求得：

$$t_c = \text{~~Roundup}_{0.5}\text{~~}(2t_{c1})\text{~~)~~} + t_{res}$$

式中：t_{c1} 指表 1.2.1 中暴露于该舱室的一侧的规定值~~；~~。

~~$\text{Roundup}_{0.5}(t)$ 指 t 按向上圆整半毫米取值。~~

（3）不锈钢或铝制舱室边界和内部构件的腐蚀增量 t_c，mm，取为：

$$t_c = t_{res} = 0.5$$

（4）对于不锈钢复合钢板，碳钢一侧的腐蚀增量 t_{c1} 和不锈钢一侧的腐蚀增量 t_{c2} 分别取为：

t_{c1} 取表 1.2.1 中相应舱室的给定值；

t_{c2}=0。

1.2.2　扶强材的腐蚀增量由其与带板连接处的位置决定。

1.2.3　当局部支撑构件/板由多个腐蚀增量影响，则对整块板列都采用最大的值。

1.2.4　总腐蚀增量 t_c 不必大于 $0.2t_{gr_off}$，船体梁强度校核时除外。

构件单侧的腐蚀增量　　表 1.2.1

舱室类型	腐蚀增量（5）（mm）
暴露于海水（1）	1.0
暴露于大气（2）	1.0
压载水舱、污水舱、污油舱、锚链舱~~（2）~~（3）	1.0
空舱和干舱	0.5
淡水舱、燃油舱和滑油舱	0.5
居住处所	0.0
货舱~~（3）~~（4）	1.0
除上述外的其他舱室	0.5

注：

（1）除最小设计压载吃水线与结构吃水线之间的舷侧板的单侧腐蚀增量取为 1.0mm 外，其他构件的单侧腐蚀增量可取为 0.5mm。确定外板的腐蚀增量时，管隧处应视为压载水舱考虑；

（2）除用于船体梁强度校核外，构件的单侧腐蚀增量可取为 0.5mm；

~~（2）~~（3）锚链舱底向上 3m 范围内的板表面应增加 1.0mm；

~~（3）~~（4）除内底板的单侧腐蚀增量取为 1.0mm 外，其他构件的单侧腐蚀增量可取为 0.5mm；~~对于横舱壁结构，腐蚀增量为 0.5mm。~~

（5）上述腐蚀增量的降低不适用于船体梁强度校核。

第 5 节　结构细节原则

9　甲板及舱口围结构

9.3　强力甲板开口

9.3.1　强力甲板上货舱舱口角隅~~形状~~应满足以下要求：

（1）对于圆形角隅（含采用负半径的圆形角隅），邻接机舱的货舱开口角隅半径应不小于 0.04B，m；近舷侧处的开口角隅半径应不小于 0.35+0.0005L，m；其他位置的角隅半径应不小于 0.25m；

（2）对于抛物线形或椭圆形角隅，一般应符合图 9.3.1 的规定，角隅处的甲板可不需设嵌入板；

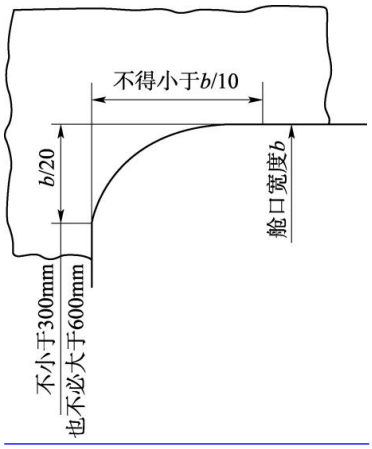


图 9.3.1 抛物线形或椭圆形角隅

~~(2)~~（3）对于采用负半径或不满足（1）、（2）要求的圆角隅，应采用整船有限元方法按第 8 章屈服、第 10 章疲劳要求或其他等效方法进行验证。

9.3.2 强力甲板上货舱舱口圆形角隅处一般应设置加强嵌入板，其延伸范围应符合图 9.3.2 的规定（R 为舱口角隅半径；e 一般应不小于 760mm，且对于纵骨架式应不小于 1 个纵骨间距）。加强嵌入板的厚度和材料应不低于相邻强力甲板。当嵌入板延伸范围不能满足上述要求时，应采用第 8 章整船有限元屈服强度评估和局部细化分析或其他等效方法进行验证。

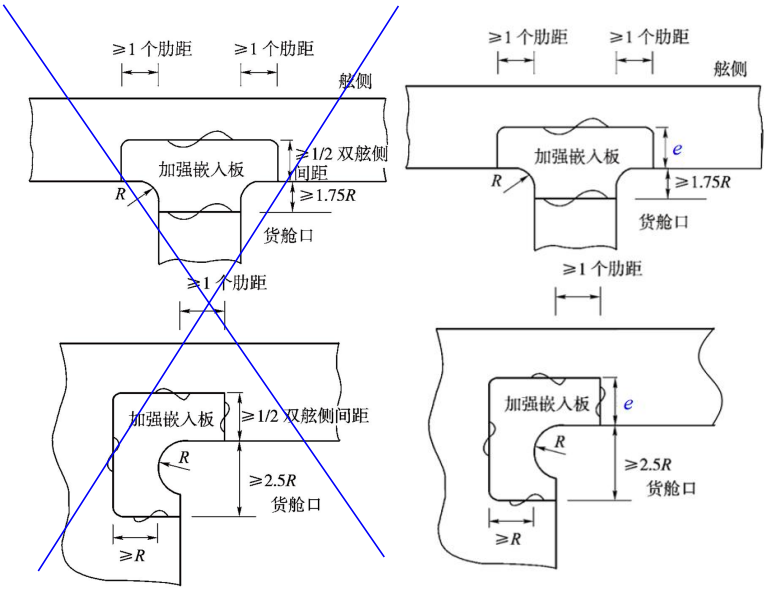


图 9.3.2 圆形角隅加强嵌入板

9.4 货舱舱口围板

~~9.4.2 舱口围板的厚度应不小于按下式计算所得之值：~~

~~$t = 8H\sqrt{\dfrac{R_{eH}}{235}}$，但应不小于 11mm~~

~~式中：H——舱口围板的高度，m；~~

~~R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2。~~

9.4.2　货舱舱口围板的结构应符合 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 2 章第 20 节中的有关规定。

第 4 章　载　荷

第 1 节　一般规定

1　一般要求

1.1　应用

1.1.1　应用范围

本章给出了用于强度评估与疲劳评估的设计载荷。

对于本章第 7 节规定的设计载荷场景，给出了载荷组合。本节采用设计载荷场景规定了适用于集装箱船典型营运模式的设计载荷组。~~本节采用设计载荷场景概念去确定一致的设计载荷组，这些载荷组覆盖了集装箱船的适当的营运模式。~~

1.1.5　强度评估载荷

强度评估应涵盖所有适用~~对所有~~的设计载荷场景~~进行~~，最终的评估应基于最严格的强度要求。

强度评估的每一个设计载荷场景由一个静载荷工况（S）或者一个静+动载荷工况（S+D）组成，静载荷和动载荷取决于所考虑的装载工况。

静载荷在以下章节中定义：

（1）船体梁静水载荷在本章第 4 节定义；

（2）外部载荷在本章第 5 节定义；

（3）内部载荷在本章第 6 节定义。

强度评估的等效设计波以及总体载荷的动载荷组合系数在本章第 2 节 2 中列出。

动载荷分量在以下章节中定义：

（1）船体梁动载荷分量在本章第 4 节定义；

（2）外部载荷在本章第 5 节定义；

（3）内部载荷在本章第 6 节定义。

1.1.6　疲劳评估载荷

~~每一个~~疲劳评估的每一个设计载荷场景由一个静+动（S+D）载荷工况组成，静载荷和动载荷取决于所考虑的装载工况。

第 2 节 动载荷工况

符号

本节未定义的符号，见第 1 章第 4 节。

a_{surge}, $a_{pitch\text{-}x}$, a_{sway}, $a_{roll\text{-}y}$, a_{heave}, $a_{roll\text{-}z}$, $a_{pitch\text{-}z}$：加速度分量，定义见本章第 3 节。

f_{xL} —— 载荷计算点的 X 坐标与 L 的比值，取为：

$$f_{xL} = \frac{x}{L}$$，但不小于 0.0，不大于 1.0；

f_{TL} —— 某一装载工况吃水与 L 的比值，取为：

$$f_{TL} = \frac{T_{LC}}{L}$$；

f_T —— 某一装载条件下吃水与结构吃水的比，取为：

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{SC}}$$，但取不小于 0.5；

T_{LC} —— 所考虑装载工况的船中处的吃水，m；

f_{BL} —— 船宽与船长的比，取为：

$$f_{BL} = \frac{B}{L}$$；

$f_{lp\text{-OSA}}$ —— OSA 载荷工况的扭矩纵向分布系数，取为：

$f_{lp\text{-OSA}} = -(0.2+0.3f_T)$，对于 $x/L < 0.4$；

$f_{lp\text{-OSA}} = (0.2+0.3f_T)(11.5f_{xL}-5.6)$，对于 $0.4 \le x/L < 0.6$；

$f_{lp\text{-OSA}} = 1.3(0.2+0.3f_T)$，对于 $0.6 \le x/L$；

$C_{b\text{-}LC}$ —— 所考虑装载工况的方形系数，定义见本章第 3 节；

$C_{W\text{-}LC}$ —— 所考虑装载工况的水线面系数，定义见本章第 3 节。

1 一般要求

1.1 动载荷工况定义

~~1.1.1 下列等效设计波（EDW）为被用于结构评估的动载荷工况：~~

~~（1）HVM 载荷工况：~~

~~HVM-1 和 HVM-2：分别为垂向波浪弯矩在船中处最小和最大的迎浪等效设计波。~~

~~（2）HVS 载荷工况：~~

~~HVS-1 和 HVS-2：分别为垂向波浪剪力在距船尾 0.75L 处最大和最小的迎浪等效设计波。~~

~~（3）FVM 载荷工况：~~

~~FVM-1 和 FVM-2：分别为垂向波浪弯矩在距船尾 0.25L 处最小和最大的随浪等效设计波。~~

~~（4）BSR 载荷工况：~~

~~BSR-1P 和 BSR-2P：分别为波浪来自左舷时横摇运动最小（左舷向下）和最大（左舷向上）的横浪等效设计波。~~

~~BSR-1S 和 BSR-2S：分别为波浪来自右舷时横摇运动最大（右舷向下）和最小（右舷向上）的横浪等效设计波。~~

~~（5）BSP 载荷工况：~~

~~BSP-1P 和 BSP-2P：分别为左舷船中水线处水动压力最大和最小的横浪等效设计波。~~

~~BSP-1S 和 BSP-2S：分别为右舷船中水线处水动压力最大和最小的横浪等效设计波。~~

~~（6）OST 载荷工况：~~

~~OST-1P 和 OST-2P：分别为波浪来自左舷时距船尾 0.75L 处扭矩最小和最大时的斜浪等效设计波。~~

~~OST-1S 和 OST-2S：分别为波浪来自右舷时距船尾 0.75L 处扭矩最大和最小时的斜浪等效设计波。~~

~~（7）OHM 载荷工况：~~

~~OHM-1P 和 OHM-2P：分别为波浪来自左舷时船中处水平弯矩最小和最大时的斜浪等效设计波。~~

~~OHM-1S 和 OHM-2S：分别为波浪来自右舷时船中处水平弯矩最大和最小时的斜浪等效设计波。~~

~~（8）OHS 载荷工况：~~

~~OHS-1P 和 OHS-2P：分别为波浪来自左舷时距船尾 0.75L 处水平剪力最小和最大时的斜浪等效设计波。~~

~~OHS-1S 和 OHS-2S：分别为波浪来自右舷时距船尾 0.75L 处水平剪力最大和最小时的斜浪等效设计波。~~

~~（9）OVA 载荷工况：~~

~~OVA-1P 和 OVA-2P：分别为波浪来自左舷时船首 L 处垂向加速度最小和最大时的斜浪等效设计波。~~

~~OVA-1S 和 OVA-2S：分别为波浪来自右舷时船首 L 处垂向加速度最小和最大时的斜浪等效设计波。~~

~~注 1：1 和 2 对应每一个等效设计波最大或最小的主导载荷分量。~~

~~注 2：P 和 S 分别对应于上风舷为左舷和右舷。~~

~~1.1.2 FVM 和 OVA 载荷工况不用于疲劳评估。~~

1.1.1　下列等效设计波（EDW）为被用于结构评估的动载荷工况，选取时可参考表 1.1.1（1）。

等效设计波选取　　表 1.1.1（1）

动载荷工况	基本	方形系数 C_b	
		≤0.73	>0.73
HVM	√	-	-
HVS	-	√	-
HSA	-	-	√
FVMf	-	√	-
FVM	-	-	√
BSR	√	-	-
BSP	√	-	-
OSTf	√	-	-
OHM	-	√	-
OHS	√	-	-
OSA	-	-	√
OVA	-	√	-
注：FVMf、HSA、OSA 和 OVA 载荷工况不用于疲劳评估。			

1.1.2　基本动载荷工况：

（1）HVM 载荷工况：

HVM-1 和 HVM-2：分别为垂向波浪弯矩在船中处最小和最大的迎浪等效设计波。

（2）BSR 载荷工况：

BSR-1P 和 BSR-2P：分别为波浪来自左舷时横摇运动最小（左舷向下）和最大（左舷向上）的横浪等效设计波。

BSR-1S 和 BSR-2S：分别为波浪来自右舷时横摇运动最大（右舷向下）和最小（右舷向上）的横浪等效设计波。

（3）BSP 载荷工况：

BSP-1P 和 BSP-2P：分别为左舷船中水线处水动压力最大和最小的横浪等效设计波。

BSP-1S 和 BSP-2S：分别为右舷船中水线处水动压力最大和最小的横浪等效设计波。

（4）OSTf 载荷工况：

OSTf-1P 和 OSTf-2P：分别为波浪来自左舷时距船尾 0.75L 处扭矩最小和最大时的斜浪等效设计波。

OSTf-1S 和 OSTf-2S：分别为波浪来自右舷时距船尾 0.75L 处扭矩最大和最小时的斜浪等效设计波。

（5）OHS 载荷工况：

OHS-1P 和 OHS-2P：分别为波浪来自左舷时距船尾 0.75*L* 处水平剪力最小和最大时的斜浪等效设计波。

OHS-1S 和 OHS-2S：分别为波浪来自右舷时距船尾 0.75*L* 处水平剪力最大和最小时的斜浪等效设计波。

注 1： 1 和 2 对应每一个等效设计波最大或最小的主导载荷分量。

注 2： P 和 S 分别对应于上风舷为左舷和右舷。

1.1.3 对于 C_b 大于 0.73 的船舶还应考虑下列动载荷工况：

（1）HSA 载荷工况：

HSA-1 和 HSA-2：分别为迎浪时垂向加速度在首部最大和最小的迎浪等效设计波。

（2）FVM 载荷工况：

FVM-1 和 FVM-2：分别为垂向波浪弯矩在船中处最小和最大的随浪等效设计波。

（3）OSA 载荷工况：

OSA-1P 和 OSA-2P：分别为波浪来自左舷时纵摇加速度最大和最小时的斜浪等效设计波。

OSA-1S 和 OSA-2S：分别为波浪来自右舷时纵摇加速度最大和最小时的斜浪等效设计波。

1.1.4 对于 C_b 小于或等于 0.73 的船舶还应考虑下列动载荷工况：

（1）HVS 载荷工况：

HVS-1 和 HVS-2：分别为垂向波浪剪力在距船尾 0.75*L* 处最大和最小的迎浪等效设计波。

（2）FVMf 载荷工况：

FVMf-1 和 FVMf-2：分别为垂向波浪弯矩在距船尾 0.25*L* 处最小和最大的随浪等效设计波。

（3）OHM 载荷工况：

OHM-1P 和 OHM-2P：分别为波浪来自左舷时船中处水平弯矩最小和最大时的斜浪等效设计波。

OHM-1S 和 OHM-2S：分别为波浪来自右舷时船中处水平弯矩最大和最小时的斜浪等效设计波。

（4）OVA 载荷工况：

OVA-1P 和 OVA-2P：分别为波浪来自左舷时船首 *L* 处垂向加速度最小和最大时的斜浪等效设计波。

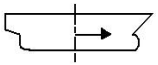
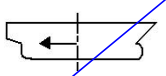
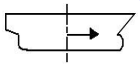
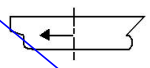
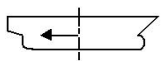
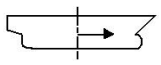
OVA-1S 和 OVA-2S：分别为波浪来自右舷时船首 *L* 处垂向加速度最小和最大时的斜浪等效设计波。

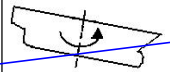
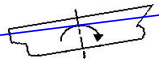
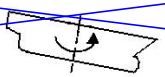
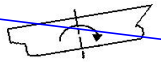
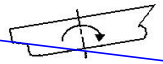
2 强度评估的动载荷工况

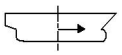
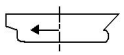
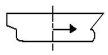
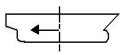
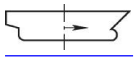
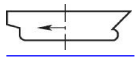
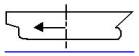
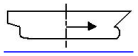
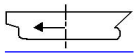
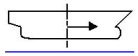
2.1 动载荷工况描述

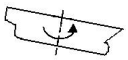
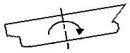
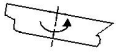
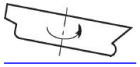
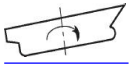
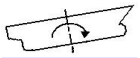
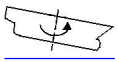
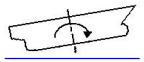
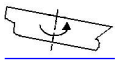
2.1.1 表 2.1.1（1）至表 2.1.1（3）给出了强度评估应考虑的每一个动载荷工况相应的船舶运动响应和总体载荷。

强度评估中用于~~HVM、HVS和FVM~~HVM、HVS、HSA、FVMf和FVM载荷工况的船舶响应 **表2.1.1（1）**

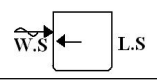
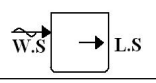
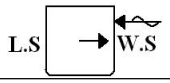
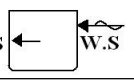
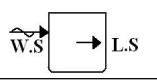
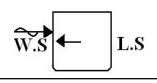
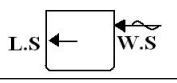
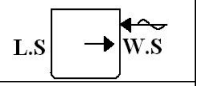
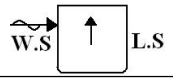
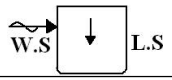
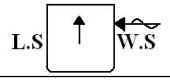
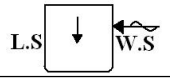
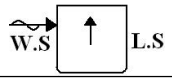
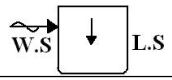
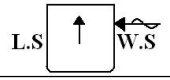
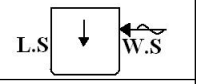
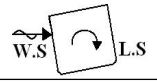
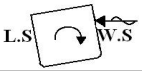
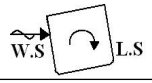
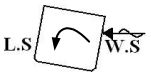
~~载荷工况~~	~~HVM-1~~	~~HVM-2~~	~~HVS-1~~	~~HVS-2~~	~~FVM-1~~	~~FVM-2~~
~~等效设计波~~	~~HVM~~		~~HVS~~		~~FVM~~	
~~浪向~~	~~迎浪~~		~~迎浪~~		~~随浪~~	
~~作用~~	~~垂向弯矩最大~~		~~垂向剪力最大~~		~~垂向弯矩最大~~	
~~垂向波浪弯矩~~	~~中垂~~	~~中拱~~	~~中垂~~	~~中拱~~	~~中垂~~	~~中拱~~
~~垂向波浪剪力~~	~~负-后部~~ ~~正-前部~~	~~正-后部~~ ~~负-前部~~	~~负-后部~~ ~~正-前部~~	~~正-后部~~ ~~负-前部~~	~~负-后部~~ ~~正-前部~~	~~正-后部~~ ~~负-前部~~
~~水平波浪弯矩~~	-	-	-	-	-	-
~~水平波浪剪力~~	-	-	-	-	-	-
~~波浪扭矩~~	-	-	-	-	-	-
~~纵荡~~	~~向艉~~	~~向艏~~	~~向艉~~	~~向艏~~	~~向艏~~	~~向艉~~
~~纵荡加速度~~						
~~横荡~~	-	-	-	-	-	-
~~横荡加速度~~	-	-	-	-	-	-
~~垂荡~~	~~向下~~	~~向上~~	~~向下~~	~~向上~~	~~向下~~	~~向上~~
~~垂荡加速度~~						
~~横摇~~	-	-	-	-	-	-
~~横摇加速度~~	-	-	-	-	-	-

纵摇	艏向下	艏向上	艏向下	艏向上	艏向上	艏向下
纵摇加速度						

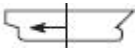
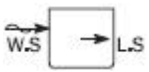
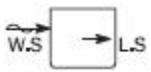
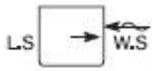
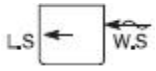
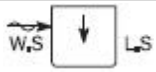
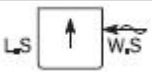
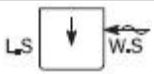
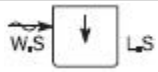
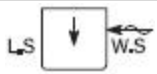
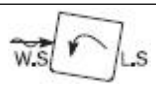
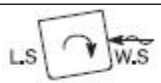
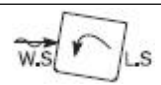
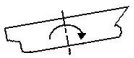
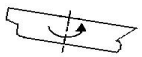
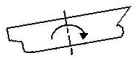
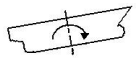
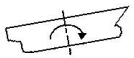
载荷工况	HVM-1	HVM-2	HVS-1	HVS-2	HSA-1	HSA-2	FVMf-1	FVMf-2	FVM-1	FVM-2
等效设计波	HVM		HVS		HSA		FVMf		FVM	
浪向	迎浪		迎浪		迎浪		随浪		随浪	
作用	垂向弯矩最大		垂向剪力最大		垂向加速度最大		垂向弯矩最大		垂向弯矩最大	
垂向波浪弯矩	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
水平波浪剪力	-	-	-	-			-	-		
波浪扭矩	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
纵荡	向尾	向首	向尾	向首	向尾	向首	向首	向尾	向首	向尾
纵荡加速度										
横荡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
横荡加速度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
垂荡	向下	向上	向下	向上	向下	向上	向下	向上	向下	向上

垂荡加速度										
横摇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
横摇加速度	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
纵摇	首向下	首向上	首向下	首向上	首向下	首向上	首向上	首向下	首向上	首向下
纵摇加速度										

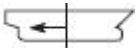
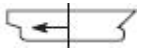
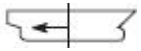
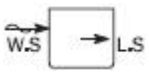
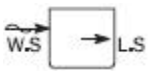
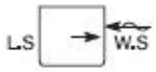
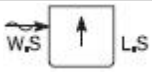
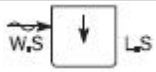
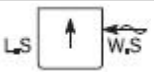
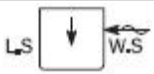
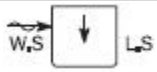
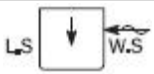
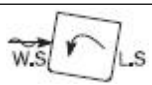
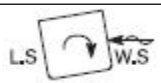
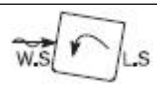
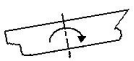
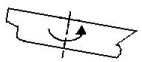
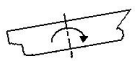
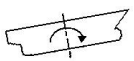
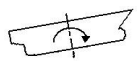
强度评估中用于BSR和BSP载荷工况的船舶响应　　表2.1.1（2）

载荷工况	BSR-1P	BSR-2P	BSR-1S	BSR-2S	BSP-1P	BSP-2P	BSP-1S	BSP-2S
等效设计波	BSR		BSR		BSP		BSP	
浪向	横浪				横浪			
作用	横摇最大				水线处压力最大			
垂向波浪弯矩	-	-	-	-	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	-	-	-	-	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉
水平波浪剪力	-	-	-	-	-	-	-	-
波浪扭矩	-	-	-	-	-	-	-	-
纵荡	-	-	-	-	-	-	-	-
纵荡加速度	-	-	-	-	-	-	-	-
横荡	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷	向左舷	向右舷	向右舷	向左舷
横荡加速度								
垂荡	向下	向上	向下	向上	向下	向上	向下	向上
垂荡加速度								
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度								
纵摇	-	-	-	-	-	-	-	-
纵摇加速度	-	-	-	-	-	-	-	-

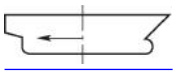
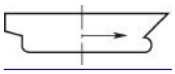
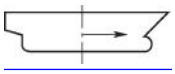
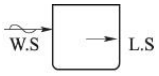
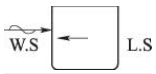
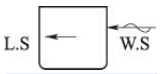
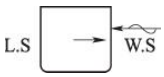
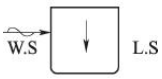
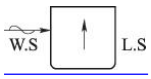
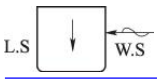
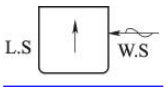
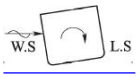
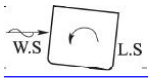
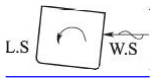
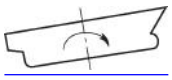
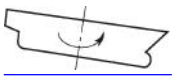
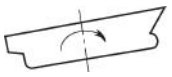
强度评估中用于~~OST、OHM、OHS和OVA~~OSTf、OHM、OHS、OSA和OVA载荷工况的船舶响应　　表2.1.1（3）

载荷工况	OSTf-1P	OSTf-2P	OSTf-1S	OSTf-2S	OHM-1P	OHM-2P	OHM-1S	OHM-2S
等效设计波	OST				OHM			
浪向	斜浪				斜浪			
作用	扭矩最大				水平弯矩最大			
垂向波浪弯矩	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉
水平波浪剪力	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
波浪扭矩	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
纵荡	向首	向尾	向首	向尾	向尾	向首	向尾	向首
纵荡加速度								
横荡	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷
横荡加速度								
垂荡	向下	向上	向下	向上	向下	向上	向下	向上
垂荡加速度								
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度								
纵摇	首向上	首向下	首向上	首向下	首向下	首向上	首向下	首向上
纵摇加速度								

续上表

载荷工况	OHS-1P	OHS-2P	OHS-1S	OHS-2S	OVA-1P	OVA-2P	OVA-1S	OVA-2S
等效设计波	OHS				OVA			
浪向	斜浪				斜浪			
作用	水平剪力最大				垂向加速度最大			
垂向波浪弯矩	中垂	中拱	中垂	中拱	中拱	中垂	中拱	中垂
垂向波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
水平波浪弯矩	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉
水平波浪剪力	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
波浪扭矩	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
纵荡	向首	向尾	向首	向尾	向首	向尾	向首	向尾
纵荡加速度								
横荡	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷	向左舷	向右舷	向右舷	向左舷
横荡加速度								
垂荡	向下	向上	向下	向上	向上	向下	向上	向下
垂荡加速度								
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度								
纵摇	首向上	首向下	首向上	首向下	首向上	首向下	首向上	首向下
纵摇加速度								

续上表

载荷工况	OSA-1P	OSA-2P	OSA-1S	OSA-2S
等效设计波	OSA			
浪向	斜浪			
作用	纵摇加速度最大			
垂向波浪弯矩	中拱	中垂	中拱	中垂
垂向波浪剪力	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
水平波浪弯矩	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉
水平波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
波浪扭矩	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
纵荡	向首	向尾	向首	向尾
纵荡加速度				
横荡	向左舷	向右舷	向右舷	向左舷
横荡加速度				
垂荡	向上	向下	向上	向下
垂荡加速度				
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度				
纵摇	首向上	首向下	首向上	首向下
纵摇加速度				

2.2 载荷组合系数

2.2.1 用于强度评估总体载荷及惯性载荷分量的载荷组合系数 LCF 的定义见：

表 2.2.1（1）：~~HVM、HVS 和 FVM~~HVM、HVS、HSA、FVMf 和 FVM 载荷工况的载荷组合系数；

表 2.2.1（2）：BSR 和 BSP 载荷工况的载荷组合系数；

表 2.2.1（3）：~~OST、OHM、OHS 和 OVA~~OSTf、OHM、OHS、OSA 和 OVA 载荷工况的载荷组合系数。

强度评估中用于HVM、HVS、HSA、FVMf和FVM载荷工况的载荷组合系数　　表2.2.1（1）

载荷分量		LCF	HVM-1	HVM-2	HVS-1	HVS-2	FVM-1	FVM-2
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-1	1	-1	1	-1	1
	Q_{wv}	C_{QW}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-f_{lp}$	f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0	0	0	0	0	0
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$0.71-8.88f_{TL}$	$8.88f_{TL}-0.71$	$0.76-8.8f_{TL}$	$8.8f_{TL}-0.76$	$-0.07-4.29f_{TL}$	$4.29f_{TL}+0.07$
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	-0.6	0.6	-0.66	0.66	0.1	-0.1
	gsinφ	C_{XG}	0.56	-0.56	0.6	-0.6	-0.15	0.15
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0
	a_{roll-y}	C_{YR}	0	0	0	0	0	0
	gsinθ	C_{YG}	0	0	0	0	0	0
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$7.9f_{TL}-0.09$	$0.09-7.9f_{TL}$	$8.5f_{TL}-0.1$	$0.1-8.5f_{TL}$	0.14	-0.14
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0	0	0	0	0	0
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	-0.6	0.6	-0.66	0.66	0.1	-0.1

载荷分量		LCF	HVM-1	HVM-2	HVS-1	HVS-2	HSA-1	HSA-2
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-1	1	-1	1	-0.7	0.7
	Q_{wv}	C_{QW}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-0.6f_{lp}$	$0.6f_{lp}$
	M_{wh}	C_{WH}	0	0	0	0	0	0
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$1.05-1.14C_{b-LC}$	$1.14C_{b-LC}-1.05$	$0.76-8.8f_{TL}$	$8.8f_{TL}-0.76$	$1.02-12.7f_{TL}$	$12.7f_{TL}-1.02$
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	$0.0011L-0.81$	$0.81-0.0011L$	-0.66	0.66	-1	1

	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0.56	-0.56	0.6	-0.6	0.85	-0.85
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0	0	0	0	0	0
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	0	0
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$9.2f_{TL}$-0.17	0.17-$9.2f_{TL}$	$8.5f_{TL}$-0.1	0.1-$8.5f_{TL}$	$6.32f_{TL}$+0.08	-$6.32f_{TL}$-0.08
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0	0	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0.0011L-0.81	0.81-0.0011L	-0.66	0.66	-1	1

续上表

载荷分量		LCF	FVMf-1	FVMf-2	FVM-1	FVM-2
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-1	1	-1	1
	Q_{wv}	C_{QW}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-f_{lp}$	f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0	0	0	0
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	-0.07-$4.29f_{TL}$	$4.29f_{TL}$+0.07	-0.12	0.12
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	0.1	-0.1	0.08	-0.08
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	-0.15	0.15	-0.12	0.12
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0	0	0	0
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.14	-0.14	0.13	-0.13
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0	0	0	0
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0.1	-0.1	0.08	-0.08

强度评估中用于BSR和BSP载荷工况的载荷组合系数　　表2.2.1（2）

载荷分量		LCF	BSR-1P	BSR-2P	BSR-1S	BSR-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0	0	0	0
	Q_{wv}	C_{QW}	0	0	0	0
	M_{wh}	C_{WH}	$1.29-23f_{TL}$	$23f_{TL}-1.29$	$23f_{TL}-1.29$	$1.29-23f_{TL}$
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	gsinφ	C_{XG}	0	0	0	0
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.74-1.72\omega_R$	$1.72\omega_R-0.74$	$1.72\omega_R-0.74$	$0.74-1.72\omega_R$
	a_{roll-y}	C_{YR}	1	-1	-1	1
	gsinθ	C_{YG}	-1	1	1	-1
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$1.02-0.17T_R$	$0.17T_R-1.02$	$1.02-0.17T_R$	$0.17T_R-1.02$
	a_{roll-z}	C_{ZR}	1	-1	-1	1
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

载荷分量		LCF	BSR-1P	BSR-2P	BSR-1S	BSR-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0	0	0	0
	Q_{wv}	C_{QW}	0	0	0	0
	M_{wh}	C_{WH}	$1.05-14.5f_{TL}$	$14.5f_{TL}-1.05$	$14.5f_{TL}-1.05$	$1.05-14.5f_{TL}$
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	gsinφ	C_{XG}	0	0	0	0
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.67C_{b-LC}-0.29$	$0.29-0.67C_{b-LC}$	$0.29-0.67C_{b-LC}$	$0.67C_{b-LC}-0.29$
	a_{roll-y}	C_{YR}	1	-1	-1	1
	gsinθ	C_{YG}	-1	1	1	-1

垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.62-4.6f_{TL}	4.6f_{TL}-0.62	0.62-4.6f_{TL}	4.6f_{TL}-0.62
	a_{roll-z}	C_{ZR}	1	-1	-1	1
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

续上表

载荷分量		LCF	BSP-1P	BSP-2P	BSP-1S	BSP-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-0.22	0.22	-0.22	0.22
	Q_{wv}	C_{QW}	-0.22f_{lp}	0.22f_{lp}	-0.22f_{lp}	0.22f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0.91-14.5f_{TL}	14.5 f_{TL}-0.91	14.5f_{TL}-0.91	0.91-14.5f_{TL}
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	gsinφ	C_{XG}	0	0	0	0
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0.82ω_R-0.91	0.91-0.82ω_R	0.91-0.82ω_R	0.82ω_R-0.91
	a_{roll-y}	C_{YR}	0.95-0.15T_R	0.15T_R-0.95	0.15T_R-0.95	0.95-0.15T_R
	gsinθ	C_{YG}	-0.3	0.3	0.3	-0.3
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1	-1	1	-1
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0.95-0.15T_R	0.15T_R-0.95	0.15T_R-0.95	0.95-0.15T_R
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

载荷分量		LCF	BSP-1P	BSP-2P	BSP-1S	BSP-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.13-7.14f_{TL}	7.14f_{TL}-0.13	0.13-7.14f_{TL}	7.14f_{TL}-0.13
	Q_{wv}	C_{QW}	（0.13-7.14f_{TL}）f_{lp}	（7.14f_{TL}-0.13）f_{lp}	（0.13-7.14f_{TL}）f_{lp}	（7.14f_{TL}-0.13）f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0.62-9.17f_{TL}	9.17f_{TL}-0.62	9.17f_{TL}-0.62	0.62-9.17f_{TL}
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	gsinφ	C_{XG}	0	0	0	0

横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	-0.57-2.9f_{TL}	0.57+2.9f_{TL}	0.57+2.9f_{TL}	-0.57-2.9f_{TL}
	a_{roll-y}	C_{YR}	0.51-3f_{TL}	3f_{TL}-0.51	3f_{TL}-0.51	0.51-3f_{TL}
	gsinθ	C_{YG}	-0.22	0.22	0.22	-0.22
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1	-1	1	-1
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0.51-3f_{TL}	3f_{TL}-0.51	3f_{TL}-0.51	0.51-3f_{TL}
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

强度评估中用于~~OST、OHM、OHS和OVA~~OSTf、OHM、OHS、OSA和OVA载荷工况的载荷组合系数　　表**2.2.1**（3）

载荷分量		LCF	OSTf-1P	OSTf-2P	OSTf-1S	OSTf-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.6-1.06C_{W-LC}	1.06C_{W-LC}-0.60	0.6-1.06C_{W-LC}	1.06C_{W-LC}-0.60
	Q_{wv}	C_{QW}	(0.6-1.06C_{W-LC})f_{lp}	(1.06C_{W-LC}-0.60)f_{lp}	(0.6-1.06C_{W-LC})f_{lp}	(1.06C_{W-LC}-0.60)f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	-1	1	1	-1
	Q_{wh}	C_{QH}	f_{lp}	-f_{lp}	-f_{lp}	f_{lp}
	M_{wt}	C_{WT}	-f_{lp}	f_{lp}	f_{lp}	-f_{lp}
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	-0.07-2.93f_{TL}	2.93f_{TL}+0.07	-0.07-2.93f_{TL}	2.93f_{TL}+0.07
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0.74-6.3f_{TL}	6.3f_{TL}-0.74	0.74-6.3f_{TL}	6.3f_{TL}-0.74
	gsinφ	C_{XG}	0.12-0.66C_{b-LC}	0.66C_{b-LC}-0.12	0.12-0.66C_{b-LC}	0.66C_{b-LC}-0.12
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0.33-3.89f_{TL}	3.89f_{TL} -0.33	3.89f_{TL}-0.33	0.33-3.89f_{TL}
	a_{roll-y}	C_{YR}	11.7f_{TL}-0.69	0.69-11.7f_{TL}	0.69-11.7f_{TL}	11.7f_{TL}-0.69
	gsinθ	C_{YG}	0.63-10.2f_{TL}	10.2f_{TL}-0.63	10.2f_{TL}-0.63	0.63-10.2f_{TL}
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1.8f_{TL}+0.1	-0.1-1.8f_{TL}	1.8f_{TL}+0.1	-0.1-1.8f_{TL}
	a_{roll-z}	C_{ZR}	11.7f_{TL}-0.69	0.69-11.7f_{TL}	0.69-11.7f_{TL}	11.7f_{TL}-0.69
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0.74-6.3f_{TL}	6.3f_{TL}-0.74	0.74-6.3f_{TL}	6.3f_{TL}-0.74

续上表

载荷分量		LCF	OHM-1P	OHM-2P	OHM-1S	OHM-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	7.1f_{TL}-0.63	0.63-7.1f_{TL}	7.1f_{TL}-0.63	0.63-7.1f_{TL}
	Q_{wv}	C_{QW}	(7.1f_{TL}-0.63)f_{lp}	(0.63-7.1f_{TL})f_{lp}	(7.1f_{TL}-0.63) f_{lp}	(0.63-7.1f_{TL}) f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	-1	1	1	-1
	Q_{wh}	C_{QH}	f_{lp}	-f_{lp}	-f_{lp}	f_{lp}

	M_{wt}	C_{WT}	$-f_{lp}$	f_{lp}	f_{lp}	$-f_{lp}$
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0.2	-0.2	0.2	-0.2
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	$10f_{TL}$-0.7	0.7-$10f_{TL}$	$10f_{TL}$-0.7	0.7-$10f_{TL}$
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0.37	-0.37	0.37	-0.37
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0.27	-0.27	-0.27	0.27
	a_{roll-y}	C_{YR}	$8.5f_{TL}$-0.86	0.86-$8.5f_{TL}$	0.86-$8.5f_{TL}$	$8.5f_{TL}$-0.86
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0.7-$10.5f_{TL}$	$10.5f_{TL}$-0.7	$10.5f_{TL}$-0.7	0.7-$10.5f_{TL}$
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.19	-0.19	0.19	-0.19
	a_{roll-z}	C_{ZR}	$8.5f_{TL}$-0.86	0.86-$8.5f_{TL}$	0.86-$8.5f_{TL}$	$8.5f_{TL}$-0.86
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	$10f_{TL}$-0.7	0.7-$10f_{TL}$	$10f_{TL}$-0.7	0.7-$10f_{TL}$

续上表

载荷分量		LCF	OHS-1P	OHS-2P	OHS-1S	OHS-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.86-1.34C_{W-LC}	1.34C_{W-LC}-0.86	0.86-1.34C_{W-LC}	1.34C_{W-LC}-0.86
	Q_{wv}	C_{QW}	(0.86-1.34C_{W-LC})f_{lp}	(1.34C_{W-LC}-0.86)f_{lp}	(0.86-1.34C_{W-LC})f_{lp}	(1.34C_{W-LC} -0.86)f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	-1	1	1	-1
	Q_{wh}	C_{QH}	f_{lp}	$-f_{lp}$	$-f_{lp}$	f_{lp}
	M_{wt}	C_{WT}	$-f_{lp}$	f_{lp}	f_{lp}	$-f_{lp}$
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$3f_{TL}$-0.38	0.38-$3f_{TL}$	$3f_{TL}$-0.38	0.38-$3f_{TL}$
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0.2+$6.24f_{TL}$	-0.2-$6.24f_{TL}$	0.2+$6.24f_{TL}$	-0.2-$6.24f_{TL}$
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	1.28C_{b-LC}-1.13	1.13-1.28C_{b-LC}	1.28C_{b-LC}-1.13	1.13-1.28C_{b-LC}
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.55f_{TL}$+0.08	-0.08-$0.55f_{TL}$	-0.08-$0.55f_{TL}$	$0.55f_{TL}$+0.08
	a_{roll-y}	C_{YR}	$11.6f_{TL}$-0.69	0.69-$11.6f_{TL}$	0.69-$11.6f_{TL}$	$11.6f_{TL}$-0.69
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0.66-$10.5f_{TL}$	$10.5f_{TL}$-0.66	$10.5f_{TL}$-0.66	0.66-$10.5f_{TL}$
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.23	-0.23	0.23	-0.23
	a_{roll-z}	C_{ZR}	$11.6f_{TL}$-0.69	0.69-$11.6f_{TL}$	0.69-$11.6f_{TL}$	$11.6f_{TL}$-0.69
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0.2+$6.24f_{TL}$	-0.2-$6.24f_{TL}$	0.2+$6.24f_{TL}$	-0.2-$6.24f_{TL}$

续上表

载荷分量		LCF	OSA-1P	OSA-2P	OSA-1S	OSA-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.65-3.18f_{TL}	3.18f_{TL}-0.65	0.65-3.18f_{TL}	3.18f_{TL}-0.65
	Q_{wv}	C_{QW}	(0.55-1.7f_{TL})f_{lp}	(1.7f_{TL}-0.55)f_{lp}	(0.55-1.7f_{TL})f_{lp}	(1.7f_{TL}-0.55)f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	1.37-1.26$C_{b\text{-}LC}$	1.26$C_{b\text{-}LC}$-1.37	1.26$C_{b\text{-}LC}$-1.37	1.37-1.26$C_{b\text{-}LC}$
	Q_{wh}	C_{QH}	/	/	/	/
	M_{wt}	C_{WT}	-0.7$f_{lp\text{-}OSA}$	0.7$f_{lp\text{-}OSA}$	0.7$f_{lp\text{-}OSA}$	-0.7$f_{lp\text{-}OSA}$
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	5.25f_{TL}-0.57	0.57-5.25f_{TL}	5.25f_{TL}-0.57	0.57-5.25f_{TL}
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	1	-1	1	-1
	gsinφ	C_{XG}	-0.68	0.68	-0.68	0.68
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	-0.19-1.9f_{TL}	0.19+1.9f_{TL}	0.19+1.9f_{TL}	-0.19-1.9f_{TL}
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0.15	-0.15	-0.15	0.15
	gsinθ	C_{YG}	-0.1	0.1	0.1	-0.1
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1.53$C_{b\text{-}LC}$-1.38	1.38-1.53$C_{b\text{-}LC}$	1.53$C_{b\text{-}LC}$-1.38	1.38-1.53$C_{b\text{-}LC}$
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0.15	-0.15	-0.15	0.15
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	1	-1	1	-1

续上表

载荷分量		LCF	OVA-1P	OVA-2P	OVA-1S	OVA-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.7-2.28f_{TL}	2.28f_{TL}-0.7	0.7-2.28f_{TL}	2.28f_{TL}-0.7
	Q_{wv}	C_{QW}	(0.7-2.28f_{TL})f_{lp}	(2.28f_{TL}-0.7) f_{lp}	(0.7-2.28f_{TL})f_{lp}	(2.28f_{TL}-0.7)f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0.47	-0.47	-0.47	0.47
	Q_{wh}	C_{QH}	-0.47f_{lp}	0.47f_{lp}	0.47f_{lp}	-0.47f_{lp}
	M_{wt}	C_{WT}	0.47f_{lp}	-0.47f_{lp}	-0.47f_{lp}	0.47f_{lp}
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	6.9f_{TL}-0.67	0.67-6.9f_{TL}	6.9f_{TL}-0.67	0.67-6.9f_{TL}
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	1	-1	1	-1
	gsinφ	C_{XG}	-0.66	0.66	-0.66	0.66
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	-0.28	0.28	0.28	-0.28
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0.6-1.2ω_R	1.2ω_R-0.6	1.2ω_R-0.6	0.6-1.2ω_R
	gsinθ	C_{YG}	1.2ω_R-0.6	0.6-1.2ω_R	0.6-1.2ω_R	1.2ω_R-0.6

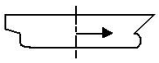
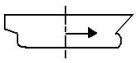
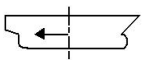
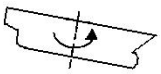
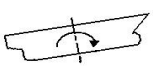
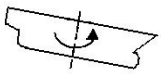
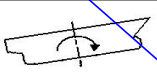
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$-6f_{TL}$	$6f_{TL}$	$-6f_{TL}$	$6f_{TL}$
	a_{roll-z}	C_{ZR}	$0.6-1.2\omega_R$	$1.2\omega_R-0.6$	$1.2\omega_R-0.6$	$0.6-1.2\omega_R$
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	1	-1	1	-1

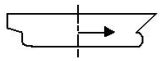
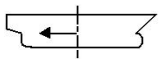
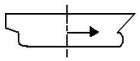
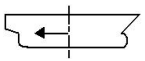
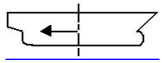
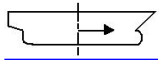
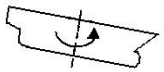
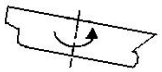
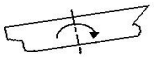
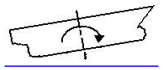
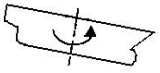
3 疲劳评估的动载荷工况

3.1 动载荷工况描述

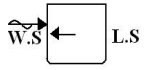
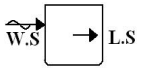
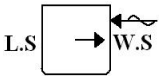
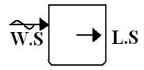
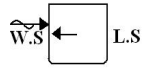
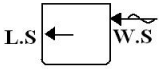
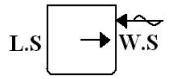
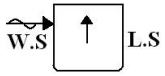
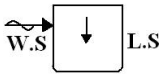
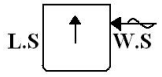
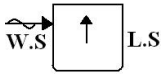
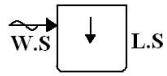
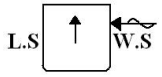
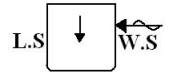
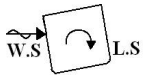
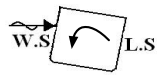
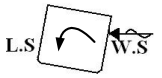
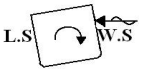
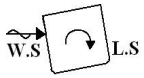
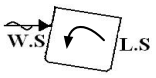
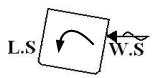
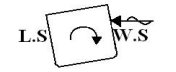
3.1.1 表 3.1.1（1）至表 3.1.1（3）给出了对应于疲劳评估应考虑的每一个动载荷工况的船舶运动响应和总体载荷。

疲劳评估中用于 ~~HVM 和 HVS~~HVM、HVS 和 FVM 载荷工况的船舶响应 表 3.1.1（1）

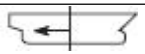
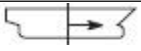
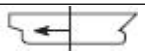
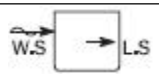
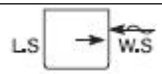
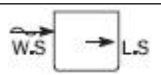
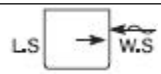
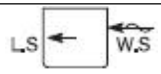
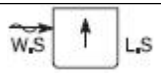
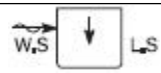
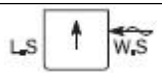
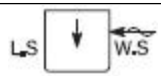
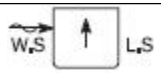
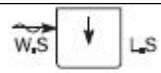
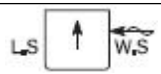
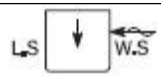
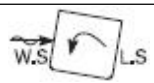
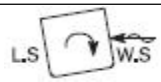
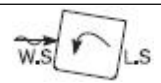
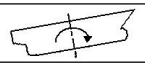
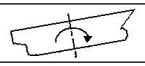
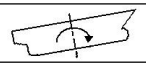
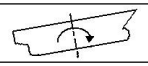
~~载荷工况~~	~~HVM-1~~	~~HVM-2~~	~~HVS-1~~	~~HVS-2~~
~~等效设计波~~	~~HVM~~		~~HVS~~	
~~浪向~~	~~迎浪~~		~~迎浪~~	
~~作用~~	~~垂向弯矩最大~~		~~垂向剪力最大~~	
~~垂向波浪弯矩~~	~~中垂~~	~~中拱~~	~~中垂~~	~~中拱~~
~~垂向波浪剪力~~	~~负-后部 正-前部~~	~~正-后部 负-前部~~	~~负-后部 正-前部~~	~~正-后部 负-前部~~
~~水平波浪弯矩~~	-	-	-	-
~~水平波浪剪力~~	-	-	-	-
~~波浪扭矩~~	-	-	-	-
~~纵荡~~	~~向艉~~	~~向艏~~	~~向艉~~	~~向艏~~
~~纵荡加速度~~				
~~横荡~~	-	-	-	-
~~横荡加速度~~	-	-	-	-
~~垂荡~~	~~向下~~	~~向上~~	~~向下~~	~~向上~~
~~垂荡加速度~~				
~~横摇~~	-	-	-	-
~~横摇加速度~~	-	-	-	-
~~纵摇~~	~~艏向下~~	~~艏向上~~	~~艏向下~~	~~艏向上~~
~~纵摇加速度~~				

载荷工况	HVM-1	HVM-2	HVS-1	HVS-2	FVM-1	FVM-2
等效设计波	HVM		HVS		FVM	
浪向	迎浪		迎浪		随浪	
作用	垂向弯矩最大		垂向剪力最大		垂向弯矩最大	
垂向波浪弯矩	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	-	-	-	-	-	-
水平波浪剪力	-	-	-	-		
波浪扭矩	-	-	-	-	-	-
纵荡	向尾	向首	向尾	向首	向首	向尾
纵荡加速度						
横荡	-	-	-	-	-	-
横荡加速度	-	-	-	-	-	-
垂荡	向下	向上	向下	向上	向下	向上
垂荡加速度						
横摇	-	-	-	-	-	-
横摇加速度	-	-	-	-	-	-
纵摇	首向下	首向上	首向下	首向上	首向上	首向下
纵摇加速度						

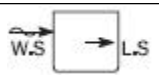
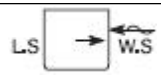
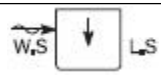
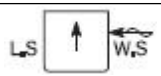
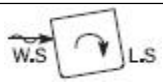
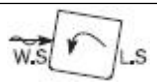
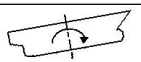
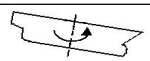
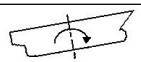
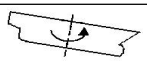
疲劳评估中用于 BSR 和 BSP 载荷工况的船舶响应　　表 **3.1.1（2）**

载荷工况	BSR-1P	BSR-2P	BSR-1S	BSR-2S	BSP-1P	BSP-2P	BSP-1S	BSP-2S
等效设计波	BSR		BSR		BSP		BSP	
浪向	横浪				横浪			
作用	横摇最大				水线处压力最大			
垂向波浪弯矩	-	-	-	-	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	-	-	-	-	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉
水平波浪剪力	-	-	-	-	-	-	-	-
波浪扭矩	-	-	-	-	-	-	-	-
纵荡	-	-	-	-	-	-	-	-
纵荡加速度	-	-	-	-	-	-	-	-
横荡	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷	向左舷	向右舷	向右舷	向左舷
横荡加速度								
垂荡	向下	向上	向下	向上	向下	向上	向下	向上
垂荡加速度								
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度								
纵摇	-	-	-	-	-	-	-	-
纵摇加速度	-	-	-	-	-	-	-	-

疲劳评估中用于 OSTf、OHM、OHS 载荷工况的船舶响应　　表 3.1.1（3）

载荷工况	OSTf-1P	OSTf-2P	OSTf-1S	OSTf-2S	OHM-1P	OHM-2P	OHM-1S	OHM-2S
等效设计波	OST				OHM			
浪向	斜浪				斜浪			
作用	扭矩最大				水平弯矩最大			
垂向波浪弯矩	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉
水平波浪剪力	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
波浪扭矩	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
纵荡	向首	向尾	向首	向尾	向尾	向首	向尾	向首
纵荡加速度								
横荡	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷
横荡加速度								
垂荡	向下	向上	向下	向上	向下	向上	向下	向上
垂荡加速度								
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度								
纵摇	首向上	首向下	首向上	首向下	首向下	首向上	首向下	首向上
纵摇加速度								

续上表

载荷工况	OHS-1P	OHS-2P	OHS-1S	OHS-2S
等效设计波	OHS			
浪向	斜浪			
作用	水平剪力最大			
垂向波浪弯矩	中垂	中拱	中垂	中拱
垂向波浪剪力	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
水平波浪弯矩	左舷受拉	右舷受拉	右舷受拉	左舷受拉
水平波浪剪力	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部
波浪扭矩	负-后部 正-前部	正-后部 负-前部	正-后部 负-前部	负-后部 正-前部
纵荡	向首	向尾	向首	向尾
纵荡加速度				
横荡	向右舷	向左舷	向左舷	向右舷
横荡加速度				
垂荡	向下	向上	向下	向上
垂荡加速度				
横摇	左舷向下	左舷向上	右舷向下	右舷向上
横摇加速度				
纵摇	首向上	首向下	首向上	首向下
纵摇加速度				

3.2 动载荷组合系数

3.2.1 用于疲劳评估的总体载荷及惯性载荷分量的载荷组合系数 LCF 的定义见：

表 3.2.1（1）：HVM 和、HVS 和 FVM 载荷工况的载荷组合系数；

表 3.2.1（2）：BSR 和 BSP 载荷工况的载荷组合系数；

表 3.2.1（3）：OSTf、OHM 和 OHS 载荷工况的载荷组合系数。

疲劳评估中用于 HVM 和 HVSHVM、HVS 和 FVM 载荷工况的载荷组合系数　　表 3.2.1（1）

载荷分量		LCF	HVM-1	HVM-2	HVS-1	HVS-2
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-1	1	-1	1
	Q_{wv}	C_{QW}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-f_{lp}$	f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0	0	0	0
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	$0.74-8.1f_{TL}$	$8.1f_{TL}-0.74$	$0.76-8.58f_{TL}$	$8.58f_{TL}-0.76$
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	$-0.55-7.6f_{TL}$	$0.55+7.6f_{TL}$	$-0.62-6.36f_{TL}$	$0.62+6.36f_{TL}$
	gsinφ	C_{XG}	$0.5+4.45f_{TL}$	$-0.5-4.45f_{TL}$	$0.43+7.5f_{TL}$	$-0.43-7.5f_{TL}$
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0
	a_{roll-y}	C_{YR}	0	0	0	0
	gsinθ	C_{YG}	0	0	0	0
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.16+6.49f_{TL}$	$-0.16-6.49f_{TL}$	$0.1+9.6f_{TL}$	$-0.1-9.6f_{TL}$
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0	0	0	0
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	$-0.55-7.6f_{TL}$	$0.55+7.6f_{TL}$	$-0.62-6.36f_{TL}$	$0.62+6.36f_{TL}$

载荷分量		LCF	HVM-1	HVM-2	HVS-1	HVS-2
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-1	1	-1	1
	Q_{wv}	C_{QW}	$-f_{lp}$	f_{lp}	$-f_{lp}$	f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0	0	0	0
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0

纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0.68-8.13f_{TL}	8.13f_{TL}-0.68	0.76-8.58f_{TL}	8.58f_{TL}-0.76
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	-0.6-6f_{TL}	0.6+6f_{TL}	-0.62-6.36f_{TL}	0.62+6.36f_{TL}
	gsinφ	C_{XG}	0.5+4.45f_{TL}	-0.5-4.45f_{TL}	0.43+7.5f_{TL}	-0.43-7.5f_{TL}
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0
	a_{roll-y}	C_{YR}	0	0	0	0
	gsinθ	C_{YG}	0	0	0	0
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.15+7.7f_{TL}	-0.15-7.7f_{TL}	0.1+9.6f_{TL}	-0.1-9.6f_{TL}
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0	0	0	0
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	-0.6-6f_{TL}	0.6+6f_{TL}	-0.62-6.36f_{TL}	0.62+6.36f_{TL}

续上表

载荷分量		LCF	FVM-1	FVM-2
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-1	1
	Q_{wv}	C_{QW}	-f_{lp}	f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0	0
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0.1-3.58f_{TL}	3.58f_{TL}-0.1
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0.1	-0.1
	gsinφ	C_{XG}	-0.12	0.12
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0	0
	a_{roll-y}	C_{YR}	0	0
	gsinθ	C_{YG}	0	0
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.08	-0.08
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0	0
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0.1	-0.1

疲劳评估中用于BSR和BSP载荷工况的载荷组合系数　　表3.2.1（2）

载荷分量		LCF	BSR-1P	BSR-2P	BSR-1S	BSR-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0	0	0	0
	Q_{wv}	C_{QW}	0	0	0	0
	M_{wh}	C_{WH}	$1.3-16f_{TL}$	$16f_{TL}-1.3$	$16f_{TL}-1.3$	$1.3-16f_{TL}$
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0	0	0	0
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.74-1.72\omega_R$	$1.72\omega_R-0.74$	$1.72\omega_R-0.74$	$0.74-1.72\omega_R$
	a_{roll-y}	C_{YR}	1	-1	-1	1
	$g\sin\theta$	C_{YG}	-1	1	1	-1
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	$0.8-11.8f_{TL}$	$11.8f_{TL}-0.8$	$0.8-11.8f_{TL}$	$11.8f_{TL}-0.8$
	a_{roll-z}	C_{ZR}	1	-1	-1	1
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

载荷分量		LCF	BSR-1P	BSR-2P	BSR-1S	BSR-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0	0	0	0
	Q_{wv}	C_{QW}	0	0	0	0
	M_{wh}	C_{WH}	$3.1-3.05C_{W-LC}$	$3.05C_{W-LC}-3.1$	$3.05C_{W-LC}-3.1$	$3.1-3.05C_{W-LC}$
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0	0	0	0
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	$0.67C_{b-LC}-0.29$	$0.29-0.67C_{b-LC}$	$0.29-0.67C_{b-LC}$	$0.67C_{b-LC}-0.29$
	a_{roll-y}	C_{YR}	1	-1	-1	1
	$g\sin\theta$	C_{YG}	-1	1	1	-1

垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.8-11.8f_{TL}	11.8f_{TL}-0.8	0.8-11.8f_{TL}	11.8f_{TL}-0.8
	a_{roll-z}	C_{ZR}	1	-1	-1	1
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

续上表

载荷分量		LCF	BSP-1P	BSP-2P	BSP-1S	BSP-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	-0.22	0.22	-0.22	0.22
	Q_{wv}	C_{QW}	-0.22f_{lp}	0.22f_{lp}	-0.22f_{lp}	0.22f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0.88-11.8f_{TL}	11.8f_{TL}-0.88	11.8f_{TL}-0.88	0.88-11.8f_{TL}
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	gsinφ	C_{XG}	0	0	0	0
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	-0.56-6.2f_{TL}	0.56+6.2f_{TL}	0.56+6.2f_{TL}	-0.56-6.2f_{TL}
	a_{roll-y}	C_{YR}	0.95-0.15T_R	0.15T_R-0.95	0.15T_R-0.95	0.95-0.15T_R
	gsinθ	C_{YG}	-0.3	0.3	0.3	-0.3
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1	-1	1	-1
	a_{roll-z}	C_{ZR}	0.95-0.15T_R	0.15T_R-0.95	0.15T_R-0.95	0.95-0.15T_R
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

载荷分量		LCF	BSP-1P	BSP-2P	BSP-1S	BSP-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.09-7.82f_{TL}	7.82f_{TL}-0.09	0.09-7.82f_{TL}	7.82f_{TL}-0.09
	Q_{wv}	C_{QW}	（0.09-7.82f_{TL}）f_{lp}	（7.82f_{TL}-0.09）f_{lp}	（0.09-7.82f_{TL}）f_{lp}	（7.82f_{TL}-0.09）f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	0.77-10.9f_{TL}	10.9f_{TL}-0.77	10.9f_{TL}-0.77	0.77-10.9f_{TL}
	Q_{wh}	C_{QH}	0	0	0	0
	M_{wt}	C_{WT}	0	0	0	0
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0	0	0	0
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0	0	0	0
	gsinφ	C_{XG}	0	0	0	0
横向加	a_{sway}	C_{YS}	-0.62-4.5f_{TL}	0.62+4.5f_{TL}	0.62+4.5f_{TL}	-0.62-4.5f_{TL}

速度	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	0.4	-0.4	-0.4	0.4
	$g\sin\theta$	C_{YG}	$4.5f_{TL}$-0.5	0.5-$4.5f_{TL}$	0.5-$4.5f_{TL}$	$4.5f_{TL}$-0.5
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	1	-1	1	-1
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	0.4	-0.4	-0.4	0.4
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0	0	0	0

疲劳评估中用于 OSTf、OHM 和 OHS 载荷工况的载荷组合系数　　表 3.2.1（3）

载荷分量		LCF	OSTf-1P	OSTf-2P	OSTf-1S	OSTf-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	0.75$C_{W\text{-}LC}$-0.99	0.99-0.75$C_{W\text{-}LC}$	0.75$C_{W\text{-}LC}$-0.99	0.99-0.75$C_{W\text{-}LC}$
	Q_{wv}	C_{QW}	(0.75$C_{W\text{-}LC}$-0.99)f_{lp}	(0.99-0.75$C_{W\text{-}LC}$)f_{lp}	(0.75$C_{W\text{-}LC}$-0.99)f_{lp}	(0.99-0.75$C_{W\text{-}LC}$)f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	-1	1	1	-1
	Q_{wh}	C_{QH}	f_{lp}	-f_{lp}	-f_{lp}	f_{lp}
	M_{wt}	C_{WT}	-f_{lp}	f_{lp}	f_{lp}	-f_{lp}
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0.2$C_{b\text{-}LC}$-0.31	0.31-0.2$C_{b\text{-}LC}$	0.2$C_{b\text{-}LC}$-0.31	0.31-0.2$C_{b\text{-}LC}$
	$a_{pitch\text{-}x}$	C_{XP}	0.41	-0.41	0.41	-0.41
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	1.13$C_{b\text{-}LC}$-1.04	1.04-1.13$C_{b\text{-}LC}$	1.13$C_{b\text{-}LC}$-1.04	1.04-1.13$C_{b\text{-}LC}$
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0.25	-0.25	-0.25	0.25
	$a_{roll\text{-}y}$	C_{YR}	11.7f_{TL}-0.72	0.72-11.7f_{TL}	0.72-11.7f_{TL}	11.7f_{TL}-0.72
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0.65-10.2f_{TL}	10.2f_{TL}-0.65	10.2f_{TL}-0.65	0.65-10.2f_{TL}
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.18	-0.18	0.18	-0.18
	$a_{roll\text{-}z}$	C_{ZR}	11.7f_{TL}-0.72	0.72-11.7f_{TL}	0.72-11.7f_{TL}	11.7f_{TL}-0.72
	$a_{pitch\text{-}z}$	C_{ZP}	0.41	-0.41	0.41	-0.41

载荷分量		LCF	OHM-1P	OHM-2P	OHM-1S	OHM-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	11.18f_{TL}-0.77	0.77-11.18f_{TL}	11.18f_{TL}-0.77	0.77-11.18f_{TL}
	Q_{wv}	C_{QW}	（11.18f_{TL}-0.77）f_{lp}	（0.77-11.18f_{TL}）f_{lp}	（11.18f_{TL}-0.77）f_{lp}	（0.77-11.18f_{TL}）f_{lp}
	M_{wh}	C_{WH}	-1	1	1	-1
	Q_{wh}	C_{QH}	f_{lp}	-f_{lp}	-f_{lp}	f_{lp}
	M_{wt}	C_{WT}	-f_{lp}	f_{lp}	f_{lp}	-f_{lp}

纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	0.21	-0.21	0.21	-0.21
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	-0.38	0.38	-0.38	0.38
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	0.3	-0.3	0.3	-0.3
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0.32	-0.32	-0.32	0.32
	a_{roll-y}	C_{YR}	$12f_{TL}$-0.9	0.9-$12f_{TL}$	0.9-$12f_{TL}$	$12f_{TL}$-0.9
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0.7-$10.5f_{TL}$	$10.5f_{TL}$-0.7	$10.5f_{TL}$-0.7	0.7-$10.5f_{TL}$
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.18	-0.18	0.18	-0.18
	a_{roll-z}	C_{ZR}	$12f_{TL}$-0.9	0.9-$12f_{TL}$	0.9-$12f_{TL}$	$12f_{TL}$-0.9
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	-0.38	0.38	-0.38	0.38

续上表

续上表

载荷分量		LCF	OHS-1P	OHS-2P	OHS-1S	OHS-2S
船体梁载荷	M_{wv}	C_{WV}	$0.2C_{W-LC}$-0.5~~2~~	0.5~~2~~-$0.2C_{W-LC}$	$0.2C_{W-LC}$-0.5~~2~~	0.5~~2~~-$0.2C_{W-LC}$
	Q_{wv}	C_{QW}	$(0.2C_{W-LC}$-0.5~~2~~$)f_{lp}$	$(0.5$~~2~~-$0.2C_{W-LC})f_{lp}$	$(0.2C_{W-LC}$-0.5~~2~~$)f_{lp}$	$(0.5$~~2~~-$0.2C_{W-LC})f_{lp}$
	M_{wh}	C_{WH}	-1	1	1	-1
	Q_{wh}	C_{QH}	f_{lp}	$-f_{lp}$	$-f_{lp}$	f_{lp}
	M_{wt}	C_{WT}	$-f_{lp}$	f_{lp}	f_{lp}	$-f_{lp}$
纵向加速度	a_{surge}	C_{XS}	-0.17	0.17	-0.17	0.17
	$a_{pitch-x}$	C_{XP}	0.73-$10.8f_{TL}$	$10.8f_{TL}$-0.73	0.73-$10.8f_{TL}$	$10.8f_{TL}$-0.73
	$g\sin\varphi$	C_{XG}	-0.31	0.31	-0.31	0.31
横向加速度	a_{sway}	C_{YS}	0.2	-0.2	-0.2	0.2
	a_{roll-y}	C_{YR}	$11.7f_{TL}$-0.72	0.72-$11.7f_{TL}$	0.72-$11.7f_{TL}$	$11.7f_{TL}$-0.72
	$g\sin\theta$	C_{YG}	0.65-$10.2f_{TL}$	$10.2f_{TL}$-0.65	$10.2f_{TL}$-0.65	0.65-$10.2f_{TL}$
垂向加速度	a_{heave}	C_{ZH}	0.2	-0.2	0.2	-0.2
	a_{roll-z}	C_{ZR}	$11.7f_{TL}$-0.72	0.72-$11.7f_{TL}$	0.72-$11.7f_{TL}$	$11.7f_{TL}$-0.72
	$a_{pitch-z}$	C_{ZP}	0.73-$10.8f_{TL}$	$10.8f_{TL}$-0.73	0.73-$10.8f_{TL}$	$10.8f_{TL}$-0.73

第 3 节　船舶运动和加速度

2　船舶运动和加速度

2.1　船舶运动

2.1.1　横摇运动

横摇周期 T_θ，s，取为：

$$T_\theta = \frac{2.3\pi k_r}{\sqrt{gGM}}$$

横摇角θ，（°），取为：

$$\theta = \frac{9000\left(1.25 - 0.025T_\theta\right) f_p f_{BK}}{\left(B + 75\right)\pi}$$

式中：

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = f_{fa}\left(0.24 - 5.56 f_T B \times 10^{-4}\right)$~~ $f_p = f_{fa}(0.208\text{-}0.77 f_T B \times 10^{-4})$，对于疲劳评估。

2.1.2　纵摇运动

纵摇周期 T_φ，s，取为：

$$T_\varphi = \sqrt{\frac{2\pi\lambda_\varphi}{g}}$$

式中：

$$\lambda_\varphi = 0.6\left(1 + f_T\right)L$$

纵摇角φ，（°），取为：

$$\varphi = 1350 f_{nl} f_p f_\varphi L^{-0.94}\left\{1.0 + \left(\frac{2.57}{\sqrt{gL}}\right)^{1.2}\right\}$$

式中：

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = f_{fa}[(0.34\text{-}0.05 f_T)\text{-}(3.7\text{-}2.59 f_T)L \times 10^{-4}]$~~ $f_p = f_{fa}[(0.27\text{-}0.02 f_T)\text{-}(13\text{-}5 f_T)L \times 10^{-5}]$，对于疲劳评估；

$f\varphi$——系数，取为：

~~$f\varphi = 1.69\text{-}0.67 C_{W\text{-}LC}$，对于强度评估~~

~~$f\varphi = 2.27\text{-}1.38 C_{W\text{-}LC}$，对于疲劳评估~~

$f\varphi = 1.94\text{-}0.69 L^{0.1} C_{b\text{-}LC}$，对于强度评估；

$f\varphi = 1.96\text{-}0.68 L^{0.1} C_{b\text{-}LC}$，对于疲劳评估。

2.2 船舶重心处加速度

2.2.1 纵荡加速度

由纵荡产生的纵向加速度，m/s^2，取为：

$$a_{surge} = 0.2 f_p f_{s1} f_{nl} a_0 g$$

式中：

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = f_{fa}(0.26-1.11 f_T L \times 10^{-4})$，对于疲劳评估~~

$f_p = f_{fa}[0.26-(15+4f_T)L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估；

f_{s1}——系数，取为：

~~$f_{s1}=20.59f_{TL}+0.44$，对于强度评估的满载工况和满载减吃水工况~~

~~$f_{s1}=25.88f_{TL}+1.07$，对于强度评估的压载工况~~

~~$f_{s1}=22.3f_{TL}+0.3$，对于疲劳评估的满载工况和满载减吃水工况~~

~~$f_{s1}=35.2f_{TL}+0.81$，对于疲劳评估的压载工况~~

$f_{s1}=2.64-0.093L^{0.5}C_{b-LC}$，对于强度评估；

$f_{s1}=2.83-0.1L^{0.5}C_{b-LC}$，对于疲劳评估。

2.2.2 横荡加速度

由横荡产生的横向加速度，m/s^2，取为：

$$a_{sway} = 0.3 f_p f_{s2} f_{nl} a_0 g$$

式中，

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = f_{fa}[(0.28-0.02f_T)-(9.6-5.1f_T)B\times10^{-4}]$，对于疲劳评估~~

$f_p = f_{fa}[0.24-(5-2f_T)B\times10^{-4}]$，对于疲劳评估；

f_{s2}——系数，取为：

~~$f_{s2}=2.23-6.92f_{TL}$，对于强度评估~~

~~$f_{s2}=2.16-5.98f_{TL}$，对于疲劳评估~~

$f_{s2}=1.87$，对于强度评估；

$f_{s2}=2.36-0.42f_{TL}L^{0.5}C_{W-LC}^{-2}$，对于疲劳评估。

2.2.3 垂荡加速度

由垂荡产生的垂向加速度，m/s^2，取为：

$$a_{heave} = f_p f_{s3} f_{nl} a_0 g$$

式中：

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = f_{fa}[(0.34+0.09f_T)-(1.86+2.59f_T)L\times10^{-4}]$，对于疲劳评估~~

$f_p = f_{fa}[(0.17+0.2C_{W-LC})-28f_T L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估；

f_{s3}——系数，取为：

~~$f_{s3}=1.45-2.89f_{BL}$，对于强度评估~~

~~$f_{s3}=1.25-1.62f_{BL}$，——对于疲劳评估~~

$f_{s3}=4.85-4.65f_{BL}^{0.1}$，对于强度评估；

$f_{s3}=0.28+0.35f_{BL}^{-0.5}C_{b\text{-}LC}^{0.5}$，对于疲劳评估。

2.2.4 横摇加速度

横摇加速度，a_{roll}，rad/s^2，取为：

$$a_{roll} = f_p f_{s4} \theta \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_\theta}\right)^2$$

式中：

θ——采用f_p等于 1.0 计算的横摇角；

f_p——系数，取为：

$f_p=f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_{fp}=f_{fa}\left(0.24-6.67f_T B\times10^{-4}\right)$ 对于疲劳评估~~

$f_p=f_{fa}(0.224-2.79f_T B\times10^{-4})$，对于疲劳评估。

2.2.5 纵摇加速度

纵摇加速度，a_{pitch}，rad/s^2，取为：

$$a_{pitch} = f_p f_{s5} f_{nl}\left(\frac{3.1}{\sqrt{gL}}+1.0\right)\varphi\frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_\varphi}\right)^2$$

式中：

φ——采用f_p等于 1.0，f_φ等于 $1.94-0.69L^{0.1}C_{b\text{-}LC}$计算的纵摇角；

f_p——系数，取为：

$f_p=f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_{fp}=f_{fa}\left[\left(0.42-0.05f_T\right)-\left(9+2f_T\right)L\times10^{-5}\right]$，对于疲劳评估~~

$f_p=f_{fa}[(0.3+0.06f_T)-23.61f_T L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估；

f_{s5}——系数，取为：

~~$f_{s5}=2.19-5.81f_{TL}^{0.6}C_{W\text{-}LC}^{0.9}$，——对于强度评估的满载工况和满载减吃水工况~~

~~$f_{s5}=1.56-3.37f_{BL}^{0.9}C_{W\text{-}LC}^{1.6}$，——对于强度评估的压载工况~~

~~$f_{s5}=5.75-6.87f_{BL}^{0.2}C_{b\text{-}LC}^{0.2}$，——对于疲劳评估的满载工况和满载减吃水工况~~

~~$f_{s5}=3.72-4.75f_{BL}^{0.2}C_{b\text{-}LC}^{0.5}$，——对于疲劳评估的压载工况~~

$f_{s5}=2.1-2.41f_{BL}^{0.5}C_{W\text{-}LC}^{0.2}$，对于强度评估的压载工况；

$f_{s5}=0.91+0.013L^{0.6}$，对于强度评估的其他工况；

$f_{s5}=3.72-4.75f_{BL}^{0.2}C_{b\text{-}LC}^{0.5}$，对于疲劳评估的压载工况，当 $C_{b\text{-}LC}<0.67$ 时；

$f_{s5}=0.91+1.96L\times10^{-3}$，对于疲劳评估的压载工况，当 $0.67\leq C_{b\text{-}LC}\leq0.77$ 时；

$f_{s5}=0.9+6.34f_{TL}$，对于疲劳评估的压载工况，当 $0.77<C_{b\text{-}LC}$时；

$f_{s5}=0.77+0.133B^{0.3}C_{b\text{-}LC}^{-1}$，对于疲劳评估的其他工况。

第 4 节　船体梁载荷

3　船体梁动载荷

3.2　垂向波浪弯矩

3.2.1　垂向波浪弯矩 M_{wv}，kN·m，沿船长分布如图 3.2.1（2），其中：

$$M_{wv-h} = +1.5 f_R f_p L^3 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} f_{NL-Hog}$$

$$M_{wv-s} = -1.5 f_R f_p L^3 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} f_{NL-Sag}$$

式中：

f_R——折减因子，取：

$f_R = 0.85$；

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = 0.9[0.29-(19.5-14f_T)L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估~~

$f_p = 0.9\,[\,0.28-(14.85f_T-0.5)\,L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估。

3.3　垂向波浪剪力

3.3.1　垂向波浪剪力 Q_{wv}，kN，沿船长分布如图 3.3.1 所示，其中：

$$Q_{wvHog}^{Aft} = +5.2 f_R f_p L^2 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} \left(0.3+0.7 f_{NL-Hog}\right)$$

$$Q_{wvHog}^{Fore} = -5.7 f_R f_p L^2 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} f_{NL-Hog}$$

$$Q_{wvSag}^{Aft} = -5.2 f_R f_p L^2 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} \left(0.3+0.7 f_{NL-Sag}\right)$$

$$Q_{wvSag}^{Fore} = +5.7 f_R f_p L^2 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} \left(0.25+0.75 f_{NL-Sag}\right)$$

$$Q_{wv}^{Mid} = +4.0 f_R f_p L^2 C_d C_W \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8}$$

式中：

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = 0.9[0.29-(27.2-25f_T)L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估~~

$f_p = 0.9[0.262-(6.58f_T-0.07)L\times10^{-5}]$，对于疲劳评估。

3.4 水平波浪弯矩

3.4.1 任一纵向位置的水平波浪弯矩 M_{wh}，kN·m，取为：

$$M_{\text{wh}} = 2.6 \cdot f_{mz} f_R f_P C_d L^3 C_b^{\,0.3} \left(\frac{T_{LC}}{L}\right)^{0.8}$$

式中：

f_p——系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = 0.9[0.25 + (5 - 2.8 f_T) L \times 10^{-5}]$，对于疲劳评估~~

$f_p = 0.9(0.23 + 2.24 f_T L \times 10^{-5})$，对于疲劳评估。

3.5 波浪扭矩

3.5.1 任一纵向位置的波浪扭矩 M_{wt}，kN·m，取为：

$$M_{wt} = f_P (M_{x0} + M_T)$$

式中：

M_{x0} ——与扭心垂向位置无关的扭矩，kN·m；

M_T ——与扭心垂向位置相关的扭矩，kN·m；

$$M_{x0} = 2.66 \cdot f_R \cdot f_{t1} \cdot C_d \cdot \sqrt{\frac{L}{T_{LC}}} \cdot B^2 \cdot D \cdot C_b$$

$$M_T = f_{t2} \cdot F_y \cdot \left| f_Z D - Z_{SC} \right|$$

f_p：系数，取为：

$f_p = f_{ps}$，对于强度评估；

~~$f_p = 0.9[0.25 + (7.8 - 5.6 f_T) L \times 10^{-5}]$，对于疲劳评估~~

$f_p = 0.9(0.237 - 0.44 f_T B \times 10^{-4})$，对于疲劳评估。

3.7 动载荷工况的船体梁载荷

3.7.6 水平波浪剪力

应用于本章第 2 节定义的每一个动载荷工况的水平波浪剪力 $Q_{wh\text{-}LC}$，kN，取为：

$$Q_{wh\text{-}LC} = f_\beta C_{QH} Q_{wh}$$

式中：

C_{QH}——~~波浪扭矩~~水平波浪剪力的动载荷组合系数，取为本章第 2 节规定的值；

Q_{wh}——考虑了适当的设计载荷场景的波浪扭矩，定义见[3.6.1]。

4 双力矩载荷

4.1 一般要求

4.1.1 作为一个指导值，如未开展基于薄壁梁模型的船体梁翘曲应力计算或本规范第 8 章的整船直接计算，可采用[4.2]的双力矩计算船体梁翘曲应力。

4.1.2 本双力矩载荷适用于尾岛型、双岛型集装箱船，对于其他形式的集装箱船，船体梁翘曲应力应采用基于薄壁梁模型计算或整船直接计算，并经 CCS 同意。

4.2 双力矩

4.2.1 任一纵向位置的双力矩 B_i，kN·m²，取为：

$$B_i = \frac{M_{t_LC}}{k} f(x)$$

式中：M_{t_LC}——应用于本章第 2 节定义的斜浪动载荷工况的船中处总扭矩，kN·m，见[4.2.2]；

k——船中处横剖面弯曲扭转特性系数，见[4.2.3]；

$f(x)$——分布系数，见[4.2.4]、[4.2.5]。

4.2.2 斜浪动载荷工况的船中处总扭矩M_{t_LC}，kN·m，取为：

$$M_{t_LC} = M_{st} + M_{wt_LC}$$

式中：M_{st}——船中处的静水扭矩，kN·m，按本章[2.4.1]计算，其符号与M_{wt_LC}相同；

M_{wt_LC}——船中处的波浪扭矩，kN·m，按本章[3.7.5]计算，其中 f_{lp} 取为 1.0。

4.2.3 船中处横剖面弯曲扭转特性系数 k，m^{-1}，取为：

$$k = \sqrt{\frac{GI_{t-n50}}{EI_{\omega-n50}}}$$

式中：G——剪切模量，MPa，取为 8×10^4；

I_{t-n50}——船中处横剖面净扭转惯性矩，m^4；

E——弹性模量，MPa，取为 2.06×10^5；

$I_{\omega-n50}$——船中横剖面净扇性惯性矩，m^6。

4.2.4 对于尾岛型集装箱船，分布系数 $f(x)$ 取为：

$$f(x) = \begin{cases} 0 & 0 \le x \le 0.1 \\ \dfrac{0.29}{x_A - 0.1}x - \dfrac{0.029}{x_A - 0.1} & 0.1 < x \le x_A \\ 0.29 & x_A < x \le x_A + a \\ \dfrac{-0.5}{0.77 - 2a - x_A}(x - x_A - a) + 0.29 & x_A + a < x \le 0.77 - a \\ -0.21 & 0.77 - a < x \le 0.77 \\ 0.91x - 0.91 & 0.77 < x \le 1 \end{cases}$$

式中：x——取为 $\frac{X}{L}$，其中，X 为距船长 L 尾端的距离，m；

x_A——取为 $\frac{X_A}{L}$，其中，X_A 为机舱前端壁距船长 L 尾端的距离，m，见图 4.2.4；

a——取为 $\frac{12.6}{L}$。

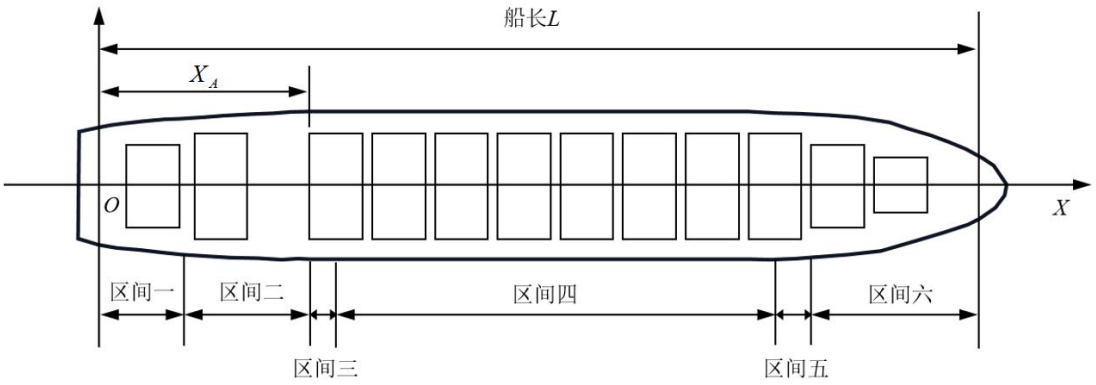


图 4.2.4 X_A 取值

4.2.5　对于双岛型集装箱船，分布系数 $f(x)$ 取为：

$$f(x)=\begin{cases}0 & 0<x\le 0.1\\ \dfrac{0.21}{x_{A3}-0.1}x-\dfrac{0.021}{x_{A3}-0.1} & 0.1<x\le x_{A3}\\ 0.21 & x_{A3}<x\le x_{A3}+a\\ \dfrac{0.43(x_{A3}+a-x)}{x_{A4}-x_{A3}-a}+0.21 & x_{A3}+a<x\le x_{A4}\\ -0.22 & x_{A4}<x\le x_{A5}\\ \dfrac{0.22}{1-x_{A5}}x-\dfrac{0.22}{1-x_{A5}} & x_{A5}<x\le 1\end{cases}$$

式中：x——取为 $\dfrac{X}{L}$，其中，X 为距船长 L 尾端的距离，m；

x_{A3}、x_{A4}、x_{A5}——分别取为 $\dfrac{X_{A3}}{L}$、$\dfrac{X_{A4}}{L}$、$\dfrac{X_{A5}}{L}$，其中，X_{A3}、X_{A4}、X_{A5} 分别为机舱前端壁、前岛后舱壁和前岛前舱壁距船长 L 尾端的距离，m，见图 4.2.5；

a——取为 $\dfrac{12.6}{L}$。

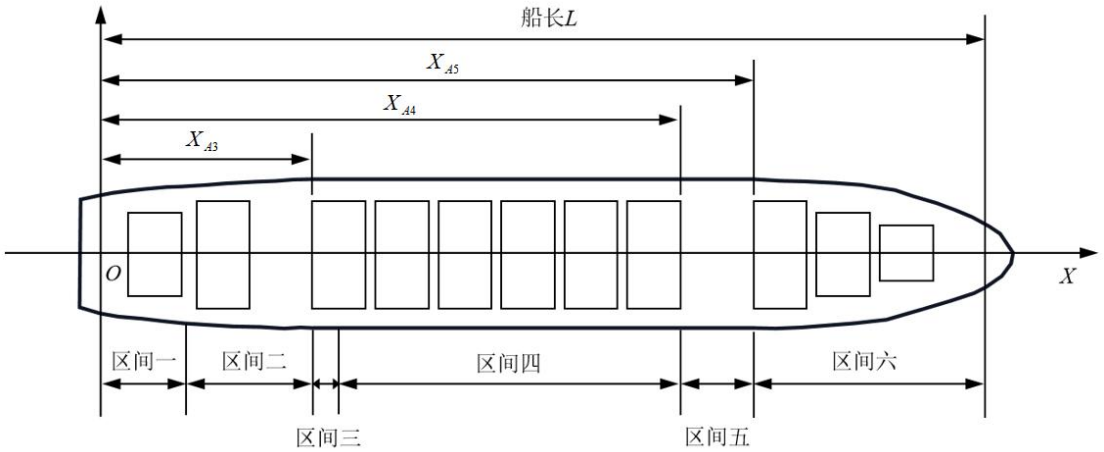


图 4.2.5 X_{A3}、X_{A4}、X_{A5} 取值

第 5 节　外部载荷

符号

f_{yB}——载荷计算点 Y 坐标与 B_x 的比，取为：

$f_{yB}=\dfrac{|2y|}{B_x}$，但不大于 1.0，且 $B_x=0.0$ 时 ~~$f_{yB}=0.0$~~ $f_{yB}=1.0$。

1　海水压力

1.3　用于强度评估的外部动压力

1.3.4　FVM 载荷工况的水动压力

用于 FVM -1 和 FVM-2 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，见表 1.3.4（1），并参见图 1.3.2（1）和图 1.3.2（2）。

FVM 载荷工况的水动压力　　表 1.3.4（1）

载荷工况	水动压力，kN/m^2		
	$z\le T_{LC}$	$T_{LC}<z\le h_W+T_{LC}$	$z>h_W+T_{LC}$
FVM-1	$P_W=\max(-P_{FVM},\rho g(z-T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0.0$
FVM-2	$P_W=\max(P_{FVM},\rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{FVM}=f_\beta f_{ps} f_{nl} f_h k_a k_p f_{yz} C_s\sqrt{\frac{L_0+\lambda-125}{L}}$$

f_{nl}——非线性影响系数，取为：

$f_{nl}=0.9$，对于极端海况设计载荷场景；

$f_{nl}=0.95$，对于用于压载水置换设计载荷场景；

f_{yz}——周长分布系数，取为：

$$f_{yz}=\frac{z}{T_{LC}}+f_{yB}+1$$

f_h——系数，取为：

$f_h=2.6$

k_a——沿船舶纵向的幅值系数，取为：

$k_a=1+(3.75-2f_T)(1-5f_{xL})(1-f_{yB})$，对于 $f_{xL}<0.2$；

$k_a=1.0$，对于 $0.2\le f_{xL}<0.9$；

$k_a=1+20(1-f_{yB})(f_{xL}-0.9)$，对于 $f_{xL}\ge 0.9$；

λ——动载荷工况的波长，m，取为：

$\lambda=0.6(1+2/3f_T)L$

k_p——由表 1.3.4（2）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

FVM 载荷工况的 k_p 值　　表 1.3.4（2）

f_{xL}	0	$0.35-0.1f_T$	$0.5-0.2f_T$	0.75	0.8	1.0
k_p	$-0.75-0.25f_{yB}$	-1	1	1	-1	$-0.75-0.25f_{yB}$

1.3.45　FVMf 载荷工况的水动压力

用于 FVMf -1 和 FVMf-2 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m²，应从表 1.3.45（1）中得到，参见图 1.3.2（1）和图 1.3.2（2）。

用于 FVMf 载荷工况的水动压力　　表 ~~1.3.4~~1.3.5（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
FVMf-1	$P_W = \max\left(-P_{\mathrm{FVMf}}, \rho g\left(z - T_{LC}\right)\right)$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g\left(z - T_{LC}\right)$	$P_W = 0$
FVMf-2	$P_W = \max\left(P_{\mathrm{FVMf}}, \rho g\left(z - T_{LC}\right)\right)$		

其中：

$$P_{\mathrm{FVMf}} = f_{ps} f_{nl} f_h k_a k_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

f_{nl}—— 非线性影响系数，取为：

$f_{nl} = 0.9$，对于极端海况设计载荷场景；

$f_{nl} = 0.95$，对于压载水置换设计载荷场景；

f_{yz}—— 周长分布系数，取为：

$$f_{yz} = 2.08\frac{z}{T_{LC}} + 1.44 f_{yB} + 3.2$$

f_h—— 系数，取为：

$$f_h = 0.78$$

k_a——沿船舶纵向的幅值系数，取为：

$k_a = 1 + \left(3.96 - 3.56 f_T\right)\left(1 - f_{xL} / \left(0.27 - 0.22 f_T\right)\right)\left(2 - f_{yB}\right)$，对于 $f_{xL} < 0.27 - 0.22 f_T$；

$k_a = 1.0$，对于 $0.27 - 0.22 f_T \le f_{xL} < 0.8$；

$k_a = 1 + 10\left(1.75 - f_{yB}\right)\left(f_{xL} - 0.8\right)$，对于 $f_{xL} \ge 0.8$；

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.6\left(1 + 2/3\, f_T\right)L$$

k_p—— 由表 1.3.45（2）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 FVMf 载荷工况的 k_p 值　　表 ~~1.3.4~~1.3.5（2）

f_{xL}	0	0.32-0.22f_T	0.52-0.22f_T	0.72-0.22f_T	0.69+0.11f_T	1.0
k_p	-0.76-0.44f_T	-0.76-0.44f_T	1.0	1.0	-0.76-0.44f_T	-0.4

1.3.~~5~~6 BSR 载荷工况的水动压力

用于 BSR -1 和 BSR-2 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.3.~~5~~6 中得到，参见图 1.3.~~5~~6（1）和图 1.3.~~5~~6（2）。

用于 BSR 载荷工况的水动压力　　表 **1.3.~~5~~6**

载荷工况	水动压力，kN/m^2		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
BSR-1P	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z\text{-}T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z\text{-}T_{LC})$	$P_W = 0$
BSR-2P	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z\text{-}T_{LC}))$		
BSR-1S	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z\text{-}T_{LC}))$		
BSR-2S	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z\text{-}T_{LC}))$		

其中：

对于 BSR-1P 和 BSR-2P，

$$P_{\text{BSR}} = f_\beta f_{nl}\left(10y\sin\theta + 0.88 f_{ps} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}\left(f_{yB1} + 1\right)\right)$$

对于 BSR-1S 和 BSR-2S，

$$P_{\text{BSR}} = f_\beta f_{nl}\left(-10y\sin\theta + 0.88 f_{ps} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}\left(f_{yB1} + 1\right)\right)$$

f_{nl}—— 非线性影响系数，取为：

$f_{nl} = 1.0$，对于极端海况设计载荷场景；

$f_{nl} = 1.0$，对于压载水置换设计载荷场景；

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T_\theta^2$$

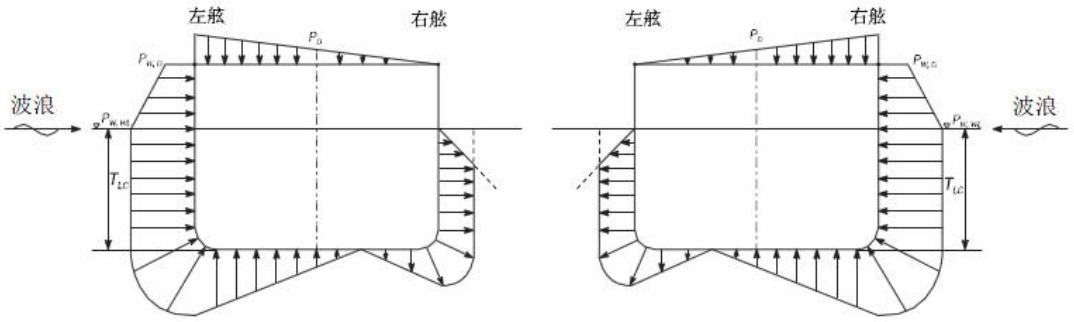


图 1.3.~~5~~6（1）BSR-1P（左）和 BSR-1S（右）载荷工况动压力横向分布

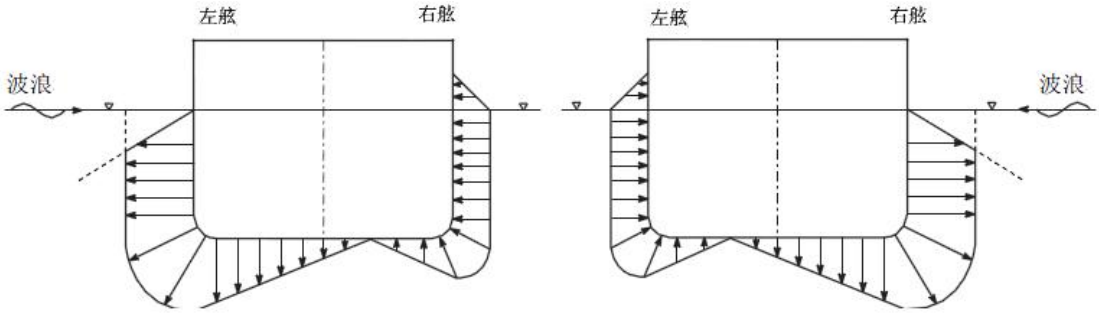


图 1.3.56（2） BSR-2P（左）和 BSR-2S（右）载荷工况动压力横向分布

1.3.67 BSP 载荷工况的水动压力

用于 BSP -1 和 BSP-2 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.3.67（1）中得到，参见图 1.3.67（1）和图 1.3.67（2）。

用于 BSP 载荷工况的水动压力　　表 1.3.67（1）

载荷工况	水动压力，kN/m^2		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
BSP-1P	$P_W = \max(P_{BSP}, \rho g(z-T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z-T_{LC})$	$P_W = 0$
BSP-2P	$P_W = \max(-P_{BSP}, \rho g(z-T_{LC}))$		
BSP-1S	$P_W = \max(P_{BSP}, \rho g(z-T_{LC}))$		
BSP-2S	$P_W = \max(-P_{BSP}, \rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{BSP} = 0.8 f_\beta f_{ps} f_{nl} f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

$$P_{BSP} = 4.5 f_{BSP} f_\beta f_{ps} f_{nl} f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.2(1 + 2 f_T) L$$

f_{BSP}——修正系数，取为：

$$f_{BSP} = 5.35(C_b f_T)^3 - 9.92(C_b f_T)^2 + 6.04(C_b f_T) - 0.43$$

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.3.67（2）得到。

用于 BSP 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.3.67（2）

横向位置	BSP-1P，BSP-2P	BSP-1S，BSP-2S
$y \ge 0$	$9\frac{z}{T_{LC}} + 11 f_{yB1} + 2$	$3\frac{z}{T_{LC}} + 2 f_{yB1} + 2$
$y < 0$	$3\frac{z}{T_{LC}} + 2 f_{yB1} + 2$	$9\frac{z}{T_{LC}} + 11 f_{yB1} + 2$

横向位置	BSP-1P，BSP-2P	BSP-1S，BSP-2S
$y\geq 0$	$f_{yz}=2\frac{z}{T_{LC}}+2.5f_{yB1}+0.5$	$f_{yz}=\frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}}+\frac{1}{2}f_{yB1}+0.5$
$y<0$	$f_{yz}=\frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}}+\frac{1}{2}f_{yB1}+0.5$	$f_{yz}=2\frac{z}{T_{LC}}+2.5f_{yB1}+0.5$

f_{nl}—— 非线性影响系数，取为：

对于极端海况和压载水置换设计载荷场景

f_{nl} = 0.6，在 f_{XL}= 0.0 处；

f_{nl} = 0.8，在 f_{XL}= 0.3 处；

f_{nl} = 0.8，在 f_{XL}= 0.7 处；

f_{nl} = 0.6，在 f_{XL}= 1.0 处；

中间值由线性插值获得。

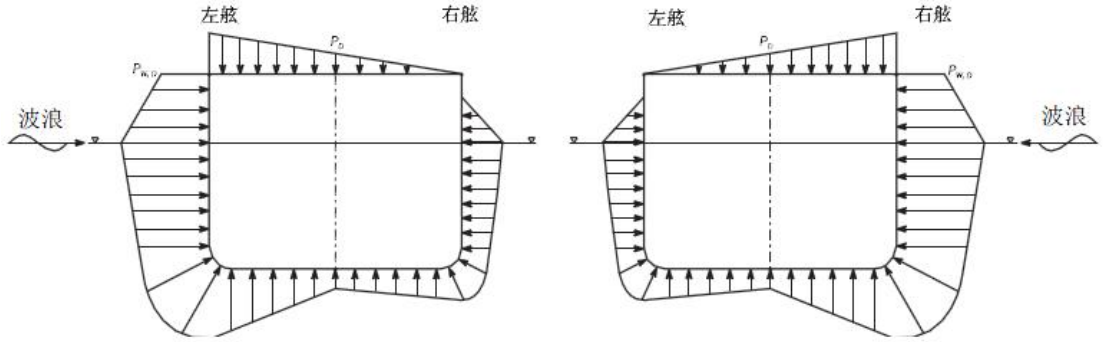


图 1.3.67（1）BSP-1P（左）和 BSP-1S（右）载荷工况动压力横向分布

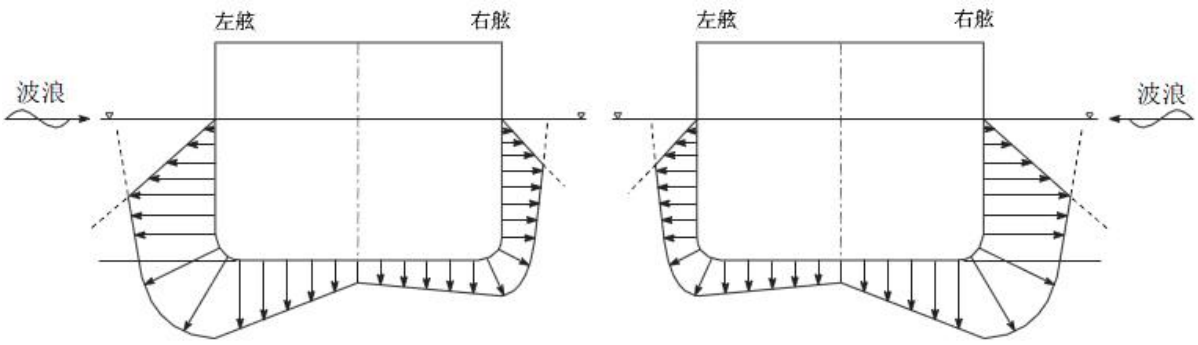


图 1.3.67（2）BSP-2P（左）和 BSP-2S（右）载荷工况动压力横向分布

1.3.~~7~~8　OSTf 载荷工况的水动压力

用于 OSTf -1P、OSTf-2P、OSTf-1S 和 OSTf-2S 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.3.~~7~~8（1）中得到。

用于 OSTf 载荷工况的水动压力　　表 1.3.78（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
OSTf-1P	$P_W = \max(-P_{OSTf}, \rho g(z-T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z-T_{LC})$	$P_W = 0$
OSTf-2P	$P_W = \max(P_{OSTf}, \rho g(z-T_{LC}))$		
OSTf-1S	$P_W = \max(-P_{OSTf}, \rho g(z-T_{LC}))$		
OSTf-2S	$P_W = \max(P_{OSTf}, \rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{OSTf} = 0.69 f_{ps} f_{nl} k_a k_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.3.78（2）得到；

f_{nl}—— 非线性影响系数，取为：

$f_{nl} = 0.8$，对于极端海况设计载荷场景；

$f_{nl} = 0.9$，对于压载水置换设计载荷场景；

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.45L$$

用于 OSTf 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.3.78（2）

横向位置	OSTf-1P，OSTf-2P	OSTf-1S，OSTf-2S
$y \ge 0$	$12\frac{z}{T_{LC}} + 9f_{yB} + 3$	$(12 - 10.5f_T)(\frac{z}{T_{LC}} + f_{yB}) + 3$
$y < 0$	$(12 - 10.5f_T)(\frac{z}{T_{LC}} + f_{yB}) + 3$	$12\frac{z}{T_{LC}} + 9f_{yB} + 3$

k_a—— 由表 1.3.78（3）得到的船舶纵向的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OSTf 载荷工况的 k_a 值　　表 1.3.78（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OSTf-1P，OSTf-2P	OSTf-1S，OSTf-2S
$y \ge 0$	0	$2.16 - 1.66f_T + 11(1 - f_{yB}^{0.1})(2.205 - 2.114f_T)$	$2.16 - 1.66f_T + 11(1 - f_{yB}^{0.1})(2.205 - 2.114f_T)$
	0.1	$1.0 + 2.33(5 - 5.5f_{yB}^{0.1})(1 - f_T) + (0.67 - 1.17f_T)f_{yB}$	$1.0 + 2.33(5 - 5.5f_{yB}^{0.1})(1 - f_T)$
	0.2	$1 + (0.67 - 1.17f_T)f_{yB}$	1.0
	0.5	1.0	1.0
	0.8	$1.0 + 2.33(1 - 1.5f_{yB})(1 - f_T) + (0.66 - 1.16f_T)f_{yB}$	$1.0 + 2.33(1 - 1.5f_{yB})(1 - f_T)$
	1.0	$-2.98 + 21(1 - f_{yB}^{0.1})(1 - f_T) + 6.98f_T + (3.96 - 6.96f_T)f_{yB}$	$-2.98 + 21(1 - f_{yB}^{0.1})(1 - f_T) + 6.98f_T$
$y < 0$	0	$2.16 - 1.66f_T + 11(1 - f_{yB}^{0.1})(2.205 - 2.114f_T)$	$2.16 - 1.66f_T + 11(1 - f_{yB}^{0.1})(2.205 - 2.114f_T)$
	0.1	$1.0 + 2.33(5 - 5.5f_{yB}^{0.1})(1 - f_T)$	$1.0 + 2.33(5 - 5.5f_{yB}^{0.1})(1 - f_T) + (0.67 - 1.17f_T)f_{yB}$
	0.2	1.0	$1 + (0.67 - 1.17f_T)f_{yB}$
	0.5	1.0	1.0
	0.8	$1.0 + 2.33(1 - 1.5f_{yB})(1 - f_T)$	$1.0 + 2.33(1 - 1.5f_{yB})(1 - f_T) + (0.66 - 1.16f_T)f_{yB}$

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OSTf-1P，OSTf-2P	OSTf -1S，OSTf -2S
	1.0	$-2.98+21(1-f_{yB}^{0.1})(1-f_T)+6.98f_T$	$-2.98+21(1-f_{yB}^{0.1})(1-f_T)+6.98f_T$ $+(3.96-6.96f_T)f_{yB}$

k_p——由表 1.3.78（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OSTf 载荷工况的 k_p 值　　表 **1.3.78（4）**

横向位置	f_{xL}	OSTf-1P; OSTf-2P	OSTf-1S; OSTf-2S
$y\geq 0$	0.0	-0.5	-0.5
	0.2	$-0.5(1-f_{yB})-Af_{yB}$	$-0.5(1-f_{yB})+(1.5A-0.6)f_{yB}$
	0.5+0.1A	$1+0.5A(1-f_{yB})$	$1+0.5A(1-f_{yB})+(2.33f_T-2.93)f_{yB}$
	0.8	$-0.5A$	$A(0.9f_{yB}-0.5)$
	0.9	$0.4-0.2f_{yB}-A(0.7+0.5f_{yB})$	$0.4-0.2f_{yB}+A(0.9f_{yB}-0.7)$
	1.0	$0.8-A(0.5+0.3f_{yB})$	$0.8-A(0.5+0.3f_{yB})+0.4Af_{yB}$
$y<0$	0.0	-0.5	-0.5
	0.2	$-0.5(1-f_{yB})+(1.5A-0.6)f_{yB}$	$-0.5(1-f_{yB})-Af_{yB}$
	0.5+0.1A	$1+0.5A(1-f_{yB})+(2.33f_T-2.93)f_{yB}$	$1+0.5A(1-f_{yB})$
	0.8	$A(0.9f_{yB}-0.5)$	$-0.5A$
	0.9	$0.4-0.2f_{yB}+A(0.9f_{yB}-0.7)$	$0.4-0.2f_{yB}-A(0.7+0.5f_{yB})$
	1.0	$0.8-A(0.5+0.3f_{yB})+0.4Af_{yB}$	$0.8-A(0.5+0.3f_{yB})$
其中：$A=2.33f_T-1.33$。			

1.3.89　OHM 工况的水动压力

用于 OHM-1P、OHM-2P、OHM-1S 和 OHM-2S 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.3.89（1）中得到。

用于 OHM 载荷工况的水动压力　　表 **1.3.89（1）**

载荷工况	水动压力，kN/m^2		
	$z\leq T_{LC}$	$T_{LC}<z\leq h_W+T_{LC}$	$z>h_W+T_{LC}$
OHM-1P	$P_W=\max(-P_{OHM},\rho g(z-T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0$
OHM-2P	$P_W=\max(P_{OHM},\rho g(z-T_{LC}))$		
OHM-1S	$P_W=\max(-P_{OHM},\rho g(z-T_{LC}))$		
OHM-2S	$P_W=\max(P_{OHM},\rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{OHM}=-0.66f_{ps}f_{nl}k_ak_pf_{yz}C_s\sqrt{\frac{L_0+\lambda-125}{L}}$$

λ——动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda=(1-0.5f_T)L$$

f_{nl}——非线性影响系数，取为：

$f_{nl}=0.8$，对于极端海况设计载荷场景；

$f_{nl}=0.9$，对于压载水置换设计载荷场景；

中间值由线性插值获得；

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.3.89（2）得到。

用于 OHM 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.3.89（2）

横向位置	OHM-1P，OHM-2P	OHM -1S，OHM -2S
$y\geq 0$	$(1.58-0.58f_T)(10\frac{z}{T_{LC}}+6f_{yB})+2$	$(4.5-3.5f_T)(\frac{z}{T_{LC}}+f_{yB})+2$
$y<0$	$(4.5-3.5f_T)(\frac{z}{T_{LC}}+f_{yB})+2$	$(1.58-0.58f_T)(10\frac{z}{T_{LC}}+6f_{yB})+2$

k_a——由表 1.3.89（3）得到的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到；

k_p—— 由表 1.3.89（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OHM 载荷工况的 k_a 值　　表 1.3.89（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OHM-1P，OHM-2P	OHM -1S，OHM -2S
$y\geq 0$	0	$0.6+4(1-f_{yB})-A(3.1-2.9f_{yB})$	$0.6+4(1-f_{yB})-A(3.1-2.9f_{yB})+1.4f_{yB}$
	0.1	$0.2+2.8(1-f_{yB})+A(3f_{yB}-2.6)$	$0.2+2.8(1-f_{yB})+A(3f_{yB}-2.6)+0.4f_{yB}$
	0.2	$0.4+1.5(1-f_{yB})+A(1.5f_{yB}-1.1)$	$0.4+1.5(1-f_{yB})+A(1.5f_{yB}-1.1)$
	0.4	1.0	$1-0.3f_{yB}$
	0.6	$0.8+0.2(1-f_{yB})+0.2A$	$0.8+0.2(1-f_{yB})+0.2A+0.2f_{yB}$
	0.8	$0.6+2.5(1-f_{yB})+A(1.6f_{yB}-1.1)$	$0.6+2.5(1-f_{yB})+A(1.6f_{yB}-1.1)+0.4f_{yB}$
	0.9	$1.2+(5.13-2.33f_T)(1-f_{yB})$	$1.2+(5.13-2.33f_T)(1-f_{yB})+(5.825f_T-2.825)f_{yB}$
	1.0	$1.6+6.4(1-f_{yB})+A(1.7f_{yB}-2)$	$1.6+6.4(1-f_{yB})+A(1.7f_{yB}-2)+(9.786f_T-4.086)f_{yB}$
$y<0$	0	$0.6+4(1-f_{yB})-A(3.1-2.9f_{yB})+1.4f_{yB}$	$0.6+4(1-f_{yB})-A(3.1-2.9f_{yB})$
	0.1	$0.2+2.8(1-f_{yB})+A(3f_{yB}-2.6)+0.4f_{yB}$	$0.2+2.8(1-f_{yB})+A(3f_{yB}-2.6)$
	0.2	$0.4+1.5(1-f_{yB})+A(1.5f_{yB}-1.1)$	$0.4+1.5(1-f_{yB})+A(1.5f_{yB}-1.1)$
	0.4	$1-0.3f_{yB}$	1.0
	0.6	$0.8+0.2(1-f_{yB})+0.2A+0.2f_{yB}$	$0.8+0.2(1-f_{yB})+0.2A$
	0.8	$0.6+2.5(1-f_{yB})+A(1.6f_{yB}-1.1)+0.4f_{yB}$	$0.6+2.5(1-f_{yB})+A(1.6f_{yB}-1.1)$
	0.9	$1.2+(5.13-2.33f_T)(1-f_{yB})+(5.825f_T-2.825)f_{yB}$	$1.2+(5.13-2.33f_T)(1-f_{yB})$
	1.0	$1.6+6.4(1-f_{yB})+A(1.7f_{yB}-2)+(9.786f_T-4.086)f_{yB}$	$1.6+6.4(1-f_{yB})+A(1.7f_{yB}-2)$
其中：$A=2.33f_T-1.33$。			

用于 OHM 载荷工况的 k_p 值　　表 1.3.89（4）

横向位置	f_{xL}	OHM-1P; OHM-2P	OHM-1S; OHM-2S
$y \geq 0$	0.0	$-1.0+A(0.5+f_{yB})$	$-1.0+A(0.5-0.5f_{yB})$
	0.1	$-0.9(1-f_{yB})+A(1.6-0.6f_{yB})$	$-0.9+0.1f_{yB}+A(1.6-1.8f_{yB})$
	0.2	$0.6A$	$A(0.6-f_{yB})$
	0.3	$-0.5-0.2f_{yB}+A(0.3+0.5f_{yB})$	$-0.5+1.1f_{yB}+A(0.3-0.1f_{yB})$
	对于OHM-1P、OHM-2P: $0.6-0.1f_{yB}$ 对于OHM-1S、OHM-2S: $0.6-0.2f_{yB}$	-1.0	$-1.0+1.8f_{yB}$
	0.8	$0.7-0.4f_{yB}+0.5Af_{yB}$	$0.7+0.2f_{yB}-0.9Af_{yB}$
	0.9	$0.7-0.2f_{yB}+A(0.5f_{yB}-0.1)$	$0.7+0.1f_{yB}-A(0.7f_{yB}+0.1)$
	1.0	$0.6+0.2Af_{yB}$	$0.6-0.1Af_{yB}$
$y < 0$	0.0	$-1.0+A(0.5-0.5f_{yB})$	$-1.0+A(0.5+f_{yB})$
	0.1	$-0.9+0.1f_{yB}+A(1.6-1.8f_{yB})$	$-0.9(1-f_{yB})+A(1.6-0.6f_{yB})$
	0.2	$A(0.6-f_{yB})$	$0.6A$
	0.3	$-0.5+1.1f_{yB}+A(0.3-0.1f_{yB})$	$-0.5-0.2f_{yB}+A(0.3+0.5f_{yB})$
	对于OHM-1P、OHM-2P: $0.6-0.2f_{yB}$ 对于OHM-1S、OHM-2S: $0.6-0.1f_{yB}$	$-1.0+1.8f_{yB}$	-1.0
	0.8	$0.7+0.2f_{yB}-0.9Af_{yB}$	$0.7-0.4f_{yB}+0.5Af_{yB}$
	0.9	$0.7+0.1f_{yB}-A(0.7f_{yB}+0.1)$	$0.7-0.2f_{yB}+A(0.5f_{yB}-0.1)$
	1.0	$0.6-0.1Af_{yB}$	$0.6+0.2Af_{yB}$
其中：$A=2.33f_T-1.33$。			

1.3.910　OHS 载荷工况的水动压力

用于 OHS -1P、OHS-2P、OHS-1S 和 OHS-2S 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.3.910（1）中得到。

用于 OHS 载荷工况的水动压力　　表 1.3.910（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le h_W + T_{LC}$	$z > h_W + T_{LC}$
OHS-1P	$P_W = \max(-P_{OHS}, \rho g(z-T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \rho g(z-T_{LC})$	$P_W = 0$
OHS-2P	$P_W = \max(P_{OHS}, \rho g(z-T_{LC}))$		
OHS-1S	$P_W = \max(-P_{OHS}, \rho g(z-T_{LC}))$		
OHS-2S	$P_W = \max(P_{OHS}, \rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{OHS} = -0.7 f_{ps} f_{nl} k_a k_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.3.910（2）得到；

f_{nl}——非线性影响系数，取为：

$f_{nl} = 0.8$，对于极端海况设计载荷场景；

$f_{nl} = 0.9$，对于压载水置换设计载荷场景；

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.42L$$

用于 OHS 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.3.910（2）

横向位置	OHS-1P，OHS-2P	OHS-1S，OHS-2S
$y \ge 0$	$10\frac{z}{T_{LC}} + 7f_{yB} + 3.5$	$1.5\frac{z}{T_{LC}} + 1.5f_{yB} + 3.5$
$y < 0$	$1.5\frac{z}{T_{LC}} + 1.5f_{yB} + 3.5$	$10\frac{z}{T_{LC}} + 7f_{yB} + 3.5$

k_a——由表 1.3.910（3）得到的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OHS 载荷工况的 k_a 值　　表 1.3.910（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OHS-1P，OHS-2P	OHS -1S，OHS -2S
$y \ge 0$	0	$1.0 + 7.77(1-f_T)(1-f_{yB}) + f_{yB}(0.53 - 0.93 f_T)$	$1.0 + 7.77(1-f_T)$
	0.1	$1.0 - 0.4 f_{yB}$	1.0
	0.2	$1.0 - 0.4 f_{yB}$	1.0
	0.5	1.0	1.0
	0.6	1.0	1.0
	0.8	$1.0 - 0.5 f_{yB}$	1.0
	1.0	$1.0 + 3(1 - 0.91 f_{yB}^{0.1})$	4.0
$y < 0$	0	$1.0 + 7.77(1-f_T)$	$1.0 + 7.77(1-f_T)(1-f_{yB}) + f_{yB}(0.53 - 0.93 f_T)$
	0.1	1.0	$1.0 - 0.4 f_{yB}$
	0.2	1.0	$1.0 - 0.4 f_{yB}$
	0.5	1.0	1.0
	0.6	1.0	1.0

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OHS-1P，OHS-2P	OHS -1S，OHS -2S
	0.8	1.0	$1.0-0.5f_{yB}$
	1.0	4.0	$1.0+3(1-0.91f_{yB}^{0.1})$

k_p—— 由表 1.3.~~9~~10（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OHS 载荷工况的 k_p 值　　表 1.3.~~9~~10（4）

横向位置	f_{xL}	OHS-1P; OHS-2P	OHS-1S; OHS-2S
$y\geq 0$	0.0	$0.9-0.3A$	$0.9-0.3A$
	0.2	$0.9-0.1f_{yB}+A(0.6f_{yB}-0.4)$	$0.9-0.7f_{yB}-A(0.6f_{yB}+0.4)$
	0.3	$0.8-0.5f_{yB}+A(1.5f_{yB}-1.3)$	$0.8-0.4f_{yB}+A(0.3f_{yB}-1.3)$
	0.4	$0.3f_{yB}-0.8$	$1.6f_{yB}-0.8-1.7Af_{yB}$
	0.5	-1	$-1+1.7f_{yB}-1.3Af_{yB}$
	0.6	$-1+0.266(1-f_{yB})(1-f_T)$	$-1+0.266(1-f_{yB})(1-f_T)+(1.3-0.7A)f_{yB}$
	$0.8+0.1Af_{yB}$	$0.7+A(0.5f_{yB}-0.4)$	$0.7-A(0.3f_{yB}+0.4)-0.3f_{yB}$
	1.0	$0.2f_{yB}-0.5+0.2A$	$-0.5+0.2A$
$y<0$	0.0	$0.9-0.3A$	$0.9-0.3A$
	0.2	$0.9-0.7f_{yB}-A(0.6f_{yB}+0.4)$	$0.9-0.1f_{yB}+A(0.6f_{yB}-0.4)$
	0.3	$0.8-0.4f_{yB}+A(0.3f_{yB}-1.3)$	$0.8-0.5f_{yB}+A(1.5f_{yB}-1.3)$
	0.4	$1.6f_{yB}-0.8-1.7Af_{yB}$	$0.3f_{yB}-0.8$
	0.5	$-1+1.7f_{yB}-1.3Af_{yB}$	-1
	0.6	$-1+0.266(1-f_{yB})(1-f_T)+(1.3-0.7A)f_{yB}$	$-1+0.266(1-f_{yB})(1-f_T)$
	$0.8+0.1Af_{yB}$	$0.7-A(0.3f_{yB}+0.4)-0.3f_{yB}$	$0.7+A(0.5f_{yB}-0.4)$
	1.0	$-0.5+0.2A$	$0.2f_{yB}-0.5+0.2A$
其中：$A=2.33f_T-1.33$			

1.3.~~10~~11　OVA 工况的水动压力

用于 OVA-1P、OVA-2P、OVA-1S 和 OVA-2S 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m²，应从表 1.3.~~10~~11（1）得到。

用于 OVA 载荷工况的水动压力　　表 1.3.~~10~~11（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z\leq T_{LC}$	$T_{LC}<z\leq h_W+T_{LC}$	$z>h_W+T_{LC}$
OVA-1P	$P_W=\max(-P_{OVA},\rho g(z-T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0$
OVA-2P	$P_W=\max(P_{OVA},\rho g(z-T_{LC}))$		
OVA-1S	$P_W=\max(-P_{OVA},\rho g(z-T_{LC}))$		
OVA-2S	$P_W=\max(P_{OVA},\rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{\mathrm{OVA}} = 0.61 f_{ps} f_{nl} k_a k_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

λ——动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.7L$$

f_{nl}—— 非线性影响系数，取为：

对于极端海况设计载荷场景：

f_{nl} = 0.5，在 f_{XL}= 0.0 处；

f_{nl} = 0.8，在 f_{XL}= 0.3 处；

f_{nl} = 0.8，在 f_{XL}= 0.7 处；

f_{nl} = 0.6，在 f_{XL}= 1.0 处；

对于用于压载水置换设计载荷场景：

f_{nl} = 0.75，在 f_{XL}= 0.0 处；

f_{nl} = 0.90，在 f_{XL}= 0.3 处；

f_{nl} = 0.90，在 f_{XL}= 0.7 处；

f_{nl} = 0.80，在 f_{XL}= 1.0 处；

中间值由线性插值获得；

f_{yz}——周长分布系数，由表 1.3.~~10~~11（2）得到；

用于 OVA 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.3.~~10~~11（2）

横向位置	OVA-1P，OVA-2P	OVA -1S，OVA -2S
$y \geq 0$	$7\frac{z}{T_{LC}} + 5 f_{yB} + 2.5$	$2\frac{z}{T_{LC}} + 2 f_{yB} + 2.5$
$y < 0$	$2\frac{z}{T_{LC}} + 2 f_{yB} + 2.5$	$7\frac{z}{T_{LC}} + 5 f_{yB} + 2.5$

k_a—— 由表 1.3.~~10~~11（3）获得的船舶纵向的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到；

k_p—— 由表 1.3.~~10~~11（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OVA 载荷工况的 k_a 值　　表 1.3.~~10~~11（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OVA-1P，OVA-2P	OVA -1S，OVA -2S
$y \geq 0$	0	$1.0 + 1.5(1.44 - 0.774 f_T)(2.5 - 2.5 f_{yB}) + f_{yB}(1.33 - 2.33 f_T)$	$1.0 + 1.5(1.44 - 0.774 f_T)(2.5 - 1.5 f_{yB})$
	$0.222 f_T$-0.022	1.0	1.0
	0.8	1.0	1.0
	1.0	$1.0 + (6.67 f_T - 0.67)(2 - 1.7 f_{yB})$	$1.0 + (6.67 f_T - 0.67)(2 - f_{yB})$
$y < 0$	0	$1.0 + 1.5(1.44 - 0.774 f_T)(2.5 - 1.5 f_{yB})$	$1.0 + 1.5(1.44 - 0.774 f_T)(2.5 - 2.5 f_{yB}) + f_{yB}(1.33 - 2.33 f_T)$
	$0.222 f_T$-0.022	1.0	1.0
	0.8	1.0	1.0
	1.0	$1.0 + (6.67 f_T - 0.67)(2 - f_{yB})$	$1.0 + (6.67 f_T - 0.67)(2 - 1.7 f_{yB})$

用于 OVA 载荷工况的 k_p 值　　表 1.3.~~10~~11（4）

横向位置	f_{xL}	OVA-1P; OVA-2P	OVA-1S; OVA-2S
$y\geq 0$	0	$1.4f_T-1.4$	$1.4f_T-1.4$
	0.2-0.1f_{yB}	$0.7-0.7f_T+(0.5-1.4f_T)(1-f_{yB})$	$0.7-0.7f_T+(0.5-1.4f_T)(1-f_{yB})$
	0.4-0.1f_{yB}	-1.0	$-1.0+(1.9-0.7f_T)f_{yB}$
	0.5	$-1.66+1.16f_T$	$-1.66+1.5f_{yB}+1.16f_T$
	0.7	$1.0+(1.16f_T-1.16)f_{yB}$	$1.0+(1.16f_T-1.16)f_{yB}$
	0.8	1.0	$1.0+(0.58f_T-0.58)f_{yB}$
	1.0	1.0	1.0
$y<0$	0	$1.4f_T-1.4$	$1.4f_T-1.4$
	0.2-0.1f_{yB}	$0.7-0.7f_T+(0.5-1.4f_T)(1-f_{yB})$	$0.7-0.7f_T+(0.5-1.4f_T)(1-f_{yB})$
	0.4-0.1f_{yB}	$-1.0+(1.9-0.7f_T)f_{yB}$	-1.0
	0.5	$-1.66+1.5f_{yB}+1.16f_T$	$-1.66+1.16f_T$
	0.7	$1.0+(1.16f_T-1.16)f_{yB}$	$1.0+(1.16f_T-1.16)f_{yB}$
	0.8	$1.0+(0.58f_T-0.58)f_{yB}$	1.0
	1.0	1.0	1.0

1.3.12　OSA 工况的水动压力

用于 OSA-1 和 OSA-2 载荷工况的任一点的水动压力 P_W，kN/m^2，见表 1.3.12（1），并参见图 1.3.12（1）和图 1.3.12（2）。

OSA 载荷工况的水动压力　　表 1.3.12（1）

载荷工况	水动压力，kN/m^2		
	$z\leq T_{LC}$	$T_{LC}<z\leq h_W+T_{LC}$	$z>h_W+T_{LC}$
OSA -1P	$P_W=\max(P_{OSA},\rho g(z-T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0.0$
OSA -2P	$P_W=\max(-P_{OSA},\rho g(z-T_{LC}))$		
OSA -1S	$P_W=\max(P_{OSA},\rho g(z-T_{LC}))$		
OSA -2S	$P_W=\max(-P_{OSA},\rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{OSA}=0.8f_{ps}f_{nl}k_ak_pf_{yz}C_s\sqrt{\frac{L_0+\lambda-125}{L}}(1+0.5f_T)$$

λ——动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda=0.7L$$

f_{nl}——非线性影响系数，取为：

对于极端海况设计载荷场景：

$f_{nl}=0.5$，在 $f_{XL}=0.0$ 处；

$f_{nl}=0.8$，在 $f_{XL}=0.3$ 处；

$f_{nl}=0.8$，在 $f_{XL}=0.7$ 处；

$f_{nl}=0.6$，在 $f_{XL}=1.0$ 处；

对于压载水置换设计载荷场景：

$f_{nl}=0.75$，在 $f_{XL}=0.0$ 处；

$f_{nl}=0.9$，在 $f_{XL}=0.3$ 处；

f_{nl} = 0.9，在 f_{XL}= 0.7 处；

f_{nl} = 0.8，在 f_{XL}= 1.0 处；

中间值由线性插值获得。

f_{yz}——周长分布系数，由表 1.3.12（2）得到；

k_a——沿船舶纵向的幅值系数，由表 1.3.12（3）获得；

k_p——由表 1.3.12（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

OSA 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.3.12（2）

横向位置	OSA-1P，OSA-2P	OSA -1S，OSA -2S
$y\geq 0$	$5.5\frac{z}{T_{LC}}+5.3f_{yB}+2.2$	$0.9\frac{z}{T_{LC}}+0.4f_{yB}+2.2$
$y<0$	$0.9\frac{z}{T_{LC}}+0.4f_{yB}+2.2$	$5.5\frac{z}{T_{LC}}+5.3f_{yB}+2.2$

OSA 载荷工况的 k_a 值　　表 1.3.12（3）

横向位置	纵向位置	OSA-1P，OSA-2P	OSA-1S，OSA -2S
$y\geq 0$	$f_{xL}\leq 0.2$	$1.0+3(2-f_T)(1-5f_{xL})(1-f_{yB})$	$1.0+3(2-f_T)(1-5f_{xL})+\{(28f_{xL}-5)+3f_T(1-5f_{xL})\}f_{yB}$
	$0.2<f_{xL}\leq 0.5$	1.0	$1.0+(1-2f_{xL})f_{yB}$
	$0.5<f_{xL}\leq 0.8$	1.0	$1.0+1.5(2f_{xL}-1)f_{yB}$
	$f_{xL}>0.8$	$1.0+(f_{xL}-0.8)(1-f_{yB})A$	$1.0+\{1.5(2f_{xL}-1)-(f_{xL}-0.8)A\}f_{yB}+(f_{xL}-0.8)A$
$y<0$	$f_{xL}\leq 0.2$	$1.0+3(2-f_T)(1-5f_{xL})+\{(28f_{xL}-5)+3f_T(1-5f_{xL})\}f_{yB}$	$1.0+3(2-f_T)(1-5f_{xL})(1-f_{yB})$
	$0.2<f_{xL}\leq 0.5$	$1.0+(1-2f_{xL})f_{yB}$	1.0
	$0.5<f_{xL}\leq 0.8$	$1.0+1.5(2f_{xL}-1)f_{yB}$	1.0
	$f_{xL}>0.8$	$1.0+\{1.5(2f_{xL}-1)-(f_{xL}-0.8)A\}f_{yB}+(f_{xL}-0.8)A$	$1.0+(f_{xL}-0.8)(1-f_{yB})A$
其中：$A=22-15f_T+3[22(f_{xL}-0.8)-0.25(2-f_T)]$。			

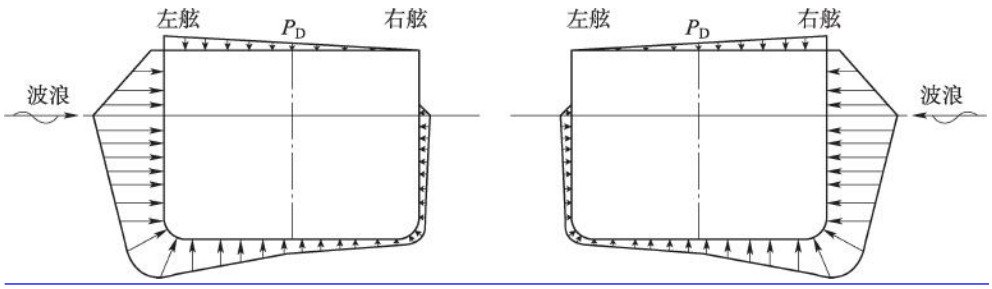


图 1.3.12（1）　OSA-1P（左）和 OSA -1S（右）载荷工况船中处动压力横向分布

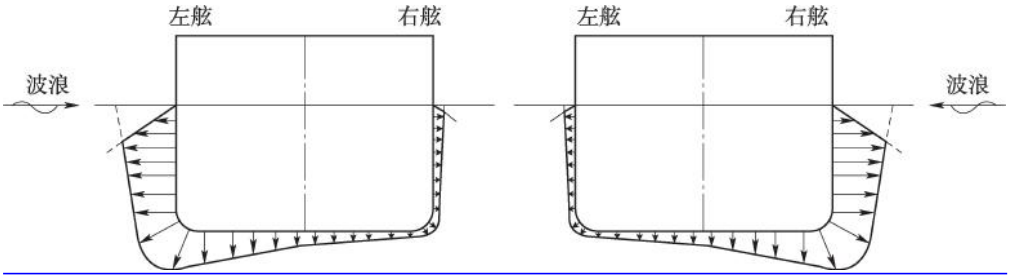


图 1.3.12（2）　OSA -2P（左）和 OSA -2S（右）载荷工况船中处动压力横向分布

OSA 载荷工况的 k_p 值　　表 1.3.12（4）

横向位置	f_{xL}	OSA-1P; OSA-2P	OSA-1S; OSA-2S
$y\geq 0$	0.0	$0.75-0.5\,f_{yB}$	0.75
	0.2	$f_T-0.25+(1.25-f_T)\,f_{yB}$	$f_T-0.25+(0.35f_T-0.47)\,f_{yB}$
	0.4	1.0	$1.0+(2.7f_T-3.2)\,f_{yB}$
	0.5	$1.25-0.5f_T+(0.5f_T-0.25)\,f_{yB}$	$1.25-0.5f_T+(2.7f_T-3.2)\,f_{yB}$
	0.75	$0.5f_T-1.25+(0.25-0.5f_T)\,f_{yB}$	$0.5f_T-1.25+(0.2-0.1f_T)\,f_{yB}$
	1.0	$0.5f_T-1.25+(0.25-0.5f_T)\,f_{yB}$	$0.5f_T-1.25+(0.2-0.1f_T)\,f_{yB}$
$y<0$	0.0	0.75	$0.75-0.5\,f_{yB}$
	0.2	$f_T-0.25+(0.35f_T-0.47)\,f_{yB}$	$f_T-0.25+(1.25-f_T)\,f_{yB}$
	0.4	$1.0+(2.7f_T-3.2)\,f_{yB}$	1.0
	0.5	$1.25-0.5f_T+(2.7f_T-3.2)\,f_{yB}$	$1.25-0.5f_T+(0.5f_T-0.25)\,f_{yB}$
	0.75	$0.5f_T-1.25+(0.2-0.1f_T)\,f_{yB}$	$0.5f_T-1.25+(0.25-0.5f_T)\,f_{yB}$
	1.0	$0.5f_T-1.25+(0.2-0.1f_T)\,f_{yB}$	$0.5f_T-1.25+(0.25-0.5f_T)\,f_{yB}$

1.4　用于疲劳评估的外部动压力

1.4.4　用于 FVM 载荷工况的水动压力

用于 FVM-1 和 FVM-2 载荷工况的任一载荷点的水动压力 P_W，kN/m²，见[1.4.4（1）]。

FVM 载荷工况的水动压力　　表 1.4.4（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z\leq T_{LC}$	$T_{LC}<z\leq 2h_W+T_{LC}$	$z>2h_W+T_{LC}$
FVM-1	$P_W=\max(-P_{FVM},\rho g(z-T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\frac{1}{2}\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0$
FVM-2	$P_W=\max(P_{FVM},\rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{FVM}=f_p f_h k_a k_p f_{yz} C_s\sqrt{\frac{L_0+\lambda-125}{L}}$$

f_{yz}——周长分布系数，取为：

$$f_{yz} = \frac{z}{T_{LC}} + f_{yB} + 1$$

f_h——系数，取为：

$$f_h = 2.6$$

f_p——系数，取为：

$$f_p = f_{fa}[(0.21 + 0.02 f_T) + (6 - 4 f_T) L \times 10^{-5}]$$

k_a——沿船舶纵向的幅值系数，取为：

$k_a = 1 + (3.5 - 2 f_T)(1 - 5 f_{xL})(1 - f_{yB})$，对于 $f_{xL} < 0.2$；

$k_a = 1.0$，对于 $0.2 \le f_{xL} < 0.9$；

$k_a = 1 + 15(1 - f_{yB})(f_{xL} - 0.9)$，对于 $f_{xL} \ge 0.9$；

λ——动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.6\left(1 + \frac{2}{3} f_T\right) L$$

k_p——由表 1.4.4（2）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

FVM 载荷工况的 k_p 值　　表 1.4.4（2）

f_{xL}	k_p
0	$-0.75 - 0.25 f_{yB}$
$0.35 - 0.1 f_T$	-1
$0.5 - 0.2 f_T$	1
0.75	1
$0.9 - 0.1 f_T$	-1
1.0	$-0.5 - 0.5 f_{yB}$

1.4.45　用于 BSR 载荷工况的水动压力

用于 BSR-1 和 BSR-2 载荷工况的任一载荷点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.4.45 中得到。

用于 BSR 载荷工况的水动压力　　表 1.4.45

载荷工况	水动压力，kN/m^2		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
BSR-1P	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0$
BSR-2P	$P_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSR-1S	$P_W = \max(P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		
BSR-2S	$p_W = \max(-P_{BSR}, \rho g(z - T_{LC}))$		

其中：

对于 BSR-1P 和 BSR-2P，

$$P_{BSR} = 10 y \sin\theta + 0.88 f_p C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}(f_{yB1} + 1)$$

对于 BSR-1S 和 BSR-2S，

$$P_{\mathrm{BSR}} = -10y\sin\theta + 0.88 f_p C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}\left(f_{yB1} + 1\right)$$

f_p—— 系数，取为：

$$f_p = f_{fa}\left[\left(0.21 + 0.04 f_T\right) - \left(12 f_T - 2\right)B \times 10^{-4}\right]$$

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T_\theta^2$$

1.4.~~5~~6　用于 BSP 载荷工况的水动压力

用于 BSP-1 和 BSP-2 载荷工况的任一载荷点的水动压力 P_W，kN/m²，应从表 1.4.~~5~~6（1）中得到。

用于 BSP 载荷工况的水动压力　　表 1.4.~~5~~6（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
BSP-1P	$P_W = \max\left(P_{\mathrm{BSP}}, \rho g(z - T_{LC})\right)$	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g\left(z - T_{LC}\right)$	$P_W = 0$
BSP-2P	$P_W = \max\left(-P_{\mathrm{BSP}}, \rho g(z - T_{LC})\right)$		
BSP-1S	$P_W = \max\left(P_{\mathrm{BSP}}, \rho g(z - T_{LC})\right)$		
BSP-2S	$P_W = \max\left(-P_{\mathrm{BSP}}, \rho g(z - T_{LC})\right)$		

其中：

~~$P_{BSP} = 0.8 f_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$~~

$$P_{\mathrm{BSP}} = 4.5 f_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda = 0.2\left(1 + 2 f_T\right)L$$

f_p—— 系数，取为：

$$f_p = f_{fa}\left[0.2 + \left(8 + 16 f_T\right) \times 10^{-3}\right]$$

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.4.~~5~~6（2）得到。

用于 BSP 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.4.~~5~~6（2）

~~横向位置~~	~~BSP-1P，BSP-2P~~	~~BSP-1S，BSP-2S~~
~~$y \ge 0$~~	~~$9\frac{z}{T_{LC}} + 11 f_{yB1} + 2$~~	~~$3\frac{z}{T_{LC}} + 2 f_{yB1} + 2$~~
~~$y < 0$~~	~~$3\frac{z}{T_{LC}} + 2 f_{yB1} + 2$~~	~~$9\frac{z}{T_{LC}} + 11 f_{yB1} + 2$~~

横向位置	BSP-1P，BSP-2P	BSP-1S，BSP-2S
$y\geq 0$	$f_{yz}=2\frac{z}{T_{LC}}+2.5f_{yB1}+0.5$	$f_{yz}=\frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}}+\frac{1}{2}f_{yB1}+0.5$
$y<0$	$f_{yz}=\frac{2}{3}\frac{z}{T_{LC}}+\frac{1}{2}f_{yB1}+0.5$	$f_{yz}=2\frac{z}{T_{LC}}+2.5f_{yB1}+0.5$

1.4.67　用于 OSTf 载荷工况的水动压力

用于 OSTf-1 和 OSTf-2 载荷工况的任一载荷点的水动压力 P_W，kN/m²，应从表 1.4.67（1）中得到。

用于 OSTf 载荷工况的水动压力　　表 1.4.67（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z\leq T_{LC}$	$T_{LC}<z\leq 2h_W+T_{LC}$	$z>2h_W+T_{LC}$
OSTf-1P	$P_W=\max(-P_{OSTf},\rho g(z-T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\frac{1}{2}\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0$
OSTf-2P	$P_W=\max(P_{OSTf},\rho g(z-T_{LC}))$		
OSTf-1S	$P_W=\max(-P_{OSTf},\rho g(z-T_{LC}))$		
OSTf-2S	$P_W=\max(P_{OSTf},\rho g(z-T_{LC}))$		

其中：

$$P_{OSTf}=0.18f_{fa}k_ak_pf_{yz}C_s\sqrt{\frac{L_0+\lambda-125}{L}}$$

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.4.67（2）得到：

用于 OSTf 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.4.67（2）

~~横向位置~~	~~OST-1P，OST-2P~~	~~OST-1S，OST-2S~~
~~$y\geq 0$~~	~~$(16.16-8.16f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(17.15-15.15f_T)f_{yB}+4$~~	~~$(25.8-23.3f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(14.32-9.32f_T)f_{yB}+4$~~
~~$y<0$~~	~~$(25.8-23.3f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(14.32-9.32f_T)f_{yB}+4$~~	~~$(16.16-8.16f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(17.15-15.15f_T)f_{yB}+4$~~

横向位置	OSTf-1P，OSTf-2P	OSTf-1S，OSTf-2S
$y\geq 0$	$(12.16-4.16f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(9.15-7.15f_T)f_{yB}+4$	$(13.8-11.3f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(10.32-5.32f_T)f_{yB}+4$
$y<0$	$(13.8-11.3f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(10.32-5.32f_T)f_{yB}+4$	$(12.16-4.16f_T)\frac{z}{T_{LC}}+(9.15-7.15f_T)f_{yB}+4$

λ—— 动载荷工况的波长，m，取为：

$$\lambda=0.45L$$

k_a—— 由表 1.4.67（3）得到的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OSTf 载荷工况的 k_a 值　　表 **1.4.67**（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OST-1P，OST-2P	OST-1S，OST-2S
$y \geq 0$	0	$4.03-2.7f_{yB}-0.93f_T+A(2-2.4f_{yB})$	$4.03-2.9f_{yB}-0.93f_T+2A(1-f_{yB})$
	0.1	$0.84-0.9f_{yB}+1.16f_T+A(1-0.8f_{yB})$	$0.84-1.3f_{yB}+1.16f_T+A(1-f_{yB})$
	0.2	$0.7f_T-0.2Af_{yB}$	$0.7f_T$
	0.3	$0.87-0.47f_T-0.3f_{yB}-0.8Af_{yB}$	$0.87-0.47f_T$
	$0.41+0.23f_T$	$0.87+0.23f_T+0.2f_{yB}+0.4Af_{yB}$	$0.87+0.23f_T$
	0.8	$0.73-0.6f_{yB}+0.47f_T+A(0.5-0.9f_{yB})$	$0.73-0.8f_{yB}+0.47f_T+0.5A(1-f_{yB})$
	1.0	$3.17-4f_{yB}+2.33f_T+A(1-1.2f_{yB})$	$3.17-3.9f_{yB}+2.33f_T+A(1-f_{yB})$
$y<0$	0	$4.03-2.9f_{yB}-0.93f_T+2A(1-f_{yB})$	$4.03-2.7f_{yB}-0.93f_T+A(2-2.4f_{yB})$
	0.1	$0.84-1.3f_{yB}+1.16f_T+A(1-f_{yB})$	$0.84-0.9f_{yB}+1.16f_T+A(1-0.8f_{yB})$
	0.2	$0.7f_T$	$0.7f_T-0.2Af_{yB}$
	0.3	$0.87-0.47f_T$	$0.87-0.47f_T-0.3f_{yB}-0.8Af_{yB}$
	$0.41+0.23f_T$	$0.87+0.23f_T$	$0.87+0.23f_T+0.2f_{yB}+0.4Af_{yB}$
	0.8	$0.73-0.8f_{yB}+0.47f_T+0.5A(1-f_{yB})$	$0.73-0.6f_{yB}+0.47f_T+A(0.5-0.9f_{yB})$
	1.0	$3.17-3.9f_{yB}+2.33f_T+A(1-f_{yB})$	$3.17-4f_{yB}+2.33f_T+A(1-1.2f_{yB})$
其中：$A=-2.33f_T+1.33$			

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OSTf-1P，OSTf-2P	OSTf-1S，OSTf -2S
$y \geq 0$	0	$4.03-2.7f_{yB}-0.93f_T+A(2-2.4f_{yB})$	$4.03-2.9f_{yB}-0.93f_T+2A(1-f_{yB})$
	0.1	$0.84-0.9f_{yB}+1.16f_T+A(1-0.8f_{yB})$	$0.84-1.3f_{yB}+1.16f_T+A(1-f_{yB})$
	0.2	$0.7f_T-0.2Af_{yB}$	$0.7f_T$
	0.3	$0.87-(0.47-0.3f_{yB})f_T-0.1f_{yB}-0.3Af_{yB}$	$0.87-0.47f_T$
	$0.41+0.23f_T$	$0.27+(0.47+0.16f_{yB})f_T+0.2f_{yB}+0.2Af_{yB}$	$0.27+(0.47+0.36f_{yB})f_T$
	0.8	$0.73-0.6f_{yB}+0.47f_T+A(0.5-0.9f_{yB})$	$0.73-0.8f_{yB}+0.47f_T+0.5A(1-f_{yB})$
	1.0	$3.67-4f_{yB}+2.33f_T+A(1-1.2f_{yB})$	$3.67-3.4f_{yB}+2.33f_T+A(1-f_{yB})$
$y<0$	0	$4.03-2.9f_{yB}-0.93f_T+2A(1-f_{yB})$	$4.03-2.7f_{yB}-0.93f_T+A(2-2.4f_{yB})$
	0.1	$0.84-1.3f_{yB}+1.16f_T+A(1-f_{yB})$	$0.84-0.9f_{yB}+1.16f_T+A(1-0.8f_{yB})$
	0.2	$0.7f_T$	$0.7f_T-0.2Af_{yB}$
	0.3	$0.87-0.47f_T$	$0.87-(0.47-0.3f_{yB})f_T-0.1f_{yB}-0.3Af_{yB}$
	$0.41+0.23f_T$	$0.27+(0.47+0.36f_{yB})f_T$	$0.27+(0.47+0.16f_{yB})f_T+0.2f_{yB}+0.2Af_{yB}$
	0.8	$0.73-0.8f_{yB}+0.47f_T+0.5A(1-f_{yB})$	$0.73-0.6f_{yB}+0.47f_T+A(0.5-0.9f_{yB})$
	1.0	$3.67-3.4f_{yB}+2.33f_T+A(1-f_{yB})$	$3.67-4f_{yB}+2.33f_T+A(1-1.2f_{yB})$
其中：$A=-2.33f_T+1.33$。			

用于 OSTf 载荷工况的 k_p 值　　表 **1.4.67（4）**

横向位置	f_{xL}	OST-1P; OST-2P	OST-1S; OST-2S
$y \geq 0$	0.0	$0.6-0.1f_{yB}-A(0.3+0.2f_{yB})$	$0.6-0.1f_{yB}-0.3A(1-f_{yB})$
	0.1	$0.6-A(0.5f_{yB}+0.2)$	$0.6-1.6f_{yB}+A(1.9f_{yB}-0.2)$
	0.2	$0.6+0.2f_{yB}-A(1.1f_{yB}+0.4)$	$0.6-1.1f_{yB}+A(1.9f_{yB}-0.4)$
	0.35	$-0.8+1.1f_{yB}-1.3Af_{yB}$	$-0.8-0.2f_{yB}$
	0.65	$1-0.1f_{yB}+0.2Af_{yB}$	$1-1.5f_{yB}+0.8Af_{yB}$
	0.8	$-0.4+0.4f_{yB}-0.2A$	$-0.4-0.2f_{yB}+A(1.5f_{yB}-0.2)$
	0.9	$-0.8+0.6f_{yB}-0.7Af_{yB}$	$-0.8+0.1Af_{yB}$
	1.0	$-1+0.6f_{yB}+A(0.1-0.4f_{yB})$	$-1+0.1A$
$y < 0$	0.0	$0.6-0.1f_{yB}-0.3A(1-f_{yB})$	$0.6-0.1f_{yB}-A(0.3+0.2f_{yB})$
	0.1	$0.6-1.6f_{yB}+A(1.9f_{yB}-0.2)$	$0.6-A(0.5f_{yB}+0.2)$
	0.2	$0.6-1.1f_{yB}+A(1.9f_{yB}-0.4)$	$0.6+0.2f_{yB}-A(1.1f_{yB}+0.4)$
	0.35	$-0.8-0.2f_{yB}$	$-0.8+1.1f_{yB}-1.3Af_{yB}$
	0.65	$1-1.5f_{yB}+0.8Af_{yB}$	$1-0.1f_{yB}+0.2Af_{yB}$
	0.8	$-0.4-0.2f_{yB}+A(1.5f_{yB}-0.2)$	$-0.4+0.4f_{yB}-0.2A$
	0.9	$-0.8+0.1Af_{yB}$	$-0.8+0.6f_{yB}-0.7Af_{yB}$
	1.0	$-1+0.1A$	$-1+0.6f_{yB}+A(0.1-0.4f_{yB})$
其中：$A=-2.33f_T+1.33$			

横向位置	f_{xL}	OSTf-1P; OSTf-2P	OSTf-1S; OSTf-2S
$y \geq 0$	0.0	$0.3-0.2f_{yB}-A(0.2f_{yB}-0.1)$	$0.3+0.2f_{yB}-A(0.2-0.1f_{yB})$
	0.1	$0.1-0.7f_{yB}+A(0.5f_{yB}-0.4)$	$0.1+0.5f_{yB}+A(5f_{yB}-0.4)$
	0.2	$-0.1-0.5f_{yB}-A(1.1f_{yB}-1)$	$-0.1+f_{yB}-A(1.1f_{yB}-1)$
	0.3+0.2f_T	$1.2-0.1f_{yB}-A\left(1.1f_{yB}-1\right)$	$1.2-2.1f_{yB}$
	0.65	$1.1-0.1f_{yB}+0.1Af_{yB}$	$1.1-0.9f_{yB}+0.1Af_{yB}$
	0.8	$-0.5+0.4f_{yB}-0.1A$	$-0.5+0.1f_{yB}-0.1A$
	0.9	$-1.4+0.6f_{yB}-0.1Af_{yB}$	$-1.4+0.7f_{yB}$
	1.0	$-1+0.6f_{yB}+A(0.1-0.4f_{yB})$	$-1+0.1A$
$y < 0$	0.0	$0.3+0.2f_{yB}-A(0.2-0.1f_{yB})$	$0.3-0.2f_{yB}-A(0.2f_{yB}-0.1)$
	0.1	$0.1+0.5f_{yB}+A(5f_{yB}-0.4)$	$0.1-0.7f_{yB}+A(0.5f_{yB}-0.4)$
	0.2	$-0.1+f_{yB}-A(1.1f_{yB}-1)$	$-0.1-0.5f_{yB}-A(1.1f_{yB}-1)$
	0.3+0.2f_T	$1.2-2.1f_{yB}$	$1.2-0.1f_{yB}-A\left(1.1f_{yB}-1\right)$
	0.65	$1.1-0.9f_{yB}+0.1Af_{yB}$	$1.1-0.1f_{yB}+0.1Af_{yB}$
	0.8	$-0.5+0.1f_{yB}-0.1A$	$-0.5+0.4f_{yB}-0.1A$
	0.9	$-1.4+0.7f_{yB}$	$-1.4+0.6f_{yB}-0.1Af_{yB}$
	1.0	$-1+0.1A$	$-1+0.6f_{yB}+A(0.1-0.4f_{yB})$
其中：$A=-2.33f_T+1.33$。			

1.4.~~7~~8　用于 OHM 载荷工况的水动压力

用于 OHM-1 和 OHM-2 载荷工况的任一载荷点的水动压力 P_W，kN/m^2，应从表 1.4.~~7~~8（1）中得到。

用于 OHM 载荷工况的水动压力　　表 1.4.~~7~~8（1）

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z \le T_{LC}$	$T_{LC} < z \le 2h_W + T_{LC}$	$z > 2h_W + T_{LC}$
OHM-1P	P_W = max (-P_{OHM} , $\rho g(z\text{-}T_{LC})$)	$P_W = P_{W,WL} - \frac{1}{2}\rho g(z - T_{LC})$	$P_W = 0$
OHM-2P	P_W = max (P_{OHM} , $\rho g(z\text{-}T_{LC})$)		
OHM-1S	P_W = max (-P_{OHM} , $\rho g(z\text{-}T_{LC})$)		
OHM-2S	p_W = max (P_{OHM} , $\rho g(z\text{-}T_{LC})$)		

其中：

$$P_{\mathrm{OHM}} = \text{-}0.16 f_{fa} k_a k_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

f_{yz}——　周长分布系数，由表 1.4.~~7~~8（2）得到：

用于 OHM 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.4.~~7~~8（2）

横向位置	OHM-1P，OHM-2P	OHM -1S，OHM -2S
$y \geqslant 0$	$(18.64f_T - 6.64)\frac{z}{T_{LC}} + (22.14 - 18.64f_T)f_{yB} + 2.5$	$\frac{z}{T_{LC}} + (8 - 7f_T)f_{yB} + 2.5$
$y < 0$	$\frac{z}{T_{LC}} + (8 - 7f_T)f_{yB} + 2.5$	$(18.64f_T - 6.64)\frac{z}{T_{LC}} + (22.14 - 18.64f_T)f_{yB} + 2.5$

λ——m，取为：

$$\lambda = (1 - 0.5 f_T)L$$

k_a——　由表 1.4.~~7~~8（3）得到的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到；

k_p——　由表 1.4.~~7~~8（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到：

用于 OHM 载荷工况的 k_a 值　　表 1.4.~~7~~8（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OHM-1P，OHM-2P	OHM-1S，OHM-2S
$y \geqslant 0$	0	$2.73 + 0.47f_T - 2.4f_{yB} + A(0.7f_{yB} - 1)$	$1.13 + 0.47f_T + (2.33f_T - 2.93)(f_{yB} - 1)$
	0.1	$1.2 - 0.7f_{yB} + 0.3A(2f_{yB} - 1)$	$1.2 - 0.7f_{yB} + 0.3A(f_{yB} - 1)$
	0.2	$-0.46 + 1.86f_T - 0.1f_{yB} + A(0.3f_{yB} - 0.7)$	$-0.46 + 1.86f_T + 0.7A(f_{yB} - 1)$
	$0.53 - 0.23f_T$	$-0.33 + 2.33f_T + 0.1f_{yB} + A(0.2f_{yB} - 1.3)$	$-0.33 + 2.33f_T + 1.3A(f_{yB} - 1)$
	$0.83 - 0.23f_T$	$0.5 + 0.5f_{yB} - 0.1Af_{yB}$	0.5
	0.9	$4 - 2.6f_{yB} + A(f_{yB} - 1)$	$4 - 1.5f_{yB} + A(2f_{yB} - 1)$
	1.0	$6 - 4.6f_{yB} + A(2.1f_{yB} - 2)$	$6 - 3.5f_{yB} + 2A(f_{yB} - 1)$
$y < 0$	0	$1.13 + 0.47f_T + (2.33f_T - 2.93)(f_{yB} - 1)$	$2.73 + 0.47f_T - 2.4f_{yB} + A(0.7f_{yB} - 1)$
	0.1	$1.2 - 0.7f_{yB} + 0.3A(f_{yB} - 1)$	$1.2 - 0.7f_{yB} + 0.3A(2f_{yB} - 1)$
	0.2	$-0.46 + 1.86f_T + 0.7A(f_{yB} - 1)$	$-0.46 + 1.86f_T - 0.1f_{yB} + A(0.3f_{yB} - 0.7)$
	$0.53 - 0.23f_T$	$-0.33 + 2.33f_T + 1.3A(f_{yB} - 1)$	$-0.33 + 2.33f_T + 0.1f_{yB} + A(0.2f_{yB} - 1.3)$

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OHM-1P，OHM-2P	OHM-1S，OHM-2S
	$0.83-0.23f_T$	0.5	$0.5+0.5f_{yB}-0.1Af_{yB}$
	0.9	$4-1.5f_{yB}+A(2f_{yB}-1)$	$4-2.6f_{yB}+A(f_{yB}-1)$
	1.0	$6-3.5f_{yB}+2A(f_{yB}-1)$	$6-4.6f_{yB}+A(2.1f_{yB}-2)$
其中：$A=2.33f_T-1.33$。			

用于 OHM 载荷工况的 k_p 值　　表 **1.4.~~7~~8（4）**

横向位置	f_{xL}	OHM-1P，OHM-2P	OHM-1S，OHM-2S
$y\geqslant 0$	0.0	$-1+A(0.4+f_{yB})$	$-1+0.4A(1-f_{yB})$
	0.1	$-0.5+f_{yB}+A(1.3-0.8f_{yB})$	$-0.5+1.3A(1-f_{yB})$
	0.2	$0.5-0.3f_{yB}+0.7A$	$0.5-0.4f_{yB}+0.7A$
	0.3	$-0.5+0.2f_{yB}+A(0.7-0.1f_{yB})$	$-0.5+1.5f_{yB}+A(0.7-0.8f_{yB})$
	$0.6\text{-}0.1f_{yB}$	-1	$-1+1.8f_{yB}$
	0.75	$0.7-0.1A$	$0.7-A(0.1+1.6f_{yB})$
	0.9	$0.7+0.1f_{yB}+A(0.1f_{yB}-0.1)$	$0.7-0.1f_{yB}-A(0.1+0.4f_{yB})$
	1.0	$0.8+A(0.1f_{yB}-0.2)$	$0.8-0.5f_{yB}-0.2A(1-f_{yB})$
$y<0$	0.0	$-1+0.4A(1-f_{yB})$	$-1+A(0.4+f_{yB})$
	0.1	$-0.5+1.3A(1-f_{yB})$	$-0.5+f_{yB}+A(1.3-0.8f_{yB})$
	0.2	$0.5-0.4f_{yB}+0.7A$	$0.5-0.3f_{yB}+0.7A$
	0.3	$-0.5+1.5f_{yB}+A(0.7-0.8f_{yB})$	$-0.5+0.2f_{yB}+A(0.7-0.1f_{yB})$
	$0.6\text{-}0.1f_{yB}$	$-1+1.8f_{yB}$	-1
	0.75	$0.7-A(0.1+1.6f_{yB})$	$0.7-0.1A$
	0.9	$0.7-0.1f_{yB}-A(0.1+0.4f_{yB})$	$0.7+0.1f_{yB}+A(0.1f_{yB}-0.1)$
	1.0	$0.8-0.5f_{yB}-0.2A(1-f_{yB})$	$0.8+A(0.1f_{yB}-0.2)$
其中：$A=2.33f_T-1.33$			

1.4.~~8~~9　用于 OHS 载荷工况的水动压力

用于 OHS-1 和 OHS-2 载荷工况的任一载荷点的水动压力 P_W，kN/m²，应从表 1.4.~~8~~9（1）中得到。

用于 OHS 载荷工况的水动压力　　表 **1.4.~~8~~9（1）**

载荷工况	水动压力，kN/m²		
	$z\leq T_{LC}$	$T_{LC}<z\leq 2h_W+T_{LC}$	$z>2h_W+T_{LC}$
OHS-1P	$P_W=\max(-P_{OHS},\rho g(z\text{-}T_{LC}))$	$P_W=P_{W,WL}-\frac{1}{2}\rho g(z-T_{LC})$	$P_W=0$
OHS-2P	$P_W=\max(P_{OHS},\rho g(z\text{-}T_{LC}))$		
OHS-1S	$P_W=\max(-P_{OHS},\rho g(z\text{-}T_{LC}))$		
OHS-2S	$p_W=\max(P_{OHS},\rho g(z\text{-}T_{LC}))$		

其中：

$$P_{\mathrm{OHS}} = -0.17 f_{fa} k_a k_p f_{yz} C_s \sqrt{\frac{L_0 + \lambda - 125}{L}}$$

f_{yz}—— 周长分布系数，由表 1.4.89（2）得到。

用于 OHS 载荷工况的周长分布系数 f_{yz}　　表 1.4.89（2）

横向位置	OHS-1P，OHS-2P	OHS-1S，OHS-2S
$y \geq 0$	$(13.66 - 4.66 f_T)\frac{z}{T_{LC}} + (13.32 - 9.32 f_T) f_{yB} + 4$	$(0.17 + 2.33 f_T)\frac{z}{T_{LC}} + (19 - 14 f_T) f_{yB} + 4$
$y < 0$	$(0.17 + 2.33 f_T)\frac{z}{T_{LC}} + (19 - 14 f_T) f_{yB} + 4$	$(13.66 - 4.66 f_T)\frac{z}{T_{LC}} + (13.32 - 9.32 f_T) f_{yB} + 4$

λ—— m，取为：

$$\lambda = 0.42 L$$

k_a—— 由表 1.4.89（3）得到的幅值系数，位于其间的值通过线性内插得到：

用于 OHS 载荷工况的 k_a 值　　表 1.4.89（3）

横向位置	纵向位置 f_{xL}	OHS-1P，OHS-2P	OHS-1S，OHS-2S
$y \geq 0$	0	$3.7 - 2.9 f_{yB} + 2.5 A(f_{yB} - 1)$	$3.7 - 2.9 f_{yB} + A(2 f_{yB} - 2.5)$
	0.1	$1.5 - 0.9 f_{yB} + A(0.6 f_{yB} - 0.4)$	$1.5 - 1.3 f_{yB} + A(f_{yB} - 0.4)$
	0.2	$0.8 - 0.3 f_{yB} + A(0.7 f_{yB} - 0.4)$	$0.8 - 0.4 f_{yB} + A(0.7 f_{yB} - 0.4)$
	0.3	$0.2 + 0.3 f_{yB} + A(0.1 + 0.3 f_{yB})$	$0.2 + 0.5 f_{yB} + A(0.1 - 0.4 f_{yB})$
	0.5	1	1
	0.6	$1 - 0.1 f_{yB}$	$1 - 0.2 f_{yB} + 0.3 A f_{yB}$
	0.8	$1 - 0.4 f_{yB} + A(1.2 f_{yB} - 0.8)$	$1 - 0.8 f_{yB} + A(f_{yB} - 0.8)$
	1.0	$4.8 - 3.8 f_{yB} + A(1.8 f_{yB} - 1.1)$	$4.8 - 4 f_{yB} + A(1.8 f_{yB} - 1.1)$
$y < 0$	0	$3.7 - 2.9 f_{yB} + A(2 f_{yB} - 2.5)$	$3.7 - 2.9 f_{yB} + 2.5 A(f_{yB} - 1)$
	0.1	$1.5 - 1.3 f_{yB} + A(f_{yB} - 0.4)$	$1.5 - 0.9 f_{yB} + A(0.6 f_{yB} - 0.4)$
	0.2	$0.8 - 0.4 f_{yB} + A(0.7 f_{yB} - 0.4)$	$0.8 - 0.3 f_{yB} + A(0.7 f_{yB} - 0.4)$
	0.3	$0.2 + 0.5 f_{yB} + A(0.1 - 0.4 f_{yB})$	$0.2 + 0.3 f_{yB} + A(0.1 + 0.3 f_{yB})$
	0.5	1	1
	0.6	$1 - 0.2 f_{yB} + 0.3 A f_{yB}$	$1 - 0.1 f_{yB}$
	0.8	$1 - 0.8 f_{yB} + A(f_{yB} - 0.8)$	$1 - 0.4 f_{yB} + A(1.2 f_{yB} - 0.8)$
	1.0	$4.8 - 4 f_{yB} + A(1.8 f_{yB} - 1.1)$	$4.8 - 3.8 f_{yB} + A(1.8 f_{yB} - 1.1)$
其中：$A = 2.33 f_T - 1.33$。			

k_p—— 由表 1.4.89（4）得到的相位系数，位于其间的值通过线性内插得到。

用于 OHS 载荷工况的 k_p 值　　表 **1.4.89（4）**

横向位置	f_{xL}	OHS-1P，OHS-2P	OHS-1S，OHS-2S
$y \geq 0$	0.0	$0.5 + A(0.2 f_{yB} - 0.3)$	$0.5 - A(f_{yB} + 0.3)$
	0.1	$0.5 - 0.7A(1 - f_{yB})$	$0.5 - A(0.7 + 0.6 f_{yB}) - 0.3 f_{yB}$
	0.2	$0.5 + A(0.8 f_{yB} - 0.3)$	$0.5 - A(0.5 f_{yB} + 0.3) - 0.7 f_{yB}$
	对于 OHS-1P、OHS-2P：0.3 对于 OHS-1S、OHS-2S:$0.3+0.1f_{yB}$	$0.5 + 0.3Af_{yB}$	$0.5 + (0.2A + 0.4) f_{yB}$
	对于 OHS-1P、OHS-2P： $0.6+0.1A(1-f_{yB})$ 对于 OHS-1S、OHS-2S: $0.6+0.1A(1-f_{yB})+0.1f_{yB}$	$-1 + 0.3A(1 - f_{yB})$	$-1 + A(0.3 - 0.6 f_{yB}) + f_{yB}$
	0.8	$0.7 + 0.2A(1 - f_{yB})$	$0.7 + A(0.2 - 0.9 f_{yB}) - 0.4 f_{yB}$
	0.9	$0.8 + 0.2A$	$0.8 + 0.2A - 0.2 f_{yB}$
	1.0	$0.4 + A(0.4 - 0.3 f_{yB})$	$0.4 + A(0.4 - 0.1 f_{yB}) + 0.2 f_{yB}$
$y < 0$	0.0	$0.5 - A(f_{yB} + 0.3)$	$0.5 + A(0.2 f_{yB} - 0.3)$
	0.1	$0.5 - A(0.7 + 0.6 f_{yB}) - 0.3 f_{yB}$	$0.5 - 0.7A(1 - f_{yB})$
	0.2	$0.5 - A(0.5 f_{yB} + 0.3) - 0.7 f_{yB}$	$0.5 + A(0.8 f_{yB} - 0.3)$
	对于 OHS-1P、OHS-2P： $0.3+0.1f_{yB}$ 对于 OHS-1S、OHS-2S:0.3	$0.5 + (0.2A + 0.4) f_{yB}$	$0.5 + 0.3Af_{yB}$
	对于 OHS-1P、OHS-2P： $0.6+0.1A(1-f_{yB})+0.1f_{yB}$ 对于 OHS-1S、OHS-2S: $0.6+0.1A(1-f_{yB})$	$-1 + A(0.3 - 0.6 f_{yB}) + f_{yB}$	$-1 + 0.3A(1 - f_{yB})$
	0.8	$0.7 + A(0.2 - 0.9 f_{yB}) - 0.4 f_{yB}$	$0.7 + 0.2A(1 - f_{yB})$
	0.9	$0.8 + 0.2A - 0.2 f_{yB}$	$0.8 + 0.2A$
	1.0	$0.4 + A(0.4 - 0.1 f_{yB}) + 0.2 f_{yB}$	$0.4 + A(0.4 - 0.3 f_{yB})$
其中：$A = 2.33 f_T - 1.33$。			

2 露天甲板外部压力

2.1 应用

2.1.1 露天甲板上的外部压力及集中力应只用于强度评估。

2.1.2 上浪压力应独立于由分布货物或其他设备载荷产生的压力和由货物或其他单位设备载荷产生的集中力。

2.2 上浪载荷

2.2.1 露天甲板上的压力

用于静+动（S+D）设计载荷场景的露天甲板上任意一点由于上浪载荷产生的外部动压力，P_D，kN/m²，应根据每一个动载荷工况获得，并按[2.2.3]和[2.2.4]的定义取值。用于静（S）设计载荷场景的露天甲板上任意一点由于上浪载荷产生的外部动压力 P_D，为零。

2.2.2 如果露天甲板设有挡浪板，挡浪板之后露天甲板的上浪压力不允许进行折减。

2.2.3 ~~HVM，HVS，FVM~~HVM，HVS，HSA，FVM，FVMf 载荷工况

对于 ~~HVM，HVS，FVM~~HVM，HVS，HSA，FVM，FVMf 载荷工况，露天甲板任何一载荷点的外部压力 P_D，kN/m²，应由下式得出，见图 1.3.2（1）和图 1.3.2（2）：

$$P_D = \chi P_W$$

式中：

$P_W = P_{W,D}$，但应不小于 $P_{D\text{-}min}$；

$P_{W,D}$—— [1.3]定义的 ~~HVM，HVS，FVM~~HVM，HVS，HSA，FVM，FVMf 载荷工况在露天甲板边线处得到的压力，kN/m²；

$P_{D\text{-}min}$—— 由表 2.2.3（1）中的公式得到的最小的露天甲板压力，kN/m²，应取为：

- 对于根据第 7 章进行的货舱分析，$P_{D\text{-}min}$=0.0；
- 对于其他情况，$P_{D\text{-}min}$ 的定义见表 2.2.3（1）；

χ—— 表 2.2.3（2）中定义的系数。

~~HVM，HVS，FVM~~HVM，HVS，HSA，FVM，FVMf 载荷工况露天甲板上的最小压力 **表 2.2.3（1）**

位置	露天甲板上的最小压力 $P_{D\text{-}min}$, kN/m²	
	$L_{LL} \geq 100$m	$L_{LL} < 100$m
$x_{LL} / L_{LL} \leq 0.75$	34.3	$14.9 + 0.195\, L_{LL}$
$x_{LL} / L_{LL} > 0.75$	$34.3 + \left(14.8 + a\left(L_{LL} - 100\right)\right)\left(4\frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 3\right)$	$12.2 + \frac{L_{LL}}{9}\left(5\frac{x_{LL}}{L_{LL}} - 2\right) + 3.6\frac{x_{LL}}{L_{LL}}$

其中:

a—— 系数, 取为：

a=0.0726

x_{LL}—— 从干舷船长 L_{LL} 尾端量得的载荷点的 X 坐标。

露天甲板上的压力系数　　表 2.2.3（2）

露天甲板位置	χ
干舷甲板	1.00
上层建筑甲板，包括首楼甲板	0.75
第 1 层甲板室	0.56
第 2 层甲板室	0.42
第 3 层甲板室	0.32
第 4 层甲板室	0.25
第 5 层甲板室	0.20
第 6 层甲板室	0.15
第 7 层甲板室及以上	0.10

2.2.4　BSR，BSP，OSTf，OHM，OHS，OSA 和 OVA 载荷工况

对于 BSR，BSP，OSTf，OHM，OHS，OSA 和 OVA 载荷工况，露天甲板任何一载荷点的外部压力 P_D，kN/m^2，应由露天甲板左舷甲板边线处和右舷甲板边线处的压力线性插值得到：

$$P_{D,stb} = \chi P_{W,D-stb}$$

$$P_{D,pt} = \chi P_{W,D-pt}$$

式中：

$P_{W,D-stb}$—— [1.3]定义的 BSR，BSP，OSTf，OHM，OHS，OSA 和 OVA 载荷工况在右舷甲板边线处得到的压力；

$P_{W,D-pt}$—— [1.3]定义的 BSR，BSP，OSTf，OHM，OHS，OSA 和 OVA 载荷工况在左舷甲板边线处得到的压力；

χ—— 表 2.2.3（2）定义的系数。

3　首部尾区域的外部冲击压力

3.1　应用

3.1.1　首尾区域的冲击压力仅应用于强度评估。

3.2　船首底部砰击压力

~~3.2.1　砰击压力极值~~

~~选取距尾垂线 $0.85L_{PP}$ 剖面作为计算横剖面，底部砰击压力极值 P_{SE}，kN/m^2，按下式计算：~~

$$P_{SE}(\alpha) = \frac{1}{2}\rho k_1 C_{ps}\left\{V_0^2 - 2E_v \ln\left[1-(1-\alpha)^{1/n}\right]\right\}$$

式中：ρ——海水密度，t/m^3，取为 1.025；

k_1——砰击系数，按表 3.2.1 选取，中间值可采用线性插值法求得；

砰击系数 k_1 表 3.2.1

b_1/d_1	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
k_1	4.0	9.5	20.0	26.0	29.5	32.0	33.0	34.2	35.3	36.2

注：d_1——$T_{SC}/10$ 吃水，m；

b_1——d_1 吃水下的计算横剖面水线半宽，m；

C_{ps}——系数，取为 0.44；

V_0——临界砰击速度，m/s，按下式计算：

$$V_0 = 0.0925\sqrt{L}$$

α——保证率，取为 0.01；

n——砰击次数，取为 t_n 小时内平均砰击次数 N，按下式计算：

$$N = 3600\frac{t_n}{2\pi}\sqrt{\frac{E_v}{E_r}}\exp\left\{-\left(\frac{T_f^2}{2E_r}+\frac{V_0^2}{2E_v}\right)\right\}$$

其中：

t_n——计算航行时间，h，按下式选取：

$t_n = 41$ 对于 $L \le 77m$；

$t_n = 35$ 对于 $L \ge 160m$；

t_n 中间值可采用线性插值法求得。

T_f——最小首吃水航行工况下计算横剖面的吃水，m；

E_r、E_v——计算横剖面的垂向船波相对运动方差和相对速度方差，分别按下式计算：

$$E_r = 0.25\left(C_{pc}M_r\right)^2/f_r$$

$$E_v = 0.25\left(\omega_e C_{pc}M_r\right)^2/f_v$$

其中：C_{pc}——垂向相对运动概率修正系数，取为 1.2；

ω_e——遭遇频率，rad/s，按下式计算：

$$\omega_e = \omega\left(1+\frac{0.4\omega V_c}{g}\right)$$

ω——基于 80%船长 L 的有效波频，rad/s，按下式计算：

$$\omega = \sqrt{\frac{2\pi g}{0.8L}}$$

V_c——计算航速，m/s，按下式计算：

$$V_c = 0.5144V$$

其中：M_r——计算剖面垂向船波相对运动，m，按下式计算：

$$M_r = H_{\min}\left[1+\frac{4.5}{C_b+0.2}\left(\frac{x_a}{L}-x_m\right)^2\right]$$

$H_{\min}$——最小计算波高，m，按下式计算：

$$H_{\min} = \frac{0.0545}{k_m}L\left(C_b+0.2\right)^{0.3}\exp\left(-0.0044L\right)$$

x_a——计算剖面距尾垂线纵向位置，m；

~~x_m——系数，按下式计算，取不小于 0.2：~~

$$x_m = 0.45 - \frac{0.309V}{\sqrt{gL}}$$

~~k_m——系数，按下式计算：~~

$$k_m = 1 + \frac{4.5(0.5 - x_m)^2}{C_b + 0.2}$$

~~f_r、f_v——系数，按下式确定：~~

$$f_r = -0.00411L + 4.1$$

$$f_v = -0.011L + 5.1$$

~~3.2.2 剖面砰击压力~~

~~各剖面砰击压力P_{SL}按下式计算：~~

$$P_{SL} = eP_{SE}$$

~~式中：e——砰击压力纵向修正系数，见表 3.2.2；~~

~~P_{SE}——底部砰击压力极值，kPa，见本节[3.2.1]；~~

~~修正系数 e 表 3.2.2~~

~~位置~~	e
~~从距首垂线$(X-0.125L)$至距首垂线 X 之间~~	$\frac{2f-1}{0.05-C_b}$
~~从首垂线至距首垂线$(X-0.2L)$之间~~	$0.5+\frac{f}{0.9-C_b}$
~~其余位置~~	~~1~~

~~注：C_b——方形系数，当 C_b<0.7 时，C_b=0.7，当 C_b>0.8 时 C_b=0.8；~~

~~f——剖面位置至首垂线的距离与船长 L 之比；~~

~~X——船首底部砰击加强范围，见第 6 章第 7 节[3.1.1]。~~

3.2.1 剖面砰击压力

各剖面砰击压力 P_{SL}，kN/m²，按下式计算：

$$P_{SL} = eP_{SE}$$

式中：P_{SE}—— 底部砰击压力极值，kN/m²，见[3.2.2]；

e—— 砰击压力纵向修正系数，见表 3.2.1 和图 3.2.1。

修正系数 e **表 3.2.1**

位置	e
从距首端(X-0.125L)至距首端 X 之间	$\dfrac{2f-1}{0.05-C_b}$
从首端至距首端(X-0.2L)之间	$0.5+\dfrac{f}{0.9-C_b}$
其余位置	1

注：C_b —— 方形系数，当 C_b<0.7 时，C_b=0.7，当 C_b>0.8 时 C_b=0.8；

f —— 剖面位置至首端的距离与船长 L 之比；

X —— 船首底部砰击加强范围，见第 6 章第 7 节[3.1.1]。

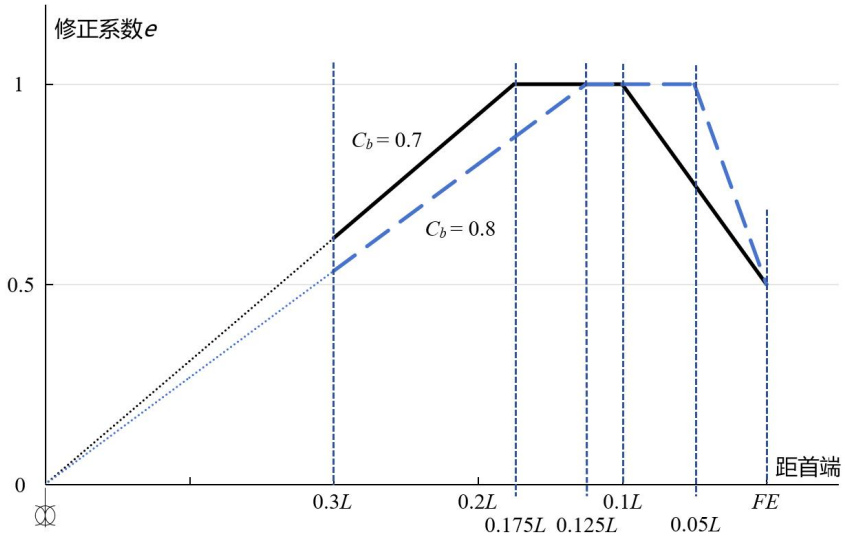


图 3.2.1 修正系数 e

3.2.2 底部砰击压力极值

底部砰击压力极值 P_{SE}，kN/m²，在 e =1 的相应位置对各肋骨横剖面计算并取最大值，按下式计算：

$$P_{SE}(\alpha)=\frac{1}{2}\rho k_1 C_{ps}\left\{V_0^2-2E_v\ln\left[1-(1-\alpha)^{1/n}\right]\right\}$$

式中：ρ ——海水密度，t/m³，取为 1.025；

k_1 ——砰击系数，按表 3.2.2(1)选取，中间值可采用线性插值法求得。

砰击系数 k_1 **表 3.2.2(1)**

b_1/d_1	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
$C_b \le 0.73$	4.0	9.5	20.0	26.0	29.5	32.0	33.0	34.2	35.3	36.2
$C_b > 0.73$	4.0	9.5	20.0	26.0	28.5	29.6	30.0	29.6	28.8	28.0

注：d_1 —— $T_{SC}/10$ 吃水，m；

b_1——d_1吃水下的计算横剖面水线半宽，m；

C_{ps}——系数，取为0.44；

V_0——临界砰击速度，m/s，按下式计算：

$$V_0=\begin{cases}0.0925\sqrt{gL}, & C_b\le 0.73\\ 0.07\sqrt{gL}, & C_b>0.73\end{cases}$$

α——保证率，取为0.01；

n——砰击次数，取为t_n小时内平均砰击次数N，按下式计算：

$$N=3600\frac{t_n}{2\pi}\sqrt{\frac{E_v}{E_r}}\exp\left\{-\left(\frac{T_f^2}{2E_r}+\frac{V_0^2}{2E_v}\right)\right\}$$

式中：

t_n——计算航行时间，h，取$t_n=35$；

T_f——最小首吃水航行工况下计算横剖面的吃水，m；

E_r、E_v——计算横剖面垂向船波相对运动方差和相对速度方差，分别按下式计算：

$$E_r=0.25\left(C_{pc}M_r\right)^2/f_r$$

$$E_v=0.25\left(\omega_e C_{pc}M_r\right)^2/f_v$$

式中：C_{pc}——垂向相对运动概率修正系数，取为1.2；

ω_e——遭遇频率，rad/s，按下式计算：

$$\omega_e=\omega_L\left(1+\frac{0.4\omega V_c}{g}\right)$$

ω_L——基于80%船长L的有效波频，rad/s，按下式计算：

$$\omega_L=\sqrt{\frac{2\pi g}{0.8L}}$$

V_c——计算航速，m/s，按下式计算：

$$V_c=0.5144V$$

M_r——计算剖面垂向船波相对运动，m，按下式计算：

$$M_r=H_{\min}\left[1+\frac{4.5}{C_b+0.2}\left(\frac{x_a}{L}-x_m\right)^2\right]$$

$H_{\min}$——最小计算波高，m，按下式计算：

$$H_{\min}=\frac{0.0545}{k_m}L\left(C_b+0.2\right)^{0.3}\exp\left(-0.0044L\right)$$

x_a——计算剖面距尾端纵向位置，m；

x_m ——系数，按下式计算，取不小于 0.2：

$$x_m = 0.45 - \frac{0.309V}{\sqrt{gL}}$$

k_m ——系数，按下式计算：

$$k_m = 1 + \frac{4.5(0.5 - x_m)^2}{C_b + 0.2}$$

f_r 、f_v ——沿船长分布的系数，按下式确定：

$$f_r、f_v = \begin{cases} \text{按表3.2.2(2)选取，} & \text{当} L \le 200\text{m时} \\ \text{根据船长线性插值，} & \text{当} 200\text{m} < L < 300\text{m时} \\ \text{按表3.2.2(3)选取，} & \text{当} L \ge 300\text{m时} \end{cases}$$

系数 f_r 、f_v 表 3.2.2(2)

x_a / L	0.80	0.85	0.90	0.95
f_r	7.30	5.03	3.86	3.21
f_v	4.08	3.39	3.01	2.70

系数 f_r 、f_v 表 3.2.2(3)

x_a / L	0.80	0.85	0.90	0.95
f_r	3.15	2.52	2.21	2.08
f_v	1.00	1.00	1.00	1.00

3.2.3 首部相对运动直接计算

剖面砰击压力计算时，计算横剖面的垂向船波相对运动方差 E_r 和相对速度方差 E_v 也可按本~~节条~~规定进行直接计算确定，即等于按谱分析方法分别给出的运动响应 0 阶矩。此时，各计算剖面的 E_r 和 E_v 按直接计算方法分别给出，砰击压力 P_{SL} ~~以~~取为该剖面~~砰击压力极值的~~ P_{SE} 实际计算值替代。

直接计算应采用根据装载手册确定的具有航行状态下最小首吃水的装载工况。

（1）海浪的功率谱密度函数 $S(\omega)$ 采用双参数 P-M 谱，按下式计算：

$$S(\omega) = \frac{124H_S^2}{T_Z^4}\omega^{-5}\exp(-\frac{496}{T_Z^4}\omega^{-4})f_0(\theta)$$

式中：H_S ——有义波高，m；

T_Z ——平均跨零周期，s；

ω ——波浪圆频率，rad/s；

$f_0(\theta)$ ——波浪扩散函数，按下式计算：

$$f_0(\theta)=\begin{cases}\dfrac{2}{\pi}\cos^2(\theta-\theta_m), & |\theta-\theta_m|<90\\ 0, & \text{其他}\end{cases}$$

式中：θ ——扩展浪向，~~deg(°)~~；

θ_m ——主浪向，~~deg(°)~~。

（2）砰击压力计算采用短期海况极值预报，有义波高 H_S 按下式计算：

$$H_S=8-0.6\left(\frac{300-L}{100}\right)^{1.5}\quad \text{m，对于}L<300\text{m}$$

$$H_S=8+0.6\left(\frac{L-300}{100}\right)^{1.5}\quad \text{m，对于}L\geq 300\text{m}$$

平均跨零周期 T_Z 按表 3.2.3 选取，中间值可采用线性插值法求得。

海浪条件选取 **表 3.2.3**

有义波高 H_S (m)	6.0	7.0	8.0	9.0
平均跨零周期 T_Z (s)	8.703	9.400	9.990	10.503

（3）计算航速采用 $0.75V$ 。

（4）计算航向角取顶浪和顶斜浪工况，浪向角间隔不大于 30°。

（5）计算波浪频率范围取为 0.2 到 1.8rad/s，步长取 0.05rad/s。

（6）线性横摇阻尼可采用试验或经验公式确定，如无适用，可取为横摇临界阻尼值的 5%。

（7）当相对运动采用直接计算时，本节[3.~~1.1~~2.2]中的砰击系数 k_1，按下式计算：

$$k_1=\exp\left(1.377+2.419a_1-0.873a_3+9.624a_5\right)$$

式中：a_1,a_3,a_5 ——d_1 吃水下的计算横剖面按下式三参数保角变换方程映射到单位圆的系数：

$$Z_0=U(\zeta+a_1\zeta^{-1}+a_3\zeta^{-3}+a_5\zeta^{-5})$$

Z_0 ——剖面坐标；

ζ ——圆的坐标；

U ——尺度比，$U=\dfrac{d_1}{1-a_1+a_3-a_5}$ 。

3.4 船尾平底砰击压力

3.4.1 剖面砰击压力

各剖面砰击压力 P_{SL}，kN/m²，按下式计算：

$$P_{SL}=\frac{1}{2}\rho k_1\left\{V_0^2-2E_v\ln\left[1-(1-\alpha)^{1/n}\right]\right\}$$

式中：ρ ——海水密度，t/m³，取为 1.025；

k_1 ——砰击系数，按[3.4.2]（4）方法确定；

V_0 ——临界砰击速度，m/s，按下式计算：

$$V_0 = 0.0925\sqrt{gL}$$

E_v ——计算横剖面的垂向船波相对速度方差，按[3.4.2]采用直接计算方法确定；

α ——保证率，取为 0.01；

n ——砰击次数，取为 t_n 小时内平均砰击次数 N，按下式计算：

$$N = 3600\frac{t_n}{2\pi}\sqrt{\frac{E_v}{E_r}}\exp\left\{-\left(\frac{H_a^2}{2E_r}+\frac{V_0^2}{2E_v}\right)\right\}$$

式中：

t_n ——计算航行时间，h，取 $t_n = 35$；

E_r ——计算横剖面的垂向船波相对运动方差，按[3.4.2]采用直接计算方法确定；

H_a ——评估工况下计算横剖面底部距吃水的垂向距离，m。

3.4.2 尾部相对运动直接计算

尾部计算横剖面的相对运动直接计算方法，参照[3.2.3]方法，并注意以下几点：

（1）直接计算应采用根据装载手册确定的压载航行状态下最大尾吃水装载工况；

（2）计算航速采用 5kn；

（3）计算航向角取尾随浪和尾斜浪工况，浪向角间隔不大于 30°；

（4）[3.4.1]公式中的砰击系数 k_1 计算时，计算横剖面应取尾底基线向上 d_1 高度范围内的型值点。

第 6 节 内部载荷

1 液体压力

1.2 液体静压力

1.2.1 正常海上作业

正常海上作业中由液舱内液体产生的静压力 P_{ls}，kN/m²，应取为：

$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z\right) + P_{PV}$ ，对于设有压力释放阀的液舱；

~~$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z) + 25$，对于货舱区压载舱~~

~~$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + 0.5h_{air})$，对于其他情况的液舱。~~

$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z\right)$，对于其他情况的液舱。

1.2.2 港内/遮蔽水域作业

港内/遮蔽水域作业时由液舱内液体产生的静压力 P_{ls}，kN/m²，应取为：

$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z\right) + P_{PV}$，对于设有压力释放阀的液舱；

~~$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z) + 25$，对于货舱区压载舱~~

~~$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + 0.5h_{air})$，对于其他情况的液舱。~~

$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z\right)$，对于其他情况的液舱。

1.2.3　顺序法压载水置换

对于采用顺序法压载水置换作业的压载舱内液体产生的静压力 P_{ls}，kN/m²，应取为：

~~$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z) + 25$，对于货舱区压载舱~~

~~$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z + 0.5h_{air})$，对于其他情况。~~

$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z\right) + P_{PV}$，对于设有压力释放阀；

$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z\right)$，对于其他情况。

第 8 节　装载工况

3　舱段有限元强度分析的设计装载工况

3.2　设计装载工况

3.2.2　燃油舱区域强度校核的设计装载工况如表 3.2.2 所示。

货舱区强度校核的设计装载工况　　**表 3.2.1**

工况	描述	箱重	吃水	静水弯矩	静水剪力	动载荷工况
LC1	重箱均匀装载	40ft 重箱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC2	轻箱均匀装载	40ft 轻箱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OST-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC3	减吃水重箱均匀装载	20ft 重箱。如果甲板上有混装情况，则甲板上取最大	$0.9T_{sc}$	M_{sw-Sag}	Q_{sw}	HVM-1 HVS-1/HSA-1 FVMf-1/FVM-1 BSR-1P

工况	描述	箱重	吃水	静水弯矩	静水剪力	动载荷工况
		的混装重量，舱内按 20ft 最大设计堆重。				BSP-1P OSTf-1P OHM-1S OHS-1P OSA-2S/OVA-2S
LC4-1	舱内一个 40ft 箱位的舱内为空，舱盖上装满；其余舱内和舱盖上装满	40ft 重箱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC4-2	舱内一个 40ft 箱位的舱内为空，舱盖上装满；其余舱内和舱盖上装满	20ft 重箱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC5	舱内和舱盖上一个 40ft 的箱位为空；其余舱内和舱盖上装满	40ft 重箱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC6	进水（船舶横倾）	40ft 重箱	T_{dam}	--	--	--

注：(1) T_{sc}——结构吃水，m；

(2) 重箱——单个箱重取许用堆重除以最大装箱层数得到；

(3) 轻箱——单个箱重应按不大于下列各式取值：

货舱内：55%的重箱重量；

舱口盖上：90%的舱盖上许用堆重除以最大装箱层数或17吨，取小者；

(4) 如出现一个货舱包含 2 个及以上 40ft 箱位，则每个 40ft 箱位必须按空舱进行计算；

(5) T_{dam}——船舶在货舱进水后达到最深平衡水线，中纵剖面处水线与基线间的距离为T_{dam}；

(6) OHM 仅适用于 C_b 小于 0.73 的集装箱船。

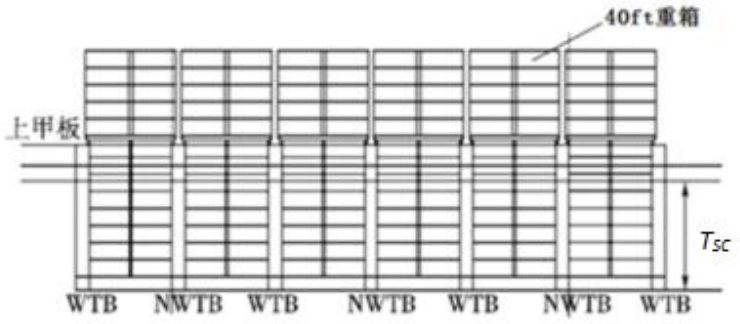


图 3.2.1（1） LC1 工况：重箱均匀装载（40ft）

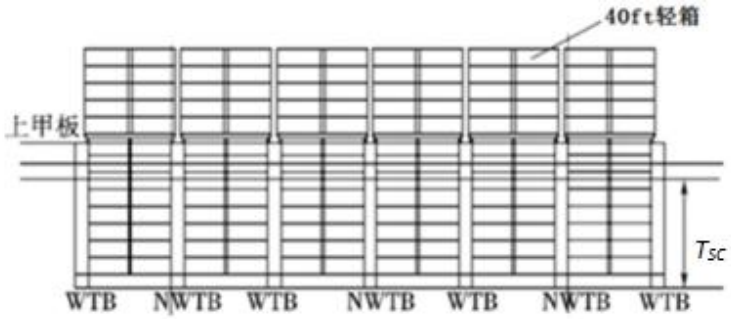


图 3.2.1（2） LC2 工况：轻箱均匀装载（40ft）

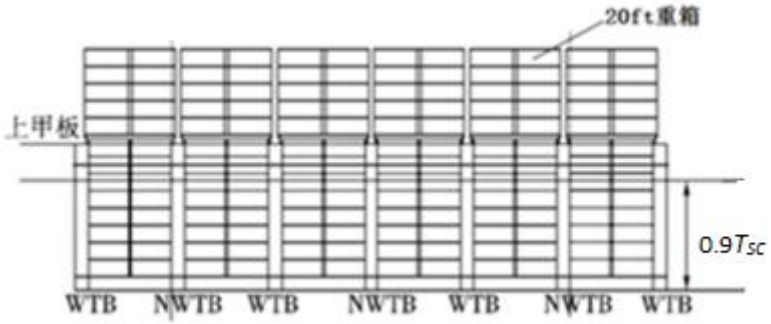


图 3.2.1（3） LC3 工况：减吃水重箱均匀装载

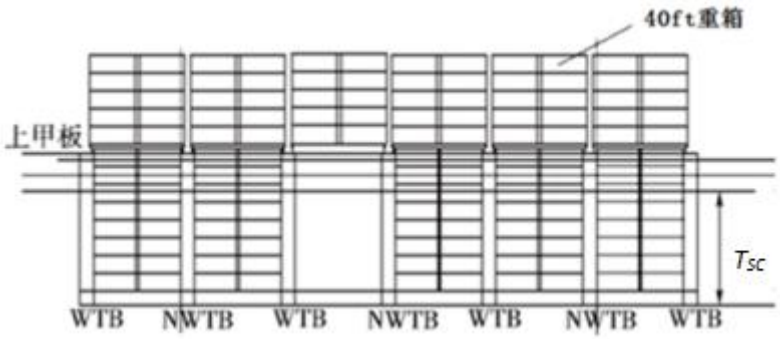


图 3.2.1（4） LC4-1 工况：40ft 重箱，舱内一个 bay 空

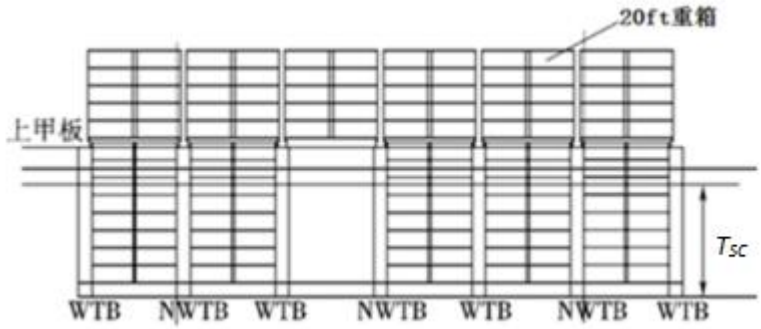


图 3.2.1（5） LC4-2 工况：20ft 重箱，舱内一个 bay 空

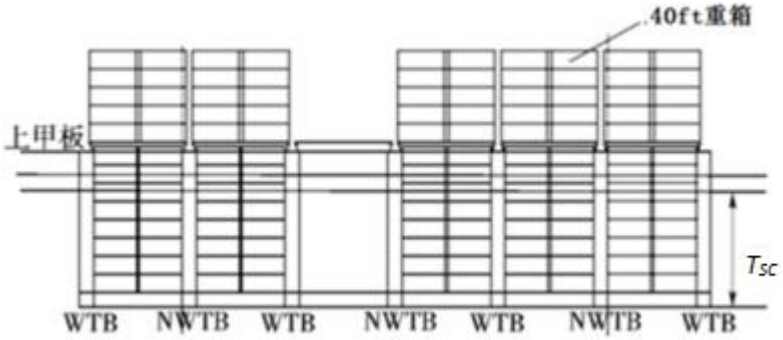


图 3.2.1（6） LC5 工况：40ft 重箱，甲板和舱盖上一个 bay 空

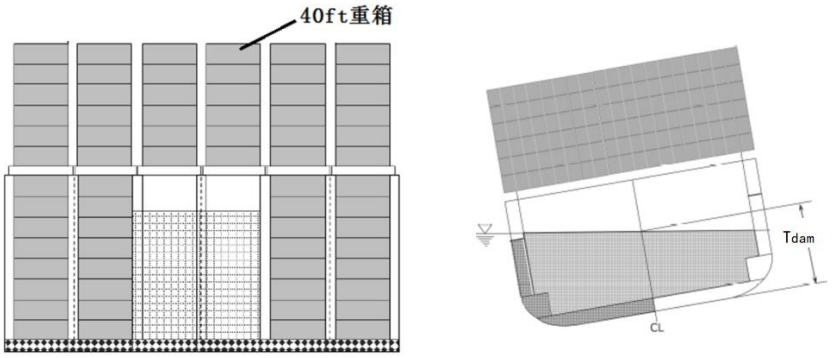


图 3.2.1（7） LC6 进水工况

燃油舱区域强度校核的设计装载工况 **表 3.2.2**

工况	描述	箱重	燃油舱	压载舱	吃水	静水弯矩	静水剪力	动载荷工况
LC1-1	货舱空，燃油舱和压载舱满载	-	满载	满载	T_{BAL}	取自装载手册	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2

工况	描述	箱重	燃油舱	压载舱	吃水	静水弯矩	静水剪力	动载荷工况
LC1-2			间隔装载					FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC2-1	40ft 重箱均匀装载	40ft 重箱	空舱	空舱	T_{sc}	M_{sw-Sag}	Q_{sw}	HVM-1 HVS-1/HSA-1 FVMf-1/FVM-1 BSR-1P BSP-1P OSTf-1P OHM-1S OHS-1P OSA-2S/OVA-2S
LC2-2			满载					
LC2-3			间隔装载					
LC3-1	40ft 轻箱均匀装载	40ft 轻箱	满载	空舱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC3-2			间隔装载					
LC4-1	20ft 重箱均匀装载	20ft 重箱。如果甲板上有混装情况，则甲板上取最大的混装重量，舱内按 20ft 最大设计堆重。	空载	空舱	$0.9T_{sc}$	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P
LC4-2			满载					

工况	描述	箱重	燃油舱	压载舱	吃水	静水弯矩	静水剪力	动载荷工况
LC4-3			间隔装载					BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC5-1	舱内和舱盖上靠近燃油舱的一个 40ft 箱位为空；其余舱内和舱盖上装满	40ft 重箱	空舱	空舱	T_{sc}	M_{sw-Hog}	Q_{sw}	HVM-2 HVS-2/HSA-2 FVMf-2/FVM-2 BSR-2P BSP-2P OSTf-2P OHM-2S OHS-2P OSA-1S/OVA-1S
LC5-2			间隔装载					
LC5-3			满载			M_{sw-Sag}		HVM-1 HVS-1/HSA-1 FVMf-1/FVM-1 BSR-1P BSP-1P OSTf-1P OHM-1S OHS-1P OSA-2S/OVA-2S

注：(1) T_{BAL}——压载工况吃水，m；

(2) 重箱——单个箱重取许用堆重除以最大装箱层数得到；

(3) 轻箱——单个箱重应按不大于下列各式取值：

货舱内：55%的重箱重量；

舱口盖上：90%的舱盖上许用堆重除以最大装箱层数或17吨，取小者；

(4) 如果燃油舱前后结构不对称，LC5 工况要分别校核燃油舱前后 40ft 箱位空的情况~~。~~；

(5) OHM 仅适用于 C_b 小于 0.73 的集装箱船。

4.2 波浪载荷工况

4.2.1 根据[4.1]选定的装载工况，进行水动力载荷分析，确定设计波参数，每一个设计波对应一个波浪载荷控制参数达到最大的计算工况，以评估该计算工况下的载荷对船体结构强度的影响。计算工况由静水载荷工况和波浪主导载荷工况的不同组合组成，通常，集装箱船整船结构强度分析应按照下表 4.2.1 的计算工况进行校核。对于双岛型集装箱船，还应对前岛的前后端处最大扭矩计算工况进行校核。

波浪主导载荷工况　　表 4.2.1

等效设计波	主导载荷	主导载荷极值位置	浪向	主导载荷目标值
HVM	垂向波浪弯矩	船中	迎浪	见第 4 章第 4 节
HVS	垂向波浪剪力	0.75*L* 附近	迎浪	见第 4 章第 4 节
FVMf/FVM	垂向波浪弯矩	0.25*L* 附近/0.5*L* 附近	随浪	见第 4 章第 4 节
BSR	横摇角	重心处	横浪	见第 4 章第 3 节
BSP	水动压力	船中水线	横浪	见第 4 章第 5 节
OSTf	波浪扭矩	0.75*L* 附近	斜浪	见第 4 章第 4 节
OHM	水平波浪弯矩	船中	斜浪	见第 4 章第 4 节
OHS	水平波浪剪力	0.75*L* 附近	斜浪	见第 4 章第 4 节
（HSA、OSA）/OVA	垂向加速度	船首 *L* 附近	迎浪/斜浪	见第 4 章第 3 节

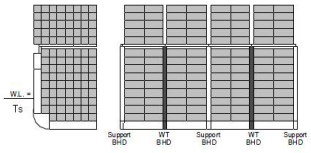
注：（1）HSA、FVM、OSA 仅适用于 C_b 大于 0.73 的集装箱船；HVS、FVMf、OHM、OVA 仅适用于 C_b 不大于 0.73 的集装箱船。

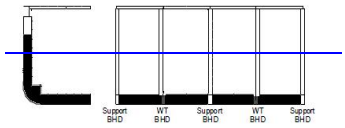
5 疲劳评估的设计装载工况

5.1 集装箱船疲劳评估的设计载荷工况

5.1.1 按照第 10 章第 1 节[6.2]中的要求，集装箱船舱段有限元疲劳强度评估的设计载荷工况见本节表 5.1.1。

适用于除最首和最尾货舱以外的集装箱船疲劳评估的设计工况　　表 5.1.1

编号	描述	装载模式	静载荷		动载荷工况
			吃水	$C_{BM\text{-}LC}$：%许用静水弯矩百分数	
1	满载		~~T_{SC}~~ max(0.85T_{SC}, T_{design})	90%（中拱）	HVM、HVS、FVM、BSR、BSP、OSTf、OHM、OHS

~~2~~	~~正常压载~~		~~T_{BAL}~~	~~80%（中拱）~~	~~HVM、HVS、BSR、BSP、OST、OHM、OHS~~

注：(1) T_{design}——设计吃水，m；

~~(1)~~(2)满载装载时，应取装载手册中产生最大静水弯矩时的满载工况，可根据实际运营情况，由设计方确定满载装载模式并提交 CCS 批准，如无具体数据，可假定 70%营运时间边舱装载压载水，30%营运时间边舱为空；

(3) FVM 仅适用于 C_b 大于 0.73 的集装箱船；HVS、OHM 仅适用于 C_b 不大于 0.73 的集装箱船。

5.1.2　按照第 10 章第 1 节[6.1]中的要求，集装箱船整船有限元疲劳强度评估的设计载荷工况见本节表 5.1.2，装载工况应取装载手册中产生最大静水弯矩时的满载工况。

整船疲劳强度分析时，首先根据装载进行水动力载荷分析，确定设计波参数，每一个设计波对应一个波浪载荷控制参数达到最大的计算工况。计算工况由静水载荷工况和波浪主导载荷工况的不同组合组成，通常集装箱船整船疲劳强度分析应按照表 5.1.2 的计算工况进行校核。

整船疲劳强度评估的设计载荷工况　　表 5.1.2

等效设计波	主导载荷	主导载荷极值位置	浪向	主导载荷目标值
HVM	垂向波浪弯矩	船中	迎浪	见第 4 章第 4 节
HVS	垂向波浪剪力	0.75*L* 附近	迎浪	见第 4 章第 4 节
FVM	垂向波浪弯矩	0.5*L* 附近	随浪	见第 4 章第 4 节
BSR	横摇角	重心处	横浪	见第 4 章第 3 节
BSP	水动压力	船中水线	横浪	见第 4 章第 5 节
OSTf	波浪扭矩	0.75*L* 附近	斜浪	见第 4 章第 4 节
OHM	水平波浪弯矩	船中	斜浪	见第 4 章第 4 节
OHS	水平波浪剪力	0.75*L* 附近	斜浪	见第 4 章第 4 节

注：(1) FVM 仅适用于 C_b 大于 0.73 的集装箱船。HVS、OHM 仅适用于 C_b 不大于 0.73 的集装箱船。

第 5 章　船体梁强度

第 1 节　一般要求

1　船体梁剖面强度特性

1.4　剖面模数

1.4.1　任一点的剖面模数，m^3，按下式计算：

$$Z_{A-n50}=\frac{I_{y-n50}}{|z-z_n|}$$

1.4.2　船底处的剖面模数，m^3，按下式计算：

$$Z_{B-n50}=\frac{I_{y-n50}}{z_n}$$

1.4.3　甲板处的剖面模数，m^3，按下式计算：

$$Z_{D-n50}=\frac{I_{y-n50}}{V_D}$$

式中：V_D——等效甲板线的垂直距离，m。等于：

当强力甲板边线处与船中线向上偏离水平中和轴 $(z_D-z_n)/0.9$ 处连线的上方没有纵向构件时：

$$V_D=z_D-z_n$$

当强力甲板边线处与船中线向上偏离水平中和轴 $(z_D-z_n)/0.9$ 处连线的上方有纵向构件时：

$$V_D=(z_T-z_n)(0.9+0.2\frac{y_T}{B_1})\geq z_D-z_n$$

式中：z_D——[1.3.1]定义的强力甲板边线的 Z 坐标，m；

z_T，y_T——连续凸形甲板、舱口围板、纵骨或纵桁顶部的 Y 坐标和 Z 坐标，m，从使 V_D 值达到最大的点量取；

B_1——计算剖面处的船宽，m。

第 2 节　船体梁屈服强度

1　剖面模数

1.1　最小剖面净模数

1.1.2　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构件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适当折减，但任何情况下最小船体梁剖面模数的折减都不能超过 5%。

2.3 翘曲正应力和剪切应力计算方法

2.3.2 作为替代方法，翘曲正应力σ_w和剪切应力τ_w可采用整船有限元模型计算或其他等效方法，~~且应取得~~并经CCS~~的~~同意。

第 6 章　船体局部构件尺寸要求

第 1 节　一般规定

2　载荷组合

2.1　船体梁应力

2.1.2　翘曲应力的计算

通常，应按照第 5 章第 2 节[2.3]的要求计算船体梁翘曲应力。如未开展基于薄壁梁模型的船体梁翘曲应力计算或整船直接计算，船体梁翘曲应力，N/mm^2，可按下式计算：

$$\sigma_w = \frac{B_i \omega_{n50}}{I_{\omega-n50}} 10^{-3}$$

式中：B_i——双力矩，kN·m^2，见第 4 章第 4 节[4]；

ω_{n50}——所考虑横剖面构件的净扇性坐标，m^2；

$I_{\omega\text{-}n50}$——所考虑横剖面净扇性惯性矩，m^6。

第 2 节　最小厚度

1　板

1.1　最小厚度要求

1.1.1　板的净厚度，mm，应符合表 1.1.1 中给出的适当的最小厚度要求。

板的最小净厚度　　表 1.1.1

构件	位置	区域	净厚度
外板	平板龙骨	-	$6.5+0.035L_2$
	船底板 舭列板	首部 机器处所 艉部	$6.5+0.03L_2$
		其他处所	$4.5+0.03L_2$
	舷侧外板	艏部	$5.0+0.03L_2$(1)
		机器处所 艉部	$4.5+0.03L_2$
		其他处所	$4.0+0.03L_2$
甲板	露天甲板，强力甲板	-	$4.5+0.02L_2$
	平台甲板，边舱平台板	机器处所	$5.0+0.015L_2$
		其他处所	$4.5+0.01L_2$
内底板(2)	-	机器处所	$6.5+0.025L_2$
		其他处所	$5.0+0.015L_2$
舱壁	内部液舱边界，水密横/纵舱壁	-	$4.0+0.015L_2$
	非密性舱壁，制荡舱壁，干舱间舱壁	-	$4.0+0.01L_2$
	首、尾尖舱的支柱舱壁	-	7.5
其他构件	机舱棚（位于货舱区域）	货舱区域	5.5
	机舱棚（位于居住舱室处）	居住舱室	4.0
	其他普通板	-	$4.0+0.01L_2$

（1）建造厚度不必大于 16mm；

（2）同时适用于密性构件或非密性构件。

构件	位置	区域	净厚度
外板	平板龙骨	-	$6.5+0.03L_2$
	船底板 舭列板	首部	$5.0+0.03L_2$
		机器处所、尾部	$4.5+0.03L_2$
		其他处所	$4.5+0.03L_2$
	舷侧外板	首部	$5.0+0.03L_2$

构件	位置	区域	净厚度
		机器处所、尾部	4.5+0.03 L_2
		T_{SC}+2.0m 以下的其他处所	4.0+0.025 L_2
		T_{SC}+2.0m 以上的其他处所	4.5+0.015 L_2
甲板	露天甲板②③，强力甲板②	-	4.5+0.02 L_2
	平台甲板，货物甲板，内部液舱边界	机器处所④	4.5+0.015 L_2
		其他处所	4.5+0.01 L_2
内底板①	—	机器处所、货舱区域⑤	5.5+0.025 L_2
		其他处所	5.0+0.015 L_2
舱壁	内部液舱边界，水密横/纵舱壁，尾尖舱舱壁	-	4.0+0.015 L_2
	非密性舱壁，制荡舱壁，干舱间舱壁	-	4.0+0.01 L_2
	首、尾尖舱的支柱舱壁	-	4.0+0.01 L_2
其他构件	机舱棚（位于货舱区域）	货舱区域	5.5
	机舱棚（位于居住舱室处）	居住舱室	4.0
	其他普通板	-	4.0+0.01 L_2

注：① 适用于密性或非密性构件；
② 对于船舶设置两层连续甲板，可取为 4.5+0.015L_2；对船舶设置两层以上连续甲板，可取为 4.5+0.01L_2；
③ 对于未参与总纵强度甲板，可取为 4.5+0.01L_2；
④ 对于非承重的非水密平台甲板，可取为 4.5+0.01L_2；
⑤ 集装箱船货舱按其他处所内底板最小净厚度要求。

3 主要支撑构件

3.1 最小厚度要求

3.1.1 主要支撑构件腹板和翼板的净厚度，mm，应符合表 3.1.1 中的最小净厚度。

主要支撑构件最小净厚度 表 3.1.1

构件	位置	净厚度
~~双层底中纵桁~~	~~机器处所~~	~~9.5+0.015L_2~~
	~~其他处所~~	~~5.5+0.025L_2~~
~~其它船底纵桁~~	~~机器处所~~	~~8.0+0.015L_2~~
	~~其他处所~~	~~5.0+0.015L_2~~
~~船底肋板~~	~~机器处所~~	~~8.0+0.015L_2~~
	~~艏部~~	~~6.0+0.02L_2~~
	~~其他处所~~	~~5.0+0.015L_2~~
~~尾尖舱肋板~~	-	~~7.0+0.015L_2~~
~~舷侧横向强框架~~	-	~~4.5+0.01 L_2~~
~~其他主要支撑构件~~	-	~~4.0+0.01 L_2~~

构件	位置		净厚度
双层底中纵桁①、中内龙骨	机器处所		$6.0+0.025L_2$
	其他处所		$5.5+0.025L_2$
其他船底纵桁、旁内龙骨	机器处所		$6.0+0.015L_2$
	首部		$6.0+0.015L_2$
	其他处所		$5.0+0.015L_2$
船底肋板	机器处所		$6.0+0.015L_2$
	首部		$5.5+0.015L_2$
	其他处所		$5.0+0.015L_2$
尾尖舱肋板②	-		$5.0+0.025L_2$
其他主要支撑构件	尾部/首部		$4.0+0.015L_2$
	其他处所	水密边界，干货舱边界，强力甲板③和干舷甲板以下的外板	$4.5+0.015L_2$
		其他情况	$4.0+0.01L_2$
注：① 箱型中桁材（管隧）按其他船底纵桁最小净厚度要求； ② 最小净厚度不必大于 10mm； ③ 对设置两层以上连续甲板的船舶，其连续甲板结构以上区域的 PSM 最小净厚度可取为 $4.5+0.01L_2$，且不必大于 6.5mm。			

第 3 节　板

1　承受侧向压力的板

1.1　屈服校核

1.1.1　承受侧向压力的板净厚度 t，mm，应不小于本章第 21 节[2.4.3]中所有设计载荷组相应计算所得结果的最大值：

$$t = 0.0158\alpha_p b\sqrt{\frac{|P|}{\chi C_a R_{eH}}}$$

式中：

C_a——　板的许用弯曲应力系数，取：

$$C_a = \beta - \alpha\frac{|\sigma_{hg}|}{R_{eH}}$$，取不大于 $C_{a\text{-max}}$；

β——　表 1.1.1 中定义的系数；

α——　表 1.1.1 中定义的系数；

$C_{a\text{-max}}$——表 1.1.1 中定义的最大许用弯曲应力系数。

~~**2.3 舷侧板**~~

~~2.3.1 护舷材接触区域~~

~~位于[2.3.2]规定的护舷材接触区域内的舷侧板净厚度 t，mm，应不小于：~~

$$t = 26\left(\frac{b}{1000} + 0.7\right)\left(\frac{BT_{SC}}{R_{eH}^{2}}\right)^{025}$$

~~2.3.2 护舷材接触区域要求的适用范围~~

~~本要求适用于货舱区域，从压载吃水 T_{BAL} 到吃水 T_{SC} 以上 $0.25T_{SC}$（最小 2.2m）。~~

~~**2.4 舷顶列板**~~

2.3 舷顶列板

~~2.4.1~~2.3.1 焊接的舷顶列板的净厚度应不小于相邻的 2 m 宽舷侧板的净提供厚度。

~~2.4.2~~2.3.2 圆弧舷顶列板的净厚度应不小于以下要求的较大者：

（1）相邻 2m 宽甲板板的净提供厚度，

（2）相邻 2m 宽舷侧板的净提供厚度。

第 5 节 主要支撑构件和支柱

2 货舱区域的主要支撑构件

~~**2.2 双层底纵桁**~~

~~2.2.1 对于货舱区纵骨架式双层底的中桁材的厚度 t 应不小于：~~

$$t = f_{ab}\left(0.0077h_0 + 2.5\right)\sqrt{K}\ \text{mm}$$

~~旁桁材的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：~~

$$t = f_{ab}\left(0.0077h_0 - 2\right)\sqrt{K}\ \text{mm}$$

~~式中：~~

~~f_{db}——双层底高度修正系数，$f_{db} = h_0/h_a$，但取不小于 0.9；若纵桁满足第 8 章整船有限元强度评估要求，$f_{db} = h_0/h_a$，但取不小于 0.85；~~

~~h_0——双层底计算高度，mm，$h_0 = 25B_e + 42T_{se} + 300$，且不小于 760mm；~~

~~B_e——舷侧内外壳中点之间的最大距离，如双层底的强度满足第 8 章整船有限元强度评估要求，B_e 的取值应不小于 $0.8B$，否则 B_e 应不小于 $0.9B$；~~

~~h_a——双层底实际高度，mm。~~

第 6 节　首部、机器处所、尾部

3　尾部

3.3　尾框架

3.3.2　螺旋桨柱

(1) 螺旋桨柱的总尺寸

单螺旋桨船和双螺旋桨船的螺旋桨柱的总尺度应分别不小于按表 3.3.2(1)和表 3.3.2(2)中公式算得的值。

若螺旋桨柱剖面对其纵轴的剖面模数不小于用表 3.3.2(1)和表 3.3.2(2)~~,~~（如适用）~~,~~中的螺旋桨柱尺寸计算的值，可考虑接受与表 3.2.2(1)和表 3.2.2(2)不同的螺旋桨柱的尺寸和比例。

3.3.3　尾框底骨

尾框底骨结构应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 2 章第 14 节 2.14.2.5-2.14.2.10 的相关要求。

3.3.~~3~~4　连接

(1) 与船体结构连接

尾框架应与船尾结构有效连接，尾框架的下部应向螺旋桨柱前方延伸不小于 $1500+6L_2$ mm 的长度，以与龙骨有效连接。但尾框架不必延伸至艉尖舱舱壁以外。

(2) 与龙骨板连接

尾框架下部的厚度应逐渐过渡至实心龙骨或龙骨板的厚度。

如设有龙骨板，尾框架下部的设计应确保与龙骨的有效连接。

(3) 与尾肋板连接

承舵柱和螺旋桨柱应与尾肋板连接，所连接的尾肋板的高度应不小于双层底的高度，净厚度不小于按下式求得的值，mm：

$$t = 9 + 0.023L_1$$

(4) 与中内龙骨连接

如果尾框架由铸铁制成，尾框架的下部应尽可能设置一纵向腹板以与中内龙骨连接。

第 7 节　其他特殊要求

3　船首尾区域砰冲击载荷下的结构强度

3.1　一般要求

3.1.1　船首底部加强范围

当航行中最小首吃水小于 $0.04L$ 时，应对其从首垂线向后的底部平坦部分进行加强。横向加强范围的边线高于基线应不小于 $0.014B$（B 为船宽），但不必大于 0.28m。纵向加强范围的端线距首垂线的长度 X，m，应不小于按下式计算所得之值：

$$X = \left(0.65 - \frac{C_b}{2}\right)L$$

式中：

C_b——方形系数，当 C_b<0.7 时，C_b=0.7，当 C_b>0.8 时 C_b=0.~~7~~8。

3.1.2 船首舷侧加强范围

船首部舷侧结构(包括首楼舷侧结构)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（见第 4 章第 5 节[3.3.1]）大于 40°，则加强的纵向范围应延伸至距首垂线 0.15L 处。在该加强区域内舷侧构件的尺寸应符合本节的要求。

3.1.3 平坦尾底加强范围

对具有的大型平坦尾底结构的集装箱船（尾尖舱中纵剖面平底部分与水平线夹角不大于 10°），一般需考虑针对尾底砰击进行加强，其纵向范围至少覆盖尾尖舱平底区域。

3.2 船首底部砰击加强

3.2.1 外板

在加强范围内，对首部船底板应作下列加强：

(1) 首部船底板净厚度 t，mm，应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 5.95\sqrt{P_{SL}Kb^2\left[3-\frac{2}{\beta^2}\left(\sqrt{1+3\beta^2}-1\right)\right]\times 10^{-4}}$$

式中：

P_{SL}——剖面砰击压力，kN/m²，见第 4 章第 5 节[3.2.~~2~~1]或采用该节[3.2.3]直接计算给出；

K——材料系数；

a——板长边长度，mm；

b——板短边长度，mm；

β——板的边长比，$\beta = a/b$。

(2) 对于与加强范围相邻的船底板和外板，应予以逐渐过渡。

3.2.2 船底~~纵骨~~骨材

（1）在加强范围内，首部船底~~纵骨~~外板骨材净塑性剖面模数 ~~Z~~ Z_{pl}，cm³，应不小于按下式计算所得之值：

~~$Z = 1.86P_{SL}Ksl^2\times 10^{-10}$~~

$$Z_{pl} = 2.79P_{SL}Ksl_{bdg}^2\times 10^{-4}$$

式中：

P_{SL}——剖面砰击压力，kN/m²，见第 4 章第 5 节[3.2.~~2~~1]或采用该节[3.2.3]直接计算给出；

s——~~纵骨~~骨材间距，mm；

~~l——纵骨跨距，mm。~~

l_{bdg}——骨材有效弯曲跨距，m，见第 3 章第 6 节。

（2）在加强范围内，首部船底纵骨腹板的净厚度 t_w，mm，应不小于按下式计算所得之值：

$$t_w = \frac{P_{SL}sl_{shr}}{2d_{shr}C_t\tau_{eH}}$$

式中：

P_{SL} ——剖面砰击压力，kN/m²，见第 4 章第 5 节[3.2.1]或采用该节[3.2.3]直接计算给出；

l_{shr} ——骨材有效剪切跨距，m，见第 3 章第 6 节；

d_{shr} ——骨材有效剪切高度，mm，见第 3 章第 6 节；

C_t ——许用剪切应力系数，取为：

C_t=1.0，对于 AC-I 验收衡准。

3.2.3 底部板架

~~对首底砰击加强区域板架结构，应进行有限元强度直接计算校核。~~应对首底砰击加强区域主要支撑结构进行强度校核。采用有限元强度直接计算方法，按以下规定：

（1）有限元结构模型

- 模型的纵向范围应包括本节[3.1.1]规定的计算范围并~~至少向前后延伸一个强框架距离~~向前后延伸至水密横舱壁位置；横向范围的选取应充分考虑降低边界条件对底部板架结构响应的影响。
- 模型的单元选取和网格划分应符合第 7 章第 2 节的要求。
- 应对首部船底加强范围内的所有主要构件进行强度评估。
- 当主要构件的开孔影响到构件的应力分布或刚度时，应按第 7 章的要求处理。
- 应采用净尺寸模型。

（2）边界条件

模型~~边界处的肋板和纵桁刚性固定~~在实肋板外侧边界处采用刚性固定，在横舱壁处采用刚性固定。

（3）计算载荷

~~根据砰击原理，认为砰击压力是作用在中纵桁处的肋板上~~砰击压力作用在校核横剖面各纵桁处的肋板上，其作用面积为边长 S_1 的正方形， S_1 ，m，按下式计算：

$$S_1 = \sqrt{1.1C_B LB \times 10^{-3}}$$

~~船首各站处的砰击压力的极限值不出现在同一时刻，所以必须对各站处作用极值砰击压力分别进行计算，求得底部板架的最大压力，~~砰击压力在肋板上的分布按下述三种情况确定：

1） $S_1 < S$ ：

砰击压力仅作用在一块肋板上，见图 3.2.3(1)，单位长度肋板上作用力 Q ，kN/m，按下式计算：

$$Q = P_{SL} S_1$$

式中：

S ——肋板间距，m；

P_{SL} ——剖面砰击压力，kN/m²，见第 4 章第 5 节[3.2.~~2~~1]或采用该节[3.2.3]直接计算给出。

2） $S < S_1 < 2S$ ：

砰击压力作用在二块肋板上，见图 3.2.3(2)，单位长度肋板上作用力 Q ，kN/m，按下式计算：

$$Q = 0.5 P_{SL} S_1$$

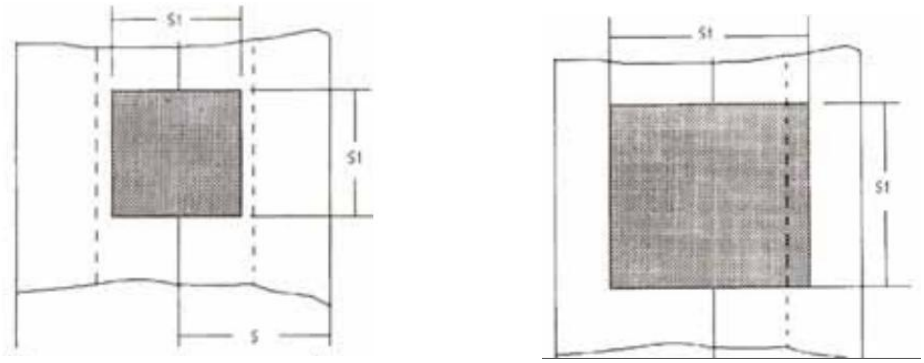
3）$S_1 > 2S$ ：

砰击压力作用在三块肋板上，中间肋板单位长度肋板上作用力Q_C，kN/m，按下式计算：

$$Q_C = P_{SL} S$$

边肋板单位长度上的作用力Q_S，kN/m，按下式计算

$$Q_S = 0.5 P_{SL} \left(S_1 - S \right)$$



(1)　　(2)

图 3.2.3

（4）许用应力

各校核横剖面按纵桁位置分别加载计算，搜索出板架在砰击压力作用下的最大响应。板架砰击强度直接计算的许用应力按表 3.2.3 确定。

许用应力　　表 3.2.3

构件	内底板处正应力 σ （N/mm²）	外底板处正应力 σ （N/mm²）	剪切应力 τ （N/mm²）	相当应力 σ_e （N/mm²）
纵桁	136/K	124/K	120/K	200/K
肋板	147/K	147/K	109/K	218/K

3.3　船首部舷侧冲击加强

3.3.1　外板

舷侧外板的净厚度 t，mm，应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 3.1 b_{r1} s \sqrt{P_{FB} K / 10}$$

式中：

s——次要构件间距，m；

b_{r1}——系数，按以下取用，且不小于 0.72：

$b_{r1} = 1.0$　$\frac{s}{l} \le 0.4$ ；

$b_{r1}=1.187-0.467\frac{s}{l}$　　$\frac{s}{l}>0.4$　；

l——次要构件跨距，m；

P_{FB}——舷侧冲击压力，见第 4 章第 5 节[3.3.1]。

对舷墙外板，其板厚不必大于首楼舷侧外板的厚度。

3.3.2　次要构件

（1）舷侧~~纵骨或舷侧肋骨~~外板骨材等次要构件的净剖面模数 Z，cm^3，和腹板净剖面积 A，cm^2，应不小于按下列各式计算所得之值：

~~$Z=0.243sP_{FB}l^2K$~~

$Z=0.243sP_{FB}l_{bdg}^2K$

~~$A=0.0327b_{r2}lsP_{FB}K$~~

$A=0.0327b_{r2}l_{shr}sP_{FB}K$

式中：~~$b_{r2}=1-\frac{s}{2l}$~~ b_{r2}——系数，$b_{r2}=1-\frac{s}{2l_{shr}}$；

s ——次要构件间距，m；

P_{FB}——舷侧冲击压力，见第 4 章第 5 节[3.3.1]；

l_{bdg}——次要构件有效弯曲跨距，m，见第 3 章第 6 节；

l_{shr}——次要构件有效剪切跨距，m，见第 3 章第 6 节。

~~l——次要构件跨距，m。~~

（2）防倾肘板

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。

3.3.3　主要构件

舷侧水平桁材或垂直桁材等主要构件的净剖面模数 Z，cm^3，与腹板净剖面积 A，cm^2，应不小于按下列各式计算所得之值：

~~$Z=0.2SP_{FB}l^2K$~~

$Z=0.2SP_{FB}l_{bdg}^2K$

~~$A=0.0252SP_{FB}lK$~~

$A=0.0252SP_{FB}l_{shr}K$

式中：S ——桁材间距，m；

P_{FB}——舷侧冲击压力，见第 4 章第 5 节[3.3.1]；

l_{bdg}——桁材有效弯曲跨距，m，见第 3 章第 6 节；

l_{shr}——桁材有效剪切跨距，m，见第 3 章第 6 节。

~~l ——桁材跨距，m。~~

3.4 船尾平底砰击加强

3.4.1 尾底结构

对船尾平底结构，在[3.1.3]要求的加强范围内，其外板、骨材及主要支撑构件的要求与[3.2]相同，但剖面砰击压力 P_{SL} 应按第 4 章第 5 节[3.4.1]采用直接计算方法给出。

第 7 章　舱段直接强度分析

第 2 节　舱段结构强度分析

3　载荷施加

3.3　船体梁载荷

3.3.5　船体梁水平目标剪力

给定有限元载荷组合的船体梁前后舱壁处水平目标~~弯矩~~剪力Q_{h-targ}，kNm，取值如下：

$$Q_{h-targ-aft}=Q_{h-LC}(aft)$$
$$Q_{h-targ-fwd}=Q_{h-LC}(fwd)$$

式中：

$Q_{h-LC}(x)$——　在 x 位置处计算的动载荷工况的水平波浪剪力，kN，按照第 4 章第 4 节[3.7.4]计算。

X_{b-fwd}——　中间货舱前舱壁的 X 坐标，m。

X_{b-aft}——　中间货舱后舱壁的 X 坐标，m。

$Q_{h-targ-aft}$和$Q_{h-targ-fwd}$应在所考虑的中间货舱的后舱壁和前舱壁处取值。

3.3.6　船体梁目标扭矩

对于动载荷工况 OSTf、OHM、OHS 和 OVA 在目标位置处的船体梁目标扭矩 $M_{wt-targ}$，kNm，取值如下：

$$M_{wt-targ}=M_{wt-LC}\left(x_{targ}\right)$$

式中：

$M_{wt-LC}\left(x\right)$——　在 x 位置处计算的动载荷工况 OST、OHM、OHS 和 OVA（定义见第 4 章第 2 节[2.2.1]）的波浪扭矩，kN·m。

x_{targ}——　~~船体梁扭矩的目标位置，按第 4 章第 2 节[2.2.1]分别计算中间货舱前后舱壁处的波浪扭矩，取波浪扭矩较大舱壁处的 X 坐标作为扭矩目标位置。~~
船体梁扭矩的目标位置，取为中间舱前后水密舱壁扭矩较大的 X 坐标处，其中波浪扭矩按第 4 章第 2 节[2.2.1]计算。

x_{mid}——　中间货舱舱中心处的 X 坐标，m。

x_{bhd}——　中间货舱前舱壁或后舱壁的 X 坐标，m。

根据第 4 章第 8 节给定的有限元载荷组合，波浪扭矩 M_{wt-LC} 和静水扭矩 M_{st} 同时取正值或负值。

对于非 OSTf、OHM、OHS 和 OVA 的动载荷工况，船体梁扭矩 $M_{wt-targ}$ 在中间货舱的中点处应调整为 0。对于 BSP 和 BSR 动载荷工况，船体梁扭矩调整时应尽可能在中间货舱区域的扭矩为 0。

3.4　调整船体梁剪力和弯矩的程序

3.4.3　局部载荷产生的船体梁剪力和弯矩

假定模型两端简支，通过局部载荷分布得到船体梁载荷的纵向分布。模型两端的支反力和每个纵向站位处由局部载荷产生的船体梁剪力和弯矩沿纵向的分布可由下式确定：

$$R_{V_fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft}) f_{vi}}{x_{fore} - x_{aft}} \qquad R_{V_aft} = \sum_i f_{vi} + R_{V_fore}$$

$$R_{H_fore} = \frac{\sum_i (x_i - x_{aft}) f_{hi}}{x_{fore} - x_{aft}} \qquad R_{H_aft} = -\sum_i f_{hi} + R_{H_fore}$$

$$F_l = \sum_i f_{li}$$

~~$Q_{V_FEM}(x_j) = R_{V_aft} - \sum_i f_{hi}$ 当 $x_i < x_j$ 时~~

$$Q_{V_FEM}(x_j) = R_{V_aft} - \sum_i f_{vi} \quad \text{当 } x_i < x_j \text{ 时}$$

$$Q_{H_FEM}(x_j) = R_{H_aft} + \sum_i f_{hi} \quad \text{当 } x_i < x_j \text{ 时}$$

$$M_{V-FEM}(x_j) = (x_j - x_{aft}) R_{V_aft} - \sum_i (x_j - x_i) f_{vi} \quad \text{当 } x_i < x_j \text{ 时}$$

$$M_{H-FEM}(x_j) = (x_j - x_{aft}) R_{H_aft} + \sum_i (x_j - x_i) f_{hi} \quad \text{当 } x_i < x_j \text{ 时}$$

3.4.8　在两个舱壁上进行垂向剪力调整的方法 2

在中间货舱的两个横舱壁处要求的剪力调整值应采用以下要求：

- 模型端部的垂向弯矩M_{Y_aft}，M_{Y_fore}，
- 为得到横舱壁位置处的垂向剪力ΔQ_{V_aft}和ΔQ_{V_fwd}，如表 3.4.7（2）所示的在横框架位置处施加垂向载荷。

表 3.4.7(1)展示了由垂向弯矩和垂向载荷进行的剪力调整应用示例。

$$M_{Y_aft} = \frac{X_{fore} - X_{aft}}{2} \cdot \frac{Q_{V_targ_fwd} - Q_{V_fwd} + Q_{V_targ_aft} - Q_{V_aft}}{2}$$

$$M_{Y_fore} = M_{Y_aft}$$

$$\Delta Q_{V_fwd} = \frac{Q_{V_targ_fwd} - Q_{V_fwd} - (Q_{V_targ_aft} - Q_{V_aft})}{2}$$

$$\Delta Q_{V_aft} = -\Delta Q_{V_fwd}$$

式中：

M_{Y_fore}——为进行船体梁垂向剪力调整而按[3.4.9]在前端施加的垂向弯矩，kN·m，符号与有限元模型坐标轴方向一致；

M_{Y_aft}——为进行船体梁垂向剪力调整而按[3.4.9]在后端施加的垂向弯矩，kN·m，符号与有限元模型坐标轴方向一致；

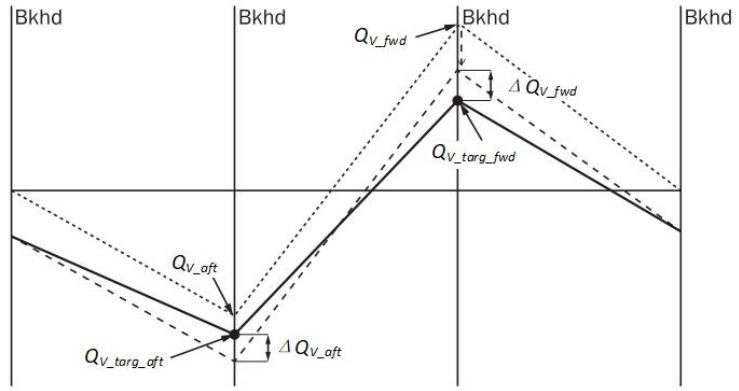
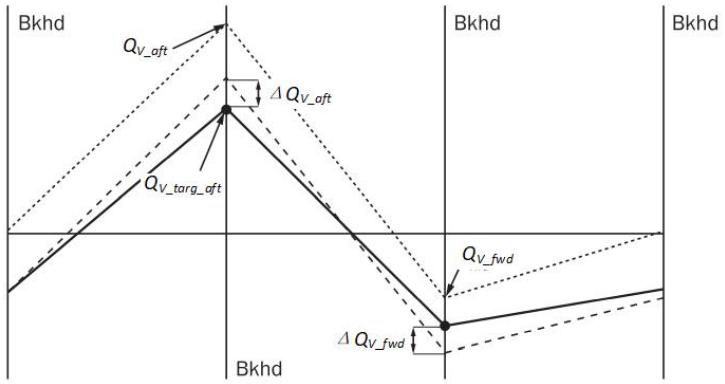
ΔQ_{V_aft}——中间货舱后舱壁处的剪力调整值，kN；

ΔQ_{V_fwd}——中间货舱前舱壁处的剪力调整值，kN。

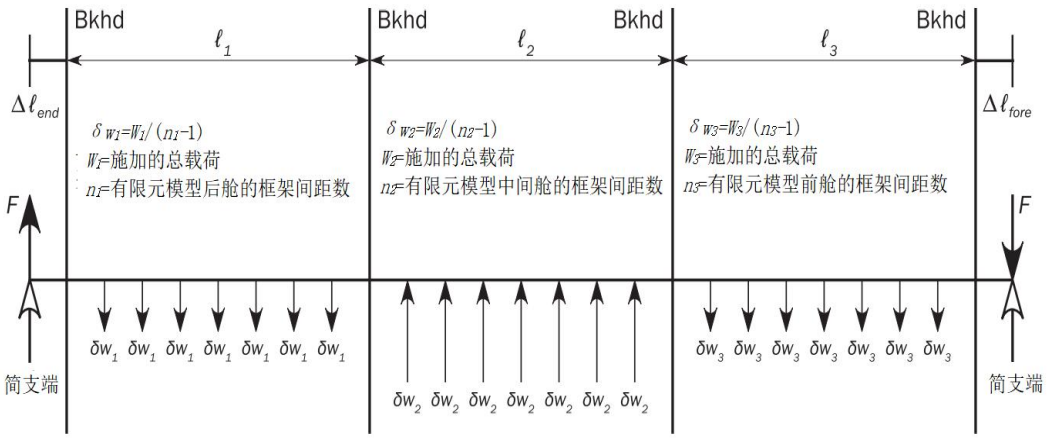
上述横舱壁位置处的剪力调整值ΔQ_{V_aft}和ΔQ_{V_fwd}，应通过在如表 3.4.7(2)所示横框架位置处施加垂向节点力的方式得到。横框架的位置对应于实肋板的位置。垂向修正载荷不应施加在有限元模型的任何的水密横舱壁上、任何前货舱之前的横框架和后货舱之后的横框架上。

为增加/减小横舱壁处剪力而施加在每一个横框架上的垂向节点力可以按照表 3.4.7(2)进行计算。对于均匀的框架间距，分布于每个横框架上的垂向力的量可按照表 3.4.7(3)计算。

通过施加垂向节点力调整的目标剪力和要求剪力　　表 3.4.7(1)

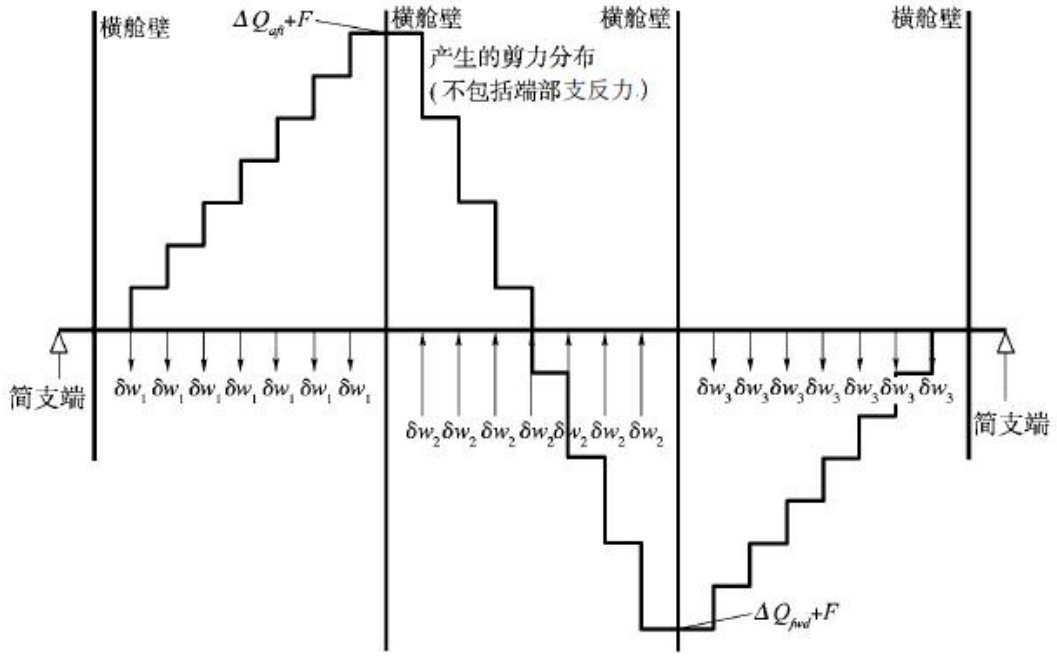
垂向剪力图	后舱壁 剪力目标值	前舱壁 剪力目标值
	$Q_{V_targ_aft}$ (-ve)	$Q_{V_targ_fwd}$ (+ve)
	$Q_{V_targ_aft}$ (+ve)	$Q_{V_targ_fwd}$ (-ve)
两次调整后的垂向剪力 使用M_{Y-aft}和M_{Y-fore}调整后的垂向剪力 局部载荷产生的剪力		
注 1：-ve 指负向。 注 2：+ve 指正向。		

框架处垂向调整力的分布和结果剪力分布　　表 3.4.7(2)

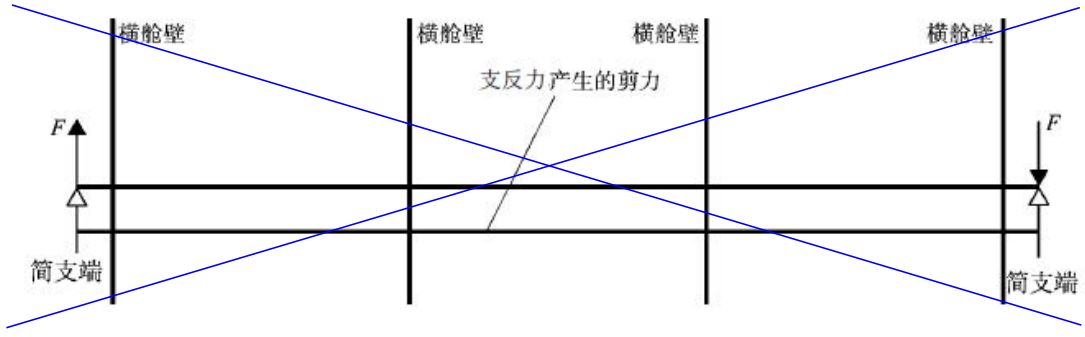


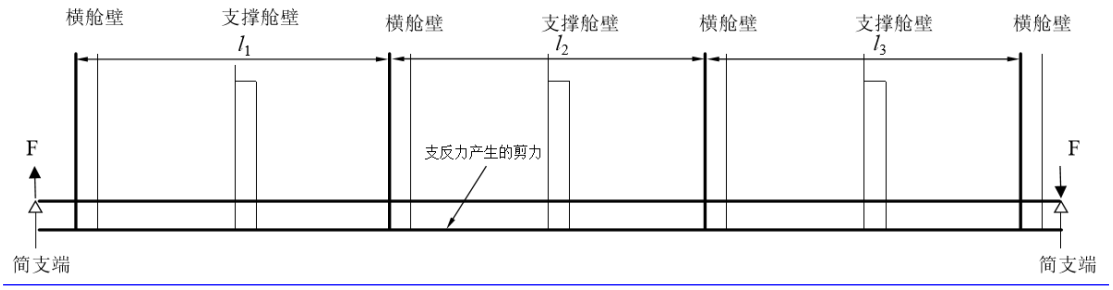
注：横舱壁框架处不施加，最尾舱后端横舱壁和最首舱前端横舱壁之外的框架不加载。

F 为支承端产生的反作用力。



由于在框架处调整垂向力产生的剪力分布





注：如 $l_1=l_3$， $\Delta l_{fore}=\Delta l_{end}$，且载荷关于模型中点对称，则 $F=0$。

注 1：符号定义见表 3.4.7(3)。

用于垂向剪力调整的垂向载荷计算公式　　表 3.4.7(3)

$$\delta w_1=\frac{\Delta Q_{V_aft}\left(2l-l_2-l_3\right)+\Delta Q_{V_fwd}l_2+l_3}{\left(n_1-1\right)\left(2l-l_1-2l_2-l_3\right)}$$

$$\delta w_1=\frac{\Delta Q_{V_aft}\left(2l-l_2-l_3\right)+\Delta Q_{V_fwd}\left(l_2+l_3\right)}{\left(n_1-1\right)\left(2l-l_1-2l_2-l_3\right)}$$

$$\delta w2=\frac{\left(W_1+W_3\right)}{\left(n_2-1\right)}=\frac{\left(\Delta Q_{V_aft}-\Delta Q_{V_fwd}\right)}{\left(n_2-1\right)}$$

$$\delta w3=\frac{-\Delta Q_{V_fwd}\left(2l-l_1-l_2\right)-\Delta Q_{V_aft}\left(l_1+l_2\right)}{\left(n_3-1\right)\left(2l-l_1-2l_2-l_3\right)}$$

$$F=F_{aft}=F_{fwd}=0.5\left(\frac{W_1\left(l_2+l_1\right)-W_3\left(l_2+l_3\right)}{l}\right)$$

其中：

l_1 —— 模型后货舱长度。

l_2 —— 模型中货舱长度。

l_3 —— 模型前货舱长度。

ΔQ_{V_aft} —— 中舱后舱壁处要求的剪力调整值，参见[3.4.7],kN。

ΔQ_{V_fwd} —— 中舱前舱壁处要求的剪力调整值，参见[3.4.7], kN。

F —— 由于在框架处施加垂向力而引起的端部反作用力，kN。

W_1 —— 平均分布于有限元模型后舱的垂向力的和，$\left(n_1-1\right)\delta w_1$，kN。

W_2 —— 平均分布于有限元模型中舱的垂向力的和，$\left(n_2-1\right)\delta w_2$，kN。

W_3 —— 平均分布于有限元模型前舱的垂向力的和，$\left(n_3-1\right)\delta w_3$，kN。

n_1 —— 有限元模型后舱框架间距数。

n_2 —— 有限元模型中舱框架间距数。

n_3 —— 有限元模型前舱框架间距数。

δw_1 —— 分布力，作用在有限元模型后舱框架处，kN。

δw_2 —— 分布力，作用在有限元模型中舱框架处，kN。

δw_3 —— 分布力，作用在有限元模型前舱框架处，kN。

Δl_{end} —— 有限元模型后舱后舱壁距后端的距离。

Δl_{fore} —— 有限元模型前舱前舱壁距前端的距离。

L —— 包括超出端部舱壁以外部分在内的有限元模型的总长：
$=l_1+l_2+l_3+\Delta l_{end}+\Delta l_{fore}$

注 1：公式中载荷、载力以及剪力调整的正方向与表 3.4.7(1)和表 3.4.7(2)中的一致。

注 2：$W_1+W_3=W_2$。

注 3：上述公式仅适用于在各自舱内具有等框架间距的情况。各舱的长度和框架间距可以不相同。

3.4.9　调整船中货舱区域垂向和水平弯矩的程序

对于需要达到垂向弯矩目标值的情况，应在舱段有限元模型的两端施加一个附加的垂向弯矩，以便在模型中间货舱达到此目标值。端部垂向弯矩按下式计算：

$$M_{v-end} = M_{v-targ} - M_{v-peak}$$

其中：

M_{v-end} —— 根据~~[3.4.8]~~[3.4.10]应施加于有限元模型两端的附加垂向弯矩，kN·m。

M_{v-targ} —— 中拱（正）或中垂（负）垂向弯矩，定义见[3.3.2]，kN·m。

M_{v-peak} —— [3.4.3]所述局部载荷和[3.4.5]所定义剪力调整在中间货舱范围内产生的最大或最小弯矩，kN·m。

如果 M_{v-targ} 中拱（正）弯矩，则 M_{v-peak} 取最大值；如果 M_{v-targ} 为中垂（负）弯矩，则 M_{v-peak} 取最小值。M_{v-peak} 的计算基于简支梁模型，具体计算如下：

$$M_{v\text{-}peak} = Extremum\left\{M_{v_FEM}(x) + M_{lineload} + M_{Y_aft}\left(2\frac{x - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)\right\}$$

$M_{v_FEM}(x)$ —— [3.4.3]所述局部载荷在 x 位置处产生的垂向弯矩，kN·m。

M_{Y_aft} —— 端部弯矩，kN·m，如下述取值：

使用方法 1：按[3.4.6]取值。

使用方法 2：按[3.4.7]取值。

其它情况：$M_{Y_aft} = 0$

$M_{lineload}$ —— 按方法 2 在框架处施加的垂向线载荷在 x 位置处产生的垂向弯矩，kN·m，按下式计算：

$M_{lineload} = -(x - x_{aft})F - \sum_i (x - x_i)\delta w_i$ ，当 $x_i < x$ 时

F —— 如表 3.4.7(2)所示的在横框架处施加的垂向载荷在模型端部产生的支反力，kN。

X —— 中间货舱横框架的 x 坐标，m。

δw_i —— 为产生要求的剪力而在横框架 i 处施加的垂向载荷。

对于需要达到水平弯矩目标值的情况，应在舱段有限元模型的两端施加一个附加的水平弯矩，以便在模型中货舱内达到目标值。附加水平弯矩按下式计算：

$$M_{h-end} = M_{h-targ} - M_{h-peak}$$

M_{h-end} —— 据~~[3.4.8]~~[3.4.10]应施加于有限元模型两端的附加水平弯矩，kN·m。

M_{h-targ} —— 水平弯矩目标值，见[3.3.4]。

M_{h-peak} —— [3.4.3]所述局部载荷在中间货舱长度范围内产生的最大或最小水平弯矩，kN·m。

如果 M_{h-targ} 为正（右舷处于受拉状态），则 M_{h-peak} 取最大水平弯矩；

如果 M_{h-targ} 为负（左舷处于受拉状态），则 M_{h-peak} 取最小水平弯矩。

$M_{h\text{-}peak}$ 的计算基于简支梁模型，如下式：

$$M_{h-peak} = Extremum\{M_{H_FEM}(x)\}$$

$M_{H_FEM}(x)$ —— [3.4.3]所述局部载荷在 x 位置处产生的水平弯矩，kN·m。

3.5 调整船体梁矩扭矩的程序

3.5.1 一般要求

本子条款描述了调整有限元舱段模型的船体梁扭矩分布以使在目标位置处达到目标扭矩的程序。船体梁扭矩目标值在[3.3.~~5~~6]中给出。

第 8 章　整船有限元强度评估

第 1 节　一般规定

1　一般要求

1.1　适用范围

1.1.1　本章给出了集装箱船主要支撑构件在弯曲和扭转载荷联合作用下整船有限元强度评估要求，包括屈服和屈曲强度。

1.1.2　对于符合下列条件之一的集装箱船，应按本章要求进行整船有限元强度评估并授予 GFE 附加标志：

(1) 船长 L 大于 250m；

~~(2) 强力甲板舱口宽度大于 0.89B；~~

(~~3~~2) 结构布置非常规形式。

第 9 章　屈　曲

第 2 节　长细比要求

2　板

2.1　板格的净厚度

~~2.1.1　板格的净厚度应满足以下衡准：~~

$$t_p \geq \frac{b}{C}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

~~式中：C——　长细比系数，取为：~~

~~C=100，船壳外板和货/液舱边界；~~

~~C=125，其他结构；~~

~~R_{eH}——　板材的最小屈服强度，N/mm^2~~

~~如果某列板假设采用较低的屈服应力值能够满足第 3 节和第 4 节的要求，则在应用该长细比要求校核时，也可以采用该较低的屈服应力值。~~

2.1.1　板格净厚度t_p，mm，应满足以下衡准：

$$t_p \geq \frac{b}{C}$$

式中：C——　长细比系数，取为：

C=100，对船体外板、强力甲板，但上层建筑内的强力甲板除外；

C=175，对甲板室和上层建筑内的结构、具有多层连续甲板船舶的船内结构，但舱室和水密周界除外；

C=125，对其他结构。

本要求不适用于船舶柱形区域内舭列板和圆弧舷缘。

3　加强筋

3.1　加强筋的尺度比

长细比系数　　表 3.1.1

加强筋类型	C_w	C_f
角钢和 L2 型材	75	12[3]
T 型材	75	12[3]
球扁钢	45	—
扁钢	22[1][2]	—
注：（1）对于不作为参与船体梁总纵强度的扁钢加强筋，则可取C_w=26；		

（2）对于双层底压载舱内的水密肋板上的扁钢加强筋，如果该处的双层底纵桁按照不多于 3 个纵骨间距布置，则可取C_w=30；

（3）对于装设端肘板的非连续性的直线形翼板/面板的角钢和 T 型材，则可取C_f=22。

3.1.3　加强筋的弯曲刚度

含有效带板宽度的加强筋平行于带板的中和轴的净惯性矩，cm^4，应不小于：

$$I_{st} \geq Cl^2 A_{eff} \frac{R_{eH}}{235}$$

式中：

A_{eff}——包括有效带板 S_{eff} 的加强筋净横截面积，cm^2；

R_{eH}——带板最小屈服强度，N/mm^2；

C——长细比系数，取为：

C=1.43，对于~~纵向加强筋，包括削斜加强筋~~参与总纵强度的加强筋；

C=0.72，其他加强筋。

4　主要支撑构件

4.1　尺度比和刚度

4.1.1　腹板和翼板的尺度比

主要支撑构件腹板和翼板的净厚度应满足以下衡准：

（1）腹板

$$t_w \geq \frac{s_w}{C_w}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

对于腹板，如果该结构采用较低的 R_{eH} 能够满足本章第 3 节和第 4 节的要求（如适用），则本条的长细比衡准中，可以使用该较低的 R_{eH}。

（2）翼板

$$t_f \geq \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$

式中：s_w——板格宽度，mm，取腹板加强筋的间距；

C_w——腹板的长细比系数，取为：

~~C_w=100；~~

C_w=125，对双壳结构，如双壳间平台、垂直隔板、双层底肋板等；

C_w=100，对其他结构。

C_f——翼板的长细比系数，~~取为：~~按表 3.1.1 选取。

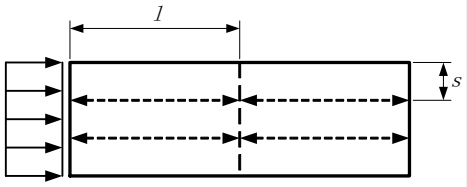
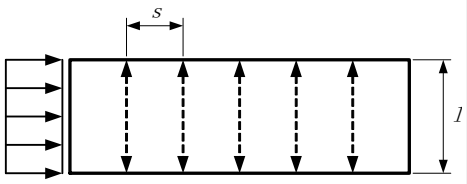
~~C_f=12。~~

如果本款（2）要求不能满足，用于强度评估（包括计算实际净剖面模数）的翼板自由外伸有效宽度，mm，应取为：

$$b_{f-out-\max} = C_f t_f \sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}$$

4.2 主要支撑构件的腹板加强筋

腹板加强筋刚度衡准　　表 4.2.2

加强筋布置形式		腹板加强筋的最小惯性矩（cm^4）
A	腹板加强筋沿着 PSM 跨距方向布置 	$I_{st} \geq Cl^2 A_{eff} \frac{R_{eH}}{235}$
B	腹板加强筋垂直于 PSM 跨距方向布置 	$I_{st} \geq 1.14 l s^2 t_w \left(2.5\frac{1000l}{s} - 2\frac{s}{1000l}\right)\frac{R_{eH}}{235}\times 10^{-5}$

式中：

C—— 长细比系数，取为：

C=1.43，对于~~纵向加强筋，包括削斜筋~~参与总纵的连续加强筋；

C=0.72，其他加强筋；

l—— 腹板加强筋长度，m

（1）对焊接在局部支撑构件上的腹板加强筋，长度在局部支撑构件翼板之间量取；

（2）对削斜的腹板加强筋，长度在侧向支撑之间量取，例如主要支撑构件翼板之间的总距离，如加强筋布置 B 所示；

A_{eff}—— 含有效带板宽度 s_{eff} 的腹板加强筋净横截面积，cm^2；

t_w—— 主要支撑构件的腹板净厚度，mm；

R_{eH}—— 取主要支撑构件腹板的 R_{eH} 之值，N/mm^2。

5 肘板

5.1 防倾肘板

5.1.1 翼板的无支撑长度

主要支撑构件翼板的无支撑长度，m，即防倾肘板之间的距离，~~应不大于~~可不必小于 3.0m，但最大值 $S_{b_\max}$，m，应取不大于按下式计算之值：

~~$$S_b = b_f C \sqrt{\frac{A_{f-n50}}{\left(A_{f-n50} + \frac{A_{w-n50}}{3}\right)\left(\frac{235}{R_{eH}}\right)}}$$~~，~~但不必小于 $s_{b\text{-}min}$~~

$$S_{b_\max} = b_f C$$

且还应满足：$S_{b_\max} \leq 6\text{m}$，对甲板和船底；

$S_{b_max} \leq 5\text{m}$，对舱壁和舷侧。

式中：b_f ——主要支撑构件翼板宽度，mm；

C ——长细比系数，取为：

~~（1）0.022，对于对称翼板；~~

~~（2）0.033，对于非对称翼板；~~

C=0.022，对于甲板和船底区域的对称翼板；

C=0.025，对于甲板和船底区域的非对称翼板；

C=0.015，对于舱壁和舷侧区域的对称翼板；

C=0.020，对于舱壁和舷侧区域的非对称翼板。

~~A_{f-n50} ——翼板净横截面积，cm^2；~~

~~A_{w-n50} ——腹板净横截面积，cm^2；~~

~~R_{eH} ——主要支撑构件材料的最小屈服强度，N/mm^2；~~

~~$S_{b-\min}$ ——翼板的最小无支撑长度；~~

~~（1）对货舱区域、液舱/货舱边界或船体外板包括外部甲板上的主要支撑构件，$S_{b-\min}$ =3.0m；~~

~~（2）对其他区域，=4.0m。~~

5.3 边缘加强

5.3.1 肘板边缘加强

肘板边缘处的边缘加强筋的腹板高度，h_w，mm，应不小于：

~~$h_w = Cl_b\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$~~ $h_w = Cl_b\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}\times 10^{-3}$ ，或 50mm，取大者

式中：C——长细比系数，取为：

C=75，对端肘板；

C=50，对防倾肘板；

l_b——肘板边缘有效长度，mm，见表 5.2.1；

R_{eH} ——加强筋材料的最小屈服强度，N/mm^2。

第 10 章　疲　劳

第 1 节　一般规定

1　一般要求

1.1　适用范围

1.1.5　对于符合下列条件之一的集装箱船，应采用整船有限元应力分析法进行疲劳强度评估：

（1）船长 L 大于 250m；

~~（2）强力甲板舱口宽度大于 0.89B；~~

（~~3~~2）结构布置非常规形式。

6　装载工况

6.1　疲劳评估标准装载工况

6.1.1　应根据[6.1.2]给出的船舶营运中有代表性的装载工况进行疲劳分析。

6.1.2　表 6.1.2 定义了集装箱船简化应力分析方法和舱段有限元疲劳强度计算时的装载工况和每种装载工况相应时间比$\alpha_{(j)}$。第 4 章第 8 节规定了集装箱船疲劳评估的标准装载工况。

集装箱船装载工况时间比　　表 6.1.2

装载工况	$\alpha_{(j)}$
满载工况（均匀）	~~0.75~~ 1 [1]
~~正常压载工况~~	~~0.25~~

注 1：可根据实际运营情况，由设计方确定满载装载模式并提交 CCS 批准，如无具体数据，可假定 70%营运时间双壳压载舱装载压载水，30%营运时间边舱为空。

第 2 节　评估的结构细节

2　有限元应力分析

2.1　评估的结构细节

2.1.3　按标准设计无需评估的结构细节

表 2.1.3（1）列出的结构细节，应满足本章第 7 节的结构细节设计标准，否则应进行有限元疲劳评估，热点位置及疲劳强度评估见表 2.1.3（2）和（3）。

按标准设计无需评估的结构细节　　表 2.1.3（1）

序号	关键结构位置	结构细节设计标准	适用范围
1	无腹板加强筋纵骨的穿越孔，具体热点见表 2.1.3（2）	本章第 7 节[2.1]	货舱
2	甲板分段连接处扇形孔，具体热点见表 2.1.3（3）	本章第 7 节[3]	临近船中货舱（甲板以下 0.1D 范围内）
3	甲板板和纵向舱口围板端部肘板趾部趾端	本章第 7 节[4]	纵向舱口围板的端肘板趾端
~~3~~ 4	机舱前端强力甲板舱口角隅	本章第 7 节[4]	机舱前端的舱口角隅
注：3 和 4 适用于不符合本章第 1 节 1.1.5 的集装箱船。			

第 3 节　疲劳评估

符号

本节未定义的符号，见第 1 章第 4 节。

（i）—— 下标，表示第 4 章第 2 节规定的载荷工况 HVM、HVS、FVM、BSR-P、BSR-S、BSP-P、BSP-S、OSTf-P、OSTf-S、OHM-P、OHM-S、OHS-P、OHS-S。

‘i1’代表载荷工况：HVM-1、HVS-1、FVM-1、BSR-1P、BSR-1S、BSP-1P、BSP-1S、OSTf-1P、OSTf-1S、OHM-1P、OHM-1S、OHS-1P 或 OHS-1S。

‘i2’代表载荷工况：HVM-2、HVS-2、FVM-2、BSR-2P、BSR-2S、BSP-2P、BSP-2S、OSTf-2P、OSTf-2S、OHM-2P、OHM-2S、OHS-2P 或 OHS-2S。

（j）—— 下标，表示装载工况：满载或正常压载，见本章第 1 节[6.1]的定义

T_C—— 腐蚀环境时间，年，见表 ~~4.1.5~~5.3.1。

T_D—— 设计寿命，年，取 25 年。

T_{DF}—— 设计疲劳寿命，年，见本章第 1 节的定义。

T_F—— 疲劳寿命，年，根据[5]计算。

m—— 设计 S-N 曲线的反斜率，空气环境中的值见表 4.1.4，腐蚀环境中的值见表 4.1.5。

对应 N=10^7 循环，空气环境中 S-N 曲线的反斜率从 m 变为 m+2。

n_{LC}—— 适用装载工况数，见本章第 1 节[6.2]。

f_c—— 修正因子，见本章第 1 节~~[5.1.2]~~[5.2.1]。

f_{thick}—— 板厚影响修正因子，见[3.3]。

$f_{mean,\,i\,(j)}$—— 平均应力影响修正因子，见[3.2]。

3　疲劳评估参考应力

3.1.3　母材自由边

母材自由边疲劳应力范围$\Delta\sigma_{FS,\,i\,(j)}$，N/mm^2，取本章第 1 节[2.4]定义的自由边局部应力范围$\Delta\sigma_{BS,\,i\,(j)}$，并计及修正因子：

~~$$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = f_e \cdot K_{sf} \cdot f_{material} \cdot f_{mean,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot \Delta\sigma_{BS,i(j)}$$~~

$$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = f_e \cdot K_{sf} \cdot f_{material} \cdot f_{mean,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot f_c \cdot \Delta\sigma_{BS,i(j)}$$

第 4 节　简化应力分析

符号

本节未定义的符号，见第 1 章第 4 节。

（i）—— 下标，代表第 4 章第 2 节规定的动载荷工况 HVM、HVS、FVM、BSR-P、BRS-S、BSP-P、BSP-S、OSTf-P、OSTf-S、OHM-P、OHM-S、OHS-P 或 OHS-S。

‘i1’代表动载荷工况：HVM-1、HVS-1、FVM-1、BSR-1P、BSR-1S、BSP-1P、

BSP-1S、OSTf-1P、OSTf-1S、OHM-1P 或 OHS-1S。

‘*i*2’代表动载荷工况：HVM-2、HVS-2、FVM-2、BSR-2P、BSR-2S、BSP-2P、BSP-2S、OSTf-2P、OSTf-2S、OHM-2P 或 OHS-2S。

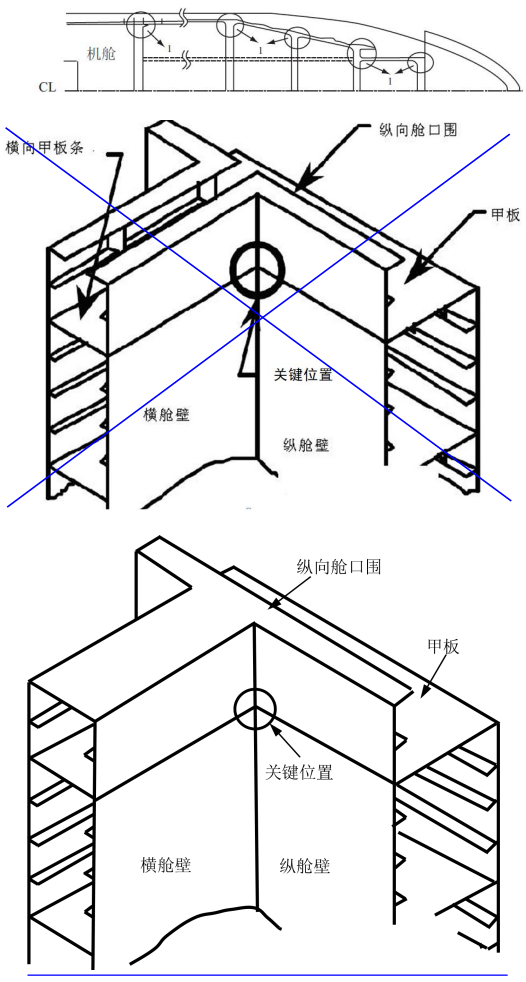
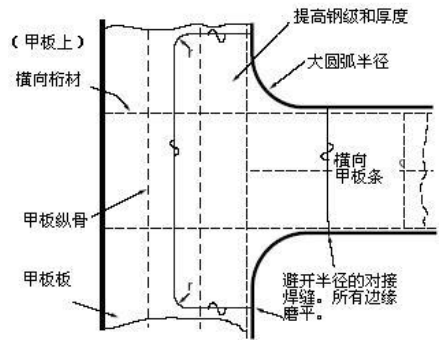
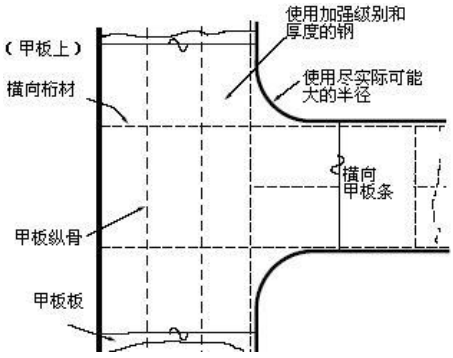
第 7 节　结构细节设计标准

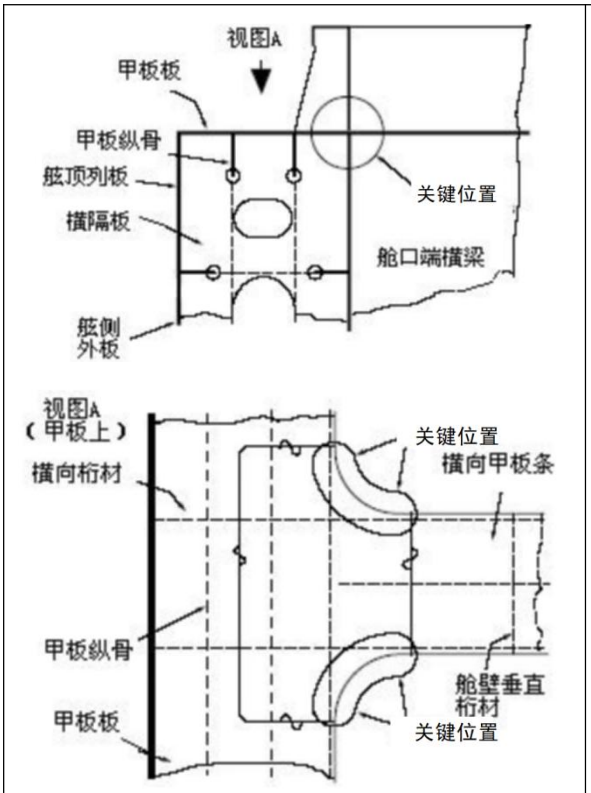
4　舱口角隅处

4.1　设计标准

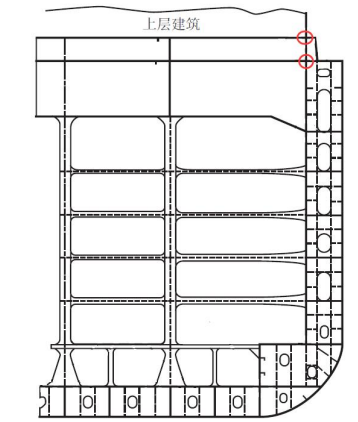
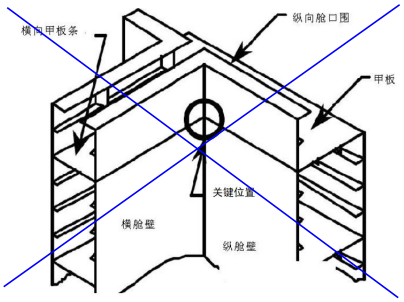
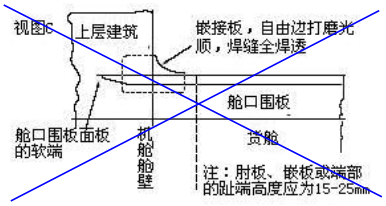
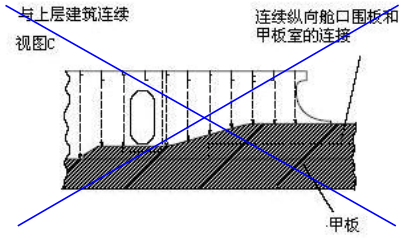
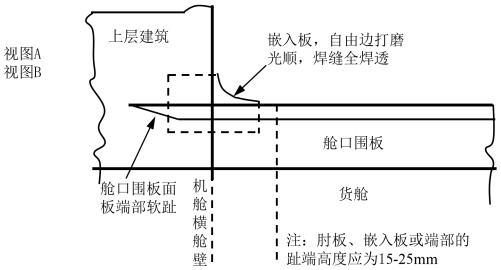
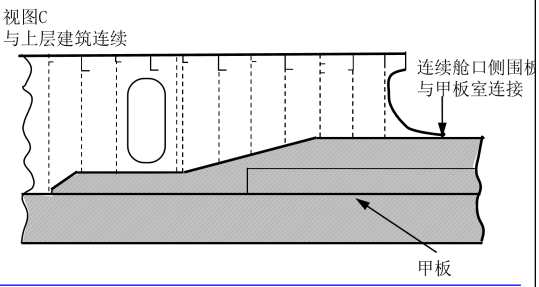
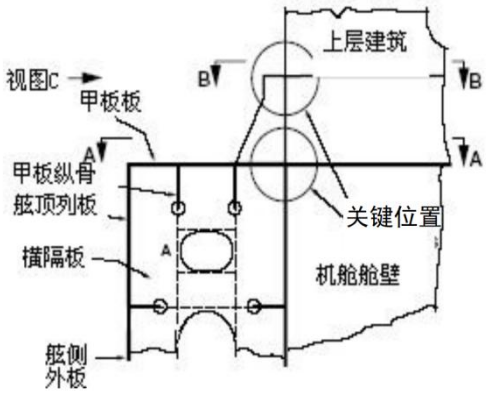
4.1.1　货舱区域强力甲板舱口角隅处的节点，按表 4.1.1（1）~（5）中的设计标准进行设计。

货舱口角隅处甲板板连接　　表 4.1.1（1）

关键区域	设计标准
	（A）采用大半径甲板角隅嵌板  （B）延伸嵌板 
关键位置	

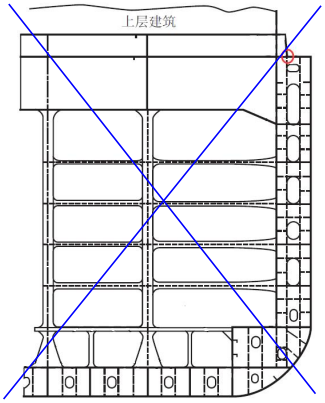
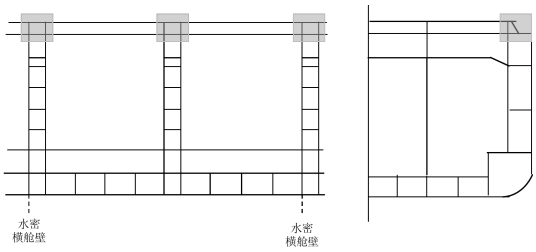
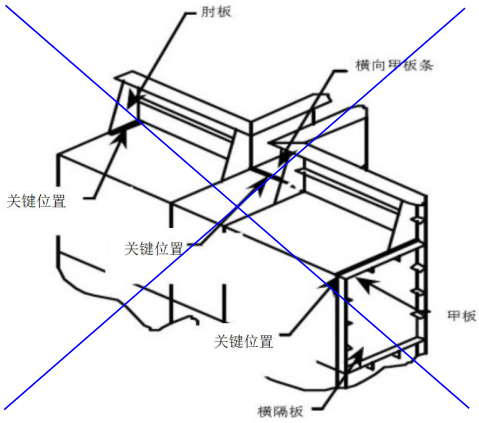
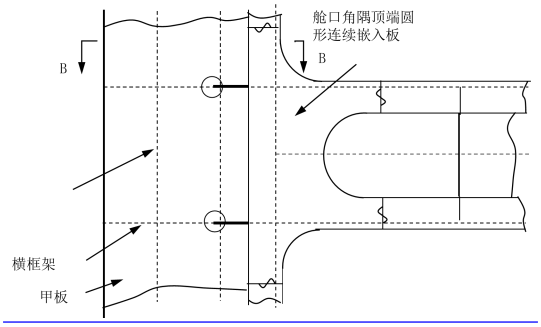
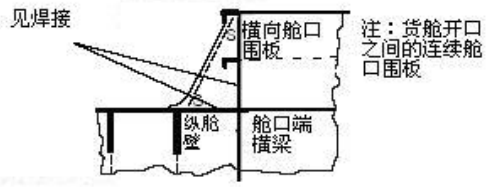
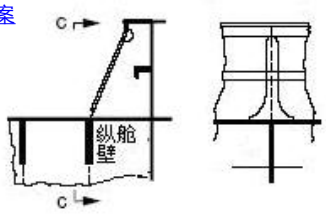
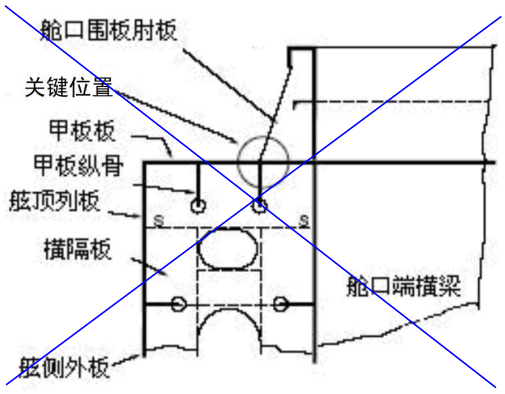
<table>
<tr><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>关键位置</td><td>货舱口角隅处甲板板连接处</td></tr>
<tr><td>结构细节设计标准</td><td>使用加强钢级和厚度的嵌板。应注意不同厚度板间的过渡。</td></tr>
<tr><td>建造公差</td><td>保证舱口端横梁和边舱内支持之间的良好对中。应注意嵌板的削斜节点。通过改变角隅节点来减少应力集中和使用 EH 钢级可避免嵌板。</td></tr>
<tr><td>焊接要求</td><td>● 焊接的引弧点和熄弧点要远离嵌板角隅；
● 角隅嵌板与上甲板板的焊接缝过渡应均匀、光滑，并注意对角隅的保护；
● 嵌接板自由边和焊缝打磨光顺，无切口。</td></tr>
</table>

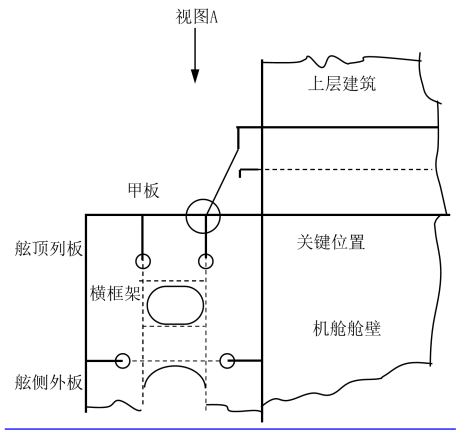
靠近上层建筑的舱口角隅处的甲板板以及舱口围板与上层建筑的连接点　表 4.1.1（2）

关键区域	设计标准
  **关键位置**	   
	

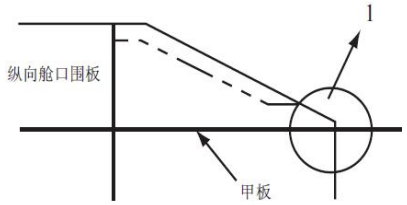
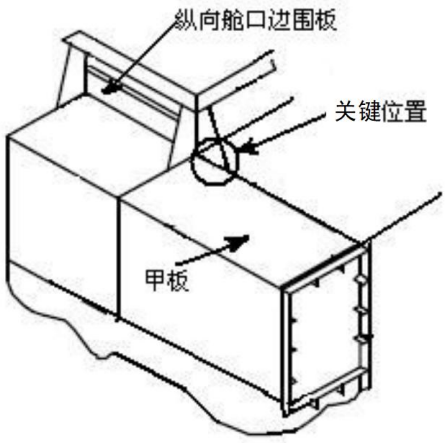
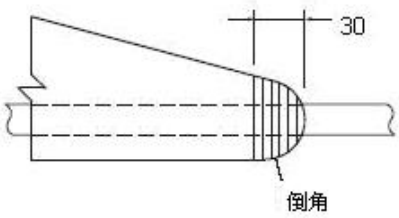
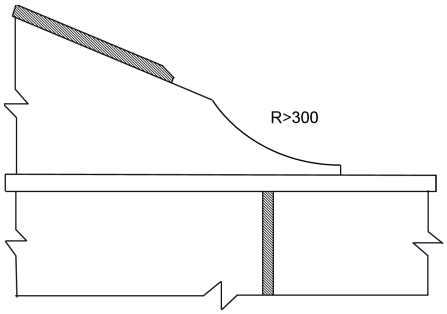
关键位置	靠近上层建筑的舱口角隅处的甲板板以及舱口围板与上层建筑的连接点
结构细节设计标准	使用提高钢级和增大厚度的嵌接板。应设置半径角隅减少应力集中。保证尽可能逐渐过渡或削斜到较薄板。与上层建筑连接的肘板边缘要打磨光滑，上层建筑舷侧使用加强的钢级和厚度。
建造公差	确保附近主结构支持件之间的良好对中。
焊接要求	● 焊接的引弧点和熄弧点要远离肘板趾端或角隅； ● 肘板的趾端与上甲板的连接处应进行包角焊，包角焊缝应过渡光顺，不应有咬边、切口等焊接缺陷；。

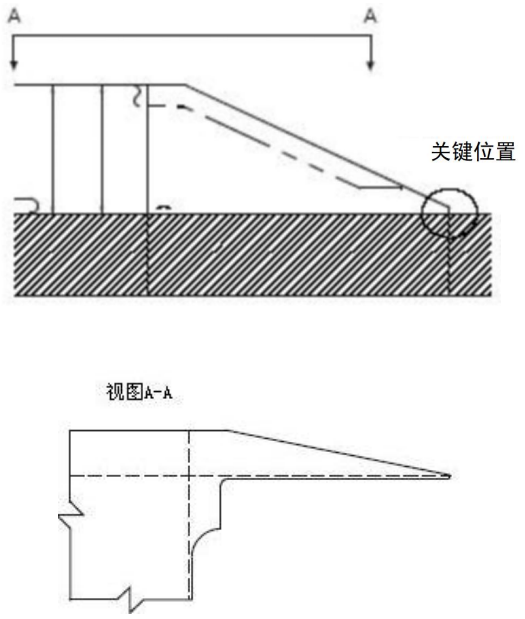
纵向舱口围板的横向支撑肘板与甲板板连接的趾端　　表 4.1.1（3）

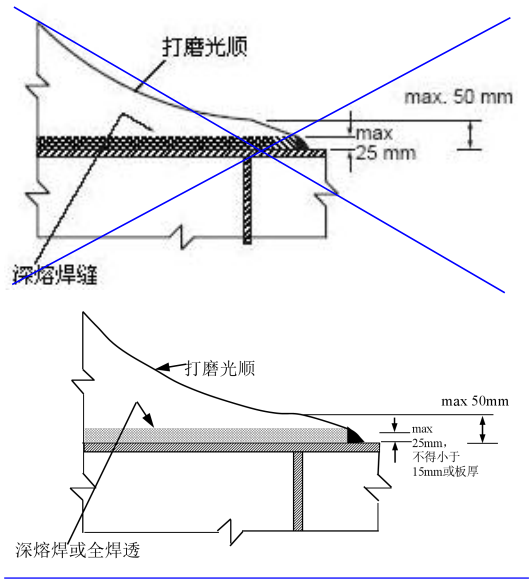
关键区域	设计标准
  	  剖面C-C 替代方案 
关键位置	
	

	
关键位置	纵向舱口围板的横向支撑肘板与甲板板连接的趾端
结构细节设计标准	延伸舱口围板的横向肘板，提供整体式软趾，使应力平滑过渡到甲板。
建造公差	确保支撑肘板和支持结构之间的良好对中，对中偏差不应超过 1/3 较薄板的板厚(从板厚中心量取)。
焊接要求	● 焊接的引弧点和熄弧点要远离肘板趾端或角隅； ● 支撑肘板趾端与甲板板的连接应进行包角焊，包角焊缝应过渡光顺，不应有咬边、切口等易造成应力集中的焊接缺陷。 ● 同时应注意位于横舱壁位置的舱口围板支撑肘板与舱口围板的焊接应采用深熔或全焊透角焊。

纵向舱口围板的端肘板趾端　　表 4.1.1（4）

关键区域	设计标准
 图 A.3（4） 	 
关键位置	



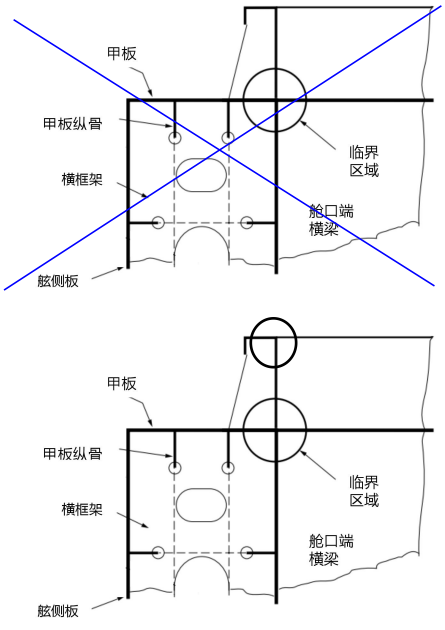
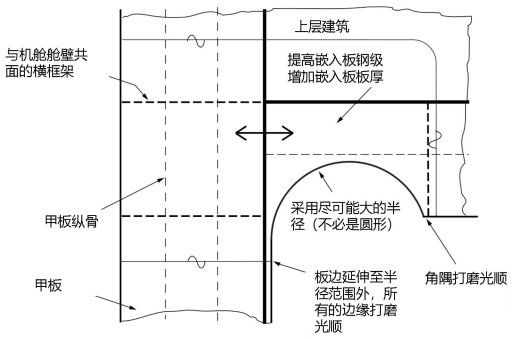


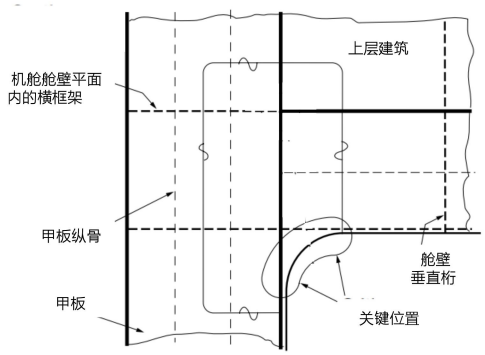
说明：—

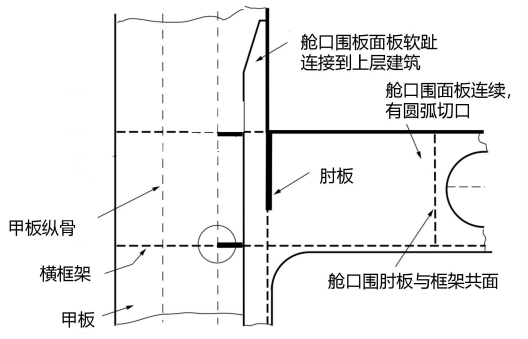
关键位置	纵向舱口围板的端肘板趾端
结构细节设计标准	延伸舱口围板并采用具有圆弧形倒角的趾端，以减少热点处的应力集中。
建造公差	确保围板端肘板与甲板下纵向构件（舱壁或桁材或纵骨）的良好对中。
焊接要求	● 焊接的引弧点和熄弧点要远离趾端； ● 纵向舱口边围板前后端的趾端与甲板的连接应进行包角焊包。角焊缝应过渡光顺，不应有咬边、切口等易引起应力集中的焊接缺陷。 ● 趾端处 300mm 范围内应深熔焊或全焊透。全焊透焊缝表面和围板端部的自由边应打磨光顺。

~~靠近上层建筑的舱口角隅处的甲板板以及舱口围板与上层建筑的交点~~

机舱前端强力甲板舱口角隅及舱口围顶板　**表 4.1.1（5）**

关键区域	**设计标准**
	甲板平面  舱口围顶板平面
关键位置	





关键位置	机舱前端强力甲板舱口角隅
结构细节设计标准	在甲板平面，通过将甲板角隅嵌入版延伸到侧壳和/或引入大半径角隅改善结构细节，尽可能确保板厚逐步过渡；在舱口围板顶板平面，通过采用连续舱口围板改善结构细节，与上层建筑联机肘板的边缘需打磨光顺，连接处上层建筑侧壁应提高钢级并增大厚度。
建造公差	确保主要支撑构件之间的良好对中。
焊接要求	● 焊接的引弧点和熄弧点要远离趾端或角隅； ● 肘板趾端与上甲板的连接处应进行包角焊，包角焊缝应过渡光顺，不应有咬边、切口等易引起应力集中的焊接缺陷。

第 12 章　集装箱系固

第 1 节　一般规定

1　一般要求

1.2　附加标志

1.2.1　对于船上配有集装箱绑扎计算程序，应如申请 CLC 附加标志，应按本规范第 12 章第 1 节～第 5 节的要求进行集装箱系固强度评估，并按第 12 章第 7 节的要求进行认可。

1.2.2　在附加标志 CLC 的基础上，如满足第 12 章第 8 节特定航线的要求，可授予附加标志 CLC（V）。特定航线包括航行范围限定于个别航线或区域，如北太平洋航线、地中海区域，也包括航行范围限定于某特定区域以外，如在北大西洋以外区域。

1.2.3　在附加标志 CLC（V）的基础上，如满足第 12 章第 8 节特定航线的季节和天气因素的要求，可授予 CLC（V，W）。

第 6 节　集装箱系固结构的强度评估

1　强度评估

1.2　绑扎桥

1.2.5　为较好地描述各结构构件在各个方向上的受力分布情况，绑扎桥的强度校核应采用三维有限元结构分析方法，模型结构尺寸采用建造厚度。模型范围、单元及边界条件的取用原则如下：

(1)　有限元模型应包括所有在甲板或舱口盖以上的绑扎桥结构。边界条件可约束与甲板或舱口盖连接处的三个平动自由度。

(2)　有限元模型应包括绑扎桥结构及相邻船体结构，一般应垂向延伸至二甲板，水平方向延伸至前后各一个横框架。边界条件应约束前后边界节点的纵向平动自由度、横向和垂向转动自由度，下端边界节点的横向和垂向平动自由度。

(3)　板单元的网格尺寸一般可采用 100mm×100mm，在高应力区和高应力变化区尽可能避免使用三角形单元。

(4)　为更加准确地评估局部结构应力集中处的应力水平及分布情况，如过渡肘板、立柱与甲板连接处等，网格尺寸可采用 50mm×50mm。

第 7 节　绑扎计算程序

~~**1　一般要求**~~

~~**1.1　一般要求**~~

~~1.1.1　绑扎计算程序系指船上计算机安装的软件程序，该程序应能按本附录要求进行集~~

装箱系固强度计算。

1.1.2 对绑扎计算程序的建议包括程序认可及实船安装检验。

2 绑扎计算程序认可

2.1 认可要求

2.1.1 绑扎计算程序的认可为单船认可，即对安装在某一特定船舶上的绑扎计算程序设计方法、计算功能和原理、输入数据、输出数据、操作手册以及测试报告等文件的认可。

2.1.2 绑扎计算程序认可具体包括以下内容：

（1）程序的设计方法、计算功能和原理与本附录要求相符合，并满足本节 2.1.3 的功能要求；

（2）程序中的所有输入数据应与实船相符；

（3）按本节 2.3 所选择的测试工况的计算结果与 CCS 审图软件的计算结果相比，误差应控制在 5%以内；

（4）绑扎计算程序操作手册满足本节 2.4 的要求。

2.1.3 绑扎计算程序应具备以下的功能要求：

（1）应能确保普通用户无法修改已输入的船舶几何特征，许用值等实船数据；

（2）应能确保用户无法修改已输入的计算程序；

（3）应尽可能减少明显的或不合逻辑的输入错误；

（4）应能清楚地判断计算工况是否满足要求，及对某一工况进行计算，当计算结果超出许用值时，应能以明显的方式，如突出显示、特殊标志或兼有声光报警等，在屏幕上显示或打印输出提示用户；

（5）程序界面应对用户充分友好，用户操作失误时能报警提示用户，并尽可能避免因用户操作失误引起的数据丢失或死机现象；

（6）应设有口令，当输入非法口令时，计算机应拒绝工作，并报警提示用户；

（7）应能计算任一工况下的集装箱系固强度，并以屏幕显示及打印输出进行计算和保存计算结果的日期和时间。屏幕显示及打印输出中应包括任一工况的以下信息：

初稳性高度；
集装箱堆垛的位置；
堆垛集装箱的实际重量；
堆垛位置的最大许用堆重；
堆垛集装箱的绑扎布置；
各层集装箱的横向加速度；
各层集装箱的扭变力；
各层集装箱间的垂向拉力和压力；
堆垛底部压力；
绑扎力；
横向水平压力和拉力；
警告信息（如任何强度衡准被超出）

2.2 认可实施步骤

2.2.1 申请方应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

（1）绑扎计算程序说明书，其内容应包括程序设计方法、计算功能、数据结构；

（2）绑扎计算程序操作手册；

（3）绑扎计算程序测试报告；

2.2.2 申请方应提供特定船舶的相关图纸或数据，如船舶总布置图、集装箱系固手册/布置方案等，以供备查或校核计算使用。

2.2.3 对上述图纸资料审批完毕后，可在绑扎计算程序操作手册及测试报告封面上加盖批准章，并在签发的审图意见书中写明建议授予 CLC 附加标志，或 CLC（V）及 CLC（V,W）附加标志。

2.3 测试工况

2.3.1 测试工况应选自该船的集装箱系固手册/布置方案。

2.3.2 测试工况至少应包括：

（1）最小及最大初稳性高度对应的集装箱绑扎布置工况；

（2）对于授予 CLC（V）或 CLC（V,W）附加标志的船舶，还应补充对应的附加工况。

2.3.3 测试工况应尽可能包括程序的所有功能。

2.3.4 经批准的测试工况应作为输入数据保存，确保用户无法修改。船上还应备有 1 份经批准的测试工况复印件。

2.4 操作手册

2.4.1 船上应至少保存一份经 CCS 批准的该船的绑扎计算程序操作手册。

2.4.2 绑扎计算程序操作手册应用船上用户使用的语言编写，并与屏幕显示和打印输出以及船上批准的集装箱系固手册/布置方案使用的语言相同。若该语言不是英文则还应译成英文。

2.4.3 操作手册应用简洁而易懂的方式编写，推荐使用流程框图来解释操作过程。

2.4.4 操作手册应包括下述内容：

（1）绑扎计算程序概况及其版本号；

（2）运行绑扎计算程序所需的硬件说明以及程序安装的指南；

（3）菜单与对话显示的程序运行步骤，运行程序可能遇到的错误和警示以及在此情况下的下一步操作说明；

（4）测试工况的说明；

（5）通过算例，表明操作程序；

（6）输入与输出的数据以及屏幕输出格式表示的计算结果，并以必要的文字加以说明；

（7）功能键的说明。

2.5 实船安装检验

2.5.1 船东或委托方应向船舶停靠港的 CCS 检验单位提交申请。

2.5.2 船员可通过学习或培训等方法，掌握本船绑扎计算程序的操作与计算，安装检验应由该船船员来操作。

2.5.3 进行实船安装检验应有 CCS 验船师在场。安装检验一般应包括下列项目：

（1）核查船上是否保存由 CCS 批准的操作手册及测试报告；

（2）程序安装环境及位置检查：检查程序安装位置、安装方式符合说明书的要求；

（3）程序稳定性试验：程序连续运行 1h 应能正常工作；

（4）程序保密性试验：输入非合法口令(或人为误操作)，程序应拒绝工作；

（5）程序封闭性试验：普通用户应无法改动应用程序及已输入的船舶几何特征、许用值等实船数据；

~~（6）程序功能试验：根据批准的测试报告中的工况，由该船船员操作，其计算结果应与批准的测试报告相同。~~

~~2.5.4 安装检验时由绑扎计算程序打印出的测试报告应由现场验船师确认及签署。安装检验合格后，现场验船师签发报告，CCS 将授予相应的附加标志。~~

~~2.5.5 对装有已获其他 IACS 成员船级社认可的绑扎计算程序的船舶，可复核该船级社批准的操作手册及测试报告，并按本节 2.5.3 进行安装检验。~~

~~2.5.6 对装有不符合 CCS 有关规定绑扎计算程序的船舶或对装有非 IACS 成员船级社认可的绑扎计算程序的船舶，应重新进行检验。~~

1 一般要求

1.1 一般要求

1.1.1 所有专用集装箱船均需配备满足本节要求的绑扎计算程序。

1.1.2 绑扎计算程序系指一种船上应用的电子数据处理工具，可根据船舶货物系固手册上绑扎系统的参数，进行集装箱系固强度计算。

1.1.3 经批准的绑扎计算程序不能替代货物系固手册，仅作为货物系固手册的补充。

1.1.4 绑扎计算程序是每艘船舶的特定工具，其计算结果仅适用于其被批准的船舶。

2 绑扎计算程序认可

2.1 操作手册

2.2.1 船上应至少保存一份经 CCS 批准的该船的绑扎计算程序操作手册。

2.2.2 绑扎计算程序操作手册的语言应与船上批准的货物系固手册相同，还应翻译为适合船上用户使用的语言。

2.2.3 操作手册应包含说明及指导，如适用，应包含下述内容：

（1）绑扎计算程序概况；

（2）程序安装的指南；

（3）功能键的说明；

（4）菜单显示；

（5）输入和输出数据；

（6）运行绑扎计算程序所需的硬件说明；

（7）测试工况的说明；

（8）列明所有术语、定义、用户可能遇到的错误信息和警示的列表

（9）运行程序遇到的错误和警示时，应有明确的用户指导在各种情况的下一步操作。

2.3 功能要求

2.3.1 绑扎计算程序应能计算任一工况下每个集装箱堆垛的集装箱和系固设备的载荷。

2.3.2 绑扎计算程序应能指示出各种许用值以便指导船长来判断船舶的装载是否在衡准之内。绑扎计算程序应能展示出以下参数：

（1）船舶参数，如国际海事组织编号、船长、船宽等；

（2）装载工况，并显示相关输入参数，如吃水和初稳性高度；

（3）堆垛和集装箱位置；

（4）堆垛集装箱的实际重量和堆垛位置的最大许用重量；

（5）系固设备的参数，包括许用载荷；

（6）集装箱的加速度及其他外部载荷（如风载荷）；

（7）集装箱和系固设备的系固载荷列表，以及评判是否满足相应的衡准。

2.3.3　甲板上和货舱内的集装箱和绑扎布置应有图形展示。

2.3.4　数据应能以清晰明确的方式显示在屏幕和打印输出上。

2.3.5　当有任何计算结果超出许用值时，应在屏幕和打印输出上给出明显的警示。

2.3.6　除打印输出的内容外，打印输出的每一页还应包含船舶标识、绑扎计算程序的名称和版本号、打印输出的日期和时间，以及计算装载工况的标题。打印输出应按顺序分页，并显示打印输出的总页数。

2.3.7　计量单位应明确标识，并在计算中保持一致。

2.3.8　应禁止用户输入不正确的数据，如负的吃水值。应以清晰明确的方式在屏幕上和打印输出中提示错误信息。

2.4　测试工况

2.4.1　绑扎计算程序应包含测试工况，测试工况应选自该船的货物系固手册，包含选定的堆垛及贝（bay）位，不同尺寸集装箱的适用系固工况。一般应涵盖船舶的船首、船中、船尾贝（bay）位的集装箱堆垛，至少包含一个货物系固手册中所列工况的绑扎计算。对于授予 CLC（V）或 CLC（V,W）附加标志的船舶，还应补充对应的附加工况。

2.4.2　测试工况及结果应永久存储在绑扎计算程序安装的计算机中，并防止无意或未经授权的修改和访问。

2.5　绑扎计算程序的批准

2.5.1　绑扎计算程序的批准包括以下内容：

（1）确认型式认可（如有时）；

（2）确认程序中使用了最新的船舶数据；

（3）确认及批准测试工况及结果；

（4）确认满足 2.3 的功能要求；

（5）检查船上计算机的程序是否正确安装，并确认其计算结果与测试工况一致；

（6）确认船上配有操作手册。

2.5.2　当船舶设计参数或集装箱布置有修改时，绑扎计算程序应进行相应修改，并重新批准。

2.5.3　绑扎计算程序版本变化中如有涉及集装箱系固计算的内容，应告知并重新批准。

2.5.4　绑扎计算程序在安装上船时，应由验船师确认其计算结果与测试工况一致，并确认操作手册在船上随时可用。

2.5.5　对绑扎计算程序的批准不能免除船东的责任来确保绑扎计算程序的输入信息与船舶现有状况和批准的货物系固手册保持一致。

2.6　可接受的误差

2.6.1　绑扎计算程序的计算结果与 CCS 审图软件的计算结果相比，误差应控制在 1%以内。对超出范围的误差，应根据具体情况给出合理的解释，并且不会对船舶安全带来不利影响。

2.7　年度检验和特别检验

2.7.1　每次年度检验和特别检验时，应确认操作手册在船上随时可用。

2.7.2　年度检验时，绑扎计算程序应确认其准确性，可由船长通过测试工况进行验证。如验船师无法现场见证，则应保留测试工况的验证结果副本作为验证合格的文件，供验船师在下次计划检验时确认。

2.7.3　每次特别检验时，绑扎计算程序应在验船师现场见证下进行验证。

第 9 节　集装箱系固系统的批准和认可

1　一般要求

1.1　一般要求

1.1.1　所有海上航行的专用集装箱船都应满足本节要求。

1.1.2　货物被恰当地系固，特别是考虑了支撑结构和系固设备的强度，对于船舶安全以及保护货物和人员非常重要。集装箱系固系统应进行批准和/或的内容应包括：

（1）固定式和便携式系固设备；

（2）固定式系固设备的布置图；

（3）集装箱支撑结构的图纸（集装箱箱柱、舱口盖、绑扎桥、导轨等）；

（4）货物安全通道；

（5）集装箱积载和系固方案；

（6）绑扎计算软件。

2　批准与认可要求

2.1　固定式和便携式集装箱系固设备

2.1.1　固定式系固设备是永久焊接在船体结构上的用来紧固及支撑集装箱的设备。

2.1.2　便携式系固设备是除固定式系固设备外，用来紧固集装箱的设备。

2.1.3　最小破断负荷系指试样在试验时出现第一条裂痕时的最小载荷。

2.1.4　最小验证负荷系指不会出现可视永久变形的试验载荷。

2.1.5　固定式和便携式系固设备的详图应包含其尺寸、材料、设计载荷以及制造商标识。

2.1.6　每个固定式和便携式系固设备应进行原型试验来确定其最小破断负荷，原型试验确定的最小破断负荷应等于或超过其设计最小破断负荷。

2.1.7　固定式和便携式系固设备在交付或安装前应进行产品试验，应抽样进行负荷试验。交付的集装箱系固设备的产品试验批准文件应保存在船上，可放入在批准的货物系固手册中。

2.1.8　固定式系固设备的布置方案应提交批准，布置方案应包含系固设备安装区域的以下内容：

（1）固定式系固设备的类型，如底座、眼板等；

（2）系固设备的安装位置，如其相对明确描述船体结构位置的位置。

2.2　集装箱支撑结构的图纸

2.2.1　用于集装箱积载和系固的结构，其图纸应提交批准。图纸应包含能够建模进行结构分析的细节。应提供用于集装箱支撑结构及其基座结构强度计算的相关设计载荷。

2.2.2　用于集装箱积载和系固的结构，主要包括舱口盖、箱柱、绑扎桥和导轨。

2.3　货物安全通道

2.3.1　货物安全通道布置应符合 IMO MSC.1/Circ.1353/Rev.2 的相关要求（参见 CCS《货物系固手册编制指南》）。

2.4　集装箱堆装与系固方案

2.4.1　如主管机关要求集装箱堆装和系固方案满足 IMO MSC.1/Circ.1353/Rev.2 中[4.2.1]和[4.2.2]的要求（参见 CCS《货物系固手册编制指南》），该方案应根据[2.4.2]条和[2.4.3]条进行批准。

2.4.2　集装箱堆装方案应至少包含该船设计装载的每个类型集装箱的以下信息：

（1）用纵向和横向视图标出甲板上、下的集装箱（包括冷藏箱，如适用）位置；

（2）对不同尺寸集装箱的替代方案；

（3）最大堆垛重量；

（4）经批准的与视线有关的最大堆垛高度；

（5）最大名义集装箱容量。

2.4.3　集装箱系固布置方案应包含所有对准备系固计算有用的信息，至少应包含以下内容：

（1）船舶参数，如国际海事组织编号、船长、船宽等；

（2）装载工况，显示相关输入参数，如吃水和初稳性高度；

（3）甲板上、下集装箱堆装位置的纵向视图，显示名义容量；

（4）最大堆垛重量；

（5）系固设备的相关参数，包括许用载荷；

（6）对每种该船可装载的集装箱类型，对典型装载工况下，在每个贝（bay）位的甲板上和货舱内的集装箱和系固布置的图形化展示；

（7）堆垛总重量以及重量分布；

（8）所展示典型装载工况下，能够实现系固集装箱的系固设备的最少数量。

2.5　绑扎计算程序

2.5.1　如船舶配有绑扎计算程序，应满足本章第 7 节的要求。

第 13 章　建　造

第 3 节　焊接接头设计

2　T 型或十字接头

2.4　部分熔透和全熔透焊接

2.4.4　全熔透或部分熔透焊接范围

~~[2.4.5]和[2.4.6]中列出的每个特定位置处全熔透或部分熔透焊接范围应由 CCS 批准。~~

[2.4.5]中列出的位置处一般应全熔透焊接，[2.4.6]中列出的位置处一般应部分熔透焊接。若不属于高应力区或危险区，可适当降低要求。全熔透或部分熔透焊接距参考点（即构件交点、肘板趾端等）的最小范围不应小于 300mm。

2.4.5　要求全熔透焊接的位置

~~下列位置和规范要求的其他位置处应采用全熔透焊接：~~

~~(1) 舭部边舱与内壳纵舱壁、内底板连接部位；~~

~~(2) 角隅处圆弧型舱口围板与甲板连接部位；~~

~~(3) 水密横舱壁与内壳纵舱壁、内底板连接部位；~~

~~(4) 横向支撑舱壁横梁与内壳纵舱壁连接部位；~~

（1）舭部边舱横向强框架处与内壳纵舱壁、舭部边舱顶板的交点处；

（2）实肋板处内壳纵舱壁与内底板、双层底旁桁材的交点处；

~~(5)~~（3）当开口尺寸超过 300 mm 时，船中 0.6 L 以内的强力甲板、舷顶列板和船底板上有密性要求的开口边缘补强部位或管道贯穿处~~。~~；

~~(6)建造厚度小于或等于 12mm 的立板板格，在结构吃水以下形成外板边界（包括但不限于海水阀箱、舵杆套筒和尾封板）。建造厚度大于 12 mm，可根据[2.4.1]接受部分熔透焊。~~

~~(7)~~（4）对纵向舱口围板端部肘板与甲板板的趾端连接，距边围板端部肘板趾端 0.15 H_c 距离内（或不小于 2.4.4 中要求的最小值）要求采用全熔透焊，H_c 是舱口围板的高度~~。~~；

~~(8)~~（5）挂舵臂和尾轴架与船壳结构连接部位~~；~~。

2.4.6　要求部分熔透焊接的位置

~~下列位置应采用[2.4.2]定义的部分熔透焊接。基于其他衡准，如第 10 章给出的疲劳评估，其他位置可能需要采用部分熔透焊接：~~

~~(1) 纵/横舱壁主要支撑构件端部与双层底、内壳纵舱壁连接部位；~~

~~(2) 舱壁主要支撑构件；~~

~~(3) 横舱壁板与内底板连接部位；~~

~~(4) 横舱壁垂直桁或水平桁的趾端连接部位；~~

~~(5) 舱口围肘板；~~

~~(6) 对横舱壁板支撑的实肋板；~~

（1）建造厚度大于等于 15mm 的上甲板与舷顶列板连接部位；

（2）舱口端横梁与内壳纵舱壁、二甲板的交点处；

（3）支撑舱壁垂直桁与内底板连接部位；

（4）建造厚度大于 12mm 的内底板延伸肘板与台阶垂直板/内壳纵舱壁的连接处；

（5）水密横舱壁板处舭部边舱内实肋板支撑结构与舭部纵骨的连接部位；

（6）结构吃水以下形成外板边界（包括但不限于海水阀箱、舵杆套筒和尾封板）；

（7）绑扎桥立柱与~~横舱壁~~舱口围顶板；

（8）箱柱与甲板。

2.5 焊缝尺寸衡准

最小焊脚尺寸 **表 2.5.2（1）**

区域	处所类型		最小焊脚高度~~(1)~~/mm
货舱区域	货舱		5.0(1)
	压载水舱	舱顶下 3m 范围内的焊缝(2)	6.5(1)
		其他位置	6.0(1)
	干舱和空舱		5.0~~(1)~~
	其他液舱		6.0(1)
其他区域	压载水舱	舱顶下 3m 范围内的焊缝(2)	6.0(1)
		其他位置	5.5(1)
	燃油、淡水和其他液舱		4.5
	干舱和空舱		4.0
	上层建筑及甲板室		3.5
（1）如果单元的建造厚度小于 12mm，最小焊脚高度可以减小 0.5mm （2）仅适用于露天甲板为舱顶的压载舱 3m 距离为自液舱顶并平行于液舱顶垂直量取。			

不同构件的焊接系数 **表 2.5.2（2）**

船体区域	连接			f_{weld}
	由	对		
一般区域，除非本表中另做规定	水密板	边界板		0.48
	油密板	边界板		0.51
	构件端部肘板			0.48
	骨材	深舱舱壁		0.24
		主要支撑构件腹板和领板		0.38
	骨材腹板	板（除深舱舱壁）		0.20
		组合型骨材面板	端部（15%跨距）	0.38
			其他位置	0.20
船底和双层底	普通骨材	船底板和内底板		0.24
	中纵桁	外板		0.38
		内底板		0.38
	旁纵桁，包括间断板	船底板和内底板		0.24
	肋板	外板和内底板	对端部两个肋距长度	0.38
		位于舭部边舱内加强筋		0.38

		其他位置		0.24
	中桁材上的肘板	中桁材、内底板、肋板和外板		0.38
	腹板骨材	肋板和桁材		0.20
双舷侧结构中的舷侧和内壳纵舱壁	主要支撑构件腹板	舷侧外板		0.30
		开孔加强筋		0.24
		内壳纵舱壁和主要支撑构件腹板	甲板强横梁和端部连接处	0.43
			横撑材处	0.36
			其他位置	0.30
	腹板骨材	舷顶列板、内壳纵舱壁上列板		0.38
	~~舷顶列板、纵舱壁端板~~	~~主甲板、抗扭箱纵骨~~		~~FPW~~ ~~(4)~~
甲板	~~强力甲板~~	~~$t_{as\text{-}built}$≥13~~	~~船中 0.6L 以内舷侧外板~~	~~PPW~~~~(3)~~
			~~其他位置~~	~~0.48~~
		~~$t_{as\text{-}built}$<13~~	~~舷侧外板~~	~~0.48~~
	内壳纵舱壁上列板	上甲板（在横舱壁及前后部位）		PPW(1)
		其他位置		0.48
	其他甲板	舷侧外板		0.38
		骨材		0.20
	舱口围侧板	~~船中 0.6L 以内甲板板~~ 上甲板（在横舱壁及前后部位）		PPW ~~(3)~~(1)
		其他位置		0.48
	腹板骨材	~~围板腹板~~ 上甲板、舱口围侧板/顶板		~~0.20~~ ~~(2)~~0.38
横向舱壁	~~舱壁垂直桁~~	~~舱壁水平桁~~		~~0.48~~
	~~舱壁桁材腹板~~ 骨材	舱壁桁材面板		0.38
		舱壁板	端部处（25%跨距），如不设端肘板	0.48
		舱壁板	其他	0.24
尾尖舱	内部构件	边界及边界之间：水线以下		0.38
		水线以上		0.20
首尖舱	内部构件	边界及边界之间		0.20
机器处所	中纵桁	平板龙骨和内底板		0.48
	肋板	中纵桁		0.48
	基座纵桁	顶板和主要船体结构		PPW~~(3)~~(1)
	肋板和纵桁	内底板和外壳板		0.38
上层建筑和甲板室	外围壁（第 1 和第 2 层上层建筑）	甲板、外围壁		0.48
	外围壁和内舱壁	其他位置		0.20
~~(1)货舱外舱口围板 f_{weld}=0.43~~				

~~(2)连续焊接。~~
~~(3)~~(1)PPW：根据[2.4.2]的部分熔透焊。
~~(4)FPW：根据[2.4.2]的全熔透焊。~~

第 14 章　营运船舶换新衡准

第 1 节　原则和检验要求

1　原则

1.1　适用范围

1.1.1　本章的目的是提供船舶船体结构的许用厚度折减衡准。

1.1.2　本衡准仅适用于按照本规范入级的营运船舶。作为替代方案，也可按 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章附录 1 船体结构换新衡准要求。

1.1.3　应使用测量厚度根据规定的换新衡准评估船体结构。

1.3　文件要求

1.3.1　图纸

第 1 章第 3 节所要求的船上应备的图纸，应包括本章第 2 节所定义的每一构件的建造厚度和换新厚度。如图纸未标识换新厚度，应另行提交构件换新厚度的说明。所有自愿增加的厚度也要明确标示在图纸上。

按 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章附录 1 进行船体结构换新的船舶除外。

船上所备图纸和信息的列表参见 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇。