



指导性文件
GD 22-2021

中国船级社

特定航区/航线/设计寿命船舶 船体结构评估指南 2021

2021年8月1日生效

北 京

目 录

第 1 章 总 则	1
1.1 一般规定	1
1.2 附加标志.....	1
1.3 评估方法.....	1
第 2 章 航区、航线与波浪散布图	2
2.1 特定航区和航线	2
2.2 特定航区波浪散布图	2
2.3 特定航线波浪散布图	3
2.4 北大西洋波浪散布图.....	4
第 3 章 航区/航线因子	5
3.1 航区/航线因子	5
3.2 强度因子.....	5
3.3 疲劳因子	6
3.4 运动与载荷长期预报	7
第 4 章 船体结构强度评估	8
4.1 评估方法.....	8
4.2 运动与载荷修正.....	8
4.3 总纵强度.....	8
4.4 舱段直接计算.....	9
4.5 整船直接计算.....	9
4.6 疲劳强度.....	9
4.7 疲劳谱分析.....	10
4.8 集装箱系固.....	10
第 5 章 15 年设计寿命船舶	11
5.1 构件尺寸.....	11
5.2 疲劳强度.....	12

第 1 章 总 则

1.1 一般规定

1.1.1 本指南适用于特定航区/航线/设计寿命的矿砂船和集装箱船。

1.1.2 特定航区系指特别限制的船舶航行海域。

1.1.3 特定航线系指特别限制的船舶航线。

1.1.4 特定设计寿命系指船舶的设计寿命小于 20 年。对于设计寿命 15 年的船舶，按本指南第 5 章要求进行评估，对于其他设计寿命的船舶，特别考虑。

1.1.5 由船东及设计方提出船舶特定航区或特定航线需求，并指定航区或航线。

1.1.6 除具有 CSR 附加标志的船舶之外的其他船型也可参照执行。

1.2 附加标志

1.2.1 对特定航区船舶，授予 SZ(XX)附加标志，其中 XX 为对特定航区的描述。如 SZ (Bohai)。

1.2.2 对特定航线船舶，授予 SL(XX-YY)附加标志，其中 XX 和 YY 为特定航线船舶往返的港口名称和其他限制信息（如途径港口/位置的信息）。如 SL (Yantai-Dalian)。

1.2.3 对特定设计寿命船舶，授予 DL(XX)附加标志，其中 XX 为设计寿命，年，小于 20。如 DL (15)。

1.2.4 特定航区/航线附加标志与特定设计寿命附加标志可单独授予，也可同时授予。

1.3 评估方法

1.3.1 船体的构件尺寸计算及强度评估根据 CCS 《钢质海船入级规范》、《矿砂船直接计算指南》、《船体结构疲劳强度指南》、《基于谱分析的船体结构疲劳强度评估指南》及其他适用的规范和指南（以下统称规范）进行。

1.3.2 对于特定航区/航线船舶，按照规范要求对船体结构强度评估时，采用强度因子和疲劳因子对规范中的运动与波浪载荷进行修正，以反映特定航区/航线的波浪环境与无限航区波浪环境的差异，详见第 3 章和第 4 章。

1.3.3 对于特定设计寿命的船舶，从腐蚀量和设计疲劳寿命两个方面考虑设计寿命对构件尺寸和结构强度的影响，详见第 5 章。

第 2 章 航区、航线与波浪散布图

2.1 特定航区和航线

2.1.1 船东和设计方提供的特定航区信息应明确海域，必要时包括边界的经纬度信息。特定航线信息应包括航线往返及经过的港口或标志点。上述航区或航线信息也应体现在相应的附加标志中。

2.2 特定航区波浪散布图

2.2.1 全球不同海区的波浪环境存在差异，某海区的长期海况通过波浪散布图描述，散布图中包含该海区可能出现的短期海况，及各短期海况出现的概率。图 2.2.1 为一个对全球海区的划分示例，图中全球海域划分成 104 个海区。《西北太平洋波浪统计集》则给出了中国附近海域各海区的波浪散布图。海况资料数据库则可给出更精细的海区划分，空间分辨率在 0.2° 至 1° （22.2 公里-111 公里）之间。

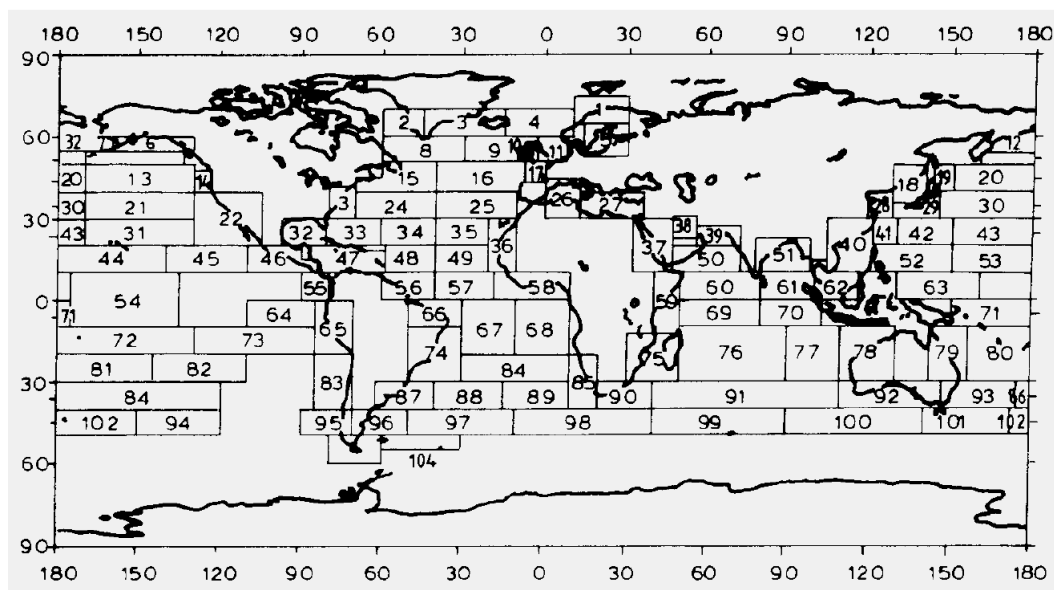


图 2.2.1 全球海区划分图

2.2.2 如果特定航区由若干海区组成，则其波浪散布图应由组成该航区的所有海区的波浪散布图组合得到。如设计方无详细资料，各海区波浪散布图的时间占比可根据各海区在特定航区内的面积占比计算得到。IACS Rec.34 中给出的北大西洋波浪散布图（见图 2.4.2）由图 2.2.1 中构成北大西洋的 8、9、15 和 16 海区的波浪散布图组合得到。

2.3 特定航线波浪散布图

2.3.1 特定航线的波浪散布图由航线经过海区的波浪散布图组合得到。如设计方无详细资料，各海区波浪散布图的时间占比根据该海区内的航线长度计算。

2.3.2 作为特定航线的示例，表 2.3.2（1）给出了中国-几内亚航线各海区的时间占比，表 2.3.2（2）给出了中国-几内亚航线的波浪散布图。

中国-几内亚航线各海区时间占比 表 2.3.2（1）

海区	时间占比
41	4%
40	8%
62	10%
61	9%
70	5%
76	18%
75	8%
90	9%
85	6%
58	6%
84	5%
68	12%

中国-几内亚航线波浪散布图

表 2.3.2（2）

10.5	0	0	0	0	0	0	0.09	0.09	0.09	0	0
9.5	0	0	0	0	0	0.09	0.09	0.09	0.09	0	0
8.5	0	0	0	0	0.12	0.13	0.32	0.24	0.24	0.09	0
7.5	0	0	0	0.12	0.33	0.71	0.87	0.74	0.59	0.15	0
6.5	0	0	0.22	0.42	1.19	2.09	2.59	1.92	1.03	0.47	0
5.5	0	0	0.52	1.71	3.86	6.06	6.08	4.11	1.98	0.61	0.15
4.5	0	0.32	2	6.08	12.17	16.41	13.88	8.09	3.33	0.95	0.38
3.5	0.1	1.34	7.86	20.9	35.76	37.96	25.69	11.87	4.13	1.11	0.29
2.5	0.36	6.58	29.35	62.99	78.94	60.26	29.83	10.55	2.76	0.63	0
1.5	2.68	26.37	75.55	101.51	78.39	37.9	12.4	3.09	0.56	0	0
0.5	10.35	34.2	42.08	26.14	9.51	2.21	0.22	0	0	0	0
波高 /周期	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5

2.4 北大西洋波浪散布图

2.4.1 通过将特定航区/航线海况下的船舶运动和载荷与北大西洋海况下的结果进行对比反映特定航区/航线的海况特点。北大西洋波浪散布图一般取自 IACS Rec.34，见图 2.4.1。

Wave Height	Wave Period (Zero-cross)																	
	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5
0.5	0.0	0.0	1.3	133.7	865.6	1186.0	634.2	186.3	36.9	5.6	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	0.0	0.0	0.0	29.3	986.0	4976.0	7738.0	5569.7	2375.7	703.5	160.7	30.5	5.1	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0
2.5	0.0	0.0	0.0	2.2	197.5	2158.8	6230.0	7449.5	4860.4	2066.0	644.5	160.2	33.7	6.3	1.1	0.2	0.0	0.0
3.5	0.0	0.0	0.0	0.2	34.9	695.5	3226.5	5675.0	5099.1	2838.0	1114.1	337.7	84.3	18.2	3.5	0.6	0.1	0.0
4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	196.1	1354.3	3288.5	3857.5	2685.5	1275.2	455.1	130.9	31.9	6.9	1.3	0.2	0.0
5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	51.0	498.4	1602.9	2372.7	2008.3	1126.0	463.6	150.9	41.0	9.7	2.1	0.4	0.1
6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	12.6	167.0	690.3	1257.9	1268.6	825.9	386.8	140.8	42.2	10.9	2.5	0.5	0.1
7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	52.1	270.1	594.4	703.2	524.9	276.7	111.7	36.7	10.2	2.5	0.6	0.1
8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	15.4	97.9	255.9	350.6	296.9	174.6	77.6	27.7	8.4	2.2	0.5	0.1
9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	4.3	33.2	101.9	159.9	152.2	99.2	48.3	18.7	6.1	1.7	0.4	0.1
10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	10.7	37.9	67.5	71.7	51.5	27.3	11.4	4.0	1.2	0.3	0.1
11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	3.3	13.3	26.6	31.4	24.7	14.2	6.4	2.4	0.7	0.2	0.1
12.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	4.4	9.9	12.8	11.0	6.8	3.3	1.3	0.4	0.1	0.0
13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.4	3.5	5.0	4.6	3.1	1.8	0.7	0.2	0.1	0.0
14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	1.2	1.8	1.8	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0
15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

图 2.4.1 北大西洋波浪散布图

第 3 章 航区/航线因子

3.1 航区/航线因子

3.1.1 航区/航线因子包括强度因子和疲劳因子。

3.1.2 强度因子反映在 10^{-8} 超越概率水平上特定航区/航线的波浪载荷特点，用于屈服、屈曲和极限强度评估中波浪载荷的修正。

3.1.3 疲劳因子反映在 10^{-2} 超越概率水平上特定航区/航线的波浪载荷特点，用于疲劳强度评估中波浪载荷的修正。

3.2 强度因子

3.2.1 强度因子 α ，反映特定航区/航线波浪环境与无限航区波浪环境差异对波浪载荷的影响，按下式计算，且不小于 0.5：

$$\alpha = \frac{L_{SL-8}}{L_{NA-8}}$$

式中： L_{SL-8} ——特定航区/航线波浪环境下船舶运动与载荷长期值， 10^{-8} 超越概率，计算方法见 3.4；

L_{NA-8} ——北大西洋波浪环境下船舶运动与载荷长期值， 10^{-8} 超越概率，计算方法见 3.4。

3.2.2 当特定航区/航线波浪散布图的平均波浪周期与北大西洋波浪散布图的平均周期明显不同时，上述长期值的超越概率应基于各散布图得到的运动与载荷的实际周期进行计算，计算总次数的时间取 20 年。

3.2.3 一般应考虑如下运动与载荷的强度因子：

- (1) 垂向波浪弯矩 α_{BM}
- (2) 水平波浪弯矩 α_{HBM}
- (3) 波浪扭矩 α_{TOR}
- (4) 垂向波浪剪力 α_{SF}
- (5) 升沉运动加速度 $\alpha_{A-heave}$
- (6) 横荡运动加速度 α_{A-sway}

(7) 纵荡运动加速度 $\alpha_{A-surge}$

(8) 横摇角 α_{ROLL}

(9) 纵摇角 α_{PITCH}

(10) 波浪动压力 α_{PRE}

3.2.4 垂向波浪弯矩和水平波浪弯矩强度因子基于船中位置进行计算。波浪扭矩和垂向波浪剪力强度因子取 0.25L 与 0.75L 位置处大者。各运动与加速度强度因子基于船舶满载时重心位置进行计算。波浪动压力强度因子取船中水线位置进行计算。

3.2.5 根据强度评估需要，还可以增加其他运动与载荷的强度因子，并经 CCS 认可。

3.3 疲劳因子

3.3.1 疲劳因子 β ，反映特定航区/航线波浪环境与无限航区波浪环境差异对疲劳载荷的影响，按下式计算：

$$\beta = \frac{L_{SL-2}}{L_{NA-2}}$$

式中： L_{SL-2} ——特定航区/航线波浪环境下船舶运动与载荷的长期值， 10^{-2} 超越概率，计算方法见 3.4；

L_{NA-2} ——北大西洋波浪环境下船舶运动与载荷的长期值， 10^{-2} 超越概率，计算方法见 3.4。

3.3.2 一般应考虑如下运动与载荷的疲劳因子：

(1) 垂向波浪弯矩 β_{BM}

(2) 水平波浪弯矩 β_{HBM}

(3) 波浪扭矩 β_{TOR}

(4) 垂向波浪剪力 β_{SF}

(5) 升沉运动加速度 $\beta_{A-heave}$

(6) 横荡运动加速度 β_{A-sway}

(7) 纵荡运动加速度 $\beta_{A-surge}$

(8) 横摇角 β_{ROLL}

(9) 纵摇角 β_{PITCH}

(10) 波浪动压力 β_{PRE}

3.3.3 疲劳因子的计算位置见 3.2.4。根据疲劳强度评估需要，还可以增加其他运动与载荷的疲劳因子，并经 CCS 认可。

3.4 运动与载荷长期预报

3.4.1 应采用基于势流理论的三维线性方法对船舶进行水动力分析，计算各运动与载荷的传递函数，用于长期极值预报。

3.4.2 一般选取满载工况作为计算的装载工况。水动力模型应满足以下要求：

- (1) 质量模型应有足够的精度，能反映空船及装载的质量分布；
- (2) 水动力网格应能准确模拟船体的外壳形状，模型排水量与装载计算结果的相对误差不大于 1%。

3.4.3 水动力分析应根据下述要求进行：

- (1) 计算浪向角范围为 0 度到 360 度，浪向间隔不大于 30 度；
- (2) 波浪频率的范围需覆盖各海况的波浪频率，取 0.15~1.8rad/s，间隔 0.05rad/s；
- (3) 计算强度因子的传递函数时，航速取为 5 节；计算疲劳因子的传递函数时，航速取 75%最大服务航速。

3.4.4 根据各运动与载荷的传递函数，分别采用北大西洋波浪散布图与特定航区/航线波浪散布图进行长期预报。

3.4.5 长期预报应根据下述要求进行：

- (1) 计算中短期海况按短峰波形式，并采用余弦函数的平方计算能量扩散函数。
- (2) 一般取 PM 谱作为波浪谱，如海况资料（波浪散布图）给出了该海区的波浪谱，则采用海况资料给出的波浪谱。
- (3) 各浪向角等概率分布。

第 4 章 船体结构强度评估

4.1 评估方法

4.1.1 特定航区/航线船舶的船体结构根据适用的规范进行构件尺寸计算及强度评估，评估中应根据本章的方法对波浪载荷进行修正。

4.2 运动与载荷修正

4.2.1 采用强度因子或疲劳因子对规范中的运动与载荷进行修正，对于运动的修正仅针对其幅值。例如，对横摇角：

$$\varphi_{m-sl} = \alpha_{ROLL} \varphi_m$$

式中： φ_{m-sl} ——特定航区/航线船舶强度评估中使用的横摇角；

α_{ROLL} ——横摇角强度因子；

φ_m ——规范给出的横摇角，见《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章 1.5.2.1 (2)。

4.2.2 采用强度因子或疲劳因子对规范中的船体梁波浪弯矩和波浪剪力的幅值进行修正，沿船长的分布保持不变。

4.2.4 采用工况控制载荷参数的强度因子或疲劳因子对波浪动压力，舱内载荷进行修正，见 4.4.2，4.4.3 和 4.62。

4.2.6 采用强度因子修正后的船体梁中拱波浪弯矩，不应小于特定航区/航线环境下长期值的 85%。

4.3 总纵强度

4.3.1 总纵强度评估根据规范要求进行，对船体梁波浪弯矩、波浪剪力和波浪扭矩应采用相应的强度因子进行修正。

4.3.2 总纵强度中的最小剖面模数要求 W_0 采用系数 α_{BMT} 进行修正， α_{BMT} 按下式计算：

$$\alpha_{BMT} = 0.37 + 0.63 * \alpha_{BM}$$

4.3.3 在根据规范要求进行大开口船舶弯扭组合的总纵强度校核时，对规范中的垂向波浪弯矩、水平波浪弯矩和波浪扭矩分别按其强度因子进行修正。

4.4 舱段直接计算

4.4.1 舱段直接计算根据规范要求进行。对于同一工况下的各项波浪载荷，统一采用该工况控制载荷参数的强度因子按 4.2.1 的方法进行修正。

4.4.2 矿砂船各工况组的控制载荷参数见表 4.4.2。

矿砂船各工况组的控制载荷参数 表 4.4.2

工况组	HSM	HSA	FSM	BSR	BSP	OST	OSA
控制载荷参数	垂向波浪弯矩	船首垂向加速度	垂线波浪弯矩	横摇角	水线处波浪动压力	0.25L 位置扭矩	纵摇加速度

4.4.3 集装箱船各工况的控制载荷参数见表 4.4.3。

集装箱船各工况的控制载荷参数 表 4.4.3

工况	LC1~LC6	LC7、LC8	LC9	LC10
控制载荷参数	垂向波浪弯矩	横摇角	纵向加速度	--

4.5 整船直接计算

4.5.1。集装箱船的整船直接计算根据《钢质海船入级规范》要求进行，并采用强度因子对各波浪工况设计波的控制载荷参数（垂向波浪弯矩、水平波浪弯矩和波浪扭矩）进行修正。

4.5.2 矿砂船的整船直接计算根据《矿砂船船体结构直接计算指南》进行，设计波控制载荷参数（垂向波浪弯矩、垂向波浪剪力、船首垂向加速度、船首横向加速度及横摇角）取基于特定航区/航线的波浪散布的长期预报值。

4.6 疲劳强度

4.6.1 疲劳强度根据《船体结构疲劳强度指南》进行校核，应力计算中的各项组合因子保持不变。对于简化应力分析（名义应力）中的各项运动与波浪弯矩应采用相应的疲劳因子进行修正。

4.6.2 对于热点应力疲劳分析中的运动与波浪载荷，根据各工况控制载荷的疲劳因子对该工况下的所有波浪载荷进行修正。各工况的控制载荷参数见表 4.6.2。

热点疲劳工况的控制载荷参数 表 4.6.2

工况	H1、H2、F1、F2	R1P、R2P、R1S、R2S	P1P、P2P、P1S、P2S
载荷参数	垂向波浪弯矩	横摇角	波浪动压力

4.6.3 对于特定航区/航线集装箱船，当按照《钢质海船入级规范》采用整船有限元模型校核舱口角隅的疲劳强度时，应对设计波的控制载荷参数（垂向波浪弯矩、水平波浪弯矩和波浪扭矩）采用相应的强度因子进行修正。计算应力范围时，Weibul 分布的形状参数可根据规范计算，也可通过工作应力范围对应控制载荷参数的长期极值拟合得到。

4.7 疲劳谱分析

4.7.1 特定航区/航线船舶的疲劳谱分析根据《基于谱分析的船体结构疲劳强度评估指南》进行。评估中使用特定航区/航线的波浪散布图作为环境条件，并在附加标志中予以体现。

4.8 集装箱系固

4.8.1 对于特定航区集装箱船，计算集装箱系固载荷时，应根据《钢质海船入级规范》第 2 篇第 7 章附录 1 中“7 特定航线与特定季节”的要求对系固载荷进行修正。

第 5 章 15 年设计寿命船舶

5.1 构件尺寸

5.1.1 构件尺寸要求在规范计算及强度评估基础上，按表 5.1.1 进行折减，并按 5.1.2 要求圆整后得到。

5.1.2 圆整要求：板材厚度，如小数小于或等于 0.25mm 可予不计；大于 0.25mm 且小于 0.75mm 时，应取为 0.5mm；大于或等于 0.75mm 时，应进为 1.0mm。

5.1.3 次要构件的厚度要求折减值由其带板的位置确定。

5.1.4 若构件/板有多个板厚要求折减值，则对整块板列采用最小的厚度要求折减值。

5.1.5 组合型材尺寸按规范要求进行评估并满足后，根据其位置按表 5.1.1 对板厚进行折减并圆整后得到。

5.1.6 型材按规范要求确定构件尺寸后，扣除表 5.1.1 厚度要求折减值后重新计算剖面模数，并根据该剖面模数确定型材规格。

15 年设计寿命船舶板厚要求折减值

表 5.1.1

舱室类型	结构构件		折减值(mm)
压载水舱、污水舱、 污油舱、锚链舱	主要支撑构件面 板	舱顶 3m 范围内 ⁽¹⁾	0.50
		其他位置	0.38
	其他构件	舱顶 3m 范围内 ⁽¹⁾	0.43
		其他位置	0.30
矿砂船货舱 ⁽²⁾	横舱壁	上部 ⁽²⁾	0.60
		底凳：斜板、垂直板和 顶板	1.30
		其他部分	0.75
	内底板		0.93
	纵舱壁	上部 ⁽²⁾	0.45
		其他部分	0.50
集装箱船货舱	横舱壁		0.13
	其他构件		0.25
暴露于大气	露天甲板板		0.43
	其他结构		0.25
暴露于海水	最小设计压载吃水线与结构吃水线之间的 舷侧板		0.38
	其他位置的外板		0.25

舱室类型	结构构件	折减值(mm)
燃油舱和滑油舱		0.18
淡水舱		0.18
空舱	不经常进入的处所，如仅能通过人孔、管道等才可进入，与干散货舱或压载货舱相邻的处所的内表面	0.18
干舱	机器处所、泵舱、储藏室、舵机处所等舱室的内部	0.13
<p>⁽¹⁾ 仅适用于露天甲板作为舱顶的液货舱和压载水舱。3m 距离从平行于舱顶垂直向下量取。</p> <p>⁽²⁾ 上部相当于自货舱顶向下三分之一货舱高度的范围（如果甲板也是货舱周界的一部分，则也包含在本条中）。</p>		

5.2 疲劳强度

5.2.1 对具有 DL（15）附加标志的船舶按《船体结构疲劳强度指南》进行疲劳强度评估。评估中模型取折减前的构件尺寸，评估中腐蚀修正系数按下列两式计算：

$$f_{ch} = 1.075$$

$$f_{cl} = 1.125$$

在按《船体结构疲劳强度指南》第 3 章 3.1.2 校核疲劳强度时，取设计寿命 $T_D = 15$ 年。

5.2.2 按《基于谱分析的船体结构疲劳强度评估指南》校核疲劳强度时，指南 3.2.3 中的腐蚀修正系数取 1.1。设计疲劳寿命取 15 年，并在附加标志中予以体现。