指导性文件

GD029-2026

中　国　船　级　社

海上浮动设施腐蚀极限及换新衡准应用指南

2026

2026 年 10 月 1 日生效

北　京

目　录

第 1 章　总　则 1

第 1 节　一般规定 1

第 2 节　定义和符号 1

第 3 节　实施流程 4

第 2 章　测厚要求 6

第 1 节　一般规定 6

第 2 节　文件要求 6

第 3 节　测厚方案确定 7

第 4 节　测厚实施 9

第 3 章　腐蚀极限及换新衡准 11

第 1 节　一般规定 11

第 2 节　腐蚀极限与损耗允差 11

第 3 节　均匀腐蚀换新厚度及验收衡准 13

第 4 节　局部腐蚀换新厚度 15

第 4 章　换新评估 16

第 1 节　一般规定 16

第 2 节　替代换新措施 16

第 3 节　换新评估要求 16

第 5 章　换新实施 20

第 1 节　一般规定 20

第 2 节　换新实施要求 20

第 3 节　测厚检验记录 21

附录 1　麻点腐蚀结构屈曲评估方法 22

第 1 节　一般规定 22

第 2 节　麻点腐蚀屈曲评估准则 22

第 3 节　麻点腐蚀结构屈曲试验 23

第 1 章 总 则

第 1 节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 本指南的目的是提供营运海上浮动设施结构的腐蚀换新衡准和换新要求。

1.1.1.2 本指南仅适用于按照中国船级社（以下简称“CCS”）《海上浮动设施入级规范》入级的营运中钢质海上浮动设施，另有规定者除外。

1.1.1.3 对于主管机关的有关规定应予以满足。

1.1.2 指南引用文件说明

1.1.2.1 相关文件中的条款通过本指南的引用将成为本指南的条款，凡是未注明日期的引用文件，其最新版本适用于本指南。

1.1.3 营运换新方法

1.1.3.1 本指南提供了如下两种换新方法，业主/设计者可选择其中一种作为后期营运换新的策略：

（1）净厚度方法：根据构件的净尺寸确定结构的后期运营换新衡准，进行换新维护；

（2）百分比方法：根据构件的一定百分比的腐蚀厚度作为后期运营换新衡准，进行换新维护。

第 2 节 定义和符号

1.2.1 定义

1.2.1.1 浮式生产储油装置（Floating Production Storage Offloading Unit，以下简称“FPSO”）

系指漂浮且系泊于海面，主要功能为石油天然气的处理、储存和装卸，或只具备其中某些功能的海洋石油生产设施。

1.2.1.2 可疑区域

系指有显著腐蚀和/或验船师认为易于快速耗蚀的区域。

1.2.1.3 显著腐蚀

系指通过腐蚀状况评估表明其腐蚀量已超过腐蚀极限的 75%，但尚处于可接受的范围内的腐蚀程度。

1.2.1.4 涂层状况

良好：系指只有小的点状锈斑；

尚好：系指在扶强材边缘和焊缝的连接处涂层有局部脱落和/或所检验的区域中有超过 20%或更大范围的轻度锈蚀，但小于定义“差”的程度；

差：系指在检验的区域中，有超过 20%或更大范围的涂层普遍脱落，或有 10%或更大范围的涂层产生硬质锈皮。

1.2.1.5 均匀腐蚀

系指一定面积范围内材料的厚度均匀地减少。

1.2.1.6　麻点腐蚀

系指局部范围内材料的厚度点状或小面积地减少，且厚度减少量大于其周围材料的平均腐蚀厚度。麻点腐蚀密度的评级参照图 1.2.1.6。

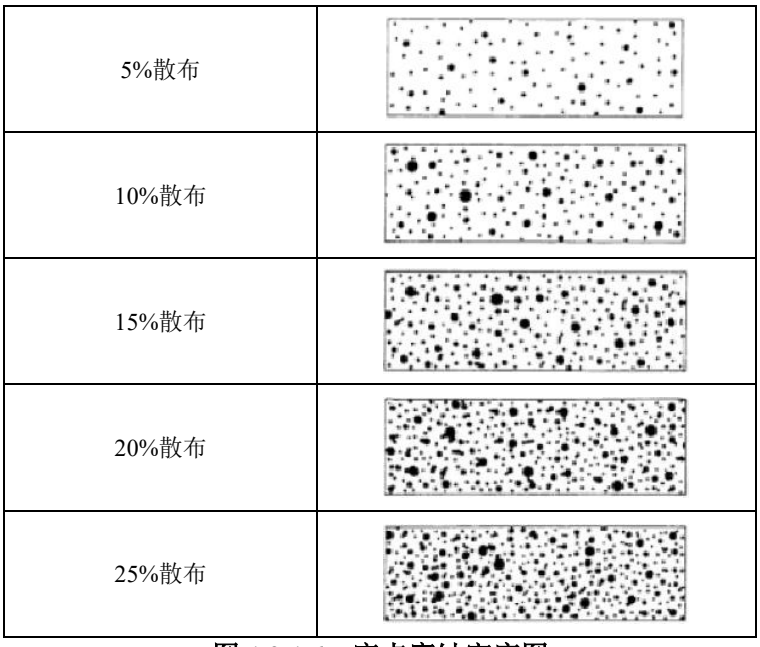

图 1.2.1.6　麻点腐蚀密度图

1.2.1.7　边缘腐蚀

系指板材、扶强材、主要支撑构件和开孔的自由边缘的局部厚度减少。边缘腐蚀示意图见图 1.2.1.7。

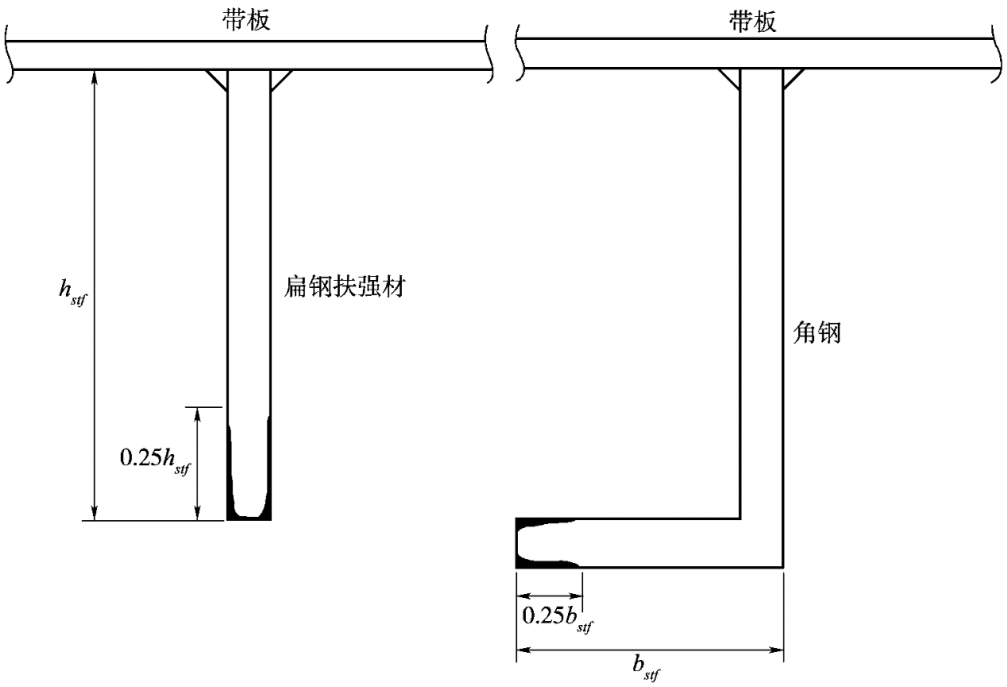

图 1.2.1.7　边缘腐蚀

1.2.1.8　沟槽腐蚀

系指扶强材与扶强材、扶强材与板材的焊缝连接处典型的局部厚度减少。沟槽腐蚀示意图见图 1.2.1.8。

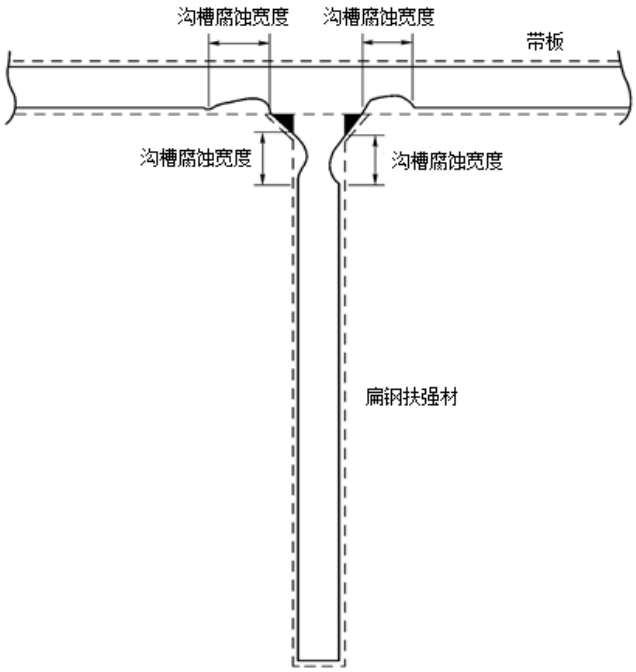

图 1.2.1.8　沟槽腐蚀

1.2.2　符号

1.2.2.1　本指南使用符号见表 1.2.2.1。

符号定义　　**表 1.2.2.1**

符号	符号定义
t	腐蚀极限
$t_{\text{as-built}}$	构件建造厚度
t_{corr}	腐蚀增量
t_{own}	船东/船厂增加厚度
t_{grs}	总厚度
$t_{\text{g-was}}$	总损耗允差
t_{was}	损耗允差
t_{ren}	换新厚度
t_{repair}	换新材料厚度最低要求
$t_{\text{sub-tk}}$	显著腐蚀厚度
t_{m}	测厚厚度
$t_{\text{corr-double}}$	双面腐蚀扣除量
$t_{\text{corr-single}}$	单面腐蚀扣除量

符号	符号定义
N_r	腐蚀年限
N_{eva}	评估周期年限
$N_{coating}$	涂层寿命

1.2.2.2 构件建造厚度$t_{as\text{-}built}$、船东/船厂增加厚度t_{own}、总厚度t_{grs}、显著腐蚀厚度$t_{sub\text{-}tk}$、换新厚度t_{ren}、总损耗允差$t_{g\text{-}was}$、损耗允差t_{was}等如图 1.2.2.2 所示。

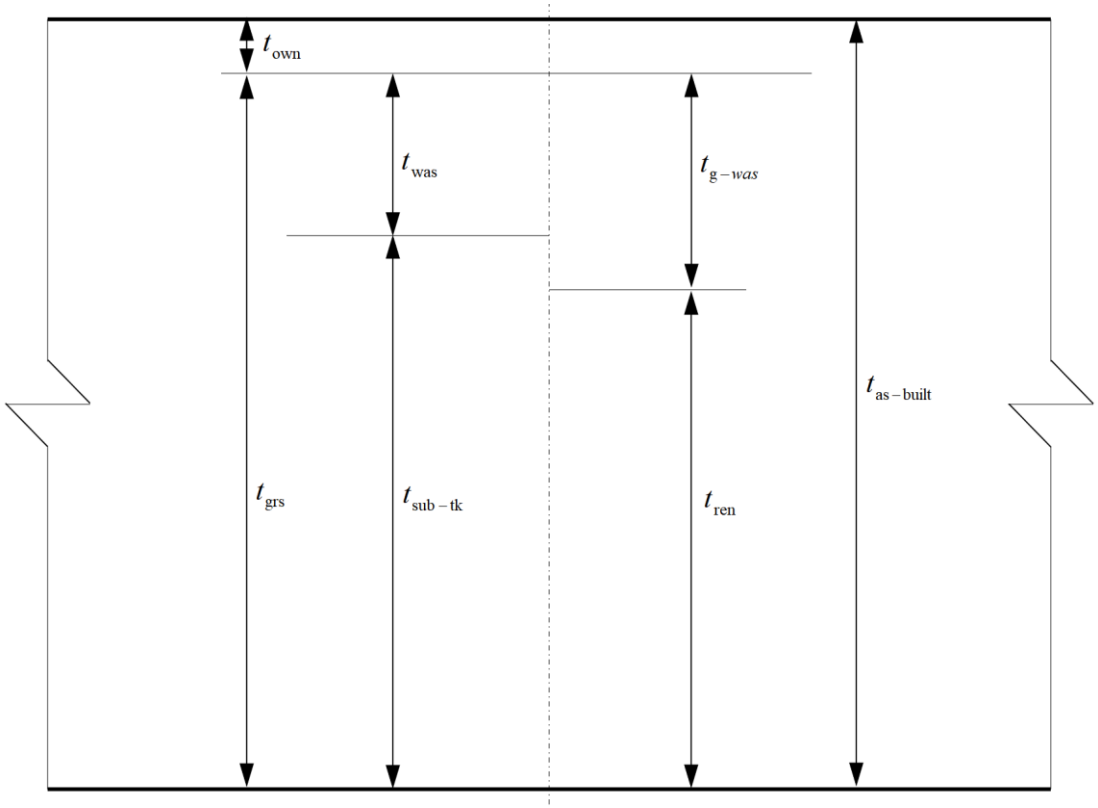

图 1.2.2.2 厚度示意图

第 3 节 实施流程

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 海上浮动设施营运期间换新的评估与实施随设施建造后检验开展。根据建造后检验类型对应的检验范围要求开展结构测厚后，依据本指南决定各测点对于结构的处理对策。

1.3.1.2 海上浮动设施营运期间换新检验通常可以分为以下四个阶段开展：

（1）测厚检验阶段

（2）信息录入阶段

（3）数据分析阶段

（4）结构换新实施阶段

1.3.1.3 海上浮动设施营运期间换新一般依照图 1.3.1.3 实施流程开展。

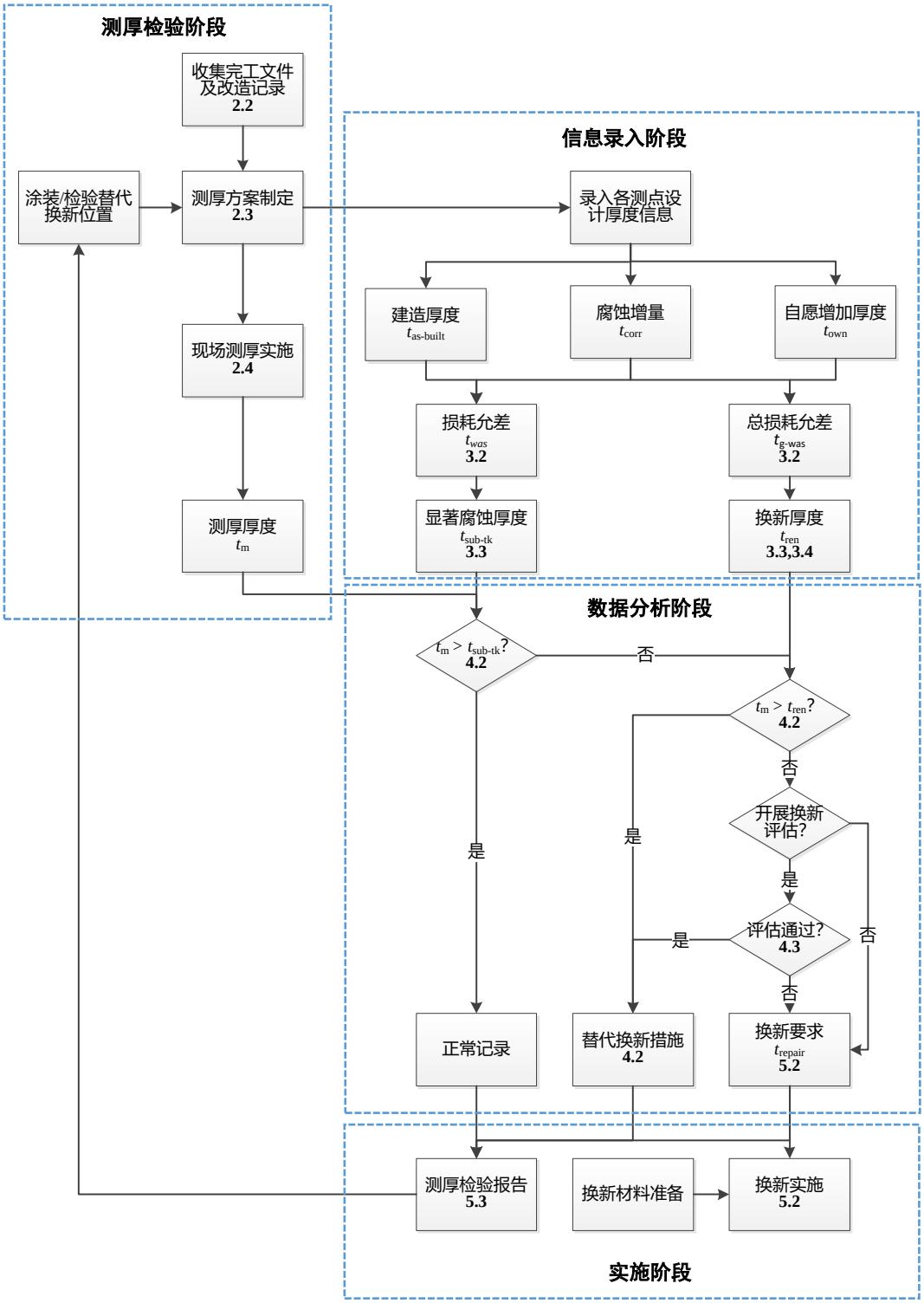

图 1.3.1.3 海上浮动设施营运期间换新实施流程

第 2 章 测厚要求

第 1 节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 每次测厚开展前，测厚公司应召开由现场验船师、业主代表、船系监督（或业主指定具备资质的代表）和测厚公司代表参加的检验计划会议，确定检验方案。

2.1.1.2 测厚应由 CCS 认可的测厚公司进行，测量人员应持有 CCS 接受的资格证书。

2.1.1.3 测厚完成后，由测厚公司如实记录各测点测厚厚度t_m。

2.1.1.4 除本章另有规定外，其他测厚要求均应符合 CCS《船体测厚指南》的有关规定。

2.1.2 检测方法要求

2.1.2.1 通常应使用超声波检测进行测厚，检测设备的精度应经验船师确认满意。

2.1.2.2 如验船师认为必要可要求用下列一种或多种无损检测方法：

（1）射线检测；

（2）超声检测；

（3）磁粉检测；

（4）着色渗透检测；

（5）其他新型无损检测方法。

2.1.3 测厚前核查

2.1.3.1 由验船师完成以下核查工作后，方可开展测厚工作：

（1）核查 CCS 认可或接受的测厚公司证书和测厚人员资格证书（UT 水平认证证书），并确认其有效性；

（2）确认测厚人员了解测厚范围及相关要求，技能令验船师满意；

（3）检查仪器的类型并确认该仪器已按照认可的国家/国际标准由国家法定或计量授权的计量技术机构进行校准且其精度满足要求，并有适当的合格标贴或校准证明文件；

（4）验证仪器的精度满足要求；

（5）确认测厚采用示波镜或多脉冲回波技术的仪器，单脉冲回波仪器仅可用在光洁的无涂层表面；

（6）确认测厚位置钢材表面是否达到测厚方案打磨要求。

第 2 节 文件要求

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 对于开展测厚检验的海上浮动设施，应在检验前获取以下完工设计阶段的图纸资料：

（1）总布置图；

（2）基本结构图：包括纵剖面、各层甲板和平台、内底结构、上层建筑和甲板室，包括溢流管和空气管的位置；

（3）主要横剖面图；

（4）油密和水密舱壁图，包括溢流管和空气管的位置；

（5）外板展开图；

（6）首部结构与尾部结构图；

（7）机舱结构图等。

2.2.1.2 应保证测厚方案确定前已获取海上浮动设施营运期间全部改造记录。

2.2.1.3 对拟根据本指南第 4 章第 3 节开展换新评估的海上浮动设施，还应获取以下完工设计阶段的图纸资料：

（1）舱容图；

（2）甲板载荷说明书和图；

（3）型线图及型值表；

（4）风、浪、流、系泊及其他环境载荷计算书，包括结冰影响（适用时）；

（5）系泊转塔或系泊摇臂结构图；

（6）油气处理上部模块基座结构图；

（7）桅、起重机基座及其支撑结构图；

（8）火炬塔结构图；

（9）直升机甲板结构图；

（10）重要设备基座结构及其支撑结构图；

（11）冰区加强结构图（适用时）；

（12）操作手册等。

2.2.1.4 应确认船东/船厂增加厚度已在相关的图纸和计算书中标明。

第 3 节 测厚方案确定

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 对于开展第 1 次检验的海上浮动设施，应根据完工设计资料，合理划分测厚区域、选定测厚位置点。对于开展第 2 次及以后检验的海上浮动设施，应考虑前次检验的测厚区域及测厚位置点确定原则，保持一致性。

2.3.1.2 年度检验/中间检验/特别检验的测厚范围应符合本指南 2.3.2 及 2.3.3 对应要求。

2.3.2 年度检验及中间检验测厚范围

2.3.2.1 当检验发现普遍腐蚀和 / 或严重腐蚀时，应要求进行测厚，对显著腐蚀区域应适当扩大检验范围。

2.3.2.2 对以前各检验所确定的未达到换新要求的显著腐蚀区域进行测厚。

2.3.2.3 验船师认为必要的位置。

2.3.3 特别检验测厚范围

2.3.3.1 船式/驳船式海上浮动设施特别检验测厚区域至少应包括表 2.3.3.1 的范围。

2.3.3.2 柱稳式海上浮动设施特别检验测厚区域至少应包括表 2.3.3.2 的范围。

2.3.3.3 圆筒式海上浮动设施特别检验测厚区域至少应包括表 2.3.3.3 的范围。

2.3.3.4 测量位置应选择最有代表性的可能遭受最严重腐蚀的区域。

2.3.3.5 检查发现液舱内涂层处于“良好”状态的区域，经验船师同意，表 2.3.3.1~表 2.3.3.3 所规定的测厚要求可予以降低。

船式/驳船式海上浮动设施特别检验时的测厚范围　　表 2.3.3.1

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年<船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年<船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄>15 年
（1）在原油区域内全船宽的 1 个甲板剖面（在 1 个压载舱处，如设置；或 1 个主要用于水压载的原油舱内）①。 （2）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（1）、5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （3）可疑区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）1 个横剖面。 （2）月池边界壁板。 （3）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（1）、5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （4）可疑区域。 （5）原油区域以外选择的舷侧干湿交变列板。 （6）上次检验的显著腐蚀区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）2 个横剖面②。 c）所有舷侧干湿交变列板。 （2）月池边界壁板。 （3）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（1）、5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （4）可疑区域。 （5）原油区域以外选择的舷侧干湿交变列板。 （6）上次检验的显著腐蚀区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）3 个横剖面②； c）每块船底板。 （2）月池边界壁板。 （3）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（1）、5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （4）可疑区域。 （5）全长范围内所有舷侧干湿交变列板。 （6）上次检验的显著腐蚀区域。

注：①不适用于双壳海上浮动设施。
②对双壳海上浮动设施，在船中 0.5L 区域内至少应有 1 个剖面，该剖面应包含在 1 个压载舱内。

柱稳式海上浮式装置特别检验时的测厚范围　　表 2.3.3.2

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年＜船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年＜船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄>15 年
（1）在原油区域内全船宽的 1 个甲板剖面（在 1 个压载舱处，如设置；或 1 个主要用于水压载的原油舱内）。 （2）飞溅区内耗蚀明显的立柱和撑杆。 （3）可疑区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）1 个横剖面。 （2）飞溅区内及下壳体或柱靴以上至少 3m 范围内立柱和撑杆的有代表性测厚。 （3）耗蚀明显的主要和特殊构件。 （4）下壳体或立柱易受锚链或锚缆磨损的部件（认为必要时）。 （5）可疑区域。 （6）原油区域以外选择的舷侧干湿交变列板。 （7）上次检验的显著腐蚀区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）2 个横剖面； c）所有舷侧干湿交变列板。 （2）每 2 根立柱和 2 根撑杆中选 1 根立柱或撑杆在飞溅区内及在下壳体或柱靴以上至少 3m 范围内各 1 个横剖面的壳板及骨材（认为必要时）。 （3）主要和特殊构件有代表性的测厚。 （4）锚链或锚缆处耗蚀明显的下壳体或立柱的壳板。 （5）在 1 组立柱之间的左、右下壳体各 1 个横剖面的壳板和甲板板。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）3 个横剖面； c）每块船底板。 （2）一半立柱和撑杆在飞溅区内及在下壳体或柱靴以上至少 3m 范围内各 1 个横剖面的壳板及骨材（认为必要时）。 （3）主要和特殊构件的广泛性测厚。 （4）锚链或锚缆处耗蚀明显的下壳体或立柱的壳板。 （5）在 1 组立柱之间的左、右下壳体各 1 个横剖面的壳板和甲板板。 （6）锚链舱内部骨材（认为必要时）。

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年＜船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年＜船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄>15 年
		（6）锚链舱内部骨材（认为必要时）。 （7）可疑区域。 （8）原油区域以外选择的舷侧干湿交变列板。 （9）上次检验的显著腐蚀区域。	（7）可疑区域。 （8）全长范围内所有舷侧干湿交变列板。 （9）上次检验的显著腐蚀区域。

圆筒式海上浮动设施特别检验时的测厚范围　　表 2.3.3.3

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年<船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年<船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄>15 年
（1）在原油区域内全设施半径的 1 个甲板径向剖面（在 1 个压载舱处；或 1 个主要用于水压载的原油舱内）。 （2）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （3）可疑区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）1 个径向剖面。 （2）月池边界壁板。 （3）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （4）可疑区域。 （5）船侧干湿交变列板。 （6）上次检验的显著腐蚀区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）2 个径向剖面。 （2）月池边界壁板。 （3）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （4）可疑区域。 （5）船侧干湿交变列板。 （6）上次检验的显著腐蚀区域。	（1）在原油区域： a）每块甲板板； b）3 个径向剖面； c）每块船底板。 （2）月池边界壁板。 （3）按 CCS《海上浮动设施入级规范》第 1 篇第 5 章第 4 节表 5.4.4.4（2）经受近观检验的结构构件的测量点。 （4）可疑区域。 （5）船侧干湿交变列板。 （6）上次检验的显著腐蚀区域。

2.3.3.6　测厚的横剖面应选择在怀疑结构尺寸减小最大处或由甲板测厚显示结构尺寸减小最大处。

2.3.3.7　如存在需要测量 2 个或 3 个横剖面的情况，则至少应有 1 个横剖面位于船中 0.5L 范围内的压载舱。

2.3.3.8　如果构件存在显著腐蚀，验船师应扩大测厚数量以确定显著腐蚀的范围。

2.3.3.9　验船师认为必要，可更进一步扩大测厚范围。

第 4 节　测厚实施

2.4.1　测厚一般要求

2.4.1.1　在每次年度检验、中间检验或特别检验时，如发现主体结构的任何部位有显著腐蚀，对其厚度有怀疑时，均应进行测厚检查。

2.4.1.2　按照海上浮动设施的实际情况，应测量锈蚀最严重的位置，客观反映板材的真实状况，对于局部腐蚀区域的测厚点的选取应取得验船师的同意。

2.4.1.3 结构测厚区域的测厚厚度t_m应以多个测厚点的平均值确定。

2.4.1.4 测厚一般应在验船师的监督下进行，以确定测量结果的准确性。验船师可接受不在其监督下的测厚，但认为必要时，应予抽测以确定测量结果的准确性。

2.4.1.5 测厚记录应标示测量位置及腐蚀环境、实测厚度、测厚设备的型号、测量日期、测量者签名和验船师签名。

2.4.2 显著腐蚀区域的确认

2.4.2.1 若测厚厚度低于显著腐蚀厚度，验船师应要求附加测厚，以描述显著腐蚀区域。

2.4.2.2 显著腐蚀区域的附加测厚要求可按照表 2.4.2.2 执行。

结构构件附加测厚要求 **表 2.4.2.2**

结构构件	测厚范围	测厚模式
板	可疑区域及其相邻板	在 1m^2 范围内 5 个测量点
扶强材	可疑区域	在腹板同一横截线上 3 个测量点 在翼板同一横截线上 3 个测量点

第 3 章　腐蚀极限及换新衡准

第 1 节　一般规定

3.1.1　一般要求

3.1.1.1　海上浮动设施结构腐蚀类型一般包括均匀腐蚀及局部腐蚀，本章分别给出均匀腐蚀及局部腐蚀的换新衡准。

3.1.1.2　测厚方案确定后，根据完工资料的建造厚度$t_{\text{as-built}}$、腐蚀增量t_{corr}及船东/船厂增加厚度t_{own}，依本章表 3.2.1.1~表 3.2.1.4 中不同结构类型对应腐蚀极限f，分别计算总损耗允差$t_{\text{g-was}}$、损耗允差t_{was}，确定显著腐蚀厚度$t_{\text{sub-tk}}$及换新厚度t_{ren}。

3.1.1.3　本章规定了按照 CCS《海上浮动设施入级规范》入级的钢质船式、驳船式、柱稳式、圆筒式 FPSO 的腐蚀极限，其他类型和功能浮动设施可参照执行。

第 2 节　腐蚀极限与损耗允差

3.2.1　腐蚀极限

3.2.1.1　船式/驳船式双层底 FPSO 船体构件腐蚀极限f按照表 3.2.1.1 确定。

双层底 FPSO 船体构件腐蚀极限f　　**表 3.2.1.1**

结构类型	结构项目	腐蚀极限
纵向构件	板材[①②]	20%
	加强筋（纵骨、肘板、舱口边纵桁）	
	桁材、甲板上/下箱型桁	
横向构件	横舱壁板	20%
	横向强框架、横向肋骨	
	横撑材、桁材、甲板上/下箱型桁	
其他构件	直升机甲板和救生艇平台及支撑构件	15%
	月池边界壁板、模块支墩结构	20%
	舱顶部板材（不包括纵向构件所列板材）	25%
	舱口间甲板或船端甲板、艏楼甲板、尾楼甲板、桥楼甲板和上层建筑端壁	30%
	舱口盖、舱口围板和舱口围肘板	

注：① 包括：强力甲板板、舷顶列板、舷侧外板、舭部列板、船底板、内底板、纵舱壁顶部列板和顶边舱斜板的顶部列板、纵舱壁的下列板、纵舱壁、顶边舱斜板、底边舱斜板及其它列板。

② 平板龙骨的厚度达到邻近底板的换新厚度时需换板。

3.2.1.2　船式/驳船式单层底 FPSO 船体构件腐蚀极限f按照表 3.2.1.2 确定。

单层底 FPSO 船体构件腐蚀极限f　　**表 3.2.1.2**

结构类型	结构项目	腐蚀极限
纵向构件	板材[①②]（不包括舷侧外板、除顶/下部列板外的纵舱壁、顶/底边舱斜	20%

结构类型	结构项目	腐蚀极限
	板）	
	舷侧外板、除顶/下部列板外的纵舱壁、顶/底边舱斜板	25%
	加强筋（纵骨、肘板、舱口边纵桁）	
	桁材	
横向构件	横舱壁板	20%
	横向强框架、横向肋骨	25%
	横撑材、桁材	
其他构件	直升机甲板和救生艇平台及支撑构件	15%
	月池边界壁板、模块支墩结构	20%
	舱顶部板材（不包括纵向构件所列板材）	30%
	舱口间甲板或船端甲板、艏楼甲板、尾楼甲板、桥楼甲板和上层建筑端壁	
	舱口盖、舱口围板和舱口围肘板	

注：① 包括：强力甲板板、舷顶列板、舭部列板、船底板、纵舱壁顶部列板和顶边舱斜板的顶部列板、纵舱壁的下列板。

② 平板龙骨的厚度达到邻近底板的换新厚度时需换板。

3.2.1.3　柱稳式 FPSO 船体构件腐蚀极限*f*按照表 3.2.1.3 确定。

柱稳式 FPSO 构件腐蚀极限*f*　　**表 3.2.1.3**

构件类型	结构项目	腐蚀极限
特殊构件	立柱与上甲板和上、下壳体交接部分的外壳板	5%
	组成箱型或工字型支承结构且承受主要集中载荷的上壳体或浮动设施的甲板板、重型翼板、外壳板和舱壁	
	撑杆的节点	
	主要结构构件交接处承受集中载荷的外部肘板、主甲板模块支墩结构肘板、部分舱壁、平台和骨架	
	立柱、上甲板及上壳体或下壳体连接处提供适当对齐和足够载荷传递的“贯穿”构件	
	锚索导向装置及其支撑结构、系泊锚机基座	
主要构件	立柱、下壳体和上壳体、斜撑和水平撑杆等的外壳板（作为特殊构件者除外）	15%
	组成箱型或工字型支承结构的上壳体或上平台的甲板板、重型翼板和舱壁板（作为特殊构件者除外）	
	作为交接点局部加强或使交接点处结构连续的舱壁、甲板或平台和骨架（作为特殊构件者除外）	
	重型底座和设备支撑，如钻台基座、起重机底座、推进器底座、隔水管支撑结构	
次要构件	立柱、上壳体或上平台、下壳体、斜撑和水平撑杆等的内部结构，包括舱壁、扶强材、平台或甲板和桁材（作为主要或特殊构件者除外）	25%
	上平台甲板或上壳体甲板板（作为主要或特殊构件者除外）	
	某些长径比小的大直径立柱（交接处除外）	

其他构件	直升机甲板和救生艇平台及支撑构件	15%
	月池边界壁板、模块支墩结构	20%

3.2.1.4　圆筒式 FPSO 船体构件腐蚀极限*f*建议按照表 3.2.1.4 确定。

圆筒式 FPSO 构件腐蚀极限*f*　　**表 3.2.1.4**

构件类型	结构项目	腐蚀极限
特殊构件	阻尼结构与侧板连接处	5%
	对超过 100 吨起吊能力的大型起重设备基座，特殊构件为起重设备基座结构中提供对齐和载荷传递的贯穿构件	
	锚索导向装置及其支撑结构、系泊锚机基座	
主要构件	主船体甲板板	15%
	主船体侧板	
	主船体底板	
	阻尼结构	
	主船体水平框架	
	重型底座和设备支撑，如起重机基座（作为特殊构件者除外）、推进器底座及其支撑结构	
	立管支撑结构	
	燃烧臂支撑结构	
次要构件	扶强材	20%
	起重机搁架和支撑结构	
	其他次要构件	
其他构件	直升机甲板和救生艇平台及支撑构件	15%
	月池边界壁板、模块支墩结构	20%

3.2.2　损耗允差

3.2.2.1　船东/船厂作为额外要求提出的任何增加厚度t_{own}在营运换新衡准计算中均应予以扣除。本指南中计算均以海上浮动设施总厚度t_{grs}开展：

$$t_{grs} = t_{as\text{-}built} - t_{own} \quad mm$$

式中：　$t_{as\text{-}built}$ —— 建造厚度，mm；

t_{own}—— 船东/船厂增加厚度，mm。

3.2.2.2　构件均匀腐蚀的总损耗允差$t_{g\text{-}was}$按下式计算：

$$t_{g\text{-}was} = t_{grs} \cdot f \quad mm$$

式中：　t_{grs} —— 总厚度，mm；

f —— 腐蚀极限，按照 3.2.1 确定。

3.2.2.3　构件均匀腐蚀的损耗允差t_{was}按下式计算：

$$t_{was} = 0.75 \cdot t_{g\text{-}was} \quad mm$$

式中：　$t_{g\text{-}was}$ —— 总损耗允差，mm。

第 3 节　均匀腐蚀换新厚度及验收衡准

3.3.1　显著腐蚀厚度

3.3.1.1　构件均匀腐蚀显著腐蚀厚度$t_{sub\text{-}tk}$对应两种运营换新方法的计算公式分别为：

净厚度方法：　　$t_{sub\text{-}tk} = t_{grs} - t_{corr} + 0.5$　mm

百分比方法：　　$t_{sub\text{-}tk} = t_{grs} - t_{was}$　mm

式中：　t_{grs} —— 总厚度，mm；

t_{corr} —— 腐蚀增量，mm，具体计算方法见 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 13 章第 5 节；

t_{was} —— 损耗允差，mm。

3.3.2　换新厚度

3.3.2.1　构件均匀腐蚀换新厚度t_{ren}对应两种运营换新方法的计算公式分别为：

净厚度方法：　　$t_{ren} = t_{grs} - t_{corr}$　mm

百分比方法：　　$t_{ren} = t_{grs} - t_{g\text{-}was}$　mm

式中：　t_{grs} —— 总厚度，mm；

t_{corr} —— 腐蚀增量，mm，具体计算方法见 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 13 章第 5 节；

$t_{g\text{-}was}$ —— 总损耗允差，mm。

3.3.2.2　构件均匀腐蚀换新厚度t_{ren}应满足 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 9 章屈曲强度要求。

3.3.3　均匀腐蚀换新验收衡准

3.3.3.1　换新后的船体梁强度衡准应满足以下要求：

a）甲板区域[①]和船底区域[②]：

用测量厚度确定的在甲板和船底处的现有船体梁剖面模数应不小于按 CCS《钢质海船入级规范》第 5 章第 1 节用总厚度t_{grs}计算的剖面模数的 90%。

作为替代，船底区域和甲板区域的现有剖面面积（所考虑区域的测量项目面积的总和）应不小于对应区域用总厚度t_{grs}确定的剖面面积的 90%。

b）中和轴区域[③]：

中和轴区域的现有剖面面积（此区域的测量板材面积的总和）应不小于总厚度t_{grs}扣除$0.5t_{corr}$后的中和轴区域剖面面积。

对所考虑的横剖面，如果对船体梁强度起作用的所有项目的实际损耗都小于 10%（对于甲板区域和船底区域）和$0.5t_{corr}$（对于中和轴区域），则该横剖面满足船体梁强度衡准且不需要根据测量厚度计算不同区域面积。

---

① 甲板区域：参与船体梁强度的位于基线以上 0.9D 的水平面之上或穿过的构件，如：强力甲板板、甲板边板、舷顶列板、内壳和其他平面纵向舱壁最上层列板、顶边舱斜板（包括水平和垂直列板）、纵向顶凳、与上述板材连接的纵骨、纵桁和水平桁。

② 船底区域：参与船体梁强度的底边舱斜板上端水平线或内底板（如无底边舱）以下的构件，如：龙骨板、船底板、舭部板、平面纵舱壁下端板列、船底桁材、内底板、底边舱斜板和水平板（如有）、舷侧外板、纵向底凳、与上述板材连接的纵骨。

③ 中和轴区域：甲板区域和船底区域之间的构件，如：舷侧外板、内壳板和纵舱壁板（如有）、顶边舱斜板，对于形成船体梁腹板的非垂直纵向强力构件，包括在该区域面积内的构件面积应是投影到垂直平面上的投影面积。

第 4 节　局部腐蚀换新厚度

3.4.1　一般要求

3.4.1.1　本节适用于局部腐蚀类型构件。

3.4.1.2　局部腐蚀类型包括麻点腐蚀、边缘腐蚀和沟槽腐蚀。

3.4.2　麻点腐蚀

3.4.2.1　对麻点腐蚀密度低于 20%的板（麻点腐蚀密度评级见本指南第 1 章第 2 节图 1.2.1.6），构件的换新厚度按下式确定：

$$t_{\text{ren-pit}} = \min(0.7t_{\text{grs}}, t_{\text{ren}}\text{-}1) \quad \text{mm}$$

式中：　$t_{\text{ren-pit}}$ —— 麻点腐蚀换新厚度，mm；

t_{grs} —— 总厚度，mm；

t_{ren} —— 按 3.3.2.1 计算的构件均匀腐蚀换新厚度，mm。

3.4.2.2　对于腐蚀密度介于 20%至 25%之间的板，或验船师认为有必要特殊考虑的麻点腐蚀结构，可参考本指南附录 1 计算构件的换新厚度$t_{\text{ren-pit}}$。

3.4.2.3　板的任何横截面的平均测厚厚度不小于 3.3.2.1 所定义的均匀腐蚀换新厚度。

3.4.3　边缘腐蚀

3.4.3.1　如果扶强材翼板或腹板边缘腐蚀的宽度（或高度）小于扶强材翼板宽度（或腹板高度）的 25%，见图 1.2.1.7，构件的换新厚度按下式确定：

$$t_{\text{ren-edg}} = \min(0.7t_{\text{grs}}, t_{\text{ren}}\text{-}1) \quad \text{mm}$$

式中：　$t_{\text{ren-edg}}$ —— 边缘腐蚀换新厚度，mm；

t_{grs} —— 总厚度，mm；

t_{ren} —— 按 3.3.2.1 计算的构件均匀腐蚀换新厚度，mm。

3.4.3.2　扶强材的面板或腹板的平均测厚厚度应不小于 3.3.2.1 式所定义的均匀腐蚀换新厚度。

3.4.3.3　在以下两种情况下，位于人孔和减轻孔等开孔的板材的边缘厚度允许小于 3.3.2.1 式所定义的最小换新厚度：

（1）厚度减小量小于 3.3.2.1 式要求的开孔边缘的最大范围（开孔径向）不大于开孔的最小尺寸的 20%，且不大于 100mm；

（2）对开孔边缘的锈蚀区域切割修整后，开孔尺寸的最大增加不大于 10%。

3.4.4　沟槽腐蚀

3.4.4.1　如果沟槽腐蚀的宽度大于腹板高度的 15%，且不大于 30mm，见图 1.2.1.8，构件的换新厚度按下式确定，但不小于 6mm：

$$t_{\text{ren-gro}} = \min(0.75t_{\text{grs}}, t_{\text{ren}}\text{-}0.5) \quad \text{mm}$$

式中：　$t_{\text{ren-gro}}$ —— 沟槽腐蚀换新厚度，mm；

t_{grs} —— 总厚度，mm；

t_{ren} —— 按 3.3.2.1 计算的构件均匀腐蚀换新厚度，mm。

3.4.4.2　对沟槽腐蚀范围大于 3.4.4.1 要求的构件，则按照 3.3.2.1 式所定义的均匀腐蚀的换新衡准评估。

第 4 章 换新评估

第 1 节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 测厚厚度低于换新厚度时应进行结构换新。也可根据本章要求开展结构换新评估，满足要求可采用替代换新措施。

4.1.1.2 当海上浮动设施的作业场地环境发生重大变化或验船师认为有必要时，应按本章规定开展结构换新评估。

第 2 节 替代换新措施

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 当附加测厚的测厚厚度t_{m}大于换新厚度t_{ren}（见本指南第 3 章、第 4 章）且小于显著腐蚀厚度$t_{\mathrm{sub\text{-}tk}}$时，即：

$$t_{\mathrm{ren}} < t_{\mathrm{m}} < t_{\mathrm{sub\text{-}tk}}$$

可采用涂装或每年对显著腐蚀区域测厚的措施替代换新。涂层应保持在“良好”状态。

第 3 节 换新评估要求

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 应依据实际测厚数据扣除评估周期内的腐蚀量确定换新评估板厚。

4.3.2 设计工况

4.3.2.1 应充分考虑海上浮动设施在场地自存、迁移、检查\维修\意外工况下的载荷组合。

4.3.2.2 场地自存工况时，其结构强度评估应根据剩余服役年限合理选择相应的环境条件数据。

4.3.2.3 换新评估的设计工况应满足原设计要求，具体要求见 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 5 章相关要求。

4.3.3 环境条件

4.3.3.1 环境条件应包含海上浮动设施生命周期内的场地自存、维修/检查、迁移/解脱、意外等各个阶段。

4.3.3.2 应根据海上浮动设施实际载荷情况确定其在迁移、场地自存等设计工况下的运动响应和载荷。

4.3.3.3 环境载荷

环境载荷系指直接或间接由环境作用引起的载荷，包括由环境载荷引起的所有外力，如系泊力、运动惯性力、液舱晃荡力等。

环境载荷一般由下列载荷组成：

（1）风载荷；

（2）波浪载荷；

（3）海流载荷。

如果业主/设计者认为需要且必要，则地震、海床承载能力、温度、冰/雪等对载荷的影响也应考虑。

4.3.3.4　环境载荷的计算要求见 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 5 章第 3 节。

4.3.4　设计载荷

4.3.4.1　设计载荷应涵盖所有操作模式的载荷状况，可以划分为静载荷分量、动载荷分量、晃荡和冲击载荷。

4.3.4.2　设计载荷的计算要求见 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 6 章。其中圆筒式海上浮动设施设计载荷的计算要求见 CCS《海上浮动设施入级规范》第 9 篇第 5 章。

4.3.5　腐蚀量扣除

4.3.5.1　评估周期内需要扣除的腐蚀量由构件两面所处环境的年腐蚀速率和涂层寿命决定，并按 0.5mm 圆整：

$$N_r = N_{eva} - N_{coating}$$

$$t_{corr\text{-}double} = N_r\,(t_{c1} + t_{c2})$$

式中：　N_r —— 腐蚀年限，涂层失效后腐蚀的年限，年；

N_{eva} —— 评估周期年限，年；

$N_{coating}$ —— 涂层寿命，年；

$t_{corr-double}$ —— 双面腐蚀扣除量，mm；

t_{c1}，t_{c2} —— 单面年腐蚀速率，mm/年，可依据表 4.3.5.1 确定。

结构构件单面腐蚀速率　　**表 4.3.5.1**

舱室类型	结构构件	年腐蚀速率（mm/年）
压载舱③④	舱顶以下 3m①	0.15
	其他位置	0.10
货油舱	舱顶以下 3m①	0.125
	单层底底板	0.125
	其他位置	0.075
暴露在空气中	露天甲板	0.1
	其他位置	0.075
暴露在海水中	舷侧板	0.075
燃油和滑油舱③		0.05
淡水舱		0.05
污油水舱		0.10
空舱②	不易到达的舱室，如只能通过人孔、管隧等才能到达的舱室	0.05
干舱	甲板室、机舱、泵舱、储藏室、舵机舱等舱室的内部	0.05

注：① 仅适用于露天甲板为舱顶的货油舱和压载舱。

② 管隧通道处外板的腐蚀速率与压载水舱相同。

③ 对压载舱和加热的货油舱之间的板材边界，暴露于压载水的板材面应增加 0.07 mm/年。在压载水舱内，与压载水舱和加热货油舱或加热燃油/滑油舱之间的边界相连的骨材的腹板和面板增加 0.03 mm/年。加热的货油舱定义为有任何形式的加热设备的货油舱。

④ 转塔舱、生产水舱、取水口等含海水结构的腐蚀速率参考压载舱。

4.3.5.2　疲劳分析应在模型中扣除腐蚀量的一半。

4.3.5.3　作为 4.3.5.1 的替代，南海海域作业海上浮动设施可依据图 4.3.5.3 累积概率 98% 条件下的单面腐蚀量增长曲线，确定各年限下结构构件在对应腐蚀环境下单面腐蚀扣除量。

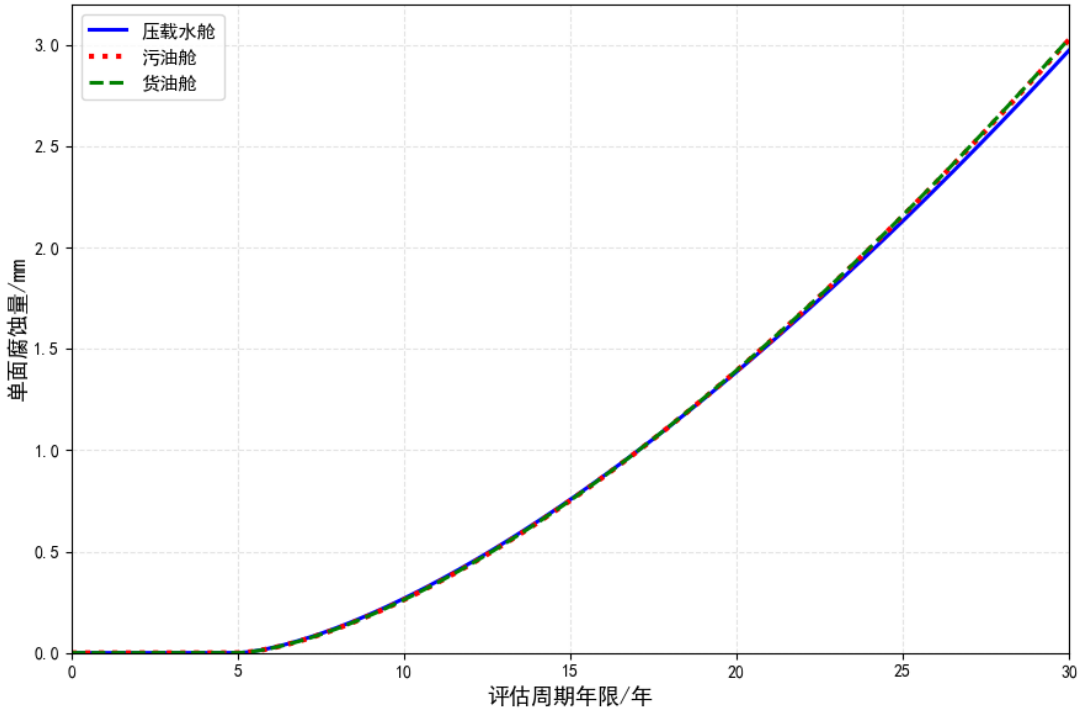

图 4.3.5.3　各年限下结构构件单面年腐蚀量

南海海域作业海上浮动设施累积概率 98%条件下的单面腐蚀量增长曲线可表示如下：

$$\begin{cases} t_{\text{corr-single}} = 0 & N_{\text{eva}} \le 5 \\ t_{\text{corr-single}} = a\,(N_{\text{eva}} - 5)^{b} & N_{\text{eva}} > 5 \end{cases}$$

式中：　$t_{\text{corr-single}}$ —— 单面腐蚀扣除量，mm；

N_{eva} —— 评估周期年限，年；

a，b —— 系数，取值见表 4.3.5.3。

单面腐蚀量增长曲线系数　　**表 4.3.5.3**

结构构件腐蚀环境	系数a	系数b
压载水舱	0.0253	1.4823
污油舱	0.0229	1.5183
货油舱	0.0228	1.5190

4.3.6　评估要求

4.3.6.1　应对基于实际测厚数据并扣除评估周期内腐蚀量后的船体强度进行有限元评估，以确保其满足以下要求：

（1）屈服强度评估应满足 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 8 章第 2 节相关要求；

（2）屈曲强度评估应满足 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 9 章第 4 节相关要求；

（3）疲劳强度评估中疲劳寿命不应小于海上浮动设施的剩余服役年限，疲劳评估方法

应满足 CCS《海上浮动设施入级规范》第 2 篇第 10 章相关要求。

第 5 章 换新实施

第 1 节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 当按照本指南第 2 章要求，对均匀腐蚀区域开展测厚得到的测厚厚度，低于本指南第 3 章换新衡准时，应开展结构换新工作。

5.1.1.2 当测厚厚度低于本指南第 3 章第 4 节麻点腐蚀/边缘腐蚀/沟槽腐蚀所定义的局部腐蚀换新厚度时，应进行构件的换新。

5.1.1.3 任何超过许用极限的结构腐蚀或结构损坏（包括过大变形、屈曲、凹槽、脱开或断裂、裂纹等），并影响或验船师认为将影响海上浮动设施的结构、水密或风雨密完整性时，均应立即进行彻底修理。

5.1.1.4 如在发现缺陷的港口/海上完成上述修理有困难，经 CCS 同意可容许其单航次驶往有能力的修理港口完成上述修理。可以要求海上浮动设施为该修理航次进行减载和/或进行临时性修理。

第 2 节 换新实施要求

5.2.1 换新厚度要求

5.2.1.1 基于本指南第 3 章中的换新衡准需要换新的区域，换新材料厚度应不小于t_{repair}，即：

$$t_{repair} = t_{as\text{-}built} - t_{own} \quad mm$$

式中， $t_{as\text{-}built}$ —— 建造厚度，mm；

t_{own} —— 船东/船厂增加厚度，mm。

5.2.2 换新材料要求

5.2.2.1 海上浮动设施材料与焊接应符合 CCS《材料与焊接规范》的要求。

5.2.2.2 换新材料一般应不低于原构件建造时的等级。

5.2.2.3 如果换新的材料符合 CCS 认可标准的材料等级且可证明与原构件所用材料等级要求等效，经 CCS 批准该材料可作为换新材料，材料等级等效应至少包括下述内容：

（1）热处理、交货状态；

（2）化学成分；

（3）力学性能；

（4）公差。

5.2.3 换新焊接材料要求

5.2.3.1 换新材料的焊接应采用相应的焊接工艺，焊工具有相应的焊工能力认证。

5.2.3.2 焊接材料的级别应与换新钢材的钢级相适应。

5.2.4 换新材料防腐要求

5.2.4.1 换新材料内外表面的防腐蚀措施应不低于原构件建造时所采用的防腐蚀措施。

第 3 节 测厚检验记录

5.3.1 测厚报告

5.3.1.1 每次检验结束后应编制测厚检验报告，完整记录本次测厚数据及换新要求。对于未开展换新的显著腐蚀位置应予以特别说明。

附录 1　麻点腐蚀结构屈曲评估方法

第 1 节　一般规定

1.1.1　一般要求

1.1.1.1　麻点腐蚀是海上浮动设施营运检验中常见的腐蚀类型，其存在会影响海上浮动设施结构的极限强度。本附录提出麻点腐蚀评估参数及麻点腐蚀极限屈曲应力调整系数，给出了麻点腐蚀结构屈曲评估准则，为麻点腐蚀结构换新提供替代准则。

1.1.1.2　进行评估之前，应对腐蚀构件表面进行充分打磨、清理，便于蚀坑腐蚀状态参数的确定。

1.1.1.3　本附录适用于腐蚀密度介于 20%至 25%之间或验船师认为有必要特殊考虑的麻点腐蚀结构，腐蚀深度极限应满足本指南第 3 章第 2 节 3.2.1 腐蚀极限的要求。

1.1.1.4　本附录规定的评估应使用海上浮动设施结构的测厚厚度。

第 2 节　麻点腐蚀屈曲评估准则

1.2.1　麻点腐蚀调整系数

1.2.1.1　麻点腐蚀调整系数ξ_{corr_σ}，ξ_{corr_τ}系指麻点腐蚀对加筋板和非加筋板格产生的对极限屈曲应力的调整系数。

1.2.1.2　非加筋板格麻点腐蚀调整系数见 CCS《海上移动平台腐蚀极限及换新衡准应用指南》附录 1 第 4 节。

1.2.1.3　加筋板格麻点腐蚀调整系数见 CCS《海上移动平台腐蚀极限及换新衡准应用指南》附录 1 第 5 节。

1.2.2　屈曲评估衡准

1.2.2.1　带有麻点腐蚀的加筋和非加筋板格，除板格的极限屈曲应力和受剪板格的极限屈曲应力外，其余均按照 CCS《海洋工程结构物屈曲强度评估技术指南》执行。

板格的极限屈曲应力，N/mm^2，为：

$$\sigma'_{cx}=\xi_{corr_\sigma}C_xR_{eH_P}$$

$$\sigma'_{cy}=\xi_{corr_\sigma}C_yR_{eH_P}$$

受剪板格的极限屈曲应力，N/mm^2，为：

$$\tau'_c=\xi_{corr_\tau}C_\tau\frac{R_{eH_P}}{\sqrt{3}}$$

式中：　σ'_{cx} —— 与屈曲板格长边平行方向的极限屈曲应力，N/mm^2；

σ'_{cy} —— 与屈曲板格短边平行方向的极限屈曲应力，N/mm^2；

τ'_c —— 极限屈曲剪应力，N/mm^2；

C_x，C_y，C_τ —— 折减因子，参见 CCS《海洋工程结构物屈曲强度评估技术指南》3.5.3；

ξ_{corr_σ}，ξ_{corr_τ} —— 麻点腐蚀极限屈曲应力调整系数；

R_{eH_P} —— 板的最小屈服强度，N/mm^2。

第 3 节　麻点腐蚀结构屈曲试验

1.3.1　一般要求

1.3.1.1　对于特殊情况，无法基于附录完成屈曲评估，可开展麻点腐蚀结构屈曲试验。

1.3.1.2　本节仅适用于含麻点腐蚀的矩形平板或加筋板结构。

1.3.2　实板换板件选择及预处理

1.3.2.1　切割换板件时，应严格控制热影响区的尺寸，并尽量避免表面腐蚀形貌的磨损。换板件尺寸应不小于 800mm×800mm，以便于后续实板试件的加工。

1.3.2.2　实板试件的预处理可采用槽式酸洗法。酸洗前，应去除表面油脂、杂质及其他污染物；酸洗液的选择应经过严格的预实验，确保其具有较强的金属氧化物去除能力，同时对钢基材的侵蚀性应控制在最低限度。酸洗后，实板试件应立即进行中和处理，并涂抹防锈润滑脂，防止进一步氧化。酸洗前后实板试件对比如图 A1.3.2.2 所示。



图 A1.3.2.2　酸洗前后实板试件对比

1.3.3　实板试件加工处理

1.3.3.1　试件的加工处理应根据换板件的具体尺寸及试验要求划分切割区域。

1.3.3.2　切割方法应根据试件的材质、尺寸及要求选择适当的工艺，应严格控制热影响区的尺寸。

1.3.3.3　切割后的实板试件应具备稳定的几何形状，确保其尺寸与形态符合后续试验方案的具体要求。

1.3.4　工装夹具制备

1.3.4.1　工装夹具的制备应严格遵循试验要求，确保能够准确模拟试件在试验过程中所需的边界条件，并提供充分的支撑与固定功能。典型工装夹具如图 A1.2.4.1 所示。

1.3.4.2　工装夹具的基座必须能够稳固地固定于试验平台上，确保在加载过程中不会因基座不稳定而影响试验结果。

1.3.4.3　夹具的强度与刚度应适应试件的尺寸与要求，以避免在加载过程中产生不必要的形变。夹具的设计应考虑载荷的平稳传递，施加的压力应均匀且稳定。



图 A1.3.4.1 典型工装夹具示意图

1.3.5 试验前检查

1.3.5.1 试验前应检查符合以下试验条件：

（1）试验前应进行有限元分析，预估结构屈曲应力；

（2）试验如需工装夹具，需对工装夹具进行强度评估，确保工装夹具不会先于试件发生屈曲；

（3）正式试验前可进行预加载以消除结构残余应力，可取预估极限屈曲应力的 25%和50%作为加载的上限；

（4）应采用足够小的位移加载方式，方可实现准静态过程，且能避免极限状态时试件发生剧烈破坏，造成试验失败。

1.3.6 试验报告

1.3.6.1 试验报告应包含以下信息：

（1）试件尺寸及材料参数；

（2）试件初始变形；

（3）麻点腐蚀坑的特征；

（4）边界条件及实现方法；

（5）载荷类型及加载方式；

（6）试验结果及分析。