指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD21-2019

中 国 船 级 社

油船营运检验指南



2020年2月1日生效

北 京
2019年10月

目 录

前言 1
第1章 概述 2
第1节 船舶类型 2
第2节 油船检验的特殊要求 4
第3节 油船的典型布置和结构形式 4
第2章 检验安全 11
第1节 一般要求 11
第2节 检验条件和接近结构的措施 15
第3章 船级社油船检验服务 19
第1节 油船检验的相关名词定义 19
第2节 油船船级附加标志介绍 22
第3节 检验计划船东调查表的准备 24
第4节 检验计划的准备 25
第5节 船级建造后检验介绍 26
第6节 法定检验 34
第7节 CAP检验 35
第4章 船体结构检验 36
第1节 船体结构检查 36
第2节 保护涂层 53
第3节 油船通道布置 58
第4节 结构修理要求 61
第5章 油船防火、探火和灭火 147
第1节 舶舶的结构防火 147
第2节 探火系统 150
第3节 灭火系统 151
第4节 通风系统 154
第5节 货物区域特殊要求 155
第6节 货油泵舱的特殊要求 166
第7节 惰性气体系统 167
第8节 消防用品 170
第9节 消防设备维护保养 171
第10节 消防的替代布置和设计 172
第6章 油船防污染 173
第1节 原油洗舱系统 173
第2节 排油监控系统 178
第3节 油水界面探测器 182
第4节 操作排油的控制 183
第5节 蒸气控制系统 185

第6节 稳性仪 187
第7章 油船的其他附加要求 189
第1节 操舵装置的要求 189
第2节 应急拖带装置 189
第3节 油船压载舱盖上的观察孔 192
第4节 其它 192
第8章 石油公司检查简介 193
附件 197

前 言

油船由于其所运输的油类具有易燃易爆的特点而归类于高风险船舶。油类对海洋环境具有严重的污染危害，尤其现在油船吨位越来越大，一旦发生油船损坏事故，往往会对附近海域的海洋环境造成灾难性的打击，因此国际海事组织（IMO）、船旗国、港口国、各船级社、国际石油组织等，对油船安全都非常重视，从公约、法规、船级社统一要求到各船级社的规范、有关石油组织的行业规定，总体趋势是要求越来越高，检查越来越严格。

本指南适用于入级中国船级社（以下简称CCS）的国际航行、整体式液舱、具有ESP检验附加标志的机动油船，其它油船可以参照使用。

本指南首先给出了检验准备方面的介绍，并汇集包括检验要求、检验安全条件、检验设备以及具体实施各类检验并正确报告的说明，在结构损坏数据的分析内容中包括了结构腐蚀和缺陷对局部强度和总体强度的影响，基本的维护保养和修理指南也提供了很多实用的简图用以描述缺陷的具体情况和建议的修理。本指南还收集了各船级社和CCS有关油船设备检验和维护方面的一些经验。

本指南基于IMO公约、IACS统一要求、建议案和CCS最新规范中相关适用部分编写，同时结合CCS 在建的油船审图、建造检验积累、营运船结构损坏技术分析成果，以及CCS《油船营运检验指南》（2014）实施以来的问题反馈，本次对2014 年版指南进行了修订，并形成 2019 年版本指南。本指南仅作为指导性文件提供给相关方，为相关方的正确决断提供支持。在处理具体的技术问题时，应遵循验船师的专业判断做出决策。本指南不能代替CCS的规范及国际公约等的相关规定。若本指南的某些规定与CCS最新版本《钢质海船入级规范》（以下简称“钢规”）不一致或相抵触时，应以后者为准。

本指南使用相关方若在实施中有意见和/或修改建议，请反馈至CCS总部营运入级业务处业务电子信箱：cdwork@ccs.org.cn。

第 1 章 概述

第 1 节 船舶类型

1.1.1 定义

1.1.1.1 油船系指建造为或改造为主要在其装货处所装运散装油类的船舶，这些油类包括原油、燃油、油泥、油渣和炼制品（MARPOL 公约附则 II 所规定的石油化学品除外）在内的任何形式的石油，以及不限于上述一般原则，包括 MARPOL 公约附则 I 附录 I 中所列的物质，并包括全部或部分装运散装货油的兼用船、MARPOL 公约附则 II 中所定义的任何“NLS 液货船”和经修正的 1974SOLAS 公约第 II-1/3.20 条中所定义的任何气体运输船。

1.1.1.2 根据 MAROPL 公约附则 I 的要求，油船可以细分为：

(1) 原油船

(2) 成品油船

(3) 原油／成品油船

(4) 化学品／成品油船

(5) 兼用船（油类运输时）

1.1.2 原油船的船型特点

1.1.2.1 原油船系指从事原油运输的油船，其载重量一般可多至 32.2 万吨，造船界和航运界通常按照载重量的不同将油船分为数个级别：

(1) 巴拿马型(Panamax)：船型以巴拿马运河(Panama Canal)通航条件为上限（譬如运河对船宽、吃水的限制），载重量在 5~8 万吨之间。随着巴拿马运河的拓宽，通航船舶的船型变大。按照巴拿马运河管理局(ACP)发布的航运公告，重新给出了如下定义：

①巴拿马型(Panamax)：船舶尺度和吃水最大值满足实际船闸的限制，也即总长 289.6m，船宽 32.31m，热带淡水吃水 12.04m。

②超巴拿马型(Panamax Plus)：热带淡水吃水＞12.04m，≤15.2m，并且证明能通过新船闸的巴拿马型。

③新巴拿马型(Neo Panamax)：所有尺度大于巴拿马型或超巴拿马型，其能够满足新船闸的尺度和吃水限制，也即：总长 366m，船宽 49m，热带淡水吃水 15.2m。可通航的油船极限由 7-7.6 万载重吨增加至 20-30 万载重吨(VLCC)。

(2) 阿芙拉型(Aframax)：平均运费指数 AFRA(Average Freight Rate Assessment)最高船型，经济型最优，是适合波罗的海(Baltic Sea)冰区航行的最佳油船类型，载重量在8~12 万吨之间。

(3) 苏伊士型(Suezmax)：船型以苏伊士运河(Suez Canal)通航条件为上限，载重量在 12~20 万吨之间。

(4) VLCC (Very Large Crude Oil Carrier)：巨型原油船，载重量在 20~32 万吨之间。结构方面，横撑材按设置的不同，又分为中货舱横撑材和边货舱横撑材两种。

(5) ULCC (Ultra Large Crude Oil Carrier)：超巨型原油船，载重量在 32 万吨以上。

1.1.2.2 原油船一般都具有原油洗舱系统(COW)、惰性气体保护系统(IGS)、排油监控系统(ODME)、油水界面探测器、甲板泡沫系统等。有些港口或油码头如美国港口要求油船还需要安装蒸气控制系统(VCS)／蒸气控制系统—中转(VCS-T)，CCS 钢规已经给出了相应的要求。原油船因装载高含硫量的货品，根据 PSPC 的要求会在货舱内甲板面一侧和货舱下部和底板加设防腐涂层，更好地保护油舱内结构。

1.1.3 成品油船的船型特点

1.1.3.1 成品油船系指从事除原油以外其他散装油品运输的油船，其载重量一般在数万吨以下。结构方面，成品油船具有 1 道及以上纵舱壁，成品油船货油舱内一般设内部防腐涂层。

1.1.3.2 成品油船从运输距离上通常分成中程运输(MR--medium range)和远程运输(LR--long range)。成品油船中 Handy Size 型一般 1-6 万载重吨，MR 油船属于 Handy Size 中的一种，一般为 3-5 万载重吨。远程运输又分为两种：LR1 载重量一般为 5-8 万吨，LR2 一般为 8-16 万吨。

1.1.4 原油／成品油船的船型特点

1.1.4.1 原油／成品油船是指结构方面具有原油船特征，系统配备既能满足原油也能满足其它 MARPOL 公约附则 I 要求油品运输的油船。

1.1.5 化学品／成品油船的船型特点

1.1.5.1 化学品／成品油船系指能装运散装化学品和散装油类的船舶，系统配备能够满足散装油类装运要求。

1.1.5.2 结构方面与油船类似，通常甲板纵骨及甲板强横梁结构设计在甲板面上部。布置方面一般不设置专门的货油污油水舱，往往指定某一货舱为污油水舱。

第 2 节 油船检验的特殊要求

1.2.1 与干散货船相比，油船检验具有其特殊性，主要包括：

1.2.1.1 油船结构安全要求，主要包括油船结构细节设计、货油舱与机器处所的布置与分隔、货油舱的双壳保护、泵舱的布置要求、通往油船首部的安全通道、进入货油舱区域及其附近的安全通道和永久性检验通道的布置以及货物区域海水压载舱、货油舱和空舱的涂层要求等。

1.2.1.2 油船货物区域的防污染要求，包括原油洗舱系统(COW)、排油监控系统(ODME)、油水界面探测器的配备和污水／污油排放控制、蒸气控制系统 (VCS/VCS-T)等。

1.2.1.3 防火、探火和灭火的要求，主要包括面向货油区的居住区舱壁的防火分隔及开口、消防设备的配备（货物区域固定式甲板泡沫系统、喷淋系统的配备）、惰气系统(IGS)、泵舱的防火和防爆以及应急拖带装置的配备和要求等相关安全要求。

1.2.1.4 货物维护系统的技术要求，主要包括油舱液位探测及报警系统、透气系统的配置等。

1.2.1.5 油船防爆的要求，主要包括危险区域的划分、可燃气体探测装置等。

1.2.1.6 操舵装置的配备和要求。

1.2.1.7 救生设备的配备和要求。

1.2.1.8 石油组织和石油公司的要求。

1.2.2 上述内容分散在后续章节中都有详细介绍，此处不再赘述。

第 3 节 油船的典型布置和结构形式

按照结构形式，油船区分为单壳油船、双壳油船和具有独立液舱的油船（如无特殊说明，本指南中提到的油船，均为双壳油船）。对具有独立液舱的油船，如某些沥青船等目前尚未纳入加强检验范围的船舶，不必满足 IACS UR Z10.1 和 UR Z10.4 的要求，本指南未予涉及。

1.3.1 油船的典型布置

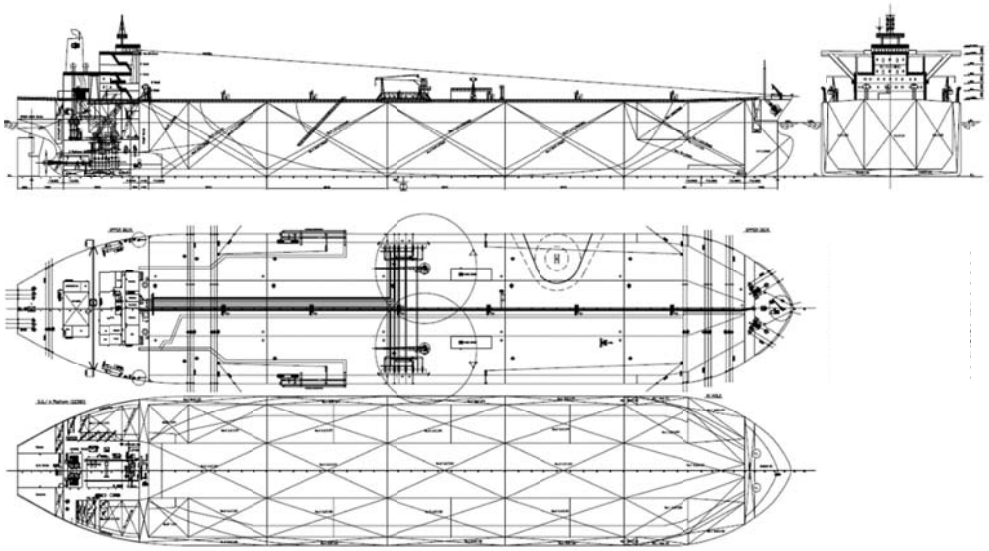


图 1.3.1 油船的典型布置

1.3.1.1 常见油船均为尾机型。SOLAS 公约要求，1998 年 7 月 1 日或以后安放龙骨的船舶，驾驶台两侧翼桥延伸到船舶左右两舷型宽处，从每一驾驶室翼桥所见的水平视域延伸为一个不小于 225°的扇面，船舷应从驾驶室翼桥可见。船首甲板略有升高或设有首楼，对于 F.P.≤60□的油船，首楼不允许设置在油舱之上，首楼的出入口布置在气体危险区域以前。

1.3.1.2 货舱区域与机器处所采用泵舱、燃油舱、空舱等分隔，货物区域的压载管系、舱底管系、通风管系、货物处理和维护系统管系与机器处所完全独立 / 隔离，货物区域泵系在泵舱内可以就地控制，泵系由机器处所内的发电机或喷射泵驱动，机器处所与泵舱之间设有轴封。部分油船采用饱和蒸气驱动货泵，如驱动系统全部设置在货泵舱内，机舱与货泵舱的舱壁上可不必设置轴封。

1.3.1.3 货舱区域与船首压载舱一般用隔离空舱分隔。如首尖舱与货舱区域未设置隔离空舱，该首尖舱应能自露天甲板气体安全区域处直接进入。

1.3.2 双壳油船

1.3.2.1 1996 年 7 月 6 日或之后交船的 5,000DWT 及以上油船[①]需要设置双壳结构，双壳结构需要满足 CCS 钢规和 MARPOL 公约附则 I 的要求，具体如下：

(1) 载重量 5,000t 或以上的油船：

①边舱或处所的宽度：W=0.5+DW/20,000m 或 W=2.0m 取小者，最小值 W=1.0m；

②双层底舱或处所的高度：h=B/15m；或 h=2.0m 取小者，最小值 h=1.0m。

(2) 载重量 5,000t 以下的油船：

①可按载重量 5,000 吨或以上油船的要求设置边舱和双层底舱，或：

②至少设置双层底舱或处所的高度：h=B/15m，最小值 h=0.76m，和

③各货油舱每舱容积如超过 700m^3，需要设置边舱或处所，其宽度：W=0.4+2.4DW/20,000m；最小值 W=1.0m。

1.3.2.2 应注意的是，1996 年 7 月 6 日或之后交船的 20,000DWT 或以上的双壳油船，还应在计算破舱稳性时补充如下假定的船底损坏（MARPOL 附则 I 第 28.6 条）：

(1) 纵向范围：

①载重量 75,000 吨或以上的船舶，自首垂线起 0.6L；

②载重量小于 75,000 吨的船舶，自首垂线起 0.4L；

(2) 横向范围：船底任何位置的 B/3；

(3) 垂直范围：外部船体的损坏。

1.3.2.3 双壳油船典型的结构布置为双层底、双舷侧、单甲板的纵骨架式结构，货舱区域内外壳之间应为水舱或空舱。满足共同规范要求的油船(L≥150m)为典型的双壳油船，其区别在于载荷分析、结构计算更为合理。

(1) 大型的双壳油船设有一个中央货油舱和两个货油边舱，横撑材设置在中央货油舱或者货油边舱内，纵舱壁为平面舱壁，典型横剖面图如下图所示：

① a.在1993年7月6日或之后签订建造合同的；或
b.无建造合同，在1994年1月6日之后安放龙骨或处于类似建造阶段的油船；或
c.在1996年7月6日或之后交船的油船；或
d.经重大改建的油船（为满足公约双壳要求而安排的改建不在此范围之内）：
(i)1993年7月6日或之后签订改建合同的；或
(ii)无改建合同，在1994年1月6日之后改建工程开工；或
(iii)在1996年7月6日或之后改建工程完成。

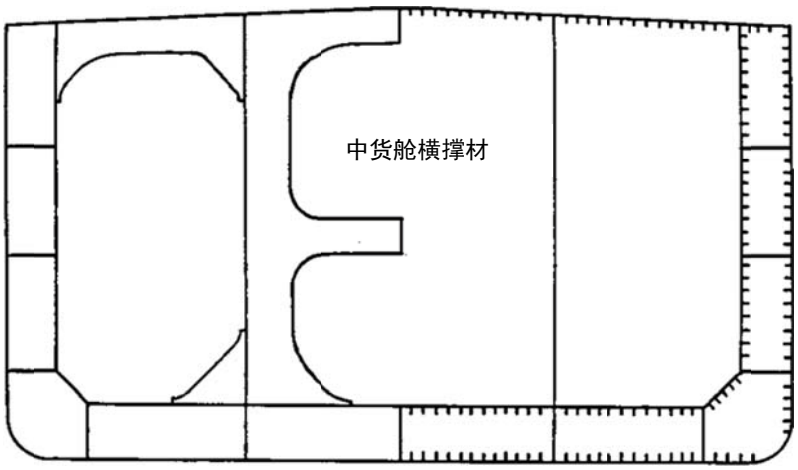


图1.3.2.3 (1)a 双壳油船典型横剖面——横撑材位于中央货油舱内

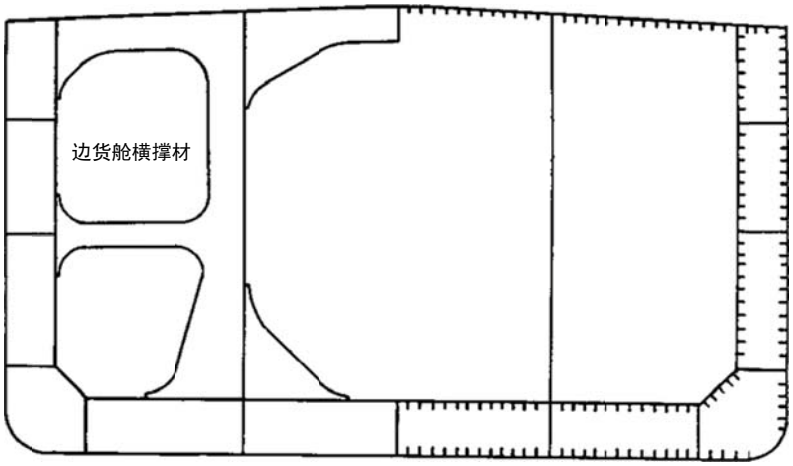


图1.3.2.3 (1)b 双壳油船典型横剖面——横撑材位于货油边舱内

(2) 对于双壳油船横剖面和横舱壁上结构的典型术语，如下图：

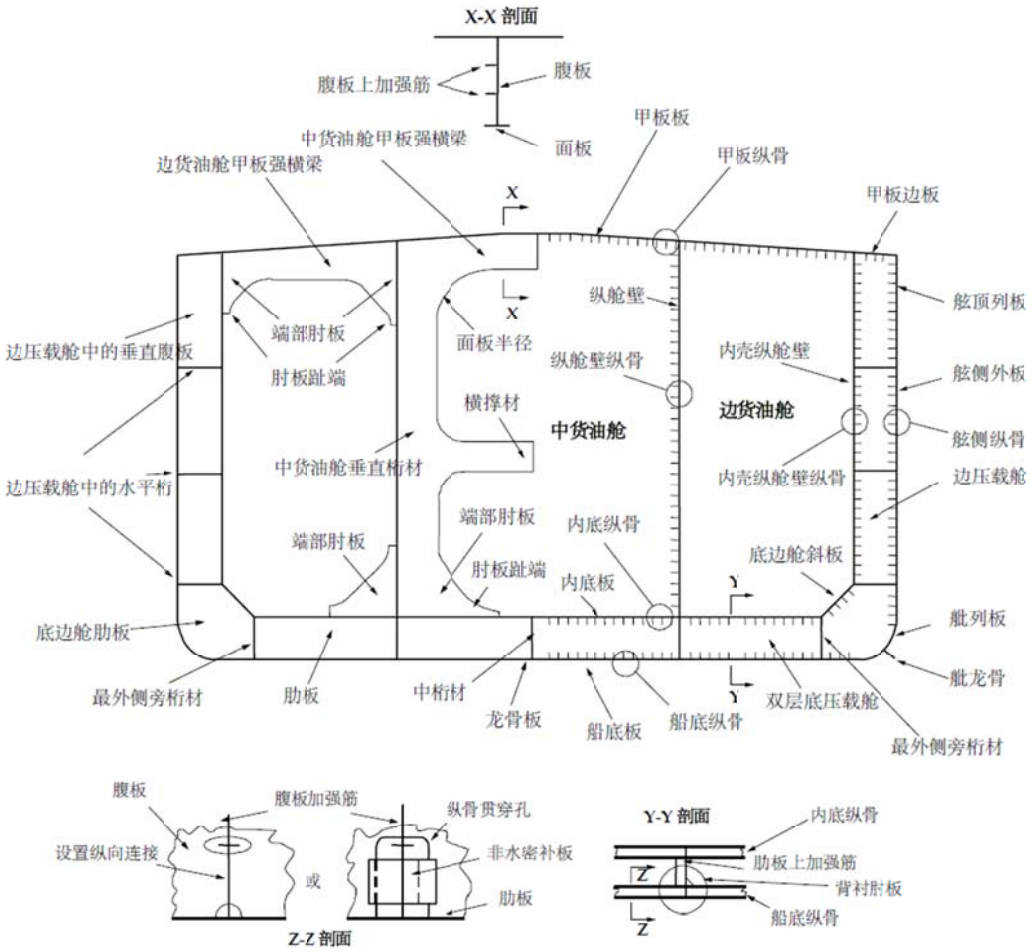


图 1.3.2.3 (2) 双壳油船横剖面和横舱壁典型术语

(3) 设有两个货油边舱的双壳油船，中纵舱壁为平面舱壁（成品油船的中纵舱壁一般设计成槽型舱壁），货油舱内无横撑材，典型横剖面图如下二图所示：

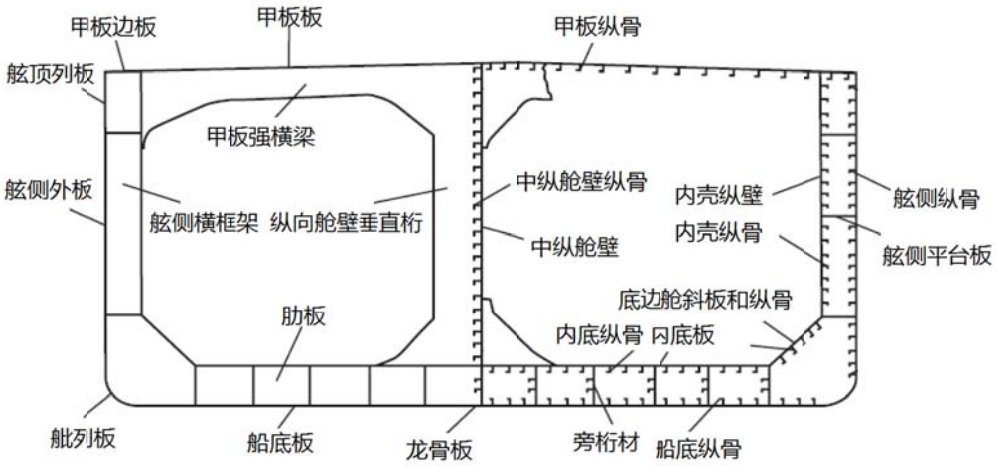


图 1.3.2.3 (3)a 双壳油船典型横剖面——两个货油边舱

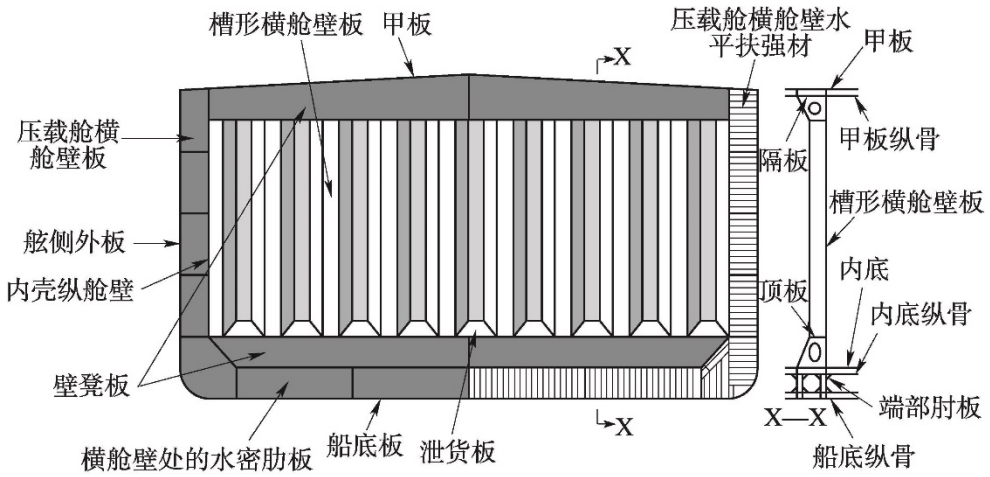


图 1.3.2.3 (3)b 双壳油船典型槽形横舱壁

1.3.3 单壳油船（某些非公约船或加燃油船等）

1.3.3.1 1996 年 7 月 6 日或之后交船的 600~5,000DWT 的油船需要设置双层底舱或处所，且同时需要满足单个货油舱容积小于 700m^3 的要求，载重量小于 600 载重吨的油船可以不设双层底和双层壳。单壳油船的结构布置为非双壳结构特点的船舶。一般具有单甲板，单独具有双层底或单独具有双舷侧的纵骨架式结构的船舶，如下图：

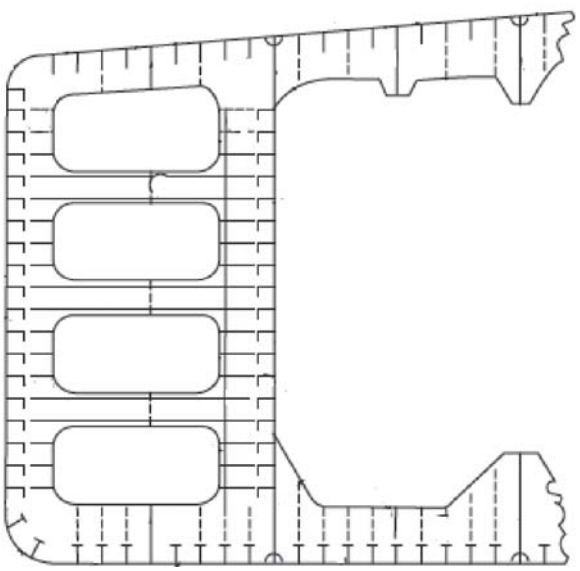


图 1.3.3.1 单壳油船典型横剖面

1.3.4 货泵舱的双层底保护

1.3.4.1 MARPOL 公约附则 I 第 22 条规定，2007 年 1 月 1 日或以后建造的 5,000DWT 或以上的所有油船，货泵舱需要设置双层底保护，双层底高度：h=B/15m；或 h=2.0m，取小者，最小值 h=1.0m。如船舶结构设置已经确保货泵舱底部高于公约规定值，货泵舱可以免除设置双层底要求。保护泵舱的双层底可以是空舱、压载舱或者不受其他条款限制的燃油舱（对于 2010 年 8 月 1 日或以后交船的油船[①]，燃油舱的布置需要满足 MARPOL 公约附则 I 第 12 条要求的双壳保护）。如双层底破损以后不会影响压载泵的操作，压载管系允许穿过该双层底。污水井允许设置在双层底区域内，此时污水井应尽可能小，其底部距船体外板高度应不小于 0.5h。

① a.在2007年8月1日或之后签订建造合同的；或
b.建造合同，在2009年2月1日之后安放龙骨或处于类似建造阶段的油船；或
c.2010年8月1日或之后交船的油船；或
d.经重大改建的油船（为满足公约双壳要求而安排的改建不在此范围之内）：
(i)在2007年8月1日或之后签订改建合同的；或
(ii)无改建合同，在2008年2月1日之后改建工程开工；或
(iii)在2010年8月1日或之后改建工程完成。

第 2 章 检验安全

第 1 节 一般要求

所有检验应当关注下列安全要素：防火、防爆、防坠落、防坠物、防毒和窒息、防止有害辐射、防止其它妨碍健康和安全的危险因素等。油船检验中除了前述安全要素以外，还应特别关注油船特有安全要素的要求，下面逐项介绍。

2.1.1 油气的毒性

2.1.1.1 原油中烃的成分决定了石油气的毒性，而芳香烃（如苯）、硫化氢等气体的存在会大幅度提高其毒性，严重损害人的身体健康。暴露于硫化氢(H_2S)气体中的典型症状见下表：

暴露于硫化氢(H_2S)气体中的典型症状　　表 2.1.1.1

硫化氢浓度 (按体积比的ppm)	生理影响
0.1 – 0.5 ppm	由气味可首先察觉。
10 ppm	可能导致恶心、眼睛微感刺痛。
25 ppm	眼睛和呼吸道受刺激。有刺鼻气味。
50-100 ppm	嗅觉开始迟钝。 长时间暴露在100ppm硫化氢浓度下可导致这些症状的逐步增加，继续暴露其中4-48小时后可导致死亡。
150 ppm	2-5分钟内丧失嗅觉。
350 ppm	吸入硫化氢30分钟后可能会致命。
700 ppm	立即昏迷，数分钟后死亡。导致痉挛、大小便失禁。如不立即抢救，呼吸将停止，然后导致死亡。
700+ ppm	立即死亡。
注：应将过度暴露于硫化氢气体中的中毒人员尽可能快地转移到新鲜空气中。如果采取迅速的行动，硫化氢中毒的症状是可以消除的，并能增加挽回中毒人员生命的机会。	

2.1.1.2 硫化氢(H_2S)是一种剧毒、强腐蚀性和易燃的气体。它的气味可闻起点很低，并有特别的臭鸡蛋气味。通常认为当蒸气状态下的硫化氢浓度等于或超过按体积比的5ppm 时，有必要采取针对高硫化氢浓度的预防措施。

2.1.1.3 闻不到气味绝不表明不存在油气。吸入较少量的石油气会引起像醉酒那样

的反应迟钝、昏迷、伴随头痛和眼睛刺痛等症状，吸入过量时则可致命。

2.1.1.4 在油气浓度远低于可燃下限时，以上症状就可能出现。各种石油气对人的生理影响不同，人体忍受这种影响的程度也差别甚大，切不可把安全限度内的油气浓度认作可以忍受这些影响的先决条件。石油气混合气体的气味是十分多变的，在某些情况下这类气体会麻痹嗅觉，当混合气体中含有硫化氢时，特别容易损害嗅觉而且后果较严重。 油气中毒临界值远远低于可燃下限值，千万不要指望可燃气体检测仪能够精确测出中毒范围的浓度数据。惰性气体中也含有有毒气体，如氧化氮、SO_2、CO 等。有毒气体检测仪一般只能检测某种特定毒气，且随着时间的推移，检测仪器的灵敏度也有所降低，因此检测合格并不表明一定安全。检验中请严格遵照 CCS《检验安全客户指南》中的相关要求执行。一旦出现异样感觉，应立即停止检验，迅速撤离到露天区域。

2.1.1.5 由于人体对油气中的毒素具有积聚效应，因此检验中应尽量避免吸入油气。尽可能不要位于油舱透气口的下方，在靠近油舱道门、使用中的测量孔、打开的除气口时需要位于风向的侧面靠近上风向位置，如下图：

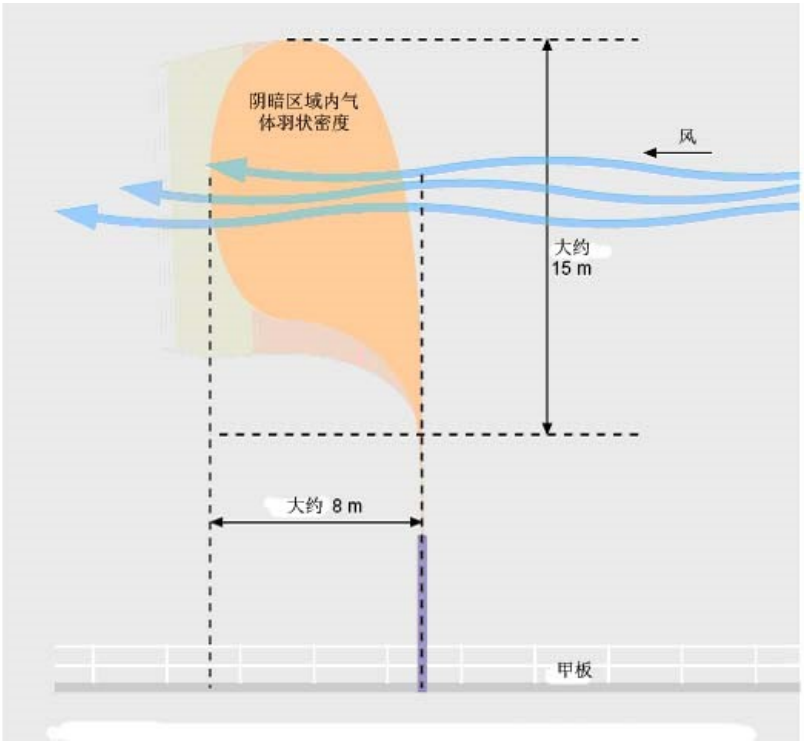


图 2.1.1.5(1) 甲板上附近排气口处的可燃区域

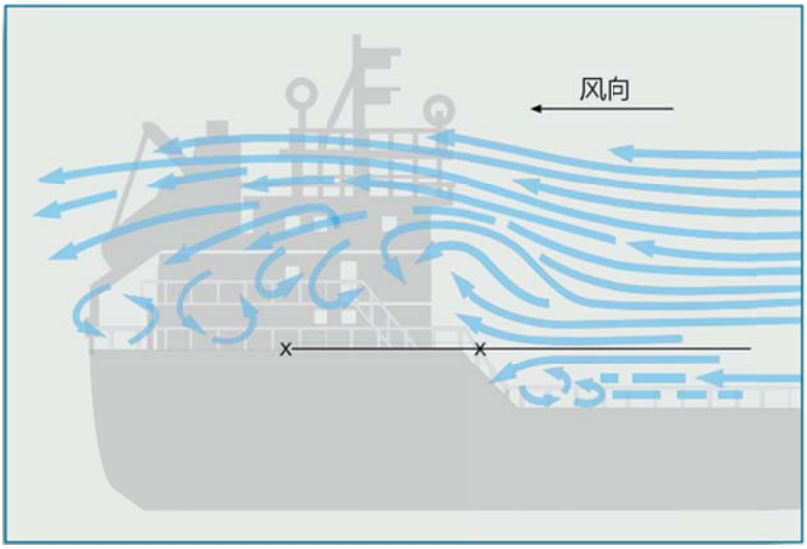


图 2.1.1.5(2) 空气气流经过生活区甲板室的状况

2.1.2 检验环境中氧气的安全含量

2.1.2.1 进入封闭处所检查以前，需要确认相应处所已经完全通风，检验过程中应安排连续机械通风。检验开始前，应首先确认相关舱柜的氧气含量已经测试，满足预定要求，检验小组成员应随身携带个人测氧仪，一旦发现报警或身体不适，应及时中止检验。检验环境中氧气含量对人体产生的不同影响如下图：

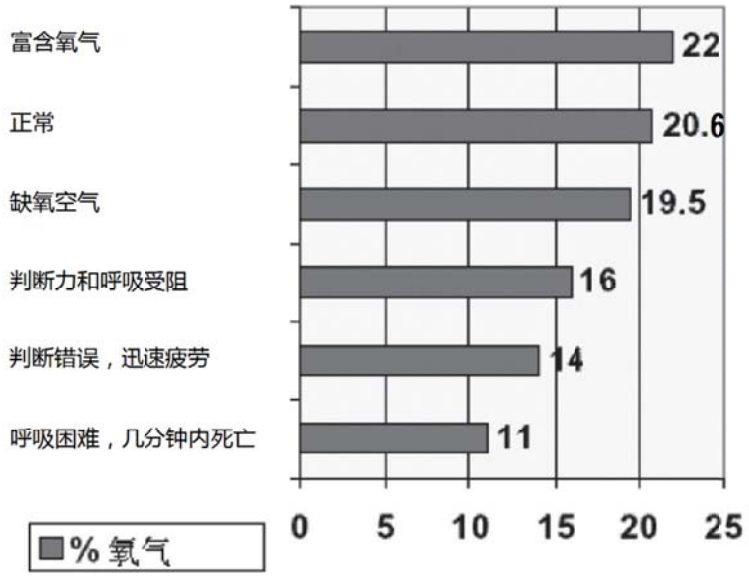


图 2.1.2.1 氧气含量的不同影响

2.1.3 安全进入封闭处所的预防措施

2.1.3.1 封闭处所系指具备下列特征之一的处所：封闭处所系指具有下列任一特征

的处所：1）有限的出入开口；2）自然通风条件不畅；3）不适于人员在处所内持续作业。对于油船而言如下图所示，包括但不限于：货油舱、双层底、燃油舱、压载舱、货泵舱、隔离空舱、锚链舱、空舱、箱形龙骨、锅炉、发动机曲柄箱、发动机扫气空气瓶、污水舱和相邻连接处所。

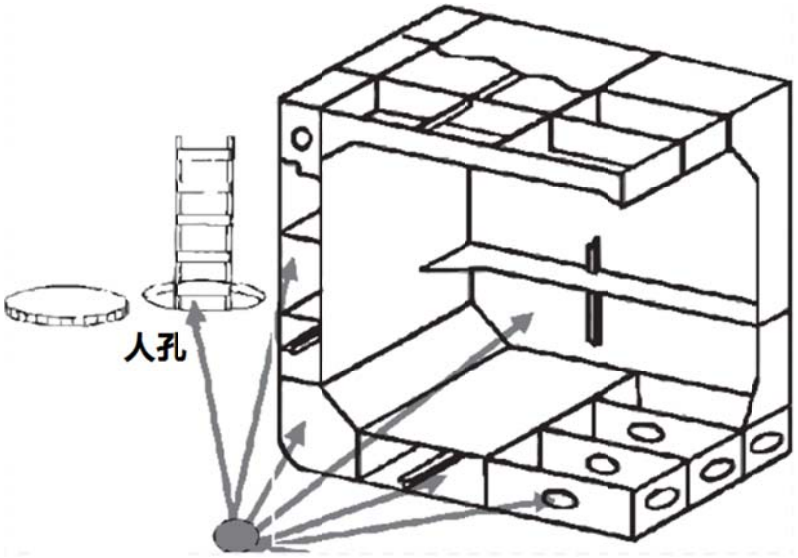


图2.1.3.1 船上典型封闭处所的示意图

2.1.3.2 除非经船长或指定责任人员的授权并遵守了为该船制定的相应安全程序，否则任何人都不准打开或进入封闭处所。船长或责任人员应确保至少实施了下列措施以确定可以安全进入封闭处所：

(1) 通过评估识别了潜在的危险，并对其尽可能地进行了隔离或消除；

(2) 对该处所已彻底进行自然通风或机械通风，以驱除有毒或可燃气体，确保整个处所内适当的氧气含量；

(3) 使用经正确校准的仪器适当检测处所内的空气，以确定可接受的含氧量和可接受的可燃或有毒蒸气含量；

(4) 处所设有安全保护，可以进入，并有良好的照明；

(5) 进入封闭处所时在各方人员之间使用的通信系统是协调一致的，并经过测试；

(6) 当处所内有人时，应指定一值班人员留在该处所入口；

(7) 已在处所入口处放置了救助和急救设备，可供随时使用，并做出了救助安排；

(8) 进入处所并进行后续工作的人员应正确着装，配带好装备；和

(9) 已签发进入许可。

2.1.3.3 有关进入封闭处所的检查表可参阅 A.1050(27)决议通过的《经修订的进入

船上封闭处所建议案》。

第 2 节 检验条件和接近结构的措施

2.2.1 检验条件

2.2.1.1 提供合适的检验条件是船东 / 管理公司的责任。合适的检验条件包括但不仅限于如下部分：

(1) 为使现场验船师能进行检验，船东和 CCS 应根据 IMO 通过的 A.1050(27)《经修订的进入船上封闭处所建议案》商定合适和安全并满足 IACS PR37 相关要求的通道规定；

(2) 为便于检验、测厚和全面检查，船东应对所有处所进行清洁，包括清除所有表层积存的锈皮、积水、污物和残油等，以使能够显示腐蚀、变形、裂纹、损坏和其他结构缺陷，以及涂层的状况。但对于船东已经决定予以换新的结构区域的清洁和水垢清除，仅需要达到能确定换新范围所必需的程度；

(3) 应提供足够的照明，以能揭示腐蚀、变形、裂纹、破损或其他结构缺陷以及涂层状况；

(4) 如已敷设软涂层或半硬涂层，应为验船师提供安全通道，以使其能验证涂层的有效性和进行内部结构（可能包括涂层剥落的部分）的状况评估。如无法提供安全通道，则软涂层或半硬涂层应予以去除；

(5) 船东应指派至少一位对液舱和封闭处所检查有经验的负责人员始终陪伴现场验船师。

2.2.2 接近结构的措施

2.2.2.1 充足和足够安全的接近结构的措施是良好完成检验的前提，应提供验船师可接受的下列一个或多个接近设施：

(1) 固定脚手架和通往结构的通道；

(2) 临时脚手架和通往结构的通道；

(3) 液压升降车，如传统的高空车、升降机和可移动台架；

(4) 艇或筏；

(5) 便携式梯子；和

(6) 其他等效设施。

2.2.2.2 进入舱柜以前，除了做到安全进入封闭处所的预防措施外，下列安全措施必须得到足够的关注：

(1) 检验人员应每人携带手电，开展对油舱及其相邻处所检验时，该手电应该为防爆型；

(2) 检验时应注意不要滑倒；

(3) 检验时应注意高空坠物的影响，如浮锈、粘连在上方的货物等对眼睛的伤害，必要时可要求再次除锈清洁；

(4) 进行任何检查之前，必须对所有检验接近结构的措施进行全面的检查，单个梯子每次只允许一个人上下；

(5) 临时性梯子要防止滑动，具体请参见 IACS Rec.78《用于近观检验的移动梯的安全使用》；

(6) 结构修理过程／修理后的检验中，要确保通道具有足够的支撑。

2.2.2.3 除上述要求以外，采用艇筏进行近观检验时需要注意下列问题：

(1) 在液舱内的检验人员与在甲板上的负责驾驶员之间应安排通信系统。如使用艇或筏，该系统还应包括负责压载水泵操作的人员。

(2) 只有在验船师考虑了所提供的安全措施，包括气象预报和船舶对可预见状况的响应并同意，以及液舱内水位预期的上升不超过 0.25m 的情况下，方可使用艇或筏对液舱进行检验。

(3) 在使用筏或艇进行近观检验时，应符合下列条件：

①应使用仅执行一般任务的、即使一个浮胎破裂仍具有合格的剩余浮力和稳性的气胀式筏或艇；

②艇或筏应拴于通道梯上，并另安排一人留守在能清晰看见该艇或筏的通道梯处；

③所有参加人员都应有合适的救生衣；

④液舱内的水面应平静（在所有可预见的情况下，液舱内预期的水位上升不应超过 0.25m），且水位应稳定。任何时候当筏或艇在使用时，水位都不得上升；

⑤液舱或处所必须只含有干净的压载水。水面上不允许有任何油层；

⑥任何时候都不允许最深甲板下腹板面板的水位低于 1m 之内，这样检验人员通往舱口的直接逃生通道才不致被隔绝。只有在被检查的舱壁间距上设有甲板通道人孔并开启时才能考虑水位超出甲板横材，这样才能保证任何时候检验人员都可使用逃生通道。其他有效的通往甲板的逃生通道也可予以考虑；和

⑦如果液舱(或处所)共用一个透气系统或惰性气体系统,则应对使用艇或筏的液舱予

以隔绝，以防止气体从其他液舱（或处所）传入。

(4) 如腹板深度为 1.5m 或以下时，筏或艇可允许单独用于在液舱或处所甲板下的区域的检查。

(5) 如腹板深度超过 1.5m，筏或艇可仅允许单独用于下列之一的情况：

①甲板下结构的涂层状况处于“良好”状态，且无锈蚀的迹象；或

②如果在每一间距上设置一个允许安全出入的永久通道。该通道应：

a. 通过每一间距内带有甲板下约 2m 处设置的一个小平台的垂直梯直接通向甲板；或

b. 通过在液舱每一端都设有通往甲板的梯子的纵向永久平台通向甲板。该平台应在液舱的全长范围内布置在与甲板下结构的筏运检查所需要的最大水位的相同平面，或其上。为此，最大需要的水位之上的空余量应假定在甲板横框架的跨距中点和液舱长度中点处测量至距甲板板不大于 3m，如下图：

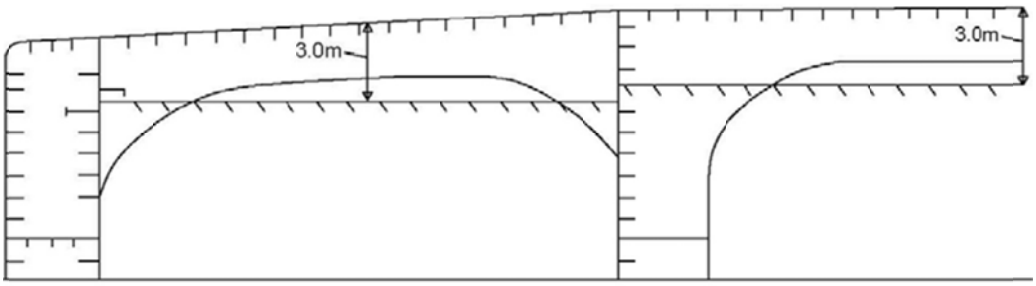


图2.2.2.3(5)b. 液舱最高水位示意图

c. 如上述条件都不能满足，则应为甲板下区域的检验提供脚手架或其他等效施。

(6) 上述 4 和 5 所述的单独使用筏或艇并不排除在检验过程中使用艇或筏在液舱范围内的移动。

2.2.2.4 检验过程中，必须配备足够的个人安全装备：

(1) 用非易燃、耐磨、防静电型材料制作的白色长袖连裤工作服，配有多用途的口袋和饰有反光带，材料为全棉，要求吸汗；

(2) 带有硬质鞋头、防滑鞋跟、绝缘型或防静电型、耐油型的安全工作鞋（靴）；

(3) 适用于各类检验工作的各种工作手套，需带有防滑、防静电功能，如帆布手套和棉纱手套；

(4) 手电要求强光，防水，带有收紧索，便于携带，使用方便；

(5) 进行封闭处所检验时，需配备能够测量可燃气体（LEL）、氧气（O_2）、有害物

质硫化氢（H_2S）及一氧化碳（CO）的复合式气体测量仪。

2.2.3 远程检查技术(RIT)

2.2.3.1 远程检查技术(RIT)：Remote Inspection Techniques，系指一种验船师无需身体直接接近，即可对结构的任何部分进行检查的检验手段（参见 IACS Rec.42《远程检查技术应用指南》）。

2.2.3.2 现场验船师可考虑允许使用远程检查技术(RIT)作为近观检验的替代方法。远程检查技术(RIT)原则上不适用于油船及散货船的检验，但还应注意船旗国对此的特殊规定。使用 RIT 进行的检验应以使现场验船师满意的方式完成。当使用 RIT 进行近观检验时，应提供相应厚度测量的临时接近结构措施，除非该 RIT 能够进行所需的厚度测量。RIT 检验应按照现行 CCS 钢规和 IACS Rec.42《远程检验技术应用指南》的要求进行。常用的 RIT 方式有：

(1) 无人机械臂；

(2) 遥控潜水器(ROV)；

(3) 无人机（参见CCS《无人机检验应用指南》）；

(4) CCS接受的其它措施。

第 3 章 船级社油船检验服务

船舶检验包括船级检验和法定检验两部分。

船级检验的目的在于确认船舶结构强度有效性和结构完整性、机电设备布置和效能满足预定的设计要求，IACS UR Z10.1 和 UR Z10.4 明确了油船船体结构方面的船级检验最低要求。船东或相关方进行的类似检验是船东或相关方为了提升风险管理水平而采取的措施，应当得到鼓励，但这种检查在任何情况下均不能替代船级社的相关检验。

需要引起重视的是，CCS 钢规以及 IACS 的统一要求只是提出了船级检验的最基本要求，在满足钢规前提下，验船师应根据船舶的实际情况，必要时扩大检验范围和检验程度，尽可能多地开展检查，检查应细致到位，确保船舶安全运营。

法定检验系指船级社根据授权，按照船旗国政府所接受的国际公约和政府颁布的法令、法规对船舶施行的检验，确保船舶满足相关法定要求。执行法定检验，需要特别注意公约的生效日期和船旗国对船舶吨位、建造日期及具体要求的实施日期等。

第 1 节 油船检验的相关名词定义

3.1.1 货油 / 压载兼用舱：系指作为船舶操作常规部分，用于载运货油或压载水的液舱并将按压载舱处理。按照 MARPOL 公约附则 I 第 18.3 条规定，仅在例外情况下可以装载压载水的货油舱应按货油舱处理。

3.1.2 全面检验：系指为报告船体结构总的状况和确定进行附加近观检验范围的检验。

3.1.3 近观检验：系指验船师在近距离范围内（即伸手可及）能见到结构构件的细节的检验。

3.1.4 横剖面：系指包括所有纵向构件，如板以及在甲板、舷侧外板、船底板、内底板、纵舱壁（如适用时，还包括底边舱斜板和顶边舱底板）上的纵骨和纵桁。对横骨架式船，横剖面包括邻接的骨架及其在横剖面处的端部连接。

3.1.5 代表性处所：系指能反映类似形式、用途和具有类似防腐蚀系统的其他处所的处所。当选择代表性处所时，应考虑到其营运和修理史及可识别的关键结构区域和 / 或可疑区域。

3.1.6 关键结构区域：系指通过计算确定需要进行监控的区域或从该船舶或类似船舶或姐妹船（适用时）的营运历史中确定的容易发生影响船舶结构整体性的破裂、屈曲或腐蚀的区域。油船上的详细位置可参阅本指南附件。

3.1.7 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。

3.1.8 显著腐蚀：系指通过腐蚀状况评估表明其腐蚀量已超过许用极限的 75%，但尚处于可接受的范围内的腐蚀程度。对于 CSR 船舶，显著腐蚀系指通过腐蚀状况评估表明测得的厚度在 t_{ren}+0.5mm 和 t_{ren} 之间的腐蚀程度。

3.1.9 防腐系统：通常可考虑全硬保护涂层，全硬保护涂层通常是指环氧树脂或同等物。除软涂层和半硬涂层以外的其他涂层系统只要根据制造厂的规定应用和维护，可以考虑作为替代品接受。

3.1.10 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%或更大的范围轻度锈蚀，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。

（可进一步参见 IACS Rec.87《油船的压载舱和货油／压载兼用舱的涂层维护和修理指南》）

3.1.11 货物区域：系指包括货油舱、污油舱、货油/压载泵舱、隔离舱、压载舱和邻接货油舱的空舱以及在上述处所之上的船舶全长和全宽部分的甲板区域。

3.1.12 特殊考虑：特殊考虑或特别的考虑（与近观检验和测厚有关）系指至少应通过足够的近观检验和测厚，以确定保护涂层下结构的实际平均状态。

3.1.13 立即彻底修理：系指在检验期间完成的令验船师满意的永久性修理，旨在消除必需批注的船级条件。

3.1.14 普遍腐蚀：系指在参考区域中含有超过 70%或更大范围的硬质和／或松脱的锈块腐蚀状态，包括点腐蚀，且伴随厚度减薄的证据。

3.1.15 过度腐蚀：系指超过允许腐蚀极限的腐蚀程度。

3.1.16 均匀腐蚀：呈现出无保护、松散的锈皮，均匀地产生于没有涂层保护的钢结构表面，锈皮连续脱落，暴露的金属又遭到腐蚀，一般在发生了严重的厚度损失后，其损失才能由外观看出。

3.1.17 点腐蚀：系指分散的腐蚀点／区域，其腐蚀程度大于周围区域的总体腐蚀程度。点腐蚀密度的定义见下图：

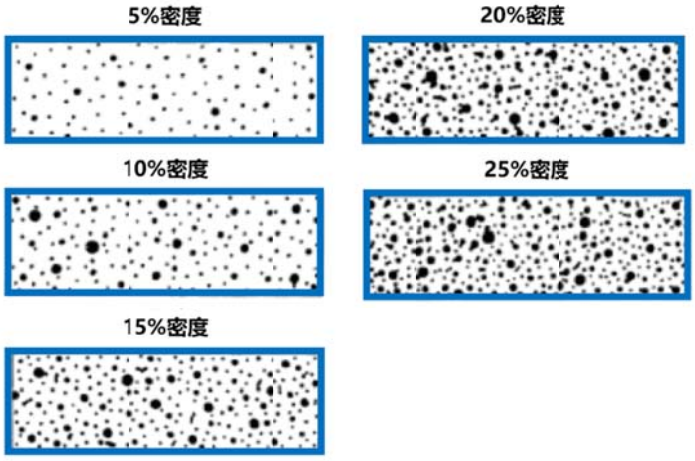


图3.1.17 点腐蚀密度图

点腐蚀一般是由于涂层局部剥落、舱内液体的冲刷造成的。严重点腐蚀会造成结构强度的减弱，更有甚者造成舱柜的密性破坏。发生点腐蚀后，金属微电池效应会使得点蚀部位腐蚀速率加快，进一步发展成为凹槽腐蚀。

3.1.18 凹槽腐蚀：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。凹槽腐蚀示意图见下图：

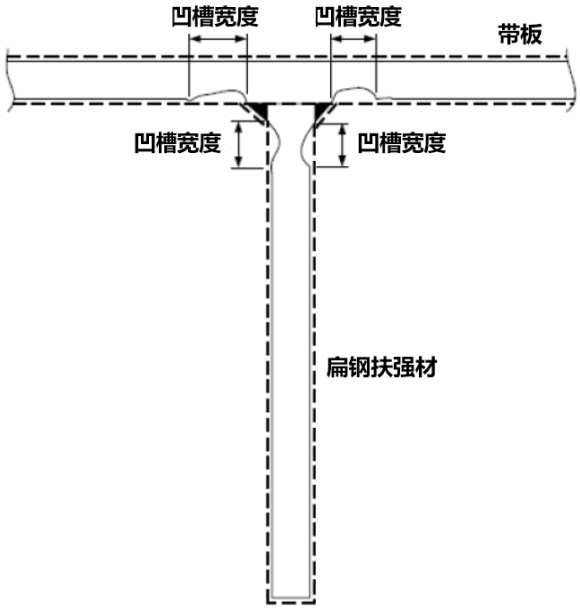


图 3.1.18 凹槽腐蚀

凹槽腐蚀一般发生在焊缝附近，特别是在焊缝的热影响区内，主要成因是焊缝金属和母材金属的电位不同造成的。凹槽腐蚀会导致应力集中并进一步加速腐蚀。

3.1.19 边缘腐蚀：系指板材、扶强材、主要支撑构件和开孔的自由边的局部腐蚀。

边缘腐蚀示意图见下图：

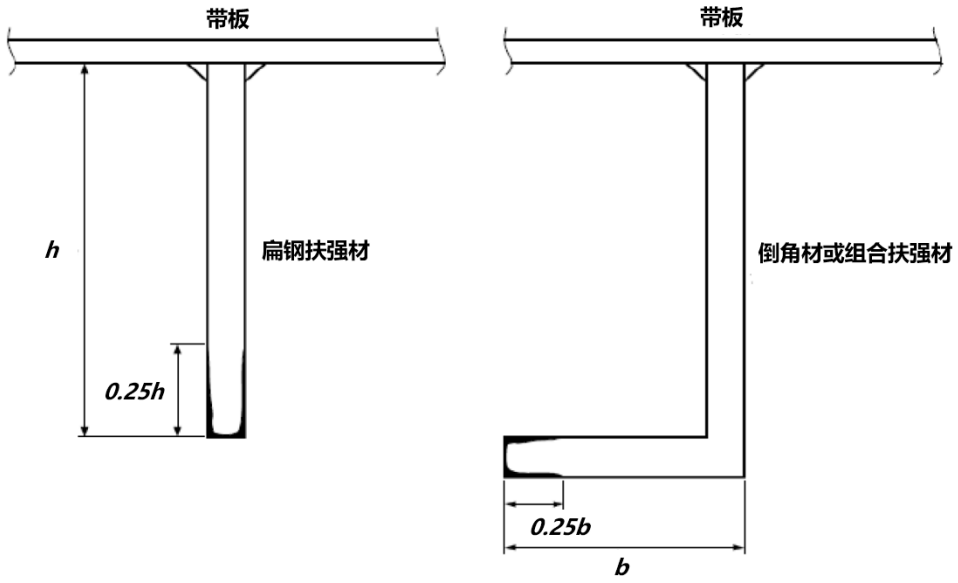


图 3.1.19 边缘腐蚀

边缘腐蚀一般发生在构件的自由边、开孔边缘等处。

3.1.20 主管机关：系指船旗国主管机关或者由主管机关认可的组织。

第 2 节 油船船级附加标志介绍

油船因其特殊性，CCS 相应地给出了不同的船级附加标志：

3.2.1 船舶类型附加标志

附加标志	说明	
Oil Tanker	油船	载运原油或石油产品的船舶，并按装运油类的闪点，分别加注： ①闪点超过60℃：F.P.＞60℃； ②闪点不超过60℃：F.P. ≤60℃
		对具有满足钢规规定间距要求的双壳，单甲板小尺度舱口，载运原油或石油产品的船舶，可加注标志“Double Hull”并用“，”与其分隔，如Oil Tanker，Double Hull。
Oil Barge	油驳	舱内装载原油或石油产品的驳船。
Oil FSV fixed at XXX Anchorage	固定锚地储油船	满足如下条件的浮式储油船： (1)双壳油船搁置，其货油舱及相关系统具备储油功能；

		(2)离岸不超过20海里，限定海域环境的固定锚地。 将授予该附加标志。

3.2.2 特殊性能附加标志

附加标志	说明	
ERS	应急响应服务	对于按船东与CCS预先签订ERS协议的，且已建立稳性与结构强度有关的数据库，一旦船舶处于紧急情况，如遭遇海上碰撞、搁浅、溢油等，应船东申请，CCS启动应急响应程序，按船东提出的要求提供包括破损稳性、破损强度与溢油的计算分析，为协助船舶脱离危险提供技术支持，为船东/船长最终决策提供参考意见。
ERS*	应急响应服务	对于船公司或船舶管理人与主管机关指定的ERS岸上服务机构签署ERS协议或声明的，如船东申请，可加注该标志。
CSR	共同结构规范	按共同结构规范设计和建造，加注在船型附加标志之后。
PSPC	保护涂层	授予特定处所满足IMO有关保护涂层性能标准的船舶，并后缀一个或多个B、C和V标志，其含义如下： B: 所有类型船舶专用海水压载舱处所施用的保护涂层 C: 原油船货油舱处所施用的保护涂层 V: 油船的空舱处所施用的保护涂层 注：B、C和V可以单独也可以组合使用。
MCRS	耐蚀钢	原油船货油舱按IMO MSC289(87)要求采用耐腐蚀结构钢替代保护涂层。

3.2.3 特殊设备和系统附加标志

附加标志	说明	
Emergency Towing Arrangements	应急拖带装置	配备了应急拖带装置的液货船，可授予该标志。
Loading Computer	装载仪	授予配备认可的装载仪的船舶，并后缀一个或多个S、I和D标志，其含义如下： S：该装载仪可用于各种装载工况下船体强度的计算及校核。 I：该装载仪可用于完整稳性的计算及

		校核。 D：该装载仪可用于破舱稳性的计算及校核。
Equipped with Single Point Mooring Connecting installation	配备单点系泊连接装置	按相关要求配备单点系泊连接装置的船舶将授于该附加标志。
IGS	惰性气体系统	船舶配备惰性气体系统装置。 注：“IGS”与“Inert Gas System”含义相同。
COW	原油洗舱系统	船舶设有原油洗舱系统，可加注该标志。
CBT	清洁压载舱	船舶设有清洁压载舱，可加注该标志。
SBT	专用压载舱	船舶设有专用压载舱，可加注该标志。 如果专用压载舱位于保护位置，在“SBT”后加注“PL”标志。
VCS	蒸气控制系统	装备符合规范要求(除VCS-T附加要求外)的液货舱货物蒸气控制系统的船舶，可加注该标志。
VCS-T	蒸气控制系统-中转	装备符合有关规范要求的液货舱货物蒸气控制系统的船舶，可加注该标志。

3.2.4 特殊检验附加标志

附加标志	说明	
ESP	加强检验程序	对国际航行的油船、油/散、油/散/矿、化学品、散货船、自卸散货船，该附加标志是必需的。接受加强检验程序的非国际航行油船、油/散、油/散/矿、化学品、散货船、自卸散货船，该附加标志由船东自愿选择，并注意船旗国特殊要求。

第 3 节 检验计划船东调查表的准备

3.3.1 确保船舶安全运营是船东的责任和义务，合格的检验控制是船舶营运风险水平管理的重要组成部分。良好的检验准备是检验到位的必要条件，检验开始以前，船东应准确了解相关检验要求、确定检验方案、提交检验计划船东调查表和 ESP 检验计划

并相应地做好检验准备。

3.3.2 检验开始前，验船师应详细查阅相关资料，包括船型特点、检验指南、历史损坏记录和类似船型历史损坏记录分析资料，并结合具体船型《检验指导书》（如有时），审批检验计划并确定检验范围、检验重点和检验实现方式。

3.3.3 所有具有 ESP 附加标志的油船的特检或按照特检范围（指 10 年以上的油船）进行的中间检验时，船东需要提交“检验计划船东调查表”，该调查表应在制定检验计划前提供给 CCS，检验计划船东调查表内容尽可能详尽，以便准确地完成检验计划的编制，指导检验的顺利开展。

3.3.4 检验计划船东调查表的格式参见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章附录 11B，至少包含以下信息：

3.3.4.1 船舶概况；

3.3.4.2 提供近观检验和测厚的接近结构的措施；

3.3.4.3 货物历史记录，记载最近 3 年内装运具有 H_2S 含量的货物或加热货物历史，连同货物是否加热的证据和物质安全数据单(MSDS)（参照 MSC.150(77)《MARPOL 附则 I 货物和船用燃油的物质安全数据单的建议案》）（如有）；

3.3.4.4 至少过去 3 年间的船东自查项目表，该项目表应充分涵盖所有的压载舱、空舱和货油舱（货油 / 压载兼用舱视为压载舱）的涂层保护、涂层状况、结构缺陷和结构损坏历史，结构缺陷和结构损坏历史应详细描述并作为本调查表的有效组成部分。需要注意的是，不论首尖舱是否为压载水舱，检查结果均应写入调查表；

3.3.4.5 PSC/FSC 检查中发现的船舶结构方面缺陷的详细报告；

3.3.4.6 安全管理体系中有关船舶结构维护保养方面不符合项的详细报告；

3.3.4.7 认可的测厚公司名称和地址——CCS 认可的船体测厚公司清单可以从 CCS 网站中获取；

3.3.4.8 船公司认为必要的其它资料。

第 4 节 检验计划的准备

3.4.1 计划的检验开始前，船东会同 CCS 编制检验计划。检验计划批准以后，检验才能正式开始。检验计划详见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章附录 11A，至少包括以下内容：

3.4.1.1 检验状况和基本的船舶资料；

3.4.1.2 检验报告档案和支持性文件，包括结构检验报告、船体状况评估报告、测

厚报告、检验计划、货油舱和压载舱的主要结构图（对 CSR 船舶，这些图应包括每一结构构件的建造厚度和换新厚度）、以前的修理史、装货和压载史、船员检查记录、惰性气体的使用范围和洗舱程序等；

3.4.1.3 涂层和防腐系统的历史和规格说明；

3.4.1.4 检验条件（如有关清洁、除气、通风、照明等资料）；

3.4.1.5 接近结构的措施应按照 CCS 钢规要求作出安排，在检验开始前，这些设施应经过适当的检查和评估，确保检验安全和到位；

3.4.1.6 相关检测和安全设备如测厚仪器、无损检测设备、可使用的测爆仪、测氧仪、呼吸器、救生索、攀登带及其绳索、钩子和哨笛及其使用说明和指导等，并应提供安全检查清单；

3.4.1.7 检验范围和检验要求，CCS 钢规给出了最低的全面检验和近观检验范围要求，在检验调查表的基础上，如舱室涂层状况差、发现结构缺陷、修理记录表明多次发现结构缺陷或其他同型船表明某处所可能发生缺陷，全面检验和近观检验的范围应适当扩大，扩大部分应详细列出；

3.4.1.8 舱室结构试验要求，CCS 钢规给出了最低的舱室结构试验的范围和要求，如舱室发现变形、皱折、裂纹、过度腐蚀或大面积修理，舱室结构试验范围应适当扩大，扩大部分应详细列出；

3.4.1.9 测厚范围的确定，CCS 钢规给出了最低的测厚范围要求，在检验调查表的基础上，如舱室出现普遍腐蚀、显著腐蚀、屈曲变形或其他同型船表明某处所可能发生结构加速或过度腐蚀的，测厚范围应增加，增加部分应详细列出；

3.4.1.10 船体结构腐蚀磨耗控制值，CCS 给出各种结构腐蚀的极限值；

3.4.1.11 确认《检验计划船东调查表》所载测厚公司情况是否有变动；

3.4.1.12 本船和同型船舶结构损坏的历史资料，该资料是确定检验重点的重要组成部分，船东应尽可能收集相关资料；

3.4.1.13 检验历史表明的结构显著腐蚀区域；

3.4.1.14 关键结构区域和可疑区域；

3.4.1.15 其它相关文件。

第 5 节 船级建造后检验介绍

3.5.1 船级检验的安排

3.5.1.1 油船的船级检验的目的是确认船体结构和机电设备状况满足预定用途，加强检验计划 ESP 主要是为了评价涂层状况和结构项目腐蚀程度，确认何时涂层状况不再保持“良好”和结构项目产生显著腐蚀。

3.5.1.2 资料收集和核查。每次检验前验船师应尽可能收集和查阅各种资料以指导检验的开展，除了在检验计划准备过程中按照 CCS 钢规第 1 篇第 5 章 5.1.6.5(2)②条规定收集的文件外，在检验实施时需收集的文件至少还应包括：

(1) 装载手册和装载仪；

(2) 石油组织的检查记录以及其它相关方的检查报告；

(3) 批准的加强检验计划；

(4) GBS 油船建造档案：

SOLAS 公约第 II-1 章第 3-10 条规定：船长为 150m 及以上的下列油船：①2016 年 7 月 1 日或以后签订建造合同；②无建造合同，2017 年 7 月 1 日或以后安放龙骨或处于类似建造阶段；或③2020 年 7 月 1 日或以后交船，必须满足《散货船和油船目标型船舶建造标准》(GBS)，并且应在新船交船时提供一份具有关于如何在船舶设计和建造中应用 GBS 标准功能要求的具体资料的船舶建造档案(SCF)，将其保存在船上和／或岸上，并在该船的整个营运期内予以适时更新。船舶建造档案限于保留在船上的项目，应在船上可获得；

(5) CAP 报告（如有时）；

(6) 任何其它必要和有用的信息。

3.5.1.3 除此之外，油船因其风险性较高，CCS 和各相关组织还制定了十分详细的各种规定，与一般货船相比，与油船检验相关的需要保存在船上的资料还包括：

(1) 需要批准的手册，应船东要求并经主管机关授权，CCS 可以批准相关手册：

①油污应急计划／防止海洋污染应急计划（SOPEP，如载运货品列明在 MARPOL 公约附则 II 中，则为 SMPEP），5,000DWT 及以上油船的应急计划中应包括岸基电脑计算程序协议；

②油类记录薄（格式一：机器处所／格式二：货物区域）；

③原油洗舱手册，适用时（应注意需要在装运原油后的第三个航次或第一次载运原油后的一年内提供 COW 效果测试报告，取晚者。根据 A.446(XI)决议 4.2.11 条要求，姊妹船可以经主管机关同意后基于第一条船的验证报告免除原油洗舱验证）；

④船舶应急响应服务相关文件，适用时；

⑤排油监控装置(ODME)操作手册；

⑥STS 手册，适用时；

⑦原油船 VOC 管理计划。

(2) 证明文件：

①货物软管／货物管系试验证明（按 ISGOTT 要求，每年进行绝缘测试）；

②油分计以及排油监控系统的有效检测证明（一般为每 5 年）；

③液货船压力调节阀（油船为 P/V 阀(Pressure/ Vacuum Valve，压力／真空阀)和 P/V Breaker（压力／真空断开装置））压力设定；

④应急拖带装置的产品证书。

(3) 有关石油组织／石油公司的要求请参见第 8 章。

3.5.1.4 检验计划会议

(6) 在检验之前和检验期间，现场验船师和船上船东代表要做好适当准备，进行密切合作，这是执行安全有效检验的重要方面。在船上检验期间应定期召开安全会议；

(7) 为确保检验能安全有效地进行，应在换证和中间检验的任何部分开始之前，召开由现场验船师、现场船东代表、测厚公司测量人员（适用时）和船长或由船长或公司指派的具有相应资质的代表参加的检验计划会议，以确定检验计划中预见的所有布置均已到位；

(8) 会议中应涉及的项目明示清单如下：

①船舶计划（即航线、进坞和出坞操纵、靠泊时段、货物和压载作业等）；

②测厚的规定和布置（即通道、清洁／除垢、照明、通风、人员安全）；

③测厚范围；

④认可标准（参见最小厚度表）；

⑤考虑了涂层状况和可疑区域／显著腐蚀区域后确定的近观检验和测厚范围；

⑥测厚实施；

⑦总体上和发现不均匀腐蚀／点蚀之处的代表性读数的采集；

⑧绘制出显著腐蚀区域；和

⑨现场验船师、测厚公司测量人员以及船东代表之间就发现的相关问题进行沟通。

3.5.1.5 舱室检查要求

(1) 不同类型检验对舱室的检查要求不同，具体请参见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 4 节和第 6 节。根据船舶状况的不同，如舱室涂层状况差、发现结构缺陷、修理记录表明多次发现结构缺陷或其他同型船表明某处所可能发生缺陷，全面检验和近观检验的范围应适当扩大，扩大部分应详细列出。

3.5.1.6 测厚范围及要求

(1) 不同检验对结构测厚范围要求不同，检验中应重点关注对普遍腐蚀、显著腐蚀和近观检验区域的测厚要求，具体请参见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 4 节、第 6 节和 CCS《船体测厚指南》。根据船舶状况的不同，如舱室出现普遍腐蚀、显著腐蚀、屈曲变形或其他同型船表明某处所可能发生结构加速或过度腐蚀的，测厚范围应增加，增加部分应详细记录。

3.5.2 船级检验的注意事项

3.5.2.1 船级检验包括年度检验、中间检验、特别检验、船底外部检查（坞内检验）、损坏和修理检验等。

3.5.2.2 年度检验。与一般干杂货船相比，油船检验更加关注货物维护和处理系统的检查，主要包括：

(1) 露天甲板区域的检查：

①货油舱开口以及关闭装置的检查，包括耐油橡胶垫和观察孔处金属防火网的检查，舱盖板与舱口围板的腐蚀情况，关闭装置是否齐全。金属防火网是一种装在开口附近的防火装置，镶有一层或多层可有效地防止火星窜入油舱或通风开口的抗烧金属丝网，能在短时间内防止火焰通过。一般来讲，防火网是用不锈钢或铜制作的，只要能有效阻止火焰通过并保证加装了带防火网的空气管头以后的流通面积不小于管截面积的 1.5 倍，均可以被接受，目前常用的有中国的船舶工业标准—油舱透气管金属防火网应为 $12\times12/cm^2$，若使用双层金属防火网，规格为 $8\times8/cm^2$，该标准略高于 USCG 的相关标准。金属防火网应该使用每平方英寸 30 目以上的金属网，若使用每平方英寸 20 目的则必须使用双层金属防火网，两层之间的间隔为 12.7mm~38.1mm；

②检查货油舱的 P/V 阀和 P/V Breaker，P/V 阀和 P/V Breaker 压力设定的证明文件应保持在船上，检查金属防火网的完好性；

③所有燃油舱、含油压载舱、含油污水舱和空舱透气管上金属防火网的完好性检查；

④检查甲板上所有管系，包括货物驱气、除气和通风管系、透气管系（含透气桅和透气管头）等的外观完好性检查。检查中还应关注管系穿越处甲板是否有裂纹产生；500 总吨或以上载运货品闪点不超过 60□的油船，应设有一套辅助透气系统，该透气系统可以通过装设第 2 套透气管系或在第一套透气管系外装设额外压力传感系统实现；

⑤尽实际可能进行货油管系、原油洗舱管系和燃油管系的外观完好性检查，包括管路上的阀门、泄水装置与为防止静电放电危害而设置的接地搭接片；

⑥检查货舱管系的快速切断和阀件的检查；

⑦500 总吨或以上载运货品闪点不超过 60□的油船安全通往船首通道，检查其完整性包括栏杆、支柱和链条，注意通道应全部采用阻燃材料；

⑧20,000DWT 或以上油船应急拖带装置的检查，包括回收装置、短拖索、防擦装置、导缆装置、拖力点和滚轮托架，并确认回收装置的指示浮标具有指示灯并处于随时可用状态。

(2) 货泵舱和管隧（如有时）的检查，重点关注结构完整性—如是否存在油类渗漏痕迹／是否变形／穿过泵舱的轴封完整性、可燃气体探测仪的安装位置和效用试验、货泵壳体的密封性能、泵舱海底阀及附连短管的完好性；

①检查泵舱内和附近区域没有潜在着火源存在，主要关注泵舱和附近区域的清洁、起吊设备的良好固定、泵表面和舱壁限界面是否有渗漏、出入口梯子是否完好等；

②尽可能对泵舱内所有管系进行外观检查，确认安装在货油管路上的压力表和液位指示系统状况良好，压力表已定期校对；

③检查泵舱通风系统，确认通风管路完好、通风档板活络、金属网状况良好，同时进行通风系统效用试验；

④尽可能检查各类管系，确认法兰端没有渗漏，检查舱底泵的底座，同时确认舱底泵的就地控制、遥控和切断装置状况良好；

⑤检查泵舱前后舱壁，确认是否有渗漏痕迹或结构损坏，关注穿过舱壁的轴封是否有渗漏痕迹；

⑥500 总吨或以上载运闪点不大于 60°C 货物的油船，检查轴封温度传感装置以及相关的声光报警状况良好；

⑦500 总吨或以上载运闪点不大于 60°C 货物的油船，舱底水位监测报警系统效用试验；500 总吨或以上载运闪点不大于 60°C 货物的油船，连续易燃气体监测系统，一旦易燃气体浓度达到预先设定的不高于 LEL 下限的 10%，应能自动激发布置在泵舱、轮机控制室、货物控制室和驾驶室内的连续声光报警信号，以引起值班人员的警觉；对于 2002 年 7 月 1 日以前建造的油船也可以接受已经安装好预先设定的不高于 LEL 下限 30%的检测系统，其声光报警也可以仅设置在货泵舱和货物控制室内；

⑧500 总吨或以上载运闪点不大于 60°C 货物的油船，所有货泵舱的主照明应与通风连锁，即开启照明前就开始通风，对于 2017 年 7 月 1 日以后签定建造合同的船舶，照明开启前要求通风系统至少已运行 5 分钟，照明开启以后通风系统失灵不应使照明熄灭；

⑨泵舱应急照明的检查；

⑩泵舱内固定式灭火系统的检查，适用时对所有外部开口的遥控关闭装置进行效用试验。

(3) 其它：

①上次 ESP 计划和相关文件如 EHS 等的检查，确认舱室内部检查范围和程度；

②固定式甲板泡沫灭火系统的检查，当泡沫系统开启时，应不影响水消防系统的正常使用；

③检查海水压载舱内的防腐系统；

④2005 年 1 月 1 日或以后安放龙骨的 500 总吨或以上的油船，舱室内部检查时确认永久性结构通道状况良好；

⑤适用时，检查操舵系统单个故障的有效隔离设施；

⑥检查货物总管上压力表和货舱液位指示系统的完好性，各货油舱液位指示系统包括人工测深装置；

⑦确认危险区域的所有电气设备得到了很好地维护保养，状况良好；

⑧惰性气体系统(IGS)的检查(请参见本指南第 5 章第 6 节内容)，注意对惰性气体洗涤塔和甲板水封的舷外排出口的检查；

⑨2 套便携式油气探测仪、2 套可燃气体探测仪，对于有 IGS 的油船还应配 2 套氧气含量分析仪，检查状况良好，定期检测证明保存在船上；

⑩双壳体内以及首尖舱内（如首尖舱可以与其它舱柜同时进行压载水的压载／排放操作）便携式或固定式可燃气体探测仪的检查；

⑪蒸气控制系统等，如适用。

3.5.2.3 中间检验。中间检验代替了其中一次年度检验，因此年度检验的所有要求均应满足。除此以外，还应满足舱室内部检查要求，具体参见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 4 节和第 6 节。

(1) 船龄小于 10 年的油船：

①尽可能检查甲板上所有管系，包括货物处理管系、原油洗舱管系、燃油管系、压载管系、蒸气加热管系、货物通风／透气管系（含透气桅和透气管头，适用时应关注通风管系的排空装置的检查）。检查中如发现某些管系存在明显缺陷，如局部厚度严重减薄或严重点蚀，应进行相关管系的压力试验或测厚并作好记录。

②货物区域通风系统的备件应检查，包括双套系统、备用马达和叶轮等。

③气体危险区域电路绝缘测量的检查，如船方保存有连续的绝缘测量记录，检查后

未发现问题，可不必要求测量。

④船龄 5-10 年的双壳油船应对代表性的压载舱进行内部检查，如检查未发现明显的结构性缺陷，则检查可仅局限于对其硬涂层保持“良好”状态的确认。检查中如发现舱室涂层状况差、结构缺陷、修理记录表明多次发现结构缺陷或其他同型船表明某处所很可能发生缺陷，应安排近观检验并作好记录。压载舱如存在下列情况之一时，应提出备忘，要求在随后的年度检验安排内部检查，根据内部检查结果确定是否需要进行测厚：

a. 在建造时未使用硬保护涂层，或；

b. 使用软涂层或半硬涂层，或；

c. 在舱内发现显著腐蚀，或；

d. 发现硬保护涂层未达到“良好”状况，且该涂层未进行验船师满意的修补；

e. 除前述要求以外，以前各检验中确定的所有可疑区域应进行检查。

⑤对于以前检验中发现的结构可疑区域安排检查和测厚，结合检验确定新的可疑区域或极可能发生腐蚀加速的区域。

(2) 10 年或以上船龄油船的中间检验需要按照上次特检范围进行，除非验船师认为有必要，如舱室出现较多结构缺陷或上次总纵强度评估表明强度裕量较少等，可不必安排总纵强度评估和舱室结构试验。

(3) 20,000DWT 及以上的油船，自其第 3 次特别检验起，船体中间和特别检验中对货物长度区域范围内的液货舱、隔离舱、货泵舱、管隧、空舱以及所有压载舱的船体结构和管系系统的检验应至少由 2 名具有资格的专职验船师同时登轮，共同执行。

3.5.2.4 船底外部检查（坞内检验）

(1) 在每 5 年进行的特别检验周期内，至少应进行两次船底外部及有关项目的检验。其中一次应结合特别检验进行。在所有情况下，任何两次检验的间隔不应超过 36 个月。

(2) 中间检验一般结合坞检进行，对于船龄小于 15 年的油船，结合中间检验进行的船底外部检查可以用水下检验代替。船龄 15 年及以上的油船，结合中间检验进行的船底外部检查必须是坞内检验。

(3) 特检和按照特检范围进行的中间检验允许分步进行，轻载水线以下区域近观检验和测厚应当在坞内检验时一并完成，如某舱室同时具有轻载水线上下部分，该舱室的近观检验和测厚工作应同时在坞内检验结束前完成。

(4) 油船的坞内检验除满足一般船舶的坞内检验要求以外，还需要重点关注 IGS 洗涤塔和甲板水封的水下排放口附近的详细检查。

3.5.2.5 特别检验（包括按照特检范围进行的检验）

(1) 除年度检验要求的项目以外，特别检验应结合坞内检验同时进行，在干坞内的检验是特别检验的一部分。特别检验时舱室检查要求以及测厚请参见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 4 节和第 6 节。特别检验到期日之前 15 个月内的测厚报告如经验船师确认，可以接受作为这次特检的测厚结果。

(2) 船长 L≥65m 的油船，船中 0.4L 区域内在甲板处和船底处的船体梁剖面模数，应不小于 0.9 倍的 CCS 钢规所要求的船体梁剖面模数。剖面模数的计算应采用 CCS 认可的软件(COMPASS)进行。对于船长 L≥130m 及以上且船龄 10 年以上的油船，应在特别检验期间，根据实际情况，以构件的测量厚度或换新厚度或加强厚度为基础，根据要求对船体梁的总纵强度进行评估，评估详细技术要求请参见 CCS 钢规第 1 篇第 5 章附录 1 和附录 2 的规定。

(3) L≥130m 的油船应首先根据测厚报告计算甲板剖面静矩，如与设计数值比较减小量均小于 10%，则不必进行剖面模数的校核；任一剖面的甲板静矩减少量大于 10%，则必须安排甲板和船底的剖面模数校核。如校核结果不满足要求（即小于钢规要求值的 90%），应在船中 0.5L 范围内选取多个横剖面，这些横剖面应能包括货物区域所有压载舱和液货舱，需要割换时，纵向构件的换新长度不得小于 2 档强框架，如经特殊考虑采用覆板措施，原处于显著腐蚀区域的板应先予换新。

(4) 为了总纵强度评估而安排的剖面结构测厚，应完全满足 CCS 钢规的相关要求，横剖面应选取在怀疑厚度减薄最大的区域，并尽可能避开已局部换新或加强的区域，注意在每一横剖面上甲板向下 0.1D 范围和从船底板向上 0.1D 范围（D 是船舶的型深）区域内的每根纵骨和桁材上的腹板和面板进行测量，且在纵骨之间的每一块板应至少测量 1 点。

(5) 需要注意的是，船龄 10 年以上的船所有特检或按照特检范围进行的检验，全船露天区域所有透气管头要求作全面检验（包括外部和内部）。对于设计成不能从外部对其内部进行适当检查者，则应将其头部从空气管上卸下，以确认其状况良好。对 5 年内已换新过的空气管头部可免于检查。

3.5.2.6 结构损坏和修理检验

(1) 当影响船级或可能影响船级的海损发生时，船东应及时申请 CCS 损坏检验，以便确定损坏的程度和必要的修理。不适当的延误或漏报会导致船舶船级的暂停、取消，也会导致 ISM 体系方面的不符合项产生。缺陷的描述应详细并尽可能辅以草图、图纸、照片等。任何与超过允许极限的结构蚀耗有关的损坏（包括屈曲、凹槽、脱开或断裂）或大面积区域的蚀耗超过允许极限，并影响或验船师认为将影响船舶的结构、水密或风

雨密完整性时，均应进行立即彻底修理，重点关注如下区域：

①舷侧结构和舷侧板

②甲板结构和甲板板

③船底结构和船底板

④水密舱壁

⑤内底结构和内底板

⑥内侧结构和内侧板

⑦纵向舱壁结构

(2) 检查中发现缺陷以后，应尽可能对缺陷发生部位类似构件以及类似位置安排进一步检查，有条件时应使用磁粉探伤、着色等手段。如在发现上述缺陷的港口完成上述修理有困难，经 CCS 同意，可允许船舶直接驶往有能力的修理港口完成上述修理。可能要求船舶为该修理航次卸除货物和／或进行临时性修理。如上述提及的结构损坏是局部的且不会影响到船舶结构完整性并已妥善处理，则验船师可考虑允许进行适当的临时性修理以确保水密或风雨密完整性，并按要求给出特定期限要求的船级条件。

(3) 检验中如发现结构缺陷属于船舶管理或维护保养不当而产生，验船师将向总部报告缺陷内容，如该船 ISM 证书由 CCS 签发，缺陷报告将被进一步分析，根据缺陷报告分析结果确定是否需要安排 ISM 的附加审核；如该船 ISM 证书不是由 CCS 签发，缺陷报告将转发 ISM 证书的签发机构。

第 6 节 法定检验

3.6.1 目前 CCS 接受了众多国家和地区的法定检验授权，法定检验授权范围涵盖了 SOLAS 公约、LL 公约、COLREG 公约、ILO 公约和 MARPOL 公约等的各个部分。

3.6.2 根据 CCS 入级规则的规定，船级检验同时与法定检验协调，因此，实施法定检验时，一般也同时进行船级检验。如船级特别检验周期因船舶技术状况或结构强度等原因而被限制在少于 5 年时，法定证书换证检验的间隔期应与船级特别检验的间隔期一致，相关的法定定期检验也作相应的调整。

3.6.3 法定检验的周年日决定了年度、期间、换证检验的时间，如船舶的年度、期间或换证检验在规定的时间窗口前（即周年日的前 3 个月之前）完成时，检验的周年日应进行相应的修正，确保各类定期检验的实施不超过规定的期限。

第 7 节 CAP 检验

3.7.1 状态评估程序(简称 CAP)是为申请人提供的与入级无关的技术服务。是根据详细检查、厚度测量、强度计算和性能测试等对船舶实际状态进行等级划分的一项独立和完整的评定。

3.7.2 CAP 适用于船龄为 15 年及以上的油船，其他船龄的油船也可参照使用。

3.7.3 CAP 的目的是为申请方提供一个与结构强度、机械设备和维持船舶寿命等有关的船舶实际状态技术文件和声明，可供货主和／或有关方进行新的租赁或届满更新时使用。

3.7.4 CAP 也可为以下方面提供合理的技术依据：

3.7.4.1 延长船舶的使用寿命而进行的修理和保养；

3.7.4.2 船舶买卖。

3.7.5 CAP 一般由 2 个模块构成，一个是船体结构状态评估程序(HCAP)，另一个是机械状态评估程序(MCAP)。申请方视其需要，可选全部，也可选其中之一或一个模块中的一部分，但均需在申请书上予以说明。

3.7.6 有关 CAP 检验的具体要求，请参见 CCS《现有船状态评估(CAP)指南》。

第 4 章 船体结构检验

近年来，随着结构研究的不断深入，结构检验技术得到了长足的发展，充分理解结构受力特点和结构腐蚀机理，准确掌握结构检验的要求，是开展船体结构检验的前提。

第 1 节 船体结构检查

4.1.1 结构载荷

4.1.1.1 油船甲板区域构件主要承受总纵弯曲应力以及货物和海浪引发的横向载荷，其中甲板区域由于距离中和轴较远，所受的弯曲应力较大，对于甲板面上的机器设备，甲板上浪及波浪砰击等局部载荷也应考虑。

4.1.1.2 船底区域的构件主要承受船体梁本身的纵向弯曲应力，以及货油、压载、海水压力等周期性的局部载荷，由于船底区域距离中和轴较远，所受的弯曲应力也较大。船底结构所受的横向载荷主要在交替使用边舱和中舱时比较明显。

4.1.1.3 舷侧及纵横舱壁结构主要承受舱室内部的抨击载荷以及外部的波浪载荷等动力载荷，其中舷侧和纵舱壁结构作为船体梁的腹板还沿船长方向承受并传递剪切力，而横向舱壁及横向强框架结构则承受并传递横向剪切力。

4.1.1.4 船首主要承受砰击和甲板上浪的影响，检验重点在于轻载水线以上至首楼或首部甲板板区域。尾部更多地考虑振动和空泡腐蚀对结构的影响，检验时应重点关注结构腐蚀情况和各类管线舷外排出口的状况。

4.1.1.5 船体结构的受力通常是各种因素综合作用，充分认识到这一点对于检验大有裨益。

4.1.1.6 准确了解和掌握结构受力情况对于准确判定结构检验重点、关键结构区域、结构硬点和结构热点十分重要，检验中应充分按照 CCS 钢规、结合船舶的检验指导书（如有时）、船体结构建造监控计划(CMP)、历史维护和修理资料分析，发现和判断结构缺陷可能产生区域、结构缺陷类型、缺陷成因以及缺陷处理要求。

4.1.2 结构缺陷成因及分析

4.1.2.1 油船结构检验主要确认船体结构强度、结构和密性完整性，其关键在于准确理解结构的受力情况、损伤模式和损伤原因，重点把握疲劳损伤尤其是高强度钢的疲劳损伤特性。

4.1.2.2 结构缺陷成因多种多样，主要有设计缺陷、材料缺陷、工艺缺陷、焊接缺

陷、疲劳、恶劣天气、不合理装卸载和不正确地海上压载水调换操作、触碰等等。

4.1.2.3 缺陷的表现形式主要有材料蚀耗、屈曲、凹陷、变形和裂纹损伤。这些缺陷通常是各种因素共同作用而产生的，并会相互影响，比如裂纹常常产生于焊道的起止端，扶强材的圆角或构件交接处等存在潜在焊接缺陷的部位；结构过度腐蚀，厚度减薄的结构件在受到外力作用时，其防挠和防裂的能力下降，从而导致大量裂纹和屈曲等缺陷的产生；屈曲较大的板材容易使防腐涂料分层、脱落，以致产生严重的腐蚀现象。

4.1.2.4 典型结构缺陷种类分布具体见下表：

典型结构缺陷种类及位置分布 表4.1.2.4

项目	腐蚀	屈曲	裂纹
纵向构件	-甲板板及甲板纵骨 -构件连接焊缝区域，尤其甲板板及甲板纵骨连接处 -构件端隅及流水孔 -纵舱壁上的纵骨 -底板纵骨面板折边 -船底板尤其吸口附近 -纵舱壁板	-主甲板 -主甲板纵骨 -船底板 -底板纵骨 -纵舱壁板上部和下部 -甲板和船底桁材	-构件连续间断处 -开口及切口处 -与横向构件连接处
横向强框架	-上端与甲板相连处 -顶部涂层下端 -底部构件的折边	-腹板 -肘板 -折边 -交接梁	-与纵向构件连接处 -肘板趾端 -开口处 -连接平板
横向舱壁	-上端与甲板相连处 -桁材腹板 -桁材开口处 -高应力区域	-水平桁材腹板 -桁材之间的肘板 -垂直扶强材腹板 -槽型舱壁板	-与纵向构件连接处 -肘板趾端 -桁材之间的连接处
防荡舱壁	-上端与甲板相连处 -桁材腹板 -桁材开口处 -高应力区域	-水平桁材腹板 -桁材之间的肘板 -垂直扶强材腹板 -开口附近的舱壁板	-与纵向构件连接处 -肘板趾端 -桁材之间的连接处

4.1.2.5 结构腐蚀简介

(1) 总体而言，腐蚀分为全面腐蚀和局部腐蚀。均匀腐蚀是一种危险程度较小的腐

蚀，在设计时比较容易控制，营运过程中通过 CCS 认可的测厚评估软件评定平均腐蚀速度。实际上船体结构更多的是局部腐蚀，局部腐蚀又分为点腐蚀、凹槽腐蚀和边缘腐蚀。

(2) 综合比较各种影响油船结构安全的因素，对于油船船体结构影响最大的还是腐蚀问题，由于油船船型及所载货物的自身特点，腐蚀现象出现的比较普遍，掌握油船结构腐蚀的机理和规律，可以高效地进行船舶结构检验，也为船东进行结构维护，保养及修理提供必要的参考。

(3) 传统未采用 PSPC 保护涂层的船体舱室结构的腐蚀分为以下三个阶段，见下图：

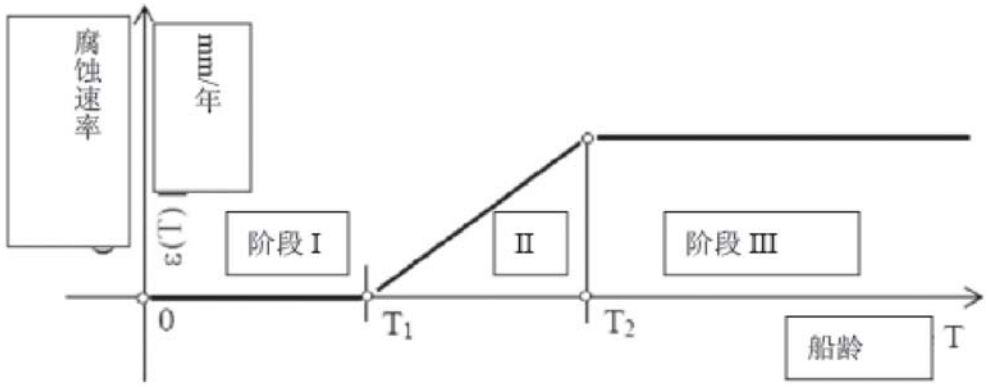


图4.1.2.5(3) 腐蚀速率图

在船舶营运的第一阶段，由于涂层状况良好，结构基本上无任何腐蚀。随着时间的增加，结构腐蚀进入第二阶段，腐蚀涂层保护能力减弱，结构的腐蚀速率呈指数分布函数迅速增加。第三阶段，结构保护涂层完全损坏，结构腐蚀速率达到最大值。根据大量老龄船舶的测厚数据分析显示，第一阶段的时间约为 0-10.54/11.49 年，第二阶段为 10.54/11.49 年-19.73/28.10 年。

(4) 特别应该注意的一个问题是，各船级社对结构的最大许可腐蚀极限要求是不一样的，与船舶设计建造时所采用的规范计算方法及裕度有关，最大许可结构腐蚀极限与船舶适用的规范是相匹配的。

(5) 腐蚀问题是油船结构维护保养的重点，总结分析其规律性，一方面有利于制订合理的日常维护保养计划，另一方面也有利于进行针对性的检验，从而保障结构的安全。归纳起来，影响油船结构腐蚀的因素主要有以下几个方面：

①洗舱的次数

a.增加洗舱次数会加快液舱的腐蚀速度。对于没有涂层的液舱，经常有可能看到在原油清洗机的直接冲击线路上有腐蚀线条。

②货油的成分和特性

a.装运原油会在与货油接触的液舱表面涂上并在卸货后保留“蜡质”或“油质”的薄膜。这层薄膜会减少腐蚀。黏度较低的货油如汽油则不会留下类似的薄膜；

b.装运高含硫量的原油会造成高速普遍腐蚀和液舱舱底点腐蚀。通过与水发生反应，许多硫化物会形成强腐蚀性的酸。这通常意味着卸货后的水底是酸性和腐蚀性的。

c.装运高含水量的货油会加快腐蚀速度；

d.装运高含氧量的货油（如汽油）会导致快速腐蚀；

e.装运低 pH 值（酸性）的货油会导致快速腐蚀。

③压载时间

a.对于涂层开始失效的压载舱，腐蚀在压载时间内增加。

④微生物引起的腐蚀

a.微生物引起的腐蚀是正常流电腐蚀过程和微生物新陈代谢的结合。微生物代谢物的存在产生了促进正常流电腐蚀的腐蚀性环境；

b.对于长期装满污染压载水的液舱，微生物引起沟槽或点腐蚀的可能性增大。微生物会穿透微孔并加速涂层破裂和感染区域的腐蚀。用清洁（开阔海域）咸水冲洗之类适当的程序有助于减少此类腐蚀的可能性；

c.货油通常包含的残水会含有微生物，导致液舱底部或其他有可能积水位置产生微生物引起的腐蚀；

d.用杀灭剂进行休克处理来杜绝这些微生物是可用于货油舱和压载水舱的一种方法。此外，定期用清水冲洗也有助于降低微生物引起腐蚀的可能性。对涂层完整性进行适当维护或者对无涂层的表面进行喷砂和涂覆可以是处理微生物引起腐蚀问题的有效方法。

⑤空载液舱的湿度

a.空载液舱（如装运航次中的专用压载舱）的湿度会很高，并由此极易产生普通大气腐蚀，特别是在此期间用以控制腐蚀的阳极失效情况下；

b.当液舱处于空载状态（如闲置）的时期延长时，应考虑在液舱内保持低湿度大气以尽可能减少腐蚀；

⑥相邻燃油舱或货油舱的温度

a.装运加热货油会导致加热货油舱与空载压载舱之间舱壁的压载舱一侧普遍腐蚀速度加快。这也适用于加热燃油舱的相邻液舱。

⑦涂层破裂

完好无损的涂层可防止钢材表面产生腐蚀，但是：

a.涂层的局部缺失（由于涂层损耗、恶化、损坏等）会导致腐蚀速度类似或高于无涂层钢材；

b.涂层漏涂或局部破裂会导致点腐蚀速度高于无涂层钢材；

c.所要求的按适当间隔期进行的定期检验和涂层修理对于尽量减少涂层损坏很有效。

⑧阳极的位置和密度

a.舱底水中浸没的阳极可以提供防止舱底腐蚀的保护；

b.阳极对于降低甲板下腐蚀速度无效；

c.适当设计的高电流密度系统可提供更好的防腐保护；

d.阳极上的电绝缘或涂层、油膜等可使阳极失效；阳极的异常低磨损速度会显示这一状况。

⑨液舱的结构设计

a.高速排放的影响会导致无涂层表面的缺口和其他一些结构细节附近的腐蚀增加；

b.水平内材和其他细节会积水并导致无涂层表面的腐蚀速度增大；

c.低牢固度的设计（如尺度减少和扶强材间距增加）会由于挠曲效应增加腐蚀，造成鳞皮脱落或涂层缺失；

d.便于排放的倾斜舱底（如双层底舱）会由于完全排干舱底水而减少舱底腐蚀。

⑩气体惰化

a.舱内余位中由于气体惰化而减少氧气含量会减少顶部表面的腐蚀；

b.废气惰化中的氧化硫会由于形成腐蚀性的硫酸而导致腐蚀加速；

⑪航线

a.由于航线造成船舶一侧受阳光照射可造成受影响边舱的腐蚀增加；

b.由于高腐蚀产生时阳极极化时间的不足，使短期航行中用于保护压载舱的阳极可能失效；

⑫压载水舱和货油舱的结构加速腐蚀

a.数量有限但又相当多的双壳油船已经查明遭受了货油舱和压载舱区域的加速腐蚀。现已基本一致认为，加热货油保持装载温度时间过长的“暖瓶效应”造成货油舱和压载水舱内环境从腐蚀角度来看更有侵蚀性（随着温度升高，腐蚀活动增加——压载舱内的暖湿含盐大气、货油舱上部蒸气处所的酸湿度和货油舱舱底区域的暖水与摄取钢材的微生物——这些都是促进腐蚀的因素）；

b.如果腐蚀在检验中没有查出，液舱的完整性会有损失且油会漏入双壳处所（增加污染和爆炸风险）。在最坏的情况下，腐蚀会导致船体的主要结构故障。

(6) 综上所述，油船的舱柜具有以下腐蚀特性，其腐蚀余量示意如下图：

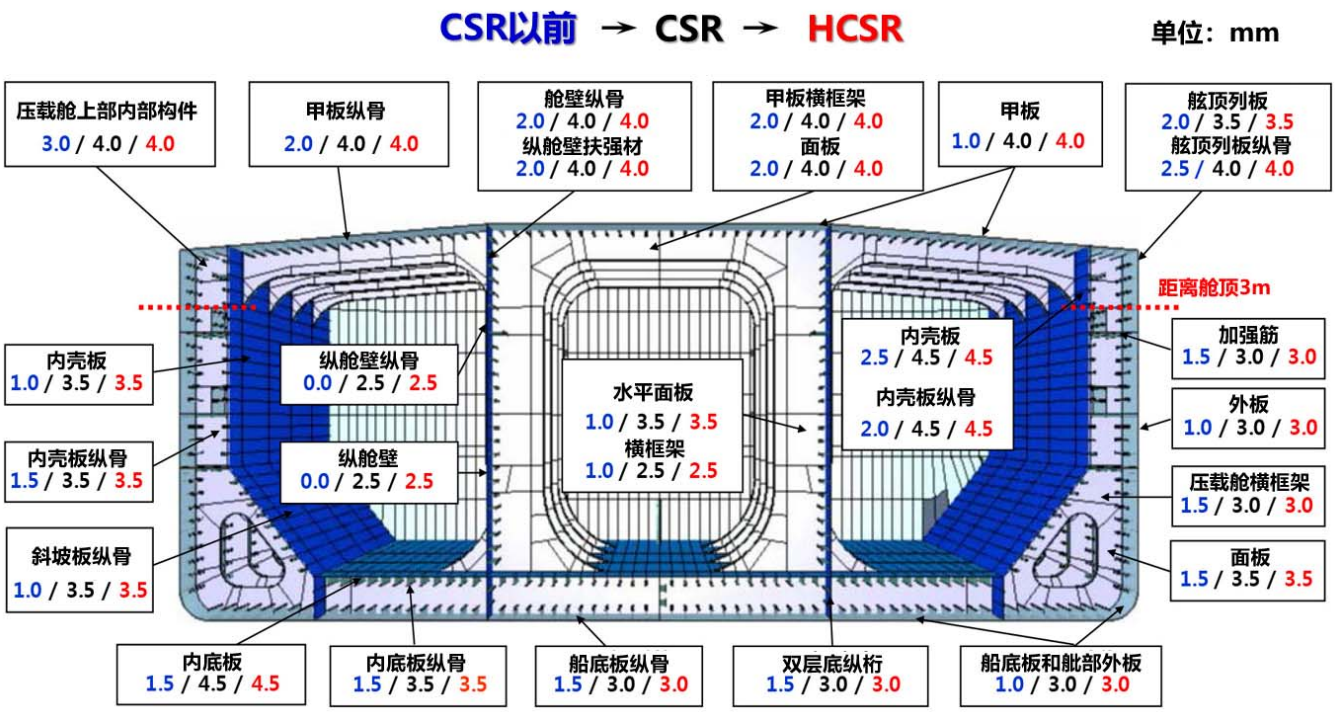


图4.1.2.5(6) 双壳油船各结构件腐蚀余量的发展趋势图[①]

①货油舱：货油舱的腐蚀一般集中在如下位置：

a. 由于装载的原油中的含硫量较大，在日夜温差的变化的作用下，在货油与甲板间形成一个具有腐蚀性的货物蒸气层，造成甲板下结构的层状均匀腐蚀，据统计，其腐蚀率约为每年 0.1mm，典型的腐蚀如下图；

b. 货油之中所含的水份通常积聚在舱底，而油渣使水份局部围蔽起来，致使舱底板上存在较为明显的点腐蚀，严重时，其腐蚀率约为每年 1.5-2.5mm，典型的腐蚀如下图；

c. 货油管吸口处，由于冲刷作用，使该处的底板上产生明显的点腐蚀；

d. 货油舱内通常设有加热管，在底板上加热管支架处热传导比其他区域大，容易造成涂层损坏而加速腐蚀；

e. 货油舱液面交替部位由于液面砰击、腐蚀性气体和水汽等因素的共同作用，容易产生明显的点腐蚀 / 凹槽腐蚀。

① a.对于压载水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0.5mm。在压载水舱内与压载水舱和加热的货油舱或加热的燃油/滑油舱之间的边界相连的骨材的腹板和面板表面应增加0.3mm。加热的货油舱定义为布置有任何形式加热能力的液舱（最常用的型式为加热盘管）。
b.压载水舱和加热的燃油舱/滑油舱之间的板材边界的暴露于压载水舱的板材面应增加0.7mm。

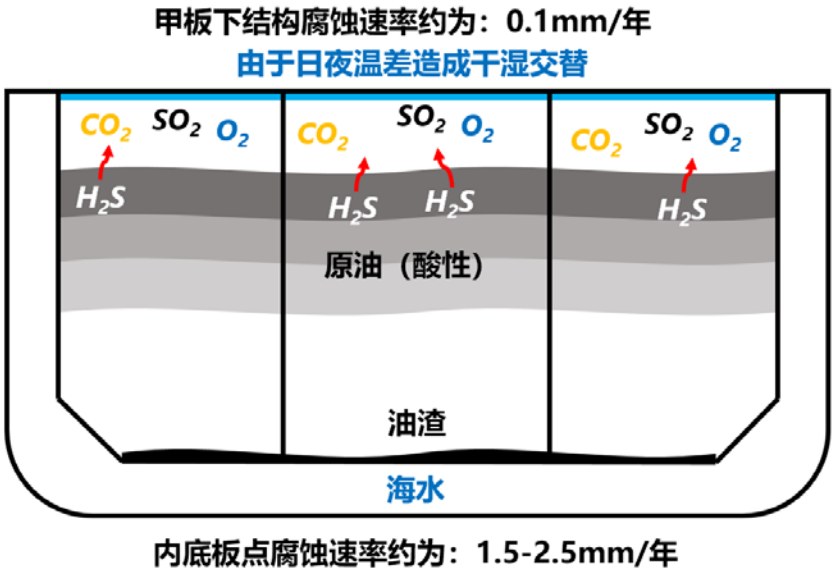


图4.1.2.5(6)①a 甲板下结构和内底板腐蚀速率图



图4.1.2.5(6)①b 货油舱内底板典型的点腐蚀情况

②海水压载舱：

a. 在纵舱壁上的纵骨与舱壁的焊缝连接附近容易发生明显的凹槽腐蚀，尤其在相邻舱室的货油和压载水的周期性的交互作用力下，舱壁板和纵骨较容易发生挠曲，再加之于水、污泥和锈块的积聚，更加剧了这种腐蚀，这两种因素相互交替产生作用，使得状况更趋恶化。随着船龄的增加，腐蚀不仅影响到构件的强度，也影响到其刚性，构件的挠曲变形又使得涂层产生分层和剥落现象，防腐作用减弱，从而形成比较恶性的循环；经常进行部分压载的舱室，压载水在水平面处容易因

震荡产生砰击作用，从而加剧腐蚀；使用不清洁的压载水，舱室的下半部由于水流不畅，污泥容易淤积，滋生的微生物容易产生酸性物质，从而破坏涂层；纵舱壁上的垂向桁材以及环形框架上的横撑材承受较强的剪切力，从而加剧了腐蚀；首部压载舱还需要考虑由于海浪的砰击造成的局部应力集中而产生的应力腐蚀。

b. 货物区域污油水舱在液面处和舱底容易产生腐蚀。

(7) 下表给出各类舱室发生各种腐蚀的危险程度，供检验参考。

油船各类别舱室的腐蚀危险程度　　表 4.1.2.5(7)

舱室类别	全涂层保护	上部和下部有涂层保护	无任何保护
专用压载舱	L	--	H++
货油舱	L-	L	H
符号说明 H++=极高危险　H=高危险　L=低危险　L-=较低危险			
备注： (1) 特别应予关注的构件 水平桁材、纵骨及纵舱壁、纵舱壁板、强肋骨框架上端接近纵舱壁的部位、横撑材、横舱壁板上部。 (2) 易受点腐蚀区域 桁材的水平面、底板、底纵骨面板及折边。 (3) 影响腐蚀危险性的其他相关因素 相邻舱室加热、由于工艺粗陋局部涂层脱落、从保护涂层角度考虑的结构设计不合理、局部高应力区域、水流较快区域、洗舱机喷嘴直射区域。 (4) 对于双壳油船，货物/到港压载舱和货物/离港压载舱典型工况，是在专用压载下完成的，腐蚀程度评估等同专用压载舱。 (5) 如设有牺牲阳极，腐蚀危险可能会降低。			

4.1.2.6 考虑应力影响的结构检查重点

(1) 船体结构在营运中承受船体总纵弯曲、内部液体静态和动态载荷、海水动态和静态载荷，这些载荷对船体结构而言体现为低周交变应力。船体构件在总纵弯曲压应力的作用下可能丧失其稳定性，油船因其结构特点—板材厚度较小、纵向跨距较大，加以大量使用了 HTS，容易产生局部失稳。

(2) 油船结构检验中应特别关注结构应力集中、结构硬点和热点区域，检验中往往由于清洁不足、照明不够、难以抵达或检验时裂纹由于受压而无法看出等因素导致船舶结构缺陷得不到及时处理形成风险隐患，需要慎之又慎。有怀疑时，结合近观检验对轻重载水线附近外板、舭部、平台附近以及高应力区域的纵骨贯穿切口和连接肘板、框架趾端抽取一定数量安排着色或磁粉等方式的无损探伤。

(3) 特别关注的区域如下，具体请参见附件——关键结构区域的检查：

①纵横强力结构（处于外板、甲板、舱壁等上）、横框架和横撑材的端部，包括连接肘板特别是肘板趾端；

②外板、甲板、舱壁纵骨与横框架的连接处，特别是轻重载水线间外板连接处的检查（包括船首区域）；

③结构对准的检查，如内底板上下纵横舱壁连接处、横撑材在舱壁连接处、货舱区域首尾部位纵向构件的有效延伸等；

④开孔边缘；

⑤历史资料／参考资料表明的关键结构区域、结构硬点和热点区域。

(4) 检查中通过对比类似区域，如左右舷对称位置、类似舱柜类似位置的检查、同一舱柜内附近位置结构的检查，结合受力分析确定缺陷产生原因，并进一步确定修理措施。

4.1.2.7 疲劳损伤

(1) 疲劳损伤主要以裂纹的形式出现在严重受载的构件中，裂纹的根源产生在高应力集中区域，损伤集中在船舯部。

(2) 通过更改结构形式可以有效地预防结构疲劳损伤，如加大结构尺寸、采用 T 型材代替角钢／折边、优化趾端设计等等。

(3) 疲劳损坏的容易产生的区域——下列结构区域容易产生结构疲劳损坏：

①轻重载水线之间的外板结构；

②甲板与甲板强框架连接处；

③横舱壁与上下凳座连接处；

④底部斜坡板与内底板的连接处。

(4) 高强度钢(HTS)对结构疲劳强度的影响

①目前 HTS 广泛使用于船体结构的建造以减轻船体重量，主要使用部位有货油舱范围甲板及甲板纵骨、舷顶列板及其附连纵骨、舭列板、纵舱壁顶部及其附连纵骨、船底板和船底纵骨、双层底纵桁及其纵向加强材等纵向构件。石油公司要求限制 HTS 的

大量使用，当 HTS 用量超过用钢总量 30%或以上，应当由 CCS 进行结构分析包括疲劳分析，并有批准的确认。

②一般而言，边舱内结构更易因疲劳强度不足而损坏，降低应力集中水平是控制疲劳损坏的有效手段，检验中应重点关注结构节点的状况，具体请参见本章第 4 节 4.4.6—典型结点损伤案例及建议处理要求。

4.1.3 结构检查典型位置介绍

4.1.3.1 船体结构通过检验和测厚确认强度的可靠性，目前船舶结构强度衡准主要是从总纵强度和局部强度两个方面进行的，其中总纵强度在特检时进行校核，主要采用的方法是通过对船舯区域主甲板处（甲板和甲板纵骨）和船底板处（船底板和船底纵骨）船体梁的横剖面面积 / 横剖面模数的计算，与钢规规定的值进行比较来进行的。油船的船体梁的总纵强度衡准，应满足 CCS 钢规第 1 篇第 5 章附录 2 的全部规定。

4.1.3.2 船舶结构还存在刚度衡准的问题，构件的各种变形如皱折，挠曲，凹陷等直接削弱了结构承受载荷的能力。

4.1.3.3 下面介绍典型区域结构的缺陷检查和分析，供各位验船师和相关人员参考使用。本章第 4 节 4.4.6—典型结点损伤案例及建议处理要求给出了不同的缺陷和处理建议，发现缺陷以后，验船师可对照处理。

(1) 露天甲板区域，如下图：



图4.1.3.3(1) 露天甲板区域

①油船主甲板一般采用纵骨架式，在货物区域范围内结构保持连续，承受着因装货

或海洋作用而引起的总纵强度方面的弯矩和剪力作用，根据油船的结构布置特点，在总纵弯矩作用下，甲板的拉或压应力与其他部位相比是最大的。同时，它也会受到如甲板上浪而引起的巨大载荷。此外，主甲板的某些部位还会受到船首在恶劣海况下的附加冲击及砰击而产生的压应力作用，就有可能导致甲板失稳或撕裂。目前，较多油船的甲板采用高强度钢，以减少构件尺寸，减轻重量，增加船舶经济性，但却削弱了甲板的刚性，使甲板更容易失稳。

②主甲板受到海洋及货油中水蒸气的潮湿环境影响非常容易产生腐蚀缺陷，而货油中的硫份及阳光对甲板的加热效应又加快了钢板和扶强材的腐蚀。因此船员应经常清理该部位的污水，作好检查及保养工作。

③检验中应该充分注意甲板上纵向构件的腐蚀和裂纹，尤其在对接焊缝处，往往由于装载不当，或建造时存在潜在缺陷，导致断裂现象发生，危险性较大。参考如下图：



图 4.1.3.3(1)③ 露天甲板区域

④甲板区域进行检查重点为：

a. 主甲板上表面往往存在明显的点腐蚀，密集点腐蚀最终会导致钢板整体减薄，因此，定期对出现腐蚀的钢板表面除锈并施涂油漆会有效预防腐蚀。

b. 主甲板另一个常见问题是凹槽腐蚀，需要注意的是，主甲板下面的边压载舱，环境比甲板更加恶劣，因此，主甲板下表面的焊缝凹槽腐蚀一般比上表面更加严重。

c. 成品油船的甲板纵骨及强横梁布置在甲板上表面，在营运过程中会有很多污水积聚在横梁与纵骨围成的阱中，对结构根部的甲板产生严重腐蚀。对于成品油船，为了洗舱的方便，甲板构件有时安装在甲板板的上表面，由于甲板构件阻止了甲板污水的流动，造成构件根部聚集积水，产生甲板严重腐蚀。

d. 油船常见的舷顶列板剖面型式有三种，如下图：一种是圆弧形，在圆弧上设有挡油板；另一种是舷顶列板高于主甲板，由于这种型式的舷顶处承受着巨大的负荷，必须确保光顺连续，才能使应力得到有效传递，如果这里出现开口或变形，就可能出现船体断裂或屈曲的严重后果。在实际营运中，有时会出现在上面开流水口，或者甲板航修时误割伤，船员一定要加强对此部位的检查，及早处理。第三种是甲板边板与舷顶列板直角相交，舷顶列板与夹板上表面平齐。这种形式与第二种的受力和维护要求相同。

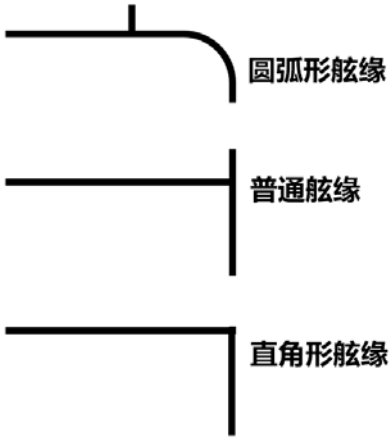


图4.1.3.3(1)④d 舷顶列板剖面型式

e. 在甲板强横梁与甲板纵骨相交汇的部位，由于载荷需要在此传递，对于突变的界面一般会出现应力集中的现象，这时的应力会在一个较小的区域内突然增大，这样会导致此处的薄弱点产生裂纹。

f. 甲板舾装件、固定件等如带缆桩、空气管、通风筒、甲板机械的基座、起重柱和甲板管路的贯穿口等，除了要检查这些设备的外观的腐蚀情况外，特别要注意根部的腐蚀和裂纹状况。

g. 舷墙和栏杆的作用是保护船员、同时起到，当出现一定程度的变形时只要仍能提供对船员的保护，则可以不视作为缺陷。但舷墙肘板或栏杆肘板出现的过度腐蚀或裂纹则应当即时修理，特别是当这些缺陷出现在趾端的情况，可能大大降低其强度。在承受较大风浪载荷时，在舷墙或栏杆趾端会出现应力集中，因此，应注意检查舷墙根部甲板上的裂纹。另外舷墙上的导缆设备和支承肘板经常存在一定锈蚀，日常应注意除锈检查。

(2) 货油舱区域：

油舱内纵横结构相交的部位，由于载荷传递的原因，产生许多应力集中的区域。这

些区域在交变载荷的作用下会出现裂纹、屈曲变形等缺陷，因此应尽可能对这些部位进行认真细致地检查，做到及时发现缺陷并消除。

①甲板下表面，会出现涂层剥落，特别是在构件边缘及焊缝部位，载运高含硫量货品的油船，因 H_2S 的强力腐蚀作用，货油舱顶板也容易出现较为严重的点腐蚀，在构件与甲板连接的焊缝热影响区会出现凹槽腐蚀，严重的凹槽腐蚀会导致甲板沿结构开裂或甲板局部失稳，检验中应加以重视，实际操作中可以通过测量甲板纵骨的角焊缝有效高度来实现，焊喉有效高度应大于 0.8K（K 为焊脚高度）。甲板强横梁的趾端形式建造时已经经过节点优化，形成结构良好过渡，修理过程应当确保趾端形式保持原样。如发现裂纹损坏，可采用 IACS 建议的趾端形状或通过有限元(FEM)分析后—直接计算法／非典型的结构、确定合适的修理方案。

②装有起重设备的甲板下加强筋尤其是与甲板纵骨的连接肘板容易产生裂纹，这种情况在多艘油船中得到证实，检验中需要高度重视。

③肘板端部的腹板及面板切斜角度较小时，会形成端部过渡截面突变，出现应力集中而导致出现疲劳裂纹，图指向。同时端部腹板缺少必要的支撑，形成端部刚度不足，出现端部反复变形而加速疲劳裂纹的形成。解决的措施包括加大面板削斜角度，腹板趾端进行二次软化处理，增加板厚及加装防倾肘板等。

④在横撑材与纵骨之间采用普通肘板连接时，在横撑材根部的切口与连接肘板的趾端经常由于连接“硬点”而出现裂纹。解决方式是采用具有圆弧自由边的软趾肘板代替普通肘板，肘板双面对称布置。

⑤在横撑材与垂直桁连接转角处腹板由于板厚不足等原因出现屈曲，解决方式一般采用换板后局部增加加强筋。

⑥在纵舱壁与内底板之间，纵舱壁端肘板的趾端是高应力区。纵舱壁纵骨在穿越垂直桁时需要开贯穿切口。肘板趾端附近的切口是该处结构最薄弱的部位，在切口边缘容易出现裂纹，平时检查时要十分关注这一问题。解决方案包括局部割换、增加换新板的厚度、切口用水密补板补没和增加次部位的结构强度。

⑦纵舱壁的垂直桁在某些水平面是采用三角肘板与舱壁纵骨连接的，如果三角肘板为普通肘板，与横撑材同舱壁纵骨的连接肘板相似的原因，在肘板趾端容易产生裂纹。修理时应在肘板趾端采用软趾形式，软趾具体技术标准请参见本章第 4 节 4.4.3 的要求。

⑧横舱壁水平桁端部大肘板的趾端一般是应力集中非常严重的地方。对较大油船在该位置结构的设计一般都很重视，但由于采用的肘板自由边圆弧半径不合适，很多时候在肘板趾端同样会产生裂纹，检查时需多留心此处的情况。解决方案包括增加肘板的臂

长、在原肘板的基础上增设小肘板或者采用自由边曲率半径更大的肘板，肘板趾端进一步软化处理。

⑨横舱壁水平桁在向纵舱壁过渡时，通常会采用贯穿纵舱壁垂直桁的形式，在水平桁面板与垂直桁间安装连接肘板。有时也可采用安装纵舱壁端部短纵桁与横舱水平桁进行过渡，但垂直桁与短纵桁之间同样会安装连接肘板。无论哪种形式，肘板的受力都很大，肘板都容易产生裂纹。

⑩如果出现损坏，解决方式包括增加肘板强度、采用软趾端肘板连接等，对纵桁腹板与水平桁腹板有较大差异时增大短纵桁的腹板高度时其余水平桁腹板高度保持一致也是一种很好的解决方案。

⑪成品油船与原油船相比，最大的不同是分隔油舱的纵横舱壁为槽形舱壁。目前新造的成品油船采用该形式的较少，该形式的舱壁同样需要布置垂直桁来加强舱壁，这样槽形舱壁洗舱容易的优势就无法最大程度发挥。

⑫舱壁垂直桁两端肘板的趾端附近，同样由于应力集中的原因，有时会出现裂纹，因此在检查时需要对该部位仔细检查。解决方案为首先对有裂纹的板材进行割换，同时在原垂直桁端部增设过渡小肘板。

⑬对于吨位较小的油船，槽形舱壁的两端不设上／下凳，舱壁直接与内底板和甲板相连接。部分油船的舱壁根部曾出现裂纹，主要原因是槽的侧板下面无加强结构，舱壁根部附近的内底板在舱壁反复拉动的作用下出现损坏。因此解决方式是在槽形侧板下面增设与其对位的加强肘板。

⑭成品油船采用的槽形舱壁结构，上／下凳面板由于与前面形同的原因出现裂纹，解决方式同样是增加与槽形侧板对位的肘板。由于船舶尺度较大，该位置的应力相对更大，因此上／下凳的面板，侧板和槽形舱壁板这三者的角接缝均采用全焊透形式，上／下凳面板尽量采用“Z”向钢。

⑮内底板与下凳面板由于同样受力的原因，在下凳根部附近的内底板会出现裂纹。建议的修理步骤如下：将有缺陷的钢板换掉，将内底板，下凳侧板和与壁凳对应的肋板三者的连接焊缝改为全焊透形式；将肋板的贯穿孔加设水密补板。

⑯在货油舱的底部，通常会布置货油的加热管，这样造成了油舱底部与相邻区域的温度差，导致该部位腐蚀加快，因此应经常关注油舱底部结构的腐蚀情况，必要时进行测厚。吸口／流水槽由于水流作用容易产生点腐蚀，解决方案包括堆焊或换板，必要时考虑适当加厚。

(3) 舭部结构，如下图：



图4.1.3.3(3) 舭部结构型式

舭部的斜底板是船体梁的重要组成部分，参与总纵强度，是内底板和舷侧内壳板的支撑结构。双壳船的斜底板与内底板在相交部位除承受腐蚀外，还经受很大的疲劳应力，舭部的斜底板，内底板和底部旁桁材的中心线交于一点。如果出现较大误差就会出现应力集中，同样的问题也适用于斜底板上端与内壳板、平台板的节点。

①内底板下端由于遭受较大应力，于是在附近的横框架贯穿孔经常会出现裂纹。修理方法是将受损板材换新，然后将构件贯穿孔用半水密补板封上。

②斜底板下端由于应力集中及疲劳的原因，会造成内底板被撕裂。解决方案是将受损钢板改为“Z”向钢，此处角缝改为全焊透形式并保证此处三列板的中心线交于一点。

③同样由于应力集中和疲劳的原因，导致斜底端点附近的横向结构切口出现裂纹。解决方案是将切口用水密补板堵上，横框架加强筋与内底板用软趾肘板连接。

(4) 舷侧结构：

①舷侧结构是船体的重要组成部分。结构腐蚀是舷侧结构非常重要的缺陷形式，尤其在舷侧的顶部，由于大多数时候结构不能完全仅在压载水中，顶部结构的腐蚀会更加严重。舷侧结构及纵横舱壁的腐蚀主要表现在各种构件的水平面上，如纵骨的腹板和面板等，重点关注对接焊缝，减轻孔，流水孔以及板厚过渡的区域。

②对于舷侧板以及纵横舱壁具有扶强材的一侧，在各种构件交叉连接的部位易产生裂纹，而且由于受到舱室内外周期性载荷的作用，这些裂纹容易扩散，具有一定的危险性。裂纹通常发生在不对称的构件上，如 L 形型材，肘板趾端及舱壁构件贯穿处。对于大型油船，轻载水线以上舷侧结构中的纵横向结构连接部位的疲劳裂纹也是一种经常出现的缺陷，裂纹一般发生在横舱壁的水平桁材与纵舱壁交接削斜处，以及横舱壁水平桁材的由于贯穿垂向扶强材的切口处。

③舷侧结构中舷侧纵骨在与横框架之间的肘板起着重要作用，所受应力很大，尤其在重载水线附近，可能出现裂纹损坏。解决方案是将加强筋两端肘板加大，优化趾端型式，同时在横框架的另一侧同样安装连接软趾肘板。

④在舷侧靠近舭部的横框架是受力比较大的部位，是舷侧与双层底载荷传递的关键部位。为了满足对压载舱结构检查的需要，横框架在该部位开减轻孔又是必须的，因此在减轻孔附近有时会出现屈曲的问题。比较好的解决方案是在减轻孔周围安装加强筋。

⑤在舷侧靠近横舱壁的水平桁是受力比较大的部位，是舷侧与横舱壁载荷传递的关键部位。为了满足对压载舱结构检查的需要，舷侧水平桁在该部位开减轻孔又是必须的，因此在减轻孔附近有时会出现屈曲的问题。比较好的解决方案是在减轻孔周围安装加强筋。

(5) 底部结构：

①底部结构同样是船舶的重要部分，参与船舶的总纵强度，对货油舱起着支撑及保护作用。底部结构的腐蚀是一种重要的缺陷形式，油船的船底结构应该作为重点检查区域，对于有涂层保护的舱室，腐蚀形式主要表现为涂层失效部位的点状和疤状腐蚀；对以无机锌为主要成分的涂层，腐蚀一般为条块状，构件厚度损失不大；对环氧涂层，腐蚀点往往呈深缓的圆形分布。对无涂层保护的舱室，腐蚀往往比较普遍，主要集中在横框架的切口，纵骨减轻孔或流水口等处。船舶设计带来的尾倾将使舱室后部积水，相应的排泄装置又难以将水排尽，因此各个舱室的后半部船底板在检验中应给予充分关注。对于具有货舱加热系统的油船，内底及其构件由于受到油舱加热的影响，加大了内底的腐蚀速度，纵骨根部经常产生凹槽腐蚀。

②横舱壁与船底结构进行载荷传递过程中，如果结构过渡不充分很容易在该区域附近的内底纵骨位置出现应力集中。造成在内底纵骨与实肋板之间的肘板趾端结构出现裂纹。解决方案是将附近的肘板改为软趾过渡肘板，在实肋板的另一侧安装同样的软趾肘板。

③在底部靠近横舱壁的底部纵桁是受力比较大的部位，是横舱壁与双层底载荷传递

的关键部位。为了满足对压载舱结构检查的需要，底部纵桁在该部位开减轻孔又是必须的，因此在减轻孔附近有时会出现屈曲的问题。比较好的解决方案是在减轻孔周围安装加强筋。

④纵舱壁与底部结构进行载荷传递中，垂直桁端肘板是传递载荷的关键部位，此处受力很大，实肋板的纵骨贯穿孔在该位置受到较大应力后，就会出现裂纹。为了解决这个问题，一般是将肘板趾端附近的贯穿孔增设水密补板。对于与减轻孔距离较近的贯穿孔同样也需要增设水密补板。

⑤测深管下部外板由于经常受到敲击，容易洞穿，检查中应注意。

⑥吸口下方由于水流作用，极易腐蚀，检查中一般应将吸口拆下，条件不具备时也可采用手工探摸、测厚等方式进行验证。

(6) 船首区域：

①船首区域直接承受舱内液体晃荡、海浪冲击载荷的影响，对于首柱曲率偏大的船舶，这种效应尤其明显。

②船首甲板上锚机底座、通风筒、透气管等舾装件底座容易产生腐蚀。

③首楼内舷侧肋骨下部肘板的翘曲变形。

④首部平台板与外板连接处，尤其在线型变化较大区域，容易产生凹陷变形。应当注意的是平台板与锚链舱相连处由于剖面突变，容易产生腐蚀，检查中也应加以确认。

⑤首尖舱内外板纵骨贯穿口、大的加强肘板等容易产生腐蚀甚至裂纹，检查中应引起高度重视。

(7) 机舱区域：

①舭部外板。特别是处于泵下方区域，因受油水滴漏的影响，容易导致外板的局部腐蚀。

②机舱左右设置压载舱时，压载舱内纵／横舱壁由于一侧临近机舱，温差效应造成舱壁及其扶强材加速腐蚀，一般腐蚀表现在压载舱内，检查时应加以重视。

③机舱区域还有较多舷外排出口，舷外排出口及其舷旁短管在外板处产生腐蚀裂纹，应加以重视。

(8) 船尾区域：船尾区域经常承受振动、空泡、波浪拍击等影响，外板容易产生空泡腐蚀、均匀腐蚀等缺陷。

(9) 泵舱区域：

①泵舱前舱壁两端靠近外板处，因波浪载荷、海上异物擦碰等因素，可能出现裂纹、局部变形。

②泵舱内前后舱壁 1/3 型深高度以内的结构因温差产生的严重腐蚀。

③泵舱内各类泵的底座。

④燃油舱和泵舱限界面底部的腐蚀。

⑤SLOP 回油管的冲刷口下方结构如没有覆板 / 加厚板，检查中应加以关注。

⑥海底阀的吸入口和附连短管上的阀体是否渗漏（附连短管上一般设有压缩空气接入管，通过检查压缩空气压力或船体外部是否冒泡来确认这一点）。

第 2 节 保护涂层

4.2.1 总述

4.2.1.1 腐蚀是造成结构损坏的重要因素之一，近几年来 IMO、IACS 和业界对结构的防腐越来越关注。IACS 早在 2004 年 6 月出版了 Rec.87——《油船压载舱和液货压载兼用舱涂层保养和修理指南》，IMO 于 2006 年 12 月 8 日通过了 MSC.215(82)决议——《所有类型船舶的专用压载舱和散货船双舷侧处所涂层性能标准》（以下简称 PSPC），IACS 于 2008 年 6 月通过了 UI SC223——《MSC.215(82)决议通过的 SOLAS 第 II-1/3-2 条中〈所有类型船舶专用海水压载舱和散货船双舷侧处所保护涂层性能标准（PSPC）〉的实施》。2012 年 1 月 1 日生效的 MSC.291(87)决议，规定了原油船货油舱指定区域强制采用涂层或耐蚀钢防腐，涂层性能标准参照 MSC.288(87)，耐蚀钢性能标准参照 MSC.289(87)。

4.2.2 保护涂层的配备要求

4.2.2.1 SOLAS II-1/3-2（1996 修正案）：对于 1998 年 7 月 1 日或以后建造的 500 总吨及以上的油船，所有专用海水压载舱应有一个有效的防腐系统，例如硬保护涂层或等效物。这些涂层应宜为浅色。该防腐系统的选择、应用和维护方法应根据 A.798(19)决议通过的《专用海水压载舱防腐系统的选择、应用和维护指南》，并经主管机关批准。如适合，也应采用牺牲阳极。

4.2.2.2 SOLAS II-1/ 3-2（2006 修正案）：适用于 500 总吨及以上且为：1、2008 年 7 月 1 日及以后签订建造合同的船舶；或 2、2009 年 1 月 1 日及以后安放龙骨或处于类似建造阶段的船舶；或 3、2012 年 7 月 1 日或以后交船的船舶，其专用海水压载舱应符合 PSPC 的要求。

4.2.2.3 2006 年 12 月 8 日或以后签订建造合同的 CSR 油船必须符合 PSPC 要求。

4.2.2.4 SOLAS II-1/3-11(2010 年 5 月修正案)：适用于《经 1978 年议定书修订的 1973 年国际防止船舶造成污染公约》附则 I 第 1 条所定义的载重量为 5,000 吨及以上且为 1、2013 年 1 月 1 日或以后签订建造合同；或 2、无建造合同，2013 年 7 月 1 日或以后安放龙骨或处于类似建造阶段；或 3、2016 年 1 月 1 日或以后交船的原油油船。原油船货油舱保护涂层性能标准提供了原油船货油舱采用涂层防腐蚀时涉及防腐蚀区域、涂层选择、钢板表面处理、涂装、检查、涂层技术文件、涂层试验程序等各方面的要求。令耐蚀钢性能标准提供了替代原油船货油舱涂层的措施所应具有的相关性能标准(主要指耐蚀钢性能标准)、要求的技术文件、防腐蚀区域、及耐蚀钢试验程序等各方面的要求。

4.2.3 涂层分类

4.2.3.1 涂层按照其防护性能区分为：

(1) 硬涂层：在其干燥过程中发生化学变化的涂层，通常用于新建结构或覆盖在起保护作用的非转化空气干燥涂层之上。涂层可以是无机的也可以是有机的。

①目前最常见的为环氧树脂基底系，如通过相关试验证明其防护作用等效并取得型式认可，其他成分的油漆也能被定义为硬涂层。硬涂层对于施工环境和施工工艺水平要求相当高，其附着强度通常不小于 3MPa。

②PSPC 规定涂层类型应为环氧基体系，其他涂层系统的性能要满足 MSC.215(82)决议中附件 1 的试验程序要求。建议多道涂层系统，每道涂层的颜色要有对比。面涂层应为浅色，便于营运中检查。

(2) 半硬涂层：干燥后仍有足够的柔性和硬度，触碰和踩踏都不会受到损坏且卸压载作业时不受水冲刷影响的涂层。

(3) 软涂层：不干燥而长久保持柔软状态的涂层，使用寿命为 2-4 年，具体请参见油漆生产商的说明书，一般不建议使用。如使用软涂层，应为验船师提供安全检验通道，以便验船师核实涂层的有效性并对内部结构进行状况评估（包括可能需要对涂层的锈斑清除）。

4.2.4 保护涂层的状况评定

4.2.4.1 保护涂层的状况一般评定为三级：良好、尚好和差，相关定义参见第 3 章第 1 节。

4.2.4.2 IMO《保护涂层维护和修理指南》(MSC.1/Circ.1330)进一步澄清细化如下：

(1) 良好：在参考区域内小于 3%面积出现点状锈斑，但涂层无明显可见的损坏状

况。参考区域中，小于 20%的边缘或焊缝出现锈蚀。

(2) 尚好：在参考区域内，小于 20%的面积出现涂层剥落或锈皮穿孔，硬质锈皮必须小于所考虑区域的 10%。考虑区域中，小于 50%的边缘或焊缝处出现锈蚀。

(3) 差：在参考区域内，20%以上的涂层面积剥落或出现锈穿孔，或 10%以上面积出现硬质锈皮，或涂层局部剥落集中在大于 50%的边缘或焊缝处。具体评定见下表：

涂层状况评定 表4.2.4.2

	良好(3)	尚好	差
涂层剥落或锈蚀面积(1)	<3%	3～20%	>20%
硬锈皮面积(1)	--	<10%	≥10%
局部涂层剥落或边缘或焊缝处的锈蚀(2)	<20%	20～50%	>50%
注： (1) % 系指考虑区域内的面积百分比，或“关键结构区域”。 (2) % 系指考虑区域内的边缘或焊缝长度百分比，或“关键结构区域”。 (3) 点状锈斑，即斑点锈蚀但涂层无可见的失效。			

4.2.4.3 评定方法：

(1) 由于液舱中不同部分的涂层剥落情况和腐蚀模式不同，所以舱室平面限界被分割成尽适当的面积以保证验船师随时检查和评估，然后对每个区域进行评定（良好、尚好或差），整个液舱的等级不得高于“参考区域”的最低评定等级。应特别注意关键结构区域的涂层状况，应对每个关键结构区域进行评定（良好、尚好或差），每个“参考区域”的等级不得高于其关键结构区域（如有时）的最低等级。

(2) 根据涂层状况最差的“参考区域”，确定下次年度检验时是否需要对压载舱进行检查。也就是说不是根据整个舱内所有的参考区域的平均等级来判定整个舱的平均涂层状况。

(3) 参考区域的定义为：

①双层底压载舱：舱界和附属结构区域分为上半舱和下半舱 2 个参考区域。双壳边舱：

②甲板和船底：有附属结构的甲板板和船底板区域（甲板 1 个参考区域，船底 1 个参考区域）。舷侧板和纵舱壁：有附属结构的舷侧板和纵舱壁区域分别分为上中下三个参考区域；

③横舱壁（首尾）：横舱壁及其扶强材区分为上中下三个参考区域。注：对于 L 型边舱，应将其分别视为边舱和双层底舱。具体见下图：

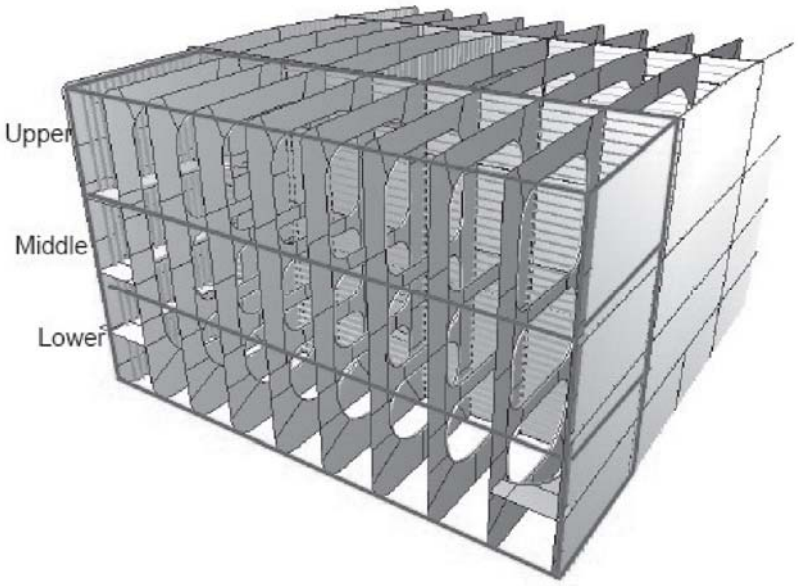


图4.2.4.3(3) 油船结构典型参考区域

4.2.5 涂层的检查

4.2.5.1 船舶应按 CCS 钢规的有关要求在规定的期限内对防腐系统的有效性进行状态检验。

4.2.5.2 当舱室涂层状况小于“良好”状态，而船东没有将其修补或恢复到“良好”状态时，则在年度检验时需要对该舱室进行内部检查，必要时进行测厚。

4.2.5.3 如液舱内设有硬保护涂层，且涂层处于“良好”状态，近观检验和厚度测量的范围可予以特殊考虑。

4.2.5.4 对 CSR 油船，应对确定的显著腐蚀区域进行检查，并应在年度和中间检验时进行附加测厚。

4.2.5.5 按照 CCS《船舶结构防腐蚀检验指南》的要求：具有 PSPC 附加标志的油船，在船舶营运期间应对与附加标志相关特定部位的涂层进行年度检验、中间检验和特别检验。涂层应保持在“良好”状态。对 PSPC 相关区域涂层的修理应按照涂层技术文件(CTF)中的“营运期间的维护和修理程序”相关要求进行。

4.2.5.6 涂层检查时应特别注意下列位置：

(1) 结构凹陷易于积水的位置；

(2) 外加电流保护装置的辅助阳极附近区域；

(3) 货油舱的舱底板后半部；

(4) 原油洗舱时洗舱水直接冲刷部位；

(5) 与加热液舱相邻处的共同限界面；

(6) 船首经常承受海水砰击部位（轻载水线以上至舱顶板）；

(7) 吸口下方板材；

(8) 构件贯穿切口处、流水孔、透气孔边缘。

(9) 焊缝处。

4.2.5.7 当发现以下现象，可根据涂层损坏程度予以局部维护、修补、整新或全面重新涂装：

(1) 水线以下区域的涂层表面有海生物较大面积附着时；

(2) 结构表面出现大面积锈蚀，或个别锈斑的面积较大时；

(3) 涂层出现明显剥离、起泡、龟裂、老化等现象时；

(4) 在使用过程中产生涂层磨损、碰坏、拉伤时。

4.2.6 保护涂层的维护修理

4.2.6.1 在船舶的使用寿命期间，应根据 IMO《保护涂层维护和修理指南》(MSC.1/Circ.1330)对保护涂层系统的有效性进行验证。若发现涂层状况为“良好”，可通过维护保持“良好”；若发现涂层状况为“尚好”，可通过维护保持“尚好”或通过修理达到“良好”；若发现涂层状况为“差”时，须通过修理达到“良好”。

4.2.6.2 对于非 PSPC 涂层的修理，应按照现行 CCS《船舶结构防腐蚀检验指南》第 8 章的要求进行涂装作业。损坏的旧涂层应按照上述指南附录 E 进行旧涂层缺陷评估后制定施工方案。

4.2.6.3 而对于需满足 PSPC 要求的船舶，涂层的修补应符合 IMO《涂层维护和修补指南》的规定，并应将营运中的维护、修补和局部重涂事项记录在涂层技术文件中。营运检验中如发现涂层损坏，应建议船东尽快安排修补。修缮前可根据不同的损坏程度和类型采用打磨或喷砂工具进行表面处理，使用的涂料应与原涂层系统配套，不得使用与原涂层系统不兼容的涂料。涂层的修补、维护应符合 IMO《涂层维护和修补指南》和建造方提供的《涂装规格书》的规定，并将营运中的维护、修补和局部重涂事项记录在涂层技术文件(CTF)中，如果全面重涂，应按照建造检验规定的条目记录在 CTF 中，具体要求参见海安会第 MSC.216(82)号决议。涂层修理原则要求，见 IMO《保护涂层维护和修理指南》(MSC.1/Circ.1330)第 6 条的规定。

第 3 节 油船通道布置

为了船员安全和加强结构检验的需要，IMO 多次通过决议，对油船结构通道提出了具体要求。

4.3.1 通往船首的安全通道

4.3.1.1 1998 年 7 月 1 日或以后建造的油船应设置使船员在恶劣的气候条件下也能进入船首的安全通道。安全通道的布置应根据 MSC.62(67)决议通过的《进入液货船船首的安全通道指南》要求予以认可，具体技术条件包括如下要点：

4.3.1.2 1998 年 7 月 1 日或以后建造的油船，通往船首的措施应为甲板上的通道或在上层建筑甲板或以上甲板的第一层甲板水平面上的结构坚固的步桥：

(1) 步桥宽度不小于 1m，位于或尽可能靠近船舶中心线，且所处位置不妨碍横向通过甲板工作区；

(2) 沿步桥两侧全长范围内安装踏板和由支柱支撑的栏杆，栏杆应不小于 3 道横杆，最低一道距步桥或通道以上不超过 230mm；最高一道横杆距步桥或通道不小于 1m；中间横杆间距不大于 380mm。支柱间距不大于 1.5m；

(3) 应由阻燃和防滑材料制成；

(4) 如适宜，应设有通往甲板的梯道开口，开口间距不超过 40m；

(5) 如所需要通过的露天甲板长度超过 70m，在通道或步桥每隔间距不超过 45m 处应设置有一个遮蔽处所。每一个这样的处所至少能容纳 1 人，其能在前方和左右两侧在恶劣气候条件下提供保护，且

(6) 如管子或其它固定的结构件构成障碍，应有通过这些障碍的设施。

4.3.1.3 可接受替代措施或油船借助处所限制而修改其布置，提供这样的替代措施或修改布置应使之具有通往船首具有同等安全水平。

4.3.1.4 对于 1998 年 7 月 1 日之前建造的油船，可接受已认可的布置，如现有布置可达到通往船首同等安全水平，是可以接受的。对于船长在 100m 或以下的油船，一般接受通道宽度不小于 600mm 的布置，除此以外，其它要求与前述相同。

4.3.2 船体结构通道

4.3.2.1 根据 SOALAS 公约的要求，1994 年 10 月 1 日及以后建造的油船，应保证可以从开敞甲板直接进入隔离空舱，压载舱，货舱及货物区域的其他处所以保证对这些处所进行全面检查。如果从货泵舱，泵舱，深隔离空舱，管隧及类似舱室进入双层底处

所，应考虑适当通风。如果通过水平开口，舱口或人孔出入上述处所，则这些开口的尺度应确保将负伤人员从该处所底部提升上来，最小有效开口尺寸不小于 600×600mm。

4.3.2.2 通过提供可作为贯穿上述处所长度和宽度的通道的垂直开口或人孔而出入该处所，则最小有效开口尺寸不小于 600×800mm，除非提供踏步或格栅，否则开口下缘距底壳板的距离应不超过 600mm。

4.3.2.3 对于载重量小于 5,000 吨的油船，主管机关可以减小上述开口尺寸，只要主管机关认为具有通行及转移伤员的能力即可。

4.3.2.4 对于 2005 年 1 月 1 日及以后建造的 500 总吨及以上的油船，为确保全面的检查应直接从开敞甲板安全进入货舱、隔离空舱、压载舱、液货舱和货物区域的其他处所。可从泵舱、深隔离空舱、管隧、货舱、双壳处所或不拟载运油或危险货物的类似处所安全进入双层底处所。长度为 35m 或以上的液舱和液舱的分舱，应至少设置 2 个出入舱口和梯子，并根据实际情况尽可能相互远离。长度小于 35m 的液舱应至少设置 1 个出入舱口和梯子。当 1 个液舱被 1 道或多道制荡舱壁或类似的隔堵分开时，如不易于布置从舱室的一端到另一端的通道，则至少应设置 2 个出入舱口和梯子。

4.3.2.5 每个货舱应至少设置 2 个尽可能相互远离的出入通道。通常，出入通道应对角线布置，即 1 个出入通道布置在左舷靠近货舱前端舱壁处，另 1 个出入通道布置在右舷靠近货舱后端舱壁处。

4.3.2.6 在船舶整个寿命期间内，在货物区域的每一处所应设置固定通道，以供主管机关、船公司以及船上人员和其他有关人员对船舶结构进行全面检查、近观检查和厚度测量。当正常装卸货物的操作容易损坏该固定通道，或在该处设置固定通道不切实际，作为替代，主管机关在技术要求中可允许设置移动式或便携式通道，只要固定、安装、悬吊和支撑便携式通道的装置构成船舶结构中的固定一部分。所有便携式设备应易于船上人员安装或使用。所有通道的构造和材料及其与船舶结构连接的附件均应使主管机关满意。

4.3.2.7 船上用于全面检查、近观检查和测厚用的通道，应列于船舶结构通道手册中并经主管机关批准。船上应保留一份最新版本的船舶结构通道手册。船舶结构通道手册应反映货舱区域每一处所的下述资料：

(1) 显示进入处所的出入通道图，并有相应的技术说明和尺寸；

(2) 显示设置在每一舱室内能进行全面检查的通道图，并有相应的技术说明和尺寸，图中应标示该通道可检查该处所内的每一区域；

(3) 显示设置在舱室内进行近观检查的通道图，并有相应的技术说明和尺寸。无论

采用固定或便携式通道，图中均应标示关键结构区域的位置，并标示该通道可检查该处所内的每一区域；

(4) 检查和维护所有出入通道和附属设备结构强度的说明，其中，应考虑舱室内腐蚀气体的影响；

(5) 当使用筏进行近观检查和测厚时，应有安全须知；

(6) 任何便携式通道安全安装和使用方法的说明；

(7) 所有便携式通道的一份清单；

(8) 船上通道定期检查和维护记录。

4.3.2.8 验船师在对营运中油船进行检验时，考虑到船体结构通道长时间处于腐蚀环境、船舶运动外力作用以及舱内液体晃动的情况下会产生恶化情况。因此验船师每次进入舱室／处所前都应检查通道，确认通道仍保持良好的工作状态。检查程序如下：

(1) 所有该轮使用通道的检查必须根据船舶安全管理体系规定的要求作相应记录。验船师在检查永久检验通道前应查阅这些记录。结构通道手册后附有这些记录的格式，经检查的通道部分的最新记录应至少包括检查日期、检查人员的姓名和职务、确认签字、检查的通道部分、继续使用状况的核准或者所发现的任何恶化情况或实质损坏。必须保留签发的许可证，以供核对。

(2) 仔细检查通道的状况，如果发现损坏、腐蚀或恶化情况，应估测该损坏或恶化程度是否影响到继续使用通道的安全性。影响到安全使用的恶化情况称之为“实质损坏”，并且应采取措施确保受影响的部分在妥善修复之前不得继续使用。

4.3.2.9 移动式通道设施的检验可详见 IACS Rec.91《批准／接受替代通道设施的指南》。替代通道设施（包括移动式和便携式）通常包括以下几种，但不限于以下设备：

(1) 液压升降车（高空车）；

(2) 升降机；

(3) 可移动的台架；

(4) 临时脚手架；

(5) 艇或筏；

(6) 便携式梯子（长度超过 5m 的可携式梯子仅在设有能固定梯子上端的机械装置时才可使用）；

(7) 其他等效的方式。

4.3.2.10 安全使用替代通道设施的方法和架设这类设备的方式，都应在结构通道手册中清楚说明。验船师除应对便携式通道设施的定期检查和维护记录进行核查外，还应

对岸基厂商提供的移动式通道设施的定期检查和维护记录进行核查，如发现有问题可拒绝使用该设备。

第 4 节 结构修理要求

4.4.1 修理原则和腐蚀衡准

4.4.1.1 船舶修理一般按照原样恢复原则进行，如发现部分结构重复损坏，可考虑更改结构的节点型式或增大结构尺寸，主要结构节点型式的修改应由 CCS 审图中心批准。结构修理的一般原则是：

(1) 原状恢复原则；

(2) 船体修理所使用的钢板型材及焊接材料均应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关要求，船厂应提交材料合格证明，使用的材料级别应与原材料等同或更高；

(3) 结构修理的施工工艺应得到批准；

(4) 各种结构的修理应避免将焊缝布置在应力集中处，船体结构中的平行对接焊缝尽可能避免尖角相交；

(5) 船体板对接焊缝应开坡口双面焊或单面焊双面成形确保全厚度焊透，施工结束后应进行 X 射线或超声波检测确认焊缝质量，肋骨扶强材肘板等构件的焊缝形式应与原焊缝形式相同；

(6) 不得随意拆除或移动船体强力构件或在强力甲板、舷壳板、水密舱壁等主要强力构件上随意开设临时开口；

(7) 船体水密结构修理后均需进行密性试验；

(8) 主船体结构复板修理通常情况下不予接受，仅在紧急情况下采用以使船舶抵达适当港口进行永久性修理。

4.4.1.2 点腐蚀和凹槽腐蚀在油船结构上十分普遍，处理很关键，点腐蚀的评定在实际应用中应遵循下述原则：

(1) 点腐蚀的参考区域是单个板格区域，非 CSR 油船点腐蚀最大允许腐蚀极限如下；

①对于均匀腐蚀极限为 20%的构件，点腐蚀密度不小于 20%时应采用均匀腐蚀衡准，点腐蚀密度小于 20%时的可接受的最小剩余厚度为 70%的建造厚度，且任何点的剩余厚度不得小于 6mm。

②对于均匀腐蚀极限为 25%的构件，点腐蚀密度不小于 20%时应采用均匀腐蚀衡准，点腐蚀密度小于 20%时的可接受的最小剩余厚度为 65%的建造厚度，且任何点的

剩余厚度不得小于 6mm。

③使用特殊腐蚀标准(非 20%或 25%)油船点腐蚀的允许腐蚀极限如下：

④对于均匀腐蚀极限小于 25%的构件，点腐蚀密度不小于 20%时应采用均匀腐蚀衡准，点腐蚀密度小于 20%时的可接受的最小剩余厚度为 70%的建造厚度，且任何点的剩余厚度不得小于 6mm。

⑤对于均匀腐蚀极限不小于 25%的构件，点腐蚀密度不小于 20%时应采用均匀腐蚀衡准，点腐蚀密度小于 20%时的可接受的最小剩余厚度为 65%的建造厚度，且任何点的剩余厚度不得小于 6mm。

(2) 凹槽腐蚀的可接受标准除了满足点腐蚀的要求，还应满足凹槽宽度不大于 30mm 的要求。

(3) 对于仅有涂层起泡的区域，一般其内部不会产生腐蚀，一般只需要进行抽样检查。

(4) CSR 油船点腐蚀的验收衡准：

详见现行 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 1 节 5.1.17(2)②的规定。

(5) CSR 油船边缘腐蚀的验收衡准：

详见现行 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 1 节 5.1.17(3)的规定。

(6) CSR 油船凹槽腐蚀的验收衡准：

详见现行 CCS 钢规第 1 篇第 5 章第 1 节 5.1.17(4)的规定。

4.4.1.3 对于非 CSR 油船，检验中如发现产生局部点腐蚀和凹槽腐蚀，即使腐蚀未超标也尽可能进行相应的处理，具体的处理要求如下：

(1) 未达到腐蚀极限的点腐蚀 / 凹槽腐蚀，尽可能安排局部除锈清洁并重新敷设涂层。

(2) 点腐蚀已超过腐蚀极限但剩余厚度大于 6mm 时，允许进行堆焊修理。对于高强度钢，焊接时应严格控制线输入能量，此时施工方应提交认可的焊接工艺规程(WPS)、焊道布置、有效的焊道清理方案、焊接时采用引弧板或等效措施、如施工环境温度低于 0℃，还应注意焊前预热和焊后保温要求。如点蚀后剩余厚度小于 6mm，应采用局部割换的修理方法，割换区域应尽可能超出单个板格，任何情况下不能小于Φ200mm。

(3) 对于点腐蚀密度达到 15%且测厚结果显示进入显著腐蚀区域的结构，应采用局部割换的方式进行修理，割换要求同(2)。

(4) 对于点蚀密度小于 15%但已进入显著腐蚀区域的结构，应结合修理打磨或喷砂补敷硬涂层，年度检验时检查涂层状况并安排测厚。

(5) 除前述以外，对于微生物 SRB 造成的局部腐蚀，应要求全部清洁除锈。

(6) 凹槽腐蚀是点腐蚀扩展后的表现，对强力甲板和舷侧顶列板板架，纵向凹槽腐蚀的标准等同于点腐蚀，横向凹槽腐蚀的标准同于均匀腐蚀。一旦该区域凹槽腐蚀超过极限，应进行局部割换。

(7) 剩余厚度不小于 50％建造厚度且不小于 6mm 及宽度不大于 25mm 的连续凹槽腐蚀、剩余厚度不小于 6mm 及宽度不大于 30mm 且短于 600mm 的不连续凹槽腐蚀，允许堆焊修理并在焊后需打磨光顺，焊接时注意施工工艺要求。

(8) 结构高应力区一般不容许焊补。

4.4.1.4 船体构件变形极限

(1) 定义：

①皱折：指骨架间钢板的挠曲，其最大挠度应在骨架间沿短方向测量；

②凹陷：指骨架与钢板的共同挠曲，其最大挠度应在完好的骨架间测量。

(2) 钢板皱折极限：

①由于撞击产生的变形：

a. 横骨架式强力甲板，舷顶列板和船底外板在船中 0.4L 区域内皱折的最大允许挠度 fmax 规定如下：

fmax≤2.6t，当 s/t≤50 时；

fmax≤0.06s，当 s/t＞50 时；

b. 横骨架式的其余位置及纵骨架式板的皱折最大允许挠度 fmax 规定如下：

fmax≤3t，当 s/t≤50 时；

fmax≤0.07s，当 s/t＞50 时；

式中：s—皱折处肋距或纵骨架式的纵骨间距，mm；t—皱折处外板的厚度 mm；

②由于应力产生的变形：

a. 变形特征：位于船中部 0.4L 区域内的上甲板和底板的变形遍及全宽；骨架间板材形成有规则的波浪状皱折；

b. 变形极限：

横骨架式皱折的最大极限允许挠度：fmax≤15mm+1.5t；

纵骨架式皱折的最大允许挠度：fmax≤20mm+2t；

式中：t 皱折处板的厚度 mm；

c. 变形处理：对应力变形应作详细记录，如超过变形极限，应更换大于原板厚的板

材或予以加强。

(3) 板架凹陷极限：

板架凹陷的最大允许挠度：fmax＜6L+10mm；

式中：L 中骨架的跨度，m。

(4) 其他规定：

①骨材自由端偏移，不得超过其长度的 4%；

②龙骨、肋板、双层底桁材腹板的皱折，不得超过板高度的 4%；

③肘板不允许有皱折变形，肋骨与横梁在端部的相对位移不得超过该处肋骨的厚度；

④骨架不允许有明显的弯曲变形；

⑤对于甲板开口总宽度超过 0.6 倍船宽，或舱口长度超过 0.7 倍舱口两端横向甲板条中心线之间的距离的船舶，对其抗扭强度应特别注意；

⑥横向强度构件，特别是四分之一船长附近的横向强度构件有规律性变形时，也应适当加强；

⑦船舶受力构件，尤其是舷侧顶列板，甲板边板，上层建筑端部，船中部 0.4L 区域内的舷边连接和舱口角隅等部位不允许任何裂纹；

4.4.2 焊接施工要求

4.4.2.1 焊接施工首先需要满足安全施工条件，检查焊工是否持有相应的资质证书。船厂需要有认可的焊接工艺规程(WPS)。焊接前应注意对焊道进行检查，如坡口型式是否满足认可的 WPS 文件的要求，焊道表面要清洁和干燥，不允许有锈皮、油漆和水迹存在，具体现场船体结构的焊接检查请参阅 CCS《船舶焊接检验指南》。

4.4.3 典型结构节点型式的修改 / 加强

4.4.3.1 有关结构疲劳损伤的修理要求请参见本章第 4 节 4.4.6—典型结点损伤案例及建议处理要求，除表面细微裂纹以外，裂纹不允许直接焊补，高应力区的裂纹直接采用打磨消除只是一种临时修理措施，应在条件允许情况下尽快予以修理 / 加强。

4.4.3.2 肘板趾端出现裂纹，一般采取加大肘板软趾、将软趾较原趾端加长 100mm 以上，此时需要注意与附近结构的匹配、补充反面背撑肘板等，修理后将趾端的焊缝以及焊缝包角区域打磨光顺。油船大量的疲劳损伤表现为肘板趾端裂纹，下面是典型肘板趾端结构更改的详细技术要求示例图。对于强力结构如桁材与框架之间的连接肘板因位置限制无法加长趾端时，一般要求采取深熔焊，施焊结束后进行焊缝 NDT 检测。肘板割换时应遵循下面两个原则：

(1) 割换区域应具有一定的距离，即距离任何焊缝处不得小于 200mm；

(2) 在条件允许的情况下，注意增加焊缝长度，以减少焊接缺陷对船体结构的影响；

(3) 高应力区的贴补板应避免布置成直角。

4.4.3.3 例 1——框架与舷侧纵骨连接肘板详细技术要求（无背撑肘板），如下图：

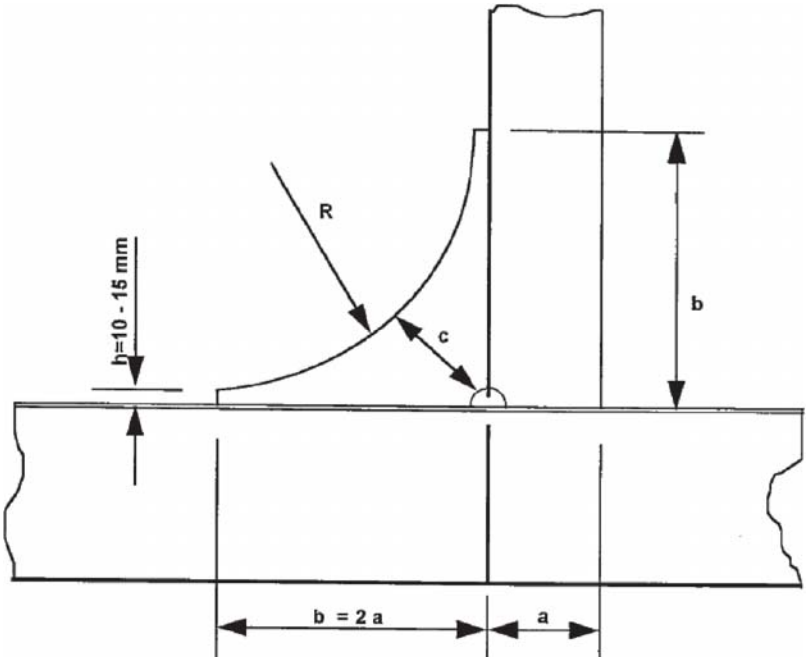


图 4.4.3.3 框架与舷侧纵骨连接肘板详细技术要求（无背撑肘板）

其中：

(1) R=(b-h)×1.6，趾端最大斜率 1:3；

(2) 施工时先将具有软趾的肘板先与纵骨连接；

(3) 通焊孔应尽可能小，建议不大于 35mm；

(4) 肘板趾端高度应尽可能小，一般在 10-15mm，如需要磨平，肘板与纵骨需要熔透焊；

(5) 对于未做加强的肘板，其长 / 厚比应不大于 50:1。

4.4.3.4 例 2——框架与舷侧纵骨连接肘板详细技术要求（有背撑肘板），如下图：

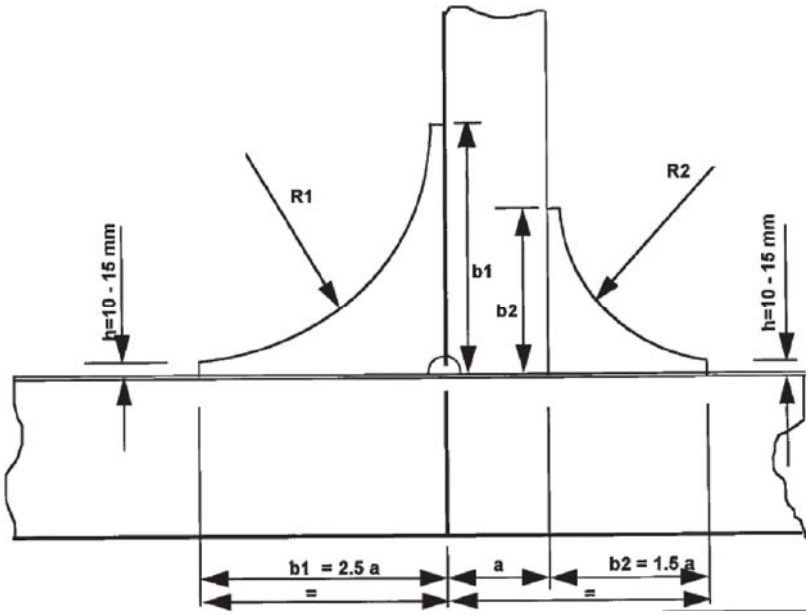


图 4.4.3.4 框架与舷侧纵骨连接肘板详细技术要求（有背撑肘板）

其中：

(1) R1=(b1-h)×1.6，R2=(b2-h)×1.6，背撑 b2 应尽实际可能不小于 300mm，趾端最大斜率 1:3；

(2) 施工时先将具有软趾的肘板先与纵骨连接；

(3) 通焊孔应尽可能小，建议不大于 35mm；

(4) 肘板趾端高度应尽可能小，一般在 10-15mm，如需要磨平，肘板与纵骨需要熔透焊；

(5) 对于未做加强的肘板，其长／厚比应不大于 50:1。

4.4.3.5 例 3——框架与舷侧纵骨连接连接肘板详细技术要求（有加强筋），如下图：

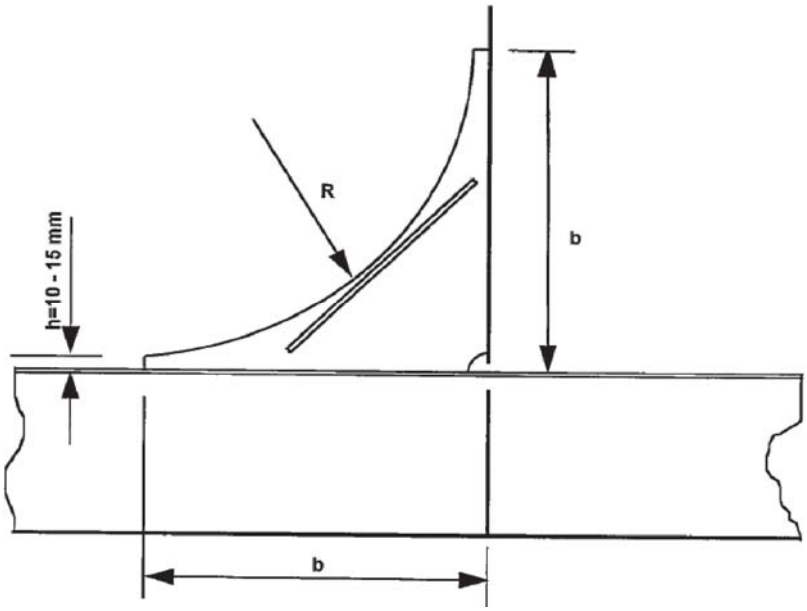


图 4.4.3.5 框架与舷侧纵骨连接连接肘板详细技术要求（有加强筋）

其中：

(1) R=(b-h)×1.6，趾端最大斜率 1:3；

(2) 施工时先将具有软趾的肘板先与纵骨连接；

(3) 通焊孔应尽可能小，建议不大于 35mm；

(4) 肘板趾端高度应尽可能小，一般在 10-15mm，如需要磨平，肘板与纵骨需要熔透焊；

(5) 对于未做加强的肘板，其长／厚比应不大于 50:1，肘板加强筋两端削斜。

4.4.3.6 例 4——框架加强筋与舷侧纵骨连接连接肘板详细技术要求，如下图：

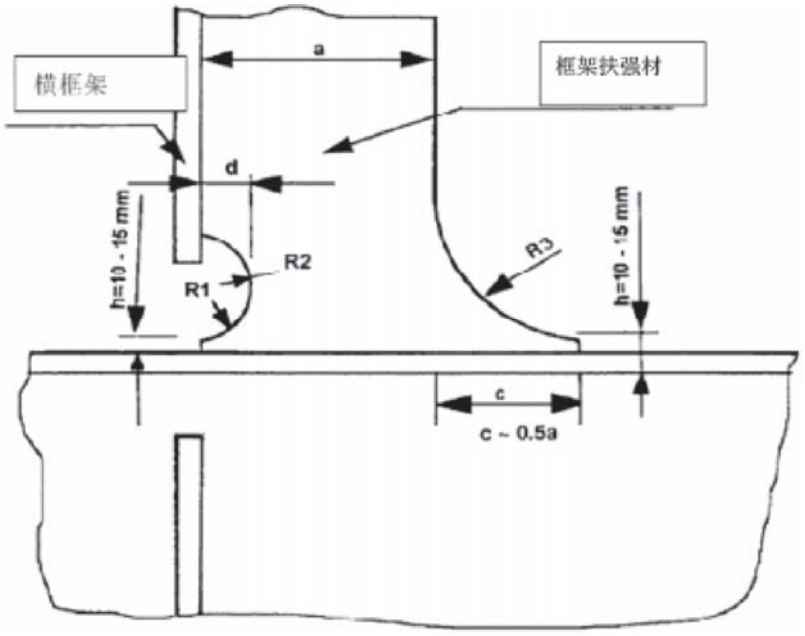


图 4.4.3.6 框架加强筋与舷侧纵骨连接连接肘板详细技术要求

其中：

(1) R1=1.6 × d，R3=1.5xc，趾端最大斜率 1:3；

(2) 施工时先将具有软趾的肘板先与纵骨连接；

(3) 过焊孔应尽可能小，应不大于 30mm。

4.4.3.7 例 5——框架过渡结构设计细节 1，如下图：

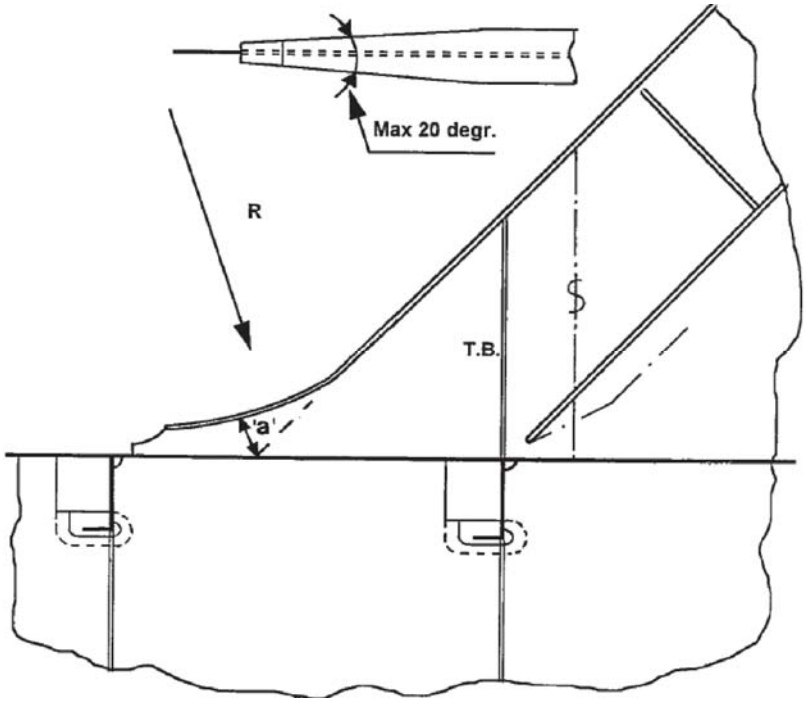


图4.4.3.7 框架过渡结构设计细节1

其中：

(1) 面板削斜角度应小于 20º 甚至更小，建议采用 1:3 的比例，面板在端部的宽度应尽可能小，一般选取 t+20mm（其中 t 为肘板面板趾端厚度），面板在端部的厚度也必须削斜，确保端部厚度为 10mm，削斜比例为 1:3；

(2) 腹板在趾端处应加厚，腹板趾端高度应尽可能小，一般在 10-15mm；

(3) 腹板与面板和船体其他结构板应为熔透焊，熔透焊长度不应小于削斜区域 / 圆弧区域，焊接结束以后应将肘板趾端磨平；

(4) 腹板趾端过渡区域，数值 a 一般应保证达到面板过渡区域面积的 60%（见图中标记）；

(5) 框架上应设置必要的加强筋以增加框架抵抗变形的能力；

(6) 趾端附近构件贯穿孔应加设贴补板，直接位于趾端下方区域不能有贯穿孔；

(7) 施工中应重点关注框架板与下方构件的精确对齐（应尽实际可能，偏差不得大于 0.15t）。

4.4.3.8 例 6——框架过渡结构设计细节 2，如下图：

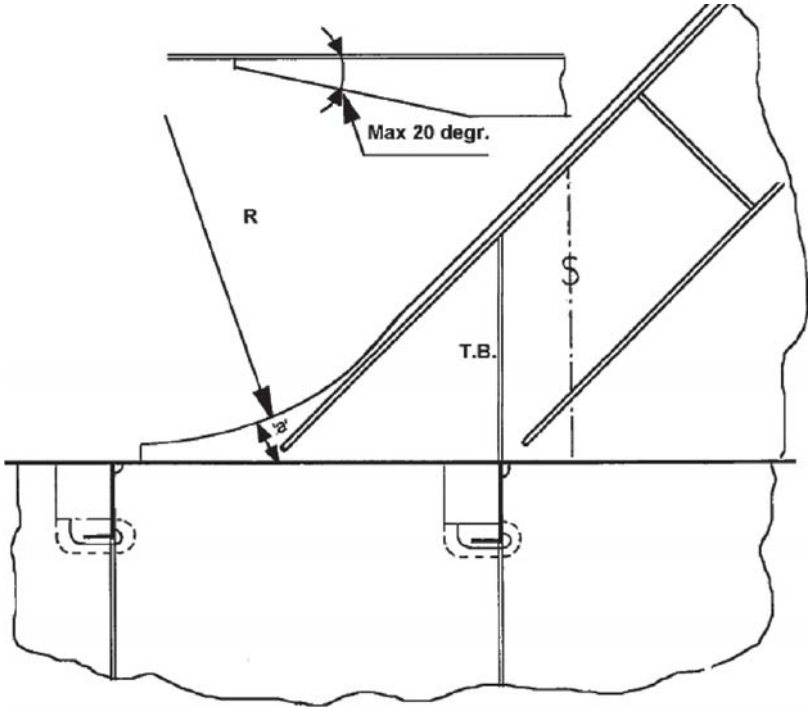


图4.4.3.8 框架过渡结构设计细节2

其中：

(1) 面板削斜角度应小于 20º 甚至更小，建议采用 1:3 的比例，面板在端部的宽度应尽可能小，一般选取 t+20mm（其中 t 为肘板面板趾端厚度），面板在端部的厚度也必须削斜，确保端部厚度为 10mm，削斜比例为 1:3；

(2) 腹板在趾端处应加厚，腹板趾端高度应尽可能小，一般在 10-15mm；

(3) 腹板与面板和船体其他结构板应为熔透焊，熔透焊长度不应小于削斜区域 / 圆弧区域，焊接结束以后应将肘板趾端磨平；

(4) 腹板趾端过渡区域，数值 a 一般应保证达到面板过渡区域面积的 60%（见图中标记）；

(5) 框架上应设置必要的加强筋以增加框架抵抗变形的能力；

(6) 趾端附近构件贯穿孔应加设贴补板，直接位于趾端下方区域不能有贯穿孔；

(7) 施工中应重点关注框架板与下方构件的精确对齐（应尽实际可能，偏差不得大于 0.15t）。

4.4.4 修理中其它应重视的问题

4.4.4.1 电腐蚀的影响

(1) 电腐蚀的影响对于老龄船舶而言是不可忽略的重要因素。老龄船舶由于各种原因如碰撞、磨损等原因需要安排水上或码头修理，直流电焊机的使用使得船体结构产生阳极溶解，如不加注意，可能造成很大的外部杂散电流，导致严重的电腐蚀并可能发生严重事故。电腐蚀的特点归纳起来有这么几点：

①腐蚀速度相当快，电腐蚀速度可以由法拉第定律确定(V=1.14I)。试验结果表明，如漏出电流为 1mA/cm^2，一年以后腐蚀深度大约可达到 10mm。

②腐蚀带有明显的局部性质，呈坑点状或局部穿孔，具有锐利的边缘和与涂层破损相同的类型。

③腐蚀破坏往往产生在船体水下漆膜脱落的部位、漏涂漆部位、船体凸出部位、船体焊缝加强高度部位以及漆膜特别薄的部位。

④由于外部电流往往很大，阴极保护无法阻止这种电腐蚀。

(2) 目前仍有部分船厂对停靠在码头上的船舶采用岸边单线供电法，船体与码头之间仅依靠系船钢缆和上下船梯导电。一般情况下，钢缆与船体和码头接触不良，因此船体—钢缆／上下船梯—码头之间具有较大的电阻，直接导致焊接电流 I 流经船体—海水—码头。根据法拉第定律，船岸接触越差，则船体电腐蚀速度越快。

(3) 另外，船舶航修时，如将焊机放置在修理船上，修理船和被修船之间不可避免地会出现平衡电流，不合理的供电线路设置也可能使流经船体—海水—大地的电流急剧增大，造成局部严重的电腐蚀。如果船舶安装了牺牲阳极保护系统，阳极将被剧烈腐蚀。而在船舶的牺牲阳极保护系统失效的情况下，缺少涂层保护的船体结构钢便不可避免地产生穿孔腐蚀，实际上船舶在进坞时由于坞墩的影响该处结构难以得到涂层保护，这时产生的危害尤其严重。

(4) 实际工作中应当仔细检查焊接接地情况，并可以辅之以采用船体电位测量法进行检查。一般船体水下部分允许通过的电流密度为 0.1mA/m^2，在这种情况下，电腐蚀导致的船体外部结构腐蚀的速度为 0.1mm/年，这样的腐蚀速度是偏于安全的。

4.4.4.2 油舱结构局部割换时应注意事项

油船船体结构刚性较弱，大面积割换时应注意采用适当加强，防止结构出现整体式变形，否则容易导致趾端装配出现问题。

4.4.5 某轮艏尖舱结构损坏修理

4.4.5.1 发现的问题

某双壳油船总长 330.00m，垂线间长 316.00m，船宽 60.00m，型深 29.70m，设计吃水 19.20m，载重量 297,136 吨，总吨 152,727，2010 年 4 月 22 日建造。2015 年 4 月份本船在进坞检验期间发现艏尖舱结构构件发生损坏。损坏情况如下：

(1) FR99 防撞舱壁与右舷外板纵骨 L52~L55 相交处的肘板变形开裂，如下图：



图 4.4.5.1(1) 开裂状况

(2) FR100 横框架：左右舷框架腹板与外板纵骨 L52~L56 相交处的肘板及加强筋根部焊缝开裂；右舷舷侧区域的框架腹板整体变形，并在外板纵骨穿越孔处开裂，如下图：



图 4.4.5.1(2) 缺陷位置

(3) FR101 横框架：左右舷舷侧区域的框架腹板整体变形；左右舷框架腹板与外板纵骨 L52~L56 相交处的肘板及加强筋根部焊缝开裂，如下图：



图 4.4.5.1(3) 变形状况

(4) FR102 横框架：左右舷外板纵骨 L53~L54 在与 FR102 框架相交处的腹板趾端开裂，见下图：



图4.4.5.1(4) 开裂状况

4.4.5.2 问题分析

该系列船在营运中，相继被发现艏尖舱相同位置的结构构件发生损坏。损坏原因分析如下：

(1) 本系列船是按照当年非共同结构规范(CSR)设计建造的，非 CSR 规范与现在的 CSR 规范对船首结构的要求是有所不同的。CSR 规范在各船级社原有规范的基础上，进一步提高了船体结构强度，促进了船舶的安全性能。

(2) 本系列船在设计时对结构节点的考虑不够周全。例如：有些加强筋改用肘板更好些，有些肘板应在自由边增设加强筋，有些连接处应增设背肘板，有些肘板趾端腹板应增厚等。

(3) 航行驾驶因素也应考虑。本船上航次由波斯湾抵马六甲之前进行了检查，未发现如此严重损坏。本船到修理厂进坞检验前，在南海遇到涌浪，为赶船期没有减速航行。

4.4.5.3 处理措施

通过对损坏原因的分析，审图中心对损坏结构的处理提出具体建议，并结合修理厂

的施工工艺及备料情况，做出如下修理方案：

(1) 对于 FR99 防撞舱壁与外板纵骨 L52~L55 相交处的变形肘板，进行换新处理。将原 12.5mm(AH32)的肘板换新为 14mm(AH32)，如下图：

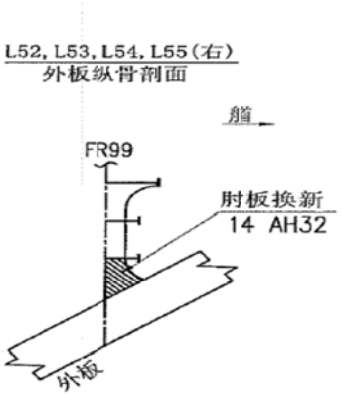
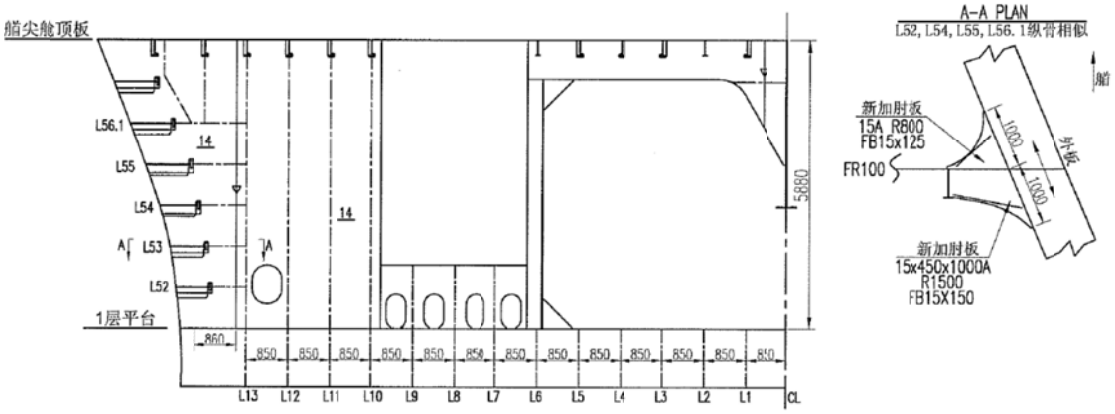


图4.4.5.3(1) 修理位置

(2) 对于 FR100 横框架：右舷部分框架腹板换新，将原 14mm 的腹板换新为 17mm，并新设与外板纵骨 L52~L56 相交处的双面软趾肘板，新设的肘板 15mm，肘板自由边加筋；左舷新设与外板纵骨 L52~L56 相交处的双面软趾肘板，新设的肘板 15mm，肘板自由边加筋，如下二图：



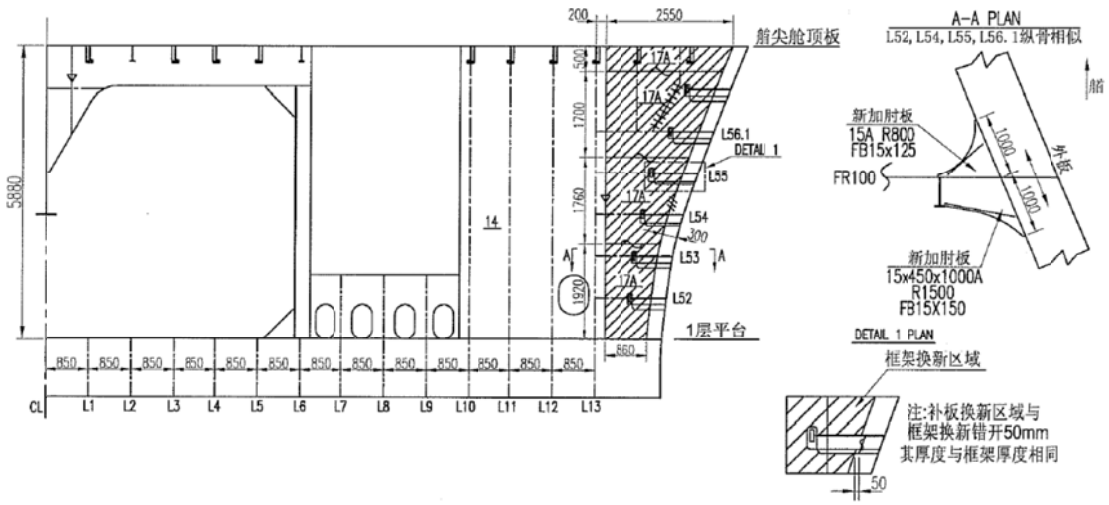


图4.4.5.3(2) 修理位置

(3) 对于 FR101 横框架：右舷部分框架腹板和面板换新，将原 13.5mm 的腹板换新为 14mm，将原 16mm 的面板换新为 16mm，同时增加垂直加强筋 FB14X150 防止屈曲，并新设与外板纵骨 L52~L56 相交处的双面软趾肘板，新设的肘板 14mm，肘板自由边加筋；左舷框架腹板切开调平，同时增加垂直加强筋防止屈曲，并新设与外板纵骨 L52~L56 相交处的双面软趾肘板，新设的肘板 14mm，肘板自由边加筋，如下二图：

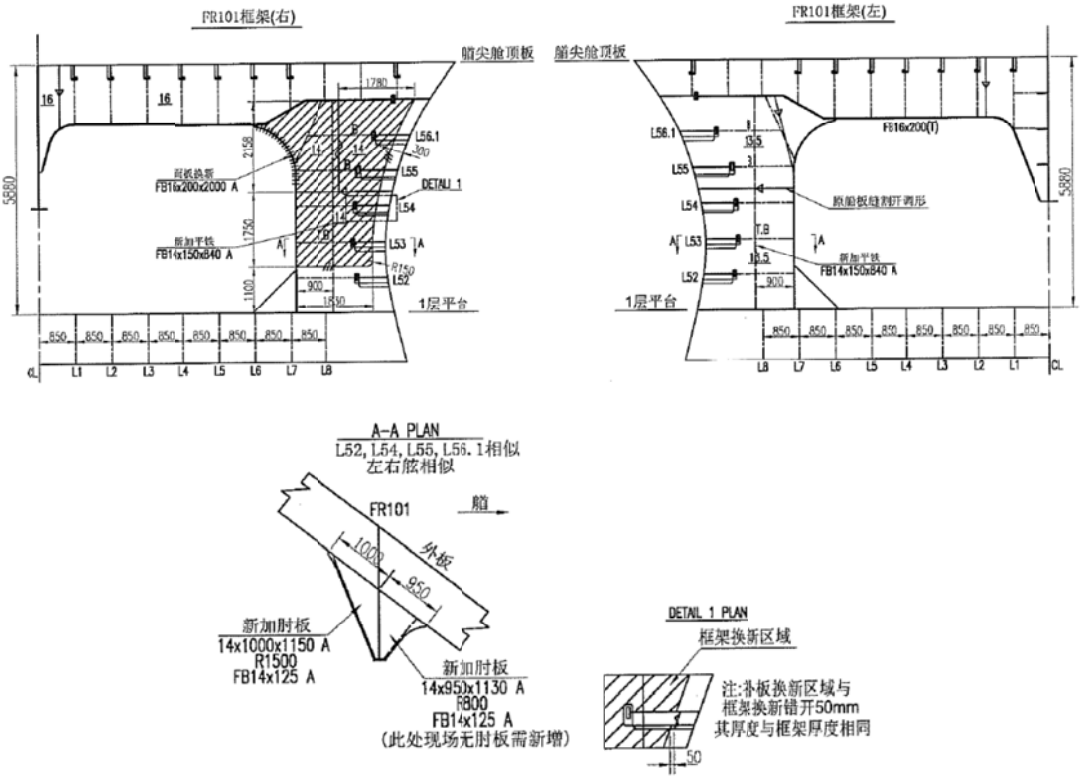


图4.4.5.3(3) 修理位置

(4) 对于 FR102 横框架：舷外板纵骨 L53~L54 在与 FR102 框架相交处的腹板趾端换新，由原来 12.5 mm 换新为 20mm；增设连接肘板，增设的肘板 14mm，肘板自由边加筋，如下图：

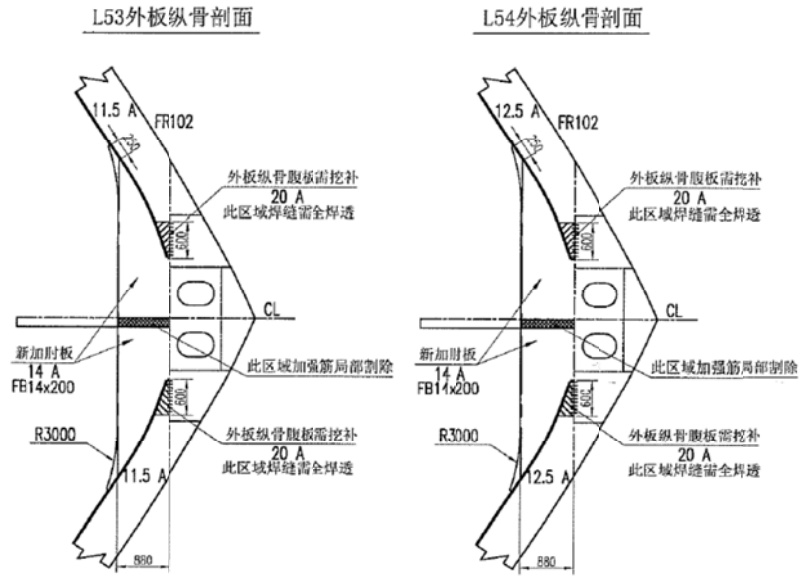


图4.4.5.3(4) 修理位置

4.4.5.4 防范措施及注意事项

(1) 船体结构审图时，除规范明文规定的要求外，验船师还应根据自己的实践经验对结构布置和结构节点提出意见和建议，并与设计者沟通，促其修改，直至达到最佳效果。

(2) 应对船公司提出建议，在恶劣海况下安全驾驶，防止损坏事故发生。

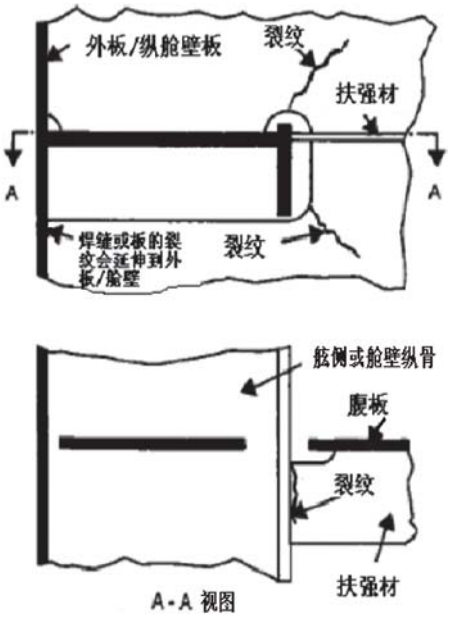
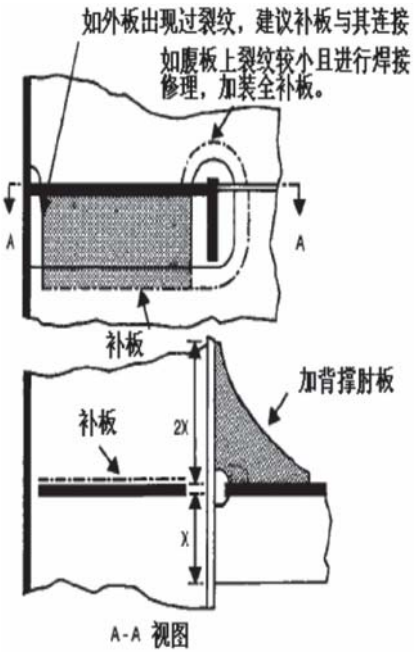
4.4.6 典型结点损伤案例及建议处理要求

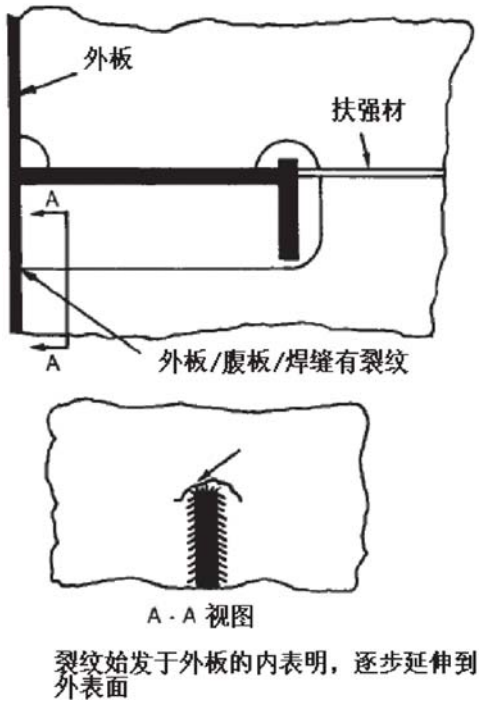
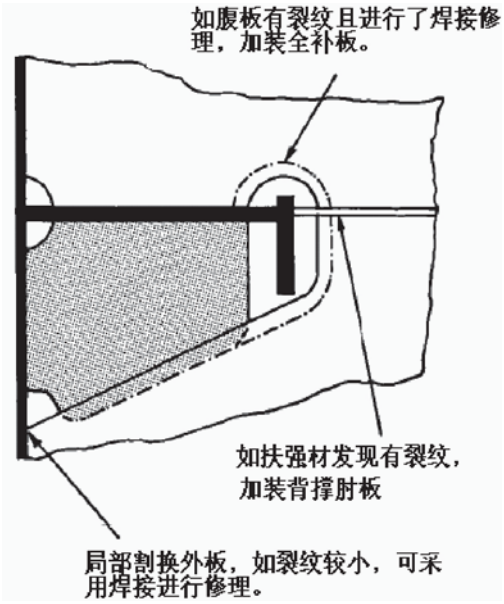
下表为典型结点损伤案例及建议处理要求清单，该清单细分为检验中需特别注意的几组：

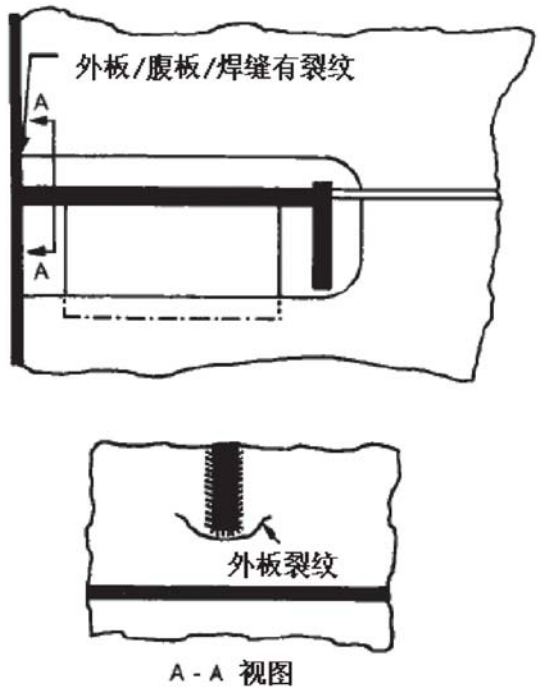
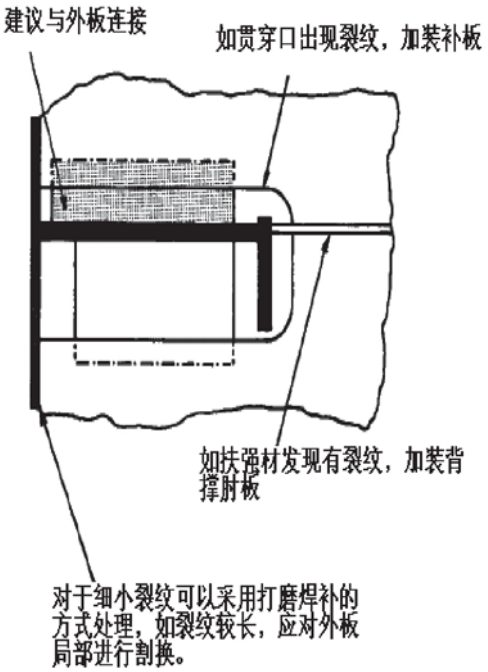
组号	结构组说明	示例数
1.	纵骨与横框架连接	9
2.	纵骨与平面舱壁	4
3.	纵骨与槽形舱壁	2
4.	双层底内纵骨与肋板	3
5.	底边舱和双层底压载舱	3
6.	首尖舱	6
7.	纵桁连接肘板	7
8.	横框架端部	3
9.	强框架	3
10.	横撑材	2
11.	横舱壁水平平台	5
12.	横舱壁加强筋/强框架	2
13.	舱壁/强框架上的减轻孔	3
14.	甲板结构	1
15.	船首区域	1

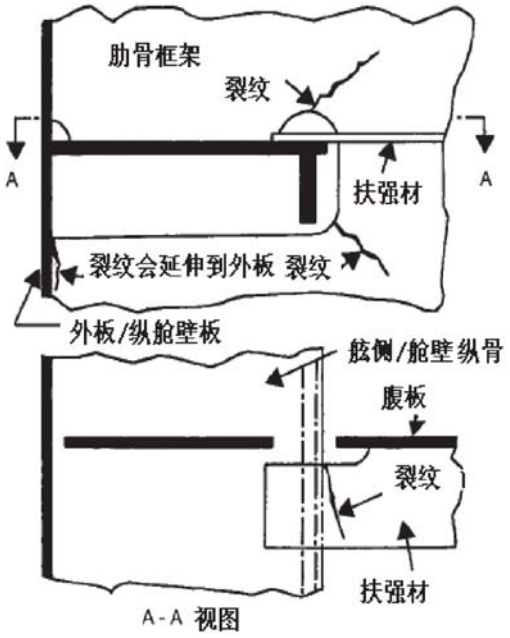
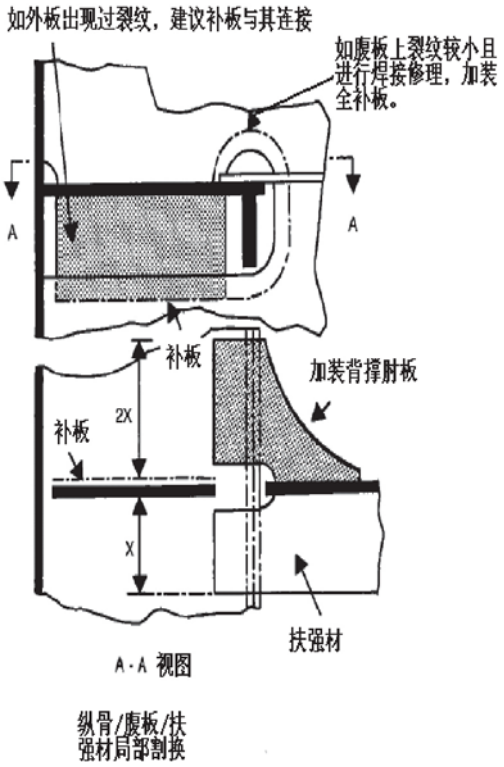
4.4.6.1 第 1 组——纵骨与横框架的连接处示例

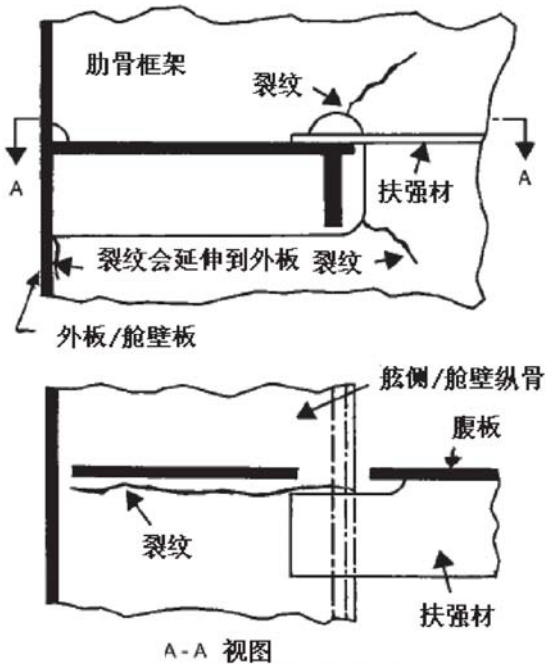
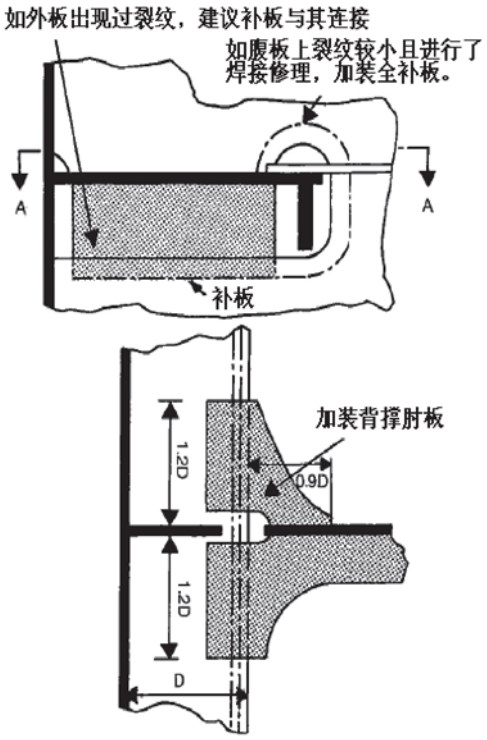
示例号	标题
示例 1	纵骨贯穿横框架切口处的裂纹
示例 2	纵向构件切口处的外板裂纹
示例 3	贴补板不足造成的外板裂纹
示例 4	框架以及加强筋裂纹—搭接
示例 5	框架及纵骨裂纹—搭接
示例 6	框架及加强筋裂纹
示例 7	框架及纵骨裂纹
示例 8	外板纵骨裂纹—缺少背撑或背撑太小
示例 9	船底框架和加强筋在纵骨贯穿切口处裂纹

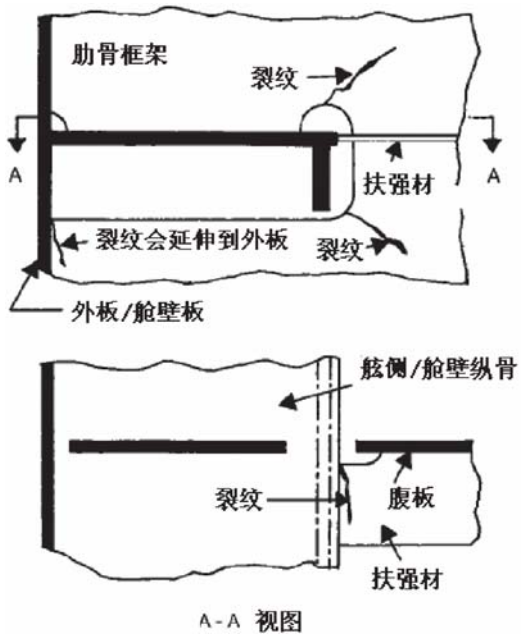
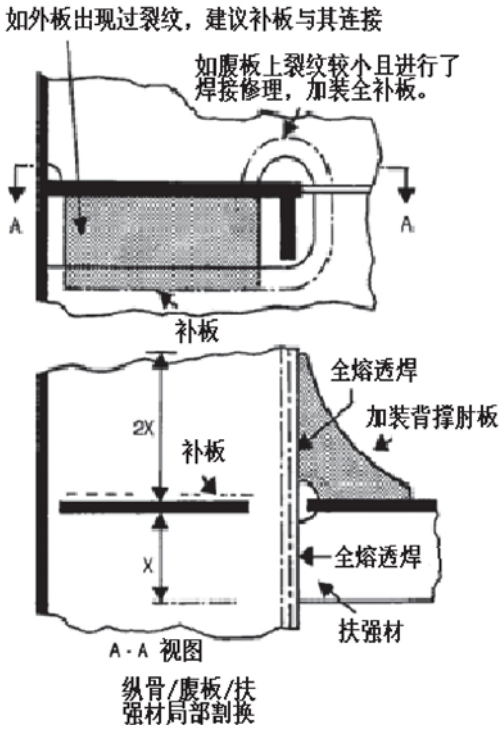
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 1：纵骨贯穿横框架切口处的裂纹</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.不对称设置的扶强材在疲劳载荷下导致扶强材在根部处产生高应力；
2.纵骨与框架板连接面积不够，导致的过应力损伤；
3.扶强材根部的包角焊有缺陷；
4.在应力集中区域有严重的局部腐蚀：扶强材根部、纵骨贯穿孔角隅处、框架腹板与船壳板连接处，局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤；
5.波浪动载荷／船舶运动加速度的影响；
6.框架腹板剪切应力影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1．通过局部割换消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨／焊接的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2．增加补板；
3．增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

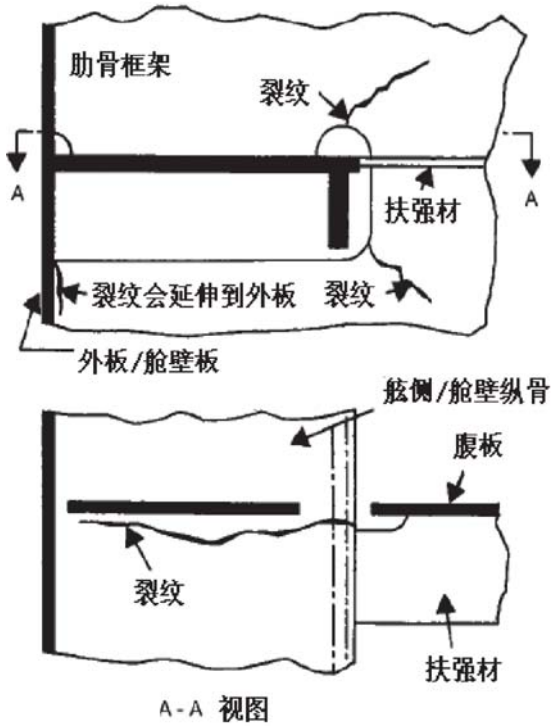
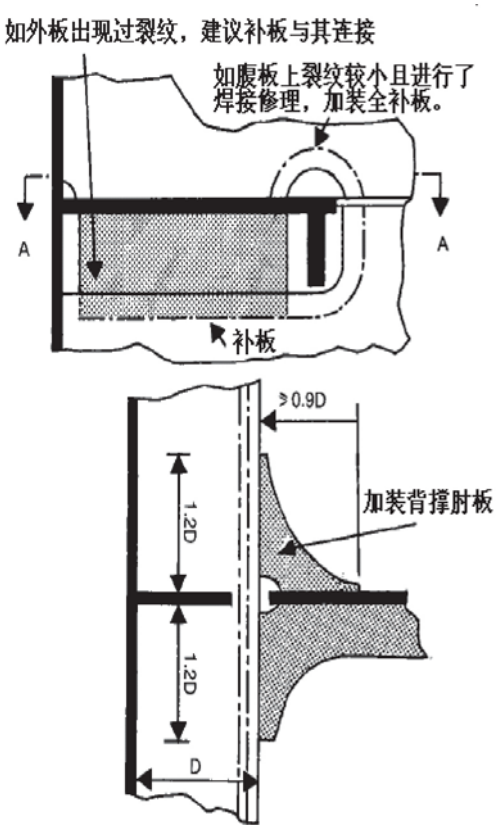
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 2：纵向构件切口处的外板裂纹</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.纵骨与框架腹板连接面积不够，导致过应力损伤；
2.贯穿孔趾端包角焊有缺陷；
3.在框架腹板与船壳板连接处应力集中区域有严重的局部腐蚀而产生过应力损伤；
4.波浪动载荷／船舶运动加速度的影响；
5.框架腹板剪切应力影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过局部割换消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨／焊接的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2.增加补板；
3.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

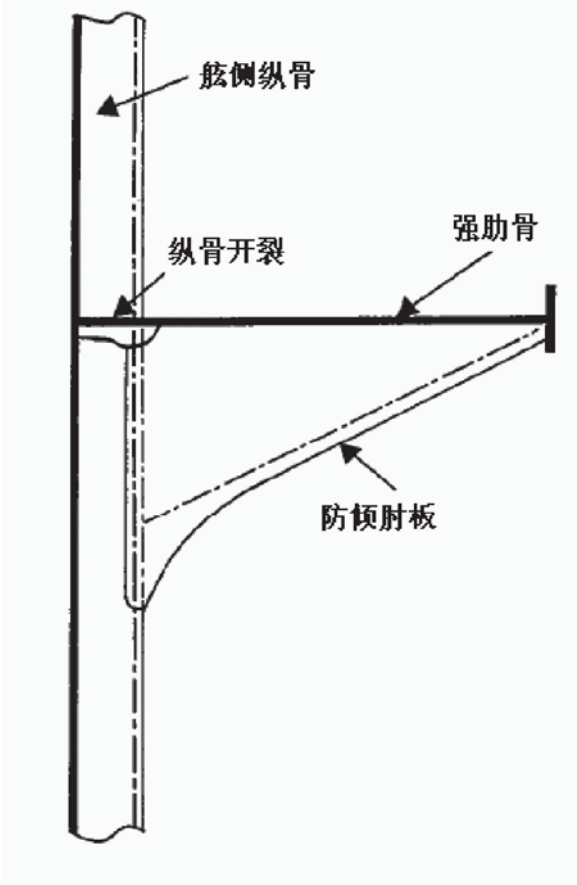
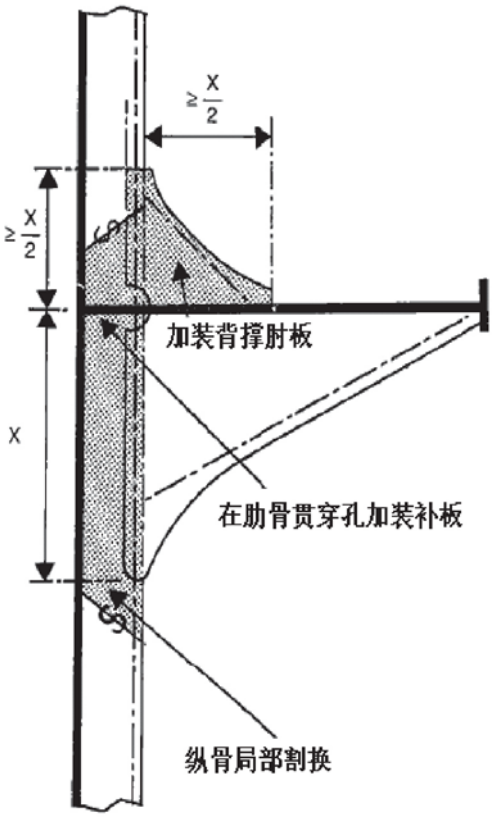
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 3：贴补板不足造成的外板裂纹</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.仅在纵骨内侧设置补板，在动载荷作用下，纵骨产生较大形变，导致贯穿孔邻接外板处产生高应力；
2.框架加强筋失效，导致纵骨产生较大形变；
3.贯穿孔趾端包角焊有缺陷；
4.波浪动载荷／船舶运动的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过局部割换来消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2.增加补板；
3.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 4：框架以及加强筋裂纹—搭接</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.加强筋趾端高应力引致的疲劳裂纹；
2.连接结构设计疲劳强度不足；
3.搭接面积不足；
4.局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤；
5.焊接缺陷，如未包角；
6.剪力过大；
7.液体动载荷／船舶运动加速度的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过局部割换消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨／焊接的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2.增加补板；
3.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

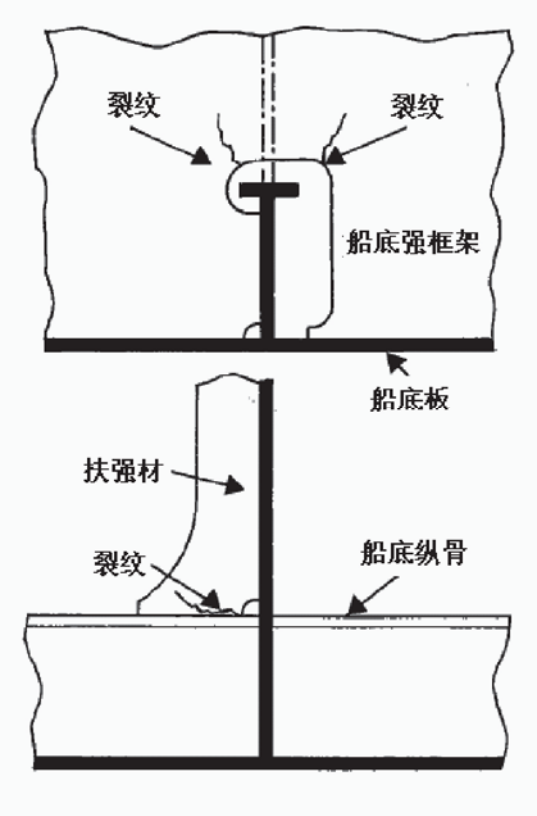
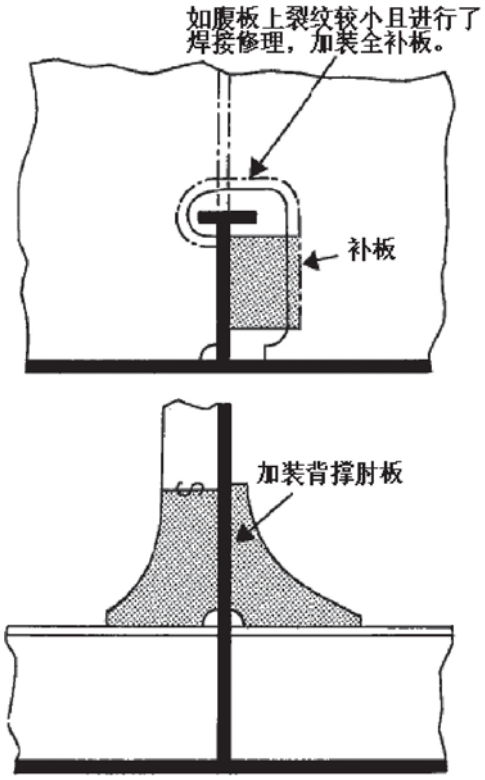
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 5：框架及纵骨裂纹—搭接</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.加强筋趾端高应力引致的疲劳裂纹；
2.采用 HTS 引致的高应力；
3.连接结构设计疲劳强度不足；
4.搭接面积不足；
5.局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤；
6.焊接缺陷，如未包角；
7.液体动载荷 / 船舶运动加速度的影响；
8.过剪应力。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过局部割换消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨 / 焊接的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2.增加补板；
3.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 6：框架及加强筋裂纹</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.加强筋趾端高应力引致的疲劳裂纹；
2.连接结构设计疲劳强度不足；
3.搭接面积不足；
4.局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤；
5.焊接缺陷，如未包角；
6.剪力过大；
7.液体动载荷 / 船舶运动加速度的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过局部割换消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2.增加补板；
3.增加背撑肘板，注意施工中熔透焊的要求。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 7：框架及纵骨裂纹</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.加强筋趾端高应力引致的疲劳裂纹；
2.采用 HTS 引致的高应力；
3.连接结构设计疲劳强度不足；
4.搭接面积不足；
5.局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤；
6.焊接缺陷，如未包角；
7.剪力过大；
8.液体动载荷 / 船舶运动加速度的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过局部割换消除裂纹，对于细小裂纹可以采用打磨的方式处理，此时必须辅之以 NDT 检测；
2.增加补板；
3.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

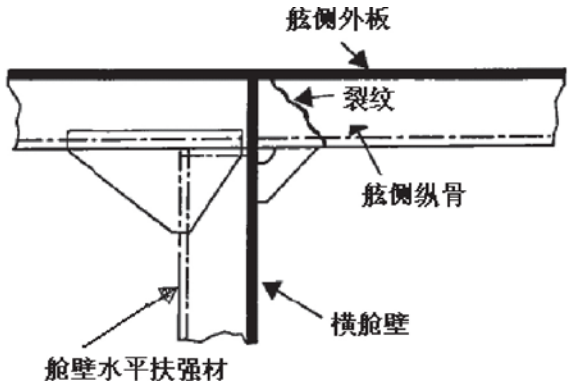
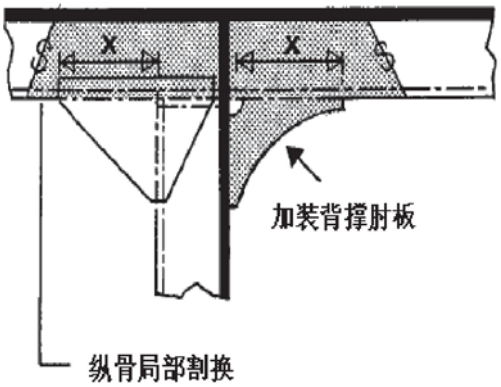
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与横框架的连接处
示例 8：外板纵骨裂纹—缺少背撑或背撑太小</td><td>组 1</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.不对称设置的肘板在疲劳载荷下导致肘板根部处产生高应力；
2.采用 HTS 引致的高应力；
3.搭接面积不足；
4.局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤；
5.焊接缺陷，如未包角；
6.液体动载荷 / 船舶运动加速度的影响；
7.缺少背撑造成的过应力。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过纵骨局部割换来消除裂纹；
2.增加背撑肘板。
3.肋骨贯穿孔加装补板。</td></tr>
</table>

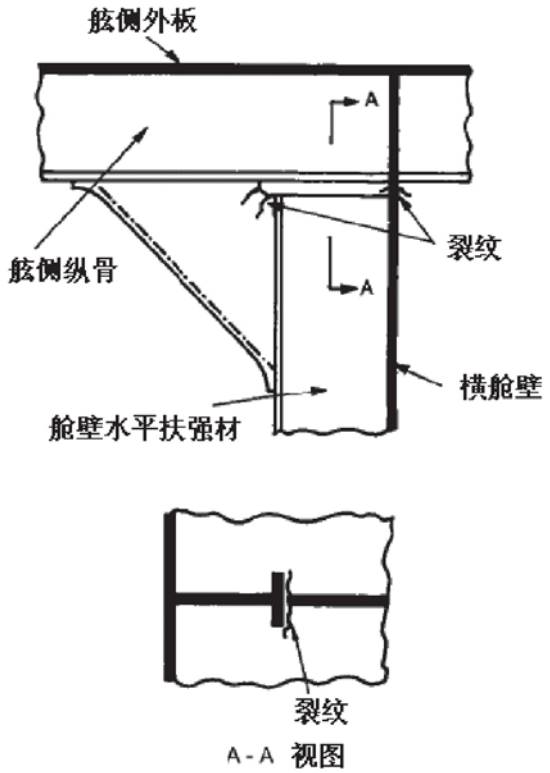
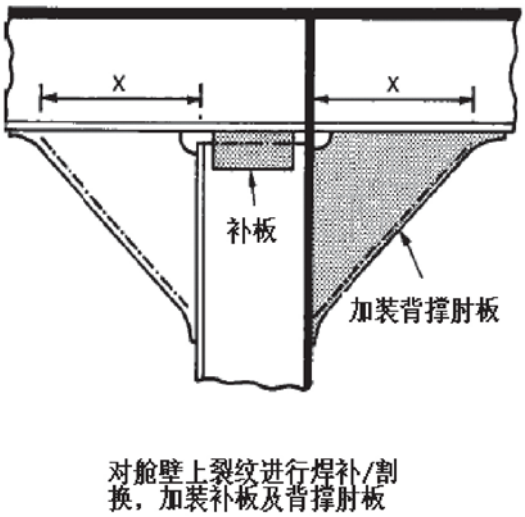
位置：纵骨与横框架的连接处 示例 9：船底框架和加强筋在纵骨贯穿切口处裂纹	组 1

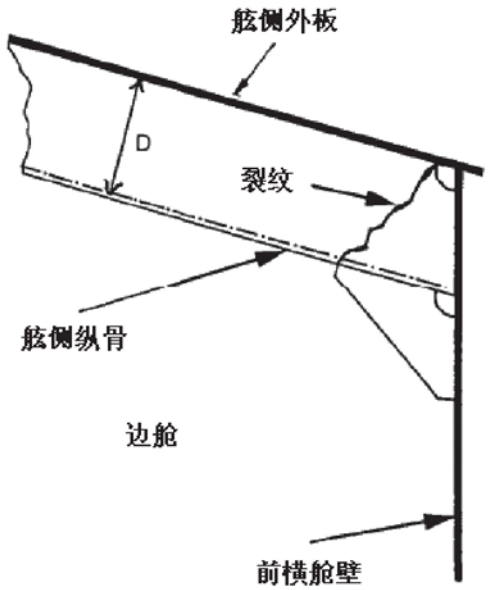
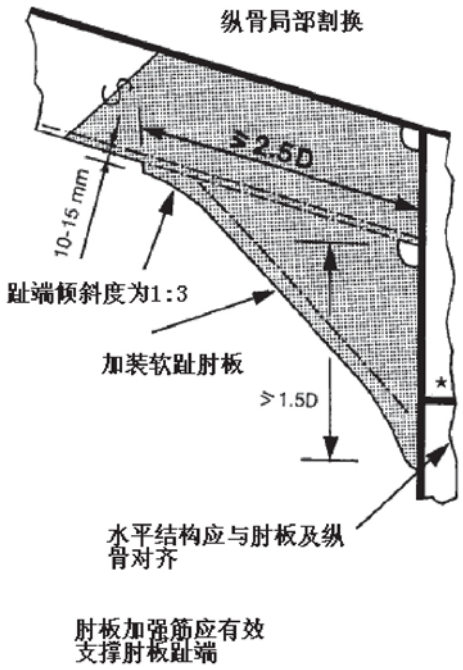
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.不对称设置的扶强材在根部产生高应力； 2.波浪动载荷／船舶运动的影响； 3.连接面积不足； 4.包角焊有缺陷； 5.局部涂层破损导致过度腐蚀而产生过应力损伤； 6.框架腹板剪切应力影响。	主要采取的措施： 1.通过局部割换来消除裂纹； 2.增加补板； 3.增加背撑肘板。

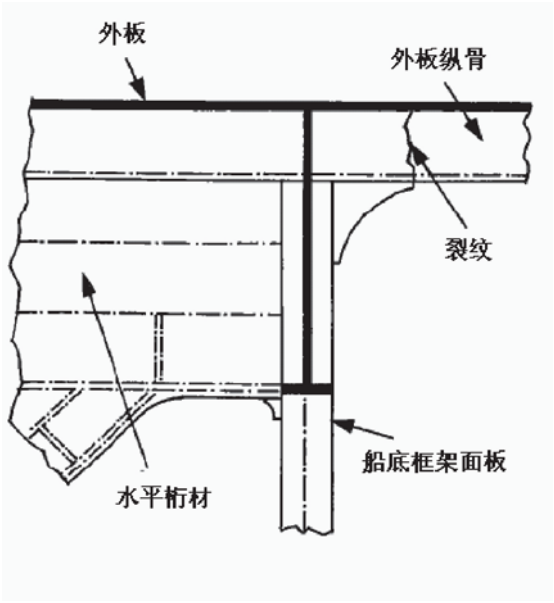
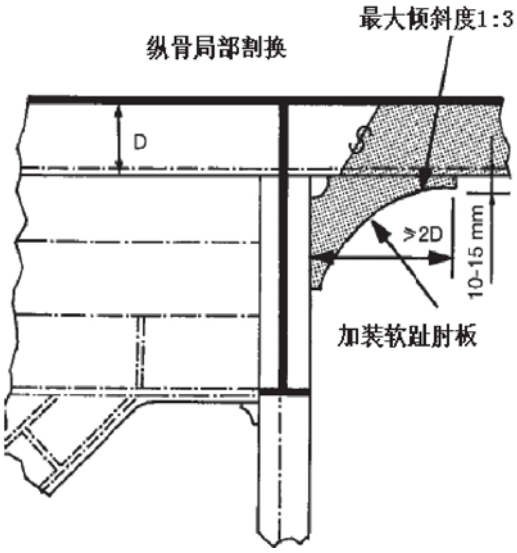
4.4.6.2 第 2 组——纵骨与平面横舱壁的连接处示例

示例号	标题
示例 1	外板纵骨裂纹
示例 2	舱壁连接肘板裂纹
示例 3	前横舱壁处外板纵骨裂纹
示例 4	外板纵骨在横舱壁折角处裂纹

<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与平面横舱壁的连接处
示例 1：外板纵骨裂纹</td><td>组 2</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.背撑肘板太小，加强筋趾端高应力引致的疲劳裂纹；
2.纵骨采用高强度钢，造成高应力损伤；
3.波浪动载荷／船舶运动的影响；
4.搭接面积不足引致疲劳损坏；
5.过度扭转应力；
6.横舱壁负荷引致的加强筋形变；
7.外板横向形变；
8.焊接缺陷。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过纵骨局部割换来消除裂纹；
2.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

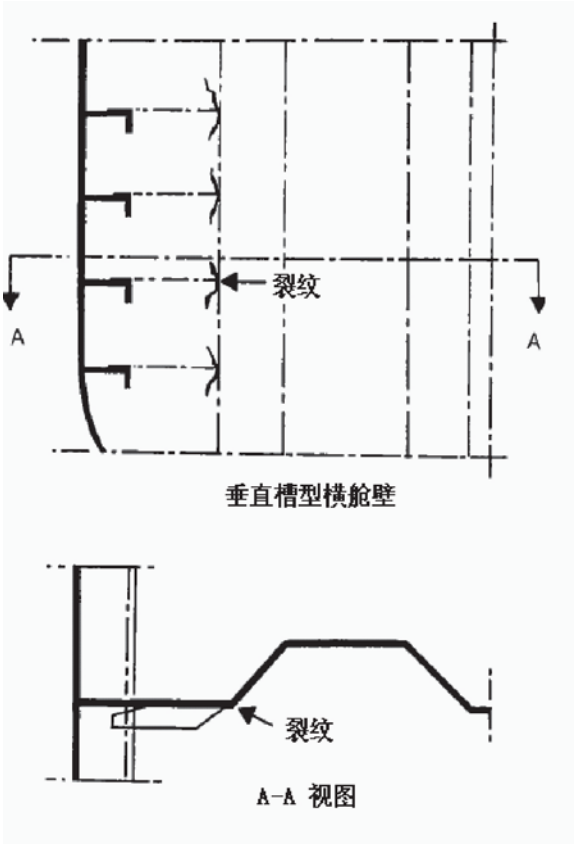
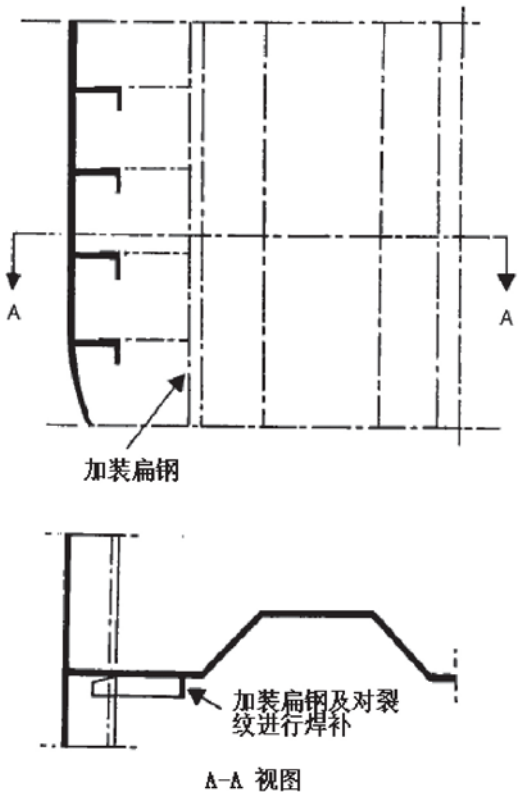
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与平面横舱壁的连接处
示例 2：舱壁连接肘板裂纹</td><td>组 2</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.未连接部分太大，加强筋趾端高应力引致的疲劳裂纹；
2.外板负荷引致的外板纵骨形变的影响；
3.外板横向形变；
4.焊接缺陷，如未包角；
5.动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.通过割换来消除裂纹；
2.加设补板；
3.增加背撑肘板。</td></tr>
</table>

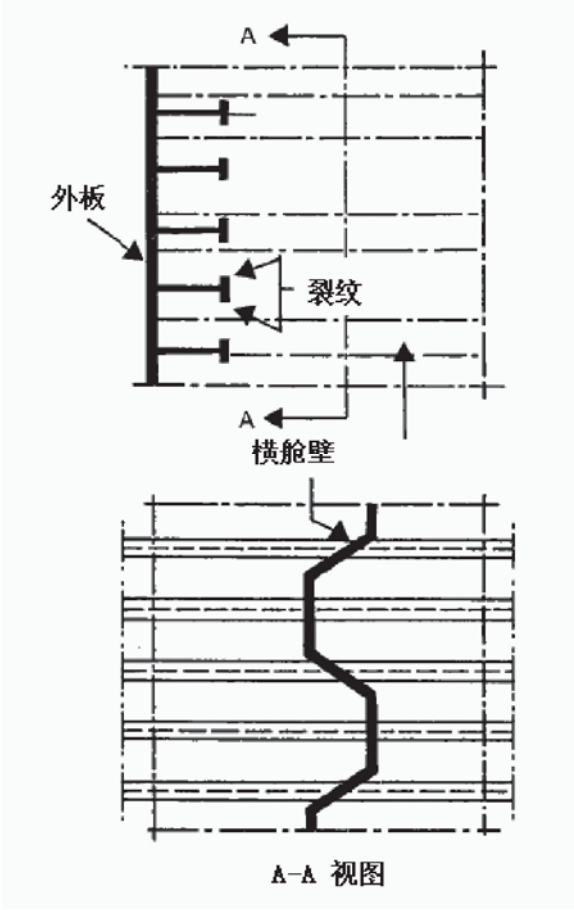
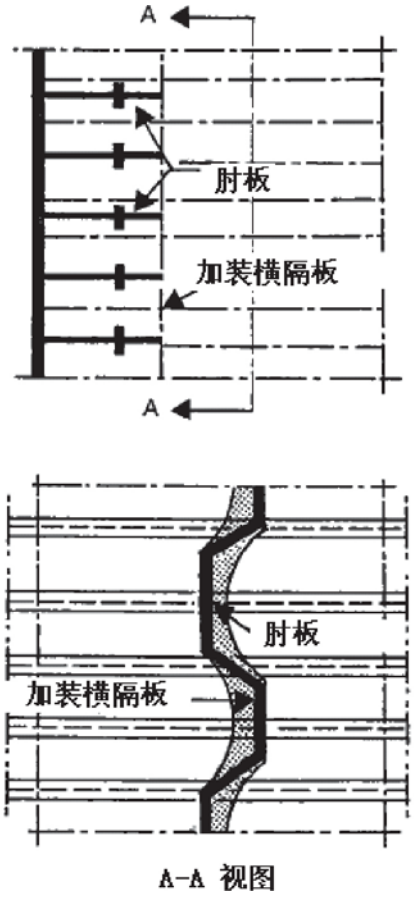
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与平面横舱壁的连接处
示例 3：前横舱壁处外板纵骨裂纹</td><td>组 2</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.连接肘板太小；
2.HTS 纵骨引致的高应力；
3.搭接面积不足；
4.外板横向形变；
5.焊接缺陷，如未包角；
6.动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.纵骨部分割换；
2.加大肘板尺寸，注意肘板趾端倾斜度要求。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与平面横舱壁的连接处
示例 4：外板纵骨在横舱壁折角处裂纹</td><td>组 2</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.连接肘板太小；
2.HTS 纵骨引致的高应力；
3.搭接面积不足；
4.横框架横向形变；
5.焊接缺陷，如未包角；
6.动载荷的影响；
7.扭转应力。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.纵骨部分割换；
2.加大肘板尺寸，注意肘板趾端要求。</td></tr>
</table>

4.4.6.3 第 3 组——纵骨与槽形舱壁的连接处示例

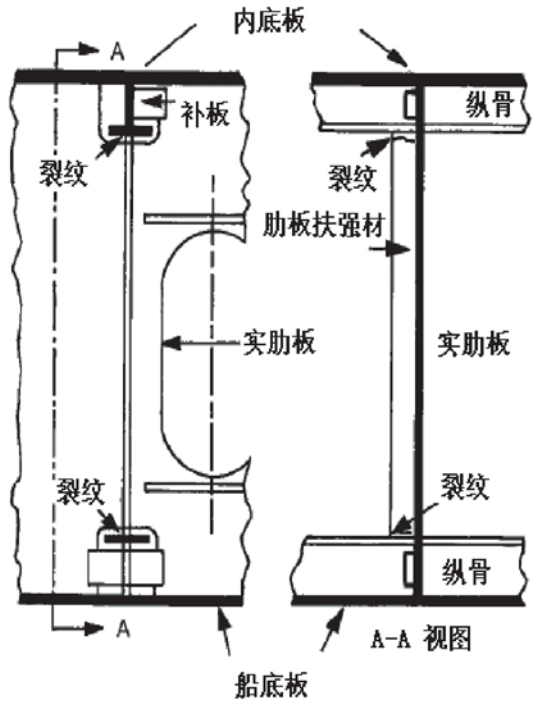
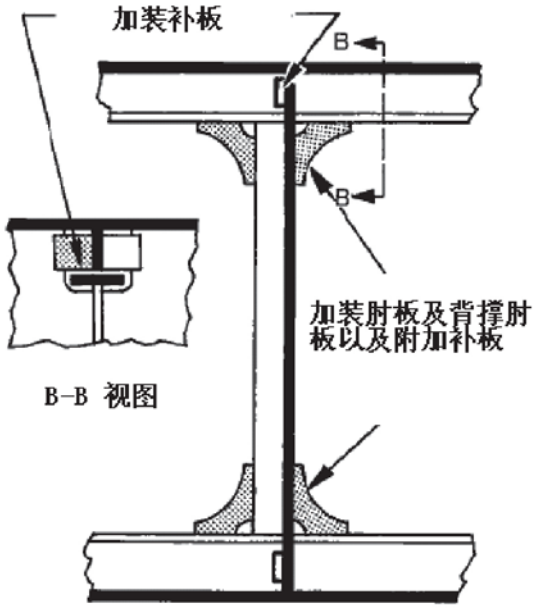
示例号	标题
示例 1	横舱壁在水平加强筋处裂纹
示例 2	横舱壁在外板纵骨穿过处裂纹

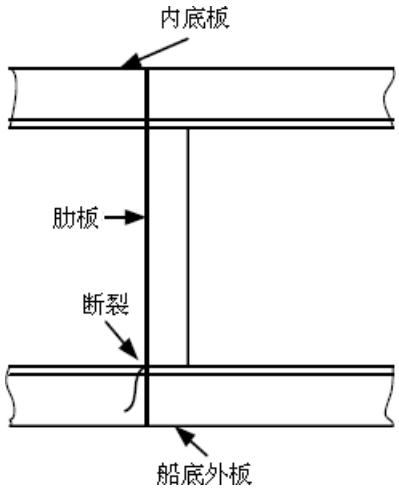
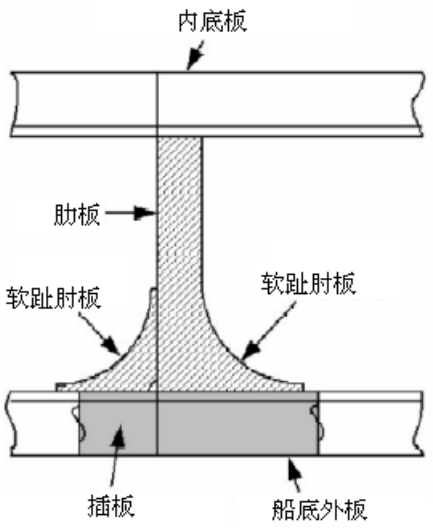
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与槽形舱壁的连接处
示例 1：横舱壁在水平加强筋处裂纹</td><td>组 3</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.水平扶强材端部削斜，且距离舱壁折角处太近，形成结构硬点，进而造成损坏；
2.水平加强筋尺寸太小；
3.动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.舱壁部分割换或打磨后补焊；
2.增加垂向加强筋。</td></tr>
</table>

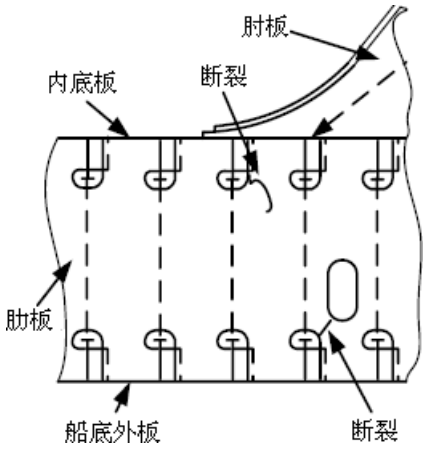
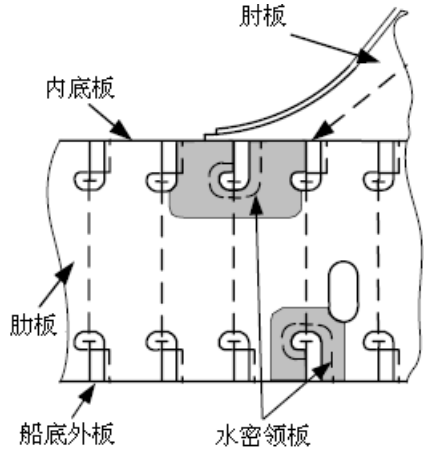
<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵骨与槽形舱壁的连接处
示例 2：横舱壁在外板纵骨穿过处裂纹</td><td>组 3</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.舱壁与纵骨连接处强度不足；
2.舱壁槽型跨距太大；
3.动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.增加肘板；
2.必要时在纵骨穿过处增加贴补板，该贴补板应达到舱壁板厚度的 125%。</td></tr>
</table>

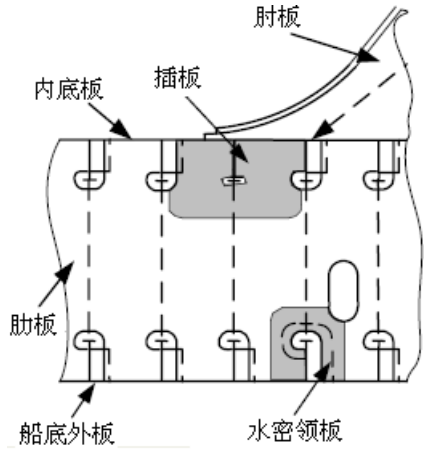
4.4.6.4 第 4 组——双层底内纵骨与肋板的连接示例

示例号	标题
示例 1	内外底纵骨加强筋处裂纹
示例 2	纵骨和普通肋板的连接
示例 3	肋板切口

位置：双层底内纵骨与肋板的连接 示例 1：内外底纵骨加强筋处裂纹	组 4
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.不对称设置的扶强材在连接处产生高应力； 2.纵骨贯穿孔过大，连接处强度不足； 3.贯穿孔角隅有尖锐缺口或结构硬点影响； 4.焊接缺陷； 5.动载荷的影响。	主要采取的措施： 1.增加附加补板； 2.增加补充肘板。

<table>
<tr><td colspan="2">位置：双层底内纵骨与肋板的连接
示例 2：纵骨和普通肋板的连接</td><td>组 4</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
船底纵骨和肋板扶强材连接处应力集中。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图
1.船底纵骨的对接焊缝应避开软趾肘板的趾部；
2.如可能，软趾肘板和垂直扶强材应为一个整体。</td></tr>
</table>

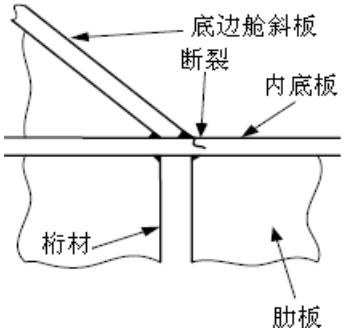
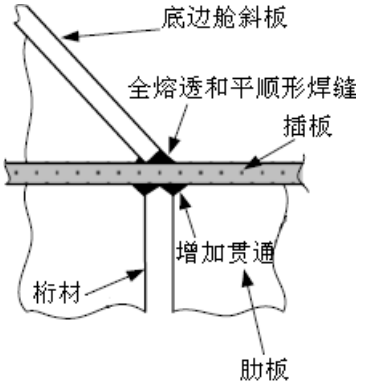
<table>
<tr><td colspan="2">位置：双层底内纵骨与肋板的连接
示例 3：肋板切口</td><td>组 4</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">

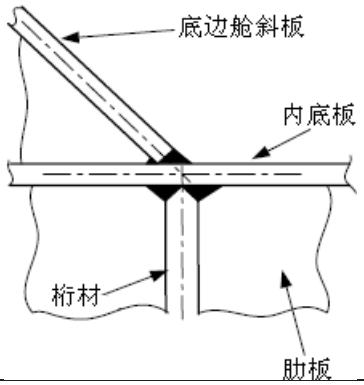
以上方法用于较小断裂


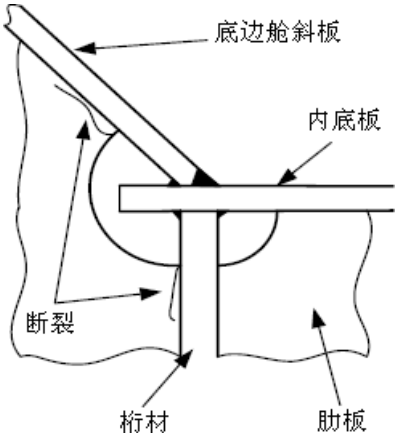
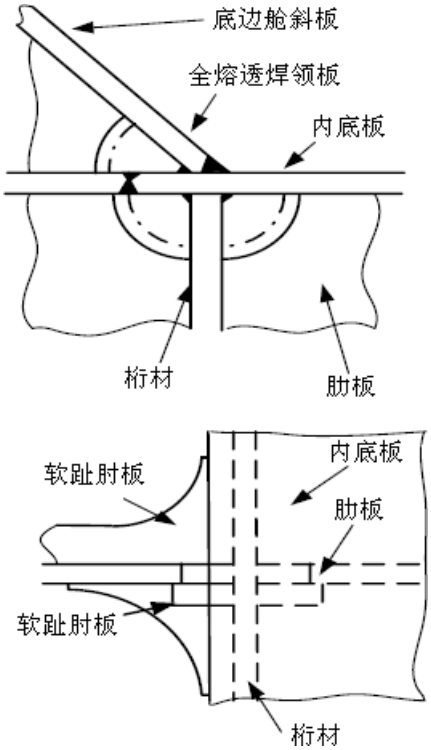
以上方法用于较大断裂</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.横框架肘板趾近旁应力高；
2.人孔和船底纵骨贯通切口之间缺乏材料。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.上图：凿开断裂处重焊，然后装上水密领板；
2.下图：不重焊和装领板，而是切割和装插板。</td></tr>
</table>

4.4.6.5 第 5 组——底边舱和双层底压载舱示例

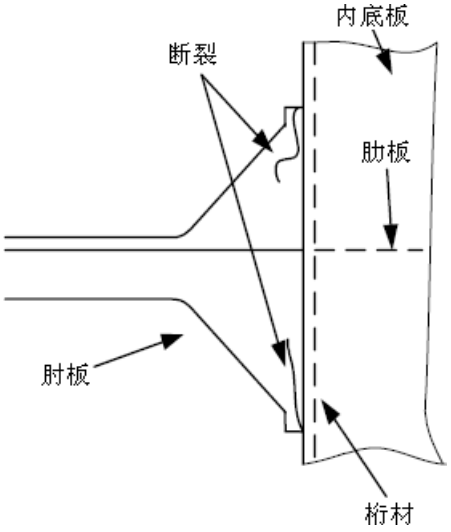
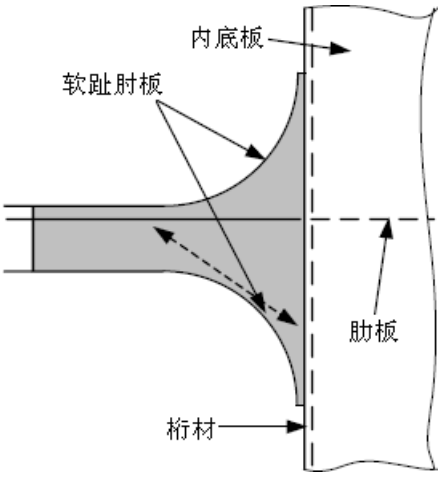
示例号	标题
示例 1	底边舱斜板和内底连接处的内底板上的断裂
示例 2	舭部底边舱斜板和内底连接处的断裂
示例 3	与内底对齐的封槽板断裂

<table>
<tr><td colspan="2">位置：底边舱和双层底压载舱
示例 1：底边舱斜板和内底连接处的内底板上的断裂</td><td>组 5</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">

新造船

</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.底边舱斜板与内底板交点处应力集中；
2.焊接不足；
3.底边舱斜板、内底板和桁材未对中。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：底边舱和双层底压载舱
示例 2：舭部底边舱斜板和内底连接处的断裂</td><td>组 5</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">

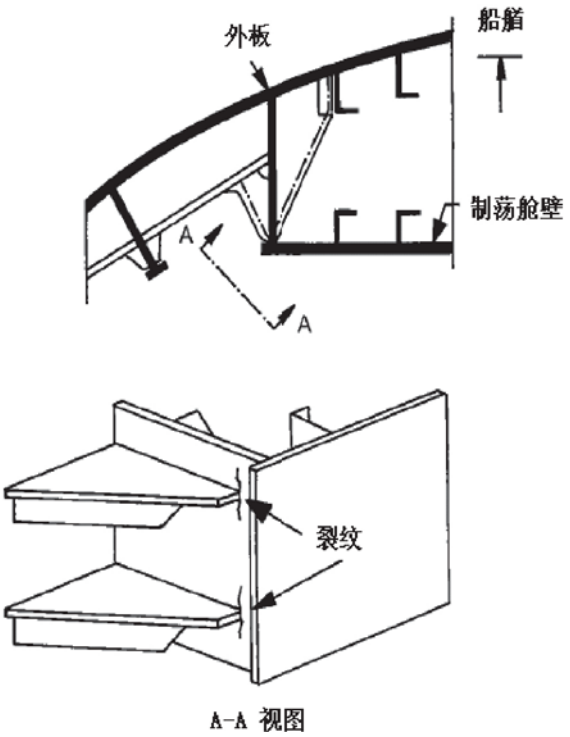
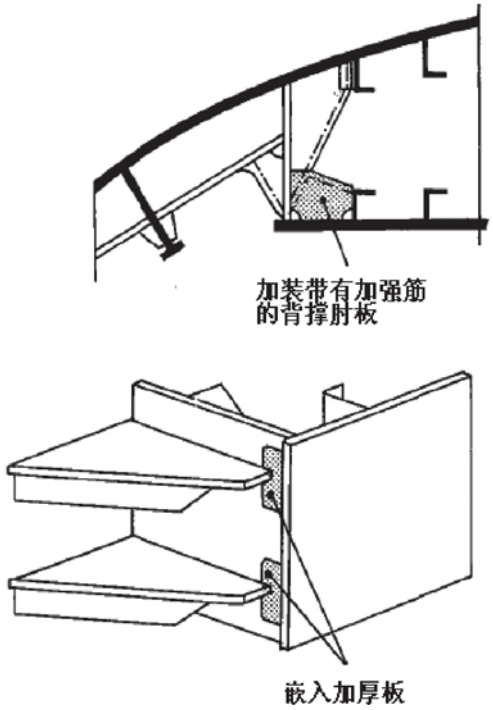
注：板材中线相交</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
折角处应力集中。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图。</td></tr>
</table>

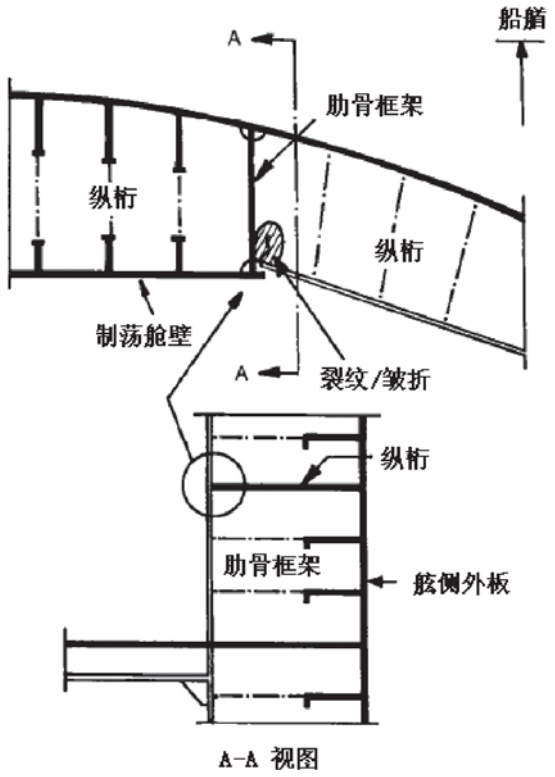
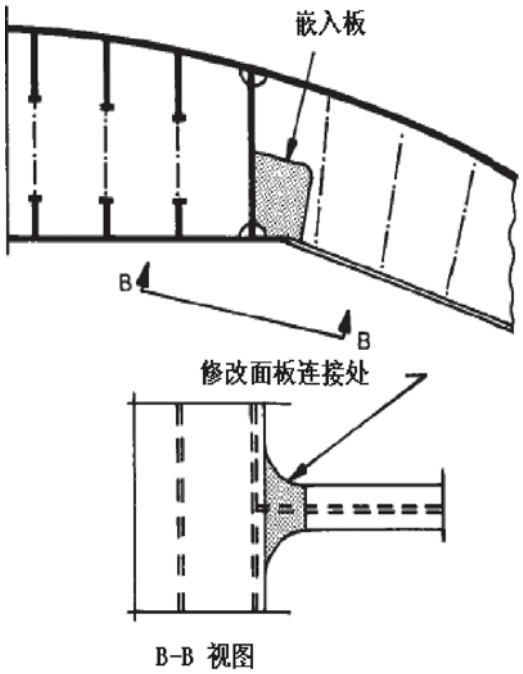
<table>
<tr><td colspan="2">位置：底边舱和双层底压载舱
示例 3：与内底对齐的封槽板断裂</td><td>组 5</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">

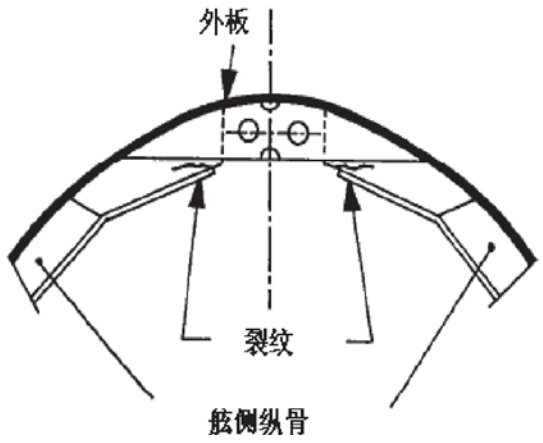
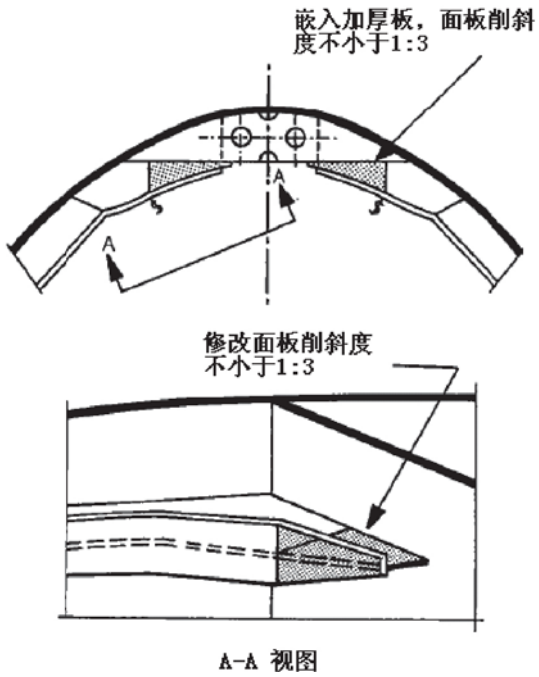
注：肘板半径尽可能大。
肘板厚度与内底边扶强材相同。
趾高应尽量小，同时仍可通焊（包覆焊）</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.半径小和趾形陡引起的应力集中；
2.焊接不足；
3.连接肘板剖面（厚 × 宽）不足。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图。</td></tr>
</table>

4.4.6.6 第 6 组——首尖舱示例

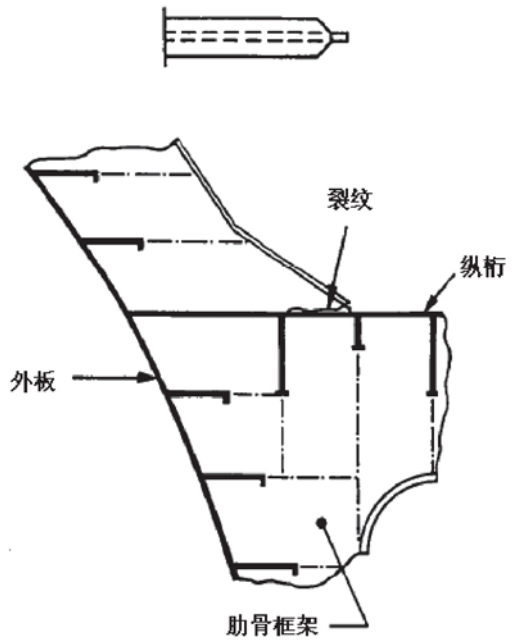
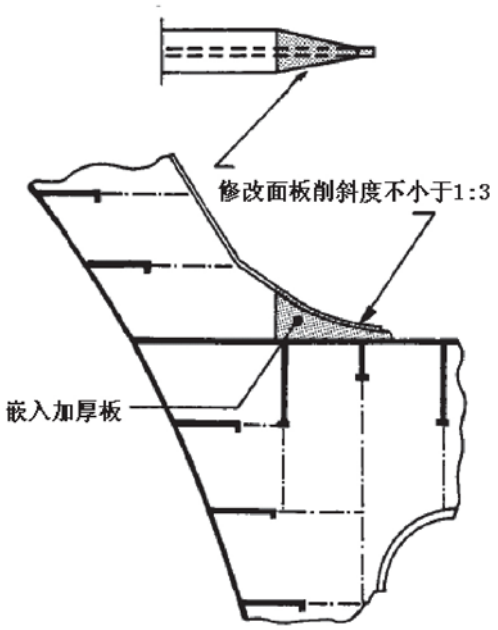
示例号	标题
示例 1	首部纵骨中断处裂纹
示例 2	舷侧纵桁中断处裂纹
示例 3	船首纵骨中断处裂纹
示例 4	船首框架趾端与平台连接处裂纹
示例 5	船首横框架折角处裂纹
示例 6	支撑胸横梁处裂纹

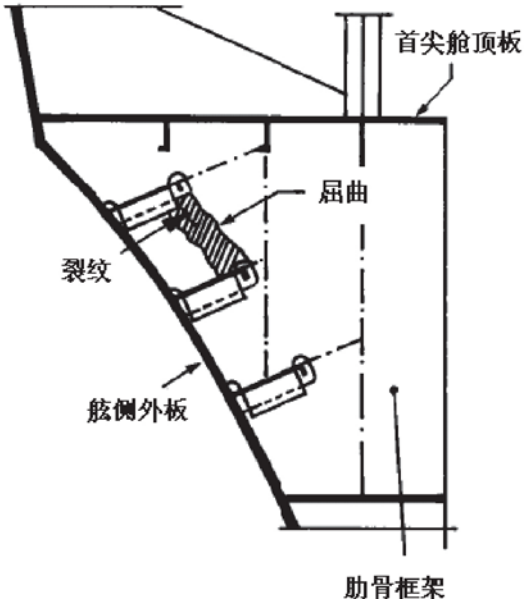
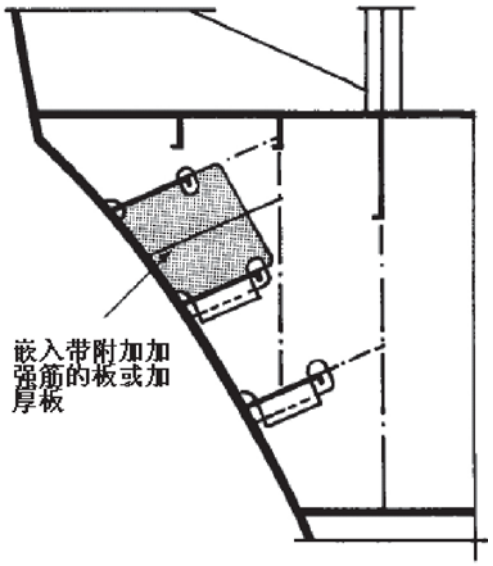
<table>
<tr><td colspan="2">位置：首尖舱
示例 1：首部纵骨中断处裂纹</td><td>组 6</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.肘板趾端应力集中；
2.局部腐蚀引致结构形变；
3.动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.趾端处腹板局部加厚；
2.增加带加强筋的背撑肘板。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：首尖舱
示例 2：舷侧纵桁中断处裂纹</td><td>组 6</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.结构突变处由于不连续引致的应力集中；
2.局部腐蚀引致结构形变；
3.动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.结构突变处腹板局部加厚；
2.更改面板连接方法，使之光顺过渡。</td></tr>
</table>

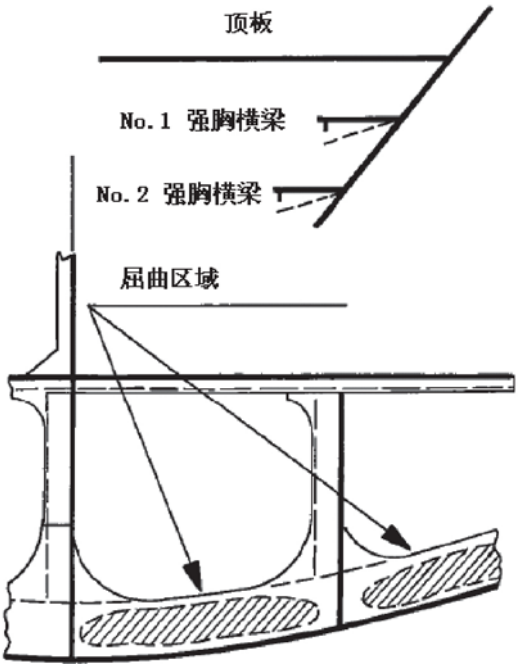
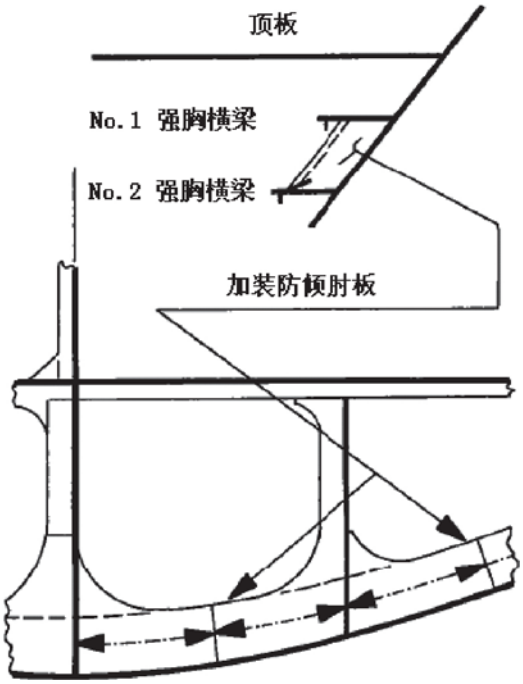
位置：首尖舱 示例 3：船首纵骨中断处裂纹	组 6
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.连接肘板强度不足； 2.局部腐蚀引致结构形变； 3.动载荷的影响。	主要采取的措施： 1.趾端加长； 2.腹板局部加厚，端部更为光顺； 3.面板端部更为光顺。

位置：首尖舱 示例 4：船首框架趾端与平台连接处裂纹	组 6

典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.连接肘板强度不足； 2.局部腐蚀引致结构形变； 3.动载荷的影响。	主要采取的措施： 1.趾端加长； 2.腹板局部加厚，端部更为光顺； 3.面板端部更为光顺。

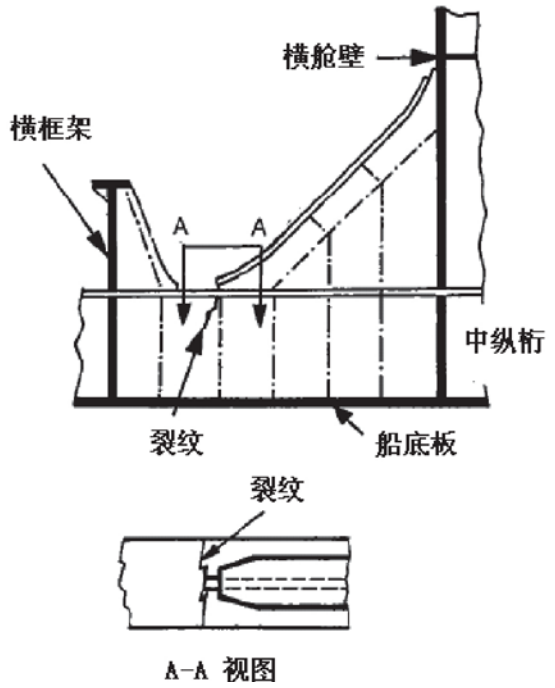
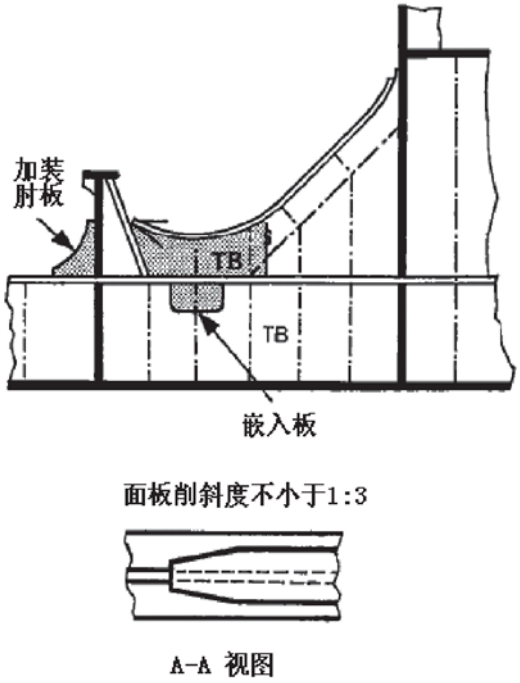
位置：首尖舱 示例 5：船首横框架折角处裂纹	组 6
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.局部腐蚀引致结构形变； 2.动载荷的影响。	主要采取的措施： 腹板局部加厚。

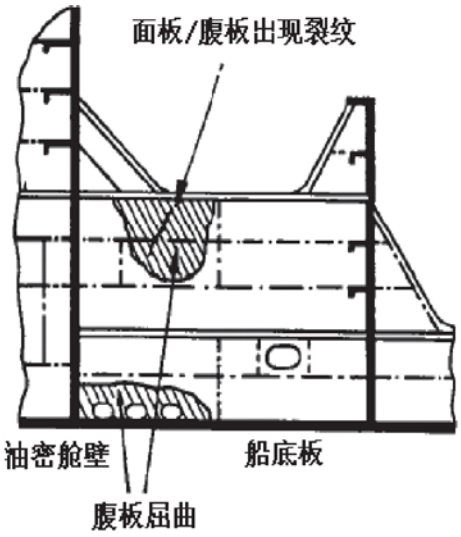
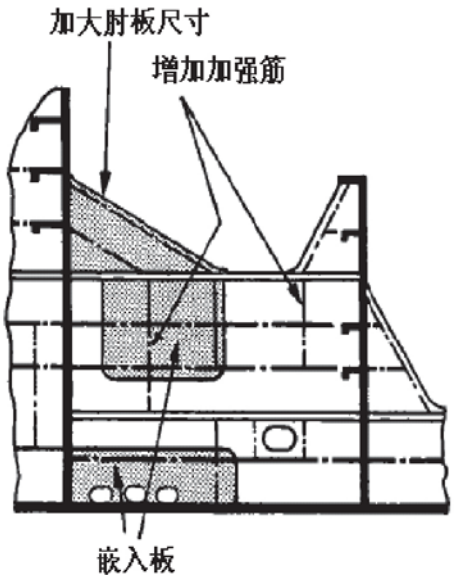
位置：首尖舱 示例 6：支撑胸横梁处裂纹	组 6

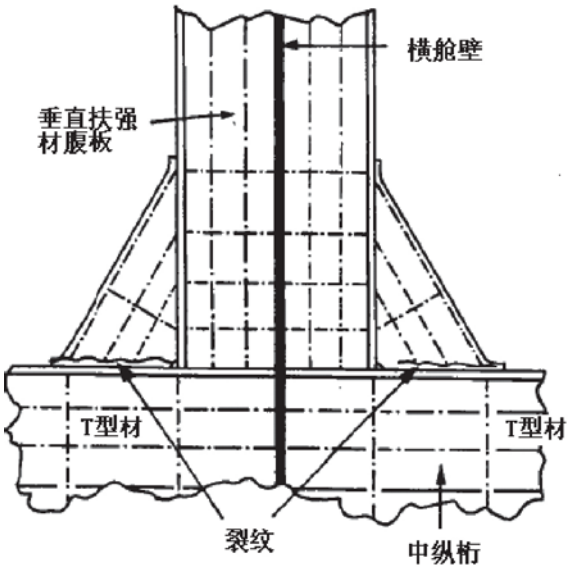
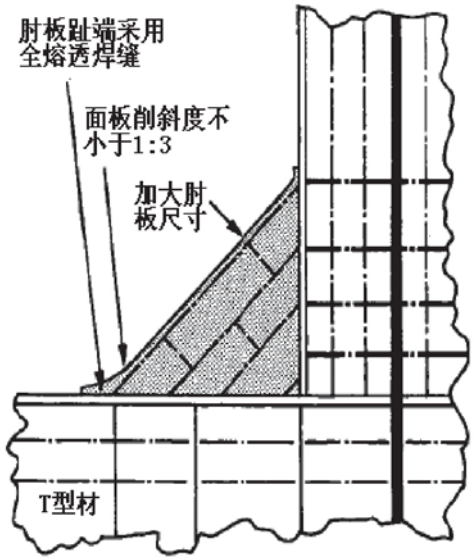
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.首部砰击； 2.屈曲强度不足。	主要采取的措施： 增加强胸横梁的连接肘板。

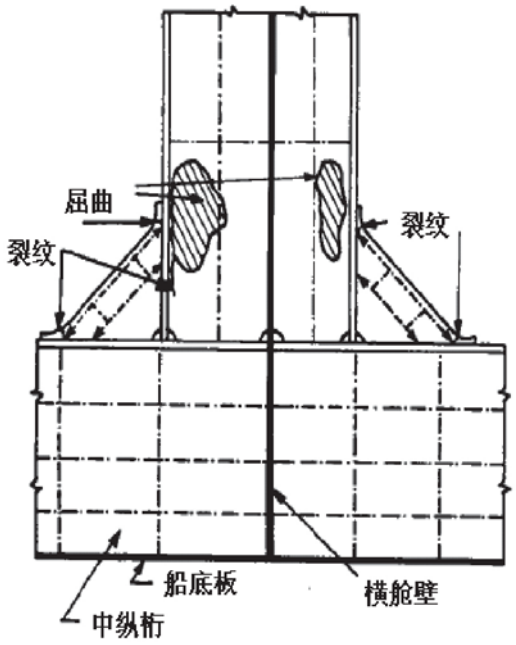
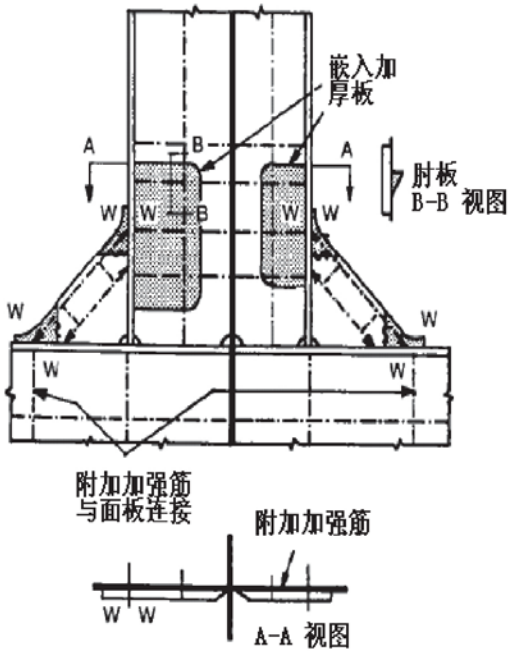
4.4.6.7 第 7 组——纵桁连接肘板示例

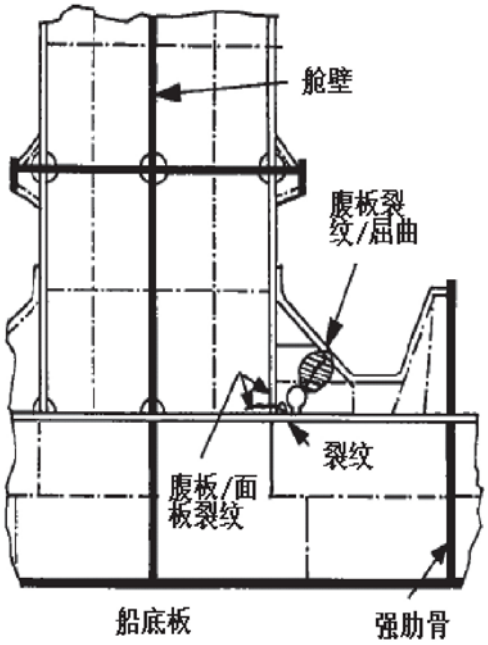
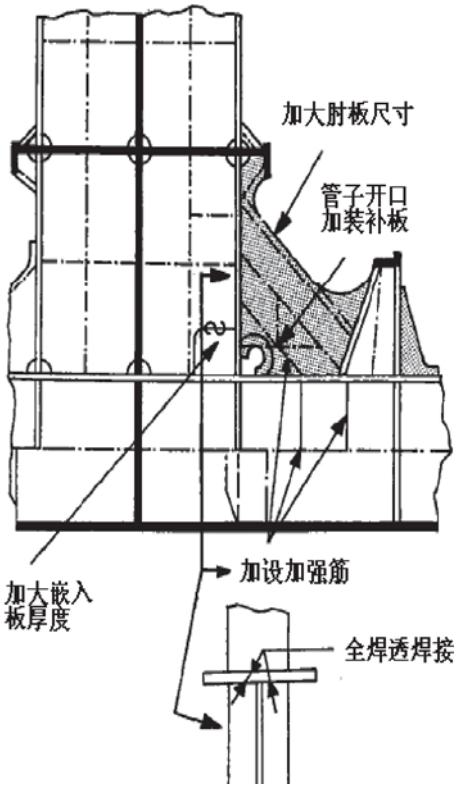
示例号	标题
示例 1	船底中纵桁与油舱舱壁连接处裂纹
示例 2	船底肘板与油舱舱壁连接处裂纹
示例 3	船底垂向肘板与中纵桁连接处裂纹之 1
示例 4	船底垂向肘板与中纵桁连接处裂纹之 2
示例 5	船底纵桁连接肘板在管路开孔处裂纹
示例 6	船底边纵桁与油舱舱壁连接处裂纹
示例 7	船底纵桁直接穿过与平面舱壁连接处裂纹

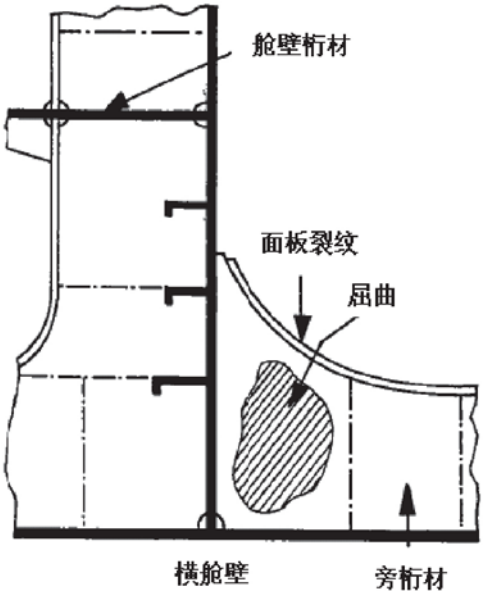
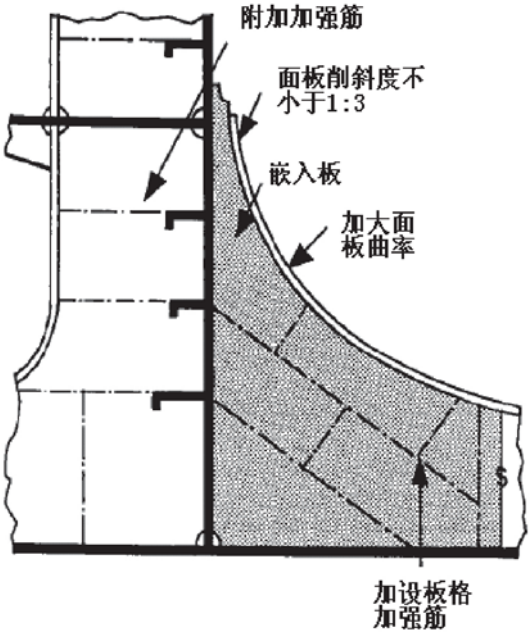
位置：纵桁连接肘板 示例 1：船底中纵桁与油舱舱壁连接处裂纹	组 7
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.肘板趾端应力集中； 2.贴补板型式不对或太小； 3.过剪切力。	主要采取的措施： 1.更改肘板趾端型式； 2.原趾端下方取消贴补板； 3.增加背撑肘板。

位置：纵桁连接肘板 示例 2：船底肘板与油舱舱壁连接处裂纹	组 7
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.肘板 / 框架板加强不足； 2.肘板趾端应力集中； 3.进坞时坞墩力影响。	主要采取的措施： 1.加大肘板尺寸； 2.在框架腹板上增加加强筋。

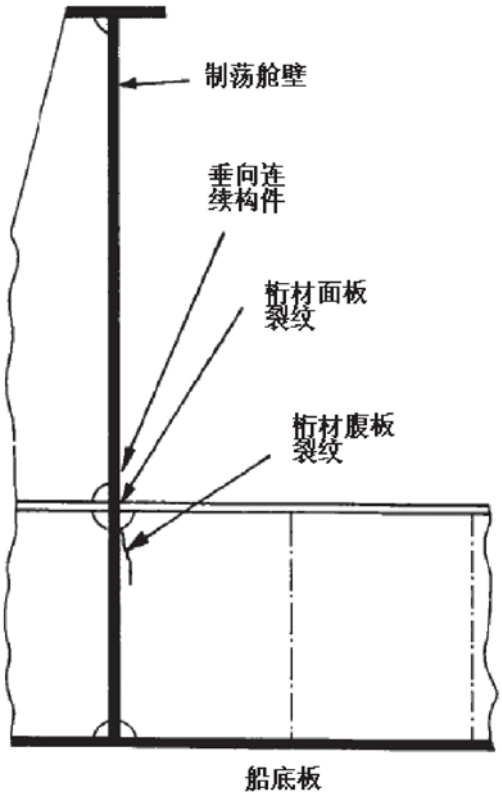
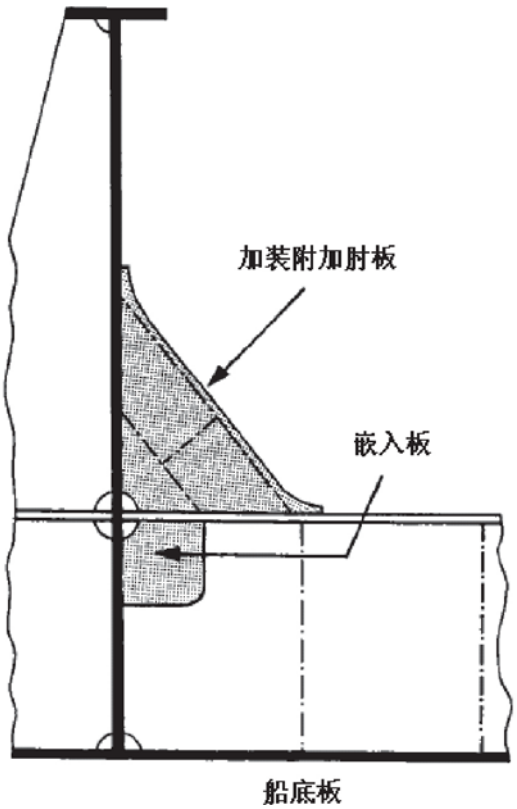
位置：纵桁连接肘板 示例 3：船底垂向肘板与中纵桁连接处裂纹之 1	组 7
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.肘板／框架板加强不足； 2.肘板趾端应力集中； 3.肘板面板屈曲强度不足。	主要采取的措施： 1.加大肘板尺寸； 2.肘板与中纵桁之间采用全熔透焊。

位置：纵桁连接肘板 示例 4：船底垂向肘板与中纵桁连接处裂纹之 2	组 7
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.框架板垂向腹板强度不足； 2.肘板趾端应力集中。	主要采取的措施： 1.局部加大腹板厚度； 2.割换肘板趾端； 3.框架板腹板加设加强筋。

<table>
<tr><td colspan="2">位置：纵桁连接肘板
示例 5：船底纵桁连接肘板在管路开孔处裂纹</td><td>组 7</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.因开孔引致强度不足；
2.开孔处应力集中。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部加大肘板尺寸；
2.肘板上加设加强筋；
3.框架板腹板局部加厚 / 加设加强筋；
4.肘板与其他构件连接采用熔透焊。</td></tr>
</table>

位置：纵桁连接肘板 示例 6：船底边纵桁与油舱舱壁连接处裂纹	组 7
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.连接肘板尺寸太小； 2.开框架板加强不足。	主要采取的措施： 1.框架板加设加强筋； 2.肘板加大，肘板半径加大。

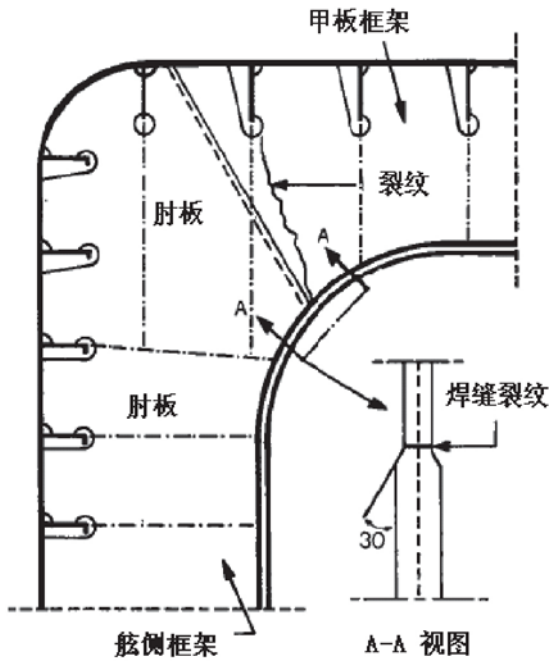
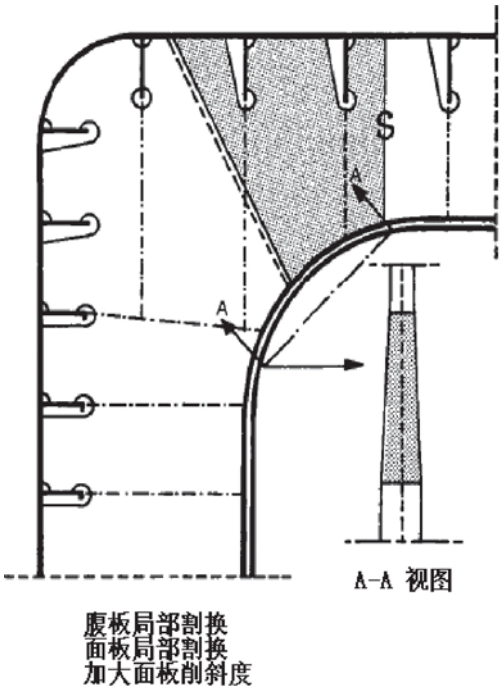
位置：纵桁连接肘板 示例 7：船底纵桁直接穿过与平面舱壁连接处裂纹	组 7

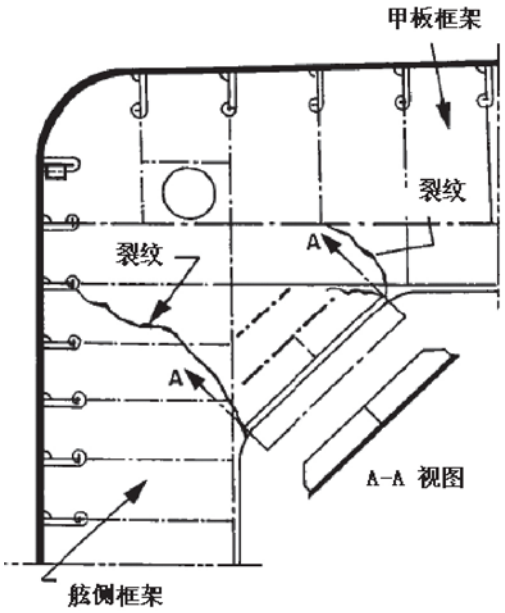
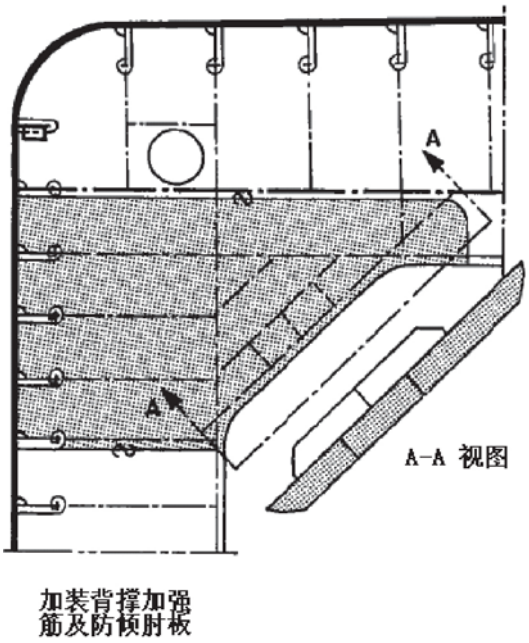
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 连接尺寸不足。	主要采取的措施： 1.纵桁腹板局部加厚； 2.增加背撑肘板。

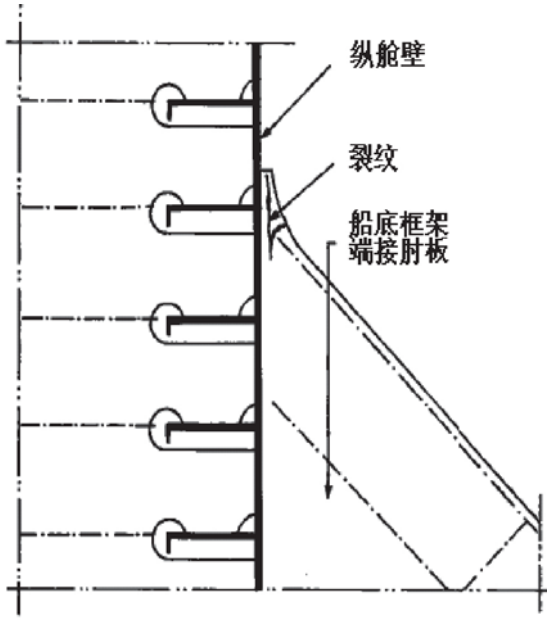
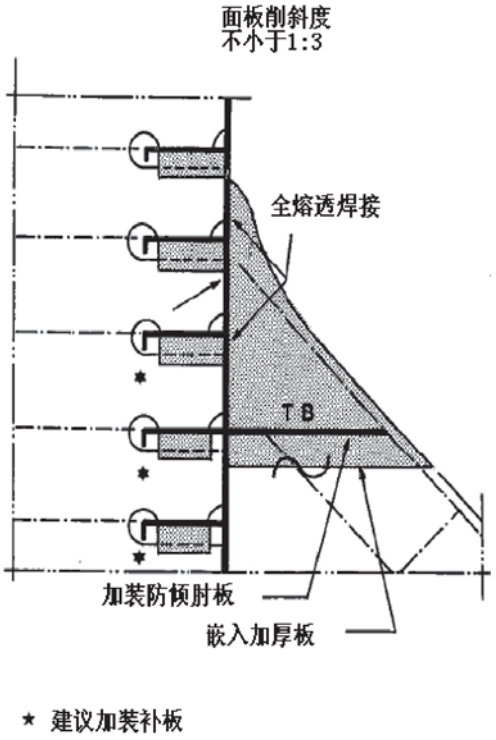
4.4.6.8 第 8 组——横框架端部连接肘板示例

示例号	标题
示例 1	边舱甲板框架腹板裂纹之 1
示例 2	边舱甲板框架腹板裂纹之 2
示例 3	舱底横向端肘板

位置：横框架端部连接肘板 示例 1：边舱甲板框架腹板裂纹之 1	组 8

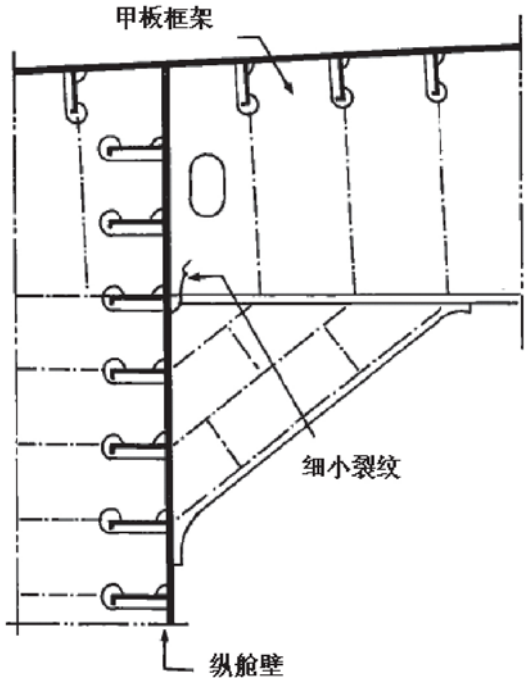
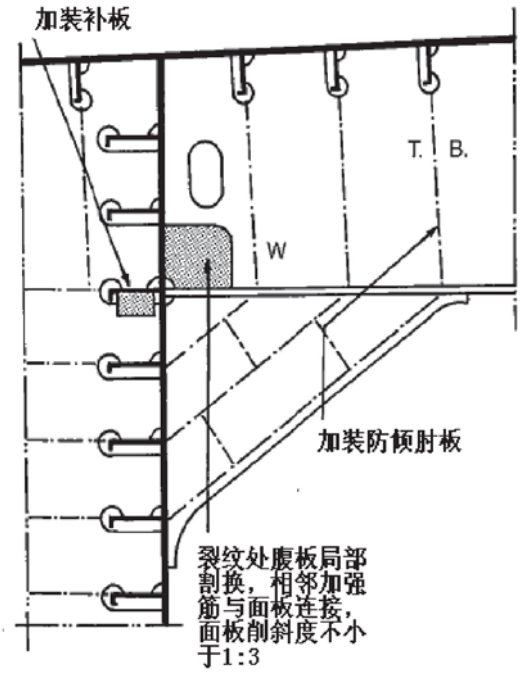
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.框架面板严重腐蚀； 2.贴补板 / 角焊缝处应力集中； 3.过焊孔引致的应力集中； 4.面板对接缝焊接缺陷。	主要采取的措施： 局部框架面板、腹板割换。

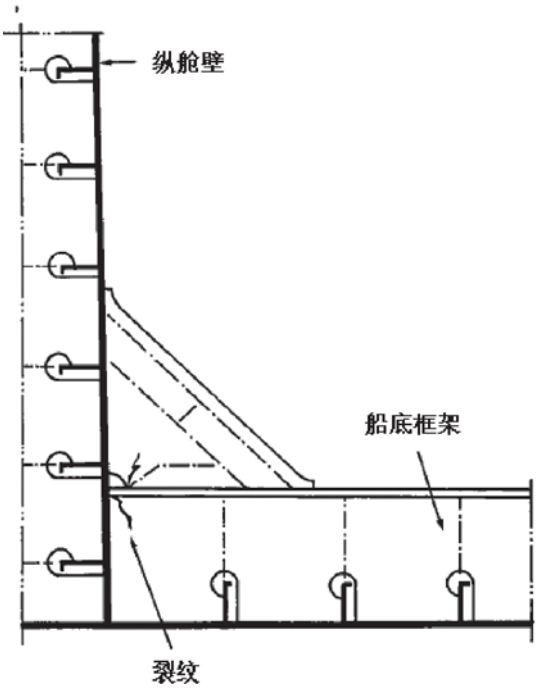
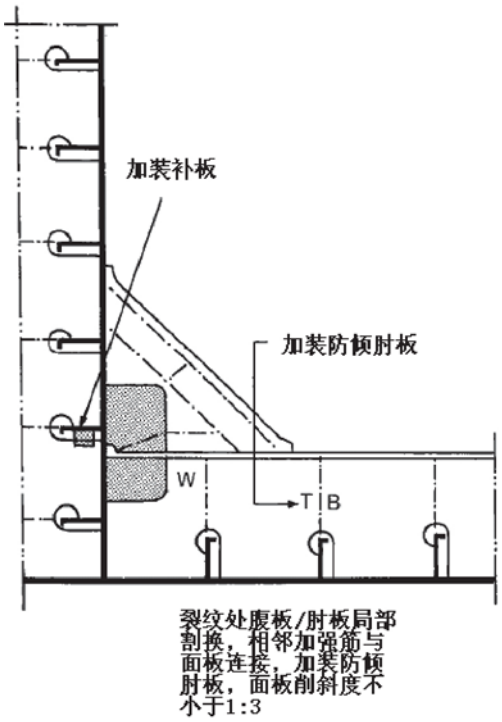
<table>
<tr><td colspan="2">位置：横框架端部连接肘板
示例 2：边舱甲板框架腹板裂纹之 2</td><td>组 8</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.框架面板削斜处应力集中；
2.焊接 / 材料缺陷。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部框架面板、腹板割换；
2.加设背撑加强筋。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：横框架端部连接肘板
示例 3：舱底横向端肘板</td><td>组 8</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.框架面板削斜角度偏大，导致该处应力集中；
2.趾端局部过度腐蚀；
3.肘板尺寸不够；
4.焊接缺陷，如未包角等。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.肘板局部面板、腹板割换。割换时注意厚度增加、趾端延伸的要求；
2.加设加强筋；
3.构件贯穿处加设贴补板。</td></tr>
</table>

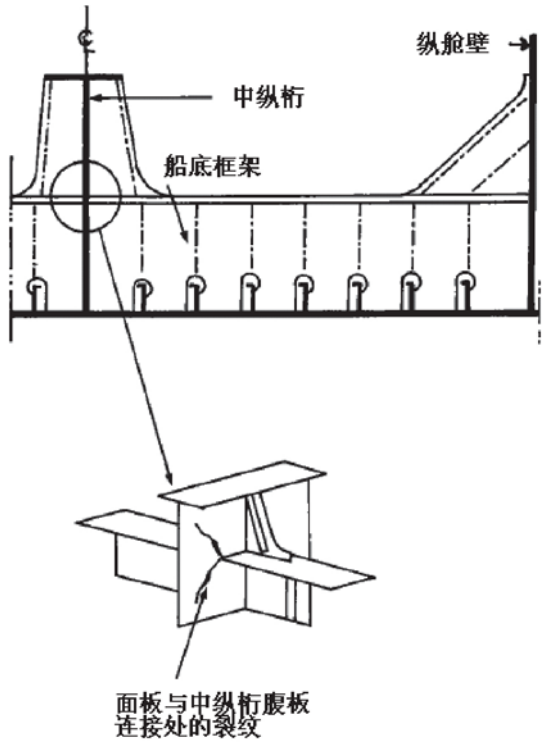
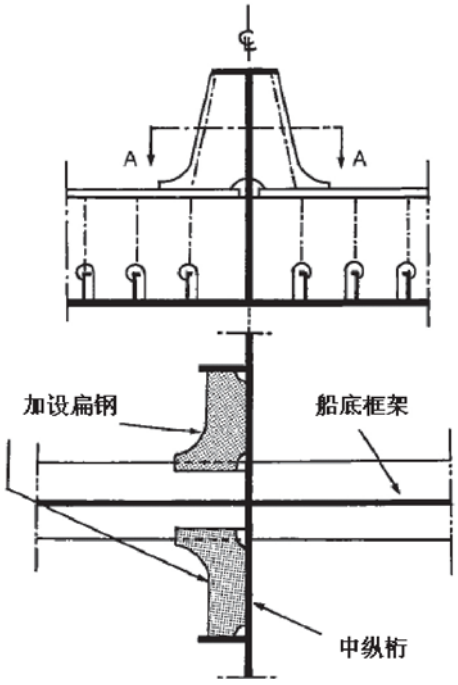
4.4.6.9 第 9 组——强框架示例

示例号	标题
示例 1	中舱甲板框架
示例 2	中舱船底框架
示例 3	中桁材与横框架的连接

<table>
<tr><td colspan="2">位置：强框架
示例 1：中舱甲板框架</td><td>组 9</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.拍击、振动；
2.加强筋间距过大；
3.框架面板削斜度不够，角度偏大；
4.焊接缺陷，如未包角等。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部腹板割换。割换时注意厚度增加、加强筋延伸的要求；
2.补充加强筋，减少加强筋间距；
3.构件贯穿处加设贴补板。</td></tr>
</table>

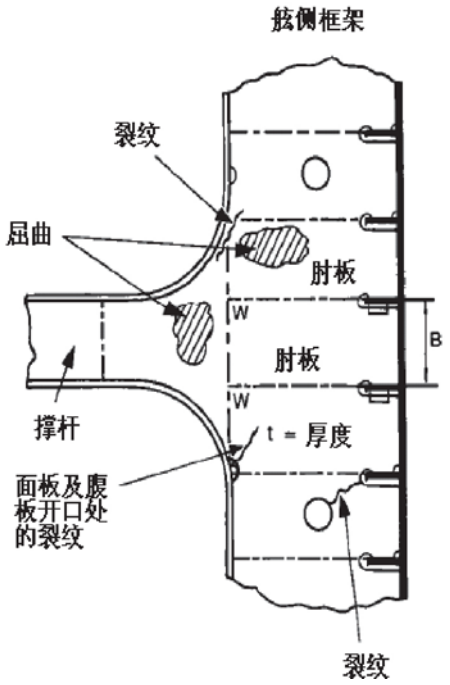
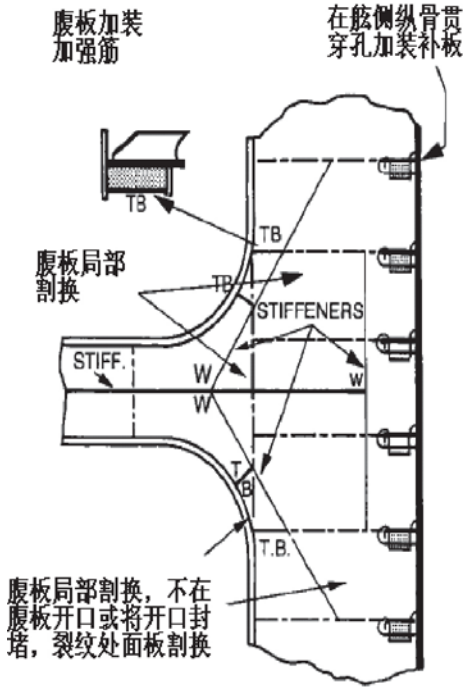
<table>
<tr><td colspan="2">位置：强框架
示例 2：中舱船底框架</td><td>组 9</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.加强筋间距过大；
2.框架面板削斜度不够，角度偏大；
3.焊接缺陷，如未包角等。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部割换。割换时注意厚度增加、增设加强筋的要求；
2.补充加强筋，减少加强筋间距；
3.构件贯穿处加设贴补板。</td></tr>
</table>

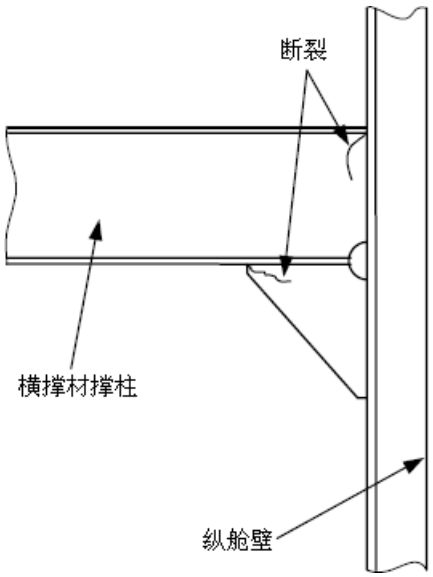
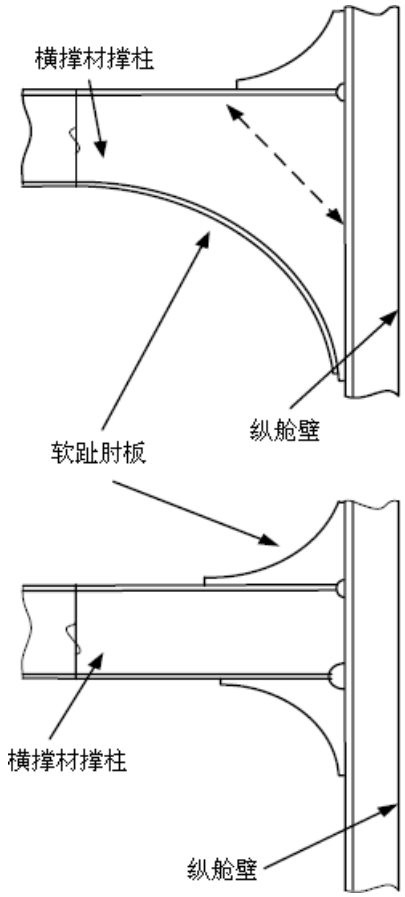
位置：强框架 示例 3：中桁材与横框架的连接	组 9

典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.焊接形成的硬点； 2.振动； 3.加强筋间距过大； 4.面板未光顺过渡； 5.焊接缺陷，如未包角等。	主要采取的措施： 加设搭接面板。

4.4.6.10 第 10 组——横撑材示例

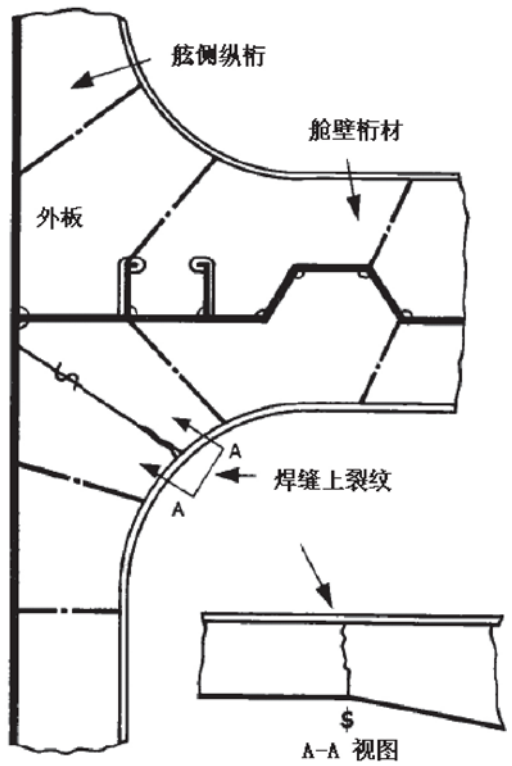
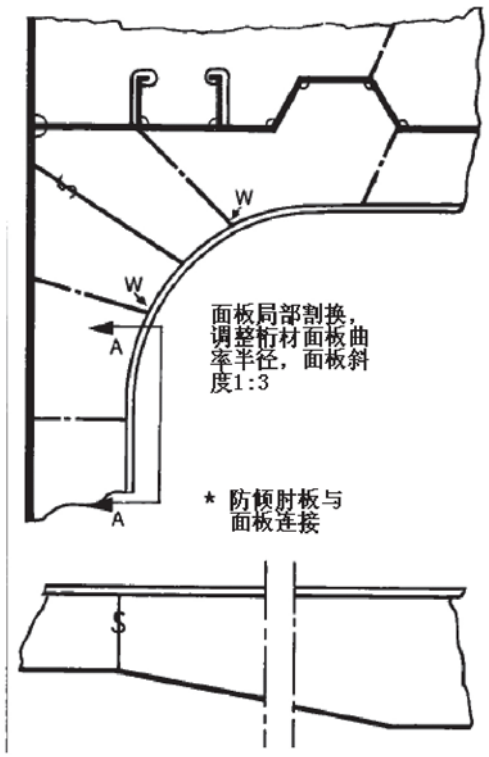
示例号	标题
示例 1	面板处损坏典型
示例 2	横撑材及其端部连接

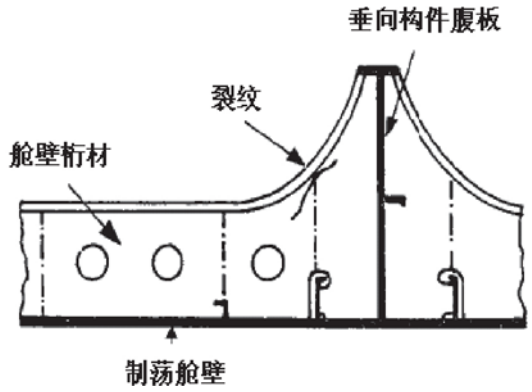
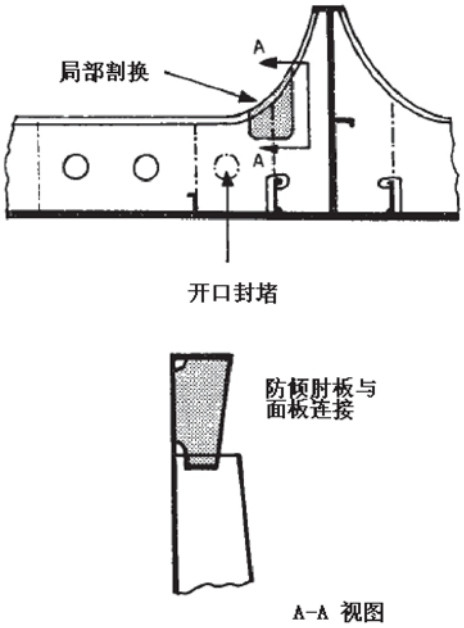
<table>
<tr><td colspan="2">位置：横撑材
示例 1：面板处损坏</td><td>组 10</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.面板转角处半径太小，引致应力集中；
2.节点处应力集中；
3.局部过度腐蚀；
4.腹板加强不足。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部割换，有时需要注意加厚、加大面板转角处半径的要求；
2.不开设过焊孔或将过焊孔焊接封堵；
3.腹板局部加设加强筋。</td></tr>
</table>

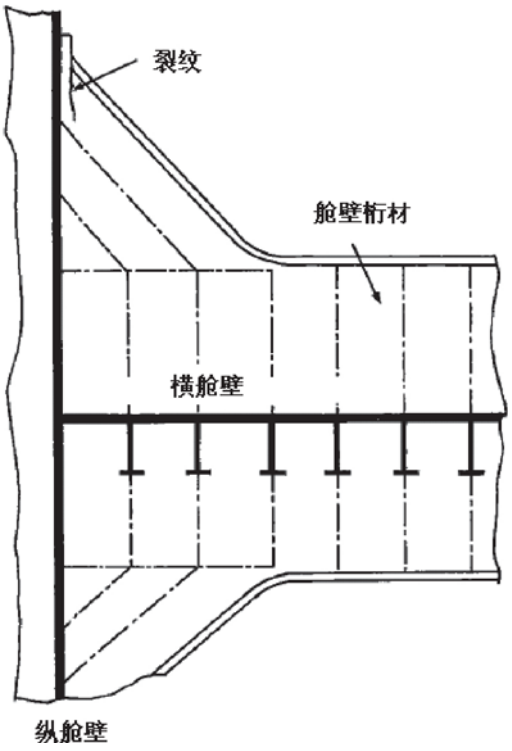
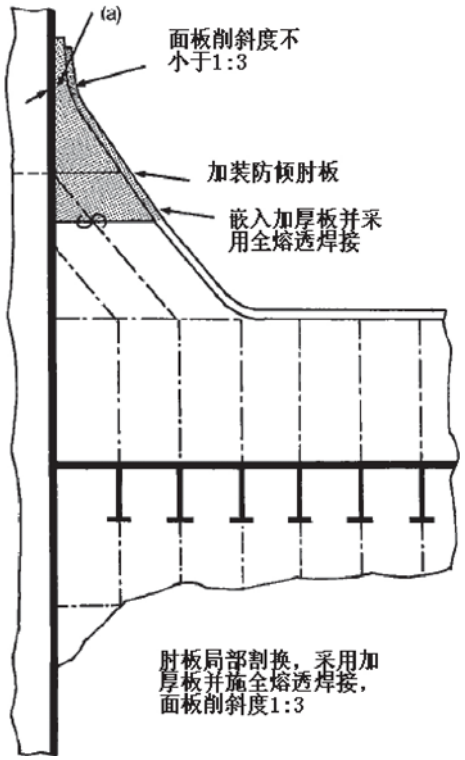
<table>
<tr><td colspan="2">位置：横撑材
示例 2：横撑材及其端部连接</td><td>组 10</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.横撑材和纵骨接合处的肘板形状不合适造成应力集中；
2.横撑材腹板的板格扶强材不足。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图。</td></tr>
</table>

4.4.6.11 第 11 组——横舱壁水平平台示例

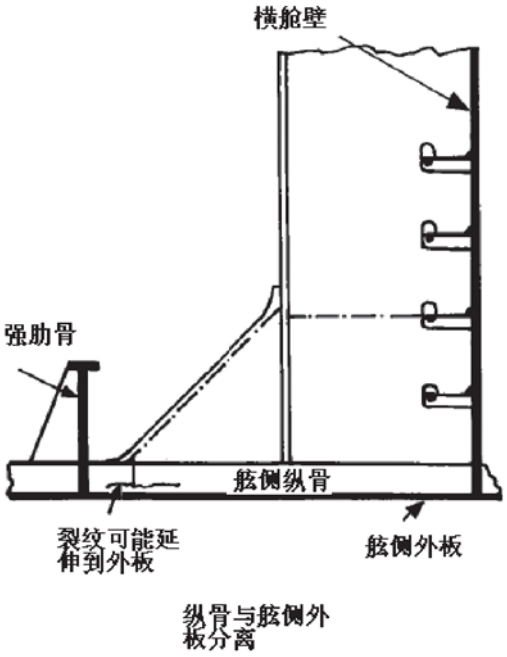
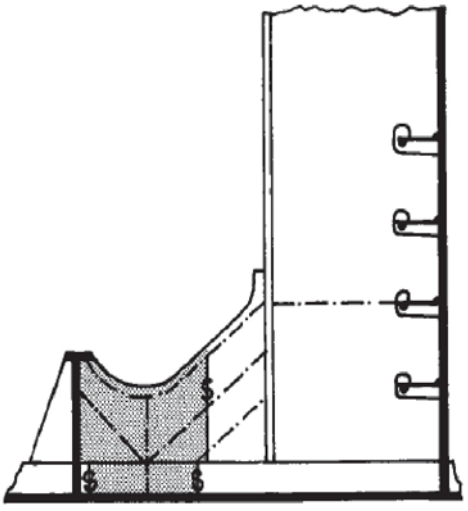
示例号	标题
示例 1	转角处腹板裂纹
示例 2	舱壁平台与中纵框架连接处腹板裂纹
示例 3	中舱横舱壁平台与纵舱壁连接处裂纹
示例 4	边舱横舱壁平台与纵骨连接处裂纹
示例 5	边舱横舱壁平台与外板连接处裂纹

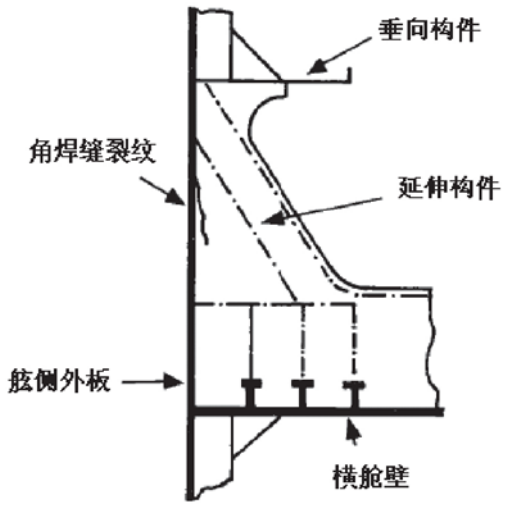
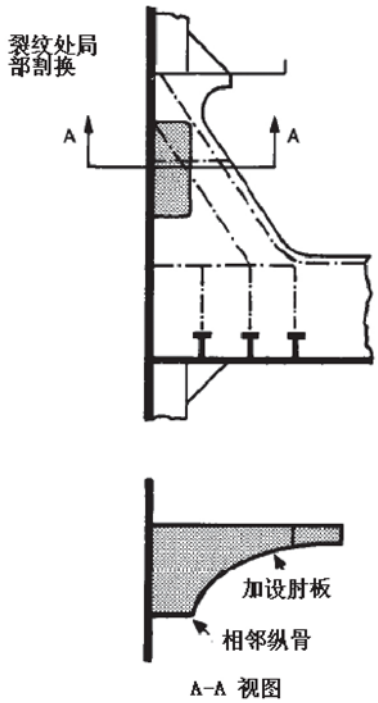
<table>
<tr><td colspan="2">位置：横舱壁水平平台
示例 1：转角处腹板裂纹</td><td>组 11</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.面板不够光顺，引致应力集中；
2.焊接节点处应力集中；
3.平台加强筋尺寸偏小；
4.局部过度腐蚀；
5.舱壁动载荷的影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
局部割换，注意可能需要调整转角处半径、增加加强筋，调整的原则是确保面板过度光顺。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：横舱壁水平平台
示例 2：舱壁平台与中纵框架连接处腹板裂纹</td><td>组 11</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.拍击；
2.局部高应力。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
局部割换，注意可能需要调整转角处半径、增加加强筋，调整的原则 是确保面板过度光顺、提高强度。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">位置：横舱壁水平平台
示例 3：中舱横舱壁平台与纵舱壁连接处裂纹</td><td>组 11</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.面板削斜处应力集中，尤其是削斜度不足、角度偏大；
2.趾端半径不足；
3.腹板厚度不足；
4.动载荷影响；
5.趾端局部腐蚀造成应力集中；
6.纵舱壁处两边构件未严格对齐；
7.焊接缺陷。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部割换，注意可能需要调整转角处半径、增加加强筋，确保趾端满足要求；
2.腹板与面板需要熔透焊。</td></tr>
</table>

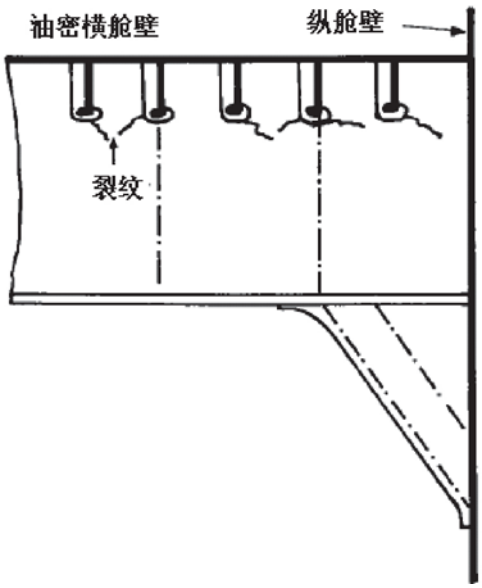
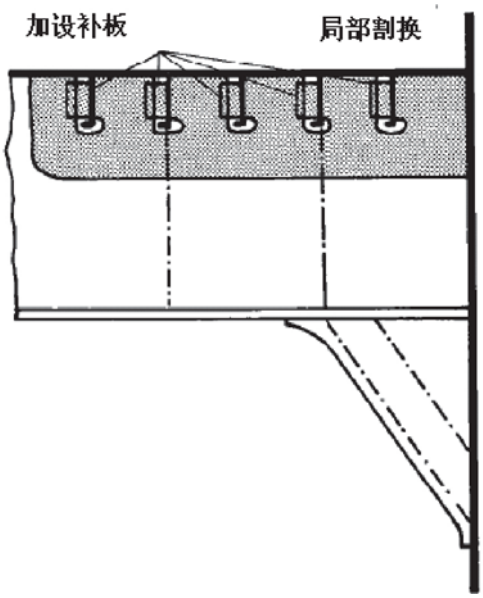
位置：横舱壁水平平台 示例 4：边舱横舱壁平台与纵骨连接处裂纹	组 11

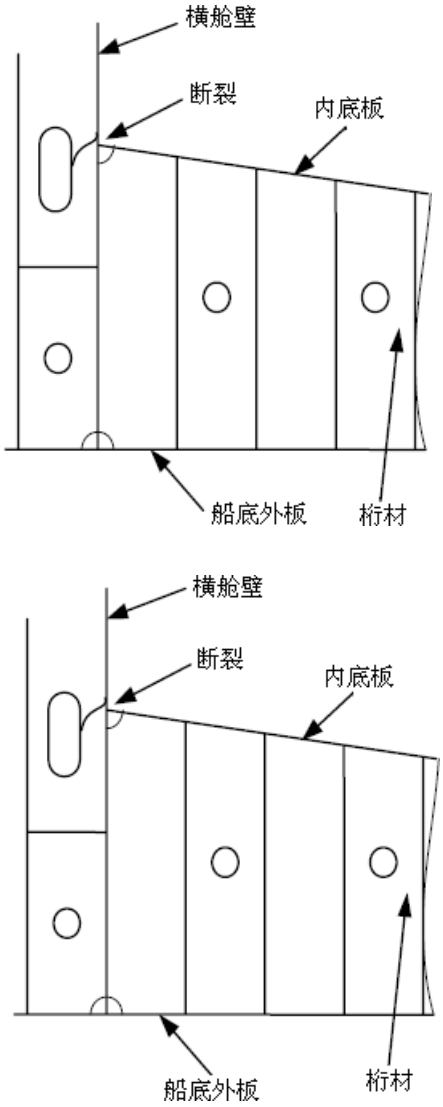
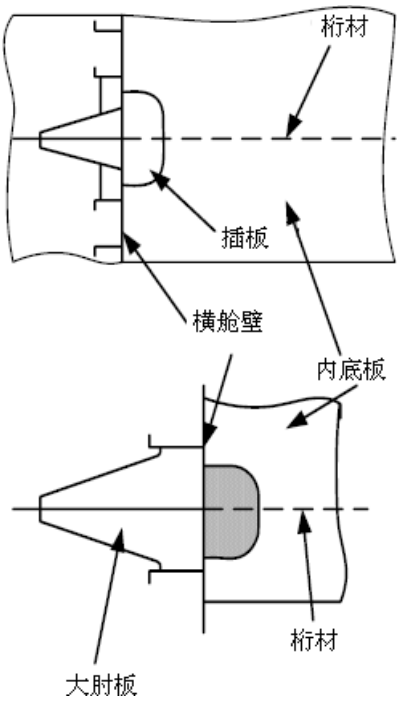
典型损坏	修理方案
 纵骨与舷侧外板分离	 延伸肘板割换，改变肘板形式，加设加强筋
损坏原因： 1.连接设计存在问题； 2.面板削斜处腹板应力集中； 3.外板和／或舱壁动载荷影响； 4.趾端局部腐蚀造成应力集中；	主要采取的措施： 1.局部割换，将肘板型式更改为 U 型； 2.视必要加设加强筋。

<table>
<tr><td colspan="2">位置：横舱壁水平平台
示例 5：边舱横舱壁平台与外板连接处裂纹</td><td>组 11</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
振动影响。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部割换，将肘板型式更改为 U 型；
2.在裂纹下方加设加强筋。</td></tr>
</table>

4.4.6.12 第 12 组——横舱壁加强筋/强框架示例

示例号	标题
示例 1	纵骨贯穿处裂纹
示例 2	横舱壁和折角内底/桁材连接处的断裂

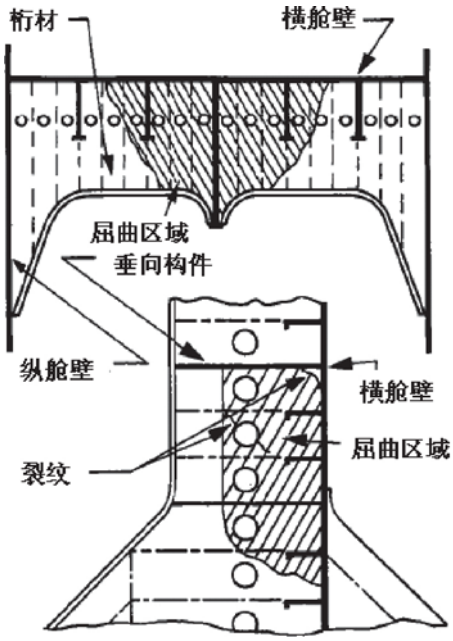
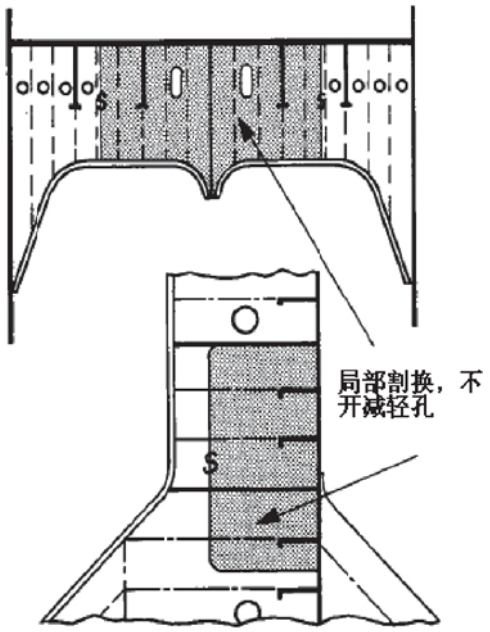
<table>
<tr><td colspan="2">位置：横舱壁加强筋 / 强框架
示例 1：纵骨贯穿处裂纹</td><td>组 12</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.内部动载荷的影响；
2.贯穿处开孔引致的高应力；
3.加强筋连接尺寸不足；
4.局部过度腐蚀产生的应力集中；
5.局部剪力过大。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.局部割换；
2.贯穿处开孔加设贴补板。</td></tr>
</table>

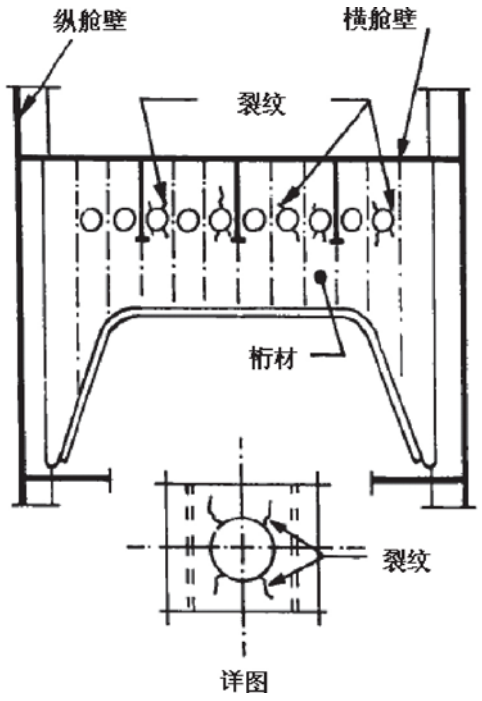
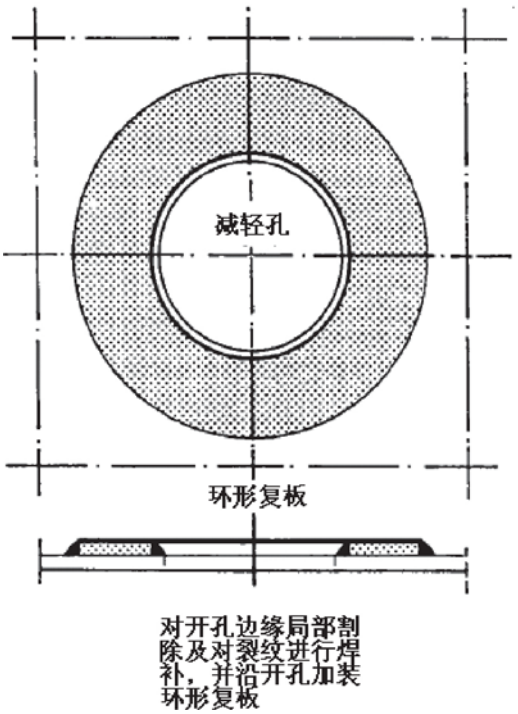
<table>
<tr><td colspan="2">位置：横舱壁加强筋 / 强框架
示例 2：横舱壁和折角内底/桁材连接处的断裂</td><td>组 12</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.应力高度集中
2.折角连接处的构件不连续</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图。</td></tr>
</table>

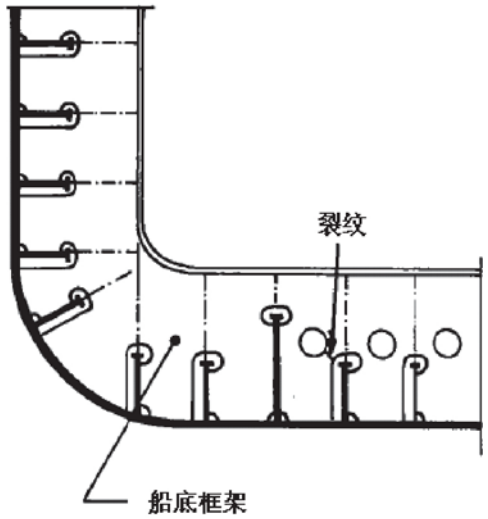
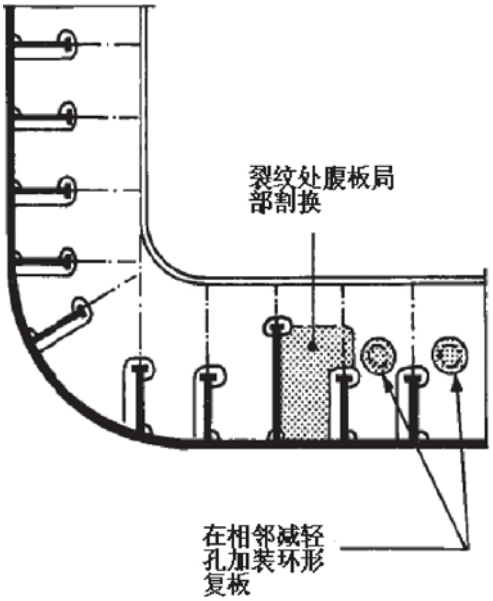
4.4.6.13 第 13 组——舱壁/强框架上的减轻孔示例

示例号	标题
示例 1	横舱壁水平平台 1
示例 2	横舱壁水平平台 2
示例 3	船底

位置：舱壁/强框架上的减轻孔 示例 1：横舱壁水平平台 1	组 13

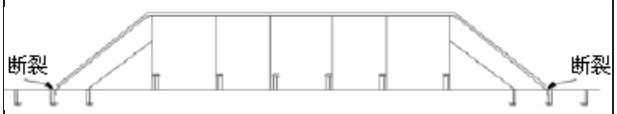
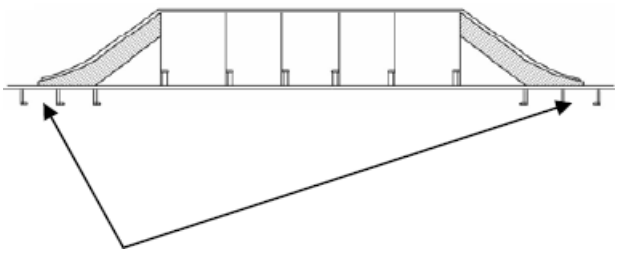
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.开口边缘过度腐蚀，导致水平桁材及垂向构件皱折，开口处产生裂纹； 2.减轻孔处应力集中； 3.框架剪力过大。	主要采取的措施： 局部割换，可行的情况下不再开减轻孔。

<table>
<tr><td colspan="2">位置：舱壁/强框架上的减轻孔
示例 2：横舱壁水平平台 2</td><td>组 13</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.开口边缘过度腐蚀；
2.开孔处应力集中。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
开孔处环形覆板。</td></tr>
</table>

位置：舱壁/强框架上的减轻孔 示例 3：船底	组 13
典型损坏	修理方案
	
损坏原因： 1.开口边缘过度腐蚀； 2.减轻孔处缺少必要的加强，离纵骨贯穿孔太近，引致应力集中。	主要采取的措施： 局部割换，不再开减轻孔或在开孔处加环形覆板。

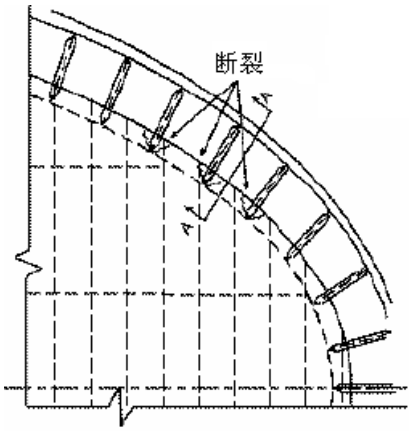
4.4.6.14 第 14 组——甲板结构示例

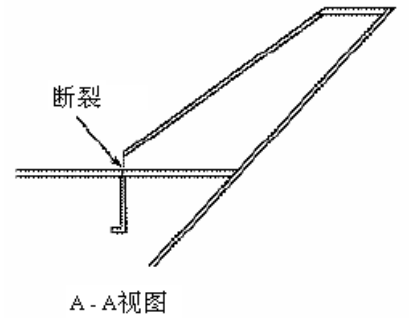
示例号	标题
示例 1	甲板强横梁端部断裂

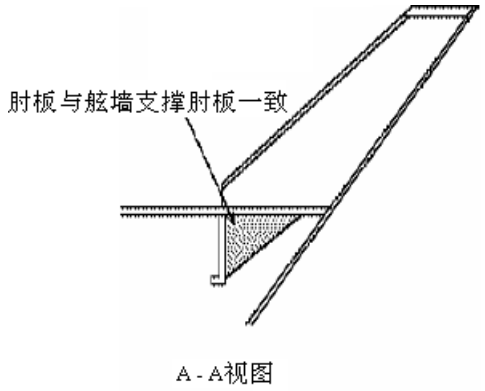
<table>
<tr><td colspan="2">位置：甲板结构
示例 1：甲板强横梁端部断裂</td><td>组 14</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>
</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>损坏原因：
肘板趾端在纵骨贯通切口处而造成高应力。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
见示意图：
1.增加甲板强横梁端肘板的长度使之与甲板下纵骨端部对齐；
2.增设全补板而不是普通搭接补板；
3.若裂纹延伸进甲板板，甲板板应局部挖补换新。</td></tr>
</table>

4.4.6.15 第 15 组——船首区域示例

示例号	标题
示例 1	舷墙处的首楼甲板板断裂

<table>
<tr><td colspan="2">位置：船首区域
示例 1：舷墙处的首楼甲板板断裂</td><td>组 15</td></tr>
<tr><td>典型损坏</td><td colspan="2">修理方案</td></tr>
<tr><td>



A - A视图</td><td colspan="2">

A - A视图</td></tr>
<tr><td>损坏原因：
1.恶劣天气下首漂的影响；
2.设计不妥造成应力集中。</td><td colspan="2">主要采取的措施：
1.断裂甲板板应割换；
2.肘板与为减少应力集中而设的舷墙支撑肘板一致。</td></tr>
</table>

第 5 章 油船防火、探火和灭火

油船须根据其载重量不同设置各种防火安全与消防设施，包括有效的耐火和隔热分隔、防止溢油对船舶安全性的影响、货物区域降温系统（喷淋系统）、静电消除、货物惰化要求（IGS 系统）、合理的货物驱气和除气程序、泡沫灭火系统、消防水系统、应急拖带装置等来实现消防安全目标和功能要求。全船结构防火和消防设施的配备请参见批准的《防火控制图》。

本章所描述的要求适用于载运闪点不超过 60□（闭杯试验，由认可的闪点仪测定）的油船。对于载运闪点超过 60□成品油的液货船应符合对液货船以外的货船的要求，但隔离阀安装位置、4 套消防员装备的配备以及安装符合 IMO《消防安全系统规则》（以下简称 FSS 规则）规定的固定式甲板泡沫系统除外。

应石油公司要求，油船还需要满足一些附加要求，具体请参见 CCS 的《石油行业组织对液货船构造与设备要求实施指南》。

船舶的结构防火和消防安全按照船舶建造时生效的公约要求进行配备，结合修理、改装时应尽可能满足现行公约要求，如不可行时至少需要满足原设计标准。

第 1 节 船舶的结构防火

5.1.1 结构防火主要体现在以下 5 个方面：

5.1.1.1 用耐火分隔将船舶划分为 A 类机器处所区域、尾部上层建筑区域、货物区域和船首区域；

5.1.1.2 用耐火分隔将起居处所与失火危险性大的处所分开；

5.1.1.3 在有各种开口和贯穿件的情况下，有效地保持耐火分隔的完整性；

5.1.1.4 限制可燃材料的使用；

5.1.1.5 保护脱险通道。

5.1.2 结构防火的修理不能破坏船体结构防火的有效性，重点注意以下内容：

5.1.2.1 结构防火材料包括不燃材料应经 CCS 的认可；

5.1.2.2 不能破坏耐火结构的完整性，特别是各种开口和贯穿件区域；

5.1.2.3 通道（含门）不能小于建造设计要求。

5.1.2 货油舱的隔离

5.1.2.1 对于载运货品闪点≤60□的所有油船，货油泵舱、货油舱、污油水舱和隔离空舱应位于机器处所的前方，货油舱和污油水舱应通过隔离空舱、货油泵舱、燃油舱和压载舱与机器处所分开。

5.1.2.2 除非经同意，货油主控制站、控制站、起居处所和服务处所应位于货油舱、污油水舱、以及将货油舱或污油水舱与机器处所隔开的处所的后方，其布置应能保证任何舱壁或甲板的单个破损不会导致货油舱气体或油雾进入货油主控制站、控制站、起居处所或服务处所。

5.1.2.3 除 A 类机器处所以外，其它机器处所如侧推器间等可以位于货油舱的前方，但必须采用隔离空舱、货油泵舱、燃油舱或压载舱与货油舱或污油水舱隔开。

5.1.2.4 如确有必要，可以把驾驶位置设在货物区域的上方至少 2m 以上高度。

5.1.2.5 应设有使溢油远离起居处所和服务处所的挡油板，挡油板可以设在上层建筑的前端，也有部分油船将上层建筑前端壁作为挡油板的有效组成部分。货油甲板尾端的挡油围板高度不应小于 300mm，且应自一舷延伸至另一舷，贯通整个船宽。根据最新部分国外油码头要求：

(1) 小于 100,000DWT 的油船，船首甲板边缘连续档板高度，应至少从船首 150mm，逐渐过渡至货物舱后端与生活区隔离的横向档板，横向档板高度为 300mm。

(2) 大于 100,000DWT 的油船，船首甲板边缘连续档板高度，应至少从船首 250mm，逐渐过渡至货物舱后端与生活区隔离的横向档板，横向档板高度为 400mm。

5.1.2.6 面向货物区域以及左右两侧 4%L 范围以内（不小于 3m 也不必大于 5m），不应布置上层建筑 / 尾部甲板室的出入口、空气进口和开口。驾驶室的门可以在此区域内，只要其能保证迅速的气密和油气密。该区域内的上层建筑及甲板室（含驾驶台）的窗应为非开启式。通向货物主控制站和诸如食品间、储藏室及物料间这类服务处所的出入门可以开设在此限制范围内，但是这些出入门不得直接或间接通往包括有或用作起居处所、控制站的任何其他处所，或诸如厨房、配膳室或工作间的服务处所，或含有油气着火源的类似处所。这种处所的限界面应隔热至“A-60”级标准，但面向货物区域的限界面除外。

5.1.2.7 部分油船面向货物区域开有直接通往首楼的门：直接通往首楼的门，应确认首楼内无点火源，即首楼内电气设备应为防爆型式，首楼端壁不必隔热至 A-60。

5.1.2.8 货物区域不允许存在点火源，即货物区域的任何电气设备不允许直接暴露在大气中，货物区域电缆采用套管型式或采用本质安全电路，套管法兰连接处具有绝缘垫，而对于开关、照明灯等要求为本质安全型。首楼端壁不必隔热至 A-60。对于闪点

不超过 60°C 的油船，首楼的任何部分不允许直接设置在油舱的上方。

5.1.3 起居处所内的防火安全

5.1.3.1 1984 年 9 月 1 日或以后安放龙骨的油船，尾部上层建筑 / 甲板室内应采用 IC 法，即以 B 级或 C 级分隔起居处所和服务处所，走廊和梯道环围不能使用可燃材料，所有起居处所和服务处所内的材料应为不燃型（少量镶嵌条除外），在走廊、梯道和脱险通道内装感烟探头，每层甲板均应设有手动报警按钮。上层建筑内专门设有吸烟室，配备电子点烟器，也有部分公司船舶全船禁烟。

5.1.3.2 环围起居处所的上层建筑 / 甲板室的外部限界面并包括支撑该起居处所的悬伸甲板，其面向货物区域的所有部分以及从面向货物区域的限界面端部起 3m 之内的外表面，应隔热至 A-60 级（驾驶台除外），1998 年 7 月 1 日或以后安放龙骨的油船，前述区域内的窗也需要隔热至 A-60 级。第一层上层建筑 / 甲板室不允许设置面向货物区域的窗。

5.1.3.3 上层建筑内 A 级耐火分隔上的门及门框应为钢质结构，B 级分隔上的门应为不燃材料，其性能应与其所在舱壁的耐火性能相当，不得装设门背钩，但装有故障安全型遥控释放设备的门背钩除外。水密门不必隔热。

5.1.3.4 上层建筑内走廊舱壁上，居住舱室和公共处所的门上或门以下可开通风口，通往盥洗室、办公室、厨房、储存间的 B 级门上也可开设通风口，开口应仅设在门下部。

5.1.3.5 上层建筑内耐火分隔的贯穿件一般均需要通过《耐火试验程序规则》进行试验并认可，但是，如该贯穿套管由厚度 3mm 或以上且长度不小于 900mm 的钢质材料制成，则认为已等效于 A 级分隔；如该贯穿件由厚度 1.8mm 或以上的钢质套管，直径在 150mm 或以上时，长度不短于 900mm，直径小于 150mm，长度不短于 600mm，管路良好连接，则认为已等效于 B 级分隔。有效截面积不大于 0.02m^2 的薄板导管穿过 A 级分隔，开口应衬有厚度至少为 3mm 和长度至少为 200mm 的钢套管。

5.1.4 脱险通道

5.1.4.1 所有起居处所、服务处所、机器处所和特种处所至少应有 2 个尽量远离的脱险通道，主管机关另有免除的除外。电梯不能作为脱险通道。

5.1.4.2 2002 年 7 月 1 日或以后安放龙骨的船舶，用于脱险通道的梯道和走廊的净宽度应不小于 700mm，其中一侧应装设扶手，如净宽度在 1800mm 或以上则必须在两侧均装设扶手。梯道的倾斜角不得大于 50°，机器处所或狭小处所该倾斜角可以放宽至

60°。脱险通道的门净宽应不小于 700mm。

5.1.4.3 A 类机器处所应设有 2 条尽可能远离的脱险通道，除未围闭的钢梯之外，其中 1 个脱险通道需要提供连续的防火遮蔽至机器处所外部，通道内钢梯的安装注意防止热量通过未隔热的固定点传入通道环围内。该环围通道的内部净尺寸应不小于 800×800mm，只要能证明通行无碍，钢梯和肋骨可以设置在此净开口内；从 A 类机器处所下部通过 1 道可 2 面操纵的钢质门进入通往开敞甲板的布置也是可以接受的。1,000 总吨或以下的船舶，经主管机关同意，可以例外地免除其中一条通道。

5.1.4.4 对机器处所，作为脱险通道一部分或通往脱险通道但不位于受保护环围之内的机器处所的斜梯/梯道的倾斜角度不应大于 60°且净宽不应小于 600mm。

5.1.4.5 2016 年 1 月 1 日以后安放龙骨的船舶，要求机器处所内所有斜梯和梯道采用钢质材料，其底面采用钢质护板防止下部热和火焰危害。同时机器处所内的主工作间应设有 2 条脱险通道。其中至少有 1 条应提供连续防火遮蔽至机器处所外的安全位置。对于货船 A 类机器处所内的机器控制室应设有 2 条脱险通道。其中至少有 1 条应提供连续防火遮蔽至机器处所外的安全位置。

5.1.4.6 对于偶尔进入的其它机器处所，如到门的最大距离在 5m 或以下，可以只设置单个通道。舵机处所如设有应急操舵且没有通道直接通向开敞甲板，应设置 2 条逃生通道。

5.1.4.7 2002 年 7 月 1 日以前安放龙骨的船舶，其脱险通道的数量、宽度和倾斜角应使主管机关满意。

5.1.4.8 所有船上 A 类机器处所内应配备紧急逃生呼吸器，布置应充分考虑机器处所的布置和该处所工作人员的数量，紧急逃生呼吸器应标示在批准的“防火控制图”上。船上还需要放置 1 个供训练用的紧急逃生呼吸器。

第 2 节 探火系统

5.2.1 起居处所的探火布置

5.2.1.1 油船应采用 IC 法，安装和布置一个固定式探火和失火报警系统，以探测起居处所的所有走廊、梯道和脱险通道内的烟雾。

5.2.2 液货泵舱的探火布置

5.2.2.1 装在泵舱内并由穿过泵舱舱壁的轴驱动的液货泵、压载泵和扫舱泵，其舱

壁轴填料函、轴承和泵壳应装设温度传感装置。在货物控制室或泵控制站内应能自动激发连续听觉和视觉报警信号。

5.2.2.2 应安装一个持续监测碳氢化合物气体浓度的系统。采样点或探测头应设置在适当位置，以随时探测到潜在的危险泄漏。如果碳氢化合物气体浓度达到预先设定的水平（应不高于可燃气体爆炸下限的 10%），应在泵舱、轮机控制室、货物控制室和驾驶室内自动激发连续听觉和视觉报警信号，以引起有关人员对潜在危险的警觉。可燃气体探头的安装位置可参加本章第 6 节的要求。

5.2.3 油船双壳体处所和双层底处所的探火布置

5.2.3.1 2012 年 1 月 1 日及以后建造的 20,000DWT 及以上油船，应配备符合《消防安全系统规则》第 16 章规定的固定式碳氢化合物气体探测系统。该系统用于测量与货油舱相邻的双壳体处所和双层底处所内的所有压载舱和留空处所的碳氢化合物气体浓度，这些处所包括首尖舱以及位于舱壁甲板以下并与货油舱相邻的任何其他舱柜和处所。对于在前述处所采用固定式惰性气体系统惰化保护的油船无需配置固定式碳氢化合物气体探测设备。

5.2.4 油船便携式气体测量仪

5.2.4.1 根据 SOLAS 公约的要求，油船应至少配备 1 套用于测量氧气和 1 套用于测量空气中可燃气体浓度的便携式气体测量仪，以及足够的备件，并提供适当的校准装置。根据 MSC.1/Circ.1456 的统一解释，如果不提供足够的备件和适当的校准装置，作为替代，也可以配备 2 套用于测量氧气和 2 套用于测量空气中可燃气体浓度的便携式气体测量仪。

5.2.4.2 根据 CCS 钢规的要求，每艘油船上应至少配备 2 套能够测量空气中可燃气体浓度的便携式气体测量仪，以及至少 2 套便携式氧气测含量分析仪。除此以外，对装有惰性气体系统的油船，还应至少配备 2 套能够测量惰性化空气中可燃气体浓度的便携式气体探测仪。

第 3 节 灭火系统

5.3.1 水消防系统

5.3.1.1 水消防系统是所有船上必须配备的一种灭火系统，也是最基本而有效的灭

火系统之一。水消防系统包括消防泵、消防水管、消防栓、消防水带和消防水枪。水消防系统往往兼作甲板冲洗、锚链冲洗和喷射器供水等用途，有时也兼作压载水管。

5.3.1.2 500 总吨或以上的油船需要配备 2 台消防泵，消防泵的总排量（应急消防泵除外）应不少于每一独立舱底泵用于舱底排水时所需排量的 4/3，但不必超过 180m^3/h。对于 1600 总吨或以上设有无人值班机器处所的船舶，1 台主消防泵还应能从机器处所外面遥控启动。1,000 总吨或以上的船舶，2 台消防泵均必须提供独立驱动的动力源；

5.3.1.3 500 总吨或以上 1,000 总吨以下的船舶，允许其中 1 台消防泵采用非独立驱动的动力源。

5.3.1.4 机器处所内设置消防总管到机器处所外，在机器处所之外易于到达的适当位置设置隔离阀。货物区域内隔离阀应装设在消防总管受保护的位置，其间距不得超过 40m，其中一个应设在消防管分支处，以在发生火灾或爆炸时维持消防总管系统的完整性。

5.3.1.5 消防水带应每 30m 船长配备 1 根，A 类机器处所内每个消防栓配备 1 根。货物区域内的开敞甲板区域，消防水带的接头不可采用铝合金或其他塑料制造。所有消防水带不得小于 10m，机器处所内不超过 15m，其它处所不超过 20m，对于型宽超过 30m 的船舶，开敞甲板上的消防水带最大长度可以放宽至 25m。

5.3.1.6 每条消防水带应配有一支水枪和必要的接头，水枪应为经认可的设有关闭装置的两用型（水雾 / 水柱型）。货物区域内的开敞甲板区域，消防水枪不可采用铝合金制造。

5.3.2 固定式甲板泡沫灭火系统

5.3.2.1 泡沫灭火原理是海水与泡沫原液的混合液中混入空气而产生泡沫层，使燃烧物与空气隔绝，进而冷却而达到灭火目的，特别适合于扑灭油类火灾。

5.3.2.2 甲板泡沫灭火系统的泡沫倍数一般不超过 12:1，如发泡倍数略大于 12 倍，计算容量时应将其视为 12 倍，如采用中高倍泡沫，其计算和布置需要 CCS 特别批准。泡沫原液通过比例混合器与海水按照 3%-6%比例进行混合，通过管路形成完全的混合液，再由压力从喷口放出时混合空气形成气泡而喷射。下图为一典型的固定式甲板泡沫灭火系统示意图：

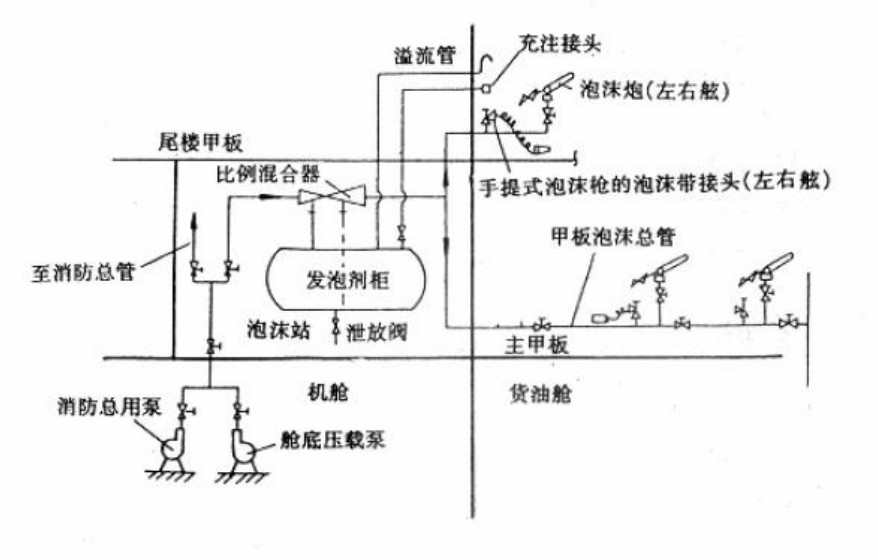


图 5.3.2.2 典型的固定式甲板泡沫灭火系统示意图

5.3.2.3 常见的固定式甲板泡沫灭火系统的海水与泡沫原液混合方法有以下两种：

(1) 压力式混合法

(2) 管路内混合法

5.3.2.4 4,000DWT 及以上的油船（不论闪点如何）要求配备满足 FSS 规则第 14 章要求的固定式甲板泡沫灭火系统；4,000DWT 以下的油船，可配备满足 FSS 规则第 14 章第 2.2.2.1 要求的不带泡沫炮的固定式甲板泡沫灭火系统；2,000 总吨以下的载运闪点 60□以上石油产品的油船，根据 IACS UI SC48 的解释，其货物处所可以不装设固定式甲板泡沫灭火系统。

5.3.2.5 供给泡沫的装置应能将泡沫输送到整个货油舱区域甲板，并且能送入甲板已经破裂的任何货油舱内。泡沫供给速率要求不小于：

(1) 货油区域甲板：0.6L/min/m^2；

(2) 单个货油舱甲板：6L/min/m^2；

(3) 单个泡沫炮 / 泡沫枪前方：3L/min/m^2，且不小于 1250L/min。

5.3.2.6 泡沫总量的要求如下：

(1) 当船上装有 IGS 系统时，供给时间不小于 20min；

(2) 当船上未装有 IGS 系统时，供给时间不小于 30min。

5.3.2.7 甲板泡沫系统的操作应简单而迅速，系统的主控站应适当地布置在货油区域以外靠近起居处所，并在被保护区域万一失火时能易于到达和可操作的地点。

5.3.2.8 如消防总管是甲板泡沫系统的整体组成部分，泡沫总管和消防总管均应装

设阀，这些阀应安装在紧接任何泡沫炮之前。

5.3.2.9 用于油船货油区域消防的泡沫一般为供应的 B 类低倍泡沫浓缩液，按照 MSC.1/Circ.1312《固定式灭火系统用泡沫浓缩液性能、试验衡准和检验指南》要求，泡沫应进行定期检测，其间隔期要求为：在供船后第 3 年进行 1 次检测，以后每年进行 1 次；对于执行国标的泡沫灭火剂：GB15308-2006 对各类型泡沫灭火剂的储存期作出了相应规定，储存期内产品的性能应符合标准的要求，超过储存期的泡沫灭火剂每年应进行灭火性能试验，以确定产品是否有效。除此以外，请关注主管机关和泡沫制造商的要求。

第 4 节 通风系统

5.4.1 通风系统分为自然通风和动力通风两种，动力通风又分为机械通风和空调系统，通风管系的导管穿过耐火分隔伸向不同的舱柜，一旦失火，这些通风导管会直接影响防火分隔的有效性。

5.4.2 CCS 钢规对船舶通风系统提出了具体的防火要求，主要体现在：

5.4.2.1 按照处所失火危险程度设置多个独立的通风系统，如 A 类机器处所、起居处所和服务处所、厨房、货物区域等；

5.4.2.2 通风系统进行有效的控制，包括通风机的停止和主要通风口的关闭；

5.4.2.3 除短通风导管外，应由不燃材料制成；

5.4.2.4 通风导管穿过耐火分隔时，贯穿件应不损害耐火分隔的完整性，截面积较大的通风导管设置挡火闸。

5.4.2.5 载运货品闪点不超过 60□的油船，货油泵舱和货物区域内的压载泵舱均应设置固定式机械通风系统，该系统应独立于其他通风系统，风机应为无火星型（该风机必须配备必要的备件），通风机排出的油气引至开敞甲板上且不致影响船舶原有的危险气体区域划分。

5.4.2.6 所有通风机应能在服务处所外部停止，服务于机器处所与其他处所的通风停止装置应独立。一切通风系统的主要进风口和出风口，应能在所服务处所外部关闭。

5.4.2.7 当穿过 A 级分隔的通风导管截面积大于 0.075m^2，或 A 类机器处所、厨房通风导管穿过起居处所、服务处所、控制站或反之，均应装设自动关闭的挡火闸。如通风导管仅穿越 A 级环围所涉及处所而不设开口，尽管其截面积大于 0.075m^2，只要该导管与其穿过的分隔具有同样的耐火完整性，可不设挡火闸。

第 5 节 货物区域特殊要求

5.5.1 典型危险区域

5.5.1.1 依据 IEC60092-502 的规定，油船的典型危险区域划分为 0 区、1 区和 2 区：

5.5.1.2 以下区域或处所应属于 0 区：

(1) 货油舱、污油水舱以及货油舱和污油水舱的任何压力真空管系或其他透气系统；

(2) 含有货油的管路和设备的内部空间。

5.5.1.3 以下区域或处所应属于 1 区：

(1) 毗邻货油舱的隔离空舱和压载舱；

(2) 货泵舱，其机械通风应满足以下要求：

① 货泵舱的机械通风发生故障时应在有人值班处所发出视觉和听觉报警；

② 机械通风故障后，应立即采取措施恢复通风；

③ 若在较长的时间内无法恢复机械通风，除以下设备之外，其余电气设备均应能在安全区域进行关断，并应有措施防止未经许可的再次接通：

(a) 本质安全型设备；

(b) 隔爆型灯具；

(c) 隔爆型通用紧急报警发声器，但其内部应无产生火花的触点。

④ 在机械通风停止较长时间后或初次使用时，货泵舱应至少进行 5 次换气后，电气设备（本质安全设备、隔爆型灯具和隔爆型通用紧急报警发声器除外）才可接通电源。

(3) 直接在货油舱上方的围蔽或半围蔽处所(例如甲板间处所)或其舱壁在货油舱舱壁之上并与之成一直线的围蔽或半围蔽处所；

(4) 除隔离空舱以外其他与货油舱毗邻而且在货油舱顶板下面的处所(例如围壁通道、走道和杂货舱)以及货油舱下面的双层底和管隧；

(5) 距离货油舱舱口、气体或蒸气出口[①]、货油分配阀门、货油舱阀门、货油管路法兰、货泵舱通风出口以及允许由于温度变化引起的气体或蒸气少量流通的货油舱压力/真空阀 3m 以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所；

① 这些开口包括观察孔、洗舱开口、油面空部容积（液货舱膨胀余位）测定开口、测深管、货油蒸气出口等位置。

(6) 在装卸货油、压载或驱除货油舱气体过程中通过大量气体或蒸气混合物的货油舱出口向上，以 6m 为半径、无限高度的垂直圆柱内；以及自该出口向下，以 6m 为半径的半球面内的开敞甲板区域，或开敞甲板上的半围蔽处所；

(7) 距离货泵舱入口、货泵舱通风入口、隔离舱入口或其它 1 区开口处所 1.5m 以内的开敞甲板区域或开敞甲板上的半围蔽处所；

(8) 所有货油舱(包括在货舱区域的所有压载舱)上面的开敞甲板区域，其构造限制了自然通风，宽度为船的全宽，前后向货油舱首尾舱壁各向外水平延伸 3m，离甲板高度为 2.4m 以内的区域；

(9) 在货油分配阀门下方溢流挡板内，以及以挡板为界向外水平延伸 3m，离甲板高度为 2.4m 以内的开敞甲板区域；

(10) 贮放输油软管的舱室；

(11) 装有货油管路的围蔽或半围蔽处所；

(12) CCS 钢规第 6 篇第 3 章第 3.4.14.1 规定的首尖舱及其透气管开口。

5.5.1.4 以下区域或处所应属于 2 区：

(1) 如无特殊规定，则距离 5.5.1.3 中规定的 1 区中的开敞处所或半围蔽处所周围 1.5m 以内的区域；

(2) 在 5.5.1.3(6)条中定义的区域之外 4m 的处所；

(3) 在由于温度变化引起的气体或蒸气少量流通的货油舱出口和货油舱压力/真空阀 3m 以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所以外 2m 的区域；

(4) 在通向 1 区的气闸内；

(5) 如甲板上设有连续围板（以使溢流被保留在甲板上并使之远离居住处所和服务区），则以此为界，向外延伸 3m，且离甲板高度 2.4m 以内的开敞甲板区域；

(6) 所有货油舱(包括在货舱区域的所有压载舱)上面的开敞甲板区域，确保自然通风的开敞甲板，宽度为船的全宽，前后向油货舱首尾舱壁各向外水平延伸 3m，距离属于 1 区开敞或半围蔽处所周围甲板的高度为 2.4m 以内的区域；

(7) 该处所邻近本节 5.5.1.3(8)和 5.5.1.4(6)条定义的开敞甲板区域，但低于主甲板，并在主甲板上或不高于主甲板上方 0.5m 处有一开口，除非：

① 这些处所的入口以及处所的所有其它开口（包括通风出口和进气口），不朝向液货舱区域，并距液货舱最前部舱壁至少 5m，远离液货舱出口或气体或蒸气出气口水平距离至少 10m 的位置；并且

② 该处所设有机械通风。

5.5.1.5 油船危险区域划分图请参阅船上的批准图纸。

5.5.2 液货舱透气

5.5.2.1 总体要求

(1) 液货舱的透气系统应完全区别于船舶其他舱室的空气管。

(2) 每一液货舱的透气装置可以是独立的，亦可以同其他液货舱连在一起，还可以与惰性气体管系并为一体。

(3) 透气装置应接至每一液货舱的顶部，并在船舶所有正常的纵倾和横倾工况下，能自行把液体排泄到液货舱。如果不能装设自行排泄管路，则应装设永久性装置，以将透气管路中的液体排泄至液货舱内。

(4) 凡液货舱甲板上能散发出可燃蒸气的开口，其布置和部位应使可燃蒸气进入含有着火源的围蔽处所或聚集在可能构成着火危险的甲板机械和设备附近的可能性减至最低程度。

5.5.2.2 透气系统的安全布置（俗称主透气系统）

(1) 透气系统应设有防止火焰进入液货舱的装置，用于液货装卸和压载的透气出口应：

①使蒸气混合物能自由流通；布置成使该出口在液货舱甲板以上高度不少于 6m，或者如果该出口位于距步桥 4m 以内，则布置成在前后步桥以上高度不少于 6m，且与含有着火源的围蔽处所的最近进气口和开口以及可能构成着火危险的甲板机械（可包括起锚机和锚链舱开口）和设备的水平距离不少于 10m；惰性气体总管可用于这种透气。

②使蒸气混合物的排泄节流速度达到不小于 30m/s，这些出口应是认可型的高速装置。布置成位于液货舱甲板以上高度不少于 2m，且与含有着火源的围蔽处所的最近进气口和开口以及可能构成着火危险的甲板机械（可包括起锚机和锚链舱开口）和设备的水平距离不少于 10m，具体布置还应满足危险区域划分图的布置要求。

(2) 布置成使蒸气混合物垂直向上排出。

5.5.2.3 液货舱压力或真空的结构保护（俗称第二透气系统或辅助透气系统）

透气装置的设计和操作应能确保液货舱内压力和真空均不得超过设计参数，并确保：

(1) 在任何情况下，由于液货舱内温度变化所产生的少量蒸气、空气或惰性气体混合物能流经压力 / 真空阀（即温变呼吸）；和

(2) 在液货装载和压载或卸载过程中，大量蒸气、空气或惰性气体混合物能够通过。

(3) 压力释放口应：

①在液货舱甲板以上尽可能高的位置，以达到最大程度扩散易燃气体。但无论如何，

该位置在液货舱甲板以上的高度不得小于 2m；和

②布置在距含有着火源的围蔽处所的最近进气口和开口以及可能构成失火危险的甲板机械和设备尽可能远的地方，但不得小于 5m。锚机和锚链舱的开口为构成失火危险处。

(4) 液货舱内的安全措施（预防液体上升到透气系统中的措施）

应采取预防措施，以防止透气系统内液体上升至可能超过液货舱设计压头的高度。应通过采用高位报警器或溢流控制系统或其他等效措施，连同独立测量装置和液货舱充装程序实现。就本条而言，溢流阀不能视为等效于溢流系统。

(5) 辅助压力／真空释放装置

①应装设允许蒸气、空气或惰性气体混合物充分释放的辅助装置，防止装卸时主透气系统故障时出现超压或欠压，可以在每一液货舱内安装压力传感器作为保护措施的替代，传感器的监测系统应设于船舶货物控制室或通常进行货物操作的位置。

②监测设备上还应设有报警装置，在探测到液货舱内出现超压或欠压时启动。

(6) 压力／真空断开装置

①应设有一个或多个压力／真空断开装置，以防止液货舱受到：

②在以最大额定容量装货而所有其他排气口未打开时所产生的超过液货舱试验压力的正压；和

③在以液货泵的最大额定流量卸载而惰性气体鼓风机失灵时所产生的超过 700mm 水位压力的负压。

(7) 透气出口的尺寸

考虑到放出的气体，为防止任何液货舱的压力超过设计压力，用于液货装卸和压载的透气出口，其设计应根据最大设计装载速率乘以至少 1.25 的系数。

(8) 应向船长提供有关每一液货舱最大允许装载速率的资料，对于组合透气系统，则应提供每一组液货舱的资料。

5.5.3 油船防爆的要求

5.5.3.1 防爆设备的划分定义

(1) 隔爆外壳(EXd)：一种能承受住进入壳内的可燃性气体或蒸气的内部爆炸而不会遭受损坏；并且内部燃烧不能通过其结合面或结构孔洞传出而点燃外部可燃气体或蒸气的电气设备外壳。船上常用的防爆设备一般是隔爆型。

①常见设备：防爆设备都有 Ex 标志，铭牌上有防爆类别、温度组别等，本灯的类

别为 ExdIIBT4，外壳固定螺栓多用内六角螺栓。见下图示：

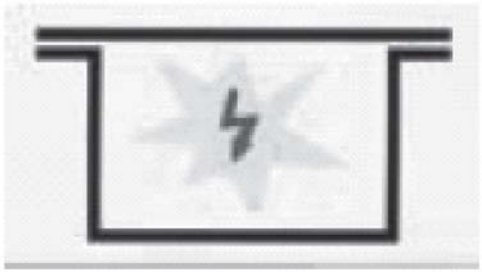


图 5.5.3.1(1)(1) 防爆设备标志

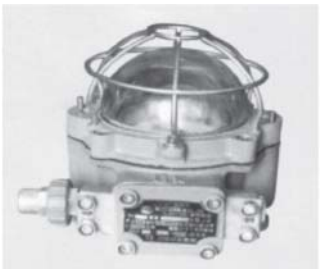


图 5.5.3.1(1)(2) 防爆灯罩



图5.5.3.1(1)(3) 防爆荧光灯



图5.5.3.1(1)(4) 防爆灯具及防爆电机



图5.5.3.1(1)(5) 防爆电极

(2) 正压外壳(Exp)：一种电气设备外壳，壳内充以空气或其他不燃气体，使壳内的压力高于设备所在场所中的大气压力，以防止可燃性气体或蒸气进入，船用较为少见。

①下图例为为正压通风型防爆柜，正压值低于正压下限(70Pa)自动切断电源，并有“P 下限”信号灯亮。正压值高于正压上限(1600Pa)时，“P 上限”信号灯亮，必要时值班人员可开启备用排气阀紧急排气。



图 5.5.3.1(2)① 正压通风型防爆柜（防爆标志：EXpdibIIBT4）

(3) 本质安全(Exia;ib)：在规定的试验条件下，当电路或电路的某一部分无论是在正常(开／关)或事故(短路／接地)状态下，所产生的电弧或热效应都不能点燃规定的可燃气体或蒸气时。PT-100 温度传感器是常用的本安设备，见下图。

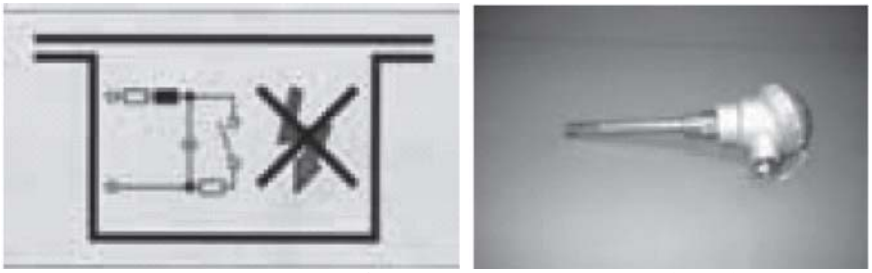


图 5.5.3.1(3)① 本质安全和 PT-100 温度传感器

①PT-100 的工作原理：温度是表示物体冷热工程的物理量，微观上它反映了物体内部分子热运动的激烈程度或平均动能的大小。目前温度传感器通常采用标准 4 线制铂电阻测温。测量原理是利用铂导体电阻值随温度升高而增加的特性。

(4) 充砂型电气设备(Exq)：所有带电部件全部埋设在粉状物质内，按设计规定的条件使用时，壳内产生的电弧，既不能通过火焰的传播也不会因壳壁的过热而点燃外面的可燃性混合物，船上少见。

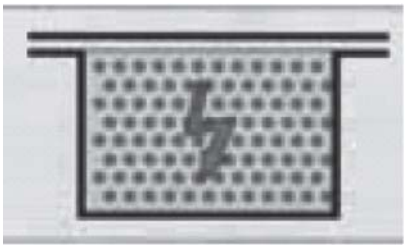


图 5.5.3.1(4) 充砂型电气设备(Exq)

(5) 充油型电气设备(Exo)：在正常运行情况下能产生电弧的全部部件全部浸在足够深的油内，以防止点燃油面上部的爆炸性气体混合物的电气设备，该设备在正常情况下不能产生电弧的那些带电部件或浸在油内或采取其他认可的防爆类型；该类型设备船上少见。



图 5.5.3.1(5) 充油型电气设备(Exo)

(6) 增安型(Exe)：通过对于正常运行情况下不会产生火花或电弧的普通工业用电气设备采取附加措施，以便提高安全程度来防止电气设备出现过热或产生火花和电弧可能性的一种保护方法。

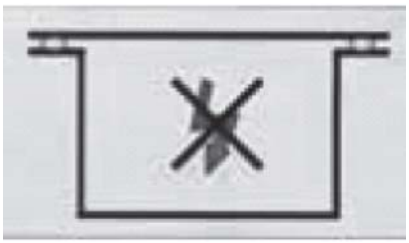


图 5.5.3.1(6) 增安型(Exe)

(7) 烧结型限焰起器： 是一种隔爆型外壳，采用原子烧结工艺制作，外界可燃气体能够透入到壳体内部，在壳体内部燃烧爆炸，所产生的能量不足以引爆外界的可燃性气体。多用于可燃气体探测。

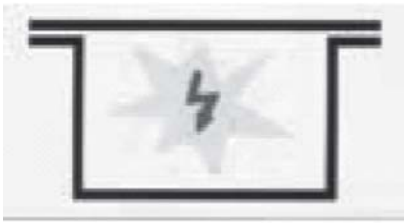


图 5.5.3.1(7) 烧结型限焰起器

烧结型金属氧化物感应体实质上是一种与陶瓷结构相似的多晶多相结构。烧结后产生晶格缺陷，阳离子分布处于非平衡状态，虽经老化处理，这种非平衡状态仍未完全消除。长期使用时，不稳定的非平衡态缓慢地向稳定平衡态转化，晶体尺寸、孔径孔深、晶界势垒等均会发生变化，从而出现了气敏特性的漂移现象。即降低了探测灵敏度。

5.5.3.2 危险区域安装设备的注意事项——防止静电

(1) 所有危险区域的电气设备，金属外壳必须接地。

(2) 所有货油管路和惰气管路及透气系统的管路确保全程电气连续并与船体形成电气联接；可以采取法兰间加跨接紫铜／白钢片或连接螺栓下压接梅花垫片等方式或能够确认本身螺栓的连接可以保证电气联接连续。

(3) 所有的舱／柜确保及相关的处理装置同船体的电气连接可靠。

(4) 所采用的风机应是无火花型的、风闸及挡火闸在关闭／打开时无火花产生（一般在相互接触的位置使用有色金属／其他垫片等）。

(5) 更换桅索时注意，能够确保同船体的可靠电气连接。



图 5.5.3.2 管路防静电联接片

5.5.3.3 危险区域敷设电缆要求

(1) 甲板或泵舱内敷设的电缆，采用铠装外加非金属不透性护套，在可能遭受机械损伤的位置敷设时需要加保护罩壳。如在甲板上敷设时，可以采用电缆管或主干电缆采用带上扣罩的电缆托架，但注意采用托架时分支到甲板上的电缆穿电缆管，建议造船时选用主干电缆采用电缆托架，日后营运中主干电缆管腐蚀问题很严重并且更换较为麻烦。

(2) 除本质安全电路的软电缆或电线外，在危险区域不能使用通过软电缆供电的电气设备。

(3) 电缆同蒸气管路（直径 75mm 或以下）的距离应该保证在 450mm/300mm 以上，防止电缆被蒸气烫伤。

(4) 本安电路用电缆同其它电缆应分开敷设，至少保持 50mm 的距离，因为本安电缆传输的多为 mA 的模拟信号，防止其他电缆对本安电缆造成干扰，尽量不敷设在同一管路内或同一电缆托架上。

(5) 船用电缆

室外敷设的电缆一般带有不透性外护套，如下图所示：



图5.5.3.3(1) 乙丙绝缘船用电力电缆

(6) 本质安全电路用电缆

具有低电容、低电感的特点外，还采用了加强屏蔽层，使其具有极好的屏蔽性能，故抗外界电磁场干扰、抗射频干扰以及抗电场耦合的能力都较强，因而可作为化学和石

油等爆炸性环境的工业部门的额定电压为 450/750 及以下的集散系统和自动检测控制系统等本质安全电路中作为微弱信号的传输用线。



图 5.5.3.3(2) 本质安全型电缆

5.5.3.4 危险区域的安装的防爆电气设备的种类：

(1) 对于油船总体要求安装的防爆设备的类别和温度组别为 IIA,T3 以上。

(2) 一般传感器为 ia 或 ib 等级的本质安全型设备。

(3) 灯具可以是隔爆型或正压型或增安型，常见为隔爆型(Exd 或 EExd）或隔爆型增安型(Exde 或 EExde）。

(4) 电机一般为隔爆增安型(EExde)。

(5) 非抽气式的可燃气体探测系统的传感器一般分为离子式或化学燃烧型式，对于要求精度不高的位置多使用离子式、对于要求精度高的位置多使用化学燃烧型式。

(6) 安装的通用报警发生器，其内部应当是无产生火花的触电也即电子接触器。

(7) 对于电压不超过 1.2V，电流不超过 0.1A，能量不超过 20 微焦或功率不超过 25 毫瓦的电气装置，不需要按照 IEC79 有关出版物的要求予以认证或标识，也即可以认为是本质安全电路，但如果这类电气装置与一含有可能引起上述电气参数的电源或储能元件相连接，需要符合 IEC79 有关出版物的要求；对于工作电压不超过 24V 电流不超过 20mA 的电路，欧盟认可为本质安全电路；防爆栅之后的 24V 以下的不带储能元件的末端简单电路认为是本质安全电路。

(8) 普通 PT-100 传感器，如果工作电压 24V 以下、电流 20mA 以下，可以认为是本质安全型设备。

5.5.3.5 注意事项：

(1) 确保货油、惰气及扫舱管系管路的电气连续，即检查接地片或线或垫连接良好。

(2) 确保危险区域的电缆没有非金属外护套出现损伤情况。

(3) 确保危险区域内的防爆灯具内的灯泡的功率小于防爆灯具上标志的灯泡的最大功率，但需要确认类别和温度组别为 IIA,T3 以上。

(4) 对于蓄电池室确认类别和温度组别不低于 IIC，T1，乙炔间确认类别和温度组别不低于 IIC，T2。

(5) 对于隔爆设备确保电缆进线的防爆布芯完好、接线箱保持气密、电缆同布芯良好匹配及电缆无松动现象。

(6) 确保危险区域内设备的壳体接地保持良好。

(7) 更换危险区域的电气设备确认所更换的电气设备防爆类别和温度组别不低于原设备。

(8) 注意泵舱风机同照明的连锁问题，在正常情况下风机应当同主照明（包括应急配电盘供电的灯，正常情况下应急配电盘是主配电盘的分电盘）连锁，应急情况下照明不同风机连锁，如在应急发电机启动供电的情况下。

5.5.4 油舱液位探测及报警装置

5.5.4.1 规范和公约的要求：

(1) 液货舱需要设置高液位报警系统 High Level Alarm，当液位达到 95%舱深时发出报警。CCS 钢规第 3 篇第 15 章 15.3.3 款要求每一个连接于蒸气收集系统的货舱，均应装有一个本质安全型的溢出报警系统 Overfill Alarm，以便在货舱溢出之前尽早通知操作人员停止装货。通常，货舱溢出报警的设定值不超过 98.5％的舱容，从报警至溢出之间的时间应不小于 1min。

(2) SOLAS 公约 II-2 章 4 条 5.5.3.2 款还规定安装了固定惰性气体系统的油船应装设封闭式的液位测量系统。目前船舶设计多采用雷达液位遥测系统，该系统能够显示出货舱的液位、容积和压力。

5.5.4.2 注意事项：

(1) 该系统为本质安全型设备，传输的是 4-20mA 信号，采用带补偿芯线的专用电缆，安装过程注意电缆敷设同其他电缆分开，防止对其传输信号产生干扰，敷设过程中不要损坏电缆；

(2) 安装过程中注意下部的传感器不要被损坏；

(3) 电缆接线顺序一定要正确，否则可能导致探头被损坏或控制部分损坏；

(4) 相关部件需要牢固固定，电缆进线位置及照片上的传感器上部护盖紧固良好，

防止进水导致设备损坏；

(5) 安装完成后，需要对照舱容表校对调整舱容，利用油水界面探测器校对液位的设置；

(6) 因为显示的舱内空档的压力对于外界空气压力差值，所以压力的校对一般是利用惰器系统的压力进行比对或舱盖打开显示值为 0 或接近 0；

(7) 在营运过程中，注意显示的舱容是否同舱容表有较大的出入，显示的液位同利用油水界面探测器校对液位是否一致，如有误差超出说明书的要求应当要求校准；

(8) 注意修船过程中不要造成电缆、探头损坏。

第 6 节 货油泵舱的特殊要求

5.6.1 设有货油驳运泵的泵舱、或凡设有供相邻于货油舱和污油水舱的处所进行压载的泵及其附件的泵舱和设有燃油驳运泵的泵舱，如果这类泵舱所具有的安全标准与货油泵舱的安全标准相同，均应视为货油泵舱，仅用于压载和燃油驳运的泵舱不必满足本节要求。货油泵舱位于机器处所与货舱处所之间，泵舱的下部可以凹入 A 类机器处所，以便安置泵，凹入部分的顶板高度一般不超过龙骨上面型深的 1/3。对于载重量不超过 25,000DWT 的油船，如确实存在布置困难，经主管机关可以同意，凹入部分超过型深的 1/3，但不得大于 1/2。

5.6.2 货油泵舱应设置应有固定式 CO_2、高倍泡沫或压力水雾灭火系统，鉴于 CO_2 具有静电引爆的特性，只能用于灭火目的，不能用于惰化目的。泵舱的钢质天窗能外部关闭。

5.6.3 货油泵舱应配置满足 SOLAS 公约 II-2/4.5.4 条要求的机械抽吸式通风系统，风机应为无火星型（风机应有备件），从通风机排出的气体应引至开敞甲板上的安全地点，舱室的通风能力应足以最大限度降低可燃蒸气聚集的可能性，换气次数不得小于 20 次 / 小时。对于 2002 年 7 月 1 日及以后安放龙骨的船舶，通风装置应与照明系统连锁，通风系统失效不至于使照明熄灭。所有货泵舱的主照明应与通风连锁，即开启照明前就开始通风，对于 2017 年 7 月 1 日以后签定建造合同的船舶，照明开启前要求通风系统至少已运行 5 分钟，照明开启以后通风系统失灵不应使照明熄灭。

5.6.4 货油泵舱应配置可燃气体探测设备，根据 MSC.1/Circ.1321 通函要求，可燃气体探头建议安装在货泵舱内以下位置：垂直于主货泵的上部或者两个货泵之间、泵舱底部最低部分上方 30cm 以内的高度设置一个探头和每 10m 长或宽设置一个探头。

5.6.5 装在泵舱内并由穿过泵舱舱壁的轴驱动的液货泵、压载泵和扫舱泵，其舱壁轴填料函、轴承和泵壳应装设温度传感装置。在货物控制室或泵控制站内应能自动激发连续视听报警信号。

5.6.6 货泵舱至管弄应设置滑动式水密门，此门应保持常闭、能够在驾驶台遥控操作并在泵舱入口处能关闭。该处指的是管弄作为一个出入口通道的情况，另外如果破舱稳性中有要求，不管该管弄设置开口在何处，也是需要安装水密门的。

5.6.7 有关货泵舱双层底布置要求请参见本指南第 1 章第 3 节“货泵舱的双层底保护”的相关内容。

第 7 节 惰性气体系统

5.7.1 设有原油洗舱系统的油船以及 1981 年 5 月 1 日以后新建的 20,000DWT 及以上油船、在 2016 年 1 月 1 日以后安放龙骨的 8,000DWT 及以上的油船必须设置 IGS 系统保护货物区域。

5.7.2 IGS 气体主要来源于锅炉燃烧的废气通过洗涤塔后形成的阻燃气体或直接来自于惰性气体发生器如 N2。液舱内的惰性气体应确保含氧量小于 8%，此时液舱内油气即使处于爆炸范围之内也不会被引燃。

5.7.3 IGS 系统与货油管路布置示意图如下：

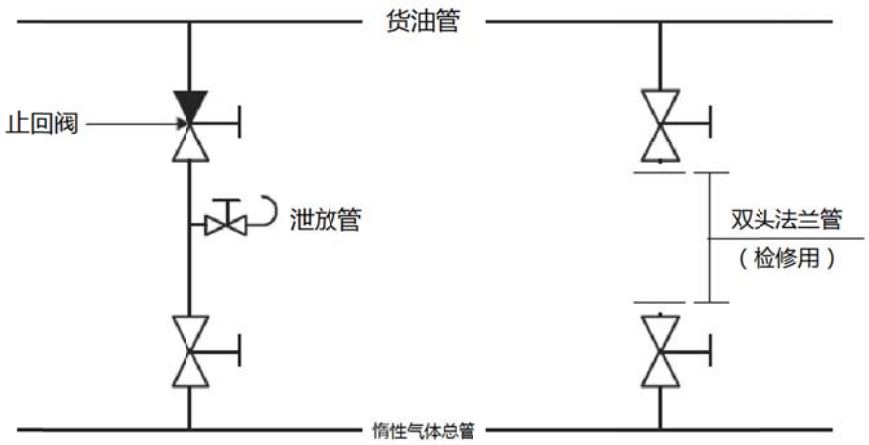


图 5.7.3 IGS 系统与货油管路布置

5.7.3.1 典型的 IGS 系统布置如下二图所示：

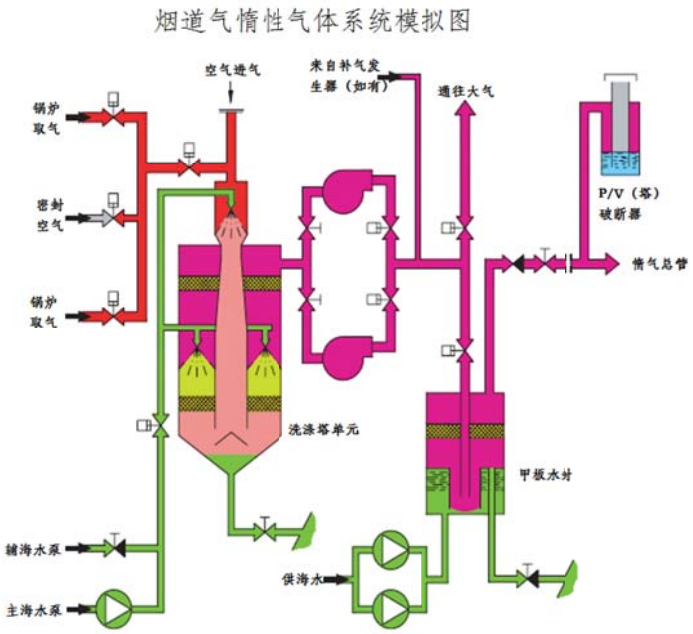


图 5.7.3.1 典型的 IGS 系统布置 1

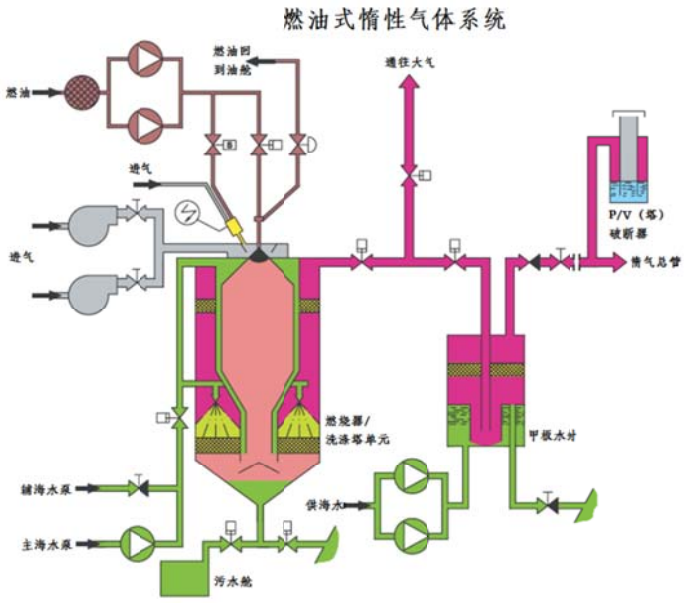


图 5.7.3.1 典型的 IGS 系统布置 2

5.7.4 IGS 系统最危险的状态就是油气回流(Backflow)，这种情况一般发生在以下几种情况：

5.7.4.1 IGS 系统的鼓风机失效

5.7.4.2 洗涤塔水泵停止运转

5.7.4.3 货物蒸气压太高（如装货时）

5.7.4.4 止回阀失效

5.7.4.5 第 5.7.4.2 和 5.7.4.2 项失效控制通过气体节流阀来实现，此时多余蒸气通过甲板水封的通风系统排放到大气中。

5.7.4.6 第 5.7.4.3 和 5.7.4.4 项失效控制通过气体压力调节阀来实现。

5.7.5 IGS 系统根据甲板水封分为：干式、半干式和湿式 3 种，分别见下图：

□ 干式的水箱位于甲板水封上部，通过压力感应器自动调节水箱开关（从甲板水封到液货舱之间的管路上，只设置 1 个止回阀），一旦感应器失效，油气就会回流，这种状况最危险。目前在油船上不会采用这种布置，OCIMF 也不接受干式。

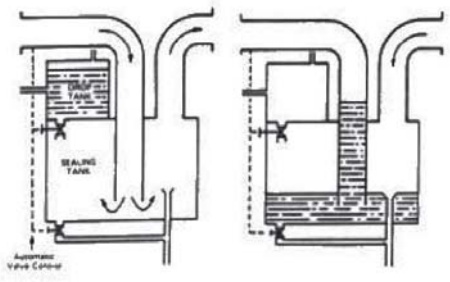


图 5.7.5(1) 干式 IGS

□ 半干式，管路的堵塞容易导致 IGS 系统实际上与货舱隔断 / 半隔断，当 IGS 系统停止运行时，管路内剩余压力差造成少量剩余油气回流，此时，甲板机械止回阀肯定已经失效。检验是应注意检查管路内部是否有严重腐蚀，可以通过管路的灌水试验实现这一检查目的。

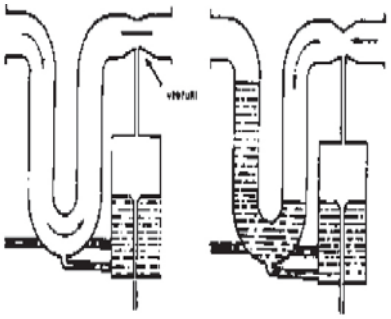


图5.7.5(2) 半干式IGS

□ 湿式，也是目前最常用的。检验时主要关注内部（包括底部橡皮）的腐蚀。

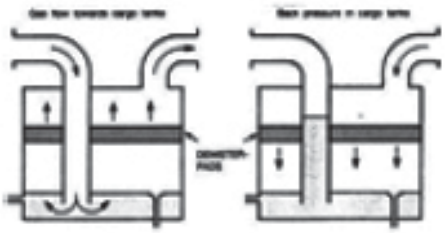


图5.7.5(2) 湿式IGS

5.7.6 现场检查应按照《惰性气体操作手册》的具体要求进行，通常包括如下部分：

5.7.6.1 检查管路特别是法兰处的腐蚀情况，确认管路无泄漏；

5.7.6.2 试验 2 台鼓风机，确认能正常运行；

5.7.6.3 试验洗涤塔的通风机，确认运转正常；

5.7.6.4 了解甲板水封的自动充水和疏水情况，检查是否有带水情况，检验时应确认底部橡皮状况；

5.7.6.5 试验所有遥控或自动控制的阀件包括烟气隔离阀；

5.7.6.6 试验吹灰器的连锁功能正常，当锅炉进行吹灰时，烟气隔离阀应关闭，此阀打开时，锅炉不能进行吹灰；

5.7.6.7 检查气体压力调节阀，鼓风机压力不足或鼓风机停止工作时，该阀应关闭；

5.7.6.8 检查惰性气体的报警系统，包括惰性气体总管内气体含氧量高、惰性气体总管内气体压力低、甲板水封供水压力低、惰性气体总管内气体温度高、洗涤器水压低或水流速度低、洗涤器内水位高、惰性气体鼓风机失效、气体压力调节阀的自动控制及惰性气体总管内的气体含氧量高的显示器和记录仪的供电失效、惰性气体总管内气体压力高的模拟试验；

5.7.6.9 用标准气体测试氧气含量测试设备的精度；

5.7.6.10 特检时，还应完成下列项目的检查和测试：

(1) 惰性气体发生装置、鼓风机、惰性气体分配管系上的惰性气体调节阀和截止阀、甲板水封的止回阀、冷却水系统的冷却泵的拆检；

(2) 洗涤塔内的检查；

(3) 惰性气体分配管系的压力／真空装置的拆检和校验，如设有时。

第 8 节 消防用品

5.8.1 A 类机器处所内应至少设有 1 套符合 FSS 规则规定的手提式泡沫枪装置和在

每具容量至少 45L 的经认可的泡沫灭火器或等效灭火器，其目足以使泡沫或等效物能射到燃油和润滑油压力系统、传动装置和其他有失火危险的任何部分。此外还应设有足够数量的手提式泡沫灭火器或等效灭火器，其布置应使该处所内任何一点到达 1 具灭火器步行距离不大于 10m，且每一个这样的处所至少设有 2 具这样的灭火器。锅炉生火处所配备的黄砂箱可以用手提式灭火器替代。

5.8.2 油船上应配备 4 具消防员装备。每套消防员装备应包括个人配备和自给式呼吸器，每 1 具呼吸器应配有长 30m 和每 5m 能承受 3.5kN 载荷强度的耐火救生绳 1 根。每套自给式呼吸器的自由空气储存量至少为 1200L，且应为每套呼吸器配备 2 具备用钢瓶，空气瓶应能互换，如船上配备了自充气系统，可以仅为每套呼吸器配备 1 具备用钢瓶。

5.8.3 2014 年 7 月 1 日及以后建造的船舶，消防员装备的自给式压缩空气应在空气瓶储气量降至不少于 200L 时，应发出视觉和听觉报警或其他装置告知使用者。根据 MSC.1/Circ.1499 通函的解释，声音报警加传统的压力表（表盘一般分成红黄绿三个区域，红色表示警告）的方式可以认为是满足要求的。2014 年 7 月 1 日以前建造的船舶应在不晚于 2019 年 7 月 1 日之前符合要求。

5.8.4 2014 年 7 月 1 日及以后建造的船舶，每个消防队至少配备 2 台双向便携式无线电话机用于消防员之间的通信。这些双向便携式无线电话机应为防爆型或本质安全型。2014 年 7 月 1 日以前建造的船舶应在不迟于 2018 年 7 月 1 日以后第一次检验之前满足该要求。

第 9 节 消防设备维护保养

5.9.1 船上应配备满足公约要求的“消防设施培训、训练、安全操作和维护保养手册”，手册可以分别编写，也可以汇总成一册，手册的语言应为船上的工作语言。对于油船而言，《消防安全操作手册》应纳入《国际海运危险货物规则》中有关消防和紧急货物装卸的须知，还应包括防止火灾由于易燃蒸气着火而蔓延至货物区域的规定，并包括液舱驱气和／或除气的程序。

5.9.2 《消防安全操作手册》应放置在所有船员餐厅和娱乐室，或每一船员居住舱室内配备 1 本。船员应严格按照手册的管理规定及时安排检查和维护保养，同时应严格按照各船旗国政府的相关规定安排必要的检测和检验。

第 10 节 消防的替代布置和设计

5.10.1 根据 SOLAS 公约的相关规定，只要能满足公约规定的相关消防安全目标和功能要求，船舶消防可以采用替代布置和设计。此时，船上应保存有主管机关或 CCS 批准的相关文件。

第 6 章 油船防污染

第 1 节 原油洗舱系统

6.1.1 原油洗舱的相关要求

6.1.1.1 根据 MARPOL 公约附则 1 第 33 条，每艘如第 1.28.4 条所定义在 1982 年 6 月 1 日之后交船的 20,000 载重吨及以上的原油油船应设置使用原油洗舱的货油舱清洗系统，需在营运一段时间后经过原油洗舱检验合格并取得发证。

6.1.1.2 原油洗舱装置及其附属设备与布置，应符合 IMO 通过的《原油洗舱系统设计、操作和控制技术条件》的全部规定。

6.1.1.3 1979 年 11 月 15 日，IMO 通过了 A.446(XI)决议关于“原油洗舱系统的设计、操作和控制的技术条件”。

6.1.1.4 1981 年 11 月 19 日，IMO 通过了 A.446(XI)决议的修订案 A.497(XII)。

6.1.1.5 需注意到，人员进入未经洗刷和除气测爆的油舱是高危行为，按现有的理念基本上可以认为这是一种禁止进入。IMO 也意识到此种风险，于 1999 年 11 月 25 日通过的 A.897(21)决议上，明确了“在所有的原油洗舱系统检验期间，由检查员对舱的内部检视不应被认为是强制性要求”。

6.1.1.6 凡采用原油洗舱系统的油船，均应备有一本详细说明该系统及设备并列有操作程序的《操作与设备手册》。格式应满足 IMO 海上环境保护委员会以 MEPC.3(XII)决议通过并经 MEPC.81(43)决议修订的《原油洗舱操作和设备手册的标准格式》。如果该手册不是用英文或法文编写，则须翻译成其中一种文字。

6.1.2 原油洗舱效果验证(IMO 决议 A.897(21))

6.1.2.1 检验基本要求

(1) 为验证原油洗舱系统在船上安装使用后能否达到 IMO 决议 A.446(11)关于“原油洗舱系统的设计、操作和控制的技术条件”及其修订的 A.497(XII)和 A.897(21)决议，除需对该系统进行全面、严格的初次检验外，尚应包括对经原油清洗的货舱按上述决议中 4.2.10 条的规定执行附加检验，即对原油洗舱系统的效用检验（无需进行 A.446(XI)中 3.2 规定的初次检验）。

(2) 此项检验是在该船首次从事原油运输后的一年以内或在运输适于作原油洗舱的第三个航次结束之前进行（视何者为迟，取较晚者），并作为验证原油洗舱系统的效用

检验和最终发证(IOPP)的依据。

(3) 如果主管机关认为一些船舶在各方面相仿，则仅需要对此类船舶中的一艘船舶实施 A.897(21)决议第 4.2.10 条的要求。（含义为：经主管机关同意，姐妹船的效用试验可免除。）

(4) 凡采用原油洗舱系统的油船，均应备有一本详细说明该系统及设备并列有操作程序的（操作与设备手册），该手册采用经 MEPC81.(43)修订的 MEPC.3(12)决议附件的标准格式，并且得到主管机关的认可。该手册不仅是提供船员正确操作该系统的指导，也是为港口检查人员提供该系统和操作程序的有关信息，因此如果该手册不是用英文或法文编写，则须翻译成其中的一种文字。

(5) 适用时，应提供《油气回收操作手册》及《惰性气体操作手册》作为参考。

6.1.2.2 根据 A.897(21)第 4.2.10 条的要求，为确认原油洗舱系统和扫舱系统的效果，原油洗舱操作应由主管机关见证并使其满意。

(1) 对于满足 MARPOL 公约附则 I 第 19.3 条的船舶。

①原油洗舱操作应使用经批准的原油清洗设备并按批准的《操作和设备手册》要求进行。对于一组相似结构的舱中的至少一个舱，主管机关应：

a. 在清洗舱底时，通过观察监测装置和监测油位(可通过测量或其它方法)来确认扫舱系统的操作。

b. 通过参照供给压力、循环时间和机械设备的功用来监视洗舱机的正确运转。

c. 在完成洗舱和最后的排干后，应尽实际可能地在每一油舱的前端、中部和后端用手工进行浸蘸测量，某些船上专门设有浸蘸测量孔(Dipping Hole)，此时要予以利用，将这些测量记录在《原油洗舱手册》中。主管机关可以要求如本段 a.所述的内部检查，或者如果认为必要通过一个主管机关认可的替代措施进行内部检查。

②检验内容及细节

a. 原 A.897(21)的第 13F(3)条内容可参见现有的第 19.3 条，即适用于 1996 年 7 月 6 日或以后交船的油船。

b. 因为原油洗舱必须在惰化状态下进行，对舱室底部剩余底脚油须用手工浸蘸测量，CARGO MASTER 的液位遥测数字不能作为替代数据，最后通过查舱容表计算出每个舱室的留存油量。

c. 对选定的舱室进行测量时，如油船甲板上前、中、后三个点布置有专用 Vapor Lock 测量孔，可在惰化状态下完成测量。如需要打开其它如便携式洗舱机孔／人口盖等进行测量时，只允许使用防静电测量工具并采取安全防范措施（如工具

进入舱室前，须可靠接地等）。

- 注解 1：量底脚（dip or dipping，也译成浸渍测量或底评测量），选择工具依序是：

a) 专门为量底脚设计的专用仪器；

b) 经权威机构认可的 UTI（或 MMC）之类的防静电安全测量尺；

c) 船上自制的铜制测量棒。

- 注解 2：UTI 是油船上集 U、T、I 三个功能的专用工具，即 U（Ullage，空档）/ T（Temperature，温度）/ I（Interface，油水界面）。
- 注解 3：实际操作时，尽可能在 Vapor Lock（半封闭气密式测量孔）处测量，如果浸蘸测量孔没有设置 Vapor Lock 时，也可以使用观察孔之类的测量，但条件是舱室必须处于含氧量＜8%的惰化合格状态。

d. 对洗舱效果的判定，验船师应：

(i)查阅船上的洗舱计划和执行记录已按《操作和设备手册》进行。

(ii)现场验证下列表 6.1.2.2(1)②e“舱底清洗效果验证记录表”和表 6.1.2.2(1)②f“浸蘸测量记录表”。

(iii)利用一切有效手段判明已选定的舱室没有明显的粘附物和沉淀物。(在甲板上通过固有舱室开口进行检视或者通过其它等效方法进行检查，判明舱内不存在较明显的大块的或者大面积的粘附物和沉淀物)。

(iv)为了满足公约的防污染要求，根据浮油量的总和判断出洗舱效果，对于船上设有指定为货油兼压载舱的舱室应进行额外的清洗效果验证，即在原油洗舱后进一步用水洗，通过量取浮油量进行验证。对于左右对称的压载舱可选取其中的一个，验证方法见下表 6.1.2.2(1)②g 和下图 6.1.2.2(1)②j 示例说明。

(v)如果污油水舱的内部结构十分复杂也应水洗后单独验证。

e. 舱底清洗效果验证记录(Witness report of bottom washing effectiveness)，见下表：

舱底清洗效果验证记录表　　表 6.1.2.2(1)②e

M/T(船名)：

Port(港口)：　　Berth(泊位)：

Date(日期)：　　Cargo name(货物名称)：

Tank (舱名)	Machine No 洗舱机编号	Washing Pressure 洗舱机压力(Mpa)	Cycle Time(m) 循环时间（分钟）	Stripping Pump 扫舱泵使用 (Y/N)	Result 结果(Pass/Fail)

Note (注释): “Stripping Pump” Y/N(Used/No use) “扫舱泵使用” (使用/未使用)
Draft forword(艏吃水) m(米) Trim(吃水差) m(米)
Draft aft (艉吃水) m(米) List(横倾) Deg(度)
Chief officer(大副) Survey(验船师)

f. 浸蘸测量记录表(Dipping Record)，见下表：

浸蘸测量记录表 表 6.1.2.2(1)②f

M/T(船名)：
Port(港口)： Berth(泊位)：
Date(日期)： Cargo name(货物名称)：

1	2	3			4	5
Tank (舱名)	Capacity(m^3) 舱室容积	Sounding(cm)底油高度			Observed vol. (m^3) 实测油量	Ratio(系数)=第4项/第2项 <0.085%
		F(前)	M（中）	A（后）		

Note (注释):
Draft forword(艏吃水) m(米) Trim(吃水差) m(米)
Draft aft (艉吃水) m(米) List(横倾) Deg(度)
Chief officer(大副) Survey(验船师)

g. 舱室浮油量测量记录表(Oil floating on top of the tanks record)，见下表：

舱室浮油量测量记录表 表 6.1.2.2(1)②g

1	2	3	4	5	6	7	8
Cargo tank with WB 有边压载舱的舱名	Tank Vol. (m^3) 舱容 (m^3)	Ull. to top of oil layer 油表面空档值 (M)	Vol. of oil + water 油水总体积(m^3)	Ull. to top of water 水表面空档值(m)	Volume of water 水体积 (m^3)	Volume of oil 油体积 (m^3)	Ratio Vx/Vx 比值=油体积/舱容
X	V_x	U_X	Vw+x	Uw	Vw	v_x	

h. 左右对称的货油兼压载舱和／或污油水舱可选取其中的一个。

i. 当清洗货油兼压载舱时，如果采用的是边洗舱边扫舱到污水舱的方式时，也可通过测定污水舱内的浮油总量来验证，但这样的方式应采取其它补充措施并有相应的记录和说明。

j. 舱内的油量体积和油量与舱容的比值按下列方式进行，可参照下图进行：

(i)量出每个舱 UX 空档高度（栏目 3）。

(ii)量出每个舱 UW 空档高度（栏目 5）

(iii)查舱容表

★ 填写各舱室的油水总体积（栏目 4）

★填写各舱室的水体积（栏目 6）

★从油水总体积中减去水体积即为各舱的油体积。

(iv)算出每个独自舱室的油量，数值的获取是从 4 栏减去 6 栏，即 Vw+x – Vw= vx。

(v)计算出剩余油量体积和舱容的比值，结果应小于 0. 085%。

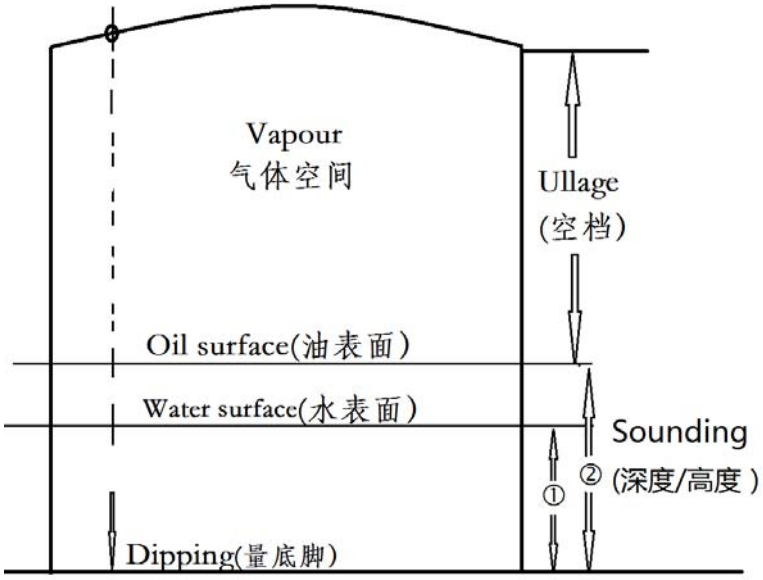


图 6.1.2.2(1)②j 浮油量测量示意图

③人员安全注意事项：

a. 测量时，人员应站立在和风向成正横的位置，尽量避免吸入舱室排出的气体。

b. 应根据所装载的货物性质，随身携带便携式(Portable)或者个人式(Personal)有毒气体探测仪，防止诸如硫化氢、苯等有害气体的伤害。

c. 上述货油兼压载舱的检验，虽然在码头操作有一定的困难，但也是可以做到的—

—即船上需要在泵舱连通洗舱加热器，在惰化状态下在码头是可以用热水洗舱的。个别码头不允许时，也为了照顾船舶的加快周转，可以同意船上在离开码头后边航行边洗舱而后测量出浮油量，当然所有的步骤都应当由验船师旁证检验。

(2) 对于不满足第 19.3 条的船舶。

此类船舶通常是指早期的单壳油船或者 20,000 载重吨以下的非公约强制要求配备原油洗舱设备的原油船，在此省略。

6.1.2.3 船上使用的安全检查表

《原油洗舱作业安全检查表(Crude Oil Washing Checklists)》、《原油洗舱开始前(Checkllst For Use Before Cow Operation)》、《原油洗舱作业期间(During Crude Oil Wash Operation)》、《原油洗舱结束后(After Crude Oil Wash Operation)》，这些表格由船上完成，验船师应查验其有效性。

6.1.2.4 重要提示

(1) 新的验证方法是基于船上操作、验船师旁证基础之上的，因此主要工作还是由船上的船员操作为主。

(2) 验证时主要依据是 COW 之后的残油量和舱容的容积比在公约要求的 0.085%以下，而不是对舱内面积进行测量。

(3) 要点如下：

①查阅洗舱计划（该计划应由船长按照 CCS 批准的《操作和设备手册》编制）、相关记录（用须知的推荐表格）是否按照要求进行了编制，所选的油舱是否满足相关要求。船舶纵倾是否满足《操作和设备手册》的要求；

②洗舱系统及扫舱系统是否工作正常，是否满足《操作和设备手册》的相关要求；

③船上的安全检查工作的制定是否满足原油洗舱安全作业的相关要求；

④洗舱后在相应油舱开口进行目测检查；（不鼓励进舱内检查，如确需进舱应先报告 CCS 总部和船公司总部并采取相应的安全措施）；

⑤对所选的普通油舱，在原油洗舱后使用 UTI 或其他有效测量方式在油舱前、中、后进行浸蘸测量，最后算出残油量与油舱的比值不超过 0.085%；

⑥如需进一步水洗后测量浮油量的油舱（可能是货油兼压载或者污油水舱），在不能进油舱内部进行检视情况下，可以在水洗后用浮油量与所洗的油舱舱容比不超过 0.085%。

第 2 节 排油监控系统

6.2.1 排油监控系统

6.2.1.1 150 总吨及以上的油船应装有一个经主管机关批准的排油监控系统。排油监控系统的设计和安装应符合 IMO 制订的油船排油监控系统指南和技术条件，见下表，包括：

(1) 对于安装在 1986 年 10 月 2 日前建造的油船上的油分计，参阅由 IMO 以 A.496(XII)决议通过的《关于油水分离设备和油分计国际性能和试验技术条件的建议案》；

(2) 对于安装在 1986 年 10 月 2 日及以后建造的油船上的作为排油监控系统部件的油分计，参阅由 IMO 以 A.586(14)决议通过的《油船排油监控系统指南和技术条件》；

(3) 对于安装在 2005 年 1 月 1 日及以后建造的油船上的作为排油监控系统部件的油分计，参阅由 IMO 以 MEPC.108(49)决议通过的《油船排油监控系统修订指南和技术条件》。

排油监控系统实施要求一览表 表 6.2.1.1

特点	类别							
		I	II	III	IV(a)	IV(b)	V(a)	V(b)
适用范围	2005年1月1日后	新 ≥4K	新 ≥4K	新 <4K	现有 ≥20K		现有 <20K	
输入资料 PPm	A	A	A	A	A	A	A	A
排放流速	A	A	M	M	M	M	A/M	A/M
船速	A	A	M	M	M	M	A/M	A/M
时间与日期	A	A	A	A	A	A	M	M
起动连锁 排放阀控制	A	A	A		A			
	A	A	A					
输出资料 升/海里 总量	A	A	A	A	A	A	A/M	A/M
排放 时间与日期PPm	A	A	A	A	A	A	AM	M
	A	A	A	A	A	A	M	M
	A		A	A	A	A	A	A
系统类型	控制装置		计算装置				核算装置	
1986.10.2后		A	B					

注释：

新 ------ 公约定义的 1979 年 12 月 31 日之后交船的船舶

现有 ----- 公约定义的 1979 年 12 月 31 日前交船的船舶

K------- 1000 载重吨

A------- 自动功能

M------- 人工输入来源于所装设备的数据

6.2.2 排油监控手册

6.2.2.1 排油监控系统的操作说明书应符合批准的操作手册。

6.2.2.2 排油监控系统操作手册应包括操作和维护该系统所必需的所有详细要求，还应至少包括下列资料。这些资料可用所示方式或等效方式组合。

(1) 引言：船舶资料连同该系统装船日期以及手册其余部分的索引。

(2) 第 1 节：该系统主要部件的制造厂设备手册。这些手册可包括油分监控器的安装，试运行，操作和故障找寻程序。

(3) 第 2 节：操作手册包括了对以下项目的说明：船舶货油压载系统，具有取样点专用舷外排放，正常操作程序，自动输入，人工输入（如适用），启动联锁和排放阀控制（如适用），越控系统，声光报警，记录输出，以及若要求人工输入而靠重力排放和向舷外泵出压载水时的流率。操作手册还应包括设备误动作之后的含油水的排放须知。上述资料应以有关经批准的图表副本作支持。如适用，可参阅第 1 节。

(4) 第 3 节：技术手册包括故障探测表，维护记录以及电动，气动和液压示意图表和整套系统的说明。如适用，可参阅第 1 节。

(5) 第 4 节：试验和检查程序包括安装时的功能试验以及验船师进行初次检验和营运检验时的注意事项。如适用，可参阅第 1 节。

(6) 附录 I：技术安装说明书包括部件的位置和安装，保持“安全”区完整性的布置，安置于危险区内电气设备的安全要求（以经批准的图纸的副本作支持），样管线敷设和延时计算示例，取样探头的设计和布置，冲洗装置以及零位调整。如适用，可参照第 1 节。

(7) 附录 II：主要部件的型式认可证书和工厂认可证书的副本。

6.2.3 排油监控系统安装要求

6.2.3.1 基本原则

(1) 油船船上货油排放监控系统安装的基本安全原则，是把包含货物油水混合物和油气的系统部分，包括包含电气和电子元件的系统部分，与所有着火源完全隔离。

(2) 包含货物油水混合物和油气的系统部分应全部包括在货物区域内（比如货泵舱），除非本指南另行明确规定。

(3) 电气和电子元件应全部包括在气体安全区，除非他们是经认可的本质安全型。

6.2.3.2 适用范围

目前已知下列型式的系统可用，本规定就其船上安装予以考虑：

(1) 在危险处所和气体安全处所之间使用舱壁透光，并且在气体危险区域有计供仪的系统。

(2) 透光可通过：

①光学纤维，或

②安装到上述舱壁的窗；

(3) 计量设备完全位于气体安全处所的系统。

6.2.3.3 消防安全规定

(1) 使用光学纤维的系统

根据其特点合适安装时，这些系统符合 6.2.3.1.1 所述的基本原则。

(2) 使用舱壁窗的系统

舱壁镜在免受机械损坏的保护、强度和耐火方面应符合 F9。此外，舱壁窗和位于气体安全处所的系统部件，应以至少达到 A-0 标准建造且具有气密门的钢质舱棚保护。这些门应设有告示，要求系统不使用时所有时候都保持关闭。

(3) 计量设备完全位于气体安全处所的系统

①在气体危险区域和气体安全区域之间穿过舱壁或甲板的采样管，其内径按规定应至少为 12mm。如果需要更大的直径，应依据具体情况对布置进行特殊考虑。有关管路应为重型钢管或耐海水腐蚀的其他金属材料。

②穿过舱壁的管路应在两边焊接。

③穿过舱壁的轴驱动泵应符合 F13。

④整个计量设备的位置应尽可能靠近舱壁，采样管应尽可能短。

⑤直接连接采样管的整个计量设备应设置气密舱棚。

⑥舱棚应设有排气式的机械通风装置，其布置应使 CCS 满意。应有在操作系统前给舱棚通风的规定，并在舱棚外设有要求使用通风装置的警告标志。

⑦含有油水成分的仪器舱室应涌过气密分隔与含有电气和电子元件的舱室隔离。

⑧截止阀应安装在气体安全处所采样管（吸入管和回流管）内，并尽可能靠近穿过舱处。阀上应设有下列告示：“计量设备不使用时请关闭。”此外，应在气体危险处所的回流管设置水封装置。

⑨ 舱棚应设有适合探测油气的系统。系统的布置应使 CCS 满意。

⑩不论何时打开舱棚，油水采样泵应自动停止。

¤从气体危险区域抽取的油水样品应回流到这些处所。

¤采样管的安全阀（如设有）应位于气体安全处所。

¤系统应进行水静力试验，试验压力不小于安全阀的开启压力。如果未设置安全阀，整个系统应进行水静力试验，试验压力至少为货物／压载泵工作压力的 1.5 倍。

6.2.4 其它

6.2.4.1 满足 MEPC.108(49)的排油监控设备(ODME)的精度应每 5 年由制造厂或制造厂认可的机构予以检测，在 IOPP 换新检验时予以证实。证明最后一次刻度校核日期的校准证书应保存在船上用于检查。

6.2.4.2 控制部分的记录装置应包括一个可电子格式化的数字打印机。记录的参数应在打印纸上清晰显示。打印应字迹清晰且一旦从记录装置中取下也能保持原样，并应保存至少 3 年。

第 3 节 油水界面探测器

6.3.1 150 总吨及以上的油船应备有经主管机关认可的有效的油水界面探测器，以便能迅速而准确地测定中的油／水分界面，其他舱柜如需进行油水分离并拟从其中将排出物直接排放入海者，也应有这种探测器。

6.3.2 常见的油水界面探测器为便携式，目前船上常用的型号为 UTI 或 MMC，如下图：





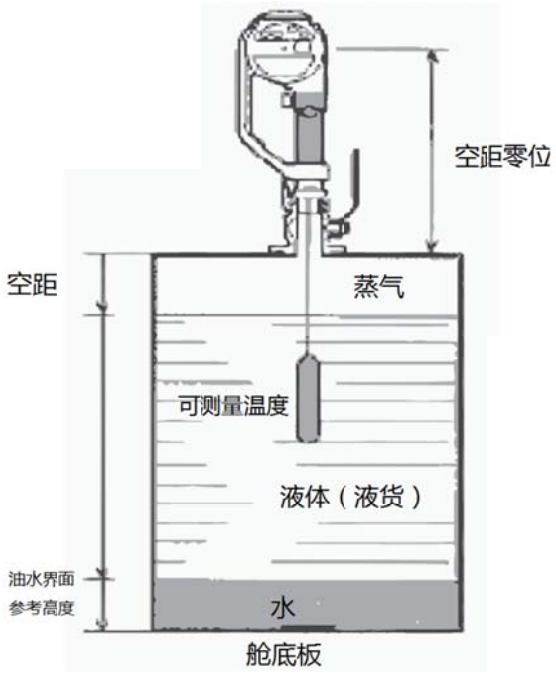


图 6.3.2 示意图

第 4 节 操作排油的控制

6.4.1 污油水的排放

6.4.1.1 特殊区域外（不含国际极地规则所规定区域）的排放

(1)除公约所规定的例外情况及清洁和专用压载水外除非符合下列条件，禁止将油类或油性混合物排放入海：

①油船不在特殊区域之内；

②油船距最近陆地 50n mile 以上；

③油船正在途中航行；

④油量瞬间排放率不超过 30L/n mile；

⑤排入海中的总油量，对于如 MARPOL 公约附则 I 第 1.28.1 条所定义在 1979 年 12 月 31 日或之前交船的油船而言，不得超过这项残油所属的该种货油总量的 1/15,000，对于如 MARPOL 公约附则 I 第 1.28.2 条所定义在 1979 年 12 月 31 日之后交船的油船而言，不得超过这项残油所属的该种货油总量的 1/30,000；和

⑥油船所设满足 MARPOL 公约附则 I 要求的排油监测和控制系统以及污油水舱正在运转。

6.4.1.2 特殊区域内（不含国际极地规则所规定区域）的排放

除清洁或专用压载水排放外，当油船在特殊区域内时，禁止将船上货油区域的油类或油性混合物排放入海，但并不禁止仅有部分航程在特殊区域内的船舶在特殊区域外按上述 1.1 条进行排放。

6.4.1.3 POLAR Code 所定义的极地区域

除用于清洁或专用压载水的排放外，在北极水域禁止任何船舶排放油或油性混合物入海。出于特殊情况可以经主管机关批准并参照 Polar Code 第 II-A 部分的 1.1.3 条执行；

6.4.1.4 小于 150 总吨的油船按本条所述的排油控制，是将油留存在船上以及随后将所有的经污染的洗涤液排入接收设备。用于冲洗和流回到贮存柜中去的全部油和水应排入接收设备，除非设有适当的装置以保证对允许排入海水中的流出物有足够的监测以符合本条的规定。

6.4.1.5 按照规定不能排放入海的残油，应留存在船上或排入接收设备。

6.4.2 油类记录簿（货油 / 压载的作业）

6.4.2.1 凡 150 总吨及以上的油船，应备有《油类记录簿》第 II 部分（货油 / 压载的作业）。这种油类记录簿不论是作为船上的正式航海日志的一部分或作为其他文件，均应按 MARPOL 公约附则 I 附录 III 中所规定的格式。IMO MEPC 74 会议上通过了《关于使用电子记录薄的 MARPOL 附则 I、II 和 V 修正案》(MEPC.312(74))，2020 年 10 月 1 日起，可根据相关要求使用电子记录簿替代纸质记录簿，同时还应满足船旗主管机关对该类文书的要求。

6.4.2.2 每当船舶进行下列任何一项货油 / 压载的作业时，均应逐舱填写《油类记录簿》第 II 部分：

(1) 货油的装载；

(2) 航行中货油的船内转驳；

(3) 货油的卸载；

(4) 货油舱的清洁压载舱的压载；

(5) 货油舱的清洗 (包括原油洗舱)；

(6) 压载水的排放，但从专用压载舱排放者除外；

(7) 排放污油水舱的水；

(8) 污油水舱排放作业后，所使用的阀门或类似装置的关闭；

(9) 污油水舱排放作业后，为清洁压载舱与货油和扫舱管路隔离所需阀门的关闭；

(10) 残油的处理。

6.4.2.3 对设有原油洗舱设备的油船而言，《油类记录簿》第 II 部分中应有用于洗舱和流回到储存柜中的油和水的总量的记录。

6.4.2.4 倘若发生 MARPOL 公约附则 I 所述的例外情况或则发生在例外情况未予除外的意外排放或则其他特殊排油的情况时，应在《油类记录簿》第 II 部分中说明这种排放的情况和理由。

6.4.2.5 应及时将上述 2.2 中所述的每项作业详细地记入《油类记录簿》第 II 部分，以使与该项作业相应的所有项目均有记录，每项完成的作业，应由高级船员或有关作业的负责人签字，且每写完一页应由船长签字。《油类记录簿》第 II 部分中的记录，应至少为英文、法文或西班牙文的其中一种语言。若同时使用船旗国的官方文字作记录，则在遇有争议或不相一致的情况时，应以船旗国官方文字记录为准。

6.4.2.6 排油监控系统的任何故障均应记入《油类记录簿》第 II 部分。

6.4.2.7 《油类记录簿》第 II 部分应存放于可在所有合理时间随时取来检查的地方，除了没有配备船员的被拖船舶外，均应存放在船上。《油类记录簿》第 II 部分应在进行最后一项记录后保存三年。

6.4.2.8 公约缔约国主管当局可对停靠本国港口或近海装卸站的适用本附则的任何船舶检查《油类记录簿》第 II 部分，并可将该记录簿中任何记录制成副本，也可要求船长证明证明该副本是该项记录的真实副本。该凡经船长证明为船上《油类记录簿》第 II 部分中某项记录的真实副本者，在任何法律诉讼中应可作为该项记录中所述事实的证据。主管当局根据本项规定对《油类记录簿》第 II 部分的检查和制作正确无误的副本，应尽速进行，不对船舶造成不当延误。

6.4.2.9 如果船上设有业经特殊批准有从机舱污油水进入货舱区域的 SLOP 舱设施时，操作时应在甲板和机舱二本记录本上同步记载。

6.4.2.10 如果船舶将航行至 Polar Code 地区，油类记录簿涉及到极地水域的营运应做出相应的考虑。

第 5 节 蒸气控制系统

蒸气控制系统目前还仅是部分港口要求配备，CCS 钢规给出了详细的技术要求。考虑到以后会有更多的港口会有这方面的要求，故在本章节进行简单的介绍。

6.5.1 图纸资料

图纸资料需要送 CCS 审批，批准后的资料应保持在船上，以备港口有关方的查阅。主要图纸资料如下：

6.5.1.1 蒸气管路图，图中应标明管路材料规格、尺寸、管系等级、连接详情及其附件；

6.5.1.2 测量和溢出系统图，图中应标明设备或仪器制造商和型号、危险区域、气体危险处所的电气设备的位置及拟用于危险区域的电气仪器的安全证书、报警系统的供电电路、本质安全型设备电路；

6.5.1.3 透气系统图，图中应标明验证压力／真空阀透气容量的必要数据；

6.5.1.4 压降计算，对比货物输送率与从最远的货舱到蒸气接头（包括可能的软管）之间的压降；

6.5.1.5 计算每个货舱在最大装载速率时从报警设定至溢出之间的时间；

6.5.1.6 操作手册。

6.5.2 要求

6.5.2.1 蒸气控制系统的布置不能影响货舱透气系统得正常使用并与 IGS 系统有效隔离，与 IGS 系统的隔离目的可以通过阀件的设置实现。蒸气控制系统应设有放残及回收装置。当船舶载运多种不相容的货品时，蒸气控制系统也应相应加以隔开。

6.5.2.2 通岸接头应尽可能靠近装卸站的舷侧区域，此处应安装一个可以手动操作的快关阀。接岸法兰应满足标准 ANSI B16.5 Class 150 的要求，该法兰上应安装一突起端（直径 12.7mm，长度不小于 25.4mm）用于蒸气连接软管的良好对中，对应地，蒸气连接软管法兰有一 16mm 直径的圆孔。蒸气软管的吊装过程应配有软管托架，以防软管扭折和压扁。每根蒸气总管在其对外连接法兰前 1m 的管子和附件外表上应有涂色标志。涂色为红色／黄色／红色，红色宽度为 100mm，中间黄色宽度为 800mm，在黄色区标有黑体“VAPOUR”字样，字体高度不小于 50mm。每根输送软管应满足下列技术要求：

(1) 最大工作压力应不低于 0.035MPa；

(2) 应能承受不低于 0.014MPa 的真空度，且不会被压塌或收缩；

(3) 爆破压力应不低于 0.175MPa；

(4) 具有电气连续性，最大电阻为 10kΩ；

(5) 抗磨损和扭折；

6.5.2.3 货舱应装设闭式液位测量系统，如使用便携式测量系统，其数量应能够满足所有可以同时装卸的货舱并加配 2 个备品。

6.5.2.4 货舱应装设高液位报警系统以及高高液位报警系统，报警系统应同时具有声光报警功能且在货物控制站显示，其中高高液位报警系统还应在货物甲板区域安装相应的报警点。

第 6 节 稳性仪

6.6.1 IMO 第 66 届海上环境保护委员会通过了油船强制配备稳性仪的 MARPOL 公约附则 I 修正案(MEPC.248(66)，2016 年 1 月 1 日生效。

6.6.2 主要内容

6.6.2.1 所有油船均需安装能校核完整稳性和破损稳性的稳性仪，稳性仪应符合相关性能标准，即 2008 国际完整稳性规则 B 部分第 4 章、经修订的 MSC.1/Circ.1229 通函“稳性仪审批导则”附件第 4 节和 MSC.1/Circ.1461 通函“液货船破损稳性要求验证导则”第 1 部分，并经主管机关批准。

6.6.3 实施日期

6.6.3.1 2016 年 1 月 1 日之前建造的油船，应在 2016 年 1 月 1 日或之后的首次计划的换证检验时满足本要求，但不迟于 2021 年 1 月 1 日；

6.6.3.2 尽管有上述 6.6.1.1 的要求，2016 年 1 月 1 日之前建造油船上已经安装的稳性仪，只要主管机关确认该稳性仪能校核完整稳性与破损稳性，则不必替换；

6.6.3.3 主管机关应对所有船舶的稳性仪签发批准文件。

6.6.4 符合下列情况的船舶，可以免装稳性仪：

6.6.4.1 专用船，其装载数量有限，以至所有预期的装载工况均包含在经过批准的提供给船长的稳性资料中；

6.6.4.2 稳性通过主管机关认可的远程方式进行验证的船舶；

6.6.4.3 在批准的装载工况范围内进行装载的船舶；

6.6.4.4 具有经批准的能覆盖所有适用完整稳性与破损稳性要求的极限 KG/GM 曲线的 2016 年 1 月 1 日之前建造的油船。

6.6.4.5 油船免除情况应记入经前述修正案修订的“IOPP 证书附件”。

6.6.5 实施

6.6.5.1 对 CCS 船级的破损稳性仪应依据 CCS 钢规第 2 篇第 2 章附录 1 与附录 2 的要求进行检验。

第 7 章 油船的其他附加要求

第 1 节 操舵装置的要求

7.1.1 每艘 10,000 总吨及以上的油船，主操舵装置应由符合 SOLAS 公约规定的两台或两台以上相同的动力设备组成。应符合如下要求：

7.1.1.1 主操舵装置应布置成当由于主操舵装置的一个动力执行系统的任何部件（舵柄、舵扇或为同样目的服务的部件除外）发生单项故障，或由于舵执行器卡住以致操舵能力丧失时，操舵能力应在一个动力执行系统失效后不大于 45s 内重新获得；

7.1.1.2 主操舵装置应包括：

(1) 两个独立和分开的动力执行系统，每个系统均满足能在船舶处于最深航海吃水并以最大营运航速前进时将舵自一舷 35°转至另一舷 35°以及于相同条件下在不超过 28 s 内将舵自任一舷 35°转至另一舷 30°的要求；或

(2) 至少两个相同的动力执行系统，在正常运转中同时工作时，应能满足能在船舶处于最深航海吃水并以最大营运航速前进时将舵自一舷 35°转至另一舷 35°以及于相同条件下在不超过 28s 内将舵自任一舷 35°转至另一舷 30°的要求。如果需要符合此要求，液压动力执行系统应设有交叉联结。一个系统中液体的流失应能发现，有缺陷的系统应能自动隔离，以使另一个或几个执行系统能保持全面运转；

7.1.1.3 非液压型式的操舵装置应能达到等效标准。

(1)对于 10,000 总吨及以上，但小于 100,000 载重吨的油船如能达到等效安全标准，则可允许采用不同于上述解决办法，即对舵的一个或几个执行器不必应用单项故障衡准，而且：

①由于管系或一台动力设备的任何部件发生单项故障而丧失了操舵能力，应在 45s 内重新获得操舵能力；和

②如果操舵装置只包括单个舵执行器，则应特别注意在设计中对所使用的材料、密封装置的安装、试验检查和有效维护的要求进行包括疲劳分析和断裂力学分析（如适用）在内的应力分析。

第 2 节 应急拖带装置

7.2.1 根据 SOLAS 公约第 II-1 章 3-4.1 和 4.2 条的规定，500 总吨及以上的船舶，

应配备一份应急拖带程序，供应急情况下使用。该程序的内容具体可参见《船东 / 操作者编写应急拖带程序指南》(MSC.1/Circ.1255)。

7.2.2 对于载重量不小于 20,000t 的油船，应在其首尾两端配备应急拖带装置，见下图。对于 2002 年 7 月 1 日以前安放龙骨的油船，应急拖带装置的设计与建造应参 MSC.35(63)决议通过的经修正的《液货船应急拖带装置指南》。

7.2.3 对于 2002 年 7 月 1 日或以后安放龙骨的油船，该装置应始终能在被拖船主动力失效时迅速展开并且容易与拖船连接。至少 1 台应急拖带装置应预先设置成待命状态用于迅速展开。首尾两端的应急拖带装置应有足够强度，应考虑到船的大小和载重量以及在恶劣天气条件下预期的力作用。对于油船，首部应急拖带装置经常兼作首部单点系泊使用。

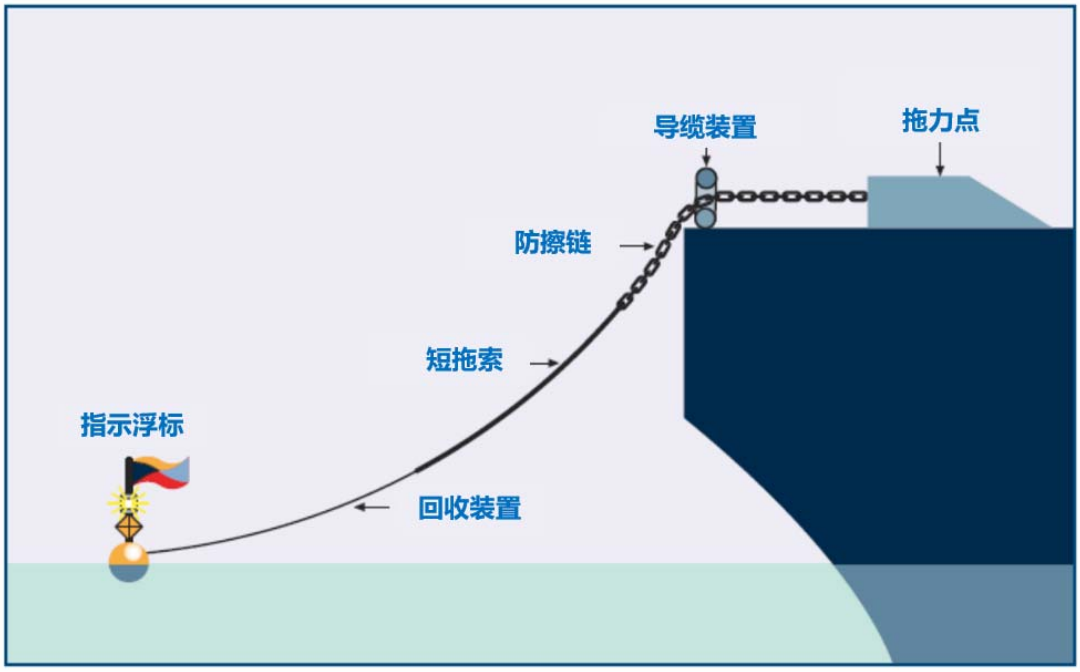


图7.2.1(1) 尾部应急拖带装置典型构成

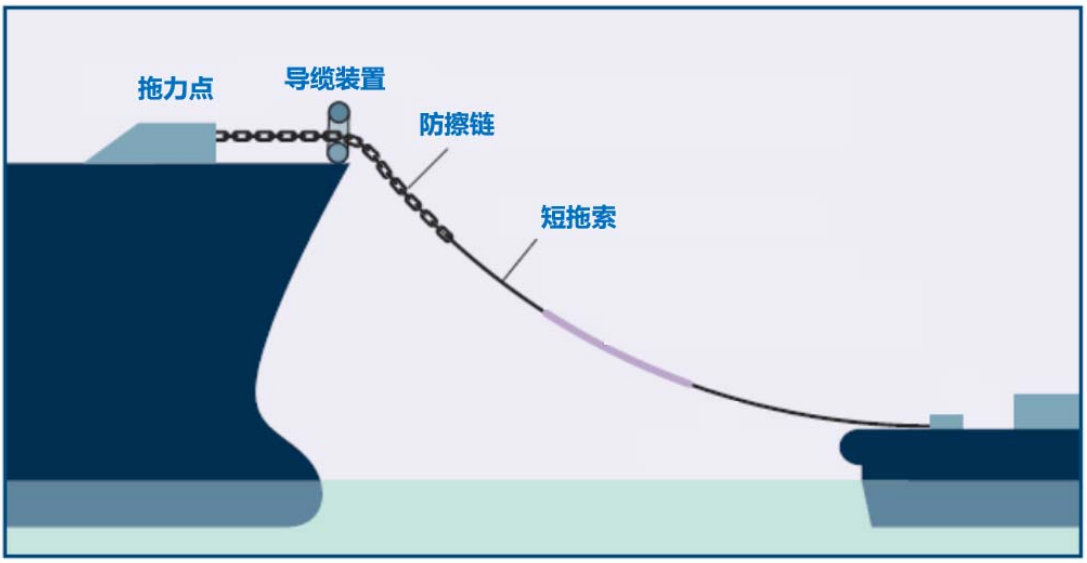


图7.2.1(2) 首部应急拖带装置典型构成

7.2.4 尾部应急拖带中回收装置的作用是为拖船拾起短拖索方便。

7.2.5 CCS 钢规对拖带装置构成的部件要求如下二表：

主要部分的要求表 表7.2.5(1)

主要部件	设置部件		强度要求
	船首	船尾	
回收装置	任选	要求	——
短拖索	任选	要求	要求
防擦装置	要求	根据设计确定	要求
导缆装置	要求	要求	要求
拖力点	要求	要求	要求
滚轮托架	要求	根据设计确定	——

部件安全工作负荷表 表7.2.5(2)

船舶载重吨(t)	安全工作负荷(kN)
20,000~50,000	1,000
≥50,000	2,000

7.2.6 在油船营运检验过程中，应根据船舶的设计图纸检查应急拖带装置的部件组成，确认部件与船上图纸的一致性，并进行了有效的维护保养。检查应急拖带装置的强力端及其甲板下加强构件的情况，应状态良好，没有严重的腐蚀及超标的表

面缺陷。

第 3 节 油船压载舱盖上的观察孔

7.3.1 根据石油公司的要求，在油船压载舱的人孔盖上需要安装观察孔。从观察孔的技术角度考虑，它应不破坏人孔盖的强度及水密完整性。规范对此无具体规定，实际设计时一般根据 CB/T 3981-2008《带检查孔压载水舱人孔盖》进行。在人孔盖上安装带围板的观察孔，现将观察孔的具体参数归纳如下二表：

标准具体参数示例——螺柱固定式（单位：mm） 表7.3.1.1

公称直径	开孔内径	孔盖压槽内径	孔盖外径	盖板厚度	围板高度	围板厚度	螺柱直径	螺柱个数	锁紧方式
250	230	300	350	同人孔盖	20	--	M16	8	中心螺旋、向下锁紧

标准具体参数示例——夹扣旋转式（单位：mm） 表7.3.1.2

公称直径	开孔内径	孔盖压槽内径	孔盖外径	盖板厚度	围板高度	围板厚度	蝶形夹扣直径	蝶形夹扣个数	锁紧方式
250	230	320	--	同人孔盖	100	同人孔盖	M16	3	中心螺旋、向下锁紧

第 4 节 其它

7.4.1 1994 年 10 月 1 日及以后安放龙骨的油船，货物区域双壳内的专用压载舱应能安排可燃气体探测。该探测方式可以是在专用压载舱内安装固定式可燃气体探测系统，也可以采用能够在潮湿环境中使用的便携式可燃气体探测仪。

7.4.2 根据 SOLAS 公约第 II-2 章 4 条的要求，油船应至少配备 1 台用于测量氧气的便携式仪器和 1 台用于测量可燃蒸气浓度的便携式仪器，以及充足的备件。应为这些仪器提供适当的校准装置。

7.4.3 考虑到货物区域的气体危险性，SOLAS 公约要求货物区域内所配备的救生圈自亮灯应为电池型、铝质舷梯应避免与船体直接连接。

第 8 章 石油公司检查简介

8.1 石油公司检查简介(Brief Introduction of the Major Oil Companies Inspection)

8.1.1 OCIMF(The Oil Companies International Marine Forum 国际石油公司海事论坛)目前全球有成员 108 个，对其租用的船、或将运载其公司的货物、或将停靠公司的码头、或运载与公司利益有关货物的第三方液货船（散装油船、穿梭液货船、化学品船及液化气体船）进行审核和检查制度，除个别成员稍有不同外，核查对象分为液货船管理公司和船舶二个部份。

8.1.2 对于液货船管理公司，采用的是液货船东自我管理和评估制度(The Tanker Vessel Management and Self-Assessment)，目前使用的是 2017 年版的 TMSA3。

8.1.3 对船舶则采用统一的检查制度 SIRE(Ship Inspection Report Exchange)Programme，检查人员通过船舶问卷表(Vessel Inspection Questionnaires)检查，目前使用的是 2019 年 2 月的 VIQ7。

8.1.4 核查标准和内容涉及：

8.1.4.1 船公司的管理；

8.1.4.2 船舶的设计与建造；

8.1.4.3 船舶构造与设备；

8.1.4.4 船员资质；

8.1.4.5 船舶管理和维修保养；

8.1.4.6 船级与法定文件及各种证书。

8.1.5 执行审核和检查的人员可以是各大石油公司自己的核查人员，也可能是职业的第三方检查机构，检查人员通常是有丰富航海经验的船长和轮机长经过专业培训和考试，再经过资深检查人员的评估后取得检查员资格。

8.1.6 石油公司检查采用的理念是最佳作法 BPG(Best Practice Guidance)，凡是业界有的标准或者指南和建议，石油公司一律采纳并要求被检查的公司和船舶去执行，所以它没有强制标准和建议作法之分，只要核查时发现的内容和最佳作法有偏离，都称之为发现项(Observation)，发现项中涉及防火防爆、人命安全或者防污染内容的，极有可能被认为是高风险项，典型的如油船泵舱的防爆灯罩，只要有一个螺丝未上紧，本次检查就极有可能不成功。

8.1.7 石油公司检查主要有三个特征：

- 范围广——公约和油船专用出版物约 50 种。
- 标准高——超过公约或指南要求的 USCG 规则以及《商船海员安全工作守则(COSWP)》等等都需要遵守。
- 要求严——OCIMF 有其自己的系列出版物，且更新速度极快，如油船检查问卷从 1993 年到现在的 VIQ7，已经换版 6 次。

8.1.8 CCS 提供的最新的检验信息(Survey Status)应在 SIRE 检查当天 15 日内，船公司可从 CCS 网站中下载。

8.2 对营运船检验除公约和法规外，主要出版物依据来源

8.2.1 国际油船和石油终端站安全指南（ISGOTT 第 5 版）

8.2.2 油船检查问卷第 7 版(VIQ7)

8.2.3 USCG 规则（最新版本）

8.2.4 CCS 的《船对船过驳指南 2019》

8.2.5 OCIMF 的系泊设备指南第 4 版(MEG4)

8.2.6 OCIMF 的有效系泊指南第 4 版(EM4)

8.2.7 商船海员安全工作守则(COSWP)2017 版

8.2.8 CCS 的《签发 OCIMF“油船和化学品船管汇及相关设备建议”符合性声明的指导性文件》（2019）

8.3 石油公司检查在营运检验中需要进行检验的主要内容(非法定)。

8.3.1 海上保安(Maritime Security)

8.3.1.1 船上是否有防海盗强化布置(Harden Vessel)。

8.3.1.2 公司和船上是否有网络安全体系文件(Cyber Security)。

8.3.2 油船上防污或安全防护设备一般都是双套的或者双道的。

8.3.2.1 双道要求

(1) 所有油类（包括燃油）出口阀要加装盲板，且盲板厚度和法兰相等。

(2) 管汇处的压力表及下部的采样管中间各有截止阀，端口须有闷头（或管帽）。

(3) 燃油／洗舱管线上的便携式洗舱机有盖等等。

(4) ODME 排出口前有盲断布置且不在排放含油污水时应处于盲断状态。

8.3.2.2 双套要求

(1) 泵舱抽风如果是单个形式的，应有备用马达。

(2) 若应急发电机启动方式只有一种能源，应有备用马达。

(3) 能测量氧气／可燃气／H_2S/CO 的便携式(Portable)仪器各二套，并应配有适合该轮舱室深度的抽气泵和取样气管，二套缺氧式测爆仪（适用有 IGS 船舶），至少二套个人式（Personal，如口袋式）4 合一检测仪。上述设备都必须按照生产厂家要求进行定期校准和检验。

8.3.3 船舶操纵特性图

8.3.3.1 首尾垂线长度超过 100m 的油船及不论尺度的化学品和气体运输船，都必须配备船舶操纵特性图，除不适用项目外，图上的所有数据须填写。

8.3.4 高度不足 600mm 的压载舱视觉检查孔必须确保水密，可参考船舶行业标准 CB/T 3981-2008《带检查孔压载水舱人孔盖》，选用 A 或者 B 型，由船东选择。

8.3.5 防爆对讲机天线的保护皮破损时，必须更换。

8.3.6 装载仪

8.3.6.1 在年度检验时验船师应该让大副或者负责货物操作的驾驶员在现场随机抽样输入几个货舱数据，然后调出状态显示结果并与装载手册的标准值进行比对，误差值应在可接受的公差带内（tolerance band）。具体可参见下表：

装载仪测试误差值 表 8.3.6.1

计算项目	公差（认可值的百分比）
静水剪力（SWSF）	±5%
静水弯矩（SWBM）	±5%
静水扭矩（SWTM）	±5%

8.3.7 输油系统管路至少每年进行一次达到 100%额定工作压力的试验，在任何五年周期内，输油系统应至少进行两次 1.5 倍的工作压力试验。

8.3.8 所有一吨以上的起重（吊重）件应有年度测试记录，船上的 SWL 标志应按下列原则处理：

8.3.8.1 对于法定设备（如应急拖带装置 ETA 及其相关联的附件---缆桩和缆孔）必须使用 kN(千牛)，如果实船相关设备标识的单位是非国际标准单位，如用的是吨（t 或者 T），则在应急拖带手册中应同时标出对应的 kN 和吨（t 或者 T）二个单位值。

8.3.8.2 对于非法定设备，如甲板上的绞缆机、伙食吊等，可以在吨（t 或者 T）和 kN 中任意选用，为了美观可以使用大写方式。

8.3.9 FPD 装置，在海上航行时不得使用。

8.3.10 救生艇、起重设备、舷梯主承重钢丝的末端不应使用 U 型螺栓钢丝绳夹

(Bulldog grips）紧固，只允许使用永固型末端(Permanent Termination's)或楔形夹(Wedge sockets)。

8.3.11 油船救生圈上自亮浮灯应使用电池型，不得使用海水电池式，货物区域的自亮灯应为防爆或者本质安全型。

8.3.12 绞缆机上的刹车操作杆上应有缆绳最小破断力 60%-80%的指针，缆绳布置和配备应和船上的缆绳管理计划(Mooring System Management Plan- MSMP)相吻合。

8.3.13 船舶证书的任何备忘或者条件都会转移到油公司检查报告上去，凡是有条件应及早配合或者提醒船东消除，例如 COW 洗舱的初次符合性检验要求。

8.3.14 船上使用的油漆和化学品（如炉药）都必须有 MSDS，且有工作语言的译本。

8.3.15 配电板上方如果有液体法兰接头，应加装防喷溅保护罩。

8.3.16 任何设备的破损、跑冒滴漏，凡是船上存在的临时包扎和所有的软补丁，如环氧树脂或者水泥箱等，即使不是关键设备应全部视为观察项。

8.3.17 对货控电脑及其它诸如此类的电子器件做功能性测试，特别是货舱内的压力传感器，属于 SOLAS 公约和 IBC 规则的透气系统，如有异常必须开发现项。

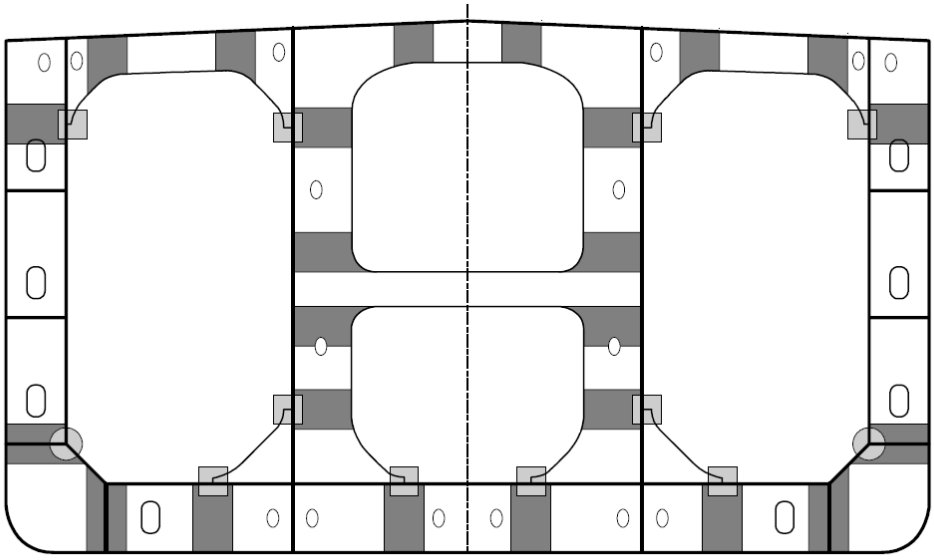
8.3.18 便携式梯(gangway)也属于法定检验项目，营运检验应核查是否有最大负荷及许用角度等标识。

8.3.19 指定的吸烟室有能开启的通向开敞甲板的开口时，应予以封闭或机件紧固到非人力可以打开。

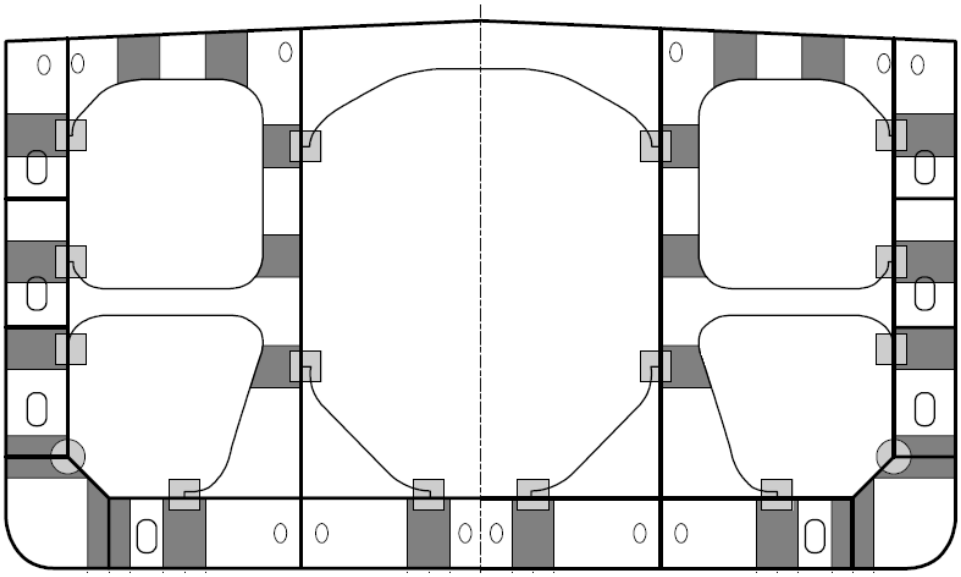
附件

关键结构区域的检查

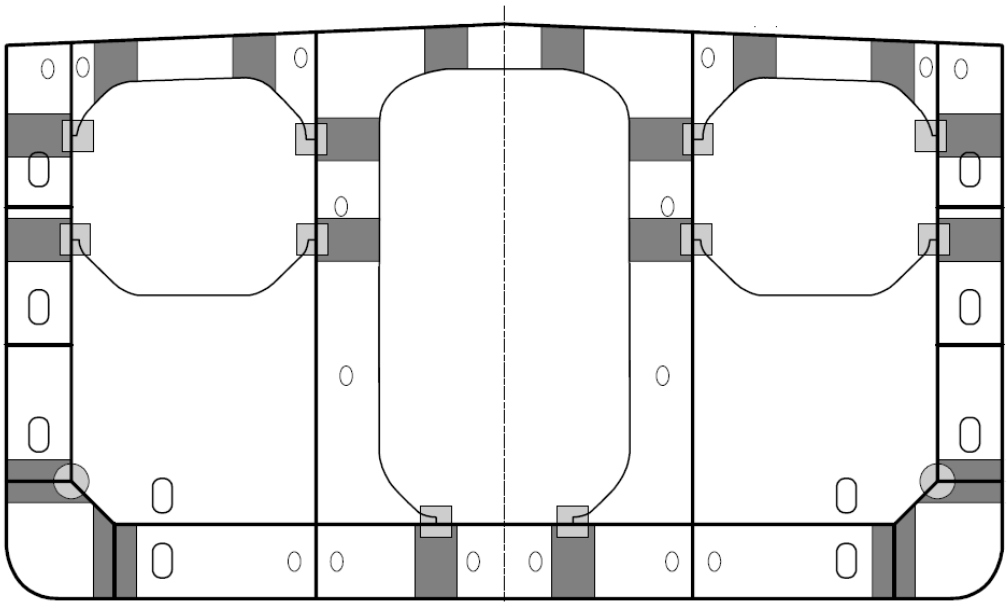
1．根据 CSR 规范，具有两道纵舱壁的油船，如水平撑材设置在中间货油舱，强框架的高应力部位如下：



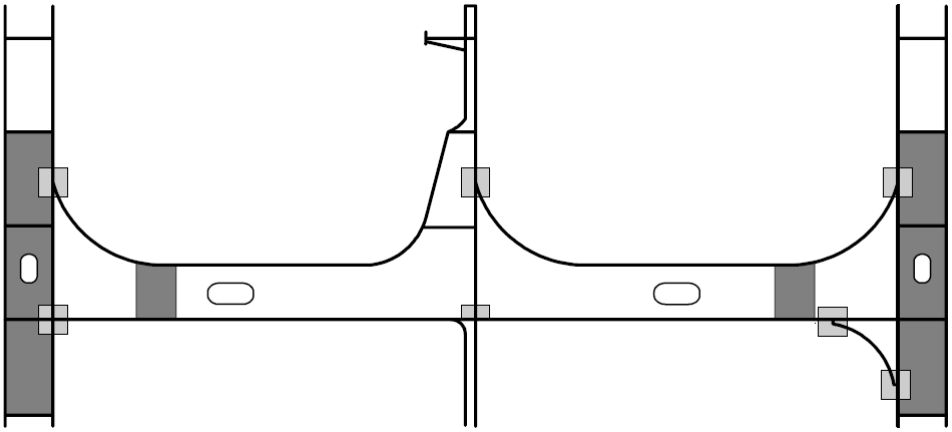
2．根据 CSR 规范，具有两道纵舱壁的油船，如水平撑材设置在边货油舱，强框架的高应力部位如下：

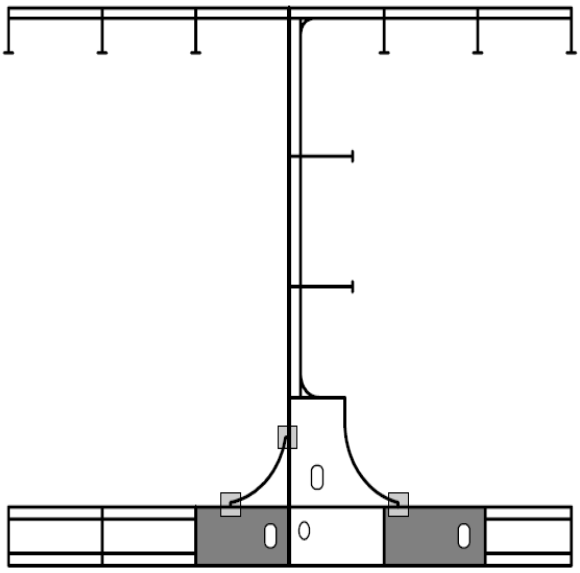


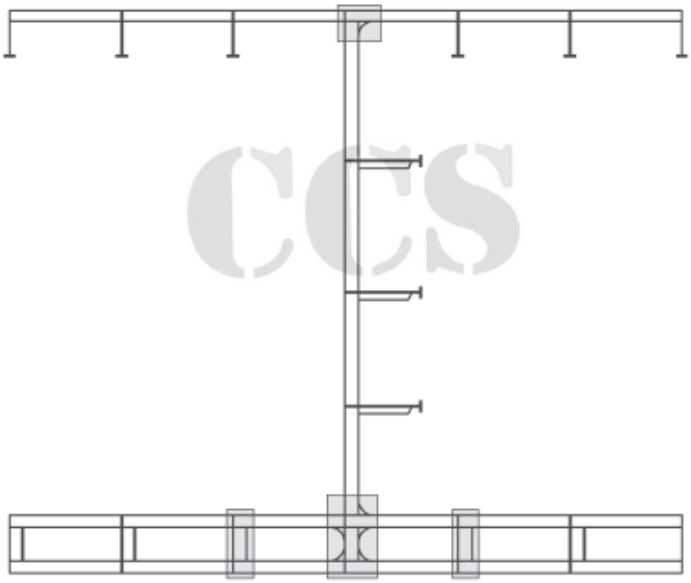
3．根据 CSR 规范，两道纵舱壁的油船，制荡舱壁的高应力部位如下：

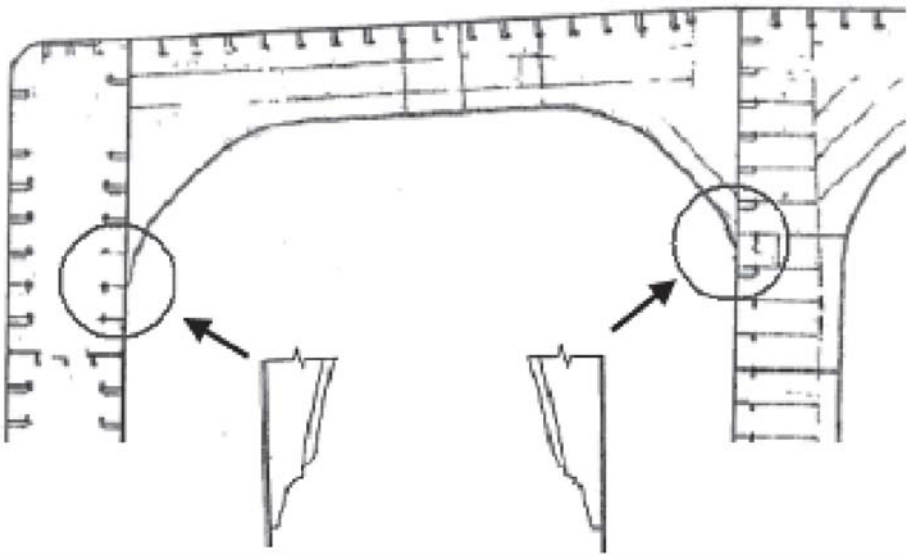


4．根据 CSR 规范，水平桁、垂直桁的高应力部位如下

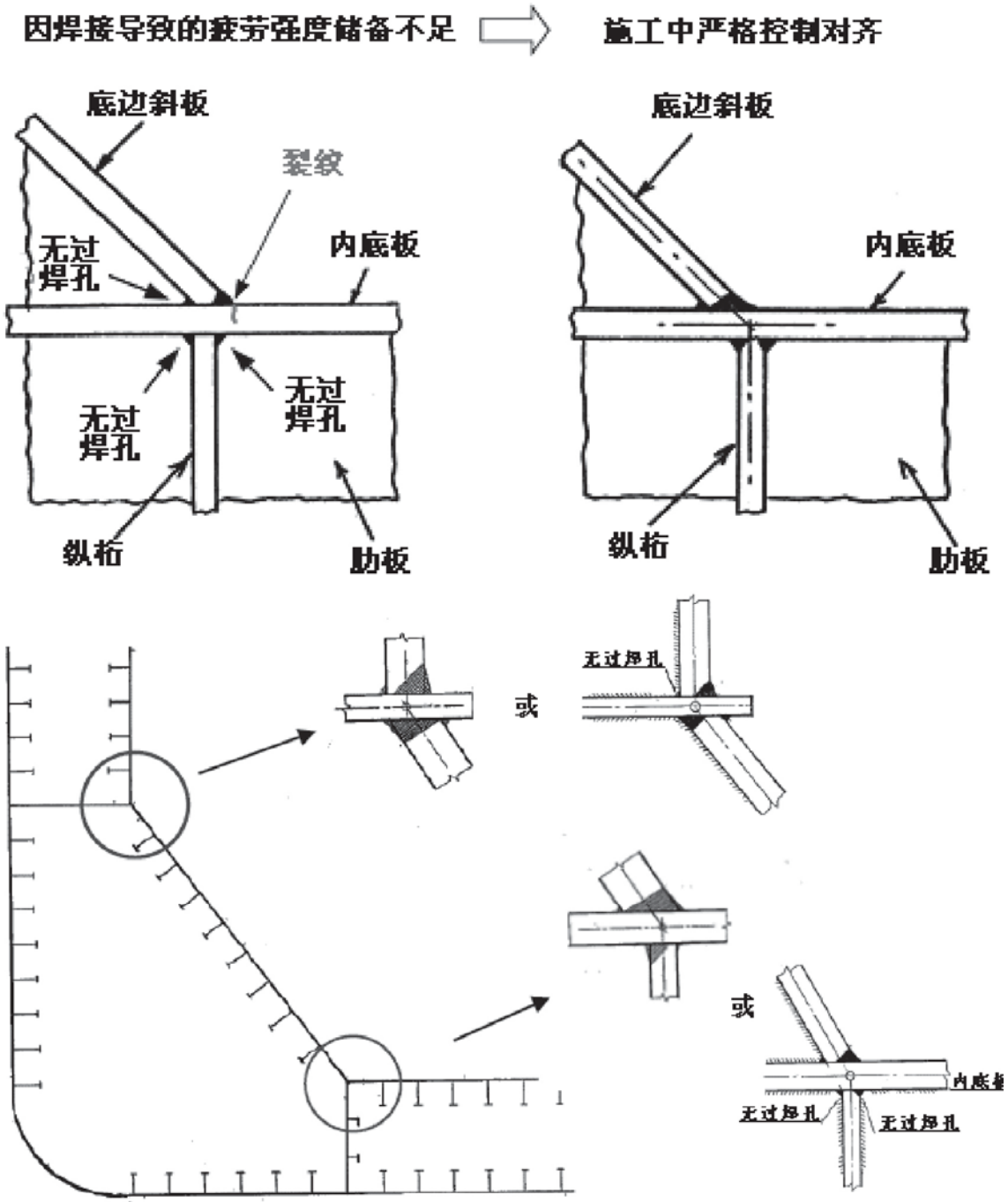


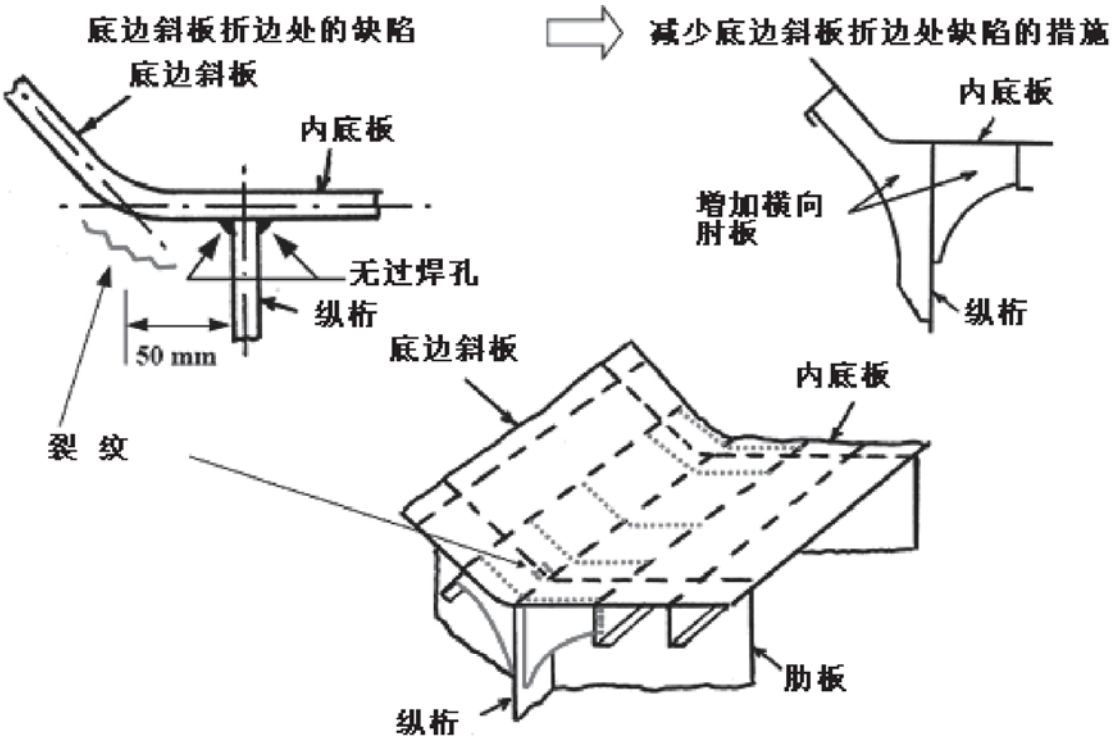


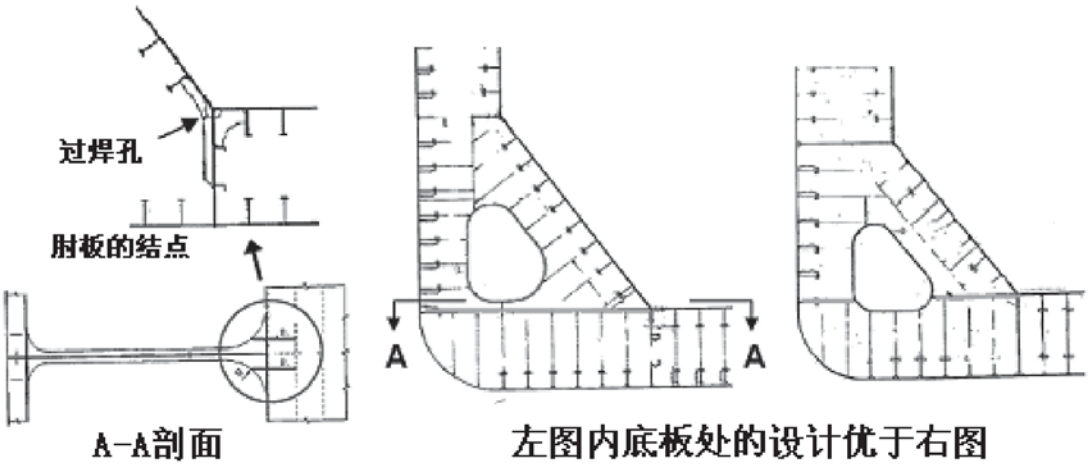


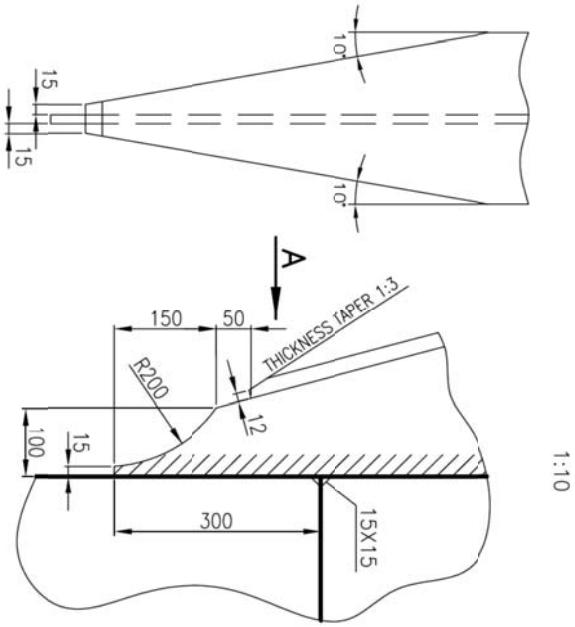


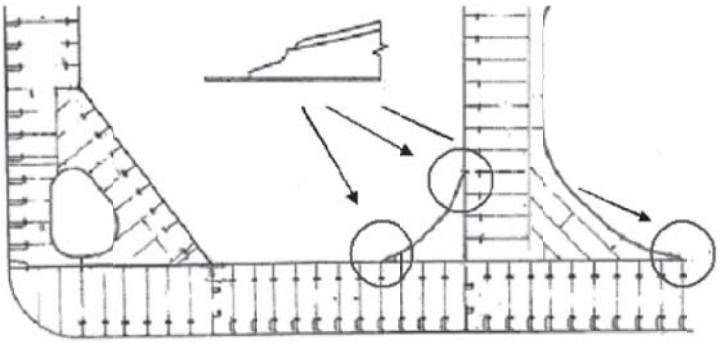
5．底边舱双层底结构的关键结构区域（特别关注结构未对齐区域的检查）



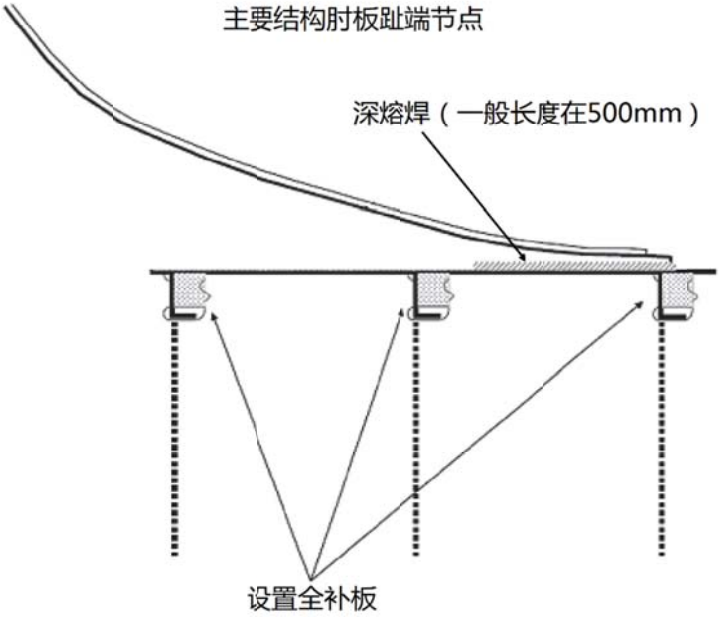

底边斜板折边处的缺陷
底边斜板
内底板
无过焊孔
纵桁
50 mm
裂 纹
减少底边斜板折边处缺陷的措施
内底板
增加横向
肘板
纵桁
底边斜板
内底板
肋板
纵桁

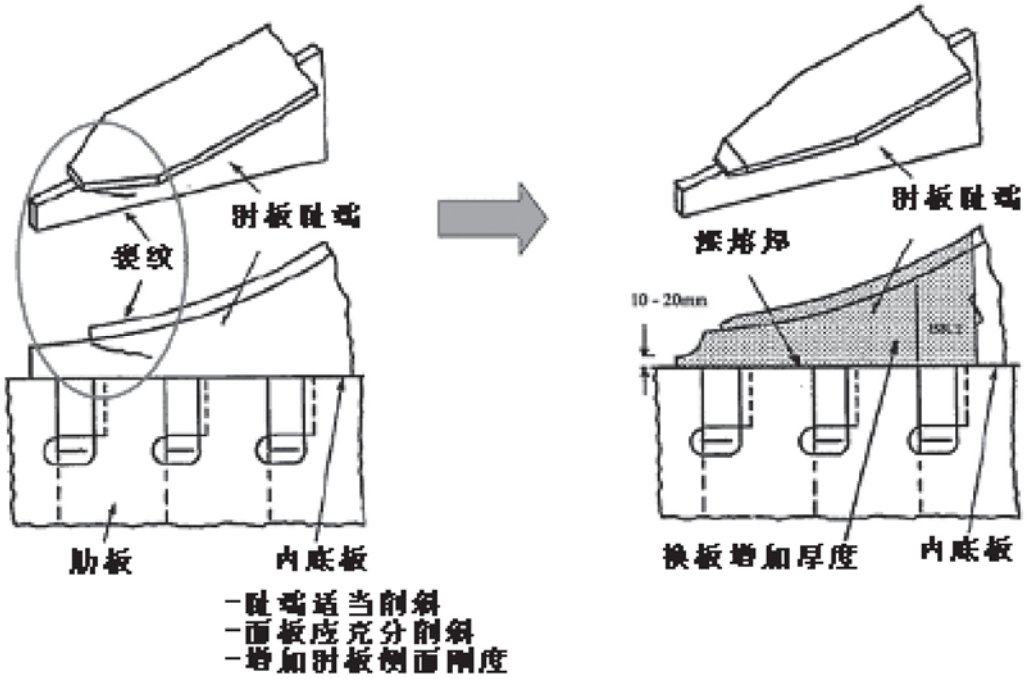

过焊孔
肘板的结点
A
A
A-A剖面
左图内底板处的设计优于右图


15
15
10°
10°
A
150
50
THICKNESS TAPER 1:3
R200
12
100
15
300
15X15
1:10

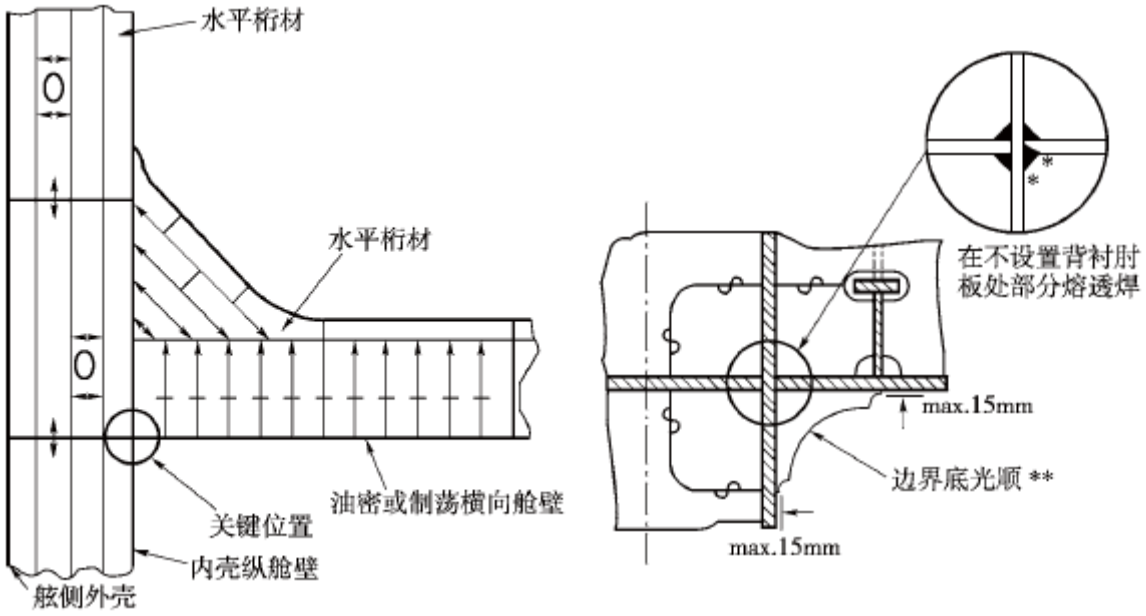


主要结构肘板趾端节点


深熔焊（一般长度在500mm）
设置全补板



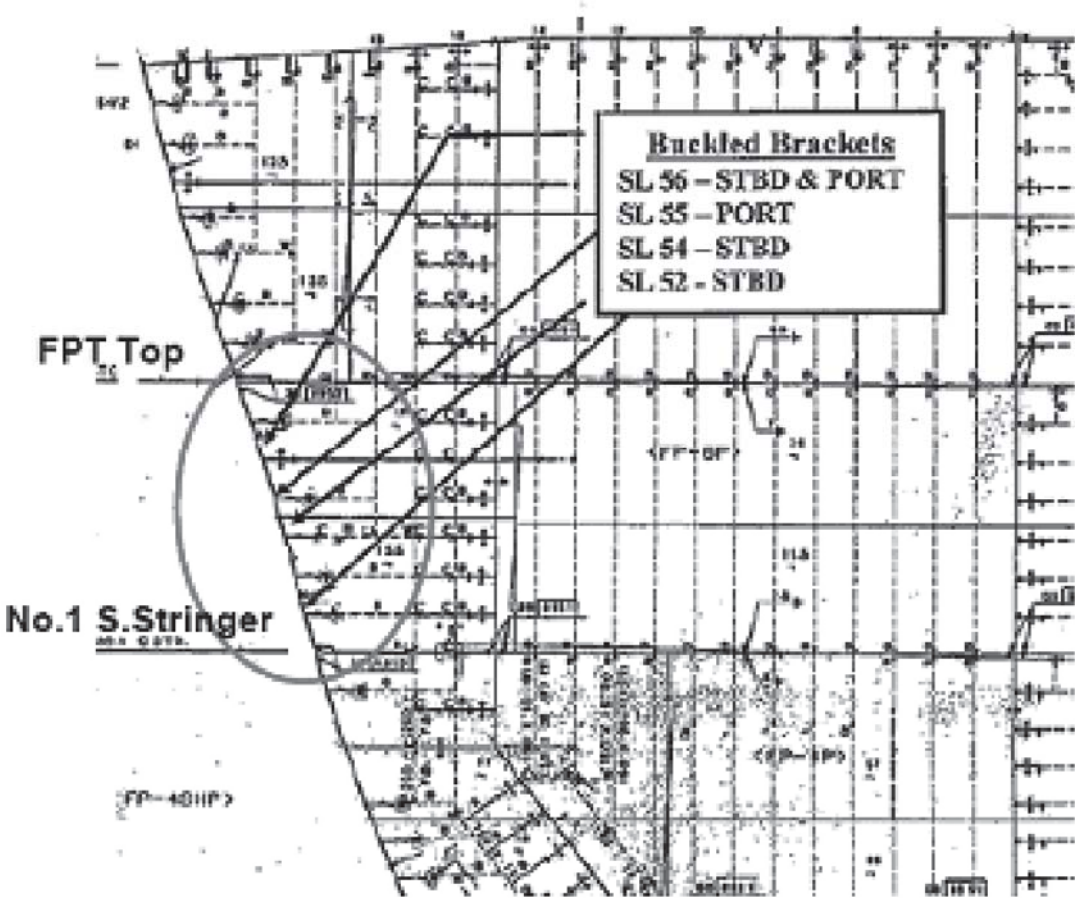
6．横舱壁水平桁材与内壳板连接处的关键结构区域

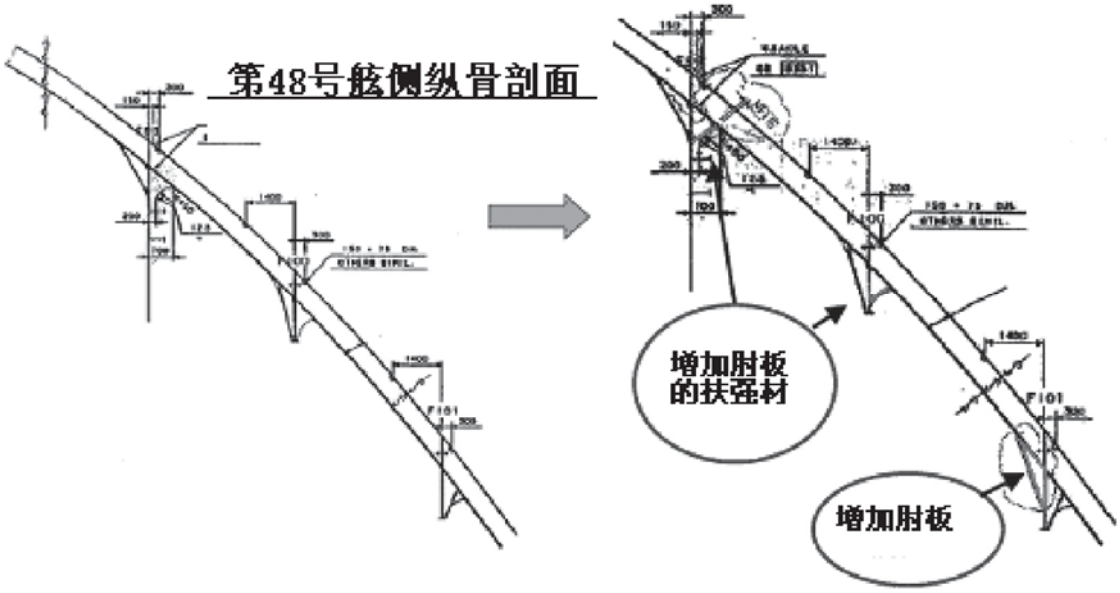


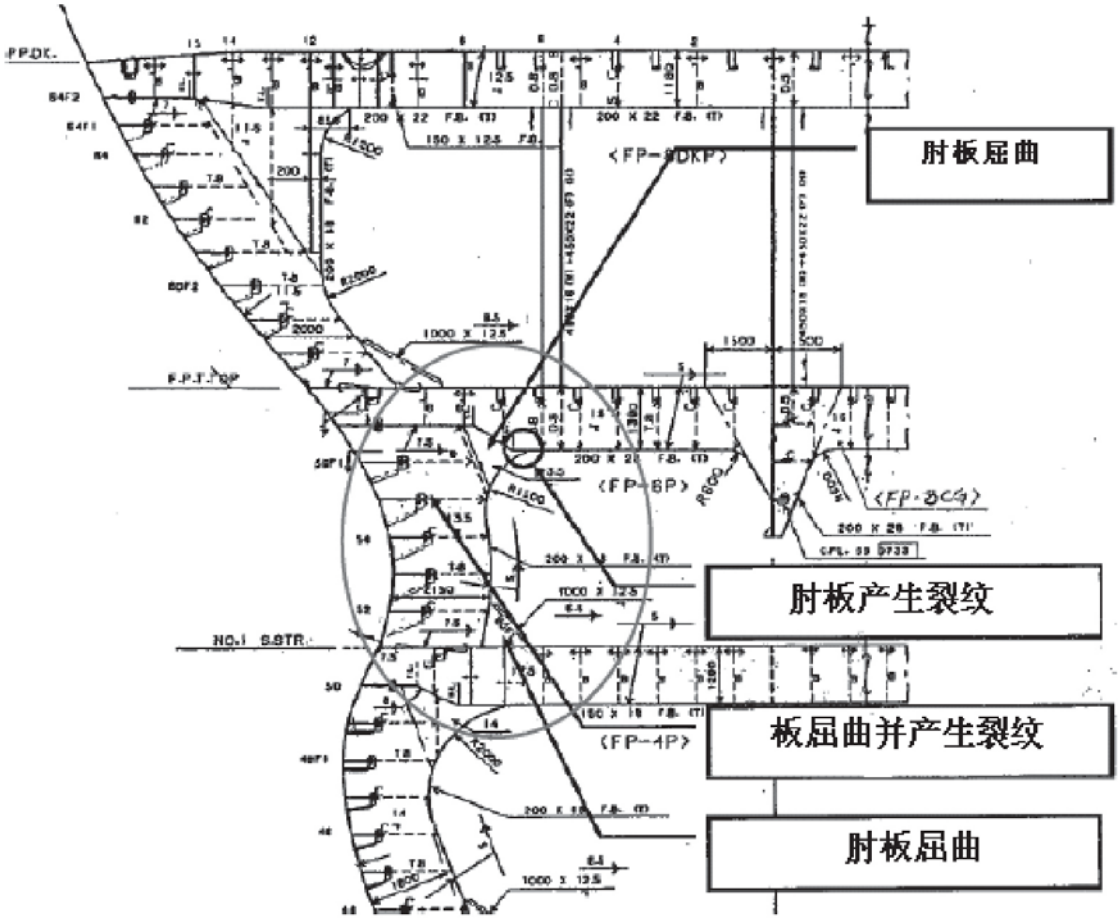
注：*焊趾打磨光顺，未装设肘板处的切口应该移除。

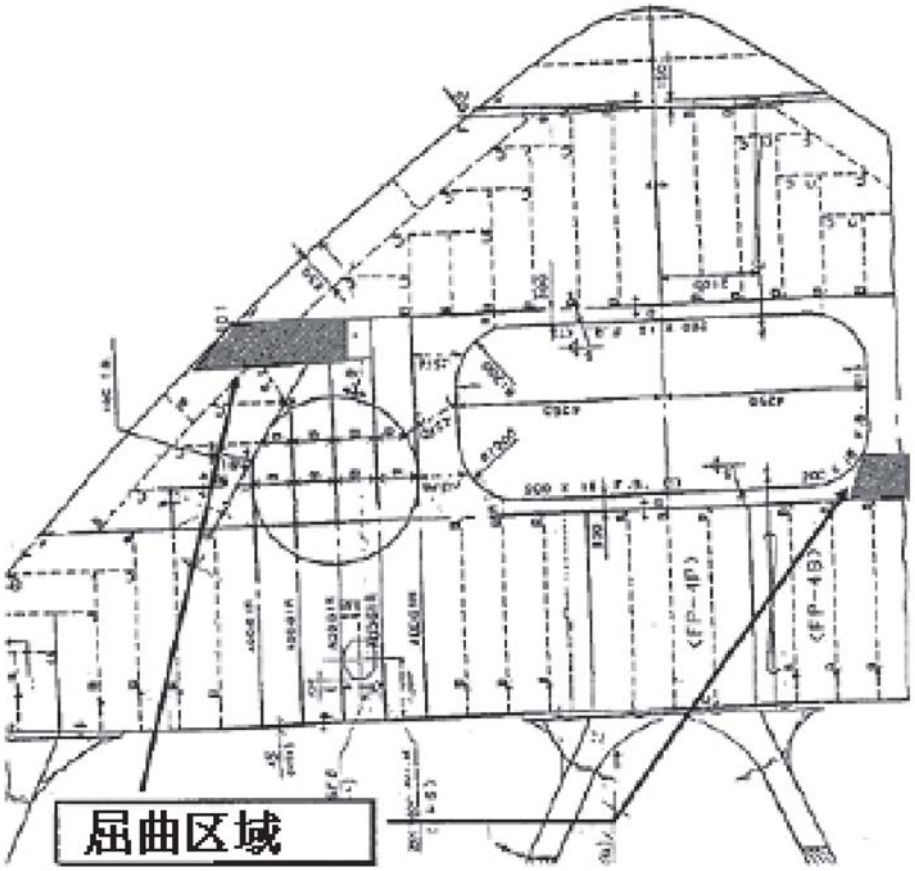
**必须安装面板的地方，建议使用一些设计方式降低面板端部的应力集中（如：削斜和软鼻）

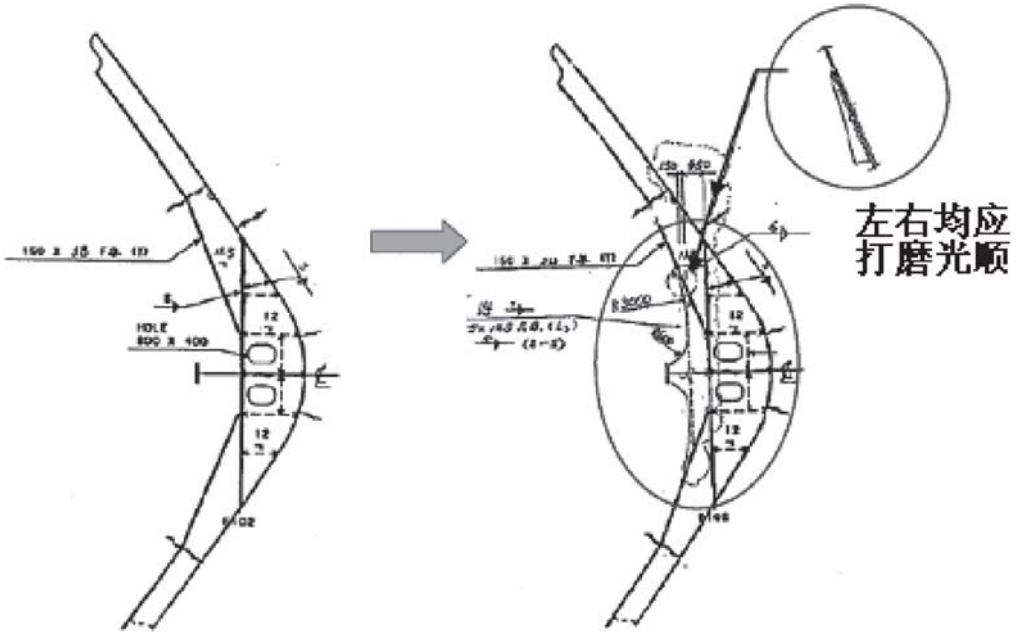
7．船首结构的关键结构区域（轻载水线以上至干舷甲板）






肘板屈曲
肘板产生裂纹
板屈曲并产生裂纹
肘板屈曲


屈曲区域


左右均应
打磨光顺