



中国船级社

# 散装运输液化气体船舶构造与设备规范

**RULES FOR CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF  
SHIPS CARRYING LIQUEFIED GASES IN BULK**

**修改通报**

**AMENDMENTS**

**2022**

2022年7月1日生效

**Effective from 1 July 2022**

北京

**Beijing**

## 目 录

<b>第 2 篇 入级检验和船体结构的补充规定</b> .....	<b>1</b>
第 A2 章 入级与检验.....	1
第 2 节 入级符号与附加标志.....	1
第 3 节 检验.....	3
附录 2 C 型独立液货舱船舶的补充规定.....	9
第 6 节 C 型独立舱区域温度场简化计算及热应力计算和钢级选取.....	9
附录 3 独立液货舱船舶疲劳强度评估的补充规定.....	10
第 4 节 B 型独立液货舱疲劳裂纹扩展评估和泄漏分析.....	10
<b>第 3 篇 国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则</b> .....	<b>20</b>
前言.....	20
第 4 章 货物围护.....	21
第 5 章 处理用受压容器及液体、蒸气和压力管系.....	24
第 6 章 构造材料和质量控制.....	26
第 13 章 仪表和自动化系统.....	33
第 16 章 用货物作燃料.....	35
第 17 章 特殊要求.....	36
第 18 章 操作要求.....	37
附录 1 非金属材料.....	39

## 第 2 篇 入级检验和船体结构的补充规定

### 第 A2 章 入级与检验

#### 第 2 节 入级符号与附加标志

##### A2.2.2 附加标志

A2.2.2.4 散装运输液化气体船的船舶类型附加标志、货物与装载特性附加标志如下，按 CCS 《钢质海船入级规范》第 1 篇第 2 章附录 1 的标识原则授予：

(1) 船舶类型附加标志，~~按船型、防漏保护和舱型的次序构成，之间以逗号分隔。~~

##### ① 船型

##### ④ (a) 液化气体运输船 Liquefied Gas Carrier

对于主要载运本规范第 3 篇第 19 章所列货品中某一个或几个货品的船舶，可在“Liquefied Gas Carrier”后加注“for+货品名称”，货品名称见本规范第 3 篇第 19 章最低要求一览表中的“a”栏，如：

液化乙烷运输船	Liquefied Gas Carrier for Ethane
液化丁烷、丁烷/丙烷混合物运输船	Liquefied Gas Carrier for Butane, <del>Butane and Propane</del> <u>Butane-propane</u> mixture

⑤ (b) 对专门载运液化天然气的液化气体船舶，可授予以下附加标志：

液化天然气运输船	LNG Carrier
----------	-------------

~~(2) 其他附加标志：~~

##### ② 防漏保护

④ (a) 根据船舶预防货物漏逸的保护程度以及液货舱与船舶外板之间的距离要求，在船型附加标志“~~Liquefied Gas Carrier~~”后分别加注下述附加标志：

1G型	Type 1G
2G型	Type 2G
2PG型	Type 2PG
3G型	Type 3G

⑤ (b) 对于 1986 年 7 月 1 日以前建造的散装运输液化气体船舶，若符合 IMO A.328(IX) 决议案《散装运输液化气体船舶结构与设备规则》(GC 规则)，根据船舶预防货物漏逸的保护程度以及液货舱与船舶外板之间的距离要求，在船型附加标志“~~Liquefied Gas~~

~~Carrier~~后分别加注下述附加标志:

IG型	Type IG
IIG型	Type IIG
IIPG型	Type IIPG
IIIG型	Type IIIG

### ③ 舱型

根据货物围护系统的型式, 在防漏保护后分别加注下述附加标志:

<u>A型独立液货舱</u>	<u>Type A Independent Tank</u>
<u>B型独立液货舱</u>	<u>Type B Independent Tank</u>
<u>C型独立液货舱</u>	<u>Type C Independent Tank</u>
<u>整体液货舱</u>	<u>Integral Tank</u>
<u>薄膜液货舱</u>	<u>Membrane Tank</u>
<u>半薄膜液货舱</u>	<u>Semi-membrane Tank</u>

### (2) 货物与装载特性附加标志

③① 液货舱结构件尺寸的设计按设计最大设计蒸气压力确定, 应加注最大允许蒸气压力限制的附加标志, 如:

最大蒸气压力  $\times\times\times$  MPa Mpa                      Max. Vapour Pressure  $\times\times\times$  MPa

② 液货舱结构件尺寸按设计允许的最大满舱货物密度确定, 应加注最大货物密度的附加标志, 如:

最大货物密度  $\times\times\times$  t/m<sup>3</sup>                      Max. Cargo Density  $\times\times\times$  t/m<sup>3</sup>

注: 对于液化天然气运输船, 最大货物设计密度一般均按0.5 t/m<sup>3</sup>计, 可不标注“最大货物密度”。

④③ 对按核定设计货物温度承运的液货舱, 应加注货物最低货物温度附加标志:

最低货物温度  $\times\times\times$  °C                      Min. Cargo Temperature  $\times\times\times$  °C

⑤ 液货舱结构件尺寸按拟设计的最大货物密度确定, 应加注最大货物密度的附加标志, 如:

最大货物密度  $\times\times\times$  t/m<sup>3</sup>                      Max. Cargo Density  $\times\times\times$  t/m<sup>3</sup>

注: 对于液化天然气运输船, 最大货物设计密度一般均按0.5 t/m<sup>3</sup>计, 故不标注“最大货物密度”。

⑥ 根据货物围护系统的型式, 分别加注附加标志:

<del>A型独立液货舱</del>	<del>Type A Independent Tank</del>
<del>B型独立液货舱</del>	<del>Type B Independent Tank</del>
<del>C型独立液货舱</del>	<del>Type C Independent Tank</del>
<del>整体液货舱</del>	<del>Integral Tank</del>
<del>薄膜液货舱</del>	<del>Membrane Tank</del>

### 第 3 节 检验

#### A2.3.2 建造后检验

##### A2.3.2.2 年度检验

(1) 应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章 5.4.2、5.6.2、5.9.2、5.10.2 和 5.16.2 的适用要求；

- ~~(2) 确认所有为破损残存条件下的特殊布置处于满意状态；~~
- ~~(3) 适用时，按批准文件规定的试验、检验和维修要求（如有），检查货物区域隔离的替代设计和布置；~~
- ~~(4) 确认驾驶室门窗、上层建筑舷窗和窗以及货物区域的甲板室端部均处于满意状态；~~
- ~~(5) 检查货物机器处所和货物压缩机室（包括逃生路线）；~~
- ~~(6) 确认人工操作的 ESD（应急关闭）系统，连同液货泵和气压缩机的自动关闭合格；~~
- ~~(7) 检查液货控制室；~~
- ~~(8) 检查用于液货控制室的气体探测装置以及在那些处所分类为危险区域时，为排除着火源所采取的措施；~~
- ~~(9) 确认空气闸布置得到适当维护；~~
- ~~(10) 尽可能检查舱底水、压载和燃油布置；~~
- ~~(11) 适用时，检查船首或船尾装卸装置。应特别注意电气设备、消防设备以及货物控制室和岸上之间的通讯设施；~~
- ~~(12) 确认气穹上的密封装置合格；~~
- ~~(13) 确认手提式或固定式滴盘或甲板液货漏泄绝缘装置合格；~~
- ~~(14) 检查液货和处理管系，包括膨胀装置、与船体结构的绝热、压力释放和泄放装置以及水幕保护（如适用）；~~
- ~~(15) 确认液货舱以及屏壁间处所的压力和释放阀，包括安全系统和报警装置合格；~~
- ~~(16) 确认任何液体和蒸气软管适合于预定的用途，并经过型式认可或标识试验日期；~~
- ~~(17) 检查用于液货压力/温度控制的装置，包括热氧化系统和所有制冷系统（如设置）并确认所有相关安全措施和报警装置合格；~~
- ~~(18) 尽可能检查货物、燃料、压载和透气管系统，包括压力释放阀（PRV）、真空释放阀、透气管桅和防护屏，并确认压力释放阀（PRV）已经型式认可或标有检验日期；~~
- ~~(19) 确认已进行安排载运足够的惰性气体以补偿正常损耗，且已配备用于舱室监控的装置；~~
- ~~(20) 通过检查惰性气体使用记录确认惰性气体使用的增加未超出用以补偿正常损耗所需的量；~~

- ~~-(21) 确认所有空气干燥系统以及屏壁间和货舱处所的驱气用惰性气体系统合格；-~~
- ~~-(22) 确认危险区域内的电气设备处于良好状态并得到了适当保养；-~~
- ~~-(23) 检查防火和灭火装置，并对一台主消防泵进行遥控起动试验；-~~
- ~~-(24) 检查围蔽货物机器处所和货物区域内围蔽货物电动机室的固定式灭火系统，并确认其操作方式已清楚地标明；-~~
- ~~-(25) 检查用于冷却、消防和船员防护的水雾系统，并确认其操作方式已清楚地标明；-~~
- ~~-(26) 检查用于货物区域的化学干粉灭火系统，并确认其操作方式已清楚地标明；-~~
- ~~-(27) 检查专门载运有限数量货物的船舶的围蔽货物机器处所的适当灭火系统和转塔舱的内部水雾系统，并确认其操作方式已清楚地标明；-~~
- ~~-(28) 尽可能检查在装卸操作时，通常需进入的货物区域的处所的机械通风装置，并确认其操作合格；-~~
- ~~-(29) 检查除上述 (28) 所述处所之外的，通常需进入的处所的机械通风装置，并确认其操作合格；-~~
- ~~-(30) 检查液位指示器、溢流控制、压力计、高压以及 (如适用时) 低压报警装置和液货舱的温度指示装置，并在适当时尽可能进行测试；-~~
- ~~-(31) 检查气体探测设备，并在适当时对其进行测试；-~~
- ~~-(32) 货物记录簿记录有货物相溶性，货物操作的正确性，每天货物进行液化时间或货物蒸发率；-~~
- ~~-(33) 所有可接近的气密舱壁的穿透部位包括气密轴封应进行外观检查；-~~
- ~~-(34) 驾驶室门、窗的气密性；所有要求为固定式 (非开启型) 的窗和舷窗的气密性；所有空气进口和起居处所、服务处所、机器处所、控制站的开口以及面向货物区域或首尾装卸货物装置的上层建筑和甲板舱室的认可的进口的关闭设施；-~~
- ~~-(35) 货物操作系统：在货物操作期间对货物操作管系和机械装置，如货物管系、货物处理管系、热交换器、蒸发器、货泵、压缩机和货物软管等进行目视检查。-~~
- ~~-(36) 货物围护透气系统：-~~

液货舱、屏壁间处所和货舱处所的透气系统包括防火网进行总体上目视检查，确认液货舱的压力释放阀已铅封，船上备有压力释放阀开启和关闭压力的证明文件。-
- ~~-(37) 仪表和安全系统：-~~
  - ~~① 货物装置的仪表包括压力表、温度表和液位指示器确认其处于良好工作状态；-~~
  - ~~② 检查航海日志以确认应急切断装置已进行过试验。-~~
- ~~-(38) 货物围护系统的环境控制：-~~
  - ~~① 确认惰性气体/干燥空气装置，包括防止货物蒸气回流至气体安全处所的装置处于满意的工作状态；-~~

~~② 对于薄膜液舱货物围护系统，应确认用于绝热层惰化以及屏壁间处所的氮气控制系统处于正常状况。~~

~~(39) 其他：~~

~~① 确认货物管路与船体电气接地；~~

~~② 尽可能目视检查甲烷蒸气燃烧装置，确认仪表和安全系统处于良好工作状态，确认货物操作计划、充装极限、制冷程序等有关说明和信息资料均在船上；气体危险处所和区域的机械通风机应进行外观检查。~~

(2) 适用时，确认在规定的单一故障发生时恢复操舵能力所需的装置保持良好状态；

(3) 检查液货舱开口，包括填料、盖、围板和隔板；

(4) 检查液货舱压力/真空阀和防止火焰通过的装置；

(5) 尽可能检查所有燃料舱、含油压载水舱和含油污水舱柜以及留空处所的透气管上防止火焰通过的装置；

(6) 检查液货舱的透气、驱气、除气和其他通风系统；

(7) 检查甲板上和货泵舱内的液货系统、液货舱洗舱系统、压载系统和扫舱系统以及甲板上的燃油加油系统；

(8) 确认危险区内所有电气设备都适合于该处所，处于良好状态并得到妥善维护保养；

(9) 确认在货泵舱内或其附近的潜在着火源，诸如松动部件、可燃材料等，均已消除，无不当的渗漏迹象且通道梯处于良好状态；

(10) 检查所有泵舱舱壁有无渗油迹象或裂缝，特别是货泵舱舱壁所有贯穿件的密封装置；

(11) 尽可能检查货泵、舱底泵、压载泵和扫舱泵的压盖密封是否有不当渗漏，验证电动和机械遥控操作及关闭装置的正常运行和货泵舱舱底排水系统的运行，并核查泵底座的完整性；

(12) 确认泵舱通风系统运行正常、导管完整，挡板运行正常及挡屏清洁；

(13) 验证在货物卸载管路上安装的压力表和液位指示器系统运行正常；

(14) 检查通往船首通道的布置；

(15) 检查不小于 20,000 载重吨的液货船应急拖带装置；

(16) 适用时，确认专用压载水舱内设置的防腐系统得到维护；

(17) 检查 2002 年 7 月 1 日以后建造的液货船的所有货泵舱内的应急照明；

(18) 确认所有为破损残存条件下的特殊布置处于满意状态；

(19) 适用时，按批准文件规定的试验、检验和维修要求（如有），检查货物区域隔离的替代设计和布置；

(20) 确认驾驶室门窗、上层建筑舷窗和窗以及货物区域的甲板室端部均处于满意状态；

(21) 检查货物机器处所和货物压缩机室（包括逃生路线）；

(22) 确认人工操作的 ESD（应急关闭）系统，连同液货泵和货物压缩机的自动关闭合格；

- (23) 检查液货控制室；
- (24) 检查用于液货控制室的气体探测装置以及在那些处所分类为危险区域时，为排除着火源所采取的措施；
- (25) 确认空气闸布置得到适当维护；
- (26) 尽可能检查舱底水、压载和燃油布置；
- (27) 适用时，检查船首或船尾装卸装置。应特别注意电气设备、消防设备以及货物控制室和岸上之间的通讯设施；
- (28) 确认气穹上的密封装置合格；
- (29) 确认手提式或固定式滴盘或甲板液货漏泄绝缘装置合格；
- (30) 检查液货和处理管系，包括膨胀装置、与船体结构的绝热、压力释放和泄放装置以及水幕保护（如适用）；
- (31) 确认液货舱以及屏壁间处所的压力和释放阀，包括安全系统和报警装置合格；
- (32) 确认任何液体和蒸气软管适合于预定的用途，并经过型式认可或标识试验日期；
- (33) 检查用于液货压力/温度控制的装置，包括热氧化系统和所有制冷系统（如设置）并确认所有相关安全措施和报警装置合格；
- (34) 尽可能检查货物、燃料、压载和透气管系统，包括压力释放阀（PRV）、真空释放阀、透气管桅和防护屏，并确认压力释放阀（PRV）已经型式认可或标有检验日期；
- (35) 确认已进行安排载运足够的惰性气体以补偿正常损耗，且已配备用于舱室监控的装置；
- (36) 通过检查惰性气体使用记录确认惰性气体使用的增加未超出用以补偿正常损耗所需的量；
- (37) 确认所有空气干燥系统以及屏壁间和货舱处所的驱气用惰性气体系统合格；
- (38) 确认 A2.3.2.2（8）中的要求；
- (39) 检查防火和灭火装置，并对一台主消防泵进行遥控起动试验；
- (40) 检查围蔽货物机器处所和货物区域内围蔽货物电动机室的固定式灭火系统，并确认其操作方式已清楚地标明；
- (41) 检查用于冷却、消防和船员防护的水雾系统，并确认其操作方式已清楚地标明；
- (42) 检查用于货物区域的化学干粉灭火系统，并确认其操作方式已清楚地标明；
- (43) 检查专门载运有限数量货物的船舶的围蔽货物机器处所的适当灭火系统和转塔舱的内部水雾系统，并确认其操作方式已清楚地标明；
- (44) 尽可能检查在装卸操作时，通常需进入的货物区域的处所的机械通风装置，并确认其操作合格；
- (45) 检查除上述（44）所述处所之外的，通常需进入的处所的机械通风装置，并确认其操作合格；
- (46) 检查液位指示器、溢流控制、压力计、高压以及（如适用时）低压报警装置和液货舱的

温度指示装置，并在适当时尽可能进行测试；

(47) 检查气体探测设备，并在适当时对其进行测试；

(48) 应检查日志确保货物维护系统和货物驳运与处理系统正常运行，还需要考虑每天货物进行再液化时间或货物蒸发率；

(49) 所有可接近的气密舱壁的穿透部位包括气密轴封应进行外观检查；

(50) 驾驶室门、窗的气密性；所有要求为固定式（非开启型）的窗和舷窗的气密性；所有空气进口和起居处所、服务处所、机器处所、控制站的开口以及面向货物区域或首尾装卸货物装置的上层建筑和甲板舱室的认可的进口的关闭设施；

(51) 货物装卸系统：在货物操作期间对货物装卸管系和机械装置，如货物管系、货物处理管系、热交换器、蒸发器、货泵、压缩机和货物软管等进行目视检查。

(52) 货物围护透气系统：

液货舱、屏壁间处所和货舱处所的透气系统包括防火网进行总体上目视检查，确认液货舱的压力释放阀已铅封，船上备有压力释放阀开启和关闭压力的证明文件。

(53) 仪表和安全系统：

① 货物装置的仪表包括压力表、温度表和液位指示器确认其处于良好工作状态；

② 检查航海日志以确认应急切断装置已进行过试验。

(54) 货物围护系统的环境控制：

① 确认惰性气体/干燥空气装置，包括防止货物蒸气回流至气体安全处所的装置处于满意的工作状态；

② 对于薄膜液舱货物围护系统，应确认用于绝热层惰化以及屏壁间处所的氮气控制系统处于正常状况。

(55) 其他：

① 确认货物管路与船体电气接地；

② 尽可能目视检查甲烷蒸气燃烧装置，确认仪表和安全系统处于良好工作状态；

③ 确认相关的说明和信息资料，如货物装卸图、加注限制信息、冷却程序等均在船上；

④ 在气体危险的处所和区域的机械通风机要目视检查。

#### A2.3.2.3 中间检验

(1) CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 5 章 5.4.3、5.6.3、5.9.3、5.10.3 和 5.16.3 的适用规定；

(2) 本节 A2.3.2.2 (2) 至 ~~(38)~~ (55) 项目；

(3) 如适用时，确认管路和独立液货舱与船体电气接地；

(4) 总体检查危险区域内诸如货物机器处所以及邻近液货舱区域的电气设备和电缆，以检查设备、装置和线路的缺陷；应测试电路的绝缘电阻，在保持合适的试验记录情况下，可考虑接受最近的测试读数；

- 
- (5) 确认用于钢结构的加热装置（如有时）合格；
- (6) 仪表和安全系统。
- ① 货物装置关于压力、温度和液位的仪表应进行目视检查，并应通过改变压力、温度和液位来进行对比试验。可接受无法接近的传感器或位于液货舱或惰化货舱内的传感器进行模拟试验。此试验还应包括对报警和安全功能的试验；
  - ② 气体探测系统的管路的腐蚀和损坏情况应尽可能地进行目视检查，应对吸入点与分析装置之间的管路的完整性尽可能地进行验证，气体探测器应用样气进行校准或验证；
  - ③ 应急切断系统应对管路内没有液流的情况进行试验，以验证该系统将能够停止货泵和压缩机。
- (7) 电气设备：危险处所和区域的电气设备应尽实际可能地进行下列检验：
- ① 接地保护（接地点检查）；
  - ② 隔爆外壳完整性；
  - ③ 电缆外护套损坏情况；
  - ④ 正压型设备和相关报警设备的功能试验；
  - ⑤ 空气闸保护处所（例如电动机室，货物控制站等）内的非合格防爆型电气设备电源切断系统试验；
  - ⑥ 绝缘电阻测量。
- (8) 其他：
- 以货物为燃料的安全系统和仪表应进行检查。

## 附录2 C型独立液货舱船舶的补充规定

### 第6节 C型独立舱区域温度场简化计算及热应力计算和钢级选取

#### 6.6 钢级的选取

6.6.4 在选取钢级时，不同环境工况的应用范围根据表 6.6.4 确定。

选取钢级的应用范围

表 6.6.4

	IGC	<del>USCG</del> <del>(除阿拉斯加海域)</del>	<del>USCG</del> <del>(阿拉斯加海域)</del>	最高 <del>环境</del> 设计温度 <del>环境</del> (见本规范第3篇第7章7.2)
选取钢级 应用范围	货舱区 全部范围	<del>货舱区内壳 及其相连接构件</del>	<del>货舱区内壳 及其相连接构件</del>	N/A

注：N/A 为不适用。

## 附录3 独立液货舱船舶疲劳强度评估的补充规定

第4节“B型独立舱断裂裂纹扩展评估和泄漏分析”被整节替换：

### 第4节 B型独立液货舱疲劳裂纹扩展评估和泄漏分析

#### 4.1 一般要求

4.1.1 本节要求适用于基于断裂力学的B型独立液货舱疲劳裂纹扩展评估和泄漏分析。疲劳裂纹扩展评估系指对从初始裂纹至扩展到韧带失稳阶段的疲劳裂纹扩展断裂力学分析。泄漏分析系指从可探测到液货泄漏至液货舱结构失效阶段的贯穿裂纹扩展断裂力学分析。

4.1.2 评估时，应选择承受最恶劣舱内动压力工况的液货舱进行疲劳裂纹扩展分析。如舱室结构基本相同，则通常选择最前端的液货舱进行分析。

4.1.3 对B型独立液货舱的疲劳裂纹扩展评估和泄漏分析评估应至少包括以下部位：

(1) 疲劳裂纹扩展评估部位：

- ① 液货舱周界板（舱顶板、舱底板、舱壁板）与内部构件（内部主要构件和扶强材）连接处；
- ② 液货舱周界板与支撑结构连接处；
- ③ 液货舱周界板的其他认为存在风险的区域。

(2) 泄漏分析评估部位：

- ① 液货舱较低位置，如液货舱周界板与支撑结构连接处；
- ② 液货舱较高位置，如液货自由面附近的液货舱周界板处。

4.1.4 按照裂纹扩展的程度，疲劳裂纹扩展与液货泄漏的过程分为以下四个阶段，见图4.1.4：

(1) 初始裂纹扩展（阶段1）：初始裂纹为起始于初始面的半椭圆形表面裂纹（初始裂纹深度 $a_0$ ，初始裂纹长度 $2c_0$ ），沿初始裂纹的深度（板厚）方向和长度方向扩展，直至裂纹深度达到韧带失稳深度 $t_{lig}$ ，此时初始面裂纹长度为 $2c_{ip}$ 。 $t_{lig}$ 基于评估部位材料、载荷和当前裂纹尺寸等因素确定；

(2) 裂纹弹跳突变（阶段2）：裂纹深度由韧带失稳深度 $t_{lig}$ 突变至贯穿板厚 $t$ ，此时初始面的裂纹长度仍为 $2c_{ip}$ ；

(3) 贯穿面裂纹快速扩展至泄漏可探测（阶段3）：贯穿裂纹快速扩展，直至可探测到液货在贯穿面的泄漏，此时初始面的裂纹长度为 $2c_{i0}$ ；

(4) 液货泄漏（阶段4）：贯穿裂纹继续扩展至裂纹长度达到临界状态，结构失效。对于预计剩余失效发展时间，当能通过泄漏探测可靠地探测到泄漏时，应取不少于15天；其余情况按本规范

第 3 篇第 4 章 4.18.2.8 至 4.18.2.9 规定。液货泄漏时等效裂纹的形状取与阶段 2 的贯穿裂纹相同，至预计剩余失效发展时间终点时的初始面裂纹长度为  $2c_{if}$ ，贯穿面裂纹长度为  $2c_{pf}$ 。

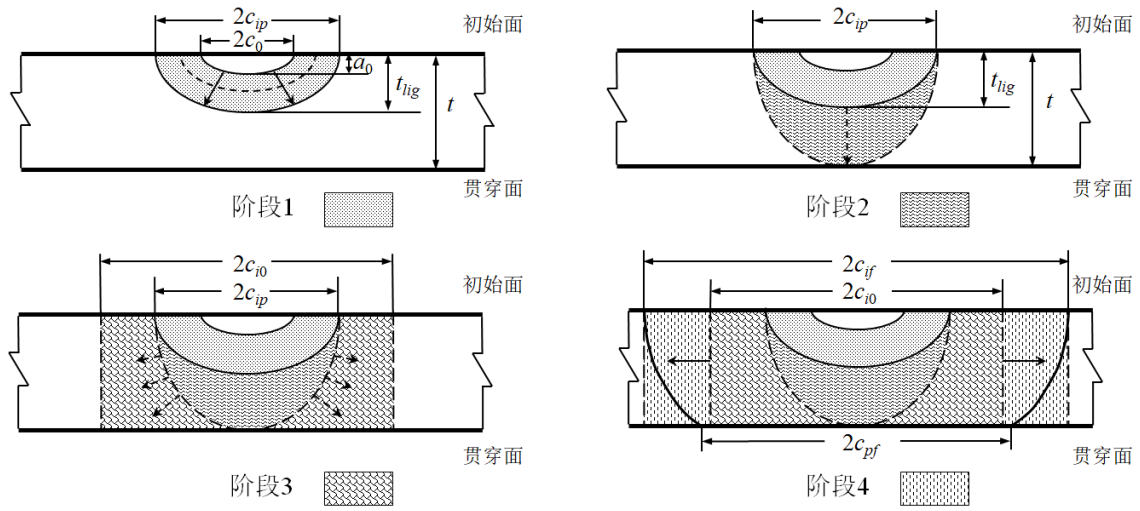
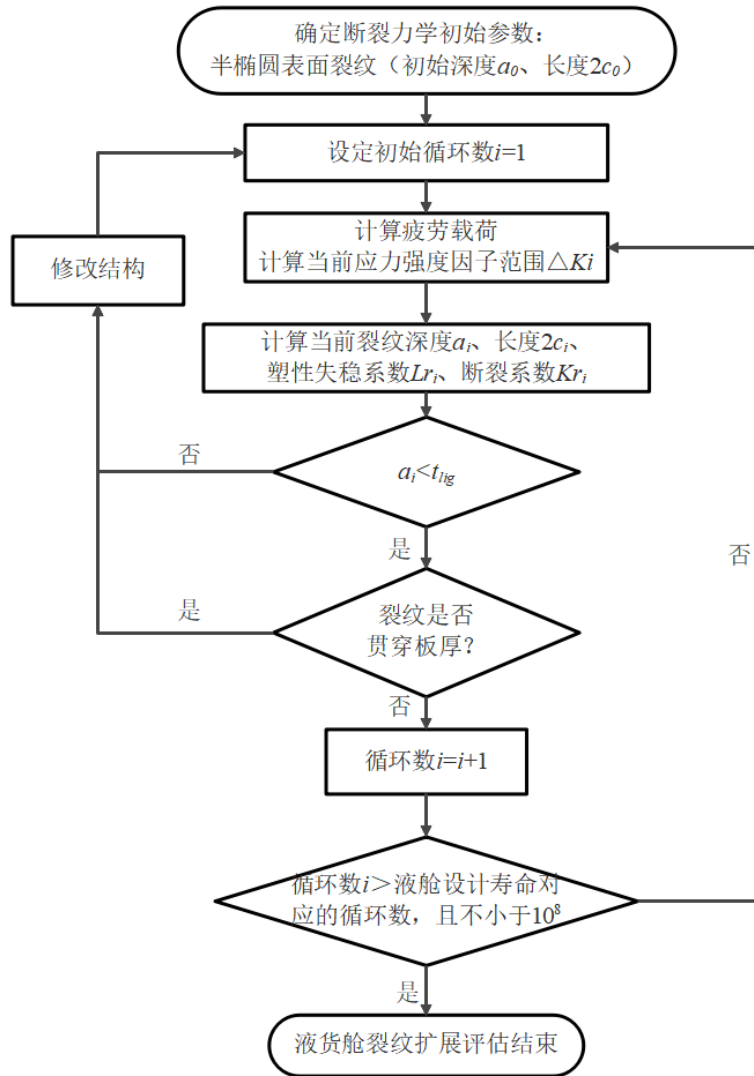


图 4.1.4 疲劳裂纹扩展与液货泄漏的四个阶段

4.1.5 B型独立液货舱设计寿命内疲劳裂纹扩展评估流程图如图 4.1.5 (1) 所示，15 天泄漏分析评估流程图如图 4.1.5 (2) 所示，评估衡准见 4.3.4。



**图 4.1.5 (1) B型独立液货舱设计寿命内疲劳裂纹扩展评估流程图**

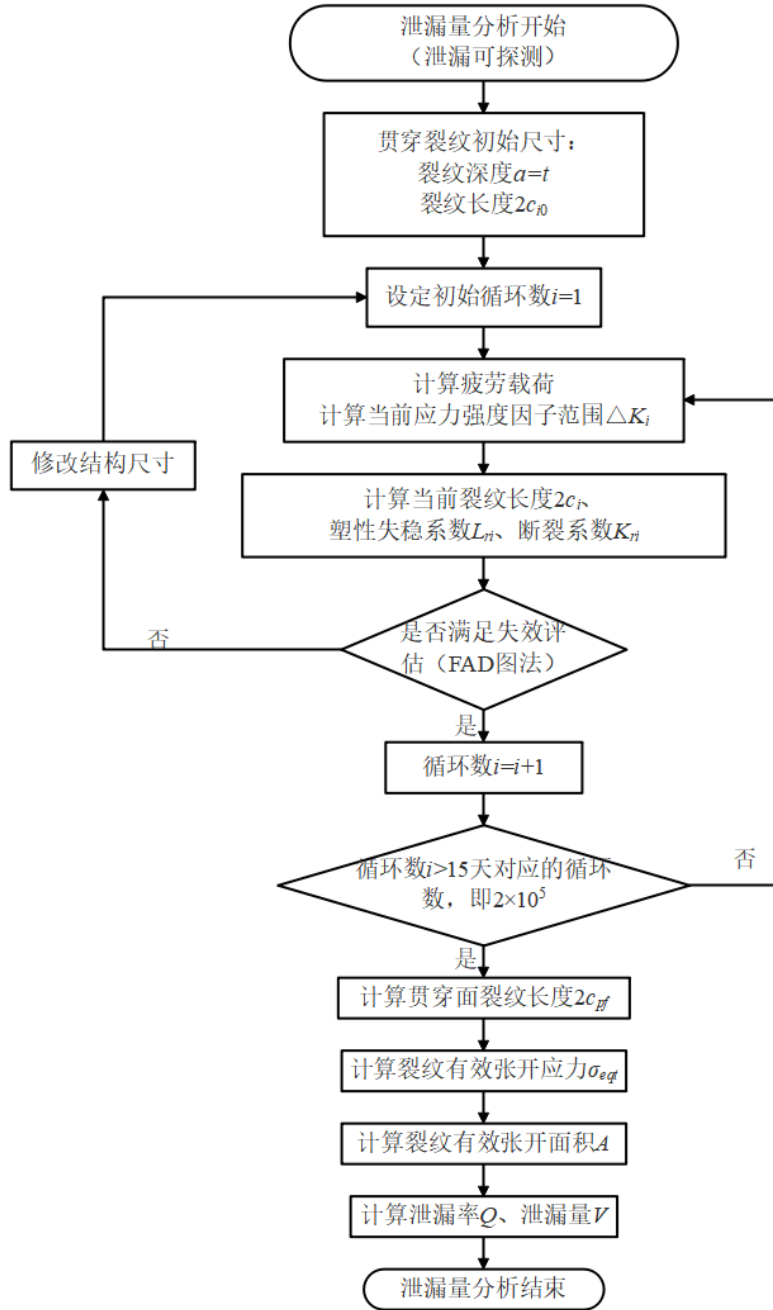


图 4.1.5 (2) B型独立液货舱 15 天泄漏分析评估流程图

## 4.2 应力范围分布

4.2.1 疲劳裂纹扩展分析应取该裂纹所对应热点处的主导载荷工况的应力范围。

4.2.2 疲劳裂纹扩展分析时，采用的载荷谱基于船舶在设计寿命期间北大西洋海浪谱的长期分布，可能遭遇的最大载荷的超越概率水平为  $10^{-8}$ 。

4.2.3 疲劳裂纹扩展应力范围长期分布采用双参数的 Weibull 分布描述，其形状参数取为 1.0，简化应力范围分布关系式为：

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_0} = 1 - \frac{\log_{10} N}{\log_{10} N_0}$$

式中： $\Delta\sigma$ ——用于应力强度因子范围计算的应力范围， $\text{N/mm}^2$ ；

$\Delta\sigma_0$ ——与 $10^{-8}$ 超越概率水平对应的设计应力范围， $\text{N/mm}^2$ ，计算方法见 CCS《船体结构疲劳强度指南》第 3 章 3.3；

$N$ ——对应于应力范围 $\Delta\sigma$ 的循环次数；

$N_0$ ——船舶在营运期间的载荷循环总次数，对于 20 年设计寿命，通常取 $10^8$ 。

4.2.4 15 天泄漏分析对应的载荷循环次数为 $2 \times 10^5$ ，相应的简化应力范围分布关系式为：

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta\sigma_0} = 1 - \frac{\log_{10} N_1}{\log_{10} (2 \times 10^5)}$$

式中： $N_1$ ——对应于应力范围 $\Delta\sigma$ 的循环次数。

### 4.3 疲劳裂纹扩展分析

4.3.1 初始裂纹通常出现在液货舱高应力区域的结构表面，如液货舱填角焊或对接焊的结构表面。初始裂纹尺寸可采用无损检测的方法确定，且应不小于表 4.3.1 所列数值。

初始裂纹尺寸 表 4.3.1

焊接接头型式	初始裂纹深度 $a_0$	初始裂纹长度 $2c_0$
	(mm)	(mm)
填角焊	0.5	5
对接焊	0.5	5

4.3.2 半椭圆表面裂纹在单次载荷循环下的裂纹扩展率，应按下式计算：

沿深度方向的裂纹扩展率： $\frac{da}{dN} = C(\Delta K_a)^m$  mm/次，当  $\Delta K_a > \Delta K_{th}$  时；

$\frac{da}{dN} = 0$  mm/次，当  $\Delta K_a \leq \Delta K_{th}$  时。

沿长度方向的裂纹扩展率： $\frac{dc}{dN} = C(\Delta K_c)^m$  mm/次，当  $\Delta K_c > \Delta K_{th}$  时；

$\frac{dc}{dN} = 0$  mm/次，当  $\Delta K_c \leq \Delta K_{th}$  时。

式中： $a$ ——半椭圆表面裂纹的深度，mm；

$c$ ——半椭圆表面裂纹的半长，mm；

$N$ ——应力循环次数；

$C$ ——裂纹扩展系数，如无确切值时，按表4.3.2选取；

$m$ ——裂纹扩展指数，一般为常数，如无确切值时，按表4.3.2选取；

$\Delta K$ ——应力强度因子范围， $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ，按下式计算：

$$\Delta K = K_{\max} - K_{\min}$$

$K$ ——应力强度因子， $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ，一般按下式计算：

$$K = Y\sigma\sqrt{\pi a}$$

$Y$ ——与裂纹类型、尺寸以及结构几何相关，可根据BS 7910“金属结构缺陷可接受性评估方法指南”（2005）（简称BS 7910）计算，当BS 7910中无相同或相似的接头型式时，可采用数值计算方法获得，并且计算资料应提交CCS备查；

$\sigma$ ——裂纹处的应力，MPa；

$\Delta K_a$ 、 $\Delta K_c$ ——半椭圆表面裂纹最深点处、表面点处的应力强度因子范围， $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ；

$\Delta K_{th}$ ——裂纹扩展门槛值， $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ，如无确切值时，按表4.3.2选取。

常见材料的断裂力学常数

表 4.3.2

材 料	$m$	$C$	$\Delta K_{th}$ ( $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ )
不锈钢	3.0	$1.19 \times 10^{-11}$	2.0
9%镍合金	3.0	$5.14 \times 10^{-12}$	2.0
铝合金	3.0	$2.03 \times 10^{-10}$	0.7

注：如液货舱不用上述材料时，断裂力学参数可由试验确定，相关资料提交CCS。

4.3.3 贯穿裂纹在单次载荷循环下的裂纹扩展率，应按下式计算：

$$\frac{dc}{dN} = C(\Delta K_c)^m \quad \text{mm/次, 当 } \Delta K_c > \Delta K_{th} \text{ 时}$$

$$\frac{dc}{dN} = 0 \quad \text{mm/次, 当 } \Delta K_c \leq \Delta K_{th} \text{ 时}$$

式中： $\Delta K_c$ ——贯穿裂纹应力强度因子范围， $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ；

$c$ ——贯穿裂纹半长，mm；

其余符号见4.3.2。

4.3.4 裂纹扩展的断裂力学分析衡准采用失效评估图法，简称FAD图法，其中失效评估曲线采用BS 7910规定的方法2A。该方法用于考察含平面型缺陷结构从脆性断裂直至塑性失稳阶段的所有可能破坏行为，可同时考虑断裂韧度和塑性失效抗力对缺陷结构安全评定的影响，步骤如下：

(1) 根据裂纹面上的应力分布或估算公式计算膜应力和弯曲应力；

(2) 确定材料的断裂韧度  $K_{mat}$  和标定的室温下屈服应力下限值  $R_e$ ;

(3) 确定裂纹类型及裂纹尺寸参数;

(4) 计算裂纹参考应力  $\sigma_{ref}$  和应力强度因子  $K$ ，并进一步计算得到裂纹的塑性失稳系数  $L_r$  值和断裂系数  $K_r$  值;

(5) 在 FAD 图中画出评估点，并根据评估点位置进行结构安全评定。示例的 FAD 图如图 4.3.4 所示，仅当评估点位于失效评估曲线和坐标轴围成的范围内时，结构安全。

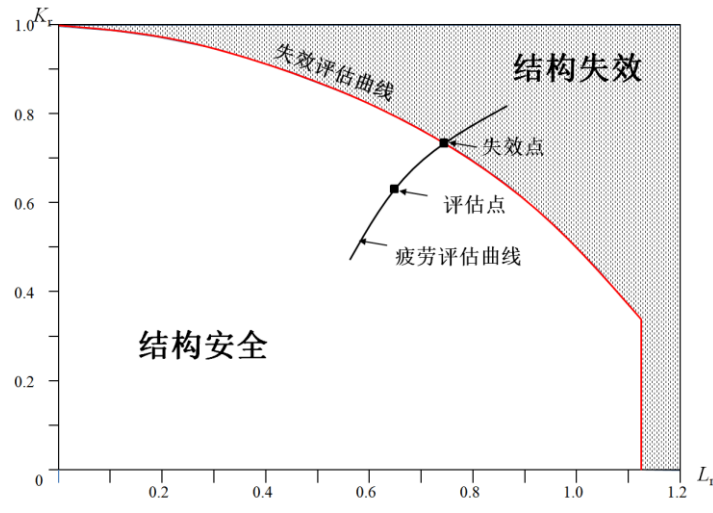


图 4.3.4 典型失效评估图 (FAD 图)

塑性失稳系数  $L_r$  按下式计算:

$$L_r = \frac{\sigma_{ref}}{R_e}$$

式中:  $\sigma_{ref}$  —— FAD 图中当发生结构塑性破坏时的参考应力,  $N/mm^2$ ;

$R_e$  —— 标定的室温下屈服应力下限值,  $N/mm^2$ , 见本规范第 3 篇第 4 章 4.18.1.3。

疲劳裂纹扩展的断裂系数  $K_r$  按下式计算:

$$K_r = \frac{K}{K_{mat}}$$

式中:  $K$  —— 应力强度因子,  $MPa\sqrt{m}$ , 见 4.3;

$K_{mat}$  —— 材料断裂韧度,  $MPa\sqrt{m}$ , 可取材料的平面应变断裂韧度  $K_{IC}$ 。

失效评估曲线应按下式计算:

$$K_r = (1 - 0.14L_r^2) \left[ 0.3 + 0.7 \exp(-0.65L_r^6) \right], \quad \text{当 } L_r \leq L_{r\max} \text{ 时};$$

$$K_r = 0, \quad \text{当 } L_r > L_{r\max} \text{ 时}.$$

式中:  $L_{r\max}$  ——最大塑性失稳系数, 按下式计算:

$$L_{r\max} = \frac{R_e + R_m}{2R_e}$$

$R_e$ ,  $R_m$  ——见本规范第 3 篇第 4 章 4.18.1.3。

4.3.5 液货舱在设计寿命期间内 (20 年对应不小于  $10^8$  次载荷循环) 裂纹尺寸, 应满足以下衡准:

$$\underline{a} < \underline{t_{lig}} \quad \underline{\text{且}}$$

$$\underline{a} < \underline{t}$$

式中:  $a$  ——设计寿命内的半椭圆表面裂纹深度, mm, 见 4.3.2;

$t_{lig}$  ——韧带失稳时裂纹深度, 根据 FAD 图法计算, mm, 见 4.3.4;

$t$  ——裂纹所在位置处的板厚, mm。

#### 4.4 15 天泄漏分析

4.4.1 泄漏分析的初始裂纹尺寸由疲劳裂纹扩展评估确定。初始面的裂纹长度  $2c_{i0}$  为形成贯穿裂纹滑移后的长度, 按下式计算:

$$2c_{i0} = 2c_{ip} + t \quad \text{mm}$$

式中:  $c_{ip}$  ——半椭圆裂纹韧带失稳时在初始面的半长, mm, 见 4.3.2;

$t$  ——板厚, mm。

4.4.2 15 天后初始面裂纹最终长度  $2c_{if}$  由贯穿裂纹扩展断裂力学分析确定, 载荷谱见 4.2.4。

4.4.3 15 天后贯穿面的裂纹半长  $c_{pf}$ , 按下式计算:

$$c_{pf} = \sqrt{c_{if}^2 - \left( \frac{c_{ip}}{t_{lig}} \right)^2 t^2} \quad \text{mm}$$

式中:  $c_{if}$  ——15 天后贯穿裂纹在初始面的半长, mm, 见 4.3.3;

$c_{ip}$  ——半椭圆裂纹韧带失稳时在初始面的半长, mm, 见 4.3.2;

$t_{lig}$  ——半椭圆裂纹韧带失稳时的深度, mm, 偏于安全, 此处计算时可取为  $t$ ;

$t$  ——板厚, mm。

**4.4.4 裂纹有效张开应力  $\sigma_{eqt}$  按下式计算：**

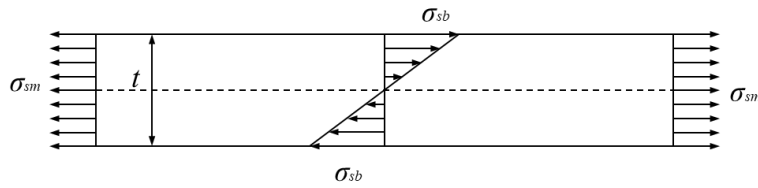
$$\sigma_{eqt} = \sigma_{sm} + \frac{\sigma_{dm} - \sigma_{sm}}{2} + \frac{\sigma_{db}}{3} \quad \text{MPa, 当 } \sigma_{sm} \leq \sigma_{dm} \text{ 时;}$$

$$\sigma_{eqt} = \sigma_{sm} + \frac{\sigma_{db}}{3} \quad \text{MPa, 当 } \sigma_{sm} > \sigma_{dm} \text{ 时。}$$

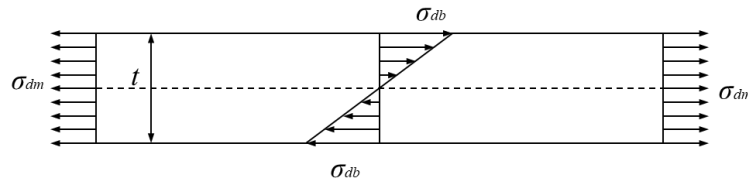
式中： $\sigma_{sm}$ ——裂纹处的静膜应力，MPa，见图 4.4.4 (1)；

$\sigma_{dm}$ ——裂纹处的动膜应力，MPa，见图 4.4.4 (2)；

$\sigma_{db}$ ——裂纹处的动弯曲应力，MPa，见图 4.4.4 (2)。



**图 4.4.4 (1) 静膜应力和静弯曲应力示意图**



**图 4.4.4 (2) 动膜应力和动弯曲应力示意图**

**4.4.5 有效裂纹张开面积  $A$  按下式计算：**

$$A = \pi c_{pf} \delta \quad \text{mm}^2$$

式中： $\delta$ ——最大裂纹张开半位移，mm，见图 4.4.5，按下式计算：

$$\delta = \frac{2\sigma_{eqt} c_{pf}}{E}$$

$\pi$ ——圆周率，取 3.14；

$\sigma_{eqt}$ ——裂纹有效张开应力，N/mm<sup>2</sup>，见 4.4.4；

$c_{pf}$ ——15 天后贯穿面的裂纹半长，mm，见 4.4.3；

$E$ ——弹性模量，N/mm<sup>2</sup>。

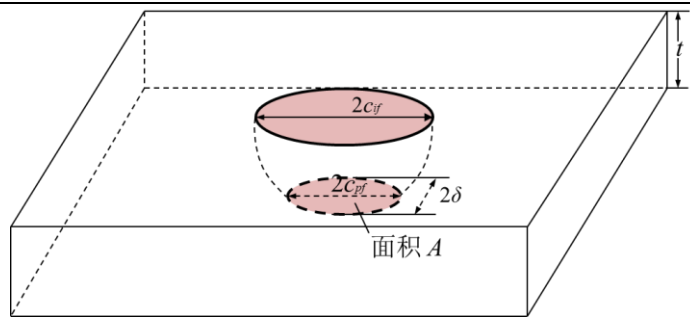


图 4.4.5 有效裂纹张开示意图

4.4.6 泄漏率  $Q$  可按下列式计算：

$$Q = 1000 C_d A \sqrt{2gh + 2000 \frac{p_1 - p_2}{\rho}} \quad \text{mm}^3 / \text{s}$$

式中： $C_d$ ——液货泄漏系数，通常取 0.1；

$A$ ——裂纹有效张开面积， $\text{mm}^2$ ，见 4.4.5；

$h$ ——液货舱内裂纹位置处至液货舱顶的垂直距离， $\text{m}$ ；

$\rho$ ——液货密度， $\text{t/m}^3$ ；

$p_1, p_2$ ——液货舱内、外压力， $\text{MPa}$ ；

$g$ ——重力加速度，取  $9.81 \text{ m/s}^2$ 。

4.4.7 次屏壁滴盘应能容纳的 15 天液货泄漏量  $V$  按下式计算：

$$V = 1.296 Q \times 10^{-3} \quad \text{m}^3$$

式中： $Q$ ——泄漏率， $\text{mm}^3 / \text{s}$ ，见 4.4.6。

## 第3篇 国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则

### 前言

11 本规则版本包括以下决议通过的修正案：

序号	决议案	通过日期	认为接受	生效日期
1	MSC 30(61)	1992年12月11日	1994年1月1日	1994年7月1日
2	MSC 17(58)	1990年5月24日	-	2000年2月3日
3	MSC 32(63)	1994年5月23日	1998年1月1日	1998年7月1日
4	MSC 59(67)	1996年12月5日	1998年1月1日	1998年7月1日
5	MSC 103(73)	2000年12月5日	2002年1月1日	2002年7月1日
6	MSC.177(79)	2004年12月10日	2006年1月1日	2006年7月1日
7	MSC.220(82)	2006年12月8日	2008年1月1日	2008年7月1日
8	MSC.370(93)	2014年5月22日	2015年7月1日	2016年1月1日
9	MSC.411(97)	2016年11月25日	2019年7月1日	2020年1月1日
<u>10</u>	<u>MSC.441(99)</u>	<u>2018年5月24日</u>	<u>2019年7月1日</u>	<u>2020年1月1日</u>
<u>11</u>	<u>MSC.476(102)</u>	<u>2020年11月11日</u>	<u>2023年7月1日</u>	<u>2024年1月1日</u>

## 第4章 货物围护

### G部分 指导

#### 4.28 第4章的指导性说明

##### 4.28.1 静载设计的内部压力详细计算指导

CCS4.28.1.2.c 对C型独立液货舱,基于椭圆法的适用于单体、双体和三体罐的内部压头 $P_{gdi}$ 确定,可按以下方法进行(适用于“横向+垂向”平面,单位:MPa):

##### (1) 单体罐:

$$P_{gd,i} = \frac{a_y^2 \cos \beta_i + a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_i)^2 + (a_z \sin \beta_i)^2 - (\sin \beta_i)^2}}{(a_y \cos \beta_i)^2 + (a_z \sin \beta_i)^2} \cdot [R + (R - z) \cos \beta_i - y \sin \beta_i] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$

式中:  $a_y$ 、 $a_z$ ——见4.28.2.1;

$\beta_i$ ——见CCS4.28.1.2.b;

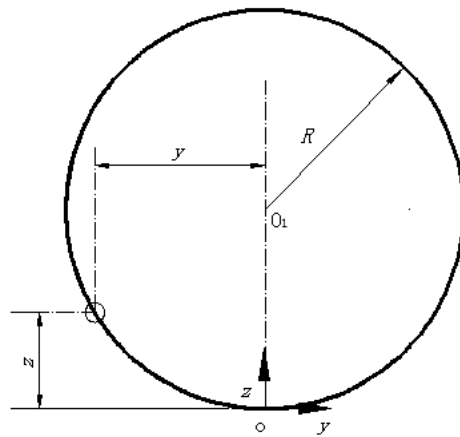
$\rho$ ——见4.28.1.2;

~~$g$ ——重力加速度,  $m/s^2$ , 取9.81;~~

$R$ ——罐体半径, m, 见图CCS4.28.1.2.c(1);

$y$ 、 $z$ ——罐体上计算点的横向和垂向坐标, m, 且坐标原点见图CCS4.28.1.2(3)(a)图

CCS4.28.1.2.c(1)。



图CCS4.28.1.2.c(1) 单体罐的几何参数

##### (2) 双体罐:

$$P_{gd,i} = \frac{a_y^2 \cos \beta_i + a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_i)^2 + (a_z \sin \beta_i)^2 - (\sin \beta_i)^2}}{(a_y \cos \beta_i)^2 + (a_z \sin \beta_i)^2} \cdot \left[ R + (R - z) \cos \beta_i + \left( \frac{L}{2} - y \right) \sin \beta_i \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$

式中:  $R$ ——罐体半径, m, 见图 CCS4.28.1.2.c(2);

$L$ ——左、右两罐的圆心距, m, 见图 CCS4.28.1.2.c(2);

$y$ 、 $z$ ——罐体上计算点的横向和垂向坐标, m, 且坐标原点见图 CCS4.28.1.2.c(2);

其余符号——见 CCS4.28.1.2.c(1)。

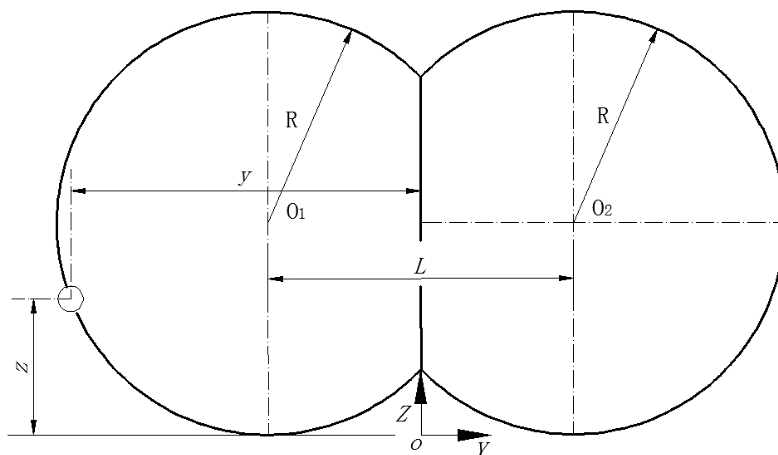


图 CCS4.28.1.2.c(2) 双体罐的几何参数

### (3) 三体罐:

$$P_{gd,i} = \frac{a_y^2 \cos^2 \beta_i + a_z \cdot a_y \sqrt{(a_y \cos \beta_i)^2 + (a_z \sin \beta_i)^2 - (\sin \beta_i)^2}}{(a_y \cos \beta_i)^2 + (a_z \sin \beta_i)^2} \cdot \left[ R + \frac{L \cos(\frac{\theta}{2} - \beta_i)}{2 \sin \frac{\theta}{2}} + (R-z) \cdot \cos \beta_i - (y + \frac{L}{2}) \sin \beta_i \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$

式中:  $R$ ——罐体半径, m, 见图 CCS4.28.1.2.c(3);

$L$ ——左、右两罐的圆心距, m, 见图 CCS4.28.1.2.c(3);

$y$ 、 $z$ ——罐体上计算点的横向和垂向坐标, m, 且坐标原点见图 CCS4.28.1.2.c(3);

$\theta$ ——顶部罐体圆心与底部两罐体圆心连线的夹角, ( $^\circ$ ), 见图 CCS4.28.1.2.c(3);

其余符号——见 CCS4.28.1.2.c(1)。

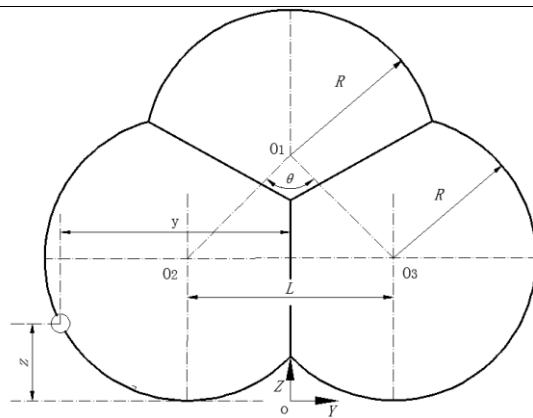


图 CCS4. 28. 1. 2. c (3) 三体罐的几何参数

## 第5章 处理用受压容器及液体、蒸气和压力管系

### 5.4 设计压力

5.4.4 气体燃料系统的外层管或通风管道的设计压力应不小于气体内层管的最大工作压力。或者，对于工作压力大于1 MPa的气体燃料管系，考虑到破裂处的局部即时峰值压力和通风布置，外部通风管道的设计压力应不小于环形处所内的最大积聚压力。

CCS 5.4.4 “外层管或通风管道的设计压力”系指：

(1) 内层管破裂后可能作用在外层管或设备外壳上的最大压力，其经考虑了通风管的布置的、适当的计算证明；或

(2) 对于内层管工作压力大于1 MPa的气体燃料管系，内层管破裂后，“在环形空间内所产生的最大积聚压力”，其应按MSC.391(95)决议通过的IGF规则的9.8.2进行计算。

### 5.6 货物驳运布置

#### 5.6.5 货物取样连接管

5.6.5.1 连接至货物管系并用于货物液体取样的连接管应清晰标记，其设计应将货物蒸气的释放降至最低。对于允许载运有毒货品的船舶，取样系统应为闭环设计，以确保货物液体和蒸气不挥发至大气。

CCS 5.6.5.c 这些要求仅适用于船上布置了该取样系统的情况。在惰化或充气过程中用于控制液货舱内环境情况的连接管不应视为货物取样连接管。

#### 5.6.6 货物滤器

货物液体和蒸气系统应能设置滤器以免受异物损坏。此类滤器可以是固定或临时的，过滤标准应与碎片等进入货物系统的风险相适应。应设有设施能够显示滤器正被堵住，另还应设有能将滤器隔断、减压和安全地清洁的措施。

CCS 5.6.6.a 滤器阻塞可通过压力指示器来显示。

CCS 5.6.6.b 对于固定的串联滤器装置和设有专用滤器外壳管道的便携式滤器装置，应设有显示滤器被堵塞且需要进行维护的措施。对安装在总管接管法兰上的便携式滤器，如未设有专用滤器外壳，并且在每次装、卸货操作之后可对便携式滤器进行目视检查，则无需安装其它用于显示堵塞或便于泄放的装置。

### 5.13 试验要求

#### 5.13.2 系统试验要求

5.13.2.4 在双层壁气体燃料管系中，外管或管道也应进行压力试验，以证明其可承受气体管路

破断时预计的最大压力。

CCS 5.13.2.4 “气体管路破断时预计的最大压力”系指内层管破断后外层管或外层管道承受的压力，就试验目的而言，其与 5.4.4 使用的设计压力一样。

5.13.2.5 ~~在首次装载作业之前~~应按公认标准，对用于货物或蒸气操作的所有管系，包括阀，附件及附属设备进行正常工作状态下的功能试验，该试验不得迟于首次装载作业。

## 第6章 构造材料和质量控制

表 6.1

设计温度不低于0℃的液货舱和处理用压力容器所用板材、管材(无缝管和焊接管) <sup>见注1和2</sup> 、型材和锻件		
化学成分和热处理		
◆ 碳锰钢		
◆ 全镇静细晶粒钢		
◆ 经主管机关同意可添加少量的合金元素		
◆ 化学成分的范围应经主管机关认可		
◆ 正火或淬火加回火 <sup>见注4</sup>		
强度和韧性(冲击)试验要求		
取样频率		
◆ 板材	按“轧制件”试验	
◆ 型材和锻件	按批试验	
力学性能		
◆ 抗拉性能	规定 <u>最低屈服应力的最小屈服强度</u> 不超过410N/mm <sup>2</sup> <sup>见注5</sup>	
韧性(夏比V型缺口冲击试验)		
◆ 板材	横向试样, 最小平均冲击能量值(KV)为27J	
◆ 型材和锻件	纵向试样, 最小平均冲击能量值(KV)为41J	
◆ 试验温度	厚度 $t$ (mm)	试验温度(℃)
	$t \leq 20$	0
	$20 < t \leq 40$ <sup>见注3</sup>	-20
注:		
1 无缝管和附件, <u>应采用正常的制造工艺即可</u> 。 <u>如使用纵向焊接和螺旋焊接的管材</u> , 应经主管机关 <u>或代表主管机关的被认可组织</u> 特别认可。(见CCS①)		
2 <u>管道管材</u> 不要求进行夏比V型缺口冲击试验。		
3 本表一般适用于厚度不超过40 mm的材料。如使用更大厚度的材料应经主管机关 <u>或代表主管机关的被认可组织</u> 认可(见CCS②)。		
4 控制轧制工艺或TMCP工艺可以是另一种选择可用于替代。		
5 规定的 <u>最低屈服应力的最小屈服强度</u> 超过410 N/mm <sup>2</sup> 的材料可由主管机关 <u>或代表主管机关的被认可组织</u> 认可。这些材料的焊缝和热影响区的硬度应予以特别注意。见CCS②③。		

注：CCS① 焊接压力管，~~用于液货舱和处理用压力容器的材料化学成分和力学性能~~应符合 CCS《材料与焊接规范》第1篇第34章的要求。

CCS② 对  $40\text{mm} < \text{厚度} \leq 50\text{mm}$  的材料，夏比 V 型缺口冲击试验应按下列要求进行：

<u>夏比 V 型缺口冲击试验要求</u>		
<u>试验温度</u>	<u>厚度 (mm)</u>	<u>试验温度 (°C)</u>
	<u><math>40 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>-20 <sup>(2)</sup></u>
	<u><math>40 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>-30 <sup>(3)</sup></u>
<u>注：</u>		
<u>(1)除 CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第2节和第3节规定的轧制钢外，对于厚度 &gt; 40mm 的产品，还需要增加一组厚度中心的冲击试验。</u>		
<u>(2)适用于 C 型独立液货罐和处理用压力容器。这种情况下，还应进行焊后消除应力热处理。</u>		
<u>如使用替代方法（如工程临界评估）免除焊后消除应力热处理，应经 CCS 认可或符合公认标准。</u>		
<u>(3)适用于除 C 型独立液货罐以外的液货舱。</u>		

CCS④③ 若载运的货品有可能造成液货舱或处理用压力容器产生应力腐蚀裂缝时，建议对整个液货舱或处理用压力容器进行适当的消除残余应力的热处理。以使焊接金属和热影响区的硬度不超过 250HV。

表 6.2

设计温度低于0°C和至-55°C的液货舱，次屏壁和处理用压力容器所用板材、型材和锻件 <sup>见注1</sup>					
最大厚度为25 mm <sup>见注2</sup>					
化学成分和热处理					
◆ 碳锰钢					
◆ 全镇静、铝处理的细晶粒钢					
◆ 化学成分（炉罐分析）					
C	Mn	Si	S	P	
≤0.16% <sup>见注3</sup>	0.7~1.60%	0.1~0.50%	≤0.025%	≤0.025%	
选择的添加元素：合金化元素和晶粒细化元素一般按下列要求：					
Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V
≤0.8%	≤0.25%	≤0.08%	≤0.35%	≤0.05%	≤0.1%
Al总含量最少0.02%（酸溶性最少0.015%）					
◆ 正火或淬火加回火 <sup>见注4</sup>					
强度和韧性（冲击）试验要求					
取样频率					
◆ 板材		按“轧制件”试验			
◆ 型材和锻件		按批试验			
力学性能					
◆ 抗拉性能		规定 <u>最低屈服应力的最小屈服强度</u> 不超过410 N/mm <sup>2见注5</sup>			
韧性（夏比V型缺口冲击试验）					
◆ 板材		横向试样，最小平均冲击能量值（KV）为27 J			
◆ 型材和锻件		纵向试样，最小平均冲击能量值（KV）为41 J			
◆ 试验温度		比设计温度低5°C，或-20°C，取其低者			
注：					
1 对锻件的夏比V型缺口冲击试验和化学成分的要求，可由主管机关特别考虑。					
2 对厚度超过25 mm的材料，夏比V型缺口冲击试验应按下列要求进行：					
材料厚度（mm）		试验温度（°C）			
25 < t ≤ 30		比设计温度低10°C，或-20°C，取其低者			
30 < t ≤ 35		比设计温度低15°C，或-20°C，取其低者			
35 < t ≤ 40		比设计温度低20°C			

$40 < t$	经主管机关或代表主管机关的被认可组织认可的温 度 <u>(见CCS②)</u>
----------	--

冲击能量值应按所用试样种类符合表列的要求。

用于液货舱和液货舱部件的材料，如焊后热应力完全消除，可在比设计温度低 $5^{\circ}\text{C}$ 或 $-20^{\circ}\text{C}$ （取其低者）的温度进行试验。

对于已消除热应力的加强构件和其他构件，其试验温度应与邻接液货舱壳体厚度所要求的试验温度相同。

- 3 如设计温度不低於 $-40^{\circ}\text{C}$ ，经主管机关特别同意，材料的含碳量最大可增至0.18%。
- 4 控制轧制工艺或TMCP工艺可以是另一种选择可用作替代。
- 5 规定的最低屈服应力最小屈服强度超过 $410\text{ N/mm}^2$ 的材料可由主管机关或代表主管机关的被认可组织认可。这些材料的焊缝和热影响区的硬度应予以特别注意。

指导：

厚度超过25 mm的材料，若其试验温度为 $-60^{\circ}\text{C}$ 或更低者，宜需采用符合本章表6.3规定钢材或经特殊处理的钢材。

CCS① 若载运的货品有可能造成液货舱或处理用压力容器产生应力腐蚀裂缝时，建议对整个液货舱或处理用压力容器进行适当的消除残余应力的热处理。以使焊接金属和热影响区的硬度不超过250 HV。

CCS② 对于 $-10^{\circ}\text{C} \leq \text{设计温度} < 0^{\circ}\text{C}$ 的液货舱， $40\text{mm} < \text{厚度} \leq 50\text{mm}$ 材料的夏比V型缺口冲击试验应按下列要求进行：

<u>夏比V型缺口冲击试验要求</u>		
<u>试验温度</u>	<u>厚度 (mm)</u>	<u>试验温度 (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</u>
	<u><math>40 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 <math>5^{\circ}\text{C}</math> 或 <math>-20^{\circ}\text{C}</math>，取其低者 <sup>(2)</sup></u>
	<u><math>40 &lt; t \leq 45</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 <math>25^{\circ}\text{C}</math> <sup>(3)</sup></u>
	<u><math>45 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 <math>30^{\circ}\text{C}</math> <sup>(3)</sup></u>
<u>注：</u>		
<u>(1) 除 CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第2节和第3节规定的轧制钢外，对于 <math>t &gt; 40\text{mm}</math> 的产品，还需要增加一组厚度中心的冲击试验。</u>		
<u>(2) 适用于 C 型独立液货罐和处理用压力容器。这种情况下，还应进行焊后消除应力热处理。如使用替代方法（如工程临界评估）免除焊后消除应力热处理，应经 CCS 认可或符合公认标准。</u>		
<u>(3) 适用于除 C 型独立液货罐以外的液货舱。</u>		

对于 $-55^{\circ}\text{C} \leq \text{设计温度} < -10^{\circ}\text{C}$ 的液货舱,  $40\text{mm} < \text{厚度} \leq 50\text{mm}$ 材料的夏比V型缺口冲击试验应按下列要求进行:

<u>夏比V型缺口冲击试验要求</u>		
<u>试验温度</u>	<u>厚度 (mm)</u>	<u>试验温度 (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</u>
	<u><math>40 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 <math>5^{\circ}\text{C}</math> 或 <math>-20^{\circ}\text{C}</math>, 取低者 <sup>(2)</sup></u>
	<u><math>40 &lt; t \leq 45</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 <math>25^{\circ}\text{C}</math> <sup>(3)</sup></u>
	<u><math>45 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 <math>30^{\circ}\text{C}</math> <sup>(3)</sup></u>
<u>注:</u>		
<u>(1) 除 CCS 《材料与焊接规范》第1篇第3章第2节和第3节规定的轧制钢外, 对于 <math>t &gt; 40\text{mm}</math> 的产品, 还需要增加一组厚度中心的冲击试验。</u>		
<u>(2) 按照本章 6.6.2.2 规定进行焊后消除应力热处理。如使用替代方法 (如工程临界评估) 免除焊后消除应力热处理, 应经 CCS 认可或符合公认标准。</u>		
<u>(3) 适用于除 C 型独立液货罐以外的液货舱。</u>		

表6.3

设计温度低于-55℃至-165℃ <sup>见注2</sup> 的液货舱，次屏壁和处理用压力容器所用板材、型材和锻件 <sup>见注1</sup> 最大厚度为25 mm <sup>见注3和4</sup>		
最低设计温度(℃)	化学成分 <sup>见注5</sup> 和热处理	冲击试验温度(℃)
-60	1.5%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火或TMCP， 见注6	-65
-65	2.25%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火或 TMCP，见注6和7	-70
-90	3.5%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火或TMCP， 见注6和7	-95
-105	5%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火，见注6、7 和8	-110
-165	9%镍钢—二次正火加回火或淬火加回火，见注6	-196
-165	奥氏体钢，如304，304L，316，316L，321和347，固 溶处理，见注9	-196
-165	铝合金，如5083，退火	不要求
-165	奥氏体铁—镍合金（含36%Ni） 按经同意的热处理方法	不要求
<b>抗拉和韧性（冲击）试验要求</b>		
<b>取样频率</b>		
◆ 板材	按“轧制件”试验	
◆ 型材和锻件	按批试验	
韧性（夏比V型缺口冲击试验）		
◆ 板材	横向试样，最小平均冲击能量值（KV）为27 J	
◆ 型材和锻件	纵向试样，最小平均冲击能量值（KV）为41 J	
注：		
1 使用在临界条件锻件的冲击试验的要求，须提交主管机关特别考虑。		
2 设计温度低于-165℃时的要求，应经主管机关同意。		
3 含1.5%Ni、2.25%Ni、3.5%Ni 和5%Ni 的材料厚度超过25 mm，应按下述要求进行冲击试验：		
材料厚度（mm）	试验温度（℃）	
25 < t ≤ 30	比设计温度低10℃	
30 < t ≤ 35	比设计温度低15℃	

$35 < t \leq 40$	比设计温度低20℃
------------------	-----------

冲击能量值，应根据所用试样型式按照表列值。对厚度超过40mm的材料的夏比V型缺口冲击能量值应予以特别考虑。见CCS②。

- 4 可采用厚度超过25 mm的9%Ni 钢、奥氏体不锈钢\*和铝合金。
- 5 化学成分的范围应按照公认标准。
- 6 TMCP镍钢应经主管机关接受。
- 7 淬火加回火的钢材，经主管机关特别考虑，可用于较低的最低设计温度。
- 8 经特殊热处理的5%镍钢，例如经三级热处理的5%镍钢，可被用于最低温度为-165℃的场合，但应在-196℃下对其进行冲击试验。
- 9 经主管机关同意，可免除冲击试验。

\*CCS① CCS要求可采用奥氏体钢。

CCS②对40mm < 厚度 ≤ 50mm材料，夏比V型缺口冲击试验应按下列要求进行：

<u>夏比V型缺口冲击试验要求</u>	
<u>厚度 (mm)</u>	<u>试验温度 (℃)</u>
<u><math>40 &lt; t \leq 45</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 25℃</u>
<u><math>45 &lt; t \leq 50</math> <sup>(1)</sup></u>	<u>比设计温度低 30℃</u>

(1) 除 CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第2节和第3节规定的轧制钢外，对于  $t > 40\text{mm}$  的产品，还需要增加一组厚度中心的冲击试验。

## 6.5 金属材料的焊接和无损探伤

### 6.5.3.5 每个试验应满足下列要求：

- 1 拉伸试验：焊缝横向抗拉强度应不低于相应母材的最低抗拉强度。对于如铝合金的材料，应参见4.18.1.3关于低匹配焊缝的焊缝金属强度要求（若即焊缝金属的抗拉强度低于母材的抗拉强度）。在每种情况下，应提供试样破断位置报告以供备查；

CCS6.5.3.b 若焊缝金属的抗拉强度低于母材的抗拉强度，则与CCS签订协议后也可接受横向焊缝抗拉强度不低于熔敷金属规定的最小抗拉强度。

CCS6.5.3.c 焊缝纵向拉伸试验，熔敷金属的屈服强度应不低于母材的规定最低屈服强度或设计时所考虑的最低屈服强度。

## 第13章 仪表和自动化系统

### 13.2 用于液货舱的液位指示器

13.2.2 如果仅安装1个液位表液位计，则应将其布置成能在操作状态下进行维修而无需清空液货舱或对液货舱进行除气。

CCS13.2.2 对于仅安装1个液位表液位计的情况，在使用液货舱时，对液位表液位计任何部件（不包括被动部件）均能进行维修。被动部件是假定在正常工作状态下不会发生故障的部件。

13.2.3 按照第19章表“g”栏中所列特种货物的任何特殊要求，其液货舱的液位表液位计可为下列型式：

1. 间接式装置，即用诸如称重或在线流量测量的方法确定货物的数量；
2. 闭式装置，此种装置不穿透液货舱，例如使用放射性同位素的装置或超声波装置等；
3. 闭式装置，此种装置需穿透液货舱，而且是封闭系统的组成部分，并能防止货物溢出，如浮筒式系统、电子探头、磁性探头和气泡管式指示器等。如果闭式测量装置不是直接装在液货舱上，则应在尽可能靠近液货舱的位置设一个截止阀；和
4. 限制式装置，此种装置需穿透液货舱，而且在使用时允许有少量货物蒸气或液体逸入大气，如固定管式和滑动管式液位表液位计即属此类装置。在不使用时，这种装置应被保持完全关闭。对此种装置的设计和安装，应能保证在打开装置时，不致发生货物外溢的危险。除非设有超流量阀，否则，设计此种装置时其最大开口的直径应不超过1.5 mm或等量的面积。

CCS13.2 安装在液货舱外部含有液货的液位表液位计，应布置成其发生失效时能给予隔离。

### 13.3 溢流控制

13.3.5 液货舱中传感器的位置应能在交付使用前确认。在交船后和每次干坞后满载的第一种次满载情况，应通过提升液货舱中的货物液位至报警点进行高位报警试验。

~~CCS13.3.5 “每次干坞”系指货船构造安全证书和/或货船安全证书换证所要求的船底外板检验。~~

### 13.6 气体探测

13.6.4 如第19章表中“f”栏中的“A”指出船舶适于载运不燃货品，应在货物机器处所和除C型舱之外的独立舱的货舱处所设有缺氧监控。此外，缺氧监控设备应安装在含有可能导致缺氧环境的设备（例如氮气发生器、惰性气体发生器或氮气循环制冷系统）的围蔽或半围蔽处所。

CCS13.6.4 对于所有气体运输船，无论是否载运本规则第19章“f”栏中“A”指示的货物，

根据 FSS 规则的 15.2.2.4.5.4，在设有惰性气体系统的处所的适当位置，应安装两个氧气传感器。

## 第 16 章 用货物作燃料

### 16.7 气体燃料内燃机的特殊要求

16.7.1.4 除非设计的强度可以承受最恶劣情况下泄漏气体点燃造成的超压，否则空气进气总管、扫气箱、排气系统和曲轴箱应设有合适的压力释放系统。压力释放系统应通往安全位置，且远离人员。

CCS16.7.1.4 对于 16.7.1.4 中的压力释放系统：

(1) 除非设计为适应最恶劣情况下泄漏气体点燃造成的超压，或由发动机安全概念证明合理，空气进气总管、扫气箱、排气系统和曲轴箱应设有合适的压力释放系统。应对空气进气总管、扫气箱和排气系统超压可能产生的潜在危险进行详细的评估，并体现在发动机安全概念中。

(2) 对于曲轴箱，应认为 SOLAS 第 II-1 章的第 27.4 条要求的防爆安全阀适合于发动机的气体操作。对于第 27.4 条未涵盖的发动机，应对其曲轴箱中燃气积聚可能产生的潜在危险进行详细的评估。

## 第 17 章 特殊要求

### 17.21 二氧化碳：高纯度

17.21.4 载运二氧化碳货物时，应连续监控液货舱的低压。货物控制位置和驾驶室应设有声光报警。如果液货舱压力持续降至货物“三相点”的 0.05 MPa 范围内，监控系统应自动关闭所有气相和液相货物总管阀门并停止所有货物压缩机和货泵货物总管、液体和蒸气阀并停止所有货物压缩机和货泵。18.10 要求的应急关闭系统可用于此目的。

## 第 18 章 操作要求

### 18.9 货物取样

18.9.1 任何货物取样应在高级船员的监督下进行，其应确保操作人员使用适合货物危险的防护服。

18.9.2 对液体货物取样时，高级船员应确保取样设备适合相应的温度和压力，包括货泵排放压力（如相关）。

18.9.3 高级船员应确保使用的任何货物样品设备适当连接以避免任何货物泄漏。

18.9.4 如果取样货物为有毒货品，高级船员应确保使用 1.2.15 中规定的“闭环”取样系统以使得逸出至大气的任何货物量降至最少。

18.9.5 取样操作完成后，高级船员应确保使用的任何取样阀适当关闭，且使用的连接正确隔断。

CCS18.9 18.9.1-18.9.5 仅适用于船上布置了该取样系统的情况。在惰化或充气过程中用于控制液货舱内环境情况的连接管不应视为货物取样连接管。

### 18.10 货物应急关断（ESD）系统

#### 18.10.3 ESD 系统控制

18.10.3.2 探测到货物区域露天甲板和/或货物机器处所的失火时，ESD 系统应自动启动。露天甲板上使用的探测方法应至少覆盖液货舱的液体和蒸气气室、**货物总管货物集管区**和液体管路经常被拆开的区域。探测可采用设置设计成在温度 98℃ 和 104℃ 之间熔化的易熔元件的方式，或通过区域失火探测的方法。

表 18.1—ESD 功能布置

	泵		压缩机系统				阀	连接
	货泵/ 货物增 压泵	货物喷 洒/吹扫 泵	蒸气返 回压缩 机	气体燃料 压缩机	再液化装 置***，包括 冷凝返回 泵（如有）	气体 燃烧 装置		
关闭动作 → 启动 ↓							ESD 阀	至船/岸 连接的 信号连 接****
应急按钮（见 18.10.3.1）	√	√	√	注 2	√	√	√	√
甲板上或压缩机室中 的探火*（见 18.10.3.2）	√	√	√	√	√	√	√	√
液货舱高液位（见 13.3.2 和 13.3.3）	√	√	√	注 1 注 2	注 1 注 3	注 1	注 6	√
来自船/岸连接的信号 （见 18.10.1.4）	√	√	√	注 2	注 3	n/a	√	n/a

丧失至 ESD 阀的动力 **	√	√	√	注 2	注 3	n/a	√	√
主电源故障（“断电”）	注 7	注 7	注 7	注 7	注 7	注 7	√	√
液位报警越控（见 13.3.7）	注 4	注 4 注 5	√	注 1	注 1	注 1	√	√

注 1：设备的这些动作项能从这些具体的自动关闭的启动原因中忽略，只要设备进口无货物液体进入。

注 2：如果气体燃料压缩机用于将货物蒸气返回岸上，其应纳入 ESD 系统（在该模式操作时）。

注 3：如果再液化装置压缩机用于蒸气返回/岸上管线清洗，其应纳入 ESD 系统（在该模式操作时）。

注 4：13.3.7 允许的越控系统可在海上使用以防止错误报警或关闭。当液位报警越控，应禁止货泵作业以及总管 ESD 阀的开启操作，按照 13.3.5 进行高液位报警试验除外（见 18.10.3.4）。

注 5：用于向强制蒸发器输送货物的喷洒泵或扫舱泵可不包括在 ESD 系统中。（仅在该模式下操作时）

注 6：作为关闭 18.10.2.2 中所述的 ESD 阀的替代，13.3.2 中所述的传感器可用于自动关闭装有传感器的单个液货舱的液货舱注入管路上的阀。如采用该选项，当所有拟装载的液货舱的高液位传感器已被激发时，应开始启动整个 ESD 系统。

注 7：设备的这些动作项应设计成不在主电源断电恢复后重新启动，且无需确认安全条件。

\* 可在甲板上使用易熔塞、电子式温度点监测或区域探火用于此目的。

\*\* 遥控操作 ESD 阀的驱动装置的液压、电动或气压动力失效。

\*\*\* 构成再液化装置一部分的间接制冷系统无需纳入 ESD 功能，如果其在制冷循环中使用惰性介质（例如氮）。

\*\*\*\* 信号无需显示启动 ESD 的事项。

√ 功能要求。

n/a 不适用。

CCS表18.1注4 当液位报警越控时，应设有硬件系统，例如电动或机械互锁装置，用以防止货泵被意外操作或总管ESD阀被意外打开。

## 附录 1 非金属材料

### 5.2 部件制造期间的 QA/QC

用于部件制造的 QA/QC 程序应至少包括但不限于下列各项。

#### 5.2.1 部件标识

5.2.1.1 对于每种材料，~~制造商应实施标记系统以清晰标识生产批号。~~制造商应进行标记以清晰标识产品批号。标记系统决不能妨碍产品的特性。

5.2.1.2 标记系统应确保部件的可追溯性并应包括：

- .1 生产日期和可能的失效日期；
- .2 制造商的说明；
- .3 参考技术指标；
- .4 ~~参考指令批号~~；和
- .5 ~~如必需~~，运输和储存期间应保持的任何可能的环境参数 （如必要）。