



中国船级社

内河散装运输液化气体船舶 构造与设备规范

(2017)

2017年5月1日生效

北京

目 录

第 1 篇 总 则

第 A1 章 一般规定.....	- 1 -
------------------	-------

第 2 篇 入级检验与船体结构的补充规定

第 A1 章 入级与检验.....	- 2 -
第 A2 章 船舶图纸和资料的审核.....	- 7 -
第 A3 章 船体结构和液货舱结构.....	- 11 -
附录 1 A 型和 B 型棱形独立液货舱船舶的补充规定.....	- 12 -
附录 2 C 型独立液货舱船舶的补充规定.....	- 18 -
附录 3 新颖形状的货物围护系统设计中极限状态方法的使用标准.....	- 25 -

第 3 篇 内河散装运输液化气体船舶法定检验技术要求

第 1 章 通 则.....	- 31 -
第 2 章 船舶残存能力及液货舱位置.....	- 37 -
第 3 章 船舶布置.....	- 48 -
第 4 章 货物围护系统.....	- 55 -
第 5 章 处理用压力容器及液体、蒸气和压力管系.....	- 79 -
第 6 章 构造材料和质量控制.....	- 87 -
第 7 章 货物压力/温度控制.....	- 98 -
第 8 章 货物围护的透气系统.....	- 100 -
第 9 章 环境控制.....	- 106 -
第 10 章 电气设备.....	- 108 -
第 11 章 防火和灭火.....	- 109 -
第 12 章 货物区域的机械通风.....	- 114 -
第 13 章 仪表和自动化.....	- 116 -
第 14 章 人员保护.....	- 122 -
第 15 章 液货舱的充装极限.....	- 124 -
第 16 章 用货物作燃料.....	- 126 -
第 17 章 特殊要求.....	- 130 -
第 18 章 操作要求.....	- 139 -
第 19 章 最低要求一览表.....	- 145 -

第 1 篇 总 则

第 A1 章 一般规定

A1.1 一般要求

A1.1.1 《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范》(以下简称“本规范”)由总则、入级检验与船体结构的补充规定及内河散装运输液化气体船舶法定检验技术要求三部分组成。

A1.1.2 本规范适用于从事散装运输第 3 篇第 19 章所列的在温度为 37.8℃时其蒸气压力超过 0.28MPa(绝对压力)的液化气体和其他货品的内河液化气体船以及顶推液化气驳的推船。

A1.1.3 散装运输液化气体船以及顶推液化气驳的推船,除满足本规范外,尚应满足本社《钢质内河船舶建造规范》和《材料与焊接规范》,以及中华人民共和国海事局或境外主管机关(以下统一简称“主管机关”)的有关要求(如有时)。

A1.1.4 当授权签发内河船舶散装运输液化气体适装证书时,如果主管机关采取了某些等效措施,或者采取了某些有别于本规范中条款的解释,就船舶入级而言,本社将对此等效或解释给予个别考虑。

第 2 篇 入级检验与船体结构的补充规定

第 A1 章 入级与检验

第 1 节 通 则

A1.1.1 入级条件

A1.1.1.1 申请入本社船级的液化气体船，应符合本规范的规定，并应符合本社《内河船舶入级规则》的其他相关规定。

A1.1.2 定义

A1.1.2.1 除另有规定外，本规范定义如下：

- (1) 新船：除特别指明外，指本规范生效之日及以后签订建造合同的新建船舶；
- (2) 现有船舶：指除新船以外的船舶。

第 2 节 入级符号与附加标志

A1.2.1 入级符号

A1.2.1.1 凡船舶的船体（包括设备）与轮机（包括电气设备）经本社批准入级，将根据本社《内河船舶入级规则》相应的规定授予相应的入级符号。

A1.2.2 附加标志

A1.2.2.1 附加标志是船舶不同特点的分级表述，加注在入级符号之后。

A1.2.2.2 附加标志系由船东申请，经本社审查设计图纸、检验，确认满足本规范相应要求后，将根据本社《内河船舶入级规则》相应的规定，由本社授予。

A1.2.2.3 除 A1.2.2.2 所述液化气体船加注特定附加标志外，如船东申请其他特殊附加标志，如符合本社有关规范、规则、指南和接受的其他标准及等效规定，将加注相应的附加标志。

例如：一艘 2G 型液化气体船，采用 C 型独立液货舱，载运液化天然气（LNG），航行于 A、B、C 级航区及 J₂ 级航段，主推进装置采用电力推进。授予下列入级符号及附加标志。

★ CSA Inland Water LNG 运输船（2G 型，C 型独立液货舱）；A 级航区、J₂ 级航段

★ CSM 电力推进系统

第 3 节 检 验

A1.3.1 一般要求

A1.3.1.1 液化气体船的检验包括建造中检验和建造后检验。

A1.3.1.2 除本节有明确规定外，本社《内河船舶入级规则》中有关油船的规定应予遵守。

A1.3.1.3 顶推液化气驳的推船的入级检验按本社《内河船舶入级规则》有关油推（拖）船的规定执行。

A1.3.2 建造中检验

A1.3.2.1 液化气体船的建造中检验的程序、检查与试验应按本社《内河船舶入级规则》第4章的相关规定执行。

A1.3.2.2 建造中的检验尚应包括对液化气体船的结构、设备、附件、布置和材料等的全面检查和试验，并确保其完全符合本规范的适用规定。

A1.3.3 建造后检验

A1.3.3.1 一般要求

(1) 建造后的各种检验，除满足本规范要求外，尚应满足本社《内河船舶入级规则》第5章的适用要求。

(2) 建造后各种检验的检验间隔期与本社《内河船舶入级规则》规定的油船的检验间隔期相同。

A1.3.3.2 年度检验

年度检验通常在装货或卸货期间进行。因此，液货舱或惰化货舱不需要进行除气，除非规范有专门要求。其检验项目如下：

(1) 检查自上次检验以来有关货物围护系统的液货日志、运行记录和使用手册。

(2) 所有可接近的气密舱壁的穿透部位包括气密轴封应进行目视检查。

(3) 确认驾驶室门、窗和所有要求为固定式（非开启型）的窗、舷窗的气密性。

(4) 检查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。

(5) 确认所有为破损残存条件下的特殊布置是合格的。

(6) 检查货泵舱、货物压缩机室、液货控制室的布置。

(7) 尽可能检查舱底水、压载和燃油系统的布置。

(8) 确认手动操作应急关闭系统及液货泵、压缩机的自动关闭处于满意状态。

(9) 确认液货舱和屏壁间处所的压力释放阀以及相关的安全系统和报警装置处于满意状态，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。

(10) 尽实际可行检查货物、燃油、压载和透气管路系统，包括透气桅和防护网；对液货绝热管路上的膨胀弯头、支架和蒸气密封等应特别注意检查。

(11) 检查液货舱液位指示仪处于良好工作状态，高液位报警和高液位自动关闭系统处于满意状态。

(12) 检查货物泄漏探测系统、气体探测设备，确认处于正常工作状态。

(13) 检查货物围护系统的温度指示装置和所附连的报警装置处于满意状态。

(14) 检查液货舱、货舱及绝热处所的压力仪表系统处于满意状态，安装在卸货管线上的压力表处于正常工作状态；确认相关报警装置合格。

(15) 在货物操作期间对货物管系、热交换器、蒸发器、货泵、货物压缩机、货物区域内各处所的机械通风装置和货物软管等进行检查。

(16) 确认手提式、固定式滴盘或甲板液货泄漏绝缘装置合格。

(17) 检查货泵舱的固定式灭火系统，用于冷却、消防和船员防护的压力水雾系统，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；检查防火和灭火装置，并试验起动一台主消防泵的遥控装置。

(18) 检查气体危险处所和区域的电气设备或其他装置处于良好状态，并得到正常维护保养。

(19) 确认货物管路和独立货舱与船体有可靠的电气连接。

(20) 确认空气闸布置处于良好状态，并得到适当维护。

(21) 确认用于船舶、船艙装卸的特殊装置处于满意状态，特别注意电气设备、消防设备、货物控制室和岸上之间的通信设施。

(22) 确认气罩上的密封装置合格。

(23) 确认惰性气体/干燥空气系统以及防止蒸气回流至非危险区域设施处于安全操作状态。

(24) 确认液货的再液化/制冷设备处于满意状态。

(25) 检查将液货用作燃料的装置及相关仪器和安全装置。

(26) 检查用于人员保护的保护设备、安全设备及急救设备。

(27) 确认船上配有有关的作业指导文件和资料，如货物操作计划、充装极限、制冷规程等有关说明和资料。

A1.3.3.3 中间检验

中间检验应在船舶已除气状态下进行，其检验项目如下：

(1) 年度检验规定的项目。

(2) 对液货舱显示货物的液位、压力和温度的仪表及在液体和蒸气管系、货物制冷装置以及惰性气体系统中的压力表和温度指示器应进行检查，并应通过改变压力、温度和液位来进行对比试验；对无法接近的传感器或位于液货舱内、惰化货舱内的传感器可接受进行模拟试验。此试验尚应包括对报警和安全功能的试验。

(3) 尽实际可行检查气体探测管系的腐蚀和损坏情况，检查位于吸入点和分析装置之间的管路完好性。

(4) 气体探测器应用样气进行校核，检查其声、光报警装置。

(5) 确认应急切断系统停止货泵和压缩机的功能，此项试验应在管路内没有液流的情况下进行。

(6) 对危险处所和区域的电气设备及电缆应作检查，确认防爆设备有无缺陷、电缆外护套有无损坏、有无不正确的布线、有无未经认可的照明器具和空端布线及接地保护（接地点检查）等。

(7) 正压型设备和相关报警设备的功能试验。

(8) 空气闸保护处所内的非合格防爆型电气设备电源切断系统试验。

(9) 危险处所和区域的电气设备及线路绝缘电阻的测量。

(10) 确认备有货物区域机械通风机的备件。

(11) 确认用于钢结构的加热装置合格。

(12) 以货物为燃料的安全系统和仪表应进行检查。

A1.3.3.4 特别检验

特别检验应在已除气状态下和通常应在坞内/上排时进行，其检验项目如下：

- (1) 中间检验规定项目检验。
- (2) 所有液货舱应进行内部检查和外部检查。
- (3) 确认液货舱的垫片、支撑和锁固装置的绝热层，若发现损坏、变形及认为有必要时则要求换新绝热层。

(4) 若绝热层不可能进行检查时，则边舱、双层底舱和隔离舱的结构环围在液货舱冷态情况进行检查是否有冷点，除非航行记录连同仪器有足够的证据表明绝热系统是完整的。

(5) 应进行无损检测作为液货舱检验的补充，应特别注意主构件、液货舱外壳和高应力部分（包括验船师认为必要的焊接接缝）的完整性。下列部位认作为高应力部件。

- ① 液货舱支撑和防摆/防摇装置；
- ② 强肋骨或环状加强框架；
- ③ 止荡舱壁周界；
- ④ 气室和与液货舱外壳连接根部；
- ⑤ 泵、塔和梯的底座；
- ⑥ 管的连接端。

(6) 对B型独立液货舱无损检测的范围在设计时应预先给出程序。

(7) 所有液货舱应用适当的程序验证其密性。如果船舶气体探测设备的有效性已经确认，则可接受用该设备进行甲板下独立液货舱的密性试验。

(8) 根据上述（2）～（6）的检查结果或航行记录的检查结果，如果对液货舱的结构完整性持有怀疑时，则应进行液压试验或气动液压试验。对整体液货舱以及A型和B型独立液货舱的试验压力至少为最大允许调定值（MARVS）。对C型独立液货舱的试验压力应不小于1.25倍MARVS。

(9) 所有C型独立液货舱在第2、4和6次特别检验时应按如下进行：

- ① 按（5）规定进行无损检测，以 1.25 倍 MARVS 压力进行液压或气动液压试验；或
- ② 应进行全面的按计划的无损检测，若无原无损检测的专门程序，则应进行下列检查：
 - a.液货舱支撑和防摆/防摇装置；
 - b.加强环；
 - c.与液货舱外壳和双片型舱的中舱壁的 Y 型焊缝；
 - d.制荡舱壁；
 - e.液货舱壳体与气室和集物槽连接根部；
 - f.液货舱内的泵、塔和梯的底座；
 - g.管的连接端。

上述每一区域内的至少 10%焊缝长度应进行无损检测。试验尽可能在内部和外部进行，进行无损检测部位必要时要求绝热层除去。

(10) 所有货舱、船体绝热层、次屏壁和液货舱支撑结构，应尽可能地接近作目视检查；所有液货舱的次屏壁应通过压力/真气试验、目视检查或其他认可方法，核查其有效性。

(11) 对于薄膜、半薄膜液货舱系统，应根据对实际液货舱系统所经批准的专门拟定的方案进行

检查或试验。

(12) 液货系统和屏壁间处所的压力释放阀/真空释放阀、保护膜盘和其他压力释放装置应根据其设计情况打开、检查、试验和调整。

释放阀的港口整定值应作校核（如适用时）。

(13) 液货舱的压力释放阀应打开进行检验、调整、功能试验和铅封。若液货舱的压力释放阀的主阀或引导阀设有非金属薄膜，则此非金属薄膜应能更换。若保存有单个确认的压力释放阀的连续检查和重新试验的适当记录，则可以考虑在通过选取在用的液体或蒸气代表性的释放阀包括每一规格和每一型号打开进行内部检验和试验的基础上给予接受，只要航海日志有证据表明其他的阀已经在上次特别检验时进行过检验和试验。

(14) 货物管系、液氮管系和处理管系包括阀、执行机构、补偿装置等在认为有必要时应打开检查。为了确认管子状况，必要时应移动绝热层。若目视检验对管系的完整性有怀疑时，应对管系以1.25倍最大允许调定值（MARVS）进行压力试验。安装后的整个管系进行泄漏试验。

压力释放阀应进行功能试验，应随机抽查阀打开检查和调整。

(15) 必要时，所有液货泵、液货增压泵和货物压缩机应打开检查。这种检查可应船东申请以循环检验方式进行，每一次循环检验周期内对各泵的检查不少于一次。

屏壁间的泵系统应进行检查并确认其处于正常工作状态。

(16) 应对惰性气体发生器进行检查，确认所产生的惰性气体在技术规格范围内，且该设备运行正常。

应对惰性气体的分配阀和管路等作总体检查。贮存惰性气体的压力容器应作内、外部检查，紧固装置应作特别检查。查明压力释放阀处于良好工作状态。

液氮贮存容器应按实际可行检查，校核所有控制设备、报警和安全设施，确认其处于工作状态。

(17) 为屏壁间处所和货舱处所排水或卸货的系统应进行检验，必要时应进行试验。

(18) 所有气密舱壁应进行检查，应确认气密轴封的有效性。

(19) 用于分隔货物、惰性气体和舱底水的管系的软管和可拆短管应进行检验。

A1.3.4 适装证书的检验

(1) 根据主管机关的授权，本社可承担“内河船舶散装运输液化气体适装证书”的检验，检验合格后将签发或签署“内河船舶散装运输液化气体适装证书”。

(2) 对申请在本社入级的船舶，本社将船舶入级检验与适装证书的检验结合进行。

(3) 签发或签署“内河船舶散装运输液化气体适装证书”的要求，按本规范第3篇的规定执行。

第 A2 章 船舶图纸和资料的审核

A2.1 入级证书图纸和资料

A2.1.1 拟入本社船级的液化气体船，除按本社《钢质内河船舶建造规范》有关油船的要求提供相应的图纸及资料外，尚应按本规范的要求提供下列图纸及资料一式三份供审查：

(1) 表明下列位置的总布置图或相应的图纸：

① 机器处所、起居处所、服务处所、控制站、锚链舱、隔离舱、燃油舱、饮用和日用水舱以及贮藏室；

② 液货舱和货物围护系统；

③ 货泵舱和货物压缩机舱；

④ 货物控制室；

⑤ 具有通岸接头的货物管路；

⑥ 液货舱舱口、透气管和其他任何开口；

⑦ 货泵舱、货物压缩机舱和其他气体危险处所的通风管、门和开口；

⑧ 货物区域内和邻接货物区域的通往非危险区域（包括上层建筑或甲板室以下处所）的门、空气闸、舱口、通风管和开口，可开启的铰链式舷窗和其他开口；

⑨ 起居处所、服务处所和控制站的入口，空气进口和开口；

⑩ 应明确标出非危险区域（区域）以及气体危险处所（区域）。

(2) 具有下列资料的货物围护系统的图纸：

① 包括对焊缝无损检测和对液货舱强度和密性试验的液货舱图纸；

② 液货舱支撑、固定、甲板密封、防浮等装置的图纸；

③ 液货舱和货物管系材料技术文件；

④ 液货舱焊接程序技术文件；

⑤ C 型独立液货舱应力消除程序技术文件；

⑥ 液货舱设计载荷和结构分析技术文件；

⑦ 对于 B 型和 C 型独立液货舱，应提供完整的应力分析资料；

⑧ 对于 B 型独立液货舱，应提交对船体和液货舱系统进行详细分析的计算资料；

⑨ 液货舱冷却程序技术文件；

⑩ 包括对密性定期检查的方法在内的次屏壁的布置图和技术文件；

⑪ 液货舱绝热层图纸和技术文件。

(3) 下列管系图纸：

① 包括蒸气管路和安全释放阀透气管路或类似管路，以及包括从货物管系排放货物的释放阀在内的货物管路和处理管路的图纸和技术文件；

② 支管、回管、弯头和机械式伸缩接头和波纹管，滑动接头（仅液货舱内部）或货物管路上类似的装置的图纸和技术文件；

-
- ③ 货物管系中法兰、阀和其他附件的图纸和技术文件；
 - ④ 货物管系中伸缩部件的型式试验技术文件；
 - ⑤ 货物管路的材料、焊接、焊后热处理和无损检测技术文件；
 - ⑥ 货物管路和处理管路的耐压试验（结构和密性试验）技术文件；
 - ⑦ 包括阀、附件和装卸货物（液体或蒸气）用的相连设备在内的所有管系的功能试验大纲；
 - ⑧ 所有速闭截止阀控制系统的技术文件；
 - ⑨ 管路电气接地技术文件；
 - ⑩ 在切断通岸接头之前从货物装卸转换阀箱和/或货物软管中清除液体货物设施的技术文件。
- (4) 下列安全释放阀的图纸及资料：
- ① 安全释放阀和压力/真空释放阀及相连的透气管路的图纸和技术文件；
 - ② 液货舱释放阀所需容量的计算书；
 - ③ 改变液货舱安全释放阀设定压力应使用的程序的技术文件。
- (5) 下列设备和系统的图纸及资料：
- ① 当货舱处所、屏壁间处所和货物管路要求设有压力释放系统时，应提交该系统的结构和技术文件；
 - ② 保持液货舱蒸气压力在 MARVS 之下的装置和技术文件（冷却设施、气体燃烧装置）；
 - ③ 空气闸及其报警装置的布置和结构图纸；
 - ④ 气密舱壁填料函图纸；
 - ⑤ 货物区域内处所的机械通风系统的布置图纸和技术文件，应标明风扇及其电动机容量和位置；可移式通风机风扇的转动部分和罩壳的图纸和所用材料技术文件；
 - ⑥ 在通岸接头和泵密封处等预计可能渗漏液体的液体管路下面，所采取的对船体钢材的预防保护措施的技术文件；
 - ⑦ 液货舱的除气和驱气管路的布置图和技术文件；
 - ⑧ 屏壁间处所和货舱处所的惰化用管路的布置图（对 C 型独立式液货舱无要求）；
 - ⑨ 为保持屏壁间处所和货舱处所的惰性环境提供干燥惰性气体（对 C 型独立式液货舱的货舱处所为干燥空气）的设备的技术文件；
 - ⑩ 测定惰性气体中含氧量的仪器的技术文件；
 - ⑪ 对指示液货舱、屏壁间处所和货舱处所的液位、蒸气压力和温度的所有监测系统和设备的布置图和技术文件；
 - ⑫ 液位报警器的技术文件；
 - ⑬ 货泵和货物压缩机的自动停止装置技术文件；
 - ⑭ 气体检测设备的布置图和技术文件；
 - ⑮ 液货舱内气体取样点的位置图；
 - ⑯ 货泵舱、货物压缩机舱、隔离舱、管隧和货物处所内的舱底系统和排放系统图。
- (6) 惰性气体装置（当装有时）的图纸及技术文件。
- (7) 下列消防布置和设置的图纸：
- ① 包括管路、阀、喷嘴和其他附件在内的水雾系统和水灭火系统布置图和技术文件；
 - ② 消防总管与遥控消防泵、货物区域与控制站连接的布置图；

-
- ③ 化学干粉灭火系统或化学干粉灭火装置布置图和技术文件；
 - ④ 安装在围蔽气体危险处所内的固定灭火装置的布置图和技术文件。
 - (8) 标明下列资料的电气设备的图纸：
 - ① 气体危险区域划分图；
 - ② 气体危险区域所有电气设备布置图；
 - ③ 本质安全电路单线图；
 - ④ 认可防爆设备一览表。
 - ⑤ 发电和配电系统及相关控制系统的 FMEA 报告（参见 10.2.5）
 - (9) 船舶残存能力的计算书及资料。
 - (10) 本社认为需要的其他图纸和资料。

A2.2 适装证书图纸和资料

A2.2.1 应提供下列图纸和资料三份供审查：

- (1) 船舶拟载运的货物清单；
- (2) 船型、货物围护系统、液货舱内蒸气空间的压力/温度控制、气体探测、测量、人员保护及液货舱充装极限的图纸资料以及特殊要求；
- (3) 干舷和完整稳性、舱壁甲板以下的排水口以及残存能力；
- (4) 船舶布置图；
- (5) 处理用压力容器以及液体、蒸气和压力管系布置图；
- (6) 货物压力/温度控制图；
- (7) 液货舱透气系统布置图；
- (8) 环境控制布置图；
- (9) 电气设备布置图；
- (10) 防火和灭火布置图；
- (11) 货物区域内机械通风布置图；
- (12) 仪表（测量、气体探测）布置图；
- (13) 用货物作燃料管路布置图（如设有时）；
- (14) 货物操作手册。

注：上述图纸与 A3.1.1 所述送审图纸重复者可免送。

A2.3 顶推液化气驳船的推船图纸和资料

A2.3.1 顶推液化气驳船的推船除按本社《钢质内河船舶建造规范》有关油推（拖）船的要求提供相应的图纸及资料外，尚应按本规范的要求提供下列图纸及资料一式三份供审查：

- (1) 表明下列情况的相应图纸：
 - ① 起居处所、服务处所、机器处所和控制站的入口、空气进口和开口的位置及其关闭装置；
 - ② 上层建筑或甲板室面向货物区域端壁上窗的型式。
- (2) 下列消防布置和设备的图纸：
 - ① 水灭火系统的布置图和技术文件；

-
- ② 推船与液化气驳船水灭火系统的连接布置图；
 - ③ 化学干粉灭火系统的布置图和技术文件。
- (3) 本社认为需要的其他图纸和资料。

第 A3 章 船体结构和液货舱结构

A3.1 一般要求

A3.1.1 本章给出本规范第 4 章所定义的液货舱型船舶的船体结构和液货舱结构的一般性要求。

A3.1.2 各类液货舱型船舶的船体结构和液货舱结构的适用要求如下：

A 型和 B 型棱形独立舱液化气体船及液货舱结构，见本章附录 1；

C 型独立舱液化气体船及液货罐结构，见本章附录 2；

薄膜型液化天然气运输船结构，参照本社《薄膜型液化天然气运输船检验指南》。

A3.1.3 除本章及附录有明确规定外，船体结构的构件尺寸和布置应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇的有关规定。

A3.1.4 如船体结构的构件尺寸和布置采用直接计算予以验证，则送审方应将完整的计算资料提交本社审查。

A3.1.5 钢级的使用应满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇的有关要求，同时应满足本社《材料与焊接规范》的有关要求。

A3.2 总纵强度

A3.2.1 总纵强度的计算应按本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇的有关规定。若采用直接计算方法，则应符合该篇中对直接计算的有关规定。

A3.2.2 对于构成货物围护系统一部分的整体和薄膜型液货舱结构，还应满足经本社认可的货物围护系统技术专利公司提出的其他总纵强度衡准（如有）。

A3.3 船体结构的直接计算

A3.3.1 船长 140m 以上和/或不满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇有关主尺度比规定的液化气体船，应采用有限元法对货舱区域的船体结构进行强度验证，且其船体的结构类型、构件尺寸和布置等应按照本社《钢质内河船舶建造规范》和本规范第 4 章对直接计算的有关要求。

A3.3.2 如可行，也可采用全船模型直接计算方法进行强度验证。

A3.3.3 上述方法应基于规范第 4 章规定的载荷工况和许用应力标准，且可参考本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇的相关要求或其他公认的方法，其具体方案应在设计的早期送本社审阅。

附录 1 A 型和 B 型棱形独立液货舱船舶的补充规定

第1节 一般规定

1.1 一般要求

1.1.1 本附录适用于本规范第 4 章所定义的 A 型和 B 型棱形独立舱液化气体船货舱区的船体结构、液货舱结构以及支撑结构，包括构件尺寸和直接计算要求。典型的 A 型和 B 型独立舱液化气体船横剖面布置如图 1.1.1(1)和图 1.1.1(2)所示。

1.1.2 船体结构的构件尺寸应符合本附录第 2 节要求,且应按本附录第 3 节的要求进行直接计算强度验证。

1.1.3 液货舱结构尺寸至少应满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇中对深舱的要求，且应按本附录第 3 节的要求进行直接计算强度验证。

1.1.4 液货舱的支撑构件（限位/支撑装置及其底座）应按本附录第 3 节进行直接计算强度校核。

1.1.5 温度场及热应力计算和钢级选取的有关要求应按本附录第 4 节进行。

1.1.6 应提交的图纸资料见本规范第 2 篇第 A2 章相关规定。

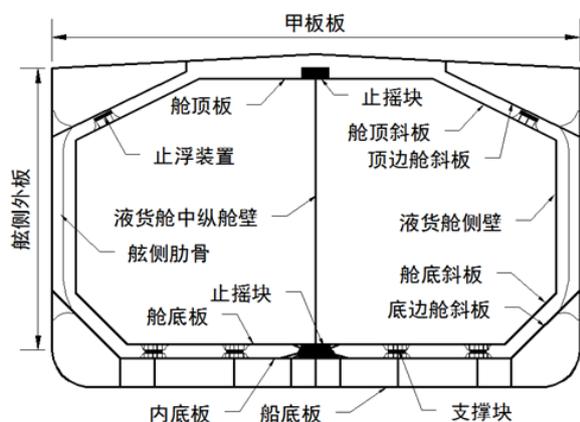


图 1.1.1(1) 典型的 A 型独立舱横剖面

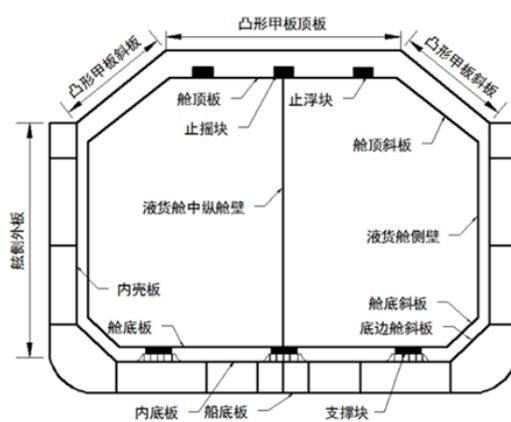


图 1.1.1(2) 典型的 B 型独立舱横剖面

第2节 棱形独立舱液化气体船货舱区的船体构件尺寸

2.1 一般要求

2.1.1 本节要求适用于 A 型和 B 型棱形独立舱液化气体船货舱区的船体构件尺寸。本节未规定者，应符合本规范第 2 篇第 A3 章和本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章中的有关规定。

2.2 外板

2.2.1 若外板作为构成压载舱的结构，则厚度一般应不小于本社《钢质内河船舶建造规范》第 1

篇第 2 章中对深舱舱壁的要求。

2.3 甲板主要支撑构件

2.3.1 甲板纵桁和纵骨架式甲板强横梁的剖面模数应不小于本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的有关适用要求。

2.4 舱壁

2.4.1 舱壁板及其扶强材的尺寸应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对水密舱壁的要求，且其计算压头 h 应按下述规定确定：

(1) 对于水密舱壁板，其计算压头 h 应按下述要求确定（取大者）：

- ① 由舱壁板列下缘量至舱壁顶端的垂直距离；
- ② 由舱壁板列下缘量至溢流管顶端的垂直距离；
- ③ 2m。

(2) 对于扶强材，其计算压头 h 应按下述要求确定（取大者）：

- ① 由扶强材跨距中点量至舱顶的垂直距离；
- ② 由扶强材跨距中点量至溢流管顶端的垂直距离；
- ③ 2m。

若舱壁板及其扶强材位于压载舱内，则其尺寸还应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对深舱舱壁的要求。

2.4.2 对于支撑横舱壁水平桁材的垂直桁材，其尺寸应由直接计算予以确定。

2.5 舷侧结构

2.5.1 舷侧结构按本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章第 7 节的有关适用要求。

2.6 双层底

2.6.1 双层底的延伸和高度应不小于本规范第 3 篇第 2 章的要求。结构尺度和布置应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇中对双层底的有关要求。

2.7 支撑液货舱支撑结构的船体结构

2.7.1 当强力甲板的局部变形有可能影响货物围护系统及其止摇、止浮以及其他类似装置的功能时，则应要求增加其板材的厚度。

2.7.2 当液货舱的支撑构件布置在内底板上时，为确保载荷的有效传递，支撑构件处的内底板应增加其局部厚度；支撑构件下方双层底内的实肋板不应开孔，且应设置垂向加强筋，垂向加强筋的间距应不大于双层底的高度。厚度应与实肋板的厚度相同、宽度为厚度的 8 倍。

2.7.3 对于支撑液货舱支撑结构相关船体结构，如：内底板、顶边舱、上甲板、内壳板等，应在这些结构的支撑背面进行适当结构加强，并注意结构厚度方向的对齐。

第3节 直接计算强度评估

3.1 一般要求

3.1.1 本节要求适用于船长 140m 以上和/或不满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇有关主尺度比规定的 A 型和 B 型棱形独立舱液化气体船的独立舱结构及货舱区船体结构强度评估。船长 140m 以下的上述类型船舶可参照本节要求实施。

3.1.2 本节要求的主要目的是校核独立舱结构主要构件、船体结构主要构件及独立舱限位装置及其支撑结构的强度。

3.1.3 应至少对中部货舱进行分析。若首、尾货舱的舱室布置与中部货舱明显不同，本社根据具体情况，也可要求分别对首、尾货舱进行分析。

3.2 有限元模型

3.2.1 舱段有限元的范围如下：

(1) 中部舱段模型纵向范围应覆盖中间的目标舱和前后两个半舱。模型中应包括船体结构、独立舱结构以及独立舱的限位装置（限位垫块+底座）及其支撑结构。

(2) 首部货舱有限元模型应覆盖首部货舱、第 2 货舱的一半及首尖舱。首尖舱部分可中止于强框架处。尾部货舱有限元模型应覆盖尾货舱、机舱的一半及尾货舱前货舱的一半。

3.2.2 舱段有限元采用的单元及网格要求见本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 1 章 1.9.4。独立舱限位支撑结构限位装置的底座通过板单元来模拟，有限元网格应能模拟实际结构的形状，以准确地进行载荷传递。

3.2.3 独立舱的限位装置和支撑结构为承压装置，不承受拉力。因此在用有限元对该类结构进行模拟时，按如下实施：

(1) 用弹簧单元模拟限位装置和支撑结构的刚度，但这些单元中不能出现拉应力；

(2) 可采用接触单元，或非线性的杆单元（受拉时刚度为零）来模拟限位装置和支撑结构。

3.2.4 如有需要可对结构关键区域进行细化分析，细化区域有限元网格尺寸为 50×50 mm，且一般情况下，细化网格区域的范围在校核区域的所有方向上应不小于 10 个单元。一般对如下位置进行细化分析：

(1) 船体结构细化的关键区域，包括：

- ① 气室开孔区域；
- ② 舷侧肋骨上下肘板趾端；
- ③ 双层底肋板及纵桁上的开孔；
- ④ 横舱壁垂直扶强材的下肘板；
- ⑤ 首尾货舱过渡结构；

(2) 独立液货舱结构细化的关键区域，包括：

- ① 横向强框架端肘板；
- ② 水平桁端肘板；

(3) 限位装置和支撑结构底座细化区域，包括：

- ① 支撑结构的底座肘板；
- ② 限位装置（含防横摇限位装置、防纵摇限位装置及止浮装置）底座肘板。细化筛选原则为：

同一类节点形式（支撑结构）中选取应力最大的进行细化分析，可将该结构的加强方案推广到同一类节点（支撑结构）中。

3.3 边界条件

3.3.1 舱段模型的边界条件满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 1 章的要求。

3.4 载荷及工况

3.4.1 船体结构总纵强度及局部强度工况应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 6 章附录 I 的规定，货物载荷应考虑本规范第 3 篇 4.11.5(2) 中船舶运动产生的载荷。

3.4.2 独立舱结构、独立舱限位装置、底座和支撑结构的工况应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 14 章附录 I 的规定，正浮状态下的载荷应考虑本规范第 3 篇 4.11.5(2) 中船舶运动产生的垂向载荷。

3.5 强度衡准

3.5.1 A 型和 B 型棱形独立舱液化气体船结构总纵强度的衡准应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.9.5 的规定。屈曲强度的衡准应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.9.6 的规定。

3.5.2 A 型和 B 型棱形独立舱液化气体船结构局部强度的衡准应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.9.7.7 的规定。

3.5.3 对于独立舱结构、独立舱限位装置、底座和支撑结构，应将本节计算所得的结构应力与本附录第 4 节计算所得的热应力叠加，强度衡准应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.9.7.7 的规定。

第4节 液货舱结构温度场及热应力分析

4.1 一般要求

4.1.1 本节规定适用于 A 型和 B 型独立型液货舱结构温度场及其热应力分析。

4.1.2 对于液货舱温度应力计算应包含两个分析流程：

(1) 对于给定的液货温度和外界环境温度，通过传热分析求出液货舱及其相关结构的温度场分布；

(2) 将求出的温度场分布作为输入条件，进行热力学分析，求出温度场中任一结构由于温差引起的热膨胀温度应力。

4.1.3 本节规定中的传热计算基于三维空间定常稳态传热假定，且材料参数和边界条件为不随温度变化的线性热传导分析方法，并在计算中仅考虑结构和绝缘的传导作用效应。

4.1.4 本节规定中的热力学计算及温度场变化对结构机械场产生的影响，但不考虑后者变化对前者的影响。

4.1.5 在计算中，假定船体各个构件之间以传导方式进行热传递，空气仅以自然对流方式与所接触的船体构件进行对流换热。

4.1.6 传热计算和热应力分析应使用公认的有限元热分析程序和有限元结构分析程序进行求解。

4.1.7 如使用不同于本规范的其他假定或计算方法，应经本社认可。

4.2 模型范围

4.2.1 模型范围应取完整的“液货舱+船体”的舱段模型。对于热传导分析，模型之中应包含模型范围内所有参与作用的热绝缘材料和结构，但可忽略不锈钢内胆。对于热应力分析，模型仅为结构模型。

4.3 结构离散化

4.3.1 单元类型和网格划分等建模原则要求按本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 1 章第 9 节和第 14 章附录 I 的规定。

4.3.2 绝缘单元：对于保温隔热层的绝缘单元类型，一般取实体单元，厚度取绝缘层厚度(不包括不锈钢内胆)，其余建模原则，如单元选取与网格划分等与结构类似，但在某些结构(绝缘)复杂的交汇处，可做适当简化。

4.4 传热分析的温度边界条件

4.4.1 除另有规定外，外界大气温度和水温的温度边界条件为：

位于吃水线以下部分——定义的表面温度为水中的最低温度，如拟驶航线可能结冰，则应取 0℃；

位于吃水线以上部分——定义的表面温度为拟驶航线中的大气环境可能达到的最低温度，如 -20℃等。

4.4.2 对于计算最大温度应力的传热分析，应按液货温度与营运航线上外界环境温度的最大温差值作为温度载荷输入条件。

4.4.3 对液货舱绝缘层或裸露的结构壳板直接接触液货的一面——定义的表面温度为液货载运时所达稳定最低温度；

4.4.4 对于双层底和双舷侧之间的空间——该空间的环境温度可直接取值为略低于外界温度，并在内舷侧壳板和内底板的外侧表面（背向液货一面）定义上述空气与钢板的对流传热设定（假定空气的热传导非常小），也可将该空间划为空气单元的三维有限元模型，且一并计入传热有限元模型。在实施传热计算中，按本附录 5.1.5 的假定，不考虑空气的热传导。若对液货舱周界的最低温度指标有特殊要求时，则按要求指定的表面温度进行定义。

4.6 热力学分析中的模型边界条件

4.6.1 A 型和 B 型独立式液货舱型模型的边界条件参照本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 14 章附录 I 的规定。

4.7 温度计算和热应力计算

4.7.1 应使用从传热分析中得到的三维空间温度场分布值作为热力学计算的温度载荷。

4.7.2 对于 A 型和 B 型独立液货舱型的船舶，应计算满载状态下的温度载荷。

4.7.3 钢材的热传导系数与线膨胀系数，以及空气的对流换热系数的计算取值可参考如下：

碳钢的热传导系数：60.6w/(m·°C)——用于传热计算(温度分析)

碳钢的线膨胀系数：11×10⁻⁶(1/°C)——用于热应力计算(结构分析)

空气的对流换热系数：11.6w/(m²·°C)——用于传热计算(温度分析)。若有限元模型的长度单位用 mm，该值取用时应乘以 10⁻⁶。对金属材料和绝缘材料，热传导系数按实际设计情况取用。

4.7.4 对于 A 型和 B 型独立液货舱型的船舶，上述计算所得的结构（包括独立液货舱的支撑结构）的温度载荷，施加到本附录第 4 节的直接计算模型中，计算温度载荷所产生的热应力。

4.8 强度衡准

4.8.1 强度衡准应符合本附录第 4 节的规定。

附录 2 C 型独立液货舱船舶的补充规定

第1节 一般规定

1.1 一般要求

1.1.1 本附录适用于本规范第 3 篇第 4 章所定义的 C 型独立舱液化气体船货舱区的船体结构、液货舱结构以及支撑结构的构件尺寸和直接计算要求的补充规定。

1.1.2 船体结构的构件尺寸应符合本附录第 2 节要求。

1.1.3 液货舱结构尺寸应符合本附录第 3 节要求。

1.1.4 C 型独立液货舱船舶的船体结构应按本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 1 章第 9 节进行直接计算强度效核。

1.1.5 C 型独立液货舱及其直接相连的支撑构件应按本附录第 4 节进行直接计算强度校核。

1.1.6 应提交的图纸资料见本规范第 2 篇第 A2 章相关规定。

第2节 C 型独立液货舱货舱区的船体构件尺寸

2.1 一般要求

2.1.1 本节要求适用于 C 型独立舱液化气体船货舱区的船体构件尺寸。本节未规定者，应符合本规范第 2 篇第 A3 章和本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章中的有关规定。

2.2 甲板主要支撑构件

2.2.1 甲板纵桁和纵骨架式甲板强横梁的剖面模数应不小于本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的有关适用要求。

2.3 舱壁

2.3.1 舱壁板及其扶强材的尺寸应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对水密舱壁的要求，且其计算压头 h 应按下述规定确定：

(1) 对于水密舱壁板，其计算压头 h 应按下述要求确定（取大者）：

- ① 由舱壁板列下缘量至舱壁顶端的垂直距离；
- ② 由舱壁板列下缘量至溢流管顶端的垂直距离；
- ③ 2m。

(2) 对于扶强材，其计算压头 h 应按下述要求确定（取大者）：

- ① 由扶强材跨距中点量至舱顶的垂直距离；
- ② 由扶强材跨距中点量至溢流管顶端的垂直距离；
- ③ 2m。

若舱壁板及其扶强材位于压载舱内，则其尺寸还应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对深舱舱壁的要求。

2.3.2 对于支撑横舱壁水平桁材的垂直桁材，其尺寸要求应按本社《钢质内河船舶建造规范》第

1 篇 2.12.3.2。

2.4 舷侧结构

2.4.1 舷侧结构按本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章第 7 节的有关适用要求。

2.5 双层底

2.5.1 货舱区域双层底的延伸和高度应不小于本规范第 3 篇第 2 章的要求。结构尺度和布置应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇中对双层底的有关要求。

2.6 支撑液货舱支撑结构的船体结构

2.6.1 当强力甲板的局部变形有可能影响货物围护系统及其止摇、止浮以及其他类似装置的功能时，则应要求增加其板材的厚度。

2.6.2 当液货舱的支撑构件布置在内底板上时，为确保载荷的有效传递，支撑构件处的内底板应增加其局部厚度；支撑构件下方双层底内的实肋板应设置垂向加强筋，垂向加强筋的间距应不大于双层底的高度。厚度应与实肋板的厚度相同、宽度为厚度的 8 倍。

2.6.3 对于支撑液货舱支撑结构相关船体结构，如：内底板、顶边舱、上甲板、内壳板等，应在这些结构的支撑背面进行适当结构加强，并注意结构厚度方向的对齐。

第3节 C 型独立液货舱结构尺寸

3.1 一般要求

3.1.1 本节要求适用于 C 型独立液货舱结构尺寸。

3.1.2 C 型独立液货舱结构尺寸应满足本规范第 3 篇第 4 章 4.17 要求，包括设计基础、结构分析、极限设计条件、意外设计条件和试验要求等方面。

3.1.3 C 型独立液货舱结构尺寸应根据液货舱的压力，按下述规定进行计算：

(1) 对于承受内部压力的受压容器，其受压部件的厚度和形状，包括法兰在内^①，应按本社接受的标准^②予以确定。在所有情况下，应根据通用的压力容器的设计原理进行这些计算。对于压力容器中的受压部件的开口^①，应按本社接受的标准^②予以加强；

(2) 在上述计算中应考虑设计液体压力^③。

3.2 液货舱附件

3.2.1 液货舱水密纵舱壁板厚度 t ，应满足下式要求：

^① “受压部件的厚度和形状，包括法兰在内”及“压力容器中受压部件的开口”系指液货舱厚度、液货舱内部结构、液货舱开孔补强及法兰强度评估。

^② “本社接受的标准”系指《非直接火焊接压力容器规范 PD5500》、《压力容器规范AD2000》，以及GB150.1~4《钢制压力容器》等工业标准和/或相关规范要求。

^③ “设计液体压力”系指本规范第 3 篇第 4 章 4.17 所定义的内部压力。

$$t \geq \frac{2p_{eq}e}{20\sigma_m\phi - p_{eq}} + c \text{ mm}$$

式中： e ——双体舱的轴心距，mm；

p_{eq} ——内部压力，MPa，见本篇第4章 4.22.1；

σ_m ——许用膜应力，N/mm²，见本篇第4章 4.17.1；

c ——腐蚀增量，mm，一般情况下，取值在 0.75~1.5mm 范围内；

ϕ ——焊接有效系数，见本篇第4章 4.17.2。

3.2.2 液货舱水密纵舱壁扶强材的计算工况如下：

(1) 工况 1——装载模式为左右舱均装满，见图 3.2.2 (1)，其中， P_{gd} 计算方法见本规范第 3 篇第 4 章 4.22.1。

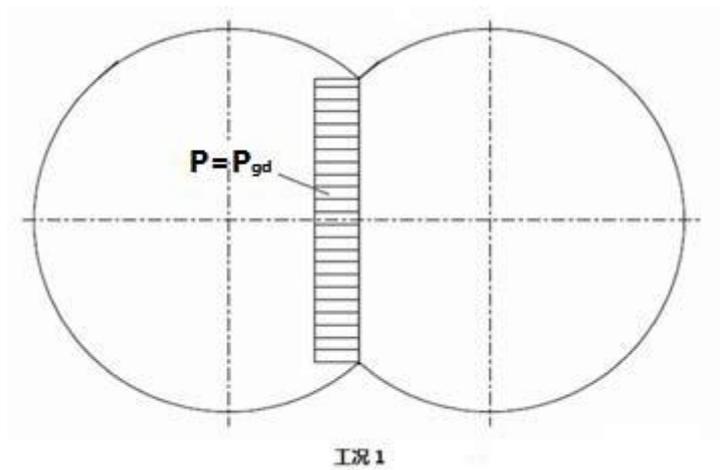
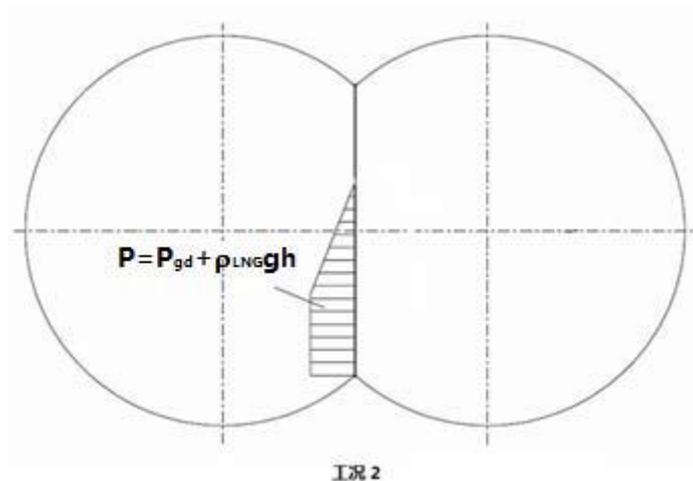


图 3.2.2 (1)

(2) 工况 2——装载模式为左右舱均为 50% 装载，见图 3.2.2 (2)，其中， P_{gd} 计算方法参见上述 (1)。



(注：按照 4.22.1 (2) 进行计算时，相关的 a_β , Z_β , 以及 h 应根据实际情况确定)

图 3.2.2 (2)

(3) 工况 3——装载模式为一侧满舱，另一侧空舱，见图 3.3.2 (3)，可按照装载手册中给出的

左右两侧舱室最大压差的装载情况考虑，但应在操作手册中标明不允许“一侧满舱，另一侧空舱”的装载方式。

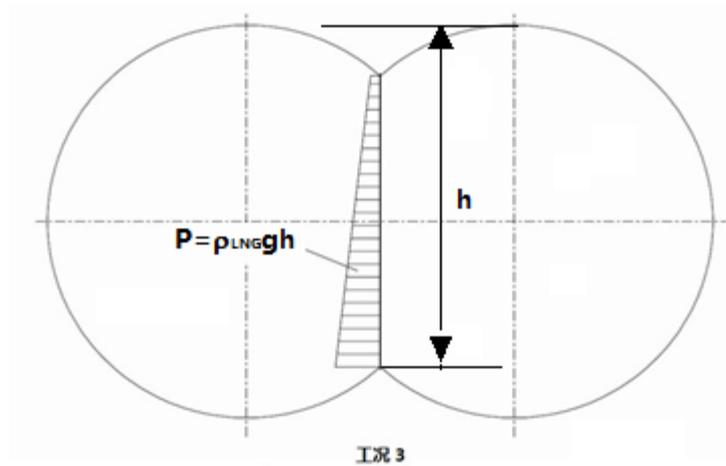


图 3.3.2 (3)

3.2.3 液货舱水密总舱壁扶强材弯曲应力 σ_b ，应满足下列要求：

$$\sigma_b \leq [\sigma_b]$$

式中： $\sigma_b = \frac{M}{W} \times 10^3$ MPa

M ——纵舱壁扶强材弯矩，kN-m，计算时边界条件按实际情况模拟；

W ——纵舱壁扶强材剖面模数， cm^3 ；

$[\sigma_b]$ ——许用弯曲应力，MPa，取 $0.57R_{eH}$ 。

3.2.4 液货舱水密纵舱壁扶强材剪切应力 τ ，应满足下式要求：

$$\tau \leq [\tau]$$

式中： $\tau = \frac{F}{A_{end}} \times 10^3$ MPa

F ——纵舱壁扶强材剪力，kN，计算时边界条件按实际情况模拟；

A_{end} ——纵舱壁扶强材端部的剪切面积， mm^2 ；

$[\tau]$ ——许用剪切应力，MPa，取 $0.32R_{eH}$ 。

第4节 C型独立液货舱及其直接相连的支撑构件结构直接计算

4.1 一般要求

4.1.1 本节要求适用于C型独立液货舱以及与之直接相连的支撑结构的强度直接计算，主要包括：液货舱壳体、加强环、制荡舱壁（如有时）、纵舱壁（如有时）和液货舱壳体支撑结构（见图4.1.1虚线所包括区域）。

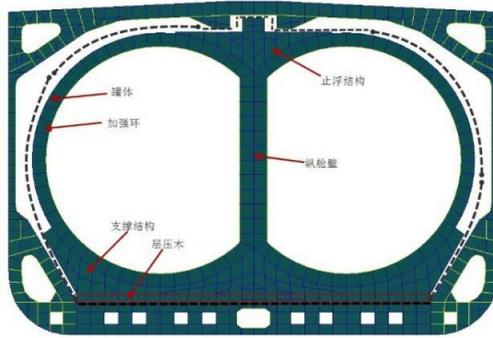


图 4.1.1 液货舱壳体与支撑结构直接连接的分析范围

4.1.2 本节计算中，对于几何非线性接触分析的计算，应采用公认的非线性有限元软件。

4.1.3 对于与液货舱不直接相连的支撑结构，应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 14 章附录 I 的有关要求。

4.1.4 对于本节无规定者，应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 1 章第 9 节的有关要求。

4.2 液货舱结构模型

4.2.1 有限元模型的范围为一个完整的 C 型独立液货舱壳体及与其直接相连的支撑构件。

4.2.2 模型的单元选择和网格划分应遵循以下原则：

(1) 独立液货舱模型的壳体、加强环腹板，以及与壳体连接的鞍座板件等采用板单元模拟，加强环面板采用梁单元或板单元模拟，层压木采用实体单元模拟；如果液货舱为双层真空罐，则其玻璃钢支撑（如有时）及其周围垫板应采用实体单元模拟，实体单元在厚度方向应至少划分 3 层；

(2) 壳体粗网格模型的单元尺寸一般取为 $R/30$ ，其中， R 为独立液货舱的半径，mm。层压木网格尺寸一般取 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 。层压木的弹性模量、泊松比和密度按实际的材料取用；

(3) 对于壳体开口处周围、连接、制荡舱壁处等结构较为复杂的特殊位置，为准确描述该类结构区域的构造细节，应采用细化模型模拟，网格尺寸一般取为 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ ；

(4) 液货舱的加强环腹板在高度方向上一般应至少划分 3 个单元；

(5) 模型中的板单元应尽可能使用四边形单元，且板单元长宽比应不超过 4。在高应力和开孔周围、肘板连接处和折角连接处等应力梯度变化较大的区域，板单元的长宽比应尽可能接近 1。如不得使用三角形单元，应避免使用钝角三角形单元；

(6) 不同网格密度区域之间应有恰当的过渡。

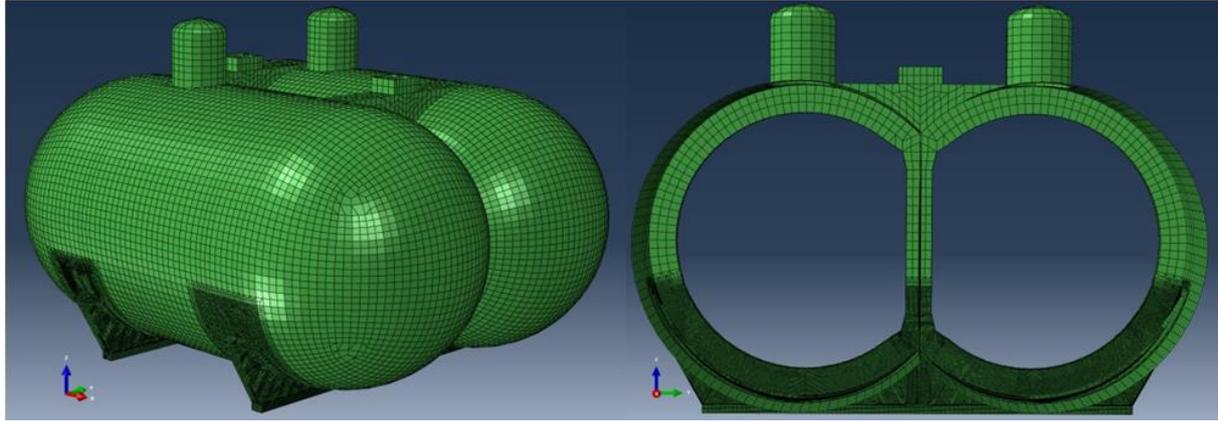


图 4.2.2 双体式独立液舱有限元模型

4.2.3 有限元模型的坐标系统取右手坐标系，即：

- (1) x 方向为船长方向，以向船首方向为正；
- (2) y 方向为船宽方向，以向左舷方向为正；
- (3) z 方向为船体的垂向，以基线向上为正。

4.3 边界条件

4.3.1 液货舱支撑构件在与船体连接处的边界条件应考虑对应工况下船体梁总体弯矩及舷外水压力等局部载荷导致的结构变形。

4.3.2 应根据液货舱支撑构件与船体连接处的接触形式设置接触条件，接触类型为面-面接触。

4.4 载荷及工况

4.4.1 C 型独立液货舱结构强度有限元直接计算工况见表 1。对于可能出现表 1 以外更严重的其他工况，则还应对此进行相应的结构强度直接计算。

表 1 C 型独立液货舱结构强度有限元直接计算工况

序号	计算工况	工况描述
1	极限设计状态：静横倾工况	0° /10° /20° 的船舶静横倾姿态、独立液货舱壳体自重、液货自重、液货舱最低温度、蒸气压力。
2	极限设计状态：横摇工况	0° /5° /10° 船舶运动时的最大横摇角、液货舱壳体自重、液货自重，液货动压力、液货舱最低温度、蒸气压力。
3	意外设计状态：碰撞工况	(1) 惯性载荷<0.5g, 0, 0>、液货舱壳体自重、液货自重、液货舱最低温度； (2) 惯性载荷<-0.25g, 0, 0>、液货舱壳体自重、液货自重、液货舱最低温度； 注：如液货舱与支承结构的前后端对称，则只需考虑（1）。
4	舱室试验工况：试验工况	试验载荷、液货舱壳体自重、液货自重

4.5 强度衡准

4.5.1 液货舱结构的局部结构强度的衡准应符合本规范第 3 篇第 4 章的规定。

4.5.2 液货舱支撑结构的局部强度的衡准应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.9.7.7 的规定，其中支座与支座防倾肘板应满足与其在同一平面内的实肋板或底纵桁的强度衡准。

附录3 新颖形状的货物围护系统设计中极限状态方法的使用标准

第1节 一般规定

1.1 一般要求

1.1.1 本附录的目的是按照本规范第3篇4.21提供新颖形状的货物围护系统的极限状态设计的程序和相关设计参数。

1.1.2 极限状态设计是一种系统方法，对每个结构件按与本规范第3篇4.3.4中标识的设计条件相关的可能失效模式进行评估。极限状态可定义为超出后结构或部分结构不再满足要求的状态。

1.1.3 极限状态分为以下3类：

- (1) 最终极限状态 (ULS)，在完整 (无破损) 条件下，对应于最大承载能力，或在某些情况下，对应于最大适用应变、变形或屈曲和塑性破坏引起的结构不稳定；
- (2) 疲劳极限状态 (FLS)，对应于由于循环装载的影响造成的降级；和
- (3) 意外极限状态 (ALS)，与结构的抗意外状况能力有关。

1.1.4 根据货物围护系统概念，应符合本规范第3篇第4章的相关要求 (如适用)。

第2节 设计格式

2.1 一般要求

2.1.1 本附录中的设计格式基于载荷和能力因数设计格式。载荷和能力因数设计格式的基本原则是验证在任何情景下，对于任何所考虑的失效模式，设计载荷作用 L_d 不超过设计能力 R_d ：

$$L_d \leq R_d$$

2.1.2 设计载荷 F_{dk} 通过特征载荷乘以与给出的载荷种类相关的载荷因数获得：

$$F_{dk} = \gamma_f F_k$$

式中： γ_f ——载荷因数；和

F_k ——本规范第3篇第4章4.11至4.12部分中规定的特征载荷。

2.1.3 设计载荷作用 L_d (例如应力、应变、位移和振动) 是从设计载荷导出的最不利组合载荷作用，可从下列公式获得：

$$L_d = q(F_{d1}, F_{d2}, \dots, F_{dN})$$

式中： q ——结构分析确定的载荷和载荷响应之间的函数关系。

2.1.4 设计能力 R_d 由下式获得：

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R \gamma_C}$$

式中：

R_k ——特性能力。对于本规范第3篇第6章涉及的材料，其可为但不限于规定的最小屈服应力、规定的最小抗拉强度、横截面的塑性能力和极限屈曲强度；

γ_R ——能力因数， $\gamma_R = \gamma_m \gamma_s$ ；

γ_m ——部分能力因数，考虑到材料特性的概率分布（材料因数）；

γ_s ——部分能力因数，考虑到结构能力的不确定性，例如结构质量，确定性能的方法，包括分析的准确性；和

γ_c ——结果等级因数，说明故障可能造成的后果，包括货物排放和可能的人员受伤。

2.2 失效后果

2.2.1 货物围护设计应考虑到可能的失效结果。结果等级见表 1，当失效模式与最终极限状态、疲劳极限状态或意外极限状态有关时，规定失效结果。

表 1：结果等级

结果等级	定义
低	失效意味着较少货物排放。
中	失效意味着货物排放和人员受伤的可能性。
高	失效意味着大量货物排放和极有可能造成人员伤亡。

第 3 节 要求的分析

3.1 一般要求

3.1.1 三维有限元分析应作为液货舱和船体的组合模型进行，包括适用的支撑件和键固系统。应确定所有失效模式以避免意想不到的失效。应进行水动力分析确定在不规则波中的特定船舶加速度和运动，以及船舶及其货物围护系统对这些力和运动的响应。

3.1.2 承受外部压力和引起压缩应力的其他载荷的液货舱应按照公认标准进行屈曲强度分析。方法应充分考虑到理论和实际屈曲应力值之间的差别；此差别是由于板不平、板边对中失误、平直、椭圆度以及在规定弧长或弦长范围内存在的失圆度而引起的。

3.1.3 疲劳和裂纹扩展分析应按照本附录 5.1 进行。

第 4 节 最终极限状态

4.1 一般要求

4.1.1 结构能力可通过试验或完整的分析确定，并考虑到弹性和塑性材料特性。极限强度的安全裕量应根据部分安全因数，并考虑到载荷和能力的随机性（动载荷、压力载荷、重力载荷、材料强度和屈曲能力）。

4.1.2 分析中应考虑永久载荷、功能载荷和环境载荷（包括晃荡载荷）的适当组合。至少 2 个具有表 2 中给出的部分载荷因数的载荷组合应用于评估最终极限状态。

表 2：部分载荷因数

载荷组合	永久载荷	功能载荷	环境载荷
'a'	1.1	1.1	0.7
'b'	1.0	1.0	1.3

载荷组合‘a’中的永久和功能载荷的载荷因数与适用于货物围护系统的通常良好受控和/或规定的载荷有关，例如蒸气压力、货物重量、系统自重等。如预测模型中固有可变性和/或不确定性更高，高载荷因数可能与永久和功能载荷有关。

4.1.3 对于晃荡载荷，根据估算方法的可靠性，本社可要求较大的载荷因数。

4.1.4 如果货物围护系统的结构失效视作极有可能造成人员受伤和大量货物排放，结果等级因数应取作 $\gamma_c=1.2$ 。如果通过风险评估证明并经本社认可，该值可降低。风险评估应考虑的因素包括但不限于设有完整或部分次屏壁以保护船体结构免于遭受与拟载运货物相关的泄漏和较小的危险。相反，本社可确定较高值，例如，对于载运更危险或更高压力货物的船舶。结果等级因数决不能小于 1.0。

4.1.5 使用的载荷因数和能力因数应使安全等级等于本规范第 3 篇 4.15 至 4.20 中所述的货物围护系统的安全等级。这可通过按已知成功设计校准因数来进行。

4.1.6 材料因数 γ_m 一般应反映材料力学性能的统计分布，并需要与规定的特有力学性能一起解释。对于本规范第 3 篇第 6 章中规定的材料，材料因数 γ_m 可取作：

- 1.1 当被认可组织规定的特有力学性能在力学性能的统计分布中代表较低的 2.5% 分位数；或
- 1.0 当被认可组织规定的特有力学性能代表足够小的分位数以使力学性能比规定值低的概率极低并可忽略不计。

4.1.7 部分能力因数 γ_{si} 的确定一般应基于结构能力的不确定性，并考虑到建造公差、建造质量、使用的分析方法的准确性。

4.1.8 对于使用本附录 4.2 中给出的极限状态衡准针对过度塑性变形的的设计，部分能力因数 γ_{si} 应取：

$$\gamma_{s1} = 0.76 \cdot \frac{B}{\kappa_1}$$

$$\gamma_{s2} = 0.76 \cdot \frac{D}{\kappa_2}$$

$$\kappa_1 = \text{Min} \left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{B}{A}; 1.0 \right)$$

$$\kappa_2 = \text{Min} \left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{D}{C}; 1.0 \right)$$

因数 A、B、C 和 D 的定义见本规范第 3 篇 4.16.3 (1)。 R_m 和 R_e 的定义见本规范第 3 篇 4.12.5 (1) ④。

上述给出的部分能力因数是校准至传统 B 型独立液货舱的结果。

4.2 针对过度塑性变形的的设计

4.2.1 下列给出的应力验收衡准参见弹性应力分析。

4.2.2 主要由结构中的薄膜响应承载的货物围护系统部分应满足下列极限状态衡准：

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1.5f$$

$$\begin{aligned}\sigma_b &\leq 1.5F \\ \sigma_L + \sigma_b &\leq 1.5F \\ \sigma_m + \sigma_b &\leq 1.5F \\ \sigma_m + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3.0F \\ \sigma_L + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3.0F\end{aligned}$$

式中:

σ_m = 等效总体主膜应力

σ_L = 等效局部主膜应力

σ_b = 等效主弯曲应力

σ_g = 等效二阶应力

$$f = \frac{R_e}{\gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

$$F = \frac{R_e}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

σ_m 、 σ_L 、 σ_b 和 σ_g 参见本规范第 3 篇 4.22.2 中应力分类的定义。

指导性说明:

上述应力总和应通过将每个应力分量 (σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy}) 相加, 随后应基于下列所示的合成应力分量计算等效应力。

$$\sigma_L + \sigma_b = \sqrt{(\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})^2 - (\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})(\sigma_{Ly} + \sigma_{by}) + (\sigma_{Ly} + \sigma_{by})^2 + 3(\tau_{Lxy} + \tau_{bxy})^2}$$

4.2.3 主要由纵桁、扶强材和板弯曲承载的货物围护系统部分应满足下列极限状态衡准:

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} \leq 1.25F \quad (\text{见注 1 和 2})$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} \leq 1.25F \quad (\text{见注 2})$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} + \sigma_{bt} + \sigma_g \leq 3.0F$$

注 1: 等效截面膜应力和主结构等效膜应力之和 ($\sigma_{ms} + \sigma_{bp}$) 通常可直接从三维有限元分析获得。

注 2: 考虑到设计概念、结构形状和应力计算所使用的方法, 本社可修改系数 1.25。

式中:

σ_{ms} = 主结构的等效截面膜应力;

σ_{bp} = 主结构的等效膜应力以及主结构弯曲造成的次结构和第三级结构中的应力;

σ_{bs} = 次结构中的截面弯曲应力和次结构弯曲造成的第三级结构中的应力;

σ_{bt} = 第三级结构中的截面弯曲应力;

σ_g = 等效二阶应力。

$$f = \frac{R_e}{\gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

$$F = \frac{R_e}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

应力 σ_{ms} 、 σ_{bp} 、 σ_{bs} 和 σ_{bt} 的定义见本附录 4.3。 σ_g 的定义见本规范第 3 篇 4.22.2。

指导性说明：

上述应力总和应通过将每个应力分量 (σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy}) 相加，随后应基于合成应力分量计算等效应力。

4.2.4 壳板应按照本社的要求进行设计。当膜应力较大，应另外适当考虑膜应力对板弯曲能力的影响。

4.3 截面应力种类

4.3.1 正应力是垂直于基准平面的应力分量。

4.3.2 等效截面膜应力是在考虑的结构横截面范围内，均匀分布且等于应力平均值的正应力的分量。如果这是简单的壳截面，该截面膜应力等于本附录 4.2.2 中规定的膜应力。

4.3.3 截面弯曲应力是线性分布在暴露于弯曲作用的结构截面上的正应力分量，如图 1 所示。

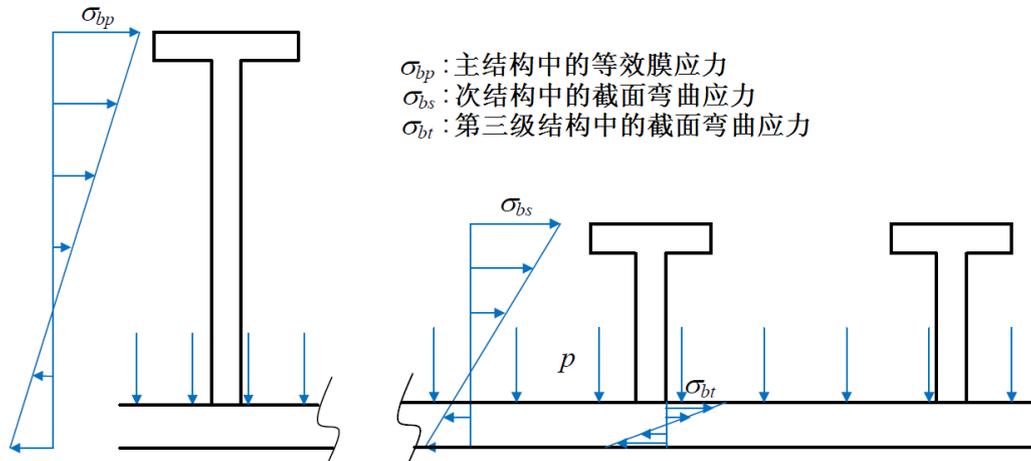


图 1: 3 种截面应力的定义

(应力 σ_{bp} 和 σ_{bs} 垂直于所示的横截面)

4.3.4 除公认的屈曲标准中另有规定外，防屈曲设计可采用相同的因数 γ_C 、 γ_m 、 γ_{si} 。在任何情况下，整体安全等级应不小于由这些因数得出的值。

第 5 节 疲劳极限状态

5.1 一般要求

5.1.1 按照货物围护系统概念，应符合本规范第 3 篇 4.12.5(2) 中所述的疲劳设计条件(如适用)。对于按本规范第 3 篇 4.21 和本标准进行设计的货物围护系统，要求进行疲劳分析。

5.1.2 对于所有载荷种类，疲劳极限状态的载荷因数应取 1.0。

5.1.3 结果等级因数 γ_C 和能力因数 γ_R 应取 1.0。

5.1.4 应按照本规范第 3 篇 4.12.5(2) 的要求进行裂纹扩展分析。分析应按照经本社认可的标准中规定的方法进行。

第 6 节 事故极限状态

6.1 一般要求

6.1.1 按照货物围护系统概念,应符合本规范第3篇4.12.5(3)中所述的意外设计条件(如适用)。

6.1.2 考虑到只要破损和变形不使意外情景升级,可接受破损和变形,与最终极限状态相比,可放宽载荷和能力因数。

6.1.3 对于永久载荷、功能载荷和环境载荷,意外极限状态的载荷因数应取1.0。

6.1.4 本规范第3篇4.11.4(9)(静横倾载荷)和4.11.6(船舶浸水引起的碰撞和载荷)中所述的载荷无需进行相互间的合成,也无需与本规范第3篇4.11.5中规定的环境载荷进行合成。

6.1.5 能力因数 γ_R 一般应取1.0。

6.1.6 结果等级因数 γ_C 一般应按本附录4.1.4的规定选取,但考虑到意外情景的性质,可适当放宽。

6.1.7 能力 R_k 一般按最终极限状态选取,但考虑到意外情景的性质,可适当放宽。

6.1.8 附加相关的意外情景应基于风险评估确定。

第7节 试验

7.1 一般要求

7.1.1 根据货物围护系统的概念,按本附录设计的货物围护系统的试验范围应与本规范第3篇4.14.3所述相同。

第 3 篇 内河散装运输液化气体船舶法定检验技术要求

第 1 章 通 则

1.1 一般要求

1.1.1 凡液货舱内装有第 19 章要求用 1G 型或 2G/2PG 型船舶载运的货品时，在货舱处所的纵向范围，位于本篇 2.6.1.1 或 2.6.1.2 或 2.6.1.3 所述保护区域内的液舱不应装载闪点为 60℃或低于 60℃（闭杯试验）的易燃液体和第 19 章所列易燃货品，但其数量仅供冷却、循环或作燃料之用的易燃液体和货品除外。

1.1.2 拟载运本篇第 19 章所包括的货品同时也属于《内河散装运输危险化学品船舶法定检验技术规则》所包括的货品时，应按其所载运货品的情况，除满足本篇的要求外，尚应满足《内河散装运输危险化学品船舶法定检验技术规则》的有关要求。

1.1.3 凡载运的货品可能被认为属于本篇的范围，而在第 19 章中尚未列出时，船东和建造商应根据本规范的原则制订初步的适当载运条件，报主管机关审批。

1.1.4 当船舶符合本篇要求时，应在本章 1.5 规定的“内河船舶散装运输液化气体适装证书”中予以注明。

1.2 危险性

1.2.1 本篇中所指气体危险性包括火灾、毒性、腐蚀性、反应性、低温及压力。

1.3 定义

除另有明文规定者外，下列定义适用于本规范。

1.3.1 起居处所系指公共处所、走廊、盥洗室、居住室、办公室、医务室、电影室、娱乐室、理发室、设有炊事用具的配膳室及类似处所。

1.3.2 A 级分隔系指《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章所定义的分隔。

1.3.3 沸点系指货品呈现蒸气压力等于大气压力时的温度。

1.3.4 船宽（B）系指船舶最大宽度，对于金属壳体的船舶，在船中部量至肋骨型线，对于壳体为其他任何材料的船舶，量至壳体外表面。船宽（B）应以 m 计。

1.3.5 货物区域系指船上设有货物围护系统、货泵舱和压缩机舱的部分，并包括在上述处所上方的整个长度和宽度范围内的甲板区域。对于在最后一个货舱处所后面或最前一个货舱处所前面的隔离舱、压载舱或留空处所，不应作为货物区域。

1.3.6 货物围护系统系指用于围护货物的装置，包括所设的主屏壁和次屏壁（如设有时）及附属的绝热层和屏壁间处所，还包括必要时用于支撑这些构件的邻接结构。如果次屏壁是船体结构的组成部分，则它可以是货舱处所的边界。

1.3.7 货物控制室系指用于控制货物装卸作业并符合本篇 3.1.4 条要求的处所。

1.3.8 货物机器处所系指货物压缩机或货泵、货物处理装置所在的处所，包括向机舱提供气体燃料的装置所在的处所。

1.3.9 货泵系指用于输送液体货物的泵，包括主泵、增压泵、喷洒泵等。

1.3.10 货物系指符合本规范的船舶散装运输的，且在本篇第 19 章一览表中列出的货品。

1.3.11 货物服务处所系指货物区域内的工作间、面积大于 2m²的供货物装卸设备用的储物间和储藏室等处所。

1.3.12 液货舱系指被设计用于装载货物的主要容器的液密壳体，不管其货物围护系统是否具有绝热层或/和次屏壁。

1.3.13 闭环取样系指通过在取样期间将货品返回货舱从而将货物蒸气逸入大气降至最少的货物取样系统。

1.3.14 隔离舱系指两相邻钢质舱壁或甲板之间的隔离处所。该处所可为留空处所或压载处所。

1.3.15 控制站系指设有无线电、主要航行设备或应急电源的处所、或火警记录或失火控制设备集中的处所，但不包括通常在货物区域内设置的专用失火控制设备。

1.3.16 易燃货品系指本篇第 19 章表中“F”栏内标有“F”的货品。

1.3.17 可燃性极限系指在给定的试验装置中，对燃料和氧化剂的混合物施以足够强的着火源后，使其正好能产生燃烧的条件。

1.3.18 液化气体船系指被建造或改建成用于散装运输本篇第 19 章所列的任何液化气体或其他货物的货船。就入级而言，本定义适用于整体液货舱和独立液货舱。

1.3.19 气体燃烧装置（GCU）系指通过热氧化处理过量的货物蒸气的装置。

1.3.20 用气设备系指船上使用货物蒸气作为燃料的任何装置。

1.3.21 危险区域系指爆炸性气体环境出现或预期可能出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取特殊预防措施的区域。（注：本篇定义的危险区域仅关系到爆炸的危险，但应注意，可能存在爆炸性气体的环境，也可能存在下列危险：毒性、窒息、腐蚀性、反应性和低温。应考虑到这些危险，并考虑采用对处所通风和保护船员的附加预防措施。）危险区域包括但不限于下列区域^①：

(1) 货物围护系统内部和液货舱压力释放管路或其他液货舱透气系统，及任何含有货物的管路和设备；

(2) 屏壁间处所；

(3) 要求次屏壁的货物围护系统所在的货舱处所；

(4) 不要求次屏壁的货物围护系统所在的货舱处所；

(5) 以单层钢质气密周界与设有次屏壁货物围护系统的货舱处所相隔离的处所；

(6) 货物机器处所；

(7) 距离气体释放的可能来源（如货物阀门，货物管法兰、货泵舱的入口及通风口、货物机器处所通风出口等）3m 范围内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所；

(8) 距离货物机器处所入口、货物机器处所通风入口 1.5m 以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所；

(9) 在货物区域内的开敞甲板上及开敞甲板上距货物区域前后 3m 内、露天甲板以上 2.4m 高度范围内的区域；

(10) 距货物围护系统露天表面 2.4m 以内的区域；

^①为选择和设计电气装置，单独的危险区域举例和分类清单参见第 10 章。

(11) 内部设有含有货物管路的围蔽或半围蔽处所，但含有用于蒸发气体燃料燃烧系统的货物管路的处所除外；

(12) 开口直接通向危险区域的围蔽或半围蔽处所。

(13) 邻近货物围护系统或直接在货物围护系统之上或之下的留空处所、隔离舱、管隧、通道和围蔽或半围蔽处所；

(14) 在垂直透气管出口向上或附近，以该出口为中心的 6 m 半径、无限高度的垂直圆柱内；以及自该出口向下，以 6 m 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；和

(15) 在货物集管阀周围的泄漏承接容器范围内，以及以该范围为界向外水平延伸 3 m，且离甲板高度为 2.4 m 以内的开敞甲板区域。

1.3.22 非危险区域系指危险区域以外的区域。

1.3.23 货舱处所系指船舶结构所围蔽、其内部设有货物围护系统的处所。

1.3.24 独立系指不以任何方式与其他系统相连接，诸如管系或透气系统，并且也不存在任何可能与其他系统连接的设施。

1.3.25 绝热处所系指全部或部分由绝热材料填充的处所（可以是或不是屏壁间处所）。

1.3.26 屏壁间处所系指全部或部分由绝热材料和其他材料填充的主屏壁和次屏壁之间的处所。

1.3.27 船长 (L) 系指沿满载水线自首柱前缘量至舵柱后缘的长度 (m)。无首柱船舶的船长应自船体中纵剖面前缘与满载水线的交点量起；无舵柱船舶量至舵杆中心线；但均应不大于满载水线长度（满载水线面在中纵剖面上的投影长度），亦不小于满载水线长度的 96%。

1.3.28 A 类机器处所系指装有下列设施的处所以及通往这些处所的围蔽通道。

(1) 用于主推进的内燃机；或

(2) 作其他用途的合计总输出功率不小于 375kW 的内燃机；或

(3) 任何燃油锅炉或燃油装置，或锅炉以外的任何燃油设备，例如惰性气体发生器、焚烧炉等。

机器处所系指 A 类机器处所和其他有推进机械、锅炉、燃油装置、内燃机、发电机和主要电动机、加油站、制冷机、减摇装置、通风机和空调机的处所，以及类似处所；并连同通往这些处所的围蔽通道。

1.3.29 MARVS 系指液货舱释放阀最大允许调定值（表压力）的英文缩写。

1.3.30 燃油装置系指被用于为燃油锅炉输送燃油或为内燃机输送加热燃油的设备，并包括用于处理油压超过 0.18MPa（表压力）的任何油泵、过滤器和加热器。

1.3.31 渗透率系指在某一处所内假定会被水浸占的容积与该处所总容积之比。

1.3.32 主屏壁系指当货物围护系统含有两层周界时被用于装货的内层构件。

1.3.33 货品是用于包含本篇第 19 章中所述气体清单的集合术语。

1.3.34 公共处所系指起居处所中用作大厅、餐室、休息室以及类似的固定围蔽处所的部分。

1.3.35 次屏壁系指货物围护系统中含有两层周界的外层构件，此构件能暂时容纳可能从主屏壁中泄漏的液货，且可防止因低温造成船体结构的损坏。对于次屏壁的类型，在本篇第 4 章中有更完整的定义。

1.3.36 认可的标准系指为主管机关所接受的适用国际或国家标准，或为由符合国际海事组织所通过标准且也为主管机关所认可的组织所制订和维护的标准。

1.3.37 相对密度系指一定体积货品的质量与等体积淡水质量之比。

1.3.38 隔离系指诸如一货物管系或货物透气系统与另一货物管系或货物透气系统不相通。。

1.3.39 服务处所系指用作厨房、配有烹调设备的配膳室、储物间、邮件间和贵重物品室、储藏

室、不构成机器处所部分的工作间及类似处所，并包括通往这些处所的围蔽通道。

1.3.40 液货舱罩系指用于保护突出于露天甲板以上的货物围护系统使之免受损坏的结构或用来保证甲板结构连续性和完整性的防护。

1.3.41 液货舱气室系指液货舱的向上延伸部分。当货物围护系统位于甲板以下时，该气室应伸出露天甲板或液货舱罩之上。

1.3.42 热氧化措施系指符合本篇第 16 章规定的使用货物蒸发气作为船上燃料的系统或作为一个废热回收的系统，或符合本篇的不使用货物蒸发气作为燃料的系统。

1.3.43 有毒货品系指本篇第 19 章表中“F”栏内标有“T”的货品。

1.3.44 蒸气压力系指在规定温度下液体上方饱和蒸气的平衡压力（绝对压力），以 Pa 计。设计蒸气压力系指表压力。

1.3.45 留空处所系指货物区域内在货物围护系统外部的围蔽处所，但不包括货舱处所、压载舱、燃油舱、货泵舱、压缩机舱或人员正常使用的的任何处所。

1.3.46 1G 型船舶系指用于载运本篇第 19 章所列要求采取最严格的防漏保护措施的货品的液化气体船。

1.3.47 2G 型船舶系指用于载运本篇第 19 章所列要求采取相当严格的防漏保护措施的货品的液化气体船。

1.3.48 2PG 型船舶系指船长在 150m 及以下用于载运第 19 章所列要求采取相当严格的防漏保护措施的货品的液化气体船。该类货品采用 C 型独立液货舱载运，释放阀最大调定值至少为 0.7MPa（表压力），其货物围护系统的设计温度为-55℃或以上。但船长超过 150m 的此类船应属于 2G 型船舶。

1.3.49 3G 型船舶系指用于载运本篇第 19 章所列要求采取中等防漏保护措施的货品的液化气体船。

1.3.50 独立系统系指不互相固定连接的货物管系和透气系统。

1.4 等效

1.4.1 对本篇要求船上应装设或配备的特定的附件、材料、器具、仪器、设备的部件或其型号，或应采取的任何特别措施，或应符合的任何程序或布置，本社可允许在该船上装设或配备任何其他附件、材料、器具、仪器、设备的部件或其型号，或采取任何其他措施，或符合任何其他程序或布置，但须通过试验或其他方法，确定其至少与本篇所要求者具有同等效能。除本篇另有规定外，本社不允许采用操作方法或程序来取代本篇规定的特定的附件、材料、器具、仪器、设备的部件或其型号。

1.4.2 替代装置和附件应与本社接受的规范的规定等效，其试验或方法应经本社认可；若这些规范中没有规定应由本社特别考虑。

1.5 适装证书的检验和发证

1.5.1 一般规定

1.5.1.1 船舶检验，包括本篇各项规定的执行，应由本社进行。本篇各项规定的免除，均须经主管机关同意。

1.5.1.2 主管机关授予认可和指定本社以下基本权力：

-
- (1) 要求船舶进行修理；和
 - (2) 应主管机关要求对船舶进行检验。

(3) 当本社判定船舶或其设备的状况与“内河船舶散装运输液化气体适装证书”的内容在实质上不相符或状况会对船舶或船上人员产生危险或对水域环境造成不当的危害威胁，因而该船舶不适于航行时，船舶单位应立即采取纠正措施，否则应撤回“内河船舶散装运输液化气体适装证书”，并通知本社。

1.5.1.3 在所有情况下，本社应保证检验的完整性和有效性，确保为履行这一职责作出必要安排。

1.5.1.4 除本章 1.5 有明确规定外，《内河船舶法定检验技术规则》第 1 篇有关油船的规定（含各类检验间隔期）应予遵守。

1.5.2 检验要求

1.5.2.1 液化气体船的结构、设备、附件、布置和材料（不包括签发“内河船舶适航证书”所需要检验方面的项目）应经受下述检验：

(1) 建造检验。在船舶新建投入营运以及第一次对船舶颁发“内河船舶散装运输液化气体适装证书”之前，或船舶重大改建，对船舶颁发新“内河船舶散装运输液化气体适装证书”前进行此类检验。该检验应按本篇的规定审查船舶有关图纸资料和技术文件，以证实结构、机械和设备满足适装证书的有关要求。检查构造、机械和设备以确保其材料、尺寸、建造和布置都与批准的图纸、图表、说明书、计算书和其他技术文件相符，并且工艺和安装在各方面都令人满意。核查所有证书、记录簿、操作手册以及适装证书所要求的其他须知和文件都已放置于船上。建造检验时应确保结构、设备、附件、布置和材料完全符合本篇中适用的规定。

(2) 初次检验。在主管机关《内河船舶法定检验技术规则》第 1 篇第 1 章 1.5.3 所述情况下，第一次对船舶签发“内河船舶散装运输液化气体适装证书”进行此类检验。该检验应按本篇规定审查船舶的有关图纸资料和技术文件，以证实结构、机械和设备满足适装证书的有关要求。确认与船舶安全有关的检验和试验报告，以及主要的产品证书。按签发适装证书检验中换证检验的范围进行一次全面检查，确认其符合本篇的有关规定。必要时，应进行确认试验和/或检验。初次检验时应确保结构、设备、附件、布置和材料完全符合本规范中适用的规定。

(3) 换证检验。换证检验应确保结构、设备、附件、布置和材料完全符合本篇中的适用的规定。

(4) 中间检验。中间检验应确保安全设备和其他设备以及附属的泵和管系完全符合本篇中适用的规定并处于良好的工作状态。

(5) 年度检验。应对结构、设备、附件、布置和材料进行总体检查，以确保按本章 1.5.3 的规定进行了维护并满足船舶的预定用途。

(6) 临时检验。在主管机关《内河船舶法定检验技术规则》第 1 篇第 1 章 1.5.5 所述情况下进行此类检验。根据具体情况进行全面的或部分的检验，以确保其处于良好状态，并且适合船舶预期的营运业务。

(7) 检验后状况的维持

1.5.2.2 应维持船舶及其设备的状况，使其符合本篇的规定，确保船舶适于航行，不会对船舶或船上人员产生危险或不会对流域环境造成不当的危险威胁。

1.5.2.3 按本章 1.5.2 的要求对船舶的任何检验完成后，非经本社认可，经检验的结构、设备、附件、布置及材料不得作任何改变，但直接更换者除外。

1.5.2.4 当船舶发生事故或发现缺陷，且将影响船舶的安全或船舶设备的有效性或完整性时，船长或船东应立即向本社报告，以确定是否必要作临时检验。

1.5.3 “内河船舶散装运输液化气体适装证书”的签发或签署

1.5.3.1 符合本篇有关规定的液化气体船，经建造检验或初次检验或换证检验合格后，应给予签发“内河船舶散装运输液化气体适装证书”。

1.5.3.2 液化气体船，经中间检验、年度检验、临时检验合格后，应在“内河船舶散装运输液化气体适装证书”上作签署。

1.5.3.3 按本章 1.5 规定签发的证书应存放在船上，供随时检查。

1.6 顶推液化气驳的推船的检验与发证

1.6.1 顶推液化气的推船的检验与发证按《内河船舶法定检验技术规则》中油推（拖）船有关规定执行。

1.6.2 除 1.6.1 规定外，顶推液化气驳的推船的检验要求尚应符合本篇的相关规定。

第 2 章 船舶残存能力及液货舱位置

2.1 一般规定

2.1.1 液化气体船应能承受在外力作用下船体遭受假定破损后的正常浸水影响。此外，为了保护船舶和环境，应将液货舱布置于舷内距船体外板远于规定的最小距离。

2.1.2 液化气体船应按其载运货物的危险程度选择相应的船型进行设计。

2.1.3 各种货物所要求的船型已列于第 19 章的表中“C”栏内。

2.1.4 当一艘船拟载运 1 种以上第 19 章的表列货物时，其破损标准应与要求最严格船型的那种货物相一致。但对各个液货舱位置的要求，则应按所拟载运的各种货物所要求的船型而定。

2.1.5 在本章内，“满载水线”系指核定的船舶最高级别航区载重线对应的水线。“干舷甲板”系指用以量计干舷的甲板，通常指毗邻于水面的第一层全通甲板；当甲板有首尾升高时应取甲板最低线及平行于升高甲板的延伸线作为干舷甲板。

2.2 干舷和完整稳性

2.2.1 液化气体船可按《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇的相应规定核定最小干舷，但核定干舷所决定的吃水应不大于本篇其他条款允许的最大吃水。

2.2.2 液化气体船在其所有航行状态下和装卸货期间的完整稳性应满足《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 8 章对液货船的要求，其核算的基本装载情况为：

- (1) 满载出港；
- (2) 满载到港；
- (3) 部分装载出港；
- (4) 部分装载到港；
- (5) 空载（或加压载）出港；
- (6) 空载（或加压载）到港。

注：到港系指载有 10% 供应品和燃料。液化气驳船如无供应品和燃料，则可不核算到港状态的稳性。

2.2.3 在计算各种装载状态的稳性时，液货舱内的自由液面影响应按《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 8 章的规定进行计算。

2.2.4 货物区域的双层底处所一般不应用于固体压载。但是，若为了满足稳性要求而必须在这些处所内进行固体压载时，其布置应能确保可进入检查且不致于使船底破损引起的冲击负荷直接传递到液货舱结构。

2.2.5 船舶应配备 1 本装载和稳性资料手册。该手册应包括典型的营运状态、装卸货和压载操作、对估算其他装载状态的规定以及对船舶残存能力的总结等详细资料。另外，该手册还应包含使船长能以安全和适航方式装载货物和操纵船舶的足够资料。

2.3 干舷甲板以下的舷侧排水孔

2.3.1 用于干舷甲板以下处所或干舷甲板上的上层建筑及甲板室的排水管孔，如孔口位于干舷甲板以下的舷边，则应设置有可靠关闭装置的自动止回阀，且孔口下缘至满载水线之间的距离应不小

于 100mm。

2.3.2 2.3.1 中所述自动止回阀应在考虑了 2.9 残存要求所述的下沉、纵倾和横倾情况下，完全有效地防止水进入舱内，且应符合认可的标准。

2.4 装载状态

2.4.1 船舶残存能力的计算应考虑所有预计的装载状态及吃水和纵倾的变化。

2.5 破损假定

2.5.1 假定的最大破损范围应符合下列规定：

2.5.1.1 船侧破损

(1) 纵向范围： $\frac{1}{3}L^{\frac{2}{3}}$ m；

(2) 横向范围（在满载水线平面上，自舷侧向中纵剖面垂直量取）：自航船为 $0.1B$ 或 $1.0m$ ，取小者；非自航船为 $0.1B$ 或 $1.2m$ ，取小者；

(3) 垂向范围：自基线向上，无限制。

2.5.1.2 船底破损

(1) 纵向范围： $\frac{1}{3}L^{\frac{2}{3}}$ m；

(2) 横向范围（横向任意位置）： $\frac{1}{6}B$ 或 $2.0m$ ，取小者；

(3) 垂向范围（自基线向上量起）： $\frac{1}{15}B$ 或 $0.8m$ ，取小者；对液货舱内吸水阱的要求，见 2.6.3。

2.5.2 若破损范围虽小于 2.5.1 所规定的最大值，但却导致更严重情况的任何破损应予以考虑。

2.5.3 应考虑货物区域内任何部位的局部舷侧破损，其范围由船体外板向舷内扩展达 800mm 的情况，且应按 2.8.1 的规定假定横舱壁所受到的破损。

2.6 液货舱位置

2.6.1 对关于液货舱位置的要求应予以特别注意。应根据所拟运载列于本篇第 19 章的各类货物的危险性考虑每种装载状况的危险性。当在一个处所内设有一个以上的独立液货舱时，应在液货舱之间留有供检查和维修用的足够空隙。液货舱应布置在舷内下列距离处：

2.6.1.1 1G 型船舶：距船体外壳型线应不小于 2.5.1.1 (2) 规定的横向破损范围和在中心线上距船底板型线不小于 2.5.1.2 (3) 规定的垂向破损范围，其任何部位都应不小于“ d ”，“ d ”如下：

(1) 如果 $V_c \leq 1000m^3$ ， $d = 0.8m$ ；

(2) 如果 $1000m^3 < V_c < 5000m^3$ ， $d = 0.75 + V_c \times 0.2 / 4000m$ ；

(3) 如果 $5000m^3 \leq V_c < 30000m^3$ ， $d = 0.8 + V_c \times 0.2 / 25000m$ ；

(4) 如果 $V_c \geq 30000m^3$ ， $d = 2m$ ；

式中： V_c 相当于 20℃ 时单个液货舱的总设计容积的 100%，包括气室和附属物（见图 2.1 和 2.2）。

就液货舱保护距离而言，液货舱容积是具有公共舱壁的液货舱所有部分的总容积；和

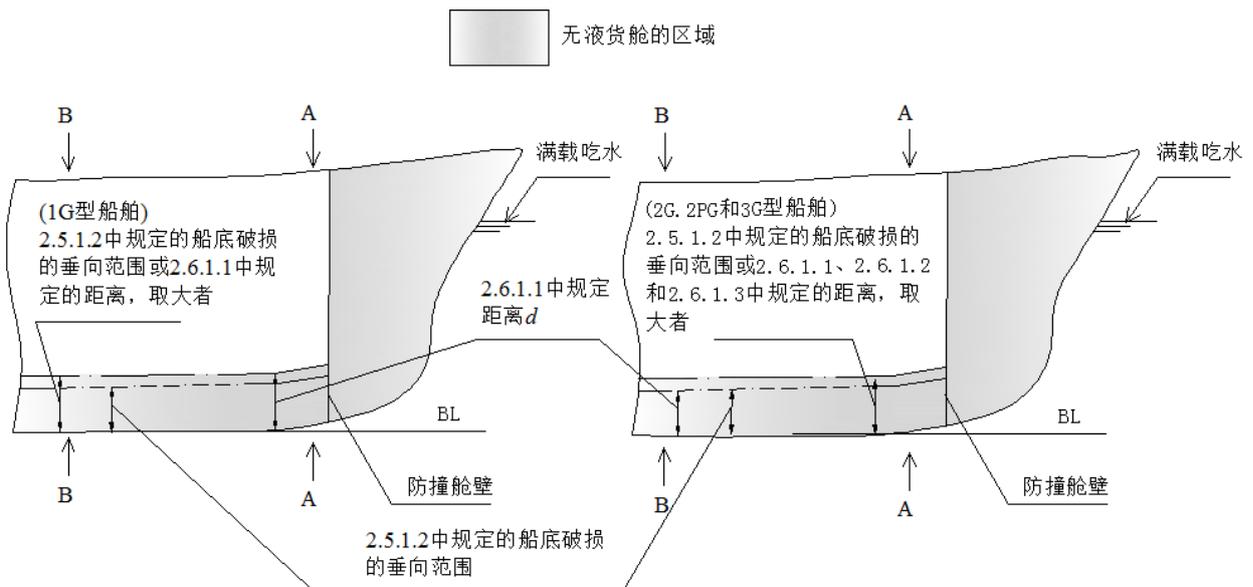
“ d ” 在与船体外壳型线成直角的任何剖面处测量。

按照第 17 章，液货舱大小限制可适用于 1G 型船舶货物。

2.6.1.2 2G/2PG 型船舶：在中心线上距船底板型线应不小于 2.5.1.2 (3) 规定的垂向破损范围，其任何部位都应不小于 2.6.1.1 中所述的“ d ”（见图 2.1 和 2.3），但非自航船距舷侧外板不小于 0.9m。对于 500 总吨以下的液化气体船，此要求可适当放宽，但应不小于 450mm。

2.6.1.3 3G 型船舶：在中心线上距船底板型线应不小于 2.5.1.2 (3) 规定的垂向破损范围，其任何部位都应不小于“ d ”，“ d ” = 0.8 m，自船底板型线（见图 2.1 和 2.4）；但非自航船距舷侧外板不小于 0.9m。对于 500 总吨以下的液化气体船，此要求可适当放宽，但应不小于 450mm。

2.6.2 对液货舱位置而言，若采用薄膜或半薄膜液货舱时，船底破损的垂向范围应量至内底，其他情况则量至液货舱底；当采用薄膜或半薄膜液货舱时，对其舷侧破损的横向破损范围应量至纵舱壁，对其他种类液货舱应量到液货舱侧壁。对于内部绝热液货舱，其破损范围应量至液货舱支撑板。本章 2.5 和 2.6 中所述距离应如图 2.5(a)至(e)使用。这些距离应板至板测量，自型线至型线，不包括绝热。



中线剖面—1G, 2G, 2PG和3G型船舶

图 2.1 液货舱位置要求

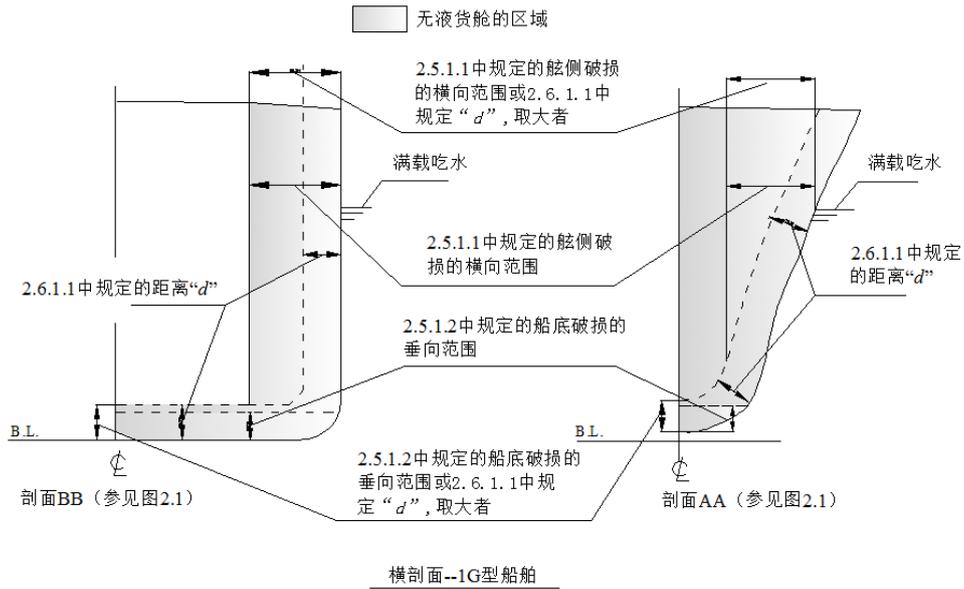


图 2.2 液货舱位置要求

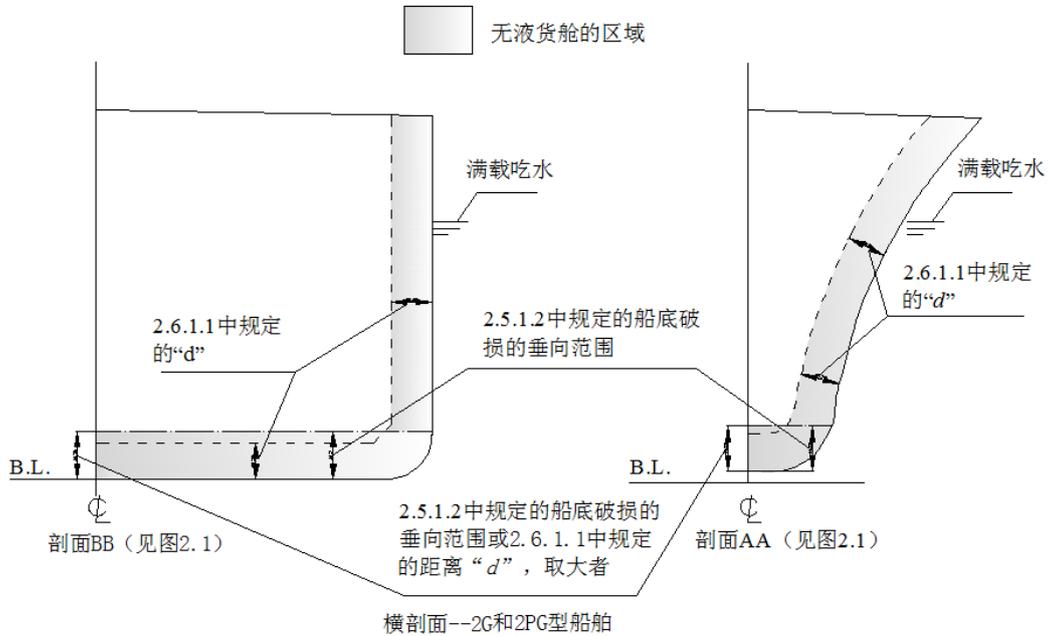


图 2.3 液货舱位置要求

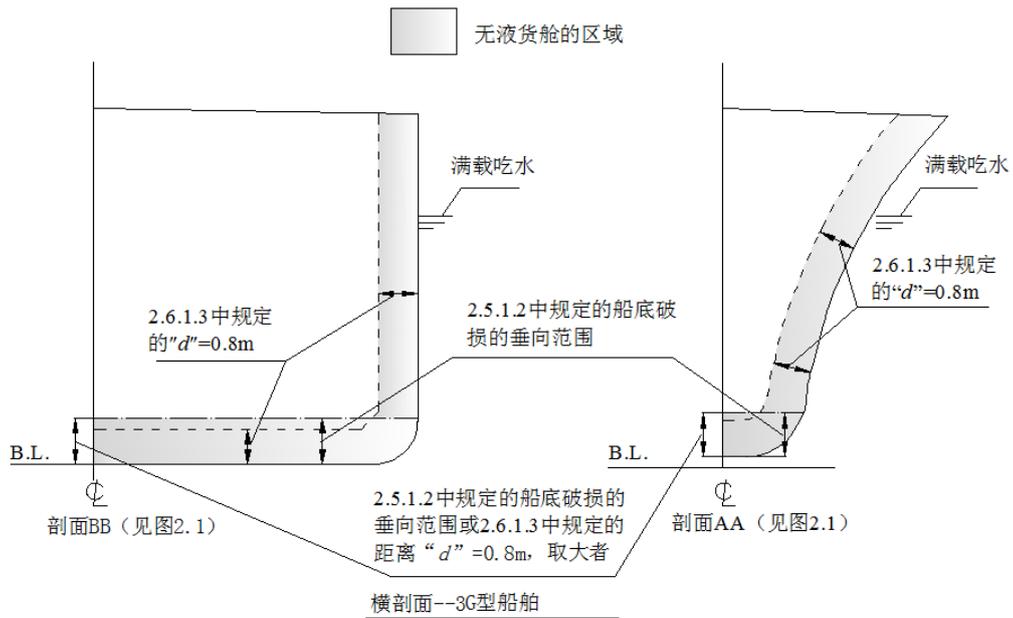


图 2.4 液货舱位置要求

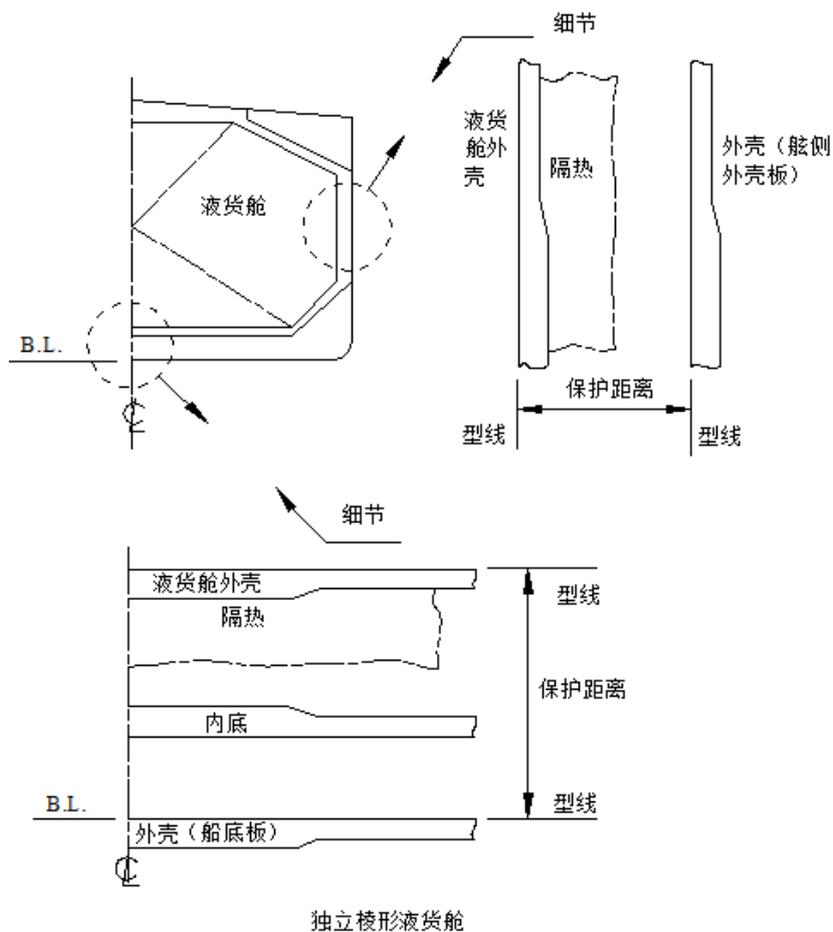
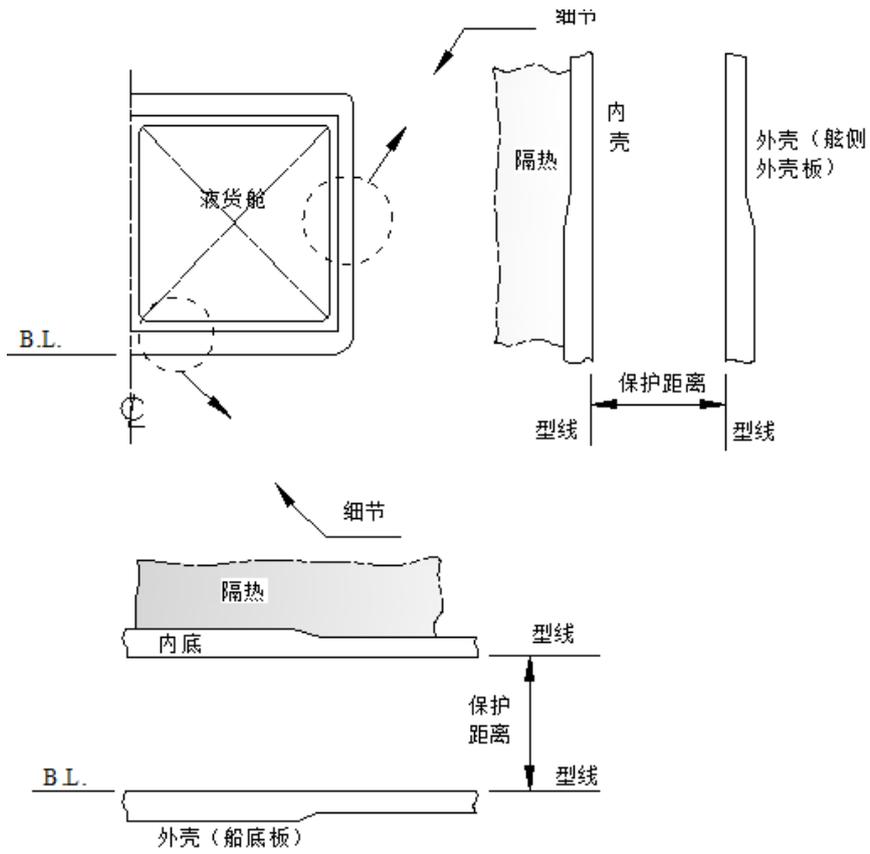


图 2.5(a) 保护距离



半薄膜液货舱

图 2.5(b)—保护距离

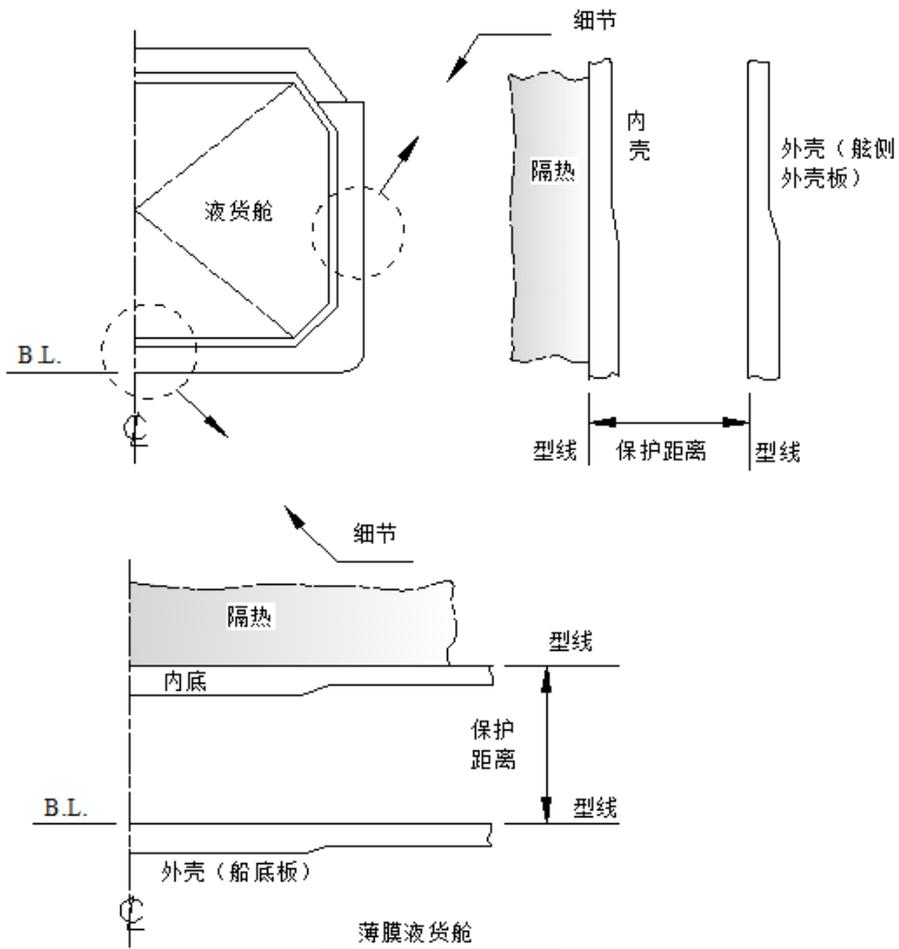


图 2.5(c)—保护距离

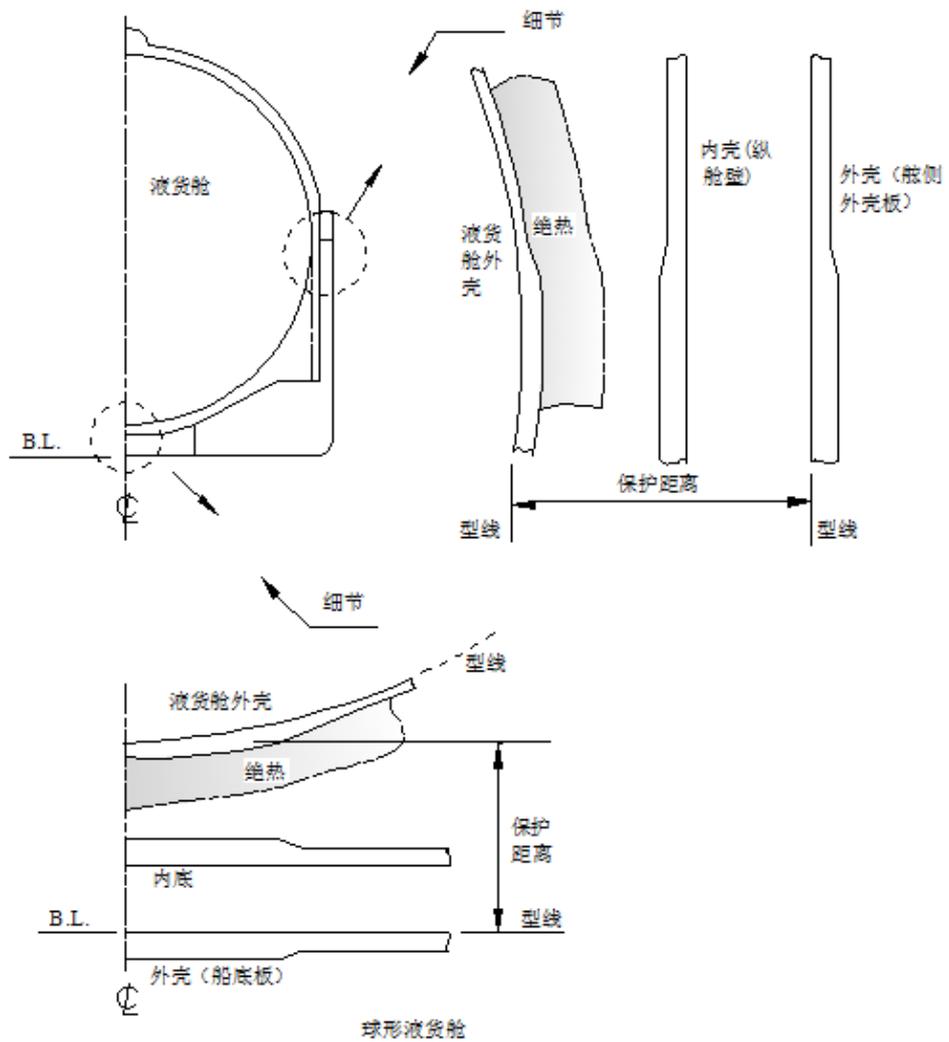


图 2.5(d)—保护距离

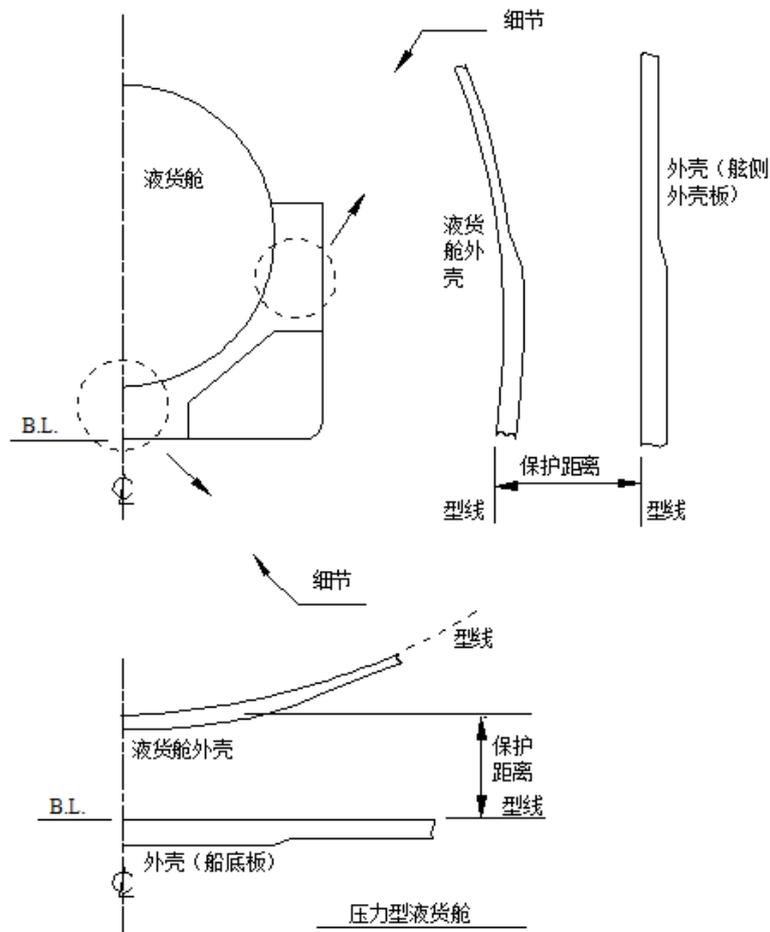


图 2.5(e)—保护距离

2.6.3 除 IG 型船舶外，液货舱内的吸水阱可以延伸至 2.5.1.2 规定的船底垂向破损范围内，但要求此种阱尽可能小，且伸入内底板以下部分不超过双层底高 25% 或 350mm，取小者。若无双层底时，吸水阱伸入船底破损上限以下部分不应超过 350mm。在确定受破损影响的舱室时，对于按照本条要求所设置的吸水阱，可忽略不计。

2.6.4 液货舱应位于防撞舱壁之后。

2.7 浸水假定

2.7.1 假定破损处所的渗透率如下：

处 所	渗透率
物料贮放处所	0.60
起居处所	0.95
机器处所	0.85
空舱	0.95

拟用于装消耗液体	0~0.95 ^①
拟用于装其他液体	0~0.95 ^①

2.7.2 当破损穿透装有液体的舱时，应假设舱内液体从该舱完全流失，并由江水替代直至最终的平衡液面。

2.7.3 若假定浸水的范围按 2.8.1.3 和 2.8.1.4 所述的标准决定，则其横舱壁之间的距离至少应等于 2.5.1.1 规定的纵向破损范围才被认定为有效，否则在此破损范围内舱壁中的 1 个或几个，在确定浸水舱室时应假定为不存在。若水密舱壁边界在 2.5 所要求的垂向或横向破损范围内，则其边舱或双层底舱的任何部分应被假定破损。若横舱壁上有长度超过 3m 的台阶或壁龛位于被假定的破损范围内，则该横舱壁亦应被假定破损，但尾尖舱舱壁与尾尖舱顶形成的台阶在此处不应视为台阶。

2.7.4 应通过有效的布置将船舶设计成能使不对称浸水减至最小程度。

2.7.5 当所设置的平衡装置需要机械辅助设备如阀或横通调平管时，则不应认为该装置可被用于减小横倾角或达到最小剩余稳性范围以满足 2.9.2 的要求，而应在所有的平衡阶段仍保持有足够的剩余稳性。对用大截面导管连通的处所，可被认为是连通处所。

2.7.6 如果管路、导管、围阱或隧道位于 2.5 规定的假定破损穿透范围内，它们的布置，应能在每一破损情况下不会使浸水继续扩展到被假定浸水舱室之外的其他舱室。

2.7.7 直接位于舷侧破损范围上方的任何上层建筑的浮力，应不予考虑。但对破损范围以外的上层建筑未浸水部分的浮力，可予以考虑，条件是：

- (1) 必须用水密隔壁将它们与破损处所隔开，且应满足 2.9.1.1 对这些完整处所的要求；
- (2) 对于这些隔壁的开口，应用能遥控的滑动水密门予以关闭，且在 2.9.2.1 所要求的最小剩余稳性范围内，未保护的开口不应被浸没，但对于能水密关闭的其他开口，可允许被浸没。

2.8 破损标准

2.8.1 船舶应能在 2.7 所述的假定浸水情况下经受住 2.5 所述的破损。对于其假定浸水的范围，应根据船型按下列标准决定：

2.8.1.1 1G 型和船长大于 150mm 的 2G 型船舶，应假定在其船长范围内的任何部位均能经受破损。

2.8.1.2 船长等于或小于 150mm 的 2G 型船舶，应假定在其船长范围内的任何部位均能经受破损，但不包括尾机舱边界的舱壁。

2.8.1.3 2PG 型和等于或大于 80m 的 3G 型船舶，应假定在其船长范围内的任何部位均能经受破损，但不包括间距超过 2.5.1.1 (1) 规定的纵向破损范围的横向舱壁。

2.8.1.4 船长小于 80m 的 3G 型船舶，应假定在其船长范围内的任何部位均能经受破损，但不包括间距超过 2.5.1.1 (1) 规定的纵向破损范围的横向舱壁和尾部机器处所的破损。

2.8.2 不是在所有方面都满足 2.8.1.2、2.8.1.3 和 2.8.1.4 的 500 总吨以下的液化气体船，可由本社特殊考虑，但应采取同等安全程度的替代措施，替代措施的性质应经认可并清楚地加以说明。任何此类替代应在“适装证书”内作适当注明。

^①部分充装的舱室的渗透率应与舱室所载运的液体量一致。

2.9 残存要求

2.9.1 对于本篇所适用的船舶，应按 2.8 规定的标准，在 2.5 假定的破损范围内，通过计算证实，在稳定平衡条件下满足本节规定的残存要求。计算中应考虑船舶的设计特征，破损舱室的布置、形状和容量，液体的分布、相对密度和自由液面影响，以及所有装载状态下的吃水和纵倾。

2.9.2 在浸水的任何阶段应满足下列要求：

(1) 计及下沉、横倾和纵倾后的水线应低于可能发生继续浸水或使主船体内部浸水的任何开口的下缘。此类开口应包括空气管和以风雨密门或舱口盖作为关闭装置的开口，但不包括用水密人孔盖关闭的开口或水密平舱口、能保持甲板高度完整性的小型水密液货舱舱口盖、能遥控操纵的水密滑动门和固定式（非开启）舷窗作为关闭装置的开口。

(2) 由于不对称浸水引起的最大横倾角不应超过 15°。

(3) 浸水中间阶段应有足够的剩余稳性。

(4) 在浸水后的最终平衡状态应满足下列要求：

(5) 剩余复原力臂曲线在平衡角以外至进水角或消失角（取小者）至少有 10°的正值范围，此范围内该曲线下的面积应不小于 0.01m·rad。在计算剩余复原力臂曲线的面积时，若平衡角以外至进水角或消失角（取小者）的角度大于 20°时，取 20°；

(6) 上述剩余复原力臂曲线在平衡角以外至进水角或消失角（取小者）可以减小到最小 5°的正值范围，此时该范围内曲线下的面积 a 应不小于按下式计算所得之值：

$$a=0.02-0.001 \theta \quad \text{m} \cdot \text{rad}$$

式中： θ ——剩余复原力臂在平衡角以外至进水角或消失角（取小者）间的角度，°。

(7) 按固定排水量法计算的初稳性高度应不小于 0.1m；

(8) 应急电源应能供电。

(9) 本条文中的进水角应选取非破损范围的进水点进行计算，如果某一进水点位于假定的破损范围，则可不计及该进水点的影响。

第 3 章 船舶布置

3.1 货物区域的分隔

3.1.1 货舱处所一般应位于 A 类机器处所的前方，且应与机器处所、起居处所、服务处所、控制站、锚链舱、饮用水舱、生活用水舱以及储物舱隔开。设置首侧推装置的 A 类机器处所允许布置在货舱处所前方。

3.1.2 若在不需要设置次屏壁的货物围护系统内载运货物，则在货舱处所与 3.1.1 所述处所之间，或与其下面或外侧的处所之间，应用隔离舱、燃油舱或形成 A-60 级分隔的全焊接结构的单层气密舱壁予以分隔。若相邻处所内不存在着火源或火灾危险，则可采用单层 A-0 级气密舱壁予以分隔。

3.1.3 若在要求设置次屏壁的货物围护系统内载运货物，则在货舱处所与 3.1.1 所述处所之间，或与其下面或外侧的处所之间，应用隔离舱或燃油舱予以分隔。若相邻处所内不存在着火源或火灾危险，则可采用单层 A-0 级气密舱壁予以分隔。

3.1.4 若在要求设有次屏壁的货物围护系统内载运货物，则船舶的结构布置应符合下列规定：

- (1) 当货物温度低于 -10°C 时，在货舱处所内须设置双层底；
- (2) 当货物温度低于 -55°C 时，在货舱处所内还须设置形成舷边舱的纵舱壁。

每一液货舱应采用全焊接结构单舱壁彼此分隔，当设计温度低于 -55°C 时，应采用隔离舱进行分隔，除非货物装载在独立液货舱内。其替代措施应能确保舱壁温度不会冷却至 -55°C 以下。

3.1.5 露天甲板上为货物围护系统所设开口处应设有密封装置。

3.2 起居处所、服务处所和控制站

3.2.1 任何起居处所、服务处所或控制站均不应位于货物区域内。对具有要求设置次屏壁的货物围护系统的船舶，应将其起居处所、服务处所或控制站面向货物区域的舱壁布置成能避免危险气体因其甲板或舱壁的单一破损而从液货舱进入这些处所。

3.2.2 为了防止有害蒸气进入起居处所、服务处所、机器处所和控制站，在确定上述处所的空气进口和开口的位置时，应考虑货物管路、货物透气系统以及机器处所内从气体燃烧装置排出的废气对上述处所的影响。符合本篇有关要求，特别是 3.2.4、3.8、8.2.11 和 12.1.6 的要求，可认为是考虑了本条预防有害蒸气的要求。

3.2.3 不允许从非危险区域通过气密门或其他型式的门直接进入气体危险处所。但当起居处所位于船尾时，可通过按 3.6.1 规定设置的空气闸进入货物区域前面的服务处所。如果面向货物区域的门位于气体危险区域之外，可允许通过这些门进入含有着火源的首楼处所的通道。

3.2.4 起居处所、服务处所、机器处所和控制站的入口、空气进口和其他开口不应面向货物区域，应将它们设置在不面向货物区域的端壁和（或）舱室的外侧壁上，但距离面向载货区域的舱室端部至少为船长（ L ）^①的 4%，且不小于 3m，然而不必超过 5m。面向货物区域端壁和在上述距离内的外侧壁上的窗和舷窗应是固定（非开启）型的。驾驶室的窗可以为非固定型的，其门可位于上述范围内，但应将它们设计成能确保迅速而有效的气密。对于专用于载运既不易燃又无毒性货物的船舶，

^①对于液化气船队，该船长可为液化气驳的船长。

经本社同意，上述要求可予放宽。进入包含点火源的艙楼处所的通道可允许通过面向货物区域的单扇门，但门应位于第 10 章中定义的危险区域外。

可准许在面向货物区域的边界舱壁，或在本规范上述 5 m 限制范围内设置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口，但是这些出入口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。在上述 3.2.1.1 条规定的限制范围内可设置拆移机器时用的由螺栓紧固的门板。（和化学品船规范对应）

3.2.5 面向货物区域和在 3.2.4 中规定的限制内的上层建筑或甲板室两外侧壁上的窗和舷窗（驾驶室窗除外）应建造成 A-60 级。驾驶室窗应建造成不低于 A-0 级（对于外部火灾）。最上层连续甲板以下外板上的窗和舷窗以及在第 1 层上层建筑或甲板室的窗和舷窗均应为固定（非开启）型的，且装有钢或其他等效材料制成的内盖。

3.2.6 起居处所、服务处所和控制站的所有空气进口、出口和其他开口均应设有关闭装置。载运有毒货品时，它们应能在处所内部操作。对于有毒货品，空气进口和开口设置能在处所内部操作的关闭装置的要求不必适用于不经常有人的处所，例如甲板贮存室、艙楼储藏室、工作间。另外，此要求不适用于货物区域内的货物控制室。

（1）当载运有毒气体时其空气进口和开口应设内部关闭装置的处所，通常指用于生活和航行目的的甲板室或上层建筑包括船员舱室、餐厅、厕所、医疗室和厨房，但不包括机舱棚、甲板贮存室、舵机舱、工作间。而首楼储藏室和货物区域的货物控制室不要求设内部操作关闭装置。对于设有内部关闭装置的门，外部不应设有临时加锁的装置。

（2）当要求设内部关闭装置时，也包括通风的进口和出口。

（3）防止有毒气体和无毒气体进入的关闭装置应达到一个合理的气密程度，不带垫圈或密封装置的普通钢质防火挡板应视为不合格。

3.3 货物机器处所

3.3.1 货物机器处所应位于露天甲板上，且应位于货物区域内。货物机器处所应被视为货泵舱，在防火要求方面按照《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章 3.3.6 的要求；在防止潜在的爆炸方面按照本社《钢质内河船舶建造规范》第 6 篇第 2 章 2.1.1 的要求。

3.3.2 当货物机器处所位于最后货舱处所的后面或最前货舱处所的前面时，货物区域的界限应扩展到包括货物机器处所在内的整个船宽和船深的范围和这些处所上方的甲板区域。

3.3.3 当货物区域的界限按 3.3.2 要求扩展时，货物机器处所与起居处所、服务处所、控制站和 A 类机器处所之间的分隔舱壁应布置成能避免危险气体因甲板或舱壁的单一破损而进入这些处所。

3.3.4 货物压缩机和货泵可由经舱壁或甲板分隔的相邻非危险处所中的电动机驱动，条件是舱壁贯穿周围的密封能够确保该两个处所的有效气密分隔。作为替代，如果电气装置符合第 10 章的要求，该设备可由相邻的合格防爆型电动机驱动。

3.3.5 货物机器处所应布置成能使穿防护服和带呼吸器的人员安全无阻地进出，并且在人员受伤时，能及时将昏迷的伤员救出。货物机器处所内应设有至少 2 个远离的脱险通道和门，当至门的最大距离小于或等于 5 m 时，可接受单个脱险通道。

3.3.6 装卸货物所需的阀应位于穿防护服的人员易于接近之处。在货泵舱和压缩机舱内应配备合适的排水装置。

3.4 货物控制室

3.4.1 货物控制室应位于露天甲板以上，且可位于货物区域内。货物控制室也可设于起居处所、服务处所或控制站内，但应满足下列条件：

- (1) 货物控制室是非危险区域；
- (2) 如果货物控制室的入口符合 3.2.4 的规定，则可以设置从控制室到上述处所的通道；
- (3) 如果货物控制室的入口不符合 3.2.4 的规定，则不得设置从货物控制室到上述处所的通道，且货物控制室与这些处所之间的周界防火分隔应达到“A-60”级的分隔完整性。

3.4.2 如果货物控制室设计成非危险区域，则货物控制室内的仪表设备应尽可能采用间接读出系统，且应将仪表设备设计成在任何情况下能防止气体逸至货物控制室内的空气中。在货物控制室内如果气体探测器依照 13.6.11 的规定安装，则在货物控制室内的气体探测系统设置不应使控制室变成危险区域。

3.4.3 对于载运易燃货物的船舶，如果货物控制室是气体危险区域，则应排除点火源，且任何电器设备应按照本篇第 10 章安装。

3.5 通往货物区域内各处所的通道

3.5.1 在不移动任何固定结构或装置的情况下，至少能对船体内壳结构的一侧进行目测检验，若这种目测检验只能检查内壳的外表面（不论其能否与本篇 3.5.2 和 4.6.2(4)或 4.14.3(7)所要求的检验同时进行）则此船体内壳不应是构成燃油舱周界的舱壁。

3.5.2 应能对货舱处所内任何绝热层的一侧进行检验。若对于绝热系统的完整性能在液货舱处于营运温度时通过对货舱处所周界外侧的检验予以验证时，则对货舱处所内一侧绝热层的检验可不要

求。

3.5.3 对货舱处所、留空处所、液货舱和归为危险区域的其他处所进行布置时，应考虑身穿防护服和携带呼吸器的人员能进入上述任何处所并进行检验，且允许受伤和/或昏迷人员撤离。该布置应符合下列要求：

3.5.3.1 应设有下述通道：

- (1) 从开敞甲板直接进入所有液货舱；
- (2) 水平开口、舱口或人孔应具有足够尺寸，能让携带呼吸器的人员上下梯子无阻碍，且应提供 1 个无障碍的开口，以便将受伤人员从处所底向上提升，该开口的尺寸应不小于 500mm×550mm；
- (3) 在舱内沿长度和宽度方向通道的垂直开口或提供出入这些处所人孔的最小净开口尺寸应不小于 450mm×550mm 或 400mm×600mm，其下缘距舱底板的高度应不大于 600mm，否则应设有格栅或踏步。
- (4) 至 C 型舱的圆形通道开口直径应不小于 600 mm。

3.5.3.2 如果货物在要求设有次屏壁的围护系统中载运，3.5.3.1 (2) 和 3.5.3.1 (3) 的要求不适用于以单层钢质气密周界与货舱处所相隔离的处所；此类处所应设置仅能从露天开敞甲板直接或间接进入的通道，该通道不应通过任何围蔽的非危险区域。

3.5.3.1 (2) 和 3.5.3.1 (3) 给出的最小尺寸要求对于上述处所也应遵守。

对于 A 型独立液货舱的船舶，人孔不允许穿过次屏壁，除非是穿过位于在假定液货舱完全损坏和船舶左右横倾 15°情况下的预测货物表面之上的区域内的上甲板。对于替代结构布置应特别考虑。

3.5.3.3 检查所需通道应为通过液货舱上方或下方结构的指定通道，应至少有 3.5.3.1 (3) 要求

的横截面。

3.5.3.4 就 3.5.1 或 3.5.2 而言，应适用下列要求：

(1) 如要求通过平的或弯曲的待检查表面和结构（例如甲板梁、加强筋、肋骨、纵桁等）之间，该表面与结构件自由边之间的距离应至少为 380 mm。待检查表面和设置上述结构件的表面（例如甲板、舱壁或外壳）之间的距离，对于弯曲的液货舱表面（例如 C 型舱），应至少为 450 mm，对于平的液货舱表面（例如 A 型舱），应至少为 600 mm（见图 3.1）；

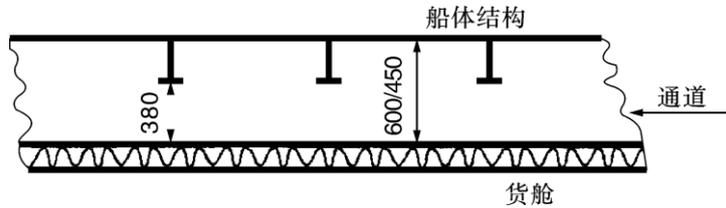


图 3.1

(2) 如不要求通过待检查表面和结构的任何部分之间，为便于目视检查，结构件的自由边和待检查表面之间的距离应至少为 50 mm 或结构面板宽度的一半，取其大者（见图 3.2）；

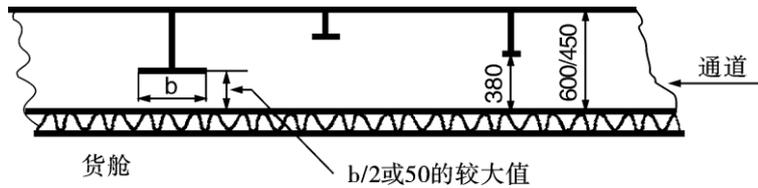


图 3.2

(3) 如为了检查曲面，要求通过该表面和另一个未设置结构件的平的或弯的表面之间，2 个表面之间的距离应至少为 380 mm（见图 3.3）。如不要求通过该曲面和另一个表面之间，考虑到曲面的形状，可接受距离小于 380 mm；

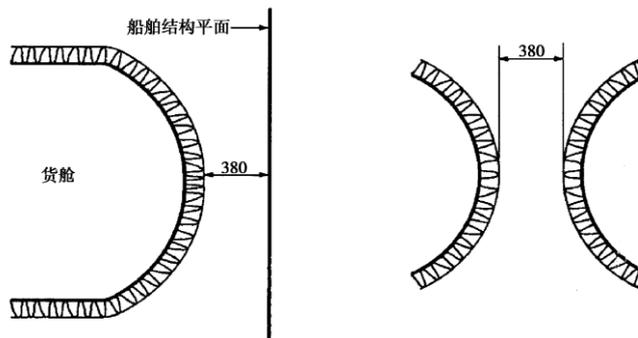


图 3.3

(4) 如为了检查近似平的表面，要求通过未设置结构件的 2 个近似平的和近似平行的表面，这些表面之间的距离应至少为 600 mm。如设有固定通道梯子，应设有至少 450 mm 的间隙供进入（见图 3.4）；

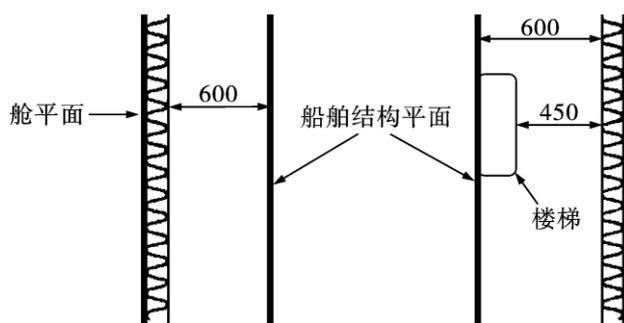


图 3.4

(5) 液货舱集液槽和吸口井处相邻双层底结构之间的最小距离不应小于图 3.5 中所示距离（图 3.5 显示集液槽平面和吸井之间的距离最小为 150 mm，内底板和吸井的垂直边之间的边缘以及球形或圆形表面与液货舱集液槽之间的接合点之间的间隙至少为 380 mm）。如无吸口井，液货舱集液槽和和内底之间的距离应不小于 50 mm；

(6) 液货舱气室和甲板结构之间的距离应不小于 150 mm（见图 3.6）；

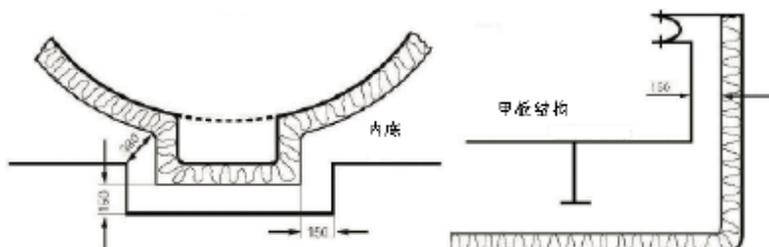


图 3.5

图 3.6

(7) 应安装检查液货舱、液货舱支撑装置和固定装置（例如抗纵摇、抗横摇和止浮垫块）、液货舱绝热所需的固定式或可携式脚手架。该脚手架不应减少 3.5.3.5 (1) 至 3.5.3.5 (4) 中规定的间隙；和

(8) 如应安装固定式或可携式通风管道以符合 12.1.2，这类管道不应减少 3.5.3.5 (1) 至 3.5.3.5 (4) 要求的距离。

3.5.4 从露天甲板货物区域进入非危险区域的通道应位于第 10 章中规定的危险区域外，除非通道内设有符合 3.6 规定的空气闸。

3.5.5 不允许设置从露天开敞甲板下的危险区域通往非危险区域的通道。

3.6 空气闸

3.6.1 露天开敞甲板上的危险区域与非危险处所之间的通道应依靠空气闸。空气闸应由两扇能确保气密的钢质门组成，此类门应是自闭式的，无任何门背扣装置，能保持正压，它们之间距离至少为 1.5 m，但不大于 2.5 m。空气闸处所应从非危险区域机械通风并相对露天开敞甲板上的危险区域保持正压状态。

当正压状态消失时，空气闸所保护处所内的非合格防爆型电气设备应在至少换气 10 次以后才能重新通电。

3.6.2 如果空气闸所保护处所受到加压保护，通风应按照公认标准^①设计和安装。

3.6.3 空气闸处所的两端应配备听觉和视觉报警系统。当一侧门开启时，应发出视觉报警。当空气闸两侧的门从关闭位置开启时应发出听觉报警。

^①例如国际电工委员会建议的出版物，特别是 IEC 60092-502:1999。

3.6.4 载运易燃货品的船上,受空气闸所保护的处所内的过压状态消失时,应能切断对该处所内非合格防爆型电气设备的供电。

3.6.5 位于空气闸所保护的处所内用于操纵、锚泊和系泊设备以及应急消防泵的电气设备应为合格防爆型。

3.6.6 空气闸处所内应监测货物蒸气。

3.6.7 空气闸的门槛高度应符合《内河船舶法定检验技术规则》第4篇第4章4.2.5的要求。

3.7 舱底水、压载和燃油布置

3.7.1 如货物载运在不要求设有次屏壁的货物围护系统,则在货舱处所内应配备不与机器处所相连的合适的排水装置,还应设有探测任何泄漏的装置。

对于设有C型独立液舱的货舱处所,货舱处所的舱底水排水装置通常能从露天甲板以上操作;探测货舱处所泄漏的装置应适于确定水的存在。探测泄漏的装置可由电子液位开关组成,相关电气元器件应满足IEC60092-502对其安装位置所属危险区域内的电气设备的防爆要求,并应在驾驶室和货物控制室(如设有)报警。

3.7.2 如设有次屏壁,则应配备适当的排水装置,用于处理通过相邻船体结构漏入货舱处所或绝热处所的泄漏。吸口不应引向机器处所内的泵。还应设有能探测此类泄漏的装置。

3.7.3 A型独立液货舱的货舱处所或保护层处所,应设有适当的排水系统,以处理在液货舱泄漏或破裂时漏出的液货,这种装置还应提供将漏出的液货返回到液货舱的管路。

3.7.4 上述3.7.3所述的装置应提供可拆短管。

3.7.5 压载处所(包括用作压载水管路的湿箱形龙骨)、燃油舱和非危险处所可与机器处所内的泵相连接。有压载水管通过的干箱形龙骨可与机器处所内的泵相连接,条件是连接管直接同泵连接,并从泵直接排出舷外,且从箱形龙骨连至泵以及从泵排出舷外的管路不应与服务于非危险处所的管路连接。泵的透气管的开口不应通向机器处所。

3.8 船首或船尾装卸装置

3.8.1 符合本节和第5章要求时,可允许设置船首或船尾装卸货物管系。

3.8.2 通过起居处所、服务处所或控制站旁通过的船首或船尾装卸管路不得用于输送要求1G型船舶载运的货物。如果设计压力超过2.5 MPa,船首或船尾装卸管路也不得用于输送1.3.42所定义的有毒货品。

3.8.3 不允许采用可携式装置。

3.8.4 起居处所、服务处所、机器处所和控制站的进出口、空气进口及开口不应面向船首或船尾装卸装置的货物通岸接头所在位置。它们应位于上层建筑或甲板室的外侧,离上层建筑或甲板室面向首和尾装卸货物通岸接头的端壁之间的距离至少为船长(L)的4%,但不得小于3 m,也不必超过5 m。面向通岸接头以及上述距离范围内的上层建筑或甲板室两侧的窗和舷窗应是固定(非开启)型的。此外,首尾装卸装置在使用期间,相应的上层建筑或甲板室两侧的所有门、舷门以及其他开口均应保持关闭状态。对于500总吨以下的船舶,若不可能满足3.2.4.和本条款要求时,经本社同意可予以放宽上述要求。

3.8.5 首尾装卸装置在使用期间,离货物通岸接头10 m范围内各处所的甲板开口和空气进/出口应保持关闭状态。

3.8.6 首尾装卸区域的消防设备应符合 11.3.1（4）和 11.4.6 的要求。

3.8.7 货物控制站与通岸接头处之间应配备用于联络的通信设备，必要时应采用可在危险区域使用的合格防爆型通信设备。

3.9 隔离舱和管隧

3.9.1 当设置隔离舱时，其宽度应不小于一个肋距。

3.9.2 管隧应具有足够空间供人员检修。管隧中的管子应安装在距船底尽可能最高的位置。

3.9.3 不允许在机舱中通过人孔进入管隧。

第 4 章 货物围护系统

4.1 适用范围

4.1.1 除非在本章 4.15 至 4.20 中另有规定，本章 4.3 至 4.14 的要求适用于所有类型的液货舱。

4.2 定义

4.2.1 冷点系指船体或绝热表面的一部分，对于船体或相邻船体结构的许用最低温度或第 7 章要求的货物压力/温度控制系统的设计能力，其发生局部温度降低。

4.2.2 设计蒸气压力 P_o 系指用于液货舱设计的液货舱顶部的最大表压。

4.2.3 供选择液货舱材料用的设计温度系指可以在液货舱内进行货物装载或运输的最低温度。

4.2.4 独立液货舱系指自身支撑的液货舱，它不构成船体结构的一部分，对船体强度不是必需的。独立液货舱分为 3 类，分别在 4.15、4.16 和 4.17 中叙述。

4.2.5 薄膜液货舱系指非自身支撑的液货舱，它由邻接的船体结构通过绝热层支撑的一层水密和气密薄膜组成。薄膜液货舱详见 4.18。

4.2.6 整体液货舱构成船体结构的一部分，并且以相同方式与相邻船体结构一起受到同样载荷的影响。整体液货舱详见 4.19。

4.2.7 半薄膜液货舱系指装载工况下非自身支撑的液货舱，它由一层薄膜组成，该薄膜的大部分是由相邻船体结构通过绝热层所支撑。半薄膜液货舱详见 4.20。

4.2.8 除 1.3 中的定义外，本章中给出的定义还应在本篇中适用。

4.3 功能要求

4.3.1 货物围护系统的设计寿命应不小于船舶的设计寿命。

4.3.2 货物围护系统应根据航行水域环境条件和相关波浪散布图进行设计。

4.3.3 货物围护系统应设计成具有适当的安全裕度，从而：

(1) 在完整条件下，经受货物围护系统设计寿命预期的环境条件及其适当的装载工况，包括满载均匀和部分装载工况，规定限制范围内的部分充装和压载航行载荷；

(2) 适于载荷、结构建模、疲劳、腐蚀、热效应、材料可变性、老化和建造公差的不确定性。

4.3.4 应按失效模式评定货物围护系统的结构强度，包括但不限于塑性变形、屈曲和疲劳。每个货物围护系统设计时应考虑的具体设计条件见 4.15 至 4.20。有 3 类主要的设计条件：

(1) 极限设计条件—货物围护系统结构及其结构件应承受建造、试验和预期投入使用期间可能发生的载荷，不损害结构完整性。设计应考虑下列载荷的适当组合：

- ① 内部压力；
- ② 外部压力；
- ③ 船舶运动引起的动载荷；
- ④ 热载荷；

- ⑤ 晃荡载荷；
- ⑥ 船舶变形引起的载荷；
- ⑦ 液货舱和货物重量在支撑构件部位的相应的反作用力；
- ⑧ 绝热层重量；
- ⑨ 作用在塔架和其他附件处的载荷；和
- ⑩ 试验载荷。

(2) 疲劳设计条件—货物围护系统结构及其结构件不应在累积循环载荷下失效。

(3) 货物围护系统应满足下列衡准：

- ① 碰撞—货物围护系统的保护位置应按照 2.6.1，并承受 4.11.6 中规定的碰撞载荷，且支撑构件或支撑构件处的液货舱结构无变形，从而不可能危及液货舱结构。
- ② 失火—货物围护系统应在无破裂的情况下，在预期的失火情景下承受 8.4.1 中规定的内部压力的增加。
- ③ 舱室进水对液货舱形成浮力—止浮装置应保持 4.11.6 中规定的向上的力，且应无危及船体的塑性变形。

4.3.5 应采取措施确保要求的尺寸满足结构强度规定并在设计寿命中保持。措施可包括但不限于材料选择、涂层、腐蚀增量、阴极保护和惰化。除结构分析产生的厚度外，无要求腐蚀裕量。但是，如果无环境控制（例如液货舱周围的惰化），或货物具有腐蚀性，本社可要求适当的腐蚀裕量。

4.3.6 应制定货物围护系统的检查/检验计划并由本社认可。检查/检验计划应确定在货物围护系统整个寿命的检验期间需要检查的区域，特别是选择货物围护系统设计参数时假定的所有必需的营运检验和维护。货物围护系统的设计、建造和配备应提供进入检查/检验计划中规定的需要检查区域的适当的通道。货物围护系统（包括所有相关内部设备）的设计和建造应确保操作、检查和维护期间的安全。

4.4 货物围护安全原则

4.4.1 围护系统应设有能安全控制通过主屏壁的所有潜在泄漏的完整的水密次屏壁，并且该次屏壁能与绝热系统一起防止船舶结构的温度下降至不安全的程度。

4.4.2 如按照 4.4.3 至 4.4.5 的适用要求证明同等的安全等级，次屏壁的尺寸、形状或布置可减小。

4.4.3 已确定结构失效导致临界状态的可能性极低但不能排除主屏壁泄漏的可能性的货物围护系统应设有能安全处理泄漏的部分次屏壁和小泄漏保护系统。装置应符合下列要求：

(1) 达到临界状态前能可靠探测到的失效形成（例如通过气体探测或检查）应有足够长的形成时间以采取补救措施；

(2) 达到临界状态前不能安全探测到的失效形成应有比液货舱预计寿命长得多的预计形成时间。

4.4.4 如果主屏壁的结构失效和泄漏的可能性很低且可忽略不计，货物围护系统不要求设次屏壁，如 C 型独立液货舱。

4.4.5 如果大气压力下的货物温度不低于-10℃，不要求设次屏壁。

4.5 与液货舱类型相关的次屏壁

4.5.1 与 4.15 至 4.20 中规定的液货舱类型有关的次屏壁应按下表设置。

表 4.5.1

大气压力下的货物温度	-10℃及以上	-10℃至-55℃	-55℃以下
基本液货舱类型	不要求设次屏壁	船体可作为次屏壁	要求设单独的次屏壁
整体液货舱 薄膜液货舱 半薄膜液货舱 独立液货舱 A 型独立液货舱 B 型独立液货舱 C 型独立液货舱		通常不允许采用此类舱型 ¹ 完整的次屏壁 完整的次屏壁 ² 完整的次屏壁 部分的次屏壁 不要求次屏壁	
注1: 按 4.19.1 的规定, 如允许载运大气压力下温度低于-10℃的货物, 则通常应要求设完整的次屏壁。 注2: 如半薄膜液货舱在各方面均能符合适用于 B 型独立液货舱的要求 (支撑方式除外), 经本社特别考虑, 可同意设置部分的次屏壁。			

4.6 次屏壁的设计

4.6.1 如在大气压力下货物温度不低于-55℃, 则基于下列条件船体结构可作为次屏壁:

- (1) 按 4.13.1 (4) 的要求, 在大气压力下船体材料应能适应于货物温度; 和
- (2) 设计时应考虑到不会因温度而产生不能接受的船体应力。

4.6.2 次屏壁应设计成:

- (1) 在考虑到 4.12.5 (2) ③所述的载荷谱后, 能使其容纳 15 天时间的任何预计泄漏的货物。但对航行于特殊航线的船舶可应用不同的衡准;
- (2) 液货舱内能导致主屏壁失效的物理、机械或操作事件不应损害次屏壁的功能, 反之亦然;
- (3) 船体结构支撑构件或附件的失效不会导致主屏壁和次屏壁液密的丧失;
- (4) 能以本社接受的方式定期检查其有效性。这可通过外观检查或压力/真空试验或按照本社同意的用文件记录的程序进行的其他合适方式;
- (5) 上述 (4) 中要求的方法应经本社认可, 如适用于试验程序, 应包括:
 - ① 在危及液密有效性之前, 可接受的缺陷尺寸和次屏壁内缺陷位置的详细情况;
 - ② 上述①中探测缺陷的建议方法的值的精度和范围;
 - ③ 确定验收衡准使用的缩减比例因数 (如不进行全尺度模型试验); 和
 - ④ 热和机械循环载荷对试验有效性的影响;
- (6) 应在静横倾角为 20° 时仍能使次屏壁履行其功能要求。

4.7 部分次屏壁和主屏壁小泄漏保护系统

4.7.1 4.4.3 中允许的部分次屏壁应与小泄漏保护系统一起使用并满足 4.6.2 的要求。小泄漏保护系统应包括探测主屏壁泄漏的装置, 使任何液体货物向下进入部分次屏壁的防溅屏障以及通过自然蒸发处理液体的装置。

4.7.2 应根据相当于在最初探测到主屏壁泄漏后，从 4.12.5 (2) ③所述的载荷谱中得到的破损范围所泄漏的货物量确定部分次屏壁的容量。可适当考虑液体蒸发、泄漏率、泵的排量以及其他有关因素。

4.7.3 要求的液体泄漏探测可通过液体传感器或有效使用压力、温度或气体探测系统或任何组合进行。

4.8 支撑结构

4.8.1 对于液货舱，应由船体予以支撑，在液货舱受到 4.11.3 至 4.11.6 中规定的静、动载荷作用时（如适用），其支撑方式应能防止液货舱本体的移动，可以允许液货舱在温度变化和船体变形时收缩和膨胀，但不能使船体和液货舱出现过大的应力。

4.8.2 应设置用于液货舱的止浮装置，其能承受 4.11.6 中规定的载荷，而不会产生可能危及船体结构的塑性变形。

4.8.3 支撑结构应经受 4.11.4(9)和 4.11.6 中规定的载荷，但这些载荷无需进行相互间的合成，也不必将这些载荷与波浪引起的载荷进行合成。

4.9 相关结构和设备

4.9.1 货物围护系统应设计成能承受相关结构和设备施加的载荷。这包括泵塔、货物气室、货泵和管系、清舱泵和管系、氮气管系、通道舱口、梯子、管系贯穿件、液位表、独立液位报警表、喷嘴和仪表系统（例如压力、温度和应力表）。

4.10 绝热

4.10.1 应按要求设置绝热层以防止船体温度降至许用值以下，并将进入液货舱的热流限制在第 7 章使用的压力和温度控制系统能维持的水平。

4.10.2 在确定绝热性能时，应适当注意与船上的再液化装置、主推进机械或其他温度控制系统有关的可接受的蒸发量。

4.11 设计载荷

4.11.1 设计载荷包括永久载荷、功能载荷、环境载荷和意外载荷。

4.11.2 液货舱连同其支撑结构和其他固定装置，设计时应考虑不同载荷的相关组合。

4.11.3 永久载荷

- (1) 应考虑液货舱、绝热层、塔架和其他附件产生的载荷的重量；
- (2) 应考虑外部作用在液货舱上的结构和设备的重力载荷。

4.11.4 功能载荷

(1) 液货舱系统操作使用产生的载荷应归类为功能载荷。至少应考虑下列载荷的影响：

- ① 内部压力；
- ② 外部压力；
- ③ 热载荷；
- ④ 振动；

- ⑤ 相互作用载荷；
- ⑥ 与结构和安装相关的载荷；
- ⑦ 试验载荷；
- ⑧ 静横倾载荷；
- ⑨ 货物重量。

(2) 内部压力

① 在任何情况下，包括 4.11.4 (2) ②， P_0 均不得小于释放阀的最大调定值 (MARVS)。

② 对于无温度控制装置和其货物压力仅由环境温度支配的液货舱， P_0 应不得低于在温度为 45℃ 时的货物蒸气表压，但下列除外：

——对于航行于限制航区的船舶，本社可以接受更低的环境温度值。反之，可要求较高的环境温度值；和

——对于在限制期限内航行的船舶， P_0 可基于航行期间的实际压力上升进行计算，并考虑液货舱的任何绝热情况。

③ 若经本社特别考虑，并符合 4.15 至 4.20 规定对各类液货舱的限制条件，可接受在动载荷降低的场所特定条件下（港口或其他场所），采用高于 P_0 的蒸气压力 P_h 。任何释放阀设定应记录在“内河船舶散装运输液化气体适装证书”中。

④ 内部压力 P_{eq} 源自蒸气压力 P_0 或 P_h 加最大相关动态液体压力 P_{gd} ，但不包括液体晃动载荷的影响。对相关动态液体压力 P_{gd} 的指导公式，见 4.22.1。

(3) 外部压力

对于外部压力载荷，应根据液货舱的任何部位可同时承受的最小内部压力和最大外部压力之间的差值予以确定。

(4) 热载荷

① 对于拟用于载运温度低于 -55℃ 的货物的液货舱，应考虑冷却期间的瞬态热载荷。

② 当所设计的支撑装置或附件和营运温度可能会引起较大的热应力时，对于这类货物围护系统，应考虑稳态热载荷。

(5) 振动

应考虑振动对货物围护系统潜在的破坏影响。

(6) 相互作用载荷

应考虑货物围护系统和船体结构之间相互作用产生的静载荷分量以及相关结构和设备产生的载荷。

(7) 与结构和安装相关的载荷

应考虑与结构和安装相关的载荷或条件，例如起重。

(8) 试验载荷

应考虑对应于 4.15 至 4.20 中所述的货物围护系统试验的载荷。

(9) 静横倾载荷

应考虑对应于在 0° 到 20° 范围内的最不利的静横倾角的载荷。

(10) 其他载荷

应考虑未特别提及但对货物围护系统有影响的任何其他载荷。

4.11.5 环境载荷

(1) 环境载荷定义为货物围护系统上由周围环境产生且未归类为永久、功能或意外载荷的载荷。

(2) 船舶运动产生的载荷

① 在确定动载荷时应考虑船舶在其使用寿命期间在不规则波浪中船舶运动的长期分布。由于必要的减速和航向的变化，可考虑减小动载荷。

② 船舶运动可包括纵荡、横荡、垂荡、横摇、纵摇和首摇。在估算作用于液货舱的加速度时，其作用点应在液货舱的重心处，且包括下列分量：

——垂向加速度：垂荡、纵摇以及可能还有横摇(垂直于船舶基线)的运动加速度，应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第一篇 3.6.4.5 的规定；

——横向加速度：横荡、首摇和横摇的运动加速度；以及横摇的重力分量，应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第一篇 3.6.4.5 的规定；

——纵向加速度：纵荡和纵摇的运动加速度；以及纵摇的重力分量，可不考虑。

③ 用以预测船舶运动引起的加速度的方法应经本社认可。

(3) 动态相互作用载荷

应考虑货物围护系统和船体结构之间相互作用产生的动载荷分量，包括相关结构和设备产生的载荷。

(4) 晃荡载荷

① 货物围护系统和内部构件上的晃荡载荷应基于许用充装高度进行评估。

② 当预计存在较大的晃荡引起的载荷时，应要求作专门的试验和计算，包括预定充装高度的整个范围。

(5) 雪和冰载荷

应考虑雪和结冰（如相关）。

(6) 冰区航行产生的载荷

对于拟在冰区航行的船舶，应考虑冰区航行产生的载荷。

4.11.6 意外载荷

(1) 碰撞载荷

应基于满载工况下的货物围护系统确定碰撞载荷，向前惯性力为 0.5g，向后惯性力为 0.25g，其中 g 为重力加速度。

(2) 船舶浸水产生的载荷

对于独立液货舱，在设计止浮垫块和船体支撑结构时，应考虑浸水至满载水线时货舱处所中空舱的浮力产生的载荷。

4.12 结构完整性

4.12.1 结构设计应确保液货舱具有足够的承受所有相关载荷的能力和足够的安全裕量。应考虑塑性变形、屈曲、疲劳和丧失水密和气密的可能性。

4.12.2 货物围护系统的设计应符合 4.15 至 4.20 对不同类型液货舱的要求。

4.12.3 具有新颖设计且与 4.15 至 4.20 中所述存在显著不同的货物围护系统，其设计应符合 4.21 的总体要求。

4.12.4 结构分析应符合以下要求：

(1) 设计分析应基于接受的静力学、动力学和材料强度原则。

(2) 可使用保守、简化的方法计算载荷影响。模型试验可与理论计算一起使用或代替理论计算。如果理论方法不适当，可要求模型或全尺度试验。

(3) 确定对动载荷的响应时，应考虑动力影响（如其可能影响结构完整性）。

(4) 结构分析时应考虑可能同时作用的所有相关载荷组合。

(5) 应考虑建造、装卸、试验和营运期间所有相关阶段最不利的情景和条件。

(6) 当分别计算静应力和动应力时，除有其他计算方法能证明其恰当者外，总应力应按下式计算：

$$\sigma_x = \sigma_{x.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{x.dyn})^2}$$

$$\sigma_y = \sigma_{y.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{y.dyn})^2}$$

$$\sigma_z = \sigma_{z.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{z.dyn})^2}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xy.dyn})^2}$$

$$\tau_{xz} = \tau_{xz.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xz.dyn})^2}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{yz.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{yz.dyn})^2}$$

式中， $\sigma_{x.st}$ 、 $\sigma_{y.st}$ 、 $\sigma_{z.st}$ 、 $\tau_{xy.st}$ 、 $\tau_{xz.st}$ 和 $\tau_{yz.st}$ 为静应力；

$\sigma_{x.dyn}$ 、 $\sigma_{y.dyn}$ 、 $\sigma_{z.dyn}$ 、 $\tau_{xy.dyn}$ 、 $\tau_{xz.dyn}$ 和 $\tau_{yz.dyn}$ 为动应力。

4.12.5 围护系统设计时应考虑下列 3 类主要设计条件：

(1) 极限设计条件

① 考虑到弹性和塑料材料特性，结构能力可通过试验或分析、简化线性弹性分析或本篇规定予以确定。

② 应考虑塑性变形和屈曲。

③ 分析应基于的特征载荷值如下：

——永久载荷：预期值

——功能载荷：规定值

——环境载荷：对于波浪载荷，为 10^8 波浪遭遇时遇到的最可能最大载荷。

④ 下列材料参数适用于极限强度评估：

—— R_e = 室温下材料最低屈服应力 (N/mm^2)。如在应力—应变曲线上无明显的屈服应力，则可采用 0.2% 验证应力。

—— R_m = 室温下材料最低抗拉强度 (N/mm^2)。

对铝合金焊接接头，如果低匹配焊缝（即焊接金属的抗拉强度低于母材的抗拉强度）不可避免，应采用热处理后 R_e 或 R_m 的相应值。在这种情况下，横向焊接抗拉强度应不小于母材的实际屈服强度。如这不能做到，这类材料制成的焊接结构不应纳入货物围护系统。

上述性能应与材料标定的力学性能的下限值相一致，包括制造状态的焊缝金属。经本社特别考虑后，可考虑提高低温下的屈服应力和抗拉强度。对于作为材料性能依据的温度，应在“内河散装

运输液化气体适装证书”内予以注明。

⑤ 相当应力 σ_c (Von Mises, Huber) 应按下式确定:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_x\sigma_z - \sigma_y\sigma_z + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

式中: σ_x =x 方向的总正应力;

σ_y =y 方向的总正应力;

σ_z =z 方向的总正应力;

τ_{xy} =x-y 平面的总剪应力;

τ_{xz} =x-z 平面的总剪应力;

τ_{yz} =y-z 平面的总剪应力。

⑥ 除第 6 章所涉及的材料外, 在所有情况下, 用于材料的许用应力应得到本社的认可。

⑦ 根据疲劳分析、裂纹扩展分析和屈曲标准, 可对应力作进一步的限制。

(2) 疲劳设计条件

① 如按 4.4.3 的规定减小次屏壁的尺寸, 应进行疲劳裂纹扩展的断裂力学分析以确定:

——结构中的裂纹扩展路径;

——裂纹扩展速度;

——裂纹扩展导致液货舱泄漏所要求的时间;

——全厚度裂纹的尺寸和形状; 和

——可探测到的裂纹达到临界状态所要求的时间。

断裂力学通常基于试验数据的平均值加上两倍的标准差得到的裂纹扩大数据。

② 分析裂纹扩展时, 应假定使用的检查方法不能探测到的最大初始裂纹, 并考虑到适用的许用无损探伤和目视检查衡准。

③ 在 4.12.5 (2) ⑤中规定的条件下进行的裂纹扩展分析: 可采用为期 15 天的简化载荷分布和序列。该分布可由图 4.22.3 (4) 所示得到。4.12.5 (2) ⑥和 4.12.5 (2) ⑦中更长时间的载荷分布和顺序应经本社认可。

④ 布置应符合 4.12.5 (2) ⑤至⑦, 如适用。

⑤ 能通过泄漏探测可靠探测到的失效:

从泄漏探测点至达到临界状态, 预计剩余失效发展时间应不少于 15 天, 但对航行于特殊航线的船舶可实施不同的要求。

⑥ 不能通过泄漏探测到但能在营运检查时可靠探测到的失效:

从营运检查方法不能探测到的最大裂纹至达到临界状态, 预计剩余失效发展时间应不少于检查间隔的 3 倍。

⑦ 在液货舱的特定位置, 如不能确保有效的缺陷或裂纹扩大探测, 应至少使用下列更严格的疲劳验收衡准:

从假定的初始缺陷至达到临界状态, 预计失效发展时间应不少于液货舱使用寿命的 3 倍。

(3) 意外设计条件

① 意外设计条件是针对发生概率极低的意外载荷的设计条件。

② 分析应基于的特征值如下:

——永久载荷: 预期值

- 功能载荷：规定值
- 环境载荷：规定值
- 意外载荷：规定值或预期值

② 不需要将在 4.11.4 (9) 和 4.11.6 中所述的载荷进行相互间的合成，也不必将这些载荷与波浪引起的载荷进行合成。

4.13 材料

4.13.1 构成船舶结构的材料

(1) 为确定船体结构中使用的板和型材的等级，当货物温度低于-10℃时，所有液货舱应进行温度计算。计算时应进行下列假定：

- ① 应假定所有液货舱的主屏壁处于货物温度；
- ② 除①外，如要求设置完整的或部分的次屏壁，还应对任一液货舱假定其处于大气压力下的货物温度；
- ③ 环境温度应取拟驶航线中水和大气环境可能达到的最低温度。对于在限制航区营运的船舶，可允许采用较高的环境温度。反之，对于在冬季月份预期会有较低温度的区域航行的船舶，本社可规定较低的环境温度；
- ④ 应假定空气和海水都是静止的，即无强制对流调节；
- ⑤ 应假定船舶整个寿命期间由于诸如 4.13.3 (6) 和 4.13.3 (7) 中规定的热和机械老化、压缩、船舶运动和液货舱振动等因素而使绝热性能降低；
- ⑥ 应考虑泄漏货物蒸发所产生的冷却效应，如适用；
- ⑦ 可按照 4.13.1 (5) 进行船体加热，加热装置符合 4.13.1 (6) ；
- ⑧ 除 4.13.1 (5) 所述外，对于任何加热方式，均不予认定；
- ⑨ 对于连接内外层壳体的构件，在确定其钢材级别时可取平均温度。

设计中所选用的环境温度，应在“内河散装运输液化气体适装证书”内予以注明。

(2) 船体的外板和甲板以及所有相连的扶强材应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的相关要求。如果由于货物温度的影响使设计条件下的材料计算温度是在-5℃以下，此时的材料应符合表 6.5 的规定。

(3) 由于货物温度的影响使设计条件下的计算温度在 0℃以下且未构成次屏壁的所有其他船体结构的材料也应符合表 6.5 的规定。这包括支撑液货舱的船体结构、内底板、纵舱壁板、横舱壁板、肋板、强肋骨、桁材以及所有相连的扶强构件。

(4) 构成次屏壁的船体材料应符合表 6.2 的要求。若次屏壁是由甲板或舷侧外板构成，则表 6.2 所要求的材料级别应被延伸到邻接的甲板或舷侧外板的适当范围(如适用时)。

(5) 可采用对船体结构材料进行加热的方法，以确保这些材料的温度不会降到低于表 6.5 规定的材料等级的最低允许值。在进行 4.13.1 (1) 要求的计算时，可按照下列进行加热：

- ① 对于任何横向船体结构；
- ② 如果已规定较低的环境温度，对于 4.13.1 (2) 和 4.13.1 (3) 中所述的纵向船体结构，但要求这些材料在不进行加热计算时也能适应于空气为 5℃和海水为 0℃的温度条件；
- ③ 作为②的替代，对于液货舱之间的纵向舱壁，可进行加热，只要这些材料适应于最低设

计温度-30℃，或比 4.13.1（1）中确定的温度低 30℃，取小者。在这种情况下，无论这些舱壁是否视作有效，船舶总纵强度应符合本社《钢质内河建造规范》第 1 篇第 2 章的相关要求。

（6）上述（5）中所述的加热措施应符合下列要求：

- ① 应将加热系统布置成当该系统的任一部分失效时，备用加热设备仍能保持不低于 100% 的理论热载荷；
- ② 应考虑加热系统是一个必需的辅助设备。至少一个按照 4.13.1（6）①设置的系统的所有电气部件应由应急电源供电；
- ③ 加热系统的设计和构造（如有时）应经本社认可。

4.13.2 主屏壁和次屏壁的材料

（1）用于建造不构成船体的主屏壁和次屏壁的金属材料应适于其可能经受的设计载荷并按照表 6.1、6.2 或 6.3 的规定。

（2）主屏壁和次屏壁中使用的、但表 6.1、6.2 或 6.3 未涉及的非金属或金属材料应经本社认可，并考虑到其可能经受的设计载荷、性能和预定的用途。

（3）如果非金属材料（包括复合材料）用于或纳入主屏壁或次屏壁，其应进行下列性能试验（如适用时），以确保它们适合于预定的用途：

- ① 与货物的相容性；
- ② 抗老化性；
- ③ 力学性能；
- ④ 热膨胀和收缩；
- ⑤ 耐磨性；
- ⑥ 凝聚性；
- ⑦ 抗振性能；
- ⑧ 防火和阻止火焰传播性能；
- ⑨ 耐疲劳破坏和裂纹扩展性能。

（4）如适用时，应在营运中预计出现的最高温度和低于最低设计温度 5℃ 之间的范围内对上述性能进行试验，但不必低于 -196℃。

（5）如果非金属材料（包括复合材料）用于主屏壁和次屏壁，连接工艺也应如上述进行试验。

（6）使用非金属材料建造主屏壁和次屏壁的指导见本篇第 6 章。

（7）可考虑在主屏壁和次屏壁中使用非防火和阻止火焰传播的材料，只要其受适当的系统（例如永久惰性气体环境）保护或设有耐火屏壁。

4.13.3 货物围护系统中使用的绝热和其他材料

（1）货物围护系统中使用的承载绝热和其他材料应适于设计载荷。

（2）货物围护系统中使用的绝热和其他材料应具有下列性能（如适用）以确保它们适合于预定的用途：

- ① 与货物的相容性；
- ② 在货物中的可溶性；
- ③ 货物的吸收作用；
- ④ 收缩量；

- ⑤ 时效;
- ⑥ 封闭气泡含量;
- ⑦ 密度;
- ⑧ 机械性能, 能经受货物和其他载荷影响, 热膨胀和收缩;
- ⑨ 耐磨性;
- ⑩ 凝聚性;
- ⑪ 热传导性;
- ⑫ 抗振性能;
- ⑬ 防火和阻止火焰传播; 和
- ⑭ 耐疲劳破坏和裂纹扩展的性能

(3) 如适用时, 应在营运中预计出现的最高温度和低于最低设计温度 5°C 之间的范围内对上述性能进行试验, 但不必低于 -196°C。

(4) 由于所处位置或环境条件的不同, 如适用时, 绝热材料应具有适当的防火和阻止火焰传播的性能, 并应受到足够的保护, 以防止水蒸气的渗透和机械损伤。如果绝热层位于露天甲板或以上并在液货舱罩贯穿处, 其应有符合公认标准的适当的耐火性能或覆盖具有低播焰性并形成有效认可蒸气密封的材料。

(5) 未永久惰化的货舱处所可使用不满足公认的耐火标准的绝热层, 只要其表面覆盖具有低播焰性并形成有效认可蒸气密封的材料。

(6) 应在适当老化的样品上进行绝热层的热传导性试验。

(7) 当采用粉末或颗粒状绝热层时, 应采取措施减少营运中的材料压实, 保持要求的热传导性, 同时防止对货物围护系统增加任何不适当的压力。

4.14 建造

4.14.1 焊缝设计

(1) 对独立液货舱壳体的所有焊接接头, 均应采用全焊透型的平面内对接焊。仅对于气室和壳体的连接, 可根据焊接工艺认可试验的结果采用全焊透 T 型焊接。除气室上的小型贯穿件外, 一般也应将喷管焊缝设计成全焊透型。

(2) C 型独立液货舱和主要以曲面构成的 B 型独立液货舱水密主屏壁的焊接接头的细节应满足以下要求:

- ① 所有纵向和环形接头均应为对接、全焊透、双面 V 型坡口或单面 V 型坡口形式, 对于全焊透的对接焊缝, 应采用双面焊或使用衬垫环。若使用衬垫环, 则焊后应除去衬垫环, 很小的处理用压力容器除外。根据对焊接工艺认可试验的结果, 亦可采用其他的坡口形式; 和
- ② 对于液货舱本体和气室之间以及气室和有关的附件之间的连接接头的斜坡口, 应按本社可接受的标准进行设计。容器上连接喷管、气室或其他贯通件的焊缝以及法兰与容器或喷管连接的所有焊缝均应为全焊透型焊缝。

(3) 如适用, 所有建造过程和试验 (4.14.3 中规定的除外) 应按照第 6 章的适用规定进行。

4.14.2 除焊接外的其他连接形式, 接头的设计应考虑连接过程的强度特征。

4.14.3 试验

(1) 所有液货舱和处理用压力容器应按照适用于液货舱类型的 4.15 至 4.20 进行水压或水压-气动压力试验。

(2) 所有液货舱应进行密性试验, 该密性试验可与 4.14.3 (1) 中所述的压力试验一起进行。

(3) 关于对次屏壁的检查要求, 在所有情况下, 均由本社确定, 并考虑到屏壁的可达性。

(4) 对于设有新颖 B 型独立液货舱或按照 4.21 设计的液货舱的船舶, 本社可要求至少应在一个原型液货舱及其支撑结构上使用应变仪或其他适当的设备进行测量, 以确认其应力水平。对于 C 型独立液货舱, 根据其形状及其支撑构件和附件的布置, 也可要求作类似的测量。

(5) 应按照检验程序和本篇 1.5 的要求以及本社的要求, 在首次满载及卸货期间验证货物围护系统的整体性能符合设计参数。对于验证设计参数所必要的部件和设备性能的记录, 应予以保存, 并可供本社使用。

(6) 如果按 4.13.1 (5) 和 4.13.1 (6) 的规定设有加热装置, 则应对所要求的热量输出和热量分布进行试验。

(7) 在第 1 次载货航行时或之后, 应对货物围护系统冷点进行检查。注: 围护系统的设计, 应能有效对冷点进行检查。

4.15 A 型独立液货舱

4.15.1 设计依据

(1) A 型独立液货舱系指按照本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章, 应用传统的船舶结构分析程序进行设计的液货舱。如果这种液货舱主要是由平面构成, 则其设计蒸气压力 P_0 应小于 0.07 MPa。

(2) 如在大气压力下货物温度低于 -10°C , 则应按 4.5 要求设置完整的次屏壁。次屏壁应按照 4.6 设计。

4.15.2 结构分析

(1) 考虑到 4.11.4 (2) 中所述的内部压力和与支撑和键固系统以及船体的适当部分相互作用的载荷, 应进行结构分析。

(2) 对于在本篇要求中没有包括的某些部件, 如支撑结构, 在尽可能计及 4.11.3 至 4.11.5 所述的载荷和支撑结构处的船舶变形后, 应采用直接计算法确定其应力。

(3) 应将具有支撑构件的液货舱设计成能承受 4.11.6 中规定的意外载荷。无需将这些载荷进行相互间的合成, 也不必将这些载荷与环境载荷进行合成。

4.15.3 极限设计条件

(1) 对于由平面构成主要结构的液货舱, 主要构件和次要构件 (扶强材、强肋骨、纵桁、桁材) 的公称薄膜应力, 如按经典的分析方法进行计算, 采用镍钢、碳锰钢、奥氏体钢和铝合金时, 应不超过 $R_m/2.66$ 或 $R_e/1.33$ 的较小值, 其中, R_m 和 R_e 定义同前。然而, 如对主要构件进行了详细计算, 等效应力 σ_e 可超过上述数值, 增加到本社接受的应力值; 计算时应考虑到弯曲、剪切、轴向和扭转变形, 以及由于双层底和液货舱底的变形而引起的船体和液货舱的相互作用力的影响。

(2) 对于液货舱周界围壁的结构尺寸, 在计及 4.11.4 (2) 规定的内部压力和 4.3.5 要求的任何腐蚀裕量的同时, 至少应满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对深舱的要求。

(3) 液货舱结构应检查是否有潜在的屈曲。

4.15.4 意外设计条件

(1) 液货舱和液货舱支撑构件应设计成能承受 4.3.4 (3) 和 4.11.6 中规定的相关意外载荷和设计条件。

(2) 经受 4.11.6 中规定的意外载荷时, 在计及其较低的发生概率的同时, 应力应符合经修订的 4.15.3 中规定的做适当修正的验收衡准。

4.15.5 试验

应对所有 A 型独立液货舱应进行水压或水压-气动试验。进行这种试验时, 应使其应力尽可能接近设计应力, 并使液货舱顶的压力至少相当于释放阀的最大调定值。当进行水压—气动试验时, 其试验条件应尽可能模拟液货舱及其支撑结构的设计载荷情况, 包括动态分量, 同时避免应力水平引起永久变形。

4.16 B 型独立液货舱

4.16.1 设计依据

(1) B 型独立液货舱系指采用模型试验、精确分析手段和分析方法确定应力水平、疲劳寿命和裂纹扩展特性进行设计的液货舱。如果这类液货舱主要由平面构成(棱形液货舱), 则其设计蒸气压力 P_0 应小于 0.07 MPa。

(2) 如在大气压力下货物温度低于 -10°C , 则应按 4.5 要求设置具有小泄漏保护系统的部分次屏壁。小泄漏保护系统应按照 4.7 设计。

4.16.2 结构分析

(1) 在确定结构对下列情况的适应性时, 应考虑所有动、静载荷的影响:

- ① 塑性变形;
- ② 屈曲;
- ③ 疲劳破坏; 和
- ④ 裂纹扩展。

(2) 应进行有限元分析或类似方法的分析和断裂力学分析或其他等效的分析。

(3) 应采用三维分析法评估应力水平, 包括与船体的相互作用。该分析模型应包括液货舱及其支撑和键固系统以及船体的适当部分。

(4) 对在不规则波浪中特定的船舶加速度和运动以及船舶及其液货舱对这些力和运动的响应均应进行完整的分析, 除非这些数据可从类似的船舶中获得。

4.16.3 极限设计条件

(1) 对于由回转体构成主要结构的 B 型独立液货舱, 其许用应力应满足:

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1.5f$$

$$\sigma_b \leq 1.5F$$

$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1.5F$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.5F$$

$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0F$$

$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0F$$

式中: σ_m ——等效总体主膜应力;

σ_L ——等效局部主膜应力;

- σ_b ——等效主弯曲应力；
 σ_g ——等效二阶应力；
 f —— R_m/A 或 R_e/B ，取其小者；
 F —— R_m/C 或 R_e/D ，取其小者。

R_m 和 R_e 定义同前。 σ_m 、 σ_L 、 σ_b 和 σ_g 参见 4.22.2 中应力分类的定义。对于 A 和 B 值，应在“内河散装运输液化气体适装证书”内予以注明，且至少应为下表中所列的最小值：

表 4.16.3

	镍钢和碳锰钢	奥氏体钢	铝合金
A	3	3.5	4
B	2	1.6	1.5
C	3	3	3
D	1.5	1.5	1.5

(2) 对于由平面构成主要结构的 B 型独立液货舱，用于有限元分析的许用膜等效应力应不超过：

- ① 对于镍钢和碳锰钢， $R_m/2$ 或 $R_e/1.2$ ，取其小者；
- ② 对于奥氏体钢， $R_m/2.5$ 或 $R_e/1.2$ ，取其小者；和
- ③ 对于铝合金， $R_m/2.5$ 或 $R_e/1.2$ ，取其小者。

(3) 壳板的厚度和扶强材的尺寸应不小于对 A 型独立液货舱的要求。

(4) 承受外部压力和引起压缩应力的其他载荷的液货舱应进行屈曲强度分析。所采用的方法应充分考虑到理论和实际屈曲应力值之间的差别；此差别是由于板边对中失误、缺乏平直、椭圆度以及在规定弧长或弦长范围内存在的失圆度而引起的。

4.16.4 疲劳设计条件

(1) 应按照 4.12.5 (2) 进行裂纹扩展评估。根据缺陷的可探测性，裂纹的预计剩余失效发展时间应符合 4.12.5 (2) ⑤、⑥或⑦。

(2) 疲劳分析应考虑建造公差。

(3) 如本社认为有必要，可要求做模型试验，以确定应力集中系数和结构单元的疲劳寿命。

4.16.5 意外设计条件

(1) 液货舱和液货舱支撑构件应设计成能承受 4.3.4 (3) 和 4.11.6 中规定的适用意外载荷和设计条件。

(2) 经受 4.11.6 中规定的意外载荷时，在计及其较低的发生概率的同时，应力应符合经修订的 4.16.3 中规定的的验收衡准。

4.16.6 试验

(1) B 型独立液货舱应按下列要求进行水压或水压—气动试验：

- ① 应按 4.15.5 中对 A 型独立液货舱的要求进行试验；和
- ② 此外，在试验条件下，主要构件中的最大主膜应力或最大弯曲应力应不超过材料在试验温度下的屈服强度(制造状态)的 90%。为确保满足上述条件，当计算表明此应力超过材料

屈服强度的 75%时, 应采用应变仪或其他合适的设备对原型试验加以监测。

4.16.7 标记

压力容器作任何标记时, 所用的方法应不致于使其产生不能接受的局部应力的升高。

4.17 C 型独立液货舱

4.17.1 设计依据

(1) C 型独立液货舱的设计依据为经修订纳入断裂力学和裂纹扩展衡准的压力容器衡准。

4.17.1 (2) 中规定的最小设计压力旨在确保动应力足够低, 从而在液货舱使用寿命期间, 初始表面裂纹不会扩展超过外壳厚度的一半。

(2) 设计蒸气压力应不小于:

$$P_o = 0.2 + AC(\rho_r)^{1.5} \quad (\text{MPa})$$

式中: $A = 0.00185(\sigma_m / \Delta\sigma_A)^2$,

其中: σ_m —设计主膜应力;

$\Delta\sigma_A$ —许用动态膜应力(双振幅, 当概率水平为 $Q = 10^{-8}$),

$\Delta\sigma_A = 55 \text{ N/mm}^2$, 对铁素体(珠光体)/马氏体和奥氏体钢。

$\Delta\sigma_A = 25 \text{ N/mm}^2$, 对铝合金(5083-0);

C —液货舱的特性尺度, 取下列各值中的最大者: h , $0.75b$ 或 $0.45l$

其中: h ——液货舱高度(沿船舶的垂向量取), m;

b ——液货舱宽度(沿船舶的横向量取), m;

l ——液货舱长度(沿船舶的纵向量取), m;

ρ_r ——设计温度下货物的相对密度(淡水: $\rho_r = 1$)。

当液货舱的规定设计寿命长于 10^8 波浪遭遇, $\Delta\sigma_A$ 应予以修改以得出对应于设计寿命的等效裂纹扩展。

(3) 根据液货舱的形状及其支撑装置和附件的布置, 可将符合 4.17.1 (2) 中 C 型液货舱最小设计压力标准的液货舱归属为 A 型或 B 型。

4.17.2 壳体厚度

(1) 壳体厚度应如下:

① 按 4.17.2 (4) 规定计算得到的压力容器的壳体厚度应视为没有任何负公差的加工成形后的最小厚度。

② 加工成形后的压力容器的壳体和封头的最小厚度(包括腐蚀裕量)应为:

对于碳锰钢和镍钢, 应不小于 5 mm; 对于奥氏体钢应不小于 3 mm; 对于铝合金, 应不小于 7 mm。

② 当进行检验和无损探伤时, 按 4.17.2 (4) 的规定进行的计算中所用的焊接有效系数应为 0.95。若考虑了其他因素, 诸如所使用的材料、接头型式、焊接方法以及载荷类型等, 则焊接有效系数可以增大到 1。对于处理用压力容器, 本社在考虑了诸如所使用的材料、设计温度、材料制造时的零韧性转变温度、接头型式和焊接方法等因素, 可以接受不小于 6.5.6.5 规定的局部无损探伤, 但在这种情况下, 所采用的焊接有效系数应不大于

0.85。对于特殊材料，根据焊接接头的标定机械性能，上述系数应减小。

(2) 在内部压力计算中应考虑 4.11.4 (2) 所定义的设计液体压力。

(3) 用于验证压力容器屈曲的设计外部压力 P_e 应不小于按下式计算所得值：

$$P_e = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad \text{MPa}$$

式中： P_1 —真空释放阀的调定压力，对未配备真空释放阀的容器，应作特别考虑，但一般应取不小于 0.025 MPa；

P_2 —安放压力容器或压力容器部件的全封闭处所的压力释放阀(PRV)的调定压力；对其他处所， $P_2 = 0$ ；

P_3 —由于绝热层的重量和收缩、壳体重量(包括腐蚀裕量) 以及压力容器可能承受的其他外部载荷所引起的作用在壳体中或壳体上的压力。这些压力还包括(但不限于)气室、塔架和管路的重量、部分充装工况下的货物的作用、加速度和船体变形所引起的压力。此外,还应考虑外部压力或内部压力或两者的局部作用；和

P_4 —由水压头引起的作用于露天甲板上的压力容器或压力容器部件的外部压力；对其他处所， $P_4 = 0$ 。

(4) 对于液货舱的结构尺寸，应根据液货舱的内部压力按下述规定进行计算：应确定承受 4.11.4(2)中定义的内部压力的压力容器的受压部件的厚度和形状，包括法兰在内。在所有情况下，应根据公认的压力容器的设计原理进行这些计算。对于压力容器中的受压部件的开口，应按本社《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 5 章附录 5 予以加强。

(5) 对于静、动载荷的应力分析，应按下述规定进行：

- ① 对于压力容器的结构尺寸，应按 4.17.2 (1) 至 4.17.2 (4) 和 4.17.3 的规定予以确定。
- ② 应对支撑构件及其壳体连接件处的载荷和应力进行计算。如适用时，应采用 4.11.3 至 4.11.6 所述的载荷，支撑结构处的应力应符合本规范第 2 篇第 A3 章附录 2 的相关要求。
- ③ 应特别考虑二阶应力和热应力。

4.17.3 极限设计条件

(1) 对于 C 型独立液货舱，其许用应力应满足：

$$\sigma_m \leq f$$

$$\sigma_L \leq 1.5f$$

$$\sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1.5f$$

$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0f$$

$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3.0f$$

式中： σ_m —等效总体主膜应力；

σ_L —等效局部主膜应力；

σ_b —等效主弯曲应力；

σ_g —等效二阶应力；

f — R_m/A 或 R_e/B ，取其小者；

R_m 和 R_e 定义同前。 σ_m 、 σ_L 、 σ_b 和 σ_g 参见 4.22.2 中应力分类的定义。A 和 B 值应在“内河船舶散装运输液化气体适装证书”内予以注明，且至少应为下表中所列的最小值。

表 4.17.3

	镍钢和碳锰钢	奥氏体钢	铝合金
A	3	3.5	4
B	1.5	1.5	1.5

(2) 对于承受外部压力和引起压缩应力的其他载荷的压力容器，其厚度和形状应基于使用公认的压力容器屈曲理论进行的计算，并应充分考虑到理论和实际屈曲应力值之间的差别；此差别是由于板边对中失误、椭圆度以及在规定弧长(或弦长)范围内存在的失圆度而引起的。

4.17.4 意外设计条件

(1) 液货舱和液货舱支撑构件应设计成能承受 4.3.4 (3) 和 4.11.6 中规定的适用意外载荷和设计条件。

(2) 经受 4.11.6 中规定的意外载荷时，在计及其较低的发生概率的同时，应力应符合经修订的 4.17.3 (1) 中规定的验收衡准。

4.17.5 试验

(1) 每一压力容器应进行水压试验，试验时在液货舱顶测得的压力应不小于 $1.5P_0$ 。在压力试验期间的任何情况下，对任意舱计算所得的主膜应力应不超过材料屈服应力的 90%。为了确保满足上述条件，若计算表明主膜应力超过屈服强度的 75%，则在原型试验时，应采用应变仪或其他合适的设备加以监测，但对于简单的圆柱型或球型的压力容器，可予以除外。

(2) 试验时所采用的水温至少应比制成的材料的零韧性转变温度高出 30℃。

(3) 每 25 mm 厚度，压力应保持为 2 小时，但在任何情况下不得少于 2 小时。

(4) 如为货物压力容器所需要，可在 4.17.5 (1) 至 4.17.5 (3) 所述的条件下进行水压—气动试验。

(5) 采用较高许用应力液货舱的试验，将根据其工作温度可予以特别考虑。但 4.17.5 (1) 的要求应完全满足。

(6) 在装配和完工后，应对每一压力容器及其有关的附件进行适当的密性试验，该试验可与 4.17.5 (1) 中所述的压力试验一起进行。

(7) 对于除液货舱以外的压力容器的气压试验，只能根据各种情况分别予以考虑。仅在下述情况时，才允许对那些容器进行气压试验：容器的设计或其支撑结构不能使容器被安全地注满水，或不能对容器进行干燥，以及在使用容器时不允许在容器内留有试验介质的痕迹。

4.17.6 标记

压力容器作标记时，所用的方法应不致于使其产生不能接受的局部应力的升高。

4.18 薄膜液货舱

4.18.1 设计依据

(1) 薄膜围护系统的设计依据为使热膨胀和其他膨胀或收缩得到补偿，以免出现丧失薄膜密性的不当风险。

(2) 基于分析和试验的系统方法应用于证明考虑到 4.18.2 (1) 中规定的营运中发生的事件，系统会提供预期功能。

(3) 如在大气压力下货物温度低于 -10℃，应按 4.5 的要求设置完整的次屏壁。次屏壁应按照 4.6 进行设计。

(4) 设计蒸气压力 P_0 通常应不超过 0.025 MPa。如果船体构件尺寸相应加大并适当考虑支撑绝热层的强度, P_0 亦可相应增加到一较高值, 但应小于 0.07 MPa。

(5) 薄膜液货舱的定义并不排除设计非金属薄膜或其薄膜被包括或被合并于绝热层中的液货舱。

(6) 薄膜厚度一般应不超过 10 mm。

(7) 按照 9.2.1, 惰性气体在主要绝热处所和次要绝热处所中的循环应足以允许有效的气体探测。

4.18.2 设计考虑

(1) 应评估能在薄膜的寿命期间导致丧失液密的潜在事件。这包括但不限于:

① 极限设计事件:

- 薄膜的拉力失效;
- 绝热层的压缩破坏;
- 热时效;
- 绝热层和船体结构之间丧失连接;
- 薄膜与绝热系统丧失连接;
- 内部结构及其支撑结构的结构完整性;
- 支撑船体结构的破损。

② 疲劳设计事件:

- 薄膜疲劳, 包括船体结构的接头和附件;
- 绝热层的疲劳裂纹;
- 内部结构及其支撑结构的疲劳;
- 导致压载水进入的内壳的疲劳裂纹。

③ 意外设计事件:

- 意外机械破损 (例如营运时液货舱内掉落的物体);
- 绝热处所的意外过压;
- 液货舱的意外真空;
- 内壳结构进水。

不接受会导致 2 个薄膜同时或级联失效的单个内部事件的设计。

(2) 按照 4.18.1 (2) 进行设计时, 应确定建造货物围护系统时使用的材料的物理性能 (机械的、热的、化学的等)。

4.18.3 载荷和载荷组合

对于因屏壁间处所的超压、液货舱可能出现真空、液体晃荡的影响、船体振动的影响或这些事件的组合而可能造成液货舱完整性的丧失, 应给予特别注意。

4.18.4 结构分析

(1) 应进行为确定极限强度而进行的货物围护和相关结构 (例如 4.9 中定义的结构) 的结构分析和/或试验以及疲劳评估。结构分析应提供评估已确定对货物围护系统而言关键的每个失效模式所要求的数据。

(2) 船体结构分析应计及 4.11.4 (2) 中所述的内部压力。应特别注意船体的变形以及船体与薄膜和船体与其相关的绝热层的相容性。

(3) 4.18.4 (1) 和 4.18.4 (2) 中所述的分析应基于船舶和货物围护系统特有的运动、加速度

和响应。

4.18.5 极限设计条件

(1) 应按照 4.18.1 (2) 确定在营运条件下各关键部件、子系统或组件的结构抗力。

(2) 货物围护系统、船体结构附件和内部液货舱结构的失效模式的强度验收衡准的选择应反映与所考虑的失效模式相关的结果。

(3) 内壳尺寸应满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对深舱的要求，并考虑到 4.11.4 (2) 中所述的内部压力和 4.11.5 (4) 中规定的晃荡载荷的适当要求。

4.18.6 疲劳设计条件

(1) 如果连续监测不能探测到失效发展，液货舱内的结构（即泵塔）以及部分薄膜和泵塔附件应进行疲劳分析。

(2) 应基于下列相关要求进行疲劳计算：

- ① 结构部件关于结构完整性的重要性；
- ② 检查的有效性。

(3) 如果无人照看的疲劳裂纹会造成 2 个薄膜同时或级联失效，经定期检查的结构单元应满足 4.12.5 (2) ⑥中所述的断裂力学要求。

(4) 如果疲劳裂纹会在无预兆的情况下造成 2 个薄膜同时或级联失效，不能进行营运检查的结构单元应满足 4.12.5 (2) ⑦中所述的断裂力学要求。

4.18.7 意外设计条件

(1) 围护系统和支撑船体结构应设计成能承受 4.11.6 中规定的意外载荷。无需将这些载荷进行相互间的合成，也不必将这些载荷与环境载荷进行合成。

(2) 应基于风险评估确定附加相关意外情景。应特别考虑液货舱内的系固设备。

4.18.8 设计开发试验

(1) 4.18.1 (2) 中要求的设计开发试验应包括既有主屏壁又有次屏壁的一系列分析和物理模型（包括角和接头），经试验以验证其能承受由静、动和热载荷引起的预期的组合应变。这用于建造完整的货物围护系统的原型模型。分析和物理模型中考虑的试验条件应代表货物围护系统在其使用寿命中可能遇到的最极端的营运状态。4.6.2 中要求的次屏壁的定期试验的建议验收衡准可基于原型模型的试验结果。

(2) 薄膜材料和薄膜中有代表性的焊接或连接接头的疲劳性能应通过试验确定。将绝热系统系固至船体结构的装置的极限强度和疲劳性能应通过分析或试验确定。

4.18.9 试验

(1) 当船上设有薄膜货物围护系统时，所有液货舱结构和在正常情况下可能装有液体并邻接于支撑薄膜的船体结构的其他处所，均应进行水压试验。

(2) 支撑薄膜的所有货舱结构应进行密性试验。

(3) 不必对管隧和在通常情况下不装液体的其他舱室进行水压试验。

4.19 整体液货舱

4.19.1 设计依据

(1) 构成船体结构的一部分并与相邻船体结构一起受到载荷影响的的整体液货舱应符合下列

要求:

- ① 液货舱的设计蒸气压力 P_0 通常应不超过 0.025 MPa。如果船体构件尺寸相应加大, P_0 亦可相应增加到一较高值, 但应小于 0.07 MPa;
- ② 整体液货舱可用于载运沸点不低于 -10°C 的货品。经本社特别考虑, 也可同意更低的温度, 但在这种情况下, 应设有完整的次屏壁; 和
- ③ 第 19 章要求的 1G 型船舶载运的货品不应载于整体液货舱。

4.19.2 结构分析

整体液货舱的结构分析应按照本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的相关要求执行。

4.19.3 极限设计条件

(1) 对于液货舱周界围壁的结构尺寸, 在计及 4.11.4 (2) 规定的内部压力的同时, 应满足本社《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对深舱的要求。

(2) 对于整体液货舱, 其许用应力为本社对船体结构的要求。

4.19.4 意外设计条件

(1) 液货舱和液货舱支撑构件应设计成能承受 4.12.5 (3) 和 4.11.6 中规定的相关意外载荷。

(2) 经受 4.11.6 中规定的意外载荷时, 在计及其较低的发生概率的同时, 应力应符合经修订的 4.19.3 中规定的的验收衡准。

4.19.5 试验

应对整体液货舱进行水压或水压—气动试验。对这种试验, 应尽可能使其应力接近设计应力, 并使液货舱顶的压力至少相当于释放阀的最大调定值(MARVS)。

4.20 半薄膜液货舱

4.20.1 设计依据

(1) 半薄膜液货舱系指装载工况下非自身支撑的液货舱, 它由一层薄膜组成, 该薄膜的大部分是由相邻船体结构通过绝热层所支撑, 但对与上述受支撑部分相连接的薄膜层圆形部分应设计成能承受热膨胀和其他膨胀或收缩。

(2) 设计蒸气压力 P_0 通常应不超过 0.025 MPa。若船体构件尺寸相应加大, 并且对支撑绝热层的强度作了适当考虑, 则 P_0 可相应增加到一较高值, 但应小于 0.07 MPa。

(3) 用于独立液货舱或薄膜液货舱的有关要求, 如合适时, 亦适用于半薄膜液货舱。

(4) 如半薄膜液货舱在各方面均能符合适用于 B 型独立液货舱的要求(支撑方式除外), 经本社特别考虑, 可同意设置部分的次屏壁。

4.21 新颖概念的极限状态设计

4.21.1 不能使用 4.15 至 4.20 节进行设计的新颖形状的货物围护系统, 应使用本节以及本章的 4.3 至 4.11, 以及 4.12 至 4.14 的适用要求进行设计。按照本节进行的货物围护系统的设计应基于极限状态设计的原则, 该结构设计方法可用于确定设计解决方案和新颖设计。该更通用的方法保持的安全等级与使用 4.15 至 4.20 进行设计的已知围护系统达到的安全等级类似。

(1) 极限状态设计是系统方法, 对每个结构单元进行与 4.3.4 中确定的设计条件相关的可能的失效模式评估。极限状态可定义为超出后结构或部分结构不再满足要求的状态。

(2) 对于每个失效模式，一个或多个极限状态可能相关。考虑到所有相关极限状态，结构单元的极限载荷为所有相关极限状态产生的最小极限载荷。极限状态分为以下 3 类：

- ① 最终极限状态 (ULS)，在完整 (无破损) 条件下，对应于最大承载能力或在某些情况下，对应于最大适用应变或变形；
- ② 疲劳极限状态 (FLS)，对应于由于随时间变化 (循环) 装载的影响造成的降级；和
- ③ 意外极限状态 (ALS)，与结构的抗意外状况能力有关。

4.21.2 极限状态设计的程序和相关设计参数应符合附录 3 中所载的新颖形状的货物围护系统设计中的极限状态方法的使用标准 (LSD 标准)。

4.22 指导性说明

4.22.1 内部压力计算指导公式

- (1) 本节为相关动态液体压力的计算提供指导以进行静载设计计算。该压力可用于确定 4.11.4 (2) ④中所述的内部压力，其中：

$(P_{gd})_{\max}$ 是使用最大设计加速度确定的相关液体压力。

$(P_{gd\text{Site}})_{\max}$ 是使用场所特定加速度确定的相关液体压力。

P_{eq} 应为如下计算得出的 P_{eq1} 和 P_{eq2} 的大者：

$$P_{eq1} = P_o + (P_{gd})_{\max} \quad \text{MPa}$$

$$P_{eq2} = P_h + (P_{gd\text{Site}})_{\max} \quad \text{MPa}$$

(2) 内部液体压力是由于 4.11.5 (2) 所述的船舶运动所引起的货物重力加速度所产生的压力。对于由重力和动力加速度的联合作用所引起的内部液体压力 P_{gd} ，应按下式计算：

$$P_{gd} = \alpha_{\beta} Z_{\beta} \frac{\rho}{1.02 \bar{1}} \quad \text{MPa}$$

式中： α_{β} —任意的 β 方向上由重力和动载荷引起的无因次加速度 (即相对于重力加速度) (见图 4.22.3 (1))。对于内河航行液货船，主要考虑横向和垂直加速度，使用加速度椭圆。

Z_{β} —从所决定的压力点沿 β 方向向上量至液货舱壳板的最大液柱高度 (见图 4.22.3 (2))。在确定 Z_{β} 时，除非液货舱气室的总容积 V_d 不超过按下列公式所得值，否则液货舱气室应考虑作为所同意的液货舱总容积的一部分：

$$V_d = V_t \left(\frac{100 - FL}{FL} \right)$$

式中： V_t —无任何气室的液货舱容积；和

FL —按第 15 章规定的充装极限。

ρ —设计温度时的最大货物密度， kg/m^3 。

应考虑给出最大值 $(P_{gd})_{\max}$ 或 $(P_{gd\text{Site}})_{\max}$ 的方向。上述公式仅适用于注满的液货舱。

4.22.2 应力分类

- (1) 为了评估应力，在本节中，对应力分类作如下定义。
- (2) 正应力系指垂直于基准平面的应力分量。
- (3) 膜应力系指在考虑的截面厚度范围内，均匀分布且等于应力平均值的正应力的分量。
- (4) 弯曲应力系指在所考虑的截面厚度范围内，减去膜应力后的变应力。
- (5) 剪切应力系指作用在基准平面内的应力分量。

(6) 主应力系指由施加的载荷所产生的应力，它必需与外力和外力矩相平衡。主应力的基本特性系呈非自身限制的(自身无平衡能力的)。明显超过屈服强度的主应力将导致构件破坏或至少出现严重变形。

(7) 总体主膜应力系指这样一种主膜应力，即当结构发生屈服时，在结构中分布的主膜应力不会导致载荷的重新分布。

(8) 局部主膜应力系指由于压力或其他机械载荷及有关的初始的或不连续的效应所形成的膜应力的载荷的传递中对结构的其他部位所产生的过度变形而引起的应力。这种应力虽具有二阶应力的特性，但仍应将其归类于局部主膜应力。如果满足下列条件，则可认为应力区域是局部的：

$$S_1 \leq 0.5\sqrt{Rt}$$

$$S_2 \geq 2.5\sqrt{Rt}$$

式中： S_1 —在子午线方向内，等值应力超过 $1.1f$ 的距离；

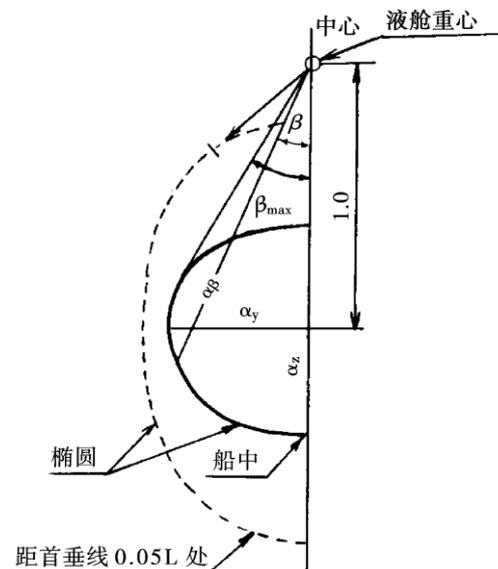
S_2 —在子午线方向内，到超过总体主膜应力极限的另一区域的距离；

R —容器的平均直径；

t —超过总体主膜应力极限处的容器壁厚；和

f —许用总体主膜应力。

(9) 二阶应力系指由相邻部件的约束或由结构自身约束产生的正应力或剪应力。二阶应力的基本特性是呈自身限制（自身有平衡能力）。导致产生这种应力的条件是局部屈服和较小的变形。



a_β = 在任意 β 方向上的合成加速度（静载和动载）

a_y = 加速度横向分量

a_z = 加速度垂向分量

图4.22.3 (1) 加速度椭圆

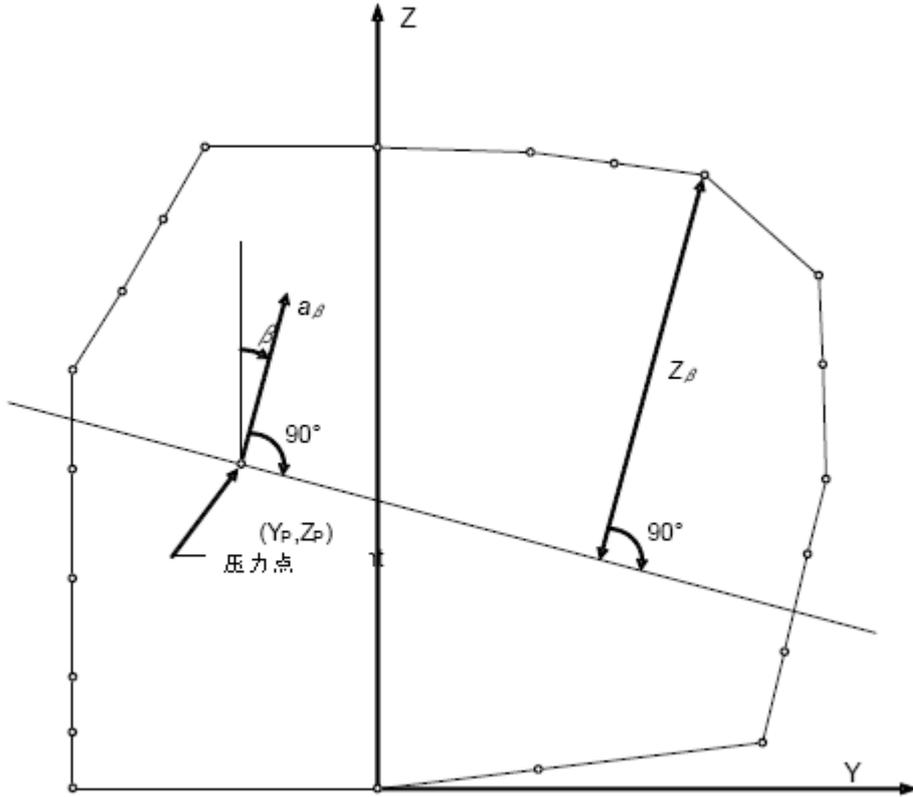


图4.22.3 (2) —内部压头的确定

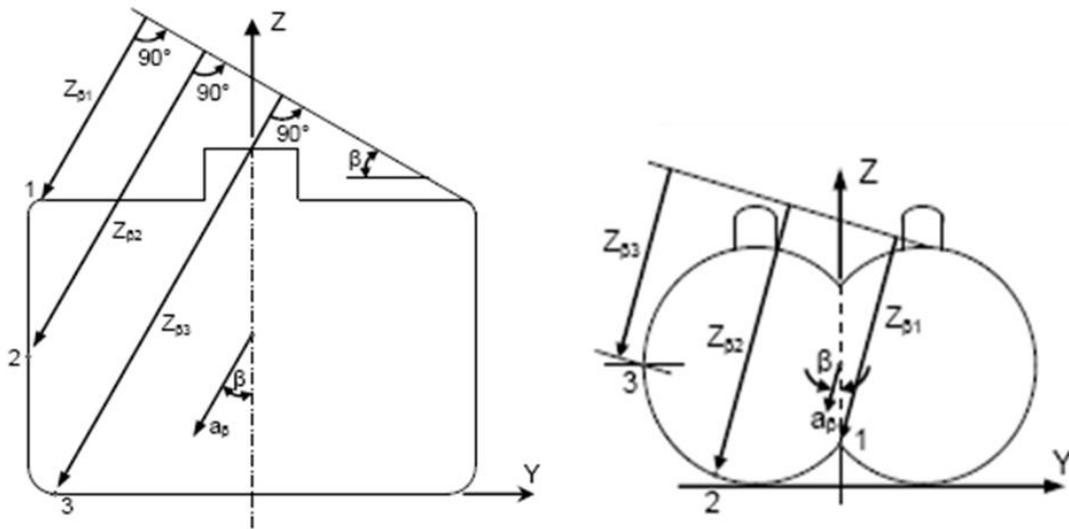
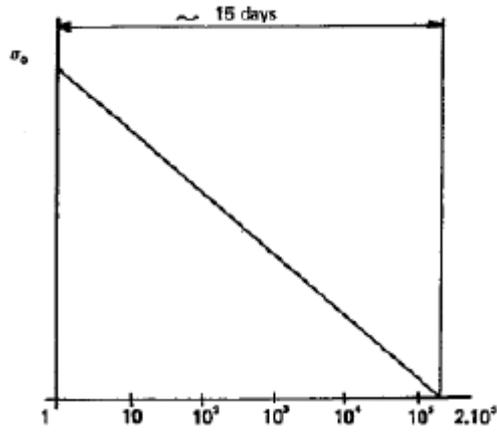


图4.22.3 (3) —点1、2和3的液体高度 Z_β 的确定



响应循环次数

σ_0 -船舶使用寿命中最可能出现的最大应力响应循环次数, 以对数计;

给出的 2×10^5 值作为一个估算算例

图4.22.3 (4) —简化的载荷分布

第 5 章 处理用压力容器及液体、蒸气和压力管系

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于货物管系及气体燃料管系。对不含有货物的辅助管系免除本章的要求。货物管系指含有货物或货物蒸气的管系，包括应急投弃管系、安全阀透气管系、货物处理管系及类似管系等。

5.1.2 第 4 章中对 C 型独立液货舱的要求也可适用于处理用压力容器。

5.1.3 处理用压力容器包括收集或处理液体或货物蒸气的稳压罐、热交换器和蓄能器。

5.1.4 货物装卸系统和货物控制系统的设计应考虑下列方面：

- (1) 防止异常状态导致液体或蒸气货物泄漏；
- (2) 泄漏货物液体的安全回收和处理；
- (3) 防止易燃混合物的形成；
- (4) 防止泄漏的易燃液体或气体和蒸气的点燃；和
- (5) 限制人员暴露于火灾和其他危险中。

5.2 管系布置一般要求

5.2.1 可能含有货物液体或蒸气的任何管系应符合下列规定

(1) 该类管系应与其他管系隔离，与货物有关的作业如驱气、除气或惰化要求的内部连接管除外。对于防止货物的回流，应考虑 9.4.4 的要求。在此情况下，应采取预防措施，确保货物或货物蒸气不会通过内部连接管进入其他管系；

(2) 除第 16 章中的规定以外，此类管系不得通过任何起居处所、服务处所、控制站或除货物机器处所以外的机器处所；

(3) 除安装在垂向围壁通道或等效装置内的管路横穿货物围护系统上面的留空处所外，以及除排水、透气或驱气用的管路横穿隔离舱外，该类管系应从露天甲板直接通至货物围护系统；

(4) 除 3.8 规定的船首或船尾装卸装置，5.3.1 规定的货物应急投弃管系以及除第 16 章的规定以外，上述管系应位于货物区域内露天甲板的上方；和

(5) 除在航行中不受内部压力的横向接岸管路或货物应急投弃管系外，上述管系应位于 2.6.1 所规定的液货舱的横向位置以内。

5.2.2 断开货物软管之前，应释放管路中的压力，并把货物装卸的转换联箱和货物软管中所含的液体，排至液货舱或其他处所。

5.2.3 货物管系的释放阀排出的液货，应排入液货舱内。如果设有能探测和处理可能流入透气系统中任何液货的设施，也可将液货排入透气总管内。货泵的释放阀排出的液货，应排至泵的吸口。

对于能够产生大于系统设计压力的所有液货泵，应在其闭式回路上设置释放阀。

5.2.4 输送用于直接加热或冷却货物的液体的管系不应通向货物区域以外，除非有适当措施用以防止或探测货物蒸气向货物区域外扩散（见 13.6.2.6）

5.3 货物区域外货物或燃料管系的布置

5.3.1 货物应急投弃

货物应急投弃管系（如设置）应符合 5.2 的有关规定，可以引至起居处所、服务处所、控制站

或机器处所后部的外面，但不应穿过这些处所。若货物应急投弃管系是固定设置的，则应在货物区域内提供合适的设施将投弃管系与货物管系隔离。

5.3.2 船首或船尾装载布置

.1 符合 3.8、本节和 5.9 的相关要求时，可允许设置船首或船尾装卸货物管系。

.2 应配备能对使用后的管系进行驱气和除气的装置。当不使用时，应拆去可拆短管，管端用盲板法兰封住。与驱气管相连接的透气管应位于货物区域内。

5.3.3 气体燃料管系

机器处所内的气体燃料管路除应符合第 16 章的要求外，还应符合本章所有适用部分。

5.4 设计压力

5.4.1 用于确定管路或管系部件最小尺寸的设计压力 P_0 应不小于系统中可能承受的最大表压力，MPa。设计压力应不小于 1MPa（表压）。但管端敞开的管路或压力释放阀的排放管路，设计压力应不小于 0.5 MPa（表压）或压力释放阀调定压力的 10 倍（取较小者）。

5.4.2 管路、管系部件，根据所承运的货物，应采用下列设计情况中的较大压力者：

(1) 可能与释放阀隔离，并可能含有一些液体的蒸气管路或部件，应为 45℃ 时的饱和蒸气压力。如经本社同意也可较高或较低的压力，参见 4.11.4 (2) ②；

(2) 可能与释放阀隔离，并在任何时候含有蒸气的管路或部件，应为 45℃ 时的过热蒸气压力。如经本社同意也可较高或较低的压力，参见 4.11.4 (2) ②，此时，假定系统中饱和蒸气的初始状态是处于该系统的工作压力和工作温度；

(3) 液货舱和货物处理系统的释放阀的最大允许调定值（MARVS）；

(4) 相关的泵或压缩机的释放阀的调定压力；

(5) 装卸货时货物管系的最大总压头；

(6) 管路系统的释放阀的调定压力。

5.4.3 液体管系中可能承受冲击压力的部位应设计为能承受这种压力。

5.4.4 气体燃料系统的外管或管道的设计压力应不小于气体内管的最大工作压力。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，外管道的设计压力应不小于环形处所内的最大积聚压力。

5.5 货物系统的装阀要求

5.5.1 每一液货舱和管系应设有本小节规定的用于隔离的手动操作阀。

5.5.2 还应视情况设置遥控阀作为应急切断（ESD）系统的一部分。

5.5.3 液货舱除装设安全阀和液位测量装置外，其所有液体和气体连接管上，应设可就地手动操作截止阀，截止阀的位置尽可能靠近液货舱。该阀应能遥控操作。

5.5.4 MARVS 超过 0.07MPa 的液货舱，除应符合 5.5.3 的规定外，还应同时串联设置一个遥控 ESD 阀，该阀应尽可能靠近液货舱。ESD 阀及 5.5.3 所述的手动阀可用一只组合阀代替，但应满足 18.10.2 的相关要求。

5.5.5 每一通岸装货/卸货管路的连接管，应设 1 个遥控 ESD 阀。驳运作业中不使用的接头，可用盲板法兰予以盲断。

5.5.6 对 MARVS 超过 0.07 MPa 的液货舱，应为每一通岸通岸装货/卸货管路的连接管设置一个额外的手动阀，该阀可在 ESD 阀的舷内侧或外侧以适应船舶的设计。

5.5.7 当受保护管路的直径不超过 50mm 时，可用超流量阀代替 ESD 阀。超流量阀在达到制造

厂规定的蒸气或液体的额定关闭流量时应自动关闭。包括附件、阀和由超流量阀保护的附属设备的管路应具有比超流量阀的额定关闭流量大的容量。超流量阀应有 1 个直径不超过 1mm 的圆形旁通孔，以便在超流量阀关闭后能使压力保持平衡。

5.5.8 仪表或测量装置的液货舱连接管，不必设置超流量阀或 ESD 阀，但这些装置的结构，应能保证液货舱内货物的外流量不超过通过直径为 1.5mm 圆孔的流量。

5.5.9 在充满液体情况下，可能被隔断的所有管路或部件，应装设释放阀。对容积不超过 50L 的管段，可考虑免设释放阀。

5.5.10 对于可能由于火灾被自动隔断的所有管路或部件，如其内部的液体容积超过 0.05 m³，压力释放阀（PRV）的排量应适应火情。

5.6 货物驳运

5.6.1 当使用货泵驳运货物，且在液货舱处于营运状态又不能接近货泵进行修理时，至少应设有 2 套独立装置，以便能驳运每个液货舱的货物，当 1 台货泵或驳运装置发生故障时，不致妨碍使用另外 1 台泵或泵组，或其他货物驳运装置驳运货物。

5.6.2 气体加压可以作为驳运货物的一种方法，但在设计时，应考虑在货物驳运作业期间不致降低液货舱的安全设计系数，并应防止在驳运过程中释放阀开启。如为此改变液货舱释放阀或设定压力（参见 8.2.6 和 8.2.7），新的设定压力不应超过 4.11.4（2）所定义的 P_h。

5.6.3 应设置通向岸上装置的蒸气回路接头。

5.6.4 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。

5.7 货物取样连接管

5.7.1 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。

5.7.2 液体取样系统应在取样入口设有两个阀，其中之一应为多回转阀门以防止意外开启，并且两者之间的距离应足够远以确保如遇诸如冰或水合物造成堵塞可隔断管路。

5.7.3 在闭环系统中，回流管上的阀还应符合 5.7.2。

5.7.4 取样容器的连接管应符合公认标准，并应有支撑，以能承受取样容器的重量。螺纹接头应为定位焊，或采用其他方式锁闭，以防止其在取样容器的正常连接和断开时被拧开。取样连接管应设有封闭塞或法兰以防止连接管不用时发生泄漏。

5.7.5 仅用于蒸气取样的取样连接管可按 5.5, 5.10 和 5.19 设有单阀，并且还应设有封闭塞或法兰。

5.7.6 取样作业应按 18.9 规定的程序进行。

5.8 安装要求

5.8.1 膨胀和收缩设计

应采取保护措施保护管路、管系部件和液货舱免受由于热变形及液货舱和船体构件的移动而引起的

过大应力的影响。液货舱外宜使用补偿管、弯管或环形管，但如补偿管、弯管或环形管不可行，可使用多层波纹管。

应防止膨胀接头的过度膨胀和压缩，对其邻接管子应适当加以支撑和固定。对于波纹管膨胀接头，应防止其机械损伤。

5.8.2 防低温措施

必要时，应对低温管路与其邻接的船体构件进行热隔离。以防止船体温度降低到船体材料的设计温度以下。当液体管路需经常被拆开或预计其可能有液体泄漏时（如通岸接头处和货泵轴封处等），则应对其下方的船体部分提供保护措施。

5.8.3 水幕

如货物温度低于 -110°C ，应在通岸接头下的船体处安装配水系统，提供低压水幕为船体钢材和舷侧结构提供额外保护。该系统是对 11.3.1（4）的要求的补充，并且应在货物驳运时工作。

5.8.4 电气连接

当在液货舱或货物管路和管路设备与船体结构之间采用热隔离时，则对管路和液货舱均需采取电气跨接措施。对所有具有密封垫片的管接头和软管接头也均需作电气跨接。除使用搭接片的情况外，应证明每一接头或连接处的电阻小于 $1\text{ M}\Omega$ 。

5.9 货物区域外货物或燃料管系的安装要求

5.9.1 货物区域以外的货物管系应敷设在露天甲板上，且应位于舷侧以内至少为 0.8 m ，但横贯船宽的通岸连接管系除外。此种管系应能被明显地识别，并在货物区域内的货物管系连接处设置截止阀。当不使用时，此位置还应采用可拆的短管和盲板法兰进行隔离。

5.9.2 在货物区域内以及通岸接头处的管路可采用法兰连接。货物区域以外的其它货物管系及有关的管系设备只能采用全焊透对接焊连接，不论其管径和设计温度如何，均应进行全部射线或超声波探伤。

5.9.3 气体燃料管路应尽可能采用焊接接头。对于未被包围在 16.4.3 所要求的通风管或管道内的气体燃料管路，以及位于货物区域以外的露天甲板上的气体燃料管路，均应采用全焊透对接焊接头并应进行全部的射线或超声波检查。

5.10 液货舱内部及外部管路的制造和连接细节

5.10.1 液货舱内部管路以及端部敞开的管路，按照认可的标准可同意放宽本小节的相关要求。

5.10.2 直接连接

（1）根部完全焊透的对接焊连接，可用于各种用途。设计温度低于 -10°C 时，对接焊应为双面焊或与双面焊等效的对接焊，这可以通过采用在第一焊道上加衬垫、自耗嵌补或惰性气体封底等办法予以达到，当设计压力超过 1 MPa 及设计温度为 -10°C 或更低时，焊接后应将衬垫除去。

（2）套筒焊连接，只能被用于外径小于或等于 50 mm 和设计温度不低于 -55°C 的端部敞开的管路。套接焊接头应符合认可的标准。

（3）螺纹连接，只能被用于外径小于或等于 25 mm 的次要管路和仪表管路。螺纹连接应符合认可的标准。

5.10.3 法兰接头

（1）法兰接头中的法兰焊接，应采用颈焊、套焊或插入焊等型式。

（2）法兰的型式、制造和试验应符合认可的标准。

(3) 除端部敞开管路外, 其他管路法兰连接, 应遵守下列规定:

- ①设计温度低于-55℃时, 采用颈焊法兰;
- ②设计温度低于-10℃时, 公称尺寸大于 100mm 者, 不应采用套焊法兰; 公称尺寸大于 50mm 者, 不得采用插入焊法兰。

5.10.4 膨胀接头

(1) 如按 5.8.1 设置波纹管 and 膨胀接头, 如果需要, 应采取措施, 防止波纹管结冰。除位于液货舱内者外, 不应采用套筒接头

5.10.5 除 5.10.2 至 5.10.4 所述之外的管路连接, 本社可酌情接受。

5.11 焊接、焊后热处理和无损检测

5.11.1 应按 6.5 的要求进行焊接。

5.11.2 碳钢、碳锰钢和低合金钢钢管的所有对接焊缝, 应进行焊后热处理。根据管系的设计温度 and 设计压力, 对壁厚小于 10mm 的管子, 可免除消除热应力的要求。载运高纯度无水氨或含有硫化氢的液化石油气 (LPG) 的管路, 当采用抗拉强度下限大于 410N/mm² 的钢建造时, 管路上的所有对接焊缝应进行焊后热处理。

5.11.3 除在焊接前和焊接期间进行正常控制以及对完工焊缝进行目视检查以外, 还应进行下列试验:

(1) 设计温度低于-10℃且内径大于 75mm 或壁厚大于 10mm 管系的对接焊接头, 应作 100%射线检测或超声波检查。

(2) 若对接焊系在管子制造车间用自动焊接程序焊接时, 则射线或超声波检测的范围可逐渐减少, 但不能小于所有接头的 10%。如发现有缺陷, 应进行 100%检测, 包括被认可的焊缝。只能在具备合适的质量程序文件和记录以评估制造商生产合格的焊接产品的能力时才能授予该许可。

(3) 在 (1) 和 (2) 中未包括的其他对接焊接头, 根据其用途、位置 and 材料, 决定是否应进行抽样射线检测或另外的无损检测。一般, 至少应对 10%的管子对接焊接头进行无损检测。

5.12 管壁厚度

5.12.1 管壁厚度 δ , 应不小于按下式计算所得之值:

$$\delta = \frac{\delta_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} \quad \text{mm}$$

式中: c ——腐蚀余量 mm, 余量应与管子的预期寿命相一致;

a ——壁厚的制造负公差, %;

δ_0 ——理论壁厚, mm;

$$\delta_0 = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot e + P}$$

其中: P ——设计压力, MPa, 见 5.4.1 的规定;

D ——外径, mm;

$[\sigma]$ ——许用应力, N/mm², 见 5.13 的规定;

e ——有效系数。无缝钢管以及由认可的焊接管制造厂供应的纵向焊或螺旋焊的焊接管的焊缝，按认可的标准进行无损检测后，认为等效于无缝钢管者，取 $e=1.0$ ；其他情况的有效系数 e 小于 1.0，按照认可的标准，根据制造工艺提出具体要求；

b ——弯曲余量，mm，对 b 值的选取，应使仅受内压的弯曲部分的计算应力不超过材料的许用应力。如未做出此种证明，则 b 值应为：

$$b = \frac{D\delta_0}{2.5r}$$

其中： r ——平均弯曲半径，mm。

5.12.2 钢管的公称壁厚应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 2 篇第 2 章的规定。对于不锈钢钢管的公称壁厚将给予特别考虑。

5.12.3 计及附加载荷的影响，可增加壁厚。若增加壁厚不现实或反而造成过大的局部应力，应采用其他设计方法。

5.13 许用应力

5.13.1 管子的许用应力，应取下列计算值的较小者。

$$\frac{\sigma_b}{2.7} \text{ 或 } \frac{\sigma_s}{1.8}$$

式中： σ_b ——室温下材料最低抗拉强度， N/mm^2 ；

σ_s ——室温下材料最低屈服强度或 0.2% 条件屈服应力， N/mm^2 。

5.13.2 高压气体燃料外管或管道尺寸

如燃气管系的设计压力大于临界压力，当承受 5.4 规定的设计压力时，管子或管道笔直段的薄膜切应力应不超过抗拉强度除以 1.5 ($R_m/1.5$)。所有其他管路部件的额定压力应反映出与笔直管子同一水平的强度。

5.14 应力分析

5.14.1 设计温度为 -110°C 或更低时，应提交管系的每一支管的应力分析。

应力分析应考虑到由于管子的质量，包括较大的加速度载荷、内部压力、热收缩以及船舶中拱和中垂引起的载荷所产生的所有应力。

5.14.2 当设计温度高于 -110°C 时，应力分析的内容可为诸如管系的设计或刚度以及材料的选择。

5.14.3 在任何情况下，即使不提交计算书，也应考虑热应力。

5.14.4 应力分析可按本社认可的常用规则进行。

5.15 材料

5.15.1 管系中所用材料，应按最低的设计温度进行选择和试验，并应符合第 6 章的要求。

5.15.2 端部敞开的透气管路的材料质量，可予以放宽，但应符合以下条件：

- (1) 压力释放阀调定值时的货物温度为 -55°C 或更高；
- (2) 液体不会流至透气管路。

5.15.3 液货舱内的端部敞开的管路，也可予以同样的放宽，但要满足 5.15.2 (1) 的规定。

5.15.4 液货舱内排放管路及薄膜液货舱和半薄膜液货舱内的所有管路，均不许放宽要求。

5.15.5 用于液货舱外管子的材料，其熔点不应低于 925℃。但附连于液货舱的短管除外，此短管应设置耐火绝热层。

5.16 法兰、阀件和附件

5.16.1 法兰、阀件和附件，应考虑所选的材料和本章所规定的设计压力，符合认可的标准。蒸汽管路的波纹管膨胀接头，可采用较低的设计压力。

5.16.2 不符合认可标准的法兰，其尺寸和其螺栓的尺寸，应经本社认可。

5.16.3 波纹管膨胀接头的设计和安装应符合认可标准，并设有装置防止过度拉伸或压缩造成的损坏。

5.16.4 所有应急截止阀应为“遇火关闭型”（参见 5.19.1 和 18.10.2）

5.16.5 用于液货管系的应急截止阀的关闭特性应进行试验，以证明其符合 18.10.2 (3)。该试验可在阀门安装后在船上进行。

5.17 船用货物软管

5.17.1 货物驳运所用的液体和蒸气软管，应与货物相容并与货物温度相适应。

5.17.2 承受液货舱压力的软管，或承受货泵或蒸气压缩机排放压力的的软管，应按其爆破压力进行设计，此压力应不小于货物驳运期间软管可能承受的最大压力的 5 倍。

5.17.3 配有端部附件的新型货物软管，应进行原型试验。原型试验包括压力循环试验和爆破试验。压力循环试验：在正常环境温度下，从零到至少 2 倍于规定的最大工作压力下进行 200 次压力循环。爆破试验：在压力循环试验后进行，以验证爆破压力在最高和最低极端营运温度下至少为 5 倍于规定的最大工作压力。

5.17.4 原型试验用过的软管，不应再用于输送货物。

5.17.5 新制成的货物软管被投入使用之前，应在环境温度下进行静水压力试验，试验压力应不小于 1.5 倍规定的最大工作压力，也不必大于其 2 / 5 的爆破压力。

5.17.6 在软管上应标出其最大工作压力和试验日期，不是在环境温度下使用的软管，还应标出其最高或最低或其两者的使用温度。

5.17.7 软管的最高工作压力，不应小于 1MPa（表压力）。货物软管的评估应按照本社同意的标准^①进行。本章 5.15.5 的要求表明，货物软管应采用熔点高于 925℃ 的金属制造。

5.18 货物管系绝热系统

5.18.1 货物管系应设有要求的绝热系统以在驳运作业中将泄漏至货物的热量降至最低并保护人员避免直接接触寒冷的表面。

5.18.2 由于所处位置或环境条件的不同，如适用时，绝热材料应具有适当的防火和阻止火焰传播的性能，并应受到足够的保护，以防止水蒸气的渗透和机械损伤。

5.19 管路附件的型式试验

5.19.1 管路附件应进行下列型式试验：

(1) 工作温度低于-55℃的阀，在最低设计温度（或更低）和不低于阀的设计压力下，进行密性

^①参见国际航海联盟（ICS）与石油公司国际海事论坛（OCIMF）出版的液化气体船与船之间驳运指南。

试验。试验期间，应确认阀具有良好的工作性能。受压部件应至少按额定压力的 1.5 倍进行压力试验

(2) 对于熔点低于 925℃ 的应急截止阀，型式试验应包括按认可的标准进行的防火试验。

(3) 液货舱以外的货物管路上的波纹管膨胀接头及需要时设置在液货舱内的波纹管膨胀接头，应进行下列型式试验：

① 未经预先压缩的波纹管元件，应经受不小于 5 倍设计压力的压力试验而不破裂，试验持续时间应不少于 5min。

② 带有附件（如法兰、拉杆和铰接件等）的原型膨胀接头，应在制造厂推荐的最大位移条件下，经受 2 倍设计压力的压力试验而不产生永久变形。本社根据所使用的材料，可要求在最低设计温度下进行这种试验。

③ 完整的膨胀接头，应进行循环试验（热运动）。在压力、温度、轴向运动、旋转运动和横向运动等条件下，完整的膨胀接头应能承受至少为与实际使用中所遇到的同样多循环次数。当这种试验条件与在营运温度下的试验条件一样严峻时，则允许在室温下进行试验。

④ 完整膨胀接头应在无内压的情况下进行周期性疲劳试验（考虑船体变形），即用模拟相当于补偿管段的波纹管运动的方式，在不高于 5 次/s 的频率下，至少进行 2×10^6 次循环（但只有当由于管路的布置实际上会经受船体变形载荷作用时，才要求进行这种试验）。

⑤ 如能提供完整的文件，并确认膨胀接头是适合于承受预计的工作条件的，本社可以不要求进行本条中所述的试验。当最大内部压力超过 0.1MPa 时，上述文件应包括足够的试验资料，以验证所用设计方法的合理性，特别是关于计算和试验结果之间的相互关系。

5.20 管路试验

5.20.1 本小节要求适用于液货舱的内、外管路。

5.20.2 静水试验压力，应为 1.5 倍的设计压力。

5.20.3 货物管路装配完工后，应进行 1.5 倍设计压力的静水压力试验。当管路组装了所有附件后，可在装船之前进行静水压力试验。

5.20.4 在船上焊接的接头，应进行静水压力试验。

5.20.5 若货物管路不允许有水，并且管路在投入使用之前不能进行干燥，可采用其他试验工质或其他试验方法，但应提交本社认可。

5.20.6 货物管系和处理用管系，在船上安装完工后，应使用空气、卤化物或其他适当介质进行密性试验，试验压力取决于检测泄漏的方法。

5.20.7 在首次装载作业之前，一般应对所有管系，包括用于输送货物或蒸气的阀、附件和附属设备进行正常工作状态下的功能试验。

5.20.8 在双层壁气体燃料管系中，外管或内管也应进行压力试验，以证明其可承受气体管路破断时预计的最大压力。外管或通风导管的试验压力一般不低于最大压力值的 1.5 倍，该最大压力值可取设计压力，或者考虑气体管路破断时的最不利情况计算得出。

第 6 章 构造材料和质量控制

所有液化气体船上不应新安装含石棉材料。

6.1 定义

6.1.1 本章涉及的 A、B、D、E、AH、DH、EH 和 FH 级的船体结构钢均为本社船体结构钢的等级。

6.1.2 轧制件系指从单板或坯或从单锭轧制而成的产品（如果直接轧制成板、条、型材或块）。

6.1.3 批系指基于取样试验一起接受或拒绝的件数。批的大小见公认标准。

6.1.4 控制轧制（CR）系指在正火温度范围内进行最终变形，并导致材料状况等效于正火获得的材料状况的轧制程序。

6.1.5 温度-形变控制轧制（TMCP）系指包括对钢的温度和轧制变形均严格控制的程序。不像 CR，TMCP 的性能不能通过随后的正火或其他热处理进行复制。经本社批准，也可接受 TMCP 完成后加速冷却。同样适用于 TMCP 完成后进行回火。

6.1.6 加速冷却（AcC）系指在最终 TMCP 操作后立即通过比在空气中冷却速度快的速度进行控制冷却以改善力学性能的工艺过程。加速冷却不包括直接淬火。经 TMCP 和 AcC 后获得的材料性能不能通过随后的正火或其他热处理进行复制。

6.2 范围和一般要求

6.2.1 本章给出用于货物系统构造的金属和非金属材料的要求。这包括连接工艺、生产工艺、人员资格、无损检测、检查和试验（包括生产试验）的要求。对轧制材料、锻件和铸件的要求见 6.4 和表 6.1 至 6.5；对焊接件的要求见 6.5；应执行质量保证/质量控制计划以确保符合 6.2 的要求。

6.2.2 有关制造、试验、检查以及文件应符合本章规定，本章没有涉及的内容参考本社《材料与焊接规范》要求。

6.2.3 如规定或要求作焊后热处理，其母材性能应在热处理条件下按照本章适用的表列要求予以确定，而焊缝性能应按照 6.5 的规定的热处理条件予以确定。如果采用焊后热处理，则上述试验的要求，可由本社酌情修改。

6.3 一般试验要求和说明

6.3.1 拉伸试验

6.3.1.1 拉伸试验应按照公认标准（即本社规范）进行。

6.3.1.2 抗拉强度、屈服强度和伸长率应使本社满意。对具有明显屈服点的碳锰钢和其他材料，应考虑其屈强比的限制。塑性良好的材料可不作屈强比限制。

6.3.1.3 拉伸试验的试样和试验程序应满足本社《材料与焊接规范》的要求。

6.3.2 冲击韧性试验

6.3.2.1 除另有规定外，金属材料的验收试验应包括夏比 V 型缺口冲击韧性试验。规定的夏比 V 型缺口冲击能量值的要求为 3 个全尺寸（10 mm×10 mm）试样的最小平均冲击能量值和对最小的单

个试样冲击能量。夏比 V 型缺口试样的尺寸和公差应符合公认标准^①。对尺寸小于 5 mm 的试样的试验和要求应符合公认标准。小尺寸试样的最小平均值见表 6.3.2.1:

表 6.3.2.1

夏比 V 型缺口试样尺寸 (mm)	3 个试样的最小平均冲击能量 (J)
10×10	KV
10×7.5	5/6KV
10×5.0	2/3KV

表中: KV——表 6.1 至表 6.4 中规定的冲击能量 (J)。

仅允许有 1 个试样的冲击能量可低于规定的平均值, 但不得低于该平均值的 70%。

6.3.2.2 对于母材, 应尽可能按材料厚度截取最大尺寸的夏比 V 型缺口试样, 应尽量使试样位于材料表面和其厚度中心之间的中点位置, 并使缺口的长度方向垂直于材料表面。

6.3.2.3 当材料厚度不大于 40mm 时, 冲击试样截取应使其同纵轴平行或垂直于材料终轧方向, 且试样边缘距轧制面小于 2mm(见图 6.1)。

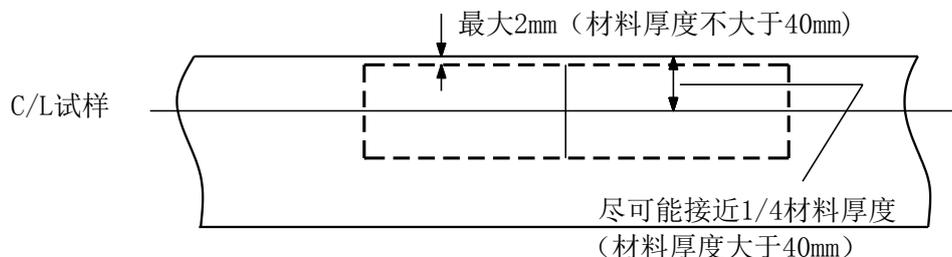
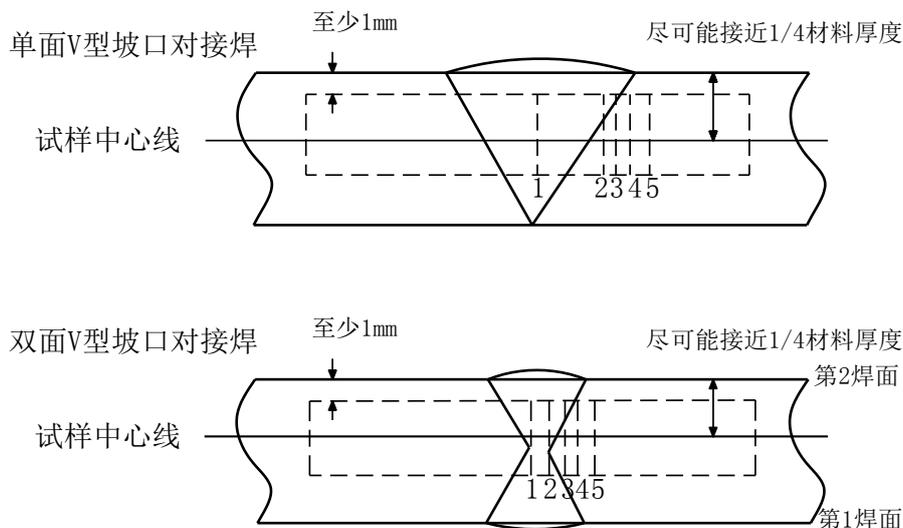


图 6.1—母材试样的方向性

6.3.2.4 对于焊接试验试样, 尽可能按材料厚度截取最大尺寸的夏比 V 型缺口试样, 应尽量使试样接近材料表面和其厚度中心之间的中点位置, 在各种情况下, 从材料表面至试样边的距离应不小于 1 mm。此外, 对于双 V 型坡口的对接焊缝, 应在接近于第 2 个焊接面处截取试样。试样一般应取在下列位置, 即焊缝的中线上、熔合线上和距离熔合线 1 mm、3 mm 和 5 mm 处, 见图 6.2。



^① 如本社《材料与焊接规范》

图 6.2 焊接试样的方向性

图 6.2 中的缺口位置:

- .1 位于焊缝中心。
- .2 位于熔合线上。
- .3 在热影响区, 距熔合线 1mm。
- .4 在热影响区, 距熔合线 3mm。
- .5 在热影响区。距熔合线 5mm。

6.3.2.5 如果 3 个最初的夏比 V 型缺口试样的平均冲击能量没有达到规定的要求, 或多于 1 个试样的冲击能量低于规定的平均值, 或者仅有 1 个试样的冲击能量低于所允许的单个试样的最小冲击能量值时, 则可以从同一材料中再取 3 个附加试样进行试验。将所得的结果与原先获得的试验结果组成 1 个新的平均值。如果这个新的平均值符合要求, 而且, 低于要求的平均值的个别结果不多于 2 个且低于单个试样要求值的试样结果不多于 1 个, 则可以接受此件或这批材料。

6.3.2.6 夏比 V 型缺口冲击试验的复试应满足本社《材料与焊接规范》第 1 篇的相关要求。

6.3.3 弯曲试验

6.3.3.1 作为材料验收试验, 弯曲试验可予以免除, 但对焊接试验仍要求弯曲试验。如进行弯曲试验, 应按本社规范进行。

6.3.3.2 焊接试验应为横向弯曲试验, 本社可决定进行正弯、反弯或侧弯试验。若母材和焊缝金属具有不同的强度级, 则可要求以纵向弯曲试验替代横向弯曲试验。

6.3.4 断面观察和其他试验

本社也可要求对焊缝做宏观断面、微观断面观察以及硬度试验。试验应满足本社《材料与焊接规范》的要求。

6.4 对金属材料的要求

6.4.1 对金属材料的一般要求

6.4.1.1 构造材料要求见下列各表:

.1 表 6.1: 适用于设计温度不低于 0℃的液货舱和处理用压力容器所用的板材、管材(无缝管和焊接管)、型材和锻件。

.2 表 6.2: 适用于设计温度低于 0℃至-55℃的液货舱、次屏壁和处理用压力容器所用板材、型材和锻件。

.3 表 6.3: 适用于设计温度低于-55℃至-165℃的液货舱、次屏壁和处理用压力容器中所用板材、型材和锻件。

.4 表 6.4: 适用于设计温度低于 0℃至-165℃的货物管系和处理用管系所用管材(无缝管和焊接管)、锻件和铸件。

.5 表 6.5: 适用于 4.13.1 (2) 和 4.13.1 (3) 要求的船体结构所用板材和型材。

表 6.1

设计温度不低于 0℃的货物围护系统和处理用压力容器所用板材、管材(无缝管和焊接管) ^{註1,2} 、型材和锻件	
化学成分和热处理	
◆	碳锰钢
◆	全镇静细晶粒钢
◆	经本社同意可添加少量的合金元素
◆	化学成分的范围应经本社认可

◆ 正火或淬火加回火 ^{注4}		
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	规定最低屈服应力不超过 410N/mm ² 注5	
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 <i>t</i> (mm)	试验温度 (°C)
	<i>t</i> ≤ 20	0
	20 < <i>t</i> ≤ 40 ^{注3}	-20
注：		
1. 无缝管和附件，应采用正常的制造工艺。纵向焊接和螺旋焊接的管材，应经本社特别认可。（见注①）		
2. 管路不要求进行夏比 V 型缺口冲击试验。		
3. 本表适用于厚度不超过 40 mm 的材料，更大厚度的提议应经本社认可。		
4. 可用控制轧制工艺或温度-形变控制轧制（TMCP）替代。		
5. 规定最低屈服应力超过 410 N/mm ² 的材料可由本社认可，应对这些材料的焊缝和热影响区的硬度予以特别注意。（见注②）		

注：①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本社《材料与焊接规范》第 3 章的要求。

②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 至 -55°C 的货物围护系统、次屏壁和处理用压力容器所用板材、型材和锻件^{注1}					
最大厚度为 25 mm^{注2}					
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% ^{注3}	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 ^{注4}					
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	规定最低屈服应力不超过 410N/mm ² ^{注5}										
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	比设计温度低 5℃，或-20℃，取其低者										
<p>注：</p> <p>1. 对锻件的夏比 V 型缺口冲击试验和化学成分的要求，可由本社予以特别考虑。</p> <p>2. 对厚度超过 25mm 的材料，夏比 V 型缺口冲击试验应按下列要求进行：</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>材料厚度（mm）</th> <th>试验温度（℃）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25<t≤30</td> <td>比设计温度低 10℃，或-20℃，取其低者</td> </tr> <tr> <td>30<t≤35</td> <td>比设计温度低 15℃，或-20℃，取其低者</td> </tr> <tr> <td>35<t≤40</td> <td>比设计温度低 20℃</td> </tr> <tr> <td>40<t</td> <td>经本社认可的温度</td> </tr> </tbody> </table> <p>冲击能量值应按所用试样种类符合表列的要求。</p> <p>用于液货舱和液货舱部件的材料，如焊后热应力能完全消除，可在低于设计温度 5℃或-20℃（取其低者）的温度下进行试验。</p> <p>对于已消除热应力的加强构件和其他构件，试验温度应与邻接货物围护系统壳体厚度所要求的试验温度相同。</p> <p>3. 如设计温度不低于-40℃，经本社特别同意，材料的含碳量最大可增至 0.18%。</p> <p>4. 可用控制轧制工艺或 TMCP 替代。</p> <p>5. 规定最低屈服应力超过 410 N/mm² 的材料可由本社认可，应对这些材料的焊缝和热影响区的硬度予以特别注意。</p> <p>厚度超过 25 mm 的材料，若其试验温度为-60℃或更低者，需采用符合本章表 6.3 规定钢材或经特殊处理的钢材。</p>		材料厚度（mm）	试验温度（℃）	25<t≤30	比设计温度低 10℃，或-20℃，取其低者	30<t≤35	比设计温度低 15℃，或-20℃，取其低者	35<t≤40	比设计温度低 20℃	40<t	经本社认可的温度
材料厚度（mm）	试验温度（℃）										
25<t≤30	比设计温度低 10℃，或-20℃，取其低者										
30<t≤35	比设计温度低 15℃，或-20℃，取其低者										
35<t≤40	比设计温度低 20℃										
40<t	经本社认可的温度										

注：①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 6.3

设计温度低于-55℃至-165℃ ^{注2} 的货物围护系统，次屏壁和处理用压力容器所用板材、型材和锻件 ^{注1} 最大厚度为 25 mm ^{注3,4}		
最低设计温度（℃）	化学成分 ^{注5} 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 ^{注6}	-65
-65	2.25%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火或 TMCP ^{注6,7}	-70
-90	3.5%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火或 TMCP ^{注6,7}	-95
-105	5%镍钢—正火或正火加回火或淬火加回火 ^{注6,7,8}	-110
-165	9%镍钢—二次正火加回火或淬火加回火 ^{注6}	-196
-165	奥氏体钢，如 304、304L、316、316L、321 和 347 等，固溶处理 ^{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

拉伸和韧性（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								
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								
注：									
1. 在临界条件下使用的锻件的冲击试验要求，应由本社予以特别考虑。 2. 设计温度低于-165℃时的要求，应经本社特别同意。 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：									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>材料厚度（mm）</th> <th>试验温度（℃）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25<t≤30</td> <td>比设计温度低 10℃</td> </tr> <tr> <td>30<t≤35</td> <td>比设计温度低 15℃</td> </tr> <tr> <td>35<t≤40</td> <td>比设计温度低 20℃</td> </tr> </tbody> </table>		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≤40	比设计温度低 20℃
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≤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，应对厚度超过 40mm 的材料的夏比 V 型缺口冲击能量值予以特别考虑。									
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 镍钢应经本社接受。 7. 淬火加回火的钢材，经本社特别考虑，可用于较低的最低设计温度。 8. 经特殊热处理的 5%镍钢，例如经三次热处理的 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. 经本社同意，可免除冲击试验。									

表 6.4

设计温度低于 0℃至-165℃ ³ 的燃料管系和处理用管系所用的管子(无缝管和焊接管) ^{注1} 锻件 ^{注2} 和铸件 ^{注2} 最大厚度为 25mm			
最低设计温度（℃）	化学成分 ^{注5} 和热处理	冲击试验	
		试验温度（℃）	最小平均冲击能量（KV）
-55	碳锰钢：应为全镇静细晶粒，正火或经同意的热处理方法 ^{注6}	注 4	27
-65	2.25%镍钢，正火，正火加回火或淬火加回火 ^{注6}	-70	34
-90	3.5%镍钢，正火，正火加回火或淬火加回火 ^{注6}	-95	34
-165	9%镍钢 ^{注7} ，二次正火加回火或淬火加回火	-196	41
	奥氏体钢，如 304，304L，316，316L，321 和 347。固溶处理 ^{注8}	-196	41
	铝合金，如 5083，退火		不要求

拉伸和韧性（冲击）试验要求
取样频率
◆ 应按批试验。
韧性（夏比 V 型缺口冲击试验）
◆ 冲击试验：纵向试样
注：
1. 如使用纵向焊接和螺旋焊接的管子，应经本社特别认可。
2. 对锻件和铸件的要求可由本社予以特别考虑。
3. 设计温度低于-165℃的要求应经本社特别同意。
4. 试验温度应比设计温度低 5℃，或为-20℃，取其低者。
5. 化学成分的范围应符合公认标准。
6. 对于经淬火加回火的材料，经本社特别同意，可采用较低的设计温度。
7. 化学成分不适用于铸件。
8. 经本社同意，可免除冲击试验。（见注①）

注：①拟用于设计温度低于 -55℃的奥氏体铸钢件应做冲击试样。

表 6.5

用于按 4.2.11.1 (2) 要求的船体结构用板材和型材								
船体结构的最低设计温度 (°C)	各钢级的最大厚度 (mm)							
	A	B	D	E	AH	DH	EH	FH
0°C 及以上 ^{注1} -5°C 及以上 ^{注2}	按公认标准							
0 至-5°C	15	25	30	50	25	45	50	50
-5 至-10°C	×	20	25	50	20	40	50	50
-10 至-20°C	×	×	20	50	×	30	50	50
-20 至-30°C	×	×	×	40	×	20	40	50
低于-30°C	按表 6.2 规定，但表 6.2 及该表注 2 中所指的厚度范围不适用							
注：								
“×”系指不应采用的钢级。								
1 适用于 4.13.1 (3)。								
2 适用于 4.13.1 (2)。								

6.4.1.2 不同于 6.4.1.1 所要求的化学成分或力学性能的材料可通过与本社签署特别协议而被接受。

6.5 金属材料的焊接和无损探伤

6.5.1 通则

6.5.1.1 本节应只适用于主屏壁和次屏壁，包括构成次屏壁的内壳。碳钢、碳锰钢、镍合金钢和不锈钢应进行验收试验，但这些试验也可适用于其他材料。本社可决定对不锈钢和铝合金的焊接件免做冲击试验，也可对任何材料特别要求做其他的试验。

6.5.2 焊接材料

6.5.2.1 用于液货舱的焊接材料应符合公认标准。所有焊接材料应要求进行熔敷金属试验和对

接焊缝试验。拉伸试验和夏比 V 型缺口冲击试验中所得的结果应符合公认标准。熔敷金属的化学成分应作记录以供查询。对所有焊接材料，应按本社《材料与焊接规范》中的有关规定认可。

6.5.3 液货舱和处理用压力容器的焊接工艺试验

6.5.3.1 所有液货舱和处理用压力容器的对接焊缝要求作焊接工艺试验。

6.5.3.2 焊接试件应能代表：

- 1 每种母材；
- 2 每种焊接材料和焊接方法；和
- 3 每种焊接位置。

6.5.3.3 板材的对接焊试验，试板的制备应使板材轧制方向平行于焊接方向。每种焊接工艺试验所规定的材料厚度范围应符合公认标准。射线检查或超声波检查可由制造厂选择决定。

6.5.3.4 液货舱和处理用压力容器的以下焊接工艺试验应按 6.3 进行（从每个试件制作试样）：

1 焊缝横向拉力试验；

2 公认标准要求的纵向全焊缝试验；

3 焊缝横向弯曲试验，可进行正弯、反弯或侧弯试验。若母材和焊缝金属具有不同的强度级，则可要求以纵向弯曲试验替代横向弯曲试验；

4 一组3个的夏比V型缺口冲击试验，一般应在下列每个位置上截取，如图6.2所示：

- 1 焊缝的中心线；
- 2 熔合线；
- 3 距熔合线1mm；
- 4 距熔合线 3mm；和
- 5 距熔合线 5mm；和

5 也可要求对焊缝做宏观断面、微观断面以及硬度进行测定的检验。

6.5.3.5 每个试验应满足下列要求：

1 拉力试验：焊缝横向抗拉强度应不低于相应母材的最低抗拉强度。对于铝合金，应参见4.12.5 (1) 关于低匹配焊缝的焊缝金属强度要求（若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；

2 弯曲试验：试样经直径为4倍试样厚度的弯芯弯曲180°后，不应断裂。牌号5083铝合金的弯曲试验，材质厚度不大于12.5mm时应以直径为5倍试样厚度弯芯进行弯曲；厚度大于12.5mm时应以直径为6倍试样厚度弯芯进行弯曲。弯曲试验试样受拉表面不应出现3mm以上的张开型缺陷。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；和

3 夏比V型缺口冲击试验：应在对连接母材规定的温度下进行冲击试验。焊缝金属冲击试验的结果，其最小平均冲击能量(KV)应不低于27J。焊缝金属小尺寸试样和单个冲击能量的要求应按6.3.2的规定。熔合线和热影响区的冲击试验结果的最小平均冲击能量(KV)应符合母材横向或纵向要求(视适用而定)，而小尺寸试样，最小平均冲击能量(KV)应符合6.3.2的规定。如果材料的厚度不允许截取全尺寸试样或标准小尺寸试样，则试验方法和验收标准应符合公认标准。

6.5.3.6 用于填角焊的工艺试验应符合公认标准。在这种情况下，应选择具有良好冲击性能的焊接材料。

6.5.4 管材的焊接工艺试验

管材焊接工艺试验应与 6.5.3 对液货舱规定的细节相似。

6.5.5 产品焊缝试验

6.5.5.1 除整体液货舱和薄膜液货舱外，所有液货舱和处理用压力容器通常按每 50m 左右的对

接焊缝进行一次产品焊缝试验，并应能代表各个焊接位置。对次屏壁应按主屏壁的要求作相同型式的产品焊缝试验，但经本社同意可减少试验数量。除 6.5.5.2 至 6.5.5.5 规定的试验外，可要求对液货舱或次屏壁进行其他试验。

6.5.5.2 对 A 型和 B 型独立液货舱以及半薄膜液货舱的产品焊缝试验应包括每 50m 的焊缝进行弯曲试验，以及当要求时还应进行以一组 3 个夏比 V 型缺口的冲击试验。夏比 V 型缺口冲击试验试样的缺口应分别位于焊缝中心或热影响区(根据焊接工艺试验的结果来确定的最危险的位置)。对于奥氏体不锈钢，所有的缺口应位于焊缝的中心处。

6.5.5.3 对于 C 型独立液货舱和处理用压力容器，除 6.5.5.2 所列的试验外，还要求进行焊缝横向拉力试验。拉力试验应满足 6.5.3.5 的要求。

6.5.5.4 质量保证/质量控制计划应确保材料制造商的质量手册中规定的产品焊缝持续符合性。

6.5.5.5 整体液货舱和薄膜液货舱的试验要求与 6.5.3 中所列的适用试验要求一致。

6.5.6 无损探伤试验

6.5.6.1 所有试验程序和验收标准应按公认标准，除非设计方规定更高的标准以满足设计假定。原则上应使用射线检查发现内部缺陷。但是，认可的超声波检查可替代射线检查，但应增选部分位置进行射线检查以验证结果。应保存射线和超声波检查结果。

6.5.6.2 无损探伤应满足本社《船舶焊接检验指南》第 7 章 7.1.7.2 中要求，即：对于整体液货舱或独立液货舱的全焊透焊缝（不包括薄膜舱），当采用 CB 或 JIS 标准时，其验收等级均应为 I 级。当采用 ISO 标准时，船体结构验收等级按重要区域要求。

6.5.6.3 设计温度为-20℃及以下的 A 型独立液货舱和半薄膜液货舱以及不论设计温度如何的 B 型独立液货舱，所有液货舱壳板的全焊透对接焊缝应进行适于在其整个长度范围内发现内部缺陷的无损探伤试验。可在与 6.5.6.1 中规定的相同条件下进行替代射线检查的超声波检查。

6.5.6.4 设计温度高于-20℃的 A 型独立液货舱和半薄膜液货舱，在结构焊缝交叉处的所有全焊透对接焊缝和剩余的全焊透对接焊缝至少 10%应在与 6.5.6.1 中规定的相同条件下进行射线检查或超声波检查。

6.5.6.5 在所有情况下，液货舱结构的其余焊缝，包括扶强材以及其他附件和连接件的焊缝应在必要时用磁粉或着色渗透法进行检查。

6.5.6.6 对于 C 型独立液货舱，无损探伤的范围应按公认标准定其为全部的或部分的，但检验范围应不少于如下的规定：

.1 有关 4.17.2 (1) ③ 中的全部无损探伤：

射线检查：

.1 整个长度范围内的所有对接焊缝；

用于表面裂纹检查的无损探伤：

.2 10%长度范围内的所有焊缝；

.3 整个长度范围内的开孔和喷管等周围的加强环。

可以用 6.5.6.1 中所述的超声波检查代替部分射线检查。此外，本社可要求对开孔周围的加强环和喷嘴焊缝进行全部超声波检查。

.2 部分无损探伤按 4.17.2 (1) ③ 规定：

射线检查：

.1 所有对接焊交叉处的接头和对接焊缝全部长度上均匀选取至少 10% 的长度；

用于表面裂纹检查的无损探伤:

- .2 整个长度范围内的开孔和喷管等周围的加强环;
超声波检查
- .3 本社可根据每一具体情况提出要求。

6.5.6.7 质量保证/质量控制计划应确保材料制造商的质量手册中规定的焊缝无损探伤的持续符合性。

6.5.6.8 管道检查应按照第 5 章的要求进行。

6.5.6.9 当认为必要时, 次屏壁应进行无损探伤以发现内部缺陷。若船体外壳为次屏壁部分, 则对所有舷侧顶列板的对接焊缝以及舷侧外板上的所有环缝和纵缝的交叉处应进行射线检查。

6.6 金属材料构造的其他要求

6.6.1 通则

6.6.1.1 焊缝的检查和无损探伤应按照 6.5.5 和 6.5.6 的要求。如在设计中假定更高的标准或公差, 其也应能满足。

6.6.2 独立液货舱

6.6.2.1 对于由回转体构成主要结构的 C 型和 B 型液货舱, 关于制造的公差, 例如失圆、局部偏离正确形状、焊接接头的对中以及不同厚度板的削斜等, 均应符合公认标准。这些公差都是与 4.16.3 (4) 和 4.17.3 (2) 所述的屈曲分析有关的。

6.6.2.2 对于用碳钢和碳锰钢制造的 C 型独立液货舱, 如设计温度低于 -10°C , 则应在焊接后进行焊后热处理。其他各种情况下的焊后处理以及当所用材料不同于上述材料时的焊后热处理均应符合公认标准。热处理的加热温度和保温时间也应符合公认标准。用除 6.6.2.2 以外材料建造的 C 型独立液货舱的焊后热处理和对于用碳钢或碳锰钢制成的其他型式液货舱, 本社均要求进行焊后热处理。

6.6.2.3 对用碳钢或碳锰钢制成的 C 型液货舱和大型受压容器进行热处理有困难时, 在下列条件下, 可以采用充压方法进行机械应力消除, 以替代热处理:

.1 对于受压容器的复杂焊接部件, 如带有喷管的贮槽或气室连同其相邻的壳板, 应在将它们焊接到受压容器的更大部件上以前进行热处理;

.2 对于机械应力消除方法, 最好应在 4.17.6 所要求的静水压力试验期间采用施加一个高于 4.17.6 (1) 所要求的试验压力的方式进行, 加压的介质应是水;

.3 对于水温, 可采用 4.17.6 (2) 的要求;

.4 当液货舱由其常规的鞍座或支撑结构支撑时, 应对其进行应力消除。当不能在船上对其进行应力消除时, 液货舱的支撑方式应能达到与由常规的鞍座或支撑结构支撑时同样的应力和应力分布;

.5 每 25mm 厚度, 应保持最大应力消除的压力为 2h, 但在任何情况下均不能少于 2h;

.6 在应力消除期间, 计算所得的应力水平上限应为:

.1 等效总体主膜应力: $0.9Re$;

.2 主弯曲应力加上膜应力的合成相同应力: $1.35Re$, 其中 Re 是在用于液货舱的钢材的试验温度下标定的最低屈服应力的下限或 0.2% 条件验证应力;

.7 为了验证这些限度, 通常要求至少对相继建造的一系列同样液货舱中的第一个液货舱进行应变测量。在按照 6.6.2.3 的要求需提交的机械应力消除的程度中应包括应变测量仪的位置;

.8 试验程度应证明: 在应力消除过程结束后, 当压力再次升高到设计压力时, 在压力和应变

之间应达到一种线性关系；

.9 在进行了机械应力消除后，应采用染色渗透剂或磁粉检验对几何形状不连续处(如喷管和其他开口)的高应力区域进行有关裂纹的检查。应特别注意厚度超过30mm的板材；

.10 对屈服应力与极限抗拉强度之比大于0.8的钢材，通常不进行机械应力消除。如果采用一种提高钢材延展性的方法，以提高钢材屈服应力，则在对具体情况进行考虑后可接受略高的比值；

.11 如果冷成形度超出要求作热处理的限度，则不能用对液货舱冷成形部件的热处理替代机械应力消除；

.12 液货舱的壳板的封头的厚度不超过40mm。如对部件进行过热应力消除，则可以接受较高的厚度；

.13 当液货舱和气室的封头为准球形时，应特别注意防止局部屈曲；和

.14 机械应力消除程序应符合公认标准。

6.6.3 次屏壁

建造期间，次屏壁的试验和检查要求应经本社认可或接受（见 4.6.2（5）和 4.6.2（6））。

6.6.4 半薄膜液货舱

6.6 中用于独立液货舱或薄膜液货舱的有关要求，如合适时，亦适用于半薄膜液货舱。

6.6.5 薄膜液货舱

质量保证/质量控制计划应确保焊接工艺条件、设计细节、材料、结构、检验和部件的生产试验的持续符合性。这些标准和工艺应在实施原型试验计划期间制定。

6.7 非金属材料

6.7.1 一般要求

(1) 对于非金属材料的选择和使用的指导可参考《国际散装运输液化气体船舶构造与设备规范》（IGC 规则）附录 4 的相关内容。

第 7 章 货物压力/温度控制

7.1 一般规定

7.1.1 货物系统应能承受在最高设计环境温度条件下的最大蒸气表压力。否则，应设有下列一种或一种以上的设施，以保持液货舱内的压力低于释放阀的最大允许调定值（MARVS）（本节另有规定者可除外）：

- (1) 货物蒸发气的再液化；
- (2) 货物蒸发气的热氧化（燃烧）；
- (3) 压力积聚（蓄压）；和
- (4) 液相货物的制冷。

7.1.2 本篇 7.1.1 所要求的系统用的结构材料，应适合于所载运的货物。

正常的营运，最高的环境设计温度应为：

江水：25℃；

空气：45℃。

在特热或特冷区域，营运船舶的设计温度，本社可作适当的增减。系统的总体能力应使得在不向大气排放的情况下将压力控制在设计条件内。

7.1.3 本篇第 17 章规定的某些有高度危险性的货物，不论是否设有能处理货物蒸气的任何系统，其货物围护系统应能承受在最高环境设计温度条件下的货物最大蒸气压力。

7.2 货物蒸发气的再液化

7.2.1 可以按下列方式之一对再液化系统进行布置：

- (1) 直接冷却系统：对气化的货物进行压缩、冷凝并将其输回到液货舱；
- (2) 间接冷却系统：用制冷剂对货物或气化的货物进行冷却或冷凝，而不对其压缩；
- (3) 混合系统：将气化的货物压缩后，在货物 / 制冷剂的热交换器中加以冷凝，然后再将其输回到液货舱；和
- (4) 如果在压力控制操作期间并在设计条件范围内，再液化系统产生包含甲烷的废气流，这些废气尽实际可行在不向大气排放的情况下进行处理。

注：第 17 和 19 章的要求可排除使用 1 个或多个系统或可规定使用特定系统。

7.2.2 用于再液化的制冷剂应与其相接触的货物相容。另外，如使用多种制冷剂并可能互相接触，其应彼此相容。

7.3 蒸气的热氧化（燃烧）

7.3.1 按照本篇 1.3.41 和 16.2 的规定通过货物蒸气的热氧化以保持液货舱压力和温度应只适用于 LNG 货物。一般来说：

- (1) 热氧化系统应呈现无外部可见火焰，并保持烟道排气温度低于 535℃；
- (2) 氧化系统所在处所的布置应符合本篇 16.3，供气系统应符合本篇 16.4；和
- (3) 如果用于燃烧来自任何其他系统产生的废气，热氧化系统应设计成能适应所有预计的原料气体成分。

7.3.2 热氧化系统应符合下列要求：

- (1) 每个热氧化系统应具有一个独立的排气烟道；
- (2) 每个热氧化系统应具有专门的强力排气系统；和
- (3) 热氧化系统的燃烧室和排气烟道应设计成能防止气体的任何积聚。

7.3.3 燃烧器应设计成能在所有设计着火条件下保持稳定的燃烧。

7.3.4 应装有适当的设备，对其布置应确保在没有实现和保持良好的点火时，能切断流向燃烧器的气体。

7.3.5 每个热氧化系统应能从安全可达到的位置手动隔断气体燃料供应。

7.3.6 应设有在燃烧器熄火后能使用惰性气体对燃烧器的供气管路进行自动吹扫的布置。

7.3.7 所有运行中的气体、燃油或油和气燃烧器在火焰熄灭的情况下，再次点火前应能自动对氧化系统燃烧室进行吹扫。

7.3.8 应采取能对燃烧室进行人工吹扫的措施。

7.4 压力积聚（蓄压）系统

7.4.1 围护系统绝热层、设计压力或两者均应足以为所涉及的操作时间和温度提供适当的余量。不要求附加压力和温度控制系统。

7.5 液相货物的制冷

7.5.1 散装货物液体可由通过安装在液货舱内部或液货舱外表面上的盘中循环流通的冷却剂进行制冷。

7.6 隔离

7.6.1 如果同时载运 2 种或 2 种以上能起危险化学反应的货物时，对于每种货物，均应设有本篇 1.3.50 中规定的独立系统，每个系统符合本篇 7.7 中规定的可用衡准。如果同时载运 2 种或 2 种以上不互相反应但由于其蒸气的特性而需要单独系统的货物时，可通过隔离阀进行隔离。

7.7 可用性

7.7.1 系统的可用性及其支撑辅助服务应满足：

(1) 如果机械非静止部件或控制系统部件发生单项故障，能使液货舱的压力和温度保持在其设计范围内而不影响其他必需的服务。如采用制冷装置作为本章 7.1.1 (1) 规定的控制货物压力/温度的措施时，考虑制冷装置发生故障但不设置备用机组的替代措施是：能燃烧蒸发气和处理所产生蒸发气的辅助锅炉或本社认可的替代废热处理装置。如果在 21 天（或经特别申请）的周期内不会达到安全阀最大允许调定值，那么也可考虑只燃烧部分蒸发气的系统；

(2) 不要求冗余管系；

(3) 使液货舱的压力和温度保持在其设计范围内所必需的热交换器，应设有备用热交换器，除非其超过最大要求的压力控制能力的 25%，并能在无外部帮助的条件下在船上进行修理。如液货舱压力和温度控制设有另外的单独方式且不依靠单独的热交换器，则不要求设有备用热交换器。从热交换器出来含有货物的水不得引至主机舱；

(4) 对于任何货物加热或冷却介质，应设有按照本篇 13.6 条要求的探测有毒或易燃蒸气泄漏至其他非危险区域或舷外的装置。泄漏探测装置的任何透气出口应至非危险区域并设有防火网。

第 8 章 货物围护的透气系统

8.1 一般规定

8.1.1 每个液货舱应具有与货物围护系统的设计以及所装载的货物相适应的压力释放系统。

8.1.2 对于所承受压力可能超过其设计承受能力的货舱处所和屏壁间处所，也应具有合适的压力释放系统。

8.1.3 第 7 章所规定的压力控制系统应独立于压力释放系统。

8.2 压力释放系统

8.2.1 每个液货舱（包含甲板液货舱）应设有最少 2 个压力释放阀（PRV），每个阀均为相同尺寸且偏差在制造商的公差范围之内，其设计和制造能满足预定的用途。

8.2.2 屏壁间处所应具有符合本社认可的标准的压力释放装置。对于薄膜系统，设计方应证明屏壁间处所压力释放阀具有足够的尺寸。

8.2.3 压力释放阀的调定压力应不高于设计该液货舱时所采用的最大蒸气压力。当液货舱安装 2 个以上的压力释放阀时，具有不超过总释放能力 50% 的阀可调到 MARVS 以上 5% 的压力以允许后续的开启，将不必要的蒸气释放降至最低。

8.2.4 下列温度要求适用于安装至压力释放系统的压力释放阀：

(1) 应将设计温度低于 0℃ 的液货舱上的压力释放阀的设计和布置成能防止由于结冰而造成阀失灵；

(2) 对于压力释放阀的结构和布置，应考虑由于环境温度结冰的影响；

(3) 阀体应由熔点高于 925℃ 的材料构成，可接受内部结构和密封使用低熔点材料，只要不损害压力释放阀的故障安全操作；

(4) 先导式压力释放阀上的感应导管和排气管应足够坚固以防止破损。

8.2.5 压力释放阀应进行型式试验。型式试验应包括：

(1) 释放能力的验证；

(2) 在设计温度低于 -55℃ 情况下操作的低温试验；

(3) 阀座密性试验；

(4) 受压部件按至少为设计压力的 1.5 倍进行压力试验。

压力释放阀应按照认可标准^①进行测试。

每个压力释放阀应经试验以确保：

(1) 在规定的调定压力下开启。对于 0~0.15Mpa 者，开启压力的允许偏差不超过 ±10%；对于 0.15~0.3MPa 时，允许偏差不超过 ±6%；对于 0.3MPa 及以上者，允许偏差不超过 ±3%；

(2) 阀座密性可接受；

^① ISO 21013-1:2008-低温容器—低温设备用卸压附件—第 1 部分：可重新盖紧的压力释放阀；ISO 4126-1:2004 正压保护安全装置—第 1 部分和第 4 部分：安全阀。

(3) 受压部件能承受至少 1.5 倍的设计压力。

压力释放阀应由有资质的机构进行调定和铅封，并由本社进行核实。此项工作的记录，包括阀的调定压力，应被保存在船上。

8.2.6 在下列情况下，允许液货舱有 1 个以上的释放阀调定压力：

(1) 安装 2 个或 2 个以上经正确调定并被铅封的压力释放阀，并设有必要的装置，将不用的阀与液货舱隔离；

(2) 安装可以改变调定压力的释放阀。其调定压力，可以通过插入预先认可的调节垫片或备用弹簧予以改变，或通过不要求进行压力试验即能验证新的调定压力的其他类似装置予以改变。所有其他的阀调节机构均须铅封。

8.2.7 按 8.2.6 的规定改变调定压力和相应地重新调定 13.4.5 所述的报警时，应在船长监督下按照本社认可的程序和船舶操作手册的规定进行。改变后的调定压力应记录在船舶航行日志内，并张贴在货物控制室内，然后在每个释放阀上标明。

8.2.8 如果液货舱安装的压力释放阀发生故障，应有紧急隔离安全装置：

(1) 应规定相应操作程序并纳入货物操作手册（见 18.2）；

(2) 程序应只允许隔离 1 个液货舱安装的压力释放阀；

(3) 压力释放阀的隔离应在船长的监督下进行。该行动应记录在船舶航行日志内，并在货物控制室内（如设有）和压力释放阀上张贴标记；

(4) 在总释放能力恢复前，液货舱不应载货。

8.2.9 安装在液货舱上的压力释放阀均应与透气系统相连接。

(1) 透气系统的构造应能使气体直接向上排放，其布置应使水或雪进入透气系统的可能性减少至最低限度；

(2) 透气管出口的高度应高出露天甲板不小于 $B/3$ 或 6m，取其大者，并应高出工作区域和步桥 6m。

对于 500 总吨以下的液化气体船，若满足此要求确有困难时，经本社同意，可适当放宽，但在装卸作业时，应加强监测。

8.2.10 液货舱压力释放阀排气管出口，应与通向起居处所、服务处所和控制站或其他非危险区域的最近空气进口或开口之间的水平距离至少为 B 或 25m，取其小者。

与货物围护系统相连的其他透气管出口，应与通向起居处所、服务处所和控制站或其他非危险区域的最近空气进口或开口之间的水平距离至少为 10m。

在货物/压载操作期间有大量货物蒸气、空气或惰化气体与货物蒸气混合物排出的排出口的半径 6m 范围内应采用合格防爆型的电气设备，而半径 6m 至 10m 范围内应采用无火花型电气设备（参见 IEC 60079-15）。

8.2.11 对在其他各章中没有明确布置要求的所有其他货物透气出口，均应符合 8.2.9 和 8.2.10 的规定。应设有防止由于相连处所的静水压力造成液体从透气管出口溢流的措施。对于 500 总吨以下的液化气体船，若满足此要求确有困难时，经本社同意，可适当放宽，但在装卸作业时，应加强监测。

8.2.12 若同时载运几种相互间会起危险反应的货物，则每种货物应设置一个独立的压力释放系统。

8.2.13 透气管系中应设有从可能积聚液体的地方排放液体的设施。压力释放阀和管路布置应不会使液体积聚在压力释放阀内或其附近。

8.2.14 透气管出口端应设置方孔防护网，单个网孔的边长不应大于 13mm，以防异物进入，且不会对流量造成不利影响。载运特定货物时，应按照防护网的其他要求（见 17.9 和 17.21）。

8.2.15 透气管路的设计和布置应不致于因其受到外界温度的变化、流产生的力或船体的运动而损坏。

8.2.16 应将压力释放阀连接至甲板平面以上的液货舱最高部分。压力释放阀在液货舱上的位置应使得在最大许可充装极限 F_L 下，当船舶处于横倾 15° 和纵倾 0.015L（对于 L 的定义，见本篇 1.3.26）的情况下，压力释放阀仍保持处于蒸气空间内。

8.2.17 按照 15.5.2 的要求装载的液货舱上的透气系统，应验证其适用性^①。有关的证书应永久保留在船上。就本条而言，透气系统系指：

- (1) 液货舱出口和通向压力释放阀的管路；
- (2) 压力释放阀；
- (3) 从压力释放阀到排向大气部位的管路，并包括与其他液货舱相通的连接和管路。

8.3 真空保护系统

8.3.1 对于未设计成能承受最大外压差为 0.025MPa 的液货舱，或不能承受在最大卸货速率下无蒸气返回液货舱时，或由于货物制冷系统工作时或热氧化时可能产生的最大外压差，则均应设置：

- (1) 两个独立的压力开关，以能在足够低于液货舱的最大设计外压差的压力下，采取适当的措施，按顺序报警并随后停止从液货舱内抽吸货物液体或蒸气，同时关闭制冷设备（如设有时）；或
- (2) 真空释放阀，其气体流量至少等于每个液货舱的最大卸货速率，且调定在足够低于液货舱的设计外压差时的压力下能开启；或
- (3) 本社接受的其他真空释放系统。

8.3.2 按照第 17 章的要求，真空释放阀应能允许惰性气体、货物蒸气或空气进入液货舱，同时应布置成使水或雪进入液货舱的可能性为最小。如果允许货物蒸气进入液货舱，则所进入的货物蒸气应为来自除货物蒸气管路以外的蒸气源。真空释放阀通常不允许空气进入液货舱，除非设有令本社满意的控制、低压报警、货泵和压缩机的自动停止装置，并调定使得液货舱的压力不能低于预先设定的最低安全水平。

8.3.3 应对真空保护系统应进行试验，以保证其达到规定的压力时能动作。

8.4 压力释放系统的排量

8.4.1 每个液货舱的压力释放阀应具有一个联合的释放量，以便能排放下列情况中较大数量的蒸气，使液货舱中的压力升高不超过释放阀的最大允许调定值（MARVS）的 20%：

- (1) 如果液货舱惰化系统最大可达到的工作压力超过液货舱的 MARVS，则取液货舱惰化系统的最大排量；或

^①参照国际海事组织以 A.829（19）号决议通过的《C 型舱透气系统适用性的评估导则》。

(2) 用下式算得的火灾波及时的蒸气生成量:

$$Q = F \cdot G \cdot A^{0.82}$$

式中: Q ——在 273K 和 0.1013MPa 的标准状态下所要求的空气最小排放率, m^3/s ;

F ——用于不同类型液货舱的火灾波及系数:

$F=1.0$, 对于甲板上无绝热层的液货舱;

$F=0.5$, 对于甲板以上其绝热层系经本社认可的液货舱(应根据所使用的防火材料、绝热层的热传导性能及其在火灾波及时的稳定性进行此项认可);

$F=0.5$, 对于安装在货舱处所内非绝热的独立液货舱;

$F=0.2$, 对于安装在货物处所内绝热的独立液货舱(或安装在绝热货舱处所内的非绝热独立液货舱);

$F=0.1$, 对于惰化货舱处所内的绝热的独立液货舱(或惰化、绝热货舱处所内的非绝热独立液货舱);

$F=0.1$, 对于薄膜或半薄膜液货舱;

对于部分突出于开敞甲板上独立液货舱的火灾波及系数, 应根据甲板上、下部分液货舱的表面积予以决定。

G ——气体系数:

$$G = \frac{12.4}{L \cdot D} \sqrt{\frac{Z \cdot T}{M}}$$

其中: T ——在释放状态下的绝对温度(K), 即在 120% 的释放阀调定压力下的温度;

L ——在释放状态下, 物质被气化时的潜热, kJ / kg ;

D ——根据比热 k 决定的常数, 用下列公式计算:

$$D = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

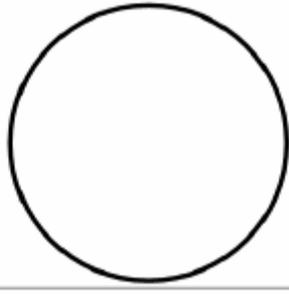
式中: k = 释放状态下的比热率, 其值在 1 和 2.2 之间。如果 k 为未知数时, 则应取 $D=0.606$;

Z ——在释放状态下, 气体的压缩系数, 如此系数为未知数, 则取 $Z=1$;

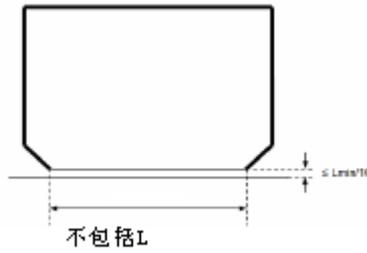
M ——货品分子量。

应确定拟载运的每个货物的气体系数, 其最高值应用于 PRV 排量。

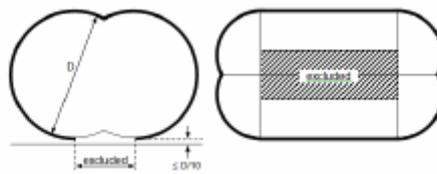
A ——液货舱外表面面积, m^2 。对于不同类型的液货舱, 如图 8.1 所示。



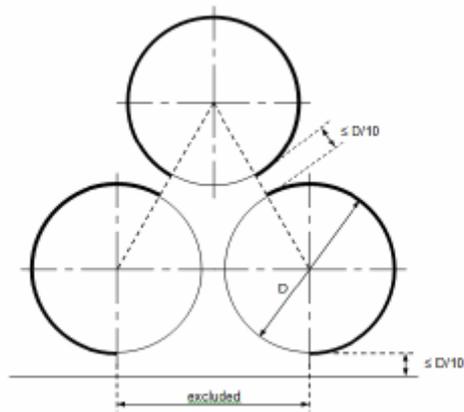
具有球形、半球或半椭圆形封头的圆柱形液货舱或球形液货舱



棱形液货舱



双耳式液货舱



水平圆柱形液货舱布置

图8.1

(3) 释放状态下要求的空气质量流由下列公式得出：

$$M_{\text{空气}} = Q\rho_{\text{空气}} \quad (\text{kg/s})$$

式中：空气密度（ $\rho_{\text{空气}}$ ）=1.293kg/m³（在 273.15K，0.1013MPa 时的空气）。

8.4.2 确定压力释放阀的排量时，应考虑压力释放阀上流和下流的压力损失以确保 8.4.1 要求的流量。

8.4.3 按照 8.4.1，透气管路中从液货舱到压力释放阀入口处的压降，应不超过计算流速下该释放阀调定压力的 3%。

8.4.4 如果先导式压力释放阀感应导管直接引自液货舱气室，则压力释放阀应不受进入管压力损失的影响。

第 9 章 环境控制

9.1 货物围护系统内的环境控制

9.1.1 应设置能安全地除气和在除气后的状态下安全充入货物蒸气的管路系统，管路系统的布置应使得在气体环境改变后，气体或空气存留死角的可能性降至最低。

9.1.2 对于易燃货物，应将系统设计成在利用惰性的介质对液货舱进行气体环境改变作业的中间步骤时，消除易燃气体混合物存在于液货舱内的可能性。

9.1.3 可能含有易燃货物的管路系统应满足本章 9.1.1 和 9.1.2 的规定。

9.1.4 液货舱和货物管路系统应设置足够数量的气体采样点，以便充分地监测气体环境改变的进程。气体采样连接管应在主甲板以上设有单个阀，并用适当的盖板或盲板密封（见本篇 5.7.5）。

9.1.5 在上述作业过程中所使用的惰性气体，可由岸上或船上供给。

9.1.6 残液不应排入水域。

9.2 货舱处所（除 C 型独立液货舱以外的货物围护系统）内的环境控制

9.2.1 对于要求全部或部分设置次屏壁的用于易燃气体的货物围护系统的屏壁间处所和货舱处所，应使用适当的干燥惰性气体进行惰化，并用船上惰性气体发生系统或用船上储存的惰性气体提供补充的惰性气体以保持惰化。船上储存的惰性气体应至少满足 30 天的正常消耗。

9.2.2 根据本篇第 17 章的规定，可用干燥空气充填本章 9.2.1 所述的只要求部分次屏壁的处所，但应符合下述规定：

(1) 船上应保持有一定储量的惰性气体或设有可惰化上述处所中的最大处所的惰性气体发生系统；

(2) 气体探测系统及惰化装置的能力，应能迅速探测到液货舱的任何泄漏，并在形成危险状态之前完成惰化；

(3) 船上应设有能产生足够的合适质量的干燥空气的设备，以满足预期的需要。

9.2.3 当本章 9.2.1 和 9.2.2 所述的处所承运非易燃气体时，可用干燥空气或惰化气体予以保持。

9.3 C 型独立液货舱周围处所的环境控制

9.3.1 未设置次屏壁的液货舱周围处所，应充填干燥惰性气体或干燥空气，并应用船上惰性气体发生系统或贮存的惰性气体提供补充的惰性气体或用合适的干燥空气设备提供的干燥空气，以保持上述处所的环境。如果货物在环境温度下载运，可不必充填干燥空气或惰性气体。

9.4 惰化

9.4.1 在处所内所有可能出现的温度下，惰性气体在化学性质和操作方面，应与该处所的结构材料和货物相容，并应考虑到气体的露点。

对惰性气体露点的考虑，应按照下列规定：

(1) 当货舱绝缘是本社认可的不能防止水蒸气渗透的有效保护层时，露点的最大值应小于设计温度。

(2) 当货舱绝缘是本社认可的有效保护层时，露点的最大值应小于充满干燥惰性气体或干燥

空气的舱室内任何表面上具有的最低温度。

(3) 惰性气体装置容量应经车间试验确定。

(4) 船上应设有测量货舱处所空气湿度的设施，该设施若为可携式，通常应能与货舱处所固定的取样管路相连接。

9.4.2 用于灭火的惰性气体，应储存在独立的容器内，且不应用于货物作业。

9.4.3 当惰性气体在 0℃ 以下储存时，无论其是液体还是蒸气，储存和供应系统应使船舶构件的温度不致下降到其所能承受的极限值以下。

9.4.4 惰性气体系统的布置，应能防止货物蒸气倒流。如果将惰性气体装置设于机器处所或货物区域之外的其他处所时，应在货物区域内的惰性气体总管上安装 2 个止回阀或等效装置以及 1 个可拆短管。除了与货舱处所或屏壁层处所的连接外，惰性气体系统在不使用时应与货物区域的货物系统分隔开。

9.4.5 每个被惰化的处所均应隔离，并应设有必要的控制设备和释放阀等，以控制这些处所内的压力。

9.4.6 如果绝热处所持续获得惰性气体作为泄漏检查系统的一部分，应设有装置监测各处所获得的气体量。

9.4.7 惰性气体系统本身产生静电着火的危险应降至最小程度。

9.5 船上惰性气体的制造

9.5.1 制造惰性气体的设备，应能产生含氧量（按容积计）在任何时间都不超过 5% 的惰性气体，且应满足本篇第 17 章的特殊要求。从惰性气体制造设备引出的惰性气体供应管路上，应安装一个能连续读数的含氧量测定表和一个在最高含氧量（按容积计）为 5% 时报警的报警装置，并应满足本篇第 17 章的特殊要求。

9.5.2 惰性气体系统应具有与货物围护系统相配的压力控制装置和监测装置。

9.5.3 装有惰性气体发生装置的处所不应设通往起居处所、服务处所或控制站的直接通道，但惰性气体发生装置可位于机器处所内。惰性气体管路不应通过起居处所、服务处所或控制站。

9.5.4 制造惰性气体用的燃烧设备不应位于货物区域内。对于使用催化燃烧方法的惰性气体发生装置，其安装位置可予以特别考虑。

第 10 章 电气设备

10.1 定义

就本章而言，除另有规定外，下列定义应适用。

10.1.1 危险区域系指爆炸性气体环境出现或预期可能出现的数量达到足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取特殊预防措施的区域^①。

10.1.1.1 0 区危险区域系指持续或长期存在爆炸性气体环境的区域。

10.1.1.2 1 区危险区域系指正常运行时可能出现爆炸性气体环境的区域。

10.1.1.3 2 区危险区域系指正常运行时不可能出现爆炸性气体环境（如出现，也只是偶尔或短时间出现）的区域。

10.1.2 非危险区域系指爆炸性气体环境预期出现的数量不足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取特殊预防措施的区域。

10.2 一般要求

10.2.1 所配备的电气装置应能使易燃货品失火和爆炸的危险风险降至最低。

10.2.2 电气装置应按照公认标准^②。

10.2.3 电气设备或电缆不得安装在危险区域内，除非是为了作业目的或提高安全而必需时。当电气设备安装在危险区域内时，其应按照不低于本社可接受的标准进行选择、安装和维护。危险区域的设备应由本社认可的有关权威机构进行评估和发证或登记。不合格易燃气体探测设备的自动隔离不能替代合格设备的使用。

10.2.4 为便于选择适当的电气设备和设计合适的电气装置，危险区域按照公认标准分区。

10.2.5 发电和配电系统及相关控制系统应设计成单个故障不会导致 7.7.1（1）要求的液货舱压力和 4.13.1（6）要求的船体结构温度保持在正常营运限制内的能力丧失。应按照不低于本社接受的标准^③对故障模式和影响进行分析和记录。

10.2.6 危险区域内的照明系统至少应有 2 个分路。所有开关和保护电器均应能分断全部的极或相，并应位于非危险区域内。

10.2.7 电测深仪或计程仪以及外加电流阴极保护系统的阳极或电极均应置于气密围阱内。

10.2.8 深潜式货泵电动机及其供电电缆可安装在货物围护系统内。应设有能在低液位时自动停止电动机的布置。这可通过检测泵的低排放压力、电动机的低电流或低液位予以实现。电动机停止运转时，应在货物控制站进行报警。在除气作业期间，应能切断货泵电动机的供电电源。

10.2.9 顶推液化气驳的推船的电气设备应符合本社《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇中推（拖）油驳的推（拖）船的规定。

^② 参照国际电工委员会出版的建议书，特别是 IEC 60092-502:1999 号出版物。

^③ IEC 60812 2.0 版 2006-01 系统可靠性的分析技术—故障模式和影响分析（FMEA）程序。

第 11 章 防火和灭火

11.1 一般规定

11.1.1 本章的规定应连同第 3 章一起适用。

11.1.2 除本章有明确规定外，液化气体船尚应满足《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章对闪点不大于 60℃油船的有关要求；推液化气体驳的推船尚应满足《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章对闪点不大于 60℃油推（拖）船的有关要求。但是：

(1) 《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章 3.2.9.1 (4) 和 3.3.6.4 的规定不适用；

(2) 《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章有关液货船的下列条文不适用，其由本篇的有关章节替代，具体如下：

法规条文：	本篇替代的章节
3.7.9.6	11.6
3.2.9.1 (1) 和 3.2.9.1 (2)	第 3 章
3.7.4	11.3 和 11.4

11.1.3 除在第 10 章和第 16 章中另有规定外，如果处所内有可能存在易燃蒸气时，应排除此处所内所有着火源。

11.1.4 本章所述货物区域包括最后面的货舱处所后端和最前面货舱处所前端的隔离舱，压载舱或留空处所上方的任何开敞甲板区域。

11.2 消防总管和消防栓

11.2.1 消防泵应满足《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇第 3 章 3.4.3.1 所规定的出水要求（当消防泵兼作水雾系统供水泵时，尚需包括水雾系统所需水量），且在任何消火栓处的表压力至少应达到 0.5MPa。对于 500 总吨以下的液化气体船及液化气驳船，当满足此要求确有困难时，经本社同意可适当放宽，但应保证冷却用水量、水雾系统的有效雾化和 11.2.2 的要求。

11.2.2 水灭火系统的布置，应保证任何消火栓在水枪口径为 16mm 时，可喷出 2 股水柱，且 2 股水柱的射程均不应小于 12m。消防栓的布置应保证消防水可以覆盖货物区域内的甲板的任何部分及甲板以上的货物围护系统和液货舱舱口盖部分。

11.2.3 水灭火系统的布置，应至少使 2 股水柱能喷射到货物区域内的甲板的任何部分及甲板以上的货物围护系统和液货舱舱口盖部分，并应设置必要数量的消火栓以满足上述需要。消防栓所配备的消防水带通常不超过 20m。

11.2.4 在进入货物区域前并以一定的间隔确保能隔断总管上任何损坏的单个管段，应在所设任何管路的交叉处和消防总管或总管组上受保护位置的设置截止阀，以从最近的消防栓使用不超过 2 个水带长度来满足 11.2.3 的要求。向服务于货物区域的消防总管供水应为主消防泵供水的环状总管或由位于货物区域前后的消防泵供水的单个总管，其中一个应独立驱动。

11.2.5 水枪应为经认可的设有关闭装置的两用型（水雾/水柱型）。灭火系统中所有的管子、阀、水枪和其他附件应采用耐燃耐蚀的金属材料制成。

应将一台消防泵布置成能从驾驶室或货物区域以外的其他控制站对其进行遥控起动，并能与消

防总管相连接。

11.3 水雾系统

11.3.1 在载运易燃或有毒货品的船舶上，应安装用于冷却、防火以及船员防护的水雾系统，其覆盖范围应包括：

(1) 暴露的液货舱气室、液货舱的任何暴露部分和含有货物的相邻设备着火时暴露于热辐射中的液货舱盖的任何部分（例如暴露的增压泵/加热器/再气化或再液化装置，以下称为露天甲板上的气体处理装置）；

(2) 在甲板上暴露的用于易燃或有毒货品的储存容器；

(3) 甲板上的气体处理装置；

(4) 货物液体和蒸气的装卸连接，包括法兰及其控制阀所在的区域，其范围至少等于所设滴盘的区域；

(5) 货物液体和蒸气管中所有暴露的应急切断（ESD）阀，包括向用气装置供气的总阀；

(6) 面向货物区域的暴露限界面，例如经常有人的上层建筑和甲板室的舱壁、货物机器处所、装有高度失火危险物品的储藏室和货物控制室。这些区域暴露的水平限界面不要求保护，除非在其上面或下面布置可拆卸的货物管路连接。水雾系统也应覆盖安装有内燃机和/或燃料处理装置的舱室、闪点不大于 60℃ 易燃液体储藏室和油漆间面向货物区域的边界。

(7) 面向货物区域的暴露救生艇、救生筏和集合站，不论至货物区域的距离；和

(8) 任何半围蔽货物机器处所和半围蔽货物机舱。

11.3.2 用于水平投影面的喷射率应至少为每分钟 10L/m² 的均匀分布水雾；用于垂直表面应至少为每分钟 4L/m²。对于不能明确划分水平面或垂直面的结构，其水雾系统的排量应为下列两者中的大者：

(1) 水平投影面积乘以每分钟 10L/m²；

(2) 实际表面面积乘以每分钟 4L/m²。

在垂直表面上，确定较低区域的喷嘴的间距时，可估算从较高区域流下的水量。为隔断损坏的管段，在水雾总管上应每隔 40m 安装一个截止阀。或者将系统分成 2 个或多个区段，每个区段可独立操作，但应将必要的控制装置集中安装在货物区域外易于到达和操作的位置。用于保护 11.3.1 (1) 和 (2) 所述区域的区段应能复盖该区域的整个横向液货舱群。11.3.1 (3) 中包括的任何气体处理装置可由 1 个独立的区段服务。防护垂直面的水喷嘴行之间垂直距离不应超过 3.7m。

11.3.3 水雾系统供水泵的排量应足以供应同时向所有区域喷水所需的水量。如果系统分为几个区段，则供水泵的布置和排量应能达到同时向任一区段、11.3.1 (4) 至 (8) 中所规定范围、任何两个完整的横向液货舱群及这些区域内的任何气体处理装置供水。也可将主消防泵用作水雾系统供水泵，但其总排量中应增加水雾系统所需水量。不论在何种情况下，在货物区域外的消防总管和水雾总管之间，都应设有带截止阀的连接管。

11.3.4 如果 1 个舱失火会使 2 个消防泵失效，经常有人的上层建筑和甲板室的限界面和面向货物区域的救生艇、救生筏和集合区域也应能由 1 个消防泵或应急消防泵提供保护。

不管水雾系统供水泵是否由消防泵兼用，均要求提供额外的 1 台消防泵或应急消防泵对水雾系统供水，对上述处所提供保护。

11.3.5 经本社认可，通常被用作其他用途的水泵也可向水雾喷淋系统总管供水。

11.3.6 水雾系统中的所有管子、阀、喷嘴和其他附件均应使用耐燃、耐腐蚀钢管。货物区域内管路、附件和相关构件（衬垫除外）应设计成能经受 925℃。水雾系统应布置成具有管线过滤器以防止管道和喷嘴堵塞。另外，应设有用淡水冲洗系统的措施。

11.3.7 对于水雾系统供水泵的遥控起动装置和该系统中任何常闭阀门的遥控操作装置，应布置在货物区域外邻近起居处所的合适位置，并能在被保护区域发生火灾时易于操作。

11.4 化学干粉灭火系统

11.4.1 凡拟载运易燃货品的船舶，均应安装经本社认可^①的固定式化学干粉灭火系统，以使用其扑灭货物区域甲板上的火灾（包括甲板上任何货物液体和蒸气排放和装载连接），如适用时，也可用其扑灭首尾货物装卸区域的火灾。

11.4.2 该系统具有至少能用 2 个手持软管或干粉炮与手持软管的联合装置将干粉喷洒到暴露货物液体和蒸气管路、装卸连接和暴露气体处理装置的任何部分。

11.4.3 化学干粉灭火系统应设计成具有不少于 2 个独立装置。11.4.2 要求的任何被保护部分应从不少于 2 个独立装置及其控制装置、加压介质的固定管路、干粉炮或手持软管达到。对于其液货舱容量小于 1000m³ 的船舶，可设一套上述装置。干粉炮应布置成能保护任何装卸连接区域，且能对其进行就地和遥控启动和喷洒。如果干粉炮能从一个位置将所需的干粉喷洒到整个覆盖区域，则不要求干粉炮具有遥控瞄准的能力。面向起居处所并随时可进入的货物区域末端左舷和右舷处应设有 1 个软管。

11.4.4 干粉炮的排量应不小于 10kg/s。手持软管不应被扭曲，并应设有一个能够开关的喷嘴，其喷射速度不应小于 3.5kg/s。当喷嘴以最大喷射速率喷射时，应可由 1 人操作，手持软管的长度不应超过 33m。如果干粉容器与手持软管或干粉炮之间设有固定管路，其长度应以不超过在持续使用或间断使用中能使干粉保持流动状态所需的长度为准，而且在系统关闭以后，应能驱除管路中的干粉。对于手持软管和喷嘴，应为耐风雨结构或储存在耐风雨的箱子内或罩盖下，并应易于取用。

11.4.5 在每个干粉容器内，应储存足够数量的干粉，以便向每套干粉装置所附的所有干粉炮和手持软管提供至少 45s 喷射时间所需的干粉量。固定式干粉炮的覆盖距离应符合下列要求：

每个固定式干粉炮排量 (kg/s):	10	25	45
最大覆盖的距离 (m):	10	30	40

11.4.6 应认为手持软管的最大有效覆盖距离是等于软管本身的长度。如果被保护区域显著地高于干粉炮或手持软管卷筒所在位置，则应予以特别考虑。

11.4.7 对于设有首尾装卸连接的船舶，应在货物区域前后设有独立的干粉装置，通过符合 11.4.1 至 11.4.6 要求的覆盖船首/船尾装卸的软管和 1 个干粉炮保护货物液体和蒸气管路。此装置应设在便于保护首尾装卸装置的位置，手持软管的长度应能保护到货物区域前后的货物管路。

11.4.8 安装后，管子、阀、附件和组装系统应进行遥控和就地释放释放站的密性试验和功能试验。初次试验也应包括排放足够数量的化学干粉以验证系统处于适当的工作状态。所有分配管道应采用干燥空气吹气以确保管道无障碍物。

^①参见《保护载运散装液化气体船舶的固定式化学干粉灭火系统认可指南》（海安会 MSC.1/Circ.1315 通函）。

11.4.9 对于设置固定化学干粉灭火系统确有困难的 500 总吨以下的液化气体船，当其干粉储存量、喷射速率及覆盖距离满足要求时，经本社同意，可采用等效干粉灭火器。

11.4.10 凡拟装载运易燃货品的驳船，应安装推车式化学干粉灭火装置或固定式化学干粉灭火系统，以扑灭货物区域甲板的火灾。化学干粉灭火系统可设于顶推液化气驳船的推船上或液化气驳船上。

11.4.11 液化气驳船按下列要求设置推车式化学干粉灭火装置：

(1) 推车式化学干粉灭火装置应将干粉喷洒到暴露于货物区域的露天甲板上的任何部分（包括甲板上的货品输送管路）。

(2) 推车式化学干粉灭火装置的手持软管不应扭曲，并应设有一个能够开关的喷嘴。

(3) 推车式化学干粉灭火装置的布置如下：

① 装卸站；

② 货泵安装处所；

③ 货物压缩机安装处所；

装卸站应每舷各设 1 台推车式化学干粉灭火装置，货泵安装处所应每台货泵各设 1 台推车式化学干粉灭火装置，货物压缩机安装处所应设 1 台推车式化学干粉灭火装置。

11.4.12 液化气驳船应按载货量选配化学干粉灭火装置。

(1) 载货量不大于 500m³，可选用干粉充装量不小于 35kg/台的推车式化学干粉灭火装置；

(2) 载货量不大于 1000m³，可选用干粉充装量不小于 50kg/台的推车式化学干粉灭火装置；

(3) 载货量大于 1000m³，可选用干粉充装量不小于 70kg/台的推车式化学干粉灭火装置。

11.5 设有货物装卸设备的围蔽处所

11.5.1 满足 1.2.10 中货物机器处所衡准的围蔽处所和任何船舶货物区域内的货物机房应设有符合 FSS 规则规定的固定灭火系统，并考虑到气体灭火所要求的必要的浓缩/施放比率。在货泵舱和货物压缩机舱内至少应布置两只适用的手提式灭火器。

11.5.2 位于专门从事运载有限数量货物船舶的货物区域内并满足第 3.3 章中货物机器处所衡准的围蔽处所，经本社同意可采用适合的灭火系统。

11.6 消防员装备

11.6.1 凡载运易燃货品的船舶，应按表 11.6.1 的规定配备符合“《内河船舶法定检验技术规则》”第 5 篇 3.7.9.6 条要求的消防员装备。

表 11.6.1

货舱总容积	消防员装置数量
2000m ³ 以下	2套
2000m ³ ~5000m ³	4套
5000m ³ 以上	5套

11.6.2 安全设备的配备及规定见本篇第 14 章要求。

11.6.3 作为消防员装备组成部分所必需的任何呼吸器，均应为至少具有 1200L 自由空气容量的自给式空气呼吸器。

11.7 液化气推船

11.7.1 除有明确规定外，推船应符合《内河船舶法定检验技术规则》第 5 篇对载运闪点不超过 60℃（闭杯试验）的油拖（推）船的规定。

11.7.2 消防泵应保证任何消火栓处的表压力至少达 0.5MPa。

11.7.3 推船应在邻近驳船的区域设置水幕。

11.7.4 消防泵如兼作水雾泵时，其排量和压力应满足水灭火系统和水雾系统同时工作的需要。

11.7.5 若推船供驳船消防用水时，则应以软管可靠连接。

11.7.6 推船消防用品的种类、最少数量和布置如表 11.7.6 所示。

消防用品配量表

表 11.7.6

消防用品名称 配量 处所名称	手提式灭火器 (具)	手提式泡沫枪 (具)	消防水桶 (具)
机 舱	2	1	4
甲 板	2		
厨 房	1		
无线电室	1		
配电板处所	1		
其他电器处所	1		

注：无线电室、配电板处所及其他电器处所不应采用手提式泡沫灭火器。

第 12 章 货物区域的机械通风

12.1 一般规定

12.1.1 货物区域的通风系统应独立于其他通风系统。

货物区域的处所，无论是气体危险处所还是非危险区域，均应设置独立的通风。

12.1.2 气体危险处所的通风管路，除第 16 章允许的外，不应通过起居处所、服务处所和机器处所或控制站。

12.1.3 通风装置的流量应根据舱室的总容积决定。

12.1.4 在泵和压缩机工作时，泵舱和压缩机室的通风装置应在运行。

12.1.5 在电动机室的通风装置运行达 15min 之前，泵和压缩机不应启动。

12.2 正常装卸货物作业中需要进入的处所

12.2.1 电动机舱、货物压缩机舱和货泵舱、装有货物装卸设备的其他围蔽处所、在其中进行货物装卸操作的处所以及货物蒸气可能积聚的其他围蔽处所，应安装能在上述处所外面进行控制的机械通风系统。

在进入此类舱室和操作设备之前，应对上述处所进行通风，并应在此类舱室外设有“需要进行通风”的警告牌。

警告牌上应标明进入前所需通风的时间。通风时间根据通风设备的能力，按舱室总容积换气不小于 10 次计算，通风设备应设有声光报警装置。

12.2.2 机械通风进风口和出风口布置，应保证有足够的空气流经该处所，避免易燃蒸气或有毒蒸气的积聚。

通风系统的换气次数，应不少于 30 次/h，货物控制室若为非危险区域，其换气次数可为 8 次/h。

12.2.3 空气闸应从非危险区域或区域对其进行机械通风，应保持对气体危险区域的过压状态。通风系统的换气次数，应不小于 30 次/h。

12.2.4 通风系统应为固定式，如为负压通风，则可允许从处所的上部或下部抽风，或从处所的上、下部一起抽风，这取决于所载货品的蒸气密度。

12.2.5 下述处所应为正压式通风：

- (1) 驱动货物压缩机或货泵的电动机舱；
- (2) 机器处所外装有惰性气体发生器的处所；
- (3) 货物控制室（系非危险区域）；
- (4) 货物区域内的其他非危险区域。

12.2.6 下述处所应为负压式通风：

- (1) 货物压缩机舱和货泵舱；
- (2) 货物控制室（系气体危险处所）。

12.2.7 机械通风系统的通风管道、空气进口的布置应按照公认标准^①

12.2.8 载运易燃货品，应将驱动风机的电动机安装在通风管之外，否则应经本社认可。风机不应在通风处所或与该处所相联的通风系统中产生能点燃蒸气的着火源。

^① IEC 60092-502:1999 船舶电气装置——液货船

气体危险处所的通风机风扇和通风管道（仅指风扇处），应为如下非火花结构：

- (1) 非金属结构的叶轮或机壳，应消除静电；
- (2) 有色金属材料的叶轮和机壳；
- (3) 奥氏体不锈钢叶轮和机壳；
- (4) 铁质叶轮和机壳，其设计的叶梢间隙不小于 13mm。

铝合金或镁合金的固定或旋转部件与铁质的固定或旋转部件的组合，不论其叶梢间隙多大，不能用于气体危险处所。

12.2.9 通风机应配有备件，风机备件一般应为一只电动机、启动装置备件以及完整的转动部件（包含各种轴承）。

12.2.10 通风机的安装，应保证壳体安全接地。

12.2.11 在通风管的外部开口处，应设置方孔防护网，单个网孔的边长不应大于 13mm。

12.3 通常不进入的处所

12.3.1 货舱处所、屏壁间处所、留空处所、隔离空舱、装设货物管路的处所以及可能积聚货物蒸气的其他处所应进行通风。这些处所如未设固定通风系统，则应设有认可型可移式通风装置。货舱处所和屏壁间处所，其主要通风管道应为固定式。固定式通风系统的换气次数一般应为 8 次/h，可移式通风系统的换气次数一般应为 16 次/h。独立液货舱周围的货舱处所，可以采用较低的排量。按照第 9 章的要求所设置的干燥空气发生装置，如配以适当的系统，可用作通风。

在货物区域的围蔽处所，如化验室、净化室或用于生活目的的围蔽处所，应符合 12.2.1 的规定。通风系统应能在人员进入前和进入期间使用。

应提供移动式通风设备类型和数量、其布置及附属装置的细节，供审查。

12.3.2 通风系统应满足 12.2.8 的规定。

第 13 章 仪表和自动化

13.1 一般规定

13.1.1 对每个液货舱都应设有显示货物的液位、压力和温度的装置。在液体和蒸气管系、货物制冷装置以及惰性气体系统中均应装设压力表和温度指示器。

13.1.2 若船舶装卸货是通过遥控的阀和泵等设施实现的，应与该液货舱有关相关的所有控制装置和指示器集中在一个控制位置。

13.1.3 仪表应进行试验，并应定期校准。仪表的试验方法和重新校准的时间间隔应按照制造商的建议。本章所述仪表设备应经本社认可。

13.1.4 货物温度和压力遥测读数系统，应防止货物进入非危险区域。

13.1.5 下列信号应送至本规范 3.4.1 中定义的“货控室”和本规范 13.1.2 条中定义的“操纵部位”：

- (1) 货舱或保护层间处所中水和/或液货存在的信号显示。
- (2) 按照本规范 5.2.3 的透气总管中液货存在报警信号。
- (3) 本规范 13.7.2.2 中要求的船体温度和船体结构低温信号显示。
- (4) 本规范 10.2.8 中要求的电动潜水泵自动切断报警信号。
- (5) 本规范 13.3.1 中要求的液货液位和液舱高液位报警显示。
- (6) 本规范 13.4.1、13.4.5 和 13.4.7 中要求的每个货舱蒸气压力和蒸气处所压力表及其附属的高、低压报警显示。

(7) 本规范 13.6.13 中要求的气体探测设备报警信号。

(8) 如本规范 17.16.4 (4) 中要求的货物压缩机高压或高温自动切断报警信号。

当货物系统为非遥控的因而不要求上述“操纵部位”时，上述控制装置、信息和报警器应布置在合适的、易于进入的位置。

如果该位置为遮蔽处所，则应符合本规范 3.4 的要求。该位置最好在驾驶室中。

13.1.6 除 13.1.5 以外，下列信号还应送至驾驶室：

- (1) 货舱或保护层间处所中水和/或液货存在的报警信号。
- (2) 按照本规范 5.2.9 的透气总管中液货存在报警信号。
- (3) 本规范 13.4.1 中提到的在每个货舱蒸气处所的压力值显示；这种显示给出该货舱中安全阀设定压力值和最小许用压力值。

(4) 按照本规范 13.4.5 的货舱高压报警信号以及如设真空保护时的货舱低压报警信号。

(5) 本规范 13.7.2.2 中要求的船体结构低温报警信号。

(6) 本规范 13.6.13 中要求的气体探测设备报警信号。

(7) 如本规范 17.16.4 (4) 中要求的货物压缩机高压或高温自动切断报警信号。

13.2 液货舱的液位指示器

13.2.1 每个液货舱应安装液位测量装置，其布置应确保只要液货舱处于运作状态时始终可获得液位读数。设备应设计成能在液货舱的设计压力范围内以及在货物操作温度范围内的温度下进行工作。

如果仅安装 1 个液位表，则其应将其布置成能始终处于操作状态而无需清空液货舱或对液货舱进行除气。

13.2.2 液位测量型式，应与第 19 章表中“g”栏内的要求统一，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 不伸入液货舱的闭式装置，例如使用放射性同位素的装置或超声波装置等；
- .3 伸入液货舱的闭式装置，其为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，此种装置需伸入液货舱，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即属此类装置。

装置在不用时，应保持完全关闭。

装置的设计和安装，应在打开时，不致发生货物外溢的危险。

装置如未设置超流量阀，其最大开口的直径，应不超过 1.5 mm 或等量的面积。

13.2.3 安装在液货舱外部含有液货的液位表，应布置成其发生故障时能予以隔离。

13.3 溢流控制

13.3.1 除 13.3.5 的规定外，对每个液货舱均应装有高液位报警装置。

当液货舱装到约为液舱容积的 95% 时，此装置应发出声、光报警信号。

此装置应以液位传感器触发，并独立于 13.2.1 规定的液位测量装置。

13.3.2 液货舱应装有自动关闭装置。

此装置的液位传感器可自动启动一个截止阀，停止充注作业，并不使货物管路中产生过大的液体压力和防止液货舱内充满液体。

此液位传感器应独立于 13.3.1 所述的液位传感器。

13.3.3 在 13.3.2 中所述的截止阀，可采用 5.5 和 18.10 所述的应急截止阀。

若采用其他阀，船上应配备此阀的资料，资料应按 18.10.2 (3) 规定配备。

对应急截止阀的关闭时间，应能加以调节。

13.3.4 在装货期间，每当这些应急截止阀的使用可能在装货系统中产生潜在的过大压力波动时，应使用诸如限制装货速率的替代措施。

13.3.5 液货舱属于下述两种情况之一时，不要求在液货舱中设高液位报警装置和液货舱充注的自动关闭装置：

- .1 容积不超过 200 m³ 的压力式液货舱；或
- .2 液货舱能经受在装货作业期间可能出现的最大压力（该压力应低于液货舱释放阀的开始排放压力）。

13.3.6 液货舱中传感器的位置应能在交付使用前确认。交船后和每次干坞后第一次满载，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。

13.3.7 高位报警和溢出报警的所有构件（包括电路和传感器）应具备进行功能试验的条件。在按照 18.6.2 进行货物操作前应进行系统试验。

13.3.8 如设有越控溢流控制系统的装置，其应能防止不当操作。如进行越控，应在相关控制站和驾驶室给出连续视觉指示。

13.4 压力监控

13.4.1 每一液货舱的蒸气空间均应设有一个直接读数压力表。此外，在 13.1.2 要求的控制位置应设有间接指示。应清晰标出最高和最低的允许压力。

在驾驶室可以允许设置压力传感器的共用读数装置。

在液货舱最大允许（设计）压力的 90% 时触发高压报警。在至少高于最小调定压力 5kPa 时触发低压报警。

13.4.2 在每一货泵排放管路上和每个液体和蒸气货物的集合管上，应至少各设 1 个压力指示器。

13.4.3 应设有就地读数的集合管压力指示，以指示船舶集管阀和通岸软管之间的压力。

13.4.4 未设通向大气开口的货舱处所和屏壁间处所均应设置压力指示。

13.4.5 驾驶室内应设高压报警装置，若设有真空保护系统时，在驾驶室内和 13.1.2 要求的控制位置还要设低压报警装置，并应在未达到设定压力时开始报警。

13.4.6 货物控制室（值班室）内应设高压报警装置。

13.4.7 对装有按 8.2.6 可设定一个以上设定压力的压力释放阀的液货舱，每个设定压力应设有高压报警。

13.4.8 所有压力指示应能在操作压力范围内进行指示。

13.5 温度指示装置

13.5.1 液货舱应至少设 2 个指示货物温度的装置，一个位于液货舱底部。另一个接近液货舱顶部并低于最高允许液面。

液货舱的设计最低温度应通过温度指示装置上或附近的标记清晰指示。

13.5.2 温度指示装置的数量和安装位置，应使本社满意。在驾驶室内可设置温度传感器的共用读数装置。

13.5.3 温度指示装置应能在液货舱预计的货物操作温度范围内进行指示。

13.5.4 如设有热电偶，其应设计成能将正常作业中的疲劳导致的故障降至最低。

13.6 气体探测要求

13.6.1 应按本节安装气体探测设备以监测货物围护、货物装卸和辅助系统的完整性。

13.6.2 下列处所内应设有固定的气体探测系统和听觉和视觉报警装置：

- .1 包含气体管道、气体设备或用气设备的所有围蔽货物和货物机器处所；
- .2 可能积聚货物蒸气的其他围蔽或半围蔽处所，包括除 C 型独立液货舱之外的独立液货舱的屏壁间处所和货舱处所；
- .3 空气间；
- .4 16.6.3.3 中所述的气体燃料内燃机中的处所；
- .5 第 16 章要求的通风罩和气体管道；

- .6 7.7.1 (4) 要求的冷却/加热电路;
- .7 惰性气体发生器供应总管; 和
- .8 用于货物装卸机械的电动机舱。

13.6.3 气体探测设备应按照公认标准^①进行设计、安装和试验并应按照第 19 章表中“f”栏适于所载货物, 该设备应经本社认可。

13.6.4 如第 19 章表中“f”栏中指出船舶适于载运不易燃货品, 应在货物机器处所和液货舱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。

13.6.5 在载运有毒或既有毒又易燃的货品的情况下, 除第 19 章表中“i”栏内涉及到 17.5.3 者以外, 在对有毒气体进行探测时, 可以使用可携式设备以替代固定式安装的系统。

- .1 人员进入 13.6.2 中所列的处所之前, 应使用可携式设备进行探测;
- .2 人员在处所内停留期间, 每隔 30 min, 应使用可携式设备进行探测。

13.6.6 对于归为有毒货品的气体, 应对货舱处所或屏壁间处所设置能从该处所得到气体样品的固定安装的管系。应对这些处所内的气体进行取样和分析(对每个取样点)。

13.6.7 固定安装的气体探测应为连续探测型, 能立即响应。如不用于启动 13.6.9 和第 16 章要求的安全关闭功能, 可接受取样型探测。

13.6.8 如使用取样型气体探测设备, 应满足下列要求:

- .1 气体探测设备应能在不超过 30 min 的时间间隔期内, 依次从每个取样点取样和分析;
- .2 应设置从取样点通向探测设备的单个取样管路; 和
- .3 除 13.6.9 所允许者外, 从取样器引出的管子不得穿过非危险处所。

13.6.9 气体探测设备可布置在非危险处所, 但应将其(例如采样管路、采样泵、电磁阀和分析单元)围蔽在一个具有密封门的全封闭钢质箱中。应连续监测全封闭钢质箱内的气体。当该钢质箱中的可燃气体的聚集达到最低可燃性极限的 30% 时, 整个可燃气体分析设备应自动关断。

13.6.10 如全封闭钢质箱不能直接安装在前舱壁上, 取样管应用钢或等效材料制成, 并设定最短路线。不允许可拆连接, 但 13.6.11 中要求的隔离阀的连接点和分析装置除外。

13.6.11 如气体取样设备位于非危险处所, 每个气体取样管应设置火焰清除器和手动隔离阀。隔离阀应在非危险侧。危险和非危险区域之间取样管的舱壁穿透部位应保持穿透分隔的完整性。废气应排至非危险区域的开敞空气。

13.6.12 对于每套探测设备, 在确定探测点的数量和位置时, 应适当考虑舱室的大小和布局、拟载运货品的成分和密度、由于舱室内换气或通风所造成的稀释度以及不流动区域。货舱处所中探测器采样探头不应布置在舱底水积聚的位置。

13.6.13 本节要求的气体探测系统内的任何报警状况应在下列位置发出听觉和视觉报警:

- .1 驾驶室;
- .2 记录连续监测气体水平的相关控制站; 和
- .3 气体探测器的读数装置所在的位置。

13.6.14 对于易燃货品, 要求惰化的货舱处所或屏壁间处所设置的气体探测设备应能测量从 0 至 100% 的气体浓度(按容积计)。

13.6.15 当蒸气浓度达到在空气中的可燃下限的 30% 等效值时, 报警装置应被触发。

^① IEC 60079-29-1—爆炸气体—气体探测器—易燃气体探测器的性能要求。

13.6.16 对于薄膜围护系统，主屏壁与次屏壁之间以及次屏壁与船体结构之间的空间应能惰化并单独分析其气体含量^①。次屏壁与船体结构之间的空间的报警按照 13.6.15 设定，主屏壁与次屏蔽之间的空间的报警设定值应经本社认可。

13.6.17 对于 13.6.2 所述的其他处所，当蒸气浓度达到最低可燃性极限的 30% 时，报警装置应被触发，第 16 章要求的安全功能应在蒸气浓度达到最低可燃性极限的 60% 前被触发。使用气体燃料的内燃机的曲轴箱应布置成在达到最低可燃性极限的 100% 前报警。

13.6.18 气体探测设备应设计成能易于试验。应能定期进行试验和校准。为此，船上应备有适当的设备并按照制造商的建议使用。应对这些设备设固定连接管。

13.6.19 对每艘船舶应至少设有 2 套满足 13.6.3 或可接受的国家或国际标准要求的可携式气体探测设备。

13.6.20 应设有能测量惰化后大气环境中含氧量的仪器。

13.7 要求次屏壁的围护系统的附加要求

13.7.1 屏壁的完整性

如果要求设有次屏壁，则应配备固定式安装的仪表，以监测主屏壁的任何部位的液密失效或次屏壁的任何部位接触液货。这种仪表应为符合 13.6 中规定的合适的气体监测装置。但是，不要求该仪表能确定出主屏壁泄漏液货的区域或次屏壁接触液货的区域。

13.7.2 温度指示装置

- 1 温度指示装置的数量和位置应适合围护系统的设计和货物操作要求。
- 2 当货物以低于-55℃的温度装运在具有次屏壁的货物围护系统内，在绝热层内或货物围护系统邻接船体的结构上应设置温度指示装置。此装置应定期显示读数，并且如合适时，在温度达到船体钢材许可的最低温度时还应发出报警。该报警装置应能在 13.1.2 所规定的货物控制位置和驾驶室内报警。
- 3 如应在温度低于-55℃的状态下载运货物且对货物围护系统的设计仍为合适时，液货舱界限面应安装足够数量的温度指示装置，以核实未出现不良的温度梯度。
- 4 就设计验证和确定单个或系列船上初始变冷程序的有效性而言，1 个液货舱应设有超过 13.7.2.1 要求的设备。这些设备可为临时设备或固定设备，对于系列船，只需装在第 1 艘船上。

13.8 自动化系统

13.8.1 如使用自动化系统进行控制、监控/报警或本篇要求的安全功能，本节要求应适用。

13.8.2 自动化系统应按照公认标准^②进行设计、安装和试验。

13.8.3 硬件应能通过型式认可或其他方式证明其适合在海上环境使用。

13.8.4 软件应设计成并经证明易于使用，包括试验、操作和维护。

13.8.5 用户界面的设计应使控制的设备能始终以安全有效的方式进行操作。

13.8.6 自动化系统应布置成硬件故障或操作员的失误不会导致不安全的状况。应提供足够的安

^① 薄膜型液化天然气船绝热处所的气体浓度，2007 年 3 月（SIGTTO 出版）。

^② 参见国际电工委员会出版的标准 IEC 60092-504:2001 中包含的基于计算机系统的建议案“船上电气装置—特征—控制和测量”。

全措施防止不正确的操作。

13.8.7 控制、监控/报警和安全功能之间应保持适当的分隔以限制单个故障的影响。这应包括要求提供指定功能的自动化系统的所有部分，包括连接设备和供电。

13.8.8 自动化系统应布置成保护软件配置和参数免受未经授权或非预期的改变。

13.8.9 变更过程的管理应用于防止未预期的修改后果。结构变化和认可的记录应保持在船上。

13.8.10 综合系统的制定和维护过程应按照公认标准^①。这些过程应包括适当的风险标识和管理。

13.9 系统综合

13.9.1 必要的安全功能应设计成在正常营运和故障情况下，对人员伤害或对设备或环境破坏的风险降至本社可接受的程度。功能应设计成具有故障安全性。系统综合的作用和职责应清晰定义并经相关方同意。

13.9.2 每个组件子系统的功能要求应清晰定义以确保综合系统满足功能和规定的安全要求，并考虑到受控设备的任何限制。

13.9.3 应使用适当的风险技术确定综合系统关键的危险。

13.9.4 综合系统应有适当的反向控制设备。

13.9.5 综合系统一部分的故障不应影响其他部分的功能，但直接依靠缺陷部分的功能除外。

13.9.6 综合系统的操作应至少与与单个设备或系统一起使用一样有效，

13.9.7 应证明正常操作和故障情况下重要机械或系统的完整性。

^① 参见国际电工委员会标准 ISO/IEC 15288:2008 系统和软件工程—系统生活周期过程，和 ISO 17894:2005 船舶和海上技术—计算机应用—制定和使用海上应用的可编程电子系统的一般原则。

第 14 章 人员保护

14.1 保护设备

14.1.1 为了保护从事正常货物作业的船员，应考虑所载货品的特性，对船员提供符合公认的国家或国际标准的合适保护设备（包括眼睛保护设备）。

14.1.2 应将本章要求的个人保护和安全设备适当地保存在容易接近且具有明显标志的柜子内。

14.1.3 对于压缩空气设备，应由负责的高级船员至少每月进行 1 次检查。并将检查结果记录在航行日志内。该设备也应由适任人员至少每年进行 1 次检查和试验。

14.2 安全设备

14.2.1 除 11.6.1 所要求的消防人员的装备以外，还应提供足够的且不少于 3 整套的安全设备。每套安全设备应提供足够的人员保护以允许进入充满气体的处所内工作。该设备应考虑到“内河散装运输液化气体适装证书”中所列的货物的性质。

14.2.2 1 整套安全设备应包括：

- (1) 1 具容量不小于 1200L 的不使用所储存的氧气的自给式正压空气呼吸器（包含整个面罩）；
- (2) 符合公认标准的防护服、长靴和手套；
- (3) 配有腰带的钢芯援救绳；和
- (4) 防爆灯。

14.2.3 应配备能提供足量压缩空气的设施，并应由下列设备组成：

- (1) 为 14.2.1 所要求的每 1 具呼吸器配 1 套充满空气的备用空气瓶；
- (2) 1 台能供应所需纯度的高压空气并具有足够容量且能连续操作的空气压缩机；和
- (3) 1 个能对 14.2.1 所要求的呼吸器的备用空气瓶进行充气的充气阀箱。

14.3 急救设备

14.3.1 为从甲板以下处所抬起受伤人员，应在便于取用之处设置担架 1 副。

14.3.2 应根据医疗急救指南（MFAG）对列于“内河散装运输液化气体适装证书”的货物的要求，在船上配备医疗急救设备，包括氧气复苏设备。

14.4 特种货品的人员保护要求

14.4.1 本节规定适用于载运第 19 章表中“i”栏内注有本节条款的货品的船舶。

14.4.2 应对船上每一人员提供适宜于在应急逃生时使用的呼吸防毒面具和眼睛保护设备，且需满足下列要求：

- (1) 呼吸防毒面具的特性：
 - ① 不能使用过滤式呼吸防毒面具；
 - ② 自给式呼吸器应至少能持续工作 15min。

(2) 应急逃生呼吸防毒面具不应用作灭火或货物装卸，并应将此要求作出标志。

(3) 在驾驶室内应额外存放 2 套呼吸防毒面具和眼睛保护设备。

14.4.3 应在甲板上设置 1 个或多个标有适当标志的洗涤货品污染的喷淋头和眼睛冲洗设备，并考虑到船舶的大小和布置。对于这些设备，应在所有环境条件下均可予以使用。

14.4.4 14.2.2(2)所要求的防护服应气密。

第 15 章 液货舱的充装极限

15.1 定义

15.1.1 充装极限 (FL) 系指当液体货物达到基准温度时, 液货舱的最大液体体积与整个液货舱体积之比。

15.1.2 装载极限 (LL) 系指最大许可的液体体积与液货舱可装载体积之比。

15.1.3 仅在本章范围内, 基准温度系指:

(1) 当未配备第 7 章所述的货物蒸气压力/温度控制设施时, 在压力释放阀调定压力下与货物蒸气压力相应的温度; 和

(2) 当配备第 7 章所述的货物蒸气压力/温度控制设施时, 可以是在装货终止时、运输期间或卸货时的温度, 取最高者。

15.2 一般要求

15.2.1 液货舱的最大充装极限应确定为蒸气处所在基准温度下具有最小体积以允许:

- (1) 仪器的公差, 例如液位和温度表;
- (2) 压力释放阀调定压力和 8.5 中所述的最大允许上升压力之间货物的体积膨胀; 和
- (3) 操作裕量, 并考虑到装载完成后回流至液货舱的液体、操作员的反应时间和阀的关闭时间, 见 5.11 和 18.10.2 (4)。

15.3 默认充装极限

液货舱充装极限 (FL) 的默认值应为在基准温度下 98%。例外值应符合 15.4 的要求。

15.4 增加的充装极限的确定

15.4.1 在 8.2.17 规定的横倾和纵倾条件下可允许大于 15.3 中规定的 98% 极限的充装极限, 只要:

- (1) 在液货舱内无隔开的蒸气存留死角;
- (2) 压力释放阀进口布置应留在蒸气处所; 和
- (3) 下列各项需有裕量:
 - ① 按照 8.4.1, 液体货物由于压力从 MARVS 增加至全流释放压力造成体积膨胀;
 - ② 最小 0.1% 液货舱体积的操作裕度;
 - ③ 仪器 (例如液位和温度表) 的公差。

15.4.2 绝不允许在基准温度下超过 99.5% 的充装极限。

15.5 最大装载极限

15.5.1 对于液货舱的最大装载极限 L_L 由下式确定:

$$LL = FL \frac{\rho_R}{\rho_L}$$

式中： LL —15.1.2 中规定的装载极限，用百分数表示；

FL —15.3 或 15.4 中规定的充装极限，用百分数表示；

ρ_R —在基准温度下货物的相对密度；

ρ_L —在装载温度下货物的相对密度。

15.5.2 如果液货舱的透气系统已按 8.2.18 批准，则 C 型独立液货舱可按 15.5.1 中的公式装载，相对密度 ρ_R 定义如下：

ρ_R —货物在装货终止、运输期间或卸货时，在 15.1.4 的环境设计温度状态下，可能达到的最高温度下的货物相对密度。

本条不适用于要求用 1G 型船舶运输的货品。

15.6 向船长提供的资料

15.6.1 应向船舶提供一份文件，规定每个液货舱和货品在每种适用的装载温度以及最高基准温度下的最大许可装载极限。该文件中的信息应经本社认可。

15.6.2 压力释放阀已经调定的压力也应列于文件中。

15.6.3 上述文件的副本应由船长负责长期保存在船上。

第 16 章 用货物作燃料

16.1 一般规定

16.1.1 除 16.7 的规定外，甲烷（LNG 蒸气或蒸发气体）是可被用于 A 类机器处所的唯一货物，且仅限用于这些处所内的锅炉、惰性气体发生器、内燃机和气体燃烧装置。

16.2 用货物蒸气作燃料

本节涉及锅炉、惰性气体发生器、内燃机和气体燃烧装置使用货物蒸气作燃料。

16.2.1 对于气化的液化天然气，燃料供应系统应符合 16.4.1、16.4.2 和 16.4.3 的要求。

16.2.2 对于气化的液化天然气，用气设备应无可见火焰并保持上烟道排放温度低于 535℃。

16.3 设有用气设备处所的布置

16.3.1 用气设备所在的处所应装设机械通风系统，其布置应考虑蒸气密度和潜在着火源，防止处所内可能产生的气体积聚。上述通风系统应与其他处所的通风系统分开。

16.3.2 这些处所内应装设气体探测器，且应尽可能布置在空气流动较差的区域。气体探测系统应符合第 13 章的有关规定。

16.3.3 位于 16.4.3 中所述的双层壁管或管道内的电气设备应满足第 10 章的要求。

16.3.4 所有可能含有气体燃料或被气体燃料污染的所有透气管和放气管应通至机器处所外的安全位置，并装设防火网。

16.4 气体燃料供应

16.4.1 一般要求

16.4.1.1 除明确规定外，本节要求应适用于货物区域外的气体燃料供应管路。燃料管路不应通过起居处所、服务处所、电气设备室或控制站。物料间或机械装卸区等区域的管线布置应考虑潜在的机械损坏危险。

16.4.1.2 应设有能对位于机器处所内的气体燃料管系进行惰化和除气的设施。

16.4.2 泄漏探测

应设有探测和指示围蔽处所内燃料管系气体泄漏的连续监测和报警装置，并能切断相关的气体燃料供应。

16.4.3 燃料供应管路的布置

气体燃料供应管路如满足下列要求之一，可通过或延伸至除 16.4.1 中所述处所外的围蔽处所：

(1) 气体燃料管应为双层壁管系统，并应符合下述规定：

① 同心管之间的空间，应用惰性气体加压至大于气体燃料的压力；

② 设置报警装置以指示两管之间惰性气体压力的下降，惰性气体失压时，16.4.6 要求的主气体燃料阀应自动关闭；或

(2) 气体燃料管应被安装在通风管道内。并应符合下述规定：

① 气体燃料管和通风管道内壁之间的空间，应设置机械抽风设备，其排量至少为 30 次/h；

- ② 机械通风系统应满足第 12 章的适用要求，并应能维持通风管道内压力低于大气压力；
- ③ 当燃料管路内有气体燃料时，通风系统应始终保持运转；
- ④ 应设连续气体探测装置，以指示气体燃料的泄漏，并切断向机器处所供应气体燃料；
- ⑤ 在抽风系统不能产生和维持所要求的空气流量时，16.4.6 所要求的气体燃料总阀应自动关闭。
- ⑥ 通风进口可来自非危险机器处所，通风出口应引至安全位置。

16.4.4 气体燃料压力大于 1MPa 的要求

16.4.4.1 高压燃料泵/压缩机和气体使用设备之间的燃料输送管应使用双层壁管予以保护，该双层壁系统的设计应考虑压力和低温的影响，并能容纳高压燃料管破裂时的泄漏气体。16.4.6 要求的主气体燃料阀之前的处于货物区域的燃料管可接受采用单层壁管。

16.4.4.2 如通风管道满足 16.4.7 的要求，考虑到压力和可能的低温影响，可容纳高压燃料管破裂时的泄漏气体，且通风管道的进口和出口位于货物区域，也可接受 16.4.3.2 规定的布置。

16.4.5 用气设备的隔离

每个用气设备的供应管路应设有互锁气体阀，在正常和紧急操作情况下，可将管内气体排放至安全位置。互锁气体阀中两只串接的自动阀应布置成失电时处于关闭位置，透气阀应布置成失电时处于开启位置。在包含多个用气设备的处所，一个用气设备停机不应影响向其他用气设备的供气。

每台气体燃料利用装置的供气管路上应安装能就地手动操作的关闭装置。

16.4.6 设有用气设备的处所

16.4.6.1 每个设有用气设备或气体燃料供应管路通过的单独处所，其气体燃料供应应能通过位于货物区域内的单独主气体燃料阀切断。切断 1 个处所的气体燃料供应不应影响其他处所内用气设备的气体燃料供应（如用气设备位于 2 个或以上处所内），也不会造成推进或电力丧失。

16.4.6.2 如果供气系统的双屏壁由于空气进口或其他开口而不连续，或存在任何单个故障即导致气体泄漏至处所内的点，则处所的单独主气体燃料阀应在下列情况下动作：

(1) 自动关闭

- .1 处所内探测到气体；
- .2 双层壁管环形空间探测到气体；
- .3 处所内其他包含单层壁气体管路的舱室探测到泄漏；
- .4 双层壁管的环形空间通风失效；和
- .5 处所内包含单层壁气体管路的舱室通风失效；和

(2) 在处所内和至少一个远程位置手动操作。

16.4.6.3 如果供气系统的双屏壁是连续的，处所内每个用气设备可设有 1 个位于货物区域内的单独主气体燃料阀，该单独主气体燃料阀应在下列情况下动作：

(1) 自动关闭

- .1 由该单独主气体燃料阀服务的双层壁管环形空间探测到泄漏；
- .2 单层壁气体管路作为单独主气体燃料阀服务的供应系统一部分，则含有单层壁气体管路的其他舱室探测到泄漏；和
- .3 双层壁管的环形空间通风失效或失压；和

(2) 在处所内和至少一个远程位置手动操作。

16.4.7 管路和管道结构

机器处所内的气体燃料管路应满足 5.1 至 5.9 中的适用要求。该管路应尽可能采用焊接接头。16.4.3 中要求的通风管道内的气体燃料管路中的未被封闭部分以及位于货物区域以外的开敞甲板上的气体燃料管路，应采用全焊透对接焊接头并应进行 100% 射线检测。

16.4.8 气体探测

按照本章要求所设置的气体探测系统，应在气体浓度达到爆炸下限的 30% 时发出报警，并在气体浓度达到爆炸下限的 60% 之前关闭 16.4.6 所述的主气体燃料阀。

16.5 燃料装置和有关的储存容器

16.5.1 气体燃料的供应

用于调节货物和/或货物蒸气状态以用作燃料的设备（加热器、压缩机、汽化器、滤器等）及任何有关的储存容器，均应位于货物区域内。如果设备是在围蔽处所内，则应按 12.1 的要求进行通风，并按 11.5 的要求配备固定式灭火系统，按 13.6 的要求配备气体探测系统（如适用），处所内的电气设备应满足第 10 章的要求。如果设备布置在开敞甲板上，则应进行适当保护以防止受到机械破坏。

16.5.2 远程制动

16.5.2.1 所有用于调节货物状态以用作燃料的旋转设备，应布置成可从机舱处手动远程制动。其他的远程制动应位于始终易于接近的区域，如货物控制室、驾驶室和消防控制站。

16.5.2.2 吸入压力低或探测到火灾时，燃料供应设备应自动停止。除非另有明文规定，向用气设备供气的气体燃料压缩机或泵不必满足 18.10 的要求。

16.5.3 加热和冷却介质

如气体燃料调节系统的加热或冷却介质回流至货物区域以外的处所，则应配备能对介质中可能存在的货物/货物蒸气进行探测和报警的设施。任何透气管出口应通至安全位置并装设防火网。

16.5.4 管路和压力容器

气体燃料供应系统的管路和压力容器应符合第 5 章的有关规定。

16.5.5 应确保用于准备和供应蒸发气体的机械和附属管路在被打开进行检查或维修前，能将可燃气体予以清除。

16.5.6 水密结构的气体加热器和压缩机，只要进行适当布置并具有防止机械损坏的保护，则可安装在开敞甲板上。若加热器和压缩机安装在机器处所以外的舱室，则该舱室应被视为危险处所，电气设备应满足第 10 章的要求。

16.5.7 气体压缩机原动机应被控制在能保持正吸口压力，且布置成当压缩机吸口端表压力低于 3.5kPa 或适于液货舱系统的其他认可的正压时能自动停止。

16.5.8 压缩机吸入口和排出口应装设截止阀。

16.5.9 贮存甲烷气体的压力容器应是经认可的，并安装有压力释放阀使得在安全位置排向大气。

16.6 气体燃料内燃机的特殊要求

双燃料发动机系指使用气体燃料（引燃油点火）和燃油的发动机。燃油可包括馏分油和渣油。单气体燃料发动机系指只能使用气体燃料的发动机。

16.6.1 布置

16.6.1.1 如果气体和空气混合物通过一根共用的总管供应，则在每个气缸头前应安装阻火器。

16.6.1.2 每台发动机应设有单独的排气系统。

16.6.1.3 排气系统的设计应能防止未燃气体燃料的任何积聚。

16.6.1.4 除非设计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。

16.6.1.5 每台发动机的曲轴箱、油底壳和冷却系统应设有独立于其他发动机的透气系统。

16.6.2 燃烧设备

16.6.2.1 气体燃料喷射前，应验证验证每台装置上的引燃油喷射系统能准确动作。

16.6.2.2 对于火花点火发动机，如气体供应阀开启后，在规定的时间内发动机检测系统未探测到点火，应自动切断气体燃料供应并终止起动程序。应确保任何排气系统内任何未燃气体混合物已进行彻底吹扫。

16.6.2.3 对于设有引燃油喷射系统的双燃料发动机，应设有从气体燃料工作模式自动转换到燃油工作模式的控制系统，燃料转换时发动机功率波动应尽可能小。

16.6.2.4 按照16.7.2.3的布置，如发动机在气体燃烧工作模式时运转不稳定，应自动转换至燃油工作模式。

16.6.3 安全

16.6.3.1 发动机停止时，应在停止点火前自动切断气体燃料。

16.6.3.2 应采取措施确保在点火前排放气体系统中无未燃烧的气体燃料。

16.6.3.3 曲轴箱、油底壳、扫气箱和冷却系统透气管应设有气体探测装置（见13.6.17）。

16.6.3.4 发动机设计应允许连续监控曲轴箱内可能的着火源。曲轴箱内安装的仪表应满足第10章的要求。

16.6.3.5 应设有装置以监控和探测发动机运转时可能导致排气系统中存在未燃气体燃料的不良燃烧或失火。如探测到不良燃烧或失火，应切断气体燃料供应。排气系统内安装的仪表应满足第10章的要求。

16.7 替代燃料及其技术

16.7.1 在确保达到本篇中天然气燃料同等安全水平的情况下，如经本社同意，其他货物气体可用作燃料。

16.7.2 不允许已标识为有毒货品的货物用作燃料。

16.7.3 除液化天然气以外的货物，燃料供应系统应符合 16.4.1、16.4.2、16.4.3 和 16.5 的要求，并应设有防止系统中蒸气冷凝的设施。

16.7.4 液化气体燃料供应系统应符合 16.4.5 的要求。

16.7.5 除满足 16.4.3.2 的要求外，通风进口和出口均应位于机器处所外的非危险区域内。

第 17 章 特殊要求

17.1 一般规定

17.1.1 本章的要求适用于本篇第 19 章表中的“i”栏引述到本章的货物。这些规定是对本篇一般要求的补充。

17.2 结构材料

17.2.1 在正常作业期间，与货物接触的材料应能抵抗气体的腐蚀作用。另外，用于液货舱及其所属管路、阀门、附件和与货物液体或蒸气直接接触的其他设备的下述结构材料不应被用于第 19 章表中的“i”栏所引述的某些货品：

- (1) 汞、铜和含铜合金及锌；
- (2) 铜、银、汞、镁和其他乙炔化合物组成的金属；
- (3) 铝和含铝合金；
- (4) 铜、铜合金、锌和镀锌钢；
- (5) 铝、铜和两者中任何一种合金；
- (6) 铜和含铜量大于 1% 的铜合金。

17.3 独立液货舱

17.3.1 货品只能在独立液货舱内载运。

17.3.2 应采用 C 型独立液货舱载运货品，且应满足 7.1.3 的规定。确定液货舱的设计压力时，应考虑各种充填压力或蒸气卸载压力。

17.4 制冷系统

17.4.1 只能采用 7.2.1 (2) 所述的间接系统。

17.4.2 载运易形成危险过氧化物的货品的船舶，可用下述任一方法阻止重新凝聚的货物形成无法抑制的液体滞积囊。

- (1) 采用 7.2.1 (2) 中所述的在液货舱内装设冷凝器的间接系统；
- (2) 分别采用 7.2.1 (1) 和 7.2.1 (3) 中所述的直接系统或混合系统，或采用 7.2.1 (2) 中所述的在液货舱外设有冷凝器的间接系统。冷凝系统的设计应避免积聚和滞留液体。如不可能时，则应在容易积聚和滞留液体处的位置的上方添加抑制液体。

17.4.3 若船舶将连续地以 17.4.2 方式载运货物，且航行期间有一次压载航行，则在进行压载航行前应除去所有非抑制液体。如果在连续载运这些货物的航行之间需载运第 2 种货物，则在装载第 2 种货物前对再液化系统应进行彻底排放和驱气。驱气时应使用惰性气体或使用第 2 种货物的蒸气（如与原货物相容时）。应采取切实的步骤确保货物系统中不积聚聚合物或过氧化物。

17.5 要求 1G 型船舶的货物

17.5.1 应对直径超过 75mm 的货物管路上的所有对接焊接头进行 100% 的射线检测。

17.5.2 不应将气体取样管路引至或通过非危险区域。当蒸气浓度达到限制值时，应能触发 13.6.2

所述的报警器。

17.5.3 不允许按 13.6.5 的规定将可携式气体探测设备作为替代装置。

17.5.4 货物控制室应位于非危险区域，另外，所有仪器应为间接型。

17.5.5 为防止人员受到严重的货物释放的影响，应在居住区域内提供一个安全处所，对其设计和配备应得到本社认可。

17.5.6 尽管 3.2.3 有规定，不应允许通过面向货物区域的门进入首楼处所，除非设有按照 3.6 要求的空气闸。

17.6 排除蒸气处所中的空气

17.6.1 装载前应除去液货舱及有关管系中的空气，并应用下述方法隔绝空气：

(1) 输入惰性气体以保持其正压力。惰性气体的储存或生产量应足以满足正常操作的要求以及补偿释放阀的泄漏。惰性气体中的含氧量在任何时候均不应超过 0.2%（按容积计）；或

(2) 控制货物温度，使处所保持正压力。

17.7 湿度控制

17.7.1 对不易燃但可能变为具有腐蚀性或与水会起危险反应的气体，应进行湿度控制，以确保液货舱在装载前是干燥的。在卸载期间，应输入干燥空气或货物蒸气以防止出现负压力。就本条而言，干燥空气系指在大气压力下具有-45℃或更低温度的露点的空气。

17.8 抑制

17.8.1 在整个航行期间，为了防止货物发生自身反应（例如聚合或二聚），应确保使货物受到充分的抑制。船上应备有生产商提供的证书，证书上应表明：

- (1) 所加入的抑制剂的名称和数量；
- (2) 加入抑制剂的日期和在正常情况下预计的有效期；
- (3) 影响抑制的温度限制；
- (4) 当航期超过抑制剂的有效期时应采取的措施。

17.9 透气出口处的防火网

17.9.1 当载运本节所述及的货物时，液货舱的透气出口处应配备易于更换的有效防火网或认可型的安全罩。设计防火网和安全罩时，应关注其在恶劣气候条件下由于货物蒸气的凝聚或结冰而引起阻塞的可能性。当载运本节未述及的货物时，应取下防火网并以 8.2.14 要求的防护网替代。

17.10 单个液货舱的最大允许装货量

17.10.1 载运本节所涉及的货物时，任一液货舱的载货量应不超过 3000m³。

17.11 货泵和排放装置

17.11.1 装载易燃液体之前以及在载运和卸载期间，应对设有潜水式电动泵的液货舱的蒸气空间进行惰化直至其达到正压力。

17.11.2 货物只能采用深井泵或由液压操纵的潜水泵卸货。这些泵应设计成能避免液压力作用于轴填料函上的型式。

17.11.3 若对货物系统是按预计压力设计的,则惰性气体置换法可用于 C 型独立液货舱的卸货。

17.12 氨

17.12.1 无水氨可能会使用碳锰钢或镍钢制造的容器和处理系统产生应力腐蚀裂缝。为使产生这种危险的可能性降至最小,应采取 17.12.2 至 17.12.8 所述的措施。

17.12.2 采用碳锰钢时,液货舱、受压容器和货物管路应用细晶粒钢予以制造,其标定最低屈服强度应不超过 355 N/mm²,而其实际屈服强度不超过 440 N/mm²。还应采取下列之一的有关结构或操作方面的措施。

- (1) 应使用标定的最低抗拉强度不超过 410 N/mm²的较低强度材料;
- (2) 应对液货舱等进行焊后消除应力的热处理;
- (3) 运载温度应保持在接近货物的沸点 (-33℃),但不能高于-20℃;
- (4) 氨中应含有不少于 0.1%的水(按重量比),并应向船长提供文件证明。

本条规定不适用于 A 型液货舱 LPG 船的次屏壁。

17.12.3 如果使用 17.12.2 中规定的钢材以外的具有更高屈服性能的碳锰钢,则应对已完工的液货舱和管路等进行焊后消除应力的热处理。

17.12.4 对于处理用压力容器和冷却泵系统中冷凝部分的管路,如用 17.12.1 中所述的材料制造时,应对其进行焊后消除应力的热处理。

17.12.5 焊接材料的抗拉和屈服性能应超过液货舱或管路材料的抗拉和屈服性能中一个最小的实际数值。

17.12.6 含有高于 5%镍的镍钢和不符合 17.12.2 和 17.12.3 要求的碳锰钢,因为其特别容易受氨应力腐蚀裂纹的影响,故不应将其作为制造载运此种货物的容器和管路系统的材料。

17.12.7 载运温度符合 17.12.2 (3) 中的规定时,可使用含镍量不超过 5%的镍钢。

17.12.8 为了使氨应力腐蚀裂纹的危险降至最小,最好能将溶解的氧含量保持在 2.5 ppm(按重量计)以下。达到这个目的最好办法是在液态氨被注入前,将液货舱中的平均含氧量降至下表中根据载运温度 T 所得到的函数值以下。

T (°C)	O ₂ (% ,按容积计)
-30及以下	0.90
-20	0.50
-10	0.28
0	0.16
10	0.10
20	0.05
30	0.03

对于中间温度的含氧量,可直接用内插法求得。

17.13 氯

17.13.1 货物围护系统应符合下述规定。

- (1) 每一液货舱的容量应不超过 600m³,所有液货舱的总容量应不超过 1200m³;
- (2) 液货舱的设计蒸气压力应不低于 1.35MPa(参见 7.1.3 和 17.3.2);
- (3) 上甲板以上的液货舱突出部分,应配备防止热幅射的保护装置;

(4) 每一液货舱应配置 2 只压力释放阀。在液货舱和压力释放阀之间应安装用合适材料制成的安全膜片。安全膜片的破裂压力应比压力释放阀的开启压力低 0.1MPa，应将释放阀的开启压力设定为液货舱的设计蒸气压力，但不低于 1.35MPa（表压）。应通过超流量阀使安全膜片与释放阀之间的空隙与压力表和气体探测系统相连接。应采取措施保持这一空隙压力在正常作业时能达到或接近大气压力。

(5) 压力释放阀出口布置应使船上以及周围环境的危险降至最低程度。释放阀的渗漏应全部引至吸收装置，以尽可能降低气体的浓度。应将释放阀的排放管布置在船舶的前端，并能在甲板平面上向舷外排放，并设有能选择向左或右舷排放的装置，同时还应有一个机械联锁装置，以确保有一根排放管始终是开通的。

(6) 氯应在规定的最大压力下以冷冻状态载运。

17.13.2 货物管系，应符合下述规定。

(1) 进行货物卸载时应采用岸上的压缩氯气、干燥空气或其他可接受的气体或全潜液泵。本社不允许船上的货物卸货压缩机应用于此用途。在卸货期间，液货舱蒸气空间的压力应不超过 1.05MPa（表压）。

(2) 货物管系的设计压力应不小于 2.1MPa（表压），货管的内径应不超过 100mm。管系热变形的补偿只能采用弯管。管系连接应尽量限制使用法兰接头，如要使用法兰，则应采用带有槽和舌片的焊颈型法兰。

(3) 应将货物管系的释放阀的排放管接至吸收装置，设计释放阀系统时，应考虑该装置产生的流量限制（参见 8.4.3 和 8.4.4）。

17.13.3 液货舱和货物管系的材料，应符合下述规定。

(1) 液货舱和货物管系应采用适合于货物和温度为-40℃的钢材进行制造，即使拟采用较高的运输温度，也应如此；

(2) 应消除液货舱的热应力，不允许以消除机械应力作为其等效措施。

17.13.4 检测仪器——安全装置，应符合下述规定。

(1) 船上应设有与货物管系和液货舱相连接的氯吸收装置，吸收装置应具有按合理的吸收率至少能中和货舱总容量的 2% 的能力；

(2) 对液货舱进行除气期间，不应将蒸气排向大气；

(3) 应配备能探测氯浓度至少为 1ppm（按容积计）的气体探测系统。吸气点应位于：

① 接近货舱处所底部；

② 从安全释放阀引出的管子内；

③ 气体吸收装置的出口处；

④ 起居、服务和机器处所以及控制站的通气系统的进口处；

⑤ 甲板上货物区域的前端、船中和后端。仅要求其在货物操作和除气作业期间使用。

气体探测系统应配备听觉和视觉报警器，其调定点为 5ppm。气体探测系统应固定安装。

(4) 每个液货舱应配备 1 台高压报警器，在压力达到 1.05MPa（表压）时，报警器应能发出听觉报警。

17.13.5 17.5.5 要求的围蔽处所应满足下列要求：

(1) 从开敞甲板和起居处所应能通过空气闸方便而迅速地进入处所，并能快速关闭处所并保证其气密；

(2) 按 14.4.3 的要求设置的能消除污染的喷淋设备中应有 1 套位于该处所的露天甲板空气闸附近;

(3) 该处所应设计成能容纳船上的全部船员, 并提供能维持不少于 4h 的未受污染的空气源;

(4) 处所内应配备 1 套氧气治疗设备。

17.13.6 液货舱的充装极限应符合下述规定:

(1) 载运氯气时, 15.1.3 (2) 的要求不适用;

(2) 装载后, 液货舱蒸气空间内氯气含量应大于 80% (按容积计)。

17.14 环氧乙烷

17.14.1 载运环氧乙烷时, 除应符合 17.18 的要求外, 还应满足本节的要求。

17.14.2 甲板液货舱不应被用于载运环氧乙烷。

17.14.3 环氧乙烷的货物围护系统和管系不能使用 416 型和 442 型的不锈钢及铸铁。

17.14.4 装载前, 应对液货舱进行彻底而有效的清洗, 除去液货舱内及有关管路中前次所装货物的痕迹, 除非前次所装货物是环氧乙烷、氧化丙烷或是这些货物的混合物。对装过氨的非不锈钢液货舱, 应予以特别注意。

17.14.5 环氧乙烷只能采用深井泵或惰性气体置换法卸货。泵的布置应符合 17.18.5 (3) 的规定。

17.14.6 环氧乙烷只能在冷冻状态下载运, 并保持其温度低于 30℃。

17.14.7 压力释放阀的调定压力应不低于 0.55MPa (表压)。其最大调定压力应经本社特别认可。

17.14.8 对于 17.18.15 所要求的氮气保护气垫, 应能在任何时候使液货舱蒸气空间内的氮浓度不低于 45% (按容积计)。

17.14.9 装载前及当液货舱内含有环氧乙烷液体或蒸气时, 应用氮气对液货舱进行惰化。

17.14.10 在火焰包围货物围护系统的情况下, 17.18.17 和 11.3 所要求的水雾系统应能自动喷洒。

17.14.11 应设有货物投弃装置, 以便在发生不可控制的环氧乙烷自反应时, 紧急排放环氧乙烷。

17.15 独立的管路系统

17.15.1 应设置 1.3.50 中规定的独立的管路系统。

17.16 甲基乙炔-丙二烯的混合物

17.16.1 甲基乙炔-丙二烯的混合物应进行稳定性处理以便于运输。在对混合物进行制冷期间, 应规定其温度和压力的上限。

17.16.2 可以接受的具有稳定组合的货品的举例如下。

(1) 组合 1:

① 甲基乙炔对丙二烯的最大摩尔比为 3:1;

② 甲基乙炔和丙二烯的最大组合浓度为 65 摩尔百分数;

③ 丙烷、丁烷和异丁烷的最小组合浓度为 24 摩尔百分数, 其中, 至少 1/3 (以摩尔为基准) 应为丁烷以及 1/3 为丙烷;

④ 丙烯和丁二烯的最大组合浓度为 10 摩尔百分数。

(2) 组合 2:

① 甲基乙炔和丙二烯的最大组合浓度为 30 摩尔百分数;

- ② 甲基乙炔的最大浓度为 20 摩尔百分数；
- ③ 丙二烯的最大浓度为 20 摩尔百分数；
- ④ 丙烯的最大浓度为 45 摩尔百分数；
- ⑤ 丁二烯和丁烯的最大组合浓度为 2 摩尔百分数；
- ⑥ 饱和 C₄ 碳氢化合物的最小浓度为 4 摩尔百分数；
- ⑦ 丙烷的最小浓度为 25 摩尔百分数。

17.16.3 只要所提供的混合物的稳定性经验证能使本社满意，也可接受其他的组合。

17.16.4 如果船舶具有直接蒸气压缩制冷系统，根据货物组合成分确定的压力和温度的界限，该系统应满足下列要求。对于 17.16.2 中所列货物组合的举例，应配备下列设备：

- (1) 1 台蒸气压缩机，在其运行期间，货物蒸气温度不应超过 60℃，压力不应大于 1.75MPa（表压），且在连续运行期间，不允许蒸气滞留在压缩机内；
- (2) 压缩机的每一级排放管路或往复式压缩机同一级中的每只气缸的排出管路均应具有：
 - ① 2 只被设定在 60℃ 或 60℃ 以下时动作的温度激励关闭开关；
 - ② 1 只被设定在压力为 1.75MPa 或 1.75MPa 以下（表压）时动作的压力激励关闭开关；
 - ③ 1 只被调定在压力为 1.8MPa 或 1.8MPa 以下（表压）时释放的安全释放阀。
- (3) 应将 17.16.4 (2) ③ 所要求的释放阀的释放管通至符合 8.2.9、8.2.10 和 8.2.14 要求的透气桅处，且不应将气体释放至压缩机的吸入管内；
- (4) 1 台报警器，当高压开关或高温开关动作时，应能在货物控制处所和驾驶室内发出声响警报。

17.16.5 对于装载甲基乙炔—丙二烯混合物的液货舱，其管路系统包括货物制冷系统应是独立的（如 1.3.23 中的规定）或应与其他液货舱的管系和制冷系统隔离（如 1.3.37 中的规定）。此种隔离适用于所有液体和蒸气的透气管路以及其他可能的连接管路，诸如公用的惰性气体供应管路。

17.17 氮

17.17.1 结构材料和附属设备（诸如绝热材料）应能承受低温时由于货物系统各部分氧冷凝或浓缩而产生的高浓度氧的作用。应考虑对这些可能产生冷凝的区域进行通风，以避免形成富氧气体空间。

17.18 环氧丙烷和含有环氧乙烷不超过 30%（按重量计）的环氧乙烷—环氧丙烷混合物

17.18.1 按本节规定运输的货品应不含有乙炔。

17.18.2 液货舱清洁应符合下述规定。

(1) 除非已对液货舱作过适当清洗，否则不应用曾经储存已知有催化聚合作用的下列货品之一的液货舱载运本节所述货品：

- ① 无水氨和氨溶液；
- ② 胺和胺溶液；
- ③ 氧化剂（例如氯）。

(2) 装载前，应对液货舱进行彻底有效的清洗，除去舱内及有关管路中的前次所装货物的痕迹，除非前次所装的货物是环氧丙烷或环氧乙烷—环氧丙烷的混合物。对装过氨的非不锈钢液货舱应予以特别注意。

(3) 任何情况下，应通过适当的试验或检验，对用于液货舱及有关管路的清洗方法的有效性进

行校核，以查明确无酸性或碱性物质的痕迹；

(4) 初次装载运这些货品之前，应进入液货舱进行检查，以确保液货舱内应无污染物，无大量的铁锈沉淀以及无明显的结构缺陷。如液货舱连续装运上述货品，则此种检查的间隔期应不超过 2 年。

(5) 载运这些货品的液货舱应为钢质或不锈钢结构。

(6) 采用冲洗或驱气方法对装运过这些货品的液货舱及有关管路系统进行彻底清洗后，该液货舱仍可载运其他货物。

17.18.3 辅助设备应符合下述规定。

(1) 阀、法兰、附件和辅助设备应为适合于在载运这些货品中使用的型式，其制造材料应为钢质或不锈钢或按照认可的标准。阀盘或阀盘面、阀座和阀的其他易磨损的部件应采用含铬量不低于 11% 的不锈钢制造。

(2) 在阀、法兰、附件和辅助设备中所用的气密衬垫，应由不与这些货品起反应、不溶解于这些货品、不会降低这些货品的自燃温度、且能耐火和具有合适的机械性能的材料予以制造。接触货物的气密衬垫的表面应为聚四氟乙烯 (PTFE) 或因其惰性而能达到同样安全程度的其他材料。如经本社认可，可采用不锈钢缠绕垫片 (此垫片为聚四氟乙烯 (PTFE) 或类似氟化聚合物)。

(3) 绝热材料和填料应采用不与这些货品起反应、不溶解于这些货品或不会降低这些货品的自燃温度的材料；

(4) 下列材料应进行试验，经本社认可后才能用于制造本节规定的这些货品的围护系统中的气密衬垫、填料和作类似用途的物件：

- ① 氯丁橡胶或天然橡胶 (当其与此类货品接触时)；
- ② 石棉或石棉的粘合剂；
- ③ 含有镁氧化物的材料，例如矿棉。

所有液化气体船上不应新安装含石棉材料。

17.18.4 装卸路应延伸至离液货舱底部或任何集液槽底部 100mm 范围内。

17.18.5 作业方式应符合下述规定。

(1) 应以适当方式装卸货物，以不致使液货舱中的气体排到大气中。液货舱装载期间，如由岸上回收货物蒸气，则与该货品的围护系统相连接的蒸气回收系统应独立于所有其他的围护系统。

(2) 卸货作业期间，应将液货舱内的压力保持在 0.007MPa (表压) 以上；

(3) 对这种货物进行卸载时，只能采用深井泵、液压驱动的潜水泵或惰性气体置换法。每台货物泵的布置应能确保在泵排放管路被截止或阻塞时，不会使该货品明显发热。

17.18.6 载运这些货品的液货舱透气系统应独立于载运其他货品的液货舱透气系统。应配备能在液货舱不与空气相通的情况下对液货舱内货物进行取样的设施。

17.18.7 驳运这些货品的软管上应标明：“驳运环氧烷类专用”。

17.18.8 载运这些货品的货舱处所应进行监测。对 A 型和 B 型独立液货舱周围的货舱处所，也应进行惰化，并应监测氧的含量，这些处所的含氧量 (以体积计) 应低于 2%。可以采用便携式的取样设备。

17.18.9 在断开通岸管路之前，应通过安装在装载集流管上的合适的阀释放液体和蒸气管路中的压力，不应将这些管路中的液体和蒸气排到大气中去。

17.18.10 液货舱应按其在货物的装载、载运或卸载过程中可能遇到的最大压力进行设计。

17.18.11 载运环氧丙烷且设计蒸气压力低于 0.06 MPa 的液货舱以及载运环氧乙烷—环氧丙烷

混合物且设计蒸气压力低于 0.12MPa 的液货舱，均应设有冷却系统，以保持货物的温度能低于基准温度。对于基准温度，见 15.1.3。

17.18.12 压力释放阀的调定值应不小于 0.02MPa（表压）；对于 C 型独立液货舱，在载运环氧丙烷时，其压力释放阀的调定值应不大于 0.7MPa（表压）；在载运环氧乙烷—环氧丙烷混合物时，其压力释放阀的调定值应不大于 0.53MPa（表压）。

17.18.13 管系分隔应符合下述规定：

(1) 装有这些货品的液货舱，其管系应与所有其他液货舱（包括空载液货舱）的管系以及所有货物压缩机完全隔离。如果装有本节规定货品的液货舱管系没有被设计成 1.3.23 所定义的那种“独立”，则应采用拆卸短管、阀或其他管段并在这些位置安装盲板法兰的方法，以达到所要求的管系分隔。上述要求的分隔也适用于所有液体和蒸气管路、液体和蒸气的透气管路以及任何其他可能的连接管路，诸如共用的惰性气体供应管路。

(2) 本节规定的货品运输，应按本社认可的货物装卸计划进行。对于拟定的每一种装载布置方案，应在装卸计划中分别予以表明。在货物装卸计划中应标明全部货物管路系统以及为满足上述管路分隔要求所需盲板法兰的安装位置。经批准的货物装卸计划的副本应被存放在船上。在对“内河散装运输液化气体适装证书”进行签署时应包括查阅经认可的货物装卸计划。

(3) 在首次装载这些货品及每次重新装载这些货品之前，应证明该船已达到所要求的管系分隔，盲板法兰和管路法兰之间的连接处应装上金属丝并加以铅封。

17.18.14 在提交本社批准的表格中，应注明在所采用的每一装载温度和最大基准温度下每一液货舱的最大许可装载极限，此表的副本应长期保存在船上。

17.18.15 载运这些货品时，应在液货舱内充以适当的氮气作为保护气垫。所采用氮气的商用纯度应为 99.9%（按容积计）。船上还应设氮气自动补给系统，以防万一由于环境条件变化或制冷系统失灵，使得货品温度下降时造成液货舱压力下降到 0.007MPa（表压）以下。船上应备有足量的氮气以满足自动压力控制的需要。一组氮气瓶通过减压阀与液货舱连接可以达到有关“自动”的目的。

17.18.16 装载前后，应对液货舱的蒸气空间进行试验，以保证含氧量为 2% 或以下（按容积计）。

17.18.17 应设置足够容量的水雾系统，以有效地覆盖货物集管及与装卸货品有关的露天甲板管系和液货舱气室周围的区域。管路和喷嘴的布置应使水雾的均匀分布率达到每分钟为 10L/m²。且其布置应能使溢出的货物被冲洗干净。

17.18.18 在发生涉及货物围护系统的火灾时，水雾系统应既能就地手动操作又能遥控操作。遥控人工操作的布置应能从货物区域外邻近居住处所的合适位置遥控启动水雾系统的供水泵和遥控操作系统中任何通常关闭的阀，并在被保护区域发生火灾时能易于进入和操作。

17.18.19 除上述水雾要求外，在装卸作业期间，若环境温度许可，应有随时可用的加压输水软管。

17.19 氯乙烯

17.19.1 当添加抑制剂能防止氯乙烯的聚合反应时，则 17.8 的规定是适用的。在此情况下，如未添加抑制剂或抑制剂的添加量不足，则按 17.6 规定使用的惰性气体的含氧量应不超过 0.1%（以体积计）。在开始装载前，还应从液货舱和管路中的惰性气体进行取样分析。当载运氯乙烯时，液货舱内应始终保持正压，甚至在连续运载氯乙烯之间的压载航行时，也应保持正压。

17.20 混合 C4 货物

17.20.1 按照本节的规定，按本篇要求单独载运的货物（主要是丁烷、丁烯和丁二烯）可作为混合物载运。这些货物可称为“粗制 C4 (Crude C4)”、“粗制丁二烯 (Crude Butadiene)”、“粗制蒸气裂解 C4 (Crude steam-cracked C4)”、“已使用过蒸气裂解 C4 (Spentsteam-cracked C4)”、“C4 蒸气 (C4 stream)”、“C4 残液 (C4 raffinate)”或在其他不同的产品描述下进行运输。在所有这些情况下，其材料安全数据单 (MSDS) 应作为参考，且由于丁二烯具有潜在毒性和反应性，因此混合物中以丁二烯含量作为主要考虑因素。同时考虑到丁二烯的蒸气压力相对较低，如果该混合物包含丁二烯，则应视作有毒并采取适当的预防措施。

17.20.2 如果按本节规定载运的混合 C4 货物包含 50% 以上的丁二烯，应采用 17.8 中的抑制剂预防措施。

17.20.3 除非装载的具体混合物给出液体膨胀系数的具体数据，否则在按照第 15 章进行充装极限计算时，应将货物视为 100% 的具有最高膨胀率的那一种组成物质来计算。

17.21 二氧化碳：高纯度

17.21.1 货物不受控的压力丧失会造成“升华”且货物会从液体变成固体状态。装载货物前，应提供该二氧化碳货物的准确“三相点”温度，这取决于货物纯度，并应考虑到何时调节货物仪器。对于载运的具体货物，本节中所述的报警和自动控制动作的设定压力应设为至少三相点压力以上 0.05MPa。纯二氧化碳的“三相点”出现在 0.5MPa（表压）和 -54.4℃。

17.21.2 如果按照 8.2 设置的液货舱释放阀在打开位置失效（即不能关闭），货物可能固化。为避免这种情况，应设有隔离液货舱安全阀的设施，且当载运该二氧化碳时，8.2.8 (2) 的要求不适用。安全释放阀的排放管道应设计成不受异物影响而形成堵塞。防护网不应设在释放阀排放管道的出口，所以 8.2.14 的要求不适用。

17.21.3 安全释放阀的排放管道不要求符合 8.2.9，但应设计成不受异物影响而形成堵塞。防护网不应设在释放阀排放管道的出口，所以 8.2.14 的要求不适用。

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 0.05MPa 范围内，监控系统应自动关闭所有货物总管、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。

17.21.5 液货舱和货物管系使用的所有材料应适于营运期间可能出现的最低温度，其可被定义为 17.21.1 中所述的自动安全系统设定压力下二氧化碳货物的饱和温度。

17.21.6 货舱处所、货物压缩机室和二氧化碳会积聚的其他围蔽处所应连续监控二氧化碳的浓度。该固定气体探测系统替代 13.6 的要求，即使对于具有 C 型货物围护系统的船舶，也应一直对货舱处所进行监测。

17.22 二氧化碳：再利用品质

17.22.1 17.21 的要求也适用于本货物。此外，如果再利用品质的二氧化碳货物包含杂质（例如水、二氧化硫等），会造成酸腐蚀或其他问题，货物系统中使用的构造材料也应考虑到被腐蚀的可能性。

第 18 章 操作要求

本章涉及的操作要求以及人员培训等要求，不作为本社入级要求，当由本社签发适装证书时，这些内容以及本社的其他相关要求才适用。

18.1 通则

18.1.1 应使涉及液化气体运输船舶操作的人员认识到与其安全操作相关的特殊要求和必要的预防措施。

18.1.2 每艘船上应备有本篇的副本。

18.2 货物操作手册

18.2.1 船舶应配备经本社批准的详细的货物系统操作手册副本，以使经培训人员能安全操作船舶，并适当考虑到允许载运的货物的危险和特性。

18.2.2 手册内容应包括但不限于：

(1) 货物从干坞至干坞的整个操作，包括液货舱冷却和暖舱、驳运（包括船对船驳运）、货物取样、除气、压载、清洗液货舱和更换货物的程序；

(2) 货物温度和压力控制系统；

(3) 货物系统限制，包括最低温度（货物系统和船体内壳）、最大压力、驳运速率、充装极限和晃荡限制；

(4) 氮气和惰性气体系统

(5) 灭火程序：灭火系统的操作和维护以及灭火剂的使用；

(6) 用于特种货物安全操作所需的特殊设备；

(7) 固定和可携式气体探测；

(8) 控制、报警和安全系统

(9) 应急关闭系统；

(10)按照 8.2.7 和 4.11.4 (2) ③变更液货舱压力释放阀设定压力的程序；

(11)应急程序，包括液货舱释放阀隔离、单舱除气、进入和应急船对船过驳操作。

18.3 货物资料

18.3.1 船上应备有可供所有相关方使用并以货物资料数据单形式的资料，这些资料能为安全载运货物提供必要的资料。这些资料应包括所载运的每一种货品。其具体项目如下：

(1) 1 份货物安全载运和围护所必需的物理和化学性能的详细说明；

(2) 与其他按照“内河散装运输液化气体适装证书”能够在船上载运的货物的反应特性；

(3) 当发生货物溢出或泄漏时所需要采取的措施；

(4) 防备人员意外与货物接触的防范措施；

(5) 灭火程序和灭火剂；

(6) 用于特种货物安全操作时所需的特殊设备；

(7) 应急程序。

18.3.2 按照 18.3.1 (1) 向船长提供的物理数据应包括关于不同温度下相对货物密度的信息以能按照第 15 章的要求计算液货舱充装极限。

18.3.3 按照 18.3.1 (3) 要求的对环境温度下载运货物溢出的应急计划应考虑潜在的局部温度降低（例如当逃逸的货物已降至环境压力）和船体钢冷却的潜在影响。

18.4 载运的适应性

18.4.1 船上所装载的每一种货品的数量和特性，应是在“内河船舶散装运输液化气体适装证书”和 2.2.5 规定的“装载和稳性资料手册”所表明的范围内。

18.4.2 当货物被混合时应避免发生危险的化学反应，并应特别关注下列方面：

(1) 在同一液货舱内连续装货之间所需要的液货舱清洗程序；

(2) 只有当整个货物系统，包括（但并不限于）货物管路、液货舱、透气系统和制冷系统，均按 1.3.50 中的规定隔离时，才能允许同时载运几种混合时会起化学反应的货物。

18.4.3 如要求抑制货物，在开航前应提供 17.8 要求的证书，否则不得载运该货物。

18.5 在低温下载运货物

18.5.1 在低温下载运货物时，应注意以下事项：

(1) 应严格遵守为特定液货舱、管系和附属设备所规定的冷却程序；

(2) 所采用的装载方式应能确保在任何液货舱、管系或其他附属设备中未超过其设计温度梯度；

(3) 如设有与货物围护系统相关的加热装置，对于加热装置的操作，应能确保船体结构的温度不致下降到低于材料的设计温度。

18.6 货物驳运操作

18.6.1 船上人员和负责驳运设施的人员应在货物操作前召开会议。交换的信息应包括拟定货物驳运操作和应急程序的详细情况。对于拟定的货物驳运，应填写本社认可的检查表，并在整个操作期间保持有效的通信联系。

18.6.2 货物驳运操作前，应对必要的货物操作控制和报警装置进行检查和试验。

18.7 人员培训

18.7.1 涉及货物作业的人员应进行作业程序方面的培训。

18.7.2 应对所有人员在使用船上备有的保护设备方面进行适当培训，同时还应进行与个人职务相适应的、在紧急情况下必需的程序的基本训练。

18.7.3 应对高级船员进行应急程序训练，以处理货物泄漏、溢出或火灾事故，并应对其中足够数量的人员进行适用于所载货物的必要急救措施的讲授和训练。

18.8 进入围蔽处所

18.8.1 人员不应进入可能有气体聚集的液货舱、货舱处所、留空处所或其他围蔽处所，除非用

固定式或可携式设备确定上述处所的空气中具有足够的氧气且不存在有毒气体。

18.8.2 如果在日常检查中必须对 A 型液货舱周围的货舱处所进行除气和通气，且该液货舱载运易燃货物，检查应在液货舱只包含最少数量的货物“残液”以保持液货舱冷却时进行。检查结束后，货舱处所应重新惰化。

18.8.3 人员在进入载有可燃货品船舶的任何被确定的危险区域时，均不应带有潜在的着火源，除非经验证已对该处所进行过除气，且一直保持这种状态。

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 1.3.13 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。

18.10 货物应急切断（ESD）系统

18.10.1 通则

(1) 应设有货物应急关断系统以在紧急情况下（船舶内部或货物驳运至船上或岸上时）停止货物流动。ESD 系统的设计应避免货物驳运管内可能产生冲击压力（见 18.10.2（4））。

(2) 就 ESD 而言，使用有毒或易燃液体或蒸气调节货物状态的辅助系统应视作货物系统。使用惰性介质（例如氮）的间接制冷系统无需纳入 ESD 功能要求。

(3) ESD 系统应按表 18.1 中所列进行手动和自动开始启动。对于任何附加的启动项，如能表明其纳入不会降低整个系统的完整性和可靠性，才可纳入 ESD 系统。

(4) 船舶 ESD 系统应按照本社认可的标准^①包含船岸连接。

(5) 货物控制室和驾驶室中应有 ESD 系统及其相关联系统的功能流程图。

18.10.2 ESD 阀要求

(1) ESD 阀系指 ESD 系统操作的任何阀。

(2) ESD 阀应为遥控操作、故障关闭（动力消失关闭）型、能就地手动关闭并可指示阀的实际位置。作为就地手动关闭 ESD 阀的替代，可允许采用一个手动操作截止阀与 ESD 阀串联的使用的方式。手动阀的位置应邻近 ESD 阀。一旦 ESD 阀关闭，而手动阀也关闭，应有处理截留液体的措施。

(3) 液体管系中的 ESD 阀应在启动后 30 秒内平稳完全紧闭。船上应备有关于阀关闭时间及其操作特征的资料，并且关闭时间应能予以验证和可重复。

(4) 13.3.1 至 13.3.4 中所述的阀的关闭时间（即从开始激发关闭信号至阀完全关闭的时间）不应

^① ISO 28460:2010 石油和天然气工业-液化天然气用设备和设施-自船至岸上的分界面和港口作业。

大于:

$$3600U/LR, s$$

式中: U —发出操作信号时舱内液面以上的空挡容积, m^3 ;

LR —船和岸上设备之间相互约定的最大装载速率, m^3/h 。

应考虑装载软管或装卸臂以及船上和岸上的有关管路系统的情况, 对装卸速率进行调整, 以使阀关闭时的冲击压力被限制在一个可以承受的水平。

(5) 每个总管连接处应设有 1 个 ESD 阀。不用于驳运作业的货物总管连接处应采用能承受管系设计压力下的盲板法兰予以隔断。

(6) 如果 5.5 中规定的货物系统阀也是 18.10 中规定的 ESD 阀, 18.10 的要求应适用。

18.10.3 ESD 系统控制

(1) ESD 系统至少应能在驾驶室和 13.1.2 要求的控制位置或货物控制室(如设有)以及货物区域中不少于 2 个位置, 进行单独手动操作控制。

(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 $98^{\circ}C$ 和 $104^{\circ}C$ 之间熔化的易熔元件的方式, 或通过区域失火探测的方法。

(3) 按照表 18.1 中的原因和动作矩阵, 应通过启动 ESD 系统停止正在运行的货物机器。

(4) ESD 控制系统应能以安全受控的方式进行 13.3.6 中要求的高液位试验。就试验而言, 当溢流控制系统越控时, 可操作货泵。液位报警试验程序和高位报警试验结束后 ESD 系统重新设定的程序应纳入 18.2.1 要求的操作手册。

表 18.1—ESD 功能布置

关闭行动→ 启动↓	泵		压缩机系统				ESD 阀	连接
	货泵/ 货物增 压泵	货物喷 淋/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		
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	√	√
主电源失 效(“断电”)	注 7	注 7	注 7	注 7	注 7	注 7	√	√
液位报警越 控(见 13.3.8)	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: 13.3.8 允许的越控系统可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 13.3.6 进行高液位报警试验除外 (见 18.10.3 (4))。

注 5: 用于提供加压货物蒸气的喷淋泵或吹扫泵可不包括在 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。

18.10.4 附加关闭

(1) 实现 8.3.1 (1) 中使液货舱免受外压差的要求可通过使用的一个独立的低压信号来启动 ESD 系统或至少停止任何货泵或压缩机。

(2) 当探测到高液位时, 13.3 要求的溢流控制系统可向 ESD 系统提供输入信号以停止任何货泵或压缩机运行, 因为该报警可能是无意中造成的舱至舱内部驳运所致。

18.10.5 操作前试验

(1) 在货物装卸作业开始前, 应对货物驳运中涉及的货物紧急关闭和报警系统进行检查和试验。

18.10.6 船上应定期验证应急切断 (ESD) 阀的有效性, 并对试验结果进行记录。当进行货物围护系统完整性检查时, 应急切断 (ESD) 阀的检查应作为该检查的一部分, 应急切断 (ESD) 阀应进行压力试验, 并在适当时进行内部检查。压力试验应每 5 年进行一次, 试验压力为其工作压力。

18.10.7 船上应备有应急切断 (ESD) 阀生产厂商提供的含有安装、使用、维修等内容的指导说明书。

18.11 货物围护系统上或附近的热工作业

18.11.1 在液货舱, 特别是易燃的或受碳氢化合物污染或由于燃烧可能释放有毒烟气的绝热系统附近, 应采取特殊的防火措施。

18.12 附加的操作要求

18.12.1 下列条款为附加的操作要求:

第 2 章: 2.2.2, 2.2.5;

第 3 章: 3.8.4, 3.8.5;

第 5 章: 5.3.2, 5.8.3;

第 7 章: 7.1;

第 8 章: 8.2.6, 8.2.7, 8.2.8;

第 9 章: 9.2, 9.3, 9.4.4;

第 12 章: 12.2.1;

第 13 章: 13.1.3, 13.3.7, 13.6.18;
第 14 章: 14.2.3;
第 15 章: 15.3, 15.6;
第 16 章: 16.6.3;
第 17 章: 17.4.2, 17.6, 17.7, 17.9, 17.10, 17.11, 17.12, 17.13, 17.14, 17.16, 17.18, 17.19,
17.21 和 17.22。

第 19 章 最低要求一览表

19.1 对最低要求一览表的注释:

货品名称 (a 栏)	任何散装运输货物的装船文件中应使用货品名称。任何附加的名称可放在货品名称后的括号内。货品名称有时可能与以前颁发的本篇中所提供的名称不一致
联合国编号 (b 栏)	删除
船型 (c 栏)	1 1G 型船舶 2 2G 型船舶 3 2PG 型船舶 4 3G 型船舶
要求的 C 型独立液货舱 (d 栏)	C 型独立液货舱 (4.17)
液货舱环境控制 (e 栏)	惰性: 惰化 (9.4) 干燥: 干燥 (17.7) -: 本篇无特殊要求
蒸气探测 (f 栏)	F: 易燃蒸气的探测 T: 有毒蒸气的探测 F+T: 易燃和有毒蒸气的探测 A: 窒息
测量 (g 栏)	I: 间接型或封闭型 (13.2.2.1 和.2) R: 间接型、封闭型或限制型 (13.2.2.1、.2、.3 和.4) C: 间接型或封闭型 (13.2.2.1、.2 和.3)
(h 栏)	删除
特殊要求 (i 栏)	当引用第 14 章和或第 17 章条款, 这些条款中的要求应作为任何其他栏的附加要求
制冷气体	无毒和不易燃气体

除另有规定外, 对于运输含乙炔总量低于 5% 的气体混合物, 除满足对气体混合物中主要成分的要求外, 无进一步要求。

19.2 最低要求一览表

最低要求一览表

序号	A	b	c	d	e	f	g	h	I
	货物名称		船型	要求 C 型 独立液货船	液货舱内蒸气 空间的控制	蒸气 探测	测量		特殊要求
1	乙醛/Acetaldehyde		2G/2PG	/	惰化	F+T	C		14.4.3; 14.2.3(1); 17.4.1; 17.6.1
2	氨—无水的/Ammonia,anhydrous		2G/2PG	/	/	T	C		14.4; 17.2.1 (1) ; 17.12
3	丁二烯（所有异构体） /Butadiene(all isomers)		2G/2PG	/	/	F+T	C		14.4; 17.2.1 (2) ; 17.4.2; 17.4.3; 17.6; 17.8
4	丁烷（所有异构体）/Butane(all isomers)		2G/2PG	/	/	F	R		
5	丁烷/丙烷混合物 /Butane-propane mixtures		2G/2PG	/	/	F	R		
6	丁烯（所有异构体）/Butylenes(all isomers)		2G/2PG	/	/	F	R		
7	二氧化碳（高纯度） ^② /Carbon Dioxide(high purity)		3G	/	/	A	R		17.21
8	二氧化碳（再利用品质） ^② /Carbon Dioxide(Reclaimed quality)		3G	/	/	A	R		17.22
9	氯/Chlorine		1G	是	干燥	T	I		14.4; 17.3.2; 17.4.1; 17.5; 17.7; 17.9; 17.13
10	二乙醚 ^① /Diethylether		2G/2PG	/	惰化	F+T	C		14.4.2; 14.4.3; 17.2.1 (6) ; 17.3.1; 17.6.1 (1) ; 17.9; 17.10; 17.11.2; 17.11.3;
11	二甲胺/Dimethylamine		2G/2PG	/	/	F+T	C		14.4; 17.2.1 (1)
12	二甲醚/Dimethyl Ether		2G/2PG			F+T	C		
13	乙烷/Ethane		2G	/	/	F	R		
14	氯乙烷/Ethylene chloride		2G/2PG	/	/	F+T	C		
15	乙烯/Ethylene		2G	/	/	F	R		
16	环氧乙烷/Ethylene oxide		1G	是	惰化	F+T	C		14.4; 17.2.1 (2) ; 17.3.2; 17.4.1; 17.5; 17.6.1 (1) ; 17.14
17	环氧乙烷/环氧丙烷混合物。但环 氧乙烷含量按重量计不超过30% ^① /Ethylene oxide propylene oxidemixtures with ethylene oxide content of not mole than 30%by weight		2/2PG	/	惰化	F+T	C		14.4.3; 17.3.1; 17.4.1; 17.6.1 (1) ; 17.9; 17.10; 17.18
18	异戊二烯 ^① （所有异构体） /Isoprene(all isomers)		2G/2PG	/	/	F	R		14.4.3; 17.8; 17.9; 17.11.1
19	异戊二烯（部分精炼 ^① ） /Isoprene(part refined)		2G/2PG	/	/	F	R		14.4.3; 17.8; 17.9; 17.11.1

① 此货品也被包括在《内河散装运输危险化学品船舶法定检验技术规则》内。

② 本社对于专门从事散装运输二氧化碳的液化气体船，见本章附录 I 的规定。

20	异丙胺 ^④ /Isopropy lamine		2G/2PG	/	/	F+T	C		14.4.2; 14.4.3; 17.2.1 (4); 17.9; 17.10; 17.11.1 17.15.1
21	甲烷 (液化天然气) /Medlane (LNG)		2G	/	/	F	C		
22	甲基乙炔—丙二烯混合物 /Methylacetylene-propadiene mixtures		2G/2PG	/	/	F	R		17.16
23	溴甲烷Methylbromide		1G	是	/	F+T	C		14.4; 17.2.1 (3); 17.3.2; 17.4.1; 17.5
24	氯甲烷Methyl chloride		2G/2PG	/	/	F+T	C		17.2.1 (3)
25	混合C4货物Mixed C4 Cargoes		2G/2PG	/	/	F+T	C		14.4; 17.2.1 (2); 17.4.2; 17.4.3; 17.6; 17.20
26	乙胺 ^④ /Monothylamine		2G/2PG	/	/	F+T	C		14.4 17.2.1 (1); 17.3.1; 17.9; 17.10; 17.11.1; 17.15.1
27	氮 / Nitrogen		3G	/	/	A	C		17.17
28	戊烷 (所有异构体) ①/Pentenes (all isomers)		2G/2PG	/	/	F	R		17.9; 17.11
29	戊烯 (所有异构体) ①/Pentene (all isomers)		2G/2PG	/	/	F	R		17.9; 17.11
30	丙烷Propane		2G/2PG	/	/	F	R		
31	丙烯Propylene		2G/2PG	/	/	F	R		
32	环氧丙烷 ^④ / Propylene oxide		2G/2PG	/	惰化	F+T	C		14.4.3; 17.3.1; 17.4.1; 17.6.1 (1); 17.9; 17.10; 17.18
33	制冷气体Regrigerant gares		3G	/	/	/	R		
34	二氧化硫Sulphur dioxide		1G	是	干燥	T	C		14.4; 17.3.2; 17.4.1; 17.5; 17.7
35	氯乙烯Vinylchloride		2G/2PG	/	/	F+T	C		14.4.2; 14.4.3; 17.2.1 (2); 17.2.1 (3); 17.3.1; 17.6; 17.19
36	乙氧基乙烯 ^① /Vinyl ethyl ether		2G/2PG	/	惰化	F+T	C		14.4.2; 14.4.3; 17.2.1 (2); 17.3.1; 17.6.1 (1); 17.8; 17.9; 17.10; 17.11.2; 17.11.3

37	偏二氯乙烯 ^① /Vinylidene chloride		2G/2PG	/	惰化	F+T	C		14.4.2; 14.4.3; 17.2.1 (5); 17.6.1; 17.8; 17.9; 17.10
----	---	--	--------	---	----	-----	---	--	---

下表列出了“最低要求一览表”中部分货品的密度、沸点等附加信息，表中给出的是纯净产品的属性。实际运输时可能改变。在所有情况下，应以货品生产厂提供的信息为准。

序号	产品名称	沸点, °C	沸点时比重 kg/m ³	蒸气/空气密度比
1	乙醛	2.08	780	1.52
2	氨-无水的	-33.4	680	0.6
3	丁二烯（所有异构体）	-5.0	650	1.87
4	丁烷（所有异构体）	-0.5/11.7	600	2.09
5	丁烯（所有异构体）	-6.3/-7	625	1.94
6	氯	-34	1560	2.49
7	二乙醚	34.6	640	2.55
8	二甲基胺	6.9	670	1.55
9	乙烷	-88.6	549	1.04
10	氯己烷	12.4	920	2.22
11	乙烯	-104	570	0.97
12	环氧乙烷	-10.7	870	1.52
13	异戊二烯	34.5	680	2.35
14	异丙胺	32.5	700	2.03
15	甲烷（LNG）	-161.5	420	0.55
16	甲基乙炔-丙二烯混合物	-3.2/14	—	—
17	溴甲烷	4.5	1730	3.27
18	氯甲烷	-23.7	1000	1.78
19	乙胺	16.6	690	1.56
20	氮	-196	808	0.97
21	戊烷（所有异构体）	36.1	610	2.6
22	戊烯（所有异构体）	30.1/37	610	2.6
23	丙烷	-42.3	580	1.56
24	丙烯	-47.7	610	1.50
25	环氧丙烷	34.5	860	2.00

① 此货品也被包括在《内河散装运输危险化学品船舶法定检验技术规则》内。

② 本社对于专门从事散装运输二氧化碳的液化气体船，见本章附录 I 的规定。

26	制冷气体	-30	1486	4.26
	二氯二氟代甲烷 (R12)	8.9	1480	3.9
	二氯一氟代乙烷 (R21)	3.8	1510	1.31
	二氯四氟代乙烷 (R114)	-42	1420	2.98
	一氯三氟代甲烷 (R124)	—	—	4.7
	一氯三氟代甲烷 (R13)	-81.4	1520	3.6
27	二氧化硫	-10	1460	2.3
28	氯乙烯	-13.9	970	2.15
29	乙氧基乙烯	35.5	754	2.50
30	偏二氯乙烯	31.7	1250	3.45

附录 1 CO₂专用运输船使用要求

1. 第 19 章最低要求一览表包含散装运输二氧化碳的最低载运要求，本附录适用于专门从事散装运输二氧化碳的船舶（简称 CO₂ 运输船）。

2. 本篇应用于 CO₂ 运输船时，下表左栏所列的规范条款的要求可按照右边栏解释执行：

章节	解释/适用性
3.1.2	采用单层 A-0 级分隔，即可满足 3.1.2 条的分隔要求。
5.7.4	管路和液货舱，不要求电气接地措施。
18.10.3.2	应急切断系统，不要求使用易熔元件。
第 10 章	不要求使用合格防爆型电气设备。
第 11 章	本章要求不适用。
12.1.7	对驱动风机的电动机的位置和防爆等级不作要求。
12.1.9	通风管的外部开口处，不需要设防护网。
13.6	仅适用于 13.6.19 和 13.6.20。