



中国船级社

液化天然气浮式储存和再气化装置
构造与设备规范
(2018)

2018年7月1日生效

北京

目 录

第 1 章 通则	1
第 1 节 一般规定	1
第 2 节 图纸和资料	3
第 3 节 检验	6
第 2 章 结构与布置	9
第 1 节 一般要求	9
第 2 节 稳性	9
第 3 节 布置	10
第 4 节 设计载荷	12
第 5 节 强度评估	16
第 6 节 疲劳	16
第 7 节 LNG 运输船改装为浮式装置	17
第 3 章 LNG 传输系统	18
第 1 节 一般规定	18
第 2 节 LNG 传输系统	18
第 4 章 再气化系统	26
第 1 节 一般规定	26
第 2 节 蒸发器	26
第 3 节 气体探测	27
第 4 节 应急关断 (ESD) 系统	27
第 5 节 进程关闭系统	27
第 6 节 主动泄压和排空系统	28
第 7 节 压力释放和透气系统	28
第 8 节 防火与灭火	29
第 9 节 管系	29
第 10 节 仪表与自动化系统	30
第 5 章 定位系泊系统	32
第 1 节 一般规定	32
第 2 节 环境条件	32
第 3 节 系泊分析和设计衡准	33
第 4 节 系泊设备	34
第 6 章 电气设备	36
第 1 节 一般规定	36
第 2 节 主电源	36
第 3 节 应急电源	36
第 4 节 供电与配电	37

第 5 节 防爆	37
第 6 节 通信	38
附录 1 风险评估	39
第 1 节 一般规定	39
第 2 节 风险评估要素	39
第 3 节 灾害接受衡准	40
第 4 节 风险准则	41
第 5 节 风险缓解措施	42



第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1 适用范围

1.1.1.1 《液化天然气浮式储存和再气化装置构造与设备规范》（以下简称本规范）适用于新建的船式或驳船式液化天然气（LNG）浮式储存和再气化装置/浮式储存装置/浮式再气化装置（以下简称浮式装置）。

1.1.1.2 改建的浮式装置应满足1.1.2中相关要求。

1.1.2 一般要求

1.1.2.1 除本规范有明确规定者外，浮式装置应满足中国船级社（以下简称CCS）《海上浮式装置入级规范》《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》和《海上油气处理系统规范》（以下简称相关规范）的结构、货物围护系统、LNG传输系统、再气化系统、定位系泊系统和电气设备等有关要求。

1.1.2.2 浮式装置尚应注意船旗国、作业水域主管机关等的有关要求（如适用）。

1.1.2.3 对于改建为浮式装置的现有船舶或海上浮式设施，应参照本规范的规定进行改造，并经CCS检验合格。

1.1.2.4 若LNG运输船仅改建为具有LNG再气化和外输功能的船舶，则其应满足本规范LNG传输系统和再气化系统等章节的相关适用要求。

1.1.2.5 若LNG运输船仅改建为浮式储存装置，则其应满足本规范结构与布置、LNG传输系统、定位系泊系统和电气设备等章节的相关适用要求。

1.1.2.6 液化天然气（LNG）运输船靠泊码头作为浮式储存装置（FSU）使用时，应满足《液化天然气运输船兼作浮式储存装置实施指南》的要求。

1.1.2.7 除满足本规范相关要求外，产品检验和持证要求还应满足CCS《海上浮式装置入级规范》《海上油气处理系统规范》等规范、规则及产品检验指南中的有关要求。

1.1.3 定义

除相关规范明确规定外，本规范适用定义如下：

1.1.3.1 浮式储存和再气化装置：系指长期或临时定位在特定海域的浮式海上设施，其从散装运输液化气体船舶或其他液化气生产设施接收液化天然气，并设有液化天然气储存、再气化和传输到陆上设施的系统。

1.1.3.2 气化（再气化）：系指通过外部热源加热液化天然气（LNG）使其温度高于饱和温度的过程。

1.1.3.3 围蔽处所：系指在没有任何人为通风的情况下，通风受限制且任何爆炸性环境不能被自然通风驱散的处所。

1.1.3.4 半围蔽处所：系指由于存在顶部、挡风墙或舱壁等结构，且其布置使得气体可能不会扩散以致其自然通风条件与开敞甲板上的处所有显著差异的处所¹。

1.1.3.5 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。危险区域分：

¹ 参见 IEC 60092-502 船舶电气设备—专辑—液货船或 GB/T 22189 船舶电气设备—专辑—液货船。

0区：持续存在或较长时间存在爆炸性气体环境的区域；

1区：正常操作情况下可能出现爆炸性气体环境的区域；

2区：在正常操作情况下不大可能出现爆炸性气体环境的区域，即使出现，也可能仅偶然发生并且存在时间短。

1.1.3.6 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设备的结构、安装和使用采取特殊预防措施的区域。

1.1.3.7 LNG传输系统：系指由传输设备、增压装置（如适用）、连接设备及相关管系等组成的用于传输LNG的一套系统。

1.1.3.8 再气化系统：系指从LNG液货舱至天然气（NG）外输管路之间的所有气化工工艺装置组成的系统，包括再气化装置、吸入罐、附属的泵（包含潜液泵）和管系以及辅助系统。

1.1.3.9 再气化装置：系指由蒸发器、加热器、LNG高压泵和有关管系组成的用于LNG气化的装置。

1.1.3.10 BOG处理系统：系指由BOG压缩机、再液化系统（如适用）、火炬系统（如适用）等组成的用于处理BOG的系统。

1.1.3.11 排放：系指系统或系统的一部分及其设备的泄压，以允许从泄压阀排放的蒸气和/或液体得以安全处置。在管路和容器发生潜在失效之前对其进行泄压，可降低管路或容器发生泄漏时的泄漏速率和/或泄漏量，以减小泄漏造成的后果。

1.1.3.12 高压：系指最大工作压力大于1.0MPa。

1.1.3.13 外输：系指LNG经气化和加热形成高压天然气后向外输出。

1.1.3.14 LNG特殊区域：系指与浮式生产储油装置相比，浮式装置上与LNG相关的特殊区域，如表1.1.3.14所示，当《海上浮式装置入级规范》要求与本规范要求不一致时，则本规范的要求优先。

LNG 特殊区域

表 1.1.3.14

结构、系统和设备	区域
LNG 围护系统及邻近结构	LNG 特殊区域
LNG 传输系统及设备	
LNG 再气化系统及设备	
与 LNG 相关的其他系统及设备	

1.1.4 入级符号与附加标志

1.1.4.1 凡浮式装置的船体/主体结构（包括设备）与机械（包括电气设备）符合CCS规范、指南或等效规定的有关要求，CCS将授予相应的入级符号与附加标志。

1.1.4.2 凡符合本规范要求并申请入级的浮式装置或船舶，可在本社规定的入级符号和附加标志后，加注表1.1.4.2中相应的附加标志：

附加标志

表1.1.4.2

浮式装置功能附加标志	说明	
LNG-FSRU	液化天然气浮式储存、再气化和转运装置	
LNG-FSU	液化天然气浮式储存和转运装置	
LNG-FRU	液化天然气浮式再气化装置	
特殊系统和设施附加标志	说明	应满足技术要求
PM	定位系泊系统	具有定位系泊系统的浮式装置， 本规范第1章、第5章

		应加注此附加标志	
REGAS	液化天然气再气化系统	具有液化天然气再气化系统的浮式装置或船舶，可加注此附加标志	本规范第1章、第4章

浮式装置的入级符号和附加标志(适用时)应按有关规范和 1.1.4.2 次序填入入级证书。一组附加标志之间采用“;”分隔,例如:

在 CCS 检验下建造的驳船式液化天然气浮式储存和再气化装置,设有起重装置、水下检验标志、再气化系统,系泊在中国南海北海区域作业,船体结构和机械设备系统采用循环检验模式,其入级符号和附加标志表示如下:

★CSA LNG-FSRU; Barge type; REGAS; CHS; CMS; Lifting Appliance; IWS; China Nanhai Beihai XXXX

在 CCS 检验下建造的 LNG 运输船,设有起重设备、水下检验标志、再气化系统,船体结构和机械设备系统采用循环检验模式,其入级符号和附加标志表示如下:

★CSA LNG Carrier; REGAS; CHS; CMS; Lifting Appliance; In-Water Survey

1.1.5 风险评估

1.1.5.1 在本规范有明确要求的情况下应进行风险评估。

1.1.5.2 风险评估应采用可接受和公认的风险分析技术进行风险分析,并应至少考虑功能丧失、部件损伤、火灾、爆炸和电击。分析应能确保尽可能消除各种风险。不能消除的风险应视需求予以减轻。各种风险的详细情况以及减轻风险的方法应形成文件,并提交 CCS 认可。

1.1.5.3 风险分析可按照本规范附录1进行。

第2节 图纸和资料

1.2.1 送审图纸和资料

1.2.1.1 浮式装置的货物围护系统和货物处理系统有关的图纸资料应按照 CCS 《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》《海上油气处理系统规范》中的适用要求提交图纸资料;结构、稳性等则应按照 CCS 《海上浮式装置入级规范》的有关要求提交图纸资料。

1.2.1.2 除按 1.2.1.1 的要求提交图纸资料外,浮式装置尚应按照本节的要求,将相关图纸资料至少一式3份或电子图纸提交本社进行审查。

1.2.1.3 再气化系统说明文件,主要说明再气化系统的设备、布置、预期操作能力、设计准则和设计功能,应至少包括以下内容:

- (1) 管路布置和控制系统,包括材料规格、设计压力、设计温度和设计环境条件等;
- (2) 设计参数,应包含:

① 再气化系统最大设计流量和调节比。对于闭环循环系统,还应提供系统的最大有效热量;

② 再气化系统最大设计出口压力和天然气最小过热温度;

③ 设计条件的最大和最小工况;

④ 安全阀出口管路最大允许背压;

⑤ 船对船货物传输设计最大传输速率、以及用于处理 LNG 运输船卸货时产生的蒸发气体和置换气体的方法和控制措施;

⑥ 热源(如海水)进口最低设计温度(如适用);

⑦ 加热中间介质的最低设计温度和流量；

⑧ 锅炉或替代加热装置的输出参数；

⑨ 海水出口最低允许温度。

(3) 连接/断开操作程序，包括：天然气外输、隔离装置以及惰化排气管路；

(4) LNG再气化作业过程中应遵循的应急响应程序，应包括陆基输送气体主阀突然关闭的情况下应遵循的指导程序。

1.2.1.4 再气化系统总布置图，包括主要设备布置情况，如蒸发器、加热器、LNG吸入罐、缓冲罐和其他压力容器等。

1.2.1.5 再气化系统撬块底部结构加强图。

1.2.1.6 热量和物料平衡表。

1.2.1.7 蒸发器计算书。

1.2.1.8 LNG再气化工艺流程图。

1.2.1.9 压力释放阀和排放管排气压力计算书。

1.2.1.10 再气化系统管路和仪表图（P&ID图）。应至少显示以下内容：

(1) 设计和操作条件；

(2) 所有主要设备的名称尺寸和参数；

(3) 管路元件（如管、管件、阀件、法兰、膨胀节、滤器等）等级和规格；

(4) 测量、传感、监控、报警和安全控制仪表仪器；

(5) 信号电路；

(6) 关断、压力释放装置及其设定值；

(7) 组块和撬块的边界；

(8) 再气化系统管路、设备和部件的排水、惰化和除气方法。

1.2.1.11 管路规格书，主要包括管路材料、焊接、制造、检验、试验以及管路支撑、保温和低温泄漏防护等方面的内容。

1.2.1.12 管系图及相关技术文件，包括原理图、管道和附件的全部细节：

(1) LNG低压和高压供应管路；

(2) 加热中间介质系统；

(3) 闭式循环加热系统示意图（如适用）；

(4) 降压系统（缓冲罐或冲击载荷验证装置）；

(5) 天然气高压外输系统；

(6) 冷却水系统；

(7) 其它相关的辅助系统。

1.2.1.13 安全系统图纸，包括应急关断系统（ESD）和所有与再气化系统和外输系统有关的消防、可燃气体探测、火灾及报警、拉断阀（如适用）等细节。

1.2.1.14 逃生通道布置图，包括所有与再气化系统和外输系统有关的安全逃生保护布置的细节。

1.2.1.15 装卸臂（如适用）

(1) 总图和包络线图；

(2) 结构详图，包括旋转接头及回转支撑、紧急脱离装置、绝缘法兰/短管、电气连续性 & 接地、阀门、法兰和接管等细节；

(3) 其他需要提供的零部件图；

(4) 焊接工艺规格书；

(5) 零部件规格及材料明细表；

(6) 焊缝的无损检测、强度、低温试验、密性试验、功能试验大纲等资料；

- (7) 装卸臂设计载荷和结构分析技术文件；
- (8) 液压控制系统图（如适用）；
- (9) 紧急脱离装置系统图；
- (10) 使用说明书。

1.2.1.16 软管卸料系统

- (1) 软管及其支撑结构布置图；
- (2) 软管材料说明书；
- (3) 软管使用说明书；
- (4) 主动或被动脱离装置（包括拉断阀）的设置细节等。

1.2.1.17 拉断阀（如适用）

- (1) 产品标准（或产品技术条件）；
- (2) 总装图；
- (3) 主要零部件图；
- (4) 主要技术参数；
- (5) 零部件规格及材料明细表；
- (6) 强度及性能计算书；
- (7) 使用说明书；
- (8) 产品试验大纲。

1.2.1.18 危险区域划分图，应包括再气化系统的危险区域划分。

1.2.1.19 CCS认为必要的其他图纸和资料。

1.2.2 备查图纸和资料

1.2.2.1 除按CCS相关规范的要求提交图纸资料外，浮式装置应将下列图纸和资料提交CCS备查：

- (1) 安全操作手册；
- (2) 应急操作手册；
- (3) 码头布置图，包括码头上的系泊部件和设备；
- (4) 再气化系统的风险评估报告。

1.2.3 浮式装置保存的图纸和资料

1.2.3.1 除CCS相关规范要求的保存在浮式装置上的资料外，浮式装置上还至少应保存如下资料：

(1) 安全操作手册，安全操作手册主要用于对浮式装置的操作人员提供适当指导，其将包括以下信息：

- ① 浮式装置概况；
- ② 每个批准的运行模式的相关数据，包括设计、可变载荷、环境条件、方案等；
- ③ 适用的大气和海水最低设计温度；
- ④ 显示水密舱壁、关闭装置、通风口及甲板许用载荷等的总布置图；
- ⑤ 静压曲线或等效数据；
- ⑥ 说明液货舱重心、自由液面校正等能力的资料；
- ⑦ 操作说明，包括在恶劣天气下需采取的预防措施、操作模式改变、操作限制等；
- ⑧ 压载系统的计划和说明以及压载说明。若要使用永久压载，压载重量、位置及物质应明确说明；
- ⑨ 燃油供应系统图；

- ⑩ 燃气供应系统图（如适用）；
- ⑪ 危险区域划分；
- ⑫ 消防方案；
- ⑬ 救生设备与逃生路线的布置；
- ⑭ 基于倾斜试验结果的空载浮式装置数据等；
- ⑮ 稳性资料；
- ⑯ 用于评估其他装载工况的每个批准的操作模式的装载工况的代表性示例；
- ⑰ 主、辅配线系统图；
- ⑱ 电气设备紧急关闭程序；
- ⑲ 关于系泊系统运行以及其关于最大偏移量的说明；
- ⑳ 货物和压载的装卸、传输和卸载操作说明；
- ㉑ CCS认为必要的其他资料。

(2) 应急操作手册，应急操作手册系指包括浮式装置的普通系统和应急系统的所有部件，并显示所有必要的仪器/设备及其所需的功能等。

第3节 检验

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 浮式装置的所有检验程序、检验方式、检验种类、检验间隔期、检验条件、检验前准备、检验和试验要求以及浮式装置图纸、资料、证书、记录和报告等的保存，应按CCS《海上浮式装置入级规范》的有关要求执行；其货物围护系统和货物处理系统的有关检验要求，尚应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》《海上油气处理系统规范》中的适用要求。

1.3.1.2 浮式装置进行首次LNG传输和气化作业时，验船师应现场见证，确认LNG货物围护系统、LNG传输系统、LNG再气化系统相关的仪表、阀件和有关的安全控制系统等处处于良好状态。

1.3.2 建造中检验

1.3.2.1 除按CCS相关规范对建造检验的要求进行检验外，浮式装置的建造检验尚应增加下列项目：

(1) 再气化系统的检验，以确保再气化系统的结构、设备、装置、布置和材料等方面符合批准的图纸、图表、说明书、计算书和其他技术文件；

(2) 再气化系统的检验和试验项目应至少包括：

- ① LNG和天然气管路的压力及密性试验；
- ② 吸入罐的密性试验，试验压力应不小于罐体设计压力；
- ③ 安全阀调定；
- ④ 效用试验，包括：消防系统、应急关断系统、进程关闭系统、气体探测系统、主动泄压和排空系统、压力释放和透气系统、仪表和自动化系统；
- ⑤ 泵/压缩机的效用试验。

(3) 再气化系统调试

- ① 再气化系统调试大纲应提交CCS现场验船师进行审查；
- ② 再气化系统初步调试时，应使用少量的液化天然气进行效用试验；
- ③ 再气化装置全部效用试验应在安装完成后在现场进行测试；

④ 调试完成后，再气化系统调试报告应提交CCS现场验船师进行审查。

(4) LNG传输系统的安装和试验，包括LNG泵、装卸臂（如适用）、软管（如适用）、阀件和管路等；

(5) LNG传输系统紧急切断（ESD）装置的安装和试验；

(6) 气体探头的安装位置、数量，并进行气体探测报警系统的试验；

(7) 危险区域通风系统的安装和试验；

(8) 防爆设备或防点燃设备的确认和安全检查；

(9) 货物区域防火、灭火装置的安装与试验；

(10) LNG传输系统效用试验，可采用液氮作为介质；

(11) 核查浮式装置上应保存的资料，如安全操作手册等；

(12) 再气化系统结构的检验，应包括其焊缝质量的检查及其与浮式装置的连接（包括焊接和螺栓连接）情况检查。如通过螺栓连接，必要时应检查接地情况。

1.3.3 建造后检验

1.3.3.1 一般要求

(1) 年度检验时应对再气化系统及其结构、设备、装置、布置和材料进行一般性检查，以确定其处于良好状态并适合于系统预定的用途。

(2) 中间检验时应对与再气化系统有关的安全装置、辅助设备、附属的泵和管系进行详细检验，以确保其处于良好状态并满足本规范有关要求。

(3) 特别检验应对再气化系统及其结构、设备、装置、布置和材料等方面进行全面检验，以确保其处于良好状态并满足本规范有关要求。

1.3.3.2 年度检验

除按CCS相关规范对年度检验的要求进行检验外，年度检验尚应对下列项目进行检验：

(1) 检查自上次检验以来的再气化系统的运行记录，确认系统过去时间的性能并评估是否已显示出不正常状态；

(2) 对蒸发器进行整体检查，确认蒸发器运行状态、加热能力等满足技术规格的要求；

(3) 检查蒸发器是否有结冰和腐蚀等现象；

(4) 检查膨胀罐/柜的密性及其附件的完好性（如适用）；

(5) 对海水泵及其进口处过滤装置进行检查，确认其处于正常状态；

(6) 检查气体探测系统，并对其进行试验，确认其处于正常工作状态，必要时用样气进行校核；

(7) 检查手动ESD系统以及外输总管阀、LNG泵、压缩机的自动关闭是否处于正常工作状态；

(8) 检查再气化系统的进程关闭系统，确认其手动操作的功能；

(9) 检查主动泄压和排空系统，确认其手动和自动启动功能完好；

(10) 检查压力释放和透气系统，包括与液相安全释放阀连接的缓冲/排放罐；

(11) 检查危险区域的电气设备是否处于良好状态，并检查维护及维修记录；

(12) 检查探火和灭火装置，并启动一台主消防泵；

(13) 检查水雾、水幕系统是否处于正常状态；

(14) 装卸臂（如适用）

① 检查装卸臂的整体情况；

② 对管路进行外观检查，并核查其密性；

③ 紧急脱离系统的效用试验；

④ 检查回转轴承的润滑、旋转接头密性、绝缘法兰的电阻以及主驱动钢丝绳拉长情

况（如适用）。

(15) 软管（如适用）

- ① 检查软管的外观完整性；
- ② 确认软管无损伤、无缺陷；
- ③ 进行压力试验，试验压力应为压力释放阀的最大允许调定值（MARVS）；
- ④ 检查软管端部接头的完好性，其配备的绝缘电阻的测定处于正常工作状态；
- ⑤ 检查软管配备的紧急脱离装置（拉断阀）的完好性。

(16) 再气化系统效用试验，可在再气化系统作业期间，对再气化系统的管路、装置及附件进行目视检查；

(17) 核查安全操作手册等文件保存在浮式装置上；

(18) 检查再气化系统结构有无腐蚀、裂纹等其他缺陷，如怀疑有缺陷可采取测厚、NDT等检测手段进行进一步检查。必要时应检查螺栓（如设有）的紧固及锈蚀情况，以及接地线（如设有）的腐蚀和断线（丝）等情况。

1.3.3.3 中间检验

除满足 CCS 相关规范对中间检验的要求（如适用）和本章 1.3.3.2 的要求外，中间检验尚应对下列项目进行检验：

(1) 应尽实际可行检查 LNG 传输系统和再气化系统的设备、装置、透气管系等。若管系检查有疑问，则需要进行压力试验或厚度测量或者两者都进行；

(2) 检查 LNG 传输系统和再气化系统的管路、装置与船体/主体电气接地；

(3) 检查 LNG 传输和再气化系统的压力、温度测量系统和相关报警功能；随机测试气体探测器、温度、压力及液位测量装置，以确认其处于良好的运行状态；

(4) 气体探测系统的管路的腐蚀和损坏情况应尽可能地进行目视检查，应对吸入点与分析装置之间的管路完整性尽可能进行验证；

(5) 装卸臂控制系统检查，确认其处于良好状态（如适用）。

1.3.3.4 特别检验

除满足 CCS 相关规范对特别检验的要求（如适用）和本章 1.3.3.3 的要求外，特别检验尚应对下列项目进行检验：

(1) 对蒸发器和受压容器进行检修，对压力释放阀应进行性能试验。如无法对受压容器进行内部检查，应进行受压容器的压力试验和压力释放阀的性能试验。

(2) LNG 传输系统、再气化系统的管路和液氮管系在认为必要时应打开检查，为确认管系状况，必要时应移去绝热层。检查时应对密封状况做特别检查。若目视检验对管系的完整性有怀疑时，应对管系进行压力试验，试验压力不小于 1.25 倍的压力释放阀的最大允许调定值（MARVS）。安装后的整个管系应进行泄漏试验。

(3) 检查和验证 LNG 传输系统和再气化系统的 ESD 阀、止回阀、遥控阀、压力释放阀的隔离阀等，并随机选择一阀件进行拆开检查。

(4) 应对 LNG 泵、气体压缩机和气体增压器及其原动机进行拆检和对安全装置进行性能试验；作为原动机的电动机检修可予以免除²。

(5) 装卸臂（如适用）

- ① 全面彻底检查，特别进行旋转接头拆解检查，必要时更换零部件或密封件；
- ② 全面检查装卸臂的液相管和气相管，一般进行外观检查、耐压试验和泄漏试验。

² 如实施计划的机械维修制度，则在特别检验时对每一设备进行目视检查来替代打开检查。

第2章 结构与布置

第1节 一般要求

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 本章适用于船长不大于500m，船宽不超过其长度1/5或型深2.5倍的浮式装置。不满足上述要求的浮式装置应视具体情况处理。

2.1.1.2 除本章明确规定者外，浮式装置的结构和布置应满足CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇的有关要求。

2.1.1.3 LNG液货舱的设计应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的相关要求。

2.1.1.4 货物区域的腐蚀裕量，应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第2篇第A4章和第3篇第4章的相关要求。

2.1.1.5 当结构构件的某个外表面一直处于非腐蚀环境条件（如干燥惰性气体）下时，该表面不必要求腐蚀裕量。

2.1.1.6 液货舱晃荡效应评估应符合CCS《海上浮式装置入级规范》，薄膜型液货舱还应符合CCS《液化气体运输船检验指南》第4章中关于薄膜型货物围护系统的适用要求。

2.1.1.7 对于结构布置形式有特别设计的浮式装置，CCS根据设计方案进行特别考虑。

2.1.1.8 再气化系统结构应符合CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇第11章的相关要求。

第2节 稳性

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 除本节明确规定者外，浮式装置的稳性应满足CCS《海上浮式装置入级规范》第3篇的有关要求；若浮式装置具备自航能力，则其稳性尚应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第2章的有关要求。

2.2.1.2 在浮式装置稳性计算时应考虑自由液面的影响。在确定含有消耗液体的舱室的自由液面影响时，应假定对于每一类液体，至少一对横向舱室或一个中心线上的舱室具有自由液面，且所考虑的舱组或舱应是自由液面影响最大者。对于未破损液舱内的自由液面影响应按照《2008年国际完整稳性规则》中的方法计算。

2.2.1.3 布放在寒冷地区的浮式装置，在稳性计算时，应考虑结冰和雪可能造成的超载影响。

2.2.1.4 应向浮式装置负责人提供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、对估算其他装载工况的规定以及对浮式装置残存能力的总结等详细资料。该手册也应有充分的资料，使浮式装置负责人能以安全和适航方式进行货物作业和操纵浮式装置。

2.2.1.5 浮式装置应配备能进行完整和破损稳性要求符合性验证、并经CCS（参照IMO建议的性能标准³）认可的稳性仪。

³ 参见经修正的2008年国际完整稳性规则（2008年IS规则）的B部分的第4章；经修正的稳性仪认可指南（海安会MSC.1/Circ.1229通函）附件第4节；和液货船破损稳性要求验证指南（海安会MSC.1/Circ.1461通函）第1部分中规定的技术标准。

2.2.1.6 若主管机关另有相关规定时，浮式装置的稳性尚应满足主管机关的要求。

2.2.2 破损稳性

2.2.2.1 浮式装置在进行破损稳性计算时，其破损范围不考虑船底破损（具备自航能力的浮式装置除外）。此时舷侧破损：

纵向范围： $L^{2/3}/3$ 或14.5m，取小者；

横向范围（在夏季水线平面上，从船体外壳型线沿垂直于船体中心线方向量取）：

$B/5$ 或11.5m，取小者；

垂向范围（从船体外壳型线量取）：向上无限制。

2.2.2.2 如任何破损范围虽小于上述规定的最大值，但却导致更严重状态时，则应考虑此类破损。

2.2.2.3 破损标准

在不考虑风速影响的情况，浮式装置应能在经受2.2.2.1所述的破损时符合下列标准：

(1) 船长150m以上的浮式装置，应假定在其船长范围内的任何部位任一舱壁均能经受破损。

(2) 船长150m或以下的浮式装置，应假定在其船长范围内的任何部位任一舱壁均能经受破损，但不包括邻接于尾机型机舱边界舱壁。

2.2.2.4 浮式装置的液货舱的位置应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第2章的有关要求。

2.2.2.5 若主管机关另有相关规定时，浮式装置破损稳性尚应满足主管机关的要求。

第3节 布置

2.3.1 布置原则

2.3.1.1 浮式装置上包含货物围护系统、再气化系统、LNG传输系统、透气/排气系统、燃气火炬（如适用）等设施的区域应能：

- (1) 操作和维护方便；
- (2) 消防设施可易于到达；
- (3) 充分的通风。

在可燃气体释放时，爆炸和超压的危险应降到最低。

2.3.1.2 浮式装置的布置应充分考虑人员的安全、防止环境污染和财产的保护，并应遵循下列设计原则：

- (1) 浮式装置的布置应使事故发生、蔓延和升级的风险降至最低；
- (2) 应根据功能和潜在的将浮式装置划分成不同危险程度的区域；
- (3) 应实施风险隔离原则，将划分为危险区的区域和模块与含有引火源和引爆源的区域和模块尽量远离，或者当远离不可行时，应采用合适的防火墙和/或防爆墙或隔离舱进行隔离；

(4) 应采用危险由低到高的原则，即低危险区域应位于高危险区域与安全区域之间；

(5) 起居处所和控制站等应位于非危险区域，并尽可能远离货物区域。应尽量保护起居处所和控制站等免受事故后果的影响。应设有保障人员安全撤离的措施。

2.3.1.3 所有货物操作所需的手动阀的布置应使身着防护服的人员易于操作。

2.3.2 货物区域

2.3.2.1 货物区域应按照CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第3章的要求进行适当布置和隔离。

2.3.2.2 货物区域按照CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第3章要求进行隔离时，经CCS同意，压载舱可被接受为隔离舱。

2.3.3 再气化系统

2.3.3.1 再气化装置所在的位置应视为CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第1章1.2.7所定义的货物区域的一部分，其布置应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第3章船舶布置的要求。

2.3.3.2 再气化装置及其相关设备应视为货物处理装置，其所在处所为货物机器处所。

2.3.3.3 当再气化装置位于开敞甲板上时，其布置应能免受甲板上浪的影响。

2.3.3.4 再气化装置及其附件等可能产生LNG泄漏的区域应设有耐低温保护措施，以免船体及有关结构承受低温损伤。

2.3.3.5 再气化系统的布置应在本规范4.1.1.5要求的风险评估中进行定义和评估。

2.3.4 起居处所、服务处所及控制站

2.3.4.1 液货舱和气体处理系统应与起居处所、服务处所和机器处所分开。如设有气体处理系统，安全分离通常要求在定义为危险区域的地区不得布置起居处所或燃烧设备。如果不能将起居处所和救生设备与液货舱和气体处理系统适当分开，可以特别考虑使用防火分隔和隔离舱。

2.3.4.2 起居处所的入口、空气进口和开口不应面向货物区域，上述开口的布置应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第3章的有关要求。

2.3.4.3 控制站应位于非危险区域。

2.3.5 气体处理系统

2.3.5.1 气体处理系统的出口（如透气桅、火炬、气体燃烧装置（GCU））、通风口、安全释放阀或大型发动机排气将被引导到辐射热或气体不会对浮式装置、人员造成危害的地区或设备。

2.3.5.2 除应符合CCS《海上油气处理系统规范》的有关要求外，火炬和通风系统还应考虑到热辐射对热敏感系统、热敏感材料、电气仪表设备的不利影响，如火炬的热辐射强度不应超过机电设备的额定温度。

2.3.5.3 浮式装置上气体处理系统通风口周围，存在被点燃或人员可能达到的区域的气体浓度不应超过50% 爆炸下限（LEL）。

2.3.6 系泊设备

2.3.6.1 锚机、锚链舱和锚链管应布置在非危险区域。

2.3.7 通道布置

2.3.7.1 人员安全通道、进入货舱区的通道等应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第3章的有关要求。

第4节 设计载荷

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 本节载荷与载荷工况用于浮式装置尺寸计算和强度评估。用于疲劳强度评估的载荷见本章第6节。

2.4.2 载荷组合工况

2.4.2.1 使用有限元法进行强度评估时，应对本节给出的载荷组合工况进行计算。

2.4.2.2 对于每一种载荷工况，应将CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇第6章第3节要求的载荷包络值乘以动载荷组合因子，以得到同时作用的动载荷。

2.4.2.3 航行和解脱工况的动载荷组合因子按本章2.4.3的要求选取；场地自存工况的动载荷组合因子按本章2.4.4确定。

2.4.3 航行/解脱状态的载荷组合工况

2.4.3.1 舷外水压力包括舷外海水静压力和波浪动压力。

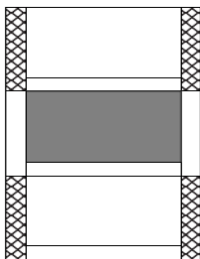
2.4.3.2 浮式装置装载模式见图2.4.3.2（1）、2.4.3.2（2）。

2.4.3.3 动载荷工况及动载荷组合因子见表2.4.3.3。

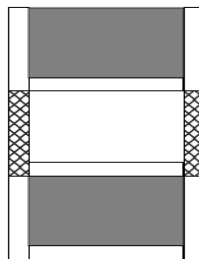
动载荷工况及动载荷组合因子

表2.4.3.3

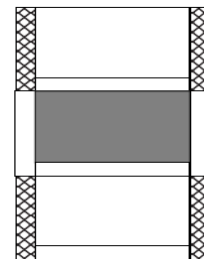
波浪方向			迎浪				横浪		斜浪	
动载荷工况			1	2	3	4	5S	5P	6S	6P
总体载荷	M_{wv}	f_{wv}	-1.0	1.0	-1.0	1.0	0.4	-0.4	-0.2	0.4
	Q_{wv}	f_{qv}	1.0	-1.0	1.0	-1.0	-0.2	0.2	0.2	0.0
	M_{wv-h}	f_{wv-h}	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.2	-0.2	1.0	-1.0
加速度	a_v	f_v	0.6	-0.6	0.6	-0.6	1.0	-1.0	0.0	-0.1
	a_t	f_t	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.2	-0.2	0.0	0.0
	a_{ing}	f_{ing}	-0.3	0.3	0.3	-0.3	-0.1	-0.1	0.4	0.5
左舷波浪动压力	P_{WL}	f_{WL}	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.2	-0.7	0.1	0.3
	P_{blige}	f_{blige}	-0.2	0.2	-0.2	0.2	-0.5	-1.0	0.1	0.4
	P_{ctr}	f_{ctr}	-0.4	0.4	-0.4	0.4	-0.9	-1.0	-0.2	0.3
右舷波浪动压力	P_{WL}	f_{WL}	-0.5	0.5	-0.5	0.5	-0.7	-0.2	0.3	0.1
	P_{blige}	f_{blige}	-0.2	0.2	-0.2	0.2	-1.0	-0.5	0.4	0.1
	P_{ctr}	f_{ctr}	-0.4	0.4	-0.4	0.4	-1.0	-0.9	0.3	-0.2



载况1和3
吃水: 0.75 T_{sc}



载况5P
吃水: 0.75 T_{sc}



载况6S
吃水: 0.75 T_{sc}

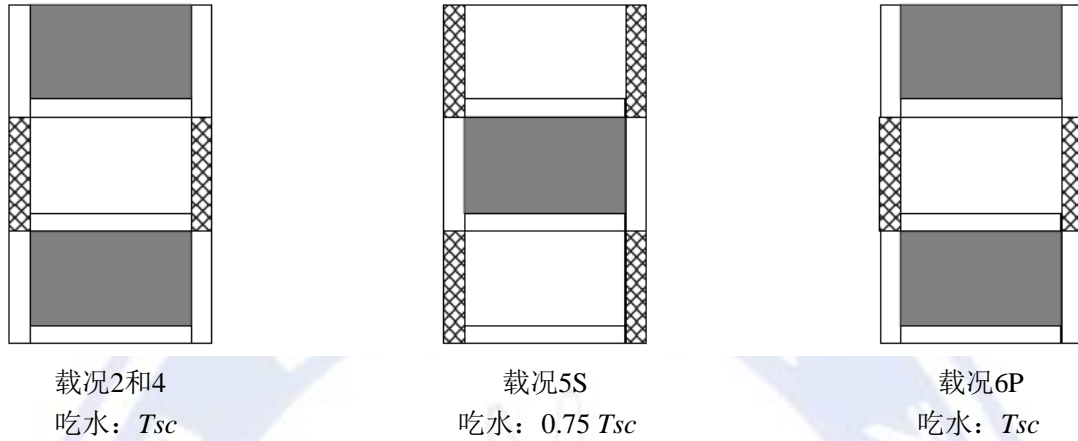


图2.4.3.2 (1) 装载模式 (单排舱布置)

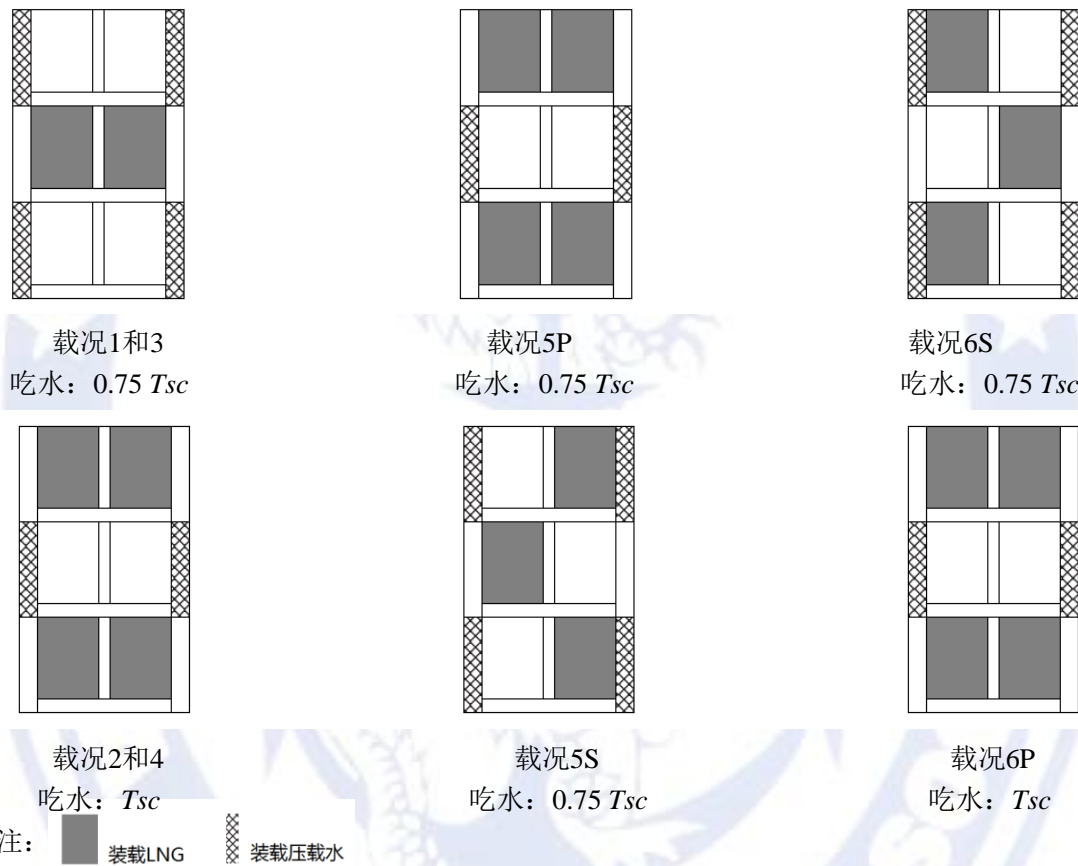


图2.4.3.2 (2) 装载模式 (双排舱布置)

2.4.4 场地自存状态的载荷组合工况

2.4.4.1 应根据模型试验或CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇第6章6.6.3规定的方法计算动载荷组合因子，并考虑下列因素：

- (1) 作业区域载荷；
- (2) 系泊系统载荷；
- (3) 浮式装置方位及波浪方向；
- (4) 装载状态。

2.4.4.2 计算动载荷组合因子时应考虑构件的纵向位置，详见图2.4.4.2。

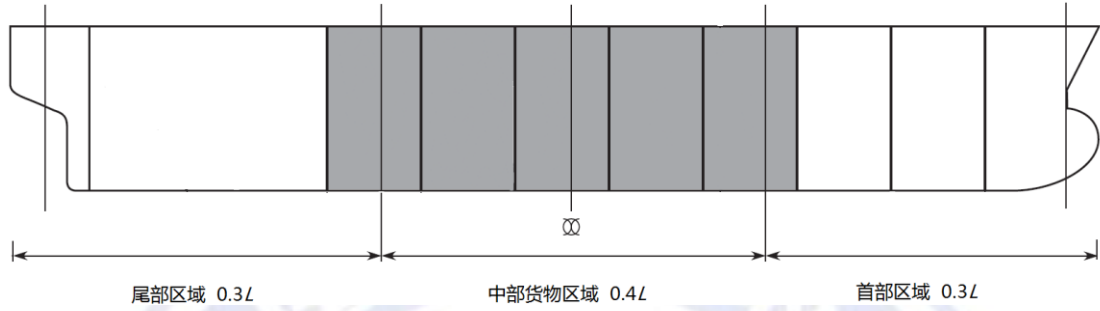


图2.4.4.2 结构区域示意图

2.4.5 独立型液货舱的特别分析工况

2.4.5.1 应按表2.4.5.1给出的工况，对独立液货舱及其支撑结构进行强度评估。

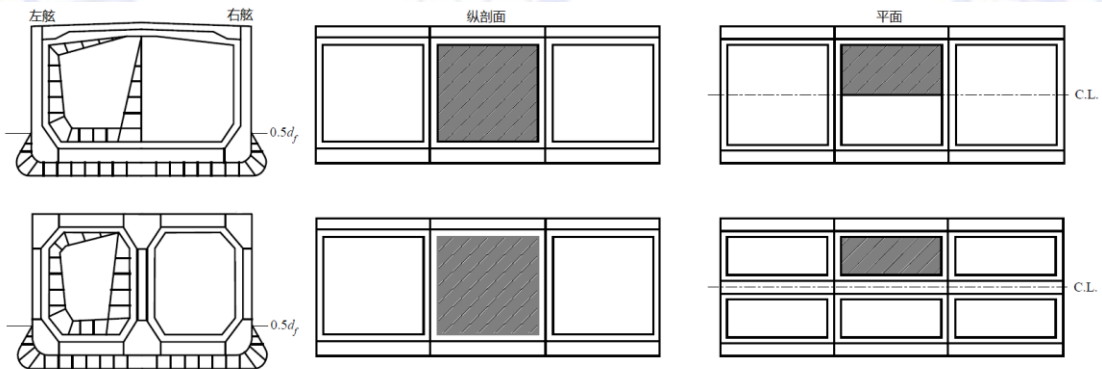
2.4.5.2 特别分析工况对应的装载模式见图2.4.5.2。

独立型液货舱的特别分析工况

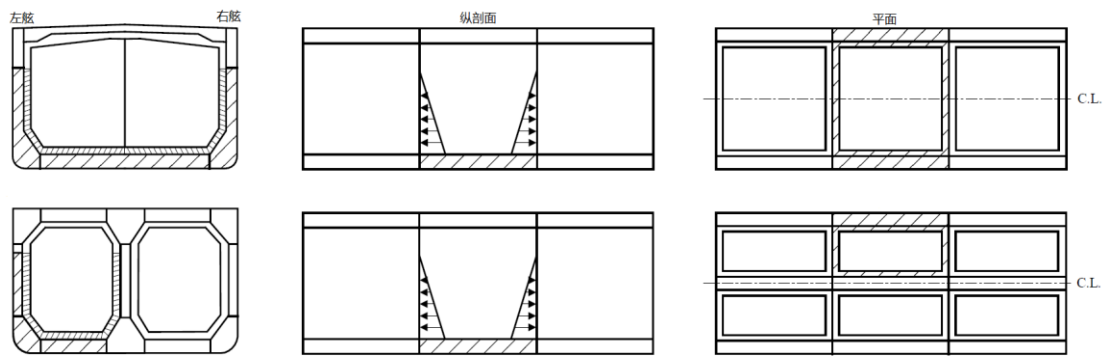
表2.4.5.1

静态工况	SLC1	SLC2	SLC3	SLC4	SLC5
工况描述	单侧装载	进水工况（横舱壁）	进水工况（止浮装置）	碰撞	静横倾
吃水	$0.5 T_{sc}$	T_{flood}	T_{sc}	-	T_{sc}
纵向惯性载荷	-	-	-	-0.25g	-
垂向惯性载荷	1.0g	-	1.0g	1.0g	$g \cos 30^\circ$
横向惯性载荷	-	-	-	-	$g \sin 30^\circ$

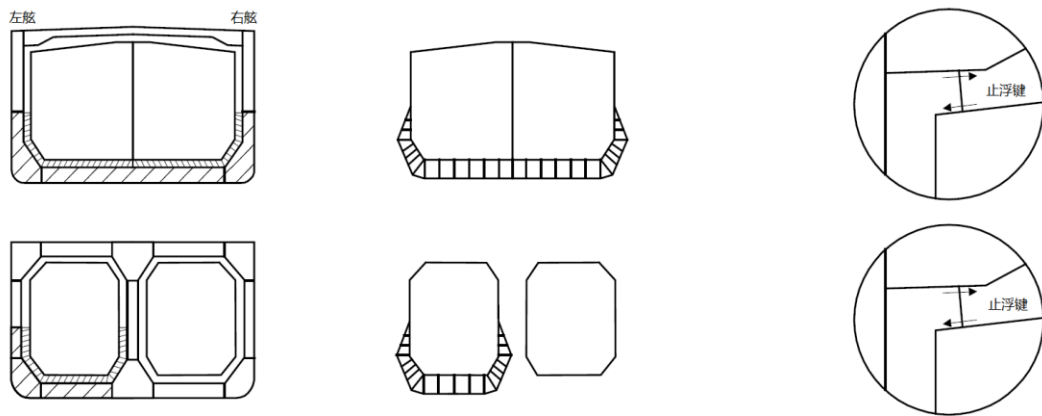
表注： T_{flood} 为破损进水情况下的最深吃水。



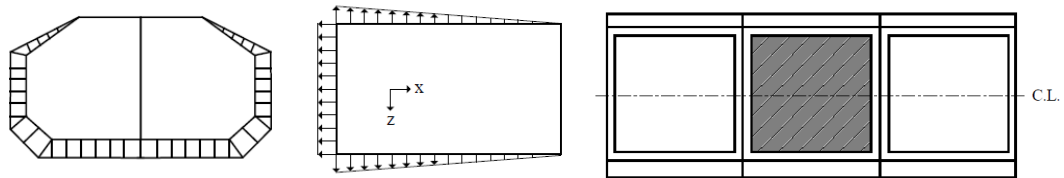
SLC 1



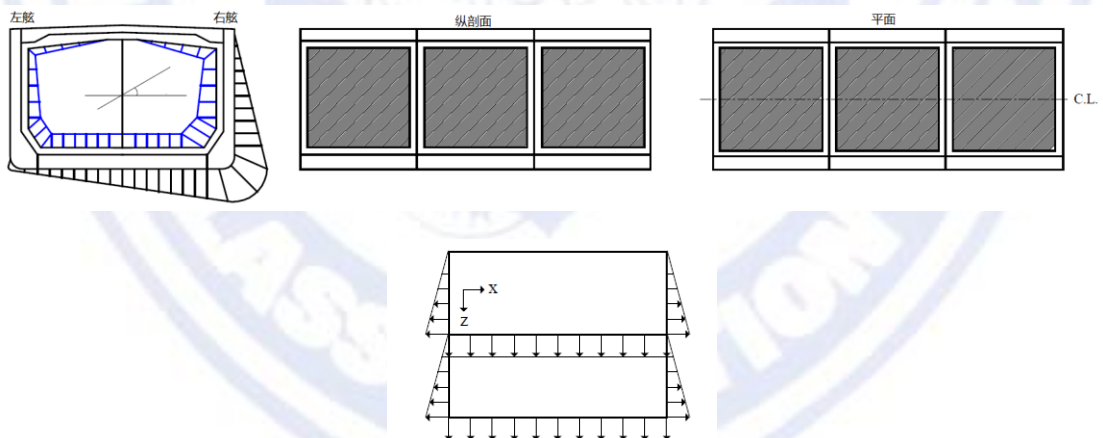
SLC 2



SLC 3



SLC 4



SLC 5

注：  装载LNG  装载压载水

图2.4.5.2 装载模式（特别分析工况）

第5节 强度评估

2.5.1 工况及载荷

2.5.1.1 应使用本章第4节给出的载荷及工况进行强度评估。

2.5.2 有限元模型

2.5.2.1 有限元模型对独立舱限位装置和支撑结构的处理还应符合CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第2篇第A4章附录1第4节，附录2第4节，以及CCS《薄膜型液化天然气运输船检验指南》第4章第4节的相关要求。

第6节 疲劳

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 至少应对以下部位进行疲劳强度评估：

- (1) CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇第10章第2节规定的疲劳校核部位；
- (2) 液货舱气室上的人孔、管路开口以及甲板在气室处的开口角隅；
- (3) 液货舱支撑、限位结构以及安装在液货舱和船体上的支座；
- (4) 液货舱结构横向构件、止荡舱壁以及水平构件的肘板端部；
- (5) 局部计算应力超过所用钢材最小屈服强度的位置。

2.6.2 装载模式

2.6.2.1 疲劳损伤计算应考虑足够数量的装载模式，校核时应至少考虑图2.6.2.1所示的4个装载模式。

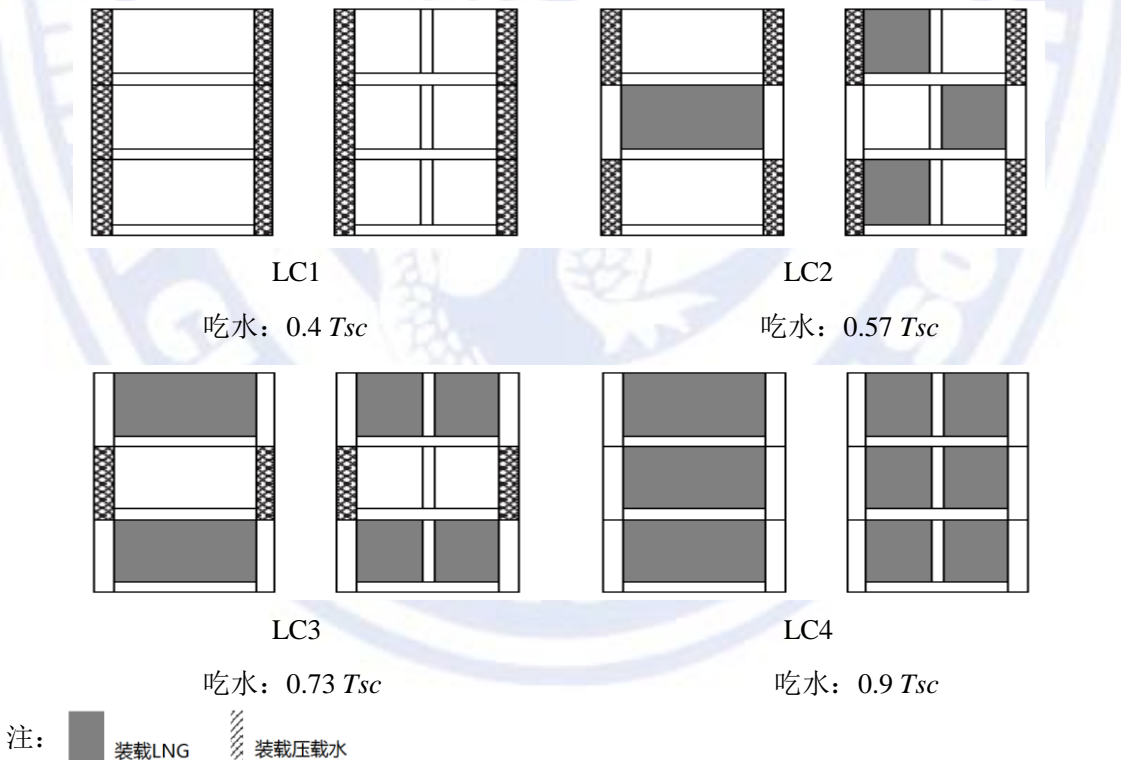


图2.6.2.1 用于疲劳强度评估的装载模式

2.6.2.2 对于LC1, 如作业环境下的实际最小压载吃水大于 $0.4T_{sc}$, 则应使用实际吃水, 但不大于 $0.6T_{sc}$ 。

2.6.2.3 对于LC4, 如作业环境下的实际满载吃水大于 $0.9T_{sc}$, 则应使用实际吃水。

2.6.2.4 LC2和LC3使用的吃水为LC1和LC4对应吃水的均分值。

第7节 LNG 运输船改装为浮式装置

2.7.1 船体结构的验收衡准

2.7.1.1 再气化装置设置区域的船体结构应进行必要加强, 并按本节及CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇第3章的相关要求进行评估。

2.7.1.2 对于改装浮式装置, 现有船体、上层建筑、甲板室的设计构造按以下衡准验收:

- (1) 满足船舶原始建造时CCS《钢质海船入级规范》的适用标准, 或者
- (2) 满足CCS《海上浮式装置入级规范》第2篇第3章3.1.4节。

2.7.1.3 对于验收衡准2.7.1.2(1), 基于拟作业环境确定的环境烈度因子应不大于1.0。

第3章 LNG 传输系统

第1节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 本章适用于浮式装置的LNG传输系统。

3.1.1.2 所有的管系、阀件及附件应适用于货物操作和作业环境条件的要求。

3.1.1.3 浮式装置应具有足够的管理能力在LNG传输作业期间产生的蒸发气体。该蒸发气体主要通过传输管系、LNG装卸臂、冷舱热量，LNG泵等进入的热量产生。

第2节 LNG 传输系统

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 LNG传输系统通常系指浮式装置上接受LNG运输船或其他海上设施向浮式装置输送LNG的传输管路、LNG蒸气回路以及其他相关系统，或浮式装置的LNG液货舱至LNG通岸接头（外输）的管系及其他相关系统，主要为浮式装置上的管系、LNG泵、气体压缩机以及软管卸货系统等。其中软管卸料系统包括：

- (1) 货物软管；
- (2) 拉断阀；
- (3) 绝缘法兰。

适用时，本节也适用于安装在浮式装置上的LNG装卸臂。

3.2.1.2 LNG传输系统应设计成在正常传输作业时避免气体或液体释放到空气中。

3.2.1.3 传输系统的LNG管路应进行应力分析，考虑到管路及其结霜重量所引起的所有应力，包括加速载荷、内压、热收缩和管道系统的每个分支因浮式装置中拱和中垂导致的载荷。

3.2.2 管路系统

3.2.2.1 管路的法兰接头应尽可能地减少至管系安装和维护所需的最小数量。

3.2.2.2 LNG传输系统管路（特别是传输连接总管）应进行足够加强和可靠支撑，以承受作业过程中可能产生的载荷和振动。

3.2.2.3 应设有LNG传输操作结束后将LNG从传输管路中排出的措施。LNG应被排放至液货舱或其他适当的位置。

3.2.2.4 应设有对LNG传输管路进行除气和惰性气体（如氮气）吹扫的装置，以保证不进行LNG传输作业时，管路内不含可燃气体。

3.2.2.5 在管路充满液体情况下，对可能被隔断的所有管路或部件均应装设释放阀以应对热膨胀和蒸发。

3.2.2.6 LNG传输总管上应设置滤器。此类滤器可以是固定或临时的，过滤标准应与碎片等进入系统的风险相适应。应设有设施能够显示过滤器是否被堵住，另还应设有能将滤器隔断、减压和安全地清洁的措施。

3.2.2.7 LNG液货舱和传输系统之间的管路应串联安装1个用于隔离的手动操作阀和1个遥控阀，或一个手动操作和遥控操作的组合阀。该阀门应尽可能位于靠近液货舱的位置。

3.2.2.8 每一传输管路靠近岸边连接总管处应串联安装1个用于隔离的手动操作阀和1个遥控阀，或一个手动操作和遥控操作的组合阀。

3.2.2.9 应设置与LNG运输船液货舱气相空间连通的LNG蒸发气回路。

3.2.2.10 对于存在泄漏风险的位置（如低温管路接头、LNG传输管路总管处等），应配置能容纳所有可能泄漏量的固定式或移动式集液盘，集液盘应采用耐低温材料制成，并采取有效措施防止低温对船体产生危害，且集液盘应设置溢流口，溢流的LNG应能通过一根向下并靠近水面的排放管排出舷外，或已采取有效防护措施对浮式装置/船舶/海上设施靠泊不产生影响。

3.2.2.11 为免受因LNG压力喷射导致的人员低温伤害和甲板上船体结构低温损伤，应在任何压力大于1.0MPa的LNG管路的法兰接头处设有防溅板和集液盘或类似装置。

3.2.2.12 应安装供水系统，提供低压水幕为集液盘排放管附近的船体钢材和舷侧结构提供额外保护，该系统应在LNG进行传输作业时工作。

3.2.3 应急关断（ESD）系统

3.2.3.1 应安装用于传输系统和设备的紧急关闭（ESD）系统，该系统应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第18章的有关要求。

3.2.3.2 ESD系统应由CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第18章规定的ESD功能安排中所列的手动和自动传输触发。任何额外的传输只能包含在ESD系统中，并不应降低系统的完整性和可靠性。

3.2.3.3 ESD系统应能将传输系统恢复到安全的静止状态，并采取安全措施。ESD系统的设计应考虑避免在管内产生超出安全范围内冲击压力。

3.2.3.4 在ESD系统触发时，应能关闭装载或卸载过程中的总管应急截止阀，以及与液态或气态状态下传输货物相关联的泵和压缩机。

3.2.3.5 ESD系统附加关闭位置的数量和位置应根据传输系统和设备的类型、数量和位置确定。

3.2.4 LNG 货物软管

3.2.4.1 本节适用于浮式装置对船或与岸之间的传输LNG和LNG蒸发气体的货物软管。

3.2.4.2 除本节明确要求外，软管应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第5章及CCS接受的有关标准⁴的要求。

3.2.4.3 软管应严格遵循制造商关于试验、存储、温度、压力操作循环周期的说明。

3.2.4.4 所有的材料应相互兼容，且与输送的流体（LNG和LNG蒸发气体）相容。

3.2.4.5 软管端部附件应与工作压力和工作温度相适应。

3.2.4.6 软管应由CCS进行型式认可。型式认可试验包括温度和压力循环试验、爆破压力试验、弯曲循环疲劳试验、破坏试验、冲击试验、拉伸试验、最小弯曲半径（MBR）的弯曲试验、最大许可施加扭矩（MAAT）试验、电气试验以及液压试验等。

3.2.4.7 温度和压力循环试验

软管组件应进行压力循环试验，该试验应在正常环境温度和从零到至少两倍于规定的最大工作压力下，进行200次压力循环试验。

3.2.4.8 爆破压力试验

在上述压力循环试验后，还应进行爆破试验以确认爆破压力在最高和最低极端运营温度下至少5倍于规定的最大工作压力。

⁴ 如 EN1474-2 Installation and equipment for liquefied natural gas -Design and testing of marine transfer systems Part 2: Design and testing of transfer hoses 等。

3.2.4.9 弯曲循环疲劳试验

软管组件应在环境温度和设计温度下进行弯曲循环疲劳试验,至少应400000次循环无失效。

疲劳弯曲半径应符合设计的建议。

3.2.4.10 破坏试验

软管组件应能承受在环境温度和设计温度下进行的破坏试验,而不会损坏。软管组件固定在两个刚性板(相当于软管直径的面积)之间,在每个柔性软管中间相同位置施加1000N的力10次。

3.2.4.11 冲击试验

软管组件应进行冲击试验,以确认软管在环境温度和设计温度下,能承受规定的负荷而不造成损坏。试验时规定的负荷为软管在传输作业时可能承受的最大冲击压力。

3.2.4.12 拉伸试验

软管组件应在环境温度和设计温度下进行拉伸试验,以确认软管可承受最大的工作载荷。

3.2.4.13 最小弯曲半径(MBR)的弯曲试验

软管组件应在环境温度和设计温度下进行完全试验,以确认软管能承受最小弯曲半径处的最大工作压力。

软管应逐步弯曲到MBR,然后压力增大至最大工作压力。在MBR保持15分钟时,对软管进行检查,并且在返回试验前的状态时,无损伤。

3.2.4.14 最大许可施加扭矩(MAAT) 试验

软管组件应在环境温度和设计温度下进行扭转试验,以确认软管可在MAAT期间保持其最大工作载荷。

软管组件应逐步扭转到MAAT,然后施加至最大工作压力。在MAAT保持15分钟时,检查软管是否泄漏,并且在返回试验前的状态时,无损伤。

3.2.4.15 液压试验

在进行上述所定义的型式认可试验后,软管组件应进行液压试验,以验证软管能承受试验而不产生泄漏,试验压力应小于1.5倍的公称压力。

3.2.4.16 工厂试验

每个带有端部附件的货物软管都应进行工厂试验(用于原型试验的软管不能用于浮式装置上),工厂试验主要有压力试验、泄漏试验以及焊接检查等。

(1) 压力试验

软管组件应在环境温度和设计温度下进行液压试验,压力不低于公称压力的1.5倍,但不得超过其爆破压力的五分之二,以确认软管组件可承受其压力而不会泄漏。

(2) 泄漏试验

软管组件应在环境温度下经受气压试验,压力不小于设计压力的1.1倍,以确认软管组件能够承受其压力而不会泄漏。

(3) 焊接检查

软管组件的焊缝应进行无损探伤(NDT)。适用时,带有连接系统的软管组件的所有对接焊缝应100%进行射线探伤。

3.2.5 拉断阀

3.2.5.1 拉断阀应具备在一定外力作用下或遥控驱动下实现脱离的功能,拉断阀切断后溢出的LNG应尽可能的少,且不对周围船体造成低温伤害。拉断阀通常可被分离成预定的两节,断开后的两节均具有自密封功能。

3.2.5.2 拉断阀可在以下情况下脱开:

(1) 在预定的最大许可的拉力；

(2) 紧急情况下的手工或自动控制。

3.2.5.3 拉断阀的材料应与工作压力和温度相适应，设计压力应不低于2.0MPa。

3.2.5.4 应提供拉断阀脱离时承受的最大冲击力计算书。致断螺栓式拉断阀应提供拉断力计算书，其至少应包括与拉断阀轴向成0°、45°和90°三个方向的拉力值。

3.2.5.5 拉断阀的设计应避免由于外部结霜导致无法脱离。

3.2.5.6 每一新型致断螺栓式拉断阀应进行原型试验，原型试验包括液压试验、轴向脱离试验、非轴向脱离试验、介质冲击试验和跌落试验。其试验应满足下列要求：

(1) 环境温度下液压试验：不小于1.5倍设计压力下无明显泄漏；

(2) 设计温度下液压试验：不小于1.5倍最大工作压力下无明显泄漏；

(3) 轴向脱离试验：拉力值从零开始，逐步增加轴向拉伸力直至拉断阀脱离，记录分离时的拉力值和泄漏量；

(4) 非轴向脱离试验：拉断阀受到45°和90°方向的拉力，拉力值从零开始，逐步增加该方向的拉伸力直至拉断阀脱离，记录分离时的拉力值和泄漏量；

(5) 介质冲击试验：拉断阀脱离后，进口端部应按照设计计算书规定的最大允许流量进行介质冲击试验；

(6) 跌落试验：拉断阀脱离后，两端分别从2.5m高处重复跌落4次试验，无明显泄漏。

3.2.5.7 经历轴向脱离、非轴向脱离、介质冲击及跌落等破坏性试验的致断螺栓式拉断阀不应投入实际使用。拉断阀投入使用前，应在环境温度进行液压试验，试验压力应不小于规定的最大工作压力的1.5倍。尚应在设计温度下进行低温性能试验，试验压力不小于0.5MPa。

3.2.5.8 每一新型拉断阀均应测量并记录其流量-压降特性。被动强制脱离的拉断阀应在证书中标注其拉力值范围。

3.2.5.9 除致断螺栓式拉断阀外，其它新颖设计拉断阀应能提供成功应用经验证明、操作说明、技术标准等文件，并提交CCS认可。

3.2.5.10 拉断阀应进行型式试验，型式试验时应：

(1) 确认自动分离时轴向和剪切力的值。检查分离后自动关闭截止阀的密性；

(2) 确认在结冰工况下的脱离性能；

(3) 确认触发时的自动脱离功能（如适用）。

3.2.5.11 工厂试验

拉断阀应在环境温度下进行液压测试，压力不小于设计压力的1.5倍，以证明拉断阀能承受其压力而不会泄漏。

3.2.5.12 LNG传输管路的设计和布置应能承受拉断阀脱离而产生的冲击压力。浮式装置通岸总管接头处应适当加强。

3.2.6 绝缘法兰

3.2.6.1 绝缘法兰的材料应满足LNG传输的需要，且应能承受传输过程中的设计载荷。

3.2.6.2 每个绝缘法兰应在空气中进行电阻测试，绝缘法兰的电阻值应不小于下列数值：

水压试验前：电压>1000V时，≥10000Ω；

水压试验后或作业状态：电压为20V时，≥1000Ω。

3.2.7 LNG 装卸臂

3.2.7.1 装卸臂的设计应考虑使用过程中可能遇到的所有因素和工况，包括浮式装置的运动、干舷变化、气象水文及LNG特性等因素，以使其满足预定用途。

3.2.7.2 除本节明确要求外，装卸臂应满足CCS接受或行业公认的标准⁵。

3.2.7.3 装卸臂驱动方式可采用气动或液压传动等方式。装卸臂控制系统设计应满足CCS或现行国家标准的有关规定⁶。

3.2.7.4 装卸臂的工作包络范围一般分为对接区、工作区、报警区以及紧急脱离区。工作包络范围通常指装卸臂接口法兰所能到达的空间体积范围，该范围由船舶干舷、船舶运动、气象水文及潮汐变化等因素决定。紧急脱离区则是工作包络范围的一部分，一般指紧急脱离装置在接到脱离信号至完全脱离时装卸臂接口所能达到的空间体积范围。

3.2.7.5 装卸臂应设有主动保护装置（如紧急脱离装置（ERS）），以防止破损。紧急脱离装置分离后，装卸臂外臂末端应向上移动使LNG运输船安全离开，并保证装卸臂应完全脱离开，不与LNG运输船发生勾连或干扰。

3.2.7.6 装卸臂的三维旋转接头应能在所有姿态下保持平衡从而使接口法兰保持在垂直面3°内，便于与LNG运输船的LNG管路法兰对接。

3.2.7.7 装卸臂应进行空载平衡设计，空载时，装卸臂在任意位置均应处于平衡状态。当装卸臂不使用时，应能安全固定。

3.2.7.8 装卸臂应安装绝缘法兰，以使浮式装置和LNG运输船之间电气绝缘。绝缘法兰的材料应满足本章3.2.6的要求，且能承受装卸臂的设计载荷。

3.2.7.9 装卸臂的端部连接器可采用法兰或快速连接器。

3.2.7.10 设计载荷

(1) 装卸臂的自重一般情况下应包括结霜层（密度按800kg/m³计），结霜层不累计；

寒冷季节：所有部件上6mm；

液化天然气：LNG输送部件上25mm；

若浮式装置布置在极其寒冷的地区，应根据当地气候条件计算结霜层。

(2) 装卸臂的设计风速一般应为：工作状态小于或等于20m/s，复位状态为55m/s。装卸臂应按最大受风面积进行风载荷计算，并应满足CCS《船舶与海上设施起重设备规范》中关于起重机的风载荷的要求。

(3) 装卸臂设计时应考虑浮式装置倾斜载荷和浮式装置运动带来的载荷，该载荷与CCS《船舶与海上设施起重设备规范》中关于起重机的船舶倾斜载荷和船舶运动载荷要求一致。

(4) 装卸臂的计算尚应考虑由于材料的温差引起的热载荷。

(5) 装卸臂在操作过程中可能产生的其他载荷。

(6) 装卸臂生产厂应提交装卸臂在工作范围内所有姿态下的载荷组合的应力分析报告。

(7) 装卸臂结构部件其基本设计许用应力应选用下述两者的较小值：

$$R_{eh}/1.5 \text{ 或 } R_m/2.35$$

其中， R_{eh} 系指材料的屈服强度； R_m 系指材料的抗拉强度； R_{eh} 和 R_m 应是CCS《材料与焊接规范》或其他公认的技术标准⁷对材料在设计温度下的规定值。

(8) 装卸臂的传动钢丝绳应符合CCS接受或公认的标准，钢丝绳与紧固件应具备至少5倍断裂强度的安全系数。

3.2.7.11 材料

(1) 装卸臂承受结构和机械负载部件的材料应满足CCS《材料与焊接规范》对于船用钢

⁵ 如 EN1474-2 Installation and equipment for liquefied natural gas -Design and testing of marine transfer systems Part 1: Design and testing of transfer arms、OCIMF:Design and Construction Specification For marine loading arms 等。

⁶ 如 GB/T 7932 《气动系统通用技术条件》；GB/T 3766 《液压系统通用技术条件》；GB/T7935 《液压元件通用技术条件》；ISO 4413 《液压传动--系统及其部件的一般规则和安全要求》等。

⁷ 如 ASME B31.3 或 ASME IID 等。

的含碳量要求。

(2) 所有LNG接触部件的材料应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第6章的要求，铝质材料不应作结构构件及LNG输送部件材料。

(3) 液压及润滑部件如管线、紧固件、活塞杆、连接件、箱柜等应采用不锈钢作为构造材料。

(4) 用于提供铰接及电气绝缘的软管长度应是满足作业要求的最低限值，且不应与紧急脱离装置的机械构件接触。

(5) 装卸臂的电气设备与材料，应满足其使用环境要求，符合IEC60079-0或现行国家标准GB 3836.1《爆炸性环境-第1部分：设备-通用要求》。

3.2.7.12 焊接与探伤

(1) 装卸臂的焊接工艺应经验船师批准，且所有焊缝应经验船师检验合格。

(2) 装卸臂所有承压焊缝均应100%进行射线探伤。当无法进行射线探伤检查时，焊缝可采用其他无损探伤方法进行100%探伤检验，检验方法应提交CCS验船师批准。

3.2.7.13 紧急脱离装置

(1) 紧急脱离装置通常由两个连锁的截止阀及位于其间的紧急脱离接头组成，应尽可能减少装置在脱离过程中的泄漏量。

(2) 紧急脱离装置宜安装在三维旋转接头的垂直管段。

(3) 紧急脱离装置应能承受在装卸臂的设计压力、设计温度下的在紧急脱离装置处的最大外载荷。

(4) 紧急脱离装置应能在装置表面覆盖25mm结霜层的条件下能准确、安全地关闭紧急脱离装置阀门、打开并释放紧急脱离接头后将装卸臂与LNG运输船分离。

(5) 紧急脱离装置在接到脱离信号后，应快速启动。脱离所需时间应在5s~30s之间。

(6) 装卸臂应有机械或液压连锁，以防止紧急脱离接头在紧急脱离装置的截止阀完全关闭以前脱开。

(7) 紧急脱离装置在其两倍的最大的外载荷下不应产生泄漏、变形及失效。

(8) 紧急脱离装置的阀门与液压管应符合公认技术标准⁸的防火要求。

(9) 紧急脱离装置释放机构应结合蓄能器特性确保切实的脱离及突破可能的冰堵。

(10) 在寒冷条件下，紧急脱离装置应能被从浮式装置上拆下或装上。

(11) 装卸臂紧急脱离装置脱离后的泄漏状态和结果须经验船师认可。

(12) 紧急脱离装置应在装卸臂紧急脱离区具备自动启动脱离功能；手动启动应有误操作防护功能。

3.2.7.14 旋转接头

(1) 旋转接头应能满足设计温度和设计压力下的荷载试验，旋转接头应转动灵活，不应产生永久变形且在0.6MPa时每厘米密封直径上泄漏量不得超过10.0cm³/min。

(2) 旋转接头的密封件应适宜在设计温度和设计压力下输送LNG。密封件应能防止潮气及杂质进入。

(3) 旋转接头应能承受0.05MPa压力下的短暂真空状态且随后仍能保持良好密封。

(4) 旋转接头应有合适的润滑系统，以保证LNG传输作业时良好的旋转性能。

3.2.7.15 排空装置

(1) 装卸臂应在三维旋转接头和立柱最低点设有排空装置。

(2) 设置排空装置接口时，应考虑排空装置在装卸臂断开前能完全排空装卸臂中残留货物。排空装置接口大小可根据装卸臂口径制定。

(3) 排空装置不得采用螺纹连接。

⁸ 如 SY/T 6960《阀门试验 耐火试验要求》或 ISO 10497《阀门试验 耐火试验要求》等。

3.2.7.16 报警和监控系统

(1) 装卸臂应设置装卸臂摆动及回转的两级报警系统，以监测LNG运输船的过大位移。

(2) 一级报警应能关闭传输操作，并应能自动关闭浮式装置的LNG传输泵、LNG液货舱的增压设备及回气管路。

(3) 二级报警应能自动关闭紧急脱离装置的截止阀及启动紧急脱离装置。

(4) 装卸臂设有在一级和二级报警以外的附加预警系统时，附加预警系统不应自动启动其它系统功能。

(5) 报警系统（除触动自动关闭系统的警报外）应能触动设置在控制站的声光信号。

(6) 装卸臂的液压、电气和其他功能的失效不应导致紧急脱离装置的误激活。

3.2.7.17 试验

(1) 装卸臂在生产厂组装完成后以及上船安装完成后，均应进行相关试验，包括压力试验、密性试验、低温旋转接头试验、快速连接接头试验、低温紧急脱离装置试验、以及整机性能试验。

(2) 压力试验

装卸臂预组装完成后进行压力试验，试验介质宜为易挥发介质，如甲醇；可用水，但需要进行吹净处理。

试验压力不低于1.5倍设计压力。

试验时缓慢升压，达到试验压力后，保压10min，再将试验压力降至设计压力，保压30min，以压力不下降、无渗漏为合格。

当装卸臂可能遇到负压工况时，压力试验合格后应进行抽真空密性试验，试验负压0.08MPa。

(3) 密性试验

压力试验合格后方可进行密性试验。试验介质可为空气，也可采用卤素、氦气、氮气或其他可用于密性试验的气体。试验压力为0.6MPa。

达到试验压力后，保压10min，采用皂液、发泡剂、显色剂、气体分子感测仪或其他专用手段检查密封垫，以无泄漏为合格。

(4) 旋转接头密性试验

旋转接头试验应在最低设计温度条件下进行。试验载荷为装卸臂的设计压力的2倍，保压30min后，以旋转接头应无变形且泄漏量应满足3.2.7.14（1）的要求。

(5) 快速连接器密性试验

快速连接器试验应在最低设计温度条件下进行。试验载荷为装卸臂的设计压力的2倍，快速连接器应无泄漏和变形。

(6) 紧急脱离装置试验

① 紧急脱离装置在组装前，应单独对阀体进行强度试验，试验压力为设计压力的1.5倍，且应保压30min，无渗漏。

② 紧急脱离装置在组装后，单独进行强度试验，试验压力为设计压力的1.5倍，且应保压30min，无渗漏。

③ 强度试验合格后，连接电气和液压系统进行阀门关闭和包箍打开试验，连续试验5次，上下阀门应能可靠关闭，包箍应能顺利打开，且应无异常声响和卡阻现象。

强度试验合格的紧急脱离装置应按设计压力进行密性试验，且应保压10min。采用皂液、发泡剂、显色剂、气体分子感测仪或其他专用手段检查密封垫，以无泄漏为合格。

④ 强度和密性试验合格后，应进行低温试验，试验温度为最低设计温度，并用喷水方法使其紧急脱离装置表面形成25mm厚的冰层，内压不低于设计压力时，紧急脱离装置前后阀门应能可靠关闭，包箍应能顺利打开，且应无异常声响和卡阻现象。

(7) 装卸臂整机性能试验

装卸臂整机组装完成和浮式装置上安装完成后均应进行性能试验。主要包括：

- ① 内、外臂平衡试验。
- ② 工作包络范围检查。
- ③ 控制系统和越限报警试验。
- ④ 紧急脱离试验：装卸臂应做空载脱离试验，连续5次；整机低温试验和低温状态下脱离试验1次；备用电源打开紧急脱离装置试验。
- ⑤ 旋转接头的氮气吹扫系统的功能试验。

3.2.8 LNG 传输系统试验

3.2.8.1 LNG传输系统应在环境温度下进行液压测试，压力不小于工作压力的1.5倍，以证明其能承受该压力而不会泄漏。

3.2.8.2 LNG传输系统应进行功能试验，以验证其各项功能的完整性。

3.2.9 LNG 传输速率

3.2.9.1 最大LNG传输速率应具备合理性，考虑以下因素：

- (1) 货物传输期间产生的BOG的管理；
- (2) LNG货物温度；
- (3) LNG运输船/浮式装置的特点；
- (4) 软管/装卸臂最大许可流量。

3.2.9.2 管系内LNG传输速率不应超过10m/s，以避免产生静电，并限制由于管道内摩擦所导致的热传导。

3.2.10 水幕系统

3.2.10.1 应在浮式装置对外传输LNG的液相管路接头的舷侧设置水幕系统进行保护，水幕系统的设置范围应有效防止船体结构遭受低温损伤的危险。

3.2.10.2 水幕喷头的安装不应影响浮式装置的系缆和气化作业。

3.2.10.3 水幕系统的控制装置应布置在远离连接设备的适当地点。

第4章 再气化系统

第1节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 除本章规定者外,再气化系统应满足CCS《海上油气处理系统规范》第7章和《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇的有关要求。

4.1.1.2 再气化系统的设计、布置和设备配备应尽可能降低火灾和爆炸的风险。

4.1.1.3 再气化系统应设计为任何单一故障不会导致不安全的状况发生。

4.1.1.4 再气化系统高压泵和LNG集管区域的LNG管路上的管夹和支架应使用耐低温材料,并对相邻船体结构进行绝热保护。

4.1.1.5 再气化系统应按照本规范附录1的要求进行风险评估,并提交CCS备查。

第2节 蒸发器

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 LNG高压泵出口端闭式管路强度应设计为可承受LNG高压泵可能出现的最大压力,否则应设置压力释放阀。

4.2.1.2 蒸发器应避免结冰和腐蚀的影响。

4.2.1.3 蒸发器内所有管路的材料应考虑管路中介质的物理和化学特性的影响。

4.2.1.4 如果任意一段管的失效将导致天然气向海水或其他加热中间介质一侧泄漏,则:

(1)海水或其他加热中间介质一侧强度设计为可承受天然气一侧可能出现的最大系统压力;或;

(2)海水或其他加热中间介质一侧应在明显可见的位置设置压力释放阀,压力释放阀的气体排放装置应能承受高压气体的排放,压力释放阀的数量和位置应足以释放由于单一管段失效而产生的气体流量。

4.2.1.5 蒸发器的加热介质所在回路应设置膨胀罐/柜或具有同等效用的设施。若设置膨胀罐/柜,则膨胀罐/柜应满足下列条件:

(1)膨胀罐/柜应设有液位计、温度计和透气管;

(2)膨胀罐/柜应设有高、低液位报警;

(3)膨胀罐/柜应有探测可燃气体的措施;

(4)加热回路膨胀柜的透气口应引至露天区域。

4.2.1.6 如果蒸发器/加热器中使用丙烷或其他烃类气体作为加热中间介质,其储存罐应布置在货物区域,其冷凝液不得返回机舱。对于非烃类气体加热中间介质,其冷凝液通过位于气体危险处所的脱气罐脱气后,方可返回机舱。脱气罐气体出口应布置在安全区域,并设有防火网。脱气罐应设置2个相互靠近的独立气体探测器,除非探测器为自检式,则可允许仅安装1个气体探测器。

4.2.1.7 如果浮式装置运营地区存在LNG气化所需的天然热源不足的情况,如海水温度较低,则应考虑使用能将产气输出维持在设计要求的替代措施。

4.2.1.8 蒸发器的调试和试验应由制造商在设备安装前进行。

4.2.1.9 海水泵进口处应设有过滤装置,并能够在再气化系统保持正常运行的同时对过

滤装置进行拆卸和清洗。

第3节 气体探测

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 除按照CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求配备的可燃气体探测系统外，尚应在下述位置安装固定式气体探测设备：

- (1) 含有气体管道、气体设备、用气设备或再气化装置的围蔽处所；
- (2) 其他可能产生气体聚积的围蔽/半围蔽处所内；
- (3) 空气闸；
- (4) 加热中间介质膨胀罐/柜内；
- (5) 冷凝液脱气罐内；
- (6) 气相管路和液相管路船岸接头处。

4.3.1.2 如使用丙烷等可燃物质作为再气化系统加热中间介质，则应设置相应的可燃气体探测设备。

4.3.1.3 可燃气体探测设备的安装数量和位置应根据气体探测区域的尺寸、布置、通风条件以及风险评估的结果来确定，并考虑制造商的建议来确定。

4.3.1.4 再气化系统的可燃气体探测系统可为独立系统，也可与《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求的可燃气体探测系统组合。

第4节 应急关断（ESD）系统

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 应安装用于再气化系统和设备的应急关断（ESD）系统，该系统应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第18章第10节的有关要求。

4.4.1.2 对于改建为浮式装置的现有LNG运输船，任何附加ESD系统应与原有ESD系统联合协调动作，必要时应进行协调分析或因果逻辑分析。

4.4.1.3 浮式装置应设置多方通讯线路或等效设施，用于与LNG运输船/岸方进行自动和手动ESD通信。

4.4.1.4 ESD系统应能将再气化系统恢复到安全的静止状态，并采取安全措施。ESD系统设计应考虑避免在管内产生冲击压力。

4.4.1.5 附加ESD系统的数量和位置应根据再气化系统及设备的类型、数量和位置来确定。

4.4.1.6 ESD系统应具有数据记录功能，应能自动记录再气化系统和设备一定数量的最新运行数据，对运行过程中的报警及故障等异常状态进行存储，异常状态的存储记录只能被手动清除。

第5节 进程关闭系统

4.5.1 一般要求

4.5.1.1 进程关闭系统激活时关闭的设备应包括：LNG低压泵、LNG高压泵和天然气外

输路上的关断阀。如果再气化系统由多个独立的再气化子系统组成，则进程关闭系统可设计为使特定再气化子系统关闭，也可设计为使所有再气化子系统关闭。进程关闭系统功能布置矩阵应按照CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第18章表18.1的有关要求进行设计和布置。

4.5.1.2 进程关闭系统应能在再气化系统控制室进行手动操作。附加的手动操作位置应由再气化系统和设备的类型、数量、位置和布置确定。进程关闭系统操作位置应清晰可见。

4.5.1.3 液相管路中的进程关闭系统关断阀应能在任何使用条件下，在启动后30秒内平稳完全关闭。浮式装置上应备有关于进程关闭系统关断阀的关闭时间及其操作特性的资料，并且关闭时间应能予以验证且可重复试验。

4.5.1.4 上述进程关闭系统关断阀30秒关闭时间系指阀从手动或自动启动到阀最终完全关闭所需的时间。该关闭时间被称为总关闭时间，由信号响应时间和阀体关闭时间两部分组成。进程关闭系统关断阀的关闭时间应使阀关闭时受到的冲击压力被限制在一个可以承受的水平。阀应平稳完全紧闭。

第6节 主动泄压和排空系统

4.6.1 一般要求

4.6.1.1 高压液体和气体泵、压缩机、压力容器和管路应备有主动泄压和排空装置。

4.6.1.2 主动泄压和排空系统的设计和安装应充分考虑系统中背压的影响，以及排空系统中液体压力下降而产生的闪蒸现象。

4.6.1.3 主动泄压和排空系统应设有手动启动和自动启动两种模式。

4.6.1.4 主动泄压和排空系统应能在再气化系统控制室和外输总管处进行手动启动控制。附加的手动启动位置应由再气化系统和设备的类型、数量、位置和布置确定。

4.6.1.5 主动泄压和排空系统的自动启动应视为ESD系统的一部分。

第7节 压力释放和透气系统

4.7.1 一般要求

4.7.1.1 每列再气化装置应设有专用的高压安全释放阀和透气装置。这些透气装置应独立于液货舱使用的透气装置。高压安全释放阀和气液分离罐/排放罐应位于甲板以上货物区域内。

4.7.1.2 每列再气化装置上的高压安全释放阀和透气装置应适用于气液两相管道。安全释放阀支撑装置应能承受压力释放时的最大载荷。

4.7.1.3 设有多个再气化子系统时，压力释放阀和透气装置的设计应考虑可能出现的最大联合释放量。

4.7.1.4 再气化系统上的气相安全释放阀应与专用的高压透气桅相连接。高压透气桅的尺寸应与再气化系统最大气化能力相适应，并确保气体安全扩散。

4.7.1.5 再气化系统上的液相安全释放阀应与气液分离罐/排放罐（若适用）相连接。气液分离罐/排放罐的容量应足够大，以满足再气化系统设计中预期的最大LNG流入量。气液分离罐上应设有高液位时发出警报并自动关停所有LNG高压泵的装置。气液分离罐中的LNG应能安全排空，或允许蒸发气返回浮式装置上的气相总管。

第8节 防火与灭火

4.8.1 一般要求

4.8.1.1 再气化系统应设有水雾系统、化学干粉灭火系统和火焰探测系统。这些系统应满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第11章的有关要求。

4.8.1.2 浮式装置上应设有必要的火灾和热辐射防护措施，供船员在紧急情况下安全撤离。

4.8.1.3 对于浮式装置防火布置，应避免再气化系统可能产生的喷射火与邻近液货舱接触。应向CCS提交防火布置图，并按照本规范4.1.1.5的要求进行风险评估。

4.8.1.4 再气化系统应被至少两个不同的水柱所覆盖，且消防栓处的压力应不低于0.5MPa。

4.8.2 水雾系统

4.8.2.1 浮式装置上应安装用于冷却、防火以及船员防护的水雾系统，该水雾系统的覆盖范围除满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的相关要求外，尚应覆盖甲板上布置有再气化系统的区域，如设有蒸发器、连接设备、液相管路、高压气相管路、天然气容器及相关阀件的区域。上述水雾系统的覆盖范围也可通过附录1风险评估的方式确定是否可对相关覆盖范围进行免除或采取等效保护措施替代水雾系统的覆盖，且相关风险评估结果应得到CCS的认可。

4.8.2.2 对于4.8.2.1所述覆盖范围，若由于环境条件影响导致水雾系统无法形成可靠覆盖，可采用水喷淋系统予以替代。

4.8.2.3 浮式装置水雾系统应有一个独立的区段服务于布置有再气化系统的区域。

4.8.2.4 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，或者，如果系统已分成几个区段，则供水泵的布置和排量应能达到同时向再气化装置区域及CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》所规定的范围供水。

4.8.3 化学干粉灭火系统

4.8.3.1 浮式装置应安装满足CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》规定的固定式化学干粉灭火系统，并应覆盖再气化系统。

4.8.3.2 浮式装置在布置有再气化系统的区域附近应至少设置2具5 kg的手提式干粉灭火器。

第9节 管系

4.9.1 一般要求

4.9.1.1 应对再气化系统高压或低温（-110℃及以下）管路进行应力分析⁹。分析中应考虑管路系统上每个分支的加速度载荷、内部压力、热应力和由浮式装置中拱或中垂所引起的附加载荷。

4.9.1.2 LNG货物围护系统和再气化系统之间的管道应串联安装1个用于隔离的手动操作阀和1个遥控阀，或一个手动操作和遥控操作的组合阀。该阀门应尽可能位于靠近液货舱的位置。再气化装置位于浮式装置首部时，该阀门应尽可能位于首部液货舱限界面且在货物

⁹ 可参考 CCS《LNG 低温管路应力分析指南》。

区域之内。

4.9.1.3 每一气体出口管路（外输）靠近通岸总管接头处应串联安装1个用于隔离的手动操作阀和1个遥控阀，或一个手动操作和遥控操作的组合阀。

4.9.1.4 每一气体出口管路（外输）岸边连接总管应具有足够的加强和支撑结构以承受在外输作业期间的载荷。

4.9.1.5 所有货物操作所需的手动阀的布置应使操作人员易于操作。

4.9.1.6 与货物管系或外输管系直接连接的套管、变径接头、阀件和其他附件应使用CCS认可的材料。其设计强度和支撑形式应能与上述管系的设计条件相适应。

4.9.1.7 再气化系统管系应设有吹扫、惰化和除气的措施。

4.9.1.8 再气化系统管系与惰性气体系统之间应设置机械隔离装置。

4.9.1.9 再气化系统管路法兰连接的数量应尽可能减少。所有管路应进行合适的支撑。

4.9.1.10 再气化系统LNG管路定期拆卸之处和任何预期可能发生泄漏之处应设置集液盘或导流槽，用来收集可能泄漏的LNG并把LNG送至安全地点，集液盘和导流槽应由耐低温材料制成。

4.9.1.11 再气化系统任何设计压力大于1.0MPa的LNG管路法兰接头处应设有防溅板和集液盘或类似保护装置，以避免因LNG压力喷射导致的人员低温伤害和甲板上船体结构低温损伤。

4.9.1.12 再气化系统所有LNG管路应覆盖有效的隔热材料。

第10节 仪表与自动化系统

4.10.1 一般要求

4.10.1.1 再气化系统应设有监控、报警和安全系统。这些系统应满足CCS《海上浮式装置入级规范》第7篇的有关要求。

4.10.1.2 安全系统的传感器应独立于监控和报警用的传感器。

4.10.1.3 仪表和自动化系统应设有自动和/或远程控制装置，以保证系统在设计参数内正常运行。

4.10.2 控制站

4.10.2.1 再气化系统控制站应位于非危险区域。再气化系统应急操作程序应能在控制站得以执行。

4.10.3 通讯

4.10.3.1 再气化系统控制站与天然气接收终端之间应至少设有两种通讯手段。所有通讯手段均应使用专用的通讯设备。通讯设备应固定安装在操作控制台的固定位置。至少一种通讯手段应能在主电源失效时使用。

4.10.4 报警、停机和安保

4.10.4.1 再气化系统应设有合适的联锁装置，以防止其在可能危及系统或其设备和部件的情况下启动。

4.10.4.2 蒸发器所需的报警、停机和安保措施应由制造商确定，其最低要求见表4.10.4.2。

4.10.4.3 吸入罐所需的报警、停机和安保措施应有制造商确定，其最低要求见表4.10.4.3。

蒸发器的报警、停机和安保措施

表 4.10.4.2

项目	报警	备注
天然气出口温度	低低位	自动停机
海水（和加热中间介质）供应压力	低低位	自动停机
探测到天然气泄漏		ESD操作程序
<p>注：1.本表格包含的是蒸发器所需的报警和停机措施的最低要求，附加的报警和停机措施可按照本规范附录1-风险评估的方法予以确定。</p> <p>2.如果某一报警和停机措施不适用于该再气化系统，则应按照本规范附录1-风险评估的方法提供足够的证据予以支持。</p>		

吸入罐的报警、停机和安保措施

表 4.10.4.3

项目	报警	备注
吸入罐罐内压力	低位	自动停机
吸入罐液位	低低位	自动停机
吸入罐液位	高高位	自动停机
<p>注：1.本表格包含的是吸入罐所需的报警和停机措施的最低要求，附加的报警和停机措施可按照本规范附录1-风险评估的方法予以确定。</p> <p>2.如果某一报警和停机措施不适用于该吸入罐，则应按照本规范附录1-风险评估的方法提供足够的证据予以支持。</p>		

第5章 定位系泊系统

第1节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 浮式装置的定位型式主要为系泊定位型式，本章适用于实现浮式装置系泊定位功能的定位系泊系统，可包括单点定位系泊系统、码头系泊系统、辐射式定位系泊系统和推力器辅助定位系泊系统等。

第2节 环境条件

5.2.1 环境条件

5.2.1.1 最大设计条件

(1)最大设计条件用于规定系泊系统设计所定义的极限环境条件，其包含了特定的风、浪和流载荷的组合。

(2)可移动式系泊系统应采用重现期最少为5年的最大设计条件。如果系泊系统的设计寿命较低，选用较短的重现期更为合理，重现期应通过计入定位系泊系统失效后果的风险分析来决定，但重现期不得小于1年。

5.2.1.2 最大作业条件

(1)最大作业条件用于规定浮式装置正常作业时系泊系统的限定环境条件，超过该环境条件时，浮式装置正常作业应暂停。

(2)可移动式系泊系统最大作业条件的重现期由业主/设计者规定，但不得小于1年。

5.2.2 风、浪、流的来向角

5.2.2.1 在定位系泊系统的设计分析中，应考虑足够数量的风、浪、流来向角，以及风、浪、流实际可能的最严重的来向角组合。

5.2.2.2 对于码头系泊等固定方向系泊的定位系泊系统，假设风、浪、流作用在同一个方向上。

5.2.2.3 对于具有风标效应的单点系泊系统，应采用作业场地实际的风、浪、流来向角组合，如果此数据无法获得，则至少还应分析如下几种风、浪、流来向角组合情况：

- (1)风和流同向，且都与浪向夹角为30°；
- (2)风向与浪向夹角为30°，流向与浪向夹角为90°；
- (3)风向与浪向夹角为90°，流向与浪向夹角为30°；
- (4)风向与浪向夹角为30°，流向与浪向夹角为45°；
- (5)风向与浪向夹角为45°，流向与浪向夹角为30°。

第3节 系泊分析和设计衡准

5.3.1 系泊分析

5.3.1.1 浮式装置系泊系统可采用准静力分析法或者动力分析法，具体的推荐系泊分析方法及分析工况见表5.3.1.1。

推荐系泊分析方法及条件

表5.3.1.1

系泊类型		分析方法	分析工况
永久性系泊	强度设计	动力	完整/破损
	疲劳设计	动力	完整
可移动式系泊	强度设计	准静力或动力	完整/破损/瞬态
	疲劳设计	无要求	无要求

注：1.永久性系泊系统：指用于永久定位系泊作业的系泊系统，当有强风暴来临时，浮式装置不能撤离作业区。
2.可移动式系泊系统：指用于定位系泊作业时间较短的系泊系统，当有强风暴来临时，系泊系统可解脱，浮式装置可撤离作业区。

5.3.1.2 对于可移动式系泊系统来说，当浮式装置系泊到其他结构物附近时，应对可移动式系泊系统进行瞬态分析以校核浮式装置的偏移（不要求校核张力）。

5.3.1.3 当采用时域分析法时，计算持续时间应至少取3小时。为了防止在计算开始阶段过度的数值波动，在计算开始前达到稳定过程时间应不少于计算持续时间的10%。

5.3.1.4 在进行系泊分析时，应考虑浮式装置装载手册中核定的装载情况，以及实际运营可能出现的装载情况。

5.3.1.5 浮式装置一个或多个液货舱处于非满载且非空载状况，且波浪浪向为横浪时，系泊分析应考虑舱内液体运动对浮式装置和系泊系统的影响。

5.3.1.6 浮式装置在浅水水域作业时，系泊分析应考虑浅水效应的影响。当浅水水域潮位变化较大时，应考虑潮差对浮式装置和系泊系统的影响。

5.3.2 定位系泊系统设计衡准

5.3.2.1 对于采用码头系泊型式的浮式装置，允许运动量应满足表5.3.2.1的规定值。

码头系泊浮式装置作业时允许运动量

表5.3.2.1

允许运动量					
纵移 (m)	横移 (m)	升沉 (m)	横摇 (°)	纵摇 (°)	艏摇 (°)
2.0	2.0	-	2.0	2.0	2.0

5.3.2.2 当系泊分析采用准静力分析法或动力分析法时，锚链或钢丝绳、合成纤维缆的张力安全系数应不小于表5.3.2.2的规定值。其他材料系泊缆的安全系数应经CCS专门批准。

5.3.2.3 在进行一根系泊缆破损自存工况系泊分析时，当浮式装置系泊位置附近存在其它浮式设施时，浮式装置背离其它浮式设施一面的任一系泊缆的安全系数应取表5.3.2.2中规定值的1.5倍。

系泊缆张力安全系数表

表5.3.2.2

	安全因子	
	锚链或钢丝绳	合成纤维缆
完整自存工况		
准静力分析	2.00	3.00
动力分析	1.67	2.50
一根系泊缆破损自存工况（新平衡位置）		
准静力分析	1.43	2.15
动力分析	1.25	1.88
一根系泊缆破损自存工况（瞬态）		
准静力分析	1.18	1.77
动力分析	1.05	1.58

第4节 系泊设备

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 浮式装置码头系泊时，应确保浮式装置与码头安全系固，防止浮式装置在系泊位置发生过度位移。

5.4.2 系泊缆

5.4.2.1 浮式装置码头系泊时，系泊缆既可采用低弹性模量材料，以便有效地限制浮式装置的运动，也可使用高模量合成纤维材料。

5.4.3 系缆桩/系缆柱

5.4.3.1 系缆桩的安全工作负荷，任何时候不应小于系泊缆的最小破断负荷（MBL）。一般地，系缆桩的安全工作负荷为系泊缆最小破断负荷（MBL）的2倍。

5.4.3.2 系缆桩应根据浮式装置尺度要求的系泊总能力配备，系缆桩应于浮式装置两侧均匀分布。

5.4.3.3 所有系缆桩/系缆柱，应焊接在浮式装置每舷的甲板上指定位置。

5.4.3.4 浮式装置上设置船舶系泊用的系缆柱，包括用于应急拖离缆的系缆桩，应为双柱型系缆桩。双柱型系缆桩的直径一般不应小于系泊缆直径的10倍，至少应大于300mm。

5.4.3.5 每个双柱型系缆桩和十字型系缆桩附近，应设置攀缆器。攀缆器应带有甲板环或耳环，甲板环或耳环的安全工作负荷（SWL）应与系泊缆工作负荷相适应。

5.4.4 导缆器

5.4.4.1 浮式装置上的所有导缆器应采用闭式导缆器，每个闭式导缆器只允许通过1根系泊缆。

5.4.4.2 导缆器工作负荷应不能小于通过缆绳的最小破断负荷（MBL）。

5.4.5 绞缆机

5.4.5.1 绞缆机安全工作负荷（SWL）应大于系泊缆最小破断负荷（MBL）。

5.4.5.2 系泊绞缆机应带有刹车装置，刹车装置一般有液压刹车和手动刹车装置。系泊绞缆机刹车能力，一般为系泊缆最小破断负荷（MBL）的80%。

5.4.5.3 绞缆机应布置成使绞车卷筒与最近导缆器之间的距离最小，确保其移动角不超过 1.5° 。

5.4.5.4 绞缆机底座应与甲板焊接连接。

5.4.5.5 应提供以下措施以控制悬链式系泊系统：

(1)任意绞缆机都应能从具有良好操作视角的位置操控。

(2)在绞缆机操控位置应提供检测系泊缆张力和绞缆机电力负荷的措施，同时应显示已部署系泊缆的数量。

(3)在系泊作业的必要地点（如操作位置、驾驶室、控制室等）之间需提供有效的通讯工具。

5.4.6 掣链/缆器

5.4.6.1 根据锚机/绞缆机的配置，可要求设置掣链/缆器。

5.4.6.2 用于系泊系统的掣链/缆器及其支撑结构应有足够的强度，以承受当系泊缆达到破断强度时施加其上的载荷。

第6章 电气设备

第1节 一般规定

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 电气装置应能：

(1) 确保为浮式装置正常作业和满足正常生活条件所必需的电气设备供电，而不求助于应急电源；

(2) 确保在主电源供电失效的情况下，向安全所必需的电气设备供电；

(3) 确保人员和浮式装置的安全，免受电气事故的危害。

第2节 主电源

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 浮式装置应提供足够容量的主电源。主电源应至少包括2台发电机组。

6.2.1.2 6.2.1.1中的发电机组的容量应满足：在任意一台发电机组停止工作的情况下，应能保证6.1.1.1所述各项设备发挥效用。

6.2.1.3 不具备自航能力且长期靠泊码头作业的浮式装置可根据需要设置主电源。当主电源是发电机时，不必符合以上6.2.1.1和6.2.1.2的规定。

6.2.1.4 如浮式装置上的设备需由岸电或其他外来电源供电，则应满足CCS关于岸电或外来电源的有关要求。

第3节 应急电源

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 浮式装置应设置独立的应急电源。

6.3.2 应急电源的供电范围和时间

6.3.2.1 应急电源应有足够的容量，以确保在应急情况下向必要的设备供电，并应考虑到这些设备可能要同时工作。应急电源在计及某些负载的起动电流和瞬变性质后，应至少能对下列设备（如依靠电力工作时）按以下规定的时间供电：

(1) 对液货舱和再气化系统及其相关管路的监控系统供电18h；

(2) 对ESD系统供电18h；

(3) 对其他使系统恢复到安全状态所必须的设备供电18h；

(4) 《海上浮式装置入级规范》第6篇第2章2.2.2中的其他要求。

第4节 供电与配电

6.4.1 配电系统

6.4.1.1 可采用下列配电系统：

- (1) 直流双线绝缘系统；
- (2) 交流单相双线绝缘系统；
- (3) 交流三相三线绝缘系统；
- (4) 不通过浮式装置钢结构做回路中点接地（包括直接、高阻及低阻接地）的三相四线系统。

经 CCS 同意后，可采用上述以外的配电系统。

6.4.1.2 在配电系统中，不应采用以船体作回路的配电系统，以下情况除外：

- (1) 外加电流型阴极保护系统；
- (2) 绝缘监测设备，在最不利的情况下循环电流不超过30mA；
- (3) 用于抑制高频辐射干扰的元件；
- (4) 有限和局部的接地系统，例如内燃机的启动和点火系统，且由此产生的任何电流并不直接流过任何危险区。

6.4.1.3 在配电系统中，不应采用接地的配电系统，以下情况除外：

- (1) 接地的本质安全型电路，并使CCS满意；
- (2) 非危险区域的供电、控制和仪表电路，如因技术上或安全上原因不能使用不接地的系统，且在正常和故障情况下可能产生的钢结构电流不超过5A；
- (3) 有限和局部的接地系统，例如厨房和洗衣间的经由隔离变压器次级绕组接地的配电系统，且由此产生的任何电流并不直接流过任何危险区；
- (4) 相间电压为1000V及以上的交流配电系统，由此可能产生的任何电流不直接流过任何危险处所。若配电系统需要向远离机器处所的设备供电，则应提供隔离变压器或其他合适的措施。

6.4.2 接地监测

6.4.2.1 用于电力、电热和照明的绝缘配电系统，不论是一次系统还是二次系统，应进行连续的绝缘监测。当绝缘水平低于正常水平时，应在驾驶室、集控室或控制站等有人的位置给出声光报警。

第5节 防爆

6.5.1 一般要求

6.5.1.1 危险区域的划分及电气设备的选择应满足CCS《海上浮式装置入级规范》中的有关要求。

6.5.1.2 电气设备的制造、测试、标识和安装应符合IEC60079 出版物或与其等效标准的要求。

6.5.1.3 危险区域的设备应由CCS认可的专业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。

6.5.1.4 电气设备的防爆类、级别和温度组别，应根据电气设备周围可能出现的任何气体（混合物）或蒸气（混合物）的气体分类、分级和引燃温度予以选取。适用于可能存在天

然气的危险区域的防爆设备的防爆类、级别和温度组别应不低于IIA, T2, 蓄电池室的防爆设备的防爆类、级别和温度组别应不低于IIC, T1。

6.5.1.5 应采取合适的措施, 防止可燃气体或蒸气从危险区域经由电缆或其导管到达其他位置。

6.5.1.6 用于满足作业需要使用的便携式对讲机应为合格防爆型设备。

第6节 通信

6.6.1 一般要求

6.6.1.1 除满足本章要求外, 通信系统还应满足《海上浮式装置入级规范》第7篇第7章的有关要求。

6.6.1.2 应尽可能在全部可能有人处提供合适的内部通信, 以便在发生紧急情况时能够传输和接收信息。内部通信系统应满足CCS《海上浮式装置入级规范》第7篇第7章第6节内部通信系统的相关要求。

附录1 风险评估

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 本节内容适用于LNG装卸、储存和再气化供应环节。

1.1.1.2 风险评估可采用定性、半定量或定量方法，所采用的方法应经CCS同意。

第2节 风险评估要素

1.2.1 风险评估目的

1.2.1.1 风险评估的目的是消除或减轻可能导致人员伤亡、环境污染和浮式装置损坏的风险，必要时应提出缓解措施。

1.2.2 风险评估方法

1.2.2.1 定性风险评估

(1) 定性方法包括有“如果-怎么样”（What-if）分析、危险源辨识（HAZID）、危险与可操作性分析（HAZOP）、故障类型和影响分析（FMEA）、故障树分析（FTA）和事件树分析（ETA）等。

(2) 定性风险评估引导词和词组见附表1。

(3) 定性风险评估风险矩阵见附表2。

1.2.2.2 定量风险评估

(1) 定量风险评估是对发生事故频率和后果进行定量分析，并与风险可容许标准进行比较的系统方法。

(2) 失效频率可使用以下数据来源：

- ① 附表3提供的失效数据库；
- ② 适用于LNG行业的失效数据库；
- ③ 企业历史统计数据；
- ④ 基于可靠性的失效概率模型；
- ⑤ 其他数据来源。

风险评估所采用的失效频率需经 CCS 认可。

(3) 定量风险评估应使用CCS认可的分析模型或软件（推荐采用CFD方法）计算后果的影响程度，通常至少应包括以下危害类型和危害程度计算：

- ① 蒸气云扩散浓度；
- ② 火灾热辐射强度；
- ③ 爆炸冲击波的压力。

1.2.3 风险评估步骤

1.2.3.1 风险评估应至少包括以下步骤

(1) 准备；

- (2) 资料数据收集;
- (3) 危险辨识;
- (4) 泄漏场景定义;
- (5) 失效频率分析;
- (6) 后果分析
- (7) 风险计算;
- (8) 风险评价;
- (9) 提出风险减缓措施。

1.2.4 风险评估报告

1.2.4.1 应编制一份书面报告以记录风险评估，并提交CCS审核。

1.2.4.2 报告的具体内容及其结构取决于设计和评估的细节以及报告的倾向性。报告中至少应包含：

- (1) 设计和布置的概述;
- (2) 风险评估过程的解释;
- (3) 风险评估团队相关资格和专业知识的的信息;
- (4) 完成评估所需的时间以及学科领域专家的出席并提供专家意见的情况;
- (5) 风险评估的结果;
- (6) 风险评估的结论和建议。

第3节 灾害接受衡准

1.3.1 蒸气云扩散

1.3.1.1 蒸气云扩散体积分浓度的接受准则应符合表1.3.1.1的规定。

蒸气云扩散浓度的接受准则

表1.3.1.1

蒸气云扩散	体积分浓度	备注
	2.5%	甲烷燃烧下限的50%

1.3.2 热辐射

1.3.2.1 人身伤害和火灾对建筑物和设备的损坏取决于火灾热辐射强度和暴露时间。

1.3.2.2 热辐射热通量和热剂量的接受准则应符合表1.3.2.2的规定。

热辐射的接受准则

表1.3.2.2

	热辐射强度最大值 (kW/m ²)	热辐射剂量最大值 [kW/m ²] ^{4/3} t	备注
火灾	5.0	500	不少于10%的皮肤暴露于火中30秒的情况下，则至少10人二等烧伤。
	5.0	300	不少于10%的皮肤暴露于火中30秒的情况下，建筑物中至少一人二等烧伤。
	32	不适用	持续燃烧期间，暴露于火中的钢结构强度损失（承载能力显著降低）。

1.3.2.3 船上的LNG火灾可能导致人员死亡以及设备和浮式装置结构（包括船体）的损

坏。

1.3.3 爆炸冲击波

1.3.3.1 爆炸对人员、结构和设备造成的损伤取决于产生的超压大小和超压传递的速率（也称为冲量）。

1.3.3.2 爆炸灾害的冲击波压力的接受准则应符合表1.3.3.2的规定。

爆炸冲击波压力的接受准则

表1.3.3.2

	损伤对应超压值 (Pa)		超压损坏类别
	下限	上限	
爆炸	250	4000	玻璃窗损坏
	5000	10000	门、覆盖层和人员损伤
	15000	20000	建筑物结构严重损坏
	25000	50000	人员严重伤亡

1.3.3.3 船上气化的LNG发生爆炸可能导致人员死亡以及设备和浮式装置结构（包括船体）的损坏。

第4节 风险准则

1.4.1 一般要求

1.4.1.1 在风险评估正式开始之前，风险接受准则应得到CCS的同意。

1.4.1.2 定量风险评估接受准则分为个人风险接受准则和社会风险接受准则，通常应进行个人风险评估，当风险涉及10人及以上时还应进行社会风险评估。

1.4.2 定义

1.4.2.1 个体风险系指个体在危险区域可能受到危险因素某种程度伤害的频发程度，通常表示为个体死亡的发生频率，单位为 /年。

1.4.2.2 社会风险系指群体（包括职工和公众）在危险区域承受某种程度伤害的频发程度，通常表示为大于等于N人死亡的事故累计频率（F），通常以累积频率和死亡人数之间关系的曲线图（F-N曲线）来表示。

1.4.3 个人风险接受准则

1.4.3.1 个人风险可容许标准应符合表1.4.3.1中的规定。

个人风险（IR）可容许标准

表1.4.3.1

	风险值（死亡频率/船/年）	
	现有船	新造船
船员可接受的最大风险	1.0E-3	1.0E-4
船上乘客或岸上人员可接受的最大风险	1.0E-4	1.0E-5
广泛接受的风险	1.0E-6	1.0E-6

1.4.4 社会风险接受准则

1.4.4.1 社会风险可容许标准应符合图1.4.4.1中的规定。

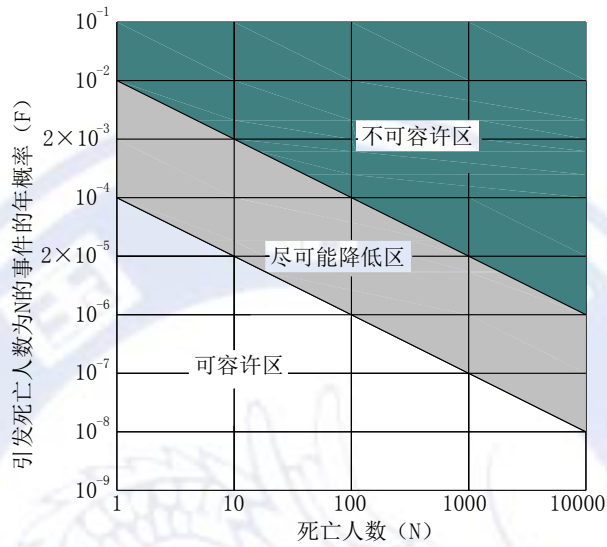


图 1.4.4.1 社会风险 (SR) 可容许标准

第5节 风险缓解措施

1.5.1 一般要求

1.5.1.1 当所计算的风险处于不可容许区或处于尽可能降低区边界时，应通过实行附加缓解措施把风险减低到可容许区域。

1.5.1.2 缓解措施包括但不限于：在设计中结合最新技术和仪器、优化设备布置设计、使用升级设备、改善泄漏报警装置、应急响应程序和操作步骤等。

1.5.1.3 所采用的缓解措施应经CCS同意。

附表 1
提示 – 引导词和词组

用于定性风险评估的提示 – 示例

包含货物设备的失效 – 孔/裂纹导致的货物泄漏	
磨损	振动, 载荷, 循环运动, 长期使用
侵蚀	货物污染物, 高速流, 长期使用
应力和应变	振动, 载荷, 循环运动, 浮式装置运动, 长期使用
疲劳	振动, 载荷, 循环运动, 浮式装置运动, 长期使用
腐蚀	暴露于风雨, 暴露于海水, 湿气, 干燥空气供给损失, 接触腐蚀性物质
碰撞	与其他浮式装置碰撞, 触礁, 浮式装置撞击港口围墙或码头
搁浅	浮式装置搁浅
撞击	物体掉落 (例如维护或货物装卸期间), 支撑构件倒塌, 装卸货物/维护期间的误操作
火灾	易燃材料着火, 邻近处所/区域发生火灾
*加上含有气体或其他可能释放到空气中造成危害的物质 (例如窒息, 烧伤) 的设备	
控制程序失效 – 设计条件之外的操作, 随后导致货物泄漏	
高温	绝热失效, 仪器故障, 软件故障, 执行机构故障, 操作员操作不当, 外部火灾, 遭受极端天气, 变质
低温	热循环介质损失, 热介质污染, 仪表故障, 软件故障, 执行机构故障, 操作员操作不当, 遭受极端天气
高压	操作员操作不当 (例如错误关闭阀), 公用设备损失 (例如仪表气源), 外部火灾, 动力损失, 翻滚, 蒸发气体的过量产生, 执行机构故障
低压 (真空)	操作员操作不当, 公用设备损失 (例如仪表气源), 电源供应损失 (电力), 执行机构故障
流量过高	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当, 执行机构故障, 遭受极端海况
流量过低	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当, 执行机构故障, 遭受极端海况
流向反向	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当 (例如错误关闭阀), 执行机构故障, 遭受极端海况
无流量	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当 (例如错误关闭阀), 执行机构故障
高液位	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当, 执行机构故障, 遭受极端海况
低液位	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当, 执行机构故障, 遭受极端海况
管路内货物残留	操作员操作不当, 阀门关闭, 无惰性/吹扫气源, 有限的惰性/吹扫气源
管路内无货物	仪器故障, 软件故障, 操作员操作不当, 阀门关闭
动力损失	电信号丢失, 断电, 设备气源损失, 液压油损失

附表 2
风险矩阵
风险矩阵示例 – 船上人员

后果 (严重程度)	多人死亡 C _p								高
	单人死亡或 多人重伤 B _p								中
	单人重伤 A _p								低
		1	2	3	4	5			
		10 ⁻⁶ /y	10 ⁻⁵ /y	10 ⁻⁴ /y	10 ⁻³ /y				
		绝少的	极不可能的	非常不可能的	不太可能的	可能的			
		可能性 (年发生次数)							

后果分类示例

- A_p 单人重伤 – 长期残疾/健康影响
- B_p 单人死亡或多人重伤 – 单人死亡或多个个体长期遭受残疾/健康影响
- C_p 多人死亡 – 两人或两人以上死亡

可能性分类示例

1. 绝少的 – 每年少于等于百万分之一次
2. 极不可能的 – 每年百万分之一次至十万分之一次
3. 非常不可能的 – 每年十万分之一次至万分之一次
4. 不太可能的 – 每年万分之一次至千分之一次
5. 可能的 – 每年千分之一次至百分之一次

可能性分类可以与浮式装置的寿命有关。例如，假设一艘浮式装置的寿命为 25 年，则对于年发生可能性为百万分之一的场景（即等级 1，绝少的），浮式装置在使用寿命中该场景出现的可能性为 1/40,000（即 $1/(10^{-6} \times 25)$ ）。

风险评级和风险标准示例

低风险 – A_p1, A_p2, A_p3 & B_p1

风险可以被接受为“已”视需要减轻”。考虑的实际性和成本效益，良好的做法是实施的减轻措施能够进一步地降低风险。

中等风险 – A_p4, A_p5, B_p2, B_p3, B_p4, C_p1, C_p2 & C_p3

风险是可以容许的并被视“已”视需要减轻”。这是假设所有合理可行的减轻措施已经实施。即附加或替代的减轻措施已经被识别并实施，除非判断这些措施是不切实际的或其执行成本与可减少的风险不成比例。

高风险 – B_p5, C_p4 & C_p5

风险是不可接受的且风险没有被“视需要减轻”。在操作前，附加或替代的减轻措施必须被识别且实施以降低风险，并且必须将风险降低至中等风险或低风险等级。

风险矩阵示例 – 环境

后果 (严重程度)	灾难性的 D _E						
	重大的 C _E						
	局限性的 B _E						
	轻微的 A _E						
		1	2	3	4	5	
		10 ⁻⁶ /y	10 ⁻⁵ /y	10 ⁻⁴ /y	10 ⁻³ /y		
		绝少的	极不可能的	非常不可能的	不太可能的	可能的	
可能性 (年发生次数)							

高
 中
 低

后果分类示例

- A_E 轻微的 – 对附近敏感地区/物种的有限和可逆的损害
- B_E 局限性的 – 对附近敏感地区/物种的显著但可逆的损害
- C_E 重大的 – 对敏感地区/物种的广泛或持续的损害
- D_E 灾难性的 – 对敏感地区/物种的不可逆的或长期的损害

可能性分类示例

1. 绝少的 – 每年少于百万分之一或更少
2. 极不可能的 – 每年百万分之一至十万分之一
3. 非常不可能的 – 每年十万分之一至万分之一
4. 不太可能的 – 每年万分之一至千分之一
5. 可能的 – 每年千分之一至百分之一

可能性分类可以与浮式装置的寿命有关。例如，假设一艘浮式装置的寿命为 25 年，则对于年发生可能性为百万分之一的场景（即等级 1，绝少的），浮式装置在使用寿命中该场景出现的可能性为 1/40,000（即 $1/(10^{-6} \times 25)$ ）。

风险评级和风险标准示例

低风险 – A_E1, A_E2, A_E3, A_E4, B_E1, B_E2, B_E3 & C_E1

风险可以被接受为已“视需要减轻”。考虑的实际性和成本效益，良好的做法是实施的减轻措施能够进一步地降低风险。

中等风险 – A_E5, B_E4, B_E5, C_E2, C_E3, C_E4, D_E1, D_E2 & D_E3

风险是可以容许的并被视为已“视需要减轻”。这是假设所有合理可行的减轻措施已经实施。即附加或替代的减轻措施已经被识别并实施，除非判断这些措施是不切实际的或其执行成本与可减少的风险不成比例。

高风险 – C_E5, D_E4 & D_E5

风险是不可接受的且风险没有被“视需要减轻”。在操作前，附加或替代的减轻措施必须被

识别且实施以降低风险，并且必须将风险降低至中等风险或低风险等级。



风险矩阵示例 – 浮式装置资产（设备，处所和结构）

后果（严重程度）	广泛损伤	CA								高 中 低
	重大损伤	BA								
	局部损伤	AA								
			1	2	3	4	5			
			10 ⁻⁶ /y	10 ⁻⁵ /y	10 ⁻⁴ /y	10 ⁻³ /y				
			绝少的	极不可能的	非常不可能的	不太可能的	可能的			
可能性（年发生次数）										

后果分类示例

- A_A 局部损伤 – 事件使浮式装置停止运营超过 x 天
- B_A 重大损伤 – 事件使浮式装置停止运营超过 y 天
- C_A 广泛损伤 – 失去浮式装置，或事件使浮式装置停止运营超过 z 天

可能性分类示例

1. 绝少的 – 每年少于百万分之一或更少
2. 极不可能的 – 每年百万分之一至十万分之一
3. 非常不可能的 – 每年十万分之一至万分之一
4. 不太可能的 – 每年万分之一至千分之一
5. 可能的 – 每年千分之一至百分之一

可能性分类可以与浮式装置的寿命有关。例如，假设一艘浮式装置的寿命为 25 年，则对于年发生可能性为百万分之一的场景（即等级 1，绝少的），浮式装置在使用寿命中该场景出现的可能性为 1/40,000（即 $1/(10^{-6} \times 25)$ ）。

风险评级和风险标准示例

低风险 – A_A1, A_A2, A_A3 & B_A1

风险可以被接受为已“视需要减轻”。考虑的实际性和成本效益，良好的做法是实施的减轻措施能够进一步地降低风险。

中等风险 – A_A4, A_A5, B_A2, B_A3, B_A4, C_A1, C_A2 & C_A3

风险是可以容许的并被视为已“视需要减轻”。这是假设所有合理可行的减轻措施已经实施。即附加或替代的减轻措施已经被识别并实施，除非判断这些措施是不切实际的或其执行成本与可减少的风险不成比例。

高风险 – B_A5, C_A4 & C_A5

风险是不可接受的且风险没有被“视需要减轻”。在操作前，附加或替代的减轻措施必须被识别且实施以降低风险，并且必须将风险降低至中等风险或低风险等级。

附表 3
失效频率

失效频率-可能性分类

1. 绝少的 – 每年少于百万分之一或更少 ($10^{-6}/y$ 或更少)			
C 型独立液货舱	$<1 \times 10^{-6}$		
2. 极不可能的 – 每年百万分之一至十万分之一 ($10^{-6}/y$ 至 $10^{-5}/y$)			
泄漏孔径 ≥ 10 mm \emptyset	50 mm 或更少 \emptyset	51-150 mm \emptyset	151-300 mm \emptyset
管路/每米(m)	7×10^{-6}	3×10^{-6}	3×10^{-6}
法兰	4×10^{-6}	5×10^{-6}	7×10^{-6}
手动阀	---	7×10^{-6}	9×10^{-6}
3. 非常不可能的- 每年十万分之一至万分之一 ($10^{-5}/y$ to $10^{-4}/y$)			
	50 mm 或更少 \emptyset	51-150 mm \emptyset	151-300 mm \emptyset
管路/每米(m)	8×10^{-5}	4×10^{-5}	3×10^{-5}
法兰	4×10^{-5}	5×10^{-5}	8×10^{-5}
手动阀	3×10^{-5}	5×10^{-5}	7×10^{-5}
4. 不太可能的 – 每年万分之一至千分之一 ($10^{-4}/y$ 至 $10^{-3}/y$)			
	50 mm 或更少 \emptyset	51-150 mm \emptyset	151-300 mm \emptyset
控制阀	3×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-4}
连接设备	3×10^{-4} 包括法兰		
工艺容器	7×10^{-4} 压力容器		
5. 可能的 – 每年千分之一至百分之一 ($10^{-3}/y$ 至 $10^{-2}/y$)			
		50-150 mm \emptyset	>151 mm \emptyset
热交换器 / 蒸发器 / 加热器		2×10^{-3}	2×10^{-3}
泵 (离心式或往复式)		5×10^{-3}	1×10^{-3}