



指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD12-2016

中国船级社

液化天然气运输船兼作浮式储存装置 实施指南 (2016)

生效日期：2016 年 9 月 1 日

中国船级社

简要说明

随着液化天然气（LNG）的广泛应用和陆上接受终端适应性的局限，浮式液化天然气储存装置（LNG-FSU）应运而生，并以其较低的成本和灵活的作业方式逐步兴起。船舶行业正在寻找合适的方法，通过将 LNG 运输船兼作浮式储存装置（FSU）使用，将为缺乏接受终端的地区在最短时间内提供终端以实现投产作业。

本指南旨在为船东、船厂、设计单位及相关方提供实施标准，通过本社授予的附加标志，表明一艘 LNG 运输船符合作为 FSU 使用的条件。

目 录

第 1 章 通 则	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 一般要求.....	1
1.3 等效和替代.....	1
1.4 定义.....	1
1.5 图纸和资料.....	2
1.6 检验与附加标志.....	2
1.7 证书的签发及签署.....	3
第 2 章 LNG-FSU 技术要求	4
2.1 一般要求.....	4
2.2 晃动载荷.....	4
2.3 连接软管.....	4
2.4 拉断阀.....	4
2.5 法兰接头.....	5
2.6 通讯.....	5
2.7 紧急切断（ESD）系统.....	5
2.8 碰垫.....	6
2.9 码头系泊.....	7
2.10 货物温度/压力控制.....	7
第 3 章 LNG-FSU 特殊要求	8
3.1 兼容性评估.....	8
3.2 货物安全操作手册.....	8
3.3 风险评估.....	8

第1章 通 则

1.1 适用范围

1.1.1 《液化天然气运输船兼作浮式储存装置实施指南》(以下简称本指南)适用于靠泊码头作为浮式储存装置(FSU)使用的液化天然气(LNG)运输船。

1.1.2 除满足本指南外, LNG 运输船尚应满足中国船级社(以下简称本社)《钢质海船入级规范》、《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》等规范的相关要求。

1.1.3 拟兼作 LNG-FSU 的 LNG 运输船应满足如下的适应性条件要求:

- (1) LNG 运输船应具有按本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》授予的船级;
- (2) LNG-FSU 的作业海域环境低于北大西洋的恶劣程度;
- (3) 船体结构核查符合建造时本社《钢质海船入级规范》规定的腐蚀极限或现行规范(如适用)规定的腐蚀极限。

1.2 一般要求

1.2.1 船舶申请方应按 1.1.3 的相关要求对拟兼作 FSU 的 LNG 运输船进行适应性条件评估。

1.2.2 船舶兼作 FSU 时, 其相关设备配备应满足本指南第 2 章的相关要求。

1.2.3 货物管路上的软管、法兰接头、软管保护装置(包含拉断阀)及缆绳张力监控系统(如设置)应持有本社船用产品证书。

1.3 等效和替代

1.3.1 船上安装的任何装置、材料、设备和器具可以代替本指南要求的装置、材料、设备和器具, 条件是经试验和其他方法证明认定这些装置、材料、设备和器具至少与本指南要求具有同等效能。

1.3.2 若对指南要求的计算方法、评定标准、制造程序、材料、检验和试验方法, 能提供相应的试验、理论依据、使用经验或有效的公认标准, 经本社同意, 可以接受作为代替和等效方法。

1.4 定义

1.4.1 除本指南明确规定外, 本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》中的定义适用于本指南。

1.4.2 LNG-FSU(Liquefied Nature Gas-Floating Storage Unit): 浮式液化天然气储存装置, 系指靠泊码头, 用于从补给船接收 LNG 和向外输送 LNG 的装置。

1.4.3 补给船: 系指为 LNG-FSU 补给货物的 LNG 运输船。

1.4.4 动力分析法：系指 LNG-FSU 系泊时在频域或/和时域上进行的水动力分析。

1.5 图纸和资料

1.5.1 送审图纸和资料

1.5.1.1 应将下列图纸资料提交本社批准：

- (1) 系泊布置图，包括系泊模式、系泊部件和设备；
- (2) 系泊部件和设备详图，包括底座及与码头、补给船的连接系统；
- (3) 液货舱压力与温度控制说明书，包括与液货舱压力/温度控制相关设备和系统的图纸和资料；
- (4) 船-岸/船-船间碰垫分析计算书；
- (5) 软管总成：
 - ① 软管及其支撑结构布置图；
 - ② 总装图；
 - ③ 软管结构图；
 - ④ 软管技术参数；
 - ⑤ 软管及其接头材料主要性能参数；
 - ⑥ 使用维护说明书。
- (6) 软管保护装置（包含拉断阀）
 - ① 总装图；
 - ② 主要零部件图；
 - ③ 主要技术参数；
 - ④ 零部件规格及材料明细表；
 - ⑤ 强度及性能计算书；
 - ⑥ 使用维护说明书。

1.5.1.2 本社认为必要的其他图纸和资料。

1.5.2 备查图纸和资料

1.5.2.1 应将下列技术资料一式 3 份提交本社备查：

- (1) 在目标码头的系泊分析计算书，包括作用在 LNG-FSU 上的风、流及波浪力的计算书或模型试验报告；
- (2) LNG-FSU 与码头及补给船的兼容性评估报告；
- (3) 货物安全操作手册；
- (4) 相关风险分析报告（如适用）。

1.5.3 除本指南有明确要求外，LNG-FSU 的图纸、资料、证书、记录和报告等的保存，应按本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》中关于液化气体运输船的有关规定执行。

1.6 检验与附加标志

1.6.1 检验

1.6.1.1 LNG-FSU 的检验程序、检验方式、检验种类、检验间隔期、检验条件、检验前

准备、检验和试验要求应按本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》中关于液化气体运输船的有关规定执行。

1.6.1.2 船龄 10 年以下的 LNG-FSU 可按照《钢质海船入级规范》第一篇第 5 章附录 21 的规定申请延长干坞检验间隔期。如特别检验中的检验项目需要在干坞条件下才能进行，LNG-FSU 应进坞完成该检验项目。

1.6.1.3 LNG-FSU 应按本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 2 篇第 A2 章第 3 节的要求对检验后状态进行维持。

1.6.2 附加标志

1.6.2.1 凡符合本指南要求并申请授予 LNG-FSU 附加标志的 LNG 运输船，可在本社规定的散装运输液化气体船舶船级符号与附加标志后授予如下船舶类型附加标志。

浮式液化天然气储存装置 LNG-FSU

1.7 证书的签发及签署

1.7.1 满足本指南要求兼作 LNG-FSU 的 LNG 运输船，由执行检验单位签发具有 FSU 附加标志的入级证书。如果船舶所处的工作环境（码头、补给船）发生变化，申请单位应提交 1.5 中所述全部相关材料报本社复审以维持证书有效。

1.7.2 对于已授予本社船级的 LNG 运输船，按照本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》执行建造后检验满意并符合本指南要求的，船级继续有效，本社将授予或换发具有 LNG-FSU 附加标志的入级证书。

第2章 LNG-FSU 技术要求

2.1 一般要求

2.1.1 除本指南明确要求外，LNG-FSU 尚应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的有关要求。

2.2 晃动载荷

2.2.1 LNG-FSU 应按照本社《液舱晃动载荷及构件尺寸评估指南》的有关要求进行晃动载荷计算。

2.3 连接软管

2.3.1 除本指南另有规定外，软管的设计和试验尚应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》中有关船用货物软管的规定。

2.3.2 软管应配有紧急情况下脱开的主动或被动保护装置（包括拉断阀，技术要求见本章 2.4 的规定），以防止破损。

2.3.3 软管应定期检测，检测间隔最多不超过 12 个月，并根据实际试验情况进行更换。在使用软管前应检查软管的完整性。

2.3.4 软管的配备要考虑码头、LNG-FSU 和补给船的布置以及作业中的操作环境条件（包括系统能适应的船与船之间的相对运动）。软管长度应在不同情况下具体分析，但应不小于软管两侧接头高度最大差值的两倍。

2.3.5 LNG-FSU 上应设有专门的连接软管存放位置，同时宜增加软管保护措施，以防止软管发生机械损伤和潮湿危害。

2.3.6 用于 LNG-FSU 与补给船连接的复合软管，其缠绕层合成材料可采用熔点低于 925℃ 的合适材料制造。

2.4 拉断阀

2.4.1 拉断阀应在一定外力作用下或遥控驱动下能够实现脱离功能，拉断阀切断后溢出的 LNG 应尽可能的少，且不应应对周围船体和人员造成低温伤害。

2.4.2 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 2MPa。

2.4.3 拉断阀应提供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，至少包括与拉断阀轴向成 0°、45° 和 90° 三个方向的拉力值。

2.4.4 拉断阀的设计应避免由于外部结冰、结霜导致无法脱离。

2.4.5 每一新型致断螺栓式拉断阀应进行原型试验，原型试验包括轴向脱离试验、非轴向脱离试验、介质冲击试验和跌落试验。

- (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。

2.4.6 原型试验用过的致断螺栓式拉断阀应不再用于 LNG 输送。但每个拉断阀投入使用前，均应在环境温度和设计温度下进行液压试验，试验压力应不小于规定的最大工作压力的 1.5 倍。

2.4.7 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。

2.4.8 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，并提交本社认可。

2.5 法兰接头

2.5.1 法兰接头的规格应满足本社接受的或公认的技术标准¹，且与补给船法兰匹配。

2.5.2 如采用法兰接头型式，在长时间不进行货物传输时，应采用盲板法兰进行盲断，法兰应具有和管路相同的设计压力、温度。

2.6 通讯

2.6.1 船舶应具备与码头和补给船的船-岸和船-船通讯系统，必要时应增配或修改软硬件，包括但不限于：光缆卷筒、电缆卷筒、接插件、连接件等。

2.6.2 船-岸和船-船通讯系统应包括必要的通讯，紧急切断（ESD）通讯，紧急释放（ERS）通讯和语音通讯。通讯系统的连接可以由电气、光纤、无线电或气动及其组合的方式予以实现，且应与连接的码头和补给船相适应。

2.6.3 ESD 和 ERS 的通讯不应是无线电通讯的方式。

2.6.4 ESD 的通讯应有备用系统。

2.6.5 除船舶 VHF 无线电话外，常规语音通讯还应提供有线电话，以及足够数量的手持式 VHF/UHF 本质安全型对讲机。

2.7 紧急切断（ESD）系统

2.7.1 船舶的 ESD 系统应符合《国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则》第 18 章

¹如我国化工行业标准《钢质法兰、垫片、紧固件》HG/T 20592~20635 —2009 中相应的 PN 系列或 CLASS 系列。

的有关要求,对于不符合《国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则》的项目,应进行充分的风险评估,确认其至少具有相等的安全效能。

2.7.2 ESD 系统动作时应通过 2.6.1 中的通讯系统向岸站和补给船发出 ESD 信号,并接收来自岸站和补给船的 ESD 信号,进行相应的安全保护动作。

2.8 碰垫

2.8.1 LNG-FSU 应配备合适的碰垫,碰垫的最大可吸收碰撞能量 E 和最大承受压力 P 应满足 3.8.2 和 3.8.3 的要求。

2.8.2 LNG-FSU 与码头、LNG-FSU 与补给船间所配碰垫的最大可吸收碰撞能量 E 应不小于下式计算所得之值:

$$E = \frac{1}{2} M \times V^2 \times SF$$

式中: M ——船舶靠泊时的排水量, kg;

V ——船舶靠泊速度, m/s;

SF ——靠泊安全系数, $SF = C_m \times C_e \times C_S \times C_C$;

其中: C_m ——附加质量系数, $C_m = 1 + \frac{M'}{M}$, 附加质量 $M' = \rho L d^2 \times \pi / 4$, t;

其中: L ——船长, m;

ρ ——海水密度, $1.025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$;

d ——船舶吃水, m。

C_e ——偏心系数, $C_e = \frac{K^2}{l^2 + K^2}$;

其中: K ——船体旋转半径, $K = (0.19C_B + 0.11) L$, m;

其中: C_B ——方形系数。

l ——船体中心至触碰点间的距离, m。

C_S ——柔性系数, 取 1.0。对于船舶配备的连续橡胶碰垫或在码头固定设置的碰垫, C_S 可取 0.9;

C_C ——靠泊位形状系数, 船舶平行靠泊码头(船舶与码头夹角小于 5°) 且在码头富余水深小于船舶吃水的 15%, 则 C_C 取 0.9; 其余情况 C_C 取 1.0。

2.8.3 LNG-FSU 与码头、LNG-FSU 与补给船间所配碰垫最大承受压力应不小于下式计算所得之值:

$$P = \frac{F_{YW} + F_{YC}}{N \times A}$$

式中: F_{YW} ——风力产生的横向载荷, $F_{YW} = 1/2 C_{YW} \times \rho_w \times V_w^2 \times A_L$, N;

其中: C_{YW} —— 90° 风向角下的船舶横向风力系数;

V_w ——10 米高处的风速(以水平面为基线), $V_w = V_0 \left(\frac{10}{h}\right)^{\frac{1}{7}}$, m/s;

其中 V_0 ——h 米高处的风速(以水平面为基线)。

A_L ——船舶受风面积, m^2 ;

ρ_w ——空气密度, kg/m^3 。

F_{YC} ——潮涌产生的横向载荷, $F_{YC} = 1/2 C_{YC} \times \rho_c \times V_c^2 \times L \times d$, N;

其中: C_{YC} —— 90° 潮涌入射角下的横向潮涌系数;

ρ_c ——海水密度, kg/m³;
 V_c ——流速, m/s;
 d ——船舶吃水, m;
 N ——所选碰垫个数;
 A ——所选单个碰垫的有效承压面积, m²。

2.9 码头系泊

2.9.1 系泊系统应设有紧急脱开设施。

2.9.2 系泊设备及其支撑结构应能承受系泊缆绳达到破断强度时施加其上的载荷。

2.9.3 系泊系统应考虑正常作业工况和极端自存工况。作业工况和自存工况的设计环境条件由业主/设计者确定。在规定的作业环境条件下, LNG-FSU 能进行预定作业而不使其系泊缆绳张力超过规定值; 在规定的自存环境条件下, LNG-FSU 停止作业, 保证自身安全, 系泊缆绳张力不超过规定值。

2.9.4 LNG-FSU 码头系泊作业环境条件一般包括风、浪、流、潮和水深, 系泊分析应考虑风、浪、流足够数量的来向角, 以及码头风、浪、流实际可能的最严重组合。

2.9.5 LNG-FSU 码头系泊最终应采用动力分析方法, 风暴持续时间应按具体情况确定, 一般不少于 3 小时。

2.9.6 系泊分析时应考虑缆绳的腐蚀裕量和磨损, 钢丝绳张力安全系数在作业工况应不小于 2.25, 在自存工况应不小于 1.67。其他材料缆绳的安全系数应经本社特别批准。张力安全系数 FoS 定义为:

$$FoS = \frac{MBL}{T_{\max}}$$

式中 MBL ——缆绳的最小破断力, kN;

$T_{\max}$ ——系泊动力分析求得的缆绳最大张力, kN

2.10 货物温度/压力控制

2.10.1 为确保液货舱的压力和温度始终保持在设计范围内, 应设有满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 7 章要求的液货舱压力和温度控制措施。

第3章 LNG-FSU 特殊要求

3.1 兼容性评估

3.1.1 兼容性评估包含多个在作业前需要特别确认的项目。兼容性评估可包含但不限于：

- (1) 所选碰垫是否满足 LNG-FSU 与码头、LNG-FSU 与补给船作业要求；
- (2) 系泊布置评估；
- (3) 货物过驳程序
- (4) 各种作业工况下，三方传输设备之间的运动差是否在软管的应操作范围内；
- (5) 通讯系统/信号是否匹配；
- (6) 货物系统在设计 and 装备上应互相兼容（包括货舱压力、货物驳运及处理系统、汇管布置等）；
- (7) 不同 ESD 系统是否兼容；
- (8) 三方储罐类型、容积、压力和温度信息；
- (9) 补给船补给的 LNG 特性参数（如温度、压强、甲烷含量等参数）。

3.2 货物安全操作手册

3.2.1 LNG-FSU 上应备有安全操作手册。

3.2.2 操作手册应包含但不限于：

- (1) 补给船向 LNG-FSU 过驳操作；
- (2) LNG-FSU 向船/岸上卸货操作；
- (3) LNG-FSU 日常维护保养；
- (4) 正常解除；
- (5) 应急解除；
- (6) 应急计划（低温灾害、窒息危害、LNG 火灾以及台风雷暴等恶劣天气）

3.3 风险评估

3.3.1 LNG 运输船兼作 LNG-FSU 作业时，应针对其他未涵盖在本指南原则中的特定风险进行风险评估。评估的风险可包含但不限于：

- (1) 火灾和爆炸；
- (2) 撤离；
- (3) 危险区域的延伸；
- (4) 受压气体排放至岸上；
- (5) 高压气体排放；
- (6) 货物处理中的翻滚状况；
- (7) 易燃制冷气体的储存和处理；
- (8) 货物围护系统外货物液体和蒸气的持续存在；
- (9) 液货舱过压和低压；
- (10) 液体货物的传输；和
- (11) 靠泊码头期间的碰撞风险。

3.3.2 如在本指南内使用风险评估或类似研究，结果应包括但不限于下列内容作为有效证据：

- (1) 使用的方法和标准的说明；
- (2) 情景分析说明可能存在的变化或研究中错误的来源；
- (3) 经本社认可/接受的独立和适当的第三方对风险评估过程的验证；
- (4) 制定风险评估依据的质量系统；
- (5) 评估中使用的数据的来源、适合性和有效性；
- (6) 评估中相关人员的知识基础；
- (7) 结果与相关方关联的分布系统；和
- (8) 经本社认可/接受的独立和适当的第三方对结果的验证。