

团 体 标 准

T/CSNAME 084—2024

LNG 动力船带气修理作业安全规程

Safety regulation for repair operations on LNG-fueled ships with gas on board

2024 - 12 - 28 发布

2025 - 03 - 28 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国造船工程学会标准化学术委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：舟山中远海运重工有限公司、中国船级社浙江分社、武汉理工大学、浙江海洋大学、浙江国际海运职业技术学院。

本文件主要起草人：周建华、苏宇、龚伟兵、许东方、战研、孙东辉、李付博、李辉、孙明凯、迟学成、周志辉、闫怀北、陈云、雷攀峰、范世东、谢永和、杨超、张林、何晓聪、周兵、翁海龙、麻蔚然、温小飞、蒋萍、刘在良。



LNG 动力船带气修理作业安全规程

1 范围

本文件规定了LNG动力船带气修理作业安全规程，包括作业准备、作业风险评估、特殊风险源管理、作业安全要求和应急响应。

本文件适用于以LNG为燃料或燃料之一的船舶带气修理作业，修理区域不包括LNG液货舱、燃料舱及其围护。也可用于其它气体动力船带气安全修理参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 23694-2013 风险管理 术语

GB/T 27921-2023 风险管理 风险评估技术

中国船级社，船舶应用天然气燃料规范，2024

3 术语和定义

GB/T 23694-2013, GB/T 27921-2023界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

带气修理 ship repair with gas

LNG动力船舶在修理时，LNG液货舱和燃料舱内存在LNG或未完全惰化的蒸发气。

3.2

危险区域 hazardous area

在LNG修理过程中，在某处空间范围内可能聚集或出现蒸汽、易燃或易爆气体的区域。

3.3

安全敏感区域 safety-sensitive area

在LNG修理过程中，那些与危险区域直接相邻或存在潜在安全风险的区域。

3.4

敏感设备 sensitive device

在LNG修理过程中，对周围环境条件和操作参数变化极为敏感的设备。

3.5

敏感系统 sensitive system

在LNG修理过程中，对周围环境条件和操作参数变化极为敏感的系统。

3.6

气体压力管理计划 gas pressure management plan

通过监测、控制和调整LNG系统中的气体压力，以确保其LNG设施安全运行的程序。

3.7

惰化 inerting

向LNG系统不断输入惰性气体以排处、去除LNG系统中LNG气体的操作。

4 作业准备

4.1 设施

4.1.1 船厂应配备齐全的动力、起重设备和岸电设施，修理码头和船坞应符合船舶尺寸需求。

- 4.1.2 船厂应设置专用的 LNG 设备维修车间。
- 4.1.3 船厂应配备与船上修理设备相关的系统（如冷却水和电力供应系统），且这些系统应相对独立。
- 4.1.4 船厂应确保随时能够提供充足的液态氮或氮气，以满足一般修理船舶燃料舱的惰化或置换需求。
- 4.1.5 船厂应配备上下船的登记管控系统（如身份识别系统），以实现上下船人员身份的有效识别与管理。
- 4.1.6 船厂应在码头和船坞区域配备广播报警系统，并确保在应急情况下能够及时有效地使用。
- 4.1.7 船厂应为待修理的 LNG 动力船预备气体燃烧装置。
- 4.1.8 船厂应随时准备充足数量的消防和救援应急物资（如泡沫水罐车、手提式干粉灭火器、救护车、隔热服、全密封防化服等），以应对可能发生的紧急情况。

4.2 人员培训和资质

4.2.1 安全培训

在进行维修作业之前，管理和作业人员应接受以下安全培训：

- a) 交底培训，了解作业内容和风险；
- b) 健康、安全与环境管理体系制度培训；
- c) 安全审批制度培训；
- d) 安全作业培训；
- e) 动火作业安全培训（仅船上动火监护人员）；
- f) 应急疏散演练。

4.2.2 资质

管理与作业人员应具备以下资质要求：

- a) 单船总管应完成 LNG 相关安全知识的培训，并应获得相应的 LNG 安全培训资质证书；
- b) 健康、安全与环境管理体系的主管人员应通过有关部门的审核；
- c) 焊工需持有有效的特种作业操作证；
- d) 动火监护人员应持有相应上岗证书。

4.3 文件

修理作业应准备以下文件，文件应获得当地安全主管部门审批通过：

- a) 风险评估和风险管控措施；
- b) 详细的安全作业程序；
- c) 人员安全培训体系文件；
- d) 应急预案和响应计划。

5 作业风险评估

在 LNG 动力船进厂修理之前和之后，应对修理作业进行全面的风险评估。

风险评估应按照以下步骤进行，并将每一步的结果详细填入表 1 风险评估表中，具体填写方法可参照附录 A 风险评估表填写指南，评估步骤如下：

- a) 列出执行任务所在的区域；
- b) 界定区域类型；
- c) 列出此区域下的工作活动；
- d) 对活动详情进行记录；
- e) 对活动状态进行记录；
- f) 分析风险源的主要危害、发生和可能性和人员暴露的频繁程度；
- g) 采计算出风险源风险值（前置风险值），并根据表 2 判断是可以作业、需要整改还是停止作业；
- h) 若需整改，则整改后再次进行风险分析和风险评价，直至整改后的风险源风险值（后置风险值）风险等级为 A；

- i) 修理作业完成后还需再次对船上风险源进行风险评估并计算残余风险值，若风险等级不为A，则该风险源需被标记为船舶营运安全风险。

表1 风险评估表中

任务区域	区域类型	工作活动	详情	活动状态	风险源	风险源分类	前置风险				安全措施/控制策略	后置风险				建议项	残余风险				意见	
							L	E	C	D		L	E	C	D		L	E	C	D		

表2 风险等级应对表

D	风险等级	危险程度	辨别色	风险应对
D<20	A	轻微危险	黄	可以接受
20≤D<70	B	一般危险	橙	不可接受，需要整改
70≤D<160	C1	重要危险	红	不可接受，需要整改
160≤D≤320	C2	高度危险	红	不可接受，要立即整改
D>320	C3	极其危险	红	不可接受，不能继续作业

6 特殊风险源风险管控

除风险评估外，还应对LNG动力船上的特殊风险源进行风险管控，最大限度降低风险源的风险，具体措施可参考表3。

表3 特殊风险源管理措施

序号	特殊风险源	存在的主要危害	管理措施
1	LNG舱室	火灾、爆炸、低温冻伤	确保舱室检测仪器和探头完好性
			实时监控记录舱室内压力温度变化（次/2小时）
			一旦压力超过0.5 MPa将采取应急响应（启动原船GCU）
			LNG舱室4.5 m范围内禁止放非防爆电器设备（距离LNG舱4.5 m拉好禁区,严禁明火作业）
2	LNG舱阀后相连管路	火灾、低温冻伤、窒息	LNG舱4.5 m区域禁止叉车及高架车通行
			距离透气源4.5 m拉好禁区,严禁明火作业，无关人员禁入
			LNG舱相连管路进行惰化处理
3	LNG透气桅	火灾、爆炸、低温冻伤	LNG舱室状况及阀后管路惰化状况数据由船方负责每2小时记录1次，厂方安全管理人员每2小时检查记录1次，每日会议上提交书面报告；
			储存备用氮气紧急使用
4	安全敏感区域	爆炸、低温冻伤、窒息	LNG透气桅10 m区域禁止叉车及高架车通行
			登船梯口落实敏感区域分布图，敏感区域入口落实警示标志
			携带气体检测仪,保持有效通风，进入安全敏感区域前区域气体检测，过程中按规定时间间隔做好气体检测
			施工前经专项培训，了解施工现场安全通道
			防爆气体检测仪定期检验
5	登船人员	火灾、爆炸、低温冻伤、窒息	穿好防静电服、静电鞋
			禁止触碰与施工无关的设备、设施
			登轮前所有人员进行HSE专项培训
			登轮人员进行身份识别登记管控
			登轮人员配备气体检测仪
			进入安全敏感区域应穿好防静电服、静电鞋，禁止进入危险区域

序号	特殊风险源	存在的主要危害	管理措施
6	原船消防救生	窒息	施工区域CO ₂ 支管隔离
			CO ₂ 系统释放应急演练
			CO ₂ 系统检修时, 通风措施落实, 主管路进行闷堵
7	静电	闪爆	靠泊第一时间落实船舶接地线4路(接地线截面积不小于100mm ² , 接地线绝缘电阻小于4欧姆)
			进入安全敏感区域应穿好防静电服、静电鞋(4.1.2和7.1.6重复)与
			原船LNG罐体与船体结构有效接地

7 作业安全要求

7.1 人员防护

7.1.1 个人物品

- 7.1.1.1 危险和安全敏感区域内严禁携带手机、吸烟用具以及任何其他易燃易爆的个人物品。
- 7.1.1.2 安全敏感区域内可以使用防爆对讲机进行应急通讯。

7.1.2 防护用品

- 7.1.2.1 船厂应配备足够数量的合格防爆型气体检测仪和便携式氧气浓度监测报警仪, 并确保所有进入危险区域或安全敏感区域的人员都能配备这些设备。
- 7.1.2.2 船厂应准备足够数量的防静电服和防静电鞋, 以供作业人员和监造人员在进入安全敏感区域时穿戴使用。
- 7.1.2.3 焊接工人在船舶密闭舱室底部 1 m 以下且容积小于 100 m³ 的狭小空间或锅炉等容器内进行焊接作业时, 还应佩戴正压式送风呼吸型头盔。
- 7.1.2.4 在低温区域的作业施工的作业人员应穿戴个人保暖装备。
- 7.1.2.5 经过风险评估确定的潜在气体泄漏区域, 作业人员应配备合格的防爆型便携式气体检测仪。

7.2 设备要求

- 7.2.1 电力分配箱和其他公用设施应设在危险区域之外。若无法实现, 则应对其连接点进行检查, 确保它们状态良好且已隔离或断电。船舶停泊时, 应使用锁定或标记手段, 防止意外重启。
- 7.2.2 空气压缩机的吸入口位于划定的危险区域之外。
- 7.2.3 柴油发动机和其他燃烧式发动机应放置在划定的危险区域外, 若无法做到, 则应禁用。
- 7.2.4 若船上需要进行焊接作业, 应有接地线连接至岸边, 每次引弧时应加装屏蔽罩。
- 7.2.5 码头吊车应在靠泊前放置在便于为船舶服务的最佳位置, 尽量避免进入或通过划定的危险区域或其他安全敏感区域。必要时需暂停吊运, 防止意外移动通过危险区域。
- 7.2.6 除非照明塔和便携式照明系统被设计为防爆且不会产生火花, 否则不得将其放置在危险区域及其上方。
- 7.2.7 船上应安装可燃气体探测和监控系统并持续进行探测和监控。
- 7.2.8 经过风险评估确定的潜在气体泄漏区域, 应安装合格的防爆型固定气体检测仪和有效的送抽风机。
- 7.2.9 经过风险评估确定的可能导致呼吸困难的区域, 应进行空气质量的持续探测与监控, 并使用合适的密封设备, 以防止电气设备产生的火花引发气体燃烧。
- 7.2.10 位于危险与敏感区域的电气设备防爆等级和温度组别应不低于 GB/T 3836.1-2021 中规定的 IIA 和 T2 级别, 合格防爆设备类型建议参照中国船级社《船舶应用天然气燃料规范》第 9 章选取。

7.3 作业前检查与确认

- 7.3.1 修理作业前, 检查液货系统和阀门系统是否能够远程关闭, 确认其应急切断功能正常运行。
- 7.3.2 检查并确认各处气管连接处无漏气、气体能够畅通且均匀喷出, 一旦发现气管泄漏或破损, 应立即停止作业并及时报告。
- 7.3.3 作业前应通过吹扫或惰化手段彻底清除设备或管道内的可燃物质, 确保其内的残余可燃物质在

安全阈值以下。

7.3.4 作业前需确认所在区域内设备和管道的标识与识别，工作区域内有明显的安全制度公示。

7.3.5 在进行热工作业、打磨、去除油漆（使用喷枪）或使用火花工具之前，应确认所在工作区域的安全性。

7.3.6 确认并熟悉船上下船通道的位置。

7.4 危险区域与安全敏感区域作业安全要求

7.4.1 拆除管道前，作业人员应确认管道所传输的介质，并了解与之连通的阀门和泵的工作情况。同时，应熟悉管道的基本走向及其正反方向，以确保操作正确无误。

7.4.2 若因施工需要开启或关闭气体燃料的阀门，应事先获得船上气体燃料系统主管人员的许可。施工结束后，应汇报给主管人员，由其决定是否进行复位操作。

7.4.3 拆除油管及易燃气体管时，应采用冷工作业（使用铜扳手、铜锤等铜制工具）方式，以确保安全。

7.4.4 在安全敏感区域内进行热工作业之前，应充分考虑周围环境，并采取相应的防护措施，以防止火花四溅造成危险。

7.4.5 在拆除过程中，应对特殊管道的法兰垫片进行保护，以防损坏或丢失。

7.4.6 拆除工作完成后，应及时封堵渗漏的管道，并尽快将拆除管道吊离现场。

7.4.7 在未采取预防措施（如屏蔽和接地设备）以防止可燃气体着火的情况下，禁止在危险区域内进行可能产生静电的施工作业（如喷丸和喷漆等）。

7.4.8 若危险区域与安全敏感区域为有限空间，

7.5 LNG 系统作业安全要求

7.5.1 设备和管道段的隔离措施应严格执行，以预防泄漏事件的发生。

7.5.2 在对 LNG 系统进行升温和冷却的过程中，应保持低温系统的干燥和清洁。

7.5.3 推荐使用低温适应性好的密封材料和 LNG 润滑油，并使用低温绝缘材料对管道进行保护。

7.5.4 作业过程中应避免铝和不锈钢两种材料的接触。

7.5.5 管路施工过程中推荐安装膨胀节或膨胀弯。

7.6 有限空间内焊接作业要求

7.6.1 进行气体保护焊接作业时必须要进行连续通风，在舱室底部焊接还应采用抽风措施。

7.6.2 有限空间内二氧化碳气体保护焊停工时，二氧化碳气体胶管必须出舱。

7.6.3 惰性气体焊接设备进入有限空间数量，应综合考虑空间体积和惰性气体每小时气态释放量，以二氧化碳气体保护焊为例，焊接设备进入空间数量参照下表 4 执行。

表4 焊接设备进入受限空间数量限制表

序号	空间大小 m ³	焊接设备数量 台
1	空间<50	1
2	50≤空间≤100	2
3	100≤空间≤500	3
4	空间>500	5

7.6.4 施工过程中应实时检测并记录气体数据，并在进舱告示牌上注明检测数据。

8 应急响应

8.1 一般要求

8.1.1 当事故发生时，立即启动应急预案。

8.1.2 在事故处理期间，船上及周边与事故处理无关的所有作业应立即停止，同时做好消防灭火的准备工作。

- 8.1.3 根据应急响应管理规定，应划定警戒区域，并确保船上所有人员都做好撤离此区域的准备。
- 8.1.4 现场指挥需迅速疏散无关人员及车辆，对周边区域发布示警信号，确保抢险通道畅通无阻，并组织相关人员进行抢险工作。
- 8.1.5 抢险人员在进入警戒区域时，应关闭所有通讯工具，并在此区域内仅使用防爆对讲机进行通信。
- 8.1.6 船厂应安排一艘拖轮在海边待命，以防出现危险状况，并确保船厂备有应急拖带方案。
- 8.1.7 在应急情况下，应安排一台岸吊用于将受伤人员转移至岸边，并确保岸吊操作人员能够随时获得必要的信息。

8.2 LNG 泄漏

- 8.2.1 一旦发生泄漏，应立即关闭与泄漏管段相连的所有阀门，并准确确定泄漏源的位置，同时迅速评估危险区域的范围。
- 8.2.2 发生泄漏时，可先通过安全措施降低泄漏位置上游的压力。在轻微泄漏的情况下，确保人员安全后，可以进行临时堵漏操作。
- 8.2.3 在进行堵漏作业时，应使用防爆器具和湿物（如湿毛巾或棉布）等适当的抢险工具。同时，准备好灭火器和其他灭火措施，以防发生火灾。
- 8.2.4 一旦临时堵漏措施生效，且条件允许，应迅速将泄漏源的 LNG 排空或将船舶移至安全位置。在对泄漏相关的工艺系统进行惰化处理，应及时采取永久的补救措施。
- 8.2.5 为防止泄漏的 LNG 直接与船体和关键设备接触导致低温冻伤，应采取有效的预防措施，比如在适当位置安装滴盘等。
- 8.2.6 在确认管内无压力且管道温度升至或接近常温后，经过全面的风险评估，当残余风险值小于等于 20 时，方可进行抢修工作。
- 8.2.7 若船上发生 LNG 火灾，不可用水扑救，同时还应采取措施避免水与泄漏的 LNG 发生直接接触。

8.3 蒸发气控制

- 8.3.1 当判断存在气体扩散时，应立即使用气体探测器监测扩散状况，并检查船上所有半封闭或封闭区域是否含有可燃气体，以确保及时防范潜在的爆炸风险。
- 8.3.2 船上消防系统应立即启动，利用水灭火系统、水雾系统、水幕系统等设备，对泄漏点周边设施进行降温 and 隔离保护，以消除明火、高温表面和静电等潜在的火源。
- 8.3.3 开启船上的水幕系统，以稀释蒸发气的浓度并有效控制其扩散方向。
- 8.3.4 应严格控制周边的热工作业和火源，以防止 LNG 气体大量泄漏和扩散导致的爆炸和火灾事故。同时，准备好干粉灭火设施和船舶冷却系统，以应对可能的明火点燃蒸发气的情况。

8.4 人员防护

- 8.4.1 船上参与抢险的人员应穿戴完备的防护装备，包括防冻、防静电、防火的抢险防护服，配备氧气呼吸器（需涵盖全面罩）以及专业的眼睛保护设备。
- 8.4.2 抢险人员在进入放散点区域前，应进行静电释放，以确保施工与操作的安全。
- 8.4.3 当 LNG 发生气化时，抢险人员应首先准确判断风向，确保自身始终位于上风位置，以防气体危害。
- 8.4.4 现场处置人员应装备消防服和自给式呼吸器，以防止因闪火引发的伤害。
- 8.4.5 若人员发生烧伤或冻伤应立即将人员转移至安全区域进行应急救治，并与医疗单位联系，尽快送医进行抢救和进一步治疗。

附录 A
(资料性)
风险评估表填写指南

A.1 风险评估表填写可参考以下方法:

a) 任务区域,包括但不限于:

- 靠泊/进坞;
- 机舱;
- 机控室;
- 机舱及烟囱;
- 尾甲板;
- 生活区;
- 室外甲板;
- 货舱;
- 甲板;
- 压载舱;
- 艏甲板;
- 艏部舱室(侧推间、物料间、锚链舱等);
- 船体外壳。

b) 区域类型包括以下几种:

- 安全区域;
- 危险区域;
- 安全敏感区域;
- 敏感设备/系统。

c) 工作活动种类有:

- 进入、冷工作业(管路/设备拆卸,安装,清洁等);
- 热工作业(切割,电焊,打磨,手工除锈等);
- 打砂、手工打磨、高压水冲洗和油漆作业;

- 电气项目(不涉及LNG系统);
- 吊运操作。
- d) 活动详情指具体的工作内容;
- e) 活动状态包括以下三种:
 - ATP: 可以执行
 - PWC: 重点执行(安全措施落实)
 - DNP: 禁止执行(采取特殊措施后, 残余风险值低于20可以执行)
- f) 风险源包括但不限于:
 - 使用可能引起火花的电动设备但没有充分的火花保护;
 - 维修后气密密封不能复原;
 - 物体掉落;
 - 机械操作不当;
 - 气体泄漏、净化过程不当;
 - 进入密闭空间不当;
 - 失去控制和报警系统或无法正确操作(如控制阀被移除等);
 - 监测设备的功能失效或丧失(如仪表和可燃气体传感器);
 - 通风失效;
 - 公用设施功能失效(如仪表气源、氮气、冷却水和电力), 妨碍系统正常工作;
 - 难以进入高处和仪器后面的工作区域进行管道和布线施工;
 - 滞留和舱内液化天然气的汽化, 导致系统增压;
 - 隔离或净化失败, 导致产生或可燃气体环境的延续;
 - 使用规格不正确的维修备件;
 - 使用危险或有毒材料(如溶剂、油漆和油脂);
 - 拆除隔热层;
 - 流量不足或没有流量来保持空间净化或仪表操作正确;
 - 常规和保护或报警路线产生的新的流动/泄漏路径不可用(隔离);
 - 进入危险区;
 - 正常通道和逃生路线被破坏;
 - 人员和管理系统在维护过程中也可能出现故障(如人员缺乏专业知识或相应培训、汇报或沟通和监督不力、未能遵循程序或指示、使用不正确的工具、工作质量差等), 从而增加的风险源。

k) 前置风险、后置风险和残余风险通过LEC评价法计算，计算公示见式A.1。该方法通过计算与系统风险相关的三个因素指标值的乘积，以评估系统人员伤亡危险的程度。

$$D = L \times E \times C \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

D——危险带来的风险值；

L——发生事件的可能性；

E——人员暴露于危险环境中的频繁程度；

C——发生事件会造成的后果。

L、E、C的取值如表A.1所示。

表A.1 LEC 取值

	内容描述	分值
L	完全可以预料	10
	相当可能	6
	可能，但不经常	3
	可能性小，完全意外	1
	很不可能，可以设想	0.5
	极不可能	0.2
	实际不可能	0.1
E	造修周期内连续暴露	10
	造修周期内每天暴露	6
	造修周期内非连续性间断工作	3
	造修周期内每月1次暴露	2
	造修周期内偶尔暴露	1
	造修周期内罕见暴露	0.5
C	大灾害（9人以上死亡或重大设备全损）	100
	重大事故（3~9人死亡或重大设备停机3个月以上）	40
	严重事故（3人以下死亡或重大设备停机1个月以上）	15
	重伤（职业病或重大设备停机1周以上）	7
	轻伤或重大设备停机3天以上	3
	微伤或引人注意	1

