

指南编号/Guideline No.T-08(202502)



T-08

再液化装置

生效日期/Issued date: 2025 年 2 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间：新编

本版本主要修改内容：无

目 录

1 适用范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语及定义.....	4
4 图纸资料.....	5
5 技术要求.....	6
6 原材料及零部件.....	7
7 型式试验.....	8
8 单件/单批检验.....	9

再液化装置

1 适用范围

本指南适用于载运或使用液化天然气船舶的逆布雷顿制冷循环、混合工质节流制冷循环再液化装置。再液化装置用压缩膨胀一体机、热交换器、阀门等设备的相关要求详见本社其他指南。

2 规范性引用文件

2.1 本指南采用的认可和检验依据如下：

- (1) CCS 《钢质海船入级规范》
- (2) CCS 《材料焊接规范》
- (3) CCS 《散装运输液化气体船舶结构与设备规范》
- (4) 《国际散装运输液化气体船舶构造和设备规则》及其修正案
- (5) CCS 《船舶应用天然气燃料规范》
- (6) API617 石油、化学和气体工业用轴流、离心压缩机及膨胀机-压缩机
- (7) API 619 《石油、化工和气体工业用螺杆压缩机》

3 术语及定义

上述检验依据中所确定的术语及定义适用于本指南。为编写及使用方便，本指南直接引用或补充下列定义。

3.1 再液化装置：使液货舱的蒸发气（BOG）被液化或液货舱的液态天然气（LNG）被深冷后重新输送回液货舱的装置。主要有两种系统：①氮氦膨胀制冷系统一般包含：压缩机、压缩膨胀一体机（逆布雷顿循环）、电气控制系统、热交换器、冷箱、阀门、仪表、管系等。②混合工质节流制冷系统一般包括压缩机、冷却器、换热器、气液分离器、节流阀、冷箱、电气控制系统、阀门、仪表、管系等。

3.2 压缩膨胀一体机：以逆布雷顿循环原理进行膨胀做功并辅以同轴电机驱动，使压缩叶轮具有足够的能力对工质进行压缩并使工质从膨胀叶轮处获得所需低温冷量的电驱式磁悬浮压缩膨胀一体机。

3.3 冷量：单位时间内，在额定工况下 BOG 或者 LNG 流经再液化装置后

的焓值变化。

3.4 功耗：单位时间内，在额定工况下再液化装置的总功耗。

4 图纸资料

下列图纸资料应提交审查

4.1 下列图纸资料应提交中国船级社批准：

- (1) 产品主要性能规格表（包括申请认可产品的产品型号、最大许用压力、冷量、功耗、工作介质、工作介质流量等）；
- (2) 再液化系统原理图；
- (3) 总布置图；
- (4) 管道仪表图；
- (5) 控制系统图；
- (6) 监控报警原理图；
- (7) 主要零部件图；
- (8) 主要零件材料理化性能一览表；
- (9) 设备清单；
- (10) 型式试验大纲。

4.2 下列图纸资料应提交备查：

- (1) 工艺流程图及主要工艺文件（焊接工艺及热处理等（如适用））；
- (2) 设计计算书（应包含冷量计算书、管路应力计算书，管系壁厚计算书，结构强度计算书等）；
- (3) 产品说明书、铭牌和出厂合格证样本（如用于国际航行船舶，应提供中/英文双语版本）；
- (4) 风险分析报告。

4.3 认可图纸/资料应至少包括如下内容：

- (1) 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人

员、主要产品、隶属关系、产品商标等；

- (2) 申请认可产品明细；
- (3) 主要生产设备清单；
- (4) 主要检测设备清单；
- (5) 申请认可产品的简要生产工艺；
- (6) 质量管理文件或质量体系证书；
- (7) 企业注册登记证明；
- (8) 资质证明和/或生产许可证，如适用；
- (9) 产品质量证明书或合格证样本；
- (10) 质量控制计划，如适用；
- (11) 合格供方清单，如适用。

5 技术要求

5.1 材料要求

5.1.1 材料选用应考虑接触介质的腐蚀性，并与其最大工作压力和温度相适应。其材料除满足本指南要求外，尚应满足本社《材料与焊接规范》和/或《散装运输液化气体船舶结构与设备规范》、《船舶应用天然气燃料规范》以及相关指南的要求。若采用新型材料，应提交相关资料批准，必要时可要求进行特殊的试验。

5.2 联接管路要求

联接管路焊接应进行焊接工艺评定，应按本社接受的标准进行无损探伤，之后以 1.5 倍最高工作压力进行水压试验或者以 1.25 倍最高工作压力进行气压试验，再以最高工作压力进行密性试验。

- (1) 管路尽量采用焊接型式，而尽量减少使用法兰连接；应采用防吹出型垫片（不锈钢螺旋缠绕带凸台型）。
- (2) 输送货物管系还应有可靠的电气连接。
- (3) 对于存在泄漏风险的位置（如货泵轴封处和法兰处等），应在其下方设置承滴盘。

- (4) 管路应进行有效的热隔离，防止冻伤或烫伤，同时避免出现结霜结露现象。所使用的绝热材料至少达到低播焰性要求。

5.3 电动机、变频器、电气控制箱要求

电动机、变频器、电气控制箱应满足本指南引用标准的相关技术要求；电控箱的技术要求应满足《散装运输液化气体船舶结构与设备规范》以及适用指南的要求。

5.4 压缩机技术要求

压缩机技术要求应满足本社规范、指南和接受的标准，叶轮超速试验、动平衡试验应满足本社接受的标准的要求。轴应按本社接受的标准进行无损探伤。轴承选用应满足相关适用标准要求；应考虑到同介质的相容性以及强度、导热系数、热膨胀率等因素，并配备轴承温度传感器。

5.5 管路和附件材料选择

管路和附件材料选择应满足 5.1 条要求；粗滤器应有压差显示；仪器仪表选用应符合相关技术标准要求，电器设备应满足防爆要求。

5.6 介质相容要求

用于再液化的制冷工质或助剂应与其相接触的燃料相容（不会引起有害反应或产生过度腐蚀性物质）。另外，如使用多种制冷工质或助剂并可能互相接触，其应彼此相容。

5.7 密封系统监测

应配备有相应的监测手段以确认密封系统的可靠性，如通过压差传感器进行监测。

5.8 再液化系统废气处理

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，这些废气尽实际可行在不向大气排放的情况下进行处理。

5.9 应急关断（ESD）系统设计要求

再液化装置应急关断（ESD）系统设计应满足《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 18 章表 18.1 及《船舶应用天然气燃料规范》要求。

6 原材料及零部件

6.1 主要零部件

压缩机、压缩膨胀一体机、冷箱、阀门，热交换器（板式、板翅式、管壳式、绕管式等），电动机，变频器、电气控制箱、低温钢管（适用天然气及混合工质）及附件应持有本社产品证书，电气类产品有防爆要求的应持有产品证书（含防爆要求）和/或防爆证书。膨胀接头要持有本社型式认可证书。

6.2 原材料要求

有关材料要求应满足中国船级社《材料与焊接规范》、《散装运输液化气体船舶结构与设备规范》，适用指南、标准的有关规定，以及适用船用环境条件的要求。

7 型式试验

7.1 典型样品的选取

认可时，每个型号/规格应进行型式试验。

7.2 型式试验项目

7.2.1 气密性试验

应对再液化装置的制冷工质气体回路及液化天然气或 BOG 回路进行气密性测试，测试压力应为 1.0 倍设计压力（如采取等效措施，应经验船师同意），对所有焊接、设备连接等部位用检漏仪进行检测，满足设计要求。

7.2.2 管路气压试验

应对再液化装置的制冷工质回路、液化天然气或 BOG 回路进行气压试验，测试压力为 1.25 倍设计压力，检查制冷工质回路、液化天然气或 BOG 回路各部位无变形、无泄漏、无异常则视为合格。

7.2.3 管路吹扫试验

通过充注口向管路中充注氮气等相似气体进行吹扫，使用仪器检测出口气体露点及含氧量。当气体露点不高于 -40°C ，天然气管路含氧量不超过 2%时，视为管系中不含有空气或其他杂质气体。

7.2.4 冷却水管路系统水压试验

应对冷却水管路进行水压试验以检验强度及严密性。水压测试压力应为 1.5 倍最大工作压力，保压时间不少于 10min，冷却水管路无异常，联接处无破损泄漏。

7.2.5 运行试验

对每种设计运行模式（一般为预冷模式，冷却模式，暖机模式）进行实际功能验证试验，结果应达到相应的设计工况标准。

冷却模式运行试验，如制造厂不具备试验条件，应提交等效方案并经实船验证。

7.2.6 绝缘电阻测试

应对再液化装置进行冷、热态绝缘电阻测试，测试结果满足本社批准技术文件要求。

7.2.7 性能试验

- (1) 应将再液化装置调整至额定转速下，运行 1 小时或达到稳态运行后测试和记录流经再液化装置的 LNG 流量、进出口温度和压力及膨胀机/节流阀进出口温度和压力，并计算额定工况下再液化装置输出的冷量。
- (2) 再液化装置应具有变工况能力。通过转速调节或其他措施调节系统工况，改变再液化装置的流量与膨胀机/节流阀出入口温度、压力，以满足再液化装置 0~100%的冷量需求。试验时，可按制造厂安排对空载，25%，50%，75%，100%负荷等线性变化进行测试，记录相关测试数据。

7.2.8 安全保护及报警装置试验

按本社批准的安全保护措施，至少包含再液化装置压缩机吸气压力低、吸气温度高；压缩机出口压力高/低，冷却水压力低，冷却水温度高，冷箱温差高（如适用），供油压差低（如适用），出口温度高/低，供油温度高/低（如适用），过滤器压差高，气液分离器液位高（如适用）等报警装置试验；应急关断 ESD，安全阀效用试验等停机保护效用试验。并根据风险评估要求增加相应试验。

8 单件/单批检验

8.1 签发船用产品证书的检验应在制造厂业已完成规定的检验/试验并合格已达到可交付状态的情况下进行。

8.2 对获得中国船级社型式认可的制造厂的产品单件/单批检验包括：

- (1) 气密性试验;
- (2) 管路气压试验;

- (3) 管路吹扫试验;
- (4) 冷却水管路系统水压试验;
- (5) 运行试验;
- (6) 绝缘电阻测试;
- (7) 安全保护及报警装置试验。

8.3 对未获得中国船级社认可的制造厂的产品单件/单批检验应包括:

- (1) 申请方应按照本章第 4 条的要求,向中国船级社提交图纸/技术资料;
- (2) 首次产品检验应进行型式试验,型式试验项目见本章第 7.2 条;
- (3) 对已经进行型式试验的产品,后续产品检验时,出厂试验按照本章 8.2 条的要求进行。