



指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD16-2016

中国船级社

C 型液货舱 LNG 运输船建造检验指南 (2016)



生效日期：2016 年 11 月 1 日

目录

第一章 总则.....	5
第一节 适用范围.....	5
第二节 附加标志.....	5
第三节 有关公约与规范要求.....	5
第四节 检验方法.....	6
1.4.1 巡检.....	6
1.4.2 现场见证.....	6
1.4.3 审查.....	6
第五节 现场文件审查.....	6
第二章 船体结构.....	8
第一节 船体结构布置.....	8
2.1.1 一般要求.....	8
2.1.2 液货舱结构形式.....	9
第二节 特殊区域.....	9
2.2.1 气室开口区域.....	9
2.2.2 鞍座.....	11
2.2.3 止浮装置.....	12
2.2.4 横向限位装置.....	13
2.2.5 艏部结构.....	15
第三节 船体结构关键位置.....	16
第四节 平整度（货舱内表面）.....	20
2.4.1 货舱分段内表面平整度.....	20
2.4.2 货舱分段总组和坞内搭载内表面平整度.....	20
2.4.3 最终平整度.....	20
第五节 船体无损检测.....	20
2.5.1 无损检测计划审批.....	20
2.5.2 无损检测数量和位置.....	21
2.5.3 无损检测标准.....	22
2.5.4 无损检测原则.....	22
第三章 C型独立液货舱 LNG 运输船货物围护系统.....	24

第一节	概述	24
第二节	焊接工艺评定	24
第三节	液罐及部件	25
第四节	液罐安装检验	28
3.4.1	吊装方式	28
3.4.2	独立液货罐的落座安装检验	28
第四章	C型独立液货舱 LNG 运输船货物处理系统	31
第一节	概述	31
第二节	货物处理系统管系	31
4.2.1	车间（内场）管系	31
4.2.2	船上（外场）管系	32
第三节	液货区域电缆及电气设备的检验要求	35
4.3.1	液货区域划分的特点及检验要求	35
4.3.3	电气设备的布置要求及检验要求	40
第四节	货物操作系统主要设备	41
4.4.1	惰性气体发生装置（PSA）系统	41
4.4.2	深井泵	42
4.4.3	燃气泵	43
4.4.4	货物（BOG）压缩机	44
4.4.5	水-乙二醇冷却系统	45
4.4.6	水-乙二醇加热系统	45
第五节	液货区域安全保护系统检验要求	45
4.5.1	压力释放阀	46
4.5.2	装载限制	47
4.5.3	应急关断系统	51
4.5.4	危险气体探测系统	53
4.5.5	水雾喷淋系统	54
4.5.6	消防管系	56
4.5.7	干粉灭火系统	57
第六节	液货区域通风	58
4.6.1	船员经常进入的作业空间	58
4.6.2	船员不经常进入的空间	59

第五章 气体试验和试航	59
第一节 气体试航	59
5.1.1 总则	59
5.1.2 气体试验应用系统与准备	60
5.1.3 气体试航期间的货物操作系统试验	63
5.1.4 气体置换	63
5.1.5 液罐冷却	64
5.1.6 装货	65
5.1.7 液货泵实效试验	65
5.1.8 BOG 压缩机供气系统试验	67
5.1.9 强制蒸发器供气系统试验	68
5.1.10 强制蒸发器加 BOG 压缩机组合供气试验	69
5.1.11 岸站卸货	69
5.1.12 应急卸货	70
5.1.13 升温	71
5.1.14 惰化和通风	71
5.1.15 双燃料发动机的气体试验	72
第二节 第一次装货和卸货操作	73
附录 1 C 型独立液货舱 LNG 运输船液货系统检验项目表	75

第一章 总则

第一节 适用范围

1.1.1 本指南适用于不论吨位大小(包括 500 总吨以下)具有双层底、顶边舱、底边舱、单甲板和横舱壁,且机舱位于艏部,采用 C 型独立液货舱载运散装液化天然气,液货舱结构件尺寸的设计按最大蒸气压力确定的无限航区船舶。

1.1.2 本指南对船舶共同特征部分的检验应遵循 CCS《钢质海船入级规范》、《材料与焊接规范》、《国际散装运输液化气体船舶构造与设备规范》和造船技术规格书中约定的其它标准。

第二节 附加标志

对符合本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求的 C 型独立液货舱 LNG 运输船,可授予 LNG Carrier 附加标志,如:

★CSA LNG Carrier; Type 2G; Type C Independent Tank; Max. Vapour Pressure 0.35 MPa;
Minimum Cargo Temperature -164°C; ERS

★CSM AUT-0

第三节 有关公约与规范要求

C 型独立液货舱 LNG 运输船设计、建造和检验需满足以下最新有效的公约、规则与规范的相关要求:

- (1) CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》;
- (2) CCS《钢质海船入级规范》及其修改通报;
- (3) CCS《材料与焊接规范》及其修改通报;
- (4) IMO《1974 年国际海上人命安全公约》及其修正案;
- (5) IMO《1978/1983 年防污染公约》及其修正案;
- (6) IMO《经 1988 年议定书修订的 1966 年国际载重线公约》;
- (7) IMO《国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则》及其修正案;
- (8) IMO《1969 年国际船舶吨位丈量公约》;
- (9) IMO《2008 国际完整稳性规则》;
- (10) CCS《液货船危险区域划分和电气配备指南》;
- (11) CCS《双燃料发动机系统设计与安装指南》;
- (12) GB150《压力容器》;
- (13) 船旗国主管机关的其它有关法定要求;
- (14) 其它相关要求。

第四节 检验方法

1.4.1 巡检

为确认 C 型独立液货舱 LNG 运输船在建造过程中的适用过程、活动和相关的文件持续地符合船级和法定要求所进行的独立和非预定的验证活动，从而通过巡回检查的方式，对建造材料流程、制造工艺实施、重要结构节点等建造过程进行控制。

1.4.2 现场见证

根据认可的交验项目清单的要求现场参与船舶建造流程范围内规定的预定检验项目，以核查是否满足检验要求。C 型独立液货舱 LNG 运输船的检验项目表见附录 1。

1.4.3 审查

为确定其可追溯性和真实性，并确认过程持续地满足船级和法定要求所进行的文件检查活动。

第五节 现场文件审查

1.5.1 现场需要审查如下文件：

- 1) 设备和材料证书清单；
- 2) 对外交验项目清单（船舶建造检验报验项目表）；
- 3) 液化气系统对外交验项目清单；
- 4) 船体焊接基本规程；
- 5) 焊接基本规格；
- 6) 船体焊缝无损探伤标准；
- 7) 船体焊缝无损探伤部位图；
- 8) 船体密性试验图；
- 9) 工艺孔布置图；
- 10) 倾斜试验大纲；
- 11) 系泊试验程序；
- 12) 航行试验程序；
- 13) 气体航行试验程序。

1.5.2 现场审查文件关注点

1.5.2.1 设备和材料证书清单

对液货系统探测/测量设备如液位传感器、温度控制阀等小部件，需要提供船级社产品证书。

1.5.2.2 对外交验项目清单

参照常规船舶部分。

1.5.2.3 液化气系统对外交验项目清单

所有液货设备都应进行验证。

1.5.2.4 船体焊接基本规程

需要注意所列焊接工艺是否覆盖整个船体建造部位，特别是鞍座、止浮装置、纵向限位等船体高应力区一般采用高等级高强度钢，而要注意是否有相应的焊接工艺覆盖。

1.5.2.5 船体结构焊接基本规格表

需要注意在船体建高应力区域，特别是鞍座、止浮装置、纵向限位等构件，其角焊缝坡口应按照批准的节点详图进行；对于在双层底纵桁因布置原因在鞍座和纵向限位处中断，其与肋板角焊缝应采用熔透节点。

1.5.2.6 船体焊缝无损探伤标准

需要注意对于处于液货舱位置的鞍座、止浮装置、纵向限位等构件，由于承受高应力，应 100%无损探伤。

1.5.2.7 船体焊缝无损探伤部位图

需要注意事项与 1.5.2.6 相同。

1.5.2.8 船体密性试验图

若对于强度试验应注意压头高度。

1.5.2.9 工艺孔布置图

应注意焊缝终止于角隅切点外 100mm。

1.5.2.10 倾斜试验大纲

倾斜试验应在液罐完整安装后，并注意液罐内部处于完工状态；同时其余液舱应全空或者全满。

1.2.5.11 系泊试验程序

根据 IGC code，液货船消防管系应在消防栓处保持至少 0.5 MPa 压力，水消防系统在此压力条件下进行试验。

1.2.5.12 航行试验程序

船舶装备若有全回转装置，无常规舵叶，但仍需进行操舵试验。

1.2.5.13 气体航行试验程序

应特别关注露点、冷点的测量，以及冷罐后液罐位移量和货围管系偏移量。

第二章 船体结构

第一节 船体结构布置

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 C型独立液货舱 LNG 运输船的上甲板由艏部延伸至艉部甲板室，甲板以下由数道横舱壁，将主船体分隔成数个舱段。典型的 C 型独立液货舱 LNG 运输船自艏至艉一般有：

- (1) 艏尖舱，水手长储藏室；
- (2) 艏侧推/应急消防泵舱，艏部压载水舱，锚链舱，氮气发生器室/艏液压泵站室等；
- (3) 货物区域：

① 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船上该部分的整个长度和宽度范围内的甲板区域；

② 数道水密横舱壁将货物区域分为数个货舱处所，每个货舱处所为一个由船体结构封闭的区域，C 型独立液货舱安装在货舱处所内；

③ 货舱区船底部分由内底板和船底外板构成货舱区的双层底，C 型独立液货舱 LNG 运输船沿船长中心线布置管弄，管弄以外的双层底区域为压载水舱；双层底与舷侧通过底边舱连接，底边舱用作压载水舱且与双层底压载水舱连通；

④ 货舱区舷侧和上甲板间设连续的顶边舱；货舱区两舷的顶边舱布置淡水舱、空舱和压载水舱。

- (4) 机舱：

位于货物区域舱的后方，机舱内设有各种必需的油柜，机舱下方的双层底下设置液舱或空舱；

- (5) 艉尖舱、缆绳舱/艉液压泵站。

2.1.1.2 任何起居处所、服务处所或控制站不应位于货物区域内，并将起居处所、服务处所或控制站面向货物区域的舱壁布置成为能够避免仅因甲板或舱壁的单一破损而导致货物舱气体进入这些处所的情况发生。

2.1.1.3 起居处所，服务处所、机器处所和控制站入口、空气进口和开口不应面向货物区域，它们应设置在不面向货物区域的端壁上，或设置在上层建筑或甲板室的外侧壁上。这些开口离开面向货物区域上层建筑或甲板室的端壁之间的距离至少应为船长的 4%，且不小于 3m，但不必超过 5m。

2.1.1.4 船舶的开孔、舱口或人孔以及通道应符合 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章第 12 节的规定。

2.1.1.5 船舶在液货舱上方及下方指定的通道应满足如下规定：

(1) 如验船师要求在所检查的表面（平面或曲面）与结构件如甲板梁，扶强材，肋骨，桁材之间通过，则此表面与结构件自由边缘之间的距离应至少为 380 mm。在检查的表面与

结构件所安装的表面诸如甲板，舱壁或船壳之间的距离，如为曲面（如 C 型独立液货舱），应至少为 450 mm，如为平面舱壁，则应至少为 600 mm；

(2) 应满足 IACS UIGC6 的统一解释。

2.1.2 液货舱结构形式

2.1.2.1C 型独立液货舱 LNG 运输船液货舱区域的各甲板骨架、船底骨架和内底骨架为纵骨架式，舷侧为横骨架式。货舱区域以外的船体结构可为横骨架式或纵骨架式。纵骨架式与横骨架式之间应有良好的过渡。

2.1.2.2 C 型独立液货舱 LNG 运输船设计载运 LNG，LNG 装载在数个 C 型独立液货舱内，大部分为双叶（bi-lobe）液罐，货物围护系统设计温度为-164℃，液货舱舱顶设计压力由液货舱结构件尺寸所承受最大蒸气压力确定，属 2G 型船。货舱底部的双层底上设置鞍座挡板及防横摇结构，货舱顶部及舷侧设置防横摇及止浮结构。

2.1.2.3C 型独立液货舱位于由双层底、底边舱斜板、顶边舱斜板、船壳和上甲板围成的空舱内。

2.1.2.4C 型独立液货舱 LNG 运输船的典型中横剖面 and 构件名称如图 2.1.1 所示。

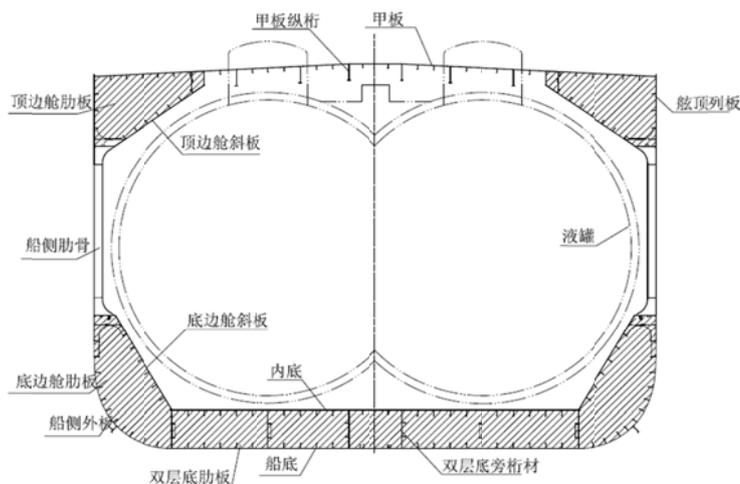


图 2.1.1 典型中横剖面

第二节 特殊区域

2.2.1 气室开口区域

2.2.1.1 气室区域型式

一般 C 型独立液货舱 LNG 运输船每个货舱上甲板上左右对称各开一个气室圆孔，直径根据液货系统的气室大小而设计；所在气室区域的甲板应根据温度场计算来选取钢级，下面的横梁、纵桁和纵骨等加强结构予以考虑，其中横梁、纵桁的端部与气室下的圆形加强结构间一般采用全焊透焊接。如下图 2.2.1 所示。

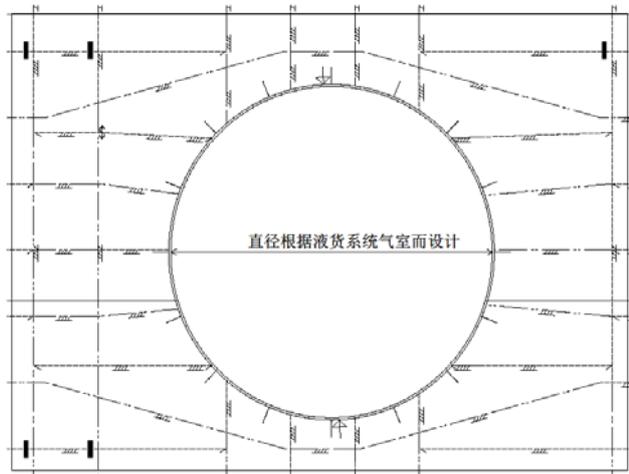


图 2.2.1 气室区域的甲板结构图

气室围壁与上甲板焊接，并与甲板下的加强结构对齐。围壁上面板按照角度开螺栓孔，与液罐上的 DOME 环形面板对应，两面板间为竖 M 型密封圈，螺栓固定，保证液货舱密封，如图 2.2.2 为气室围壁图。



图 2.2.2 气室围壁图

2.2.1.2 气室结构的检验要点

- (1) 甲板通常设置梁拱，会影响气室结构的准确安装，因此应注意甲板斜面的平整度检验；
- (2) 为保证螺栓孔安装位置，气室围壁结构顶部面板检验时应注意平整度验收；
- (3) 气室结构与甲板下加强结构应对齐；

(4) 气室结构完工后应进行总体尺寸测量。

2.2.2 鞍座

2.2.2.1 鞍座结构型式

鞍座结构是 C 型独立液货舱 LNG 运输船最为关键的液货舱支撑结构，目前主要有两种鞍座型式。一种是常规的圆环型鞍座，与船体结构为一体，两侧圆弧足够大和 C 型独立液货舱液罐匹配，如图 2.2.3 所示；另一种为平底型鞍座由货舱内底板上的前后纵向限位挡板和横向限位装置组成，如图 2.2.4 所示。这两种鞍座型式都是在每个货舱设置一个固定端和滑动端。

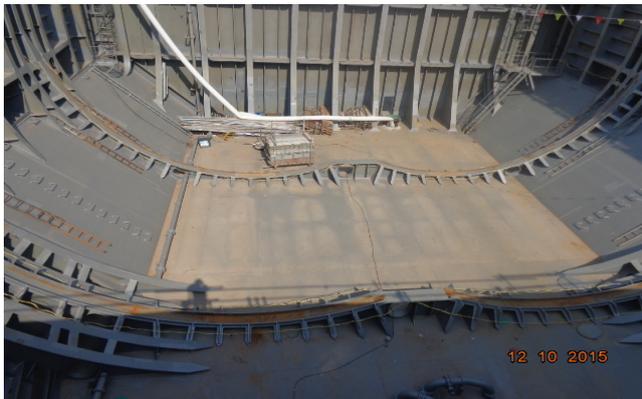


图 2.2.3 圆环型鞍座布置



图 2.2.4 平底型鞍座布置图

2.2.2.2 鞍座结构的检验要点

(1) 鞍座结构在其制造前，首先应提交相关的焊接规格表等文件进行审查。鞍座特别是平底型鞍座的腹板与面板、内底板/船底板、内纵壁的焊接应采用全焊透填角焊，其余鞍座结构的填角焊应为全焊透/深熔焊，以上焊缝均应采用相应等级的低氢焊丝/焊条，如图 2.2.5 和图 2.2.6 所示。

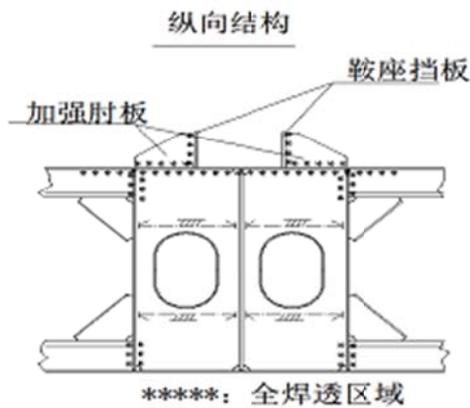


图 2.2.5 平底型鞍座节点图

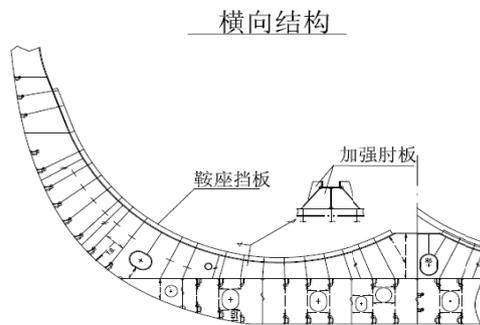


图 2.2.6 圆环形鞍座节点图

(2) 鞍座的各构件尺寸较厚，角焊缝要求较高，制作过程中焊接热输入量大，会产生大的焊接应力，且焊接变形不宜控制，所以一般应在内场制造完工后作为整体部件在分段完工阶段安装，以减少装、焊应力对货舱结构的影响；

(3) 鞍座腹板上任何开孔及加强措施，应符合批准的鞍座结构图要求；

(4) 鞍座在货舱内安装时，应严格控制鞍座结构腹板及所有支撑肘板与船体相关构件对齐情况，必要时在定位装配完成后进行安装和焊前报验；

(5) 鞍座结构装船完工后应进行总体尺寸测量。

2.2.3 止浮装置

2.2.3.1 止浮装置型式

在鞍座固定端和滑动端位置处，舷侧顶边舱下均设有止浮装置。如图 2.2.7 和图 2.2.8 所示。止浮装置由平台和强力肘板支撑组成。止浮装置与顶边舱斜底板及平台板间一般均采用全焊透/深熔焊，顶边舱内的相应肋板厚度局部增加，构件材质选用高等级韧性钢材，肋板与下面的止浮装置板对齐。止浮装置与强肋骨间一般为全焊透/深熔焊，装置平台板根据液罐高度定位，平台与液罐间塞入层压木，浇注环氧固定。

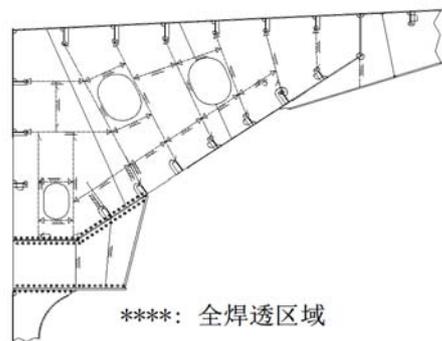


图 2.2.7 止浮装置全焊透节点图

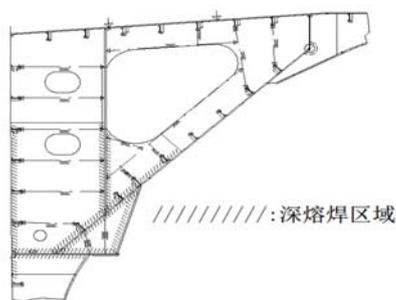


图 2.2.8 止浮装置深熔焊节点图

2.2.3.2 止浮装置的检验要点

(1) 止浮装置是 C 型独立液货舱 LNG 运输船的重要结构，在其制造前，首先应提交相关的焊接规格表等文件进行审查。止浮装置的腹板与面板，以及与斜顶板和外板的焊接应采用全焊透/深熔焊填角焊，以上焊缝均应采用相应等级的低氢焊丝/焊条。

(2) 由于止浮装置的构件尺寸较厚，角焊缝要求较高，制作过程中焊接热输入量大，会产生大的焊接应力，且焊接变形不宜控制，所以一般应在其部件制造完工后作为整体部件在分段完工阶段安装，以减少装、焊应力对货舱结构的影响。

(3) 腹板上任何开口及加强措施，应符合批准的结构图要求。

(4) 在货舱内安装时，应严格控制结构腹板及所有支撑肘板与船体相关构件对齐情况，必要时在定位装配完成后进行安装和焊前报验。

(5) 止浮装置装船完工后应进行总体尺寸测量。

2.2.4 横向限位装置

2.2.4.1 横向限位装置型式

横向限位装置是平底型鞍座特有的结构形式，分为液罐底部限位结构和液罐顶部限位结构。

(1) 液罐底部鞍座的固定端和滑动端的前后各设一对横向限位装置，底部横向限位装

置以船中线对称布置，结构如图 2.2.9 所示。为了防止液罐横摇，鞍座底部插入到两个限位装置之间，用层压木进行连接。防横摇的层压木安装于围框内，外面包有一层不锈钢皮，与液罐鞍座上的层压木紧密贴合，两木头间产生摩擦力控制液罐位移。横向限位装置结构的钢板为高强钢，下口与内底板之间为全焊透。对应下面的加强结构为内底横梁及肋板，区域内的横梁、肋板与内底板间也为全焊透。安装层压木的围框和木头紧密贴合后，层压木与围框板间通过环氧连接。

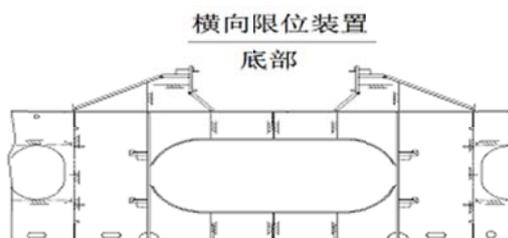


图 2.2.9 底部横向限位装置

(2) 每个货舱的液罐顶部的前后各设置一对横向限位装置，结构形式类似于底部的横向限位装置，以船中为中心线布置，采用高强钢，结构如图 2.2.10 所示。与横向限位装置相连接的甲板横梁面板，及与甲板纵桁的连接都是采用全焊透的焊接方式，由于结构的构件尺寸较厚，大部分采用开坡口焊接，如图 2.2.11 所示。



图 2.2.10 液罐顶部限位装置

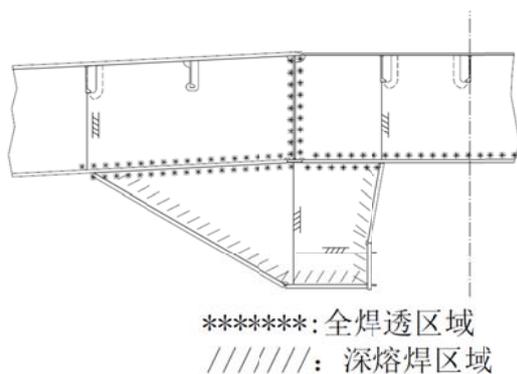


图 2.2.11 液罐顶部限位装置焊接节点

2.2.4.2 横向限位装置的检验要点

(1) 横向限位结构在其制造前，首先应提交相关的焊接规格表等文件进行审查，底部横向限位装置腹板与内底板，甲板横梁面板和顶部横向限位装置腹板焊接应采用全焊透填角焊，其余结构的填角焊应为全焊透/深熔焊，以上焊缝均采用相应等级的低氢焊丝/焊条。

(2) 横向限位装置各构件尺寸较厚，角焊缝要求较高，制作过程中焊接热输入量大，会产生大的焊接应力，且焊接变形不宜控制，所以一般应在制造完工后作为整体部件在分段完工阶段安装，以减少装、焊应力对货舱结构的影响。

(3) 横向限位装置腹板上任何开孔及加强措施，应符合批准的横向限位装置结构图要求。

(4) 横向限位装置在货舱内安装时，应严格控制其结构腹板及所有支撑肘板均应与船体相关构件对齐情况，一般在定位装配完成后进行安装和焊前报验。

(5) 横向限位装置在装船完工后应进行总体尺寸测量。

2.2.5 艏部结构

2.2.5.1 艏部结构型式

C型独立液货舱 LNG 运输船艏部通常有两种形式，一种为常规的轴舵系布置，另一种为 360 度全回转推进器作为推进系统，分别如下图 2.2.12 和 2.2.13 所示。

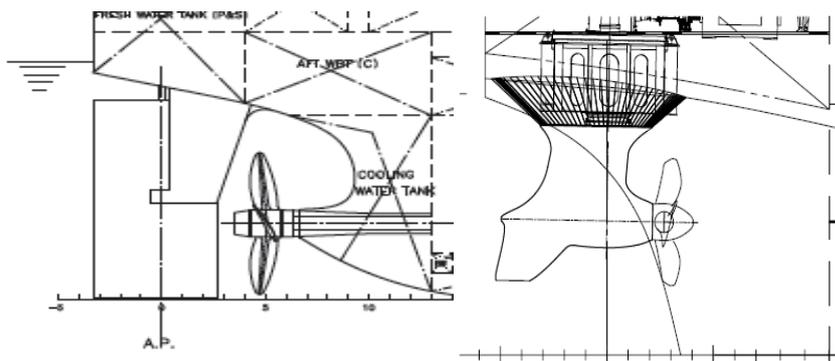


图 2.2.12 常规轴舵系布置

图 2.2.13 全回转推进器布置

2.2.5.2 全回转艏部结构

(1) 结构布置

采用全回转推进器的船舶一般设有左右对称的电力推进器舱，中间布置液压泵站。底层最外侧为对称的艏压载舱结构，往船舳的左右对称平台为推进器设备安装平台，平台上开圆形孔，推进器设备的上体从平台圆孔贯穿至外板外，正中间平台与艏部外板间形成狭长的分水踵结构，为空舱。具体如图 2.2.14 所示。

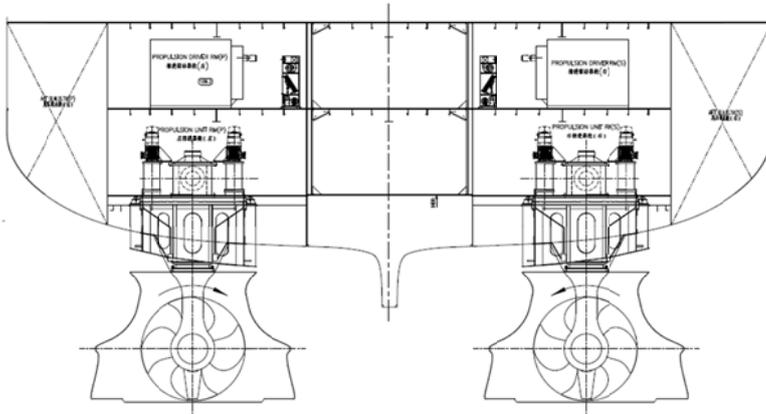


图 2.2.14 全回转船艉结构

(2) 艉部结构检验要求

①推进器中间筒体的加强肘板需与推进器基座平台下的加强肘板对齐。由于筒体贯穿内底及外板，需要在内底板上及外板上开孔，应严格控制开孔精度。设备筒体与基座平台和外板的焊接为对接焊，且焊接间隙要求较高，需按照工艺严格把控，减少变形，并对焊缝进行探伤检验。

②推进器的中间部分筒体安装需满足相关工艺要求。

③肘板与筒体的焊接采用全焊透填角焊，在安装时，应严格控制肘板定位使之与筒体内部肘板完全对齐，在定位装配完成后进行安装和焊前报验。如图 2.2.15 所示。

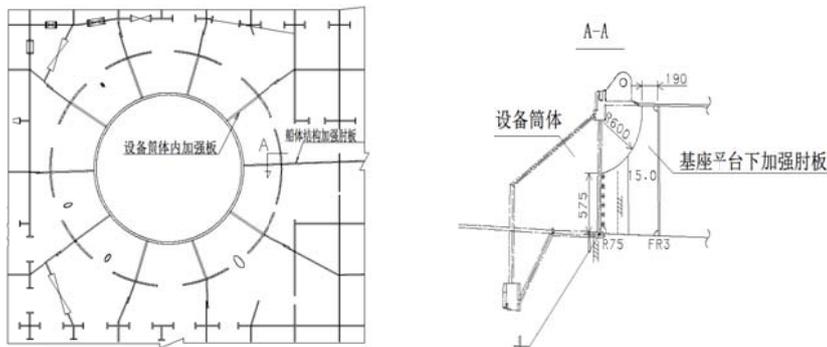


图 2.2.15 设备筒体加强结构图

④肘板安装完工后应进行总体尺寸校核。

2.2.5.3 常规推进艉部结构

常规推进艉部结构见钢规相关部分。

第三节 船体结构关键位置

2.3.1 船舶入级符号中若含有“CM”附加标志，则应按规范要求提供“船体关键区域建

造控制图”（或“建造精度控制图”）经审图认可；若入级符号中未包含“CM”附加标志，则现场验船师应对提供的“船体关键区域建造控制图”（或“建造精度控制图”）进行认可。

2.3.2 关键区域：系指通过规范规定、结构评估和营运经验而确定的那些较其周围结构具有更高失效概率的结构区域。

关键位置：系指关键区域内高应力或易发生裂纹、屈曲和变形等结构破坏的位置。

2.3.3C 型独立液货舱 LNG 运输船的关键位置如图 2.3.1：

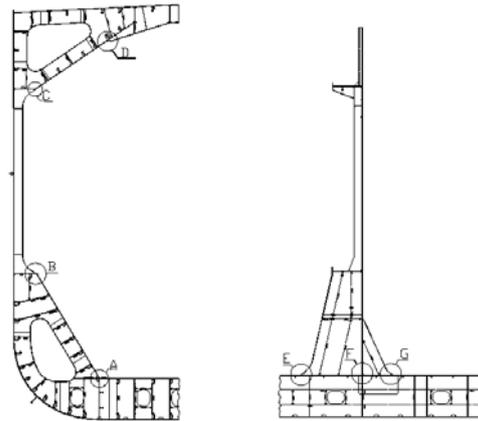


图 2.3.1 关键位置图

2.3.4 在船舶建造过程中对上述图中相关 CM(Construction Monitoring)节点的构件对中情况加以控制、交验和记录。验船师应要求船厂就上述区域的装配质量情况经检查后汇总，形成 **CM** 报告，并提交供验船师审核。

报告中精度控制检查表应至少包括以下内容：

- (1) 节点编号（如节点 A）；
- (2) 构件的位置（如某距舭 xxmm 的船底纵桁）；
- (3) 中心线偏差的计算值；
- (4) 允许最大偏差值；
- (5) 测量偏差值；
- (6) 测量点的位置（如某个大合拢的装配）；
- (7) 检查人员、测量人员、验船师及日期。

2.3.5 板材和构架对中的形式通常有两种，图 2.3.2 和图 2.3.3 两种对中形式，一般要求三板 (t_1 , t_2 , t_3) 中心线相交于一点，即最佳对中时，偏差值 $a=0$ 。考虑到板材厚度，几何布置等影响，部分节点的三板中心线可能不交于一点，而是存在一个初始偏差值 a_{design} ，（如图 2.3.4 中的 $a_{design}=A$ ）， a_{design} 一般在船厂生产设计中已予以考虑。

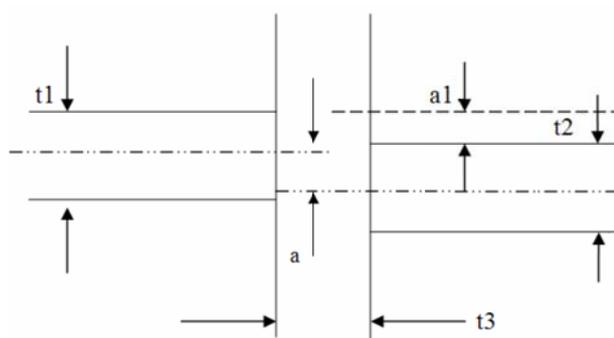


图 2.3.2 垂直对中形式

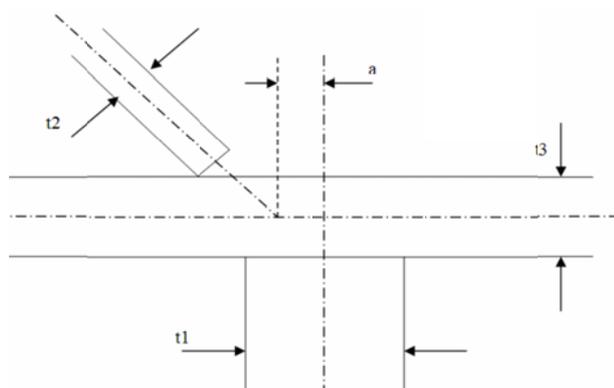


图 2.3.3 斜对中形式

2.3.6 装配中的对中测量就是用各种方法（施工中勘划背面构架线、参考线、检验线、使用形状样板等）测得实际的偏差值 a ，并保证装配是 a 处于可接受的范围。如图 2.3.4 安装构架的参考线应在 a_{max} 和 a_{min} 之间。偏差值 a 的取值范围一般由下式确定：

$$a \leq \min(t_1, t_2, t_3)/3 \text{ 且 } a \leq 5\text{mm}$$

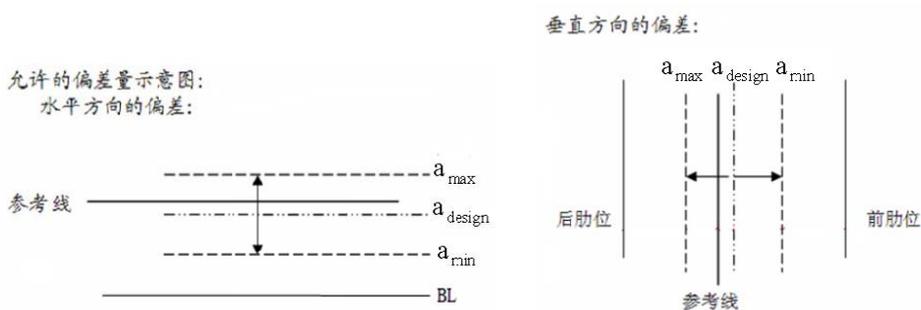


图 2.3.4 允许偏差示意图

2.3.7 一般情况下，板材和构架的装配对中度无法直接测量，需要通过勘划参考线或者使用特殊样板进行测量，一般有以下三种测量情况：

2.3.7.1 参考线测量法：如图 2.3.5 所示，在 t_3 两面勘划距离 t_2 理论线一定距离的参考线

(图中为 $100+t_2$)，在 t_1 构架对中时，测量线的范围应该在以参考线为基准的计算范围内 $[100-1/2(t_1-t_2) \pm a]$ 。

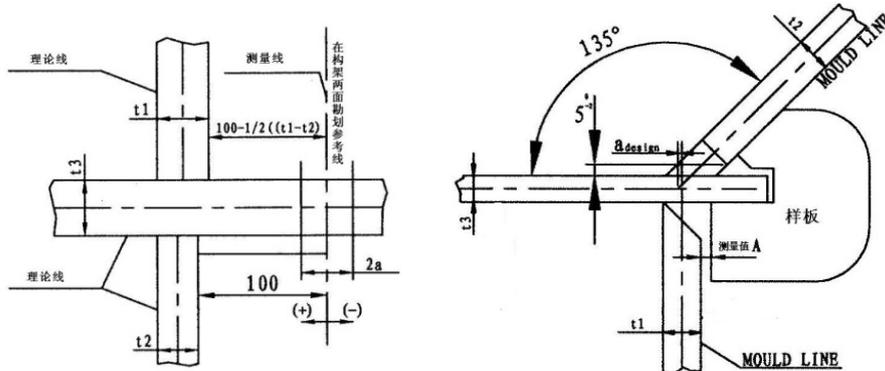


图 2.3.5 参考线测量法

2.3.7.2 样板测量法：如图 2.3.6 所示，根据三个构架的几何关系，制成样板，根据几何关系，计算出测量值 A 的范围。

2.3.7.3 参考线和样板结合测量法：如图 2.3.7 所示，在 t_3 两面勘划距离 t_2 理论线一定距离的参考线（图中为 100mm）。根据节点的几何关系制作特殊样板进行测量，在样板上勘划测量线，测量时测量线应该在以参考线为基准的一定范围内。

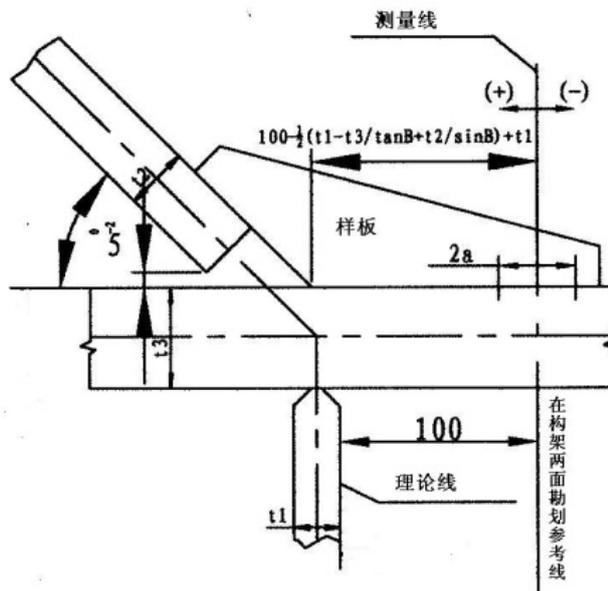


图 2.3.7 参考线和样板结合测量法

2.3.7.4 为方便测量和避开强框架，一般要求底边舱斜板和内底板处 CM 节点的测量卡板须放在非构架面的内底板上表面整肋位处，边舱斜板装配前内底板上应有相应的 100mm 参

考线（100M.K 线）样冲标记，否则无法准确测量 a_2 值，如图 2.3.8。

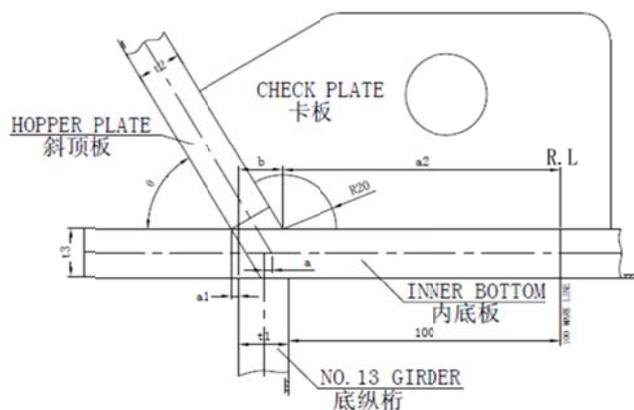


图 2.3.8 使用测量卡板测量

2.3.7.5 建议现场验船师提前与船厂设计部就 CM 节点的范围及卡板型式进行讨论确认，并在船舶开工前会议上，就 CM 节点的相关要求做重点说明，以提醒船厂相关部门引起重视。船厂精度管理部根据设计部“建造精度控制图”要求的 100M.K 线，完整反映到相关图纸上并做涂装保留要求。100M.K 线的样冲标记应在 CM 节点装配前完成作业，并向精度管理部提交报验。对后续作为测量依据用的 100M.K 线的样冲点，生产部门必须做好胶条等保护措施以便验船师进行确认。

第四节 平整度（货舱内表面）

2.4.1 货舱分段内表面平整度

在分段完工检验后，需要对涉及货舱分段货舱内表面平面进行平整度检查，以减少在货舱整体完工后的平整度矫正工作。

2.4.2 货舱分段总组和坞内搭载内表面平整度

在平台总组和船坞搭载后，如涉及货舱内表面合拢，需对货舱面合拢焊缝区域进行平整度检查，以减少在货舱整体完工后的平整度矫正工作。

2.4.3 最终平整度

由于分段的吊装、运输、舾装件的安装等一系列施工会在一定程度上改变货舱平整度，因此 2.4.1 和 2.4.2 的平整度检查并不能代表最终的检查结果，待整个货舱船体完工后，货物围护系统搭载前，需对平整度进行最终的检查和测量。

第五节 船体无损检测

2.5.1 无损检测计划审批

2.5.1.1 审批依据

船体焊缝无损探伤的数量、位置 and 标准，参照我社《材料与焊接规范》及其修改通报进行。

2.5.1.2 无损检测计划内容

无损检测计划至少包括下列内容：

- (1) 全船结构无损检测数量计算和具体检测部位图或表；
- (2) 各检测部位所采用的检测方法和相应的验收标准；
- (3) 相关方达成的无损检测协议；
- (4) 无损检测机构和无损检测人员资质证书复印件；
- (5) 无损检测设备的检修证书。

2.5.2 无损检测数量和位置

2.5.2.1 船体无损探伤的数量和位置

- (1) 船中 0.6L 范围内射线拍片数量及位置的确定：

船中 0.6L 范围内强力甲板和外板的射线拍片数量 n ，按下式计算：

$$n=0.16k(i+0.1WT)+0.04WL$$

式中：

k ——船中 0.6L 内板列的平均宽度， m ，可按下式计算：

$$k = \frac{\text{船中横剖面处的周长(开口除外)}}{\text{横剖面处见到的板列数}}$$

i ——船中 0.6L 内的纵、横向对接焊缝交叉处的总数；

WT ——船中 0.6L 内的横向对接焊缝的总长， m ；

WL ——船中 0.6L 内的分段合拢的纵向对接焊缝的总长， m 。

在《材料与焊接规范 2014 年（7 月）修改通报》生效前为：

$$n = 0.25(i + 0.1WT + 0.1WL) \text{ 张}$$

式中：

i ——船中 0.6L 范围内纵、横向对接焊缝交叉处的总数；

WT ——船中 0.6L 范围内横向对接焊缝的总长， m ；

WL ——船中 0.6L 范围内分段合拢的纵向对接焊缝的总长， m 。

如某 C 型独立液货舱 LNG 运输船的射线拍片数量经过计算如下：

$$n = 251 \text{ 张}$$

- (2) 在船中 0.6L 区域外船体强力甲板和外板，拍片数量约为 2.5.2.1 规定区域数量的 10%~20%，且允许采用适量的超声波检测方法进行检测。

2.5.2.2 船底、舷侧、甲板、底边舱和顶边舱纵骨的对接接头，在船中 0.4L 范围内每 10 个检查 1 个，0.4L 范围外每 20 个检查 1 个。

2.5.2.3 全船船中 0.6L 区域甲板边板与舷顶列板之间的全熔透角焊缝，100%长度采用超

声波检测；船中 0.6L 区域外甲板边板与舷顶列板之间的全熔透角焊缝，10%长度采用超声波检测。

2.5.2.4 铸件与船体结构钢的连接区域需要 100%采用超声波检测或者着色检测，其中全熔透焊缝还需要 100%采用超声波检测。

2.5.2.5 对于鞍座、止浮装置和横向限位装置本体，其全熔透焊缝还需要 100%采用超声波检测，并对相应区域船体结构的全熔透焊缝/深熔焊焊缝进行必要的探伤。

2.5.2.6 对于无损探伤计划汇总表，验船师应按照规范确认是否覆盖向关要求。

2.5.3 无损检测标准

验船师在开工前会议时就应对无损检测范围、适用的标准和验收标准（包括评片合格等级等）与有关方协商达成一致，并在会议纪要中列明。或者专门会议达成并共同签署无损检测适用和验收标准协议（无损检测公司、船厂、船东、验船师），并保留在船舶案卷中。

无损检测通常应满足 CCS《船舶焊接检验指南》第 7 章或公认的检测方法和验收标准的要求，如表 2.5.1：

表 2.5.1 无损检测验收标准及验收等级

射线检测/RT		超声波检测/UT		磁粉检测/MT		渗透检测/PT	
标准号	等级	标准号	等级	标准号	等级	标准号	等级
ISO 10675-1	1*/2	ISO 11666	2*/3	ISO 23278	2X	ISO 23277	2X
EN 12517-1	1*/2	EN ISO 11666	2*/3	EN ISO 23278	2X	EN ISO 23277	2X
CB/T 3558	II*/III	CB/T 3559	II*/III	CB/T 3958	II*/III	CB/T 3958	II*/III
JIS Z3104	II*/III	JIS Z3060	II*/III	----	----	----	----

表注：*用于重要区域，重要区域包括：

(1) 150 米及以上船舶，在船舫 0.4L 区域内的强力甲板、舷顶列板、舳列板、船底板、龙骨板、内壳顶列板和纵舱壁顶列板以及支撑这些板的主要构件的焊缝，可计入船体梁剖面模数的连续凸形甲板和连续纵向舱口围板以及支撑这些板的主要构件的焊缝；

(2) 外板和强力甲板上紧邻强力贯穿件位置的焊缝，例如挂舵臂、舵踵、桅柱等强力贯穿件，包括将其连接于主要构件的焊缝；

(3) 主要承受动态载荷的构件的焊缝，例如艉轴支架、舵踵、舵杆连接法兰（与舵叶本体之间）、以及主机座桁材上的焊缝。

如果无损检测采用的验收标准不是 CCS 已经接受的标准，则应按照采用社外标准的要求，上报主管部门审批同意后方可接受。无损检测通常应满足 CCS《船舶焊接检验指南》第 7 章或公认的检测方法和验收标准的要求。

2.5.4 无损检测原则

2.5.4.1 基本原则

(1) 船体结构中的全熔透对接焊缝宜用射线方法或超声波方法进行检测，全熔透的角

焊缝和 T 形焊缝宜用超声波方法进行检测；

(2) 船体结构中位于承受高应力循环载荷部位的焊缝，根据必要性增加适当数量的磁粉或渗透检测；

(3) 为增大检测的随机性，应对检测部位进行适当的调整；

(4) 射线检测的布片密度应按钢材的材料级别从高到低递减；

(5) 纵横向对接焊缝交叉处的布片方向应平行于横向对接焊缝；

(6) 纵、横向对接焊缝交叉处的总数，包含所有十字接头、丁字接头（偏安全考虑）；

(7) 强受力部位布片应适当密集，如舷顶列板、舳部板和龙骨板；

(8) 全焊透焊缝应做适当的抽查以验证焊接质量；

(9) 船体结构中规范要求全焊透的角焊缝，如：

① 典型剖面图和基本结构图中批准需要全焊透的部分；

② 起重机（柱）基座全熔透焊缝；

③ 船中 0.6L 范围内强力甲板、舷顶列板、船底板上开孔尺寸超过 300mm 的补强件焊缝；

④ 全船中 0.5L 区域甲板边板与舷顶列板之间的全熔透角焊缝；

(10) 内底、其他连续甲板和舱壁及其连续纵骨的对接焊缝；

(11) 由结构强度直接计算或疲劳强度评估确定的关键部位的焊缝；

(12) 独立货舱的定位构件，如独立液罐的止浮、止移等构件（强受力）焊缝。

2.5.4.2 若船体构件（如鞍座等）由高强度钢板组焊而成，应在热处理后进行 UT 或 MT 检测。

2.5.4.3 磁粉和渗透探伤

(1) 铸钢件/锻钢件与钢板焊接、铸钢件与铸钢件焊接、锻钢件与锻钢件焊接和轴舵系等铸锻件精加工后应做 MT 或 PT 探伤；

(2) 探伤方式应符合材质，如不能导磁的不锈钢（奥氏体不锈钢如 304、316 等）探伤不能采用磁粉，只能采取渗透探伤。

2.5.4.4 片位图的变更：如果由于实船的布置无法进行 X-射线的拍片，可允许船厂采取变更位置或 UT 探伤代替，变更的位置需经验船师审批。

第三章 C 型独立液货舱 LNG 运输船货物围护系统

第一节 概述

3.1.1 独立液货舱系指自身支持的液货舱，它不构成船体结构，对船体强度不是必需的。

3.1.2 C 型独立液货舱（亦称压力容器）系指符合压力容器标准，且设计蒸气压力应满足《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》和压力容器相关标准的要求。

第二节 焊接工艺评定

3.2.1 所有液罐壳体及管路的焊接接头应进行焊接工艺评定，试验按 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 6 章的相关要求进行。

3.2.1.1 板材对接焊缝焊接工艺试验项目：

(1) 焊缝横向拉力试验；
(2) 焊接横向弯曲试验（正弯、反弯或侧弯），母材和焊缝金属强度等级不同级，可纵向弯曲代替横向弯曲；

(3) 每组 3 个夏比 V 型缺口冲击试验，其中：

- ①焊缝的中心线；
- ②熔合线（FL）；
- 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；

(4) 对接焊缝要做宏观断面、微观断面及硬度测定检验；

(5) 熔敷金属拉力试验；

(6) 母材上还要截取一组 3 个夏比 V 型缺口冲击试验，作为对比。

3.2.1.2 板材对接焊缝焊接工艺试验要求：

(1) 拉力试验：一般焊缝金属的抗拉强度 \geq 母材最低抗拉强度；若焊缝金属的抗拉强度低于母材的抗拉强度，则 CCS 可要求焊缝的横向抗拉强度 \geq 焊缝金属的最低抗拉强度，且不低于设计规定的强度。上述每种情况应提供试样破断位置报告以备查；

(2) 弯曲试验：除 CCS 特别要求或同意，试样经直径为 4 倍试样厚度的弯芯弯曲 180°后，不应断裂。受拉表面不应出现 3mm 以上的张开型缺陷；

(3) 冲击试验：试验温度-196℃，最小平均冲击值 \geq 27J。如果材料厚度小于 5mm，则试验方法和验收标准应符合公认的标准。

3.2.1.3 管材的焊接工艺试验：

批注 [1]：具体试验项目

管材的焊接工艺试验与板材的规定相似，除 CCS 特别批准外，试验项目及要求同 3.2.1.1、3.2.1.2。

3.2.1.4 经评定的焊接工艺应能代表每种母材、每种焊接材料、每种焊接方法、每种焊接位置等。

3.2.2 焊工资格证书

3.2.2.1 焊工考试应按照 CCS《材料与焊接规范》第三篇第 4 章的相关规定进行。

3.2.2.2 C 型独立液货罐焊工考试的类别归为船用锅炉压力容器焊工。

3.2.3 主要原材料确认

3.2.3.1 核查原材料是否经 CCS 认可。

3.2.3.2 审核原材料制造厂的产品质量证明书，确认材料的牌号、技术标准、规格等与审批图纸及技术文件要求一致

3.2.3.3 焊接材料应经过 CCS 认可，现场确认焊接材料质量证明书的符合性。

第三节 液罐及部件

3.3.1 LNG 液罐的主要制造过程检验

3.3.1.1 焊前

(1) 产品焊接工艺应严格按照根据工艺评定试验的结果所制定的“焊接工艺规程”执行；

(2) 对接焊坡口两侧应打磨清洁去除氧化皮油污及其它污物；

(3) 定位焊、装配点焊等辅助焊接均须采用与正式焊接相同的焊接工艺和焊材；

(4) 严禁电弧闪击，应禁止在焊接弧坑和母材表面处引弧；

(5) 双面对接焊，在反面清根打磨后，需做表面着色探伤，合格后方可继续进行施焊；

(6) 每层焊道的起弧和熄弧点应仔细打磨、清理，以保证焊缝质量，防止裂纹产生；

(7) 对接焊所用的焊接辅助材料，如“引弧熄板”、“连接板”、“排”、“马”等应与对应的母材焊材相一致。引弧板、熄弧板具体要求如下：

① 厚度与相连接的本体板材厚度相当；

② 材质与相连接的本体板材相同；

③ 坡口与相连接的焊缝要求相同。

(8) 第一次焊缝返修应严格按照“焊接工艺规程”；多次返修前，制造厂应以书面形式告知 CCS，视情况解决；

(9) 罐上所有接管补强板、马脚的焊接应预留缺口，待焊缝冷却后封焊完毕；

(10) 不等厚板对接的应削斜过渡。

3.3.1.2 产品焊接试板

(1) 根据 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》及 IGC 规则要求，焊接生产试板的数量原则上为每 50m 长的壳体对接焊缝应布置一副焊接试板，试板宽度：300mm(150×2)，试板长度：700mm；试板材料级别与所对应位置的母材相同，厚度相差不得超过母材

批注 [CCS2]: 引熄弧板要与本体材厚度相当，似乎没有必要，特别厚板。

板厚的 15%，最大不超过 3mm。

(2) 试板的分布应能代表各个焊接位置。

(3) 产品焊接试板应作为罐体焊缝的一段延长部分，材质应与罐体母材相同，且与罐体焊缝采用相同的工艺和位置一次焊好，或装配在尽可能靠近所代表的焊缝位置，在与罐体焊缝相同的条件下施焊。

(4) 试板焊缝的检验要求相同于其所代表的焊缝，经检验合格后且经验船师确认，方可与罐体焊缝分开。

(5) 经检验认可的合格试板应进行机械性能试验，根据 CCS 规范要求进行：

①接头横向拉伸 1 只；

②正反弯各 1（采用导向弯曲方法测试）；20mm 以上可用 2 个侧弯代替；

③冲击试样，根据焊接工艺试验结果，可取自焊缝中心或者熔敷线处，或者两处各取 1 组；

④断面宏观检查 1 只；

⑤熔敷金属拉伸 1 只。

⑥生产试板所有检验及性能试验合格并经 CCS 认可后，方可进行下道工序施工。

3.3.1.3 整体检验

液罐的长度和直径应保证正公差，最终交货前液罐的总容积必须不小于理论规定要求。

(1) 罐体结构及附件

罐体制造允许公差按 CCS 规范、GB150 及设计公司文件要求。

(2) 焊接检验

①液罐所有焊缝均需通过外观检验。

②液罐焊缝无损探伤位置和抽样比例，见表 3.3.1：

表 3.3.1 液罐无损探伤位置和要求

序号	焊缝位置	检验方法			
		RT	UT	PT	VT
1	液罐壳体（包括封头）对接焊缝	100%		10%	100%
2	气室，集液井和人孔对接焊缝	100%		10%	
3	泵管对接焊缝（罐外部分）	100%		10%	
4	罐外管系（管子，法兰，弯头，异径管等）的对接焊缝	100%		10%	
5	纵膈舱与壳体的“Y”型全熔透焊缝		100%	10%	
6	纵膈舱壁板的对接焊缝		10%	10%	
7	气室，集液井与筒体的“T”型焊缝；人孔，泵管与气室的“T”型焊缝		100%	10%	
8	甲板罐接管和壳体之间的“T”型焊缝		100%	100%	
9	气室接管和封头之间的“T”型焊缝		100%	100%	

10	加强环腹板对接焊缝		10%	10%	
11	加强环面板对接焊缝		10%	10%	
12	泵法兰与泵管、人孔法兰与筒节的“T”型焊缝		100%	100%	
13	吊码及补强板与壳体的角焊缝			100%	
14	补焊返修、临时卡具马脚的焊缝或其它误操作产生焊缝			100%	
15	开孔或接管处补强板的角焊缝			100%	
16	上述之外的角焊缝			10%	
17	所有全熔透焊缝背面清根			100%	
18	液压试验之后所有壳体板对接焊缝		10%		
注： RT- 射线探伤 UT- 超声波探伤 PT- 着色 VT- 肉眼检查					

(3) 无损探伤试验标准及焊缝质量评定标准

①执行标准

- a. RT: EN 1435、NB/T47013 等公认的标准；
- b. UT: EN ISO 17640、NB/T47013 等公认的标准；
- c. PT: ASME、NB/T47013 等公认的标准。

②评定标准

- a. RT: ISO5817-B、NB/T47013 等公认的标准，另要求不允许存在裂纹、未熔合、未焊透等缺陷；
- b. UT: ISO5817-B 级、NB/T47013 等公认的标准，另要求不允许存在裂纹、未熔合、未焊透等缺陷；
- c. PT: ASME-V 第 6 章、NB/T47013 等公认的标准。

③液罐焊缝经以上检验不合格，应及时返修至复探合格。

④对于本指南未提及的尺寸公差应按照 GB/T19804 的“B”级要求执行。

3.3.2 液罐容积测量及清洁度检查

液罐制造完工后，平台交货前，应对液罐容积进行测量；并对液罐清洁度进行检查。

上述测量及检查应由具备资质的第三方按要求进行并出具报告。

3.3.3 液压试验和机械除应力及应力测定

3.3.3.1 液压试验及应力测定应按照批准的试验大纲及方案进行。

3.3.3.2 试验前液罐应坐在专用的试验托架上，并置重型平台加强区域，以保证场地对液罐有足够的承载能力，以免破坏罐体结构。

3.3.3.3 液罐整体制作完毕，焊接工作全部结束，经检验全部合格后，罐体进行液压试验。试验时在液货舱顶测得的压力应不小于设计压力的 1.5 倍。甲板罐试验结束后，应进行气密性试验，并用肥皂水检查。

3.3.3.4 水压试验和机械除应力试验过程中的安全措施应提前到位。

3.3.3.5 依据规范要求必须进行机械除应力试验，以消除罐体建造过程中的残余应力。

3.3.3.6 应变测量通常对相继建造的一系列同样液罐中的第一个液罐进行(当计算表明主膜应力超过材料屈服强度的 75%时应进行监测)，液压试验前，在罐体内外指定部位贴应变片，在整个试验过程中检测应变应力，验证计算结果。

3.3.4 除锈、涂装

3.3.4.1 钢板表面应符合标准 GB/T14977 中的 B 级质量要求。

3.3.4.2 由于液罐不进行整体冲砂，因此钢板须进行预处理达到 Sa2.5 级 (ISO 8501-1)。

3.3.4.3 液压试验结束，罐内表面按 ISO 8501-1 标准 ST2 级要求打磨除锈，罐内不允许有积水。

3.3.4.4 水压试验后，罐外表面需打磨除锈达到 ST3 级，经认可后，涂底漆，该油漆应适合胶粘聚苯乙烯绝层。

3.3.4.5 罐外油漆干膜厚度及涂层质量均应满足以上要求，需船东方、CCS 验船师(必要时)的认可。

3.3.4.6 液罐最后提交时，所有外部钢结构(包括气室、集液井、人孔、泵管、管支架等)的外表面均需油漆。人孔及泵管的法兰(除法兰面外)也需油漆；所有接管的临时法兰盖(除法兰面外)需表面油漆；罐外不锈钢接管油漆到与法兰相接的焊缝为止(包括焊缝)。

3.3.5 罐外绝缘

3.3.5.1 由于液罐低温要求，液罐外需包绝缘材料，目前包绝缘材料的方式主要有板块式、喷涂式等。

3.3.5.2 绝缘材料的技术要求应满足 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》4.9 款及 IGC 规则相关规定的要求。

第四节 液罐安装检验

3.4.1 吊装方式

液灌吊装基本可以分为龙门吊吊装或浮吊吊装两种方式。吊装准备阶段根据流程一般由吊装设备及索具、吊马布置及受力分析、吊装许可及工作安全分析表组成，由船厂进行控制。

3.4.2 独立液货罐的落座安装检验

3.4.2.1 C 型独立液货罐吊装进舱前，船厂应提交独立液货罐的落座、环氧浇注的工艺方案交验船师审查。独立液货罐舱作为一个大型集中载荷(一般约>300 吨重)吊装进入货舱并落位于鞍座上时，应充分考虑到鞍座面板的均布受力情况，故应严格控制罐体在舱内的落位准确度，主要指对中、水平方向的控制，一般对中精度控制在±15mm。

3.4.2.2

C 型独立液货罐落座后，液罐本体层压木应落坐于鞍座前后挡板内，并确保环氧溢出，验船师应见证环氧胶泥硬度试块的测试。如图 3.4.1 液罐吊装前的定位，图 3.4.2 为液罐吊装

到位后，浇注环氧后的状态图。



图 3.4.1 液罐吊装前



图 3.4.2 环氧浇注后

3.4.2.3 罐体落位于平底式鞍座面板上后，验船师应对罐体与横向限位装置层压木的贴合情况进行验证，在敷设完环氧胶泥后，验船师应见证环氧胶泥硬度试块的测试。液罐吊装定位时，在保证鞍座准确落入固定端和滑动端的挡板内同时，需尽量控制液罐中心线与船体中心线重合，以保证液罐与两边的横向限位装置的间隙均等。层压木与环氧胶泥的间隙应符合液灌系统设计厂商的要求。

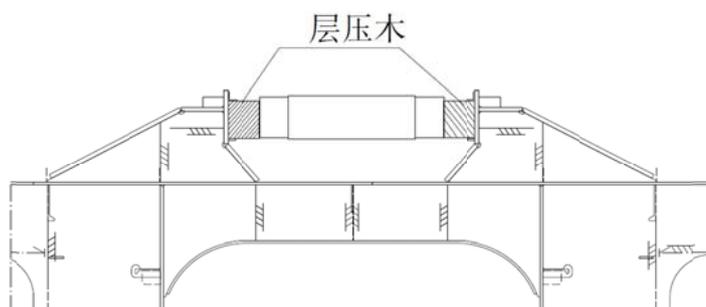


图 3.4.3 底部横向限位装置

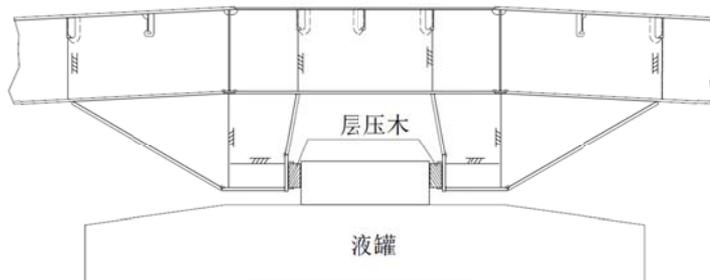


图 3.4.4 顶部横向限位装置

3.4.2.4 罐体落座后，验船师应对罐体与止浮装置层压木的贴合情况进行验证，如图 3.4.3 和图 3.4.4 所示。在敷设完环氧胶泥后，验船师应见证环氧胶泥硬度试块的测试。层压木与环氧胶泥的间隙应符合液灌系统设计厂商的要求。

如采用螺栓连接，罐体落位完成后，防浮装置座板与鞍座顶板的配钻开孔应经验船师确

认，防浮螺栓的强度等级及 CCS 产品证书应经验船师确认。

防浮螺栓安装完工后，应向验船师提交报验，且防浮装置的环氧垫片证书及环氧垫片硬度试块也应一并提交验船师验收确认。

第四章 C 型独立液货舱 LNG 运输船货物处理系统

第一节 概述

货物处理系统主要由装载/卸货管系、扫舱/喷淋管系、挥发气体/惰性气体管系、排气/回流管系和燃气管系等组成，根据工况不同分别由不锈钢管或碳钢管构成。一般先在车间内组装焊接成管段，最后吊装上船总装。

第二节 货物处理系统管系

4.2.1 车间（内场）管系

4.2.1.1 管系的一般生产流程：

图 4.2.1 管段的一般生产流程

4.2.1.2 根据管系的生产流程，验船师主要通过以下三种方式进行质量控制：

(1) 巡检

①堆放

钢管的堆放应满足制造厂工艺要求，不锈钢管应与碳钢管分开堆放，避免混用。

②焊缝开坡口

管子切割面应无固体残留物，焊接端面两侧，应无锈污、氧化皮、油污或其他杂质，同时确保焊接部位干燥，坡口角度应满足焊接工艺要求。

③对中装配

管子对中偏差应满足《材料与焊接规范》第 3 篇第 9 章第 2 节相关要求。

④焊前检查

在焊前进行整体性检查，除本条①~③外，还需关注施焊环境，如焊缝有无浸水风险等。如不满足则要求立即整改，检查合格后方允许施焊。

⑤焊接

所有施焊人员必须持有 CCS 承认的资格证书，并使用经认可的焊材。

焊接过程中的电流、电压和氩气流量（如适用）等参数应满足焊接工艺要求。

(2) 现场见证

① 焊缝外观检查

a. 管件材质、规格等应满足图纸要求；

b. 焊缝表面不应有裂纹、焊瘤、气孔、咬边以及未填满的弧坑和凹陷存在，当焊缝质量不被接受时，应采取适当方式进行修复，同一焊缝修复次数不宜超过两次。如修复后仍不被接受，则应用其他管段替代；

c. 对于不锈钢管，还应注意焊缝反面颜色。

② 强度试验

焊接结束且外观检查合格后，应对管段进行强度试验，试验压力不小于 1.5 倍设计压力，一般保压时间不小于 5 分钟试验。

若上船后系统将整体进行强度试验，则在车间内可免除。

(3) 审查

① 管件、焊材核查

焊条、焊丝等焊接材料制造厂应该经 CCS 认可，管件根据不同等级应满足 CCS 要求。

② 无损检测

a. 对于设计温度低于 -10°C 且内径大于 75mm 或壁厚大于 10mm 的管系的对接接头应作 100% 射线或超声波检查；

b. 当管路截面的此种对接接头系用被认可的自动焊接工艺焊接时，射线或超声波检查的范围可逐渐减少，但在任何情况下，均不能小于所有接头的 10%。如发现有缺陷，则应进行 100% 检查，其中还应包括以前已经被认可的焊缝。只有具备合适的质量保证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；

c. 对接接头的射线或超声波检查的比例一般不少于 10%；

d. 射线探伤后的底片应做好标记并适当保存。

4.2.2 船上（外场）管系

在船上的主要工作是连接各管系、管系附件及液货设备，焊接工艺应满足本指南第三章焊接工艺的要求。

4.2.2.1 管路布置的一般要求：

(1) LNG 液货系统应向审图部门提交液货管系每一分支完整的应力分析资料，包括管子的重量、加速度载荷（如较大）、内部压力、热收缩以及船舶中拱和中垂引起的载荷等所产生的所有应力。

(2) 对于能够产生大于系统设计压力的所有液货泵，应在其闭路回路上装设释放阀。释放阀应设定到在不大于设计压力的情况下卸压，与货舱连接的释放管路上不应设置截止阀，但应在货舱附近设置单向阀。

(3) 对于存在泄漏风险的位置（如通岸接头、货泵轴封处和法兰处等），应在其下方设

置集液盘。装卸站处需设置固定式集液盘。集液盘应采用耐低温材料制成并通过一根向下并靠近水面的排放管排出舷外，集液盘与基座之间应进行有效的隔热。如装卸站距离甲板面高度较高，需要在甲板面有效区域内设置喷淋水幕保护甲板面。

(4) 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接地措施。对所有具有密封垫片的管接头和软管接头也均需作电气连接。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 MΩ。

(5) 对于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这些要求。

(6) 当碳钢管系的布置与不锈钢管系发生冲突时，应以不锈钢管系为主。

(7) 不应将熔点低于 925℃ 的材料用于液货舱以外的管路（包括液货软管），但与液货舱连接的短管除外。此时，应设置耐火绝热层。

4.2.2.2 管路的特殊要求

(1) 货物区域以外的货物管系及有关的管系设备：

① 货物区域以外的货物管路应使用焊接型式连接。货物区域以外的管系应敷设在露天甲板上，且应位于舷侧以内至少为 0.8m，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应设置截止阀。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；

② 管系应采用全焊透对接焊，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。只允许在货物区域内以及通岸接头处的管路采用法兰连接。

(2) 气体燃料管路

气体燃料管路应尽可能采用焊接接头。对于未被包围在双壁管/具有机械通风功能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。

双壁管的内外管应分别进行强度试验，并以适当结构进行支撑。

(3) 船用货物软管

① 用于货物驳运的液体和蒸气软管，应能与货物相容并能与货物温度相适应。

② 对于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。

③ 配有端部附件的每一新型货物软管，应进行原型试验，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。经循环压力试验后，还应进行爆破试验以确认爆破压力在最高和最低极端营运温度下至少为 5 倍于规定的最大工作压力。原型试验用过的软管应不再用于输送货物。然而，在每段新制成的货物软管被投入使用之前，均应在环境温度下对其进行静水压力试验，试验压力应不小于 1.5 倍规定的最大工作压力，但不大于其爆破压力的 2/5。根据适用情况，软管应用模板喷刷或其他方法标出试验日期和规定的最大工作压力。对于不是在环境温度下使用的软管，还应标

出其最高和最低使用温度。软管规定的最大工作压力应不小于 1 MPa（表压）。

4.2.2.3 管路连接方式

(1) 无法兰的直接连接

①根部完全焊透的对接焊连接均可被用于各种用途。当设计温度低于-10℃时，对接焊应为双面焊或单面焊接双面成型的方式予以实现，当设计压力超过 1MPa 及设计温度为 -10℃或更低时，焊接后应将衬垫除去；

②具有符合认可标准尺寸的套管焊接接头只能被用于外径小于或等于 50mm 和设计温度不低于-55℃的设备管路和端部敞开的管路；和

③符合认可标准的螺纹连接只能被用于外径小于或等于 25mm 的次要管路和仪表管路。

(2) 法兰接头

①对于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法兰的型式及其制造和试验应符合公认标准。对于除端部敞开管路以外的所有管路，均应遵守下列限制：

a.设计温度低于-55℃时，只应采用颈焊法兰；和

b.设计温度低于-10℃时，对于公称尺寸大于 100mm 者，不得采用套焊法兰，而对于公称尺寸大于 50mm 者，不得采用插入焊法兰。

(3) 膨胀接头

为防止膨胀接头的过度膨胀和压缩，应对其邻接管子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，且：

a.如果需要，应采取措施，防止波纹管结冰；和

b.除位于液货舱内者外，不应采用套筒接头。

4.2.2.4 货物管系绝热要求

(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。除阀门、法兰处外，货物管系应全部进行绝缘包扎。

(2) 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。

(3) 如货物管系所用的材料在含盐大气易受应力腐蚀开裂，应采取充分措施（选择材料、避免暴露于盐水和/或经常检查）避免此类情况发生。

(4) 管系绝热检验要点：

①管件应能在温度变化时能够自由膨胀、移动；

②铝箔防潮层表面应连续完整；

③各层之间应采用使用适当的方式连接，但不应破坏隔热层和防潮层的连续性，具体可以参照工艺文件。

4.2.2.5 系统试验要求

液货舱内、外管路均应该进行以下试验：

(1) 在装配后，应使用适当的流体对所有货物管路和处理用的管路进行强度试验。液体管路的试验压力应至少为 1.5 倍设计压力（当试验流体可压缩时，1.25 倍设计压力），蒸气管路的试验压力应至少为 1.5 倍系统最大工作压力（当试验流体可压缩时，1.25 倍系统最大工作压力）。

(2) 当完成对管系或系统部件的制造并对其配齐所有附件时，可在其被装船之前对其进行试验。

(3) 对于每一货物管系和处理用管系，在船上将其安装完工之后，均应使用空气或其他适当介质进行泄漏试验。

(4) 在首次装载作业之前，应按公认标准，对用于货物或蒸气操作的所有管系，包括阀，附件及附属设备进行正常工作状态下的功能试验。

第三节 液货区域电缆及电气设备的检验要求

4.3.1 液货区域划分的特点及检验要求

4.3.1.1 基本原则

原则上电气设备或电缆不得安装在气体危险处所或气体危险区域内。但如果这些设备满足 IEC 相关标准的防爆的要求，也能在危险区域使用。

(1) 危险区域的划分

危险区域划分的主要目的是为了正确选择和安装该区域中的电气设备，达到安全，达到安全使用目的。危险区域的划分按《散装液化气体运输船规范》，将船上危险区域划分为 0 区、1 区和 2 区。

故在船舶建造期间，应根据船舶审批图纸重点核查电气设备及电缆实际布置情况是否满足危险区域划分图及核查可能的危险区域的要求。

(2) C 型独立液罐 LNG 气体运输船的的危险气体区域划分如下区域：

⓪0 区：

液货舱、液货舱的任何液货压力真空管系或其它透气系统以及含有货物或处理可燃气体或蒸气的管系和设备的内部空间。

⓪1 区：

- a. 在各方向上紧邻整体液货舱的留空处所；
- b. 包含独立液货舱的货舱处所；
- c. 毗邻液货舱的隔离空舱和压载舱；
- d. 货泵舱（如有）及位于货物区域内的泵舱（如有）；

e.位于液货舱正上方的围蔽或半围蔽处所(例如:甲板间处所)或其舱壁在液货舱舱壁之上并与之成一直线的围蔽或半围蔽处所,经认可的角隅隔板分隔者除外;

f.除隔离舱外,其它与液货舱毗邻而且在液货舱顶板以下的处所如主通道、过道和杂货舱;

g.距离液货舱舱口、气体或蒸气出口①、货物分配阀门、货舱阀、货物管法兰、货泵舱通风出口以及允许由于温度变化引起的气体或蒸气少量流通的液货舱压力/真空阀3m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所;

h.距离提供货物装卸、压载或驱除液货舱气体时产生的大量气体或蒸气混和物的液货透气管周围,透气管向上半径为6米,无限高度的垂直圆柱内,以及透气管向下,以6米为半径的半球内的露天甲板区域,或者露天甲板的半围蔽处所;

i.距离货泵舱入口、货泵舱通风入口、隔离舱入口或其它1区开口处所1.5m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上的半围蔽处所;

j.所有液货舱(包括在货舱区域的所有压载舱)上面的开敞甲板区域,其构造限制了自然通风,宽度为船的全宽,前后向液货舱首尾舱壁各向外水平延伸3m,离甲板高度为2.4m以内的区域;

k.在货物分配阀门下方溢流挡板内,以及以挡板为界向外水平延伸3m,离甲板高度为2.4m以内的开敞甲板区域;

l.存放货物软管的舱室;

m.装有货物的管路所在的围蔽或半围蔽处所;

n.货物压缩机室;

o.距离货物压缩机室通风出口3m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所;

p.距离货物压缩机室入口和通风进口1.5m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上的半围蔽处所;

q.如液货舱采用次屏蔽,且以单层气密边界与货舱分隔的处所;

r.内部敷设有燃料的管系的围蔽或半围蔽处所,除非具有防止管系内气体泄漏进入该处所的措施;

③2区

a.如无特殊规定,则距离上述1区周围1.5m以内的区域;

b.在上述1区(8)条中定义的区域之外4m的处所;

c.货物区域的空气闸内;

d.如甲板上设有连续围板(以使溢流被保留在甲板上并使之远离居住处所和服务区),则以此为界,向外延伸3m,且离甲板高度2.4m以内的开敞甲板区域;

e.所有液货舱(包括在货舱区域的所有压载舱)上面的开敞甲板区域,确保自然通风的开敞甲板,宽度为船的全宽,前后向液货舱首尾舱壁各向外水平延伸3m,距离属于

1 区开敞或半围蔽处所周围甲板的高度为 2.4m 以内的区域；

f. 该处所邻近上述 1 区（10）条定义的开敞甲板区域，但低于主甲板，并在主甲板上或不高于主甲板上方 0.5m 处有一开口，除非：

（i）这些处所的入口以及处所的所有其它开口（包括通风出口和进气口），不朝向液货舱区域，并距液货舱最前部舱壁至少 5m，远离液货舱出口或气体或蒸气出气口水平距离至少 10m 的位置；并且

（ii）该处所设有机械通风。g. 当货舱的外表面为开敞区域时，距离该表面 2.4m 范围内的区域；

以下是某船危险区域划分图局部节点示例图：

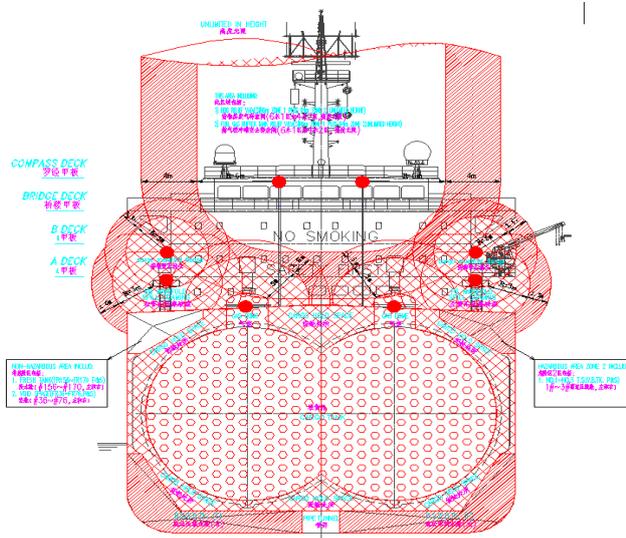


图 4.3.1 局部危险区域划分图一

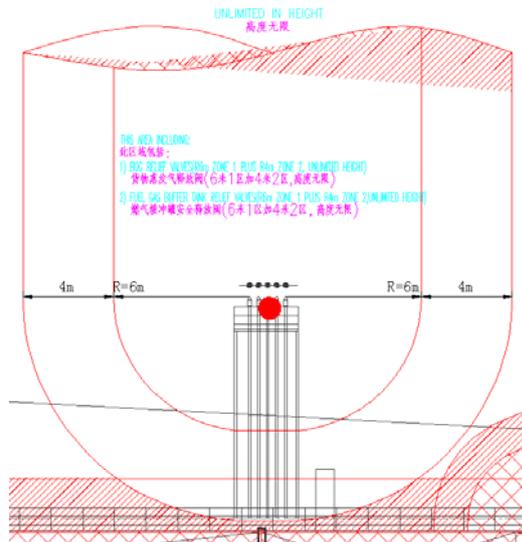


图 4.3.2 局部危险区域划分图二

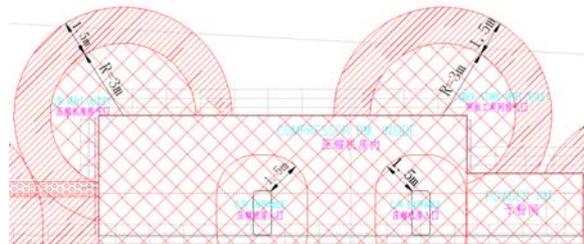


图 4.3.3 局部危险区域划分图三

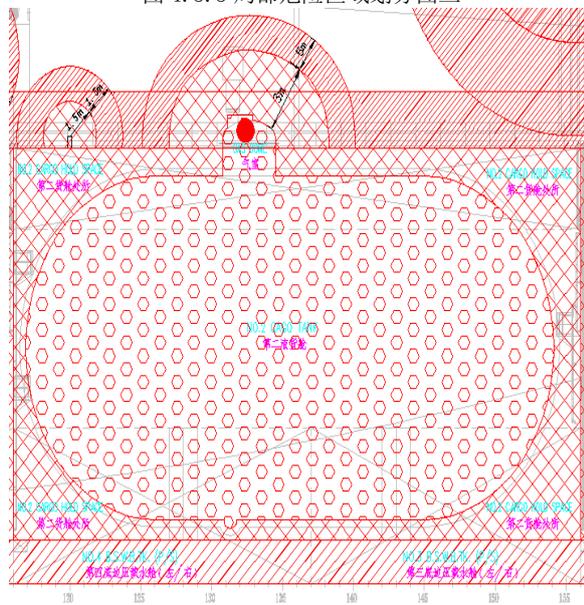


图 4.3.4 局部危险区域划分图四

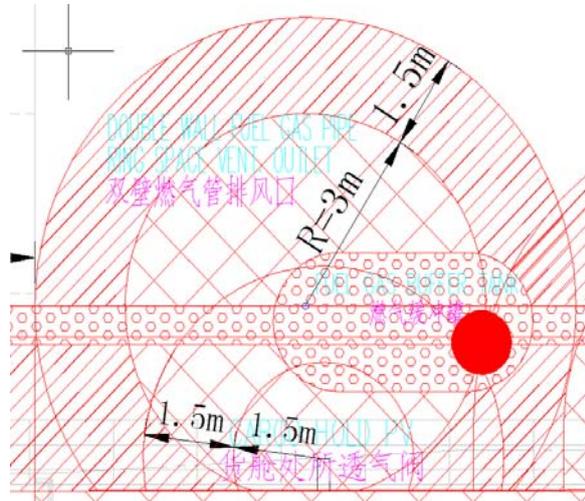


图 4.3.5 局部危险区域划分图五

3. HAZARDOUS ZONES' MARK
危险区标记

3.1		HAZARDOUS ZONES 0 危险区0区
3.2		HAZARDOUS ZONES 1 危险区1区
3.3		HAZARDOUS ZONES 2 危险区2区
3.4		SOURCE OF RELEASE 释放源

4. HAZARDOUS ZONES 0 INCLUDING:
危险区0区包括:

4.1	THE INTERIORS OF GAS TANK (INCLUDING GAS DOME, FUEL GAS BUFFER TANK). 气体货舱内部(包括气穹、燃气缓冲罐)。
4.2	THE INTERIORS OF PIPEWORK OF PRESSURE-RELIEF OR OTHER VENTING SYSTEM FOR GAS BANKS, PIPES AND EQUIPMENT (CONTAINING GAS/FUEL GAS PIPE, GVO). 气体货舱的压力释放或其它通风管系的内部, 含有气体的管路和设备(如燃气管道、燃气阀单元)。

5. HAZARDOUS ZONES 1 INCLUDING:
危险区1区包括:

5.1	CARGO HOLD SPACE. 货舱处所。
5.2	3M RADIUS AROUND GAS DOME(PART ON OPEN DECK AREA). 气穹(露天部分)以外3米半径范围内(气穹顶部包含货舱舱口盖, 气体或蒸汽出口, 货物并能开门, 货舱盖, 救生艇盖为例外)。
5.3	CARGO COMPRESSOR ROOM AND 1.5M RADIUS OF IT'S ENTRANCE, DECK STORE AND POWER ROOM EXTENDED BY CARGO COMPRESSOR ROOM. 货物压缩机室及其入口1.5米半径范围内, 受货物压缩机室影响扩展至甲板工具间, 干货间。
5.4	3M RADIUS OF CARGO COMPRESSOR ROOM/DECK STORE VENT OUTLET. 货物压缩机室/甲板工具间排风口3米半径范围内。
5.5	3M RADIUS OF CARGO MANIFOLD FLANGE TO SHORE; 3M BEYOND CARGO MANIFOLD SPILL DOWNING AND UP TO 2.4M ABOVE. 货物管汇通岸法兰3米半径范围内, 集液盘周围3米、高2.4米范围区域。
5.6	1.5M RADIUS OF CARGO HOLD PV OUTLET. 货舱处所透气管出口1.5米半径内。
5.7	A VERTICAL CYLINDER OF 6M RADIUS WITH UNLIMITED HEIGHT ABOVE FUEL GAS BUFFER TANK RELIEF VALVE A HEMISPHERE OF 6M RADIUS BELOW THE VALVE'S OUTLET. 燃气缓冲罐安全释放阀出口以上6米半径, 高度不限圆柱区域; 释放阀出口以下6米半径半球区域。
5.8	3M RADIUS OF DOUBLE WALL FUEL GAS PIPE VENT, OUTLET. 双壁燃气管排风口3米半径范围内。
5.9	A VERTICAL CYLINDER OF 6M RADIUS WITH UNLIMITED HEIGHT ABOVE BOG RELIEF VALVES' OUTLET; A HEMISPHERE OF 6M RADIUS BELOW RELIEF VALVES' OUTLET. 货物驳运气释放阀出口以上6米半径, 高度不限圆柱区域; 释放阀出口以下6米半径半球区域。
5.10	OUTER RING SPACE OF DOUBLE WALL FUEL GAS PIPE. 双壁燃气管的外环空间。
5.11	DOUBLE WALL FUEL GAS PIPE INNER N2 PURGING VENT, OUTLET (R3m ZONE 1 PLUS R1.5m ZONE 2) 双壁燃气管内氮气吹扫排风口1区(加1.5米2区)

图 4.3.6 危险区域划分图说明

(3) 设备选型的要点:

安装在危险区域的火灾探测、报警、碳氢化合物探测器探测及报警装置、照明、风机均

应为合格防爆型设备。

4.3.2 电缆安装的检验要求

4.3.2.1 电缆的外观检验：

1) 本质安全型电路的电缆应选用带金属屏蔽，并至少加上一层非金属不透性护套的电缆。

2) 除本质安全型电路外，所有敷设在在 0 区和 1 区的电缆至少应选用下列一种护套：非金属不透性护套，加上金属编织层或其他金属保护层；铜护套或不锈钢护套（仅适用于矿物绝缘电缆）。

3) 对特殊耐低温电缆,如浸设在液货内与潜液泵相连接的电缆，则首先应核查该电缆的产品证书的特征参数能否满足-163 度液货低温工作要求，同时电缆型式应能防止液货浸入，或者电缆被敷设在能防止液货浸入的设施（如金属管）中。

4.3.2.2 对电缆敷设的在检验要求：

1) 每个本质安全电路应具有各自的专用电缆，并与非本质安全电路的电缆分开敷设，不得成束一起敷设，不应放在同一电缆罩壳及管道内，也不能用同一电缆扎带绑在一起。

2) 安装在甲板上或首尾步桥上 1 区和 2 区气体危险区域的电缆应作保护，一般敷设在金属管道中或金属槽中；

3) 尽量不要使用电缆接头连接，如要采用接头的连接方式则电缆接头应具有区域防爆型式的外壳结构，如接头采用隔爆型等气密的膨胀接头。对气密的膨胀接头的具体要求如：

- (a) 能保持外壳防爆完整性的填料函；
- (b) 等效的装置进入到防爆外壳。

但特别需注意上述电缆连接装置不能被安装在 0 区，除了本质安全型电路用电缆。

4.3.2.3 对电缆接地检验要求：

所有具有金属护套或外护层的电力和照明电缆，通过危险区域或与危险区域安装的设备相连接时，电缆的金属护套或外护层两端应接地。但额定电流超过 20A 的单芯电缆可不作要求。而对其它的具有金属护套或外护层的电缆如控制电缆及仪表电缆应至少应在一端接地。

4.3.2.4 对电缆穿越危险与非危险区域的气密隔离舱壁或甲板时的检验要求：

其穿越布置应保持原舱壁或甲板的气密完整性；对气体危险区域的电缆与相关的电器设备连接时应满足设备防爆类型的有关要求；对于安装在危险区域的电气设备，用密封堵料封堵时，应用与填料函规格匹配的防爆闷头密封。

4.3.3 电气设备的布置要求及检验要求

对于运输 LNG 的船舶,如在危险区域安装电气设备应从如下几方面来考虑。。

4.3.3.1 核查危险区域的电气设备的铭牌，特别核查电气设备的防爆等级要求是否满足电气设备所在的危险区域（0 区、1 区、2 区）要求，具体的防爆等级技术要求的核查应满足《液货船危险品区域划分和设备配备指南》（2010）（人民交通出版社）的要求：

1) 核查电气设备最高表面温度电气设备是否满足要求,对 LNG 船来说电气设备最高表面温度等级至少为 T2。

2) 对隔爆型和本质安全型电气设备的使用应针对气体或蒸气类别核查电气设备是否满足要求,对 LNG 船来说防爆等级至少为 IIA。

3) 本质安全电路的核查:本质安全电路的安装应使电容和电感(包括电缆)、电流不超过规定值。

4.3.3.2 对一些特殊设计的电气装置,对操作中接地故障和电气绝缘故障应遇到电路进入 0 区中任何位置,其保护系统应布置成在由于短路、过载或接地故障造成电路断开后,必须依靠人工使电路重新带电。

4.3.3.3 对浸泡在 LNG 液体中的潜没泵,至少设有两种独立的方式在出现低液位时自动切断供电。潜没泵的构造和安装及其相连电缆以及采取的其它措施,应能使其在未潜入或在爆炸性气体环境中不予通电。

4.3.3.4 注意核查外加电流阴极保护系统的阳极或电极、测深仪或计程仪的传感器的布置,应将这些设施设置在气密围蔽处所,并且不应毗邻液货舱壁;

第四节 货物操作系统主要设备

4.4.1 惰性气体发生装置(PSA)系统

(1) 试验条件:

- ① PSA 系统控制箱内部灰尘及金属颗粒清洁完成。
- ② 电气接线完成,冷态绝缘测试合格。
- ③ 管路连接正确,密性试验完成,铭牌安装完成。
- ④ 发电机调试完成,主配电板工作正常,提供不间断电源(UPS)。
- ⑤ 控制报警面板及打印机运行正常。
- ⑥ 仪表空气系统、液压快关系统、海水冷却系统正常。
- ⑦ 惰性气体间近期无涂装作业,且通风系统工作正常。

(2) 试验内容

系统运行时应在所有控制位置给予提示,并至少包括以下检验项目:

① 安装检验:

- a. 设备基座所在的肋板和船体应进行加强;
- b. 电机和设备对中应满足制造厂技术要求;
- c. 螺栓扭矩应满足厂家技术要求。

② 报警试验:

- a. 系统低压/高压报警;
- b. 含氧量监控/高报警;

- c.露点高报警;
- d.空压机故障报警;
- e.电源故障报警;

③功能试验:

- a.遥控/就地启动/停止:

开关分别调到遥控和就地位置时, 检查启动和停止功能;

- b.压力连锁功能:

调节设定值, 检查是否具有压力低自动启动, 压力高自动停止功能;

- c.产生干燥空气试验:

旁通 PSA 装置, 只启动空压机和干燥器, 测定所产生空气的流量和露点, 是否达到设备说明书参数;

- d.产生氮气试验:

将产生的干燥空气通入氮气发生器, 持续工作 8 小时以上, 测定氧气成分分别在 1%、0.5%和 0.1% (具体由设计方决定) 时的氮气流量, 测定气体露点, 并绘制 O₂-N₂ 流量曲线, 在曲线上读出浓度为 99%、99.5%和 99.9%时的 N₂ 流量, 判断是否达到设计要求。

4.4.2 深井泵



图 4.4.1 深井泵

根据系统设计, 试验项目会略有不同, 但一般应不少于:

①系泊试验:

在码头试验阶段, 因为深井泵得不到充分的润滑冷却, 所以一般都采用模拟试验的方式进行, 即断开电机与泵的连接, 而另接一个负载进行试验, 主要考核电机的性能。

- a.降压启动电机, 记录电流电压是否在设计范围内;
- b.启动电机检查转向是否正确;

c.电机安保报警试验;

②航行试验:

航行试验主要分成两部分: 在装货前的最终情况确认和在装货后的性能验证。

a.装货前:

- (i) 运转前再次确认电机转向;
- (ii) 核查轴封压力是否满足设计要求;
- (iii) 通过点击开关或手动盘车的方式检查轴灵活性检查:
 - 冷罐前;
 - 冷罐期间;
 - 启动前。

b.装货后:

- (i) 根据阀门开关情况, 检查电流是否在设计范围内:
 - 阀门全开;
 - 阀门全关;
 - 最佳工况点;
- (ii) 泵的运行试验:

每台深井泵一般至少运行一小时, 检查期间的电流、轴封压力、轴承温度等是否在设计范围内, 期间可以通过各罐间的转驳和内循环检查液货管路。

4.4.3 燃气泵



图 4.4.2 燃气泵

根据系统设计, 试验项目会略有不同, 但一般应不少于:

①系泊阶段:

- a.低液位报警, 报警并停泵;
- b.电机安保报警试验;

c.就地/遥控启/停，并在控制位置显示。

②航行试验：

航行试验期间，在进入燃气推进模式后，可以进行燃气泵的运转试验。试验时间至少30分钟，期间通过调节出口阀门确认各工况下的电流等参数是否在设计范围内。

4.4.4 货物（BOG）压缩机

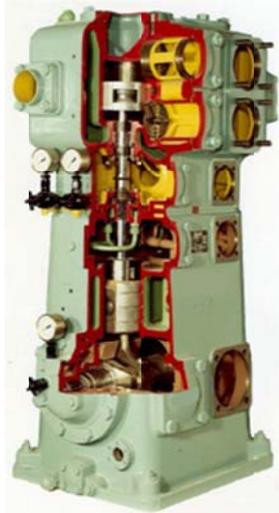


图 4.4.3 货物（BOG）压缩机

根据系统设计，试验项目会略有不同，但一般应不少于：

(1) 安装检验：

- ①设备基座所在的肋板和船体应进行加强；
- ②电机和设备对中应满足制造厂技术要求；
- ③螺栓扭矩应满足厂家技术要求。
- ④马达绝缘和接地应满足厂家技术要求；
- ⑤检查压缩机周边通道；

(2) 功能试验：

- ①就地/遥控启停；
- ②模式切换试验：自动/手动；
- ③在运行期间检查电流电压等参数是否在设计范围内。

(3) 报警试验：

- ①电机安保报警试验；
- ②缓冲罐液位高报警；
- ③缓冲罐压力高报警；
- ④压缩机安保报警试验；

货物（BOG）压缩机系统存在较多连锁，可参照厂家技术文件进行检验。

4.4.5 水-乙二醇冷却系统

根据设计方要求，调整水和乙二醇比例，使水-乙二醇溶液凝固点达到设计要求。试验项目应至少包含：

（1）功能试验

- ①遥控/就地启动/停止电加热器，并在所有控制给予指示；
- ②连锁功能：泵组启动时电加热器才能启动；
- ③自动控制功能：根据设定值自动启停电加热器；
- ④各阀门效用试验；
- ⑤在运行期间检查电流电压等参数是否在设计范围内。

（2）报警试验：

- ①电加热器安保报警；
- ②泵组安保报警；
- ③平衡柜液位低报警；
- ④系统流量低报警；
- ⑤冷却水温度高报警。

4.4.6 水-乙二醇加热系统

根据设计方要求，调整水和乙二醇比例，使水-乙二醇溶液凝固点达到设计要求后，进行至少以下试验项目：

（1）功能试验

- ①遥控/就地启动/停止泵组电机，并在所有控制给予指示；
- ②自动控制功能：根据设定温度自动启停水-乙二醇输送泵；
- ③各阀门效用试验；
- ④在运行期间检查电流电压等参数是否在设计范围内。

（2）报警试验：

- ①泵组电机安保报警；
- ②平衡柜压力过高/过低报警；
- ③平衡柜压力极高报警；
- ④平衡柜液位低报警；
- ⑤水-乙二醇溶液温度过高报警。

第五节 液货区域安全保护系统检验要求

为了确保货物处理系统中液罐的安全，在液罐上须安装安保系统措施：液位监测报警，温度监测和报警，压力监测、报警和控制，气体探测和报警，应急切断，综合监测和控制。

4.5.1 压力释放阀

对每一个液货舱（容量超过 20m³）至少应设置两个排量大致相等的压力释放阀，常用的压力释放阀的结构型式有两种：导阀控制式（使用场所较多）和弹簧式两种。导阀控制式压力释放阀的结构型式如图 4.5.1：

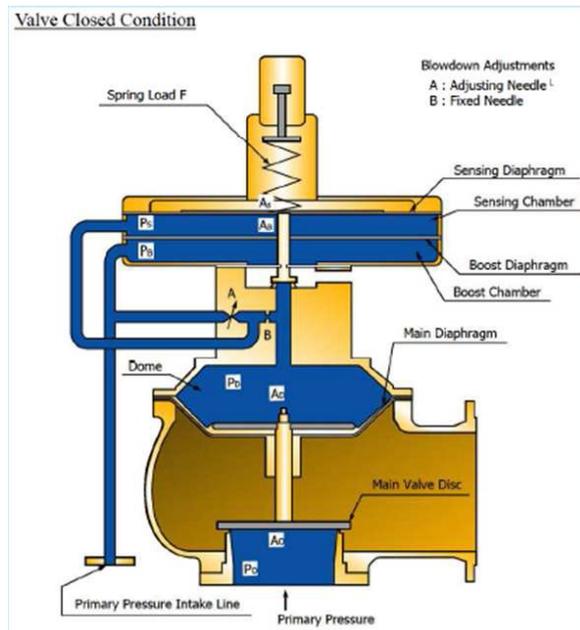


图 4.5.1 压力释放阀

4.5.1.2 对压力释放阀的安装检验要求应注意三点：

- (1) 核查压力释放阀的安装位置与审批图纸一致：一般位于 C 型液罐气室顶部。
- (2) 核查压力释放阀与气室顶部的连接应与审批图纸一致：如注意液货舱和压力释放阀之间，一般不能设有为维修用的截止阀或隔断拆除管的其他设施，除非设有下列装置：
 - ①能防止 1 个以上的压力释放阀同时失效的合适装置；
 - ②能自动和清晰地显示某个压力释放阀失效的装置；
 - ③压力释放阀的排量应为：当 1 个阀不能工作时，其余的阀应具有 IGC 规则第 8 章第 8.5 所要求的组合排量。如果船上备有 1 个保养良好的备用阀时，上述排量可为所有阀的组合排量。

(3) 压力释放阀在安装之前的检验要求：压力释放阀在安装之前应注意核查产品证书是否标明该阀出产品厂时已经整定，且压力释放阀上有铅封。如铅封被破坏，则应由 CCS 认可的有资格的机构进行整定，并经验船师检验满意。压力释放阀整定的压力允许偏差不超过±3%，压力整定的数值应予以记录说明，并在货物控制室内（如设有时）张贴标记，在每个压力释放阀处注明其设定压力，压力释放阀的重新调整装置须铅封。对于压力释放阀的

整定应注意点：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。然而，当安装两个以上压力释放阀时，具有不超过总释放能力 50% 的阀可调到 MARVS 以上 5% 的压力。

4.5.2 装载限制

4.5.2.1 核查液位、压力和温度的装置的检验布置要求：

1) 每个液货舱都应设有显示货物的液位、压力和温度的装置，这些压力表和温度指示器应布置在液罐的气室顶部位置。

2) 货物处理管系中的在液体和蒸汽管系以及惰性气体系统也应装设压力表和温度指示器。

3) 船舶的装卸货是通过遥控的阀和泵等设施予以实现的，则该液货舱有关的所有控制装置和指示器集中在一个控制位置。

对上述仪表应进行试验，以保证其在工作条件下的可靠性，并应对其进行定期校准。对于仪表的试验方法和重新校准的时间间隔，应经 CCS 认可。

4.5.2.1.1 液位计的结构型式及检验要求：

1) 核查每个液货舱应至少安装 1 个液位测量装置，如果仅安装 1 个液位表，则应将其布置成能在液货舱使用时仍能对其进行任何必要的维修。其液货舱的液位表通常情况下有如下型式：

(1) 间接式装置，即用诸如称重或管式流量计的方法确定货物的数量；

(2) 不穿透液货舱装置，例如使用放射性同位素的装置或超声波或雷达装置等，如图

4.5.2 和 4.5.3 所示：

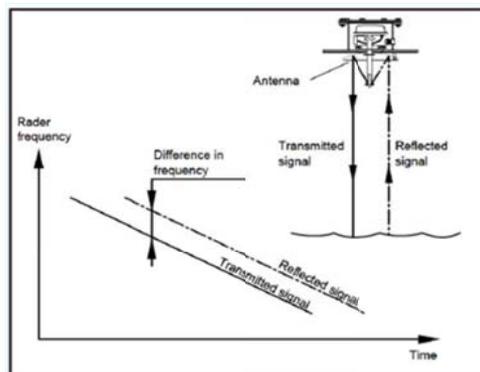


图 4.5.2 雷达液位计（不穿透液货舱装置）原理示意图

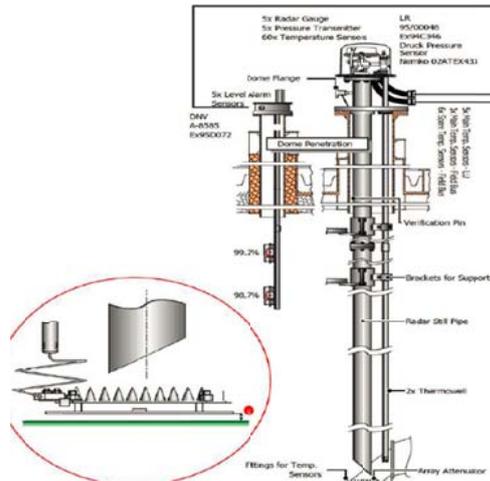


图 4.5.3 雷达液位计（不穿透液货舱装置）装置

(3) 穿透液货舱闭式装置，而且是封闭系统的组成部分，并能防止货物逸出，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。图 4.5.4、4.5.5 和 4.5.6 是其中一种：

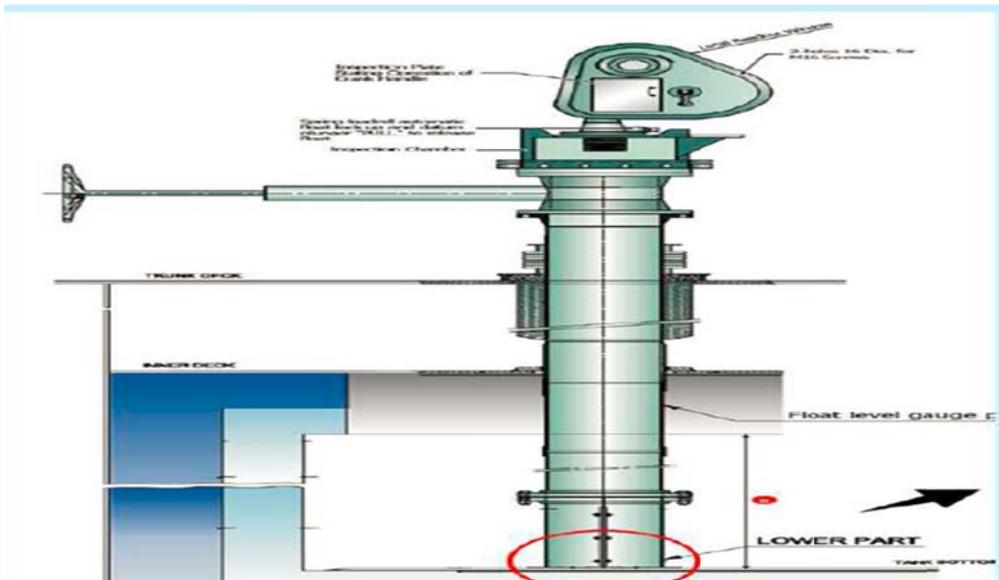


图 4.5.4 穿透液货舱的液位计 (1)

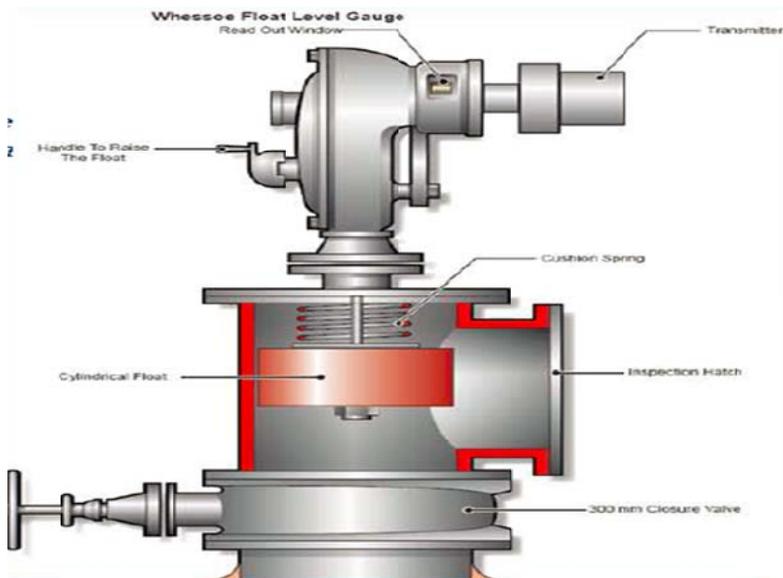


图 4.5.5 穿透液货舱的液位计 (2)

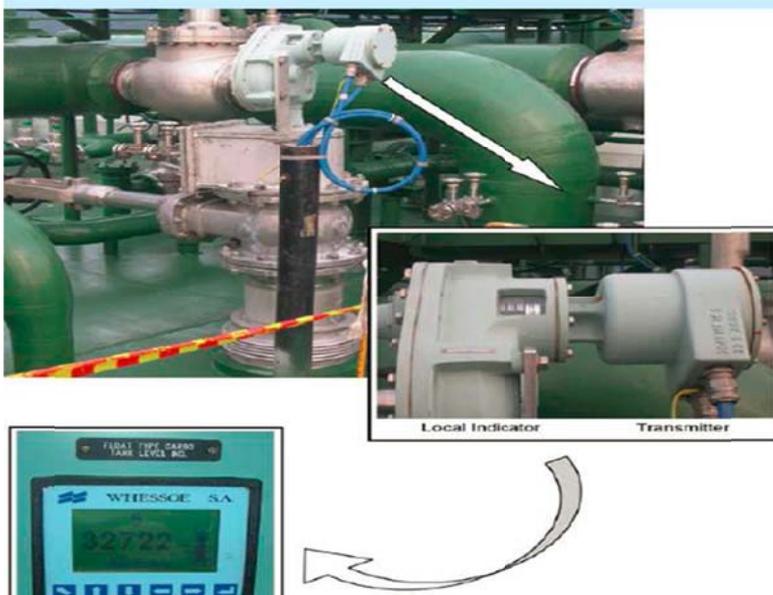


图 4.5.6 穿透液货舱的液位计 (3)

对上述液位计在系泊试验时均应逐个模拟功能试验。

4.5.2.1.2 液位报警及安保动作检验

(1) 对每个液货舱均应的液位报警装置进行模拟测试:

- a) 高位声、光报警信号;
- b) 高高位声、光报警;

c)高高位声光报警应能启动关闭阀(可以是应急切断装置(ESD)或液货舱注入阀)应能自动动作切断流向液货舱的液流。但注意要核查该报警装置不能与 a)或 b)的高位报警共用同一个高位报警装置。

上述报警装置声光报警信号应在货控室、驾驶室外面向货物区域一侧均能有显示。

(2) LNG 运输船如果高位报警系统和紧急截止系统可以使用一个钥匙开关来越控, 则应制定有程序详细说明在何种情况下由谁才能对该系统进行越控提示: 该系统仅在异常情况下才能越控, 例如货舱已超装了, 需要打开溢流控制系统的旁通来将该舱的货物卸出。在海上进行再液化作业也偶尔将该系统越控。

对上述液位报警装置及安保动作在系泊试验时应予以逐个进行模拟动能试验。

4.5.2.1.3 压力表安装位置检验要求:

- (1) 核查每一液货舱的气室上应设有一个压力表;
- (2) 对可遥控启动泵阀时, 在货物控制位置还应装有一个与该压力表相连的指示器;
- (3) 在每一货泵排放管路上应至少设 1 个压力表;
- (4) 在每个液体和蒸气货物的集合管上, 应至少设 1 个压力表。应设有就地读数的集合管压力表, 以指示截止阀和通岸装卸管之间的压力。
- (5) 在驾驶室内设一个高压报警装置。如需要真空保护时, 在驾驶室内还要设一个低压报警装置。且在压力指示器上应标出最高和最低的允许压力。在达到调定压力之前, 应触发报警。一般在液货舱最大允许(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。

(6) 如压力释放阀具有几个调定压力, 对每个调定压力均应分别设定对于的不同高压报警值, 并予以记录。

对上述压力表数值在系泊试验时均应逐个模拟整定数值的, 对压力报警装置也应予以逐个进行模拟动能试验。

4.5.2.1.4 温度表安装检验要求:

(1) 核查每个液货舱温度指示装置的数量: 应至少设 2 个货物温度指示装置, 一个位于液货舱底部。另一处应位于最高允许液位高度下的靠近货仓顶部。温度显示应醒目标识出审批图纸所允许的货仓最低温度。

(2) 在检验时特别注意: 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。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声响报警。上述报警装置应能在货物控制位置和驾驶室能同时报警。同时注意核查对于主要货物仪表, 包括温度计和压力表, 是否有校准记录。

(3) 核查在液货舱的周界面安装温度指示装置:

①应根据审图中心批准的图纸要求安装足够数量的温度指示装置, 以便证实未出现

不良的温度梯度；

② 在一个液货舱内，上面的要求多安装若干温度指示装置，而来验证初始冷却过程是令人满意的。这些测温装置可以是临时的，也可以是固定式的。但该条款只是在首制船适用，后续姐妹船舶则不须满足该条要求。

对上述温度表在系泊试验时均应逐个模拟整定数值的效用试验。

4.5.3 应急关断系统

对船上 ESD 应急切断系统的检验要求：

1) 货物系统的 ESD 切断阀的结构布置及功能检验要求：

(a) 核查 C 型球罐在其所有液体和蒸气的连接管上（管径大于 50mm）是否设置有 1 个能手动操作的截止阀和 1 个应急截止阀。或 1 个单独的阀符合本节 3.4 的要求，又能对其就地手动操作并将管路完全关闭，则可用 1 个单独的阀代替 2 个分开的阀。这些阀布置位置尽可能地靠近液货舱。

(b) 当管径不超过 50mm 时，可用超流量阀代替应急截止阀。

(c) 对于液货舱上的仪表或测量装置上不超过通过直径为 1.5mm 圆孔的流量的连接管，不须设置超流量阀或应急截止阀。

(d) 如上述 (a) 所要求的应急截止阀是通过 4.5.3.4 所要求的应急截止系统进行关闭时，则应将货泵和压缩机布置成使他们能自动关闭。

(e) 如在液体和蒸气管路上在所用的每根货物软管的接头处，则均应设置 1 个遥控应急截止阀。对于在驳运作业中不使用的接头，可用盲板法兰予以盲断，以代替截止阀。

(f) 应核查应急切断阀是否满足公约规定的故障关闭型（动力故障关闭）型，并能就地手动操作关闭。

(g) 对应急切断阀进行动作试验，在检验应急截止阀关闭时应注意如下技术要求：在所有工作情况下，应急截止阀应能在 30s 内完全关断管路中的液体。关断时间应自手动或自动操作开始到完全关闭，这称为总关闭时间，包括信号反映时间和阀关闭时间；这种阀的关闭时间应避免管路的压力波动，不要出现异常声响等情况；阀的关闭应能做到平稳地切断流动。在检验完后应将各阀的关闭时间及其工作特性的资料保存在船上，以便随时查用。

2) 对货物处理系统的所有应急截止阀的控制装置的布置检验要求：

(a) 应布置在船上至少 2 个远离的位置单独的进行操作。其中一个为控制位置或货物控制室。

3) 对货物处理系统的 ESD 的控制系统的检验：检验控制系统中还应设有能在温度为 98℃至 104℃之间熔化的易熔元件。这些易熔元件的所在位置应包括液货舱气室和装货站。

4) 船上 ESD(ESD, Emergency Shut Down)的系统布置功能试验检验要求：系统在火灾或其他紧急情况下，整个货物系统、货物压缩机和供给机舱双燃料发动机的气体燃料总阀等应产生切断动作。这种应急切断应能够手动和在着火情况下自动触发动作，因此 ESD 动作可

由以下条件产生：手动、自动、着火、液货舱高高液位报警、电源故障。

(a) 对下述手动应急切断按钮的进行逐个功能动作试验：货控室、消防控制室、驾驶室、加气站平台、货物甲板的前部区域和后部区域、货物压缩机间。

(b)对如下几种情况，进行自动应急切断动作功能模拟试验：

- (1) 货舱液位到高高位大约 99.5%，货舱高高液位报警同时产生 ESD 动作；
- (2) 货物蒸汽总管压力低；
- (3) 船、岸管线故障；
- (4) 着火（易熔塞融化）；
- (5) 液压阀液压单元故障；
- (6) 电源故障；
- (7) 手动按钮。



图4. 5. 7手动应急切断按钮



图 4. 5. 8ESD 接线盒

Pyle National Electric System

Fibre optic Ship Shore Link System

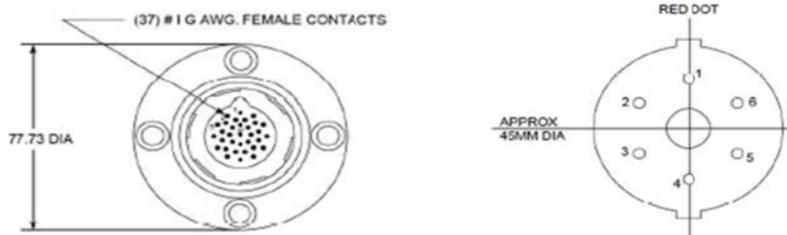


图 4.5.9 光纤和电气连接

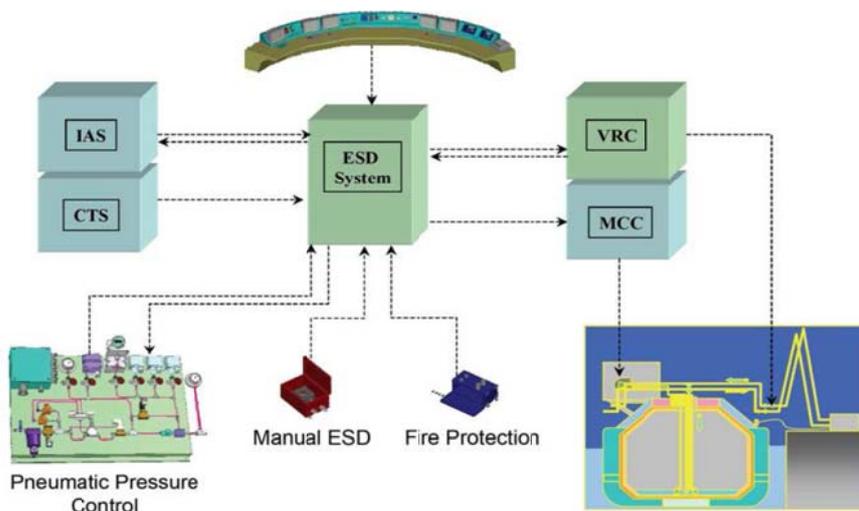


图 4.5.10 船岸 ESD 系统

4.5.4 危险气体探测系统

4.5.2.3.1 气体探测配备要求

(1) 核查对每艘船舶应至少设有 2 套经 CCS 认可的并适合于所载运货品的可便携式测甲烷及测氧设备仪器。同时应设有一台能测量惰性气体中含氧量的合适仪器。

(2) 核查在每个液罐上的气室部位均应设置了就地取样管，从取样器引出的管子不得穿过气体安全处所，一般在就地的取样管上均设置有截止阀。

4.5.2.3.2 对货物安全保护区的气体探测进行位置布置检验要求

(1) 需要安装气体探测处所

下列处所内应设有固定的气体探测系统和声、光报警装置，对这些气体探测设备的各级报警及动作进行校准及功能试验。

- ① 货泵舱；
- ② 货物压缩机舱；
- ③ 用于货物装卸机械的电动机舱；
- ④ 货物控制室，被指定为气体安全处所者除外；

⑤货物区域内可能积聚蒸气的其他围蔽处所，包括货舱处所；

⑥双燃料发动机的燃气管外层的通风罩和气体管道；

⑦空气间。

(2) 当气体探测设置在气体安全处所，应注意核查设备布置满足下列技术要求：

①气体取样管应设有截止阀或等效装置，以防止其与气体危险处所相互连通；

②从探测器排放的气体应在安全位置排向大气。

当可燃气体探测设备，包括采样管路、采样泵、电磁阀和分析单元等位于气体安全处所时，上述设备均应安放在一适当气密，并由其自身的采样点监视的钢质箱（例如具有密封门的全封闭钢质箱）中。

(3) 气体探测设备的功能试验：

(a) 对上述(1)提到的探测设备逐个进行功能试验，上述(1)要求设置的气体探测设备中引出的声、光报警装置应位于驾驶室、货物控制室以及气体探测器的读数装置所在的位置。

(b) 气体探测设备应能在不超过30min的时间间隔期内，依次从每个取样点取样和分析，但上述主机双燃料系统燃气管中所述的通风罩和气体管道进行气体探测时，应连续取样。该取样管路应与其他气体探测的取样管路分开。

(c) 上述所列的处所，当蒸气浓度达到最低可燃性极限的30%时，用于易燃货品的报警装置应被触发。

(d) 当本条4.5.4.2(2)②中提到探测装置位于气体安全区域时：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。

4.5.5 水雾喷淋系统

4.5.2.4.1 核查水雾系统的管路结构布置是否满足要求：

1) 船上受水雾系统保护的覆盖范围主要是货物区域和驾驶室的前部，具体保护区域应包括如下区域：

(a) 裸露的液货舱气室以及液货舱的任何裸露部分和含有货物的相邻设备着火时暴露于热的液货舱盖的任何部分（例如裸露的增压泵/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）；

(b) 在甲板上裸露的用于易燃货品的储存容器；

(c) 甲板上的气体处理装置；

(d) 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；

(e) 货物液体和蒸气管中所有暴露的应急关闭（ESD）阀，包括向用气装置供气的总阀；

(f) 面向货物区域的暴露界面，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。对不存放高度失火危险物品或设备的无人首楼结构的限界面，不要求水雾保护；

(g) 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

(h) 任何半围蔽货物机器处所和半围蔽货物机舱。

(i) 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。

2) 水雾系统中的所有管子、阀、喷嘴和其他附件均应能耐海水腐蚀。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。

3) 检验时注意在水雾系统总管上应每隔不超过 40 m 安装 1 个截止阀；或

4) 对将水雾系统分成 2 个或多个区段，可以对每个区段进行独立操作时的布置系统，水雾系统控制装置应集中安装在货物区域的后面。用于保护上述保护区域 4.5.2.4 (a) 和 4.5.2.4 (b) 所述区域的任何区域的区段应能覆盖包括该区域的整个横向液货舱群。4.5.2.4 (c) 中包括的任何气体处理装置可由 1 个独立的区段服务。

4.5.2.4.2 核查水雾系统供水泵的排量是否满足审批图纸的要求：供水泵应足以供应同时向上述 4.5.2.4 (d) 至 4.5.2.4 (i) 所述的表面之外，应能同时保护任何 2 个完整的横向液货舱群，包括该区域内的任何气体处理装置喷水所需的水量。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。通常被用作其他用途的水泵也可向水雾总管供水。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。

4.5.2.4.3 检验时注意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，应将其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进入和对其操作。

4.5.2.4.4 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，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，对该条所述处所提供保护。

4.5.2.4.5 对水雾系统进行效用试验，分别进行手动操作、遥控操作水雾灭火系统装置进行水雾的功能效用试验。如果水雾系统按分区设计的话，应对不同的区域分别进行水雾试验，观察水雾喷淋头水雾覆盖情况是否满足要求。



图 4.5.11 利用水雾降温

4.5.6 消防管系

4.5.2.5.1 核查消防水管路及系统布置是否满足审批图纸的布置要求，重点注意检查如下：

1) 液货船消防隔离阀的检验要求须满足：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。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应急消防泵供水的单个总管。

2) 为了能隔断总管上的损坏管段，应在所设的任何管路的交叉处和尾楼前面的消防总管或总管组上以及在货物区域内的甲板上的各消火栓之间的不大于 40m 的管路上设置截止阀。

根据 MSC.1/Circ.1456 解释：对液货船上主消防管路上的隔离阀的位置要求：隔离阀应当安装在 a：在起居处所内、服务处所和控制站；或 b：如果阀安装在开敞甲板，安装位置距离最后货舱尾部后至少 5m；c：如果上述要求不能实现，如果使用一个永久性的钢制设施加以保护可以安装在货舱区域 5m 之内。

3) 所有的消防水枪均应为水雾及水柱的两用型水枪。灭火系统中所有的管子、阀、喷嘴和其他附件均应能耐火和耐海水腐蚀。

4) 对于无人值班机舱，至少应将 1 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。

4.5.2.5.2 全船消防系统效用试验:

1)按照批准的系泊试验大纲,在同时开启相应的消防皮龙(含最高最远消防栓)下,消防水带在(表压)至少 0.5 MPa 的压力。



图 4.5.12 灭火

4.5.7 干粉灭火系统

4.5.2.6.1 核查干粉灭火系统布置是否满足审批图纸的布置要求, 重点注意检查如下:

1)用于货物区域(液货舱容量大于 1000m³)的干粉灭火系统至少由 2 套独立的自给式化学干粉装置及其控制装置、加压介质固定管路、干粉炮或手持软管组成。

2)在货物装卸总管区域应装设干粉炮,并将其布置成能保护货物装卸总管区域,且能对其进行就地和遥控启动和喷洒。

3)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。

4)应能在存放软管的卷筒处或干粉炮处进行就地启动泡沫枪货泡沫炮。

5)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。

6)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。

7)核查对于手持软管和喷嘴的保护装置,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。

4.5.2.6.2 干粉灭火系统系泊试验:

1)干粉罐上安全阀的开启试验;

2)用干燥压缩空气进行系统的功能试验,检查所有分配管道应进行畅通试验。同时测试当喷嘴以最大喷射速率喷射时,应能允许由 1 人进行操作干粉枪。同时注意核查手持软管的长度不应超过 33m。在系统关闭之后,检查管路中的干粉是否会被驱除。

3)在控制管路工作压力情况下,做功能试验,检查各气动阀的开启情况。

4)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。

4.5.2.7 货物压缩机和货泵舱

1) 核查货物压缩机和货泵舱的固定灭火系统：船舶的货物货物机器处所配备应设有符合 FSS 规则规定的固定灭火系统，现场应试验该固定灭火系统的效用试验。

第六节 液货区域通风

4.6.1 船员经常进入的作业空间

4.6.1.1 正常装卸货物作业中需要进入的处所的通风管道检验要求：

货物通风系统的管道结构检验要求：

(a) 用于气体危险处所的通风排气管道应能使气体向上排放，且其位置与通向起居处所、服务处所和控制站以及其他气体安全处所的通风进风口和开口的水平距离至少为 10m。

(b) 通风进风口应与排气口有一定距离，尽量使进风口的布置成要做到通风排气口排出的可燃蒸气不产生再循环。同时，进风口应位于气体安全区域。

(c) 用于气体危险处所的通风管道，除双燃料柴油机的燃气管外层的通风管道之外的风管均不得通过起居处所、服务处所和机器处所或控制站。

(d) 应检查驱动风机的电动机的铭牌防爆等级是否满足要求，风机的电动机安装在通风管之外。不能使风机产生能点燃通风处所内或与该处所相连的通风系统内蒸气的着火源。用于气体危险处所的通风机风扇和通风管道（仅指风扇处）应为满足 IGC CODE 第 12 章第 12.1.9 条款的要求的非火花结构；通风管的外部开口处，应有其方形网孔不大于 13mm 的防护网。

4.6.1.2 检查电动机舱、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以及在其中进行货物装卸操作的类似处所，均应安装机械通风系统，对货物区域的风机进行功能效用试验，除常规风机测试项目外，还须重点对如下项目进行检验：

a) 设有在上述处所外面进行控制风机启停装置；

b) 货物压缩机舱通风系统应为固定式，为负压通风：货物压缩机房的风机应位于压缩机舱的上部，该风机应从舱室往外抽风。对压缩机房通风布置时，要考虑到顶部不要出现死角的区域，防止液货区域压缩机房有害气体聚集隐患。

c) 进入此类舱室和操作设备之前能对上述处所进行通风，并应在此类舱室外面设有“需要进行通风”的警告牌。对警告牌的内容应明确通风时间，通风时间应根据通风设备的能力，按其容积换气不小于 10 次计算，并实际测试风机的换气次数是否满足要求。

d) 机械通风进风口和出风口布置成能保证有足够的空气流经该处所，以避免易燃蒸气的积聚；其次根据该处所的总容积，通风系统的换气次数应不少于 30 次/h，但货控室的换气次数可为 8 次/h。具体检验过程中，通过测试通风机的风速和流量来验证是否满足上述规定要求。

e) 除这些处所及惰性气体发生器的机器处所之外的机器处所，应采用正压通风：如马

达房的通风应保持正压通风状态，如马达房入口是位于气体危险区域，则应装备空气闸。当同时打开空气闸的两道门时，该空气闸能适当发出报警以进行警告。门应自动关闭没有任何背部持住装置，并保持对露天甲板气体危险区域的正压。空气锁仅允许设置在开敞露天甲板的气体危险处所与气体安全处所间，空气锁应由两扇气密的钢质门组成，两扇门间的距离至少为 1.5m，但不大于 2.5m。如果从开敞露天甲板进入气体安全处所的通道如没有布置空气闸，则该通道应位于露天甲板以上至少 2.4m 高的气体安全区域内。

空气锁应设有货物挥发气体监控设施，空气锁两端应设有声光报警系统，如多于一扇门从关闭位置打开时应发出报警。

f)通风设备应设置有声光故障报警装置。

4.6.2 船员不经常进入的空间

通常不进入的处所如货舱处所、留空处所、隔离空舱、内设货物管路的处所以及可能积聚货物蒸气的其他处所能进行通风，以便需要进入该处所时，保证有一个安全的环境。如果在这些处所未设永久性的通风系统，则船上应配备认可型可移式通风装置。验船师也应根据审批图纸的要求核对这些便携式风机的类型和数量。如果由于对某些处所进行布置的需要，例如对于货舱处所，其主要通风管道应为永久性安装的。风扇或风机应远离人员的通道口，并应符合 IGC 规则第 12.1.9 章的规定。

第五章 气体试验和试航

第一节 气体试航

5.1.1 总则

5.1.1.1 气试应用系统与准备：

(1) 装卸货船会议

①会议参加人员包括但不限于：船厂、船长、大副、货管、LM 等；

②会议主要内容包括：

a.装前安全消防系统检查与准备要求；

b.讨论卸货操作程序细节；

c.执行并确定、通过船岸安全检查；

d.确定后续会议安排。

5.1.1.3 气体试航步骤：

(1) 常规动力 LNG 船气试流程：

图 5.1.1 常规动力 LNG 船气试流程

(2) 针对双燃料发动机 LNG 船气试流程:



图 5.1.2 双燃料发动机 LNG 船气试流程

5.1.2 气体试验应用系统与准备

5.1.2.1 液罐干燥与惰化

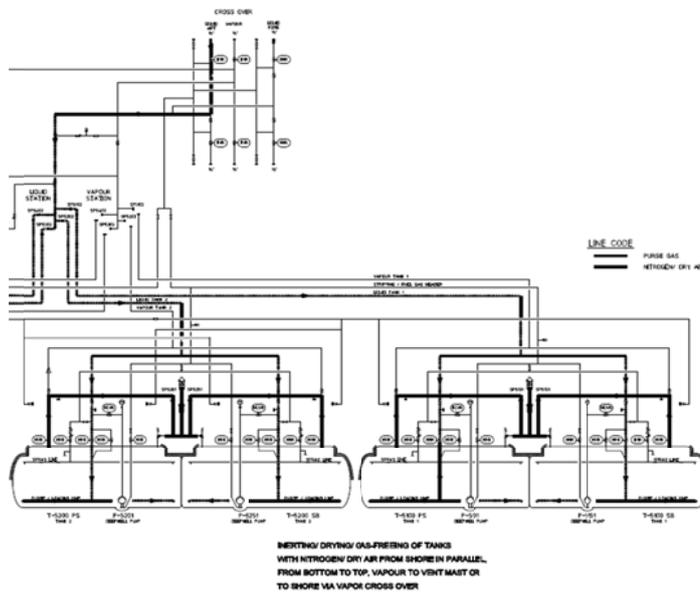


图 5.1.3 干燥惰化流程图

(1) 检验要求:

①液罐封罐检查: 在液罐内部安装工作完成并提交结束, 液罐舱容测量完成, 液罐清洁第三方提交完成后, 由船厂进行封罐交验, 检验要求: 液罐封罐前应检查确认内部没有存水、积水现象。

②液罐干燥&惰化检验: 首先测量液罐的压力、温度, 然后使用露点仪、氧气浓度检测仪从液罐的气体取样接口进行气体取样探测, 取样方法: 从液罐内上、中、下取样点分别取样。确认液罐内露点及氧气浓度是否满足设计要求。液罐惰化的检验要求为: 罐内气体露点不高于 -45°C , 罐内氧气体积浓度低于 2% (罐内氮气气体积浓度高于 97%)、温度和压力, 具体验收参数需依据液罐设计要求来定。

③当罐内干燥惰化达到要求后, 闭罐充压气密检验: 利用罐内氮气对整个液化气管系进行完整密性检查, 重点用肥皂水检查液罐气室法兰对接处密性。

5.1.2.2 液货管系干燥与惰化

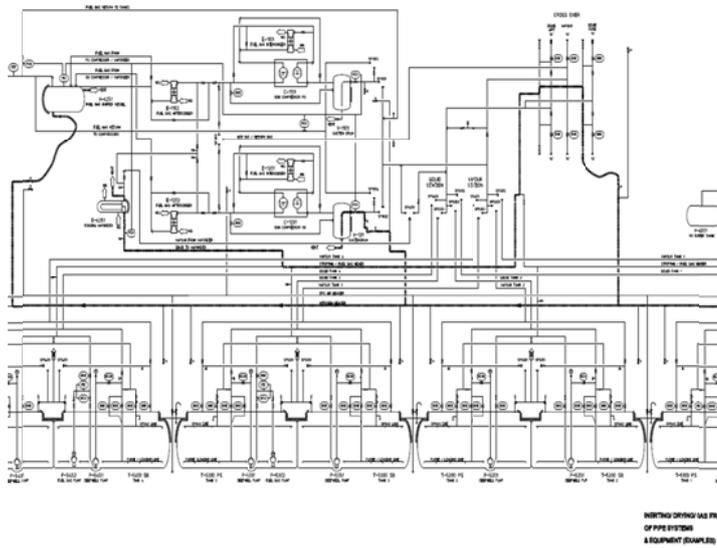


图 5.1.4 液货管路干燥及惰化局部流程图

检查要点：露点、氧含量是否达到设计要求。如露点不高于-45℃，氧气体积浓度低于2%的要求,管系的压力和温度。具体验收参数需依据货物处理系统设计要求来定。

5.1.2.3 液货空舱干燥

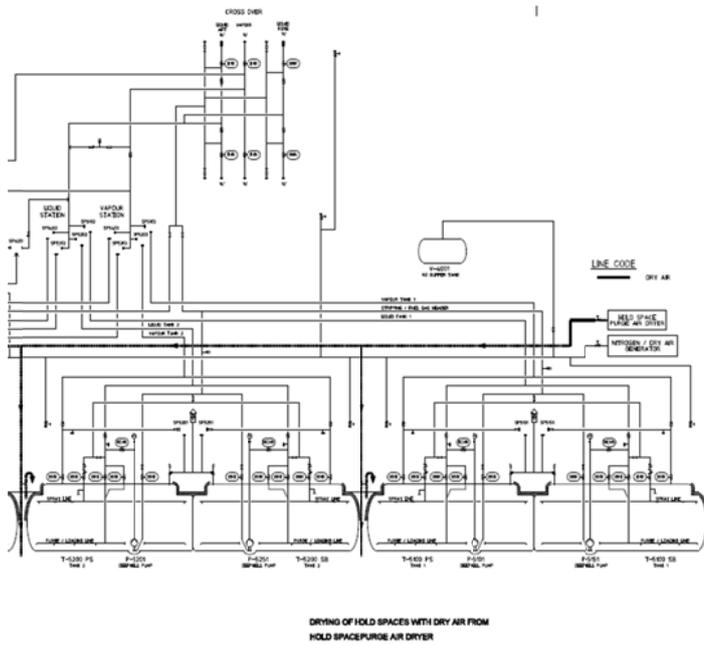


图 5.1.5 液货空舱的干燥流程图

检验要求：

(1) 使用便携式露点仪定期在排气口取样，空舱干燥空气的露点应达到：在标准大气压下，货舱空舱内干燥空气露点不高于-40℃，具体验收参数需依据货物处理系统设计要求

来定。

(2) 空舱内保持正压，如压力维持在 100mbarg 以上，具体压力需依据货物处理系统设计
计要求。

5.1.2.3 连接岸站通讯和 ESD 试验:

热态 ESD 测试：在所有卸料臂连接好和吹扫以及卸前会议后，应进行热态 ESD 测
试。ESD 测试检验的具体步骤：

- a) 连接用于码头与船舶的 ESD 的船/岸通讯连接 (SSL);
- b) 确认与 ESD 系统的所有阀及液货设备均打开;
- c) 确认 ESD 系统的电源和气动管系内压力供应正常;
- d) 分别在船上货控室和岸站对 ESD 系统进行操作;
- e) 应测试阀门的关断时间 (不超过 30S 内完全关闭)。

5.1.3 气体试航期间的货物操作系统试验

5.1.3.1 卸料臂的连接和吹扫：装载臂吹扫要求：排放至大气直到氧气浓度 $<2\%$ ；露点温
度 $<-25^{\circ}\text{C}$ （泄放阀处取样检测）。

5.1.3.2 应对岸臂与船管连接的的气密性进行试验，检验要求：卸料臂与装卸总管根据
管路设计压力进行气密性试验，压力表读数稳定，用肥皂水检查无泄漏，持续保压
5min。

5.1.4 气体置换

5.1.4.1 气体置换检验要求：

(1) 罐内各气体取样点（液罐的上、中、下）分别取样气态 LNG 气体溶度要求大于
95%，应定期予以观察记录，同时测试液罐内的压力和温度。当液罐内 LNG 气体溶度大于
95%时，方可进行冷罐操作,具体浓度按液货厂家货物操作说明书要求进行。

(2) 液货管系吹扫置换，检验注意点：不要遗漏仪表管等吹扫，遗留的惰性气体
可能导致错误数据显示。

船方提交惰化测量报告给岸站确认，或根据岸站要求就地取样，监控测量。岸站提交
LNG 组分报告，包括密度、甲烷值及低热值等。

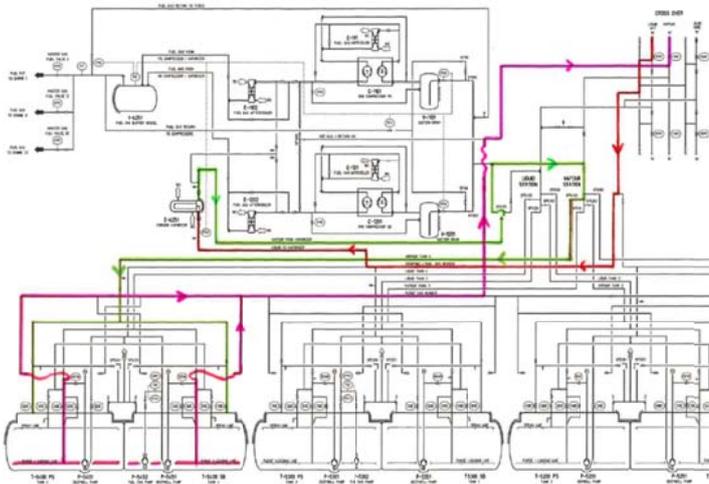


图 5.1.6 气体置换示意图

5.1.5 液罐冷却

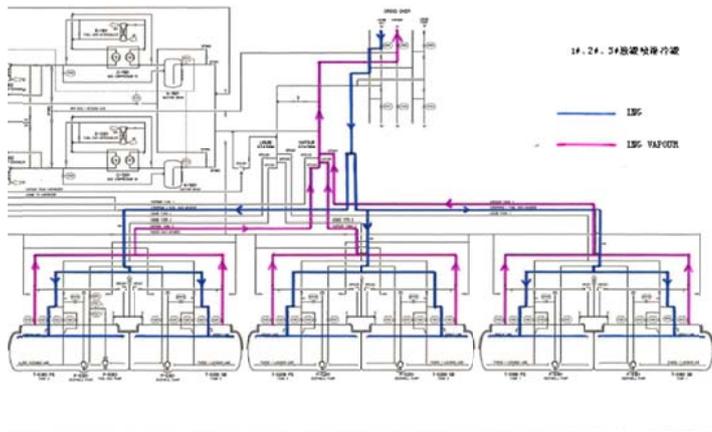


图 5.1.7 冷罐流程示意图

5.1.5.1 液罐喷淋冷却检验要求：

- (1) 预冷 LNG 供液低于最大允许流量及压力。
- (2) 冷却技术要求：罐底温度达到设计要求，一般为 -140°C ；上下温差不超过 50°C 。
- (3) 检查液罐温度变化梯度，冷却温度一般控制在 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 以内；
- (4) 检查液罐的压力及温度并定期记录，当检测罐底温度达到 -140°C 时冷却完毕；
- (5) 进入液货空舱，各液罐冷罐前鞍座滑动侧位移量。注意：各液罐冷罐前鞍座滑动侧位置预先做好标记；
- (6) 进入液货空舱，检查液罐隔热。

上述参数要求具体见液货厂家设计资料要求。

5.1.5.2 岸站确认卸料臂预冷结果，进行冷态 ESD 测试。在卸料臂冷却后，船岸双方做冷态 ESD 测试。遥控阀门将在船方或岸方触发紧急关断信号后关断，船岸双方应确

认双方 ESD 正常。具体检测程序见 5.1.2.3 条款的检验要求。最好测试完成后恢复遥控阀处于打开状态。

5.1.6 装货

5.1.6.1 检验要求：

- (1) 在装货过程中液罐的压力满足液货设计资料要求。
- (2) 靠岸期间同一液罐左右舷液位相差最大允许 1m，航行期间要求液位基本相等。具体参数按液货厂家操作说明书要求进行。

5.1.6.2 装货装货过程中巡检项目：

- (1) 定期检查液罐注入阀开度、液位、压力、温度、体积等并予以记录；
- (2) 检查液货管位移情况及支架位移是否正常；
- (3) 检查液货管无冷点及泄露；
- (4) 检查管路隔热包覆情况。

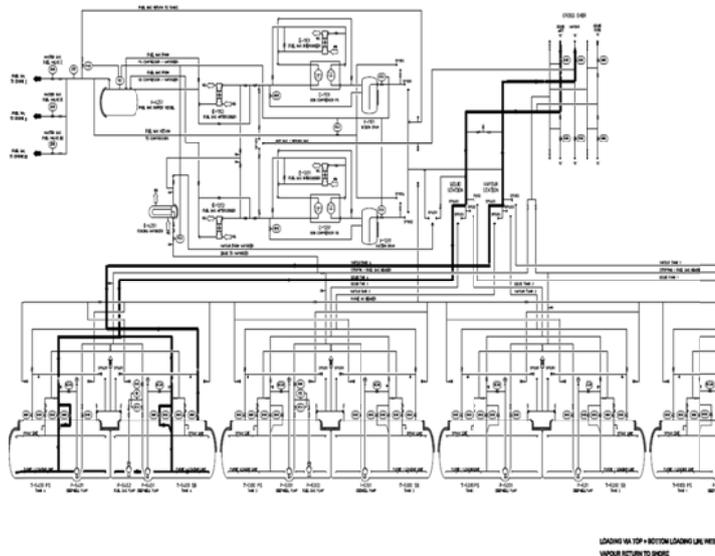


图 5.1.8 装货流程示意图

5.1.7 液货泵实效试验

由于目前在设计及建造的独立液货舱的液货泵大都选用深井泵，故本节主要介绍深井泵的检验技术要求特点。

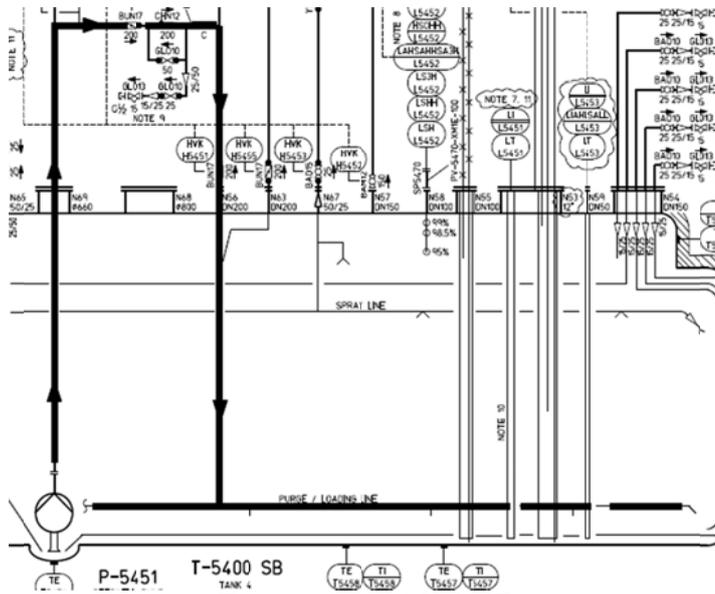


图 5.1.9 液货泵流程示意图

5.1.7.1 运转试验：

- (1) 检查泵的排除压力是否满足要求；
- (2) 运行时间大约半小时，
- (3) 深井泵出口液压调节阀应缓慢开启、调节，调整排放阀直到达到要求的工作压力；
- (4) 运行 30 分钟后检查轴封温度；轴填料箱的升温取决于实际的舱压和轴尺寸。如在 2(7)[18] bar 和轴尺寸为 50 mm 时，预计轴填料箱温度升高至大约 50(60)[75]°C；在 0(6)[12] bar 和轴尺寸为 60 mm 时，预计轴填料箱温度升高至大约 55(65)[75]°C。具体的轴填料箱的升温以深井泵说明书规定的要求为准。

如轴填料箱的升温超过以上所述，应停泵。检查增压器顶部的观察窗充满空气或蒸气，以确保轴密封系统充满液体。

- (5) 自动停泵试验：逐步关闭出口遥控阀，泵自动停止时，记录电流、电压等。

5.1.7.2 对深井泵检验注意点：

(1) 当从接近环境温度时冷却液舱时，泵缸内可能会有结冰的风险。通过在冷却时转动泵轴，可减少转动的泵部件的结冰风险。

(2) 对新造船首次启动和冷却至-50°C 以下。新泵尚未试运转，热收缩减少了泵缸的间隙，这可能导致高摩擦和很难转动轴。如出现高摩擦，应在冷却阶段进行试运转。转动泵轴以确保未堵塞（例如结冰）。

5.1.7.3 货物驳运试验

当其他货舱冷却过程结束之后，就可以进行各个货舱之间液货的驳运操作功能是否正常，

主要目的是验证每个货舱内的液货泵的运行状况。

5.1.8 BOG 压缩机供气系统试验

5.1.8.1 BOG 供气系统组成：

(1) 用于 BoG 处理的设备组合：BoG 压缩机、吸鼓、燃料气体中间冷却器、燃料气体后冷却器；

(2) 用于强制 LNG 蒸发的设备组合：浸没式燃料气体泵、强制 LNG 蒸发器（位于压缩机室内）；

(3) 用于燃料气体供应的设备：燃料气体缓冲罐、燃料气体流量计、主气体燃料阀（每台燃料发动机对应一台）。

5.1.8.2 BoG 压缩机设有：润滑系统、吸入和排放侧的关闭阀、安全释放阀、油、气体和冷却水的压力和温度表、安全关闭开关和警报等。

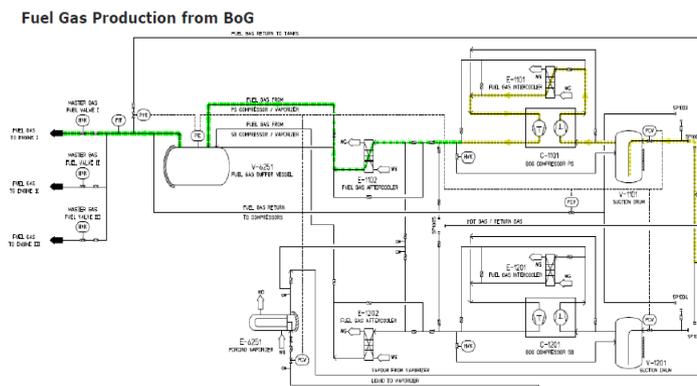


图 5.1.10 使用 BOG 压缩机气化 LNG 流程图

5.1.8.3 BoG 压缩机启动前的工况条件的确认检查：

- (1) 在启动前复查所有管路、短管和阀的设置。
- (2) 在启动压缩机前启动至压缩机和冷却器的冷却水，以避免过热。
- (3) 操作 BoG 压缩机时不可关闭排放阀，其必须完全打开。
- (4) 启动时观察压缩机的油、吸入和排放压力（如压力未按预期发展，阀的设置可能不正确；例如，打开的旁通或排气连接）。
- (5) 易燃蒸气/空气混合物不可通过货物压缩机。为避免此情况，用货物蒸气驱气前，使用氮气对货物系统完全驱气。

- (6) 定期检查装置的仪表、控制和关闭设备。
- (7) 为避免严重损坏，在任何情况下不允许液体 LNG 进入压缩机的。

5.1.8.4 BoG 压缩机运转功能试验检查：

- (1) 货物压缩机维持燃气缓冲罐的压力稳定试验：
- (2) 当燃气缓冲罐压力稳定后，并可以向机舱提供连续供气。

(3) BoG 压缩机应根据实际的双燃料发动机的燃料气体需求自动选择所需的压缩机容量，检验系统连续供气能力要求。

(4) 对于设计有 2 台及以上的 BoG 压缩机的船舶，如一台 BoG 压缩机的容量不足以保持燃料气体缓冲罐的压力，即燃料气体需求高于压缩机容量，在该种情况下，应验证系统将显示警报信息，要求启动第二台或其他 BoG 压缩机。

如两台压缩机均运行且燃料气体缓冲罐的压力高，即燃料气体需求低于压缩机容量，系统将显示警报信息，要求关闭第二台 BoG 压缩机。

作为启动第二台 BoG 压缩机的替代，可验证启动燃料气体泵和强制蒸发器（如不需要进一步降低液货舱的压力）。

5.1.8.5 燃气缓冲罐多余气体的回收的功能试验

由于 BoG 压缩机的最低容量可能高于燃料气体消耗装置的最低需求，多余气体应回收。因此燃料气体缓冲罐的压力受不同的压力控制器控制。回收方式有两种：

(1) 如压力超过 7.5 barg（按设备说明书的要求），多余气体将通过压力释放阀回收至 BoG 压缩机的吸鼓。

(2) 如压力进一步上升，相关压力释放阀如将在 9.5 barg 时打开，使多余气体释放进入蒸气集管。当压力如低于 9.3 barg 时，该压力释放阀会关闭，具体参数以设备说明书要求为准。

5.1.9 强制蒸发器供气系统试验

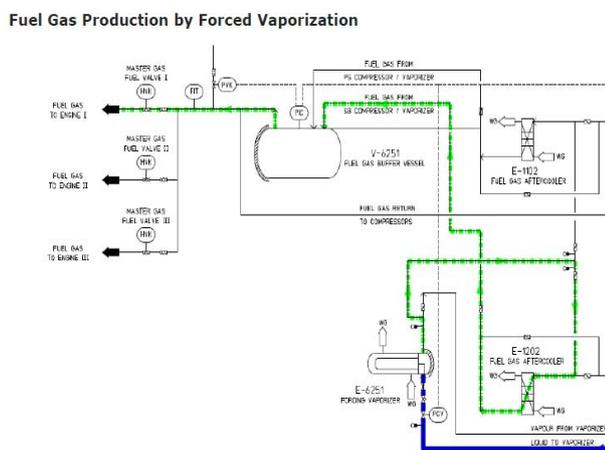


图 5.1.11 强制蒸发器供气

强制蒸发供气系统试验将结合双燃料发电机组气体试验程序进行。

5.1.9.1 功能试验：

(1) 启动燃气泵，通过流量控制阀监控直达压力流量稳定，开启遥控阀门供液：当启动燃料气体泵时，需要采取相应的预防措施。检验应特别注意：刚开始启动燃料气体泵

时应先关闭排放阀并使相关流量控制阀处于手动模式，这样在启动时电动机不会过载。启动泵时打开相关流量控制阀，并当泵加压时增加流量。

(2) 检查强制蒸发器的容量、出口温度、出口压力满足设备说明书要求：如强制蒸发器的需求低于燃料气体泵的最小持续流量，最小流量控制阀应能将打开，将泵排放流量的差量返回相关液舱。

(3) 稳定供气：注意检查至强制蒸发器的流量受燃料气体缓冲罐的压力控制。如压力降低，相关压力控制器将打开蒸发器供给阀。如压力升高，压力控制器将关闭供给阀，通过这些功能从而实现强制蒸发器的稳定供气。

5.1.10 强制蒸发器加 BOG 压缩机组合供气试验

5.1.10.1 如强制蒸发器与 BoG 压缩机中的一台一起运行，不会显示要求关闭多余机械的信息，供给蒸发器的燃料气体泵通过将 LNG 回收至液舱从而进入“待机”运行。强制蒸发加 BOG 压缩机组合供气系统试验将结合双燃料发电机组气体试验程序进行。

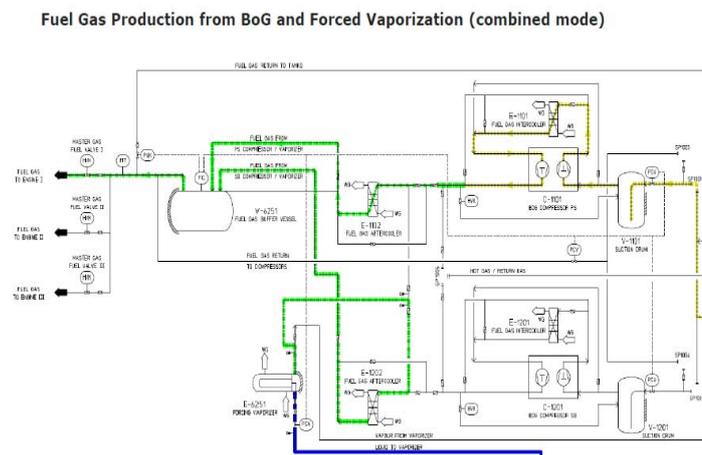


图 5.1.12 强制蒸发器加 BOG 压缩机组合供气

5.1.10.2 功能试验：

(1) 启动燃气泵，通过流量控制阀监控直达压力流量稳定，开启遥控阀门供液,具体验证见 5.1.9.2(1)条款的要求；

(2) 流量稳定后，开启遥控阀门供液,具体验证见 5.1.9.2(2)条款的要求；

(3) 检查强制蒸发器的运行情况，检查压力控制阀的工况,具体验证见 5.1.9.2(2)条款的要求；

(4) 当燃气缓冲罐压力稳定后，开始向机舱提供连续供气，观察记录相关参数,具体验证见 5.1.9.2(3)条款的要求。

5.1.11 岸站卸货

船舶靠气站码头卸货的准备工作及检查工作要求同装货的要求。采用标准回气流程卸货，

岸站回气；

检验要求：

- (1) 泵的压力、排量及电流是否达到设备说明书的要求；
- (2) 液罐各舱的液位要求同装货时液位要求，具体须满足货物操作说明书的要求；
- (3) 液罐压力和温度同装货时的要求，具体须满足货物操作说明书的要求。

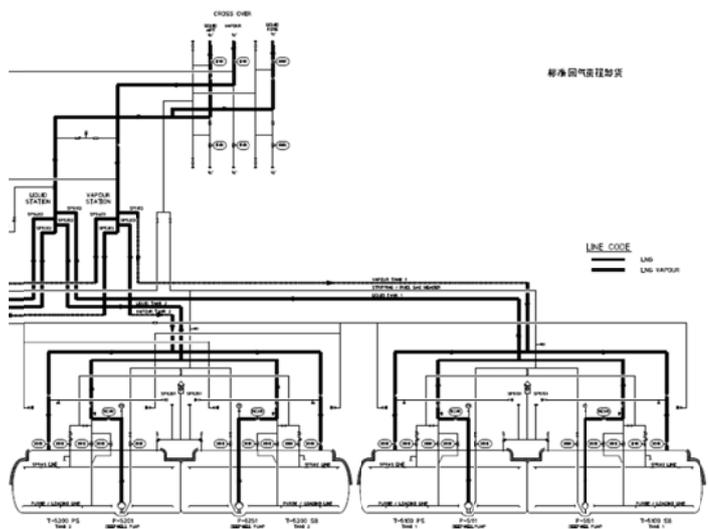


图 5.1.13 回气卸货流程示意图

5.1.12 应急卸货

根据 IGC 规则第 5 章第 5.8 条款的要求，LNG 气体运输船在功能上还需满足应急卸货的功能：即系统应满足成当 1 台货泵或驳运装置发生故障时，应能使用另外 1 台泵或泵组来驳运，或其他货物驳运装置来驳运货物。对 C 型独立液货舱，多采用气体加压（如 BOG 压缩机进行气体加压方式）驳运货物来实现货物处理系统的应急卸货功能。但在气试试验时，根据 SIGGTO 建议导致要求：如应急卸货采用液罐气体加压的方式来实现时，在气体试验时通常不需要操作试验应急卸货，除非是原型液罐舱的试验的情况下。

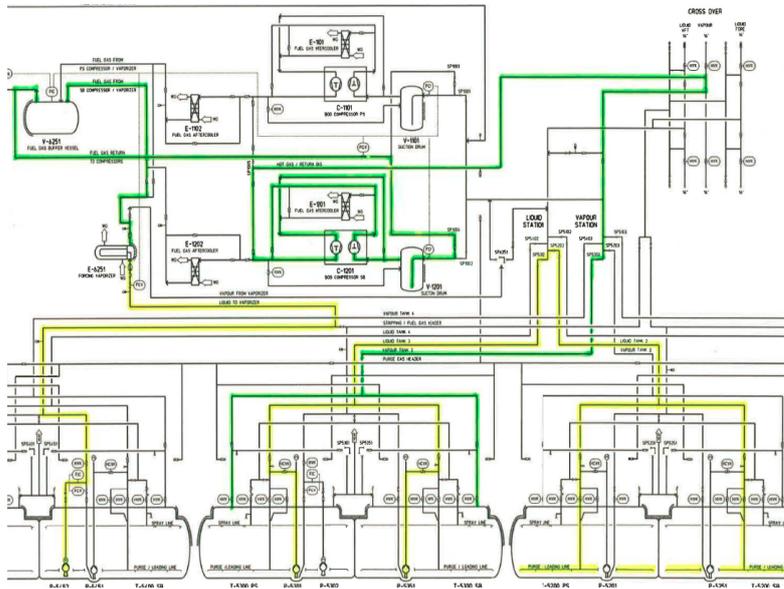


图 5.1.13 应急卸货流程示意图

5.1.13 升温

检验要求:

- (1) 检查液罐的压力在允许范围内;
- (2) 检查液罐温度, 但液罐内温度高于惰化氮气露点时 (-40°C), 可以停止暖罐。具

体参数以液货厂家的说明书为准。

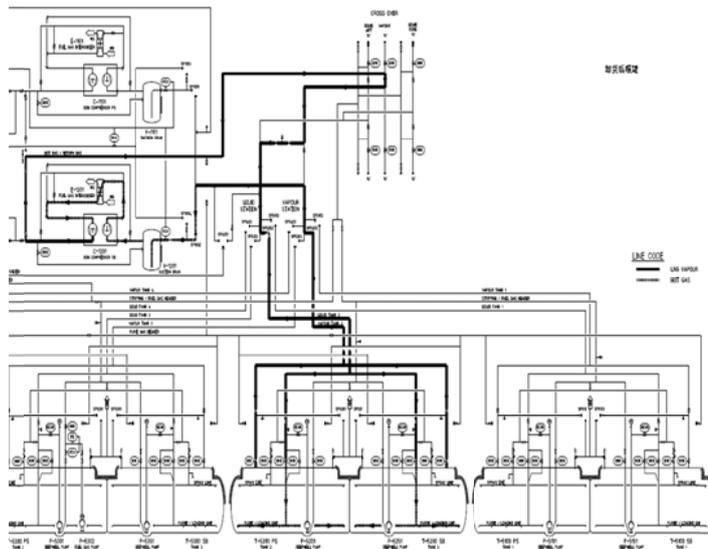


图 5.1.14 暖罐流程示意图

5.1.14 惰化和通风

若由于特殊原因需要暖罐后进行惰化操作, 基本流程为利用干燥的 N_2 将液罐中的

NG 置换出来，惰化过程中定时从液罐内上、中、下取样点取样，取样气体露点不高于 -45℃、氧气体积浓度低于 2%、氮气气体积浓度高于 95%时惰化完成。惰化的具体检验要求同 5.1.2.1 (1) 条款。

5.1.15 双燃料发动机的气体试验

以下仅适用在用 LNG 燃料气体供应发电机（柴油机原动机为第压 LNG 做气体燃料的情况下）的气体试验的检验要求：

(1) 气体模式运行前状态检查

甲板燃气缓冲罐持续稳定向机舱供应天然气，双燃料发电机气体模式各参数特性调整完成。

(2) 检查启动闭锁试验

检查启动闭锁试验，项目包括“排烟管鼓风机单元”、“双壁管抽风单元”和“燃气阀组单元 (GVU)。当发电机运行在气体模式下的时候，发电机停车以检查启动闭锁。

(3) 气体泄漏检测测试

(4) 扫气试验

检验各个条件下的启动扫气功能，如燃气模式转燃油模式，燃气模式停车，发动机气体脱扣等。

(5) 氮气吹扫试验

在满足一些特定条件下，如燃气供给主阀故障、气体泄漏等故障下，双燃料发动机应由燃气模式转为燃油模式并实现氮气的自动吹扫。当氮气吹扫时，氮气进 GVU 压力小于厂商说明书设定的标准应会导致报警。

(6) GVU 报警试验

检查 GVU 的报警功能，主要有 LNG 供气压力过高、过低，供气温度过高、过低，氮气吹扫压力低，气体泄漏检测失败，驱气风机报警等，需要对每一个报警点进行检测。具体按厂家说明书要求进行。

(7) GVU 引起的“GAS TRIPS”试验

GVU 引起的“GAS TRIPS”主要有 GVU 封闭压力高、供气系统故障等，当出现这些问题时，会产生“GAS TRIPS”，具体按设备厂家说明书规定的要求进行。

(8) “排烟管鼓风机单元”及“双壁管抽风单元”试验

当发电机运行在气体模式下的时候，发电机停车以检查启动闭锁。通过驱气风机的流量开关来检测驱气风机在气体模式停机的情况下正常工作的稳定性。

(9) 双燃料发电机组两种模式下的手动操作转换

① 燃气模式转为柴油模式

按要求在任何工况下都可进行转换。

②柴油模式转为燃气模式

在某工况下切换，如柴油模式切换到燃气模式必须要在 20~80%发电机最大持续功率下完成。柴油机必须要在高于其最低 10%最大持续功率下持续运转，否则会在 5 分钟之后自动脱扣回到柴油模式。具体以柴油机厂家要求在何种状态下转换。

发出燃气模式转换的请求情况下，确认模式转换动作正常。

(10) 在双燃料发电机控制系统下的燃料模式的自动切换试验（模拟）

由机舱火警、气体泄漏及抽风系统等燃气系统的某些故障报警所触发，在任何工况下发生上述故障须立刻进行切换，确认模式转换动作正常。

(11) 双燃料发电机燃气模式下的单机负荷试验

①采用主推进的负载作为负荷对发电机组进行单机负荷试验

单机负荷试验时，测量相关性能参数是否在规定范围内。

双燃料发电机在相应负荷试验时应平稳，无异常发热，发电机频率调整到额定值。

双燃料发电机组负荷试验的工况及试验时间按下表规定：25%-50%-75%-100%，时间分别为 0.5h,0.5h,0.5h,2h。

②在 100%负载试验完成后，适当增加推进输出功率，使发电机的功率>100%额定功率，但<110%。这时发电机的工作模式应由气体模式转为柴油模式。该试验要求具体按相关厂家发电机说明书的进行。

(12) 双燃料发电机燃气模式下的特性试验

(13) 静态特性试验及动态特性试验

应满足《钢质海船入级规范》的相应要求。

(14) 燃气模式下的失电试验

应满足《钢质海船入级规范》的相应要求。

第二节 第一次装货和卸货操作

LNG 运输船在首次运营中，应对装货和卸货的操作进行验证，以确保船舶能正常运行，当船舶达到装货港口后。第一次装货和卸货操作须重点验证以下方面：

5.2.1 首次装载（假定满载）：

1) 重点注意装货的后阶段：（约最后 6 小时）

2) 审查货物记录簿和报警记录；

3) 验证下列系统处于良好操作状态：

—气体探测系统；

—货物控制和监测系统，例如液位测量设备、温度传感器、压力测量装置、货泵和压缩机，货物热交换器（如正在使用）的合理操作；

—氮气发生装置和惰性气体发生装置（如正在使用）；

- 隔热层、屏壁间处所、环形空间适用的氮气压力控制系统；
 - 隔离空舱加热系统（如正在使用）；
 - 再液化装置，如有；
 - 用于货物挥发蒸气的燃烧装置，如锅炉、发动机、气体燃烧装置等（如正在使用）；
- 4) 检查甲板上货物管系，包括膨胀接头以及管路支承装置。

5) 验证液货舱防止溢出程序，包括正常装货过程中激发高位报警及装载限制验证：根据IGC规则第15章要求，应对液货舱的充装极限进行验证；所以在首次运营装卸货的过程中，对一个货舱装货完成时，测试高液位报警、高高液位和和极高液位报警和装载阀关闭功能，比较高液位报警的设计触发点和实际触发点。

6) 在航行到卸货港的航程中进行船体和隔热层外部的冷点检查。冷点验证：LNG 运输船在首次载货航行时，应对船体冷点进行检查，验证船体表面结构的温度状况，找到船体平均温度的最低点。使用相关的仪器仪表对绝缘层和内部船体的温度进行监控；主要对液罐与船体邻近的周围结构进行检查确认在液货舱冷态情况是否有冷点；可以对货舱绝缘层常温面进行检查，确认是否存在低温点。

5.2.2首次卸载：

- 1) 重点注意卸货的初始阶段：（约最初4—6 小时）
- 2) 开始卸货前验证紧急切断系统的试验；
- 3) 审查货物记录簿和报警记录；
- 4) 验证下列系统处于良好操作状态：
 - 气体探测系统；
 - 货物控制和监测系统，例如液位测量设备、温度传感器、压力测量装置、货泵和压缩机，货物热交换器（如正在使用）的合理操作；
 - 氮气发生装置和惰性气体发生装置（如正在使用）；
 - 隔热层、屏壁间处所、环形空间适用的氮气压力控制系统；
 - 对于薄膜型LNG 船，验证隔离空舱和船体内侧温度传感器读数不低于所选用等级钢材的许用温度；
 - 隔离空舱加热系统，（如正在使用）；
 - 再液化装置，并审查以前航次的记录；
 - 用于货物挥发蒸气的燃烧装置，如锅炉、发动机、气体燃烧装置；
- 5) 检查甲板上货物管系，包括膨胀接头以及管路支承装置。如可能，验船师应抽查一些处所。

附录1 C型独立液货舱 LNG 运输船液货系统检验项目表

一、液货管路		
	1、管件内场制作检查	
	2、焊缝质量（外观及无损检测）	
	3、安装完整性	
	4、管段强度试验	可与5同时进行
	5、管系整体密性试验	
	6、管系隔热完整性检查	
二、液罐检验		
	1、焊前检查	
	2、罐内部件、管系制作及安装检验	
	3、焊缝质量（外观、焊接试板及无损探伤）	
	4、罐体液压试验及消除应力	
	5、气室密封装置安装	
	6、液罐容积测量	审核第三方报告
	7、罐内清洁度检查，封罐	审核第三方报告
三、液罐安装		
	1、液罐环氧浇注	
	2、环氧取样、硬度检查	
	3、层压木间隙检查	
四、液罐液位计(含甲板罐)		
	1、液位遥测安装检查	
	2、液位遥测检查	
	3、液位（就地，遥测）报警试验	
五、深井泵及燃气泵		
	1、深井泵安装及校中检查	
	2、深井泵电机转向检查	
	3、燃气泵安装及校中	
	4、功能试验	气试过程中进行
六、BOG压缩机		
	1、BOG压缩机及电机定位、对中检查	含螺栓拧紧力矩

	2、环氧垫片安装检查	
	3、钢质垫片安装检查	
	4、安装后的对中复查	
	5、效用试验	气试过程中进行
七、控制和报警系统		
	1、报警， 联锁及功能试验	
八、液货系统安全系统（气体探测、易熔系统、应急切断系统）		
	1、安装完整性检查	
	2、系统强度、密性、畅通性检查	
	3、易熔系统报警试验	需考虑备用易熔塞
	4、易熔系统与水喷淋系统联锁试验	
	5、气体探测功能试验	
	6、ESD报警和联锁试验	
九、氮气和干燥空气系统		
	1、安装完整性检查	
	2、强度与密性试验	
	3、报警功能测试	
	4、氮气与干燥空气功能试验	
	5、液货空舱密性试验	
十、液压快关系统		
	1、安装完整性检查	
	2、强度试验	
	3、功能试验	包括试验阀门关闭时间
十一、水/乙二醇系统		
	1、安装完整性检查	
	2、强度和密性试验	
	3、效用试验	
十二、海水系统		
	1、安装完整性检查	
	2、密性试验	
	3、效用试验	

十三、仪表及电气设备		
	1、电缆布置检查	
	2、效用试验	
十四、仪表空气系统		
	1、安装完整性检查	
	2、系统强度、密性、畅通性检查	
	3、仪表空气系统功能试验	
十五、CTS系统（Custody Transfer System）		
	1、安装完整性检查	
	2、功能试验	
十六、燃气系统		
	1、安装完整性检查	
	2、系统强度、密性、畅通性检查	
	3、功能试验	气试过程中进行
十七、船岸连接系统		
	1、安装完整性检查	
	2、功能试验	