

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD22-2017



中国船级社

船舶应用替代燃料指南 2017

Guidelines for Ships Using Alternative Fuels

生效日期： 2017 年 12 月 1 日

北京

说 明

在当前国际、国内船舶空气污染物排放控制标准日益严格的背景下，各种清洁替代燃料逐步在船舶上得到应用。为适应上述需求，中国船级社研究编制了《船舶应用替代燃料指南》（以下称本指南），为甲醇/乙醇、燃料电池、生物柴油等替代燃料在船舶上的使用提供技术标准。

本指南分为 3 篇。第 1 篇为甲醇/乙醇燃料，第 2 篇为燃料电池系统，第 3 篇为生物柴油。未来，其他船舶替代燃料（如二甲醚等）将视实际情况考虑纳入本指南。

总 目 录

第 1 篇 甲醇/乙醇.....	1-1
第 2 篇 燃料电池系统.....	2-1
第 3 篇 生物柴油.....	3-1

中国船级社

船舶应用替代燃料指南

2017

第 1 篇 甲醇/乙醇

目 录

第 1 章 通 则	1-1
1.1 适用范围	1-1
1.2 定义	1-1
1.3 目标及功能性要求	1-2
1.4 附加标志	1-2
1.5 等效或替代	1-2
1.6 图纸和资料	1-2
1.7 产品检验	1-4
1.8 船舶检验	1-4
第 2 章 船舶布置和系统设计	1-7
2.1 一般要求	1-7
2.2 材料	1-7
2.3 管系设计	1-7
2.4 处所位置与分隔	1-9
2.5 燃料储存	1-10
2.6 燃料供应	1-12
2.7 燃料加注	1-13
2.8 惰性气体系统	1-14
2.9 出入口与通道	1-14
2.10 空气闸	1-14
第 3 章 通 风	1-16
3.1 一般要求	1-16
3.2 燃料准备间	1-17
3.3 加注站	1-17
3.4 双壁管	1-17
3.5 燃料阀件单元处所	1-17

3.6 燃料舱接头处所.....	1-18
第4章 消防.....	1-19
4.1 一般规定.....	1-19
4.2 防火.....	1-19
4.3 灭火.....	1-19
4.4 探火和失火报警系统.....	1-20
第5章 电气系统.....	1-21
5.1 一般要求.....	1-21
5.2 对危险区域划分的要求.....	1-21
5.3 危险区域.....	1-21
5.4 电气装置.....	1-22
第6章 控制、监测和安全系统.....	1-23
6.1 一般要求.....	1-23
6.2 监测与控制.....	1-23
6.3 蒸气探测、火灾探测和通风监测.....	1-24
6.4 安全系统.....	1-24
第7章 甲醇/乙醇发动机.....	1-28
7.1 一般要求.....	1-28
7.2 安全保护.....	1-28
7.3 功能要求.....	1-29

第1章 通则

1.1 适用范围

1.1.1 本篇适用于 20m 及以上的以甲醇/乙醇为燃料的钢质船舶，包括以自身货物作燃料的甲醇/乙醇运输船。

1.1.2 以甲醇/乙醇为燃料的船舶，除满足本篇外，还应满足本社《散装运输危险化学品船舶构造与设备规范》、《钢质海船入级规范》、《国内航行海船建造规范》或《钢质内河船舶建造规范》（以下均简称相关规范）的相关要求。此类船舶尚应满足船旗国主管机关的有关要求（如有时）。

1.1.3 现有船舶如将柴油机改装为甲醇/乙醇发动机，应视为发动机重大改装，需满足船旗国主管机关相关规定及本篇的相关要求。

1.2 定义

1.2.1 除另有规定外，本篇定义如下：

(1) 甲醇：系指 CH_3OH ，以液态或蒸气形式存在。

(2) 乙醇：系指 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，以液态或蒸气形式存在。

(3) 燃料：系指甲醇/乙醇。

(4) 燃料舱：系指包括接头在内的用于储存燃料的装置（可为整体式、独立式或可移式），以及必要的支撑结构。

(5) 燃料舱处所：系指由船舶结构所围蔽的、其内设有独立式燃料舱的处所。如燃料舱的接头位于燃料舱处所内，则该处所也视作燃料舱接头处所。

(6) 燃料舱接头处所：系指环绕燃料舱所有接头和阀门的处所。

(7) 燃料准备间：系指包含用于燃料制备目的泵、热交换器、过滤器等设备的任何处所。

(8) 燃料阀件单元：系指一个气密处所或阀箱，其内部设有用于控制或调节发动机之前的燃料供应的阀件。

(9) 整体式燃料舱：系指构成船体结构的一部分，以相同方式与相邻船体结构一起受到同样载荷的作用，通常对船体结构的完整性起重要作用的燃料舱。

(10) 独立式燃料舱：系指不与船体结构相连接或不是船体结构的组成部分的燃料舱。建造和安装独立式燃料舱是为了尽可能消除（或降至最低）因相邻的船体结构的应力或运动所造成的应力。独立式燃料舱对船体的结构完整性不是必需的。

(11) 可移式燃料舱：系指满足如下要求的独立式燃料舱：

——可方便地与船舶系统连接或脱开；

——可方便地安装到船上或从船上移除。

(12) 双燃料发动机：系指即可单独使用甲醇/乙醇为燃料（使用柴油引燃），又可单独使用燃油的发动机。

(13) 单一燃料发动机：系指只能使用甲醇/乙醇为燃料，不能转换至以任何其他类型燃料运转的发动机。

(14) 甲醇/乙醇发动机：系指双燃料发动机或单一燃料发动机。

(15) 高压燃料管系：系指最高工作压力高于 10MPa 的燃料管系。

(16) 单一故障：系指由于一个故障或操作而导致预期功能的丧失。

(17) 燃料释放源：系指可能释放出液态燃料或燃料蒸气的部位或地点，如燃料管路上的阀件、可拆卸式管接头、管垫圈或泵密封装置等。

1.3 目标及功能性要求

1.3.1 本篇目的是为船舶上使用甲醇/乙醇为燃料的机械、设备和系统的布置、安装、控制与监测提供标准，并使其对船舶、人员和环境的风险降至最低。

1.3.2 船舶应满足如下功能性要求：

- (1) 甲醇/乙醇燃料动力系统在安全和可靠性方面应与常规燃油动力系统相当；
- (2) 应能通过布置和系统设计（如通风、探测和安全措施）将与甲醇/乙醇燃料相关的危险所发生的概率和影响限制在最低水平；当燃料泄漏或风险降低措施失效时，应启动必要的安全措施；
- (3) 应确保甲醇/乙醇燃料装置的风险降低措施和措施不会导致不可接受的功率损失；
- (4) 应尽量限制危险区域，将其可能影响船舶、船上人员和设备安全的潜在风险降至最低；
- (5) 安装在危险区域的设备应仅为操作所必需的，其性能应与工作环境相适应并经本社认可；
- (6) 应能防止易爆、易燃或有毒蒸气的意外积聚；
- (7) 系统部件应予以保护，防止外部损坏；
- (8) 危险区域内的着火源应减至最少，以降低爆炸发生的概率；
- (9) 应布置安全、适当的甲醇/乙醇燃料储存和加注装置，其能够接收和容纳所要求状态下的燃料而不会造成泄漏；
- (10) 应设置经适当设计、由合适材料制造和安装的管路系统、储存和超压释放装置，以实现其预定用途；
- (11) 机器、系统和部件的设计、制造、安装、操作和维护应确保其安全和可靠地运行。
- (12) 燃料舱/燃料舱处所和含有液态燃料或蒸气释放源的机器处所的布置和位置，应充分考虑燃料泄漏导致的火灾或爆炸的风险，以避免发生危险时导致不能接受的动力损失或其他舱室的设备功能丧失。
- (13) 应设置合适的控制、报警、探测和切断系统，以确保燃料系统安全和可靠的运行。
- (14) 应在所有相关处所和区域设置适合的固定燃料蒸气和/或泄漏探测系统。
- (15) 应针对潜在的火灾风险设置探火、防火和灭火措施。
- (16) 为保护从事燃料操作的船员，船上应布置合适的保护设备。
- (17) 甲醇/乙醇燃料系统和燃料使用设备的调试、试验和维护应满足安全性、可用性、可维修性和可靠性的目标要求。
- (18) 技术文件应允许评估系统及其部件与采用的规范、指南、设计标准和安全性、可用性、可维修性、可靠性相关原则的符合性。
- (19) 某个技术系统或部件的单一故障不应导致不安全或不可靠的状况。

1.4 附加标志

1.4.1 凡符合本篇要求入级的甲醇/乙醇燃料动力船舶，可在本社规定的入级符号后加注如下附加标志：

甲醇/乙醇为燃料：Methyl/Ethyl Alcohol Fuel

1.5 等效或替代

1.5.1 对本篇要求船上应装设或配备的特定的附件、材料、仪表、设备的部件或其型号，或应采取的特别措施和任何程序或布置，本社允许采用其他替代设备或措施，但应通过试验或其他方法，确认其至少具有与本篇要求者相等的效能。

1.5.2 本社不允许用操作方法或程序替代本篇规定的特定附件、材料、仪表、设备的部件或其型号。

1.6 图纸和资料

1.6.1 使用甲醇/乙醇燃料的船舶除按本社相关规范的要求提交图纸资料外，还应将下列图纸资

料一式 3 份提交本社批准：

(1) 船舶布置

- ① 机器处所和锅炉间、起居处所、服务处所和控制站布置图；
- ② 燃料舱/燃料舱处所布置图；
- ③ 燃料准备间布置图（如设有）；
- ④ 燃料加注系统布置图（含加注接头）；
- ⑤ 燃料舱处所、燃料舱接头处所的出入口、透气管和其他开口的布置；
- ⑥ 危险区域的通风管、门和开口的布置；
- ⑦ 起居处所、服务处所和控制站的入口、空气进口和开口的布置；
- ⑧ 气闸位置和结构图（如设有）；
- ⑨ 气密舱壁贯穿图（如设有）；
- ⑩ 围板、集液盘或其他防护措施の説明；
- ⑪ 危险区域划分。

(2) 管系

- ① 燃料管系的详细图纸或说明，包括压力释放阀和透气管路；
- ② 支管、回管、弯头、伸缩接头和波纹管等类似装置的技术文件；
- ③ 燃料管路系统中法兰、阀和其他装置的图纸和说明；
- ④ 燃料管路的材料、焊接、焊后热处理和无损检测试验技术文件；
- ⑤ 燃料管路压力试验（强度和密性试验）技术文件；
- ⑥ 包括阀件、附件以及燃料（液体或蒸气）操作相关设备在内所有管系的功能试验大纲；
- ⑦ 管路电气接地技术文件；
- ⑧ 在切断加注接头之前从燃料加注管中去除燃料的措施的技术文件；
- ⑨ 与燃料系统有关的冷却水系统或热水系统（如设有）；
- ⑩ 除气和惰性气体吹扫系统布置图和说明；
- ⑪ 燃料准备间和燃料舱处所的舱底和疏排水系统布置图（如设有）；
- ⑫ 管路压力释放阀的排量计算书。

(3) 通风系统

- ① 危险区域机械通风系统布置图和说明，包括风扇及其电动机的容量和布置，通风机风扇的转动部分和外罩的图纸和材料的技术文件；
- ② 双壁管（通风导管）的布置图。

(4) 消防设备和系统

- ① 水雾系统（包括管路、阀件、喷嘴和附件）布置图和说明（容量计算等）；
- ② 火灾探测系统布置图；
- ③ 燃料舱/燃料舱处所及其通风管、加注站（如适用）结构防火布置图；
- ④ 泡沫灭火装置布置图。

(5) 电气系统

- ① 危险区域内所有电气设备布置图；
- ② 本质安全电路单线图；
- ③ 合格防爆型设备清单。

(6) 控制和监控系统

- ① 燃料蒸气探测和报警系统布置图及说明，包括探头、报警装置和报警点布置图；
- ② 燃料舱监控系统布置图及说明，包括传感器、报警点布置等；
- ③ 燃料泵控制和监控系统（如设有）布置图及说明；
- ④ 甲醇/乙醇发动机控制和监控系统布置图及说明。

(7) 试验或程序文件

① 与燃料有关的系泊与航行试验程序，如所有燃料管系及其阀件、附件和相关设备的功能性试验等。

1.6.2 除本社相关规范要求的常规资料外，还应将相关风险分析报告（如有时）提交本社备查。

1.6.3 除本社相关规范要求的常规资料外，船上还应至少保存如下资料：

- (1) 燃料舱安全操作程序；
- (2) 燃料供应系统操作手册；
- (3) 甲醇/乙醇发动机操作程序及维修手册。

1.7 产品检验

1.7.1 产品检验应满足本社相关规范、规则的要求。

1.7.2 与甲醇/乙醇燃料供应系统相关的重要产品，如独立式燃料舱、甲醇/乙醇发动机、热交换器（如有时）、燃料泵等，应持有本社船用产品证书。

1.7.3 独立式燃料舱应满足如下要求：

(1) 应将下列图纸资料一式三份提交本社审批：

- ① 燃料舱的详细图纸，包括内部结构、隔热（如有时）、管路、阀件和接头等；
- ② 燃料舱支撑的详细图纸；
- ③ 燃料舱及连接管路的材料说明书；
- ④ 燃料舱设计载荷和结构分析的技术文件；
- ⑤ 燃料舱完整应力分析资料；
- ⑥ 燃料舱压力释放阀的排量计算书；
- ⑦ 燃料舱焊缝的无损检测、强度和密性试验的资料；
- ⑧ 燃料舱焊接工艺说明书。

(2) 除应满足本社相关规范的要求外，尚应满足本篇第 2 章的适用要求。

1.7.4 甲醇/乙醇发动机应满足如下要求：

(1) 应将下列图纸资料一式三份提交本社审批：

- ① 本社相关规范对柴油机要求提交的图纸资料；
- ② 燃料喷射阀及其驱动、密封系统；
- ③ 曲轴箱防爆保护布置与详细说明；
- ④ 排气系统防爆布置与计算书；
- ⑤ 与甲醇/乙醇燃料有关的发动机控制系统原理图（含监测、报警和安全保护装置）；
- ⑥ 与甲醇/乙醇燃料有关的发动机试验程序和试验报告；
- ⑦ 本社认为必要的其他图纸资料。

(2) 应将甲醇/乙醇发动机风险分析（如 FMEA）报告提交本社备查。

(3) 甲醇/乙醇发动机除应满足本社相关规范对柴油机的相应要求外，尚应满足本篇第 7 章的适用要求。

1.8 船舶检验

1.8.1 一般要求

(1) 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船舶图纸、资料、证书、记录和报告等的保存，对于海船应按本社《散装运输危险化学品船舶构造与设备规范》、《钢质海船入级规范》或《国内航行海船入级规则》的有关规定执行；对于内河船舶，应按本社《内河船舶入级规则》的有关规定执行。

1.8.2 建造中检验

(1) 船舶的建造检验除按本社相关规范的适用要求进行检验外，尚应增加下列项目：

- ① 甲醇/乙醇发动机的安装和试验；
- ② 燃料舱的安装和试验；
- ③ 燃料加注系统的安装和试验；
- ④ 燃料供应系统的安装和试验；
- ⑤ 甲醇/乙醇发动机机器处所、燃料舱接头处所、双壁管、燃料准备间（如设有）通风系统的安装和试验；
- ⑥ 甲醇/乙醇发动机遥控关闭装置的安装和试验；
- ⑦ 燃料蒸气探头的安装位置、数量，并进行探测、报警系统的试验；
- ⑧ 防爆设备或防点燃设备的确认和安全检查，如防爆电气设备的安全性依赖于保护（如过载保护继电器）和/或报警（如正压型设备的失压报警）装置动作，则保护装置和报警装置应作效用试验，验证其动作和报警装置设定值的正确性。
- ⑨ 确认受正压保护处所的正压通风的能力，在最低通风流量下的净化时间应测试，并记录在相关文件中，当压力异常时应采取的安全措施（关断和/或报警）动作值应经过验证。
- ⑩ 危险等级依赖于机械通风的处所，其通风装置应作效用试验，通风量应足够，通风系统故障的报警应正确。
- ⑪ 确认本质安全电路的设备和电缆安装的正确性。
- ⑫ 探火、灭火装置的安装与试验；
- ⑬ 核查燃料供应系统操作手册。

1.8.3 建造后检验

(1) 年度检验：除应按本社相关规范的适用要求进行检验外，尚应对下列项目进行检验：

- ① 独立式燃料舱
 - a. 检查燃料舱铭牌是否清晰、牢固可靠，内容是否齐全；
 - b. 检查燃料舱液位指示仪是否处于工作状态以及高液位报警和高液位自动关闭系统是否处于正常状态；
 - c. 对燃料舱压力释放阀的最大开启压力调定值进行标定；
 - d. 检查燃料舱压力、温度（如设有）指示装置和所附连的报警装置是否处于正常状态；
 - e. 检查燃料舱外壳是否有剥蚀、腐蚀，或刮伤、凹陷、变形、焊缝缺陷等现象；
 - f. 目视检查燃料舱接口部位焊缝的裂纹等；
 - g. 确认燃料舱安全操作程序保存在船上。
- ② 整体式燃料舱的检验应满足本社相关规范对于整体式液货舱年度检验的适用要求；
- ③ 检查燃料舱接头处所、燃料准备间的密封设施是否处于正常状态；
- ④ 检查面向危险区域的上层建筑和甲板室端壁上的门、舷窗和窗等是否处于良好状态；
- ⑤ 检查在出现燃料泄漏时供保护船员用的任何特殊围蔽处所的关闭装置和其他装置（如设有时）是否处于正常状态；
- ⑥ 检查不经常进入的处所所用的便携式通风设备（如设有）是否处于正常状态；
- ⑦ 检查集液盘是否处于正常状态（如设有时）；
- ⑧ 检查工作处所的通风系统和气闸（如设有）以及居住处所的通风关闭装置是否处于正常状态；
- ⑨ 检查手动应急关闭系统是否处于正常状态；
- ⑩ 检查燃料透气管路系统，包括透气管桅和防护网；
- 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 检查燃料探测系统，并对其进行试验，以确认其处于正常工作状态，必要时应用样气进行校核；
- ⑬ 检查探火和灭火装置，并试验起动一台主消防泵；

- ⑭ 检查水雾系统是否处于正常状态；
 - ⑮ 核查甲醇/乙醇发动机操作程序及维修手册。
- (2) 中间检验：除应满足本社相关规范的适用要求和本章 1.7.3 (1) 的要求外，尚应包括：
- ① 确认管路和燃料舱与船体电气接地；
 - ② 确认用于危险处所通风的机械通风风扇已备有备件；
 - ③ 对燃料系统关于压力、温度和液位的仪表应进行目视检查，并通过改变压力、温度和液位进行对比试验。可接受无法接近的传感器进行模拟试验。此试验还应包括对报警和安全功能的试验；
 - ④ 电气设备：危险区域的电气设备应尽实际可能地进行接地保护（接地点检查）、隔爆外壳完整性、电缆外护套损坏情况、正压型设备和相关报警设备的功能试验、气闸保护处所（如设有）内的非合格防爆型电气设备电源切断系统试验和绝缘电阻测量等方面的检验。
- (3) 特别检验：除应满足本社相关规范的适用要求和本章(2)的要求外，尚应包括：
- ① 独立式燃料舱
 - a. 燃料舱连同其管路（包括燃料管路、透气管路等）进行气密性试验，试验介质应为干燥、洁净的氮气或空气。进行气密性试验前，必须经舱内成分检测合格，否则严禁用空气作为试验介质；
 - b. 燃料舱连同其管路（包括燃料管路、透气管路等）进行液压试验。
 - c. 对所有直接与燃料舱连通的阀和旋塞应打开检查，对连接管应作内部检查（如实际可行）；
 - d. 对燃料舱的压力/真空释放阀应打开检查，对释放阀的调定值应作校核（如适用时）；
 - ② 整体式燃料舱的检验应满足本社相关规范对于整体式液货舱特别检验的适用要求；
 - ③ 对燃料供应系统上的压力释放阀（如设有）的压力调定值应作校核；
 - ④ 对燃料管系上的阀进行校核、调整时，可将阀拆下，且可用空气或其他适用气体进行调整；
 - ⑤ 对热交换器（如设有）进行拆检和效用试验；
 - ⑥ 对惰性气体发生器进行检查，以确认其所产生的惰性气体是在技术规格范围内且该设备运行正常；
 - ⑦ 对惰性气体的分配阀和管路等作总体检查，对贮存惰性气体的压力容器应作内外部检查，对系固装置应作特别检查，应查明压力释放阀是否处于良好工作状态；
 - ⑧ 将气密舱壁上的轴封拆开，检查其密封装置；
 - ⑨ 对于包有绝缘物的管子，应拆去足够数量的绝缘物，使能确定管子的情况。对密封状况应作特别检查；
 - ⑩ 对甲醇/乙醇发动机除按本社规范有关柴油机的特别检验项目进行外，尚应进行如下检查：对燃料管路的导管或罩壳作总体检验；对管道的排气或惰化装置应予检查；甲醇/乙醇发动机在工作状态下进行操纵试验。

第2章 船舶布置和系统设计

2.1 一般要求

2.1.1 燃料舱的布置应使其在船舶发生碰撞或搁浅后受损的概率降至最低。

2.1.2 燃料舱、燃料管系及其他燃料释放源的布置应能使释放的燃料蒸气通向露天的安全位置。

2.1.3 进入含有燃料释放源的处所的通道或该处所上的其他开口，应布置成可燃蒸气、窒息性气体或有毒气体不会逸入设计时未考虑存在这些气体的处所。

2.1.4 机器处所内由于燃料泄漏导致发生火灾或爆炸的概率应降至最低。

2.1.5 燃料管系应予以保护，以防止机械损伤。

2.1.6 推进系统和燃料供应系统应设计成任何燃料泄漏后的安全动作不会导致不可接受的动力损失。

2.1.7 燃料舱不应位于起居处所和机器处所内。

2.1.8 燃料舱及其隔离舱应位于防碰撞舱壁之后和艏尖舱壁之前。

2.1.9 位于开敞甲板上的燃料舱应予以保护，以防机械损伤。

2.1.10 位于开敞甲板上的燃料舱应设置围板。

2.2 材料

2.2.1 用于燃料舱和管系的材料应考虑燃料的腐蚀性、溶胀性，并与其最大工作压力和温度相适应。该材料除满足本篇要求外，尚应满足本社《材料与焊接规范》和《散装运输危险化学品船舶构造设备规范》的有关要求。

2.2.2 可用于燃料舱和管系的金属材料包括但不限于如下材料：

- (1) 奥氏体不锈钢；
- (2) 双相不锈钢；
- (3) 复合钢板，等。

2.2.3 可用于燃料舱和管系的非金属材料包括但不限于如下材料：

- (1) 氟化橡胶；
- (2) 氯丁橡胶；
- (3) 乙丙橡胶，等。

2.3 管系设计

2.3.1 一般要求

(1) 应按照本社接受的标准对燃料管路和所有其他管路进行颜色标识^①。

(2) 所有的燃料管路和独立燃料舱均应与船舶结构采取电气接地措施。所有的接头和附件也均需进行电气连接。管道和船体之间的电阻应不高于 1×10^6 欧姆。

(3) 双层壁管或管道内还可布置除燃料供应管路之外的管路和线缆，但其不得产生着火源或破坏双层壁管或管道的完整性。双层壁管或管道应仅包含操作所必需的管路和线缆。

(4) 燃料舱加注管路的布置应尽可能减少静电的可能性，比如将自由落体进入燃料舱的燃料减至最少。

(5) 燃料管路的设计应能防止气阻产生。

2.3.2 管壁厚度

(1) 最小管壁厚度应按下式计算：

^①参考 EN ISO 14726:2008 船舶和海洋技术——管系内含物的识别颜色。

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} \text{ mm}$$

式中:

t_0 ——理论壁厚;

$$t_0 = \frac{PD}{2.0Ke + P} \text{ mm}$$

其中:

P ——设计压力, MPa, 参见 2.3.3 的规定;

D ——外径, mm;

K ——许用应力, N/mm^2 , 参见 2.3.4 的规定;

e ——有效系数。对于无缝钢管, 以及由认可的焊接管制造厂供应的纵向焊或螺旋焊焊接管, 在按公认标准进行无损探伤后认为等效于无缝钢管者, 则取 1.0; 在其他情况下, 按公认标准并根据制造工艺, 可要求有效系数小于 1.0;

b ——弯曲余量, mm。对 b 值的选取, 应使仅受内压的弯曲部分的计算应力不超过材料的许用应力。如未做出此种证明, 则 b 值应为:

$$b = D \cdot \frac{t_0}{2.5r} \text{ mm}$$

其中:

r ——平均弯曲半径, mm;

c ——腐蚀余量, mm。如果预计受到腐蚀或浸蚀, 则管壁厚度应比其他设计要求的值有所增加。此余量应与管子的预期寿命相一致; 和

a ——用于壁厚的制造负公差, %。

2.3.3 设计压力

(1) 管路、管系和部件的最小设计压力应为 1.0MPa, 但对管端敞开的管路, 其设计压力应不小于 0.5MPa。本章 2.3.2 (1) 计算式中的设计压力 P 系指考虑了任何释放阀的最大允许调定值后, 该系统在工作中可能承受的最大表压力。

2.3.4 许用应力

(1) 对于按照 2.3.2 的厚度公式计算的管路, 须考虑的许用应力应取下列计算值中的较小者:

$$\frac{R_m}{A} \text{ 或 } \frac{R_e}{B}$$

式中:

R_m ——室温下材料的规定最低抗拉强度, N/mm^2 ; 和

R_e ——室温下材料的规定最低屈服强度, N/mm^2 。如在应力-应变曲线上无明显的屈服应力, 则可采用 0.2% 条件的验证应力。

对于 A 和 B 的值, 至少 $A=2.7$, $B=1.8$ 。

(2) 为防止附加载荷造成管子的损坏、破断和过度下垂或失稳而需要一定的机械强度时, 管壁厚度应比 2.3.2 要求的值有所增加。如增加管壁厚度不现实或反而会使管子产生过大的局部应力, 则应采取其他的设计方法, 以减小、防止或消除上述附加载荷。此类附加载荷可能是由于支持构件、船舶变形、驳运作业时的液压波动、吊阀的重量、对装卸臂连接处的反作用力或其他原因产生。

(3) 对于非钢制管路, 许用应力应经本社特殊考虑。

(4) 高压燃料管系应具有足够大的结构强度。可通过应力分析和考虑下列因素来确定该强度:

- ① 管系重量造成的应力;
- ② 加速度载荷 (如其值较大时); 和

③ 船舶中拱和中垂引起的内部压力和载荷。

2.3.5 管路挠性

(1) 燃料管路的布置和安装应具有必需的挠性，以保持管系在实际工作状况下的完整性，并考虑疲劳存在的可能性。

2.3.6 管路制造与连接

(1) 燃料管路应采用焊接连接，除了：

- ① 被认可的截止阀和膨胀节的连接（如配有），和
- ② 其他被本社认可的例外情况。

(2) 无法兰的管路直接连接应满足如下要求：

- ① 根部完全焊透的对接焊连接；
- ② 带有套筒的套装焊接接头只能用于外径小于或等于 50mm 的管路，并考虑腐蚀的可能性；
- ③ 螺纹连接只能用于外径小于或等于 25mm 的管路。

(3) 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。对于公称尺寸大于 50mm 者，不得采用插入焊法兰。

(4) 焊接、焊后热处理和无损检测应按照公认的标准来执行。

(5) 高压燃料管系中的所有阀件和膨胀接头应按照本社认可或公认的技术标准进行认可。

(6) 燃料管系可通过设置膨胀环或弯曲管路，以允许管路膨胀，但不能使用滑动接头。

(7) 对于甲醇/乙醇运输船，货物区域外的燃料管系采用双壁管时，内管应采用全焊透连接，且所有接头应进行射线探伤。燃料舱接头处所、燃料准备间或类似处所内的燃料管路可采用法兰连接。

(8) 其他接头

管路接头应按照 2.3.6 (2) 的要求连接，但对于其他特殊情况，本社可以考虑替代布置。

2.4 处所位置与分隔

2.4.1 整体式燃料舱

(1) 燃料舱任何部位与船体外板间的水平距离应不小于 800mm。对于内河航行船舶，燃料舱所在的区域还应设置双层底，其高度在任何情况下应不小于 760mm。

(2) 燃料舱的周围应设置隔离舱，除非其表面与船底壳板或燃料准备间相邻。

2.4.2 独立式燃料舱

(1) 燃料舱可布置于围蔽处所或开敞甲板。

(2) 燃料舱应固定在船舶结构上。燃料舱支撑和固定应依据船舶特点及其布置位置考虑船舶最大的静态和动态倾斜以及船舶运动加速度的影响。

(3) 燃料舱任何部位距船体外板的水平距离应不小于 800mm。对于内河船舶，燃料舱任何部位与船底板之间的距离还应不小于 760mm。

2.4.3 可移式燃料舱

(1) 可移式燃料舱的设计应满足 2.4.2 的要求。燃料舱的支撑（集装箱框架或卡车底盘）应满足其功能要求。

(2) 当连接燃料管路时应确保可移式燃料舱的安全。可移式燃料舱支撑和固定应依据船舶特点及其布置位置考虑船舶最大的静态和动态倾斜的影响，还应考虑船舶最大加速度的影响

(3) 应考虑可移式燃料舱对船舶结构强度及稳性的影响。

(4) 与船舶燃料管路的连接应采用适用于燃料的挠性软管或其他合适的方式，以确保连接的挠性。

(5) 应设有当船舶燃料管路的非固定连接意外断开或破裂时，减少燃料泄漏的措施。

(6) 可移式燃料舱的压力释放系统应连接至一个固定的排放系统。

(7) 可移式燃料舱的控制与监测系统应与船舶的控制与监测系统兼容。其安全系统应与船舶的安全系统兼容。

(8) 可移式燃料舱与船舶管路的连接应确保检查与维修的安全。

(9) 当可移式燃料舱与船舶燃料系统连接时：

- ① 每一可移式燃料舱在任何时候均应能被隔离；
- ② 一个燃料舱的隔离不应降低其他燃料舱的可用性。

2.4.4 机器处所

(1) 燃料供应系统的单一故障不应导致燃料泄漏至机器处所。

(2) 机器处所内燃料管路的布置应满足 2.6.3 的要求。

2.4.5 燃料准备间

(1) 燃料准备间应位于 A 类机器处所/重要机器处所外。

2.4.6 舱底水系统

(1) 可能出现燃料泄漏的区域内的舱底水系统，应独立于其他处所的舱底水系统。

(2) 应配备一个或多个收集排水和燃料泵、阀件、双壁管内管可能泄漏的燃料的污水储存柜。污水储存柜应满足燃料舱的相关布置要求。应提供能将受污染的液体燃料安全输送至岸上接收装置的措施。

(3) 燃料准备间的舱底水系统在燃料准备间外应能操作。

2.4.7 集液盘和围板

(1) 应在可能发生泄漏或溢出的地方安装集液盘，特别是单壁管接头处。

(2) 应通过风险分析确定最大的可能泄漏量，以便设计集液盘和围板的容量，其中围板高度不应小于 100mm。

(3) 集液盘和围板应配备一个将泄漏的燃料输送至专用污水储存舱的管路。该管路上应安装一个止回阀。

(4) 2.4.7 (3) 中所述的专用污水储存舱应设置液位指示和报警装置，并应满足本篇 2.4 和 2.5 中关于燃料舱的适用要求。

(5) 如集液盘和围板受雨水影响，则应设置排水阀，以将雨水排放至舷外。

2.5 燃料储存

2.5.1 一般要求

(1) 燃料舱的布置应设计成燃料泄漏后所采取的安全动作不会导致不可接受的动力损失。

(2) 除非燃料舱位于开敞甲板上，否则所有燃料舱接头、附件、法兰和阀门等应包围在气密和水密的燃料舱接头处所内。

(3) 可移式燃料舱的设计应与固定式燃料舱相当。

(4) 燃料舱、惰化系统和除气系统的设计应防止在燃料舱内部以及其周围的隔离舱内形成可燃环境。

(5) 对于单燃料动力系统，燃料应储存在至少两个燃料舱中，当其中一个燃料舱不可用时，其他燃料舱应能提供足够的燃料保证船舶在预定区域内航行。燃料舱应布置在不同的防火结构内。

2.5.2 燃料舱的透气与除气系统

(1) 燃料舱透气系统应与起居处所、服务处所、控制站或其他非危险区域的空气管和透气系统相独立。

(2) 管系的设置应能使每个燃料舱被安全地驱气和除气，并能安全地加注燃料。系统的设计应使得环境改变后，残余气体或空气存在的可能性最小。

(3) 燃料舱的内部结构设计以及透气管的设置应使得透气/除气后，燃料蒸气残留的可能性最小。

(4) 燃料舱至少应设两个通往露天位置的固定管路用以惰性气体吹扫和除气。上述管路应能自行排水。

(5) 燃料舱应设置压力/真空释放装置，以限制燃料舱内可能出现的压力和真空。其设计和设置应能防止火焰进入燃料舱。

(6) 压力/真空释放阀的上面或下面不应设置截止阀，但可设有旁通阀。

(7) 压力/真空释放阀的出气口应连至开敞甲板的安全位置并应易于检查。

(8) 压力/真空释放阀的进气口应至少高出露天甲板 2.0m，并采取措施防止海水进入。寒冷天气操作时应特别注意冰堵。

(9) 透气系统应有足够的冗余以释放可能出现的超压和真空。每个燃料舱应设置压力传感器并与报警系统连接，可作为二次冗余的替代。真空释放阀的开启压力通常设定在大气压力下不低于 0.007MPa。

(10) 透气系统应连接至每个燃料舱的顶部，所有正常操作情况下，燃料透气管路应能自行排水。

(11) 燃料舱的透气出口应符合下列要求：

① 透气口未安装高速透气阀时：

a. 在露天甲板上的高度不小于 6m，如将其设在升高步桥的 4m 范围内，则在升高步桥以上的高度应不小于 6m；

b. 距离起居、服务和机器处所的空气进口或开口及着火源的直线距离应不小于 10m；

c. 船长 40m 及以下的船舶，透气出口布置在燃料舱露天甲板以上的高度应不小于 3m，且离开含有着火源的围蔽处所的最近进气口或开口以及可能引起着火危险的甲板机械和设备的直线距离应不小于 5m；

d. 船长 50m 及以下的船舶，透气出口布置在燃料舱露天甲板以上的高度应不小于 4m，且离开含有着火源的围蔽处所的最近进气口或开口以及可能引起着火危险的甲板机械和设备的直线距离应不小于 7m；

e. 船长 60m 及以下的船舶，透气出口布置在燃料舱露天甲板以上的高度应不小于 5m，且离开含有着火源的围蔽处所的最近进气口或开口以及可能引起着火危险的甲板机械和设备的直线距离应不小于 9m。

② 透气口装设高速透气阀时：

透气阀为认可型，且能将蒸汽/空气混合物以至少 30m/s 的出口速度向上自由喷射，则上述

①中提及的透气口在露天甲板或升高步桥以上的高度可减少至 3m。

(12) 透气系统应设有防止火焰进入燃料舱的装置。设计透气系统和选择防止火焰进入燃料舱的装置时，应充分注意该系统和附件在恶劣气候状况下形成诸如燃料蒸气的冻结堵塞的可能性。应对该系统和附件进行检验和清洁。

(13) 燃料舱透气和除气系统的设置应使得由于可燃蒸气扩散而造成的危害最小。燃料舱透气系统仅能用于透气和除气。燃料舱和燃料准备间的透气系统不应相连。

(14) 应使用下列方法之一进行除气：

① 通过比燃料舱甲板平面至少高出 2m 的出口，在除气作业期间能保持至少为 30m/s 的垂直接流动速度；

② 通过比燃料舱甲板平面至少高出 2m 的出口，且能保持至少为 20m/s 的垂直接流动速度，同时在这些出口用适当装置予以保护，以防止火焰通过。

2.5.3 燃料储存系统内的惰化和环境控制

(1) 正常操作情况下，应对燃料舱气相空间进行惰化。

(2) 在使用惰性介质进行环境改变、除气或惰化的任何阶段，应通过系统设计消除燃料舱内产生可燃环境的可能性。

(3) 为阻止可燃液体或蒸汽进入惰性气体系统，惰性气体供应管路上应设置双截止透气阀（两个截止阀中间设一个透气阀）。另外，在双截止透气阀和燃料系统之间还应设置一个可关闭的止回阀。这些阀应位于危险区域内。

(4) 当惰性气体系统是非固定连接时，可用两个止回阀代替 2.5.3 (3) 中的双截止透气阀和可关闭的止回阀。

(5) 每个惰化的区域应被分隔布置。每个燃料舱的惰化进气管路应设置隔离装置。隔离装置应位于进入燃料舱的船员易于发现的位置。

2.6 燃料供应

2.6.1 一般要求

(1) 燃料供应管系应独立于船上其他管系。对于甲醇/乙醇运输船，燃料管路与货物管路一般应相互独立。如燃料管路与货物管路设有接头时，接头处应设置一个截止阀。

(2) 燃料供应管系应具有扫线功能，排出的液体应储存在合适的收集舱中。

(3) 所有燃料管路均应布置除气和惰化措施。

(4) 燃料管路距离船体外板应不少于 800mm。

(5) 对于单燃料动力系统，从燃料舱到发动机的燃料供应系统应设置足够的冗余和分隔，使得一套系统发生燃料泄漏不会导致不可接受的动力损失。

2.6.2 阀件布置

(1) 燃料舱的进口和出口上应布置遥控截止阀并尽可能靠近燃料舱。

(2) 正常操作情况下（如燃料正常供应至发动机或加注时）需要进行操作而又不易接近的阀件，应能进行遥控操作。

(3) 通往每个含有甲醇/乙醇发动机的机器处所的主燃料供应管路上应设置 1 个手动截止阀和 1 个主燃料阀，两阀串联连接，或设置 1 个自动和手动操作组合阀。主燃料阀应位于机器处所外，并能按照表 6.4 (2) 的要求自动切断燃料供应。

(4) 应能从机器处所内逃生通道的安全位置、集控室（如设有）、机器处所外、驾驶室等位置对主燃料阀进行操作。

(5) 每台发动机的燃料供应管路上应设置 1 个遥控截止阀。

(6) 每台发动机的燃料供应管路上应设置 1 个手动截止阀，确保在发动机维修期间能进行安全有效的隔离。

(7) 当发生故障时，所有阀应处于安全位置。

(8) 对于甲醇/乙醇运输船，货物区域外的燃料管路与货物区域内的燃料管路的接头处（如设有）应布置 1 个截止阀。

2.6.3 机器处所内的燃料供应管路

(1) 燃料供应管路应采用双壁管，内管含有燃料，外管应为气密和水密。内、外管之间应进行机械抽风，每小时换气不小于 30 次，并安装合适的燃料探测设备。双壁管应连接至合适的收集舱，以收集和探测可能泄漏的燃料。

(2) 惰化可认为是内、外管之间机械抽风的等效措施，但惰性气体压力应大于内管最大工作压力，并安装压力监测设备，当预期压力降低时，应发出适当的报警。

(3) 双壁管外管的设计压力应不低于内管的最大工作压力；或者，也可采用内管破裂且通风失效状态下计算或试验得到的最大累计压力，但相关报告应提交本社认可。

2.6.4 机器处所外的燃料供应管路

(1) 燃料管路不应穿过起居处所、服务处所、电器设备间或控制站。

(2) 穿过滚装处所、特种处所和布置在开敞甲板上的燃料管路应予以保护，避免使其遭受意外的机械损坏。

(3) 若燃料管路须穿过除本章 2.6.4 (2) 所述之外的围蔽处所时，应采用双壁管，并满足 2.5.3 的相关要求。对于燃料舱的隔离舱、燃料准备间或其他危险燃料处理处所，可免设双壁管。

(4) 对于甲醇/乙醇运输船，位于货物区域内的燃料管路，应满足本社《散装运输危险化学品船舶构造与设备规范》中对货物区域内货物管路的相关要求，不必满足 2.6.4 (1) 和 2.6.4 (3) 的要求。

2.6.5 燃料准备间

(1) 燃料准备间的限界面应气密和水密。

(2) 燃料准备间应安装燃料蒸气探测设备，并进行机械抽风。

(3) 浸没在燃料舱中的液压驱动泵应设置双层屏蔽, 防止液压系统直接接触燃料。该双层屏蔽间应设置探测设备和排泄装置。

(4) 燃料泵应进行保护以避免干运转 (如避免在没有燃料或伺服液的情况下运转)。所有可能超过系统设计压力的燃料泵均应设置释放阀。每一个释放阀应布置在闭环回路中, 如将释放的燃料排回至泵吸入端的管路上游, 以将泵出口端压力有效限制在系统设计压力以下。

2.7 燃料加注

2.7.1 一般要求

(1) 用于向燃料舱驳运燃料的管系应设计成该管系任何泄漏均不会对人员、环境或船舶造成危险。

2.7.2 加注站

(1) 加注站应位于开敞甲板上, 以使其具有足够的自然通风。围蔽或半围蔽加注站应进行风险评估, 评估报告应经本社同意。

(2) 起居处所、服务处所、机器处所和控制站的入口、空气进口和开口不得面向加注站。它们应位于上层建筑或甲板室的外侧, 至加注接头所在位置的距离至少为船长的 4%, 且应不小于 3m, 但不必超过 5m。面向加注接头位置且在上述距离之内的上层建筑和甲板室侧壁上的窗和舷窗应为固定 (非开启) 型。

(3) 围蔽和半围蔽加注站与周围处所的限界面应为气密。

(4) 加注管路不应通过起居处所、服务处所或控制站。通过非危险区域的加注管系应为双壁管或环围在气密导管内。

(5) 应设有对燃料泄漏安全处置的装置。在加注接头下方应设置围板和集液盘。

(6) 加注操作时应能在一安全位置进行监测和控制。在此位置, 应能对燃料舱的液位和过充进行监测, 且能进行过充报警和自动切断。

(7) 在靠近可能接触燃料作业的区域应布置供紧急情况下使用的淋浴和洗眼站。淋浴和洗眼站在所有情况下都应可操作和使用。

(8) 加注过程中, 相应的上层建筑或甲板室两侧的所有门、窗及其他开口和空气进口均应保持关闭状态。

2.7.3 船用燃料软管

(1) 如船舶配备燃料加注软管, 软管应能与燃料相容并能与燃料相适应, 其应按其爆破压力进行设计, 此压力应不小于燃料加注期间软管可能承受的最大压力的 5 倍。

(2) 应配备在加注操作完成后从加注软管排空燃料的设备。

(3) 如船舶配备燃料加注软管, 船上应布置有安全的储存位置, 并考虑软管接头可能产生的泄漏。软管应储存在开敞甲板或带有独立机械通风系统的储存室内, 通风系统应能每小时换气至少 6 次。

2.7.4 加注总管

(1) 燃料加注总管应设计成能承受加注期间的外部载荷。加注站的接头应为干式断开型, 并配备附加的安全干式拉断阀/自封式快速释放装置。接头应为标准型。

2.7.5 加注系统

(1) 应设有在加注完成后排空加注管内任何燃料的设备。

(2) 应能对加注管路进行惰化和除气。加注管路未进行加注作业时应处于除气状态, 除非不除气的影响业经评估, 并经本社批准。

(3) 船上应设有加注 ESD 切断系统。该系统可在受注船上, 也可在加注方进行操作。ESD 系统应能快速安全地切断燃料供应, 且不应造成任何燃料的泄漏。

(4) 每一加注管路应在尽可能靠近通岸接头处串联安装 1 个手动操作截止阀和 1 个遥控关闭阀, 或 1 个手动操作和遥控组合阀。应能在加注操作控制位置和/或其他安全位置操作遥控阀。

(5) 如加注管路的布置存在交叉情况, 则应设置适当的隔离装置以确保不会有燃料被意外驳运至未用于加注作业的船舶一侧。

2.7.6 装载极限

(1) 燃料舱在任何情况下最大许可燃料装载体积与燃料舱可装载容积之比不应大于 98%。

2.8 惰性气体系统

2.8.1 船上惰性气体应能长久使用以保证维持燃料舱的惰化，至少保证一次港到港单航程和在港 2 周时间的惰性气体供应，航行过程应以最大的估计燃料消耗量和最长的估计航程考虑，在港期间应以最小港口消耗量考虑。

2.8.2 惰性气体制造设备应能产生在任何时候氧气含量都不大于 5% 体积比的惰性气体。惰性气体供应管路上应设置可持续读数的氧气含量仪表以及当氧气含量大于 5% 体积比时可报警的装置。系统设计应确保氧气体积浓度大于 5% 时，自动接入惰性气体。

2.8.3 惰性气体系统应能在任何燃料舱的任何部分维持氧气含量不超过 8% 体积比的气体环境。

2.8.4 惰性气体系统应设置适合燃料舱的压力控制和监控设备。

2.8.5 惰性气体制造设备安装在机舱外的分离舱室时，分离的舱室应安装独立的抽吸式机械通风装置，并能提供每小时 6 次换气。如果在分离的舱室中氧气含量低于 19.5%，应提供报警。

2.8.6 惰性气体管路应尽可能布置在开敞甲板，也可穿过通风良好的处所。处于围蔽处所的惰性气体管道应：

- (1) 全焊透；
- (2) 只具有仅为装设阀件所必需的、最小数量的法兰接头；
- (3) 尽量短。

2.8.7 用作燃料舱除气的惰性气体可由船舶外部提供。

2.9 出入口与通道

2.9.1 不允许从非危险区域直接进入危险区域，如果由于操作的原因必须提供出入口，那么应提供满足 2.10 要求的空气闸。

2.9.2 位于开敞甲板以下的燃料准备间应提供一个独立的直通开敞甲板的通道。如果实际布置不可行，那么应提供满足 2.10 要求的空气闸。

2.9.3 如可行，燃料舱和隔离舱应提供直通开敞甲板的通道，以便除气、清洁、维护和检视。

2.9.4 如燃料舱或隔离舱没有直通开敞甲板，则其通道应满足：

(1) 应配置一个独立的机械抽吸式通风系统，其可提供每小时 6 次换气能力，并配置低氧气浓度报警装置；

(2) 应在燃料舱口周边提供足够的开阔空间以便于有效的撤退和救援操作；

(3) 不允许从起居处所、服务处所、控制站和 A 类机器处所直接进入。

2.9.5 独立燃料舱周边应有足够空间进行撤离和救援操作。

2.10 空气闸

2.10.1 空气闸是由气密舱壁所围蔽的处所，该舱壁上设有两扇能确保气密的钢质门，其距离至少为 1.5m，但不大于 2.5m。除非符合《国际载重线公约》或主管机关相关法规的要求，否则空气闸门槛高度应不小于 300mm，此类门应为自闭式，无任何门背扣装置。

2.10.2 空气闸应在相对邻近的危险区域或处所的正压状态下进行机械通风。

2.10.3 空气闸应具有简单的几何形状和便捷的通道，其甲板面积不应小于 1.5m²。空气闸不可用于其他目的（如储藏室等）。

2.10.4 空气闸的两端应配备听觉和视觉报警系统，当多于一扇门从关闭位置上开启时应发出听觉和视觉报警。

2.10.5 对于设有从甲板下方危险处所进入的通道且通道被空气闸保护的处所，当危险处所通道失压时，该通道应予以限制，直至该处所通风恢复。当空气闸压力损失时，应在有人值守的

位置发出听觉和视觉报警，以显示失压和空气闸门开启。

2.10.6 与安全相关的基本设备应不失电且是合格防爆型，这些设备包括照明、火灾探测、公共广播和常规报警系统。

2.10.7 用于推进、电站、操纵、锚泊和系泊设备以及应急消防泵的非合格防爆型电气设备不应位于空气闸保护处所内。

第3章 通风

3.1 一般要求

3.1.1 任何用于危险处所的通风管道应与非危险处所的通风管道分开。通风系统在船舶营运的所有温度和环境条件下都应能正常运行。

3.1.2 除非风机电动机经核准可用于与所服务处所同样的危险区域，否则其不应位于该危险处所的通风管道内。

3.1.3 用于含有燃料蒸气处所的风机应满足下列要求：

(1) 风机在通风处所或与该处所相连的通风系统内不应产生蒸气着火源。风机的风扇和通风管道（仅指风扇处）应为满足下述要求的非火花结构：

- ① 非金属材料的叶轮或机壳，对消除静电应予以适当注意；
- ② 有色金属材料的叶轮和机壳；
- ③ 奥氏体不锈钢的叶轮和机壳；
- ④ 铝合金或镁合金叶轮，铁质（包括奥氏体不锈钢）机壳，机壳上位于叶轮处装有一个厚度适当的非铁材料环，对环和机壳之间的静电和腐蚀应予以适当注意。

(2) 铁质（包括奥氏体不锈钢）叶轮和机壳，其叶梢设计间隙不小于 13mm。

(3) 叶轮和机壳之间的径向空隙不得小于轴承处叶轮轴直径的 0.1 倍，且不得小于 2mm。间隙无需大于 13mm。

(4) 对于铝合金或镁合金的固定或旋转部件与铁质的固定或旋转部件的任何组合，无论其叶梢间隙多大，均认为有产生火花的危险，故不能用于含有燃料蒸气的处所。

3.1.4 除本篇另有规定外，为避免气体积聚而要求设置的通风系统应由多个独立的风机组成，每个风机都应具有足够的通风能力。机械通风系统应为负压通风系统。

3.1.5 危险处所的空气进口所在的区域，在没有设置该空气进口时，应是非危险区域。非危险围蔽处所的空气进口，距离任一危险区域的边界应至少 1.5m。进气管通过一个更危险的处所时，该管道应气密且具有高于所通过处所的压力。

3.1.6 非危险处所的空气出口应位于危险区域外。

3.1.7 危险处所的空气出口应位于露天区域，此区域在没有设置该空气出口时，其危险性应等同于或小于被通风的处所。

3.1.8 通风系统所要求的通风能力通常基于舱室的总容积确定。对于形状复杂的舱室，应考虑增加通风能力。

3.1.9 设有通向危险区域出入口的非危险处所，应设置气闸并相对于外部危险区域保持正压状态。正压通风系统应按下述要求进行布置：

(1) 在初次启动时或正压通风失效后，并在向该处所非合格防爆型电气设备供电之前，通风系统应：

- ① 进行通风（至少换气 5 次）或通过检测确认该处所为气体安全处所；和
- ② 对该处所加压。

(2) 应对正压通风的运行进行监测，在正压通风失效时：

- ① 在有人值班的位置发出视觉和听觉报警；和
- ② 如不能立刻恢复到正压状态，应按经认可的标准^②自动或按程序切断电气设备。

3.1.10 设有通向危险处所出入口的非危险处所，应设置气闸，且危险处所相对于该非危险处所

^②参见 IEC 60092-502: 1999 船舶上的电气装置——液货船——特殊特征，表 5 (ch8.4.5)。

应保持负压状态，应对危险处所内负压通风系统的运行应进行监测，在负压通风失效时：

- (1)应在有人值班的位置发出视觉和听觉报警；
- (2)如不能立刻恢复到负压状态，应按经认可的标准[®]自动或按程序切断电气设备。

3.1.11 通风系统应确保其所服务的处所内具有良好的空气环流，特别是确保处所内不会形成气井。

3.1.12 危险处所的通风管道不应穿过起居处所、服务处所或其他类似处所。

3.1.13 气体危险区域内人员不经常进入的空舱及类似处所，可采用移动式通风装置，在进入此类舱室或处所前，应对其进行通风，且此类舱室或处所外应设有“需要进行通风”的警告牌。移动式通风装置的防爆等级应与气体危险区域的等级相匹配，且持有船用产品证书。

3.1.14 危险处所使用的风机，均应配有备件。

3.1.15 风机的外壳应接地。

3.1.16 危险处所通风管的外部开口处，应设置单个方形网孔边长不大于 13mm 的防护网。

3.1.17 当通风系统失效时，在有人值班的位置必须有相应的听觉和视觉报警。

3.1.18 应采取适当措施防止通风系统中 1 个或 1 组风机失效时，该风机所在的管路与其他风机所在管路形成通风回路。

3.1.19 危险处所的机械抽风系统，抽风机的每根进风管的风口应根据燃料蒸气可能聚集的区域进行布置。

3.2 燃料准备间

3.2.1 一般要求

(1)燃料准备间应安装有效的抽吸式机械通风系统，应具有每小时换气至少 30 次的通风能力。

(2)风机的数量和功率应满足：从主配电板或应急配电板由独立线路供电的一个风机失效，或者从主配电板或应急配电板由公用线路供电的一组风机失效时，通风能力不应下降超过 50%。

(3)泵或其他燃料处理设备工作时，燃料准备间和其他燃料处理间的通风系统应保持运转。

(4)通风系统运行 10min 后泵和其他燃料处理设备方可启动。

3.3 加注站

3.3.1 一般要求

(1)当加注站布置在围蔽和半围蔽处所时，应对其进行适当通风，以确保加注操作过程中泄漏的任何蒸气能被移除至加注站之外。当自然通风不足时，应考虑配备机械通风系统。本社可要求进行风险评估。

3.4 双壁管

3.4.1 一般要求

(1)内部含有燃料管系的通风管道或双层壁管，应设置有效的负压机械通风系统，通风能力应为每小时至少换气 30 次。

(2)双层壁管或管道和燃料阀件单元处所的通风系统应独立于所有其它通风系统。

(3)双层壁管或管道的通风进口应位于远离着火源的非危险区域。通风进口应设置合适的金属防护网，并防止水进入。

(4)风机的数量和功率应满足：从主配电板或应急配电板由独立线路供电的一个风机失效，或者从主配电板或应急配电板由公用线路供电的一组风机失效时，通风能力不应下降超过 50%。

3.5 燃料阀件单元处所

[®]参见 IEC 60092-502: 1999 船舶上的电气装置——液货船——特殊特征，表 5 (ch8.4.5)。

3.5.1 一般要求

(1) 燃料阀件单元处所的通风系统应满足本章 3.4 对双壁管通风系统的要求。

3.6 燃料舱接头处所

3.6.1 一般要求

(1) 燃料舱接头处所的通风系统应满足本章 3.2 对燃料准备间通风系统的要求。

第4章 消防

4.1 一般规定

4.1.1 为防火设计，燃料准备间应视为 A 类机器处所。

4.2 防火

4.2.1 燃料准备间

(1) 燃料准备间面向起居处所、控制站的限界面应采用 A-60 级防火分隔。

(2) 燃料准备间与 A 类机器处所/重要机器处所或其他有较大失火危险处所相邻时，应在 A 类机器处所/重要机器处所或其他有较大失火危险处所一侧采用 A-60 级防火分隔。

4.2.2 燃料舱

(1) 燃料舱位于开敞甲板时，面向燃料舱的起居处所、服务处所、控制站、脱险通道和机器处所的限界面应采用 A-60 级防火分隔。此种隔热应延伸至驾驶室甲板底面，或舱壁实际高度。此外，位于开敞甲板上的燃料舱应满足 IMDG 规则关于 3 类散货包装危险货物的积载和隔离要求。

(2) 燃料舱直接布置在 A 类机器处所/重要机器处所或其他具有较大失火危险处所上方的开敞甲板时，燃料舱与上述处所之间仍应设置 1 个至少 900mm 的隔离空舱（对于内河船舶，如布置困难，经本社认可后，该距离可小于 900mm，但不应小于 500mm），且应在 A 类机器处所/重要机器处所或其他有较大失火危险处所内靠近隔离空舱一侧采用“A-60”级防火分隔。

(3) 位于开敞甲板下方的燃料舱或燃料舱处所应与 A 类机器处所/重要机器处所或其他有较大失火危险处所之间应设置 1 个至少 900mm 的隔离空舱（对于独立式燃料舱，如燃料舱外壳距离燃料舱处所舱壁不小于 900mm 时，燃料舱处所可视为隔离空舱），且应在 A 类机器处所/重要机器处所或其他有较大失火危险处所内靠近隔离舱一侧采用“A-60”级防火分隔。在确定燃料舱或燃料舱处所与其他具有较小失火危险处所之间的防火分隔时，燃料舱或燃料舱处所应视作 A 类机器处所/重要机器处所。

4.2.3 加注站

(1) 面向加注站的 A 类机器处所/重要机器处所、起居处所、控制站和较大失火危险处所的限界面应采用“A-60”级防火分隔，但具有较小失火危险的液舱、空舱、辅机处所以及卫生间和其它类似处所的该类限界面可降至“A-0”级。

(2) 对于国内航行船舶，当加注站位于开敞甲板且加注接头与 4.2.3 (1) 中所述处所舱壁的距离大于 10m 时，其防火分隔可降至“A-0”级；当加注接头位于上层建筑和甲板室的凹陷部位时，若凹陷深度不超过 1m，仍视为开敞甲板布置。

4.2.4 穿过滚装处所的燃料管路的防火应由本社根据其使用情况和管内预期压力予以特别考虑。

4.3 灭火

4.3.1 水灭火系统

(1) 布置在开敞甲板的消防总管经过开敞甲板上的燃料舱区域时，消防总管应安装隔离阀以隔离管内损坏区域。对消防总管破损部分的隔离不应影响被隔离的管段前面的消防管路的供水。

(2) 应至少安装两台消防泵，每台消防泵的排量和压力应确保在任何消火栓处维持至少 2 股水柱，并保证每股水柱的射程应不小于 12m。

(3) 若消防泵的排量和压力足以同时操作所需数目的消火栓和本章 4.3.2 所述的水雾系统，则水雾系统可以是消防总管的一部分。

(4) 所有的消防水枪应为带开关的两用型（水柱/水雾型）。

4.3.2 水雾系统

(1) 应安装水雾系统用于冷却、防火以及船员防护，水雾系统除应覆盖位于甲板上方的燃料舱的暴露部分外，还应覆盖面向燃料舱的上层建筑、燃料准备间、货物控制室、加注控制站、加注站和其他通常有人的甲板室的限界面，但当这些限界面与燃料舱的距离大于或等于 10m 时（内河船舶大于或等于 5m），可不必覆盖。

(2) 水雾系统应设计成可覆盖上述所有区域，其喷水率对水平防护表面为 $10 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ ，对垂直防护表面为 $4 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ 。

(3) 为隔离损坏的管段，水雾系统总管上应每隔不超过 40m 安装 1 个截止阀。或者将系统分成 2 个或以上区段，可以对每个区段进行独立操作，但应将必要的控制装置集中安装在一个易于到达的位置，且不会在被保护区域发生火灾时无法靠近。

(4) 水雾系统供给泵的排量应足以能将所要求的水量输送到所有被保护的区域。

(5) 管路连接到船舶消防总管前应设置截止阀。

(6) 水雾系统供给泵的起动和水雾系统主要控制阀的操作位置，应位于易到达之处，该位置不会因被保护区域内发生火灾而被阻断。

(7) 应配备认可型的水雾喷嘴，其布置应保证其所喷射的水在被保护区域内均匀有效分布。

4.3.3 固定式灭火系统

(1) 燃料舱布置在开敞甲板时，船舶应设置固定式抗醇泡沫灭火系统（AR-AFFF）。该系统的操控布置应能保证，可在被保护区域发生火灾时进行安全操作。系统应满足《消防安全系统规则》第 14 章的要求。

(2) 泡沫灭火系统应能够覆盖燃料舱发生泄漏后所扩散的最大甲板面积。

(3) 含有甲醇/乙醇发动机的机器处所和燃料准备间应设有固定式灭火系统，其灭火介质应适用于扑灭甲醇/乙醇类火灾。

(4) 含有甲醇/乙醇发动机的 A 类机器处所和燃料准备间应布置 1 个可覆盖处所底部的经认可的抗醇泡沫灭火系统。

(5) 燃料舱位于开敞甲板时，在燃料舱附近应至少设置 2 具容量不少于 5 kg 的手提式干粉灭火器。

(6) 加注站位于开敞甲板时，应设置固定式抗醇泡沫灭火系统和 2 具容量不少于 5 kg 的手提式干粉灭火器，其应覆盖所有可能的泄漏点。

(7) 加注站位于围蔽或半围蔽处所内时，在加注站处所入口处应至少设置 1 具容量不少于 5 kg 的手提式干粉灭火器。

(8) 在甲醇/乙醇发动机附近及其所在机器处所的入口处，应至少各设置 1 具容量不小于 5 kg 的手提式干粉灭火器。

4.4 探火和失火报警系统

4.4.1 探火

(1) 燃料舱处所和用于燃料舱的通风围阱内，以及不能排除火灾的所有其他燃料系统舱室，应设置 1 个满足《消防安全系统规则》的固定式探火和失火报警系统。

(2) 固定式自动探火和失火报警系统中不应仅设置烟雾探测器。

(3) 当不具备识别单个探测器的功能时，每个探测器应设置成单个的环路。

4.4.2 报警和安全措施

(1) 以上处所探测到火灾后，应采取本篇第 6 章表 6.4(2) 中所列出的安全措施。

第5章 电气系统

5.1 一般要求

5.1.1 应通过下述方式将爆炸的可能性降至最低：

- (1)减少着火源；和
- (2)减少可燃混合物形成的概率。

5.1.2 本章中未作规定的开敞甲板上和其他处所的危险区域应基于经认可的标准^④进行确定，危险区域内安装的电气设备应依据同一标准。

5.1.3 一般不应将电气设备和布线安装在危险区域内，除非对操作而言必不可少，并基于公认的标准^⑤。

5.1.4 应采取恰当措施避免和防止无关人员接近危险区域。

5.2 对危险区域划分的要求

5.2.1 区域划分是一种用来对可能出现爆炸性气体环境的区域进行分析和分类的方法。分级的目的是为了选择能够在这些区域内安全运行的电气设备。

5.2.2 为便于选择适当的电气设备和设计合适的电气装置，将危险区域分为0区，1区和2区^⑥。还参见下述5.3。

5.2.3 通风管道的区域分级应与被通风处所相同。

5.3 危险区域

5.3.1 0类危险区域

该区域包括但不限于：燃料舱内部，用于燃料舱压力释放或其他透气系统的任何管路，内部含有燃料的管路和设备。

5.3.2 1类危险区域^⑦

该区域包括但不限于：

- (1)燃料舱周围的隔离舱及其他保护性处所；
- (2)燃料准备间；
- (3)距离任何燃料舱出口，气体或蒸气出口，加注总管阀门，其他燃料阀，燃料管法兰，燃料泵舱通风出口3m以内的开敞甲板上的区域或甲板上的半围蔽处所；
- (4)距离燃料舱压力/真空阀出口周围，出口向上半径为6米，无限高度的垂直圆柱内，以及出口向下，以6米为半径的半球内的区域。
- (5)距离燃料准备间入口、燃料准备间通风进口以及通向1类危险区域处所的其他开口1.5m以内的开敞甲板上的区域或甲板上的半围蔽处所；
- (6)开敞甲板上的包括加注总管阀门的围板以内及围板向外延伸3m、并不高于甲板以上2.4m的处所；
- (7)燃料管路所在的围蔽和半围蔽处所，例如燃料管路周围的双层壁管、半围蔽燃料加注站；
- (8)在正常运行情况下被气闸所保护的处所视为非危险区，但当被保护处所与危险区域之间的压

^④参见 IEC60092-502 标准第 4.4 部分：运载可燃液化气体的液货船（如适用）。

^⑤参见 IEC60092-502 标准：IEC60092-502:1999 船舶上的电气装置-液货船-液货船特殊特征和 IEC60079-10-1:2008 爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-按区域等级的爆炸性气体环境。

^⑥参见 IEC60079-10-1:2008 爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-爆炸性气体环境，以及 IEC60092-502:1999 船舶上的电气装置-液货船-液货船特殊特征中给出的导则和资料性实例。

^⑦安装在此类区域的仪表和电气设备的类型应适合 1 区。

差失效时仍需要继续工作的电气设备应为适用于1类危险区域的合格设备；和

(9) 燃料舱外表面位于露天时，距离其外表面2.4m的区域。

5.3.3 2类危险区域^⑧

该区域包括但不限于：

- (1) 如无特殊规定，距离5.3.2 中1类危险区域的开敞或半围蔽处所1.5m的区域；
- (2) 5.3.2 (4) 条中定义的区域之外4m的区域；
- (3) 气闸内部区域。

5.4 电气装置

5.4.1 电气设备应符合的标准应至少等同于本组织所接受的标准^⑨。

5.4.2 电气设备安装在危险区域时，其选型、安装和维护所符合的标准应至少等同于本组织所接受的标准^⑩。用于可能出现混有甲醇、乙醇蒸气的爆炸性气体环境的防爆设备的防爆类别和温度组别应分别不低于IIA, T2 和IIB, T2。

5.4.3 在危险区域中使用的设备应经本组织认可的测试机构或公告机构的评估、认证和登记。

5.4.4 电气设备在船舶上的安装应确保其自身与船体的安全连接。

5.4.5 加注方提供的加注软管应与加注总管做电气联接。

5.4.6 设备布置应使得低液位时发出报警并在低低液位时自动关停电机。自动关停可以通过检测泵排出压力低，电动机电流低，或液位低来实现。关停还应在驾驶室，连续有人值班的集控站或船舶安全中心给出声光报警。

^⑧安装在此类区域的仪表和电气设备的类型应适合2区。

^⑨参考IEC60092系列标准，如适用。

^⑩参考国际电工委员会所发布的建议，特别是IEC60092-502:1999出版物。

第6章 控制、监测和安全系统

6.1 一般要求

6.1.1 用气设备的控制、监测和安全系统应布置成在单一故障情况下，不会导致不可接受的功率损失。

6.1.2 燃料安全系统应布置成，在发生表 6.4（1）和表 6.4（2）所述系统故障以及其它发展速度过快以致来不及人工干预的故障时，能自动关闭燃料供应系统。

6.1.3 为避免可能的共因故障，安全功能应设计在一个专用的燃料安全系统中，该系统应独立于燃料控制系统，包括供电、输入和输出信号。

6.1.4 安全系统包括现场仪表应布置成能够避免误切断，例如，由于燃料蒸气探测器故障或传感器线路断线而误切断。

6.1.5 当需设置两套或多套燃料供应系统来满足要求时，每套系统均应设有其自身的独立燃料控制和安全系统。

6.1.6 应设置合适的仪表设备，能够就地或远程读取重要参数，以确保对全部燃料设备和加注的安全管理。

6.1.7 燃料舱的隔离舱、双壁管内外管之间、燃料准备间、燃料舱接头处所和其他含有未设双壁管的燃料管系或燃料设备的围蔽处所应设有探测液体燃料泄漏的装置。

6.1.8 对于非永久安装在船上的燃料舱，应按固定式燃料舱的要求配备一套与其等效的监测系统。

6.2 监测与控制

6.2.1 燃料舱

(1) 液位测量

① 每一燃料舱应安装限制式液位测量装置，其布置应确保燃料舱处于运行状态时，始终可获得液位读数。

② 除非当燃料舱处于运行状态时，液位测量装置可以实施必要的维修，否则应安装两个液位指示器。

(2) 溢流监控

① 每一燃料舱应设有一个高液位报警装置，并在动作时发出听觉和视觉报警，且应能在燃料舱外部进行功能试验。该装置应独立于其他液位测量及高高液位报警装置。

② 对于独立于高液位报警装置及其他液位测量装置的另一传感器，当燃料舱高高液位时，应能自动启动一个截止阀，以避免燃料加注管路中产生过大的压力及防止燃料舱内被充满燃料。该传感器在动作时应发出高高液位报警。

③ 燃料舱 95%液位和 98%液位时，在驾驶室或连续有人值班的位置应分别发出高液位和高高液位听觉和视觉报警。

6.2.2 加注

(1) 应从一个远离加注站的安全位置对加注进行控制。在此位置：

① 应对燃料舱压力和液位进行监测；

② 应能对所要求的遥控阀进行操作；

③ 应指示溢流报警和自动切断。

(2) 加注管路的双壁管通风失效时，应在加注控制位置发出听觉和视觉报警。

(3) 加注管路的双壁管内探测到燃料泄漏，应在加注控制位置发出听觉和视觉报警，并自动切断燃料加注。

6.2.3 燃料泵

(1)应在驾驶室、机舱集控室和燃料准备间设有燃料泵的听觉和视觉报警。报警项目应至少包括燃料出口压力低和燃料泵运行故障。

6.2.4 发动机

(1)除满足 SOLAS II-1 章 C 部分（国际航行船舶）或本社相关规范对柴油机监控系统（国内航行船舶）的要求外，还应在驾驶室、集控室和机旁设置指示器，以指示：

- ① 发动机运行状态（对单一燃料发动机）；或
- ② 发动机运行状态和运行模式（对双燃料发动机）。

6.3 蒸气探测、火灾探测和通风监测

6.3.1 蒸气探测

(1)在下述位置应安装固定式燃料蒸气探测器：

- ① 双壁管内外管之间；
- ② 燃料准备间；
- ③ 燃料舱接头处所；
- ④ 毗邻燃料舱的隔离舱；
- ⑤ 其它含有燃料管路但未设置双壁管的围蔽处所内；
- ⑥ 其他含有燃料设备的处所内（含有甲醇/乙醇发动机的机器处所除外）；
- ⑦ 气闸；
- ⑧ 其它可能产生燃料蒸气积聚的围蔽/半围蔽处所内；和
- ⑨ 经所要求的风险分析后，可能存在燃料蒸气进入的起居处所和机器处所的通风进口。

(2)每个处所内蒸气探测器的数量应根据该处所的大小、布置和通风情况予以考虑。

(3)蒸气探测器应布置于燃料蒸气可能积聚处和/或通风出口处。

(4)应依据公认的标准¹¹进行蒸气探测设备的设计、安装和试验。

(5)燃料蒸气浓度达到 20%LEL 时，应触发听觉和视觉报警。燃料蒸气浓度达到 40%LEL 时，应触发安全系统。

(6)蒸气探测装置的听觉和视觉报警应布置在驾驶室或连续有人值班的集控室。

(7)本节所要求的燃料蒸气探测应连续进行无延迟。

6.3.2 火灾探测

(1)在含有甲醇/乙醇燃料发动机的机器处所、燃料舱处所、燃料准备间等本篇要求设置火灾探测装置的处所内探测到火灾时，应在驾驶室或连续有人值班的集控室发出听觉和视觉报警。

6.3.3 通风监测

(1)当本篇所要求的通风系统的通风能力下降时，应在驾驶室或连续有人值班的集控室发出听觉和视觉报警。燃料加注管路通风系统的通风能力下降时，还应在加注控制位置发出听觉和视觉报警。

6.4 安全系统

6.4.1 一般要求

(1)当发生本章表 6.4 (1) 和表 6.4 (2) 中的有关故障时，应按规定采取相应的安全措施。对于本章表 6.4 (1) 中的报警应布置在驾驶室和加注控制位置；对于表本章 6.4 (2) 中的报警应布置在驾驶室或连续有人值班的集控室。

(2)如果燃料供应由于自动截止阀动作而切断，则在查明切断原因并采取必要的预防措施之后方可重新恢复燃料供应。为此，应在燃料供应管路截止阀的控制位置，张贴显见的指示牌。

(3)如果燃料供应由于燃料泄漏而切断时，应在查明泄漏源并进行处理后方可重新恢复燃料供应。

¹¹参考 IEC 60079-29-1 爆炸性气体环境—第 29-1 部分：气体探测器—易燃气体探测器的性能要求

为此，应在机器处所和燃料供应控制的显见位置张贴指示牌。

(4) 在含有甲醇/乙醇燃料发动机的机器处所内，应永久张贴一个警示牌或警示板，示明：发动机在甲醇/乙醇燃料模式下运行时，不应进行可能对燃料管路造成危险和损伤的起重作业。

(5) 对泵和燃料供应，应在下述位置（如适用）布置其手动遥控紧急切断：

- ① 驾驶室；
- ② 货物控制室；
- ③ 船舶安全中心；
- ④ 机舱集控室；
- ⑤ 消防控制站；和
- ⑥ 燃料准备间出口附近。

(6) 对于单一甲醇/乙醇燃料系统，当所要求的通风失效或惰性气体失压时，对于直接推进系统，若另一燃料供应管路已准备好，则该管路上的主燃料阀应自动关闭；对于电力推进系统，应启动另一台发动机。当第 2 台发动机与汇流排连接时，第 1 台发动机应自动关闭。

燃料加注安全监控

表 6.4 (1)

参 数	报 警	加注总管上的遥控截止阀自动关闭	备注
探测到加注管路双壁管内燃料液体泄漏	×	×	
加注管路双壁管通风失效	×	×	
加注管路双壁管内探测到燃料蒸气浓度高于20%LEL	×		
加注管路双壁管内两个探测器 ¹⁾ 探测到燃料蒸气浓度高于40%LEL	×	×	
燃料舱高液位（95%液位）	×		
燃料舱高高液位（98%液位）	×	×	
ESD系统手动关闭		×	
加注总管上的遥控截止阀失去驱动动力	×		
1) 基于冗余的考虑应安装两个相互靠近且独立的探测器，如探测器具备自检功能，则允许仅安装一个探测器。			

燃料供应安全监控

表 6.4(2)

参 数	报 警	燃料舱主 阀自动关 闭	自动切断燃料供 应	备注
燃料舱和专用污水储存舱				
燃料舱低液位	×			

专用污水储存舱高液位	×			见2.4.7.4
燃料舱接头处所和燃料舱的隔离舱				
隔离舱内探测到蒸气浓度达到20%LEL	×			
两个探测器 ¹⁾ 探测到隔离舱内蒸气浓度达到40%LEL	×	×		
隔离舱内探测到燃料液体泄漏	×	×		
燃料舱接头处所内探测到蒸气浓度达到20%LEL	×			
两个探测器 ¹⁾ 探测到燃料舱接头处所内蒸气浓度达到40%LEL	×	×		
燃料舱接头处所内探测到燃料液体泄露	×	× ²⁾		
燃料舱接头处所内通风失效	×	× ²⁾		
燃料舱处所内探测到火灾	×	× ⁸⁾		
燃料准备间				
探测到燃料蒸气浓度达到20%LEL	×			
两个探测器 ¹⁾ 探测到燃料蒸气浓度达到40%LEL	×	× ²⁾		
通风失效	×	× ²⁾		
探测到燃料液体泄漏	×	× ²⁾		
探测到火灾	×	× ²⁾		
位于燃料舱和机器处所之间的燃料供应管路				
双壁管内探测到燃料蒸气浓度达到20%LEL	×			
两个探测器 ¹⁾ 探测到双壁管内燃料蒸气浓度高于40%LEL	×	× ²⁾		
双壁管内探测到燃料液体泄漏	×	× ²⁾		
双壁管内通风失效 ⁵⁾	×		× ²⁾	
燃料阀件单元处所				
一个探测器探测到处所内燃料蒸气浓度高于20%LEL	×			

两个 ¹⁾ 探测器探测到处所内燃料蒸气浓度高于40%LEL	×		×	
处所内探测到液体燃料泄漏	×		×	
处所内通风失效 ⁵⁾	×		×	
含有甲醇/乙醇发动机的机器处所				
处所内探测到火灾	×			
双壁管内探测到液体泄漏	×		×	
处所内的双壁管中探测到燃料蒸气浓度达到30%LEL	×			
两个探测器 ¹⁾ 探测到处所内的双壁管中燃料蒸气浓度达到60%LEL	×		×	
其他				
燃料供应管路内压力异常	×			
控制工作介质的阀门故障	×		×	视需要可延迟
发动机自动停车（发动机故障）	×		×	
发动机手动紧急停车	×		×	
<p>1) 基于冗余的考虑应安装两个相互靠近且独立的探测器，如探测器具备自检功能，则允许仅安装一个探测器。</p> <p>2) 如果燃料舱向一台以上发动机供应燃料，并且不同的燃料管路完全独立并安装在独立的管道内，同时每条管路上的主燃料阀位于管道外部，则仅关闭通往探测到燃料蒸气或通风失效的管道的供气管路上的主燃料阀。</p> <p>3) 如果燃料供至一台以上发动机，并且不同的供应管路完全独立并安装在独立的管道内，同时每条管路上的主燃料阀位于管道外部和机器处所之外，则仅关闭通往探测到燃料蒸气或通风失效的管道的供应管路上的主燃料阀。</p> <p>4) 仅双截止透气阀关闭。</p> <p>5) 如果管道由惰性气体进行保护（见2.6.3(2)），则惰性气体失压应引起本表所述相同的动作。</p> <p>6) 仅适用于双燃料发动机。</p> <p>7) 也可以是切断一个专用于燃料供应管路破裂情况下的截止阀。</p> <p>8) 如燃料舱主阀的自动关闭，会导致船舶失去动力，则燃料舱主阀不应自动关闭。</p>				

第7章 甲醇/乙醇发动机

7.1 一般要求

7.1.1 本章规定适用于主推进及驱动发电机或重要辅助设备的甲醇/乙醇发动机。

7.1.2 发动机的设计、制造、安装和试验要求除应满足本社相关规范对柴油机的要求外，尚应满足本章和本规范第6章的有关规定，并应取得船用产品证书。

7.1.3 含有或可能含有可燃混合气的发动机部件或系统应布置合适的压力释放系统，除非其强度设计为可承受最恶劣情况下由于泄漏气体被点燃后产生的超压。压力释放出口不应通往正常情况下有人员出现的位置。

7.1.4 发动机每个气缸应具有独立的燃料喷射装置，燃料应直接喷入气缸内，或喷入各个进气支管内。

7.1.5 所有含有甲醇/乙醇燃料的发动机部件应进行有效密封，防止燃料泄漏至机舱。

7.1.6 发动机排气系统应避免燃料蒸气的积聚，且不应与其他发动机或系统的排气系统相连。

7.1.7 应对所有可能影响发动机安全运行的故障进行风险分析，并根据分析结果确定所需的发动机监测项目，相关分析报告应提交本社。

7.2 安全保护

7.2.1 发动机空气进口如位于机舱内，其应尽可能远离燃料供应管路以降低泄漏的燃料被吸入空气进口的危险；如空气进口位于机舱外，其应距离任一危险区域边界至少1.5米。

7.2.2 发动机曲轴箱防爆安全阀按如下要求进行设置：

(1) 如燃料喷入进气支管：曲轴箱应安装具有足够释放面积的防爆安全阀，除非有资料证明该系统的强度足以承受最恶劣情况下的爆炸。当缸径小于200mm时，应至少安装1个防爆安全阀；当缸径等于和大于200mm时，应在靠近曲轴箱的两端至少各装1个防爆安全阀，但如曲拐数超过8，则应在曲轴箱中部附近另设1个防爆安全阀；当缸径大于250mm时，每一曲拐至少应装1个防爆安全阀。对总容积超过0.6m³的曲轴箱分隔空间（如驱动凸轮轴的齿轮室或链条箱或其他类似装束）也应安装防爆安全阀。

(2) 如燃料直接喷入气缸：根据我社相关规范对柴油机的适用要求安装曲轴箱防爆安全阀。

7.2.3 对于筒形活塞式发动机，曲轴箱应设有合适的呼吸装置，其出口应通往开敞区域的安全位置，其末端应安装火焰消除器；通过呼吸装置后收集的燃料应储存在合适的收集舱中。曲轴箱应提供接口（或其他措施）进行惰化以便于维修。

7.2.4 对于筒形活塞式发动机，曲轴箱内油雾探测器或等效设备按如下要求进行设置：

(1) 如燃料喷入进气支管：曲轴箱内应安装油雾探测器或等效设备（如轴承温度探测器），对曲轴箱内的热点进行监控；

(2) 如燃料直接喷入气缸：根据我社相关规范对柴油机的适用要求安装油雾探测器或等效设备。曲轴箱内的电气设备和仪器应为经认可的安全型式。

7.2.5 发动机排气系统应安装防爆安全阀，其尺寸应足以防止一缸点火失败情况下，排气系统内未燃混合气被点燃而产生的过高的爆炸压力。除非有资料证明该系统可以承受该爆炸产生的压力。

7.2.6 如发动机起动失败，或运行过程中突然失火，则重新启动发动机前，应利用惰性气体对排气管进行吹扫。

7.2.7 如燃料能直接泄漏到发动机辅助系统介质（润滑油、冷却水）中，则应在这些介质的出口后面采取适当措施对燃料蒸气进行收集以避免扩散。从辅助系统介质中收集的燃料应释放到一个露天的安全位置，或储存在合适的收集舱中。

7.2.8 应采取措施对发动机的不良燃烧或失火进行监测和探测。当探测到不良燃烧或失火时，

可切断相应气缸的燃料供应，允许发动机继续维持甲醇/乙醇模式，但应充分考虑一缸熄火时扭转振动对发动机的影响。

7.3 功能要求

7.3.1 双燃料发动机

(1) 当燃料供应中断时，发动机应能仅使用燃油保持连续正常运转。

(2) 发动机应安装一套自动燃料模式转换系统，燃料模式转换时应保证功率波动最小，应通过试验证明燃料模式转换的可靠性。如在甲醇/乙醇模式下发动机出现不稳定运转，应自动切换至燃油模式。在任何情况下均应能通过手动方式切断燃料供应。

(3) 气缸内的燃料蒸汽-空气混合气应通过喷射燃油压燃的方式引燃。引燃油量应足以保证混合气的可靠点火。

(4) 正常停车及紧急停车时，燃料供应的切断不应迟于引燃油供应的切断。切断引燃油供应时，应确保提前或同时切断每个气缸或整台发动机的燃料供应。

7.3.2 单一燃料发动机

(1) 发动机起动过程中，达到最低点火转速时方可开启点火系统，开始点火后，方可开启燃料供应装置。

(2) 如燃料喷射装置在开启后的规定时间内，发动机监测系统未监测到燃烧，燃料供应装置应能自动切断，并应采取措施将排气系统中未燃的可燃混合气驱除。

(3) 当发动机起动失败后，应采取措施将排气管中未燃烧的可燃混合气排出。当排气管中未燃烧的可燃混合气排净后，方可重新起动发动机。

(4) 正常停车及紧急停车时，燃料供应的切断不应迟于点火源的切断。切断点火源时，应确保提前或同时切断每个气缸或整台发动机的燃料供应。

中国船级社

船舶应用替代燃料指南

2017

第2篇 燃料电池系统

目 录

第 1 章 通 则	2-1
1.1 一般规定	2-1
1.2 定义	2-1
1.3 附加标志	2-2
1.4 图纸和资料	2-2
第 2 章 材 料	2-3
2.1 一般要求	2-3
2.2 不同燃料供给系统的特殊要求	2-3
2.3 燃料电池	2-3
第 3 章 船舶布置	2-4
3.1 燃料罐	2-4
3.2 燃料电池处所	2-4
3.3 燃料压缩机/泵舱室	2-4
3.4 围蔽处所入口和其他开口	2-5
3.5 空气闸	2-5
第 4 章 系统与管路设计	2-6
4.1 一般要求	2-6
4.2 管系设计与布置	2-6
4.3 压缩机	2-6
4.4 燃料电池处所内的燃料电池燃料供应管路	2-7
4.5 机器处所外的燃料分配系统	2-7
4.6 氢气管路的附加要求	2-7
第 5 章 燃料储存	2-9
5.1 一般规定	2-9

5.2 氢气瓶.....	2-9
第 6 章 燃料加注	2-10
6.1 一般要求.....	2-10
6.2 加注站.....	2-10
6.3 加注总管.....	2-10
6.4 加注系统.....	2-10
第 7 章 通 风	2-11
7.1 一般规定.....	2-11
7.2 气体安全处所.....	2-12
7.3 燃料罐处所.....	2-12
7.4 泵舱和压缩机舱.....	2-12
7.5 加注站.....	2-12
7.6 包含有氢燃料管路的处所.....	2-12
7.7 排气系统.....	2-13
第 8 章 消 防	2-14
8.1 一般规定.....	2-14
8.2 防火.....	2-14
8.3 灭火.....	2-14
8.4 探火和失火报警系统.....	2-14
第 9 章 电气设备	2-15
9.1 一般要求.....	2-15
9.2 危险区域划分.....	2-15
9.3 燃料电池.....	2-16
9.4 燃料电池发电系统.....	2-16
第 10 章 控制、监测和安全系统	2-18
10.1 一般要求.....	2-18
10.2 监控.....	2-18

10.3 气体探测及火灾探测	2-19
10.4 供气系统的安全功能	2-19
第 11 章 检验与试验	2-22
11.1 一般规定	2-22
11.2 燃料电池发电系统产品检验	2-22
11.3 建造中检验	2-23
11.4 建造后检验	2-23

第1章 通则

1.1 一般规定

1.1.1 本篇适用于固定在安装在钢质船舶上的，使用天然气、甲醇/乙醇、压缩氢气为燃料的燃料电池系统。

1.1.2 安装有燃料电池系统的船舶，除应满足本篇的要求之外，还应符合本社适用的其他相关规范的有关要求。

1.1.3 由于燃料电池技术尚在不断发展中，对于特殊的和新型的燃料电池系统，不满足本篇要求时，应经本社特别考虑。

1.1.4 使用甲醇/乙醇作为燃料电池燃料时，其相关内容应符合本指南第 1 篇的有关要求。

1.2 定义

1.2.1 互锁气体阀：系指安装在每台燃料电池燃料供应管路上的 1 套自动阀（3 只），其中 2 只串接在通向燃料电池的燃料管路上，第 3 只安装在 2 只串接阀之间的燃料透气管上，该透气阀应向露天的安全位置。作为选择，2 只串接阀中的 1 只阀和透气阀的功能可以组成同一个阀体，当发生泄漏时，能自动切断气体燃料供应，并自动进行透气。

1.2.2 ESD：系指紧急切断。

1.2.3 围蔽处所：系指由舱壁和甲板所组成的封闭处所，在没有人为通风时，通风能力受限，爆炸性气体不可能扩散出去。

1.2.4 半围蔽处所：系指由于舱壁和甲板等结构，以致其自然通风条件与在开敞甲板有显著的差异，且其布置可限制气体发生扩散的处所。

1.2.5 主重要设备：系指维持船舶推进和操舵必须连续工作的设备。

1.2.6 次重要设备：系指为保持推进和操舵不必连续运转的设备，以及为保持船舶安全必需的设备。

1.2.7 应急设备：系指在应急状态下，影响船舶安全的设备。

1.2.8 燃料电池燃料：系指燃料电池所使用，并储存在船上的燃料。如：液化天然气（LNG）、压缩天然气（CNG）、甲醇/乙醇和压缩氢气。

1.2.9 燃料电池：系指能将燃料中的化学能经过电化学反应直接转化为电能的电源装置。

1.2.10 重整装置：系指通过化学反应，将燃料电池燃料转换成燃料电池使用的燃料，一般情况下，重整装置的反应不是燃料电池内部化学反应的一部分。

1.2.11 燃料电池发电系统：系指由燃料电池、重整装置和相关联的氢气管路构成的整体。

1.2.12 燃料电池处所：系指燃料电池发电系统全部或部分部件所在的处所。

1.2.13 燃料罐：系指船上用于储存燃料的容器。

1.2.14 氢气瓶：系指公称容积不大于 3000L，用于盛装氢气的压力容器。氢气瓶也属于压缩氢气燃料罐的一种。

1.2.15 燃料罐处所：系指由船舶结构所围蔽、其内部设有燃料罐的处所。

1.2.16 燃料罐接头处所：系指设有燃料舱接头且位于围蔽处所内的燃料舱所需的、环绕其所有接头和阀门的处所。

1.2.17 气体危险区域：系指爆炸性气体环境存在或可能与其出现的数量足以需要对电气设备在结构、安装和使用上采取特别防护的区域。一般的，危险区域可分为 0 区、1 区和 2 区。

1.2.18 安全区域：系指特定条件下不是危险区域的处所。

1.2.19 LEL：系指爆炸下限。

1.2.20 燃料罐主阀：系指位于燃料罐出口的一个自动阀，尽可能靠近燃料罐出口安装。

1.2.21 主燃料阀：系指燃料电池燃料供应管路上的一个自动阀，它位于燃料电池处所外面，尽可能靠近燃料储存位置。

1.3 附加标志

1.3.1 对于使用燃料电池发电系统的船舶，根据其不同的供电范围，可授予下列附加标志：

(1) FC-FULL：除燃料电池发电系统外，船舶未配置其他动力源，燃料电池发电系统向全船设备（推进、操舵和其他重要设备、应急设备以及其他设备等）供电，并符合本指南规定时；

(2) FC-POWER 1：船舶配置了柴油发电机组和燃料电池发电系统，燃料电池发电系统向船舶的重要设备供电并符合本指南规定时；

(3) FC-POWER 2：船舶配置了柴油发电机组和燃料电池发电系统，燃料电池发电系统向非重要设备和非应急设备供电并符合本指南规定时。

1.4 图纸和资料

1.4.1 除按本社相关规范的要求提交图纸资料外，安装有燃料电池发电系统的船舶还应满足本节 1.4.2 至 1.4.3 的要求。

1.4.2 应将下列图纸资料提交批准：

(1) 燃料电池发电系统 FMEA 分析^①，该分析应考虑燃料电池发电系统相关的所有可预见的故障和风险，包括爆炸危险和火灾危险，如果燃料电池发电系统与船舶电网有连接，还应考虑可能影响船舶电网的潜在危险等；

(2) 申请 FC-FULL 和 FC-POWER1 附加标志的船舶，应提交文件，证明系统满足 9.4.8 和 9.4.9 的要求；

(3) 燃料电池发电系统的布置图，应标示出燃料电池发电系统内各组成设备的位置；

(4) 燃料管路系统图；

(5) 其他与燃料电池发电系统相关的管路系统图；

(6) 气体危险区域划分图；

(7) 气体危险区域内电气设备布置图及设备清单，应标明设备的防爆类型、防爆类别、温度组别和防护等级；

(8) 与燃料相关的控制、监测和安全系统图；

(9) 与燃料电池发电系统相关的安全系统的设定值。

1.4.3 应将下列图纸资料提交备查：

(1) 燃料电池发电系统的原理说明和系统框图；

(2) 所有工况下燃料电池发电系统的操作流程和功能说明；

(3) 燃料电池发电系统全寿命性能说明，例如功率衰减率曲线或类似资料；

(4) 燃料电池发电系统操作和维护手册。

^①FMEA 分析应基于 IEC62282-3-100 出版物的要求以及系统在船舶上布置和相关系统接口等。

第2章 材 料

2.1 一般要求

2.1.1 燃料电池发电系统材料应与其预计用途相适应。

2.1.2 燃料电池应尽量避免使用易燃材料。在燃料电池内使用易燃材料应经本社认可，在燃料电池外使用易燃材料应经本社特别考虑。

2.2 不同燃料供给系统的特殊要求

2.2.1 天然气燃料供给系统的材料要求

(1) 天然气燃料供给系统的燃料罐、管系、压力容器以及其他可能包含燃料的元器件的材料应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 3 章第 3 节的相关要求。

2.2.2 压缩氢气供给系统的材料要求

(1) 压缩氢气燃料供给系统中与氢接触的容器、管路、阀门等在工作温度和压力下应不与氢气反应而脆化。

(2) 压缩氢气燃料罐材料应符合气瓶相关标准^②的要求，并满足 TSGR0006-2014《气瓶安全技术监察规程》的相关规定。

(3) 压缩氢气燃料罐材料的实际最大抗拉强度应不超过 880MPa。当实际屈强比不大于 0.9 时，在公称压力不大于 20MPa 的情况下允许材料的实际抗拉强度提高到 950MPa。

(4) 压缩氢气供气系统中燃料管路的材料应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 3 章第 3 节的相关要求。

2.3 燃料电池

2.3.1 燃料电池材料应满足相关公认标准^③的要求。

^②关于气瓶产品的国际标准、国家标准及行业标准。如 ISO9809-1 Gas cylinders-Refillable seamless steel gas cylinders -- Design, construction and testing -- Part 1: Quenched and tempered steel cylinders with tensile strength less than 1 100 MPa 等。

^③关于燃料电池的如国际标准、国家标准及行业标准。如 IEC62282 Fuel cell technologies; ISO11114 Gas cylinders -- Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents 等。

第3章 船舶布置

3.1 燃料罐

3.1.1 除本篇明确规定者外，天然气燃料罐和压缩氢气燃料罐的布置等尚应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》中有关燃料舱的相关要求；甲醇/乙醇燃料的布置应满足本指南第1篇中有关燃料舱的布置要求。

3.1.2 压缩或液化的燃料通常应储存在主甲板以上位置。位于主甲板以下的燃料储罐最大设计压力一般不超过 1MPa。

3.1.3 燃料罐应予以保护，以防止机械损伤。

3.1.4 位于开敞甲板上的燃料罐和/或设备的设置应确保有足够的自然通风，以防止逸出的气体积聚。

3.1.5 燃料罐处所应气密，其不应与 A 类/重要机器处所相邻。如采用隔离空舱隔离时，则在靠近 A 类/重要机器处所的一侧应采用“A-60”级防火分隔。

3.1.6 燃料罐处所应有显著而永久的“严禁吸烟”、“严禁明火”等警示标志。

3.1.7 压缩氢气燃料罐处所内不应设有可能的着火源，如设有电气装置则应采用氢气状态下的合格防爆型式。

3.1.8 氢气瓶布置的附加要求

(1) 氢气瓶除满足 3.1.6 的适用要求外，还应符合本条下述要求。

(2) 如船上每种气体有两瓶或以上，则应为每种气体配备独立的储存室。

(3) 储存室应为钢质材料建造，不应位于露天甲板以下。通风良好，且有通向开敞甲板的出入口，通风布置应独立于船舶的通风系统，通风出口宜布置在从船舶最高处并应远离火源和热源。

(4) 气瓶紧固装置应能易于快速地松脱，以便在发生火灾时能将气瓶迅速移走。

(5) 如气瓶存放在露天场所，则应采取下列措施：

- ① 保护气瓶及其管路免受损坏；
- ② 暴露于碳氢化合物气体中的可能性减至最小；
- ③ 确保适当的排水；
- ④ 避免暴晒。

3.2 燃料电池处所

3.2.1 除本节另有规定外，燃料电池处所根据其处所内供气管路的设计不同，尚应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第2章第3节有关机器处所的有关要求。

3.2.2 燃料电池处所形状应尽可能的简单，以避免可燃气体积聚。可能存在氢气的燃料电池处所，其上部不应有任何阻碍结构，且应以平滑天花板向上倾斜至通风口。梁和加强筋之类的支撑结构应布置在外部。不应采用薄板覆盖甲板下支撑结构的布置形式。

3.2.3 燃料电池设备应位于独立的舱室内，该舱室应为钢质气密环围。燃料电池设备的安装处所应位于起居处所、服务处所、机器处所和控制站之外，并且应与这类处所相独立。如燃料电池系统位于机器处所，则燃料电池设备及其燃料供给系统应安装在一个气密罩壳内。该罩壳应设有本篇要求的通风系统以及气体探测和自动切断系统。

3.3 燃料压缩机/泵舱室

3.3.1 燃料压缩机/泵舱室一般应位于开敞甲板。如压缩机/泵舱室位于干舷甲板之下，则其应符合下列要求：

(1) 处所不应与 A 类/重要机器处所相邻。如果通过隔离舱进行隔离，则隔离间距应至少达到 900

mm 且应在机舱一侧应采用“A-60”级防火分隔；

(2) 处所的限界面包括出入门应为气密型；

(3) 处所应设有从开敞甲板进入的独立通道，该通道应不用于任何其他处所；

3.3.2 如压缩机/泵由穿过舱壁或甲板的轴驱动，则舱壁贯穿件应为气密型，以防止燃料气体泄入轴动力所在舱室。

3.4 围蔽处所入口和其他开口

3.4.1 不允许设置从非危险区域直接通向危险区域的出入口。如果出于操作原因必需设有此类开口，则应设置符合本章 3.5 要求的空气闸。

3.4.2 如果燃料罐位于甲板以下，则应尽实际可能设有直接从开敞甲板通往该舱室的独立通道。如设置从甲板通向该舱室的独立通道不可行时，则应设置符合本章 3.4.1 要求的空气闸。

3.4.3 对于惰化处所，其通道应布置成能防止人员意外进入。如此类处所的通道不通往开敞甲板，则其密封装置应确保惰性气体不会泄漏至邻近处所。

3.4.4 燃料罐处所的门槛高度应不低于 300mm。

3.5 空气闸

3.5.1 空气闸是由气密舱壁所围蔽的处所，该舱壁上设有两扇能确保气密的钢质门，其距离至少为 1.5m，但不大于 2.5m。除非符合《国际载重线公约》或《内河船舶法定检验技术规则》第 4 篇第 4 章的有关要求，否则空气闸门槛高度应不小于 300mm。此类门应为自闭式，无任何门背扣装置。

3.5.2 空气闸应在相对邻近的危险区域或处所的正压状态下进行机械通风。

3.5.3 空气闸应设计成当其所隔开的气体危险处所内发生最严重的事件时，不会有气体释放至安全处所。此类事件应通过风险分析进行评估。

3.5.4 空气闸应具有简单的几何形状。其应提供方便和无障碍的通道，且其甲板面积应不小于 1.5m²。空气闸不可用作储藏室等其他目的。

3.5.5 空气闸应设置一个能在其两端发出警报的听觉和视觉报警系统，用以指示是否有一扇以上的门从关闭位置上被移动。

3.5.6 对于设有通向甲板以下危险处所通道的非危险处所，如该通道由空气闸予以保护，当此危险处所内负压失压时，通向该处所的通道应予以限制，直至该处所恢复通风。当空气闸压力损失时，应在有人值守的位置发出听觉和视觉报警，以显示失压和空气闸门开启。

3.5.7 安全所需的关键设备不应断电，且应为合格防爆型，此类设备包括照明、火灾探测、公共广播及通用报警系统。

第4章 系统与管路设计

4.1 一般要求

4.1.1 本章适用于液化天然气（LNG）、压缩天然气（CNG）及压缩氢气的燃料系统与管路设计；醇燃料系统与管路设计则应满足本指南第 1 篇的有关要求。

4.1.2 除本章另有规定外，天然气、氢气燃料管系还应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 13 章的适用要求。

4.1.3 燃料电池设备应能自动控制，并应配备燃料电池发电系统安全运行所需的显示、报警和控制设备。其显示、报警和控制项目应不低于第 10 章的要求。

4.2 管系设计与布置

4.2.1 除本节另有规定外，天然气、氢气燃料管系设计与布置还应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 3 章第 1 节和第 2 节的相关要求。

4.2.2 燃料电池燃料管路距离船体外板应不少于 800mm。

4.2.3 应设有对燃料电池燃料加注管路和供应管路进行惰性气体吹扫的装置。

4.2.4 燃料电池燃料管系的安装应有足够的挠性。围蔽处所内禁止使用波纹管。

4.2.5 对高压燃料电池燃料管路，应考虑燃料压缩机振动引起的管路疲劳问题。这类振动可能来自压缩机本体的不平衡力，也可能来自管系共振或燃料电池燃料排放总管的共振效应。应通过计算来证明不会发生上述共振问题。

4.2.6 如果气体燃料中含有某些会在系统中凝结的较重的成分，则应安装气液分离罐或收集液体的类似设施。

4.2.7 燃料管路的连接应采用全焊透型式，管路接头应尽可能少。

4.2.8 管系应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 5 章第 5.7.4 条-电气连接的要求。对内河船舶，应满足《内河散装液化气体船舶构造与设备规范》第 5 章第 5.8.4 条-电气连接的要求。

4.2.9 气体可能泄漏至系统介质（如冷却水）的燃料电池辅助系统，应在介质出口处设置合适的气体取样装置，以防止气体扩散。从辅助系统介质出口引出的取样口应位于开敞甲板安全区域。

4.2.10 管系所有构件均应具有耐腐蚀性能，固定管路中所有管子均应使用无缝管。

4.2.11 氢气、氧气、天然气或类似气体的管子、附件、接头和阀件应满足 I 级管系的要求。

4.3 压缩机

4.3.1 压缩机应能在其所在处所外部，且任何情况下都易于到达的位置将其停止。此外，压缩机应能在其出口压力过高或者进口压力过低时自动停止。在人工复位前，压缩机不应自动重新启动。

4.3.2 容积式压缩机应设置连接至其进口端的安全阀。安全阀的释放能力应保证，在压缩机出口管路关闭时，出口压力不超过压缩机最大允许工作压力的 1.1 倍。

4.3.3 减压装置的设计应能保证，其减压阀的故障不会危及下游部件。特别是减压装置的下游管路应采用安全阀保护，或者按照最大允许工作压力值来确定管路的压力等级，该最大允许工作压力值应为减压装置上游管路的压力许用值。见图 4.3.3：

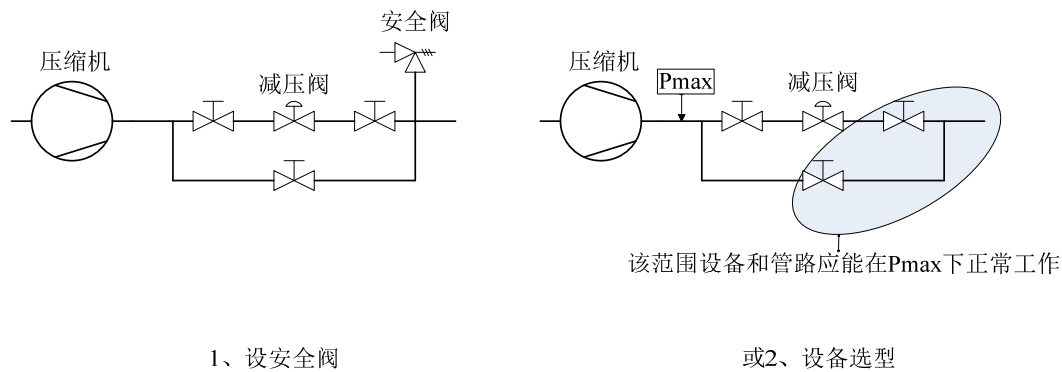


图 4.3.3 减压阀下游管路的设计

4.3.4 为达到必要的有效性和可靠性的功能性要求，燃料电池压缩机应与其附件和设备相匹配。

4.3.5 燃料压缩机的布置应能在下列位置手动遥控紧急关停：

- 货物控制室（仅指货船）
- 驾驶室
- 集控室/机舱控制室
- 消防控制站

4.4 燃料电池处所内的燃料电池燃料供应管路

4.4.1 一般要求

(1) 燃料电池处所内设备的温度不能超过所用燃料的自燃温度。

(2) 液化气体蒸发器或气体预热器的加热介质，返回至气体处理单元区之外的处所内时，应先通过危险区域内的除气容器。

4.4.2 气体安全燃料电池处所的燃料供应系统应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 6 章 6.4.1 条的要求。

4.4.3 ESD 保护的燃料电池处所内的管系应满足：

(1) 采用 ESD 保护的燃料系统设计方式时，燃料电池设备处所应安装符合本篇第 10 章要求的气体探测和自动切断系统。

(2) 采用 ESD 保护的燃料系统设计方式时，燃料电池设备处所燃料管路内的工作压力应不超过 1MPa。且燃料管路的设计压力应不小于 1MPa。

(3) 处所的通风应符合本篇第 7 章的要求。

(4) 管路接头应尽量少，并应采取全焊透对接焊，焊接完成后应进行 100%射线检查。

(5) 如采用法兰连接，一般应采用颈焊型法兰（即 A 型法兰），焊接部位应进行 100%射线检查。

4.5 机器处所外的燃料分配系统

4.5.1 燃料管路不应穿过燃料电池处所以外的其他机器处所、起居处所、服务处所或控制站。

4.5.2 氢管路以外的气体管路穿过船上围蔽处所时，应封闭在管道内。管道应设置每小时换气 30 次的负压式机械通风，并按本篇第 10 章要求设置气体探测。

4.5.3 通风导管的设计压力应满足本节 4.4.2 条的规定。

4.5.4 位于露天甲板的气体管路应防止受到意外的机械损伤。

4.5.5 燃料电池处所以外的高压气体管路，其安装和保护设施应能将管路破裂时对人员的伤害风险降至最低限度。

4.6 氢气管路的附加要求

4.6.1 燃料电池处所应具有良好通风。

4.6.2 氢管路不应穿过船上除燃料电池所在处所以外的其他围蔽处所。除非这些处所本身为能允许氢气泄漏而不致产生火灾或爆炸的气体危险处所。即满足下列所有要求：

- (1) 其内部设备均为防火花，且经核准在氢环境下为本质安全型；
- (2) 这些处所设有机械通风，且应能达到与开敞处所氢管路相同通风效果的要求；
- (3) 该处所应具有简单的几何形状。

4.6.3 氢系统管路安装位置及走向要避开热源以及电器、蓄电池等可能产生电弧的地方。

4.6.4 支撑和固定管路的金属零件不应直接与管路接触，但管路 with 支撑和固定件直接焊和或使用焊料连接的情况例外。

4.6.5 刚性管路应布置合理、排列整齐，不得产生与相邻部件碰撞和摩擦；管路保护垫应能抗震和消除热胀冷缩影响，管路弯曲时，其中心线曲率半径应不小于管路外径的 5 倍。两端固定的管路在中间应有适当的弯曲，支撑点的间隔应不大于 1m。

4.6.6 当船舶发生碰撞、火灾或其他危险时，主燃料阀等相关阀件应立即自动关闭，切断向管路的燃料供应。

第5章 燃料储存

5.1 一般规定

5.1.1 除本章另有规定外，液化天然气燃料罐及其支撑结构应按本社《天然气燃料动力船舶规范》的相关要求或公认标准的相关要求；压缩气体燃料罐及其支撑结构应按本社《天然气燃料动力船舶规范》的相关要求或公认标准的相关要求；其他形式的燃料储存应按公认标准的相关要求。

5.1.2 燃料罐与燃料接触部分的材料应与储存燃料相容。对于氢燃料储存系统，应考虑氢脆现象对使用寿命的影响。

5.1.3 当使用可移式氢气瓶时，应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》对可移式燃料罐的适用要求。

5.1.4 天然气燃料罐压力释放系统的设置应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》的相关要求；甲醇/乙醇燃料舱透气与除气系统的设置应满足本指南第 1 篇中的相关要求。

5.1.5 除非天然气燃料罐的接头位于开敞甲板上，否则应设燃料罐接头处所。燃料罐接头处所应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》对燃料舱接头处所的相关要求。

5.1.6 如液化天然气燃料罐设置在开敞甲板上，应设置集液盘以保护船体结构免受燃料罐接头或其他潜在泄漏源泄漏造成的低温伤害。集液盘的设置以及船体钢结构的防护应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》的相关要求。

5.2 氢气瓶

5.2.1 氢气瓶除满足本节 5.1 的适用要求外，还应符合本条下述要求。

5.2.2 气瓶的材料应满足本篇第 2 章的适用要求。

5.2.3 瓶体结构

(1) 气瓶的设计应符合相应标准的规定。

(2) 气瓶的制造及试验应符合《气瓶安全技术监察规程》及公认标准^④的相关要求。

(3) 高压气瓶瓶体及缠绕气瓶的金属内胆应采用无缝结构，低压气瓶瓶体采用焊接结构或无缝结构。

(4) 无缝气瓶瓶体与不可拆附件的连接不得采用焊接方式。

(5) 无缝气瓶底部结构的型式和尺寸，除应符合相应标准的规定外，还应符合下列要求：

① 凸形底与筒体的连接部位圆滑过渡，其厚度不得小于筒体设计厚度值；

② 凹形底的环壳与筒体间有过渡段，过渡段与筒体的连接圆滑过渡。

5.2.4 气瓶附件

(1) 瓶阀结构和材料应符合《气瓶安全技术监察规程》的相关规定。任何与气体接触的瓶阀材料，应与瓶内所充装的气体具有相容性。

(2) 气瓶应装设安全泄压装置，如可熔塞或安全膜片。安全泄压装置应符合《气瓶安全技术监察规程》的规定；

(3) 气瓶安全泄放装置的泄放量及泄放面积的设计计算应符合相关标准的规定，其额定排量和实际排量均不得小于气瓶的安全泄放量。

(4) 安全泄放装置的气体出口应连至船舶气体燃料透气系统，气体燃料透气系统的出口设置应符合本社《天然气燃料动力船舶规范》的相关要求。

(5) 除上述要求外，气瓶附件还应符合本社《天然气燃料动力船舶规范》的相关要求。

^④ 如 ISO 11120 《气瓶——水容积 150L~3000L 的可重复使用的无缝钢制气瓶的设计、结构和试验》

第6章 燃料加注

6.1 一般要求

6.1.1 本章适用于液化天然气（LNG）、压缩天然气（CNG）及压缩氢气的燃料加注；甲醇/乙醇燃料的加注则应满足本指南第 1 篇的有关要求。

6.2 加注站

6.2.1 加注站应位于露天甲板上，以使其具有足够的自然通风。围蔽或半围蔽加注站应进行风险评估，评估报告应经本社同意。

6.2.2 液化天然气燃料加注接头下方以及可能发生泄漏之处应安装集液盘。集液盘应由耐低温材料制成，并通过管路将泄漏的液化气排至舷外。该管路可为加注操作而临时安装。如发生液化天然气燃料泄漏，周围船体或甲板结构不应遭受无法承受的低温损伤。

6.2.3 在压缩气体加注作业时，如可能有逸出的冷气喷射到周围的船体结构，应考虑采取防护措施防止低温损伤。

6.2.4 在加注操作时，应能从安全位置对其进行控制。在此位置，应能对燃料罐的压力和/或液位进行监测，且能进行高压和/或液位报警和自动切断。

6.3 加注总管

6.3.1 燃料加注总管应设计成能承受燃料加注作业期间的外部载荷。

6.3.2 燃料加注接头应适合燃料加注作业，且能承受设计温度和设计压力。

6.3.3 在进行 LNG 燃料加注作业时，加注站的接头应为干式断开型，并配备附加的安全干式拉断阀/自封式快速释放装置。接头应为标准型。

6.4 加注系统

6.4.1 加注系统的布置应能使加注时不会有气体排放到空气中。

6.4.2 对于 LNG 燃料加注管路，每一加注管路靠近接头处应串联安装 1 个手动操作截止阀和 1 个遥控关闭阀，或安装 1 个手动操作和遥控组合阀。应能在加注操作控制位置和其他安全位置释放遥控阀。

6.4.3 如燃料电池燃料加注管路周围导管内通风停止，则应在加注控制站发出报警。

6.4.4 如在加注管路周围的导管内探测到可燃气体，则应在加注控制站发出听觉和视觉报警。

6.4.5 应设有在加注完成后排空加注管内燃料的措施。

6.4.6 加注管路应布置成可对其进行惰化和除气。加注管路未进行加注作业时应处于除气状态。

6.4.7 如加注管路的布置存在交叉情况，则应设置适当的隔离装置以确保不会有燃料被意外驳运至未用于加注作业的船舶一侧。

第7章 通风

7.1 一般规定

7.1.1 使用天然气和氢气为燃料的船舶通风除应满足本章要求外，还满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 10 章的适用要求。使用甲醇/乙醇为燃料的船舶通风应满足本指南第 1 篇中的有关要求。

7.1.2 燃料电池发电系统设备安装的处所内应设置机械通风系统或其它合适的抽吸式通风设备，处所内应安装燃气探测系统进行监控。空气流通差的区域的通风需要特别注意。为了维持含有法兰、阀件等危险区域的通风，可采用吸气罩或通风导管。

含有氢气释放源的处所按照 7.6.3 进行舱室和通风系统的设计。

7.1.3 气体危险处所的空气进口所在的区域，在没有设置该空气进口时，应是非危险区域。气体安全处所的空气进口应设置在安全区域，距离任一危险区域的边界应至少 1.5m。进气管通过一个更危险的处所时，除其机械完整性和气密性可确保气体不会渗入其内者外，该管道应具有高于所通过处所的压力。

对于以压缩氢气为燃料的船舶，若船长小于 20m，则不必满足本条上述要求，但其通风进气口的布置应满足如下要求：

- (1) 各通风进气口应尽可能的相互远离；
- (2) 尽量减少任何通风排气口排出的危险气体发生再循环的可能性。

7.1.4 燃料电池处所的通风系统不应用于船上其它系统的通风，且应与气体安全处所的通风系统独立。

7.1.5 除非风机电机经核准可用于与所服务处所同样的危险区域，否则其不应位于该危险处所的通风管道内。电机不应位于含有氢燃料设备的处所的通风管道内。

7.1.6 通风系统应能在通风处所以外的位置进行控制。处所的布置应能允许在人员进入和设备运行之前对处所进行通风。处所外应设置警示标志，提醒人员进入前应开启通风系统。抽吸出的空气中是否含有燃气应进行监测。

7.1.7 通风系统的进出口应设置可从处所外操作的挡火闸。通风管的外部开口处应设置单个方形网孔边长不大于 13mm 的防护网。

7.1.8 服务于包含有可燃气体释放源处所的风机，其设计应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》或《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范》关于货物区域的机械通风的要求。服务于包含有可燃气体释放源处所的风机应为合格防爆型。

7.1.9 当通风系统失效时，控制站必须有相应的报警和显示。

7.1.10 气体安全处所的空气出口应位于危险区域外。

7.1.11 围蔽的气体危险处所的空气出口应位于露天区域，此区域在没有设置该空气出口时，其危险性应等同于或小于被通风的处所。

7.1.12 起居处所、服务处所、机器处所和控制室的开口不能朝向燃料处理设备处所开口并应相距 3m 以上。

7.1.13 通风装置的通风能力应根据其服务处所的容积确定。具有较为复杂形状的处所的通风量应适当增加。

7.1.14 通风系统的设计应保证处所内有良好的空气流通，特别应防止处所内气阱的形成。

7.1.15 本章未作规定的处所（如双壁管等）应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第 10 章机械通风的相关适用要求。

7.1.16 处所的危险等级依赖通风系统时：

- (1) 通风系统启动期间和通风系统失效后，该处所内电气设备应根据该处所无通风条件下的危险

等级进行认可，否则此类电气设备通电前应对处所进行除气（至少换气 5 次）。应针对此问题在控制台附近张贴明显的警告标志。

(2) 应对通风系统的运行进行监控。

(3) 通风系统失效时：

- ① 应在有人值班位置发出视觉和听觉报警；
- ② 立刻采取恢复通风的行动。

7.2 气体安全处所

7.2.1 有开口通向危险区域的处所应设置气闸，并保持高于危险区域的正压通风。正压通风应根据下列要求布置：

(1) 正压通风初始期间或失去正压后，任何不适用于失去正压后处所的非合格防爆电气设备在通电之前应先进行下列处理：

- ① 吹扫（至少换气 5 次），或经过测量确定为非危险处所；和
- ② 增大处所压力。

(2) 正压通风系统应加以监测。

(3) 如正压通风系统故障：

- ① 应在通常有人值班的处所内发出视觉和听觉的报警；
- ② 如正压不能立即恢复，则应根据 IEC60092-502 表 5 的要求自动或按预定程序切断电气设备的电源。

7.3 燃料罐处所

7.3.1 布置在甲板下方用于存放燃料罐的燃料罐处所，应设置有效的负压机械通风系统，通风能力应为每小时换气至少 30 次。氢燃料罐处所的换气次数和布置还应满足 7.6 的要求。

7.3.2 燃料罐处所的通风围阱内应安装经认可的故障安全型自动挡火闸。

7.3.3 风机的数量和功率应满足：从主配电板或应急配电板由独立线路供电的一个风机失效，或者从主配电板或应急配电板由公用线路供电的一组风机失效时，通风能力不应下降超过 50%。氢燃料罐处所的风机数量和功率应满足 7.6 的要求。

7.4 泵舱和压缩机舱

7.4.1 若加热器、压缩机、滤器及重整器等用于处理燃料的部件位于围蔽处所或合适的环围内，则这些处所或环围应按照本社《天然气燃料动力船舶规范》第 10 章 10.4.1 对燃料准备间的要求进行通风。

7.5 加注站

7.5.1 加注站位于围蔽处所时，应安装有效的机械通风系统，至少保证每小时 30 次换气的通风能力。换气次数计算应以没有安装通风管路和设备的加注站的体积为参考体积。

7.6 包含有氢燃料管路的处所

7.6.1 包含有氢燃料释放源的处所的通风系统，应能有效避免气体在任何泄漏情况下（包括管路破裂）积聚至可燃极限。该要求同样适用于含有全焊接型氢燃料管的处所。

7.6.2 风机的数量和功率应满足：从主配电板或应急配电板由独立线路供电的一个风机失效，或者从主配电板或应急配电板由公用线路供电的一组风机失效时，仍能保持 100% 的通风能力。

7.6.3 包含有氢燃料管路或释放源的通风管应垂直或平稳的向上布置，避免过小的弯曲半径，防止可燃气体积聚。

7.7 排气系统

7.7.1 重整过程和燃料电池反应中产生的废气应安全地排放至与起居处所、机器处所及服务处所的开口具有足够距离的露天区域。

7.7.2 燃料电池的废气和残余空气不应与通风系统连通，并应通向露天的安全位置。如不能避免易爆气体的出现，废气应从位于 1 类危险区域的通风出口排出。

7.7.3 燃料处理过程中产生废气的排气口应布置在露天甲板以上至少 $B/3$ 或 6m 高处，取其中大者，并且应高于工作区和通道 6m，B 为船舶最大型宽 (m)。排气口的位置应距离气体安全区域通风进/出口、机械装置排气口、起居处所、服务处所和控制站或其它气体安全处所的开口至少 10m。对于内河船舶若实际不可行，经 CCS 认可，可适当放宽此要求。

7.7.4 燃料电池堆释放的废气，其排气口必须位于开敞甲板，3m 范围内不应有点火源和通向起居处所、服务处所，机器处所和控制室及其它含有点火源处所的开口。

7.7.5 燃料电池排气时，不能导致排气管及其出口附近氢气浓度超过 75%LEL。应在距离燃料电池排气总管距离燃料电池最近处的气流中心线上进行氢气浓度测量。

7.7.6 可能排出或泄漏出氢气的出口应远离可能产生火花或高热的器件。

7.7.7 燃料电池发电系统在正常稳定运行条件下排入大气的排放物中，CO 的体积浓度不得超过 300×10^{-6} ，排气样本中的 CO 浓度应经数值计算校正到零过量空气的状态。

7.7.8 排气管道应具有适当的支撑并配备防雨盖或其他不限制或阻碍气体流垂直向上排放的部件。

7.7.9 应配备装置（如排水装置）防止水、冰和其他杂物在排气管内积聚或阻塞排气管道。

7.7.10 燃料电池发电系统的排气系统应密封，不得有泄漏。

第8章 消防

8.1 一般规定

8.1.1 船舶消防除应满足本章的要求外，还应满足《国际航行海船法定检验技术规则》或《国内航行海船法定检验技术规则》或《内河船舶法定检验技术规则》的相关要求。

8.1.2 气体压缩机室应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》或《内河散装运输液化气体船舶构造与设备规范》对货物压缩机舱的防火要求。

8.1.3 燃料电池处所内的灭火系统、以及用于燃料电池及其部件冷却的水雾系统应经本社认可。

8.1.4 使用天然气和氢气为燃料的船舶消防除应满足本章要求外，还满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第8章的适用要求。使用甲醇/乙醇为燃料的船舶消防应满足本指南第1篇中的有关要求。

8.1.5 考虑分隔相邻处所舱壁的耐火完整性时，燃料电池处所应满足A类/重要机器处所的耐火完整性要求。灭火系统应与所使用的燃料电池的特点相适应。

8.1.6 燃料电池处所内的可燃物应尽可能减少。

8.2 防火

8.2.1 除应满足本节要求外，还应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》对燃料舱、加注站及ESD防护型机器处所的防火要求。

8.2.2 任何含有泵、压缩机、热交换器、蒸发器或压力容器等燃料制备设备的处所，应视为A类/重要机器处所。

8.2.3 燃料电池处所应在起居处所、服务处所、机器处所和控制室以外，并与此类处所以隔离舱或A-60级舱壁进行分隔。如果能够以合适的方法对燃料电池进行气密封装，可视为满足了分隔要求，可以安装在机器处所内。

8.2.4 燃料电池处所的限界面包括出入口（如设有）应为钢制气密型。

8.2.5 安装有燃料处理系统的处所应与燃料储存处所以钢质舱壁进行分隔，处所间不允许设有门。

8.3 灭火

8.3.1 灭火系统除应满足本节要求外，还应满足本社《天然气燃料动力船舶规范》第8章第3节的相关要求。

8.3.2 燃料传输管路和设备安装处所及其它包含燃料的设备处所，应安装符合《国际消防系统安全规则》要求的固定式压力水雾灭火系统。

8.3.3 对两舷均设有加注站/加注总管的船舶，固定式干粉灭火系统或大型推车式干粉灭火设备应能覆盖左右两舷的加注站/加注总管区域。

8.4 探火和失火报警系统

8.4.1 设置在甲板下的燃料罐处所和其通风管道、燃料电池处所以及其它可能出现可燃气体的处所，均应安装认可型的固定式探火系统^⑤。

8.4.2 固定式自动探火和失火报警系统中不应仅设置烟雾探测器。

8.4.3 如探火系统不具备远程识别各个探测器的功能时，每个探测器应设置成单独的回路。

8.4.4 探测器应与所使用的气体所产生的火焰相适应。

8.4.5 燃料电池处所和燃料罐处所探测到火灾后，应采取本篇表10.4.1所列出的安全措施，且应自动停止通风并关闭挡火闸。

^⑤探测系统具体型式应根据燃料和可能出现的可燃气体种类来确定。氢燃料系统的火灾探测应特别注意，因为氢燃烧时，无烟、热辐射小、肉眼白天几乎看不见火光，火灾的探测比较困难。

第9章 电气设备

9.1 一般要求

9.1.1 一般不应在危险区域中敷设电缆和安装电气设备。如无法避免，则应符合本章的规定。

9.1.2 在危险区域中安装电气设备，应根据安装位置危险等级的不同，选择与之相适应的型式。本章 9.2 中未作规定的其他区域的危险等级，应按照 IEC60092-502 的要求予以确定。

9.1.3 应根据危险区域可能出现和聚集的易燃易爆气体的种类，确定电气设备的防爆类别和温度组别：

- (1) 天然气，根据其组成成分确定，应不低于 IIA, T2；
- (2) 氢气，应不低于 IIC, T1；
- (3) 甲醇，应不低于 IIA, T2；
- (4) 乙醇，应不低于 IIB, T2；
- (5) 丙烷，应不低于 IIA, T1。

9.1.4 安装在 ESD 防护型机器处所内的电气设备应满足下列要求：

(1) 失火和烃类气体探测器，失火和气体报警器，以及照明装置和风机应为适用于 1 类危险区域的合格防爆型设备；和

(2) 如果在气体燃料发动机机器处所内有 2 个探测器探测到气体浓度超过 40%LEL，则该处所内所有不适用于 1 类危险区域的电气设备（包括气体燃料发动机）都应自动切断。

9.1.5 危险区域的设备应由本社认可的有关权威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。

9.1.6 具有开口通向临近危险区域的处所，可通过采取经认可的标准所要求的措施，如正压保护加上气密门（不带止回装置）、机械通风加上空气闸等组合措施，使之成为较低等级的危险区域或安全区域。

9.1.7 如某处所通过正压方式降低其危险区域的等级，应检查并测试扫气功能的有效性。应在相关文件内注明在最小风量下的扫气时间。正压保护失效所采取的保护措施（如切断电源、声光报警）应予以测试和验证。

9.1.8 如某处所通过机械通风方式降低其危险区域等级，通风流量应予以监测，当通风能力下降时应提供报警。

9.1.9 电缆穿越气体危险区域的甲板或舱壁时，应保持甲板或舱壁原有的密性。

9.1.10 当为船舶加注可燃性气体/液体时，应确保船/岸的接口为电气绝缘方式。该绝缘方式由岸上加注终端提供。

9.2 危险区域划分

9.2.1 为便于选择适当的电气设备和设计合适的电气装置，将危险区域分为 0 区，1 区和 2 区。

9.2.2 通风管道的区域分级应与被通风处所相同。

9.2.3 0 类危险区域

该区域包括但不限于：燃料罐内部，用于燃料罐压力释放或其他透气系统的任何管路，内部含有气体燃料的管路和设备。

9.2.4 1 类危险区域

该区域包括但不限于：

- (1) 燃料罐接头处所和燃料罐处所[®]；
- (2) 按第 7 章要求设置通风的燃料泵和压缩机所在的处所；

[®]C 型燃料罐处所通常不视为 1 类危险区域。

(3) 距离任何燃料罐出口, 气体或蒸气出口, 加注总管阀门, 其他燃料阀, 燃料管法兰, 燃料泵、压缩机和重整装置所在的处所通风出口、1 区通风出口和为让温度变化产生的少量气体或蒸气混合物流动而设置的燃料罐压力释放口 3m 以内的开敞甲板上的区域或甲板上的半围蔽处所;

(4) 距离燃料泵、压缩机和重整装置所在的处所入口和通风进口, 以及通向 1 类危险区域处所的其他开口 1.5m 以内的开敞甲板上的区域或甲板上的半围蔽处所;

(5) 开敞甲板上的包括加注总管阀门的集液盘以内及挡板向外延伸 3m、并不高于集液盘底部以上 2.4m 的处所;

(6) 燃料管路所在的围蔽和半围蔽处所, 例如燃料管路周围的双壁管、半围蔽的燃料加注站;

(7) 在正常运行情况下 ESD 防护型机器处所视为非危险区域, 但当探测到气体泄漏后仍需要继续工作的电气设备应为适用于 1 类危险区域的合格设备;

(8) 在正常运行情况下被气闸所保护的处所视为非危险区域, 但当被保护处所与危险区域之间的压差失效时仍需要继续工作的电气设备应为适用于 1 类危险区域的合格设备; 和

(9) 除 C 型燃料罐外, 燃料围护系统外表面位于露天时, 距离其外表面 2.4m 的区域。

9.2.5 2 类危险区域

该区域包括但不限于:

(1) 距离 1 类危险区域的开敞或半围蔽处所 1.5m 的区域;

(2) 含有通向燃料罐接头处所的螺栓舱盖的处所。

9.3 燃料电池

9.3.1 燃料电池中电气设备如处于容易接触燃料的位置, 应具有相应防爆等级。

9.3.2 碱性燃料电池 (AFC 型燃料电池) 应使用纯氢作为燃料气, 并配备二氧化碳净化设备或等效设备, 以去除燃料气和氧气中的二氧化碳, 二氧化碳的含量不应高于燃料电池制造商规定的数值。

9.3.3 应设置必要的吹扫系统, 使燃料电池发电系统在关闭后或启动前处于钝态。

9.3.4 可能产生火花或高热的电气设备应远离可能排除或泄漏出氢气的出口。

9.3.5 燃料电池外壳的设计应能安全容纳任何可以预知的易燃液体的泄漏。其容纳量应不小于可能泄漏液体最大体积的 110%。

9.4 燃料电池发电系统

9.4.1 燃料电池发电系统工作的环境条件应符合相关规范和法规的有关要求。

9.4.2 燃料电池发电系统向负载提供的电能, 除满足本篇相关要求之外, 在电压和频率偏差、谐波成分的要求应满足相关规范和法规中对电源质量的规定。

9.4.3 燃料电池发电系统应设计为, 当发生单一故障时不会导致危险情况的发生。

9.4.4 燃料电池发电系统各部件应设计为能在控制系统的干预下自动工作, 并应设置符合第 10 章要求的安全和控制所需的指示和控制设备。

9.4.5 燃料电池输出回路应设置断开装置以便于维修, 如隔离开关。不应使用接触器作为断开装置。

9.4.6 燃料电池发电系统内部各组件及整体, 均应防止出现过功率, 应确保在任何可能出现的负荷条件下均能切断燃料电池与负载的连接。

9.4.7 应对燃料电池模块提供逆功率保护, 以防止能量由负载侧反向流入燃料电池模块。如燃料电池模块连接到 1 个变换器, 逆功率保护可由此变换器提供, 变换器可配备制动电阻或类似功能的组件实现此功能。

9.4.8 FC-FULL 附加标志的特殊要求

(1) 授予 FC-FULL 附加标志的船舶, 燃料电池发电系统应具有和电力推进装置相同的安全性、可靠性和独立性。

(2) 为降低风险而采取的措施不应降低船舶航行所要求的发电能力和推进能力。

(3) 燃料电池发电系统活动部件^⑦的单一故障不应导致推进失效和重要设备失电。

(4) 应具有 2 套及以上的固定式燃料发电系统，当其中一套发电系统因故障停止供电时，不应导致船舶失去最低推进能力（对于海船，最低航速不小于 7kn 或设计航速的一半，两者中取大者）。船舶安全航行和最低舒适生活条件也应得到保证。

(5) 应在驾驶室或燃料电池发电系统控制室监测其可用性或寿命。

(6) 应设置两个及以上的燃料储存舱（罐），储存舱（罐）应布置在不同的舱室。采用 C 型压力容器，并设有两个完全独立的燃料储存罐连接处时，则可仅设置一个压力容器。

(7) 失电后恢复供电或瘫船起动满足相关要求的证明文件应经本社认可。

(8) 如使用重整器或其他处理装置对燃料进行处理，应设置额外加热装置或电源提供初次启动所需热源，AFC 型燃料电池装置除外。

(9) 燃料电池发电系统连同必要的重整装置的起动时间，应在合理的时间范围内。

(10) 宜设置储能系统改善燃料电池的输出特性。当采用蓄电池作为储能系统时，应能监测蓄电池的荷电状态，避免蓄电池过充电或过放电。

(11) 应根据供应商提供的功率衰减率曲线或类似资料，计算折减船舶报废年限以内的可能出现的功率后，其发电功率应能满足全船负荷的实际需求。

9.4.9 FC-POWER1 附加标志的特殊要求

(1) 授予 FC-POWER 1 附加标志的船舶，燃料电池发电系统应具有和柴油发电机组相同的安全性、可靠性和独立性。

(2) 为降低风险而采取的措施不应降低所要求的发电能力。

(3) 燃料电池发电系统活动部件的单一故障不应导致重要设备失电。

(4) 燃料泄漏导致切断燃料供应时，不应导致推进失效和重要设备失电，可以通过燃料电池处所的布置或及时投入其他主电源等方式予以实现。

(5) 对于海船，当燃料电池发电系统因故障停止供电时，备用柴油发电机组应在 45s 内自动起动并连接至主配电板。由燃料电池供电的所有重要设备应能自动切换至由船舶主电源供电。对于内河船，宜尽可能实现这些要求。

(6) 应在驾驶室或燃料电池发电系统控制室监测其可用性或寿命。

(7) 如果失电后恢复供电或瘫船起动所需动力由燃料电池提供，则满足相关要求的证明文件应经本社认可。

(8) 非并网型燃料电池发电系统独立使用时，还应满足 9.4.8 **错误!未找到引用源。**-**错误!未找到引用源。**的要求。

(9) 并网型燃料电池发电系统投入电网使用，应在至少有一台发电机在网运行的情况下进行；最后一台发电机从电网切除之前，应先将燃料电池发电系统从电网切除并停机。

(10) 并网型燃料电池发电系统所使用的并网逆变器应具备反孤岛监测的能力，但如其可以实现独立发电与并网发电切换，则可不必要停止供电，且切换过程不应使得供电电压相位与幅值发生突变超过相关规范和法规中对电源质量瞬态波动的规定。

9.4.10 FC-POWER2 附加标志的特殊要求

(1) 当燃料电池发电系统失效时，由其供电的设备应能自动或手动切换至由船舶其他主电源供电。

^⑦活动部件是指用于能源传输的机械部件，例如泵、风机、电动机、发电机、内燃机和涡轮机。燃料电池、热交换器、锅炉、变压器、开关设备和电缆不视为活动部件。

第10章 控制、监测和安全系统

10.1 一般要求

10.1.1 应设置合适的仪表设备，能够就地或远程对重要参数进行读数，以确保对整个气体燃料设备，包括加注的安全管理。

10.1.2 固定式燃料电池发电系统部件的单一故障应不会导致系统、船舶和乘员的危险，行使安全关闭功能的系统应独立于控制系统和报警系统。

10.1.3 应设有就地读数的总管压力指示器，以指示船舶加注总管截止阀和软管通岸接头之间的压力。

10.1.4 每个燃料泵或压缩机排放管路上和每个液体和蒸气燃料总管上，应至少各安装 1 个就地显示的压力表。

10.1.5 LNG 燃料罐处所污水阱应设有温度和液位的传感器。当液位高时发出报警，并在温度低时自动切断燃料罐主阀。

10.1.6 燃料电池及其燃料供应，应在下述位置（如适用）布置能进行手动遥控紧急切断的装置：

- (1) 驾驶室；
- (2) 机舱集控室；和
- (3) 消防控制站。

10.2 监控

10.2.1 燃料罐的监控

(1) 每一燃料罐应在就地设置压力表，压力表上应清晰标明燃料罐允许的最高和最低压力，在遥控位置（如驾驶室、机舱控制室等）应设置压力显示。此外，应在有人值班处所设置高压和低压报警，并在达到设定压力之前发出报警。

(2) 天然气燃料罐应符合本社《天然气燃料动力船舶规范》的适用要求。

(3) 储氢压力容器的监控：

- ① 储氢压力容器应设有反映罐内温度的传感器；
- ② 储氢压力容器应设有压力监测，当容器内部压力低于要求的压力时，应及时切断燃料的输出。

(4) 甲醇/乙醇燃料罐的监控要求应符合本指南第 1 篇的有关要求。

10.2.2 燃料供应系统的监控

(1) 燃料供应系统应设有过压保护装置，在压力过高时发出声光报警。

(2) 应监测燃料气体纯度，当超出了限定值时应发出声光报警。

(3) 燃料供应系统相关设备应能监控以下项目，并在超出限定值时发出听觉和视觉报警：

- ① 燃料热交换器出口高温；
- ② 燃料压缩机出口高温；
- ③ 燃料压缩机进口低压；
- ④ 燃料压缩机出口高压和低压；
- ⑤ 压缩机滑油低压和高温；
- ⑥ 燃料总阀非正常关闭。

(4) 甲醇/乙醇或天然气燃料供应系统的主要设备，如压缩机、热交换器等，其监控要求还应符合本指南第 1 篇或本社《天然气燃料动力船舶规范》的有关要求。

10.2.3 重整装置的监控

(1) 应对重整装置的内部工作状态进行监控，如温度、压力等。

10.2.4 燃料电池的监控

(1) 燃料电池应进行必要的监测，以避免其安全性受到损失或降低。申请 FC-FULL 和 FC-POWER1 附加标志船舶的燃料电池装置还应监测影响其可用性和寿命的项目。并同整个装置的冗余性一并进行考虑。

(2) 应对燃料电池所有可能出现的影响操作和安全的故障进行故障模式及影响分析 (FMEA)，并基于分析的结果确定监测和控制的范围，应至少包括以下内容。

- ① 燃料电池电压；
- ② 燃料电池电压波动；
- ③ 排气温度；
- ④ 燃料电池内部温度, 当工作温度达到燃料自燃 80% 时能断开/降低负载或采取降温措施；
- ⑤ 燃料气体的纯度 (如需要)；
- ⑥ 输出电流；
- ⑦ 控制系统故障。

应根据燃料电池的类型、工作模式和工作特点，考虑增加以下的监控内容：

- ① 空气流量；
- ② 空气压力；
- ③ 冷却介质流量、压力和温度 (如适用)；
- ④ 燃料流量；
- ⑤ 燃料温度；
- ⑥ 燃料压力；
- ⑦ 排气的气体探测；
- ⑧ 水系统的液位；
- ⑨ 水系统压力；
- ⑩ 水系统的纯净度；
- ⑪ 影响和反映燃料电池寿命或衰减所必须监测的参数。

(3) 燃料电池内部如存在化学反应，如内部重整系统，应对温度、压力和电压等进行监测。

(4) 应根据燃料电池的工作过程确定内部各参数的限值，如温度、压力、电压等。当各参数实际值超过限值时，应触发安全系统以实现燃料电池发电系统的保护。

10.3 气体探测及火灾探测

10.3.1 气体探测系统及火灾探测系统除满足本节要求外，使用天然气和氢气为燃料的船舶，还应符合本社《天然气燃料动力船舶规范》的有关要求，使用甲醇/乙醇为燃料的船舶，还应符合本指南第 1 篇的有关要求。

10.3.2 应在驾驶室和/或燃料电池发电系统控制室安装气体探测的听觉和视觉报警。可燃气体浓度达到 20%LEL，应发出报警。含有气体燃料管路的通风管内，可将报警极限设定在 30%LEL。不同类型的可燃气体具有不同的 LEL 值，如在空气中的 LEL，氢为 4%，甲烷为 5.3%，丙烷为 1.7%。

10.3.3 燃料电池处所和燃料电池内部，以及直接使用氢气作为船用燃料进行储存时，燃料罐处所，燃料管环围的导管和其他包含燃料管系或其他燃料设备的围闭处所均应设置氢气泄漏探测器。

10.3.4 氢气泄漏探测器宜安装在舱室的最高处且气体容易积聚的位置。

10.3.5 燃料电池舱或燃料电池内部发生氢气泄漏时，燃料供应系统应能及时关闭氢气总开关。

10.3.6 可燃气体探测应连续进行。

10.3.7 除固定式可燃气体探测系统之外，船舶上还应配备 2 套便携式气体探测设备。

10.4 供气系统的安全功能

10.4.1 天然气及氢气燃料的供气系统的安全功能应按照表 10.4.1 进行设置。

表 10.4.1 供气系统的安全功能

参数	报警	燃料罐主阀 自动关闭	电池舱燃料 供应自动关闭	注释
燃料罐处所内气体浓度高于20% LEL	X			
燃料罐处所内第2个探测器检测到的气体浓度高于20% LEL	X	X		
燃料罐处所内火灾	X	X		
燃料罐处所内污水阱高液位	X			
燃料罐处所内污水阱低温	X	X		
燃料罐和燃料电池处所之间燃料管导管内气体浓度高于20% LEL	X			
第2个探测器检测到的燃料罐和燃料电池处所之间燃料管导管内气体浓度高于20%LEL或单个探测器浓度高于	X	X ¹⁾		
压缩机、气化器所在处所气体浓度高于20% LEL	X			
压缩机、气化器所在处所内第2个探测器检测到的气体浓度高于20% LEL或单个探测器浓度高于40%	X	X ¹⁾		
燃料电池处所内燃料导管内气体浓度高于30% LEL	X			若燃料电池处所内安装双壁管
燃料电池处所内燃料导管内气体浓度高于60% LEL	X		X	若燃料电池处所内安装双壁管
燃料电池处所内气体浓度高于20% LEL	X			若所有燃料管全部采用双壁管，则不需要气体监测。
燃料电池处所内第2个探测器检测到的气体浓度高于20% LEL或单个探测器浓度高于40%	X		X	若所有燃料管全部采用双壁管，则不需要气体监测。也不需要切断非防爆电气设备。
燃料罐处所和燃料电池处所之间的导管内通风失效 ³⁾	X		X ⁴⁾	
燃料电池处所内燃料管导管内通风失效 ³⁾	X		X ⁴⁾	如燃料电池处所内安装双壁管

燃料电池处所内部分通风失效	X			不适用全部采用了双壁管的燃料电池燃料管路
燃料电池处所内全部通风失效	X		X	不适用全部采用了双壁管的燃料电池燃料管路
燃料电池处所探测到火灾	X		X	同时停止燃料电池处所通风
阀门控制工作介质失效	X		X ²⁾	须延时
燃料电池自动停止工作	X		X ²⁾	
燃料电池紧急停止工作	X		X	

注：表中“X”表示适用。

1) 如果燃料罐向 1 台以上燃料电池供应燃料，并且不同的供应管路完全独立并安装在独立的管道内、主阀安装在管道外部，当探测有气体存在时，仅供气管路上通往管道处的主阀应关闭。

2) 仅气体互锁阀关闭。

3) 如果管道由惰性气体进行保护，则惰性气体失压将同样引起表中规定的动作。

4) 该参数不必引起燃料供应自动停止，可手动选择。仅当燃料泄漏进导管，且导管通风失效时，才需要停止燃料供应。

第11章 检验与试验

11.1 一般规定

11.1.1 安装上船的燃料电池发电系统应具备制造厂的合格证明和 CCS 签发的产品证书。在固定式燃料电池发电系统试验期间和在制造过程中（如必要时）应由 CCS 验船师进行现场见证。

11.1.2 对于同一制造厂生产的发电系统，采用相同的系统设计且功率相近时，经 CCS 同意，可免除环境条件试验项目。

11.1.3 燃料电池发电系统的调试、试验和维护应满足安全性、可用性和可靠性。

11.1.4 考虑到燃料电池发电系统的特性，CCS 保留增加试验项目的权利。

11.1.5 试验和试航大纲应提交 CCS 批准。根据燃料电池发电系统的特性，CCS 可以提出本章规定之外的试验要求。

11.2 燃料电池发电系统产品检验

11.2.1 在上船安装之前，制造商应将下列图纸资料提交批准：

(1) 外型及安装图；

(2) 产品技术条件（包括系统流程图）；

(3) 电气原理图；

(4) 试验大纲；

(5) 对完成控制、监测和安全功能的计算机系统，应按照《钢质海船入级规范》第 7 篇和《钢质内河船舶建造规范》第 4 篇的要求提交图纸资料。

11.2.2 制造商应将下列图纸资料提交备查：

(1) 外部接线图；

(2) 外部管路连接图；

(3) 操作使用说明书。

11.2.3 制造商应向用户提供用户手册，指明燃料电池特定的操作和安全特征。手册中至少包括以下内容：

(1) 燃料电池安全操作程序，包括启动前应确认的内外部状态；

(2) 燃料电池发电系统指示异常和危险状态时应采取的行动；

(3) 燃料电池内关系到电池堆等重要部件的定期和常规维护保养的说明，应符合 IEC62282-3-100 第 7.4.4 的相关要求。

11.2.4 燃料电池发电系统应按照 CCS《电气电子产品型式认可试验指南（GD22-2015）》的要求进行环境适应性试验，应至少进行如下试验项目：外观检查、绝缘电阻测量、能源波动试验、能源故障试验、倾斜和摇摆试验、振动试验、高温试验、低温试验、交变湿热试验、耐电压试验、外壳防护试验、滞燃试验、电磁兼容性试验。

11.2.5 若燃料电池发电系统安装在受控环境内，可根据受控环境温度进行该项试验，并在证书中予以注明。

11.2.6 燃料电池应按照本社接受的标准[®]进行制造和试验，至少应进行如下试验项目：气体泄漏试验、气体强度试验、电气过载试验、排气温度试验、表面和部件的温度试验。

11.2.7 燃料电池应进行启动和关闭试验，并应尽可能的验证全部可以参与试验的控制系统与保护部件的功能（IEC62282-3-100 第 4.9.2.3 的要求）。

11.2.8 燃料电池发电系统应进行性能试验以验证铭牌和技术说明书标示的数值，至少应在额定功率下列性能试验项目，试验方法参照 IEC62282-3-200 出版物《燃料电池技术第 3-200 部分固定式

[®]IEC62282-3-100 出版物《燃料电池技术第 3-100 部分固定式燃料电池发电系统—安全》

燃料电池发电系统——性能试验方法》:

- (1) 电功率测量;
- (2) 输入燃料消耗量测量;
- (3) 废气排放测量 (氢气侧);
- (4) 空气消耗量测量;
- (5) 尾气排放测量 (空气侧);
- (6) 排放水量测量;
- (7) 噪声等级测量;
- (8) 总能量效率测量;
- (9) 输出功率响应时间测量;
- (10) 燃料波动试验。

11.3 建造中检验

11.3.1 燃料电池上船安装后, 应对整个系统不同负荷状态 (例如启动、正常运行、满负荷和受控关闭) 进行试验, 并至少应验证, 在发生如下故障时, 系统能自动进入到安全状态:

- (1) 火灾探测报警;
- (2) 气体探测报警;
- (3) 电源故障;
- (4) 可编程控器故障 (PLCS);
- (5) 保护装置触发;
- (6) 保护装置故障;
- (7) 保护系统故障。

应基于 FMEA 的分析进行进一步测试。

11.3.2 检查气体危险区域、围蔽气体储存处所、泵舱和压缩机舱、燃料电池处所、气体燃料充装站、可燃气体管路和双层管的机械通风装置, 并确认其操作合格。

11.3.3 检查燃料储罐区域的水喷雾系统, 并确认其操作方式已清楚地标明。

11.3.4 检查用于气体燃料加注站的化学干粉灭火系统, 并确认其操作方式已清楚地标明。

11.3.5 检查冷却水管路, 空气管路, 燃料输送管路的标识是否正确; 检查各电压等级的电缆线标识是否正确。

11.3.6 检查燃料电池发电系统与船舶主电网连接的断路器的联锁装置 (若设有) 的有效性。

11.3.7 对于 FC-FULL 和 FC-POWER1 附加标识, 燃料电池发电系统与船舶的其他系统的相互影响试验:

- (1) 燃料电池发电系统独立供电;
- (2) 燃料电池与常规的船用发电机共同供电;
- (3) 燃料电池与其他电池共同供电;
- (4) 应急电源的转换;
- (5) 燃料电池的联机与脱排转换;
- (6) 负荷突变和切断负荷。

如果燃料电池承担船舶的主推进系统的供电, 则应证明在任何操作工况下, 船舶有足够的推进功率。

11.4 建造后检验

11.4.1 年度检验及中间检验时应进行以下的核查:

- (1) 检查所有可燃气体探测器的有效性;
- (2) 模拟危险情况下安全关闭的各项功能;

(3) 确认燃料电池发电系统状态良好，并进行运行检查。

11.4.2 换证检验除进行 11.4.1 的核查外，还应核查燃料电池发电系统的维护记录，确认按照 11.2.3 中供应商的要求进行了所有定期和常规的维护保养。

中 国 船 级 社

船舶应用替代燃料指南

2017

第 3 篇 生物柴油

目 录

第 1 章 通则	3-1
1.1 适用范围	3-1
1.2 定义与要求	3-1
1.3 目标及功能性要求	3-1
1.4 附加标志	3-1
1.5 图纸和资料	3-2
1.6 检验.....	3-2
第 2 章 材料	3-4
2.1 一般要求	3-4
第 3 章 燃料储存	3-5
3.1 一般要求	3-5
第 4 章 燃料供应和加注	3-6
4.1 燃料供应	3-6
4.2 燃料加注	3-6
第 5 章 发动机	3-7
5.1 一般要求	3-7

第1章 通则

1.1 适用范围

1.1.1 《船舶应用生物柴油燃料指南》(以下简称本篇)适用于 20m 及以上的以生物柴油或生物柴油与常规燃油混合物为燃料的钢质船舶。

1.1.2 以生物柴油或生物柴油与常规燃油混合物的船舶,除满足本篇外,还应满足本社《钢质海船入级规范》或《国内航行海船建造规范》或《钢质内河船舶建造规范》(以下均简称相关规范)的相关要求。此类船舶尚应满足船旗国主管机关的有关要求(如有时)。

1.2 定义与要求

1.2.1 定义

除另有规定外,本篇定义如下:

(1)生物柴油:系指由动植物油脂或废弃油脂与醇(例如甲醇或乙醇)反应制得的脂肪酸单烷基酯,最典型的为脂肪酸甲酯(FAME),一般以 BD100 表示。

(2)生物柴油与常规燃油混合物:系指以一定比例 XX%(体积百分比)的生物柴油(BD100)与(100-XX)%的常规船舶燃油进行调和的混合燃料,一般以 BDXX 表示。

(3)燃料:系指生物柴油或生物柴油与常规燃油混合物。

1.2.2 要求

(1)船舶采用的生物柴油燃料应满足相关公认标准^①的要求。

1.3 目标及功能性要求

1.3.1 本篇的目的是为船舶上使用生物柴油或生物柴油与常规燃油混合物为燃料的推进机械、辅助发电装置和/或其他机械装置的布置、建造和安装提供标准。

1.3.2 船舶应满足如下功能性要求:

(1)动力系统在安全和可靠性方面应不低于常规燃油动力系统;

(2)生物柴油燃料相关危险所发生的概率和影响应能通过布置和系统设计将其限制在最低水平;

(3)系统部件应予以保护,防止外部损坏;

(4)应布置安全、适当的生物柴油燃料储存和加注装置,其能够接收和容纳所要求状态下的燃料而不会造成燃料失效;

(5)应设置经适当设计、制造和安装的管路系统、围护装置;

(6)机器、系统和部件的设计、制造、安装、操作和维护应确保其安全和可靠地运行。

(7)燃料系统和生物柴油燃料机器的调试、试验和维护应满足安全性、可用性和可靠性的目标要求。

(8)某个系统或部件的单一故障不应导致不安全或不可靠的状况。

1.4 附加标志

1.4.1 凡符合本篇要求入级的生物柴油燃料动力船舶,可在本社规定的入级符号后加注如下附加标志:

生物柴油或生物柴油与常规燃油混合物为燃料: Biodiesel Fuel

1.5 图纸和资料

1.5.1 除按本社相关规范的要求提交图纸资料外,使用生物柴油的船舶还应将下述图纸资料提交本社批准。

^①关于生物柴油的国际标准、国家标准及行业标准。如 DIN EN 14214Automotive fuels-Fatty acid methyl esters(FAME) for diesel engines-Requirement and test methods; GBT 20828 《柴油机燃料调合用生物柴油(BD100)》等。

- (1) 燃料舱/燃料柜布置图。
- (2) 燃料舱惰化系统布置图（如设有）。
- (3) 燃料加注系统布置图（含加注接头）。
- (4) 燃料管系的详细图纸或说明。
- (5) 燃料管路系统中法兰、阀和其他装置的图纸和说明。
- (6) 燃料管路材料、焊接、焊后热处理和无损检测试验技术文件。
- (7) 包括阀件、附件以及燃料操作相关设备在内所有管系的功能试验大纲。
- (8) 与燃料系统有关的加热系统（如设有）。
- (9) 在燃料加注之前燃料加注管路清扫措施的技术文件。
- (10) 与燃料有关的系泊与航行试验程序，如所有燃料管系及其阀件、附件和相关设备的功能性试验等。

1.5.2 应将下列图纸资料提交备查：

- (1) 发动机使用生物柴油的操作程序及维修手册；
- (2) 燃料供应系统操作手册；
- (3) 燃料舱安全操作程序。

1.6 检验

1.6.1 一般要求

(1) 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船舶图纸、资料、证书、记录和报告等的保存，对于海船应按本社《钢质海船入级规范》或《国内航行海船入级规则》的有关规定执行；对于内河船舶，应按本社《内河船舶入级规则》的有关规定执行。

1.6.2 建造中检验

除应按本社相关规范的适用要求进行检验外，尚应对下列项目进行检验：

- (1) 生物柴油发动机的安装和试验；
- (2) 燃料舱的安装和试验；
- (3) 燃料加注系统的安装和试验；
- (4) 燃料供应系统的安装和试验；
- (5) 核查燃料供应系统操作手册。

1.6.3 建造后检验

(1) 年度检验和中间检验：除应按本社相关规范的适用要求进行检验外，尚应对下列项目进行检验：

- ① 检查燃料舱铭牌是否清晰、牢固可靠，内容是否齐全，材料是否符合要求；
- ② 检查燃料舱外壳是否有剥蚀、腐蚀，或刮伤、凹陷、变形、焊缝缺陷等现象；
- ③ 检查燃料透气管路系统，包括透气管桅和防护网；
- ④ 确认燃料舱安全操作程序保存在船上；
- ⑤ 核查生物柴油发动机操作程序及维修手册。

(2) 特别检验：除应满足本社相关规范适用要求和本章 1.6.3(1) 的要求外，尚应包括：

- ① 对燃料管系上的滤器进行拆检和效用试验；
- ② 对惰性气体发生器进行检查，以确认其所产生的惰性气体是在技术规格范围内且该设备运行正常（如设有）；
- ③ 对惰性气体的分配阀和管路等作总体检查，对贮存惰性气体的压力容器应作内外部检查，对系固装置应作特别检查，应查明压力释放阀是否处于良好工作状态（如设有）；
- ④ 对生物柴油发动机除按本社规范有关柴油机的特别检验项目进行外，尚应进行

如下检查：对喷油器和燃烧室作总体检验；对滑油系统的油路通畅和润滑效果应予以核查；生物柴油发动机在工作状态下进行操纵试验。

第2章 材料

2.1 一般要求

2.1.1 燃料舱和燃料柜的材质或防护材料的材质应与燃料特性相适应。

2.1.2 应考虑生物柴油对塑胶件的腐蚀作用，燃料管路法兰接头和燃料舱柜人孔门的密封圈、垫片等不可采用丁腈橡胶、聚乙烯、聚丙烯、乙烯聚合物等材料，可用氟化聚乙烯、氟化聚丙烯和特氟龙等材料替代。

2.1.3 燃料管路上的装置及附件（如衬里、焊料、螺栓等）应避免采用铜、锌、铅材料。

第3章 燃料储存

3.1 一般要求

3.1.1 如燃料使用前需要加热，加热温度一般不可超过生物柴油氧化反应温度。

3.1.2 为防止生物柴油接触空气而发生氧化反应，生物柴油存储时应按燃料供应商的要求采取相应措施，如采取控制式透气或其它合适方式对空气进行必要隔绝。

3.1.3 燃料舱和燃料柜应采取措施防止水份进入。

3.1.4 燃料舱和燃料柜应避免光线直接照射。

3.1.5 应采取措施防止生物柴油中微生物大量滋生，如定期喷洒灭菌剂等。

第4章 燃料供应和加注

4.1 燃料供应

4.1.1 低温条件下使用时应采用燃料预热装置进行加热。

4.1.2 燃烧生物柴油的柴油机燃烧系统，应有能立即换用船用常规燃油的切换设施。

4.1.3 燃料输送和供应管路上的滤器应满足过滤生物柴油特有杂质的要求，并能够方便频繁清洗。

4.2 燃料加注

4.2.1 燃料加注操作前应确保加注管路中不得残留水和油类（石化柴油除外），可在加注前使用石化柴油进行冲洗。

4.2.2 燃料加注操作过程中应避免与空气长间接触。

第5章 发动机

5.1 一般要求

5.1.1 发动机应能使用热值和粘度值处于一定范围内的生物柴油，发动机制造厂应指明其适应的生物柴油热值和粘度值波动范围。

5.1.2 发动机的型式试验、工厂试验及船上试验应符合本社《钢质海船入级规范》第3篇第9章相关规定，进行试验时应采用工作时最高混合比例的生物柴油。

5.1.3 发动机应采取相应措施以避免生物柴油的氧化产物对滑油系统进行污染而导致其油路阻塞。

5.1.4 采用高比例生物柴油或纯生物柴油的船舶发动机应采取适当措施解决喷油器和燃烧室等积碳严重问题。

5.1.5 发动机中与生物柴油直接接触的部件及密封件的材质应与燃料特性相适应。