



指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD04-2011

中国船级社

气体燃料动力船检验指南

2011

人民交通出版社

目 录

第1章 通则	1
1.1 适用范围.....	1
1.2 附加标志.....	1
1.3 定义.....	1
1.4 等效.....	2
1.5 图纸和资料.....	3
1.6 检验.....	5
第2章 船舶布置和系统设计	8
2.1 材料的要求.....	8
2.2 处所位置和分隔.....	8
2.3 进口和其他通道的布置.....	8
2.4 气体燃料管系的设计.....	9
2.5 系统布置.....	11
2.6 机器处所内的气体燃料供给.....	13
2.7 气体燃料的储存.....	14
2.8 机器处所外气体燃料充装系统和供气系统.....	15
2.9 通风系统.....	16
第3章 消防	19
3.1 一般规定.....	19
3.2 防火.....	19
3.3 灭火.....	19
3.4 探火和失火报警系统.....	20
第4章 电气系统	21
4.1 一般规定.....	21
4.2 危险区域划分.....	21
第5章 控制、监测和安全系统	23
5.1 一般规定.....	23

5.2 监控	23
5.3 气体探测	23
5.4 气体燃料供应系统的安全功能	24
第 6 章 气体燃料发动机	27
6.1 一般规定	27
6.2 双燃料发动机的功能要求	27
6.3 单一气体燃料发动机的功能要求	28
第 7 章 操作和培训要求	29
7.1 一般规定	29
7.2 与气体燃料相关的培训	29
7.3 维护	29
7.4 安全操作手册	30

第1章 通则

1.1 适用范围

1.1.1 《气体燃料动力船检验指南》(以下简称本指南)适用于20m及以上的以液化石油气、液化天然气和压缩天然气为燃料的国内航行的钢质船舶。

1.1.2 本指南不适用于客船。

1.1.3 船舶动力装置可使用单一气体燃料或双燃料(气体和燃油),气体燃料可以以气态或液态形式储存。

1.1.4 以气体燃料为动力的船舶除满足本指南要求外,尚应满足国内相关法规和规范的要求。

1.2 附加标志

凡符合本指南要求入级的气体燃料动力船,可在本社规定的入级符号后加注如下附加标志:

液化石油气为燃料: LPG Fuel System。

压缩天然气为燃料: CNG Fuel System。

液化天然气为燃料: LNG Fuel System。

双燃料系统: Dual Fuel System。

1.3 定义

除另有规定外,本指南定义如下:

(1) 液化石油气(LPG):系指在石油提炼过程中产生的,常温和常压下呈气态,通过增压和降温可使之保持液态的轻质碳氢化合物的混合物,其基本成分为丙烷、丙烯、丁烷、丁烯等。

(2) 天然气:系指从油气田产生的可燃气体,常温常压下呈气态,主要成分为甲烷和少量的乙烷、丙烷、丁烷等。

(3) 压缩天然气(CNG):通常通过高压压缩储存在气罐中的天然气。

(4) 液化天然气(LNG):天然气经压缩、冷却,液化而成,其以液态形式储存在特定容器中。

(5) 危险性:在本指南中包括火灾、爆炸、低温和压力。

(6) 储气罐:系指船上用于储存气体燃料(包括液化气体燃料)的压力容器;储气罐可分为固定式和可移动式两种。

(7) 气罐处所:系指船上用于存放储气罐的固定处所。

(8) 围蔽处所:系指在没有机械通风的情况下,通风受到限制且任何爆炸性环境不能被

自然驱散的处所^①。

(9) 半围蔽处所：系指受甲板和/或舱壁限制以致其自然通风条件与开敞甲板上的处所有显著差异的处所^①。

(10) 开敞处所：系指通过自然通风，可燃气体能迅速扩散的处所。

(11) 起居处所：系指用作公共处所、居住舱室、办公室、医务室、走廊、厕所、浴室及类似处所。

(12) LEL：系指可能引起爆炸的最低可燃气体浓度极限点。

(13) 气体危险区域：系指爆炸性气体环境存在或可能出现的数量足以需要对机械和电气设备在结构、安装和适用上采用特别防护的区域。

危险区域分为 0 类区、1 类区和 2 类区

0 类区：系指持续存在或长时间存在爆炸性气体环境的区域；

1 类区：系指在正常操作情况下可能出现爆炸性气体环境的区域；

2 类区：系指在正常操作情况下不大可能出现爆炸性气体环境的区域，即使出现，也可能仅偶然发生并且存在时间短。

(14) 气体安全区域：系指气体危险区域以外的区域。

(15) 高压管：系指最高工作压力高于1MPa的管系。

(16) 互锁气体阀：系指安装在每台发动机气体燃料供应管路上的1套自动阀（3只），其中2只串接在通向发动机的气体燃料管路上，第3只安装在处于2只串接阀之间的气体燃料透气管上，该透气管应通向露天的安全位置。

(17) 双燃料发动机：系指既可以以气体为燃料，又可以燃烧燃油或者同时燃烧燃油和气体燃料的内燃机。

(18) 单一气体燃料发动机：系指只能依靠气体燃料运转且不能转换到燃油运转的发动机。

(19) 主气体燃料阀：是一个位于每台发动机气体供应线上的自动阀，它位于机舱外面，且尽可能靠近气体燃料加热器（如设有）。

(20) 释放源：系指可燃气体、蒸气或液体可能释放出能形成爆炸性气体环境的部位或地点。如气体燃料系统内的任何阀件、可拆卸式管接头、管垫圈、压缩机或泵密封装置等。

1.4 等效

对本指南要求船上应装设或配备的特定的附件、材料、仪器、设备的部件或其型号，或应采取的任何特别措施，或应符合的任何程序或布置，本社可允许在该船上装设或配备任何的附件、材料、仪器、设备的部件或其型号，或采取任何其他措施，或符合任何其他的程序或布置，但须通过试验或其他方法，确认其至少与本指南要求者具有同等效能。但不能允许用操作方法或程序替代本指南规定的特定的附件、材料、仪器、设备的部件或其型号。

^① 参见 IEC60092—502：1999 中的定义。

1.5 图纸和资料

气体燃料动力船除按本社规范和法规的相关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) 显示下列处所位置的布置图

- 机器处所和锅炉间、起居处所、服务处所和控制站;
- 储气罐和气罐处所;
- 气泵舱和压缩机室(如设有);
- 带有通岸接头的气体管路(如设有);
- 气罐舱口、透气管和通向储气罐的其他开口的布置;
- 气泵室、压缩机室和其他气体危险处所的通风管、门和开口布置;
- 通向起居处所、服务处所和控制站的入口、空气进口的布置;
- 气体危险区域。

(2) 储气罐及其设计细节的相关资料

- 储气罐图,包括焊缝的无损检测、强度和罐体密性试验的资料;
- 储气罐的支撑结构图;
- 储气罐材料和气体管路系统说明书;
- 储气罐焊接工艺规格书;
- 储气罐设计载荷和结构分析技术文件。

(3) 下列管系图及相关技术文件

- 气体燃料管系图和说明,包括安全释放阀透气管路;
- 支管、回管、弯头、伸缩接头和波纹管等类似装置的技术文件;
- 气体管路系统中法兰、阀和其他装置的图纸和说明;
- 气体管路的材料、焊接、焊后热处理和无损检测试验技术文件;
- 气体管路压力试验(强度和密性试验)技术文件;
- 包括阀件、附件以及气体(液体或蒸气)操作相关设备在内的所有管系的功能试验

大纲;

- 管路电气接地技术文件;
- 在切断通岸接头之前从燃料管中去除燃料的措施的技术文件;
- 与气体燃料系统有关的冷却水系统或热水系统(如设有)。

(4) 安全释放阀的图纸和详细设计

- 安全释放阀和压力/真空释放阀以及相连透气管路的图纸和技术文件;
- 气罐安全释放阀所需容量计算书;
- 安全阀释放阀透气管桅的布置、高度等详细资料。

(5) 下列设备和系统的详图

- 带有报警装置的空气闸位置和结构图（如设有）；
- 气密舱壁贯穿图（如设有）；
- 设有气体燃料系统的处所内机械通风系统布置图和说明，反映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；
- 可能发生泄漏的液体管路下方船体钢板的防护和说明，如通岸接头处和泵密封处等；

- 气罐的除气和惰化的管路系统布置图和说明；
- 对于固定气体探测和报警装置：探头、报警装置和报警点布置图以及电缆敷设图；
- 气泵室、压缩机室和气罐处所的舱底和疏排水系统布置图；
- 发动机排气系统图。

(6) 消防设备和系统图

- 水雾系统（包括管路、阀件、喷嘴和附件）布置图和说明；
- 穿过围蔽处所的气体管路所需通风导管的布置图；
- 位于围蔽的气罐处所通风管布置图；
- 储气罐和通风导管火灾探测系统布置图；
- 储气罐和管路、气罐处所通风管道耐火绝缘布置图；
- 干粉灭火装置布置图。

(7) 下列电气系统

- 气体危险区内所有电气设备布置图；
- 本质安全电路单线图；
- 认可防爆设备清单。

(8) 下列控制和监控系统

- 气体探测系统；
- 气罐监控系统；
- 气体压缩机控制和监控系统（如设有）；
- 气体燃料发动机控制和监控系统；
- 气体燃料动力船动力系统安全操作手册。

(9) 气体燃料发动机除按本社规范中柴油机的有关要求提交图纸资料外，还应提交下列图纸资料：

- 气体喷射阀及其驱动、密封系统；
- 曲轴箱保护布置和详细说明；
- 空气进气总管和排气总管爆炸保护布置和计算书；
- 与气体燃料燃烧有关的发动机控制系统原理图，包括监测、报警和安全保护装置；
- 失效模式及影响分析（备查）；

- 与气体燃料燃烧有关的发动机试验程序和试验报告；
- 本社认为必要的其他图纸和资料。

1.6 检验

1.6.1 一般要求

1.6.1.1 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、检验的名词术语和定义以及船舶图纸、图表、文件、资料、证书、记录和报告等的保存，对于国内航行海船，应按本社《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

1.6.2.1 新建船舶在开工前除按本社相关规范的要求提交审核的图纸资料外，还应补充本指南1.5所列图纸资料提交本社审查批准：

1.6.2.2 新建船舶的建造检验除按本社相关规范对建造检验的要求进行检验外，尚应增加下列项目：

- (1) 气体燃料发动机的安装和试验；
- (2) 供气系统的安装和试验；
- (3) 气体燃料发动机机器处所和气罐处所通风系统的安装和试验；
- (4) 气体燃料发动机遥控关闭装置的安装和试验；
- (5) 气体探头的安装位置、数量，并进行气体探测报警系统的试验；
- (6) 防爆设备或防点燃设备的确认和安全检查；
- (7) 防火、灭火装置的安装与试验；
- (8) 核查气体燃料发动机系统的安全操作手册。

1.6.3 建造后检验

1.6.3.1 年度检验：除应按本社相关规范对年度检验的要求（如适用时）进行检验外，尚应对下列项目进行检验：

- (1) 检查气罐处所的密封设施是否处于满意状态；
- (2) 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；
- (3) 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满意状态；
- (4) 检查在遇到气体燃料出现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）；
- (5) 检查不经常进入的处所所用的手携式通风设备（如设有）是否处于满意状态
- (6) 检查为一旦气体泄漏时用的移动式和/或固定式接漏盘或保护甲板的绝缘物是否处于正常状态（如设有时）；

(7)检查储气罐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满意状态;

(8)检查手动应急关闭系统以及压缩机自动关闭装置是否处于满意状态;

(9)检查气体燃料透气管路系统包括透气管桅和防护网。对气体燃料管路上的膨胀接头、支架等应特别予以注意;

(10)检查储气罐压力释放阀的最大开启压力调定值;

(11)检查气体危险区域的电气设备是否处于良好状态;

(12)检查燃料气体泄漏探测系统,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)检查防火和灭火装置,并试验起动一台主消防泵;

(14)检查水雾系统是否处于满意状态;

(15)检查干粉灭火系统是否处于满意状态;

(16)核查气体燃料发动机系统的安全操作手册。

1.6.3.2 中间检验:除应满足本社相关规范对中间检验的有关要求(如适用时)和本章1.6.3.1的要求外,尚应包括:

(1)确认管路和储气罐与船体电气接地;

(2)确认用于危险处所通风的机械通风风扇已备有备件;

(3)燃气系统关于压力、温度和液位的仪表应进行目视检查,并应通过改变压力、温度和液位来进行对比试验。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)气体探测系统的管路的腐蚀和损坏情况应尽可能地进行目视检查,应对吸入点与分析装置之间的管路的完整性尽可能地进行验证。

(5)电气设备:危险区域的电气设备应尽实际可能地进行下列方面检验:

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、空气闸保护处所(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。

1.6.3.3 特别检验:除应满足本社相关规范中对特别检验的有关要求(如适用时)和本章1.6.3.2的要求外,尚应包括:

(1)对储气罐作内、外部检查(尽实际可行),应注意系固装置支撑处的板、塔结构、座子和管子连接件以及甲板贯通处的密封装置的完好情况。如果对结构的检查和气体泄漏监测系统的工作情况满意,航行记录表明无任何运行不正常情况,则对储气罐不要求作液压试验;

(2)对所有直接与储气罐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);

(3) 对储气罐的压力释放阀和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）；

(4) 对气体和液体燃料管路上的压力释放阀的压力调定值应作校核；

(5) 对气体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；

(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) 将每台压缩机打开检查，检查运动部件、固定部件以及阀、阀座、密封压盖、释放设施、吸入滤器和滑油装置等。如验船师对校中和磨损情况认为满意，则对下轴瓦和曲轴箱轴封压盖可不拆开检查；

(10) 如储气罐包有绝缘物时，应拆去足够的绝缘物（特别是位于连接处和支撑处的绝缘物），以确定容器的状况；

(11) 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；

(12) 对气体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：对气体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；气体发动机在工作状态下进行操纵试验。

1.6.3.4 现有船动力装置改装的检验

如将现有船的柴油机改装为气体燃料或双燃料发动机，改装部分的图纸和资料应按本章 1.5 的要求提交本社批准；改装后的发动机及其系统至少要通过船上试验验证其满足本指南的相关要求；试验和检验项目应按照本章 1.6.2.2 的要求进行。

第 2 章 船舶布置和系统设计

2.1 材料的要求

2.1.1 储气罐、气体燃料管道、压力容器和其他同气体接触的部件的材料应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 6 章的要求。

2.1.2 熔点低于 925℃的材料不应用于气体燃料的管路，但与储气罐连接的短管除外，此时低熔点材料应包裹在 A-60 级绝热材料中。

2.2 处所位置和分隔

2.2.1 气体燃料系统的储存、供给和使用，其布置应使其产生的危险区域尽可能小。

2.2.2 机舱

2.2.2.1 机舱的几何形状应尽可能简单，避免形成气井。

2.2.2.2 当要求设置多机舱并且这些机舱采用单舱壁分隔时，该舱壁应为水密舱壁。

2.2.3 气体压缩机室

2.2.3.1 气体压缩机室（如设有）一般应布置在露天甲板之上；除非其舱室按照本指南关于围蔽的气罐处所的要求进行布置和设置。

2.2.3.2 电动机应布置在邻近的气体安全处所内。舱壁贯穿处应为气密型。

2.2.4 气罐处所

2.2.4.1 气罐处所应尽量远离机器处所、起居处所、服务处所和控制站；如果与其相邻，其边界应是气密型的。

2.3 进口和其他通道的布置

2.3.1 一般不应设置从气体安全处所直接通向气体危险处所的气密门或其他形式的门。如果出于操作原因必需设有该类开口，则应设置符合本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求的空气闸。

2.3.2 若压缩机室被布置在露天甲板以下，从甲板上应有独立通道通向该处所，且该独立通道不应与任何其他处所共有。如设置从甲板通向该室的独立通道不可行时，则应设置符合本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求的空气闸。

2.3.3 围蔽的气罐处所的通道应为独立通道，且不应与任何其他处所共有。该通道围阱应单独通风。如设置从甲板通向该舱的独立通道不可行时，则应设置符合本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求的空气闸。

2.3.4 设有气体燃料发动机的机舱应至少具有 2 个完全独立的出入口。

2.3.5 若 ESD (Emergency shutdown) 防护式机器处所设有由船舶的其他围蔽处所进入其内的通道，则入口处应安装自闭式门；若该门持续开启超过 1min，则应设置听觉报警。亦可使用 2 扇串联的自闭门。

2.4 气体燃料管系的设计

2.4.1 管系的布置，应考虑热变形以及储气罐和船体构件的移动而引起过大应力的影响。

2.4.2 应防止膨胀接头的过度膨胀和压缩，对其邻接管子应适当加以支撑和固定。对于波纹管膨胀接头，应防止其被机械损伤。

2.4.3 当在储气罐或管路与船体结构之间采用绝缘隔离时，则对管路和储气罐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。一切具有填料的管接头和软管接头应有电气接地措施。

2.4.4 供气管路上应尽量少使用软管、法兰，严禁使用滑动式膨胀接头。供气管路上的阀件、软管和其他附件等必须是经本社认可型的，或者经本社接受的其他行业标准认可型的。

2.4.5 管壁厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中： t_0 ——理论的厚度，mm， $t_0 = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot e + P}$ ；

其中： P ——设计压力，MPa，见本章 2.4.6 的规定；

D ——管子外径，mm；

$[\sigma]$ ——许用应力，N/mm²，见本章 2.4.7 的规定；

e ——效率系数，对无缝钢管，以及由认可制造厂供应的纵向焊或螺旋焊的焊接管子，其焊缝按公认的标准，经无损检测认为与无缝钢管等效者，则此系数为 1.0；其他情况的效率系数，按照认可的标准，根据制造工艺提出具体要求。

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： $b = \frac{Dt_0}{2.5r}$ ；

其中： r ——平均弯曲半径，mm；

c ——腐蚀余量，mm，如预计有腐蚀或浸蚀，则管壁厚度应比其设计要求的值有所增加，此余量应和预计的管子寿命相一致；

a ——厚度制造负公差，%。

最小壁厚应与公认的标准一致。

2.4.6 设计压力

(1) 在本章 2.4.5 计算式中的设计压力 P 系指该系统在工作中可能承受的最大表压力，MPa；

(2) 对于管路、阀件和附件，当适用时，应采用下列设计情况中的较大压力：

——对于可能与其释放阀隔离并可能含有一些液体的气体管系或附件，应为45℃时的饱和蒸气压力。然而，对于航行于限制航区或在限制期限内航行的船舶，考虑其保持在一定环境温度航区内航行；经本社同意，也可较高或较低的压力；或

——对于可能与其释放阀隔离并在任何时候仅含有气体的管系或附件，应为45℃时的过热蒸气压力。对于航行于限制航区或在限制期限内航行的船舶，考虑其保持在一定环境温度航区内航行，经本社同意，也可较高或较低的压力。此时，假定系统中饱和蒸气的初始状态是处于该系统的工作压力和工作温度；或

——储气罐和燃料系统的释放阀的最大允许调定值(MARVS)；或

——相关的泵或压缩机的释放阀的调定压力；或

——燃料加装管系的最大总压头；或

——管路系统的释放阀的调定压力；

——设计压力应不小于1MPa(表压)，但对管端敞开的管路，其设计压力应不小于0.5MPa(表压)。

2.4.7 许用应力

(1) 在本章2.4.5计算式中所考虑的管子的许用应力，应取下列计算值的较小者：

$$\frac{R_m}{2.7} \text{ or } \frac{R_e}{1.8}$$

式中： R_m ——室温下材料最低抗拉强度，N/mm²；

R_e ——室温下材料最低屈服应力或0.2%非比例伸长屈服应力，N/mm²。

2.4.8 法兰、阀件和其他附件等必须按相关标准考虑设计压力，不能满足相关标准的法兰需要经本社同意。

2.4.9 管路中采用的阀和附件的型式试验可参考《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》相关章节的要求。

2.4.10 无法兰管段直接连接可采用下列方式：

——根部完全焊透的对接焊接头在各种情况下均可以采用；

——带有套筒的套装焊接接头只能用于外径小于或等于50mm和设计温度不低于-55℃的端部敞开的管路；

——螺纹连接只能用于外径小于或等于25mm的辅助管路和仪表管路。

2.4.11 采用法兰连接时，法兰接头应为颈焊、套焊或插入焊等型式。对于所有管系（除端部敞开管路以外）应符合下列规定：

——设计温度低于-55℃时，只能采用颈焊法兰；

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

2.4.12 对碳钢、碳锰钢和低合金钢钢管的所有对接焊缝均应进行焊后热处理。本社根

据管系的设计温度和设计压力可以免除对壁厚小于10mm的管子进行消除热应力的要求。

2.4.13 当设计温度为-110℃或更低时，对管系的每一分支应提交一份完整的应力分析资料。该分析应考虑到由于管的重量（包括较大的加速度载荷）、内部压力、热收缩以及船舶运动引起的载荷等所产生的所有应力。当设计温度高于-110℃时，应力分析资料的内容可为诸如管系的设计或刚度，以及材料的选择等。在任何情况下，即使无需要提交计算书，也应考虑热应力。

2.4.14 气体管系应布置在距离船体外板不少于760mm的位置。

2.4.15 气体管系的安装应有足够的挠性。

2.4.16 所有气体管系应采用统一的颜色标识。

2.4.17 如果气体燃料中含有一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。

2.4.18 可能被隔离的含有液态气体的所有的管路和附件，应安装安全释放阀。

2.4.19 在装配后，应对所有气体管路进行至少为 1.5 倍设计压力的静水压力试验。但是，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静水压力试验。对在船上焊接的接头应进行至少为 1.5 倍设计压力的静水压力试验。如果管路内不允许有水，且在管路被投入使用之前不能对其进行干燥，则应将采用其他试验液体或试验方法的建议提交认可。

2.5 系统布置

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 气体燃料动力系统应按下述两种形式布置。以天然气和燃油为燃料的双燃料动力系统除按下述两种形式布置外，尚可按本章2.5.4规定进行布置。

(1) 本质安全机器处所：机器处所的布置应使得机器处所在任何情况下（正常和不正常情况）均处于气体安全状态。

(2) ESD防护式机器处所：机器处所的布置使得该处所在正常情况下被认为处于气体安全状态，但在某种异常情况下可能变为气体危险区域。当出现燃料气体泄漏等异常情况时，非安全设备（点燃源）和机械应自动关闭，只允许防爆型设备或机械运行。

2.5.2 本质安全机器处所

2.5.2.1 机器处所内的所有供气管路应进行气密环围，如采用双壁管路或管道。

2.5.2.2 如果因供气管路内的气体泄露而必需切断气体供应时，则应有另一套辅助的独立燃料供应系统可用；如果设有多台发动机推进装置，且每台发动机的供气系统独立设置，可不设辅助的燃料供应系统。

2.5.2.3 对于单一气体燃料发动机，燃料应分别储存在2个或多个尺寸相近的储气罐内。储气罐应分别布置在不同的独立的处所。

2.5.3 ESD 防护式机器处所

2.5.3.1 在下列情况下，机器处所内的供气管路可不设气密环围：

(1) 产生推进功率和电力的发动机应布置在2间或多间机舱内。且任何一间机舱的燃料供应被切断时，其应能维持至少40%的推进功率和正常的电力供应以用于航行。机器处所内尽可能容纳最少的必要的设备。焚烧炉、惰性气体发生器和燃油锅炉等不应布置在ESD防护式机器处所内。

(2) 安装有气设备的处所，尽可能容纳最少的必要的设备、部件和系统，只要能确保每个单独处所内的任何设备能维持其主要功能。

(3) 机器处所内供气管路内的压力应不大于 1MPa。

(4) 应安装气体探测装置，并能自动切断气体供应（若使用双燃料，还应切断燃油供应）和断开所有非防爆设备或装置。

2.5.3.2 对于单一气体燃料发动机，燃料应分别储存在2个或多个尺寸相近的储气罐内。储气罐应分别布置在不同的独立的处所。

2.5.4 以天然气和燃油为燃料的双燃料动力系统。

2.5.4.1 对在船舶上安装以天然气和燃油为动力的双燃料发动机，如满足以下规定，其系统布置可以接受除本章 2.5.1.1 的规定以外的其他系统布置形式；机舱内管系可免设双套管或导管的形式或机舱布置可以不采用分舱的形式；机舱内电器设备的安全等级可按一般货船机舱的电气设备的安全要求配置。在本条中未明确的部分应满足 ESD 防护式机器处所的相关要求。

(1) 机器处所内供气系统的工作压力应不大于1MPa。

(2) 气体燃料管路的设计压力应不小于1MPa。

(3) 机器处所内通向发动机的气体燃料供应管路在整个长度上的接头应是全熔透对接接头（除与发动机连接外），并100%进行射线检测。

(4) 机舱的任何位置应保证有两套相互独立的固定式气体探测器的有效覆盖。

(5) 在起动气体燃料发动机之前，应确认机舱内的气体探测装置处于工作状态。

(6) 气体探测必须进行连续工作；其听觉和视觉警报应布置在驾驶室或机舱控制室里。当探测到机器处所的可燃气体浓度达到20%LEL时，应有听觉和视觉报警，且同时切断通往机舱的气体燃料的供应；发动机自动转换为全部燃油供应。

(7) 由于控制阀自动关闭而停止供给气体燃料，双燃料发动机应转换为燃油模式。在确定供气停止的原因并采取必要的措施之后，方可重新启动气体燃料系统，发动机方可转换为双燃料模式。

(8) 机器处所应有每小时换气至少30次的通风能力。通风机及其布置应满足本章2.9.1关于危险处所内通风风机的布置要求；通风系统应确保所有空间内具有良好的空气环流，尤其要确保室内不会形成气井。

(9) 风机的数量和功率应满足：无论风机电动机由主配电板或应急配电板设独立线路供

电还是由主配电板或应急配电板设公用线路供电,当其中的一组风机失效时,其他组风机仍能满足机器处所规定通风能力的要求。

(10) 机舱机械通风应与主机实现双燃料模式运行联锁,即当通风机开启至少10min以后,发动机才能采用双燃料模式运行,当风机因故关停时,发动机应能自动转换为燃油供应。

(11) 机舱内的可燃气体探测器、火灾探测器、报警器和照明装置应为合格防爆型。

2.6 机器处所内的气体燃料供给

2.6.1 本质安全机器处所的供气系统

2.6.1.1 穿过围蔽处所的供气管路应采用双壁管路或导管完全环围。此双壁管路或导管应满足下列要求之一:

(1) 气体燃料管路应为双壁管路系统,其内管含有气体燃料;此同心管之间的空腔应用惰性气体加压,压力应大于气体燃料的压力。当此空腔内惰性气体压力降低时,应有适当的报警予以警示。当内管含有高压气体时,此管路系统应布置成当主气体阀关闭时,位于主气体阀和发动机之间的管路可自动进行惰性气体吹扫。

(2) 气体燃料管路应安装在通风的导管内。气体燃料管路和导管内壁之间的气室应安装机械式抽风通风机,其每小时至少换气30次。若导管内装有气体探测设备,当探测到发生泄漏时,导管内自动充灌氮气,该低压通风能力可减至每小时换气10次。风扇电机应符合安装区域的防爆保护要求。通风口应设置保护屏,保护屏应布置在无可燃燃气—空气混合气可能被点燃的位置。

2.6.1.2 气体管路与气体喷射阀的连接应由导管完全覆盖。其布置应有助于置换和/或检查喷射阀和气缸盖。双壁管路或导管环围的要求同样适用于发动机上的气体燃料管系,直到气体被注入气缸。如果气体进入发动机气缸前是处于低压状态,且在发动机附近设有气体探测器的条件下,对进气管可免除双层管道的要求。

2.6.1.3 对于高压管路,导管的设计压力应为下列压力中的大者:

——最大累积压力:气体燃料管路破裂时,气体在导管内流动产生的静压;

——管路破裂时局部瞬时峰值压力 p^* ,按下式计算:

$$p^* = p_0 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

式中: p_0 ——内管最大工作压力

k ——定压比热和定容比热的比值, $k=C_p/C_v$, 对 CH_4 $k=1.31$;

当直管承受上述压力时,其切向膜应力应不超过抗拉强度除以1.5($R_m/1.5$)得到的值。所有其他管件的等级所反映的强度水平应和直管相同。根据上式计算的峰值压力可以用试验得到的峰值压力代替,但应提交试验报告。

2.6.1.4 对于低压管路,导管的设计压力应不小于气体管路的设计压力,也可通过压力

试验验证其可以承受气体管路破裂时可能达到的最大压力。

2.6.1.5 高压气体管路的布置和安装应使其具有必要的挠性，以使供气管路适应主机的振动，而不会产生疲劳问题。

2.6.2 ESD防护式机器处所供气系统

2.6.2.1 供气系统的工作压力应不大于1MPa。

2.6.2.2 气体燃料管路的设计压力应不小于1MPa。

2.7 气体燃料的储存

2.7.1 液化气体储气罐

2.7.1.1 液化气体储气罐应按本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第4章独立液货舱的要求设计或采用公认标准进行设计，并取得船用产品证书。

2.7.1.2 储气罐的管路接头通常应安装在罐中最高液位以上。如管路接头位于最高液位线的下面，应满足2.7.3.4的要求。

2.7.1.3 液化气体储气罐应按照本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第8章的要求安装压力释放阀，压力释放阀应取得船用产品证书。

2.7.1.4 压力释放阀的排气口应向上，通常应布置在露天甲板以上不小于3m处，且与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水平距离均应不小于5m。

2.7.1.5 45℃时饱和蒸汽压力大于设计压力的液化气体储气罐，应安装有效的隔热。

2.7.1.6 液化气体储气罐的充装极限应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第15章的要求或公认标准。

2.7.1.7 应能对储气罐和气体管路实施清空、清洗和透气，并应制订相应的操作程序。

2.7.2 压缩气体储气罐

2.7.2.1 用于贮存压缩天然气气体的储气罐的设计应满足《钢质海船入级规范》第3篇第6章的规定或公认标准要求，并取得船用产品证书。

2.7.2.2 压缩天然气气体储气罐应安装带有设定点和排气口的安全阀，且设定点低于储气罐的设计压力，排气口按本章2.7.1.4的要求布置。

2.7.3 开敞甲板上的储存

2.7.3.1 液化气和压缩天然气储气罐均可储存在开敞甲板上。

2.7.3.2 储气罐或储气罐组应布置在距离船舷不少于760mm的位置。

2.7.3.3 储气罐或储气罐组和设备的布置应确保足够的自然通风，以防止逸出的气体积聚。

2.7.3.4 带有低于最高液位的连接件的液化气储气罐，应在储气罐连接件下端安装承滴盘，承滴盘的材料应为不锈钢，其所在位置应进行有效的隔离或绝缘，以保证万一液化气体泄露，船体或甲板结构不会遭受过冷。

2.7.4 围蔽处所内储存

2.7.4.1 处于液体状态，且最大工作压力小于1MPa的气体燃料可贮存在围蔽处所内。对于压缩气体，且工作压力超过1MPa，通常不允许储存在围蔽处所内；但在满足本章2.7.4.2及下列要求的前提下，经主管机关特殊考虑后可储存在围蔽处所内：

——当发生火灾会影响到储气罐时有足够的设施对储气罐进行减压；和

——除非舱壁设计成能够承受气体燃料泄漏时会达到的最低温度，否则对储气罐处所内的所有表面应针对任何泄漏的高压气体和随之带来的冷凝采取适当的隔热保护措施；和

——储气罐处所内应安装固定式探火及固定式灭火系统。

2.7.4.2 储气罐和相关阀和管路应位于设计作为发生液体或压缩气体泄漏时充当次屏壁的处所内。该处所的舱壁材料应与储气罐有相同的设计温度，且该处所应设计成能经受住最大累积压力。或者可以设置通向一个安全位置（透气桅）的压力释放装置。该处所应能容纳泄漏的气体，并应进行隔热以保证液体或压缩气体泄漏时周围船体不会面临无法承受的冷却。当储气罐设置了双层壁且储气罐的外壳由耐低温材料制成时，气罐连接处所可布置成类似一个完全焊接在储气罐的外壳体上的箱柜，其中包括储气罐的所有接头和阀，但不一定要包括储气罐的所有外壳。

2.7.4.3 可以接受储气罐处所为一个不锈钢真空绝缘柜的外壳加上焊接到外壳上的不锈钢箱柜，其中包括储气罐的所有管接头、阀、管路等。在这种情况下通风和气体探测要求应适用于该箱柜，但不适用于储气罐的双层壁。

2.7.4.4 储气罐的安装应具有安全、可靠的固定措施。

2.7.4.5 储气罐应布置在尽可能靠近中线，距离船壳板任何地方不小于760mm处。

2.7.4.6 气罐处所的舱底水系统应独立于船上其他部分的舱底水系统。

2.7.4.7 围蔽/半围蔽的气罐处所应按照第5章5.3的要求安装可燃气体探测器、听觉和视觉报警装置。

2.8 机器处所外气体燃料充装系统和供气系统

2.8.1 燃料充装系统

2.8.1.1 燃料充装站的布置应使其具有足够的自然通风。围蔽或半围蔽燃料充装站将予以特别考虑。燃料充装站与起居处所、货物处所、控制站等处所应予以分隔或结构防护。

2.8.1.2 燃料充装系统的布置应能使充装时不会有气体排放至空气中。

2.8.1.3 在液化气体燃料充装接头的下方应安装承滴盘，承滴盘应由不锈钢制成，并通过管路排出舷外；可临时性地安装此管路进行燃料充装作业。燃料泄露时，周围的船体或甲板结构不应遭受无法接受的冷却降温。对于压缩气体充装站，应采取低温钢材防护措施，以防止逸出的气体喷射到周围的船体结构。

2.8.1.4 在充装操作时，应能从安全位置对其进行控制。在此位置，应能对储气罐压力和液位进行监测，还应能进行高液位报警和自动切断。

2.8.1.5 每一充装管路靠近通岸接头处应串联安装1个手动截止阀和1个遥控切断阀，或1个手动操作和遥控的组合阀。应能在燃料充装作业的控制位置和/或其他安全位置操作遥控阀。

2.8.1.6 充装结束时应采取措施将液体或燃气从充装管路中排出。

2.8.1.7 应设有对充装管路进行惰化和除气的措施。船舶营运期间，充装管路内不应含有气体燃料。

2.8.1.8 起居处所、服务处所、机器处所和控制站的入口、空气进口即其他开口不应面向充装接头所在位置。

2.8.1.9 在充装过程中，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。

2.8.2 机器处所外的燃料供气系统

2.8.2.1 燃气管路不应穿过起居处所、服务处所或控制站。

2.8.2.2 若燃气管路必须穿过除上述处所之外的围蔽处所时，它们应环围在导管内。该导管应采用机械式负压通风，每小时通风30次，并应按第5章的要求进行气体探测。

2.8.2.3 导管应按照本章2.6.1.3和2.6.1.4的要求设计和安装。

2.8.2.4 导管通风进气口应始终设置在露天位置，远离着火源。

2.8.2.5 位于露天位置的燃气管路的布置应避免意外的机械碰撞而损坏。

2.8.2.6 安装在机舱外的高压气体管路应予以保护，使其破裂时造成人员伤害的风险减至最小。

2.8.2.7 在液化天然气动力系统中，气化器的设计、制造和检验可参考《钢质海船入级规范》第三分册第6章锅炉与压力容器中的相关要求或国家标准，其材料、阀件等应注意低温适用性。

2.9 通风系统

2.9.1 一般要求

2.9.1.1 任何用于危险处所的通风管道应与用于非危险处所的通风管道分开。船舶营运的所有环境条件下都应能进行通风。除非电动风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。

2.9.1.2 气体危险区域内人员不经常进入的空舱及类似处所，可采用认可型移动式通风装置。

2.9.1.3 危险处所使用的风机风扇和通风导管(仅指风扇处)应为按如下规定的非火花结构：

——非金属结构的叶轮或机壳，对消除静电应予以适当注意；

——有色金属材料的叶轮和机壳；

——奥氏体不锈钢叶轮和机壳；以及

——铁质叶轮和机壳，其设计的叶梢间隙不小于13mm。

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，不论其叶梢间隙多大，均认为有产生火花的危险，故不能用于气体危险处所。

对于以上每种型式的通风机，均应配有备件。在通风管的外部开口处，应设置方形网孔不大于13mm的防护网。

2.9.1.4 当通风系统失效时，在有人值班的位置必须有相应的报警和显示。

2.9.1.5 危险围蔽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。对于采用机械抽风系统，抽风机的每根进风管的风口应根据气体燃料可能聚集的区域进行布置；如采用天然气为燃料，其进风口一般应布置在舱室的上部；如采用液化石油气为燃料，其进风口一般应布置在舱室的下部。

2.9.1.6 非危险围蔽处所的进气口应设置在非危险区域，其距离任一危险区域的边界至少1.5m。进气管贯穿多个危险处所时，其应具有高于所贯穿处所的压力，除非进气管的气密性可确保气体不会渗入其内。非危险处所的排气口应布置在危险区域外。

2.9.1.7 危险围蔽处所的空气出口应位于露天区域，在没有设置该空气出口时，其危险性应等同于或小于通风处。

2.9.1.8 具有通向危险区域开口的非危险封闭处所，应设置符合本社《散装运输液化气船舶构造与设备规范》要求的空气闸。

2.9.2 围蔽的气罐处所的通风

2.9.2.1 围蔽的气罐处所应安装有效的抽吸式机械通风系统，其每小时换气至少30次。

2.9.2.2 应在围蔽的气罐处所的风道内安装认可的自动防火风闸。

2.9.3 气体燃料发动机机器处所的通风

2.9.3.1 气体燃料发动机机器处所的通风系统应独立于其他通风系统。

2.9.3.2 ESD防护式机器处所应有每小时换气至少30次的通风能力。通风系统应确保所有空间内具有良好的空气环流，尤其要确保室内不会形成气井。作为替代，可接受在正常操作下机器处所的通风能力为每小时至少换气15次，前提是如在机器处所内探测到可燃气体，换气量将自动增加至每小时30次。

2.9.3.3 风机的数量和功率应满足：无论风机电动机由主配电板或应急配电板设独立线路供电还是由主配电板或应急配电板设公用线路供电，当其中的一组风机失效时，其能力降低不应超过50%。

2.9.4 泵舱和压缩机舱的通风

2.9.4.1 泵舱和压缩机舱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。

2.9.4.2 风机的数量和功率应满足：无论风机电动机由主配电板或应急配电板设独立线路供电还是由主配电板或应急配电板设公用线路供电，当其中的一组风机失效时，其能力降

低不应超过50%。

2.9.4.3 当泵或压缩机工作时，泵舱和压缩机舱的通风系统应持续运转。通风系统运行10min后泵和压缩机方可启动。

第3章 消防

3.1 一般规定

3.1.1 船舶消防除满足《船舶与海上设施法定检验规则》的相关要求外，还应满足本章的要求。

3.1.2 气体燃料泵舱和压缩机舱的消防要求应与本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》中对货物压缩机室的要求等同。

3.2 防火

3.2.1 防火结构

3.2.1.1 面向位于开敞甲板的储气罐的起居处所、服务处所、货物处所、机器处所和控制站的舱壁应采用“A-60”级分隔。

3.2.1.2 围蔽的气罐处所及其通风导管与其他相邻处所应采用“A-60”级分隔。但与空舱、卫生间和类似处所的舱室相邻，其防火分隔可降至“A-0”级。

3.2.1.3 燃料充装站与其他相邻处所之间应采用“A-60”级防火分隔，但与空舱、卫生间和类似处所的舱室相邻，其防火分隔可降至“A-0”级。

3.2.1.4 当布置为多机舱，且机舱间采用单舱壁进行分隔时，该舱壁应采用A-60级防火分隔。

3.3 灭火

3.3.1 水灭火系统

3.3.1.1 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3.3.2所述的水雾系统，则水雾系统可以是消防总管的一部分。

3.3.1.2 储气罐布置在舱壁甲板上方时，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。

3.3.1.3 用于气罐处所和燃料充装站的消防水枪应为带开关的两用型（水柱/水雾型）。

3.3.2 水雾系统

3.3.2.1 甲板上方储气罐的暴露部分应安装水雾系统用于冷却和灭火。

3.3.2.2 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 L/min · m²，对垂直防护表面为4L/min · m²。

3.3.2.3 为了隔离损坏区域，应安装截止阀，或者通过控制阀将系统分为两部分或者多部分，控制阀布置在安全且易到达之处，其不会因火灾而切断。

3.3.2.4 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。

3.3.2.5 管路连接到船舶消防总管前应设置截止阀。

3.3.2.6 水雾系统供给泵的起动和水雾系统截止阀的操作，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。

3.3.2.7 喷嘴应为经认可的全孔型，其布置应保证其所喷射的水在被保护区域内有效分布。

3.3.3 干粉灭火系统及灭火器

3.3.3.1 燃料充装站区域内应设置固定式干粉灭火系统或大型推车式干粉灭火设备，其应覆盖所有可能的泄露点。其灭火能力应至少确保能以容量至少3.5kg/s的速率释放45s。系统的布置应使其能从安全位置手动释放。

3.3.3.2 燃料充装站附近还应设置1具手提式干粉灭火器。

3.3.3.3 在机舱入口处应至少设置1具手提式干粉灭火器。

3.4 探火和失火报警系统

3.4.1 探火

3.4.1.1 机器处所和围蔽的气罐处所应安装认可型的固定式探火系统。

3.4.1.2 对有快速探火要求的位置不能仅设置烟雾探测器。

3.4.1.3 当探火系统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。

3.4.2 报警和安全措施

3.4.2.1 机器处所和气罐处所探测到火灾后，应采取第5章表5.4.1.2(2)中所列出的安全措施，且应自动停止通风并关闭挡火闸。

第 4 章 电气系统

4.1 一般规定

4.1.1 对于本章未涉及者,均应满足本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的要求。

4.1.2 本章未作定义的开敞甲板和其他处所的气体危险区域应按本社接受的标准来确定。安装在这些区域的电气设备应满足IEC 60092-502的相关要求。

4.1.3 安装在 ESD 防护式机器处所内的电气设备应满足下列要求:

——对于 1 类危险区域而言,除探火和碳氢化合物探测器以及失火和可燃气体浓度报警器外,还有照明装置和风机也应为合格防爆型。

——如果在气体燃料发动机机器处所内探测器探测到可燃气体浓度超过 40%LEL,则该处所内所有不适用于 1 类区的电气设备(包括气体燃料发动机)都应自动切断。

4.1.4 在驳运气体/液体燃料时,燃料供应方和船上的燃料充装站之间应有等电位连接。

4.1.5 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气密性。

4.2 危险区域划分

4.2.1 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 类区、1 类区和 2 类区。

4.2.2 0 类危险区域:该区域包括:储气罐的内部、用于储气罐压力释放或其他透气系统的任何管路、内含气体燃料的管路和设备。

4.2.3 1 类危险区域:该区域包括:

——气罐处所;

——气体燃料压缩机室、气体燃料泵舱;

——距离气罐处所出口、气体或蒸气出口、燃料总管阀门、其他气体阀、气体管法兰、气体燃料泵舱通风出口和为让温度变化产生的少量气体或蒸气混物流动而设置的储气罐压力释放口 3m 以内的开敞甲板上的区域或甲板上的半围蔽处所;

——距离气体燃料压缩机室和泵舱入口、气体燃料泵和压缩机舱通风进口以及通向 1 类区处所的其他开口 1.5m 以内的开敞甲板上的区域或甲板上的半围蔽处所;

——开敞甲板上的包括气体燃料总管阀的防溢挡板以内及挡板向外延伸 3m、并不高于甲板以上 2.4m 的处所;

——气体燃料管路所在的围蔽或半围蔽处所,例如气体燃料管路周围的管道、半围蔽的燃料充装站;

——在正常操作情况下 ESD 防护式机器处所视为非危险区域,但当出现气体泄漏时,该处所变为 1 类区。

4.2.4 2 类危险区域:该区域包括:距离 1 类区的开敞或半围蔽处所 1.5m 以内的区域。

4.2.5 开敞甲板上具有开口通向邻近危险区域的处所,可通过采取过压措施使之成为较低等级的危险区域或非危险区域。

4.2.6 通风管道的区域分级应与通风处所相同。

第5章 控制、监测和安全系统

5.1 一般规定

5.1.1 在燃料注入管的截止阀和通岸接头之间、气泵或压缩机排放管路和燃料管路上均应安装压力表。

5.1.2 各气罐处所内的污水阱（如设有）应装有液位指示器和温度传感器；且应设置高液位报警装置。温度传感器低温指示应引起储气罐主阀的自动关闭。

5.2 监控

5.2.1 储气罐监控

5.2.1.1 储气罐应按照本社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的相关要求设置溢流监测和保护。

5.2.1.2 各储气罐至少应设置就地显示的压力表和在驾驶室或控制室显示的压力表。压力表上应清晰标明储气罐允许的最高压力和最低压力。此外，高压报警和低压报警（如有真空要求）应安装在驾驶室。在达到安全阀调定压力之前警报应鸣响。

5.2.2 对气体燃料压缩机的监测

应在驾驶室和机舱对气体燃料压缩机同时设有听觉和视觉报警。该报警应至少涵盖进气低压、排气低压、排气高压和压缩机运行故障。

5.2.3 气体燃料发动机监控

5.2.3.1 除应满足《钢质海船入级规范》第3篇第9章对柴油机的监控系统的要求外，还应在驾驶室、机舱集控室和操纵台为如下操作设置指示器：

- 发动机工作状态（仅使用气体燃料的发动机）；
- 发动机工作状态和工作模式（双燃料发动机）；

5.2.3.2 对于气体燃料可能直接漏入其他介质（润滑油、冷却水）的辅助系统，应设有适当的气体释放装置，该装置直接安装在发动机辅助系统的出口后面，以防止气体扩散。从辅助系统的介质中排出的气体应通过透气口释放到露天安全位置。

5.3 气体探测

5.3.1 固定式可燃气体探测器应根据气体燃料系统的实际布置，按照表5.3.1所规定的处所进行安装。各处所内探测器的数量应根据处所的尺寸、布置以及通风予以考虑，但应不少于表5.3.1规定的最低要求。如所使用的固定式可燃气体探测器具有自检功能，各单独处所内所安装的独立探测器最小数目可降为1套。

固定式可燃气体探测器的处所

表5.3.1

处 所	各单独处所内所安装的独立探测器最小数目(套)
围蔽/半围蔽的气罐处所	2
气体燃料管路环围的通风导管内	2
ESD防护式机舱	2
气体燃料压缩机室	2
其他设有气体燃料管路或相关设备的封闭处所	2

5.3.2 探测装置应布置在气体可能积聚的地方或布置在通风出口处。

5.3.3 可燃气体浓度达到爆炸下限的20%时,应有听觉和视觉报警。对于机舱内气体燃料管路环围的通风导管,报警极限可设定在爆炸下限的30%。保护系统动作可设定在爆炸下限的40%。

5.3.4 可燃气体探测装置的听觉和视觉警报应布置在驾驶室和机舱控制室。

5.3.5 气体燃料管路的环围导管和机舱必须进行连续检测且无任何延时。

5.3.6 应配置一套便携式燃气探测器供船员对舱室可燃气体的检查。

5.3.7 对于可能产生可燃气体泄漏和聚集的其他处所,也应安装可燃气体探测器。

5.4 气体燃料供应系统的安全功能

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 每一储气罐的气体燃料出口管路(尽可能靠近储气罐)应装有一只可遥控的截止阀。

5.4.1.2 每台气体燃料主机或发电机原动机应配置一组互锁气体阀,并满足下列要求:

(1) 应将3只阀中的2只串接在通向发动机的气体燃料管路上,第3只安装在处于2只串接阀之间的气体燃料透气管上,该透气管应通向露天的安全位置;

(2) 应将这些阀布置成:当发生表5.4.1.2(2)规定的有关故障时,能自动关闭2只串接的气体燃料阀并自动打开透气阀;

(3) 2只串接阀中的1只阀和透气阀的功能可以组合在同一个阀体中,当发生表5.4.1.2.(2)规定的有关故障时,应能自动切断气体燃料供应,并自动进行透气;

(4) 上述3只截止阀应能人工复位;

(5) 串接的2只气体燃料阀应为故障关闭型,而透气阀应为故障开启型。

5.4.1.3 通往各发动机的供气管路上应设有一个手动关闭阀,确保在发动机维修期间能进行安全有效地隔离。

5.4.1.4 在为单台发动机或多台发动机供气的燃料管上应设置一个独立的主气体燃料阀。如对单台发动机供气,该阀可以作为互锁气体阀中的一个阀件用以切断气体燃料供应。应能在驾驶室、控制站等位置关闭主气体燃料阀。

5.4.1.5 对于单一气体燃料系统，当机舱内的通风失效时，则除了应进行表5.4.1.2(2)所示的动作外，还应有以下措施：

——对于多机舱的电力推进系统：应起动另一台发动机。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。

——对于多机舱的直接推进系统：如果采用手动停车后仍有至少40%的有效推进功率和正常的电力供应以用于航行，则通风失效的机舱内的发动机应手动停车。

对于单机舱，当气体燃料管路环围的导管中的通风失效时，若其他的供气系统准备好，则该供气管路上的主气体阀和互锁气体阀应自动关闭。

5.4.1.6 由于控制阀自动关闭而停止供气，在确定供气停止的原因并采取必要的预防措施之后，方可重新起动气体燃料系统。该注意事项的说明应张贴在供气管路控制站的显见处。

5.4.1.7 如果气体泄漏使得供气停止，在找出泄漏处并进行处理后方可进行供气。此注意事项的说明应张贴在机器处所内的显见处。

5.4.1.8 在机舱内应安装一块固定式告示牌，告示当发动机运行时，不应进行可能损害气体燃料管路的任何操作。

发动机供气系统的监控

表 5.4.1.2(2)

参 数	报警	气罐主阀 自动关闭	机舱供气 自动关闭	备注
气罐处所内气体探测高于20%LEL	X			
气罐处所内气体探测器检测到的气体高于40%LEL	X	X		
气罐处所内火灾探测	X	X		
气罐处所内污水阱高液位	X			
气罐处所内污水阱低温	X	X		
气罐处所和机舱间导管内气体探测高于20%LEL	X			
气罐处所和机舱间导管内气体探测高于40%LEL	X	X ¹⁾		
压缩机室气体探测高于20%LEL	X			
压缩机室气体探测高于40%LEL	X	X ¹⁾		
气体燃料发动机机器处所内导管内气体探测高于30%LEL	X			若机舱内安装双套管
气体燃料发动机机器处所内导管内气体探测高于40%LEL	X		X ²⁾	若机舱内安装双套管
气体燃料发动机机器处所内气体探测高于20%LEL	X			仅ESD防护式机舱要求气体探测

续表5.4.1.2 (2)

气体燃料发动机机器处所内气体探测高于40%LEL	X		X	仅ESD防护式机舱要求气体探测。其亦应断开机舱内非安全型电气设备。
气罐处所和机舱间导管内通风失效 ⁵⁾	X		X ^{1) 3)}	
气体燃料发动机机器处所内导管通风失效 ⁵⁾	X		X ^{2) 3)}	机舱内安装双套管
气体燃料发动机机器处所内通风失效	X		X	仅ESD防护式机舱
气体燃料发动机机器处所内火灾探测	X		X	
供气管路内异常气体压力	X		X ³⁾	
阀门控制工作介质失效	X		X ⁴⁾	须延时
发动机自动停车（发动机故障）	X		X ⁴⁾	
发动机紧急停车	X		X	
<p>1) 如果气罐向多台发动机供气，并且不同的供应管路完全独立并安装在独立的导管内、主阀安装在导管外部，则仅通往探测有可燃气体存在的导管的供气管路上的主阀应关闭。</p> <p>2) 如果气体燃料供至一台以上发动机，不同供气管路完全隔离并安装在独立的管道内，同时总阀设在管道外面和气体燃料发动机机器处所外面，则仅关闭通向探测到可燃气体或通风失效的管道内的供气管路上的总阀。</p> <p>3) 对单燃料发动机，此参数不会引起供气停止，仅引起双燃料发动机供气停止。</p> <p>4) 仅气体互锁阀关闭。</p> <p>5) 如果管道由惰性气体进行保护，则惰性气体失压将引起与表中所述相同的动作。</p>				

第6章 气体燃料发动机

6.1 一般规定

6.1.1 气体燃料发动机的设计、制造、安装和试验要求除应满足《钢质海船入级规范》第3篇第9章的适用规定外还应满足本章和第5章的有关规定，并应取得船用产品证书。

6.1.2 采用电子控制的发动机，其电控系统应满足《钢质海船入级规范》第3篇第9章附录2的有关规定。

6.1.3 应对所有可能影响发动机燃烧过程的故障进行故障模式与影响分析（FMEA），并提交分析报告；根据分析报告结果确定对发动机的监控。

6.1.4 气体燃料发动机的结构、系统应设计成在所有位置避免造成燃气爆炸或允许不会造成有害影响的爆炸以及将其影响释放到安全处所而且爆炸事件不会影响机器的正常运转，除非其他安全措施允许关闭受影响的机器。

6.1.5 气体燃料发动机上的供气管系的设计布置应满足2.5和2.6对管系的相关要求。

6.1.6 当燃料通过混合器与空气混合后进入气缸，位于气缸前的燃气进气总管上应安装防爆安全阀或其他防爆设施，除非有资料表明该系统的强度足以承受最恶劣情况下的爆炸。燃气进气总管上应安装火焰消除器。

6.1.7 排气管应配有防爆安全阀或其他防爆措施，安全阀的尺寸足以预防当气缸发生点火故障时而产生剩余未燃烧可燃气体在排气管中引起的爆炸。除非有资料表明该系统的强度足以承受最恶劣情况下的爆炸。

6.1.8 气体燃料发动机应安装具有足够释放面积的曲轴箱安全阀。气缸直径等于或大于250mm的柴油机每一曲柄至少应装一个安全阀。每台柴油机曲轴箱上所设安全阀的总流通面积按曲轴箱总容积计算，每 1m^3 曲轴箱容积应不小于 115cm^2 ，且每个安全阀的流通面积应不小于 45cm^2 。

6.1.9 曲轴箱应设有单独的透气系统，保证泄漏的气体排至机舱外的开敞区域，透气口应安装火焰消除器。

6.1.10 气体燃料发动机的排气管不应与其他发动机或燃烧器的排气管相连。

6.1.11 应通过监测废气或燃烧室温度对气体混合物的燃烧进行监测。

6.2 双燃料发动机的功能要求

6.2.1 起动、正常停车、低功率运行和无负荷怠速运行时应仅使用燃油燃料。

6.2.2 如果气体燃料供应关闭，发动机应能仅使用燃油持续运转。

6.2.3 气体燃料操作的转换（由燃油操作转换为气体燃料操作和由气体燃料操作转换为燃油操作）应仅在一定的功率范围内实现。在此功率范围内，实现此转换的可靠性应通过试验进行证明。气体燃料操作转换的准备工作，包括对此转换的所有必要条件的检查工作完毕后，转换过程自身应可自动进行。功率减小时应自动转换为燃油操作。以上过程可以通过手

动来中断。

6.2.4 正常停车及紧急停车时，气体燃料的供应切断应提前于燃油供应的切断或二者同时进行。气体燃料的切断不应依赖于燃油的切断。

6.2.5 气缸内燃气—空气混合气应通过喷射燃油压燃的方式引燃。喷向各气缸的调节油量应足以确保混合气能进行强制点火。没有提前或同时关闭各气缸或发动机整机的气体燃料供应，不应停止供应调节油。

6.3 单一气体燃料发动机的功能要求

6.3.1 起动程序应为：当发动机起动时，点火系统应保持停止点火状态，且进入发动机的气体燃料供应装置应保持关闭，当发动机达到最低点火转速时，应在点火系统开始点火后，方可开启进入发动机的气体燃料供应装置。

6.3.2 在进入发动机的气体燃料供应装置开启一定时间后，发动机尚未起动成功，气体燃料供应自动关闭，且起动程序应终止。

6.3.3 在正常和应急停车时，气体燃料供应的切断不应迟于点火切断。在未事先或同时关闭每一气缸或整台发动机的供气以前，不能切断点火。

6.3.4 对于恒速发动机，关闭顺序应为发动机供气阀在怠速时关闭，点火系统保持开启直至发动机停下来。

第7章 操作和培训要求

7.1 一般规定

7.1.1 在使用气体燃料的船舶上从事操作的全体船员,应在开始船上工作以前接受与气体燃料相关的安全、操作和维护方面的必要培训。

7.1.2 直接负责操作船上与气体燃料相关设备的船员应接受操作培训,公司应有文件记录相关人员已获得必要的知识并一直保持对该知识的掌握。

7.1.3 培训应作为船公司规范化管理体系的一部分由公司和船上高级管理层定期检查。应强调风险分析,并在培训期间,应将所有进行的风险分析资料提供给参加培训的学员。

7.1.4 应定期进行与气体燃料相关的应急演练。处理特定危险和事故的安全和响应系统应进行检查和试验。

7.1.5 应制定培训手册,并根据每艘船舶及其气体燃料装置专门设计培训大纲和演习方案。

7.2 与气体燃料相关的培训

7.2.1 基础培训

7.2.1.1 基础培训旨在为负责基本安全的船员提供对作为燃料的气态、液态的技术属性、爆炸限值、着火源、风险降低和相应降低措施、以及在正常操作和紧急情况下必须遵守的规则和程序的基本了解。

7.2.1.2 基础培训应包括与气体燃料、相关系统以及液体和压缩气体操作时个人防护有关的理论培训和实践操作培训。熄灭可燃气体火灾的实际操作也应为培训的一部分。

7.2.2 操作培训

7.2.2.1 驾驶员和轮机员应接受超出基础培训范围以外的气体燃料系统相关培训。

7.2.2.2 除应包括基础培训的内容外,船上所有与气体燃料有关的系统、船舶的维护手册、供气系统手册和爆炸危险处所和区域的电气设备手册应用作该部分培训的内容。

7.3 维护

7.3.1 应对船上的供气系统制定专门的维护手册。

7.3.2 手册中应包括与气体燃料相关的所有设备的维护程序,并应符合设备供应商的建议。应规定气体管路上的阀件更换/验收的时间间隔和范围。维护程序中应规定何人有资格实施维护。

7.3.3 应对安装在危险区域的电气设备制定专门的维护手册。应按公认的标准对危险区域的电气设备进行检查和维护。

7.3.4 对危险区域的电气设备进行检查和维护的任何人员都应具备相应资质。

7.4 安全操作手册

7.4.1 船上应备有经主管机关批准的,可供船上人员随时使用的气体燃料动力船动力系统安全操作手册,以作为正常情况和所预料紧急情况下安全操作的指南。

7.4.2 安全操作手册至少应包括以下方面的内容:

- 开航前安全检查;
- 发动机起动操作程序;
- 航行期间和停机后的注意事项;
- 燃料充装程序;
- 保养与维修;
- 应急情况操作程序;
- 气体驱除和惰化程序。