

第 2 章 船舶的布置和系统设计

2.1 材料的要求

2.1.1 储气罐、气体管道、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相应章节的要求。

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 除非经特别批准，气体压缩机室一般应布置在露天甲板之上。

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。

2.2.3 气罐处所

2.2.3.1 气罐处所的边界应是气密型的。

2.2.3.2 气罐处所不得邻近机器处所和起居处所。

2.3 进口和其他通道的布置

2.3.1 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，且该独立通道不得与任何其它处所共有。

2.3.2 气罐处所的通道应为独立通道，且不得与任何其它处所共有。该通道围阱应单独通风。

2.3.3 设有燃气发动机的机舱应至少具有 2 个完全独立的出口。

2.3.4 若 ESD (Emergency shutdown) 防护式机器处所设有由船舶的其它围壁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 1 分钟，应设置声音报警。亦可准予使用 2 扇串联的自闭门。

2.4 气体管系的设计

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。在系统中禁止使用滑动式膨胀接头。

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 管道系统应尽可能少的采用法兰连接型式连接。

2.4.5 管壁厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

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

t_0 = 理论的厚度 mm

$$t_0 = \frac{P \cdot D}{200[\sigma] \cdot e + P}$$

式中： P ——设计压力，MPa；参考 2.4.6

D ——外径，mm；

$[\sigma]$ —— 2.4.7 中所述的许用应力，N/mm²；

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，经无损探伤检查认为与无缝钢管等效者，则此系数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：

$$b = \frac{Dt_0}{2.5r} \quad \text{mm}$$

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，%。

2.4.6 设计压力：

(1) 在2.4.5公式中的设计压力 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、管系和部件，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的并可能含有一些液体的气体管系或部件，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，考虑了其一直在一定环境温度区域航行。经本社同意，也可为较高或较低的压力；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部件，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，考虑了其一直在一定环境温度区域航行，如经本社同意，也可为较高或较低的压力。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；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

在2.4.5公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%非比例延长屈服应力，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过主管机关的同意。

2.4.9 高压管系中采用的所有的阀和膨胀接头应是认可型的。其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 管路的连接

可考虑采用下列管段直接连接(不用法兰)：

——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的端部敞开的管路上；

——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；

法兰接头应为颈焊、套焊或插入焊等型式。除开口端的管路外，设计温度低于-10℃，公称尺寸超过 100mm 的不应采用套焊法兰，公称尺寸超过 50mm 的不应采用插入焊法兰。

2.4.11 气体管道不得布置距离船体外板少于 760mm 的位置。

2.4.12 气体管道系统的安装应有足够的挠性。

2.4.13 所有气体管道应采用统一的颜色标识。

2.4.14 如果气体燃料可能在系统内液化，则应安装分离罐或收集液体的类似设施。

2.4.15 可能被隔离在液体充满状态的所有的管道线和附件，应安装安全释放阀。

2.5 系统构造

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 可接受以下两种系统构造：

(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，则应有一套辅助的独立燃料供应系统；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，可不设辅助的燃料供应系统。

2.5.2.3 对于单一燃料装置（仅气体），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。发动机在2间或多间机舱内应这样分配：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得布置在ESD防护式机器处所内。

(2) 机器处所内供气管路内的压力应不大于1Mpa。

(3)应安装气体探测装置,其能自动切断气体供应(若使用双燃料,亦可切断燃油供应),并断开所有非防爆设备或装置。

2.5.3.2 对于单一燃料装置(仅气体),燃料应分别储存在2个或多个尺寸近似相等的气罐内。气罐应分别布置在独立的处所。

2.6 机器处所内的供气系统

2.6.1 本质安全机器处所供气系统

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。

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。风机马达应布置在通风导管外面。排气口应设置保护屏,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。此布置应有助于置换和/或检查喷射阀和汽缸盖。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,直到气体被注入汽缸。

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,气体在道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:

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

p_0 = 内管最大工作压力

k = C_p/C_v 定压比热和定容比热的比值

$k = 1.31$ 对 CH_4

当直管承受上述压力时，其切向膜应力不应超过抗拉强度除以 1.5 ($R_m/1.5$)。所有其它管件的压力等级应反映与直管强度相同的等级。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 高压燃气管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，不会遭受疲劳危险。

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不应大于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 液化石油气体储气罐

2.7.1.1 液化石油气体储气罐应按散装运输液化气体船舶构造与设备规范相关章节的独立液货舱的要求设计或采用公认标准进行设计。

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。如安装连接位于最高液位线的下面，应经特别考虑。

2.7.1.3 安全阀应按照散装运输液化气体船舶构造与设备规范相关章节的要求安装。

2.7.1.4 安全阀的排气口通常应布置在露天甲板上至少 $B/3$ 或6m高处，取其中大者，并且高于工作区和通道6m；其中，B为船舶最大型宽（m）。排气口的位置应距离下列最近处至少10m：

- 空气进口、空气出口或起居处所、服务处所和控制站或其它气体安全处所的开口
- 机器或焚烧炉的排气口。

船长 40m 以下的以液化石油气和压缩天然气为燃料的内燃机动力装置船舶，其出口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石油气体储气罐，应安装有效的隔热。

2.7.1.6 液化石油气体储气罐的充装极限应满足散装运输液化气体船舶构造与设备规范相关章节的要求。

2.7.2 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，并应经CCS检验合格。

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2.7.1.4的要求布置。

2.7.3 甲板上的储存

2.7.3.1 压缩天然气和液化石油气均可贮存在甲板水平面以上。

2.7.3.2 储气罐或储气罐组应布置在距离船舷至少 $B/5$ 处。对于客船以外的船舶，其距离可以低于 $B/5$ ，但不少于760mm。

2.7.3.3 储气罐或储气罐组 and 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。对于设置在围蔽或半围蔽处所的储气罐或储气罐组则应设有防爆型机械抽风系统。

2.7.3.4 带有低于最高液位的连接件的液化石油气储气罐，应在储气罐下安装承滴盘，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 甲板下的储存

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甲板水平面以下。对于压缩气体，且工作压力超过1Mpa，通常不允许贮存在甲板水平面以下，除非经过特别考虑。

2.7.4.2 储罐应布置在：

——距离船舷不小于 $B/5$ 或11.5m处，取其中小者；

——距离船底板不小于 $B/15$ 或2m处，取其中小者；

——距离船壳板任何地方不小于760mm处。

对于客船以外的船舶，其距离船舷可以低于 $B/5$ 。

2.7.4.3 气罐处所的舱底水吸口，应独立于船上其它部分的舱底水系统。

2.8 机器处所外燃料加装系统和分配系统

2.8.1 燃料加装站（如设有）

2.8.1.1 燃料加装站不得与起居处所、货物处所、控制站等相邻，燃料加装站的布置应使其具有足够的自然通风。封闭或半封闭燃料加装站将予以特别考虑。

2.8.1.2 承滴盘应安装在燃料接头的下方，该处可能存在燃料泄露。承滴盘应由不锈钢

制成，并应通过管路排出舷外；可临时性地安装此管路进行燃料加装作业。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。

2.8.1.3 对于燃料加装作业，应能从安全位置对其进行控制。在此位置，应对储气罐压力和液位进行监控，亦应指示溢流警报和自动关闭。

2.8.2 燃料加装系统

2.8.2.1 加装系统应布置成在充装储罐的过程中不会有气体泄露到空气中。

2.8.2.2 串联的手动截止阀和遥控切断阀，或手动和遥控组合式阀应安装在每根燃料加装管路内靠近岸接点处。在燃料加装作业的控制位置或另一安全位置应能操作遥控阀。

2.8.2.3 若加装管路环围的导管内的通风停止，或者若加装管路环围导管内探测到可燃气体，燃料加装控制处所应有声光报警。

2.8.2.4 加装完成时应采取措施将液体或燃气从加装管路排出。

2.8.2.5 加装管路应布置成便于惰化和除气。船舶营运期间，加装管路内不应含有燃料气体。

2.8.3 机器处所外的燃料分配系统

2.8.3.1 燃气管路不应穿过起居处所、服务处所或控制站。

2.8.3.2 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，并按第5章的要求进行气体探测。

2.8.3.3 导管应按照2.6.1.3、2.6.1.4的要求设计和安装。

2.8.3.4 导管通风进气口应始终设置在露天位置，远离着火源。

2.8.3.5 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。

2.8.3.6 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。

2.9 通风系统

2.9.1 一般要求

2.9.1.1 包含气体源的处所使用的通风系统，应与船上其它通风系统独立。风机马达不得布置在通风导管内。

2.9.1.2 包含气体源的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。

2.9.1.3 当通风系统失效时, 控制站必须有相应的报警和显示。

2.9.1.4 含气体源的处所的通风进气口, 应布置在气体危险区外的位置。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。

2.9.1.5 非危险封闭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。

2.9.1.6 具有通向危险区域开口的非危险封闭处所, 应设置一个空气闸, 并应保持高于外部危险区域的正压通风。空气闸的设置应满足散装运输液化气体船舶构造与设备规范相关章节的要求。

2.9.2 气罐处所的通风

2.9.2.1 布置在甲板下面用来存放储气罐的气罐处所, 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 应在气罐处所的风道内安装认可的自动防火风闸。

2.9.3 机舱的通风

2.9.3.1 机舱通风系统应与其它通风系统独立。

2.9.3.2 ESD防护式机舱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。

2.9.3.3 风机的数量和电源供给应满足: 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, 其能力降低不应超过50%。

2.9.4 泵和压缩机室的通风

2.9.4.1 泵和压缩机室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 当泵或压缩机工作时，泵和压缩机室的通风系统应持续运转。通风系统运行15分钟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技术规则》的相关要求外，还应满足本章的要求。

3.1.2 气体燃料泵或压缩机室的消防要求应与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 布置在甲板上方的储气罐或储罐组，其面向起居处所、服务站、货物区和机器处所的环围应采用A-60级分隔。

3.2.1.2 布置在舱壁甲板下方的气罐处所和通风导管与其他处所应采用A-60级分隔。但邻近空舱、无火险的辅助机器处所、卫生间和类似处所的舱室，其防火分隔可降至A-0级。

3.2.1.3 燃料加装站面向其它处所的环围应采用A-60级防火分隔，但面向空舱、无火险的辅助机器处所、卫生间和类似处所的舱室，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 消防总管

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防栓和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。

3.3.2 水雾系统

3.3.2.1 若储气罐布置在露天甲板上方，则应安装水雾系统进行冷却和防火，用于保护甲板上方储气罐的暴露部分。

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/m^2 ，对垂直防护表面为 4 l/min/m^2 。

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 水雾泵的排量应足以向上述需求最大的处所喷射所需水量。

3.3.2.5 应设有一个通过截止阀与船舶消防总管相连接的通岸接头。

3.3.2.6 水雾泵的遥控起动和水雾系统截止阀的遥控操作，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切断。

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

3.3.3.1 燃料加装站区域内应设置固定式干粉灭火系统，其应覆盖所有可能的泄露点。容量至少为50kg，排出率不低于1 kg/s。系统的布置应使其能从安全位置手动释放。

3.3.3.2 燃料注入站附近还应设置1具手提式干粉灭火器。

3.3.3.3 气体燃料为液化石油气的机舱，应在机舱入口处至少设置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 设置在围蔽或半围蔽处所的气罐处所和其通风管道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 机舱和气罐处所探测到火灾后，应采取表3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，均应遵守本社相关规范的要求。

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散装运输液化气体船舶构造与设备规范相关章节的要求来确定。安装在这些区域的电气设备应满足该规范的要求。

4.1.3 如果燃料加装站在各个方向的自然边界不完整，则距离各燃料气体管路法兰连接处3m范围均应为气体危险区域。否则，应将燃料加装站整体作为气体危险区，其内的电气设备应满足散装运输液化气体船舶构造与设备规范相应章节的要求。

4.1.4 加注燃料时，燃料供应装置和燃料供应站之间的管路应进行等电位连接。

4.1.5 气罐处所和压缩机室应无任何型式的点火源。电气设备应为本质安全型。照明设备应为正压型和隔爆型安全设备。气体探测器可使用认可型安全设备。

4.1.6 除了气体探测器可用合格的安全型外，气体管路内的任何电气设备均应为本质安全型。

4.1.7 安装在ESD防护式机器处所内的电器设备应满足下列要求：

——除火灾和碳氢化合物探测器及火灾和气体报警器外，照明设备和通风机应为合格防爆型设备。

——当机舱内探测器测得气体浓度高于40%的爆炸下限，机舱内所有非合格防爆型电气设备（包括气体燃料发动机）均应自动断开。

4.1.8 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。

第5章 控制、监测和安全系统

5.1 一般要求

5.1.1 在燃料注入管的截止阀和通岸接头之间、气泵或压缩机排气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，应装有液位指示器和温度传感器。且应设置高液位警报。温度传感器低温指示应引起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 储气罐应根据散装运输液化气体船舶构造与设备规范相关要求设置溢流监测和保护。

5.2.1.2 各储气罐的温度应进行远距离监控。

5.2.1.3 各储气罐至少应设置当地压力表和在驾驶室监视的压力表。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）应安装在驾驶台上。在达到安全阀调定压力之前警报应鸣响。

5.2.2 燃气发动机监控

5.2.2.1 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，并提交分析报告。

5.2.2.2 除应满足《钢质海船入级规范》第3篇第9章所规定的有关监控系统的要求外，根据故障模式与影响分析报告，建议监控系统还应包括表1所规定的项目

气体燃料发动机的监控

表1

	监测项目	报警	切断气体燃料供应
1	气体燃料喷射系统功能异常	×	×
2	各缸点火故障	×	×
3	供气管路气体压力异常	×	
4	曲轴箱燃气探测	×	×
5	单缸排气温度高	×	
6	曲轴箱油雾浓度高或轴承温度高	×	×
7	发动机由于任何原因停车	×	×

5.2.2.3 双燃料发动机的监控系统，还应满足《钢质海船入级规范》第3篇第9章附录1的要求。

5.3 气体探测

5.3.1 固定式气体探测器应安装在表2所规定的位置。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，但不应小于表2规定的最低要求；如所使用的固定式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台。

固定式气体探测器的位置 表2

位 置	各单独处所内所安装的独立探测器最小数目
气罐处所	2
气体管路环围的通风导管内	2
ESD防护式机舱	2
压缩机室（如有）	2
其它设有气体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 蒸汽浓度达到爆炸下限的20%时，应有声光报警。对于机舱内气体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 气体探测装置的声光警报应布置在驾驶室上和机舱控制室里。

5.3.5 气体管路的环围导管和机舱必须进行连续检测。

5.4 供气系统的安全功能

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 每一储气灌的气体燃料管路出口处（尽可能靠近储气灌）应装有一只可遥控的截止阀，

5.4.1.2 每台主机或发电机原动机应配置一组互锁气体阀，并满足以下要求：

（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：当发生本指南表 3 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成同一个阀体，当发生本指南表 3

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道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 对于单一燃料系统，当机舱内的通风失效时，应有以下措施：

a) 对于多机舱的燃气电力推进系统：另一台发动机应启动。当辅机与汇流排连接时，主机应自动关闭。

b) 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，则通风失效的机舱内的发动机应手动停车。

对于单机舱，当气体管路环回的导管中的通风失效时，倘若其它的供气系统准备好，，则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，方可启动气体系统。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，不得进行可能损害气体管路的任何操作。

发动机供气系统的监控 表 3

参 数	报警	气罐主阀 自动关闭	机舱供气 自动关闭	注释
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		

续表 3

参 数	报警	气罐主阀 自动关闭	机舱供气 自动关闭	注释
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⁾		
机 舱 内 导 管 内 气 体 探 测 高 于 30%LEL	X			若机舱内安装双套管
机 舱 内 导 管 内 气 体 探 测 高 于 40%LEL	X		X	若机舱内安装双套管
机舱内气体探测高于20%LEL	X			仅ESD防护式机舱 要求气体探测
机舱内气体探测高于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 ⁴⁾	X		X ²⁾	
机舱内导管通风失效 ⁴⁾	X		X ²⁾	机舱内安装双套管
机舱内通风失效	X		X	仅ESD防护式机舱
机舱内火灾探测	X		X	
供气管路内异常气体压力	X		X ²⁾	
阀门控制工作介质失效	X		X ³⁾	须延时
发动机自动停车（发动机故障）	X		X ³⁾	
发动机紧急停车	X		X	
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上、主 阀安装在导管外部，则仅通往探测有气体存在的导管的供气管路上的主阀应关闭。 2) 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。 3) 仅气体互锁阀关闭。 4) 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。				

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。

6.1.2 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。

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

6.1.4 当燃料通过混合器与空气混合后进入汽缸，位于汽缸前的燃气进气总管上应安装防爆安全阀或其它防爆设施，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。

6.1.5 排气管应配有防爆安全阀，其尺寸足以预防当气缸发生点火故障时而产生剩余未燃烧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。

6.1.6 气体燃料发动机的曲轴箱应按《钢质海船入级规范》第3篇第9章的规定配有防爆安全阀、油雾探测器和可燃气体探测设备。同时，曲轴箱应设有单独的通风系统，保证泄漏的气体排至开放的安全地方，通风口应安装火焰消除器。

6.1.7 所有防爆安全阀的释放口应通向机器处所外。

6.1.8 燃气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。

6.2 双燃料发动机的功能要求

6.2.1 起动、正常停车和低功率运行应仅使用燃油燃料。

6.2.2 如果燃气供应关闭，发动机应能仅使用燃油持续运转。

6.2.3 燃气操作的转换（由燃油操作转换为燃气操作和由燃气操作转换为燃油操作），应仅在一个功率级下可实现，在此功率级下，实现此转换的可靠性可以通过试验进行证明。燃气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，应同时切断燃气供应，不得滞后于燃油切断的时间。燃

气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调节油来进行点火。喷向各汽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燃气供应，不得停止供应调节油。

6.3 单燃料燃气发动机的功能要求

6.3.1 起动程序应为：当发动机达到最低转速。开始点火时，方可向气缸喷射燃气。

6.3.2 如果在燃气喷射阀开启后一定时间内发动机探测系统尚未检测到点火成功，燃气供应自动关闭，且起动程序应终止。应采取措施将排气管中的未燃气体从排气管中排除。

6.3.3 正常和应急停车，首先应切断气体燃料供应线。