海安会 MSC.1/Circ.1701 通函
(2026 年 7 月 7 日)

船舶使用氢燃料安全暂行指南

1　海上安全委员会在其第 111 届会议（2026 年 5 月 13 日至 22 日）上，审议了货物和集装箱运输分委会在其第 11 次会议（2025 年 9 月 8 日至 12 日）上提出的提案，认识到为船舶安全使用氢为燃料提供指导的重要性，以确保至少达到新安装的同类传统燃油主辅机械装置同等的安全和可靠性水平，批准了《船舶使用氢燃料安全暂行指南》，其文本载于附件。

2　提请各成员国使船厂、制造商、船东、船舶管理公司、船长和船员、光船租赁商和所有其他相关方注意到本暂行指南。

3　还提请各成员国向本组织介绍其在使用本暂行指南过程中所获得的经验，以便委员会对本暂行指南进行持续审查。

附件

船舶使用氢燃料安全暂行指南

1 引言

1.1 《船舶使用氢燃料安全暂行指南》旨在为使用氢燃料的船舶提供一份国际标准。

1.2 本暂行指南的基本理念是，通过制定使用氢燃料的机械、设备和系统在布置、安装、控制和监测方面的规定，以将对船舶、船上人员和环境的风险降至最低。

1.3 在制定本暂行指南的整个过程中，认识到其中的规定必须基于完善的造船和工程学原理，以及对现有运行经验、现场数据和研发成果的最优理解。本暂行指南阐述了使用氢燃料需重点考虑的各个方面。

1.4 本暂行指南遵循目标型方法（MSC.1/Circ.1394/Rev.2 通函），为每个章节提出了目标与功能要求，形成使用氢燃料船舶的设计、建造和营运的基础。

1.5 本暂行指南的当前版本包括满足氢燃料功能要求的有关规定。

1.6 本暂行指南与经修正的 MSC.391(95)决议通过的《使用气体或其他低闪点燃料船舶国际安全规则》（IGF 规则）紧密相关，特别是第 3 章，其主要文本取自 IGF 规则的第 3 章，但已作修改以反映本暂行指南的建议性质。

2 通则

2.1 适用范围

除另有明文规定外，本暂行指南应适用于使用液化氢和/或压缩氢作为燃料、SOLAS 公约第 II-1 章 G 部分适用的船舶。

2.2 定义和缩写

2.2.1 参阅经修正的 MSC.391(95)决议通过的 IGF 规则 A 部分第 2.2 段中提供的定义。下文提供了其他定义。

2.2.2 就本暂行指南而言，所使用的术语在以下段落中定义。未定义的术语具有 SOLAS 公约第 II-2 章和 IGF 规则中的相同含义。

2.2.3 低温氢气是指在-183°C 或以下的足够低的温度以引起空气冷凝的氢蒸气。

2.2.4 压缩氢气是指在高于大气压的任何压力下包含的气态氢。

2.2.5 冷凝空气是指当空气暴露在低温下时，空气中的成分气体相变为液体或固体形式。

2.2.6 低温吸附是指低温系统中的一种情况，其中空气或其他气体由于泄漏而无意中进入真空绝热处所，随后被吸附在系统内极冷的表面上或被固定。

2.2.7 燃料系指氢，无论是液态还是气态。

2.2.8 燃料重整器是所有相关燃料重整设备的装置，用于将气态或液态初级燃料加工成重整燃料用作燃料。

2.2.9 非惰化是指空气中氧气含量超过 3%。

2.2.10 富氧是指空气暴露在低温下导致空气中氧气浓度增加到 23.5%以上的现象。

2.2.11 渗透性是指一种衡量材料允许物质（如流体或气体）顺畅通过程度的指标。

2.2.12 渗透是指气体、液体或蒸汽在分子水平上穿过固体材料（如薄膜、衬里或绝热材料）的过程。

2.2.13 一次燃料是供应给燃料重整器的燃料（如氨、甲醇、液化天然气、LOHC），在燃料重整器中重整为氢气。

2.2.14 重整燃料是指在燃料重整器中产生的氢气或富氢气体。

2.2.15 二层环围是指为含有燃料的管道和设备提供气密和液密屏障的围蔽。这包括但不限于双壁管道和导管。

2.2.16　自燃是指在没有任何外部点火源的情况下着火。这也包括由于低点燃能量（如静电放电、扩散点火）引起的着火。

2.3　替代设计

2.3.1　本暂行指南包括对所有与使用氢燃料相关的装置和布置的功能要求。

2.3.2　氢燃料系统的装置和布置可能偏离本暂行指南中的要求，条件是这些装置和布置能够满足本暂行指南的目标和功能要求，且能达到与有关章节要求同等的安全水平。

2.3.3　替代设计的等效性应按 SOLAS 公约第 II-1/55 条的要求予以证明，且应经主管机关批准。然而，主管机关不应允许用操作方法或程序替代本暂行指南规定的附件、材料、器具、仪器、设备的备件和型号。

3　目标和功能要求

3.1　目标

本暂行指南的目标是确保使用氢燃料的船舶，尤其是其推进机械、辅助发电装置和/或其他目的机械装置的安全和环保设计、建造和营运。

3.2　功能要求

3.2.1　系统在安全、可靠性和可依赖性方面应能与新的同规格传统燃油主辅机到达相同的完整性水平。

3.2.2　应通过布置和系统设计，将与氢相关的危害发生的概率和后果限制到最小。在氢泄漏或降低风险的措施发生故障时，应启动必要安全处置动作。

3.2.3　设计理念应确保对于燃料装置的降低风险措施和安全动作不会导致不可接受的动力损失。

3.2.4　应尽实际可行限制危险区域，将可能影响船舶、人员和设备安全的潜在风险降至最低。

3.2.5　安装在危险区域的设备应减少至仅为操作所需，且为合适和合格的设备。

3.2.6　应能防止易爆，易燃或有毒气体的浓度意外积聚。

3.2.7　应对燃料围护系统和燃料管系加以防护，以防止外部损坏。

3.2.8　应将危险区域内的着火源降至最少，以降低爆炸的可能性。

3.2.9　应对燃料供应、储存和加注装置进行安全和合适的布置，以使其在不泄漏状态时能接收和围护燃料。除了在必要时为安全起见，燃料供应、储存和加注装置的设计应能防止在所有正常工况下（包括未工作期间）进行排放。

3.2.10　管系、围护和超压释放装置应进行适当设计、构造和安装，满足其预定用途。

3.2.11　机器、系统和部件的设计、建造、安装、操作、维护和保护，应能保证其安全和可靠的运行。

3.2.12 具有非惰化环境且内部存在氢释放源的处所，其布置和位置应确保火灾或爆炸不会导致不可接受的电力损失，或使其他舱室中的设备无法运行。

3.2.13　应设置合适的控制、报警、探测和切断系统，以确保船舶安全和可靠运行。

3.2.14　应提供适用于所有相关处所和区域的有效泄漏检测方法。

3.2.15　应针对有关危险设立探火、防火和灭火措施。

3.2.16　燃料系统以及用气设备的调试、试验和维修应能满足安全性，可用性和可靠性的目标。

3.2.17　技术文件应允许评估系统及其部件是否符合所采用的适用规范、指南、设计标准和与安全性、可用性、可维护性和可靠性相关的原则。

3.2.18　技术系统或部件的一个单一故障不应导致一种不安全或不可靠的情况。

3.2.19　应采取措施防止形成富氧或贫氧的空气，以及低温引起的固态空气沉积物或液体空气池的积聚。

4 一般要求

4.1 目标

本章的目标是确保所涉及的风险都进行了必要的评估，以消除或减轻对船上人员，环境或船舶的任何不利影响。

4.2 风险评估

4.2.1 应进行全面的风险评估，确保由于使用氢燃料而产生的影响船上人员、环境、结构强度或船舶完整性的风险均得到处理。在出现任何可合理预见的故障后，应考虑与物理布局、操作和维护有关的危险。

4.2.2 风险评估应特别考虑氢系统的完整性，重点关注其防止和隔离泄漏的能力，并评估潜在的点火机制以及点火后果。应特别关注（但不限于）以下与氢燃料相关的具体危害要素和管控要点：

.1 所有系统：

.1 氢脆；

.2 天然渗透性；

.3 泄漏探测；

.4 点火源和自燃机制；和

.5 喷射火、闪火、爆燃、爆轰和事故升级。

.2 液化氢燃料系统还应考虑：

.1 低温影响；

.2 空气和其他气体的冷凝还应考虑；

.3 富氧；和

.4 低温吸附。

.3 加压或压缩氢燃料系统还应考虑：

.1 高压泄漏；和

.2 泄压装置开启；

.4 可移式燃料围护系统还应考虑：

.1 吊装作业；

.2 连接和断开；

.3 额外的泄漏源；和

.4 每次可移式燃料罐连接和断开后，对氢气系统进行吹扫和除气、重新吹扫和充气。

4.2.3 风险评估过程应证明 3.1 所述的目标和 3.2 所述的功能要求已得到满足。

4.2.4 应采用可接受和公认的风险分析技术来进行风险分析。分析应确保尽可能消除风险。不能被消除的风险应视需要予以减轻。风险的细节以及减轻风险的措施，应形成文件并使主管机关满意。

4.3 爆炸和火灾后果的限制

4.3.1 在开敞甲板上因氢气泄漏引发的爆炸或火灾，或在含有氢气泄漏源和非惰化舱室中发生的爆炸或火灾，不应导致：

.1 损坏或破坏事故发生处所以外的其他处所内的设备/系统的正常功能；

.2 以主甲板以下进水或任何渐进式进水的方式损害船舶；

.3 对工作区域或起居处所造成损坏，致使正常操作条件下居住在这些区域内的人员受伤；

.4 影响配电所必需的控制站和配电室的正常运行；

.5 损害救生设备或相关释放装置的布置；

.6 干扰位于爆炸处所以外的消防设备的正常运行；

.7 对船舶其他区域造成影响，进而能引发涉及货物、气体、加注的燃油等在内的连锁反应；；

.8 妨碍人员前往救生设备或阻碍逃生路线；或

.9 影响燃料围护系统。

4.3.2 由二层环围结构保护的燃料管道和设备不被视为潜在的氢气泄漏源。

5 船舶设计与布置

5.1 目标

本章目标是对动力设备、氢储存系统、氢供应设备及加注系统的安全位置、处所布置及机械防护提出技术要求。

5.2 功能要求

5.2.1 本章与 3.2.1 至 3.2.3、3.2.5、3.2.6、3.2.8、3.2.12 至 3.2.15 和 3.2.17 至 3.2.19 中所述的功能要求相关。尤其是下列要求应适用：

.1 燃料围护系统的布置应尽量减少下列情况：

.1 考虑船舶的安全操作以及与船舶可能相关的其他危险，发生碰撞或搁浅后的损伤概率；和

.2 船舶操作、货物操作和环境条件造成的机械损伤风险，无论是将燃料舱布置在远离此类危险的位置或提供机械保护；

.2 燃料围护系统、燃料管系及其他燃料释放源应布置成使得泄漏的氢通向露天的安全位置和开敞甲板，而不在封闭或拥挤的区域内积聚；

.3 含有氢释放源的处所的通道或其他开口，应布置成可燃或窒息性气体不会泄漏至设计时未考虑存在这些气体的处所；

.4 燃料管系的位置和布置应减少：

.1 考虑船舶的安全操作以及与船舶可能相关的其他危险，发生碰撞或搁浅后的损伤概率；和

.2 船舶操作、货物操作和环境条件造成的机械损伤风险；

.5 推进系统和氢燃料供应系统应设计成任何氢泄漏后的安全动作不会导致不可接受的动力损失；

.6 应将含有氢用气设备或燃料管系的处所内发生氢气爆炸的可能性降至最低；

.7 包含燃料管系的处所应防止因氢泄漏导致压力积聚进而造成损坏；

.8 在含有液化氢的处所内，燃料泄漏、真空丧失或燃料舱或管系的绝缘劣化不应损害结构材料的完整性；和

.9 在含有液化氢的处所内，燃料泄漏、真空丧失或燃料舱或管系的绝缘劣化不应损害船舶安全所需的安全系统或部件的功能。

5.3 一般要求

5.3.1 IGF 规则 A-1 部分中的 5.3.3 或 5.3.4 要求应适用于使用氢燃料的船舶。

5.3.2 开敞甲板上包含氢释放源的处所、舱室和区域，包括加注站，不应允许氢气积聚，并应布置成无阻碍的扩散路径。

5.3.3 集合站和救生设备以及其通道不应位于 12.5 中所规定的危险区域内。

5.4 机器处所布置的规定

5.4.1 设有氢燃料系统和/或氢燃料机器的机器处所，其布置应使该处所在所有情况下（包括正常和异常情况下）均可视为气体安全，即本质气体安全。

5.4.2　气体安全机器处所发生的单一故障，不应导致气体燃料泄漏到该机器处所内。

5.4.3　气体安全机器处所可按常规机器处所进行布置。

5.4.4　机器处所限界面内的所有燃料管路，应按照第 9 章的要求围蔽在气密环围内。

5.4.5　通向机器处所的通道不应位于危险区域。

5.4.6　尽管有上述规定，但如果满足 2.3 的规定，其他机器处所概念也是允许的。此类布置的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和要点。

5.5　燃料电池动力装置的布置原则

燃料电池装置的布置应符合《船舶应用燃料电池装置安全暂行指南》（MSC.1/Circ.1647）。

5.6　燃料管系的位置和防护规定

5.6.1　燃料管路距离舷侧外板（包括船舶尾端点）应不少于 800 mm。

5.6.2　即使燃料管系有二层环围保护，燃料管路不应直接通过 SOLAS 公约所定义的起居处所、服务处所、电气设备间或控制站。

5.6.3　通过滚装处所、特种处所以及开敞甲板上的燃料管路应进行保护，以防止机械损伤。

5.7　燃料准备设备的设计规定

5.7.1　燃料准备设备应位于开敞甲板上具有自然通风和泄漏可无阻碍扩散的区域。

5.7.2　尽管有 5.7.1 的规定，蒸发器、热交换器和浸没在燃料舱内的泵用电机也可布置在燃料舱接头处所（如有）或符合 5.8 规定的其他处所内。

5.7.3　尽管有 5.7.1 的规定，如果符合 2.3 的规定，燃料准备设备也可布置在封闭或半封闭的处所内。此类布置的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和要点。

5.8　液化氢燃料舱接头处所的规定

5.8.1　除非位于开敞甲板上（具备自然通风且泄漏可无阻碍扩散），否则燃料舱接头、法兰和燃料舱阀应封闭在按照这些规定布置的燃料舱接头处所内。

5.8.2　燃料舱接头处所内管系的所有部分应配备其设计为能安全容纳燃料泄漏的二层环围。

5.8.3　燃料舱接头处所与船上其他处所之间的限界面应气密。

5.8.4　燃料舱接头处所的舱壁材料的设计温度应与其所能承受的最低温度相匹配。

5.8.5　液化氢燃料舱或管系内的真空绝热损失，不应因低温导致燃料舱接头处所中的必要安全功能失效。

5.8.6　除非燃料舱接头处所的通道是独立且直接通往开敞甲板，否则应布置成螺栓式舱口。螺栓式舱口应位于通过空气闸进入的气密构造的保护性入口空间内。

5.9　压缩氢燃料舱接头处所的规定

5.9.1　除非位于开敞甲板上（具备自然通风且泄漏可无阻碍扩散），否则燃料舱接头、法兰和燃料舱阀应按照这些规定布置在燃料舱接头处所内。

5.9.2　燃料舱接头处所的设计应通过始终保持惰性气体环境以防止处所内泄漏气体被点燃。

5.9.3　燃料舱接头处所的布置应尽可能减少其容积。

5.9.4　燃料舱接头处所应保持气密。

5.9.5　燃料舱接头处所应能够承受泄漏场景下可能出现的最高压力。

5.9.6　燃料舱接头处所应配备连续有效的泄漏探测措施。

5.9.7　燃料舱接头处所应配备带透气系统的压力释放装置，以将泄漏的气体泄放到开敞甲板上的安全位置。

5.10　舱底水系统的规定

5.10.1　安装在可能存在氢气区域的舱底水系统，应独立于其他不存在氢气处所的舱底水系统。

5.10.2　燃料舱的舱底水系统设有惰性环境控制时不被视为危险，其应独立于其他处所的舱底水系统。

5.10.3　舱底系统应配备舱底井高位报警器。如果可能发生液化氢泄漏，应安装低温报警器。

5.11　集液盘的规定

5.11.1　**集液**盘应安装在可能发生空气冷凝进而可能会对船舶结构造成损坏的位置，或者由于冷气泄露导致空气冷凝进而船舶结构的位置。

5.11.2　**集液**盘应由适合收集液氧的材料制成。

5.11.3　**集液**盘与船舶结构之间应绝热，以免周边的船体或甲板结构遭受不可接受的低温。

5.11.4　每个**集液**盘应配备一个排水阀，以便将雨水排放至舷外。

5.11.5　每个**集液**盘应具有足够的容量和隔热能力（可考虑主动加热装置），以确保根据风险评估可以处理最大的潜在空气冷凝量。

5.11.6　当**集液**盘用于收集冷凝空气时，应通过设计确保在任何场景下，泄露的液化氢都不会与液氧冷凝氧物混合。

5.12　围蔽处所入口及其他开口的布置规定

5.12.1　不应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须设有此类开口，则应设置符合 5.13 要求的空气闸。

5.12.2　如果燃料准备间经批准位于甲板以下，则应尽实际可能设有一个直接从开敞甲板通往该舱室的独立通道。如果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 5.13 的空气闸。

5.12.3　除非通往燃料舱接头处所的通道是独立的，且可以直接从开敞甲板进入，否则应将其布置为螺栓连接式舱盖。包含螺栓连接式舱盖的处所应为危险处所。

5.12.4　对于惰性处所，其通道应布置成能防止人员意外进入。如果这些处所的通道不通往开敞甲板进入这些处所，则其密封装置应确保防止惰性气体不会泄漏至相邻的处所。

5.13　空气闸的规定

5.13.1　空气闸是由气密舱壁所围蔽的处所，舱壁上设有两扇能确保气密的钢质门，两扇门之间距离至少为 1.5m，但不大于 2.5m。除非《国际载重线公约》另有规定，否则通往危险区域的空气闸门槛高度不应小于 300mm。此类门应为自闭式，且无任何门背扣装置。

5.13.2　空气闸应进行机械通风，且应对相邻的危险区域或处所保持正压状态。

5.13.3　空气闸应设计成当被其所隔离的危险处所内发生最严重事故时，不会有气体从气体危险处所泄漏至安全处所。此类事故应根据 4.2 的要求通过风险分析进行评估。

5.13.4　空气闸应具有合适的几何形状，以防止氢气积聚。

5.13.5　空气闸应为人员提供自由便捷的通道，其甲板面积不应小于 1.5m^2。空气闸不应用于其他目的，例如作为储藏室。

5.13.6　空气闸的两端应配备声光报警系统，当有多于一扇门从关闭位置上开启时应发出声光报警。

5.13.7　对于其通道通往甲板以下危险处所，且该通道采用了空气闸保护的非危险处所，当危险处所内的负压失压时，通信非危险处所的通道应被限制，直到通风系统重新恢复。当空气闸失压时，应在有人值守的位置发出声光报警，以显示空气闸失压和空气闸门开启状态。

5.13.8　为通向惰化处所（如燃料舱接头处所）的出入口所在的小型处所（作为过渡区域）设置空气闸时，则该小型处所应配备通风和缺氧探测装置。

5.13.9　安全所需的关键设备不应断电，且应为合格防爆型。其可能包括照明、火灾探测、公共广播和通用报警系统。

5.14　压缩氢气的储存布置

5.14.1　燃料围护系统和压缩氢气的相关接头和设备应位于开敞甲板上，该区域应具有自然通风条件且不会阻碍泄漏气体扩散。

5.14.2　尽管有 5.14.1 的规定，但只要满足 2.3 的规定，就可以在封闭或半封闭的处所内储

存氢气。此类布置的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和主题。

5.15 液化氢的储存布置

5.15.1 燃料围护系统和压缩氢气的相关接头和设备应位于开敞甲板上，该区域应具有自然通风条件且不会阻碍泄漏气体扩散，。

5.15.2 尽管有 5.15.1 的规定，如果满足 2.3 的规定，也可以在围蔽或半围蔽的处所内储存液化氢。此类布置的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和要点。

6 燃料围护系统

6.1 目标

本章的目标是对氢进行适当储存，使其对船上人员、船舶和环境的风险降至最低，并与常规燃油船舶达到同等水平。

6.2 功能要求

6.2.1 本章与 3.2.1 至 3.2.19 所述的功能要求相关，特别应满足如下要求：

6.2.2 燃料围护系统应设计成燃料舱或其接头的泄漏不会危及船舶、船上人员或环境。应避免的潜在危险包括：

.1 空气中的水分形成冰；

.2 形成冷冻或液化的空气；

.3 船体材料暴露在低于可接受极限的温度下；

.4 燃料泄漏形成易燃易爆环境；

.5 因燃料和惰性气体造成的缺氧；

.6 易燃燃料扩散到有点火源的地方；

.7 通往集合点、脱险通道和救生设备（LSA）的通道受限；和

.8 LSA 可用性降低。

6.2.3 燃料围护系统的设计应使燃料温度和压力保持在设计限制范围内。

6.2.4 液化氢燃料围护系统的设计应通过提供足够的绝热和/或通过处理蒸发气体的系统以尽量减少运营过程中的排放。

6.2.5 燃料围护系统的设置应设计成任何气体泄漏后的安全动作不会导致不可接受的动力损失。

6.2.6 如果可移式燃料舱用于燃料储存，燃料围护系统的设计应提供与永久安装的燃料舱同等的安全性。

6.2.7 燃料围护系统应采用适用于氢气环境的材料制造。

6.2.8 由复合材料制成的压缩氢燃料围护系统，其设计应能提供与 IGF 规则所规定的燃料舱类型相同的安全水平，同时考虑其耐火性、抗冲击性、压力释放装置以及连接系统的隔离。

6.2.9 燃料围护系统应配备压力释放系统，该系统旨在将氢气安全排放至露天的安全位置。

6.2.10 燃料围护系统应能够吸收极端燃料温度引起的热膨胀或收缩，以及燃料舱和船体结构的运动和偏转，而不会产生实质性的应力。

6.2.11 真空绝热层的损失不应导致不安全状况。

6.3 燃料围护系统的一般规定

6.3.1 就 C 型独立燃料舱而言，燃料舱与第一个阀门之间的管路应具备与 C 型独立燃料舱同等的安全水平，其动态应力应不大于 IGF 规则 A-1 部分 6.4.15.3.1.2 的给定值。

6.3.2 应设有安全排空燃料舱的措施。

6.4 液化气体燃料围护系统的规定

6.4.1 除另有明文规定外，IGF 规则 A-1 部分 6.4 的要求应适用于使用氢燃料的船舶。

6.4.2 本暂行指南中关于液化氢燃料围护的规定仅适用于真空绝热 C 型独立燃料舱。IGF

规则 A-1 部分 6.4 中与其他燃料舱类型相关的要求不适用于使用液化氢燃料的船舶。

6.4.3　尽管有 6.4.2 的规定，但只要满足 2.3 的规定，就可以允许在真空绝热 C 型以外的其他燃料舱型中储存液化氢。此类安排的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和主题。

6.4.4　在评估 IGF 规则 6.4.15.3.1.2 中的动态膜应力时，应考虑燃料舱壳体材料的氢暴露情况和预期的应用温度。

6.4.5　除了 IGF 规则 6.4.8 之外，下列关于绝热的规定应适用：

.1　当绝热性能可能因单一损坏而劣化时，应根据劣化情况采取适当的安全措施。对于真空绝热燃料舱而言，压力释放阀的排量和相关管道的尺寸应能同时承受火灾热负荷和绝热损失。当风险评估证明合理时，压力释放阀的排量和相关管道的尺寸可以根据火灾热负荷或真空绝热损失确定，以较大者为准。

.2　绝热应能防止环境空气（即氧气、氮气等）液化和固化。

.3　绝热材料应能抵抗空气冷凝和随后在低温下蒸发引起的高氧气浓度的影响。

.4　真空夹套系统的设计应适应内边界的热柔性，并允许夹套产生自然的热位移。

.5　燃料围护的真空夹套系统应与管道真空夹套系统分开。

6.4.6　作为 IGF 规则 6.4.14.1.1 的替代，燃料舱壳体的所有焊接接头应为平面对接的全焊透型。仅对于气室与壳体的连接，可根据焊接工艺批准时进行的测试结果，使用全焊透型 T 型焊接。

6.4.7　连接到燃料舱的管道应由二层环围予以保护，该保护应覆盖真空绝热空间内并延伸至第一个阀门。

6.4.8　应能使用燃料管系进行燃料舱内气体的排空、吹扫和透气。船上应提供执行这些程序的说明。在采用干燥空气进行透气之前，应使用惰性气体进行惰化，以避免燃料舱和燃料管道中出现爆炸性危险环境。详细规定见 6.10。

6.5　可移式液化氢燃料舱的规定

6.5.1　本暂行指南中不包括可移式液化氢燃料舱的规定。IGF 规则 A-1 部分 6.5 关于可移式液化气体燃料舱的要求不适用于使用液化氢燃料的船舶。

6.5.2　尽管有 6.5.1 的规定，但满足 2.3 的规定时，可允许在可移式燃料舱中储存液化氢。此种做法的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和主题。

6.6　压缩氢气围护系统的规定

6.6.1　压缩氢气燃料舱应按照公认的国际标准[1]建造，并得到主管机关对预期应用的认可。

6.6.2　每个压缩氢气瓶应配备一个直接安装在氢气瓶上或其内部的、故障安全型自动截止阀。

6.6.3　应提供足够的措施，以便在发生可能影响燃料舱的火灾时对燃料舱进行减压。这可能包括温度驱动的安全泄压系统，例如热激活的泄压装置（TPRD）。安全泄压装置的泄压能力和泄放面积应进行设计和计算，以确保额定容量。

6.6.4　燃料舱和燃料舱支座的设计应能承受 IGF 规则 A-1 部分 6.4.9 中规定的设计载荷。此外，应考虑以下负载情况：

.1　当燃料舱减压或加压时，由于压力降低或升高而导致的温度变化；和

.2　IGF 规则 A-1 部分 6.4.12.2 中定义的疲劳载荷。

6.6.5　可移式压缩氢气围护

6.6.5.1　除 6.6.1 至 6.6.4 外，以下规定应适用于可移式压缩氢气围护。

6.6.5.2　装有压缩氢气的可移式燃料舱可以设计为多元气体容器（MEGC）或罐式容器，或类似的围护系统。

6.6.5.3　燃料支撑结构和/或容器框架的设计应符合预期目的。

6.6.5.4　用于船上吊装的可移式燃料罐应针对装卸过程中最不利跌落的场景进行设计，并在

---

1 适用于复合燃料舱（IV 型压力容器）的标准示例：EN 17339、ISO 11119-3、EN 12245。

4.2.2 所要求的风险评估中予以考虑。

6.6.5.5　可移式燃料舱应按照本暂行指南的规定布置在专用区域内。

6.6.5.6　可移式燃料舱在与船舶系统连接时应固定在甲板上。燃料舱支撑和固定的布置应针对设计载荷进行设计，并考虑船舶特性以及该燃料舱的位置。

6.6.5.7　可移式燃料舱的泄压系统应连接到符合 6.7 的固定通风系统。

6.6.5.8　与船舶燃料管系的连接应通过经批准的柔性软管或其他合适的方式进行，以提供足够的灵活性。

6.6.5.9　燃料舱的连接应设计为能实现干式断开操作。

6.6.5.10　应采取措施以尽量减少非永久性连接意外断开或破裂时释放的燃料量。

6.6.5.11　应提供验证可移式燃料舱和气瓶与船舶燃料系统连接之前的装载条件（燃料温度和压力）的措施。

6.6.5.12　可移式燃料舱的控制和监测系统应集成到船舶的控制和监控系统中。可移式燃料舱的安全系统（例如燃料舱阀门的断闭系统、泄漏/气体检测系统）应集成到船舶的安全系统中。

6.6.5.13　应确保安全接近燃料舱接头处进行检查和维护。

6.6.5.14　在与船舶的燃料管系连接后，除压力释放系统之外，每个可移式燃料舱应能够随时隔离。对一个燃料舱进行的隔离不应影响其余可移式燃料舱的可用性。

6.6.5.15　可移式燃料舱的设计寿命不应低于 20 年。

6.7　压力释放系统的规定

6.7.1　除非另有明确规定外， IGF 规则 6.7 条的要求适用于使用氢燃料的船舶。

6.7.2　压缩氢气和液化氢燃料舱透气口的透气桅高度和距离要求应被为最小值，并通过气体扩散分析和热辐射分析进行验证，同时考虑 6.7.3 的要求。如果证明提供了同等的安全性，经主管机关的特别考虑，透气桅的高度和距离可以限制在较低的值。

6.7.3　应对透气排放的氢气被点燃的后果进行扩散分析和热辐射分析，以验证其对人员、船体结构和暴露设备（包括救生设备和逃生通道）的影响处于可接受的水平。

6.7.4　透气管出口和连接的通风管的设计应尽量减少通风管自燃的风险。

6.7.5　透气管出口和连接的通风管的设计应能承受所有可预见场景下的最大预期爆炸压力。

6.7.6　如果存在爆炸损坏桅杆和系统的可能性，应安装惰性气体系统，以防止形成爆炸云。

6.7.7　液化氢燃料围护的透气管出口和连接的通风管的布置应防止冷凝空气成分在通风管内或通风管上积聚，并应具有适当的设计和构造，以防止因结冰而堵塞。

6.7.8　透气桅出口通常不应配备阻火器。但应采取措施防止异物进入。

6.7.9　每个液化燃料围护系统的压力释放阀均应设计为 100%容量，压力释放管路的尺寸应能满足所有连接的燃料舱同时释放的要求。

6.7.10　每个压缩氢气瓶均应配备一个单独的压力释放装置或紧急泄压阀，该装置或泄压阀连接到透气桅，并能够在安全位置手动启动。

6.7.11　压缩氢气瓶应配备温度驱动安全泄压系统，例如热激活泄压装置（TPRD）或类似系统，以便在外部火灾时自动降低燃料舱压力。

6.7.12　应评估环境因素（如雨、冰等）对 TPRD（如提供）性能的影响，并提供适当或替代的措施。

6.7.13　压力释放装置应能够完全排出气瓶内容物，即使在紧急泄放场景下也是如此。多气瓶布置时，应能实现受控泄放或紧急泄放场景下的单独或同时泄放。

6.7.14　高压气体释放系统和低压气体释放系统不应结合使用。

6.7.15　二层环围空间的压力释放装置排放物应直接通向透气桅。

6.7.16　透气桅和与其连接的透气管应进行电气连接，以防止静电积聚。

6.7.17　除非主管机关按照 6.4.3 的规定接受，否则 IGF 规则 6.7.2.3 的要求不适用于使用氢燃料的船舶。

6.8　液化氢燃料舱装载限制的规定

6.8.1　除非另有明确规定外， IGF 规则 6.8 的要求应适用于使用氢燃料的船舶。

6.9　维持液化氢燃料储存条件的规定

6.9.1　除非另有明确规定外， IGF 规则 6.9 的要求应适用于使用氢燃料的船舶。

6.10　液化氢燃料围护系统内大气控制规定

6.10.1　应布置管系，使每个燃料舱能够采用惰性气体安全除气，并在除气后条件下安全地充装燃料。该系统的布置应尽量减少在改变气体环境后残留气体或空气的可能性。

6.10.2　系统的布置应避免惰性气体在冷却和装载液化氢时在系统中冷凝或固化。

6.10.3　除非对安全置换气体是必要的，否则不应安装气体取样点。

6.10.4　用于在燃料舱中吹扫氢气的惰性气体成分应具有足够的纯度以防止燃料舱中形成可燃气体环境。

6.10.5 可从船外部提供用于燃料舱除气的惰性气体。

6.11　燃料舱处所内环境控制规定（C 型独立燃料舱以外的燃料围护系统）

6.11.1　本暂行指南中关于液化氢燃料储存的规定仅适用于真空绝热型 C 型独立燃料舱。IGF 规则 A-1 部分 6.11 条中涉及其他燃料舱类型的要求，不适用于使用液化氢燃料的船舶。

6.11.2　尽管有 6.11.1 的规定，但满足 2.3 的规定时，可允许在真空绝热 C 型以外的其他燃料舱中储存氢。此种做法的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的危害和主题。

6.12　真空损失时真空绝热 C 型独立燃料舱周围空间的环境控制规定

6.12.1　真空绝热损失对燃料舱内大气的影响/后果（对于装有真空绝热的燃料舱）应在 4.2.2 要求的整体风险评估中进行评估。

6.12.2　氢燃料舱周围的处所或区域应能承受潜在的真空损失结果，例如：

.1　液态空气的产生；

.2　氧气富集；和

.3　在真空突然丧失的情况下启动减压机制。

6.13　惰化的规定

6.13.1　应按以下规定进行设置，以防止燃料蒸气回流至惰性气体系统。

6.13.2　为防止可燃气体回流至任何非危险处所，惰性气体供应管路应设置两个串联的截止阀，并在此两阀之间设置一个透气阀（双截止透气阀）。这些阀应设置在非危险处所之外。

6.13.3　与燃料管系的连接为非永久性连接时，6.13.2 中的阀可用两个止回阀代替。

6.13.4　应使每个被惰化的处所均能被隔离，并应设有必要的控制设备和释放阀等，以控制这些处所内的压力。

6.13.5　此外，考虑到吹扫气体的各自沸点，吹扫气体应适合系统工作温度。应提供安全监测吹扫效果的装置。

6.14　船上惰性气体的制造和储存

6.14.1　除非另有明确规定外， IGF 规则 6.14 的要求应适用于使用氢气燃料的船舶。

6.14.2　以下规定替代 IGF 规则 6.14.1，应适用：

.1　设备应能够产生氧气含量（按体积计）在任何时候都不超过 3%体积的惰性气体；和

.2　应在设备的惰性气体供应处安装一个连续读数的含氧量测定表，并应配备一个报警装置，报警装置设置的氧气体积含量最高为 3%。

6.14.3　除了 IGF 规则 6.14 以外，下列规定应适用：

.1　对于二层环围的惰化，惰性气体供应应冗余且容量充足，系统应通过监测和报

警避免氢燃料被过多的污染；和

.2 对于高压氢气系统二层环围的，惰性气体系统的容量应适合在高压泄漏和随后围护完整性丧失（如爆破片破裂）后对进行吹扫。

6.15 真空的规定

6.15.1 管道真空夹套处所应隔离，以尽可能限制受真空损失影响的区域。

6.15.2 真空系统的压力泄放装置应连接至能够处理低温氢气的透气桅，并设置单独的排放口。

6.15.3 真空空间的压力泄放装置应设计为能防止空气低温吸附。

7 材料与一般管路设计

7.1 目标

本章的目标是基于所涉及产品的性质，确保在所有操作条件下安全处理燃料，以将对船舶、船上人员和环境产生的风险降至最低。

7.2 功能要求

7.2.1 本章涉及 3.2.1、3.2.5、3.2.6、3.2.8、3.2.9 和 3.2.10 中所述的功能要求。具体而言，适用以下规定。

7.2.2 燃料管路应能吸收由燃料极端温度引起的热膨胀或收缩，而不致于产生过大应力。

7.2.3 应对管路、管系部件以及燃料舱采取保护措施，以防由于热变形和燃料舱及船体构件的移动而引起的过大应力。

7.2.4 应采取措施最小化管系泄漏的可能性和泄漏量。

7.2.5 必要时，应对液化氢燃料管系与其邻接的船体构件进行热隔离，以防船体温度降至船体材料的设计温度以下。

7.2.6 所有与氢气接触的部件所使用的材料应能承受氢脆和氢侵蚀等现象。

7.2.7 可能与富氧环境接触的部件所使用的材料应能耐受高浓度氧的影响。

7.2.8 正常运行时，二层环围外表面的温度不得低于-183℃（标准大气压下氧的沸点）。

7.2.9 二层环围的隔热效率应足以最大限度地减少水分凝结，且围蔽的布置应便于在任何单一故障情况下收集和处理冷凝的空气组分气体。

7.2.10 表面温度低的燃料围护系统和管系中的部件的安装和保护应将对船上人员产生的任何风险降至最低，并防止因结冰导致的操作问题。

7.3 一般规定

7.3.1 除非另有明确规定，否则《IGF 规则》第 7.3 节的要求应适用于使用氢燃料的船舶。

7.3.2 氢燃料管系应尽量避免使用膨胀接头和波纹管。基于发动机安全理念所体现的评估结果，可接受发动机安装膨胀波纹管。

7.4 材料

7.4.1 一般规定

7.4.1.1 氢气系统中使用的材料应适用于系统预期的介质和服务。这应该通过根据公认的标准选择材料证明，该标准规定了材料对预期介质和服务的适用性，或者通过充分的合格性测试验证。材料合格性的测试范围应得到主管机关的认可。

7.4.1.2 设计温度低于-165°C 的材料要求应与主管机关达成一致。

7.4.1.3 合格性测试期间需要考虑的典型性能至少包括屈服应力、抗拉强度、延展性、断裂韧性、疲劳性能、氢脆、氢渗透性能、耐腐蚀性（如相关）和热膨胀系数。

7.4.1.4 在材料的特别考虑审查和验收过程中，还应考虑和解决包括但不限于以下事项：

.1 材料在操作条件下对氢的化学和物理作用的抵抗力，包括渗透性和孔隙率、强度和韧性（即延性到脆性转变）、在低工作温度下经历的高氧浓度的影响、氢

脆效应和高温氢侵蚀的考虑；

.2 材料对预期应用的适用性，包括低温和/或高温效应、热膨胀和收缩、热梯度、密切接触的不同金属的兼容性以及非导电材料中的静电电荷积聚/放电；和

.3 如果材料经过实验室的合格性测试，对于实验室测试样品和生产材料之间化学成分的可能变化，应在合格性测试报告中记录测试材料的化学成分，实际使用的钢材的化学成分差异不应超过公认标准的“允许公差”。

7.4.1.5 除非有数据表明材料适用于预期的使用条件，或者同意了合适的实验室测试制度以证明充氢气氛中的材料在可预见的操作场景下将保持所需的性能，否则不应将材料用于氢气服务。与在氢气环境中很少或没有使用历史的材料相比，应优先选择已成功用于氢气的材料。

7.4.1.6 在风险评估中，应酌情确定和考虑用于建造加注站、燃料围护系统（包括管道）、燃料供应系统和设备的所有材料。

7.4.2 金属材料

7.4.2.1 用于氢气系统的金属材料应适合其预期用途。

7.4.2.2 用于氢气罐结构的覆层材料的基体金属应为液化氢可接受的材料。压力设计中使用的厚度不应包括包层或衬里的厚度。

7.4.2.3 使用的许用应力应为设计温度下母材的许用力。

7.4.2.4 材料合格性的测试范围应得到主管机关的认可。通过测试对金属材料进行的合格性认证应解决以下问题：

.1 由于暴露于氢气而导致的材料性能退化，其中退化预计会随着温度和压力的升高而增加；

.2 由于低温导致的材料性能退化，预计退化会随着温度的降低而增加；和

.3 以上两者的综合影响[2]。

7.4.2.5 如果材料拟通过成型或焊接进行进一步加工/制造，则应考虑加工对相关性能的影响。

7.4.3 非金属材料

7.4.3.1 用于氢气系统的非金属材料应适合其预期用途。

7.4.3.2 在选择材料时，应考虑热膨胀系数（CTE）、导热系数和氢渗透系数。

7.4.3.3 垫片、填料或其他密封元件应考虑防火性能。

8 加注

8.1 目标

本章目标是提供合适系统以确保船上加注不会导致人员、环境和船舶遭受危险。

8.2 功能要求

8.2.1 本章相关功能要求见 3.2.1 至 3.2.11、3.2.13 至 3.2.17、和 3.2.19，尤其下列规定应适用。

8.2.2 用于输送燃料至储存舱的管路设计使得系统任何泄漏不会导致人员、环境和船舶遭受危险。

8.2.3 应保护加注系统免受机械损坏。

8.2.4 加注站的布置应能安全处理加注操作过程中的泄漏。

8.2.5 燃料加注系统应布置成能够远程和本地紧急停止燃料输送。

8.2.6 加注总管和燃料围护系统之间的管道应设计为在碰撞影响加注总管的情况下防止燃料围护的损坏。

8.2.7 燃料加注系统的设计应尽量减少燃料舱加注过程中释放到空气中的氢气量。

---

[2] 参见 ANSI/AIAA G-095-2004《氢气和氢气系统安全指南》中 10000 psi 和 72°F（~22°C）下材料对氢气脆化的敏感性。

8.2.8 应防止或至少减轻富氧环境的形成。

8.2.9 加注站应防止气体积聚。

8.3 加注站的规定

8.3.1 加注站应位于开敞甲板上，提供自然通风和畅通无阻的泄漏排放。加注站的设计应尽量减少泄漏对人员、环境和船舶的风险。

8.3.2 尽管有 8.3.1 的规定，但只要满足替代设计（SOLAS 公约第 II-1/55 条）的要求并令主管机关满意，就可以允许在围蔽或半围蔽处所内布置加注站。此类加注站的布置应通过以下方式尽量减少泄漏的后果：

.1 尽量减少泄漏造成的易燃气体积聚的体积；

.2 优化处所和船侧开口的几何形状，以释放爆炸压力；

.3 尽量减少拥堵，包括但不限于消除非必要的机械和设备，以降低严重爆炸压力的风险；

.4 使点火概率降至最低；和

.5 为相邻处所提供气密舱壁。

8.3.3 应具有对任何泄漏的燃料或冷凝空气进行安全处置的措施。

8.3.4 应能在安全位置控制加注。在此位置，应指示燃料舱压力以及自动和手动关停。此外，还应提供以下指示：

.1 液化氢加注、液位监测、溢流报警和关停；

.2 压缩氢加注、高温报警。

8.3.5 加注管线不得穿过起居舱、控制站或服务处所。

8.3.6 加注管线应按照 9.5 和 9.6 的要求设置二层环围，直至加注总管之上。

8.3.7 燃料加注总管连接和管道的位置和布置应使燃料管道的任何机械冲击损坏不会对船舶的燃料围护系统造成损坏，从而导致不受控制的气体排放。

8.3.8 应提供适当的方法对加注管线中的液体内容物进行减压和清除。液体应排放到液化燃料舱或其他合适的位置。

8.3.9 加注站的布置应防止周围的船体或甲板结构在燃料泄漏和/或空气冷凝的情况下受到不可接受的冷却。

8.3.10 船舶的燃料软管和相关配件应符合 IGF 规则 8.3.2 的要求。

8.4 加注总管

8.4.1 加注总管的设计应考虑承受加注过程中所受到的外部载荷，包括飘移场景。

8.4.2 加注接头应符合公认的标准，适用于燃料加注操作，并能够承受设计温度和设计压力。

8.4.3 加注站的接头的布置应实现干式断开操作。该干式断开操作应通过采用干式断开/连接接头进行。

8.4.4 尽管有 8.4.3 的规定，但只要满足 2.3 的规定并使主管机关满意，就可以允许以下实现干式断开操作的替代方法：

.1 手动连接接头或液压连接接头，用于将加注系统连接到接收船舶的加注总管对接法兰；或

.2 用螺栓连接的法兰对法兰组件。

8.4.5 如拟使用 8.4.3 和 8.4.4 中规定的任一连接方式，应结合操作程序以确保实现干式断开。应根据在设计阶段进行的加注布置风险评估对该布置进行特别考虑，并考虑加注总管连接处的动态载荷满足于主管机关接受的公认的标准、船舶的安全操作以及加注作业期间可能与船舶相关的其他危险。18.2.1.3 所要求的燃料处理手册应包含已进行加注布置风险评估，以及根据本要求已给予特别考虑的文件。

8.4.6 除非安装在加注管路的加注供应侧，且所述的方式满足于主管机关接受的等效标准，

否则应设有紧急脱离装置（ERC）/紧急脱离系统（ERS）或等效装置。该装置应能在紧急情况下使加注系统快速物理脱离（“干式脱离”）。

8.5 加注系统

8.5.1 在加注操作期间，压缩氢燃料舱不应超过最高设计温度。

8.5.2 在每个加注管路靠近连接处应设有一个手动操作的截止阀和一个遥控操作截止阀，或一个兼具手动和遥控操作的组合阀，在加注操作控制位置/或另外安全位置能对遥控阀进行操作。

8.5.3 应对加注管路进行惰化和除气，以便关停和维护。

8.5.4 当不进行加注时，加注管路中剩余的气态氢压力应降低到高于大气压的适当压力，以防止空气进入并降低高压泄漏的风险。

8.5.5 如果加注管路交叉布置，则应提供适当的隔离装置，以便燃料不会被无意输送到非加注测的管路。

8.5.6 应安装加注安全通讯线路或等效装置，以便于与加注源进行自动和手动紧急关停（ESD）通信。

9 燃料供应

9.1 目标

本章的目标是确保向设备安全可靠地供应燃料。

9.2 功能要求

9.2.1 本章涉及 3.2.1 至 3.2.6、3.2.8 至 3.2.11 及 3.2.13 至 3.2.17 和 3.2.19 中所述的功能要求。具体而言，适用以下规定。

9.2.2 燃料供应系统的布置应使燃料泄漏的后果减为最小。

9.2.3 燃料供应系统的布置应能为操作、维护、测试和检查提供安全的通道。

9.2.4 通往用气设备的燃料供应管系应设计为：单一屏障失效不会导致燃料从管系泄漏至周围区域，从而对船上人员、环境和船舶造成危害。

9.2.5 燃料管路的安装和防护应最大限度降低泄漏时对人员造成伤害和船舶造成损害的风险。

9.2.6 向设备供应燃料的管系应设计为：使泄漏发生后释放的氢气量降至最低。

9.3 氢气管道一般设计和布置

9.3.1 位于围蔽处所内的燃料管系应设置能安全容纳泄漏的二层环围。

9.3.2 氢气管系应尽可能采用焊接连接。

9.3.3 应能探测燃料管系中的泄漏，并自动隔离泄漏源。

9.3.4 应能在燃料舱边界处自动隔离燃料管系。

9.3.5 燃料管系的布置和安装应提供必要的灵活性，以在实际工况下保持管系的完整性，同时考虑潜在的疲劳因素。

9.3.6 当燃料舱或管系通过隔热材料与船舶结构分隔时，应对管道和燃料舱与船舶结构进行电气连接。所有带垫片的管路接头和软管连接应进行电气连接。

9.4 燃料供应的冗余规定

9.4.1 对于单一燃料装置，燃料供应系统应冗余和隔离布置，使得单一系统泄漏或单一燃料供应关键辅助设备故障不会导致不可接受的动力损失。当发生泄漏或故障时，根据 SOLAS 公约 II-1/26.3，考虑到整体安全因素，主管机关可接受较正常工况部分降低推进能力。

9.4.2 对于单一燃料装置，燃料应分别储存在两个或多个燃料舱。燃料舱的布置应提供冗余，以满足第 4.3 节的规定。

9.4.3 对于 C 型独立燃料舱，如设有两个完全独立的燃料舱接头处所，则可接受仅设置一

个燃料舱。

9.5 含有液化氢和低温氢气的燃料管系

9.5.1 液化氢和低温氢气的燃料管系应设置二层环围，以提供隔热和安全容纳泄漏的功能。

9.5.2 二层环围所使用的材料应能承受潜在泄漏的压力和温度。应为二层环围提供通向透气桅的压力释放装置。

9.5.3 在正常工况下，二层环围的外表面不应导致空气组分气体的冷凝，且设置能在任何单一故障的情况下收集和排放冷凝的装置或等效解决方案。

9.5.4 应对管系的每个分支进行完整的应力分析，分析需涵盖管路重量引起的所有应力，包括显著的加速载荷、内部压力、热收缩以及船舶中拱和中垂引起的载荷。

9.5.5 可能被隔离的氢管段应设置通向安全位置的合适的压力释放装置进行保护，以防止氢造成的压力积聚。

9.6 含有气体燃料的燃料管系

9.6.1 含有气态氢的管路及其组件应设置：

.1 惰性二层环围，如双壁系统；或

.2 具有通风的二层环围，如双壁管，但第 5.9 节中所述的围蔽结构除外，其通风能力应足以防止可能超过围蔽结构设计压力的爆炸，应根据第 4.3 节、第 12.3 节和第 13 章的规定进行验证。

9.6.2 单壁管可用于开敞甲板，但需根据第 12.3 节进行扩散分析和爆炸分析（如必要），以排除可能影响相邻结构或人员的可燃气云。

9.6.3 燃料管系的设计应尽量减少泄漏的规模、压力和持续时间。包括但不限于以下方式。

.1 在可行的情况下，通过应用减压装置将工作压力保持在尽可能低的水平；和

.2 设置由安全系统控制的自动切断阀。

9.6.4 应通过使用限流器、过流阀或类似装置进一步降低泄漏的后果。

9.7 阀门布置

9.7.1 燃料管系中的阀门应远程操作，以尽量减少人员暴露。这不适用于正常工作期间不操作的常闭并锁定的阀门。当安全系统需要采取行动时（如第 15 节所述），阀门应自动操作。

9.7.2 阀门应便于检查和维护。

9.7.3 通向每个或每组用气设备的主燃料供应管路应设置一个远程操作的截止阀和一个串联的自动操作的主气体燃料阀，或一个远程和自动操作的组合阀。阀门应位于包含用气设备的机器处所外的管路上，并尽可能靠近用气设备。当安全系统按照第 15.2.2 条的要求被触发时，主气体燃料阀应自动切断燃料供应。

9.7.4 通向每个用气设备的燃料供应管路应设置双截止透气阀。这些阀门应按照第 15 章的规定自动关闭。

9.7.5 两个截止阀应串联在通往用气设备的燃料供应管路中。透气阀应位于通向露天安全位置的管路上，该透气管路连接至两个串联阀门之间的燃料供应管路。

9.7.6 两个截止阀应为故障关闭型，透气阀应为故障开启型。除非失去操作电源，否则透气阀应仅在压力释放期间保持开启状态，直到压力释放结束，并保持关闭状态，以防止空气进入系统。应设置检测截止阀泄漏的装置。

9.7.7 尽管有第 9.7.6 条的规定，但允许在透气阀操作时采取其他措施防止空气进入系统，如惰化。

9.7.8 应设置阀门操作故障报警。在这种情况下，截止阀打开和透气阀打开是一种报警状态；如果检测到截止阀泄漏，则截止阀关闭和透气阀关闭是一种报警状态。同样，内燃机停止和截止阀打开也是一种报警状态。

9.7.9 双截止阀透气阀也应用于内燃机的正常停车。

9.7.10　当安全系统检测到燃料系统泄漏，随后主气体燃料阀自动关闭时，主气体燃料阀下游的整个燃料系统应自动减压并用惰性气体进行吹扫。
9.7.11　在双截止透气阀上游的每个用气设备的燃料供应管路上应设置一个手动截止阀，以确保发动机维护期间的安全隔离。
9.7.12　对于单发动机和多发动机，如每台发动机设置单独的主气体燃料阀，则可以将主气体燃料阀和双截止透气阀功能组合在一起。
9.7.13　自动主气体燃料阀应能在包含用气设备的机器处所内逃生通道上的安全位置、集控室（如适用）、机器处所外和驾驶室操作。
9.7.14　所有自动和远程操作的阀门应在远程操作位置设置阀门开闭指示。

10　动力装置（含推进及其他用燃料设备）

10.1　目标

10.1.1　本章的目的是保证机械能、电能或热能的安全、可靠转换与输送。

10.2 功能要求

10.2.1　本章与 3.2.1、3.2.3、3.2.11、3.2.13 和 3.2.16 至 3.2.19 所述的功能要求相关。尤其是下列要求应适用。
10.2.2　排气系统的构造应能避免产生未燃气体燃料的积聚；
10.2.3　含有或可能含有可燃氢的发动机部件或系统的设计应具有承受因点火气体泄漏而导致的最坏情况超压的强度。
10.2.4　所有燃料设备均应设置单独的排气系统。这不适用于燃料电池动力装置。
10.2.5　用氢设备的布置应防止氢气泄漏到辅助系统中。

10.3　往复式内燃机的规定

10.3.1　除非另有明确规定，否则 IGF 规则 10.3 的要求应适用于使用氢燃料的船舶。
10.3.2　在发动机的安全理念中，应考虑发动机本体及排气系统的吹扫方案。
10.3.3　安全理念应具体说明合理可预见故障（如超速、燃气泄漏）下的燃料安全切换流程的有效性。

10.4　往复式内燃机之外设备的规定

10.4.1　燃料电池的布置应符合《燃料电池动力船舶安全暂行指南》（MSC.1/Circ.1647）。
10.4.2　其他设备（如主锅炉和辅助锅炉或燃气轮机）的使用应符合 2.3 的规定并获得主管机关同意。

10.5　燃料重整设备的规定、

10.5.1　一次燃料系统的设计和布置应符合现有规则或涵盖一次燃料的临时指南的要求或规定。使用其他主要燃料应满足 2.3 的规定并获得主管机关同意。
10.5.2　将气态或液态一次燃料加工成重整燃料以用于燃料电池的燃料重整设备应按照燃料电池动力船舶安全暂行指南》（MSC.1/Circ.1647）进行布置。
10.5.3　如果满足 2.3 的规定，可以允许使用燃料重整设备将气态或液态一次燃料加工成重整燃料以用于内燃机。此类布置的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的后果和风险。

11　消防

11.1　目标

本章的目标是为与氢气燃料的储存、调节、输送和利用相关的所有系统部件提供防火、探火和灭火要求。

11.2 功能要求

11.2.1 本章与 3.2.2、3.2.4、3.2.5、3.2.6、3.2.7、3.2.12、3.2.14、3.2.15、3.2.17 和 3.2.19 的

功能要求相关。

11.2.2　燃料围护系统的位置及布置应尽可能降低因周围火灾导致过多热量输入的风险。

11.2.3　在火灾场景下，应能对开敞甲板上的燃料围护系统进行冷却。

11.2.4　应能够探测到氢气火灾，并能够应对氢气火焰可能不可见的情况。

11.2.5　应能扑灭由氢气系统引发的火灾。

11.2.6　安装固定灭火系统时，应适当考虑受保护处所的火灾增长潜力。

11.2.7　操作和意外燃料释放引起的着火不应使船上的结构件、设备和人员暴露在不可接受的热辐射水平下。

11.2.8　燃料系统中应安装隔离设备，以在发生泄漏燃料火灾时阻止氢气的流动。

11.3　消防

11.3.1　除非另有明确规定，否则 IGF 规则 11.3 条的要求应适用于使用氢燃料的船舶。

11.3.2　防火绝热应适用于氢气火灾和已确定的火灾场景。考虑到 6.7.3 中规定的热辐射分析，还应考虑面向透气管出口的任何边界的消防措施。

11.4　灭火

11.4.1　氢气灭火应基于由氢气安全系统自动动作对向火灾供应的氢气进行隔离和切断。

11.4.2　在启动任何灭火方法之前，氢气安全系统应确保相关氢气释放源的安全隔离，即关闭燃料舱阀门、主气体燃料阀门、加注连接阀和隔离阀。

11.4.3　氢气火灾引起的次生火灾的灭火系统应充分考虑所涉及的潜在火灾荷载，包括从整体风险评估中确定的可信的火灾场景。应考虑并记录固定灭火系统介质和浓度/应用率，包括 SOLAS 公约要求的可能使用的局部应用系统，以适用于次生火灾的灭火和控制，并在适用的情况下在自然通风的开敞甲板上有效使用。

11.5　水雾冷却系统的规定

11.5.1　应安装水雾冷却系统，以便在发生火灾时对开敞甲板上的燃料围护系统进行冷却。

11.5.2　水雾冷却系统还应为暴露于透气管开口的持续氢气火灾的热辐射的表面提供冷却。

11.5.3　对于水平投影表面，喷水冷却系统的喷水率应为 10 L/min/m^2，对于垂直表面，应为 4 L/min/m^2。

11.5.4　水雾系统供给泵的排量应足以能将所要求的水量输送至上述被保护区域内对水力要求最大的区域。

11.5.5　如果水雾系统不是消防总管系统的一部分，则应通过截止阀提供与船舶消防总管的连接。

11.5.6　水雾系统供给泵的遥控启动和水雾系统中常闭遥控阀的操作位置，应位于易到达之处，该位置不应在被保护区域发生火灾时无法靠近。

11.5.7　应配备认可的的全径式水雾喷嘴，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。

11.5.8　如果安装水雾系统用于对位于开敞甲板上的燃料舱外露部分进行冷却和防火，则该系统的设计不应干扰其他氢气安全系统的功能，例如热辐射监测（如温度激活的安全泄压系统）。

11.5.9　对于液化氢系统，应评估水雾接触泄压系统低温区域（包括泄压口）导致水体冻结的风险。禁止向透气桅及防冻泄压阀喷射水雾。

11.5.10　若风险评估认为必要，除露天甲板上的燃料设备外，还应为面向开敞甲板燃料罐及燃料设备的起居处所、服务处所、控制站、机器处所、逃生通道、登乘站及救生艇甲板边界提供水雾防护。

11.6　探火和失火报警系统

11.6.1　燃料储存处所、甲板以下燃料围护系统的通风围阱、以及其他不能排除火灾风险的气体

燃料系统处所，应设有符合《消防安全系统规则》的固定式探火和失火报警系统。

11.6.2　固定式自动探火和失火报警系统中不应仅将烟雾探测器视为足以快速探测火灾的措施。

12　防爆

12.1　目标

本章的目标是预防爆炸的发生并限制爆炸的影响。

12.2　功能要求

12.2.1　本章与 3.2.2 至 3.2.5、3.2.6、3.2.7、3.2.8、3.2.12 至 3.2.14 和 3.2.17 的功能要求相关。尤其是适用下列要求：

12.2.2　爆炸的概率和后果应通过下述方式降至最低：

.1　减少着火源的数量；

.2　降低可燃性混合物形成的概率；

.3　优化布局和设计以限制爆炸的严重程度和后果；和

.4　尽可能减小泄漏的管段体积、最大泄漏率和泄漏持续时间。

12.3　爆炸风险分析

12.3.1　应对船舶开展爆炸风险分析（ERA），评估爆炸风险。分析的目的是告知设计和布置是否适合于 4.3 中所列的对人类、设备和结构造成损害的氢气爆炸发生的概率和后果。

12.3.2　ERA 中应考虑与氢燃料系统相关的所有合理可预见的操作和故障场景。这应包括燃料系统的正常运行、启动、正常停机、不使用和紧急停机，同时考虑到船舶运行情况（例如在航行中、在限制水域航行中、操纵、靠泊、维护/检查）。

12.3.2.1　对于完全由惰性和/或真空二层环围保护的系统，爆炸风险分析应至少考虑以下合理可预见的情况：

.1　由于绝热层受损，液氢燃料罐通过燃料罐透气系统释放；

.2　由于需要泄压，压缩氢通过燃料罐透气系统释放；

.3　从与燃料罐透气系统不同的透气出口泄漏至二层环围结构中导致的氢气泄漏；和

.4　加注过程中因意外事件导致的氢气释放。

12.3.2.2　对于设计有单壁燃料管道的系统，应包括因合理可预见的泄漏场景而产生的释放。

12.3.2.3　对于设计有通风双壁管道的系统，应包括二层环围结构中合理可预见的泄漏情况引起的释放，包括相关的通风出口释放。

12.3.3　ERA 应至少为需评估的情景提供以下信息：

.1　引发泄漏的危险事件；

.2　工艺条件（如温度、压力等）；

.3　泄漏位置；

.4　泄漏尺寸（如几何形状、排放系数等）；

.5　泄漏持续时间；

.6　相态（即气态、液态、两相）；

.7　泄漏方向（如垂直向下等）；

.8　着火机制和特性（时间/位置）；和

.9　处所/区域通风条件。

12.3.4　应至少考虑以下泄漏情况，作为 12.3.1 中 ERA 的输入：

部件	所考虑的泄漏尺寸
管道[3]	D ≤ 100 mm 时，0.01 D^2 mm^2 ；D >100 mm 时，100mm^2
法兰	垫片爆裂：πDt/4
阀门	使用螺栓紧固时螺栓失效：螺栓面积=πDBt/4 阀门法兰需考虑法兰部分
软管	全口径破裂：π D^2 /4
管接头和螺纹连接	全向下破裂：π D^2 /4
D=管道公称通径，t=垫片厚度，DB=螺栓直径	

12.3.5 此外，还可以采用符合主管机关接受的公认标准的泄漏场景。

12.4 危险区域划分的规定

12.4.1 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操作的电气设备。

12.4.2 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。

12.4.3 通风导管的区域分级应与被通风处所相同。

12.4.4 开敞甲板和本章未涉及的其他处所的危险区域应按照公认的标准进行分类。危险区域内安装的电气设备应符合相同的标准。

12.4.5 电气设备和接线不应安装在危险区域内，除非根据公认的标准[4]对操作目的至关重要。

12.4.6 设备组别和温度等级应根据主管机关可接受的公认标准[5]确定，同时考虑到危险区域可能出现和积聚的易燃气体的类别。

12.5 危险区域

12.5.1 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，内部含有气体燃料的管路和设备。

12.5.2 1 类危险区域：该区域包括但不限于：

.1 燃料舱接头处所，燃料舱接头所在的封闭空间、管系周围的二层环围、燃料舱处所[6]及 GVU 处所；

.2 燃料准备间；

.3 燃料管道所在的围蔽或半围蔽处所，例如燃料管道周围的导管、半围蔽加注站；和

.4 在正常操作情况下被空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正压失效时仍需要继续工作的设备应为适用于 1 类危险区域的合格设备。

12.5.3 2 类危险区域：该区域包括但不限于：

.1 该区域包括但不限于距离 1 类危险区域的开敞或半围蔽处所 1.5m 的区域。

.2 采用螺栓式舱盖与 1 类危险区域隔开的处所；和

.3 连接 1 类危险区域与非危险区域之间的空气闸内部。

12.5.4 关于开敞甲板和半围蔽处所的危险区域，以下位置的危险区域的分类和范围可使用 IEC 60079-10-1 确定，并经主管机关特别审议。然而，作为最低要求，危险区域应遵循 IGF

---

[3] 如果风险评估表明，不应排除全孔破裂的可能性。

[4] 根据区域分类，请参考 IEC 标准 60092-502:IEC 60092-502:1999《船舶电气装置——油轮——特殊功能》和 IEC 60079-10-1:2020《爆炸性环境——第 10-1 部分：区域分类——爆炸性气体环境》。

[5] 请参见 IEC 60079 系列标准（如适用）。

[6] C 型独立燃料舱处所通常不认为是 1 类危险区域。

规则 12.5 条对天然气的规定。上述位置如下所述：

.1 任何燃料舱出口、气体或蒸气出口、加注总管阀、其他燃料阀、燃料管法兰、燃料准备间通风出口、燃料舱泄压阀出口和 1 类危险区域处所的通风出口周围的开敞甲板区域或甲板半围蔽处所；

.2 任何燃料准备间入口、燃料准备间通风进口和其他通往 1 类危险区域处所的开口周围的开敞甲板区域或甲板半围蔽处所；

.3 开敞甲板上用于加注总管阀的集液盘内和周围的处所；和

.4 通向燃料舱接头处所的螺栓式舱盖周围的甲板或半围蔽处所。

13 通风

13.1 目标

本章的目的是为氢燃料机械和设备（除燃料电池外）的安全运行提供所需的通风条件。

13.2 功能要求

13.2.1 本章与 3.2.2、3.2.5、3.2.6、3.2.8、3.2.10、3.2.12 至 3.2.14、3.2.17 和 3.2.19 的功能要求相关。尤其是下列要求适用：

13.2.2 通风系统（如有）应设计为能够避免在围蔽处所及管道内形成可燃氢气-空气混合物，并防止爆炸压力超过围护结构设计压力。

13.2.3 通风系统（如有）应设计为能够避免在所有可合理预见的情况下出现富氧层积聚。

13.3 一般规定

13.3.1 具有潜在释放源的围蔽危险处所应惰化或设置真空。

13.3.2 尽管有 13.3.1 的规定，但只要满足 2.3 的规定，就可以允许通风装置。此类布置的批准应至少考虑 4.2.2 中列出的后果和风险，以及以下内容：

.1 根据 12.3 的规定，围蔽或处所应具有足够的强度，以承受该处所内局部气体爆炸的影响。

.2 通风能力应足以将爆炸力降低至满足 13.3.2.1 的规定，或将平均气体/蒸气浓度（取两者中较大者）稀释至低于爆炸下限（LEL）的 25%。

.3 通风系统应为整个处所提供有效的通风，同时考虑到泄漏燃料气体的密度和任何内部障碍物，如管道、设备、阀门、结构。

.4 用于危险处所通风的任何管道均应与用于非危险处所的通风管道分开。通风应在船舶运行的所有温度和环境条件下都能正常工作。

.5 危险处所的通风管道应垂直或平稳向上，不得有急弯，以避免气体积聚。

.6 风机的电动机不应位于危险处所的通风管道中，除非电动机经过氢气使用认证，并且经过与所服务处所相同的危险区域认证。

.7 危险处所的通风系统应由 2 台具有 100%通风能力的风机组成。两个风机应由单独的电路供电。风机应交替运行，以测试每一个风机是否随时可用。一旦通风失效，应能与危险处所氢气供应所需的所有燃料舱隔离且自动关停主燃料阀。

.8 通风装置所需的容量通常基于舱室的总体积确定。对于形状复杂的舱室，应适当考虑需要增加所需的通风能力。

.9 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，应为非危险区域。。当进气管道穿过一个更危险的处所时，管道应气密，并具有高于所通过处所的压力。

.10 危险围蔽处所的通风进口应靠近地板，通风出口应靠近所述处所的天花板。需要在天花板配置（如结构梁、电缆桥架和管架）具有形成气体积聚风险的区域设置额外的出口。在设置进气口和排气口时，还应考虑处所的几何形状。

.11 危险围蔽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。

.12 通风系统的布置应消除或至少尽量减少可能积聚气体的区域。

.13 在合理可预见燃料释放的位置（如法兰、阀门、密封件等）或可能积聚气体的位置（即结构梁、电缆桥架和管架），应提供局部通风和气体检测。

13.3.3 非危险围蔽处所的进气口应取自距离任何危险区域边界至少 1.5m 的非危险区域。

13.3.4 非危险处所的出风口应位于危险区域之外。

14 电气装置

14.1 目标

本章的目标是将电气装置点燃可燃性气体环境的可能性降至最低。

14.2 功能要求

14.2.1 本章与 3.2.1、3.2.2、3.2.3、3.2.4、3.2.7、3.2.8、3.2.11、3.2.13 和 3.2.16 至 3.2.18 中的功能要求相关。尤其是下列要求应适用：

14.2.2 除非出于安全或操作原因，电气装置不应安装在可能存在易燃氢气环境的区域。

14.2.3 安装在可能存在易燃氢气环境的区域的电气装置的设计应尽量减少点燃易燃氢气的风险。

14.2.4 电气设备应在所有正常和合理可预见的异常环境中按预期运行。

14.3 一般规定

14.3.1 除非另有明确规定，否则 IGF 规则 14.3 条的要求应适用于使用氢燃料的船舶。

14.3.2 安装在危险区域的电气设备应符合 IEC 60079 系列或主管机关可接受的标准。

14.3.3 安装在可能富氧区域的电气设备应考虑尽可能排除所有可能的点火源，并在适用情况下符合公认的标准。

14.3.4 除空气闸保护的舱室外，其他舱室不应将电气设备断电作为安全措施。

15 控制、监测和安全系统

15.1 目标

本章的目的是提供控制、监测和安全系统的安排，以支持氢气装置的高效和安全运行。

15.2 功能要求

15.2.1 本章与本暂行指南 3.2.1、3.2.2、3.2.11、3.2.13 至 3.2.15、3.2.17、3.2.18 和 3.2.19 中的功能要求相关。尤其是下列要求应适用：

15.2.2 氢燃料装置的控制、监测和安全系统应布置成当发生单一故障时，不会导致不可接受的动力损失。

15.2.3 应设置氢气安全系统，以便在表 1 所述系统发生故障以及其他可能发展得太快而无法手动干预的故障情况下自动关闭供气系统。

15.2.4 氢燃料安全系统应独立于其他控制系统，包含电源和输入输出信号，以防止共同原因的故障。

15.2.5 安全系统包括仪表应能防止在诸如气体检测器失效、传感器线路中断等情况下造成安全系统其他功能丧失或意外释放；

15.2.6 对于两套或以上的氢气供应系统，每套供应系统均应安装独立的氢气控制和安全系统。

15.2.7 应能检测到围蔽或半围蔽处所以及开敞甲板上的任何燃料泄漏。

15.2.8 应能检测到安全操作船舶所需的任何安全功能的故障。

15.3 一般规定

15.3.1　应安装合适的仪表装置，以有效监测基本参数，确保包括燃料加注在内的整个燃气设备的安全管理。

15.3.2　对于非永久固定式燃料舱，应按固定式燃料舱的要求配备监控系统。

15.3.3　安全系统应独立于控制和监测系统。

15.3.4　燃料舱接头处所应在舱底井中设置液位指示器，以提供高液位报警。处所内的低温报警信号应触发安全系统动作。

15.4　燃料围护系统监测的规定

15.4.1　液化气燃料围护系统应配备持续监测液位的液位测量装置。如果只安装了一个液位计，则应将其设计为在燃料舱不排空或除气的情况下仍能保持工作状态。

15.4.2　溢流控制应如下：

.1　每一燃料舱应设有一个独立于其他液位指示器的高液位报警装置，并在动作时发出听觉和视觉报警。

.2　与高液位报警器分开工作的独立传感器应通过自动启动截止阀以停止燃料舱的加注，以避免燃料加注管路中产生过大的液体压力及防止燃料舱内被充满燃料。

.3　液位报警的所有部件，包括电路和传感器，应能进行功能试验。

.4　如设有越控溢流控制系统的装置，其应能防止不当操作。如进行越控，应在驾驶室、连续有人值班的位置或船舶安全中心给出连续视觉指示。

15.4.3　应安装一个就地直接读数的压力表以显示每一燃料舱蒸气处所的压力。另外在驾驶室、连续有人值班的位置或船舶安全中心可间接显示该压力。

15.4.4　燃料舱压力表上应清晰的标明燃料舱允许的最高压力和最低压力。

15.4.5　在驾驶室、连续有人值班的位置或船舶安全中心应设有燃料舱的高压报警、低压报警（如需真空保护时）。在达到安全阀的开启压力之前，应激活警报。

15.4.6　在燃料充装总管截止阀和通岸接头之间的管路应配备就地显示的压力表。

15.4.7　燃料舱的潜液泵电动机及其电缆的布置，应在燃料舱低液位时发出报警，低低液位时自动关闭电动机。自动关闭电动机的信号可为泵出口压力低或低电流或低液位。应在驾驶室、连续有人值班的位置或船舶安全中心设有针对上述故障的听觉和视觉报警。

15.5　加注和燃料舱监测的规定

15.5.1　加注控制位置应位于远离加注操作的安全位置。在该位置，应提供与安全加注操作相关的信息。

15.5.2　高压、温度和任何其他泄漏检测方法的警报，以及二层环围的泄漏探测警报（如已安装）应在该位置和驾驶室上显示。

15.6　气体探测

15.6.1　永久安装的气体探测器应安装在：

.1　燃料舱接头处所；

.2　燃料准备间；

.3　含有气体燃料的管道周围的二层环围；[7]

.4　含有燃料管路、涉氢设备或用气设备的机器处所内（发动机上方）；

.5　加注站；

.6　可能存在氢的的次级回路（例如冷却/加热回路）；

.7　空气闸；

.8　燃料舱处所（与位于开敞甲板区域的燃料舱无关，提供自然通风和畅通无阻的泄漏）；和

.9　经风险评估识别的其他处所。

[7] 应接受检测环形处所泄漏的适当方法作为替代方案，例如压力监测。

15.6.2　每个处所的探测器数量应考虑泄漏场景、大小、布局和通风。

15.6.3　探测设备应位于气体可能积聚的地方和通风出口。应使用气体扩散分析以找到复杂几何形状的最佳布置位置。

15.6.4　泄漏探测策略应基于多样性，并应考虑不同探测原则的组合，以确保充分涵盖相关处所中各种泄漏场景。

15.6.5　气体检测设备的设计、安装和测试均应按照公认的标准进行，如 IEC60079-29。

15.6.6　当气体蒸汽浓度达到爆炸下限（LEL）的 20%时，应启动声光报警器。安全系统应在两个探测器的 LEL 的 40%时激活（见表 1 中的脚注 1）。

15.6.7　气体检测设备的声光报警器应位于驾驶室或持续有人值守的中央控制站。

15.6.8　本节所要求的气体监测应连续进行，不得延误。

15.7　探火

15.7.1　下表 1 给出了在含有气体设备的机器处所和燃料舱内检测到火灾时所需的安全措施。

15.7.2　探火应适用于氢气火灾的探测（即：火焰、烟气、热能）。

15.8　真空、惰性气体或通风的损失

15.8.1　以下场景时应在驾驶室或持续有人值守的中央控制站或安全中心发出声光报警：

.1　燃料舱接头处所真空或惰化环境的失效；

.2　燃料准备间真空或惰化环境的失效；

.3　氢气管道（如设有）周围二层环围的真空或惰化环境的损失；

.4　要求通风能力的失效；和

.5　真空绝热液化氢围护系统中的真空失效[8]。

15.8.2　真空处所的真空检测设备应设计为防止空气低温吸附。

15.9　低温监测

15.9.1　包含低温系统的真空围蔽的压力或低温检测应使所有必要的阀门自动关闭，以隔离内部管道的泄漏。

15.9.2　包含低温液体的燃料系统中的管道应配备检测从内管泄漏到二层环围的装置。检测泄漏应能使隔离泄漏所需的所有阀门自动关闭。加注管路二层环围中的泄漏检测应能立即自动关闭加注阀。

15.10　燃料供应系统的安全功能

15.10.1　当气体燃料供应由于自动截止阀动作而中断时，应在查明原因并采取相关措施之后方可重新恢复气体燃料供应。应在供气管路控制位置的显见位置张贴有关具体操作警示牌。

15.10.2　应设置压缩机、泵和燃料供应的安全停机，以便从以下位置手动远程紧急停止（如适用）：

.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。

15.10.3　氢燃料压缩机还安装手动就地紧停装置。

[8] 尽管有正常的真空完整性指示，但不能排除真空处所中空气的低温吸附。

表 1：对氢燃料设备气体供应系统的监控

参数	报警	燃料舱阀自动关闭 [6]	向装有燃气发动机的机舱供气的自动关闭	备注
液化氢燃料舱真空损失	X	X		
燃料舱接头处所和屏蔽真空或惰性气体损失	X			
燃料制备间真空或惰性气体损失	X			
二层环围真空或惰性气体损失	X			
燃料管道真空或惰性气体损失	X			
20%LEL 时燃料舱接头处所和二层环围的气体检测	X			
40%LEL 时燃料舱接头处所和二层环围的两个气体检测器 [1] 的气体检测	X	X		
燃料舱处所的探火	X	X		
甲板下燃料围护系统通风管道的探火	X			
燃料舱接头处所的污水阱高液位	X			
燃料舱接头处所的污水阱低温	X	X		
20%LEL 时在燃料舱与装有燃气发动机的机器处所之间的管道中的气体检测	X			
40%LEL 时在燃料舱与装有燃气发动机的机器处所之间的管道中两个探测器的气体检测	X	X[2]		
20%LEL 时燃料制备间的气体检测	X			
40%LEL 时燃料制备间的两个探测器的气体检测	X	X[2]		
燃料舱与装有燃气发动机的机器处所之间的管道通风损失	X		X[2]	
装有燃气发动机的机器处所的管道通风损失 [5]	X		X[3]	如果氢燃料发动机机器处所内设置双壁管
装有燃气发动机的机器处所的探火	X			
气体供应管道中的异常气压	X			
控制阀门的介质失效	X		X[4]	视需要可延迟
发动起的自动关停（发动机失效）	X		X[4]	
手动激发的发动机应急关停	X		X	
压缩氢气舱/气瓶内部高温	X	X		
压缩氢气舱/气瓶内部高压	X	X		

压缩氢气舱/货舱发生火灾	X	X		

注：表中“X”表示适用。

1. 基于冗余的考虑应安装两个相互靠近的探测器，如探测器具备自检功能，允许仅安装一个探测器

2. 如果燃料舱向多台发动机供气，并且不同的供应管路完全独立并安装在独立的管道内，同时每条管路上的主阀位于管道外部，则仅关闭通往探测到可燃气体或通风失效的管道内的供气管路上的主阀。

3. 如果氢燃料供至一台以上发动机，并且不同供气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阀位于管道外部和机器处所之外，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主阀。

4. 仅关闭双截止透气阀。

5. 如果管道由惰性气体进行保护（见9.6.1.1），则惰性气体失压将引起与表中所述相同的动作。

6. 如 IGF 规则 9.4.1 所述的阀。

16 制造、工艺和试验

16.1 目标

本章的目标是为制造、工艺和测试提供足够的标准，以确保在所有操作条件下安全处理氢气，并尽量减少对船舶、人员和环境的风险。

16.2 一般要求

16.2.1 如适用，应考虑 IGF 规则第 16 章，以满足功能要求。

16.2.2 对于设计温度低于-165° C 的材料，应按照公认的标准进行韧性试验。

16.2.3 任何显微切片和/或硬度测试要求都应符合商定的项目说明。

16.2.4 液化气体燃料围护的要求仅适用于 IMO C 型独立燃料舱。应根据具体情况考虑所有其他燃料舱类型。

16.2.5 对于真空绝热 C 型容器和管道，金属材料的焊接和无损检测应符合公认的标准。

16.2.6 氢气装置（如燃料舱和管道系统）的泄漏测试应使用氦气或 5%氢气和 95%氮气的混合物作为气密性测试介质。

16.2.7 氢燃料管道系统中应尽可能避免使用膨胀接头和波纹管。可根据评估接受安装在发动机上的膨胀波纹管，这反映在发动机的安全概念中。

16.2.8 根据主管机关的要求，在首次液化氢燃料加注期间，当液化气体燃料达到稳定的热条件时，应验证燃料围护系统的整体性能是否符合设计参数。对于验证设计参数至关重要的部件和设备的性能记录应保存在船上，以供主管机关使用。

16.2.9 当达到稳定的热条件时，应在首次液化氢加注期间或之后立即检查燃料围护系统是否有冷点。无法目视检查的绝热表面的完整性检查应按照主管机关的要求进行。

17 演习和应急演练

17.1 目标

本章的目标是确保使用氢燃料的船上人员为其任务做好充分准备。

17.2 一般要求 17.2.1 船上应定期进行演习和应急演习。

17.2.2 此类氢燃料相关的演习可包括：

.1 桌面推演演练；

.2 审查燃料操作手册中的燃料充装程序；

.3 对潜在意外事件的响应；

.4 拟用于应急响应的设备的试验；和

.5 检查指定的船员接受其在燃料加注和应急响应过程中所承担的职责方面的训

练。

17.2.3 与氢相关的演练可包含在 SOLAS 公约所要求的定期演习中。

17.2.4 应检查和测试用于危险和事故控制的应急响应和安全系统。

18 操作

18.1 目标

本章的目标是确保氢燃料系统的装载、储存、操作、维护和检验等操作程序对船上人员、船舶和环境带来的风险降至最低。

18.2 功能要求

18.2.1 本章与本暂行指南 3.2.1 至 3.2.3、3.2.9、3.2.11、3.2.14、3.2.15 和 3.2.16 的功能要求相关。尤其如下要求应适用：

.1 本暂行指南所涉及的每艘船上均应配备一份本暂行指南或包含本暂行指南规定的国家法规的副本；

.2 船上应提供所有与氢燃料相关装置的维护程序和信息；

.3 船上应提供操作程序，其中应包含一份详细的燃料操作手册，以使经培训的人员能安全操作燃料加注、储存和输送系统；包括但不限于 6.3.2 和 6.4.8 所述的规定；

.4 船上应配有合适的应急响应程序；和

.5 18.2 所规定的所有文件记录应使用船舶的工作语言。

18.2.2 如果发生导致燃料供应中断的燃料泄漏，在发现并处理泄漏之前，不应进行燃料供应操作。这方面的说明应放在机器处所的显眼位置。

18.2.3 应在装有用气设备的机器处所内永久安装警告标牌或标志牌，说明在发动机使用气体运行时，不应进行重型起重作业，以免损坏燃料管。

18.2.4 如适用，应考虑 IGF 规则第 18 章，以满足功能要求。

18.2.5 对于液化氢，应制定适当的程序进行预热、惰性气体吹扫、除气、氢气吹扫和预冷。该程序应至少包括：

.1 根据温度限制选择惰性气体；

.2 气体浓度测量；

.3 温度测量；

.4 气体供应速率；

.5 每项作业的开始、暂停、恢复和终止条件；

.6 回气处理；和

.7 气体排放。

18.2.6 对于液化氢，18.2.1.3 所提及的燃料操作手册应至少考虑到，在真空保护燃料舱和管道的预热过程中，应假设绝热处所中存在低温吸附的氮气和氧气，因为这些气体可能会蒸发，从而造成潜在危险。

19 培训

19.1 目标

本章的目标是确保船上的海员具备足够的资格、培训和经验，能够安全操作氢燃料动力船。

19.2 功能要求

19.2.1 公司应确保使用氢燃料动力船舶的船员业经培训，并获得与其任务和责任相适应的适当能力，特别是在应急情况下。

19.2.2 考虑到氢燃料的特定危险，氢燃料动力船舶上的船长、高级船员、普通船员及其他

人员应已按照《海员培训、发证和值班标准国际公约》（STCW 公约）及《海员培训、发证和值班标准国际公约规则》（STCW 规则）接受气体燃料使用方面的培训并取得相应资质，同时考虑到氢燃料的特定危险。

20 人员保护

20.1 目标

本章的目标是确保为人员提供防护设备，同时考虑到日常操作和紧急情况以及氢气暴露的可能影响。

20.2 功能要求

本章涉及 3.2.1、3.2.11 和 3.2.15 中的功能要求。特别是以下要求应适用：

.1 对于从事氢燃料系统操作和维护以及应急响应的船员，船舶应配备适用于氢暴露的防护设备，并考虑不同操作的暴露风险；和

.2 对于与氢接触影响的船员的保护和治疗，船舶应设有适合的应急设备。

20.3 防护设备

20.3.1 考虑到 4.2.2 中规定的特定氢燃料相关危险和船舶操作程序，应提供适当的防护设备，以保护从事与氢燃料系统相关的正常操作的人员。

20.3.2 本节中所要求的个人防护和安全设备应存放在合适的、标记明确的储物柜中，储物柜应位于易于接近的地方。

***