

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD14-2022



中国船级社

船舶应用燃料电池发电装置指南 2022

2022年7月1日生效

北京

目录

第 1 章通则	- 1 -
第 1 节一般规定	- 1 -
第 2 节图纸和资料	- 4 -
第 3 节产品检验	- 6 -
第 4 节船舶检验	- 6 -
第 2 章船舶设计与布置	- 10 -
第 1 节一般规定	- 10 -
第 2 节氢燃料罐布置	- 10 -
第 3 节燃料电池处所	- 11 -
第 4 节氢燃料准备间	- 13 -
第 5 节围蔽处所入口和其他开口	- 13 -
第 6 节空气闸	- 13 -
第 3 章材料	- 14 -
第 1 节一般规定	- 14 -
第 4 章管路设计和燃料供应	- 15 -
第 1 节一般规定	- 15 -
第 2 节氢管路设计与布置	- 15 -
第 3 节氢燃料供应管系	- 17 -
第 5 章燃料储存	- 20 -
第 1 节一般规定	- 20 -
第 2 节氢气瓶	- 20 -
第 3 节氢燃料罐透气系统	- 20 -
第 6 章燃料加注	- 22 -
第 1 节一般规定	- 22 -
第 2 节氢燃料加注站	- 22 -
第 3 节氢燃料加注总管	- 22 -
第 4 节氢燃料加注系统	- 22 -
第 7 章电气装置	- 24 -
第 1 节一般规定	- 24 -
第 2 节危险区域划分	- 25 -
第 3 节燃料电池发电装置	- 26 -
第 4 节燃料电池的供电与配电系统	- 27 -
第 8 章通风及惰化	- 30 -
第 1 节一般规定	- 30 -
第 2 节燃料电池处所	- 31 -

第3节氢燃料罐接头处所	- 31 -
第4节氢燃料准备间	- 32 -
第5节氢燃料加注站	- 32 -
第6节包含氢燃料管路的双壁管环形空间	- 32 -
第7节排气系统	- 32 -
第9章消防	- 33 -
第1节一般规定	- 33 -
第2节防火	- 33 -
第3节灭火	- 34 -
第4节探火和失火报警系统	- 34 -
第5节挡火闸	- 34 -
第10章控制、监测和安全系统	- 35 -
第1节一般规定	- 35 -
第2节监测与控制	- 35 -
第3节气体探测	- 37 -
第4节监测、控制和安全系统功能	- 37 -
第11章氢燃料电池发电装置预设要求	- 41 -
第1节一般规定	- 41 -
第2节预设技术要求	- 41 -
第3节图纸和资料	- 43 -
第4节检验	- 44 -

第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1 适用范围

1.1.1.1 《船舶应用燃料电池发电装置指南》（以下简称本指南）适用于船长20m及以上安装有燃料电池发电装置或预设燃料电池发电装置的钢质或等效金属材料船舶（以下简称燃料电池船舶）。船长小于20m的钢质或等效金属材料船舶应用燃料电池发电装置，应进行风险评估，经中国船级社（CCS）同意可参照本指南执行。安装有燃料电池发电装置的海上设施亦可参照本指南的适用部分执行。

1.1.1.2 燃料电池船舶，除应满足本指南的要求之外，还应满足CCS《钢质海船入级规范》或《钢质内河船舶建造规范》或《内河船舶入级规则》等规范（以下简称相关规范）的相应要求。此类船舶尚应满足船旗国主管机关的有关要求（如有时）。

1.1.1.3 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，不能满足本指南规定的技术要求，而需采用基于相应的理论计算、试验结果、使用经验或有效的公认标准进行评估，经CCS同意，可以接受作为代替和等效方法。

1.1.1.4 当使用氢作为一次燃料，船舶布置、材料、管路设计、燃料储存、加注、供应和使用以及电气、通风、消防和监控等技术要求、图纸资料和检验要求应符合本指南的有关要求。当使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料，船舶布置、材料、管路设计、燃料储存、加注、供应和使用以及电气、通风、消防和监控等技术要求、图纸资料和检验要求除符合本指南的有关要求外，还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

1.1.1.5 凡申请取得氢燃料电池发电装置预设附加标志的船舶，应满足本指南第11章的相关要求。

1.1.2 定义

除本节明确规定者外，CCS《船舶应用天然气燃料规范》的相关定义适用于本指南。

1.1.2.1 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和热能的能源转化装置。

1.1.2.2 燃料电池堆：系指由一定数量的单电池、隔离板、冷却板、歧管和支撑结构组成的设备，通过电化学反应将（通常）富氢气体和空气反应物转换成直流电、热和其他反应产物。

1.1.2.3 燃料电池模块：一个或多个燃料电池堆和其他主要及适当的附加部件的集成体。

1.1.2.4 一次燃料：系指为燃料电池发电系统提供的燃料。

1.1.2.5 重整燃料：系指由燃料重整装置产生的富氢或纯氢气体。

1.1.2.6 燃料重整装置：系指将一次燃料转换成燃料电池可以使用的重整燃料的相关装置。

1.1.2.7 燃料电池发电系统：系指由燃料电池、燃料重整装置（如设有）及其相关联的管路构成的整体。

1.1.2.8 燃料电池发电装置：系指燃料电池发电系统，以及用于向船舶提供电力所需的其他系统和组件，包括变流器及维持燃料电池运行的辅助系统。

1.1.2.9 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舱室或密闭空间。

1.1.2.10 燃料废气：系指从重整装置或燃料电池阳极排出的废气。

1.1.2.11 空气废气：系指从燃料电池阴极排出的废气。

1.1.2.12 反应空气：系指为重整装置和/或燃料电池阴极供应的空气。

1.1.2.13 通风空气：系指为燃料电池处所或其他处所通风所供应的空气。

1.1.2.14 燃料罐：系指船上用于储存燃料的容器。

1.1.2.15 压缩氢气燃料罐：系指用于储存压缩氢气燃料的容器。

1.1.2.16 氢气瓶：系指公称压力不大于70MPa，用于储存压缩氢气的可重复充装气瓶。氢气瓶是压缩氢气燃料罐的一种。

1.1.2.17 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。如燃料罐的接头位于燃料罐处所内，则该处所也视作燃料罐接头处所，如氢气瓶间。

1.1.2.18 燃料罐接头处所：系指环围燃料罐所有接头和阀门的处所。

1.1.2.19 紧急切断（ESD）：当出现了重大事故时而需要立即执行无延迟的关闭燃料电池运行、切断燃料供应及非防爆电气设备的供电等安全操作，以避免对周围环境和人员造成损害。

1.1.2.20 受控切断（CSD）：在正常运行期间，或由于轻微技术异常情况而需要执行的关闭燃料电池、重整装置和供气系统的操作。受控切断是由控制系统（例如燃料电池主控制器）控制执行的关闭操作，以保护设备和周围环境的安全。

1.1.3 目的及功能要求

1.1.3.1 本指南的目的是为燃料电池船舶的机械、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、人员和环境的风险尽可能降至最低。

1.1.3.2 为达到上述目的，燃料电池船舶的设计和建造应满足如下功能要求：

(1) 无论燃料种类和燃料电池类型如何，系统的安全性、可用性和可靠性应与使用常规燃油的全新同类主机和辅机相当；

(2) 应能通过布置和系统设计（如通风、探测和安全措施）将与燃料相关的危险所发生的概率和后果限制在最低水平。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) 应确保燃料电池发电装置的风险降低措施和不会导致不可接受的动力损失；

(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) 危险区域内应仅安装操作所必需的设备，且此类设备的性能应与其工作环境相适应并经CCS认可；

(6) 应能防止易爆、易燃或有毒气体的意外积聚；

(7) 应适当防护系统的部件，以免其遭受外部损伤；

(8) 应将危险区域内的着火源减至最少，以降低爆炸发生的概率；

(9) 应设置安全和合适的燃料供应、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系、围护和超压释放装置，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、维护和保护应确保其安全和可靠地运行；

(12) 燃料围护系统和燃料电池处所的布置和位置，应使其中任何一处发生火灾或爆炸均不会导致不能接受的动力损失或其他舱室的设备无法操作；

(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地运行；

(14) 应设置适合所有相关处所和区域的固定式气体和/或燃料泄漏探测系统；

(15) 应针对潜在的火灾风险设置防火、探火和灭火措施；

(16) 为保护从事燃料操作的船员，船上应设置合适的人员保护设备；

(17) 应确保燃料系统和燃料电池发电系统的调试、试验和维护满足在安全性、可用性、可维护性和可靠性方面的目的要求；

(18) 技术文件应能评估系统及其部件与下述内容之间的符合性：

① 所采用的适用规范、指南、设计标准；

② 与安全性、可用性、可维护性和可靠性相关的原则。

- (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；
- (20) 应为操作、检查和维护提供安全通道。

1.1.4 附加标志

1.1.4.1 对于使用燃料电池发电装置的船舶，经船东或船厂/设计单位申请并经CCS审图与检验，确认符合本指南第1章至第10章的相关规定后，可授予FC-FULL、FC-POWER 1或FC-POWER 2附加标志。具体含义如下：

(1) FC-FULL：除燃料电池发电装置外，船舶未配置其他主动力源（主机/主发电机组/动力电池等），燃料电池发电装置向全船电气设备供电；

(2) FC-POWER 1：船舶配置了燃料电池发电装置和其他主动力源（主机/主发电机组/动力电池等），燃料电池发电装置作为船舶主电源的组成部分向船舶电气设备供电；

(3) FC-POWER 2：船舶配置了燃料电池发电装置和其他主动力源（主机/主发电机组/动力电池等），燃料电池发电装置向船舶电气设备供电但不作为船舶主电源组成部分。

1.1.4.2 对于氢燃料电池发电装置预设的船舶，经船东或船厂/设计单位申请并经CCS审图与检验，确认符合本指南第11章的相关规定后，可授予HFC^① Ready 1、HFC Ready 2或HFC Ready 2（X）附加标志。具体含义如下：

(1) HFC Ready 1：针对氢燃料电池发电装置预设进行原则性图纸设计和认可，确保船舶符合将来可使用氢燃料电池发电装置的基本要求，船上未实际安装氢燃料电池发电装置相关的设备和系统，可申请HFC Ready 1附加标志；

(2) HFC Ready 2：针对氢燃料电池发电装置预设进行详细图纸设计和认可，确保拟预设的氢燃料电池发电装置能够满足本指南相关要求，船上未实际安装氢燃料电池发电装置相关的设备和系统，可申请HFC Ready 2附加标志；

(3) HFC Ready 2（X）：在满足HFC Ready 2要求基础上，船上已部分安装氢燃料电池发电装置相关设备或系统，并通过CCS检验认可，可申请HFC Ready 2（X）附加标志，例如HFC Ready 2（S,P,……）。后缀X具体含义如下：

① 相关船体结构已进行加强，氢燃料罐/氢气瓶支撑构件已安装，由大写字母S表示；

② 氢燃料管路系统已安装，由大写字母P表示；

③ 氢燃料电池模块已安装，由大写字母FC表示；

④ 已考虑氢燃料电池发电装置相关所有危险区域划分，且上述区域内电气设备均已满足相应防爆要求，由大写字母D表示。

1.1.4.3 氢燃料电池发电装置预设附加标志授予后，在氢燃料电池发电装置实船安装改造之前，如船舶进行改装，则相关修改图纸需提交CCS审查。

1.1.4.4 氢燃料电池发电装置安装改造完成并经CCS按本指南检验合格后可授予FC-FULL、FC-POWER1或FC-POWER2附加标志，氢燃料电池发电装置预设附加标志予以撤回。

1.1.5 替代设计

1.1.5.1 对本指南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，CCS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指南要求者相等的效能。

1.1.5.2 替代设计的等效性应按照CCS《船舶替代设计和布置应用指南》的规定进行证明并经CCS批准。

1.1.5.3 CCS不允许用操作方法或程序替代本指南规定的特定附件、材料、仪表、设备的部件或其型式。

①氢燃料电池发电装置预设附加标志中的HFC为Hydrogen Fuel Cell的缩写。

第2节 图纸和资料

1.2.1 送审图纸和资料

1.2.1.1 燃料电池船舶除按CCS相关规范的要求提交图纸资料外，还应将下列图纸资料提交CCS批准：

(1) 船舶布置

- ① 燃料围护系统布置图；
- ② 燃料准备间（如设有）布置图；
- ③ 燃料加注站布置图（含加注接头）；
- ④ 燃料罐处所/燃料罐接头处所的出入口、透气管和其他开口的布置图；
- ⑤ 燃料准备间和其他危险区域的通风管、门和开口的布置图；
- ⑥ 燃料供应系统布置图；
- ⑦ 燃料电池处所的布置图，应标示出燃料电池发电系统各组成设备的位置；
- ⑧ 燃料电池处所的几何形状（见2.3.2.5）；
- ⑨ 空气闸（如设有）位置和结构图；
- ⑩ 集液盘（如设有）或其他防护措施的说明；
- ⑪ 危险区域划分图。

(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（强度和气密性试验）技术文件；
- ⑥ 包括阀件、附件以及燃料（液体或气体）操作相关设备在内的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）布置图和说明；
- ⑩ 除气和惰性气体吹扫系统布置图和说明；
- ⑪ 燃料准备间和燃料罐接头处所的舱底和疏排水系统布置图（如设有）。

(3) 通风系统

① 燃料罐处所、燃料准备间、燃料电池处所及其他危险区域机械通风系统布置图和说明（排量计算等），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；
- ③ 燃料电池系统空气进、排气系统的布置，包括过滤器。

(4) 气体探测系统

- ① 气体探测和报警系统图及布置图，包括探头、报警装置和报警点布置图；
- ② 气体探测器的规格，包括报警装置。

(5) 控制、监测和安全系统

- ① 燃料罐监控系统图及布置图，包括传感器、报警点布置等；
- ② 气体燃料加注和供应系统的电气原理图及监控明细表；
- ③ 与燃料相关的其他控制、监测和安全系统图；
- ④ 紧急切断（ESD）系统的布置，应包含下述信息：

- (a) 关闭动作的详细信息（包括燃料供应系统、燃料加注系统等）；
 - (b) 手动紧急切断按钮的位置。
 - (6) 消防设备和系统
 - ① 火灾探测和报警系统图及布置图；
 - ② 燃料电池处所的消防管系图；
 - ③ 燃料罐处所、燃料罐接头处所及其通风管、加注站（如适用）和燃料电池处所结构防火布置图；
 - ④ 手提式/推车式灭火器布置图（见9.3.1）；
 - ⑤ 燃料电池处所具有足够强度以承受最严重情况下的爆炸影响的证明文件（见9.2.3.3）。
 - (7) 电气系统
 - ① 燃料电池电力系统图；
 - ② 申请附加标志FC-FULL、FC-POWER 1、FC-POWER 2的船舶，应提交文件证明系统分别满足7.4.3、7.4.4和7.4.5中相应规定；
 - ③ 燃料电池发电装置作为主电源的船舶，还应提交文件，证明系统满足7.4.2的要求；
 - ④ 储能系统（见7.4.4.4）的容量计算书；
 - ⑤ 危险区域电气设备布置图，应包括危险区域内所有电气设备和下述信息：
 - (a) 防爆类型、防爆类别和温度组别；
 - (b) 防护等级；
 - (c) 安装区域的危险类别。
 - ⑥ 本质安全电路的校核资料^①，包括对电压、电流、电容和电感的校核；
 - (8) 试验大纲及试验程序
 - ① 与燃料电池发电装置、一次燃料和重整燃料有关的系泊与航行试验程序，如燃料电池发电装置、所有气体管系及其阀件、附件和相关设备的功能性试验等。
- 注：实际图纸/文件的名称可以与上述图纸/文件不同，但应反映其内容要求。

1.2.2 备查图纸和资料

1.2.2.1 除CCS相关规范要求的常规资料外，还应将下列图纸资料提交CCS备查：

- (1) 燃料电池发电装置
 - ① 燃料电池发电装置的原理说明和系统框图；
 - ② 燃料电池发电装置的额定参数和运行条件，包括：输入功率、输出功率、燃料需求（燃料类型，压力，流量，温度等）、进水需求和进空气需求等；
- (2) 7.4.3.12和7.4.4.10要求的燃料电池发电系统全寿命性能说明。
- (3) 燃料电池发电装置的风险评估（见7.3.2）；
- (4) 用于确定监测和控制的范围的燃料电池发电系统故障模式和影响分析（FMEA）报告（见10.2.4.2），该报告可以为1.2.2.1(2)中风险评估报告的一部分；
- (5) 围蔽或半围蔽加注站的风险评估（见6.2.1.1）；
- (6) 4.2.2.7要求的应力分析报告。

1.2.3 船上保存的图纸和资料

1.2.3.1 除CCS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) 燃料电池发电装置操作手册（见7.3.3.1）；
- (2) 燃料电池发电装置维护手册（见7.3.3.2）及维护/检查记录；

^① 本质安全电路的安装应使电路内设备（包括电缆）的电容和电感不超过关联设备标示值，每个本质安全设备允许的输入电压和输入电流应大于或等于各自关联设备的标示值。参见 IEC60079-14《爆炸性环境-第14部分：电气设施设计、选择和安装》或与其等效的标准。

- (3)潜在危害安全性说明（见7.3.3.3）及减轻风险的安全预防措施；
- (4)燃料罐安全操作程序。

第3节 产品检验

1.3.1 一般要求

1.3.1.1 除满足本指南的要求外，产品检验还应满足CCS相关规范和产品检验指南的有关要求。

1.3.1.2 与燃料相关的设备（如氢气瓶、燃料重整装置、燃料电池模块和燃料电池发电系统等）、管系和阀件等应经CCS认可并取得CCS签发的产品证书，方可上船使用。

第4节 船舶检验

1.4.1 一般要求

1.4.1.1 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CCS《钢质海船入级规范》的有关规定执行，对于内河船舶应按CCS《内河船舶入级规则》的有关规定执行。

1.4.2 建造中检验

1.4.2.1 船舶的建造中检验除应按CCS相关规范的适用要求进行检验外，尚应增加下列项目：

(1)燃料电池发电装置的安装和试验，应对整个系统的不同负荷状态（例如启动、正常运行、满负荷、受控切断和紧急切断）进行试验，并至少应验证，在发生如下情况时，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 可编程控制器故障；
- ⑤ 保护装置触发；
- ⑥ 保护装置故障；
- ⑦ 保护系统故障；
- ⑧ 风险评估报告中风险等级较高的其他故障。

(2)燃料围护系统的安装和试验；

(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)管系的安装和试验，应使用合适的试验气体验证气体燃料的管路、阀和连接件没有泄漏；

(6)燃料电池处所、燃料罐处所、双壁管（如设有）、燃料罐接头处所（如设有）等通风系统的安装和试验；

(7)可燃气体探测系统的安装和试验；

(8)防火、探火、灭火装置的安装与试验；

(9)监测、控制和安全系统的功能性试验；

(10)防爆设备或防点燃设备的确认和安全检查；

(11)燃料电池发电装置与船舶主电网连接的断路器的联锁装置（若设有）有效性检查；

(12)对于FC-FULL和FC-POWER1附加标志，燃料电池发电装置与船舶的其他系统的相互影响试验；

- ① 燃料电池发电装置独立供电（适用于FC-FULL附加标志船舶）；

- ② 燃料电池发电装置与发电机组（如有时）共同供电；
- ③ 燃料电池发电装置与电池组（如有时）共同供电；
- ④ 备用电源的转换；
- ⑤ 燃料电池发电装置的并网与解列转换；
- 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。

如燃料电池承担船舶瘫船启动的功能，则应证明能够符合7.4.3.8和7.4.4.7的相关要求。

(13) 检查1.2.3要求的技术文件资料是否在船舶上保存齐全。

1.4.3 建造后检验

1.4.3.1 年度检验：除应按CCS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) 燃料围护系统

- ① 检查燃料罐外壁及重点部位是否存在缺陷和异常；
- ② 检查燃料罐指示仪表及监测报警装置是否处于正常状态；
- ③ 检查压力释放系统是否标定正确并处于正常状态；
- ④ 检查燃料罐安全操作程序是否保存在船上；
- ⑤ 氢气瓶应进行下列检查和试验^①：

(a) 外观检查；

(b) 螺纹检查；

(c) 气瓶附件检查；

(d) 内部检查；

(e) 耐压试验；

(f) 气密性试验；

(g) 无损检测（适用于钢质焊接氢气瓶和钢质无缝氢气瓶）；

(h) 焊缝检查（适用于钢质焊接氢气瓶）；

(i) 壁厚测定（适用于钢质焊接氢气瓶）；

(j) 重量（容积）测定（适用于钢质无缝氢气瓶）。

(2) 检查燃料罐接头处所（如有时）、气体阀件单元处所的密封设施是否处于正常状态；

(3) 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；

(4) 检查在出现气体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）是否处于正常状态；

(5) 检查工作处所的通风系统和空气闸（如设有）以及居住处所的通风关闭装置是否处于正常状态；

(6) 检查手动紧急切断按钮是否处于正常状态；

(7) 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；

(8) 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；

(9) 检查气体燃料探测系统，并对其进行试验，以确认其处于正常工作状态；

(10) 检查燃料罐处所、加注站、燃料电池处所等相关处所的防火结构和布置是否发生实质性的变动；

① 第(d)-(j)项每3年检查一次。对于存在腐蚀性气体、海水等腐蚀性环境中使用的钢质无缝氢气瓶或钢质焊接氢气瓶，第(d)-(j)项每2年检查一次。在使用过程中，船舶所有人或经营人发现氢气瓶有下列情况之一的，应当立即申请定期检验：(1)气瓶遇明火；(2)气瓶受到冲击；(3)船舶遭受碰撞；(4)气瓶接触化学物质；(5)气瓶发生异常的声响；(6)确信气瓶已受到某种方式的损伤；(7)对气瓶的安全可靠性产生怀疑。

- (11) 检查探火和灭火装置，并试验起动一台主消防泵；
- (12) 检查灭火系统和水雾系统是否处于正常状态；
- (13) 确认燃料电池发电系统状态良好，并进行运行检查，确认在其发电功率能满足全船负荷的需求，否则应予以更换；
- (14) 确认管路和燃料罐与船体电气接地；
- (15) 检查燃料系统使用维修记录（轮机日志等）；
- (16) 燃料电池发电系统应由专业人员（一般是燃料电池发电系统制造商或其授权人员）对系统和部件进行维护和检查，留有记录并保持更新。验船师核查燃料电池发电系统的维护/检查记录，确认燃料电池发电系统已按照7.3.3.2维护手册规定的期限进行了维护和检查并处于正常状态。

1.4.3.2 中间检验：除应按CCS相关规范的适用要求和1.4.3.1的要求进行检验外，尚应对下列项目进行检验：

- (1) 确认用于危险处所通风的机械通风风扇已备有备件；
- (2) 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、温度和液位来进行对比试验。可接受对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；
- (3) 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、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等方面的检验。

1.4.3.3 特别检验：除应按CCS相关规范的适用要求和1.4.3.2的要求进行检验外，尚应对下列项目进行检验：

(1) 燃料围护系统

① 采用合适的试验介质对燃料罐连同其接管进行气密性试验。进行气密性试验前，必须经燃料罐内气体成分检测合格，否则严禁用空气作为试验介质；

② 燃料罐连同其接管进行液压试验/压力试验。如果燃料罐支撑处的板、塔结构、支座和管子连接件以及甲板贯通处的密封装置完好，且气体泄漏监测系统的工作情况良好，航行记录表明无任何运行不正常情况，则可不作液压试验/压力试验；

③ 对所有直接与燃料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）；

④ 对燃料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）；

⑤ 如燃料罐包有绝缘物时，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），以确定燃料罐的状况。

(2) 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；

(3) 对气体燃料管路上的阀进行校核，调整时，可将阀拆下，且可用空气或其他适用气体进行调整；

(4) 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；

(5) 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；

(6) 将气密舱壁上的轴封拆开，检查其密封装置；

(7) 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；

(8) 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；

(9) 核查燃料电池发电装置的维护记录，确认按照7.3.3.2中制造商的要求进行了所有定期和常规

的维护保养。

第2章 船舶设计与布置

第1节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 除另有规定者外，燃料电池船舶舱室布置和系统设计应符合本章规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，舱室布置和系统设计还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

第2节 氢燃料罐布置

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 氢燃料罐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。

2.2.1.2 氢燃料应尽可能储存在主甲板以上较高的位置，且尽量远离驾驶室、起居处所和服务处所。

2.2.1.3 氢燃料罐应予以保护，以防止机械损伤。

2.2.1.4 每一氢燃料罐外壳应按照相关规范设置电气接地措施，接地点不应少于2处。

2.2.2 氢燃料罐

2.2.2.1 为防止船舶因碰撞或搁浅事故导致氢燃料罐遭受外力伤害，氢燃料罐在船上的布置，应确保氢燃料罐的最外层结构及其必需附件（含氢燃料罐瓶头阀、氢燃料罐安全泄放装置）满足以下要求：

(1) 对于海船：

① 距离舷侧不少于 $B/5$ 或 11.5m ，取小者（在夏季载重水线平面上，从舷侧向舷内沿垂直于船体中心线方向量取）；

② 距离船底不少于 $B/15$ 或 2m ，取小者（自船底外板中心线量起）；

③ 在任何位置，与船体外板或艏端点的距离不应小于如下规定：

(a) 对于客船： $B/10$ ，且不得小于 0.8m ；

(b) 对于货船：不小于 0.8m 。

(2) 对于内河船舶：

① 距离舷侧不少于 $B/10$ 或 1.0m ，取小者（在满载水线平面上，从舷侧向舷内沿垂直于船体中心线方向量取）；

② 距离船底不少于 $B/15$ 或 2m ，取小者（自船底外板中心线量起）；

③ 在任何位置，距离船体外板或艏端点不少于 0.8m 。

(3) 对于客船，燃料罐应位于距首垂线 $0.08L$ 的横截面后方；对于货船，燃料罐应位于防撞舱壁后方。

其中：

B （单位： m ）为船舶在船中处量至两舷肋骨型线的最大宽度（对海船）； B 系指在船舶最宽处两舷舷侧板内表面之间的水平距离，舷伸甲板和护舷材等突出物不计入（对内河船）。对多体船， B 为片体宽度。

L （单位： m ）为按载重线定义的船长。

2.2.2.2 位于开敞甲板上的氢燃料罐、氢缓冲罐或类似设备的布置应确保有足够的自然通风，以防止逸出的气体积聚。

2.2.2.3 如氢燃料罐布置在船体尾部开敞甲板上，应采取适当的保护措施，以防止船舶追尾对氢燃料罐造成损坏。

2.2.2.4 氢燃料罐处所不应位于燃料电池处所、A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）或其他较大失火危险处所之内，也不应与这些处所贴邻。氢燃料罐处所与相邻处所之间隔离空舱和防火分隔的设置应满足9.2.1的要求。

2.2.2.5 氢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，标志色彩应与背景形成反差。

2.2.2.6 氢燃料罐处所内不应设有可能视为着火源的设施或材料，如不可避免时，则设置的电气装置应为合格防爆型。作为例外，氢气瓶上具有自动截止功能的瓶头阀应满足7.2.1.3要求。

2.2.2.7 氢气瓶的布置除满足本节的所有要求外，还应符合下述要求。

- (1) 氢气瓶储存室仅允许储存氢气瓶，且不应布置除灭火器之外的其他气瓶；
- (2) 氢气瓶储存室应为钢质材料建造，且有直接通向开敞甲板的出入口；
- (3) 氢气瓶储存室应设置满足本指南第8章第3节要求的且独立于其他通风系统的负压机械通风系统，通风出口应从氢气瓶储存室最高处垂直向上引出并应远离着火源和热源；
- (4) 如氢气瓶存放在开敞甲板，则应采取下列措施：
 - ① 保护氢气瓶及其管路免受损坏；
 - ② 设置防撞和防护围栏，并设置明显的禁火标志；
 - ③ 确保适当的排水；
 - ④ 设置遮阳措施，防止阳光直射；
 - ⑤ 氢气瓶出口方向应尽可能避开起居处所、公共处所、服务处所、救生设备、人员通道等人员活动区域。

第3节 燃料电池处所

2.3.1 燃料电池处所的安全原则

2.3.1.1 为了最大程度地减少燃料电池处所发生气体爆炸的可能性，燃料电池处所的设计应满足本节的有关规定，或使用与其具有同等安全水平的设计原则。

2.3.1.2 燃料电池处所的设计原则应能使得其在正常状态下的危险程度降低到非危险的水平，但在特定的非正常状态下存在变为危险区域的可能性，可采用下列三种设计之一：

(1) 设备保护型燃料电池处所：燃料电池处所被视为1区，所有电气设备应为适用于1区的合格防爆型设备。若燃料电池堆表面温度在所有工作条件下均低于300℃^①，且燃料电池发电系统能够在所有负载和工作条件下均能迅速隔离并停止燃料电池堆运行，则燃料电池可不视作点火源；

(2) 如果认为不适宜对燃料电池处所采用规定性的危险区域划分时，经CCS同意，可根据7.2.1.1按照CCS接受的标准^②进行危险区域划分，并采用如下做法：所有电气设备按照危险区域划分的结果进行选取；

(3) 如考虑使用8.2.3惰化的方案，经CCS认可，可采用如下做法：由于惰化减少了点燃的风险，无需在探测到燃料供应泄漏时实施紧急切断（ESD），在这种情况下，切换到其他发电系统供电并对燃料电池及受影响的燃料供应系统进行受控切断（CSD），以避免燃料电池发电系统出现故障。

2.3.1.3 燃料电池发电系统的设计应符合CCS接受的标准^③，或至少具有同等安全水平的工业

① 300℃的阈值来自 IEC60079-20-1，其中氢气和 LNG 环境下最高运行表面温度是 450℃，甲醇/乙醇和 LPG 环境下最高运行表面温度是 300℃。为了保证燃料电池发电系统能够在任意燃料电池类型和燃料种类条件下安全运行，这里采用了 IEC60079-20-1 中提到的相关燃料的最低阈值，即 300 摄氏度。

② 参见 IEC60079-10-1《爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-爆炸性气体环境》。

③ 参见 IEC62282-2-100《燃料电池模块第 1 部分：安全》和 IEC62282-3-100《固定式燃料电池发电系统第 1 部分：安全》。

标准。

2.3.1.4 燃料电池发电装置应设计为能够自动运行，并根据安全操作的需要配备监测和安全系统。

2.3.1.5 应设置相应措施能安全的排出燃料电池发电系统中的一次燃料和重整燃料。

2.3.1.6 应设置相应措施能在燃料电池发电装置需要维护和关闭时，使得燃料电池发电装置处于安全状态。

2.3.1.7 有可能导致危险的超压故障，例如燃料管路破断或垫片破裂，应通过合适的爆炸压力释放装置和紧急切断（ESD）系统进行保护。

2.3.1.8 应采用以下一种或多种措施使得燃料电池处所内的气体积聚和爆炸的可能性降至最低：

(1) 在燃料电池发电系统启动之前进行吹扫（见7.3.1.6）；

(2) 在燃料电池发电系统关闭之后，根据需要进行吹扫（见7.3.1.6）；

(3) 如燃料电池内部设有缓冲罐，应对其设置故障监测；

(4) 在燃料电池内部设置监控措施，当空气进入到燃料管路，或燃料进入空气管路能发出警示（见10.2.4.2 (1)和10.2.4.2 (2)）。应设置相应监控措施，当燃料进入空气管路后，增大空气量将可燃气体浓度控制在爆炸极限以下；

(5) 监测燃料电池的压力和温度；

(6) 当故障发生时，能通过自动控制的方式防止燃料电池内部的反应向其他部件和位置蔓延；

(7) CCS认为必要的其他保护措施。

2.3.2 布置与通道

2.3.2.1 应能从燃料电池处所外部易于到达的位置关闭燃料电池发电系统。

2.3.2.2 如果安装了重整装置，其可以作为燃料电池的一个部分集成安装，也可以作为一个独立单元单独安装并通过一套重整燃料供应管路连接到燃料电池。

2.3.2.3 燃料电池处所与船上其他围蔽处所的限界面应保持气密。

2.3.2.4 燃料电池处所应布置在起居处所、服务处所、A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）和控制站之外。

2.3.2.5 燃料电池处所应能容纳可能出现的燃料泄漏，并配备适当的泄漏监测系统。燃料电池处所的形状应尽可能的简单，以避免可燃气体积聚。其上部不应有任何阻碍结构，且应以平滑天花板上倾斜至通风口。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。

2.3.2.6 燃料电池处所中如含有重整装置，则处所的设计也应符合对应一次燃料有关的安全原则和规范的要求。

2.3.2.7 如设置从开敞甲板通向燃料电池处所的独立通道不可行时，则应设置符合本章第6节要求的空气闸进入燃料电池处所。

2.3.2.8 当通过合适的技术措施，能够使得在安全关闭内部设备、切断燃料供应、排出泄漏并确认处所内部空气安全之前，无法进入燃料电池处所，则无需设置2.3.2.7所要求的空气闸。这些技术措施包括但不限于：

(1) 可以在燃料电池处所之外合适的位置，控制实现设备和燃料电池处所所需的安全操作以及除气操作；

(2) 安全操作和除气操作所有状态参数均能远程监控，并具有报警功能；

(3) 燃料电池处所的出口处应设置联锁装置（与燃料电池发电装置运行信号联锁），防止运行的过程中出口处的门意外开启；

(4) 燃料电池处所内应设置适当的泄漏燃料收集和排出设施，并能从燃料电池处所外部进行遥控操作；

(5) 燃料电池处所内部含有燃料的设备应能与燃料供应系统隔离，排出燃料并进行安全吹扫，以便进行相应的维护和维修。

第4节 氢燃料准备间

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 燃料准备间一般应位于开敞甲板。如燃料准备间位于干舷甲板之下，则其应符合下列要求：

- (1) 燃料准备间与A类机器处所(海船)/重要机器处所(内河船)相邻时应采用A-60级防火分隔；
- (2) 燃料准备间的限界面包括出入口应为气密型；
- (3) 燃料准备间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。

2.4.1.2 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，以防止可燃气体泄漏至轴动力所在舱室。

2.4.1.3 若 2.4.1.2 所述压缩机/泵装在舱内，其驱动轴的填料函、轴承和泵壳应装设温度传感装置，在压缩机/泵控制站内应能自动触发连续听觉和视觉报警信号。

第5节 围蔽处所入口和其他开口

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 燃料罐处所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，则应设置符合本章第6节要求的空气闸。

2.5.1.2 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。

2.5.1.3 燃料罐处所、惰化处所应在出入口附近设置防止人员意外进入的安全标识。

第6节 空气闸

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 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。此类门应为自闭式，无任何门背扣装置。空气闸门槛高度应不小于300mm。对于海上航行船舶，空气闸门槛高度还应符合《载重线公约》(国际航行海船)或《国内航行海船法定检验技术规则》第3篇载重线(国内航行海船)对于干舷甲板和上层建筑甲板开口的相关规定。

2.6.1.2 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。

2.6.1.3 空气闸应设计成当其所隔开的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。

2.6.1.4 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。

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

2.6.1.6 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。

2.6.1.7 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、公共广播及通用报警系统。

第3章 材料

第1节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 使用氢气燃料的部件和设备及燃料电池的材料应符合本章的规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，部件和设备的材料还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

3.1.1.2 除本章明确规定外，燃料电池船舶的材料与焊接应符合CCS《材料与焊接规范》的要求。

3.1.1.3 燃料电池发电系统的材料应与其预计用途和环境相适应。

3.1.1.4 燃料电池发电系统应尽可能不使用易燃材料。在燃料电池内部使用易燃材料进行密封和电绝缘应经CCS同意。

3.1.2 使用氢气燃料部件和设备的材料要求

3.1.2.1 与氢接触的所有组件使用的材料应具有抗氢脆性和抗氢侵蚀性。

3.1.2.2 工作压力不超过30MPa的氢气瓶材料应符合CCS接受的标准^①的要求，并满足气瓶相关安全技术规范^②的有关规定。

3.1.2.3 工作压力超过30MPa的氢气瓶材料可参照CCS接受的标准^③执行，并满足气瓶相关安全技术规范^④的有关规定。

3.1.2.4 燃料管路应选用无缝钢管，材料应选用奥氏体不锈钢。如管道设计压力大于或等于20MPa，则管道材料应采用S31603、S31608不锈钢。

3.1.3 燃料电池

3.1.3.1 材料应满足相关CCS接受的标准^⑤的要求。

① 关于气瓶产品的国际标准、国家标准及行业标准。如 ISO11114《气瓶-气瓶和瓶阀材料与盛装气体的相容性》、ISO9809《气瓶-可重复充装的无缝钢气瓶-设计、结构和试验》系列标准、GB/T5099《钢质无缝气瓶》系列标准和GB11640《铝合金无缝气瓶》等。

② 参见 TSG23-2021《气瓶安全技术规程》。

③ 如 ISO19881《气态氢-陆地车辆燃料容器》和 GTR13《氢和燃料电池汽车全球技术法规》、GB/T35544《车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶》等。

④ 参见 TSG23-2021《气瓶安全技术规程》。

⑤ 关于燃料电池的国际标准、国家标准及行业标准，如 IEC62282 系列标准等。

第4章 管路设计和燃料供应

第1节 一般规定

4.1.1 一般要求

4.1.1.1 除另有规定者外，燃料电池船舶内部可能与氢燃料接触的管路设计和氢燃料供应应符合本章规定。接触天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料的管路设计及其燃料供应，还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

4.1.1.2 燃料管系的制造、工艺和试验还应满足CCS《船舶应用天然气燃料规范》第13章的适用要求。

4.1.1.3 燃料管路应能吸收燃料因极端温度引起的热膨胀或收缩，而不会产生过大应力。

4.1.1.4 应采取措施保护管路、管系及其部件和燃料罐，使其免受由于热变形及燃料罐和船体构件的位移而引起的过大应力的影响。

4.1.1.5 如气体燃料中含有一些会在系统中凝结的较重的成分，则应设有能安全除去凝液的装置。

4.1.1.6 应对低温/高温管路与其邻接的船体构件进行热隔离，以防止船体温度超出船体材料的设计温度。

4.1.1.7 燃料供应系统应布置成能将任何燃料泄漏的后果降至最低，并提供安全通道进行操作和检查。

4.1.1.8 用于向燃料电池系统驳运燃料的管系的设计，应使得某一道屏障发生的故障不会导致燃料从管系泄漏到周边区域而对船上人员、环境或船舶造成危害。

4.1.1.9 燃料电池处所外的燃料管路的安装和防护，应使得在发生燃料泄漏时能将造成人员伤亡和船舶受损的风险降至最低。

第2节 氢管路设计与布置

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 应按照CCS接受的标准^①对燃料管路和所有其他管路进行颜色标识。

4.2.1.2 如在燃料罐或管路与船体结构之间采用热隔离，则管路和燃料罐均应与船舶结构采取可靠的电气接地措施。所有具有密封垫片的管接头和软管接头应使用搭接片作电气跨接。

4.2.1.3 可能含有低温燃料的管路应予以隔热，将湿气冷凝或结霜降低至最少程度。

4.2.1.4 对于非燃料供应管路和电缆，若其不会成为着火源或破坏双壁管或管道的完整性，则可以设置在双壁管或管道内。双壁管或管道应只包含操作必需的管路和电缆。

4.2.1.5 除另有规定外，燃料电池的燃料供应管系应独立于其他燃料供应管系。

4.2.1.6 燃料电池燃料管路距离舷侧外板应不少于800mm，双体船片体内侧除外。

4.2.1.7 位于露天甲板的燃料管路，以及通过滚装处所、特种处所以及开敞甲板上的燃料管路应予以保护，以防止意外机械损伤。

4.2.1.8 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置换吹扫的装置或措施。

4.2.1.9 燃料电池燃料管路的布置和安装应具有必要的挠性，以保持管路在实际工作状态下的完整性，并考虑疲劳存在的可能性。

^① 参见 GB3033《船舶与海上技术-管路系统内含物的识别颜色》和 ISO14726《船舶与海上技术-管路系统内含物的识别颜色》等。

4.2.1.10 燃料管路的连接应尽可能采用全焊透型式，如无法避免使用其他连接方式，应按照4.3.5.2所述要求或其他经试验验证的防止燃料泄漏扩散的安全措施进行防护。

4.2.1.11 燃料管路所有构件应使用适合于其用途且具有耐腐蚀性能的材料制造，管路中所有管子应为无缝钢质材料。

4.2.1.12 氢气、氧气、天然气或类似燃料供应系统的管子、附件、接头和阀件应满足I级管系的要求。

4.2.1.13 一次燃料或重整燃料有可能泄漏至系统介质（如冷却水）的燃料电池辅助系统，应在介质出口处或膨胀水箱内设置合适的气体监测装置，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，且有适当的保护以防止装卸货物时受到碰撞或损坏。

4.2.2 管壁厚度和强度

4.2.2.1 最小管壁厚度应按下列式计算：

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

式中： t_0 ——理论壁厚，mm， $t_0 = \frac{PD}{2.0Ke + P}$ ；

其中： P ——设计压力，MPa；

D ——外径，mm；

K ——许用应力，N/mm²；

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： $b = D \cdot \frac{t_0}{2.5r}$ ；

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，则管壁厚度应大于其他设计所要求的值。此余量应与管子的预期寿命相一致；

a ——用于壁厚的制造负公差，%。

4.2.2.2 对于管路、管系和部件，设计压力应采用下列设计情况中的较大者^{①②}：

(1) 对于可能与其释放阀隔离并在任何时候仅含有蒸气的管系或部件，应为45℃时的蒸气压力，并假定管系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；

(2) 燃料罐和燃料处理系统的压力释放阀的最大允许调定值；

(3) 相关的泵或压缩机的释放阀的调定压力；

(4) 加注燃料时燃料管系的最大总压头；

(5) 管路系统的释放阀调定压力。

① 对于4.2.2.2(1)的设计情况，对航行于限制区域的船舶，CCS可接受较低的环境温度值。反之，可要求较高的环境温度值。

② 对于在限制时间内航行的船舶， P_0 可基于航行期间的实际压力上升进行计算，并考虑燃料罐的任何绝热情况。参见SIGTTO/IACS《关于C型液货舱装载极限的气体运输船规则修正案的应用》。

4.2.2.3 管路的设计压力应不小于1.0MPa（表压力），但对管端敞开的管路，其设计压力应不小于0.5MPa（表压力）。

4.2.2.4 对于钢制（包括不锈钢）管路，4.2.2.1的厚度公式中须考虑的许用应力应取下列计算值中的较小者：

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

式中： R_m ——室温下材料的规定最低抗拉强度，N/mm²；

R_e ——室温下材料的规定最低屈服强度，N/mm²。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。

4.2.2.5 为防止附加载荷造成管子损坏、破断、过度下垂或失稳而需要一定的机械强度时，管壁厚度应比4.2.2.1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。此类附加载荷可能由支持构件、船舶变形、驳运作业时的液压波动、阀件重量、燃料加注连接处的反作用力或其他原因引起。

4.2.2.6 高压燃料管路应具有足够的结构强度。应通过应力分析来确定该强度，并考虑下列因素：

- (1) 管系重量造成的应力；
- (2) 加速度载荷（如其值较大时）；
- (3) 船舶中拱和中垂引起的内部压力和载荷。

4.2.2.7 当设计温度低于或等于-110℃时，管系的每一分支均应进行完整的应力分析，该分析应考虑到由于管子的重量，包括加速度载荷（如较大）、内部压力、热收缩以及船舶中拱和中垂引起的载荷等所产生的所有应力。

4.2.2.8 燃料管路应具有足够的结构强度，并能承受最高运行温度和最大运行压力。

4.2.2.9 除上述规定外，燃料管系的最小壁厚尚应满足相关规范对最小管路壁厚的规定。

第3节 氢燃料供应管系

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 本节适用于燃料电池模块之外的一次燃料和重整燃料（如有时）供应管系，包括氢气循环管路。

4.3.1.2 每一氢燃料罐的燃料供应出口应设置一个手动截止阀和一个氢燃料罐主阀，两阀串联连接，或设置1个手动和自动控制组合阀，且应尽可能靠近氢燃料罐。氢燃料罐主阀应能按照表10.4.1所规定的情形自动切断燃料的输出。

4.3.1.3 每台或每套燃料电池发电系统的燃料入口处应串联安装1个手动截止阀和1个自动控制截止阀，或设置1个自动和手动操作组合阀。

4.3.1.4 通往燃料电池发电系统的燃料供应总管上应串联安装1个手动截止阀和1个燃料供应管路总阀，或设置1个手动和自动控制组合阀。燃料供应管路总阀应能按照表10.4.1所规定的情形自动切断燃料的供应。

4.3.1.5 燃料供应管路总阀应安装在燃料电池处所外部的管路上，且应能在燃料电池处所的所有脱险通道、含燃料电池处所外部、燃料准备间外部和驾驶室等处手动紧急切断。手动紧急切断装置应设为物理按钮，并有适当的标记和保护，以防止意外操作，并可在紧急照明下进行操作。

4.3.2 燃料电池处所内的燃料管系

4.3.2.1 燃料电池处所内燃料管路表面温度应低于300℃。

4.3.2.2 液化气体蒸发器或气体预热器的加热介质，返回至燃料准备间之外的处所内时，应先通过危险区域内的除气容器。

4.3.2.3 燃料电池处所内的燃料供应管路应采用双壁管，双壁管可设计成如下两种形式之一：

(1) 由内管和外管组成的同心管，内管含有气体燃料，内、外管之间的空腔充满压力高于内管气体压力的惰性气体。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。当内管中含有高压气体时，此管路系统应布置成当主气体燃料阀关闭时，位于主气体燃料阀和燃料电池发电系统之间的管路可自动进行惰性气体吹扫；

(2) 供气管路安装在通风导管内，供气管路和通风导管之间的空间应设置负压机械通风系统，通风能力应为每小时至少换气30次。如设有探测到气体后导管内自动冲注氮气的装置，则此通风能力可减至每小时换气10次。风机应符合安装区域的防爆保护要求，通风出口应覆有防火网，并应设置在不会点燃易燃气体-空气混合物的位置。

4.3.2.4 燃料供应管路的外管或通风导管的设计压力应不小于内管的最大工作压力。或者，对于高压气体燃料管系，通风导管的设计压力应为下列压力中的较大者：

(1) 最大累积压力：供气管路破裂时，气体在通风导管内流动产生的静压；

(2) 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，对 CH_4 ， $k = 1.31$ ，对 H_2 ， $k = 1.41$ 。

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。所有其他管件的应力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用试验得到的峰值压力代替，但应提交试验报告。

4.3.2.5 应基于通风管道或管路完整性的计算来进行强度验证。作为该计算的替代措施，可采用代表性试验验证强度。

4.3.3 燃料电池处所外的燃料供应

4.3.3.1 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、电气设备间或控制站及这些处所的进风口。若燃料供应管路必须穿过这些处所之外的围蔽处所时，应采用双壁管。双壁管的设置应满足本指南第8章第6节的适用要求，且应设置满足本指南第10章第3节要求的气体探测装置。

4.3.3.2 围蔽处所内双壁管的设计压力应满足4.3.2.4和4.3.2.5的要求。

4.3.4 氢气供应管路的附加要求

4.3.4.1 除4.3.5另有规定者外，氢气管路的设计和布置还应满足本章所有适用要求。

4.3.4.2 氢系统管路安装位置及走向应尽可能避开热表面、电气装置、可能产生电弧或着火源的地方。

4.3.4.3 支撑和固定管路的金属零件不应直接与管路接触。

4.3.4.4 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；管路支架和保护垫应能抗振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3倍。两端固定的管路在其中间应有适当的弯曲，支撑点的间隔应不大于1m。

4.3.4.5 储氢瓶与燃料电池之间的管路应根据燃料电池装置的特点和系统设计考虑安装必要阀件和设备，如限流阀、高压减压阀、阻火阀和稳压减压阀等。且该燃料供应管路应按照10.2.2-10.2.5的要求进行监测和控制。

4.3.5 氢气瓶间和燃料电池处所内的氢气管路

4.3.5.1 若用于燃料电池系统的氢气管路无法采用双壁管型式，则该氢气管路应满足以下所有要求：

(1) 不得穿过燃料电池处所和氢气瓶间以外的封闭空间；

(2) 全焊透；

(3) 尽量减少接头的数量；

(4) 对于阀门、法兰、密封件等可能泄漏氢气的地方，应设置固定式氢气探测器。

4.3.5.2 若外径小于等于25mm的氢气燃料供应管路确实无法采用全焊透连接，则非全焊透连接的接头应尽可能少，并应将这些接头集中布置在气体阀件单元处所中。气体阀件单元处所应设置满足本指南第8章第6节双壁管对应的要求，且应满足本指南第10章第4节中双壁管对应的监测、控制和安全系统要求。

4.3.5.3 4.3.5.2 所述连接方式无法避免确需使用机械接头时，则应满足 CCS《钢质海船入级规范》的相关要求并考虑氢气燃料的泄漏风险。

第5章 燃料储存

第1节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 使用氢气作为一次燃料的燃料电池船舶燃料储存和透气系统应符合本章规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，燃料储存和透气系统还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

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

5.1.1.3 燃料罐与船舶系统连接时，其应固定在甲板上。燃料罐的支撑和固定装置应根据最大预期静态和动态倾角以及最大的加速度预期值进行设计，并考虑船舶特性和燃料罐位置。燃料罐支撑构件应能防止罐体的移动。

5.1.1.4 燃料罐连接至船舶燃料管系的连接管应具有足够的柔性补偿。

5.1.1.5 应提供在燃料罐连接意外断开或破裂时可限制燃料泄漏量的装置。

5.1.1.6 燃料罐和燃料供应系统的设计应确保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。

5.1.1.7 当使用氢气瓶之外的其他储氢方式时，应进行风险评估并经CCS认可。

第2节 氢气瓶

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 除满足5.1.1要求外，氢气瓶还应符合本节其他要求。

5.2.1.2 若使用氢气瓶瓶组单元，除压力释放系统外，氢气瓶瓶组单元中每个气瓶均应能在任何情况下通过阀件断开管路。任一气瓶的管路断开都不应影响其他气瓶的可用性。

5.2.1.3 氢气瓶瓶体及瓶阀的结构和材料应满足气瓶相关安全技术规范^①的有关规定。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。

5.2.1.4 船用氢气瓶的许用压力不得低于最高工作压力，其中许用压力为氢气瓶在基准温度（15℃）下限定充装压力的1.25倍。

5.2.1.5 氢气瓶瓶口应装设温度驱动安全泄压装置和截止阀。安全泄压装置应满足气瓶相关安全技术规范^②的有关规定。

5.2.1.6 氢气瓶安全泄放装置的泄放量及泄放面积的设计计算，应当符合相关标准的规定，其额定排量 and 实际排量均不得小于氢气瓶的安全泄放量。

第3节 氢燃料罐透气系统

5.3.1.1 氢燃料罐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满足下列要求：

- (1) 此系统的构造应能使气体排放不受阻碍且垂直向上排出；
- (2) 布置成能使水或雪进入透气系统的可能性减少至最低限度；
- (3) 透气管出口的高度应高出露天甲板通常不小于 $B/3$ 或6 m，取其大者，并高出工作区域和走道

^① 参见 TSG23-2021《气瓶安全技术规程》。

^② 参见 TSG23-2021《气瓶安全技术规程》。

6 m。对于内河船，如布置困难，经评估，透气管出口应高于露天甲板及其所在位置的工作区域和走道3m；

(4) 透气出口应位于距离起居处所、服务处所、控制站、其他非危险处所的空气进口或开口及机器设备的废气出口不小于10m处。对于内河船舶，如布置困难，经评估，距离可由10m降至5m。

5.3.1.2 透气系统应设有防止火焰进入燃料罐的装置。

5.3.1.3 气体燃料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透气系统相独立。

5.3.1.4 透气管路的设计和布置应考虑温度变化、气流产生的力和船体运动的因素。

第6章 燃料加注

第1节 一般规定

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 燃料电池船舶加注压缩氢气应符合本章规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，燃料加注还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

第2节 氢燃料加注站

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 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CCS同意。风险评估中的特别考虑应包括但不限于以下设计特征：

- (1) 与船上其他区域的隔离；
- (2) 船上危险区域布置；
- (3) 强制通风的要求；
- (4) 泄漏监测要求（如气体监测）；
- (5) 与泄漏监测相关的安全动作（如气体监测）；
- (6) 通过空气闸从非危险区域进入加注站；
- (7) 对加注站通过直接观测或闭路电视（CCTV）进行监控。

6.2.1.2 围蔽或半围蔽加注站与周围处所的限界面应为气密。

6.2.1.3 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、温度进行监测，且能进行高温、高压报警、自动及手动切断。

6.2.1.4 起居处所、服务处所、机器处所和控制站的入口、空气进口和开口不应面向加注接头。

6.2.1.5 加注管路不得直接穿过起居处所、控制站或服务处所。如加注管路穿过围蔽处所，则其应被环围在通风导管内，通风导管的设置应满足本指南第8章第6节的要求。加注过程中应进行持续通风和气体探测，如通风失效或在通风导管中探测到燃料气体，则应在加注控制位置发出听觉和视觉报警。

第3节 氢燃料加注总管

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 燃料加注总管应设计成能承受加注作业期间的外部载荷。

6.3.1.2 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。

6.3.1.3 加注站的接头应配备附加的拉断阀/自封式快速释放装置。接头应为标准型。若拉断阀/自封式快速释放装置由加注方配备，应在加注总管附近显见位置张贴指示牌予以提醒。

第4节 氢燃料加注系统

6.4.1 一般要求

6.4.1.1 加注作业时氢气瓶的瓶内温度不应超过85℃。

6.4.1.2 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/或其他安全位置操作遥控阀。

6.4.1.3 加注总管和燃料罐之间的加注管系布置应符合本指南第4章的要求。

6.4.1.4 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处于除气状态。

6.4.1.5 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。

6.4.1.6 应设置一套船岸通讯线路或等效设施，用于与燃料加注方进行自动和手动紧急切断（ESD）通信。

第7章 电气装置

第1节 一般规定

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 燃料电池船舶危险区域划分、燃料电池发电装置及其构成的配电系统应符合本章的规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，危险区域划分和电气设备还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

7.1.1.2 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CCS接受的标准^①进行确定，危险区域内安装的电气设备应依据同一标准。

7.1.1.3 电气设备和线路通常不应安装在危险区域内，除非是出于必不可少的作业需求，并符合CCS接受的标准^②。

7.1.1.4 对于国内航行海船和内河船舶，燃料电池发电装置符合7.4.2的要求时，可作为船舶主电源或主电源的组成部分。

7.1.1.5 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。对于氢气，应不低于IIC，T1。

7.1.1.6 在危险区域中使用的设备应经CCS认可机构的评估、认证和登记。不应采用可燃气体探测并自动隔离非合格防爆电气设备的方式替代合格防爆电气设备的使用。

7.1.1.7 具有开口通向临近危险区域的处所，可通过采取CCS接受的标准^③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。

7.1.1.8 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、听觉和视觉报警）应予以测试和验证。

7.1.1.9 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、机械通风故障时应在有人值班处所发出听觉和视觉报警。

7.1.1.10 电缆穿越危险区域的甲板或舱壁时，应保持甲板或舱壁原有的密性，且应保证不会削弱甲板和舱壁的防火完整性。

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

7.1.1.12 气体燃料供应相关的控制系统、监测系统和安全系统均应由两路电源供电，其中，一路为主电源供电，一路为蓄电池电源或不间断电源UPS（后备式UPS除外）供电。当主电源失效时，应能自动转换为蓄电池或UPS实现不间断供电，并能在就地和驾驶室进行报警显示。蓄电池电源的供电时间应不低于30min。

① 参见 IEC60092-502《船舶电气设备—专辑—液货船》。

② 参见 IEC60092-502《船舶电气设备—专辑—液货船》和 IEC60079-10-1《爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-爆炸性气体环境》。

③ 参见 IEC60092-502《船舶电气设备—专辑—液货船》和 IEC60079-10-1《爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-爆炸性气体环境》。

第2节 危险区域划分

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 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^①，具体见7.2.2。如果认为7.2.2的规定在某些情况下并不适用，CCS可考虑允许使用CCS接受的标准^②的方法进行危险区域划分。

7.2.1.2 通风管道的区域划分等级应与被通风处所相同。

7.2.1.3 氢气瓶瓶头阀的分类，应根据7.2.1.1中区域划分相关标准进行风险评估，如氢气瓶瓶头阀的电子部件不直接接触燃气，且根据风险评估结论采用了有效的附加安全措施（例如采用防电火花措施等），则氢气瓶瓶头阀可不视作着火源。

7.2.2 危险区域

7.2.2.1 0类危险区域

该区域包括但不限于：燃料罐、缓冲罐、重整装置内部，内部含有低闪点燃料或重整燃料的管路和设备，用于燃料罐压力释放或其他透气系统的任何管路。

7.2.2.2 1类危险区域^③

该区域包括但不限于：

(1) 燃料罐接头处所，燃料罐处所^④及屏蔽间处所；

(2) 按照 2.3.1.2 (1)要求设计的燃料电池处所；

(3) 燃料准备间；

(4) 距离任何燃料罐出口，气体^⑤或蒸气出口，加注总管阀门，其他燃料阀、燃料管法兰及其他重整燃料释放源，燃料准备间通风出口，按照 2.3.1.2 (1)要求设计的燃料电池处所通风出口，其他 1 区通风出口和为了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；

(5) 按照 2.3.1.2 (1)要求设计的燃料电池处所入口及其通风进口，燃料准备间入口及其通风进口，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；

(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壁管、半围蔽的燃料加注站；

(8) 按照 2.3.1.2 (2)要求评估为非危险区域的燃料电池处所，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；

(9) 在正常运行情况下被空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；

(10) 除压缩氢气燃料罐外，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。

7.2.2.3 2类危险区域^⑥

该区域包括但不限于：

① 参见 IEC60079-10-1《爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-爆炸性气体环境》和 IEC 60092-502《船舶电气设备—专辑—液货船》中给出的导则和资料性实例。

② 参见 IEC60079-10-1《爆炸性环境-第 10-1 部分：区域分级-爆炸性气体环境》。

③ 安装在此类区域的仪表和电气设备的类型应适合 1 区。

④ 压缩氢气燃料罐处所（以下简称此类处所）通常不视为 1 类危险区域。从危险区域划分的目的而言，若此类处所的所有潜在释放源位于燃料罐接头处所且此类处所不通向任何危险区域，则此类处所应视为非危险区域。若此类处所所有潜在释放源，如燃料罐接头，则其应视为 1 类危险区域。若此类处所含有通向燃料罐接头处所的螺栓舱盖，则其应视为 2 类危险区域。

⑤ 包括低闪点燃料气体、重整燃料气体、驱气过程排出的气体、燃料电池燃料废气和空气废气。

⑥ 安装在此类区域的仪表和电气设备的类型应适合 2 区。

- (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；
- (3) 按照 2.3.1.2 (2) 要求评估为 2 区的燃料电池处所。

第3节 燃料电池发电装置

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 燃料电池发电装置工作的环境条件应符合相关规范的有关要求。

7.3.1.2 燃料电池发电系统中电气设备应根据CCS接受的标准^①确定危险区域并设置合适的防爆措施，危险区域内的电气设备和元件应具有相应防爆等级。

7.3.1.3 燃料电池发电系统的监控应满足10.2.4的要求。

7.3.1.4 应提供从燃料电池发电系统中安全排出一氧化碳和重整燃料的措施。

7.3.1.5 在需要执行关闭操作或维护时，应提供相应措施使得燃料电池发电装置恢复到安全状态。

7.3.1.6 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（钝态系指燃料或氧化剂系统已被吹扫系统吹扫后燃料电池发电系统的状态）。吹扫系统可使用制造商规定的介质，包括但不限于用氮气、空气或无危险状态下的蒸气对燃料电池发电系统进行吹扫。

7.3.1.7 燃料电池发电系统内部各组件及整体，均应防止出现未预期的过电流，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。

7.3.2 风险评估

7.3.2.1 船舶应用燃料电池发电装置应进行风险评估。

7.3.2.2 船舶应用燃料电池发电装置的风险评估，应考虑燃料电池发电装置整个生命周期相关的所有可预见的故障和风险，以确保安全措施能涵盖所有因使用燃料电池对船舶产生的风险。在任何合理并可预见的故障发生后，应考虑与安装、操作以及维护相关的危险，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。依据风险评估结论给出与燃料电池发电装置的安全防控措施以及相关的安全系统的设定值。

7.3.2.3 可以使用多种风险评估技术。危险源识别分析（HAZID）技术和/或危险与可操作性分析（HAZOP）技术可以用来识别可能对人员、环境和设备造成的潜在风险。燃料电池发电装置部件的单一故障应不会导致系统、船舶和人员的危险。故障模式和影响分析（FMEA）技术可以用来分析单一故障不会导致不可接受的后果。

7.3.2.4 应使用CCS接受的标准^②和分析方法对风险进行评估，应至少涵盖部件损坏、人员操作的影响、天气的影响、电气故障、非预计发生的化学反应、毒性、偶然的燃料点燃、起火、爆炸和断电。评估应确保尽可能消除风险，不能消除的风险应尽可能的予以减轻。

7.3.3 操作、维护手册及安全性说明

7.3.3.1 燃料电池发电装置应在船上备有操作手册，手册包括但不限于以下内容：

- (1) 帮助操作人员识别燃料电池发电装置各个子系统和部件，以及确认其能够安全运行的方法；
- (2) 所有工况下燃料电池发电装置的操作流程和功能说明，需包括自检、启动、停机、紧急停机和除气等；
- (3) 如设备的操作需要预设程序或参数，应提供编程方法以及达到预期操作所需参数的详细信息；
- (4) 燃料电池运行、报警和故障信息的查询方法，以及各个运行参数的正常限值范围和超限时处置方式。

7.3.3.2 燃料电池发电装置应在船上备有维护手册，手册包括但不限于以下内容：

^① 参见 IEC62282-3-100 《固定式燃料电池发电系统第 1 部分：安全》。

^② 参见 IEC60812 《系统可靠性分析技术-故障模式和影响分析（FMEA）程序》。

- (1) 关于燃料电池发电装置的调整、维修和预防性检查的适当程序；
 - (2) 所有需要定期检查/维护的系统及组件的维护计划和维护/维修记录，并说明这些维护的必要性和最低频率；
 - (3) 如果提供了自检的方法（例如软件测试程序），应详细说明如何使用这些方法；
 - (4) 应至少包含以下内容，并具有清晰和完整的说明：
 - ① 所有相关部件的位置及简图；
 - ② 所有相关仪表、自动化及监测报警信息的说明；
 - ③ 运动部件润滑的说明，包括润滑剂的种类和数量；
 - ④ 必要部件定期清洁维护的方法；
 - ⑤ 滤芯更换/清洗的频率及备件的尺寸、规格型号、拆卸和安装方式；
 - ⑥ 关机后可能具有高于安全电压的残余电压/能量的电气元件，以及如何将这些电压/能量安全释放的方法，并提醒用户注意；
 - ⑦ 检查燃料电池发电装置安装正确的方法，包括所有燃料、气体和水的进出口没有生锈和堵塞、设备外壳及支撑完好等；
 - ⑧ 报警系统功能检查计划；
 - ⑨ 定期检查通风系统、气体探测器及相关重要功能部件的方法；
 - ⑩ 备件清单以及备件详细信息和订购方式；
 - ⑪ 燃料电池发电装置周围环境的需求，例如没有可燃材料、可燃物及燃料的泄漏物。
- 7.3.3.3 燃料电池发电装置应在船上备有潜在危害安全性说明，说明包括但不限于以下内容：
- (1) 泄漏可能产生的物质（有毒物质、易燃物质、腐蚀性物质等）；
 - (2) 可能产生的气体（有毒气体、易燃气体、腐蚀性气体等）；
 - (3) 火灾/爆炸危险性；
 - (4) 浸水危险性；
 - (5) 关闭所有反应进程的方式及其他减轻风险的安全预防措施；
 - (6) 推荐的灭火方式。

第4节 燃料电池的供电与配电系统

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 供电与配电系统向负载提供的电能，除满足本节相关要求之外，电压和频率偏差、谐波及纹波的指标应满足相关规范和法规中对电能质量的规定。

7.4.1.2 供电与配电系统应设计为，当发生单一故障时不会导致危险情况的发生。

7.4.1.3 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10.2.4要求的安全和控制所需的指示和控制设备。

7.4.1.4 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。

7.4.1.5 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。

7.4.2 燃料电池发电装置作为船舶主电源（或主电源组成部分）的特殊要求

7.4.2.1 燃料电池发电系统的性能及安全应符合CCS接受的标准^①并持有CCS签发的船用产品证书，且船用产品证书中已注明其“已完成等效发电机组特性的附加试验”。

^① 参见 IEC62282-2-100《燃料电池模块第1部分：安全》和 IEC62282-3-100《固定式燃料电池发电系统第1部分：安全》。

7.4.2.2 根据7.4.2.4 (6)的要求需配备蓄电池组改善动态响应能力的燃料电池发电装置,应选择容量不少于产品证书中注明的同种类型的电池组。有多组燃料电池发电系统时,应考虑汇流排分段运行时,确保每一段汇流排上蓄电池组具有足够的容量。

7.4.2.3 考虑到配电系统保护电器的选择性保护,燃料电池发电装置的短路电流应足以使本支路的短路保护装置动作。当主汇流排上发生短路时,应设有保护措施以确保燃料电池不会受到危害,并在故障清除后再次使用。

7.4.2.4 等效发电机组特性的附加试验

(1)燃料电池发电系统连同变流器如满足7.4.2.4 (2)-(6)的要求,可作为船舶主电源的组成部分,并在证书中予以注明“已完成船用系统发电性能附加试验”。

(2)燃料电池发电系统连同变流器,应能在选择性保护电器的任何延时脱扣时间/熔断时间内,耐受短路电流所产生的机械应力和热效应。

(3)燃料电池发电系统连同变流器,当负载为额定功率的20%时,其电压偏差应在额定电压的1%以内;当负载为满载时,其电压偏差应在额定电压的2.5%以内;在20%负载至满载之间,电压负载特性的上升曲线和下降曲线的平均曲线与额定电压的偏差应不大于3%。

(4)燃料电池发电系统连同变流器在空负荷状态下突然加上50%额定负荷,稳定后再加上余下的50%负荷时,应满足:

- ① 当电压跌落时,其瞬态电压值应不低于额定电压的85%,且不低于变流器工作门限电压;
- ② 当电压上升时,其瞬态电压值应不超过额定电压的120%,且不高于变流器工作门限电压;
- ③ 如为交流系统,其瞬态频率变化应不大于额定频率的10%;
- ④ 电压恢复到与稳定值相差3%额定电压以内所需的时间应不超过1.5s。

(5)输出为交流的燃料电池发电系统连同变流器,空载线电压波形正弦性畸变率应不超过5%。

(6)如燃料电池发电系统连同变流器达到7.4.2.4 (4)要求确有困难,可并联一组电池组和变流器的组合共同进行试验,燃料电池发电装置和增配电池组容量、类型等参数应在产品证书中注明。

7.4.3 燃料电池作为船舶唯一主动力源的特殊要求

7.4.3.1 燃料电池发电装置应具有和柴油发电机组相同的安全性、可靠性和独立性,并符合7.4.2的要求。在任一燃料电池发电装置停止工作时,剩余燃料电池发电装置的台数和容量仍能继续对保障船舶正常航行、船舶安全及冷藏货物所必需的设备供电。同时,最低舒适的居住条件也应得到保证,至少应包括适当的炊事、食品冷冻、机械通风、卫生和淡水等设备的供电。

7.4.3.2 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。

7.4.3.3 燃料电池发电装置活动部件^①的单一故障不应导致推进失效和重要设备失电。

7.4.3.4 应具有2套及以上的燃料电池发电装置,当其中一套发电系统因故障停止供电时,不会导致不可接受的动力损失,船舶安全航行和最低舒适生活条件也应得到保证。

7.4.3.5 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。

7.4.3.6 应设置两个及以上的燃料罐,燃料罐应布置在不同的舱室。采用C型LNG燃料罐且设有两个完全独立的燃料罐接头处所或类似布置方式时,可仅设置一个燃料罐。

7.4.3.7 对于海船,当任一燃料电池发电装置因故障停止供电时,其余燃料电池发电装置应尽快自动起动并连接至主配电板,应尽可能在失电后30s内完成,最长不超过45s。对于内河船,应尽可能实现这些要求。

7.4.3.8 失电后恢复供电或瘫船起动满足相关要求的说明文件应经CCS认可并验证。

7.4.3.9 如使用重整装置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起动所需热源。

7.4.3.10 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。

^① 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。

7.4.3.11 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。

7.4.3.12 应根据供应商提供的功率衰减率曲线或类似资料，计算船舶报废年限以内可能出现的功率衰减，并在其发电功率不能满足全船负荷的需求时予以更换。

7.4.4 燃料电池作为船舶主电源但非唯一主动力源的特殊要求

7.4.4.1 燃料电池发电装置应具有和柴油发电机组相同的安全性、可靠性和独立性，并符合7.4.2的要求。在任一燃料电池发电装置停止工作时，主电源的其余部分仍能继续对保障船舶正常航行、船舶安全及冷藏货物所必需的设备供电。同时，最低舒适的居住条件也应得到保证，至少应包括适当的炊事、食品冷冻、机械通风、卫生和淡水等设备的供电。

7.4.4.2 为降低风险而采取的措施不应降低所要求的发电能力。

7.4.4.3 燃料电池发电装置活动部件的单一故障不应导致重要设备失电。

7.4.4.4 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，使用储能系统作为备用主电源时应具有与航程相适应的容量。

7.4.4.5 任一燃料电池发电系统因故障停止供电时，不应导致不可接受的动力损失，船舶安全航行和最低舒适生活条件也应得到保证。

7.4.4.6 对于海船，当燃料电池发电装置因故障停止供电时，备用动力源应尽快自动起动并连接至主配电板，应尽可能在失电后30s内完成，最长不超过45s。对于内河船，应尽可能实现这些要求。

7.4.4.7 如果失电后恢复供电或瘫船起动所需动力由燃料电池发电装置提供，则满足相关要求的说明文件应经CCS认可并验证。

7.4.4.8 并网型燃料电池发电装置投入电网使用，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装置从电网切除并停机。

7.4.4.9 并网型燃料电池发电装置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。切换过程应保持供配电系统供电连续性，且不应使供电电压相位与幅值发生的突变超过相关规范和法规中对电源质量瞬态波动的规定。

7.4.4.10 燃料电池发电装置还应满足7.4.3.5、7.4.3.11和7.4.3.12的要求。

7.4.5 燃料电池不作为船舶主电源的特殊要求

7.4.5.1 燃料电池发电装置如满足下列要求，则可用来向船舶航行时正常操作和起居条件所需的电气设备供电：

- (1) 设有足够容量的备用电源（来自船舶主电源）；
- (2) 频率（如有时）和电压波动应符合相关规范和法规中对电能质量的规定；
- (3) 当燃料电池发电装置停止工作、频率（如有时）超限或电压波动超限时，由其供电的设备应能自动切换至由船舶主电源供电。
- (4) 考虑到配电系统保护电器的选择性动作，燃料电池发电装置的短路电流应足以使本支路的短路保护装置动作；
- (5) 具有自动卸载功能；
- (6) 在设有驾驶室遥控推进装置的船舶上，应提供措施或程序，以确保在操纵工况下向重要设备供电，从而避免船舶失电。

第8章 通风及惰化

第1节 一般规定

8.1.1 一般要求

8.1.1.1 除另有规定者外，燃料电池船舶通风和惰化应符合本章规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，舱室的通风和惰化还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

8.1.1.2 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，应为非危险区域。非危险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。

8.1.1.3 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。

8.1.1.4 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，并能监测该处所是否含有可燃气体。

8.1.1.5 危险处所通风管路的外部开口处，应设置单个方形网孔边长不大于13mm的防护网。用于含有燃料气体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；
- ⑤ 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。

(2) 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，但不必大于13mm；

(3) 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，故不能用于危险处所。

8.1.1.6 非危险处所的空气出口应位于危险区域外。

8.1.1.7 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。

8.1.1.8 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。

8.1.1.9 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）。对此应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10.2.6.1规定的位置发出听觉和视觉报警；

② 立刻采取恢复通风的行动。

第2节 燃料电池处所

8.2.1 一般要求

8.2.1.1 燃料电池处所的保护，可通过惰化或通风实现。

8.2.2 燃料电池处所的通风

8.2.2.1 燃料电池处所应配备有效的机械通风系统以保持整个处所的负压状态，同时可能泄漏的燃气的密度应纳入考虑。

8.2.2.2 对于开敞甲板上的燃料电池处所，可考虑采用正压通风。

8.2.2.3 燃料电池处所的通风率，应足以在因技术故障而导致的所有最大可能泄漏情况下，将平均气体/蒸气浓度稀释到爆炸下限的25%以下，且至少保证每小时30次换气的通风能力。

8.2.2.4 任何用于燃料电池处所通风的管道不应用于任何其他处所。

8.2.2.5 包含重整燃料管路或释放源的处所的通风管道的设计和布置应避免出现任何气体积聚的可能性。

8.2.2.6 应安装两组或多组风机用于燃料电池处所的通风，以在一组风机失效时提供100%的通风能力冗余，100%的通风能力还应由应急电源供电。对于内河船，如无应急电源，从主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。

8.2.2.7 当一台风机发生故障时，应自动切换至另一台风机并发出报警。

8.2.2.8 当燃料电池处所通风失效或失去负压时，燃料电池系统应自动、受控地关闭燃料电池并隔离燃料供应。

8.2.3 燃料电池处所的惰化

8.2.3.1 燃料电池处所在惰化过程中人员应无法进入，并且密封装置应确保能防止惰性气体泄漏至相邻处所。

8.2.3.2 惰化系统应符合《国际消防安全系统规则》第15章和《使用气体或其他低闪点燃料船舶国际安全规则》6.13及6.14的规定。

8.2.3.3 惰化介质的压力应始终处于正压状态并能进行监测。

8.2.3.4 任何表明燃料电池处所或含有燃料的装置（例如燃料电池堆和重整装置等）的限界面出现破损的压力变化，应触发燃料供应的受控关闭。

8.2.3.5 燃料电池处所应设有机械通风，以便在惰化启动后将惰性介质排出。

8.2.3.6 经过惰化的燃料电池处所只有在完全通风并且燃料供应中止、减压或吹扫后才允许进入。

8.2.3.7 在维护或检查过程中，惰化系统应不能运行。

第3节 氢燃料罐接头处所

8.3.1 一般要求

8.3.1.1 燃料罐接头处所，应设置有效的负压机械通风系统，其通风能力应为每小时换气至少30次。

8.3.1.2 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。

8.3.1.3 如燃料罐的接头位于燃料罐处所内，则燃料罐处所也应满足8.3.1.1-8.3.1.2的要求。

第4节 氢燃料准备间

8.4.1 一般要求

8.4.1.1 燃料准备间应设置有效的负压机械通风系统，其通风能力应为每小时至少换气30次。

8.4.1.2 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。

8.4.1.3 当泵或其他燃料处理设备工作时，燃料准备间及其他燃料处理处所的通风系统应保持运转。

第5节 氢燃料加注站

8.5.1 一般要求

8.5.1.1 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气体能被移至加注站外。如自然通风不足，则应按照6.2.1.1所要求的风险评估设置机械通风装置。

第6节 包含氢燃料管路的双壁管环形空间

8.6.1 一般要求

8.6.1.1 双壁管应设置有效的负压式机械通风系统，其通风能力应为每小时至少换气30次。

8.6.1.2 双壁管的通风系统应独立于所有其他通风系统。

8.6.1.3 双壁管的通风进口应始终位于远离着火源的露天非危险区域内。通风进口处应设有合适的金属防护网，并防止进水。

8.6.1.4 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，仍能保持100%的通风能力。

第7节 排气系统

8.7.1 一般要求

8.7.1.1 燃料电池发电系统的燃料废气和空气废气排放管路不应与除燃料电池处所以外的任何通风管路共用，并且应通向露天的安全位置。

8.7.1.2 燃料电池发电系统的吹扫管路应独立通向露天区域，并按危险区域空气出口布置。

8.7.1.3 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。

8.7.1.4 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设备。

8.7.1.5 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。

8.7.1.6 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。

8.7.1.7 燃料电池发电系统的排气系统沿程管路及部件不得有开口。

第9章 消防

第1节 一般规定

9.1.1 一般要求

9.1.1.1 除另有规定者外，燃料电池船舶消防应符合本章规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，消防还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

9.1.1.2 就防火而言，燃料电池处所和任何含有泵、压缩机、热交换器、蒸发器或燃料罐等燃料制备设备的处所应视为A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）。

9.1.1.3 燃料电池处所内的灭火系统应经CCS认可。

9.1.1.4 燃料电池发电装置内使用的可燃材料应尽可能减少。

9.1.1.5 灭火系统应与使用的燃料和燃料电池的火灾特性相适应。CCS允许采用其他替代消防安全措施，但应通过基于燃料特性的风险评估证明该措施的等效性。

第2节 防火

9.2.1 氢燃料罐

9.2.1.1 氢燃料罐位于开敞甲板时，面向燃料罐的起居处所、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。

9.2.1.2 氢燃料罐处所应与A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）或其他有较大失火危险处所隔离，此种隔离应为一个至少900mm的隔离空舱，且应在A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）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。在确定燃料罐处所与其他具有较小失火危险处所之间的防火分隔时，燃料罐处所应视作A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）。燃料罐处所与燃料罐处所之间应设置1个至少900mm的隔离空舱或采用A-60级防火分隔。

9.2.1.3 对于压缩氢气燃料罐，压缩氢气燃料罐外壁距离氢气瓶间舱壁不小于900mm时，压缩氢气燃料罐处所可视作隔离空舱。但压缩氢气燃料罐直接布置在A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）或其他具有较大失火危险处所上方时，两者之间仍应设置1个至少900mm的隔离空舱（对于内河船舶，如布置困难，经评估后该距离可小于900mm，但不应小于500mm），且应在A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）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。

9.2.2 氢燃料加注站

9.2.2.1 加注站与A类机器处所（海船）/重要机器处所（内河船）、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，但与失火危险较小的液舱、空舱、辅助机械处所以及卫生间和其他类似处所的该类限界面可降至A-0级。

9.2.3 燃料电池处所

9.2.3.1 燃料电池处所的限界面包括出入口（如设有）应为钢质气密型或金属等效材料。

9.2.3.2 燃料电池处所与周围所有处所应采用A-60级防火分隔，燃料电池处所之间也应采用A-60级防火分隔。在实际不可行的情况下，CCS可允许采用替代的防火限界面设计以达到同等的安全水平。

9.2.3.3 燃料电池处所之间若采用单层舱壁/甲板分隔，该分隔应具有足够的强度以承受任一燃料

电池处所内燃气爆炸的影响，且不会影响邻近处所的完整性和设备。

第3节 灭火

9.3.1 一般要求

9.3.1.1 燃料电池处所、燃料罐处所和燃料准备间应设置符合《国际消防安全系统规则》的固定式灭火系统。

9.3.1.2 固定式灭火系统应在充分考虑被保护处所可能产生的火灾强度的基础上选择，并应随时可用。

9.3.1.3 9.3.1.1所述处所的灭火介质应采用干粉或二氧化碳。

9.3.1.4 加注站应设置固定式干粉灭火系统，其应覆盖所有可能的泄漏点。其灭火能力应确保至少能以不低于3.5kg/s的速率释放45s。固定式干粉灭火系统应布置为能在被保护区域外的安全位置手动释放。对于国内航行船舶，如设置上述灭火系统确有困难，可采用同等灭火剂量的大型推车式干粉灭火设备。

9.3.1.5 除主管机关可能要求的手提式灭火器之外，加注站附近和燃料准备间内还应分别设置至少1具容量不少于5kg的手提式干粉灭火器。

9.3.1.6 在燃料电池发电装置附近及其所在燃料电池处所的入口处，应至少各设置1具容量不小于5kg的手提式干粉灭火器。

9.3.1.7 应安装水雾系统用于冷却、防火以及船员防护，水雾系统应覆盖位于甲板上方的氢气燃料罐的暴露部分。

第4节 探火和失火报警系统

9.4.1 探火

9.4.1.1 燃料罐处所（如布置在甲板下方则包括其通风管道）、燃料电池处所以及其他可能出现可燃气体的处所，均应安装符合《国际消防安全系统规则》要求的固定式探火和失火报警系统。

9.4.1.2 火灾探测系统类型和布置的选择应适当考虑燃料电池发电装置中可能存在的燃料和可燃气体。

9.4.1.3 当使用气体燃料时，不应仅设有烟雾探测器。应按照CCS接受的标准^①设置合适的火灾探测器。

9.4.2 报警和安全措施

9.4.2.1 当9.4.1.1所述处所探测到火灾后，应采取表10.4.1列出的安全措施，且应自动停止通风。

第5节 挡火闸

9.5.1 一般要求

9.5.1.1 燃料电池处所的通风系统的空气进、出口应设有故障安全型自动挡火闸，该挡火闸应可从燃料电池处所外部操作。

9.5.1.2 燃料罐接头处所的通风围阱内应安装故障安全型自动挡火闸。

9.5.1.3 灭火系统动作之前，挡火闸应自动关闭。

^① 在选择合适的火灾探测器时，可根据 ISO/TR15916《氢系统基本安全要求》考虑。

第10章 控制、监测和安全系统

第1节 一般规定

10.1.1 一般要求

10.1.1.1 燃料电池船舶控制、监测和安全系统及气体探测应符合本章的规定。使用天然气、甲醇、乙醇、氨或其他燃料作为一次燃料时，控制、监测和安全系统还应符合CCS《船舶应用天然气燃料规范》或《船舶应用甲醇/乙醇燃料指南》或《船舶应用氨燃料指南》等相应规范的有关要求。

10.1.1.2 应设置合适的仪表设备，能够就地和远程对重要参数进行读数，以确保对全部燃料设备和加注的安全管理。

10.1.1.3 安全系统应独立于控制和监测系统，或满足CCS接受的标准^①中规定的性能要求，或达到同等的安全水平。

10.1.1.4 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。

10.1.1.5 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。

第2节 监测与控制

10.2.1 氢燃料罐的监控

10.2.1.1 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、机舱控制室或船舶安全中心等）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，并在达到设计最高/最低压力时发出报警。

10.2.1.2 压缩氢气燃料罐应设有反映罐内温度的传感器。

10.2.1.3 压缩氢气燃料罐应设有压力传感器，当容器内部压力低于安全所必须的最低压力要求时，应及时切断燃料的输出。如压力传感器的数据可在就地进行压力显示并能清晰标明燃料罐允许的最高和最低压力，则可替代10.2.1.1要求的压力表。

10.2.2 氢燃料供应系统的监控

10.2.2.1 燃料供应系统应设有过压保护装置，在压力达到设定压力时发出听觉和视觉报警。

10.2.2.2 对气体纯度敏感的燃料电池，应监测重整燃料气体纯度，当超出了限定值时应发出听觉和视觉报警。

10.2.2.3 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。

10.2.3 重整装置的监控

10.2.3.1 应对重整装置的内部工作状态进行监控，如温度、压力等，当超出了限定值时应发出

^① 参见 ISO13849-1《机械安全-控制系统的安全相关部分-设计通则》。

听觉和视觉报警，并及时切断燃料的输出。

10.2.4 燃料电池发电系统的监控

10.2.4.1 燃料电池发电系统应进行必要的监测，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。

10.2.4.2 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) 空气进入到燃料管路（可采用间接监控方式）；

(2) 燃料进入到空气管路（可采用间接监控方式）；

(3) 燃料电池电压；

(4) 燃料电池电压波动；

(5) 排气温度（如适用）；

(6) 燃料电池内部温度（如适用），当燃料电池堆表面温度有可能高于300℃时，应能满足10.4.1.12的要求；

(7) 燃料气体的纯度（如适用）；

(8) 输出电流；

(9) 控制系统故障。

10.2.4.3 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) 空燃比（如适用）；

(8) 排气的气体探测；

(9) 水系统的液位；

(10) 水系统的压力；

(11) 水系统的纯净度；

(12) 影响和反映燃料电池寿命或衰减所必须监测的参数。

10.2.4.4 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。

10.2.4.5 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、压力和电压等。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。

10.2.5 液体燃料监测

10.2.5.1 对存在液体燃料泄漏可能性的处所应提供快速探测液体燃料的装置。

10.2.6 通风监测

10.2.6.1 所要求的通风能力发生任何损失时，应在驾驶室或连续有人值班的集控室或船舶安全中心发出听觉和视觉报警。

10.2.6.2 确认通风系统运行时具备10.2.6.1中“所要求的通风能力”的可接受方法，包括但不限于下列方法，可选择其中一种或多种：

(1) 监测通风电动机或风扇运行并结合负压指示；

(2) 监测通风电动机或风扇运行并结合通风流量指示；

(3) 监测通风流速以表示达到所要求的空气流速。

10.2.7 污水井

10.2.7.1 燃料罐（接头处所）和燃料电池处所的污水井（如有时）应设置液位传感器，污水井高液位时发出报警。

10.2.7.2 低温液体燃料罐（接头处所）污水井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。

第3节 气体探测

10.3.1 一般要求

10.3.1.1 对一次燃料可能发生的泄漏应设置直接且快速的监测措施。

10.3.2 对气体探测的要求

10.3.2.1 对一次燃料可能发生的泄漏应设置直接且快速的监测措施。

10.3.2.2 在下述处所位置应安装固定式气体探测器：

- (1) 燃料罐接头处所内；
- (2) 双壁管内外层管之间；
- (3) 含有气体燃料管路、气体设备的机器处所或燃料电池处所内；
- (4) 压缩机室和燃料准备间内；
- (5) 其他含有燃料管路或燃料设备，但未设置双壁管的围蔽处所内；
- (6) 其他可能产生气体积聚的围蔽/半围蔽处所内，包含屏壁间处所和除氢气瓶以外独立燃料罐的燃料罐处所；
- (7) 空气闸内；
- (8) 4.2.1.13中燃料电池发电系统的辅助系统介质出口处或膨胀水箱内；
- (9) 燃料电池冷却液供应装置；
- (10) 与气体燃料系统相关的电动机处所内；
- (11) 围蔽/半围蔽加注站；
- (12) 气体阀件单元处所（气体阀件单元处所与通风导管连通且气体阀件单元处所内部空间不大于 2m^3 时，气体阀件单元处所可视为通风导管的一部分）；
- (13) 经风险分析后，可能存在可燃气体的起居处所和机器处所的通风进口。

10.3.2.3 每个处所内气体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，气体探测器宜安装在气体/蒸气可能积聚的位置和/或通风出口。应采用气体扩散分析或物理烟雾测试来确认最佳的布置位置。

10.3.2.4 可燃气体探测应连续进行。

10.3.2.5 基于冗余的考虑，气体探测器应为两个互相靠近且独立的探测器。如探测器具备自检功能，则允许使用一个探测器，并应有备件以便及时更换。

10.3.2.6 气体探测器应按照CCS接受的标准^①进行设计和试验。

10.3.2.7 除固定式可燃气体探测系统之外，船舶上还应配备1套可携式气体探测设备。

第4节 监测、控制和安全系统功能

10.4.1 一般要求

10.4.1.1 燃料供应系统应提供能进行手动遥控紧急切断的装置，如燃料供应系统包含压缩机和泵，在切断燃料供应时也应一并紧急关停。该装置应采用已作适当标记其用途，且能防止误触碰的

^① 参见 IEC60079-29-1《爆炸性环境-气体探测器-易燃气体探测器的性能要求》。

手动按钮，并在下述位置进行布置（如设有）：

- (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；
- (6) 燃料电池处所出口附近。

10.4.1.2 手动紧急切断按钮动作时，安全系统应能立即中断燃料供应，并切断燃料电池处所中所有非合格防爆电气设备供电。

10.4.1.3 对于本章的报警应布置在驾驶室或连续有人值班的集控室或船舶安全中心，如涉及燃料加注，其指示、报警和安全动作应布置在加注操作控制位置和其他安全位置。

10.4.1.4 监测到气体/蒸气浓度高于20%LEL时，应进行报警。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%。

10.4.1.5 两个探测器探测到气体/蒸气浓度超过40%LEL时，安全系统应能关闭受影响的燃料电池发电系统，切断泄漏点所在燃料电池处所内所有非合格防爆电气设备供电，并自动关闭所有用于隔离泄漏点的阀门。如果燃料电池堆没有取得在1类危险区域环境中工作的认可，则燃料电池也应立即关闭。向燃料电池处所供应液体或气体燃料的燃料系统的阀门也应自动关闭。

10.4.1.6 燃料电池冷却液的供应装置中应设置气体探测，并能进行报警。

10.4.1.7 监测到燃料电池处所内的一次燃料或液体燃料的泄漏，安全系统应能立即中断燃料供应，并切断燃料处所内部所有非合格防爆电气设备供电。可以通过舱底水高液位监测装置实现这一目的。

10.4.1.8 10.4.1.4-10.4.1.7中气体和燃料的泄漏故障未消除之前，安全系统不得重新开启泄漏点的燃料供应。

10.4.1.9 监测到燃料电池处所通风失效时，安全系统应能在一定的时间内自动停止燃料电池的运行，并确保该动作始终保持系统处于安全状态。该过程应基于风险分析，并考虑燃料电池的技术状态。

10.4.1.10 燃料电池冷却液的失效，安全系统应能在一定的时间内自动停止燃料电池的运行。为了防止冷却液泄漏到燃料电池处所中，应提供能够容纳这些冷却液的管路或设施，以实现附加屏蔽的目的。可提供相应措施安全排出这些冷却液。

10.4.1.11 燃料电池处所中探测到火灾，安全系统应能立即中断燃料供应，并切断燃料电池处所中所有非合格防爆电气设备供电。

10.4.1.12 定义为1类危险区域的燃料电池处所，若燃料电池堆没有取得在1类危险区域环境中工作的认可，当燃料电池堆表面温度高于300℃时，应立即关闭燃料电池发电系统并切断该燃料电池处所的燃料供应。

10.4.1.13 报警及限定故障后果的安全动作应根据本章前述内容和表10.4.1进行设置。对于非常规和复杂的燃料电池发电装置，应考虑增加新的报警及安全动作。

供气系统的安全功能

表 10.4.1

参数	报警	自动关闭燃料罐主阀	自动关闭燃料电池处所燃料供应	注释
氢燃料罐压力高	X			见 10.2.1.1
氢燃料罐压力高高	X	X		见 6.2.1.3
氢燃料罐压力低	X	X		见 10.2.1.3
氢燃料罐温度高	X	X		见 10.2.1.2
热交换器膨胀柜内气体浓度高于	X			见 10.3.2.2 (8)

20%LEL				
空气闸内气体浓度高于20%LEL	X			见 10.3.2.2 (7)
空气闸两边的门同时处于开启状态	X			
空气闸门开启的同时通风失效	X			
氢燃料罐处所内气体浓度高于 20%LEL	X			见 10.4.1.4
氢燃料罐处所内2个探测器均探测到的气体浓度高于40% LEL	X	X		见 10.4.1.5
氢燃料罐处所内火灾	X	X		同时停止燃料罐处所通风
氢燃料罐处所内污水井高液位	X			见 10.2.7.1
氢燃料罐处所内污水井低温	X	X		适用于低温液体燃料
氢燃料罐处所液体燃料泄漏	X	X		
燃料罐处所和燃料电池处所之间双壁管内气体浓度高于20% LEL	X			见 10.4.1.4
燃料罐处所和燃料电池处所之间双壁管内2个探测器均探测到的气体浓度高于40%LEL	X	X ¹⁾		见 10.4.1.5
燃料准备间内气体浓度高于20% LEL	X			见 10.4.1.4
燃料准备间内2个探测器均探测到的气体浓度高于40%LEL	X	X ¹⁾		见 10.4.1.5
燃料准备间内液体燃料泄漏	X	X ¹⁾		
燃料电池处所内气体浓度高于 20%LEL	X			见 10.4.1.4
燃料电池处所内2个探测器均探测到的气体浓度高于40%LEL	X		X	见 10.4.1.5
燃料电池处所探测到液体燃料泄漏	X		X	见 10.4.1.7
燃料罐处所和燃料电池处所之间的双壁管内通风失效 ²⁾	X		X ³⁾	见 10.2.6
燃料电池处所内双壁管内通风失效 ²⁾	X		X ³⁾	见 10.2.6
燃料电池处所内部分通风失效 ²⁾	X			见 10.2.6
燃料电池处所内全部通风失效 ²⁾	X		X	见 10.2.6 和 10.4.1.9
燃料电池处所探测到火灾	X		X	见 10.4.1.11 , 同时停止燃料电池处所通风
手动紧急切断	X		X	见 10.4.1.2
阀门控制工作介质失效	X		X	视需要可延时
燃料电池表面温度 >300℃	X		X	见 10.4.1.12
燃料电池冷却失效	X		X	
燃料电池自动停止工作	X		X	见 10.2.4.5
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，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。
- 2) 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。
- 3) 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 氢燃料电池发电装置预设要求

第1节 一般规定

11.1.1 适用范围

11.1.1.1 本章适用于在新造船阶段采用氢燃料电池发电装置预设方案，拟将来实施氢燃料电池发电装置安装改造的船舶。

11.1.1.2 本章规定了船舶采用氢燃料电池发电装置预设方案时，氢燃料电池发电装置的布置、结构加强、材料、燃料加注及供应、通风透气及惰化、消防、电气设备与危险区域、控制监测安全系统等方面的要求。

11.1.1.3 如有特殊的或新型的氢燃料电池发电装置，不能满足本章规定的预设要求，其设计、评定标准、检验和试验方法，应基于相应的试验、理论依据、使用经验或有效的公认标准进行评估，经CCS同意，可接受作为替代或等效方法。

11.1.1.4 与氢燃料电池发电装置共用的常规船舶系统和/或设备，应满足相关公约和法规、CCS相关规范的要求。

11.1.2 目的及功能要求

11.1.2.1 本章的目的是明确氢燃料电池发电装置预设要求，为船舶后续安装氢燃料电池发电装置提供技术指导。

11.1.2.2 氢燃料电池发电装置预设应满足如下功能要求：

(1) 氢燃料电池发电装置预设布置和设计应考虑到能将与氢燃料相关的风险所发生的概率和后果限制在最低水平；

(2) 当氢燃料气体泄漏或风险降低措施失效时，应考虑到启动必要的安全措施，同时应考虑到风险降低措施和不会导致不可接受的动力损失；

(3) 氢燃料电池发电装置的预设布置应考虑尽量限制危险区域，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；

(4) 应考虑到燃料围护系统和氢燃料电池处所的布置和位置，使其中任何一处发生火灾或爆炸均不会导致不可接受的动力损失或其他舱室的设备无法操作。

第2节 预设技术要求

11.2.1 一般要求

11.2.1.1 氢燃料电池发电装置预设在设计及建造阶段应充分考虑氢燃料罐/氢气瓶、氢燃料电池堆及燃料供应系统等布置安装前后对船舶带来的影响。

11.2.1.2 对于申请HFC Ready 2和HFC Ready 2 (X)附加标志的船舶，为保证新造船阶段预留的空间、位置、接口等适合将来氢燃料电池发电装置安装上船，预设方案的制定应尽可能基于某定型产品，而不是基于原型产品或者新型设计，除非该设计已通过了评估或认可。将来氢燃料电池发电装置船上安装时，可以选择设计原理与预设方案类似的设备或系统代替，并需提交替代设备或系统的相关图纸资料。

11.2.1.3 预设方案应考虑拟安装的氢燃料电池发电装置与船上供配电系统的匹配。

11.2.1.4 氢燃料电池发电装置预设时，除满足系统和设备安装布置要求外，还应考虑系统操作、维护的需要。

11.2.2 船舶布置

11.2.2.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶应满足11.2.2.2~11.2.2.5要求。

11.2.2.2 在新造船设计与建造阶段，应预留足够的空间用于氢燃料罐/氢气瓶和氢燃料电池堆/模块的安装和布置。

11.2.2.3 氢燃料罐/氢气瓶预留布置空间应满足2.2.1.1、2.2.1.2和2.2.2的要求。

11.2.2.4 氢燃料电池堆/模块预留布置空间应满足2.3.2.4、2.3.2.5的要求。

11.2.2.5 氢燃料罐/氢气瓶、氢燃料电池堆/模块的预留布置空间通道应满足2.3.2.7和2.5.1.1的要求。

11.2.2.6 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2（X）附加标志的船舶，应满足本指南第2章的要求。

11.2.3 结构强度

11.2.3.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，需考虑氢燃料电池发电装置改造后的船体结构应满足CCS相关规范中总纵强度的要求。

11.2.3.2 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2（X）附加标志的船舶，除满足11.2.3.1要求外，还应满足本指南第1章和第5章的相关要求和CCS相关规范中的其他适用要求。

11.2.4 材料

11.2.4.1 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2（X）附加标志的船舶，应满足本指南第3章要求。

11.2.5 燃料加注及供应

11.2.5.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，可考虑为燃料供应系统预留一定空间。燃料管路距离船体外板应不少于800mm，通过滚装处所、特种处所和布置在开敞甲板上的燃料管路应进行机械防护以防损坏。燃料电池处所外的燃料供应管路的布置可参照4.3.3.1的要求。若考虑穿过上述处所之外的围蔽处所时，则需充分预留双壁管的布置空间，同时也可考虑为双壁管通风或惰化以及气体阀组方面的设计和布置预留足够空间。

11.2.5.2 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，若考虑燃料加注，一般应在露天甲板预留燃料加注站的布置空间。起居处所、服务处所、机器处所和控制站的入口、空气进口和开口不应面向加注接头预留位置。

11.2.5.3 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2（X）附加标志的船舶，燃料管系设计与安装应满足本指南第4章的要求。燃料加注应满足本指南第6章的要求。燃料管系的制造、工艺和试验应满足4.1.1.2的要求。

11.2.6 通风、透气及惰化

11.2.6.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，在新造船设计与建造阶段，应根据5.3.1.1的要求，充分考虑燃料罐/氢气瓶透气出口的布置位置对总布置的影响。

11.2.6.2 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，可考虑预留燃料罐/氢气瓶处所和氢燃料电池处所的通风管道空间。包含有氢燃料管路或释放源的通风管预留空间的设计和布置应避免出现任何气体积聚的可能性。不包含氢燃料的双壁管道或风道的通风进口预留位置应始终位于远离着火源的露天非危险区域。

11.2.6.3 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，可考虑根据8.7.1.1-8.7.1.3要求预留氢燃料电池发电系统的排气管道空间。

11.2.6.4 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2（X）附加标志的船舶，氢燃料电池发电装置相关通风和惰化系统应满足本指南第8章的要求。

11.2.7 消防

11.2.7.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，在新造船设计与建造阶段，船上预留的用于安装和布置氢燃料罐/氢气瓶、氢燃料电池堆/模块和加注站的处所或空间，其与船上其它处所间界面的防

火分隔应满足本指南第9章的要求。

11.2.7.2 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2 (X) 附加标志的船舶，除满足11.2.7.1要求外，还应满足本指南第9章的其他要求。

11.2.8 电气设备与危险区域

11.2.8.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，可考虑预留用于将氢燃料电池发电装置接入船上电网的接口装置的空间，例如配电板上预留保护开关的位置、预留DC/DC或DC/AC装置的布置空间等。

11.2.8.2 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，在新造船设计和建造阶段，可充分考虑氢燃料电池发电装置相关的危险区域，并尽量使上层建筑及机舱等安全区域的出入口和通风口均已避开危险区域，或者预留设置空气闸的空间。

11.2.8.3 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2 (X) 附加标志的船舶，电气设备应满足本指南第7章的要求。

11.2.9 控制、监测和安全系统

11.2.9.1 申请HFC Ready 1附加标志的船舶，与氢燃料电池发电装置有信号传输要求的船上设备/系统，如自动化系统，可考虑预留信号传输接口，也可考虑在驾驶室或机舱集控室预留氢燃料电池发电装置相关报警设备（如报警控制板、计算机等）的安装空间。

11.2.9.2 申请HFC Ready 2或HFC Ready 2 (X) 附加标志的船舶，控制、监测和安全系统应满足本指南第10章的要求。

第3节 图纸和资料

11.3.1 申请 HFC Ready 1 附加标志需送审图纸和资料

11.3.1.1 除按CCS相关规范的要求提交图纸资料外，申请HFC Ready 1附加标志的船舶还应将下列图纸资料提交批准：

(1)总布置图，包含：

- ① 氢燃料电池处所预留布置；
- ② 燃料罐/氢气瓶处所和燃料罐/氢气瓶接头处所预留布置；
- ③ 燃料加注系统预留布置（如适用）。

(2)燃料罐/氢气瓶处所、燃料罐接头处所、加注站（如适用）和氢燃料电池处所预留空间的结构防火布置图。

11.3.1.2 应将下列图纸资料提交备查：

- (1)氢燃料电池发电装置预设说明书；
- (2)总纵强度计算书（考虑氢燃料电池堆/模块及氢燃料罐/氢气瓶）。

11.3.2 申请 HFC Ready 2 附加标志需送审图纸和资料

11.3.2.1 除按CCS相关规范的要求提交图纸资料外，申请HFC Ready 2附加标志的船舶还应将1.2.1.1(1)-(7)要求的图纸资料提交批准。

11.3.2.2 应将1.2.2.1要求的图纸资料提交备查。

11.3.3 申请 HFC Ready 2 (X) 附加标志需送审图纸和资料

11.3.3.1 除送审11.3.1和11.3.2要求的所有图纸和资料外，还应将安装上船的氢燃料电池发电装置相关设备/系统的系泊与航行试验程序提交现场验船师批准。

第4节 检验

11.4.1 一般要求

11.4.1.1 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、检验和试验要求以及船舶图纸、资料、证书、记录和报告等的保存，应按CCS相关规范的适用规定执行。

11.4.2 特殊要求

11.4.2.1 对于申请HFC Ready 2 (X)附加标志的船舶，应根据本指南第1章第4节适用要求进行建造中检验和建造后检验。

11.4.2.2 船舶预设阶段安装的与燃料电池发电装置相关的设备应持有产品证书，证书的检验依据应包括CCS关于燃料电池发电装置的相关检验要求。