

指导性文件  
GUIDANCE NOTES  
GD05-2015



中国船级社

# 燃料电池系统应用指南

生效日期：2015年7月1日

北京

# 目 录

第1章 通 则.....	- 1 -
1.1 一般规定.....	- 1 -
1.2 附加标志.....	- 1 -
1.3 定义.....	- 1 -
1.4 图纸和资料.....	- 2 -
1.5 等效与免除.....	- 3 -
第2章 船舶布置.....	- 4 -
2.1 一般规定.....	- 4 -
2.2 燃料电池设备处所.....	- 4 -
2.3 燃料压缩机/泵舱室.....	- 4 -
2.4 燃料储罐及舱室.....	- 4 -
第3章 燃料系统.....	- 6 -
3.1 一般规定.....	- 6 -
3.2 气体安全燃料电池设备处所的管系.....	- 6 -
3.3 紧急切断（ESD）保护的燃料电池设备处所内的管系.....	- 7 -
3.4 燃料电池设备处所之外的燃料管系.....	- 7 -
3.5 燃料充装系统.....	- 7 -
第4章 消 防.....	- 9 -
4.1 结构防火.....	- 9 -
4.2 通风.....	- 9 -
4.3 灭火.....	- 11 -
4.4 火灾探测和报警.....	- 12 -
第5章 防 爆.....	- 13 -
5.1 一般规定.....	- 13 -
5.2 危险区域划分.....	- 13 -
第6章 控制、监测和安全系统.....	- 15 -
6.1 监测和控制.....	- 15 -
6.2 气体探测.....	- 15 -
6.3 燃料供应系统安全保护.....	- 16 -
第7章 燃料电池发电系统附加标志的补充规定.....	- 18 -
7.1 FC-FULL 附加标志.....	- 18 -
7.2 FC-POWER 1 附加标志.....	- 18 -
7.3 FC-POWER 2 附加标志.....	- 18 -
第8章 检验和试验.....	- 19 -
8.1 一般规定.....	- 19 -
8.2 固定式燃料电池发电系统产品检验.....	- 19 -
8.3 建造中检验.....	- 21 -
8.4 建造后检验.....	- 21 -

# 第 1 章 通 则

## 1.1 一般规定

1.1.1 本指南适用于固定安装在海上航行船舶上的，使用天然气或氢气为燃料的燃料电池发电系统。上述燃料以气体或液体的形态储存在船上

1.1.2 安装有燃料电池发电系统的船舶，除应满足本指南的要求之外，还应符合适用的其他 CCS 规范的规定。

## 1.2 附加标志

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

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

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

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

## 1.3 定义

### 1.3.1 固定式燃料电池发电系统

固定安装的，使用一个或多个燃料电池模块提供电能和热能的系统，该系统的形式可以是组装的、自成体系的或由制造商提供完整集成系统的，并应由 1.3.2 至 1.3.11 的部分或全部的部件组成。典型的固定式燃料电池发电系统如图 1.3.1 所示，能量储存装置也可能采用外置式。

### 1.3.2 燃料电池堆

由多个单电池、隔离板、冷却板、共用管道和支撑结构构成的设备，典型功能是将富氢气体和空气氧化剂通过电化学反应转化成直流电、热能和其他反应产物。

### 1.3.3 燃料电池模块

由 1 个或多个燃料电池堆组装而成的电化学反应设备，在燃料电池发电系统中用于将化学能转换为电能和热能。

### 1.3.4 燃料处理系统

由化学和/或物理反应处理设备以及相关的热交换器和控制装置组成，用于制备（必要时需加压）燃料供燃料电池发电系统使用。

### 1.3.5 氧化剂处理系统

用于计量、调节、处理并可以加压燃料电池发电系统所需的氧化剂。

### 1.3.6 自动控制系统

由传感器、执行器、阀门、开关和逻辑元件组成，用于将燃料电池发电系统参数维持在制造商设定范围内而无需人工进行干预。

### 1.3.7 功率调节系统

用于控制燃料电池堆产生的电能与制造商要求的用电需求相匹配。

### 1.3.8 通风系统

通过自然通风方法或强制通风系统方式保障燃料电池发电系统机柜中空气质量。

### 1.3.9 水处理系统

对回收或添加的水进行处理，供燃料电池发电系统使用。

### 1.3.10 热管理系统

提供冷却和散热功能以保持燃料电池发电系统在工作温度范围内，还可以回收余热以及在起动过程中协助加热动力传动系统。

### 1.3.11 内置式能量储存装置

系统内部所带的储能装置，用于帮助或补充燃料电池模块向内部或外部负载供电。

### 1.3.12 燃料电池设备

含有燃料处理系统和/或燃料电池模块的设备，燃料储罐和燃料储存舱除外。

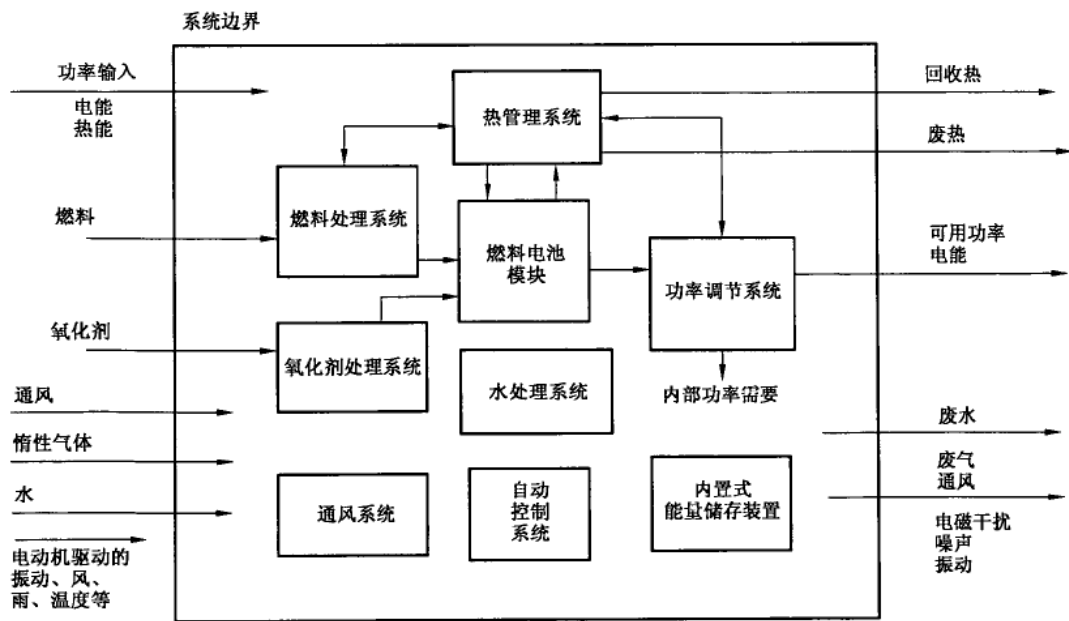


图 1.3.1 固定式燃料电池发电系统

## 1.4 图纸和资料

1.4.1 除按主管当局法规和 CCS 规范的相关要求提交图纸资料外，安装固定式燃料电池发电系统的船舶还应满足本节 1.4.2 至 1.4.3 的要求。

1.4.2 应将下列图纸资料提交批准：

(1) 燃料电池发电系统 FMEA 分析<sup>①</sup>，该分析应考虑与燃料电池发电系统相关的所有可预见的故障和危险，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；

(2) 申请 FC-FULL 或 FC-POWER 1 附加标志的船舶，应提交文件，证明系统满足第 7 章要求；

(3) 燃料电池发电系统的布置图，应标示出燃料电池发电系统内各组成设备（例如燃料电池模块、燃料处理设备、燃料储存设备、冷却设备等）的位置；

<sup>①</sup> FMEA 分析应基于 IEC 62282-3-100 出版物《固定式燃料电池发电系统—安全》，同时还应考虑系统在船舶上的布置以及和相关系统的接口等。

- (4) 燃料管路系统图；
- (5) 其他与燃料电池发电系统相关的管路系统图；
- (6) 气体危险区域划分图；
- (7) 气体危险区域内电气设备布置图及设备清单，应标明设备的防爆类型、防爆类别、温度组别和防护等级；
- (8) 与燃料相关的控制、监测和安全系统系统图；
- (9) 与燃料电池发电系统相关的安全系统的设定值。

#### 1.4.3 应将下列图纸资料提交备查：

- (1) 燃料电池发电系统的原理说明和系统框图；
- (2) 所有工况下燃料电池发电系统的操作流程和功能说明；
- (3) 燃料电池发电系统生命周期说明，例如功率衰减率曲线或类似资料；
- (4) 燃料电池发电系统操作和维护手册。

### 1.5 等效与免除

1.5.1 考虑到燃料电池技术尚在不断发展中，如应用本指南的规定为不合理或不可行时，经 CCS 同意，可予以免除

1.5.2 若对本指南要求的检验和试验方法，能提供相应的试验、理论依据、使用经验或有效的公认标准，经 CCS 同意，可以接受作为代替和等效方法。

## 第 2 章 船舶布置

### 2.1 一般规定

2.1.1 用于气体燃料储存、分配和使用的处所的布置和位置应尽可能减小危险区域的数量和范围。

### 2.2 燃料电池设备处所

2.2.1 燃料电池设备处所应尽可能有一个简单的几何形状，以便有效通风、避免燃料气体的积聚。可能存在氢气的燃料电池设备处所，其上部不应有阻挡结构并且应以平滑天花板向上倾斜至通风出口。大梁或加强筋等支撑结构应位于外部。

2.2.2 燃料电池设备应位于独立的舱室。燃料电池设备的安装处所应位于起居处所、服务处所、机器处所和控制站之外，并且应与这类处所相独立。

如燃料电池设备位于机器处所，则燃料电池设备及其燃料供给系统应安装在一个气密罩壳内，该罩壳应设有本指南第 4 章 4.2.4 要求的通风系统以及第 6 章要求的气体探测和自动切断系统。

2.2.3 燃料电池设备处所根据其处所内供气管路的设计不同可分为如二种：

(1) 气体安全燃料电池设备处所：处所的布置应使在所有情况下，包括正常和异常情况下，都可视这些处所为气体安全，即：本质气体安全。

(2) ESD 保护的燃料电池设备处所：处所的布置应使这些处所在正常情况下可视为非危险处所，但在特定的异常情况下，其可能成为潜在的危险处所。在出现涉及气体危险的异常情况时，应自动紧急关闭（ESD）非安全设备（着火源），而在这些条件下处于使用或活动状态的设备应为合格防爆型。

### 2.3 燃料压缩机/泵舱室

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

(1) 处所不应与 A 类机器处所相邻。如果通过隔离舱进行隔离，则隔离间距应至少达到 900 mm 且应在机舱一侧设置达到 A-60 级的绝缘材料；

(2) 处所的限界面包括出入口应为气密型；

(3) 处所应设有从开敞甲板进入的独立通道，该通道应不用于任何其他处所；

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

### 2.4 燃料储罐及舱室

2.4.1 除本章另有规定外，液化气体燃料储罐可按 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》的相关要求或公认标准的相关要求；压缩气体燃料储罐可按 CCS《钢质海船入级规范》第 6 章压力容器的相关要求或公认标准的相关要求。

2.4.2 燃料储罐应安装 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 8 章所要求的

压力释放阀。

压力释放阀的气体出口一般应至少高出露天甲板  $B/3$  或  $6\text{ m}$ ，取其大者，并应高出工作区域和舷梯  $6\text{ m}$ ，其中  $B$  为船舶的最大型宽，单位为  $\text{m}$ 。其气体出口一般应至少距离下列位置  $10\text{ m}$ ：

(1) 通向起居、服务和控制处所或其他气体安全处所最近的空气进口、空气出口或开口；  
和

(2) 机器或锅炉的排气出口。

2.4.3 压缩或液化的燃料通常应储存在主甲板以上位置，一般压缩气体不应储存在主甲板以下。位于主甲板以下的燃料储罐最大设计压力一般不超过  $10\text{bar}$ 。

2.4.4 燃料储罐的布置应尽可能靠近船舶中纵线，并应至少符合如下要求：

(1) 距离船侧不小于  $B/5$  和  $11.5\text{m}$  中的较小者；

(2) 距离船底板不小于  $B/15$  和  $2\text{m}$  中的较小者；和

(3) 距离船壳板任何位置不小于  $800\text{mm}$ 。

2.4.5 位于主甲板以下的燃料储罐舱室尚应符合 2.3.1 (2) 和 (3) 的要求。

2.4.6 燃料储罐的接头、法兰和阀等附件，如未布置在开敞甲板上，则应封闭在燃料储罐连接处所内。该处所应能安全地容纳燃料储罐接头处可能产生的泄漏，其限界面材料应与燃料储罐有相同的设计温度，且该处所应设计成能经受住最大累积压力，或者可以设置通向一个安全位置（如透气桅）的压力释放装置。该处所应进行隔热，以确保气体燃料泄漏时，其周围船体结构不会面临无法承受的冷却。

2.4.7 燃料储罐连接处所的限界面包括出入门（如设有）、通道、防火结构以及气体探测系统应与燃料储罐舱室相同。

2.4.8 如液化气体燃料储罐位于开敞甲板，则船体钢结构应由承滴盘进行保护以防来自舱柜接头和其他泄漏源的潜在泄漏。材料设计温度应与所携带燃料在大气压下的温度一致。

## 第 3 章 燃料系统

### 3.1 一般规定

3.1.1 燃料电池设备及其系统应有效设计、制造、安装、运行、维护和保护以确保其安全和可靠的工作。

3.1.2 燃料管系应满足 CCS 《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 5 章的相关要求。所有与燃料直接接触的管系材料应符合 CCS 《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 6 章的相关要求。

3.1.3 燃料管路不应位于距离船侧小于 800mm 的位置。

3.1.4 燃料管路不应通过其他机器处所、起居处所、服务处所或控制站。

3.1.5 燃料管系应与其它管系分开，并用合适的颜色进行标识，管路布置应能防止外部损伤。

3.1.6 应设有对燃料管系进行惰化和除气的设施。

3.1.7 如果气体燃料中含有一些会在系统中凝结的成分，则应设有气液分离箱或其他可以安全除去液体的等效装置。

3.2.5 第 3.2 条所述的管路布置方式不适用于氢气管路。

### 3.2 气体安全燃料电池设备处所的管系

3.2.1 燃料电池设备处所限界面以内的所有供气管路均应完全包裹在双层管或管道内，以确保燃料电池设备处所的气体安全。

该双层管或管道应满足下列条件之一：

(1) 气体管路应为双层壁管系统。其气体燃料被储存在内管中。对于同心管之间的空间，应用惰性气体加压至大于气体燃料的压力。应设置合适的报警装置以指示两管之间惰性气体压力的下降。或

(2) 在气体燃料管和外管或管道的管壁之间的空间，应设置负压机械通风设备，其通风能力为每小时至少换气 30 次。如果设有探测到气体燃料泄漏后管道自动充注氮气的布置，则该通风能力可减少至每小时换气 10 次。

风机电动机应符合安装区域的防爆等级要求。

通风出口应位于不会点燃易燃气体/空气混合物的开敞甲板，并在开口处设有防护罩。

3.2.2 处所内所有燃料电池燃料管路均应由管道保护，其布置应能便于阀门和其他部件的更换和检查。

3.2.3 对于高压管路（最高工作压力高于 1MPa 的管系），管道的设计压力应取下列值中的较大者：

(1) 最大累积压力：在破裂处由于气体在通风道内流动产生的静压；

(2) 破裂处局部瞬时峰值压力：该压力由下式求得：

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

式中：

$p_0$  = 内管的最大工作压力

$k$  = 定压比热和定容比热的比值

$k = 1.31$ , 对  $\text{CH}_4$ 。

当受到上述压力时,直管的切向膜应力不应超过抗拉强度除以 1.5 得到的值 ( $R_m/1.5$ )。所有其他管路部件的压力等级所反应的强度水平应和直管相同。

上述公式得出的峰值压力可使用代表性试验得到的峰值压力替代。并应提交试验报告。

3.2.4 对于低压管路(最高工作压力不高于 1MPa 的管系),管道的设计压力不应小于燃料电池燃料管路的最大工作压力。对管道还应进行压力试验以证明其能承受气体管路破裂时的预计最大压力。

### 3.3 紧急切断(ESD)保护的燃料电池设备处所内的管系

3.3.1 采用 ESD 保护的燃料系统设计方式时,燃料电池设备处所应安装符合本指南第 6 章要求的气体探测和自动切断系统。

3.3.2 采用 ESD 保护的燃料系统设计方式时,燃料电池设备处所燃料管路内的工作压力应不超过 10 bar。且燃料管路的设计压力应不小于 10 bar。

3.3.3 处所的通风应符合本指南第 4 章 4.4 的要求。

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

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

### 3.4 燃料电池设备处所之外的燃料管系

3.4.1 燃料管路不应穿过起居处所、服务处所或控制站。氢气管路不应通过燃料电池设备处所以外的封闭处所。

3.4.2 如燃料管路穿过围蔽处所,则应封闭在管道内,管道应设置每小时换气 30 次的负压式机械通风,并按本指南第 6 章要求设置气体监测。

3.4.3 管道的通风进出口应位于露天位置,并远离着火源。

3.4.4 位于露天的燃料管路应防止受到意外的机械损伤。

3.4.5 燃料电池设备处所外的高压气体管路,其安装和保护设施应能将管路破裂时对人的伤害风险降至最低限度。

### 3.5 燃料充装系统

3.5.1 充装站所在处所应位于开敞甲板以提供足够的自然通风。封闭或半围蔽的充装站应经特殊考虑。

3.5.2 液体燃料充装接头下方以及可能发生泄漏之处应安装滴盘。滴盘应由耐低温材料制成,并通过管路将泄漏的液化气排至舷外。该管路可为充装操作而临时安装。如发生液化气泄漏,周围船体或甲板结构不应暴露于无法承受的骤冷中。

3.5.3 在充装操作时,燃料的充装应能从一个安全位置进行控制。在该位置应能监测燃料储罐内压力和液面,溢流报警和自动切断也应在此位置进行指示。

3.5.4 充装系统的布置应能使充装时不会有气体排放到空气中。

3.5.5 每一充装管路靠近通岸接头处应串联安装 1 个手动操作截止阀和 1 个遥控切断阀,或安装 1 个手动操作和遥控组合阀。遥控阀应能在燃料充装控制位置和/或另一个其他安全位置遥控操作。

3.5.6 如燃料电池燃料充装管路周围导管内通风停止,则应在充装控制站发出报警。

3.5.7 如在充装管路周围的导管内探测到可燃气体,则应在充装控制站发出听觉和视觉

报警。

3.5.8 应设有措施，在充装结束后将液体或气体从充装管中排出。

3.5.9 充装管路应布置成便于惰化和除气。在船舶营运期间，充装管路中应无任何燃料气体。

## 第 4 章 消 防

### 4.1 结构防火

4.1.1 任何内有燃料处理设备（如泵、压缩机、热交换设备、蒸发设备和压力容器）的处所，其结构防火应满足 A 类机器处所的要求。

4.1.2 气体燃料储罐位于开敞甲板时，面向储罐的起居处所、服务处所、货物处所、机器处所和控制站的限界面应采用 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。位于驾驶室甲板以上的上述限界面，包括驾驶室舷窗应采用 A-0 级防火分隔。另外，气体燃料储罐与货舱之间的分隔应满 IMO《国际海运危险品规则》中 2.1 类货物的相关要求。

4.1.3 燃料储存处所不应与 A 类机器处所或具有较大失火危险的服务处所相邻，其分隔应由具有 A60 隔热且宽度至少为 900mm 的隔离空舱构成。在确定燃料储存处所与其他低火灾风险处所之间的分隔时，根据 SOLAS II-2 章第 9 条，燃料储存处所应作为 A 类机器处所考虑。燃料储存处所之间的分隔应为隔离空舱或 A60 分隔。

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

4.1.5 燃料充装站面向 A 类机器处所、起居处所、控制站和高火灾风险处所的边界应采取 A60 级分隔，面向液舱、空舱、火灾风险较小或无火灾风险的辅机处所、卫生处所和其他类似处所的分隔可降低至 A0 级。

4.1.6 燃料电池设备处所的限界面包括出入口（如设有）应为气密型。

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

4.1.8 如果 ESD 保护的机器处所之间由单舱壁进行分隔，此舱壁应为 A60 级分隔。

4.1.9 燃料储存处所内不允许安装有火灾风险的机器或设备。

### 4.2 通风

4.2.1 任何用于危险区域通风的管道应与非危险区域的通风管道相互独立，通风系统应具备在船舶营运预期的所有温度和环境条件下正常运行的能力。

(1) 危险区域使用的风机风扇和通风导管(仅指风扇处)应为无火花型。风机电动机应符合安装区域的防爆等级要求。

(2) 危险区域的通风进风口所在的区域，在未设置该进风口时，应是非危险区域。危险处所的通风出口应位于露天区域，露天区域在没有设置该空气出口时，其危险等级应与通风处所相同或更低。通风进口和通风出口应设置方形网孔不大于 13mm 的防护网。

(3) 非危险围蔽处所的空气进口应位于非危险区域，至少在危险区域边界以外 1.5m。当进气管经过较危险区域时，管道应为气密，并相对于所经过处所保持正压。非危险处所的空气出口应位于危险区域以外。

(4) 非危险围蔽处所的进口位于危险区域，应设置符合 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》要求的空气闸进行保护，并按照以下要求对危险区域保持正压：

①正压通风初始启动期间或失去正压后,任何不适用于失去正压后处所的非合格防爆电气设备在通电之前,应:

- (a) 进行驱气(至少5次换气),或经过测量确定为非危险处所;和
- (b) 增大处所压力。

②应对正压通风的运行进行监控,当正压通风失效时:

- (a) 应在一个有人值班位置发出视觉和听觉报警;和
- (b) 如果正压不能立即、自动或按照程序恢复,电气设备应切断电源。

(5) 非危险围蔽处所进入围蔽危险处所的通道应设置气闸,并且危险围蔽处所对非危险围蔽处所保持负压。应对危险处所抽气式通风的运行进行监控,如果抽气式通风失效:

①应在一个有人值班位置发出视觉和听觉报警;和

②如果负压不能立即、自动或按照程序恢复,电气设备应切断电源。

(6) 处所的危险等级依赖通风系统时:

①通风系统启动期间和通风系统失效后,该处所内电气设备应根据该处所无通风条件下的危险等级进行认可,否则此类电气设备通电前应对处所进行除气(至少换气5次)。应针对此问题在控制台附近张贴明显的警告标志。

②应对通风系统的运行进行监控;

③通风系统失效时:

(a) 应在有人值班位置发出视觉和听觉报警;

(b) 立刻采取恢复通风的行动。

4.2.2 围蔽的气体燃料储存处所的通风应至少满足以下要求:

(1) 围蔽的气体燃料储存处所应安装有效的抽气式机械通风系统,通风量每小时至少换气30次;

(2) 气体燃料储存处所通风管道中应安装认可的故障安全型挡火闸。

4.2.3 泵舱和压缩机舱的通风

(1) 泵舱和压缩机舱应安装有效的抽吸式机械通风系统,提供至少每小时换气30次的通风能力。

(2) 风机的数量和功率应满足:当其中一组风机失效时,其能力降低不应超过50%。

(3) 泵或压缩机工作时,其通风系统应该持续运行,通风系统运行10min后,泵和压缩机方可启动。

4.2.4 燃料电池设备处所的通风应至少满足以下要求:

(1) 燃料电池设备处所通风应能有效避免气体在任何泄漏情况下积聚至可燃极限,包括管路断裂。

(2) 风机的数量和功率应满足当其中一组风机失效时,其能力降低不应超过50%。

4.2.5 气体燃料充装站位于围蔽处所时,应安装有效的机械通风系统,至少保证每小时30次换气的通风能力。换气次数计算应以没有安装通风管路和设备的充装处所的体积为参考体积。

4.2.6 可燃气体管路和双层管的通风应至少满足以下要求:

(1) 可燃气体燃料管和外管或管道的管壁之间的空间,应安装有效的抽气式机械通风系统,提供每小时换气30次的通风速率。如果双层管的外管内充装了相对内管压力保持正压的惰性气体,并对惰性气体压力进行持续监控,一旦失去压力将会激发报警,可不安装机械通风系统。

(2) 可燃气体管路和双层管的通风进口应位于远离点火源的位置,进气口应安装合适的金属网和防止进水保护装置。

(3) 如果能够确保 3m/s 的通风速率, 允许可燃气体管路或双层管通风速率低于每小时 30 次的换气速率, 可燃气体管路通风速率的计算应考虑安装燃料管路和其他设备的影响。

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

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

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

### 4.3 灭火

#### 4.3.1 一般要求

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

(2) 燃料储罐位于开敞甲板时, 消防总管应配置隔离阀以便对总管损坏的部分进行隔离。

(3) 若燃料储罐位于开敞甲板, 应配置水雾系统以便冷却和阻火, 并覆盖甲板以上储罐暴露部分。

(4) 除非与储罐距离 10m 及以上, 水雾系统应能覆盖上层建筑、压缩机室、泵舱、货物控制室、燃料充装控制站、燃料充装站和任何其他通常有人的甲板室的所有面向储罐的限界面。

(5) 如果消防泵排量和压力足够满足水雾系统和所需数目的消防栓同时运行。水雾系统可以作为消防总管的一部分。

#### 4.3.2 水雾系统

(1) 水雾系统应能覆盖 4.3.1 (3) 和 (4) 提到的所有区域, 喷水率对水平防护表面为 10L/min/m<sup>2</sup>, 对垂直防护表面 4L/min/m<sup>2</sup>。

(2) 为了达到隔离损坏部分的目的, 水雾系统总管上应以不大于 40m 为间隔安装截止阀, 或者将系统分成 2 个或多个区段, 可以对每个区段进行独立操作, 但应将必要的控制装置集中安装在货物区域外易于到达的位置。

(3) 水雾泵应具有足够的排量, 能将所要求的水量输送到所有被保护的区域。

(4) 水雾系统管路连接到船舶消防总管前应设置截止阀。水雾系统截止阀的遥控操作和水雾泵的遥控起动, 应位于易到达之处, 此位置不会因被保护区域发生火灾而被切断。

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

#### 4.3.3 干粉灭火系统

(1) 燃料储罐位于开敞甲板时, 在储罐附近应至少设置 2 具容量不少于 5kg 的手提式干粉灭火器。

(2) 燃料储罐位于围蔽或半围蔽处所内时, 在储罐处所入口应至少设置 1 具容量不少于 5kg 的手提式干粉灭火器。

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

对两舷均设有燃料充装站/充装接头的船舶，固定式干粉灭火系统或大型推车式干粉灭火设备应能覆盖左右两舷的燃料充装站/充装接头区域。

(4) 燃料充装站附近应配备 1 具容量不少于 5kg 的手提式干粉灭火器。

#### **4.4 火灾探测和报警**

4.4.1 所有可能出现可燃气体的处所内都应安装经认可的固定式探火系统。当探火系统不具备识别单个探测器的功能时，每个处所内的探测器应设置成单个的回路。

4.4.2 固定式自动探火和失火报警系统中不应仅设置感烟探测器。

4.4.3 燃料电池设备处所和燃料储存舱（罐）室探测到火灾后，应采取本指南表 6.2.1 中所列出的安全措施，且应自动停止通风并关闭挡火闸。

## 第5章 防爆

### 5.1 一般规定

5.1.1 在任何危险区域中，原则上不应敷设电缆和安装电气设备。如确属无法避免，则应符合本章的规定。

5.1.2 在危险区域中安装电气设备，应满足《钢质海船入级规范》第4篇第2章第16节第2.16.4的要求；且应根据危险区域可能集聚的易燃易爆气体的种类，确定电气设备的防爆类别和温度组别：

- (1) 天然气，根据其组成成分确定，应至少不低于IIA T2；
- (2) 氢气，应不低于IIC T1。

5.1.3 在危险区域内的电缆及其敷设，应满足《钢质海船入级规范》第4篇第2章第16节第2.16.3的适用要求。

5.1.4 在ESD保护的机器处所，风机、可燃气体探测器、火灾探测器、报警器和照明灯具及开关应为适合1区使用的合格防爆型。当探测到该处所内可燃气体浓度超过40%LEL时，不适于在1区使用的电气设备应自动切断电源。

5.1.6 为防止液体/蒸气/气体流动而产生的静电放电危害，应满足CCS《钢质海船入级规范》第4篇第1章第1.3.4.12的要求。

5.1.7 当为船舶充装可燃性气体/液体时，应确保船/岸的接口为电气绝缘方式。该绝缘方式由岸上充装终端提供。

### 5.2 危险区域划分

5.2.1 危险区域划分的主要目的是为了正确选择和安装该区域中的电气设备，达到安全使用目的。本章依据IEC60079-10-1的规定，将船舶典型区域或处所按照0区、1区和2区划分。对本章未提及的区域或处所，应根据IEC60092-502的规定进行危险区域划分。

5.2.2 燃料一般以C型压力容器或燃料储罐的形式存贮在船舶上。0区包括：燃料储存舱（罐）和从该舱（罐）向外供应燃料的管路，以及使用燃料的其它设备（例如电池堆、燃料系统所用压缩机和泵、燃料重整装置等）的内部空间。

5.2.3 危险区域——1区通常包括：

(1) 燃料储存罐、燃料管路、燃料系统所用压缩机和泵以及燃料重整装置所在的围蔽或半围蔽处所，燃料电池堆所在的围蔽或半围蔽处所，燃料储存罐（舱）连接处所；

(2) 距离燃料储存舱舱口、气体或蒸气出口<sup>①</sup>、燃料充装分配阀、其它与燃料气体相关阀门、燃料气体管路法兰，燃料气体泵舱通风出口以及允许由于温度变化引起的气体或蒸气少量流通的燃料储存舱压力释放开口3m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所；

(3) 距离燃料气体压缩机和泵舱入口、燃料气体压缩机舱通风进口、其它1区处所的开口1.5m以内的开敞甲板区域或开敞甲板上的半围蔽处所；

(4) 在燃料充装分配阀下方溢流挡板内，以及以挡板为界向外水平延伸3m，离甲板高度为2.4m以内的开敞甲板区域；

(5) ESD保护的机器处所在正常操作情况下是安全区域，但是一旦出现气体泄漏，此时该处所应为1区。

<sup>①</sup> 这些出口包括燃料储藏舱测量开口、测深管和燃料蒸气出口。

5.2.4 危险区域——2区通常包括：

- (1) 气闸内部区域；
- (2) 距离 1 区 1.5m 以内的开敞甲板区域或开敞甲板上半围蔽处所。

5.2.5 通风管道应视为和其通风处所相同的危险区域类别。

## 第 6 章 控制、监测和安全系统

### 6.1 监测和控制

6.1.1 若采用液体形态储存燃料，应满足 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第 13 章第 13.2、13.3 和 13.5 的要求。

6.1.2 每一燃料储存舱（罐）应在就地设置压力表，压力表上应清晰标明储存舱（罐）允许的最高压力和最低压力，在遥控控制站（例如驾驶室、机舱控制室等）应设置压力显示。此外，应在有人值班处所设置高压报警和低压报警，在达到设定压力之前应发出报警。

6.1.3 燃料处理系统相关设备应在驾驶室和/或燃料电池发电系统控制室设置听觉和视觉报警，至少应包括以下项目：

- (1) 燃料加热器出口高温；
- (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) 发电系统的控制系统故障；
- (7) 燃料总阀关闭。

6.1.4 燃料电池模块和功率调节系统应在有人值班处所设置显示和报警（听觉和视觉信号），至少应包括以下项目：

- (1) 电池输出电压显示和偏离报警；
- (2) 电池输出电流显示和偏离报警；
- (3) 燃料电池模块温度显示和高温报警；
- (4) 密封燃料电池模块内燃料压力低压；
- (5) 排气温度显示和高温报警。

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

### 6.2 气体探测

6.2.1 固定式可燃气体探测系统应根据燃料电池发电系统的实际情况进行布置，并满足以下要求：

(1) 至少应安装在气闸、含有燃料储存舱（罐）的舱室、含有气体燃料管路的通风管或管道、燃料电池设备所在处所和其它含有燃料管路或使用燃料气体设备的处所。探测器应安装在气体可能积聚的处所或通风出口处，应使用气体传播分析或物理烟气试验方法来确定最佳布置位置。除具有自检功能之外，所有的探测器都应冗余设置；

(2) 应在驾驶室和/或燃料电池发电系统控制室安装气体探测的听觉和视觉报警。可燃气体浓度达到爆炸下限（LEL）的 20% 时，应发出报警。含有气体燃料管路的通风管或管道内，可将报警极限设定在 30%LEL。不同类型可燃气体具有各自的 LEL 值，例如氢气为 4%、甲烷为 5.3%。

(3) 可燃气体探测应连续进行。

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

## 6.3 燃料供应系统安全保护

### 6.3.1 气体燃料供气主管路

(1) 气体燃料供应主管路上应串接 1 个手动截止阀和 1 个燃料主阀(可遥控的自动阀), 或者采用一个组合式的手动和自动操作截止阀。上述阀应安装在燃料电池堆处所之外的管路上, 并尽可能靠近燃料供应端。燃料主阀应能按照表 6.3.1 中的要求自动切断气体燃料供应。

### 6.3.2 气体燃料供气分支管路

(1) 至燃料电池堆的气体燃料供应管路上应设置一个手动操作截止阀, 以确保维修燃料电池堆期间能安全切断气体燃料;

(2) 至每一燃料电池堆处所的燃料供应管路上, 若管路未采用双层壁管, 则应设置探测装置和自动截止阀。一旦探测到供应管路破损, 截止阀应能自动切断燃料供应。

### 6.3.3 联锁气体阀

(1) 每一个用气装置应设置一套联锁气体阀。该套阀由 3 只自动阀组成, 其中 2 只串接在气体燃料供气管路上, 第 3 只安装在两只串接阀之间的透气管上, 该透气管应通向露天的安全位置;

(2) 该套阀应按照表 6.3.1 的要求在故障发生时进行自动切断, 动作时两只串接的阀自动关闭, 同时透气阀自动开启。两只串接阀应为故障关闭性, 透气阀应为故障开启型;

(3) 联锁气体阀也用于燃料电池的正常停止。一旦燃料总阀自动动作切断燃料供应, 透气阀也将开启, 将燃料总阀和联锁气体阀之间管路里的气体燃料排放出去。

### 6.3.4 气体燃料供应应注意以下安全操作事项:

(1) 若上述遥控阀自动切断气体燃料供应, 则必须查明切断原因和采取必要预防措施后, 才允许重新开启燃料供应。该注意事项应张贴在各供气控制站的显着位置;

(2) 应在安装有燃料电池设备的处所安装警告牌: 当燃料电池运行时, 不应进行起吊重物、维修和其它可能引起燃料电池燃料管路损坏的行为。

### 6.3.5 燃料压缩机/泵和燃料供应管路的布置应能在下列位置手动进行紧急停止操作:

- (1) 安全中心(如设有)
- (2) 货物控制室(如设有);
- (3) 驾驶室;
- (4) 机舱集控室; 和
- (5) 消防控制站或灭火系统释放操作位置。

### 6.3.6 燃料压缩机/泵应设置就地紧急停止装置。

表 6.3.1 燃料电池系统报警和控制项目表

项目	报警	燃料主 阀自动 切断	自动切 断燃料 供应	备注
燃料储存舱（罐）室或燃料储存罐连接处所气体浓度达到 20%LEL 以上	X			
燃料储存舱（罐）室或燃料储存罐连接处所气体浓度达到 40%LEL 以上	X	X <sup>①</sup>		
燃料储存舱（罐）室或燃料储存罐连接处所火灾探测	X	X <sup>①</sup>		
燃料储存舱（罐）室或燃料储存罐连接处所舱底污水井高位	X			
燃料储存舱（罐）室或燃料储存罐连接处所舱底污水井低温	X	X <sup>①</sup>		适用于液化天然气燃料
燃料储存舱（罐）或燃料储存罐连接处所和燃料电池设备处所之间的通风管或管道内气体浓度达到 20%LEL 以上	X			
燃料储存舱（罐）或燃料储存罐连接处所和燃料电池设备处所之间的通风管或管道内气体浓度达到 40%LEL 以上	X	X <sup>②</sup>		
压缩机室（如设有）气体浓度达到 20%LEL 以上	X			
压缩机室（如设有）气体浓度达到 40%LEL 以上	X	X <sup>②</sup>		
燃料电池设备处所通风管或管道内气体浓度达到 30%LEL 以上	X			如果处所内安装的为双层壁管
燃料电池设备处所通风管或管道内气体浓度达到 60%LEL 以上	X		X	如果处所内安装的为双层壁管
燃料电池设备处所气体浓度达到 20%LEL 以上	X			如果所有的燃料管路被完整的双层壁管道环围则不要求
燃料电池设备处所气体浓度达到 40%LEL 以上	X		X	如果所有的燃料管路被完整的双层壁管道环围则不要求。 应切断燃料电池设备处所内非合格防爆电气设备。
燃料储存舱（罐）和燃料电池设备处所之间的通风管 <sup>④</sup> 内通风失效	X		X <sup>⑤</sup>	
燃料电池设备处所通风管 <sup>④</sup> 通风失效	X		X <sup>⑤</sup>	如果处所内安装的为双层壁管
燃料电池设备处所内通风失效	X		X	燃料电池设备处所内设置完整的燃料电池燃料管双层壁管弄则不需要
ESD 保护的机器处所通风失效	X		X	
燃料电池设备处所火灾探测	X		X	应切断燃料电池设备处所通风
阀门控制驱动介质故障	X		X <sup>③</sup>	应设有必要的延时
燃料电池堆自动切断	X		X <sup>③</sup>	
燃料电池堆手动释放应急切断	X		X	
<p>①当采用 C 型压力容器并设有两个完全独立的燃料储存罐连接处所时，仅切断存在气体泄漏的处所内的燃料主阀</p> <p>②如果满足以下条件，则仅通往探测到可燃气体存在的管道的燃料管路上的主阀关闭即可：</p> <p>a. 燃料储存舱（罐）向多个燃料电池堆供应燃料；</p> <p>b. 不同的供气管路完全分离并安装在独立的管道中；</p> <p>c. 主阀安装在管道外。</p> <p>③仅关闭连锁气体阀。</p> <p>④如果管道采用惰性气体保护，惰性气体失效时应导致同样的动作。</p> <p>⑤该项目可采用手动切断燃料供应。仅需要切断对通风失效部位的燃料管路。</p>				

## 第 7 章 燃料电池发电系统附加标志的补充规定

### 7.1 FC-FULL 附加标志

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

7.1.2 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。

7.1.3 燃料电池发电系统活动部件<sup>①</sup>的单一故障不应导致推进失效和重要设备失电。

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

7.1.5 燃料电池模块除应满足 6.1.4 的要求外，还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。

7.1.6 海上航行船舶应设置两个及以上的燃料储存舱（罐），储存舱（罐）应布置在不同的处所，舱（罐）间的最小距离应为 B/5 或 11.5m，两者中取小者。采用 C 型压力容器，并设有两个完全独立的燃料储存罐连接处所时，则可仅设置一个压力容器。

### 7.2 FC-POWER 1 附加标志

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

7.2.2 为降低风险而采取的措施不应降低所要求的发电能力。

7.2.3 燃料电池发电系统活动部件的单一故障不应导致重要设备失电。

7.2.4 当燃料电池发电系统因故障停止供电时，备用柴油发电机组应在 45s 内自动启动并连接至主配电板。由燃料电池供电的所有重要设备应能自动切换至由船舶主电源供电。

7.2.5 燃料电池模块除应满足 6.1.4 的要求外，还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。

### 7.3 FC-POWER 2 附加标志

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

---

<sup>①</sup> 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作活动部件。

## 第 8 章 检验和试验

### 8.1 一般规定

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

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

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

8.1.4 考虑到燃料电池发电系统的特性，CCS 保留增加试验项目的权利。

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

### 8.2 固定式燃料电池发电系统产品检验

8.2.1 在上船安装之前，制造商应将下列图纸资料提交批准：

- (1) 外型及安装图；
- (2) 产品技术条件（包括系统流程图）；
- (3) 电气原理图；
- (4) 对完成控制、监测和安全功能的计算机系统，应按照《钢质海船入级规范》第 7 篇第 1.1.3.2（1）的要求提交图纸资料。

8.2.2 制造商应将下列图纸资料提交备查

- (1) 外部接线图；
- (2) 外部管路连接图；
- (3) 操作使用说明书。

8.2.3 为确保固定式燃料电池发电系统在船舶和海上环境中能安全可靠地工作，应根据 CCS《电气电子产品型式认可试验指南（GD01-2006）》的要求进行环境适应性试验。固定式燃料电池发电系统应至少进行表 8.2.3 要求的试验项目。

固定式燃料电池发电系统环境适应性试验项目 表 8.2.3

序号	试验项目	试验方法	备注
1	外观检查	——	
2	绝缘电阻测量	GD01-2006 第 2.3	
3	能源波动试验	GD01-2006 第 2.4	1、系统外接船舶电源时，对使用船舶电源的部件进行试验。
4	能源故障试验	GD01-2006 第 2.5	
5	倾斜和摇摆试验	GD01-2006 第 2.6	
6	振动试验	GD01-2006 第 2.7	
7	高温试验	GD01-2006 第 2.8	若设备安装在受控环境内，则可根据受控环境温度进行该项试验，或经 CCS 同意，可免于进行该试验。
8	低温试验	GD01-2006 第 2.9	
9	交变湿热试验	GD01-2006 第 2.10	
10	耐电压试验	GD01-2006 第 2.14	

11	外壳防护试验	GD01-2006 第 2.15	
12	滞燃试验	GD01-2006 第 2.16	
13	电磁兼容性试验	GD01-2006 第 3 章	需对系统的电子控制设备、DC/DC 变换器、DC/AC 变换器以及其他电气电子设备进行试验。如果上述设备作为整体框架形式设计和制造，可整体进行试验。

8.2.4 为确保固定式燃料电池发电系统的安全，应按照接受的标准<sup>①</sup>或其他等效标准进行制造和试验，并应至少进行表 8.2.4 要求的安全试验。

固定式燃料电池发电系统试验项目 表 8.2.4

序号	试验项目	试验方法	备注
1	启动试验	1、 模拟起动条件故障，进行启动，验证启动联锁装置的有效性； 2、 所有起动条件准备完毕，进行启动。	仅当所有防护装置均已安装到位且生效时，燃料电池发电系统才能开始运行。
2	关闭试验	采用模拟信号进行安全关闭的效用试验，并进行受控关闭操作。	1、 安全关闭包括：(1) 内部冷却水高温；(2) 氢气泄漏；(3) 氢气入口压力过低；(4) 单体电池电压过低或差异过大。 2、 所处船舶舱室氢气泄漏，应能导致安全关闭。 3、 应满足 IEC62282-3-100 第 4.9.2.3 的要求。
3	气体泄漏试验	IEC62282-3-100 第 5.4.2	
4	气体强度试验	IEC62282-3-100 第 5.5.2	
5	电气过载试验	IEC62282-3-100 第 5.7	具体过载校核指标应根据实际系统配置进行规定，并经 CCS 批准。
6	排气温度试验	IEC62282-3-100 第 5.11	
7	表面和部件的温度试验	IEC62282-3-100 第 5.12	

8.2.5 固定式燃料电池发电系统应进行性能试验以验证铭牌和技术说明书标示的数值，至少应在额定功率下进行表 8.2.5 要求的性能试验项目，试验方法参照 IEC62282-3-200 出版物《燃料电池技术 第 3-200 部分 固定式燃料电池发电系统——性能试验方法》。

<sup>①</sup> IEC62282-3-100 出版物《燃料电池技术 第 3-100 部分 固定式燃料电池发电系统——安全》。

固定式燃料电池发电系统性能试验项目

表 8.2.5

序号	试验项目	试验方法	备注
1	电功率测量	IEC62282-3-200 第 7.3.1	
2	输入燃料消耗量测量	IEC62282-3-200 第 7.3.2.2.3	
3	废气排放测量（氢气侧）	IEC62282-3-200 第 7.3.4	测量废气排放电磁阀后端流量
4	空气消耗量测量	IEC62282-3-200 第 7.3.5	
5	尾气排放测量（空气侧）	IEC62282-3-200 第 7.3.7	针对各功率等级下的排气温度，排气含水量，有条件的情况下针对 SO <sub>x</sub> ,NO <sub>x</sub> ,CO <sub>2</sub> ,CO 的含量进行测量
6	排放水量测量	IEC62282-3-200 第 7.3.8	尾气排放与废气排放的含水量之和
7	噪声等级测量	IEC62282-3-200 第 7.3.9	
8	总能量效率测量	IEC62282-3-200 第 9.2	
9	输出功率响应时间测量	IEC62282-3-200 第 9.3.2	
10	燃料波动试验	根据制造商提交的数据进行测试	

### 8.3 建造中检验

8.3.1 进行系统正常运行试验，包括启动、额定负载和受控关闭。

8.3.2 对第 6 章规定的控制、监测和安全系统进行模拟试验，包括但不限于以下项目：

- (1) 检查所有氢气泄漏监测传感器的有效性；
- (2) 模拟危险情况下安全关闭的各项功能。

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

8.3.4 检查燃料储罐区域的水喷雾系统，并确认其操作方式已清楚地标明；

8.3.5 检查用于气体燃料充装站的化学干粉灭火系统，并确认其操作方式已清楚地标明。

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

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

### 8.4 建造后检验

8.4.1 年度检验时应进行以下核查：

- (1) 检查所有氢气泄漏监测传感器的有效性；
- (2) 模拟危险情况下安全关闭的各项功能；
- (3) 确认燃料电池发电系统状态良好，并进行运行试验。

8.4.2 中间检验要求同年度检验。

8.4.3 换证检验除进行 8.4.1 的核查外，还应核查燃料电池发电系统的维护记录，确认按照制造厂要求进行了所有定期和常规的维护保养<sup>①</sup>。

<sup>①</sup>参见 IEC62282-3-100 第 7.4.4。