



指南编号/Guideline No.E-23(202204)

E-23

氢燃料电池

生效日期/Issued date:2022 年 4 月 14 日

©中国船级社 China Classification Society

前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由本社编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 mp@ccs.org.cn。

历史发布版本及发布时间

本版本主要修改内容：新编

目 录

| | |
|----------------|----|
| 1 适用范围..... | 4 |
| 2 规范性引用文件..... | 4 |
| 3 术语及定义..... | 5 |
| 4 图纸资料..... | 5 |
| 5 技术要求..... | 6 |
| 6 原材料及零部件..... | 8 |
| 7 型式试验..... | 8 |
| 8 单件/单批检验..... | 10 |

氢燃料电池

1 适用范围

1.1 本指南规定适用于船舶与海上设施上安装使用的氢燃料电池发电系统和氢燃料电池模块的认可及检验。

1.2 由于氢燃料电池技术尚在不断发展中，对于特殊的和新型的氢燃料电池发电系统，不满足本指南要求时，应经 CCS 个案考虑。

1.3 根据电解质的不同，燃料电池可分为碱性燃料电池(AFC)、磷酸燃料电池(PAFC)、熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)、固体氧化物燃料电池(SOFC)、和聚合物电解质燃料电池五种，本指南所指氢燃料电池为聚合物电解质燃料电池中的质子交换膜燃料电池(PEMFC)，其他类别燃料电池如需我社认可，亦可参照执行本指南的适用要求。

1.3.1 本指南不包括氢燃料电池的燃料重整及处理系统。

2 规范性引用文件

2.1 CCS 《钢质海船入级规范》及其修改通报

2.2 CCS 《船舶应用燃料电池发电装置指南》

2.3 IEC62282-2-100: 2020 出版物《燃料电池技术第 2-100 部分：燃料电池模块-安全》

2.4 IEC62282-3-100: 2019 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》

2.5 IEC62282-3-200: 2015 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》

2.6 GB/T 29838-2013 《燃料电池模块》

2.7 GB/T 27748.1-2017 《固定式燃料电池发电系统第 1 部分安全》

2.8 GB/T 27748.2-2013 《固定式燃料电池发电系统第 2 部分性能试验方法》

2.9 GB/T 28816-2020(IEC 62282-1:2013,idt) 《燃料电池术语》

2.10 CCS GD22-2015: 《电气电子产品型式认可试验指南》(现行有效)

2.11 IACS UR E10 Rev.7:型式认可试验规程

3 术语及定义

上述检验依据中所确定的术语及定义适用于本指南。为编写及使用方便，本指南直接引用或补充下列定义。

3.1 《钢规》：系指中国船级社《钢质海船入级规范》及其修改通报。

3.2 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。

3.3 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。以下简称“电堆”。

3.4 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，以下简称“模块”。

3.5 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。以下简称“系统”。

4 图纸资料

4.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) 总图（外形及结构图）；
- (2) 电气原理图；
- (3) 氢气、空气（含氧气）、冷却水管路系统图；（系统适用）
- (4) 主要零部件图（电堆、模块等）；
- (5) 产品技术条件；
- (6) 出厂试验大纲；
- (7) 型式试验大纲（认可时）；
- (8) IEC62282-3-100：2019 第 4.6.1 条要求的稀释区分析报告。

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。

4.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查：

- (1) 外部接线图；
- (2) 外部管路连接图；
- (3) 主要零部件清单；

- (4) 氢燃料电池发电系统（模块）的原理说明和系统框图；
- (5) 氢燃料电池发电系统（模块）用户手册；
- (6) 氢燃料电池发电系统（模块）的风险评估；
- (7) 重点生产工艺概述（电堆、模块）；
- (8) 铭牌图。

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。

5 技术要求

5.1 在《钢规》第4篇第1章第2节规定的工作条件下设备应正常工作，且能满足产品标称的技术参数。

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

5.3 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的运行。

5.4 氢燃料电池发电系统（模块）的结构设计应能防止易爆、易燃或有毒气体浓度意外积聚，结构设计无法保证易燃、易爆或有毒气体快速分散时，必须考虑强制（通风）稀释或分散；内部应尽可能不使用易燃材料；外壳材料应具备防护系统部件的能力，以免其遭受外部损伤。

5.5 氢燃料电池发电系统燃料管系的安装应有足够的挠性。燃料管路的连接应尽可能采用全焊透型式，对接焊缝应进行射线探伤，如无法避免使用其他连接方式，应有适当的防护措施。管路接头应尽可能少，且便于维护。

5.6 气体可能泄漏至系统介质（如冷却水）的氢燃料电池辅助系统，应在介质出口处设置合适的气体监测装置，以监测气体泄漏情况。

5.7 氢气、氧气、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。

5.8 支撑和固定氢气管路的金属零件不应直接与管路接触。

5.9 氢燃料电池发电系统中电气设备应根据 IEC62282-3-100 标准设置合适的防火防爆措施，如处于容易接触燃料的位置，应具有相应防爆等级。

5.10 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。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。

5.11 可能排出或泄漏出氢气的出口应通风良好且上方不应有遮挡物，并远离可能产生火花或高热的设备。

5.12 氢燃料电池发电系统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。

5.13 氢燃料电池发电系统应防止出现过功率，应确保在任何可能出现的负荷条件下均能切断氢燃料电池发电系统与负载的连接。

5.14 应对氢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氢燃料电池模块。如氢燃料电池模块连接到 1 个电源变换器，逆功率保护可由此电源变换器提供，变换器可配备制动电阻或类似功能的组件实现此功能。

5.15 氢燃料电池发电系统已完成 7.3.10 条“等效发电机组特性附加试验”时可作为船舶主电源或主电源组成部分，并在证书中予以注明。

5.16 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。

5.17 当任一燃料电池发电系统因故障停止供电时，其余待机燃料电池发电系统应能尽快自动起动，应尽可能在失电后 30s 内完成，最长不超过 45s。

5.18 氢燃料电池发电系统（模块）应进行必要的监测，以避免其安全性受到损失或降低，如氢气泄漏监测等。

5.19 应对氢燃料电池发电系统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）氢燃料电池电压及电压波动；
- （4）排气温度（如适用）；
- （5）氢燃料电池内部温度（如适用）；
- （6）燃料气体的纯度（如适用）；
- （7）输出电流；
- （8）控制系统故障；
- （9）尾排氢浓度检测。

5.20 应根据氢燃料电池的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) 排气的气体探测；
- (8) 水系统的液位；
- (9) 水系统压力；
- (10) 水系统的纯净度；
- (11) 影响和反映燃料电池寿命或衰减所必须监测的参数。

5.21 在氢燃料电池发电系统的氢气与空气管路系统中应设置防止系统超压的措施。

6 原材料及零部件

6.1 氢燃料电池发电系统（模块）材料应符合公认的标准，相关材料应满足相关 CCS 接受的标准¹的要求。

6.2 与氢气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。

6.3 燃料管路应选用无缝钢管或等效材料。

7 型式试验

氢燃料电池发电系统（模块）应经我社型式认可。型式认可证书的颁发、保持、更改、换新及取消按照《钢规》第 1 篇第 3 章相关要求进行。

7.1 典型样品的选取

7.1.1 试验样品的型号、规格应具有技术代表性，且能覆盖申请型式认可的产品范围。

7.1.2 对于产品结构相同、工作原理相同的产品，可选取额定输出功率最大的

¹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。

产品进行型式认可试验。试验样品的数量对于所选定的产品型号，可取一台。试验样品应由我社验船师在产品制造厂现场抽取。

7.2 试验机构

型式认可试验应首选本社认可的试验机构或权威公正的试验机构。对于某些功能试验项目，如产品制造厂具备试验条件，经 CCS 验船师审查同意并现场监督下，可在制造厂进行。

7.3 型式认可试验要求：

7.3.1 氢燃料电池发电系统试验项目及试验方法参照标准见表 7.3.1。

7.3.2 氢燃料电池模块试验项目及试验方法参照标准见表 7.3.2。

7.3.3 氢燃料电池模块在认可时，其环境适应性试验应满足现行 CCS《电气电子产品型式认可试验指南》（以下简称“认可试验指南”）中的相关要求。

7.3.4 氢燃料电池发电系统在认可时，其环境适应性试验应满足现行 CCS《电气电子产品型式认可试验指南》（以下简称“认可试验指南”）中的相关要求。如果其氢燃料电池模块持有我社型式认可证书并进行了上述环境适应性试验的话，在系统认可时可免除氢燃料电池模块的上述试验项目。

7.3.5 氢燃料电池发电系统应按照 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》的要求进行安全性试验，应至少进行如下试验项目：气动或液压泄漏试验（两次）、气动或液压强度试验、正常运转型式试验、电气过载试验（根据制造厂设计方案）、排气温度试验、表面和部件的温度试验，建议按照试验排列顺序进行。

7.3.6 氢燃料电池发电系统应进行启动和关闭功能试验，并应尽可能的验证全部可以参与试验的控制系统与保护部件的功能（IEC62282-3-100 出版物第 4.9.2.3 条的要求。）

7.3.7 氢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，至少应在额定功率进行表 7.3.1 中第 10~17 项性能试验项目。

7.3.8 氢燃料电池模块应按照 IEC62282-2《燃料电池技术第 2 部分：燃料电池模块》的要求进行相关试验。

7.3.9 氢燃料电池模块和氢燃料电池系统应对于同一制造厂生产的燃料电池模块及燃料电池发电系统，表 7.3.1 和表 7.3.2 中重复的试验项目可以合并进行。

氢燃料电池发电系统型式试验项目表 7.3.1

| 序号 | 检验项目 | 试验方法参照标准 |
|----|------|----------------------------|
| 1. | 外观检查 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.1 条 |

| | | |
|-----|---------------|---------------------------------|
| 2. | 气动或液压泄漏试验 | IEC62282-3-100-2019 第 5.4 条 |
| 3. | 气动或液压强度试验 | IEC62282-3-100-2019 第 5.5 条 |
| 4. | 正常运转型式试验 | IEC62282-3-100-2019 第 5.6 条 |
| 5. | 电气过载试验 | IEC62282-3-100-2019 第 5.7 条 |
| 6. | 排气温度试验 | IEC62282-3-100-2019 第 5.11 条 |
| 7. | 表面和部件的温度试验 | IEC62282-3-100-2019 第 5.12 条 |
| 8. | 抗风试验（仅适用室外安装） | IEC62282-3-100-2019 第 5.13 条 |
| 9. | 启动和关闭试验 | IEC62282-3-100-2019 第 4.9.2.3 条 |
| 10. | 电功率测量 | IEC62282-3-200-2015 第 7.3.1 条 |
| 11. | 输入燃料消耗量测量 | IEC62282-3-200-2015 第 7.3.2 条 |
| 12. | 尾气排放测量 | IEC62282-3-200-2015 第 7.3.7 条 |
| 13. | 空气消耗量测量 | IEC62282-3-200-2015 第 7.3.5 条 |
| 14. | 排水量测量 | IEC62282-3-200-2015 第 7.3.8 条 |
| 15. | 噪声等级测量 | IEC62282-3-200-2015 第 7.3.9 条 |
| 16. | 总能量效率测量 | IEC62282-3-200-2015 第 9.2 条 |
| 17. | 输出功率响应时间测量 | IEC62282-3-200-2015 第 9.3 条 |
| 18. | 绝缘电阻测量 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.3 条 |
| 19. | 耐电压试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.14 条 |
| 20. | 能源波动试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.4 条 |
| 21. | 能源故障试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.5 条 |
| 22. | 倾斜和摇摆试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.6 条 |
| 23. | 振动试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.7 条 |
| 24. | 高温试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.8 条 |
| 25. | 低温试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.9 条 |
| 26. | 交变湿热试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.10 条 |
| 27. | 外壳防护试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.15 条 |
| 28. | 电磁兼容性试验（系统适用） | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 3 章 |
| 29. | 滞燃试验（如适用） | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.16 条 |
| 30. | 盐雾试验（如适用） | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.12 条 |

注 1：上述环境和电磁兼容性试验项目（序号 20~28）在试验过程中考虑到安全因素，可以考虑燃料管系中通空气或者氮气进行空载运转；试验对象可针对氢燃料电池模块和其他电气部分。

氢燃料电池模块型式试验项目表 7.3.2

| 序号 | 检验项目 | 试验方法参照标准 |
|----|--------------|---|
| 1. | 外观检查 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.1 条 |
| 2. | 冲击和振动试验（注 2） | IEC 62282-2-100:2020 第 5.2 条 |
| 3. | 气体泄漏试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.3,5.11 条， GB/T 29838-2013 第 5.3,5.12 条 |
| 4. | 正常运行试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.4,5.12 条， |

| | | |
|-----|------------|--|
| | | GB/T 29838-2013 第 5.4,5.13 条, 出厂试验仅做电压和电流标称功率输出 |
| 5. | 许可工作压力试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.5 条, GB/T 29838-2013 第 5.5 条 |
| 6. | 冷却系统耐压试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.6 条, GB/T 29838-2013 第 5.6 条 |
| 7. | 持续和短时电功率试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.7 条, GB/T 29838-2013 第 5.7 条 |
| 8. | 过压试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.8 条, GB/T 29838-2013 第 5.8 条 |
| 9. | 绝缘强度试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.9 条, GB/T 29838-2013 第 5.9, 6.3 条 |
| 10. | 绝缘(静态)试验 | GB/T29838 第 5.10 条 |
| 11. | 压差试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.10 条, GB/T 29838-2013 第 5.11 条 |
| 12. | 可燃浓度试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.13 条, GB/T 29838-2013 第 5.14 条 |
| 13. | 非正常条件试验 | IEC62282-2-100-2020 第 5.14 条, GB/T 29838-2013 第 5.15 条 |
| 14. | 气密性试验 | IEC62282-2-100-2020 第 6.2 条, GB/T 29838-2013 第 6.2 条 |
| 15. | 能源波动试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.4 条 |
| 16. | 能源故障试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.5 条 |
| 17. | 倾斜和摇摆试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.6 条 |
| 18. | 振动试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.7 条 |
| 19. | 高温试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.8 条 |
| 20. | 低温试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.9 条 |
| 21. | 交变湿热试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.10 条 |
| 22. | 外壳防护试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.15 条 |
| 23. | 电磁兼容性试验 | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 3 章 |
| 24. | 滞燃试验(如适用) | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.16 条 |
| 25. | 盐雾试验(如适用) | CCS《电气电子产品型式认可试验指南》第 2.12 条 |

注 1: 上述环境适应性试验项目(序号 15~23)在试验过程中考虑到安全因素,可以考虑燃料管系中通空气或者氮气进行空载运转。其他型式试验项目应该使用同一样机进行试验。

注 2: 若制造商未明确冲击和振动极限,可不进行该项试验。

7.3.10 燃料电池发电系统的“等效发电机组特性”附加试验。该附加试验在认可时为制造商自愿申请。

7.3.10.1 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。

7.3.10.2 燃料电池发电系统连同变流器，当负载为系统额定功率的 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%。

7.3.10.3 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) 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；

(4) 如为输出交流系统，其瞬态频率变化应不大于额定频率的 10%。

7.3.10.4 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%。

7.3.10.5 如燃料电池发电系统连同变流器达到 7.3.10.3 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，增配电池组容量、类型等参数应在产品说明书等技术文件中注明以供上船配套时参考。实船应该参照上述电池组的各项参数进行配置，有多个氢燃料电池发电模块时，应考虑汇流排分段运行时，确保每一段汇流排上电池组具有足够的容量。

8 单件/单批检验（出厂检验）

8.1 一般规定

8.1.1 氢燃料电池发电系统（模块）在获得型式认可证书后，制造厂仍应对每一台氢燃料电池发电系统(模块)进行下述规定的出厂试验并出具出厂试验报告。在工厂进行 100%出厂试验的基础上，验船师可采用抽样检验的方式进行，抽样比例为每一种型号规格不低于 10%，至少两台。

8.1.2 氢燃料电池发电系统中的系统控制单元、电源变换单元和外部辅助设备及其相关联的管系附件应按照我社《钢规》第 1 篇第 3 章相关持证要求持有型式认可证书或者产品证书。

8.2 认可后的单件/单批检验项目应包括：

8.2.1 氢燃料电池发电系统：

(1) 外观检查

- (2) 额定工况下的性能试验
- (3) 启动和关闭试验
- (4) 气体泄漏试验
- (5) 排气温度试验
- (6) 表面和部件的温度试验
- (7) 绝缘电阻试验
- (8) 耐电压试验

8.2.2 氢燃料电池模块：

- (1) 外观检查
- (2) 正常运行试验
- (3) 绝缘强度试验
- (4) 气密性试验

8.2.3 作为船舶主电源的组成部分的燃料电池发电系统应进行“等效发电机组特性”附加试验。

8.2.3.1 燃料电池发电系统连同变流器在出厂时能够满足 7.3.10.1-7.3.10.5 的试验要求，可作为船舶主电源的组成部分，并在证书中予以注明“已完成等效发电机组附加试验”，同时变流器应为燃料电池发电系统的组成部分。

8.2.3.2 如燃料电池发电系统连同变流器达到 7.3.10.3 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，燃料电池发电系统和增配电池组容量、类型等参数应在产品证书中予以注明。

8.3 上述规定的出厂试验合格后，我社将签发船用产品证书。