

ICS 27.070

CCS U 61



T

团体标准

T/CI 568—2024

船舶用氢燃料电池发电系统控制技术要求

Technical requirements for control of hydrogen fuel cell power system for ships

2024 - 11 - 04 发布

2024 - 11 - 04 实施

中国国际科技促进会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 要求	2
4.1 一般要求	2
4.2 功能要求	2
4.3 环境条件要求	3
4.4 电源要求	4
4.5 电磁兼容性要求	4
4.6 安全要求	4
5 试验方法	5
5.1 一般试验	5
5.2 功能试验	5
5.3 环境条件试验	6
5.4 电源试验	7
5.5 电磁兼容性试验	7
5.6 安全试验	8
6 检验规则	9
6.1 检验项目	9
6.2 出厂检验	9
6.3 型式试验	10
参考文献	11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由武汉氢能与燃料电池产业技术研究院有限公司提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：武汉氢能与燃料电池产业技术研究院有限公司、深圳市氢蓝时代动力科技有限公司、中氢新能（深圳）新技术有限公司、浙江海盐力源环保科技股份有限公司、新研氢能源科技有限公司、江苏三氢科技有限公司、上海上器集团试验设备有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、北京远方思源技术服务有限公司、北京远方经纬科技有限公司。

本文件主要起草人：聂巍、张望、曹桂军、马腾、王成林、郭玉平、侯俊波、于江龙、齐志刚、王昕、徐鑫、祝彪、杨银海、张辉、郝金凯、姜国生、郭丽丽、杨涛、孙妙云、彭旭、闫永臣。

〈船舶〉用氢燃料电池发电系统控制技术要求

1 范围

本文件规定了船舶用氢燃料电池发电系统的控制系统（以下简称“控制系统”）的各项要求，描述了对应的试验方法和检验规则。

本文件适用于申请FC-FULL、FC-POWER 1或FC-POWER 2附加标志的船舶用氢燃料电池发电系统的控制系统的设计、制造和试验。

注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。

注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。

注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。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GD019-2024 电气电子产品型式认可试验指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氢燃料电池 hydrogen fuel cell

能将氢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。

3.2

氢燃料电池堆 hydrogen fuel cell stack

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，通过电化学反应将氢气和空气反应物转换成直流电、热和其他反应产物。

3.3

氢燃料电池模块 hydrogen fuel cell module

一个或多个氢燃料电池堆和其他主要及适当的附加部件的集成体。

3.4

氢燃料电池发电系统 hydrogen fuel cell power system

由氢燃料电池、燃料重整装置（如设有）及其相关联的管路构成的整体。

3.5

氢燃料电池发电装置 hydrogen fuel cell power installation

由氢燃料电池发电系统，以及用于向船舶提供电力所需的其他系统和组件。

注：包括变流器及维持燃料电池运行的辅助系统。

3.6

燃料电池处所 fuel cell space

氢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。

3.7

控制系统 control system

由传感器、执行器、阀门、开关和逻辑元件组成的系统。

注：用以使氢燃料电池发电系统在无需人工干预时，参数能保持在制造厂给定的限值范围内。

3.8

辅助系统 balance of plant;BOP

基于电源或站点的具体要求，纳入一个完整的发电系统的支持/辅助部件。

3.9

危险区域 hazardous area

爆炸性气体环境出现或预期可能出现的数量达到足以要求对设备的结构、安装和使用采取特殊预防措施的区域。

注：危险区域包括0区、1区和2区。其中0区指持续存在或长时间存在爆炸性气体环境的区域；1区指在正常操作情况下可能出现爆炸性气体环境的区域；2区指在正常操作情况下不大可能出现爆炸性气体环境的区域，即使出现，也可能仅偶然发生并且存在时间短。

4 要求

4.1 一般要求

4.1.1 外观要求

检查受试设备的外观结构、选用材料、制造工艺和标志等，以证明其符合：

- a) 中国船级社规范的有关规定；
- b) 制造厂制定的技术条件；
- c) 有关设备标准；
- d) 图纸及设计资料。

4.1.2 电气接口要求

根据氢燃料电池发电系统制造厂的建议，配置氢燃料电池发电系统电气接口，电气接口一般包括低压供电接口、高压供电接口、通信接口、电能输出接口等。

按5.1.2进行检验，检验结果满足要求。

4.2 功能要求

4.2.1 监测功能要求

4.2.1.1 控制系统应能准确监测氢燃料电池发电系统各组成的参数及状态，保证控制的准确性，监测数据精度满足制造厂规定的精度要求。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，并基于分析的结果确定监测的范围，应至少包括以下内容：

- a) 空气进入到氢气管路（可采用间接监控方式）；
- b) 氢气进入到空气管路（可采用间接监控方式）；
- c) 燃料电池电压；
- d) 燃料电池电压波动；
- e) 排气温度（如适用）；
- f) 燃料电池内部温度（如适用）；
- g) 燃料气体的纯度（如适用）；
- h) 燃料电池输出电流；
- i) 燃料电池毛功率；
- j) 燃料电池净电功率（如适用）；
- k) 燃料电池最低功率（如适用）；
- l) 控制系统故障。

4.2.1.2 应根据燃料电池的类型、工作模式和工作特点，考虑增加以下的监测内容：

- a) 空气流量；
- b) 空气压力；
- c) 冷却介质温度、压力、流量；
- d) 燃料流量；
- e) 燃料温度；

- f) 燃料压力；
- g) 空燃比（如适用）；
- h) 排气的气体探测；
- i) 水系统的液位；
- j) 水系统的压力；
- k) 水系统的纯净度；
- l) 影响和反映燃料电池寿命或衰减所需监测的参数。

4.2.2 控制功能要求

控制系统应能对氢燃料电池发电系统的运行过程及安全保护进行控制，以保证燃料电池系统安全可靠的运行。

至少应包含对氢燃料电池发电系统内部空气组件、氢气组件、电磁阀等部件进行协同控制，实现氢燃料电池发电系统自动启停、运行、调载、安全保护等功能，或制造厂规定的其他关键控制功能。

4.2.3 通信功能要求

控制系统应同时能够与其他系统进行双向信息交互，应至少包含如下功能：

- a) 接受其他系统的操作指令；
- b) 上传氢燃料电池发电系统的参数及状态；
- c) 与其他系统通信中断后的故障处理。

4.2.4 其他功能要求

控制系统还应包含以下功能。

- a) 控制系统能对氢燃料电池的可用性或寿命进行评估（申请 FC-FULL 和 FC-POWER1 附加标志船舶）。
- b) 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，对燃料电池故障进行监测及分级告警。

4.3 环境条件要求

4.3.1 耐温度要求

控制系统设备应至少能在下列空气温度环境下正常工作：

- a) 舱室内： $+5^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 开敞甲板： $-25^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ 。

按5.3.1进行试验，控制系统符合设备标准（技术条件）的规定，低温试验后测得的绝缘电阻值应满足要求。

4.3.2 耐湿度要求

控制系统设备应至少能在下列相对湿度下正常工作：

- a) 温度 $\leq +45^{\circ}\text{C}$ ： $95\% \pm 3\%$ ；
- b) 温度 $> +45^{\circ}\text{C}$ ： $70\% \pm 3\%$ 。

按5.3.2进行试验，控制系统符合设备标准（技术条件）的规定，测得的绝缘电阻值应满足要求。

4.3.3 抗振动要求

控制系统设备应能在船舶振动条件下正常工作，如在频率范围内发生共振，并当振动超过要求时，应采取适当措施予以抑止。

按5.3.3进行试验，控制系统在试验过程中应无异常和受损现象，试验后应能正常工作。

4.3.4 抗倾斜和摇摆要求

控制系统设备应能在各方向倾斜及摇摆 22.5° （周期10s）以及垂直方向线性加速度 $\pm 9.8 \text{ m/s}^2$ 时正常工作。

按5.3.4进行试验，在试验进行过程中和试验后，控制系统均应能正常工作，无异常和受损现象。

4.3.5 抗盐雾等环境要求

工作在开敞甲板环境的控制系统设备应能适应船上盐雾Kb、油雾、霉菌及灰尘等环境。

按5.3.5进行试验，试验结果应符合设备标准（技术条件）的有关规定，且用肉眼检查金属表面应无明显变质和腐蚀，盐雾试验后测得的绝缘电阻值应满足要求。

4.4 电源要求

4.4.1 抗电源波动要求

控制系统的电源波动应符合以下要求：

- a) 在正常的电源波动情况下可靠工作；
- b) 承受一定范围波动的输入电压（具体见表1）。

表1 电源波动

设备	参数	稳态 (%)
直流电源	电压	±10
	电压周期性波动	5
	纹波电压	10
蓄电池电源	电压	+30~-25

按5.4.1进行试验，在试验期间和试验后，控制系统均应能连续地进行预期的工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。

4.4.2 抗电源故障要求

控制系统应能承受断开电源和恢复电源的影响。

按5.4.2进行试验，在试验进行过程中和试验以后，允许有控制系统相关标准和制造厂制定的技术条件规定的功能或性能的暂时降低或丧失，但其功能应能自行恢复，或者能以进行上述标准和技术条件规定的某种控制操作得以恢复。

4.5 电磁兼容性要求

控制系统设备在船舶电磁环境中应具有自兼容及足够的抗电磁干扰能力。

按5.5进行试验，控制系统能正常工作，具体性能要求按5.5相关规定执行。

4.6 安全要求

4.6.1 绝缘电阻要求

控制系统设备应在湿热试验、盐雾试验Kb、低温试验和耐电压试验前后进行绝缘电阻测量。

按5.6.1规定的试验方法进行试验，测得的绝缘电阻值不应低于表2中规定，对复杂的控制系统及设备，其最低绝缘电阻值可适当降低，但不应低于安全值。

表2 最低绝缘电阻值

额定电压 U_n/V	最低绝缘电阻/ $M\Omega$	
	试验前	试验后
≤65	10	1
>65	100	10

4.6.2 耐电压要求

控制系统设备按照表3的电压等级进行耐压试验。按5.6.2进行试验，控制系统能正常工作。试验后测得的绝缘电阻值应满足要求。

表3 耐电压值

额定工作电压 U_n/V	电压/V
≤65	$2 \times U_n + 500$

额定工作电压 U_n/V	电压/V
66~250	1500
251~500	2000
501~690	2500

4.6.3 防爆要求

工作在危险区域的控制系统设备的防爆等级应满足危险区域使用要求,或提供满足危险区域使用要求的分析文件或计算说明书等。

按5.6.3进行检验,检验结果满足要求。

4.6.4 接地要求

控制系统的带电部件以外的所有可接近的金属部分均应可靠接地,法规规定的特殊情况除外。

4.6.5 操作、维修性及安全性要求

应在船上备有控制系统的操作手册、维护手册及安全性说明,或提供同等效用的文件材料。

控制系统中设备部件具有良好的可达性,提高标准化与互换性程度,便于预防性维护及故障维修。应根据制造厂要求进行安全性设计,在设计中应采取适当的安全措施确保操作人员和维修人员的人身安全。

按5.6.5进行检验,检验结果满足要求。

5 试验方法

5.1 一般试验

5.1.1 外观检查

目测检查燃料电池发电系统外观结构、选用材料无碰撞、变形、划伤、掉漆、锈蚀等损伤,铭牌、接口标签、危险警示标识按要求固定在设定位置。

5.1.2 电气接口检查

试验过程如下。

- 分别检查低压供电接口、高压供电接口、通信接口、电能输出接口。
- 当接口带线束时,导线的线色、线长、线径、防护应遵从相关设计文件规定,并满足系统的相关技术要求。
- 插接器应按电气连接图使用,公母插接器规格应相互匹配。在接插完毕后,插头和插座的连接牢固可靠,不应有松动、接触不良等现象。目视检查插入拔出、抗拉强度、自锁强度、接触电阻、防水性能试验是否符合船用插接器要求。

5.2 功能试验

5.2.1 试验条件

试验条件如下。

- 试验用仪表:试验时所用电压表、电流表及信号发生设备不低于0.5级。
- 试验用电源:用蓄电池或波纹系数不大于0.1%的整流稳压电源或两种电源并联工作。
- 试验环境条件,试验场地维持在下列标准大气条件范围以内:
 - 温度范围:15℃~35℃;
 - 相对湿度:30%~90%;
 - 气压:86 kPa~106 kPa。

5.2.2 监测功能试验

试验过程如下:

- 在5.2.1规定的试验条件下,按要求将监测设备连接至控制系统;

- b) 分别监测电堆电压、电压波动、输出电流、功率等电参数，以及电堆内部氢气与空气压力、流量、温度，冷却介质温度、压力、流量，氢气浓度等信号（具体监测参数参考4.2.1）；
- c) 测试数值应至少包括0%满量程（F.S）、50%F.S、100%F.S对应的数据（数字量信号仅测试1和0两种状态）；
- d) 将控制系统采集数据与监测设备监测数据进行比较，并记录比较结果。

5.2.3 控制功能试验

试验过程如下：

- a) 在5.2.1规定的试验条件下，按要求将监测设备连接至控制系统；
- b) 分别对氢燃料电池发电系统内部空气组件、氢气组件、电磁阀等BOP部件进行控制功能测试；
- c) 测试BOP部件的各项功能，包括但不限于：
 - 1) 自动启停；
 - 2) 运行；
 - 3) 调载（如适用）；
 - 4) 安全保护；
 - 5) 制造厂规定的其他功能。
- d) 将控制指令与BOP部件状态反馈数据进行比较，并记录比较结果。

5.2.4 通信功能试验

试验过程如下：

- a) 在5.2.1规定的试验条件下，按要求将监测设备连接至控制系统；
- b) 检查控制系统能否接受监测设备（或其他系统）的操作指令，包括但不限于：
 - 1) 自动启停；
 - 2) 运行；
 - 3) 调载（如适用）；
 - 4) 安全保护；
 - 5) 制造厂规定的其他功能。
- c) 检查控制系统能否向监测设备（或其他系统）上传工作状态和参数，包括但不限于：
 - 1) 运行状态；
 - 2) 运行参数；
 - 3) 故障报警信息；
 - 4) 制造厂规定的其他参数。
- d) 检查控制系统与监测设备（或其他系统）通信中断后是否触发故障处理功能。

5.2.5 其他功能试验

试验过程如下：

- a) 检查控制系统是否具备氢燃料电池发电系统可用性或寿命的状态显示功能；
- b) 检查控制系统是否具备自身故障的监测及告警功能。

5.3 环境条件试验

5.3.1 耐温度试验

试验方法按GD019—2024中2.8.4和2.9.4进行。其中：

- a) 高温试验：55℃/16h ±2℃/16h；或 70℃/16h ± 2℃/16h（开敞甲板）；
- b) 低温试验：+5℃/2h ±3℃/2h；或 -25℃/2h ±3℃/2h（开敞甲板）。

5.3.2 耐湿度试验

5.3.2.1 交变湿热试验方法按 GD019—2024 中 2.10.4 进行。其中：

- a) 温度：55℃±2℃；
- b) 相对湿度：95%；

c) 持续时间：2周期（每周期24 h）。

5.3.2.2 恒定湿热试验方法按GD019—2024中2.11.4进行。其中：

- a) 温度： $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $93\%\pm 3\%$ ；
- c) 持续时间：96 h。

5.3.3 抗振动试验

试验方法按GD019—2024中2.7.4的规定进行，其中：

- a) 振动频率为2.0 Hz~13.2 Hz，振幅幅值 $\pm 1\text{ mm}$ ；
- b) 振动频率为13.2 Hz~100 Hz，加速度幅值 $\pm 0.7\text{ g}$ 。

5.3.4 抗倾斜和摇摆试验

试验方法按GD019—2024中2.6.3的规定进行，其中：

- a) 将系统按前、后、左、右四个方向各倾斜 22.5° ，每一位置的试验15 min；
- b) 系统按前后、左右二个水平轴向 22.5° 进行摇摆试验，一个位置转到另一位置的时间为10 s，试验持续时间15 min。

5.3.5 抗盐雾等环境试验

试验方法按GD019—2024中2.12.4的规定进行，也可根据设备制造厂的相关规定进行。如果制造厂能提供设备中使用的部件、材料及其最后的加工是满足试验要求的证明，则可免做这些试验。

对霉菌、油雾及灰尘等试验，可根据设备制造厂有关规定进行。

5.4 电源试验

5.4.1 抗电源波动试验

试验方法按GD019—2024中2.4.3的规定进行。对于采用交流电源供电的设备还应满足GD019—2024中表2.4.2(1)的相关要求。

5.4.2 抗电源故障试验

试验方法按GD019—2024中2.5.2的规定进行，试验应在额定工作电压运行的情况下进行：5 min内切断电源3次，每次切断时间30 s。

5.5 电磁兼容性试验

5.5.1 传导发射试验

试验方法按GD019—2024中3.2.4的规定进行。

受试设备供电端子处射频电压的测量结果应不超过GD019—2024中图3.2.5所示限值。

5.5.2 外壳端口辐射发射试验

试验方法按GD019—2024中3.3.4的规定进行。

受试设备外壳端口3m处电场强度（测得的磁场强度应换算成电场强度）应不超过GD019—2024中表3.3.5a和表3.3.5b规定限值。

5.5.3 静电放电抗扰度试验

试验方法按GD019—2024中3.4.4的规定进行。

在试验以后，控制系统应能满意地连续工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。在试验过程中，允许有能自行恢复的功能或性能的降低或丧失存在，但不应发生实际工作状态的改变和储存资料的变化。

5.5.4 射频电磁场辐射抗扰度试验

试验方法按GD019—2024中3.5.4的规定进行。

在试验进行过程中和试验以后，控制系统均应能连续地进行预期的工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。

5.5.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

试验方法按GD019—2024中3.6.4的规定进行。

在试验以后，控制系统应能满意地连续工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。在试验过程中，允许有能自行恢复的功能或性能的降低或丧失存在，但不应发生实际工作状态的改变和储存资料的变化。

5.5.6 浪涌抗扰度试验

试验方法按GD019—2024中3.7.4的规定进行。

在试验以后，控制系统应能满意地连续工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。在试验过程中，允许有能自行恢复的功能或性能的降低或丧失存在，但不应发生实际工作状态的改变和储存资料的变化。

5.5.7 低频传导抗扰度试验

试验方法按GD019—2024中3.8.3的规定进行。

在试验进行过程中和试验以后，控制系统均应能连续地进行预期的工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。

5.5.8 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

试验方法按GD019—2024中3.9.4的规定进行。

在试验进行过程中和试验以后，控制系统均应能连续地进行预期的工作，无有关设备标准和制造厂制定的技术条件规定的性能降低或者功能的丧失。

5.6 安全试验

5.6.1 绝缘电阻试验

5.6.1.1 试验要求如下：

- a) 连接在一起的所有载流部件和地之间；
- b) 所有载流部件的不同极或相之间(当每极或每相的两端均可分别接近时)；
- c) 绝缘电阻应在接近工作温度测量，或者用适当的方法将其折算至工作温度。

5.6.1.2 试验方法按 GD019—2024 中 2.3.3 的规定进行，最低试验电压如表 4 所示。

表4 最低试验电压

额定电压 U_n/V	最低试验电压/V
≤ 65	$2 \times U_n$ ，最小为24
> 65	500

5.6.2 耐电压试验

试验方法按GD019—2024中2.14.3的规定进行，试验电压频率50 Hz。试验结果应无击穿或闪烁现象，试验后应立即测量绝缘电阻。

5.6.3 防爆试验

按照危险区域设备防爆等级要求，检查控制系统设备的防爆产品证书；对无法提供防爆产品证书的设备，应由设备制造厂提供风险评估报告，上述报告应由以下一项或多项文件组成：

- a) 危险源识别分析（HAZID）报告；
- b) 危险与可操作性分析（HAZOP）报告；
- c) 故障模式影响分析（FMEA）报告；
- d) 使用中国船级社接受的标准和分析方法对风险进行评估，形成的风险评估报告。

5.6.4 接地试验

安装完成后，对接地电阻值应进行检验，检验结果符合制造厂制定的技术条件规定。

5.6.5 操作、维修性及安全性试验

5.6.5.1 控制系统应提供操作手册，手册包括但不限于以下内容：

- a) 如控制系统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；
- b) 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。

5.6.5.2 控制系统应提供维护手册及安全性说明，手册包括但不限于以下内容：

- a) 如控制系统提供了自检的方法（例如软件测试程序），应详细说明如何使用这些方法；
- b) 所有相关仪表、自动化及监测报警信息的说明；
- c) 燃料电池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；
- d) 报警系统功能检查计划。

5.6.5.3 控制系统应提供安全性说明，手册包括但不限于以下内容：

- a) 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；
- b) 对无法避免的安全风险，应提供安全提示标识和处理说明和声光等警示以及自动和/或手动处理措施。

6 检验规则

6.1 检验项目

控制系统检验分为出厂检验和型式检验，检验项目见表5。

表5 检验项目表

序号	检验类型	检验项目	要求条款	试验方法	出厂检验	型式检验
1	一般	外观要求	4.1.1	5.1.1	√	√
2		电气接口要求	4.1.2	5.1.2	√	√
3	功能	监测功能要求	4.2.1	5.2.2	√	√
4		控制功能要求	4.2.2	5.2.3	√	√
5		通信功能要求	4.2.3	5.2.4	√	√
6		其他功能要求	4.2.4	5.2.5	√	√
7	环境条件	耐温度要求	4.3.1	5.3.1	—	√
8		耐湿度要求	4.3.2	5.3.2	—	√
9		抗振动要求	4.3.3	5.3.3	—	√
10		抗倾斜和摇摆要求	4.3.4	5.3.4	—	√
11		抗盐雾等环境要求	4.3.5	5.3.5	—	√
12	电源	抗电源波动要求	4.4.1	5.4.1	—	√
13		抗电源故障要求	4.4.2	5.4.2	—	√
14	电磁兼容性	电磁兼容性要求	4.5	5.5	—	√
15	安全	绝缘电阻要求	4.6.1	5.6.1	√	√
16		耐电压要求	4.6.2	5.6.2	√	√
17		防爆要求	4.6.3	5.6.3	√	√
18		接地要求	4.6.4	5.6.4	√	√
19		操作、维修性及安全性要求	4.6.5	5.6.5	√	√

6.2 出厂检验

出厂检验由制造厂按表5选择，至少选择第1项～第6项和第15项～第19项进行检验，经检验合格后，应附合格证。

6.3 型式试验

如有下列情况之一者，制造厂应进行型式检验：

- a) 产品新设计试生产或产品定型鉴定时；
- b) 转产或转厂；
- c) 停产后复产；
- d) 结构、材料或工艺有重大改变，可能影响产品性能时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有明显差异时。

全国团体标准信息平台

参 考 文 献

- [1] GB/T 6994 船舶电气设备 定义和一般规定
 - [2] GB/T 10250 船舶电气与电子设备的电磁兼容性
 - [3] GB/T 27748.1 固定式燃料电池发电系统 第1部分：安全
 - [4] GB/T 27748.2 固定式燃料电池发电系统 第2部分：性能试验方法
 - [5] GB/T 28816 燃料电池 术语
 - [6] GD 14—2022 船舶应用燃料电池发电装置指南
 - [7] 氢燃料电池动力船舶技术与检验暂行规则（MSA2022年第2号公告）
 - [8] R001-2024 钢质海船入级规范
 - [9] 钢质内河船舶建造规范(2016)
 - [10] 内河船舶入级规则2022
 - [11] MSC 95/22/Add.1 使用气体或其他低闪点燃料船舶国际安全规则（IGF规则）（The international code of safety for ships using gases or other low-flashpoint fuels(IGF code)）
-