

中国质量检验协会文件

中检办发〔2026〕110号

中国质量检验协会关于《船舶用固态储氢系统通用规范》等2项团体标准征求意见的通知

各有关单位和相关专家：

中国质量检验协会（以下简称本协会）批准立项的《船舶用固态储氢系统通用规范》《船舶固态储氢系统安全监测与应急处理指南》2项团体标准经过有关专家、参编单位的讨论和修改，据此形成上述团体标准征求意见稿。

按照《中国质量检验协会团体标准管理办法》的相关规定和要求，本协会现对上述团体标准公开征求意见，请各有关单位和相关专家对上述团体标准制定的修改意见和建议于2026年7月1日前反馈至本协会；如逾期未作反馈，则视为无意见和建议。

谨此感谢有关专家和参编单位与社会各界对本协会团体标准制修订工作的大力支持！

本批团体标准编制工作组 联系人：

任国静（手机：18510131002）

包威（手机：15313690021）

中国质量检验协会 联系人：李欣然

电话：（010）59196531

手机：15534002402

邮箱：253255140@qq.com

- 附件：1.《船舶用固态储氢系统通用规范》（征求意见稿）
2.《船舶固态储氢系统安全监测与应急处理指南》（征求意见稿）
3.团体标准征求意见表



附件 1

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CAQI XXX—2026

船舶用固态储氢系统通用规范

General specification for solid-state hydrogen storage systems
for marine vessel

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国质量检验协会 发布

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有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由华兴中科标准技术（北京）有限公司提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一二研究所、中北大学、中国地质大学（武汉）、上海铂陆洁安新能源科技有限责任公司、西安一九零八新能源科技有限公司、厦门双瑞复材科技有限公司、江苏集萃安泰创明先进能源材料研究院有限公司、六盘山实验室、中电工研（徐州）氢能科技有限公司、新疆工程学院、苏州溯驭技术有限公司、安庆轩达氢能科技有限公司、厦门厦钨氢能科技有限公司、中国船级社武汉分社、睿分科技（宁波）有限公司、中国科学院长春应用化学研究所、武汉氢能与燃料电池产业技术研究院有限公司、四川大学、青岛中石大新能源科技有限公司、山西氢安超分子储氢新材料有限公司、内蒙古稀奥科贮氢合金有限公司、乐蔚氢能科技（禹城）有限公司、宁夏邦得新材料有限责任公司、上海镁源动力科技有限公司、重庆大学国家镁合金工程材料技术研究中心、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司、福建长航绿色智能船舶研究院有限公司、中山大学、华兴中科标准技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：吴飞、郭丽、张钊、杨明、董媛、贾思庆、李志林、江顺启、朱建徽、李智辉、刘洪波、邢彦兴、刘海波、李永红、张庆旭、程博、齐健、刘艳军、胡兵、王小娟、董震、王宝安、陈跃辉、李瑾瑜、王斌、原建光、张浩、严义刚、周岩、刘学武、邓沅、王永光、皇甫益、赵志深、何涛、张静静、彭建、胡佳、田江南、汤文军、李海文、李华、任国静、张亚栋。

船舶用固态储氢系统通用规范

1 范围

本文件规定了船舶用固态储氢系统（以下简称“储氢系统”）的分类、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、安装与运维等内容。

本文件适用于以金属氢化物、配位氢化物等固态材料为储氢介质，为内河船或海船推进系统、辅助动力系统及其他车载用氢设备提供氢气的储氢系统。船长小于20 m的钢质及等效金属材料船舶如需采用本文件规定的储氢系统，可参考执行。

本文件不适用于压缩气态储氢、液氢储氢及其他非固态储氢方式。

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。

GB/T 2423.16-2022 环境试验 第2部分：试验方法 试验J和导则：长霉

GB/T 3634.2-2025 氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 10125-2021 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

GB/T 29729-2022 氢系统安全的基本要求

GB/T 33291-2016 氢化物可逆吸放氢压力-组成-等温线（P-C-T）测试方法

GB/T 34542.1-2017 氢气储存输送系统 第1部分：通用要求

GB/T 34542.2 氢气储存输送系统 第2部分：金属材料与氢环境相容性试验方法

GB/T 37244-2018 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气

GB/T 44399-2024 移动式金属氢化物可逆储放氢系统

GB/T 44754-2024 固态储氢用稀土系储氢合金

IEC 60092-507: 2014 船舶电气装置 第507部分：小型船舶（Electrical installations in ships - Part 507: Small vessels）

ISO/IEC 80079-49: 2024 爆炸性环境 第49部分：阻火器-性能要求、试验方法及使用限值（Explosive atmospheres - Part 49: Flame arresters - Performance requirements, test methods and limits for use）

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

CCS B-08（202401） 船用固态储氢系统

CCS R001-2025 钢质海船入级规范

CCS R002-2024 材料与焊接规范

T/CECA-G 0148-2021 镁基氢化物固态储运氢系统技术要求

3 术语和定义

GB/T 24499界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固态储氢材料 solid-state hydrogen storage material

在一定温度、压力条件下，以固体形态储存、释放氢气的材料。

注：如 LaNi_5 、 TiMn_2 等合金氢化物， MgH_2 、 CaH_2 等金属氢化物， NaAlH_4 、 LiAlH_4 等配位氢化物，MOFs、碳纳米管等多孔材料。

3.2

固态储氢系统 solid-state hydrogen storage system

由固态储氢材料、储释氢容器、热管理装置、氢路阀门管路、控制装置、安全监测与保护装置、船用安装结构、辅助装置等组成，实现氢气储存与可控供给的集成系统。

3.3

储氢单元 hydrogen storage unit

以固态储氢材料储氢并可进行可逆储放氢的装置，包含储氢容器、固态储氢材料、换热结构、阀门等。

3.4

储释氢容器 hydrogen storage vessel

设计用于容纳氢气、固态储氢材料及其它内部组件的任何形状（圆柱形、棱柱形、立方形等）的耐压包覆体。

3.5

额定储氢容量 rated hydrogen capacity

在制造厂所提供的技术条件下，固态储氢系统所能提供的最大放氢量。

3.6

最高温升压力 maximum developed pressure; MDP

固态储氢系统吸氢至额定容量后，在最高使用温度下达到压力平衡时的最高气体压力(表压)，以兆帕（MPa）表示。

[来源：GB/T 44399-2024，3.9，有修改]

3.7

额定充氢压力 rated charging pressure (RCP)

在规定的条件下，固态储氢系统充氢入口处允许的最高工作压力（表压），以兆帕（MPa）表示。

[来源：GB/T 44399-2024，3.12，有修改]

4 分类

4.1 按安装方式分为以下两种：

- a) 固定式：永久安装于船舶专用舱室/基座；
- b) 可移动式（集装箱式）：采用标准集装箱框架，可整体吊装、滑移、更换。

4.2 按储氢材料类型分为以下三种：

- a) 金属氢化物型： AB_5 、 AB_2 、 A_2B 、 AB 、钛基、镁基等金属氢化物；
- b) 配位氢化物型：铝氢化物、硼氢化物等；
- c) 复合储氢材料型：上述材料与碳基材料、金属有机框架(MOFs)材料、共价有机框架(COFs)材料和水合物等复合。

4.3 按设计工作压力分为以下三种：

- a) 低压(L)： $0.1 \text{ MPa} \leq P < 1.6 \text{ MPa}$ ；
- b) 中压(M)： $1.6 \text{ MPa} \leq P < 10.0 \text{ MPa}$ ；
- c) 高压(H)： $10.0 \text{ MPa} \leq P < 100.0 \text{ MPa}$ 。

4.4 按额定储氢量分为以下三种：

- a) 小型： $< 50 \text{ kg}$ ；
- b) 中型： $50 \text{ kg} \sim 500 \text{ kg}$ ；
- c) 大型： $> 500 \text{ kg}$ 。

5 基本要求

5.1 系统组成

固态储氢系统应至少包含以下子系统或单元：

- a) 储氢单元：储氢容器、固态储氢材料、换热组件、内部管路；
- b) 氢路阀门管路：进气/出气阀门、过滤器、安全阀/爆破片；
- c) 热管理装置：加热/冷却介质管路、换热器、温控器、余热回收接口；
- d) 控制装置：PLC/嵌入式控制器、人机界面、通信接口(MODBUS/CAN)；
- e) 安全监测与保护装置：氢气浓度探测器、温度传感器、压力传感器、氢气流量计、火焰探测器、紧急切断设备、惰气化设备、通风设备；
- f) 船用安装结构：基座/托架、减振器、固定紧固件、接地装置；
- g) 辅助装置：加氢接口、放散管、排污口、标识标牌。

5.2 通用设计要求

5.2.1 储氢系统的设计、制造、检验、安装和运维等应符合本文件及相关规范性引用文件的要求，确保安全可靠、技术先进、经济合理。

5.2.2 储氢系统的技术要求不得低于强制性标准的相关技术要求，宜采用具有国际领先水平的技术和指标。

5.2.3 储氢系统应具备良好的安全性、可靠性和环境适应性，能在船舶规定的工作条件下长期稳定运行。

5.2.4 储氢系统应采用模块化、标准化、可互换性设计，便于整体吊装、平移或动态对接，适应船舶空间布局和充氢作业需求。

- 5.2.5 储氢系统所使用的材料、元器件和部件应符合相关标准要求,并具备相应的质量证明文件。
- 5.2.6 储氢系统、储氢容器的设计应分别符合 CCS B-08 (202401) 中 5.2、5.3 的相关要求。
- 5.2.7 储氢系统设计的风险控制应符合 GB/T 29729-2022 中 7.2 的相关要求。
- 5.2.8 储氢系统的设计应进行故障模式和影响分析 (FMEA), 识别潜在故障风险并采取相应的防控措施。
- 5.2.9 储氢系统、储氢容器申请中国船级社 CCS 认可或检验时, 提交的相关设计图纸、文件、备查资料等应符合 CCS B-08 (202401) 中第 4 章的要求。
- 5.2.10 充入储氢系统的氢气原料宜采用电解水制氢设备获取, 品质应不低于 GB/T 3634.2-2025 中 3.1 的纯氢要求。

5.3 材料设计要求

5.3.1 固态储氢材料

- 5.3.1.1 固态储氢材料的选择应综合考虑储氢密度、吸放氢速率、循环稳定性、安全性、使用环境条件及成本等因素。
- 5.3.1.2 稀土系储氢合金的特性参数应满足 GB/T 44754-2024 中第 5 章的相关要求; 钛系储氢合金、锆系储氢合金、钒系储氢合金等金属氢化物的特性参数应满足 GB/T 44399-2024 中 6.2.1 的相关要求; 镁基固态储氢材料的特性参数应满足 T/CECA-G 0148-2021 中 4.1.4 的相关要求。
- 5.3.1.3 应采用固化的装填工艺装填储氢材料, 以保证金属氢化物可逆储放氢单元中储氢材料装填的一致性, 装填工艺由金属氢化物可逆储放氢单元的制造单位确定。
- 5.3.1.4 储氢材料的平均粒径、粒径分布等颗粒度参数应根据具体装填工艺需求确定。储氢材料的纯度、杂质成分及含量等品质指标应满足固态储氢系统应用对象的具体需求。

5.3.2 结构材料

- 5.3.2.1 固态储氢系统应选用在服役条件下与氢气和金属氢化物具有相容性的材料, 在服役条件下材料应不发生氢脆、氢腐蚀和应力腐蚀, 且不与金属氢化物发生反应, 并符合 GB/T 29729-2022 和 GB/T 34542.1-2017 的要求。
- 5.3.2.2 储氢容器壳体应采用抗氢脆性能优异的 304 不锈钢、316L 不锈钢、树脂基碳纤维复合材料等材料, 材料与氢的相容性测试按 GB/T 34542.2 的规定进行。
- 5.3.2.3 供氢管路材料应选用 BA 级 316L 不锈钢材质。
- 5.3.2.4 密封材料应具有良好的耐氢性、耐高低温和密封性。
- 5.3.2.5 在满足强度要求的前提下, 固态储氢系统的基座/托架可选用碳钢、高强钢、钛合金、碳纤维复合材料等材质。

5.3.3 其他材料

- 5.3.3.1 换热结构件应选用纯铝、铝合金、纯铜、铜合金等导热性好的材质, 导热材料的导热系数应不低于 $120 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。
- 5.3.3.2 固态储氢系统内部可适量添加膨胀石墨、硅凝胶等材料抑制金属氢化物的团聚和膨胀。
- 5.3.3.3 电气部件应选用符合船用防爆、阻燃等级要求的材料, 不应含有石棉成分。

5.4 储氢容器设计要求

- 5.4.1 储氢容器应按 TSG 21 及相关船级社规范进行设计、制造和检验。储氢容器的材料应具有

良好的力学性能、耐腐蚀性及与氢气、储氢材料的相容性。

5.4.2 储氢容器的强度计算应考虑自重、储氢介质重量等静态载荷，以及最高温升压力、船舶振动、倾斜、冲击等载荷的综合作用，最高温升压力下的应力水平不应超过储氢容器屈服强度的 80%，且最高温升压力不应超过 25 MPa；若超过 25 MPa，应进行专项评估并经相关检验机构同意。

5.4.3 储氢容器的结构设计应便于固态储氢材料的装填、更换及维护，同时应考虑材料吸放氢过程中的体积膨胀和收缩，避免容器结构损坏。

5.4.4 储氢容器应配备泄压装置，泄压装置的排放能力应满足相关计算要求，排放口应垂直向上，高出露天甲板应不小于船舶宽度的 1/3 或 6 m（取其大者），并高出工作区域和走道 6 m 以上。特殊环境下的设计宜经船级社同意。

5.4.5 储氢容器的接口设计应符合相关标准要求，确保与管路、阀件等连接的密封性和可靠性。

5.4.6 储释氢容器必须可靠接地、等电位连接，消除静电积聚、防止电位差产生电火花，同时满足船用电气防爆、防雷、船体等电位要求。

5.4.7 储氢容器制造过程应进行严格质量控制，主要受压件焊接应符合中国船级社 CCS R002-2024 要求，焊接接头应进行 100% 无损检测。

5.5 热管理装置设计要求

5.5.1 换热系统应能有效控制储氢床体温度，充放氢过程中床体最高温度、最低温度等不超过固态储氢系统设计要求。

5.5.2 热管理装置应合理利用其他设备工作产生的热量，提高系统的能量综合利用效率。

5.5.3 可采用风冷式、液冷式或两者结合式换热，低温环境下应具备电加热辅助功能，确保储氢材料满足应用对象的放氢要求。

5.5.4 储氢床体应采用模块化结构设计，内置换热管，增大换热面积，提升传热效率。

5.6 控制装置设计要求

5.6.1 控制系统应能实现对固态储氢系统的充氢、放氢过程的自动/手动双模式自动控制，同时应具备手动干预功能。

5.6.2 固态储氢系统控制设备的控制、报警及安全系统应符合 CCS R001-2025 中第 7 篇第 2 章的相关要求，监测参数应至少包括氢气压力、温度、流量、浓度、系统状态、故障信息。

5.6.3 监测与控制系统的电气设备应符合 IEC 60092-507:2014 的要求，在危险区域使用的设备应具备相应的防爆等级。

5.6.4 控制装置的通信模式支持 MODBUS-RTU/TCP、CAN2.0B，可接入船舶综合监控系统。

5.6.5 数据记录应具备运行数据存储时间不少于 1 年，采样间隔小于 1 s 的功能。

5.6.6 故障诊断模式应具备自诊断、故障报警、历史故障查询功能。

5.7 安全监测与保护装置要求

5.7.1 固态储氢系统应设置完善的监测设备，监测参数包括但不限于氢气泄漏浓度、系统压力、温度、储氢容量等。

5.7.2 电信号连接器应选用符合船用标准的防水、防潮、防爆型产品，具备良好的抗振动和抗干扰性能，连接器插拔寿命应满足固态储氢系统设计要求。

5.7.3 每个储氢容器应就地设置压力表，清晰标明允许的最高压力；遥控位置（如远程控制室）应设置压力显示并设置就地和远程的压力高报警，当压力达到允许最高压力前应自动停止氢系统

运行或切换至其他独立储氢容器。

5.7.4 储氢容器上应设置温度传感器，实时监测内部及传热介质温度变化，温度过高时发出高温报警并自动停止固态储氢系统运行。

5.7.5 在可能积聚氢气的区域应设置氧气浓度传感器、氢气泄漏检测探头等实时监测仪表，当氢气浓度达到爆炸下限（LEL）的 25% 时，应发出报警信号，并联动防爆通风系统启动；当浓度达到爆炸下限（LEL）的 50% 时，应采取紧急停机、切断氢源等措施。

5.8 氢路阀门管路设计要求

5.8.1 储氢系统管路应采用耐氢脆、耐高压的材料，管路布置应合理，避免出现死弯、死角、积液等易导致氢气积聚或杂质沉积的结构，管路的公称压力应不低于额定充氢压力的 1.5 倍。

5.8.2 管路上应设置截止阀、过滤器、安全阀/爆破片、止回阀等安全附件，防止氢气倒流和泄漏。

5.8.3 管路连接应采用可靠的密封结构，确保密封性良好，接头/焊缝/阀门氦检泄漏率不高于 $1.0 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

5.8.4 管路系统应进行应力分析，确保在船舶航行、温度变化等工况下的结构完整性。

5.8.5 储氢系统中的涉氢管系应符合 CCS 的 I 级管系要求，并应考虑冷热补偿结构。

5.8.6 储氢容器外部相关连接管系应具有足够的柔性补偿。

5.8.7 泄压管路的设计应确保压力能够安全释放，避免泄压口朝向人员活动区域或易燃、易爆区域，且应设置阻火器，阻火器应符合 ISO/IEC 80079-49: 2024 的要求。

5.8.8 阀件的选择应符合相关标准要求，具有良好的密封性、耐压性及操作可靠性，且应设置在便于操作和维护的位置。

5.9 船用安装结构设计要求

5.9.1 船用安装基座/托架的材料应选用强度高、耐腐蚀性好的钢材，其力学性能应符合相关标准要求。

5.9.2 船用安装托架的结构设计应进行强度计算和校核，确保能承受储氢容器的重量及船舶航行、装卸过程中产生的载荷。

5.9.3 船用安装托架应设置导向销/锥和液压/机械锁紧装置，实现储氢容器的精确定位与刚性连接。

5.9.4 安装托架与船体结构的连接应牢固可靠，连接部位应进行加强处理。

5.9.5 应选用与载荷相匹配的隔振器，并考虑固态储氢系统的整体冲击、振动、倾斜摇摆设计要求。

5.10 系统安全性设计要求

5.10.1 储氢系统中位于封闭或半封闭空间的涉氢电气设备应符合防爆等级要求（不低于 Exd II CT1），防爆通风系统的通风能力应保证氢气浓度远低于爆炸下限（LEL）。

5.10.2 应设置氢气排放管、吹扫口和阻火器，阻火器应设置在连接至有明火的用氢设备的管道及氢气集中放散管上，并符合相关标准要求。

5.10.3 单个储氢容器或容器瓶组的端口均应设置过滤精度与金属氢化物粒度相匹配的过滤器，还应考虑储氢材料可能出现的粉化情况。

5.10.4 氢气泄漏浓度达到报警设定值时，监测系统应立即发出声光报警，并触发相应的安全联

锁动作，如切断充氢/放氢管路、启动通风装置等。

5.10.5 储氢系统所在区域应划分为危险区域，区域划分应符合相关标准要求，危险区域内的电气设备、工具等应具备相应的防爆等级。

5.10.6 储氢容器应设置泄压装置，泄压装置的型号和规格应根据最高温升压力和泄放量确定，确保压力能够及时、安全释放，泄压装置应定期进行校验，确保其性能可靠，校验周期应符合相关标准要求。

5.11 系统环境适应性设计要求

5.11.1 固态储氢系统应能在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度条件，5%~95%（无凝露）的相对湿度条件下正常工作。

5.11.2 固态储氢系统应能在预定的振动、冲击、倾斜摇摆等机械环境条件下正常工作。

5.11.3 暴露于大气环境下的系统组成设备、阀门、管路等零部件应能满足相关耐盐雾腐蚀、耐霉菌腐蚀要求。

6 技术要求

6.1 外观与结构

6.1.1 整体型式：固态储氢系统为模块化撬装/集装箱化设计，适配船舶机舱/甲板布置，外形规整，便于多层堆叠与固定。

6.1.2 防护等级：外壳 IP54 及以上，户外甲板型 IP65 及以上，操作面设防护门，顶部设防雨罩。

6.1.3 接口布置：阀门、仪表、接头集中于单侧操作面，氢气管路、冷却水路、电缆接口分侧布置，标识清晰完整。

6.1.4 铭牌标识：铭牌含型号、制造日期、最高允许工作压力（MAWP）、最高温升压力（MDP）、水容积、外形尺寸、满载重量、额定储氢量、材料牌号、防爆/防护等级、CCS 产品认可编号。

6.2 尺寸

储氢容器、储氢单元、固态储氢系统的外形尺寸、管路外径、安装尺寸等，适配船舶通道、舱室吊装、集装箱尺寸限制。

6.3 重量

单个储氢单元重量（含氢气）应不大于5吨，固态储氢系统整机干重、湿重的重量指标受控，满足船舶稳性与载荷限制，重心布置合理。

6.4 储氢材料性能

固态储氢材料质量储氢密度应符合表1的要求。

表 1 固态储氢材料质量储氢密度要求

序号	材料	质量储氢密度要求
1	镁基	$\geq 5.0\text{ wt}\%$ （初始），1000次循环后衰减小于10%
2	稀土系	$\geq 1.5\text{ wt}\%$ （初始），1000次循环后衰减小于10%
3	钛系	$\geq 1.8\text{ wt}\%$ （初始），1000次循环后衰减小于10%

序号	材料	质量储氢密度要求
4	钙基复合储氢材料	$\geq 4.0 \text{ wt}\%$ ，水解释氢密度 $\geq 8.0 \text{ wt}\%$ （不含水）
5	铝钠基复合储氢材料	$\geq 6.0 \text{ wt}\%$ ，水解释氢密度 $\geq 12.0 \text{ wt}\%$ （不含水）

6.5 储氢性能

6.5.1 固态储氢系统质量储氢密度（含储氢容器/管路/热管理）应符合表 2 的要求。

表 2 固态储氢系统质量储氢密度要求

序号	固态储氢系统	质量储氢密度要求（wt%）
1	镁基	≥ 3.0 （初始）
2	稀土系	≥ 1.0 （初始）
3	钛系	≥ 1.2 （初始）
4	钙基复合储氢	≥ 3.0
5	铝钠基复合储氢	≥ 4.0

6.5.2 固态储氢系统体积储氢密度不低于 $35 \text{ kgH}_2 / \text{m}^3$ 。

6.5.3 固态储氢系统的额定储氢量应满足具体设计指标要求。

6.6 放氢性能

6.6.1 固态储氢系统的放氢速率应满足船舶用氢设备的实时需求，放氢压力稳定在规定范围内。

6.6.2 固态储氢系统供应的氢气纯度不低于 99.97%，杂质成分及含量应满足 GB/T 37244-2018 或相关用氢设备需求。

6.7 密封性能

6.7.1 固态储氢系统在额定充氢压力下进行气密性试验，保压 10 min 压力降不大于 0.1 MPa。

6.7.2 固态储氢系统整体的氢检泄漏率不超过 $1.0 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，接口氢检泄漏率不超过 $1.0 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

6.8 换热性能

热管理装置应能有效控制储氢材料吸氢、放氢过程中的温度变化，控温精度 $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

6.9 最高温升压力

储氢容器最高温升压力下的应力水平不超过储氢容器屈服强度的 80%，且最高温升压力不超过 25 MPa。

6.10 使用寿命

固态储氢系统的设计寿命不少于 10 年或 1000 次充放氢循环（储氢容量衰减率不大于 10%）。固定式储氢系统的使用寿命满足船舶服役周期。

6.11 安全性

6.11.1 接地保护

固态储氢系统及其设备、管路应保持良好接地，对地电阻小于 $10\ \Omega$ 。

6.11.2 过压安全性

储氢容器、储氢系统应具备一定的过压耐受能力，过压压力值不低于储氢容器、供氢系统额定工作压力的1.1倍。

6.11.3 氢气浓度监测与保护

6.11.4 固态储氢系统中配置的氢气浓度探测器安装在储氢单元上方、阀门接口处、舱室顶部且间距不大于3 m，测量范围：0~100%LEL，精度不低于 $\pm 2\%$ LEL，响应时间 $\leq 2\text{ s}$ 。

6.11.5 氢气浓度超标报警阈值：20%LEL（一级）、40%LEL（二级联动）。

6.11.6 压力监测与保护

6.11.7 采用压力表、压力传感器等监测储氢系统内部压力，压力传感器精度不低于 $\pm 0.5\%$ FS，响应时间不超过100 ms。

6.11.8 固态储氢系统内部压力超过其额定工作压力值1.05倍时发出报警，超过其额定工作压力值的1.1倍时安全阀起跳，联动防爆风扇开启。

6.11.9 温度监测与保护

6.11.10 采用温度传感器监测储氢系统典型部位的工作温度，温度传感器精度不低于 $\pm 0.5\%$ FS，响应时间不超过100 ms。

6.11.11 固态储氢系统典型部位的工作温度高于或低于设定的温度值时，发出联动报警信号。

6.12 环境适应性

6.12.1 振动条件：应能承受CCS R001-2025规定的船舶振动环境，振动加速度应满足应用对象的环境适应性具体设计要求。

6.12.2 冲击条件：冲击加速度按不低于3 g设计，应能承受船舶航行、装卸作业过程中产生的冲击载荷。

6.12.3 倾斜摇摆：固态储氢系统在纵倾 $\pm 30^\circ$ 、横倾 $\pm 15^\circ$ ；纵摇 $\pm 15^\circ$ （周期4 s~10 s）、横摇 $\pm 35^\circ$ （周期3 s~4 s）条件下应能正常工作。

6.12.4 盐雾腐蚀：位于露天甲板或海水飞溅区域的固态储氢系统及其部件，应能承受盐雾腐蚀要求（盐雾浓度不高于 2 mg/m^3 ）。

6.12.5 霉菌腐蚀：固态储氢系统在黄曲霉、杂色曲霉、绳状青霉和黑曲霉等霉菌环境条件下应能正常工作。

7 试验方法

7.1 外观结构检查

采用目视检查方法，检查储氢单元、储氢系统的外观质量，表面应无裂纹、变形、锈蚀、划痕等缺陷，部件连接应牢固，产品铭牌、接口标识等信息齐全，清晰完整。接触氢气的表面无毛刺、焊渣、铁锈和污垢等。

7.2 尺寸测量

采用相应精度的测量工具，测量储氢单元、储氢系统的主要尺寸，包括储氢容器的外形尺寸、管路外径、安装尺寸等，应符合具体指标要求。

7.3 重量测量

采用相应精度的测量工具，整体或拆分测量储氢系统的重量，储氢系统的干重、湿重等指标应符合具体指标要求。其中，单个储氢单元重量（含氢气）小于5吨。

7.4 储氢材料性能试验

储氢材料的重量储氢密度、循环寿命等性能试验，根据储氢材料的类型不同，按GB/T 33291-2016或T/CECA-G 0148-2021的规定进行。

7.5 储氢性能试验

储氢系统充氢至额定容量后，在设定的放氢条件下，放氢至预定的压力或流量后停止放氢，记录释放出的氢气质量，氢气质量与储氢系统的重量比值即为重量储氢密度，氢气质量与储氢系统（含氢气）的体积比值即为系统体积储氢密度。

7.6 放氢性能试验

储氢系统的放氢性能试验按CCS B-08（202401）中7.2.2.4的规定进行，记录放氢过程的放氢速率、放氢压力、氢气纯度等指标参数。

7.7 密封性试验

储氢系统的密封性试验按GB/T 44399-2024中7.1.4的规定进行。

7.8 换热性试验

在充放氢过程中，采用温度传感器监测储氢床体的温度变化，记录最高温度、最低温度及温度控制精度。

7.9 最高温升压力试验

储氢单元的最高温升压力试验按CCS B-08（202401）中第8.2.3条的规定进行。每批产品的最高温升压力应不超过0.8倍储氢容器测试压力，或25 MPa，取小者。

7.10 寿命试验

按设计要求进行储氢系统充放氢循环寿命试验，试验过程中定期检测系统性能，试验结束后系统性能应符合设计要求，且无明显损坏。

7.11 安全性试验

7.11.1 接地电阻测试

采用接地电阻测试仪测量固态储氢系统对地电阻，应小于10 Ω。

7.11.2 过压安全性测试

将储氢系统氢气压力升高到制造厂提供的泄压装置动作压力以上，检查系统泄压装置是否正常工作。

7.11.3 氢气浓度监测与保护试验

在储氢系统可能积聚氢气的区域释放少量氢气，检查泄漏检测探头是否能准确检测，报警装置是否正常报警，防爆通风系统是否能及时启动，响应时间是否满足不长于2 s要求。

7.11.4 压力监测与保护试验

向储氢系统通入高纯氮气，查验当系统内部压力超过其额定工作压力值1.05倍时是否发出报警，超过其额定工作压力值的1.1倍时安全阀是否正常起跳，同时联动防爆风扇是否开启。

7.11.5 温度监测与保护试验

设定固态储氢系统典型部位的温度达到报警设定值，检查报警装置是否正常报警，是否能自动停止氢系统运行。

7.12 环境适应性试验

7.12.1 振动试验：储氢系统安装于振动试验台上，按 CCS R001-2025 规定的船舶振动环境，振动加速度进行振动试验，试验后检查储氢系统的连接件、紧固件是否松脱，是否能正常工作。

7.12.2 冲击试验：按规定的冲击加速度（不低于 3 g）和冲击次数进行冲击试验，试验后检查储氢系统是否出现损坏，是否能正常工作。

7.12.3 倾斜摇摆试验：储氢系统置于倾斜摇摆试验台，在纵倾±30°、横倾±15°；纵摇±15°（周期 4 s~10 s）、横摇±35°（周期 3 s~4 s）条件下应能正常工作。

7.12.4 盐雾腐蚀试验：将露天甲板或海水飞溅区域的部件置于盐雾试验箱内，按 GB/T 10125-2021 的规定进行盐雾腐蚀试验，查验试验后部件是否出现明显盐雾腐蚀。

7.12.5 霉菌腐蚀试验：制取储氢系统的非金属材料样品，参考 GB/T 2423.16-2022 进行霉菌试验，查验试验后材料样品是否出现明显霉菌腐蚀。

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为型式检验和出厂检验。检验项目见表3。

表3 检验项目

检验项目		出厂检验		型式检验
		逐只检验	批量检验	
储氢材料	重量储氢密度	—	√	√
	循环使用寿命	—	*	√
储氢单元	外观与结构检查	√	—	√
	尺寸测量	√	—	√
	重量测量	√	—	√
	质量储氢密度	—	*	√

检验项目		出厂检验		型式检验
		逐只检验	批量检验	
	最高温升压力	—	*	√
储氢系统	外观与结构检查	√	—	√
	尺寸测量	√	—	√
	重量测量	*	—	√
	储氢性能	—	*	√
	放氢性能	—	*	√
	密封性能	√	—	√
	换热性试验	—	*	√
	使用寿命	—	—	√
	安全性试验	√	—	√
	环境适应性试验	—	—	√
	注：“√”表示需要做的项目，“—”表示不需做的项目，“*”表示选做的项目			

8.2 型式检验

8.2.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 储氢系统新产品首次研发或定型时；
- 产品结构、材料、工艺有重大变更，可能影响产品性能时；
- 产品停产超过 1 年，恢复生产时；
- 连续生产满 3 年时；
- 国家市场监督管理总局或船级社提出型式检验要求时。

8.2.2 型式检验的样本应从批量生产的产品中随机抽取，抽样数量不少于 1 台。

8.2.3 型式检验项目包括本文件第 6 章规定的所有试验项目。

8.2.4 型式检验应全部合格，若有不合格项目，允许整改后重新检验；重新检验仍不合格的，判定为型式检验不合格。

8.3 出厂检验

8.3.1 每套储氢系统出厂前均应进行出厂检验。

8.3.2 出厂检验项目包括：外观检查、尺寸测量、重量测量、气密性试验、压力报警试验、温度报警试验、泄漏报警试验、防静电和接地试验。

8.3.3 出厂检验应全部合格，出具合格证明后方可出厂。若有不合格项目，应进行返修，返修后重新检验，直至合格。

8.3.4 涉及国防装备等特殊应用领域固态储氢系统产品的出厂检验要求，以客户具体需求为准。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 储氢系统的明显位置应设置永久性产品标志，内容包括：产品名称、型号规格、额定容量、

额定充氢压力、最高温升压力、制造单位名称、制造日期、产品编号、执行标准编号。

9.1.2 储氢容器应设置压力等级标志、安全警示标志（如“禁止烟火”“氢气危险”等）。

9.1.3 储氢系统应设置身份识别码，编码规则按 GB/T 44399-2024 的规定执行。

9.2 包装

9.2.1 固态储氢系统的包装应符合运输包装要求，具备良好的防潮、防震、防腐蚀性能。

9.2.2 包装内应随附产品合格证、产品说明书、安装维护手册、质量证明文件等技术资料。

9.2.3 包装外应标明产品名称、型号规格、制造单位、毛重、净重、外形尺寸、运输注意事项等信息。

9.3 运输

9.3.1 储氢系统在运输过程中应固定牢固，避免剧烈振动、冲击和碰撞。

9.3.2 运输过程中应远离火源、热源和易燃易爆物品，严禁吸烟。

9.3.3 运输车辆应具备相应的资质，驾驶员应熟悉运输安全要求，配备必要的消防器材和应急设备。

9.3.4 海上运输时，应符合国际海事组织（IMO）关于危险货物运输的相关规定。

9.4 贮存

9.4.1 储氢系统应贮存在干燥、通风、阴凉、无腐蚀性气体的库房内，远离火源、热源和易燃易爆物品。

9.4.2 贮存库房应设置氢气泄漏检测装置和防爆通风系统，配备必要的消防器材。

9.4.3 储氢系统在贮存期间应定期检查，防止锈蚀、损坏和泄漏。

9.4.4 储氢系统的贮存期限不应超过产品说明书规定的期限，超过期限的产品应重新进行检验，合格后方可使用。

10 安装与运维

10.1 安装

10.1.1 储氢系统的安装应在船舶检验机构认可的前提下，由具备相应资质的单位按批准的安装图纸和技术文件进行。

10.1.2 安装位置应选择通风良好、远离火源、热源和人员密集区域的地方，避免安装在封闭或半封闭空间（特殊情况除外，但应配备防爆通风系统）。

10.1.3 储氢系统通过船用安装托架固定于船体，安装托架的强度应进行校核，确保牢固可靠。

10.1.4 管路连接应严格按管路安装图纸进行，确保连接牢固、密封良好，管路布置应合理，避免与其他设备发生干涉。

10.1.5 储氢系统安装完成后，应进行气密性试验、安全控制功能试验等，确保系统安装质量符合要求。

10.2 运维

10.2.1 船舶所有人或经营人应制定储氢系统的运维手册，明确日常维护、定期检查和故障维修的内容、周期和方法。

10.2.2 储氢系统的日常维护应包括但不限于：检查系统外观是否完好、连接是否牢固、有无泄漏迹象；检查压力、温度等监测仪表的指示是否正常；检查报警装置和安全连锁系统是否灵敏可靠。

10.2.3 定期检查应按以下周期进行：

- a) 每月检查一次气密性和安全控制功能；
- b) 每季度检查一次连接件、紧固件的固定锁紧功能；
- c) 每半年检查一次充放氢性能；
- d) 每年进行一次全面的系统性能检测和维护。

10.2.4 固态储氢系统出现故障时，应立即停止使用，由专业维修人员进行维修，维修完成后应进行检验，合格后方可重新投入使用。

10.2.5 船舶所有人或经营人应建立储氢系统的运维档案，记录维护、检查、维修的情况和结果。

10.2.6 应制定储氢系统的应急预案，包括氢气泄漏、火灾、爆炸等突发事件的应对措施，定期组织应急演练。

10.2.7 储氢系统寿命到期后，按相关规定进行报废处理，不得随意拆解、丢弃。

附件 2

ICS
CCS

团 体 标 准

T/CAQI XXX—2026

船舶固态储氢系统安全监测与应急 处理指南

Guidelines for safety monitoring and emergency handling of maritime
solid-state hydrogen storage system

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国质量检验协会 发布

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有可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由华兴中科标准技术（北京）有限公司提出。

本文件由中国质量检验协会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一二研究所、中北大学、中国地质大学（武汉）、中国科学院长春应用化学研究所、上海铂陆洁安新能源科技有限责任公司、西安一九零八新能源科技有限公司、厦门双瑞复材科技有限公司、武汉氢能与燃料电池产业技术研究院有限公司、新疆工程学院、睿分科技（宁波）有限公司、青岛中石大新能源科技有限公司、江苏集萃安泰创明先进能源材料研究院有限公司、乐蔚氢能科技(禹城)有限公司、中国船级社武汉分社、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司、福建长航绿色智能船舶研究院有限公司、重庆大学国家镁合金工程材料技术研究中心、中山大学、华兴中科标准技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：吴飞、郭丽、张钊、杨明、董媛、贾思庆、原建光、李志林、江顺启、朱建徽、李智辉、姜孝国、张浩、徐立军、胡兵、王斌、周岩、邢彦兴、赵志深、田江南、汤文军、彭建、胡佳、李海文、李华、任国静、张亚栋。

船舶固态储氢系统安全监测与应急处理指南

1 范围

本文件规定了船舶固态储氢系统（以下简称“储氢系统”）安全监测的基本要求、系统配置要求和监测流程，以及各类突发事件的应急处置原则、组织与职责、应急处置程序、应急物资保障、应急演练与培训、后期处置要求。

本文件适用于采用金属氢化物储氢方式的海船和内河船舶固态储氢系统，涵盖储氢系统运行、维护、检修等全生命周期的安全监测与应急管理，也可作为船舶固态储氢系统检验、监管及操作人员培训的参考依据。

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。

GB/T 24499-2009 氢气、氢能与氢能系统术语

GB/T 44399-2024 移动式金属氢化物可逆储放氢系统

GB/T 50493-2019 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固态储氢 solid-state hydrogen storage

以固态物质形式通过物理吸附或化学反应储存氢气。

3.2

金属氢化物 metal hydride

金属或合金与氢气结合形成的可吸收和释放氢的固体材料。

[来源：GB/T 44399-2024，3.1，有修改]

3.3

储氢容器 hydrogen storage vessel

设计用于容纳氢气、固态储氢材料及其它内部组件的任何形状（圆柱形、棱柱形、立方形等）的耐压包覆体。

3.4

固态储氢系统 solid-state hydrogen storage system

由固态储氢材料、储释氢容器、热管理装置、氢路阀门管路、控制装置、安全监测与保护装置、船用安装结构、辅助装置等组成，实现氢气储存与可控供给的集成系统。

3.5

安全监测 safety monitoring

对储氢系统运行过程中的氢气泄漏、压力、温度、储氢材料状态等关键安全参数进行实时采集、分析、预警的全过程管理活动。

3.6

一级报警 primary alarm

当监测参数超出正常运行范围但未构成紧急风险时发出的预警信号，提示操作人员进行核查与干预。

3.7

二级报警 secondary alarm

当监测参数达到临界风险值，可能引发安全事故时发出的紧急报警信号，需立即启动应急处置程序。

3.8

应急处置 emergency disposal

针对储氢系统发生的氢气泄漏、超压、过热、火灾等突发事件，为控制事态发展、降低事故损失而采取的一系列应急响应措施。

3.9

紧急切断装置 emergency shutdown device; ESD

在突发事件发生时，能快速切断储氢系统充放氢管路、停止系统运行的安全装置。

3.10

事故隔离区 accident isolation zone

为防止突发事件扩散，在储氢系统周边划定的限制人员进入、禁止火源的特定区域。

4 安全监测基本要求

4.1 基本原则

安全监测工作应遵循“预防为主、实时监测、精准预警、全程可控”的原则，确保监测数据真实可靠，监测覆盖无死角，能够及时捕捉储氢系统异常状态，为风险防控和应急处置提供有力支撑。

4.2 基础要求

4.2.1 储氢系统应设置独立的安全监测系统，该系统应具备数据采集、实时显示、报警提示、数据存储、历史追溯等功能，可与船舶中控系统实现数据联动且不受船舶其他系统故障影响。

4.2.2 监测系统的设计、安装、调试应符合 GB/T 50493-2019 及中国船级社相关规范要求，确保监测数据准确、传输稳定、响应及时。

4.2.3 监测系统应具备抗船舶振动、冲击、盐雾、潮湿等恶劣环境的能力，其防护等级不应低于IP65。

4.2.4 监测参数的报警阈值应根据储氢系统特性、材料性能及相关标准要求科学设定，且应定期验证调整。

4.2.5 监测数据应至少保存1年，具备按时间、参数类型等条件查询、导出与回放等功能，满足事故追溯与监管核查需求。

4.2.6 监测系统应与船舶现有控制系统、报警系统、消防系统无缝对接，实现数据共享与联动控制，关键参数异常时能立即触发提示，确保操作人员快速响应。

5 监测参数与传感器配置

5.1.1 氢气泄漏监测：应在储氢容器周边、管路接头、阀门等易泄漏部位及氢气易积聚区域（如设备、舱室顶部）设置氢气浓度检测传感器。传感器应选用防爆型，测量范围为0~4%（体积分数），最小量程1.0ppm，精度不低于±2%FS，传感器数量根据储氢系统在船舶空间的具体布置确定，原则上不少于2个。

5.1.2 压力监测：应在储氢容器、充放氢管路关键节点设置压力传感器，实时监测系统压力变化。传感器应选用防爆型，测量范围应覆盖系统最高温升压力（MDP），响应时间不超过1s。

5.1.3 温度监测：应在储氢容器内部、储氢材料填充区域及管路关键部位设置温度传感器，精度不低于±1℃，响应时间不超过1s。

5.1.4 环境氧气浓度监测：应在储氢系统周边空间设置氧气浓度传感器，精度不低于±0.1%，响应时间不超过1s。

5.1.5 储氢材料状态监测：应配置储氢容器的应力应变监测装置，通过储氢容器的应变参数变化实时掌握材料储氢容量衰减、反应活性等关键指标，当材料性能下降至设计值的90%时，应发出预警信号。

5.2 报警系统设置要求

5.2.1 报警信号应采用声光双重报警形式，声音报警声级应不低于85dB（距报警装置1m处），光报警应采用红色闪烁光源，确保在船舶嘈杂环境下操作人员能清晰识别。

5.2.2 氢气泄漏报警阈值设定：一级报警阈值不应高于氢气爆炸下限（LEL）的10%（体积分数），二级报警阈值不应高于氢气爆炸下限（LEL）的25%（体积分数）。当达到二级报警阈值时，应自动触发紧急切断装置动作。

5.2.3 压力报警阈值设定：一级报警阈值为额定充氢压力（RCP）的80%，二级报警阈值为最高温升压力（MDP）的90%。

5.2.4 温度报警阈值设定：应根据温度一级报警、二级报警设置要求设定合适的报警阈值，两个温度阈值差应控制在20℃~30℃之间。

5.3 系统冗余与备份要求

5.3.1 关键监测传感器（如氢气泄漏、压力、温度传感器）应采用冗余配置，主传感器故障时，备用传感器应能自动切换并正常工作。

5.3.2 监测系统应配备独立的备用电源，备用电源续航能力不应低于4h，确保船舶主电源故障时监测系统仍能正常运行。

6 安全监测流程

6.1 监测前准备

6.1.1 操作人员应每日检查监测系统电源、传感器连接、数据传输等状态，确保系统处于正常待机状态。

6.1.2 定期对传感器进行校准，校准周期不应超过 12 个月，校准应采用经计量认证的标准气体和设备，校准记录应存档备查。

6.2 实时监测与数据处理

6.2.1 监测系统应实时采集各监测参数数据，每秒钟更新一次数据显示，当参数出现波动时，应自动分析波动趋势，预判风险发展态势。

6.2.2 操作人员应每小时或定期对监测数据进行巡查记录，重点关注参数是否在正常范围内，发现异常情况应立即核查原因。

6.3 报警处置流程

6.3.1 当发生一级报警时，操作人员应立即赶赴现场核查报警原因，检查相关设备运行状态，采取针对性干预措施（如加强通风、调整系统运行参数），并记录处置过程。

6.3.2 当发生二级报警时，操作人员应立即启动应急处置程序，同时向船舶驾驶台、船长及相关主管部门报告，严禁擅自解除报警或重启系统。

6.4 监测系统维护

6.4.1 应定期对监测系统进行一次全面检查，清理传感器表面灰尘、油污，检查报警装置声光功能是否正常。

6.4.2 应定期对监测系统进行一次功能测试，模拟各类报警场景，验证系统响应、数据传输及联动控制功能的可靠性。

6.4.3 应充分利用智能化监测、船岸一体化通信、大数据预警、远程诊断、云平台应急联动等技术，开展新建及在役船舶固态储氢监测系统的智能化升级改造。

7 应急处置基本原则

7.1 生命至上原则：突发事件处置过程中，应优先保障操作人员生命安全，采取必要的个人防护措施。

7.2 预防为主原则：加强日常风险排查与监测预警，提前做好应急物资储备和应急演练，提升突发事件预防和先期处置能力。

7.3 快速响应原则：建立快速应急响应机制，突发事件发生后，应立即启动相应应急程序，快速切断风险源，控制事态发展。

7.4 科学处置原则：根据突发事件类型、规模及现场环境，结合储氢系统特性，采取科学合理的处置措施，避免盲目操作扩大事故损失。

7.5 协同配合原则：加强船舶内部各部门之间的协同配合，必要时寻求海事部门、消防救援机构等外部力量支持。

7.6 安全防护原则：应急处置人员的服装应防静电、防火花、阻燃、无金属撞击风险，全程避免静电积累与火花产生。

8 应急处置组织与职责

8.1 应急组织机构

船舶应成立储氢系统突发事件应急处置小组，由船长担任组长，成员包括轮机长、大管轮、安全员及相关操作人员。应急处置小组下设现场指挥组、技术保障组、安全防护组、通讯联络组，明确各小组职责分工。

8.2 主要职责

8.2.1 组长：负责应急处置工作的总体指挥，决定启动和终止应急响应，协调内部资源及外部救援力量。

8.2.2 现场指挥组：负责现场处置工作的组织实施，根据事态发展及时调整处置措施，向组长汇报现场情况。

8.2.3 技术保障组：负责提供技术支持，分析事故原因，制定科学处置方案，指导现场操作。

8.2.4 安全防护组：负责现场安全防护工作，划定事故隔离区，设置警示标志，保障应急处置人员个人防护装备配备到位。

8.2.5 通讯联络组：负责应急通讯工作，及时传递应急指令、现场情况，对接外部救援力量，保障通讯畅通。

8.2.6 制定安全演练与培训计划，定期组织船上人员参与应急演练任务。

9 各类突发事件应急处置程序

9.1 氢气泄漏应急处置

9.1.1 一级泄漏（一级报警）：

- e) 操作人员立即佩戴便携式氢气检测仪、防毒面具等防护装备赶赴现场，查找泄漏点；
- f) 开启现场通风设备，加强空气流通，降低氢气浓度；
- g) 若泄漏点为管路接头、阀门等部位，尝试关闭相关阀门进行隔离，若无法立即隔离，应降低系统运行负荷，持续监测氢气浓度变化；
- h) 泄漏控制后，对泄漏部位进行检修，经气密性试验合格后方可恢复系统正常运行。

9.1.2 二级泄漏（二级报警）：

- a) 监测系统自动触发紧急切断装置，切断充放氢管路，停止系统运行；
- b) 应急处置小组立即启动应急响应，现场指挥组组织人员疏散至安全区域，安全防护组划定事故隔离区，设置“禁止烟火”“禁止入内”等警示标志，严禁任何火源进入隔离区；
- c) 开启所有通风设备，采用防爆型风机强制通风，持续监测氢气浓度变化；
- d) 技术保障组分析泄漏原因，制定堵漏方案，由专业人员佩戴全套防护装备实施堵漏作业；
- e) 氢气浓度降至安全范围后，对泄漏部位进行全面检修，经严格检验合格后，方可重新启动系统。

9.2 系统超压应急处置

9.2.1 当监测系统发出压力一级报警时，操作人员立即检查系统压力来源，若为充氢过量，应停止充氢作业，开启泄压装置缓慢释放压力至正常范围。

9.2.2 当发生压力二级报警时，系统自动启动紧急泄压装置，操作人员应立即撤离至安全区域，密切监测压力变化及泄压装置运行状态。

9.2.3 压力降至安全范围后，技术保障组排查超压原因(如储氢材料反应异常、泄压装置故障等)，对相关设备进行检修更换，经压力试验合格后，方可恢复系统运行。

9.3 系统过热应急处置

9.3.1 温度一级报警时，操作人员立即检查冷却系统运行状态，开启备用冷却装置，降低系统温度；同时检查储氢材料反应状态，必要时降低系统运行负荷。

9.3.2 温度二级报警时，立即启动紧急切断装置，停止系统运行，持续开启冷却系统及通风设备。

9.3.3 密切监测温度变化，若温度持续升高，应启动应急喷淋装置(若配备)降温，防止储氢容器发生损坏。

9.3.4 温度降至正常范围后，排查过热原因(如冷却系统故障、储氢材料失效等)，检修相关设备并更换失效材料后，方可恢复运行。

9.4 火灾事故应急处置

9.4.1 火灾发生后，现场人员立即启动火灾报警装置，向应急处置小组汇报，同时使用船舶配备的干粉灭火器、二氧化碳灭火器等专用消防器材进行初期灭火。

9.4.2 应急处置小组立即启动消防应急响应，组织人员疏散，关闭储氢系统所有阀门，切断燃料供应。

9.4.3 开启应急通风设备，降低现场氢气浓度，防止火灾扩大；若火势较大，应立即向海事部门、消防救援机构报警求助，同时采取措施保障船舶稳定。

9.4.4 火灾扑灭后，对现场进行全面检查，消除残余火源，评估储氢系统损坏情况，由专业机构进行检测修复后，方可重新投入使用。

10 应急物资保障

10.1 船舶应根据储氢系统规模及风险特性，配备充足的应急物资，包括但不限于：

- a) 消防器材：干粉灭火器、二氧化碳灭火器、消防沙、消防水带等；
- b) 个人防护装备：防毒面具、正压式空气呼吸器、防化服、防护手套、防护眼镜等；
- c) 泄漏处置装备：防爆型堵漏工具、密封垫、防爆风机等；
- d) 监测设备：便携式氢气检测仪、温度计、压力表等；
- e) 通讯设备：应急对讲机、卫星电话等。

10.2 应急物资应存放于指定位置，标识清晰，便于快速取用。定期对急救物资进行检查、维护和更新，确保其处于良好状态，过期或损坏的物资应及时更换。

11 应急演练与培训

11.1 船舶应每半年组织一次储氢系统突发事件应急演练，演练内容应涵盖氢气泄漏、超压、过热、火灾等常见场景，提升应急处置小组的协同配合能力和应急响应速度。

11.2 演练结束后，应及时进行总结评估，分析演练过程中存在的问题，优化应急处置方案和流程。演练记录应存档备查。

11.3 船舶应定期组织操作人员开展储氢系统安全监测与应急处置培训，培训内容包括系统工作原理、监测操作规范、报警识别、应急处置流程、个人防护装备使用等。新上岗操作人员必须经培训考核合格后方可上岗。

12 后期处置

12.1 突发事件处置结束后，应急处置小组应组织对事故原因进行全面调查，分析事故发生的直接原因和间接原因，明确事故责任。

12.2 编制事故调查报告，总结事故处置经验教训，提出针对性的防范措施和改进建议，防止类似事故再次发生。

12.3 对事故造成的储氢系统损坏部位进行全面检修和检测，经专业机构检验合格后，方可重新投入运行。

12.4 及时向上级主管部门和相关单位上报事故调查处理情况及整改落实情况。

抄送：本协会会员工作部，本协会存档（2）。

中国质量检验协会

2026年6月1日印发
