

指南编号/Guideline No.B-XX(XXXXXX)



B-XX

船用固态储供氢及加注系统

生效日期/Issued date:XXXX 年 XX 月 XX 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 CCS 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：初次发布

本版本主要修改内容及生效时间：XXXX 年 XX 月 XX 日

目 录

1 适用范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语及定义	4
4 图纸资料	65
5 技术要求	97
6 原材料及零部件	1210
7 型式试验	1311
8 单件/单批检验	2314

船用固态储供氢及加注系统

1 适用范围

本指南适用于使用钛基、镁基、锆基、稀土系等类型储氢合金等金属氢化物储氢方式、最大温升压力不超过 25MPa、工作环境温度-40℃~65℃的船用固态储氢、供氢及加注系统。

2 规范性引用文件

2.1 中华人民共和国船舶技术法规《氢燃料电池动力船技术与检验暂行规则》

2.2 中国船级社《钢质海船入级规范》

2.3 中国船级社《钢质内河船舶建造规范》

2.4 中国船级社《材料与焊接规范》

2.5 中国船级社《船舶应用氢燃料指南》

2.6 中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》（现行有效）

2.7 ISO 14687:2019《燃料氢气品质—产品技术条件》

2.8 ISO 16111:2018《移动式气体存储设备-可逆金属氢化物中的氢吸收》

2.9 ISO/IEC 80079-49: 2024《阻火器-性能要求、测试方法和使用限制》

2.10 GB/T 29729-2022《氢系统安全的基本要求》

2.11 GB/T 3634.2-2025《氢气 第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢》

2.12 TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》

2.13 GB/T 44399《移动式金属氢化物可逆储放氢系统》

2.14 GB/T 20801.5-2025《压力管道规范 第5部分：氢用管道》

3 术语及定义

3.1 关于产品检验、认可、型式试验、样品、单件/单批检验等术语的定义，请参考 CCS《钢质海船入级规范》第1篇第3章 3.1.2 条；

3.2 批次：特指由同一生产者在相同的生产线按相同的生产工艺连续生产的相同规格的产品。

3.3 固态储氢：以固态物质形式与氢进行化学反应或物理吸附的储氢方式。

3.4 金属氢化物：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。

3.5 储氢床体：由金属氢化物、导热剂、抗膨胀剂、导气元件等材料和元件组成的，放置于储氢罐内，具有可逆吸放氢、改善传热传质、防止储氢材料膨胀过压和粉化迁移等功能的结构体。

3.6 储氢容器：设计用于容纳氢气、金属氢化物及其它储氢容器内部组件的任何形状（圆柱形、棱柱形、立方形等）的包覆体。注：可以是气瓶、压力容器或其他形式的耐压容器。

3.7 储氢单元：采用金属氢化物介质进行可逆储存/释放氢气的单个储氢装置，包括储氢容器、储氢床体、阀门、换热结构等。

3.8 船用固态储氢系统（简称“储氢系统”）：由单个或多个储氢单元组成的储氢系统，包括储氢单元、泄压装置（PRD）、截止阀、氢气管路及其他附件。

3.9 泄压装置：可释放压力防止破裂的安全装置。泄压装置可能是“压力触发”型，在一定压力下触发激活。可能同时为“压力触发”和“热触发”型。

3.10 泄压阀：可复位的泄压装置。

3.11 额定容量：在制造厂所提供的技术条件下，金属氢化物储氢装置所能提供的最大放氢量。

3.12 水容积：储氢系统未装填储氢床体时的内腔全容积。

3.13 最高温升压力（MDP）：最高温升压力（MDP）根据金属氢化物在最高工作温度下的温度-压力特性来确定。金属氢化物储氢装置吸氢至额定容量后，在最高使用温度下达到平衡时的最高气体压力（表压）。在任何情况下，最高温升压力下的应力水平都不应超过储氢容器屈服强度的 80%。最高温升压力不应超过 25MPa，若最高温升压力超过 25MPa，应进行评估并经 CCS 同意。

3.14 额定充氢压力（RCP）：在规定的条件下，金属氢化物储氢系统的最大充氢压力（表压）。

注：额定充氢压力一般与吸氢合金的平衡稳态压强不相等。额定充氢压力

(RCP) 由温度—压力特性来确定, 目的是为防止充气过程中所产生的压力使得储氢容器壁应力超过设计应力极限值。

3.15 最高温升压力(MDP)下的应力级别: 由额定容量的金属氢化物、MDP下的氢气及其它可施加的机械负载所导致的作用于储氢系统外壁上的所有应力总和。

3.16 质量储氢密度: 储氢系统的额定储氢容量与系统总质量的比值, 宜以wt%标明。

3.17 体积储氢密度: 储氢系统的额定储氢容量与系统体积的比值, 宜以 kg/m^3 或 g/L 标明。

3.18 加注系统: 即船舶加注站, 系指设有气体燃料加注系统, 包括加注接头、回气接头(如设有)、相关阀件、仪表和控制系统等的位置或处所。

3.19 室温: $15^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$

4 图纸资料

4.1 下列图纸资料应提交 CCS 审查:

4.1.1 储供氢系统

- (1) 系统流程图;
- (2) 产品技术条件及主要性能规格表;
- (3) 管系的详细图纸及理化性能一览表, 包括泄压管路和透气管路;
- (4) 支管、回管、弯头、伸缩接头和波纹管等类似装置的技术文件, 包括强度计算书;
- (5) 法兰、阀和其他装置的图纸和说明;
- (6) 管路系统的相关工艺文件, 包括但不限于焊接、无损检测等;
- (7) 管路压力试验(强度和气密性试验)技术文件;
- (8) 监测装置和报警系统图及布置图, 包括监测探头、传感器、报警装置和报警点布置图, 及报警、控制设定值;
- (9) 控制设备(含控制、报警及安全系统)的原理图、元器件清单、

软件功能框图、报警类型清单和安全动作类型清单；

- (10) 储供氢系统性能试验大纲，包括阀件、附件以及操作相关设备在内的功能验证；
- (11) 外部管路连接图；
- (12) 储氢系统放氢时流量—压力图。
- (13) 储供氢系统全寿命性能说明；
- (14) 储供氢及加注系统故障模式和影响分析（FMEA）报告；
- (15) 储供氢及加注系统管系应力分析报告；
- (16) 系统说明书或操作说明书；
- (17) 铭牌图（至少反映额定容量、额定放氢流量、额定充氢压力、额定充氢速率、储氢材料代号、换热类型代号等主要参数）；
- (18) 必要的辅助设备清单（如有时）；

4.1.2 储氢单元

- (1) 产品主要性能规格表；
- (2) 总装配图、主要部件图；
- (3) 强度计算书、泄压装置计算书；
- (4) 主要受压件材料理化性能一览表；
- (5) 储氢材料特性说明；
- (6) 储氢容器应力分析报告（适用时）。

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。

4.1.3 加注系统

- (1) 加注系统总图；
- (2) 主要部件图：管路及附件、阀件、加氢口等；

- (3) 主要受压件材料理化性能一览表：管路、阀件等；
- (4) 设计计算书：安全及超压泄放能力计算、管路结构强度计算；
- (5) 监测装置和报警系统图及布置图，包括监测探头、传感器、报警装置和报警点布置图，及报警、控制设定值；
- (6) 控制设备（含控制、报警及安全系统）的原理图、元器件清单、软件功能框图、报警类型清单和安全动作类型清单；
- (7) 风险分析报告；
- (8) 产品性能规格表；

4.2 储供氢及加注系统单件单批检验时，还应将下列图纸资料提交 CCS 审查：

- (1) 控制设备（含控制、报警及安全系统）的原理图、元器件清单、软件功能框图、报警点清单和安全动作清单；
- (2) 图纸与认可图纸一致性的说明；
- (3) 图纸与船舶批准图纸一致性的说明；
- (4) 船舶批准图纸及退审意见书。
- (5) 检验试验计划（ITP）。应经担当验船师、制造厂、船厂、船东（如适用）共同确认。

4.3 储氢单元申请认可时，还应提交以下资料：

- (1) 企业基本情况介绍、拟认可产品的技术特性（如有时）或基本情况描述；
- (2) 产品图纸（或图纸批准号，如需要时）及产品简明工艺流程；
- (3) 主要产品生产设备和检验及试验设备清单；
- (4) 能表明客户具有认可范围的产品生产能力和质量水平的其他有效文件、报告和证明；
- (5) 企业注册登记证明或营业执照、质量体系证书或证明文件、资质证明和/或生产许可证（如有时）；

- (6) 主要原材料及零部件供应商清单（如必要时）
- (7) 产品质量证明书样本（仅需签发等效证明文件的产品）
- (8) 产品关键制造工艺技术文件或文件清单
- (9) 认可试验大纲。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 工作条件

储供氢及加注系统在《钢质海船入级规范》第3篇第1章第2节规定的工作条件下应能正常工作。如仅用于内河船舶，则可仅满足在《钢质内河船舶建造规范》第2篇第1章第1节规定的工作条件下应能正常工作。

5.1.2 焊接工艺评定

采用焊接结构的储氢容器，该焊接工艺须按照 CCS《材料与焊接规范》的有关要求进行焊接工艺评定及批准。

5.2 系统设计

5.2.1 储供氢及加注系统设计的风险控制应符合 GB/T 29729 第 7.2 条的要求。

5.2.2 储供氢及加注系统宜采用便于装配、检测和维护的模块化结构，应保证热交换的均匀和充分，宜合理利用其他设备工作产生的热量。

5.2.3 储供氢及加注系统应设置安全附件，包括但不限于泄压装置、截止阀等，并符合 GB/T 29729 的要求。

5.2.4 储供氢及加注系统应合理设置温度监测装置和压力监测装置。

5.2.5 储供氢及加注系统应设置氢气排放管、吹扫口。若放空管路设置阻火器，则应提交防止阻火器堵塞对排放的影响分析报告并提交 CCS 审核，且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 ISO/IEC 80079-49 的要求。

5.2.6 采用主动冷却系统控制和/或影响系统温度的储供氢系统应确保在储氢容器和冷却系统之间没有液体泄漏。部分冷却介质可以和金属氢化物进行反应。

如果使用这类型的冷却介质，应进行适当的风险评估。

5.2.7 应采取有效手段防止颗粒物妨碍阀门或泄压装置的功能，并保证储供氢系统能够达到燃烧试验的要求。

5.2.8 储供氢及加注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。

5.2.9 储氢系统释放氢气的品质由储氢系统制造厂提出技术要求并满足要求，并与拟配套的用气设备要求相适应。

5.2.10 运输过程中的储氢系统处于未充装氢气（或放氢完毕）的状态，只可对固定安装于船舶的储氢系统进行充氢和放氢操作。

5.3 储氢单元

5.3.1 布置

5.3.1.1 储氢单元应布置成使其在碰撞或搁浅后的受损概率降至最低，并尽可能靠近船舶中纵线布置。

5.3.1.2 储氢单元与船舶系统连接时，其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，应能防止储氢单元的移动。

5.3.1.3 储氢单元应予以保护，以防止机械损伤。

5.3.1.4 储氢单元相关连接管系应具有足够的柔性补偿。

5.3.2 设计

5.3.2.1 一般要求

储氢单元的设计应符合《钢质海船入级规范》或《钢质内河船舶建造规范》及《材料与焊接规范》要求。

5.3.2.2 设计强度

储氢容器设计应考虑其在 1.5 倍最大温升压力下的应力水平。各组件对于最大温升压力下应力水平的可能影响，包括但不限于：

—— $1.5 \times$ 最大温升压力；

——热应力，包括热膨胀和收缩的不同比率；

- 金属氢化物储氢容器内任何可能方向的内部构件重量；
- 冲击和振动载荷；
- 吸氢合金膨胀导致的最大应力；
- 其它力学载荷。

5.3.2.3 其他要求

- (1) 储氢单元应能防止固态填充物在使用过程中局部堆积；
- (2) 单个储氢容器或容器瓶组的端口均应设置过滤精度与固态储氢物质粒度相匹配的过滤器，还应考虑固态储氢物质可能出现的粉化情况。
- (3) 通过热效应辅助实现吸氢、放氢的储氢容器，依据储氢容量大小和固态物质储氢热效应高低，宜设计为热交换器结构。

5.3.3 性能及安全性要求

5.3.3.1 储氢容器与燃料接触部分的材料应与氢相容，应考虑氢脆现象对使用寿命的影响。

5.3.3.2 应提供在储氢容器连接接头意外断开或破裂时可限制泄漏量的装置。

5.3.3.3 储氢容器和供氢管路的设计应确保泄漏后所采取的安全动作不会导致不可接受的损失。

5.3.3.4 储氢容器的设计和构造，应防止氢气或金属氢化物在系统正常工作时发生泄漏。

5.3.3.5 向储氢容器加注的氢气最低品质应由储氢容器制造厂按 ISO 14687 的要求进行明确。若氢气品质是储氢容器性能的关键要素，则制造厂可考虑将氢气品质要求写在产品铭牌上。

5.4 供氢系统

5.4.1 供氢系统的设计应满足 CCS《船舶应用氢燃料规范》要求。

5.4.2 供氢系统中与氢气接触的管道、阀门应具有良好的氢相容性，且在氢气条件下应能长期稳定运行。

5.4.3 供氢系统管路的设计应符合《钢质海船入级规范》的有关要求。

5.4.4 供氢系统应具备手动紧急切断供应的功能。

5.4.8 供氢系统内部氢气易积聚处应设置氢气检测报警装置。并在应设置成单个氢气探测器故障不会影响报警装置正常工作。

5.5 加注系统

5.5.1 加注系统的设计应满足 CCS《船舶应用氢燃料指南》要求。

5.5.2 加注系统中与氢气接触的管道、阀门应具有良好的氢相容性，且在氢气条件下应能长期稳定运行。

5.5.3 加注系统管路的设计应符合《钢质海船入级规范》的有关要求。

5.5.4 加注系统在通入氢气试验前，应充分吹扫，防止氢气污染。

5.5.5 应根据压力等级和使用需求设置温度调节装置，通过管路将换热循环介质通入船用固态储供氢系统内，用于吸收固态储氢材料吸氢所产生的反应热。换热循环介质泄漏不应对储供氢系统和加注系统造成影响。

5.5.6 船上加注系统应能与岸端加注系统实时通信。如通信终端，应能停止加氢或者在保证安全的条件下切换为非通信加氢。

5.5.7 加注系统应具备手动紧急切断加注的功能。

5.5.8 加注系统内部氢气易积聚处应设置氢气检测报警装置。并在应设置成单个氢气探测器故障不会影响报警装置正常工作。

5.6 流程控制及安保系统

储供氢及加注系统控制设备的控制、报警及安全系统应符合《钢质海船入级规范》第 7 篇第 2 章的相关要求。

5.6.1 结构

5.6.1.1 应设置合适的仪表设备，能够就地和远程对储供氢及加注系统重要参数进行显示，以确保对全部燃料设备和加注的安全管理。

5.6.1.2 应设有就地读数的压力指示器，以指示船舶管系截止阀和软管通岸接头之间的压力。

5.6.1.3 每个氢气总管上，应至少各安装 1 个就地显示的压力表。

5.6.1.4 每一储氢容器应在就地设置压力表，压力表上应清晰标明储氢容器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。

5.6.1.5 储氢容器应设有压力传感器，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。

5.6.2 功能及安全性要求

5.6.2.1 应能针对固态储供氢及加注系统相关设备的异常压力/温度进行监控，并在超出限定值时发出听觉和视觉报警；

5.6.2.2 应能针对储供氢及加注系统的气体泄漏情况进行监控，并在超出限定值时发出听觉和视觉报警；

5.6.2.3 对于储供氢及加注系统中涉及的电气设备，若根据危险区域划分要求需采用合格防爆型设备，则其防爆类别应不低于 IIC，温度组别应不低于 T1。

6 原材料及零部件

产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行了控制。优先采用具有低压常温特性加氢、储氢、放氢的固态储氢材料，以实现系统储放氢过程能耗的最小化。

产品主要原材料及零部件包括储氢单元、安全泄放装置、截止阀、换热结构等。

持证要求：储氢单元应取得 CCS 工厂认可证书和船用产品证书，安全泄放装置、截止阀、换热结构应取得 CCS 型式认可证书和船用产品证书，氢气管应取得 CCS 工厂认可证书和船用产品证书。

7 型式试验

7.1 典型样品的选取

7.1.1 储氢容器应按照每种不同的类型进行型式试验。存在下列情况之一不同的，将被认为是不同的类型：

- (1) 设计压力；
- (2) 壁厚；

- (3) 材料牌号；
- (4) 储氢合金类型；
- (5) 储氢容器焊接工艺。

7.1.2 用作型式试验样品的储氢容器，从原材料验收、制造主要过程、检验及试验、有关标识转移等必须在验船师现场监督下进行，结果需满足 CCS《钢质海船入级规范》及批准图纸的要求。

7.2 型式试验项目及要求

7.2.1 储氢单元型式试验项目要求及方法

采用无缝式储氢容器（≤150L）型式试验项目 表 7.2.1.1

序号	试验项目	技术要求及试验方法
1.	燃烧试验	ISO 16111:6.2.2
2.	跌落或冲击试验	ISO 16111:6.2.4
3.	泄漏测试	ISO 16111:6.2.5
4.	氢气循环和应变测量试验	ISO 16111:6.2.6
5.	截止阀冲击试验	ISO 16111:6.2.7
6.	温度循环试验	ISO 16111:6.2.8
7.	最高温升压力测试	ISO 16111:6.3.3
8.	爆破试验	ISO 16111:6.3.2

采用焊接式储氢容器型式试验项目 表 7.2.1.2

序号	试验项目	试验要求
1.	储氢容器水压试验	7.2.2.1
2.	外观和结构检查	7.2.2.2
3.	燃烧试验	7.2.2.3
4.	泄漏试验（气密性试验）	7.2.2.4
5.	温度循环试验	7.2.2.5
6.	放氢性能试验	7.2.2.6
7.	充氢性能试验	7.2.2.7
8.	最高温升压力测试	7.2.2.8
9.	循环充/放氢寿命	7.2.2.9

注：1、燃烧试验、温度循环试验、循环充/放氢寿命，可考虑采用等比例缩放的储氢单元替代试验，制造厂制定等比例缩放原则应经 CCS 同意。

7.2.1.1 储氢容器水压试验

储氢容器应按 CCS 规范要求进行水压试验，试验压力为 1.5 倍的最高温升压力，在试验压力下保压至少 30s，压力不应下降，不应泄漏或明显变形。弹性膨胀量应小于极限膨胀量，且泄压后容积残余变形率不大于 5%。

7.2.1.2 外观及结构检查

外观与结构检查时，应检查单元外观、标识、接口和结构，并应符合以下要求：

- (1) 外表面应清洁，无机械损伤，接口触点无锈蚀；接触氢气的表面应去除毛刺、焊渣、铁锈和污垢等；
- (2) 产品铭牌应清晰可辨；
- (3) 充/放氢接口、换热介质接口等应有明确的标识。

7.2.1.3 燃烧试验

1) 试验要求

- a) 使用 3 个储氢单元分别按水平、竖直和另一任意方向进行燃烧试验。
- b) 燃烧试验应在通风良好的室内或宽敞户外进行，并进行必要防护以确保试验人员的安全。
- c) 火源采用能提供均匀热量且在规定的实验条件下可维持燃烧至少 20min 的燃料，并应符合环保要求。
- d) 储氢单元应另安装远程超压泄放装置，以确保当储氢单元的超压泄放装置出现故障时仍可及时泄压。
- e) 储氢单元进行燃烧试验时，超压泄放装置应能正常动作，储氢单元无破裂现象，且无弹射物出现。

2) 试验步骤

- a) 试验前，将储氢单元按制造单位规定方式充装氢气至额定充氢压力。

b) 将热电偶布置在距离储氢单元表面 0.05 m 以内但不与装置表面直接接触的位置。

c) 在测试方向上,将储氢单元置于距离燃料至少 0.1 m 或更高的位置,以确保装置能被火焰完全包裹;并对其截止阀、超压泄放装置等附件进行保护,以免其直接受火焰的冲击。

d) 应在详细记录火源、低压储氢单元及测量仪器布置情况后,开始进行燃烧试验。

e) 试验过程中,热电偶温度应维持在 $500^{\circ}\text{C}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 。

f) 远程监测和记录储氢单元的温度和压力信号,数据记录时间间隔不大于 15s。除温度和压力读数,每次试验还应记录如下信息:

——金属氢化物储氢单元的制造商和型号;

——超压泄放装置的类型和动作压力(温度);

——储氢单元的放置方向;

——超压泄放装置的位置和方向;

——储氢单元的额定充氢压力和已完成的充放氢循环次数;

——超压泄放装置的动作时间和试验总耗时;

——环境温度;

——风力/风向;

——试验人员;

——试验日期。

7.2.1.4 泄漏试验(气密性试验)

1) 试验要求

(1) 采用氮/氩混合气或氢气进行气密性试验,氮/氩混合气中氮的体积含量应不低于 10%,具体含量通过试验确定,确保满足试验精度。

(2) 氮/氩混合气泄漏率应转换为等同的氢气泄漏率。在标准状态(0°C 、

101.325kPa) 下, 储氢单元总的氢泄漏率应小于 $6\text{Ncm}^3/\text{h}$ 。

2) 试验步骤

(1) 向储氢单元内充入氮/氢混合气, 达到最高温升压力;

(2) 将储氢单元置入密闭空间中, 并将密闭空间与气体检测仪器 (如氦气质谱仪、四极质谱仪、气相色谱仪等) 相连后, 再对真空箱抽真空, 使其真空度低于 2Pa 。

(3) 在室温下, 储氢单元静置 30min 以上, 读取气体检测仪器的真空度及泄漏率数据。

注: 在将储氢单元放入密闭空间中进行气密性试验前, 应先采用专用检漏液检漏法在所有可能的泄漏位置检查是否存在明显泄漏点。

7.2.1.5 温度循环试验

1) 试验要求

- a) 储氢单元温度循环试验的温度范围应不小于其工作环境温度范围。
- b) 对于已规定运输和使用朝向的储氢单元, 应使用不少于 3 个储氢单元在规定的朝向上进行试验。
- c) 将储氢单元按规定的方式充氢至其额定充装量后, 放入试验箱内。
- d) 试验箱内应设有温控装置, 并确保试验箱内温度均匀。试验箱应能在 120min 内由储氢单元的最低工作环境温度升高至最高工作环境温度, 反之亦然。
- e) 储氢单元在温度循环试验后应按 7.2.4 进行气密性试验, 并符合 7.2.4 的要求。

2) 试验步骤

将充氢至额定充装量的储氢单元放入试验箱内, 按以下步骤进行温度循环试验 (见图 2):

- a) 将试验箱内温度在 $(60 \pm 5)\text{min}$ 内由室温升温至最高环境温度;
- b) 将储氢单元的温度维持在其最高环境温度至少 60min , 温度偏差

应在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 内；

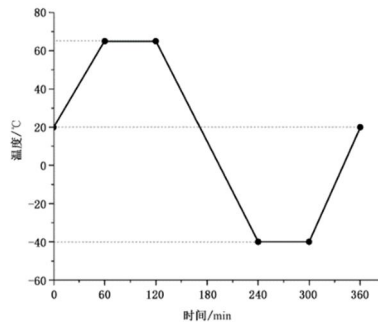
c) 将试验箱内温度在 (120 ± 5) min 内由储氢单元的最高环境温度降至其最低环境温度；

d) 将储氢单元的温度维持在其最低环境温度至少 60min，温度偏差应在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 内；

e) 在 (60 ± 5) min 内将试验箱内温度升至室温；

f) 重复步骤 a) 到 e) 50 次。

g) 在温度循环试验后应按 7.2.4 进行气密性试验



注：以最高环境温度为 65°C ，最低环境温度为 -40°C 为例。

图 1 温度循环试验的温度变化情况

7.2.1.6 放氢性能试验

1) 试验要求

应使用不少于 3 个同规格的储氢单元进行试验，相同工况条件下应进行不低于 2 次重复试验，取其放氢量的平均值。

- 储氢单元放氢量测定值与标称额定充装量的负差值应不大于 5%。
- 放氢的氢气纯度测量值应符合制造厂的规定。
- 计算储氢单元的质量储氢密度和体积储氢密度应符合制造厂的规定。

2) 试验步骤

- 将待测的、已充氢的储氢单元固定于测试台，连接气路，

进行气密性检查，确保检测气路无氢气泄漏，安装检测热电偶；

- b) 根据受试设备的额定放氢速率设定仪器流量控制值；
- c) 开启检测仪器，打开储氢单元截止阀，同时进行放氢压力、放氢温度（容器表面温度）、放氢流量、放氢总量和放氢时间的测量和记录；
- d) 按 GB/T 3634.2 的试验方法测定放氢的氢气纯度；
- e) 称量受试储氢单元的重量，根据其储氢容量和重量的试验值，计算储氢单元的质量储氢密度和体积储氢密度。

7.2.1.7 充氢性能试验

1) 试验要求

应使用不少于 3 个同规格的储氢单元进行试验，在同样工况条件下应进行不低于 2 次重复试验，取平均值。

储氢单元氢气充装量测定值与标称额定充装量的负差值应不大于 5%。

储氢单元的充氢速率符合制造厂的规定。

2) 试验步骤

- a) 将待测储氢单元固定于测试台，连接气路，抽真空确保储氢容器内无其他杂质气体残留并进行气密性检查，确保检测气路无氢气泄漏，安装检测热电偶；
- b) 充氢的氢气纯度应符合制造厂的规定。
- c) 根据受试设备的额定充氢压力设定充氢压力控制值，其额定充氢压力应符合制造厂的规定。
- d) 开启检测仪器，打开储氢容器截止阀，进行充氢，同时进行充氢压力、充氢温度、充氢流量、氢气充装量和充氢时间的测量和记录；
- e) 将储氢单元充氢至额定容量，根据充氢时间和充氢容量的试验值，计算储氢单元的充氢速率。

7.2.1.8 最高温升压力测试

最高温升压力应由制造商根据金属氢化物的温度—压力特性确定。

在正常使用条件或正常工作条件下，测试储氢单元在额定容量下达到平衡时的最高气体压力（表压），取较大者，以验证最高温升压力。在任何情况下，测试的最高温升压力不得超过储氢容器水压试验压力的 0.80 倍。

7.2.1.9 循环充/放氢寿命

1) 试验要求

储氢单元的充/放氢循环寿命应不低于 2000 次，即经过 2000 次充/放氢循环后系统的储氢容量应不低于额定储氢容量的 85%。

2) 试验方法

a) 储氢单元在温度不高于 45℃ 的条件下，以不低于额定放氢速率放氢至额定储氢容量的 80%，搁置 1h；

b) 储氢单元在温度不高于 45℃ 和额定充氢压力的条件下，以不低于额定充氢速率充氢至额定储氢容量的 80%，即完成一次充/放氢循环；

c) 储氢单元按 a)~b) 步骤连续重复 24 次；

d) 每循环 25 次为一个周期,第 24 次循环结束后,第 25 次循环以额定充氢速率充氢至实际容量的 105%（即过充额定储氢容量的 5%），若某个周期第 25 次循环的放氢容量小于额定储氢容量的 85%，则停止循环寿命试验。

注：也可采用 GB/T 33291 中规定的方法对金属氢化物进行测试，结果应满足本条试验要求的规定。

7.2.2 储氢系统型式试验项目要求及方法

储氢系统型式试验项目

表 7.2.2

序号	试验项目	技术要求及试验方法
1.	外观和结构检查	7.2.2.1
2.	气密性试验	7.2.2.2

3.	过压安全性能测试	7.2.2.3
4.	放氢性能试验	7.2.2.4
5.	充氢性能试验	7.2.2.5

7.2.2.1 外观及结构检查

系统外观与结构检查时，应检查系统外观、标识、接口和结构，并应符合以下要求：

- (1) 外表面应清洁，无机械损伤，接口触点无锈蚀；接触氢气的表面应去除毛刺、焊渣、铁锈和污垢等；
- (2) 产品铭牌应清晰可辨；
- (3) 充/放氢接口、换热介质接口等应有明确的标识

7.2.2.2 气密性试验

系统的气密性试验应按照 TSG 21 中压力容器的气密性试验要求进行。

7.2.2.3 过压安全性能测试

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。泄压阀的启动压力应低于储氢容器、阀门、接头和氢气管线最大许用压力的 0.8 倍，并不大于系统额定充氢压力的 1.5 倍。

7.2.2.4 放氢性能试验

1) 试验要求

应使用不少于 3 个同规格的储氢系统进行试验，相同工况条件下应进行不低于 2 次重复试验，取其放氢量的平均值。

- a) 储氢系统放氢量测定值与标称额定充装量的负差值应不大于 5%。
- b) 放氢的氢气纯度测量值应符合制造厂的规定。
- c) 计算储氢系统的质量储氢密度和体积储氢密度应符合制造厂的规定。

2) 试验步骤

a)将待测的、已充氢的储氢系统固定于测试台，连接气路，进行气密性检查，确保检测气路无氢气泄漏，安装检测热电偶；

b)根据受试设备的额定放氢速率设定仪器流量控制值；

c)开启检测仪器，打开储氢单元截止阀，同时进行放氢压力、放氢温度（容器表面温度）、放氢流量、放氢总量和放氢时间的测量和记录；

d)按 GB/T 3634.2 的试验方法测定放氢的氢气纯度；

称量受试储氢系统的重量，根据其储氢容量和重量的试验值，计算储氢系统的质量储氢密度和体积储氢密度。

7.2.2.5 充氢性能试验

1) 试验要求

应使用不少于 3 个同规格的储氢系统进行试验，在同样工况条件下应进行不低于 2 次重复试验，取平均值。

储氢系统氢气充装量测定值与标称额定充装量的负差值应不大于 5%。

储氢系统的充氢速率符合制造厂的规定。

2) 试验步骤

a)将待测储氢系统固定于测试台，连接气路，抽真空确保储氢容器内无其他杂质气体残留并进行气密性检查，确保检测气路无氢气泄漏，安装检测热电偶；

b)充氢的氢气纯度应符合制造厂的规定。

c)根据受试设备的额定充氢压力设定充氢压力控制值，其额定充氢压力应符合制造厂的规定。

d)开启检测仪器，打开储氢容器截止阀，进行充氢，同时进行充氢压力、充氢温度、充氢流量、氢气充装量和充氢时间的测量和记录；

e)将储氢系统充氢至额定容量，根据充氢时间和充氢容量的试验值，计算储氢系统的充氢速率。

7.3 储供氢及加注系统的控制、报警及安全系统中的电气电子设备还应按照本社《电气电子产品型式认可试验指南》的有关要求进行试验。

8 单件/单批检验

8.1 储氢容器

每批次的数量应由制造厂根据金属氢化物储氢装置的容量和构成材料进行确定。两种类型的批次数量应予以考虑：

(1) 金属氢化物的批次数量由吸氢金属的批量决定，或经 CCS 同意。

(2) 储氢容器的批次数量由储氢容器相关标准中定义的批次数量决定，或经 CCS 同意。

8.1.1 泄漏测试

作为例行试验的一部分，每一套完工的储氢容器应在 15~30℃、额定充气压力（RCP）下进行泄漏试验，并应符合合格判定。

8.1.2 爆破试验（适用于无缝式储氢容器）

在每批储氢容器中，应至少选取一只储氢容器壳体进行压力爆破试验。对于内容积大于 120ml 的储氢容器，爆破试验的方法和合格判定应符合壳体设计时选取的标准。

8.1.3 最高温升压力测试

在每批储氢容器中，应至少选取一套进行最高温升压力测试。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 25MPa，取小者。

8.2 储氢单元

- (1) 外观和结构检查
- (2) 储氢容器水压试验
- (3) 泄漏试验（气密性试验）
- (4) 温度循环试验
- (5) 放氢性能试验

8.3 储氢系统

储氢系统的出厂试验应包括：

- (1) 外观和结构检查
- (2) 气密性试验
- (3) 过压安全性能测试
- (4) 放氢性能试验
- (5) 充氢性能试验。

8.4 供氢及加注系统

供氢及加注系统应进行外观和结构检查、耐压试验、气密性试验、功能试验。还满足 GB/T 20801.5 的相关要求。

8.4.1 外观和结构检查

采用目测和检查设计图纸、说明书等常规方法检查。

8.4.2 耐压试验

供氢系统的出口与气源相连接,用堵头替换安全阀逐步升高压力达到1.5倍设计压力,保持30min。

加注系统的入口与气源相连接,用堵头替换安全阀逐步升高压力达到1.5倍设计压力,保持30min。

8.4.3 气密性测试

供氢及加注系统的气密性试验宜使用氢气作为试验介质,如果采用替代试验介质,应采用氮气。

将供氢系统的出口与气源连接,用堵头替换安全阀每次将压力升高1MPa,然后再该压力下保持15min,使用专用检漏液检查全部管路系统,确定无可见气泡产生后,逐级升高压力直至达到最大工作压力,保压12h。

将加注系统的入口与气源连接,用堵头替换安全阀每次将压力升高1MPa,然后再该压力下保持15min,使用专用检漏液检查全部管路系统,确定无可见气泡产生后,逐级升高压力直至达到最大工作压力,保压12h。

8.4.4 功能试验

验证供氢系统具备5.4条规定的功能。验证加注系统具备5.5条规定的功能。