



中国特种设备安全与节能促进会标准

CPASE X XXX—202X

分布式发电用固态储氢装置

Metal hydride hydrogen storage system for distributed generation

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国特种设备安全与节能促进会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围.....1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义、符号 2

4 组成、型式和型号4

5 技术要求.....5

6 试验方法和合格指标 11

7 检验规则..... 21

8 出厂要求..... 22

9 定期检验的一般要求 23

10 充氢要求 23

附录 A（资料性） 分布式发电用固态储氢装置批量检验质量证明书..... 25

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。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

征求意见稿

引 言

氢能在国家能源体系和实现绿色发展中占据重要战略地位。当前的储氢运氢方式主要有高压气态、低温液态和固态储氢。固态储氢（这里主要指 AB₂/AB₅ 型储氢合金）的储氢原理是将氢原子嵌入金属储氢材料晶格中形成金属氢化物，实现氢气的储存，储存压力不超过 5Mpa，工作温度-40℃~85℃，吸热才能放氢，具有体积储氢密度高、安全性好、可长期存储等突出优势，可以批量应用于固定式发电、备用电源和光伏绿氢的现场制氢储氢、车载及工程机械等，有广泛的应用场景，是当前实现氢能大范围推广应用最具潜力的储氢方式。

尤其适用于分布式发电应用场景，在人员密集区域和数据中心等领域，对安全性、体积储氢密度要求很高，固态储氢有不可替代的优势。为了规范固态储氢装置在分布式发电场景下的设计制造和实际应用，特制定本文件。本文件针对分布式发电应用场景的使用方式和环境特点，对固态储氢装置的材料、设计、制造、试验、检验、出厂、充氢等进行统一的要求，保证了固态储氢装置使用的安全性和规范化。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会负责解释。对于未经中国特种设备安全与节能促进会书面授权或认可的其他机构对本文件的宣贯或解释所导致的理解偏差及由此引发的任何后果，或因本文件使用不当而产生的纠纷与损失，中国特种设备安全与节能促进会不承担任何责任。

分布式发电用固态储氢装置

1 范围

本文件规定了分布式发电用固态储氢装置（以下简称“固态储氢装置”）的术语和定义、符号、组成、型式和型号、技术要求、试验方法和合格指标、检验规则、出厂要求。

本文件适用于公称工作压力小于 10MPa、列管壳体内直径小于 $\Phi 150\text{ mm}$ 、使用环境温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 、工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 的可重复充氢的分布式发电用可移动式固态储氢装置。

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 150.3 压力容器 第 3 部分：设计
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法
- GB/T 713.7 承压设备用钢板和钢带 第 7 部分：不锈钢和耐热钢
- GB/T 2408 国标燃烧性能的测定 水平法和垂直法
- GB/T 4334-2008 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 4437.1 铝及铝合金热挤压管 第 1 部分：无缝圆管
- GB/T 5099.4 钢制无缝气瓶 第 4 部分：不锈钢无缝气瓶
- GB/T 11640 铝合金无缝气瓶
- GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- GB/T 13320-2007 钢质模锻件 金相组织评级及评定方法
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 13310 电动振动台
- GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法
- GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语
- GB/T 26779 燃料电池电动汽车—加氢口
- GB/T 26990 燃料电池电动汽车 车载氢系统 技术条件
- GB/T 33209 焊接气瓶焊接工艺评定
- GB/T 33215 气瓶安全泄压装置
- GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
- GB/T 42612 车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶
- GB/T 44399 移动式金属氢化物可逆储放氢系统

GB50156 汽车加油加气加氢站技术标准

NB/T 47010 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

3 术语和定义、符号

3.1 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。

3.1.1

金属氢化物 metal hydride

金属与氢气结合形成的可吸收和释放氢的固体材料。

3.1.2

储氢床体 hydrogen storage bed

由金属氢化物、导热剂、抗膨胀剂、导气元件等组成的，放置于列管壳体内，具有可逆充放氢、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。

3.1.3

固态储氢单元 metal hydride hydrogen storage unit

内部装填金属氢化物的单个储氢列管容器。

注：储氢列管容器包括储氢床体、列管壳体等。

3.1.4

分布式发电用固态储氢装置 metal hydride hydrogen storage system

由单个或多个固态储氢单元组成，并具有安全泄压装置、截止阀、换热结构的可逆储放氢集合体，通过水箱中水温升高完成供氢发电。

3.1.5

公称工作压力 nominal working pressure

在正常工作状态下，固态储氢单元及管路内气相空间可能达到的最高压力。

3.1.6

最高温升压力 maximum developed pressure

具有额定储氢容量的固态储氢装置在最高环境温度下的平衡气体压力。

3.1.7

额定储氢容量 rated hydrogen storage capacity

固态储氢装置充至额定充氢压力后，在额定放氢温度和额定换热介质流量下，压力降至规定的截止压力时，固态储氢装置所能提供的氢气的量。

3.1.8

额定充氢温度 rated charging temperature; RCT

固态储氢装置充氢时换热结构入口处换热介质的温度。

3.1.9

额定放氢温度 rated discharging temperature; RDT

固态储氢装置放氢时换热结构入口处换热介质的温度。

3.1.10

额定充氢压力 rated charging pressure; RCP

在额定充氢温度下，固态储氢装置的最高充氢压力。

3.1.11

额定放氢流量 rated discharging flow

在额定放氢温度和额定换热介质流量下，固态储氢装置达到额定储氢容量的稳定放氢流量。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

a	——封头曲面与样板间隙，单位为毫米（mm）；
b	——对口错边量，单位为毫米（mm）；
c	——封头表面凹凸量，单位为毫米（mm）；
D_f	——弯曲试验的弯心直径，单位为毫米（mm）；
D_o	——筒体外直径，单位为毫米（mm）；
D_i	——筒体内直径，单位为毫米（mm）；
E	——对接焊缝棱角高度，单位为毫米（mm）；
e	——筒体同一横截面最大最小直径差，单位为毫米（mm）；
F	——设计应力系数，取 $F=0.77$ ；
H_i	——封头内凸面高度，单位为毫米（mm）；
h	——封头直边高度，单位为毫米（mm）；
K	——封头形状系数；
L	——列管壳体长度，单位为毫米（mm）；
p	——公称工作压力，单位为兆帕（MPa）；
P_b	——实测爆破压力，单位为兆帕（MPa）；
P_y	——爆破试验时测定的屈服压力，单位为兆帕（MPa）；
R_e	——筒体材料的最小屈服强度保证值，单位为兆帕（MPa）；
R_g	——筒体材料的最小抗拉强度保证值，单位为兆帕（MPa）；
R_i	——封头球面部分内半径，单位为毫米（mm）；
R_{ma}	——筒体材料的实测抗拉强度，单位为兆帕（MPa）；
$R_{p0.2}$	——规定塑性延伸率为 0.2% 时的应力，单位为兆帕（MPa）；
r	——封头过渡区转角半径，单位为毫米（mm）；
S_{ao}	——筒体实测平均厚度，单位为毫米（mm）；
S_k	——拉伸试样焊缝宽度，单位为毫米（mm）；
S_n	——筒体主体名义壁厚，单位为毫米（mm）；
S_1	——筒体计算厚度，单位为毫米（mm）；
S_2	——封头设计壁厚，单位为毫米（mm）；
S_{1min}	——筒体最小计算厚度，单位为毫米（mm）；
S_{2min}	——封头最小设计壁厚，单位为毫米（mm）；
ϕ	——焊接接头系数；
$\pi \Delta D_i$	——内圆周长公差，单位为毫米（mm）；

ΔH_i ——封头内高度 (H_i+h) 公差, 单位为毫米 (mm);

4 组成、型式和型号

4.1 组成

4.1.1 固态储氢装置

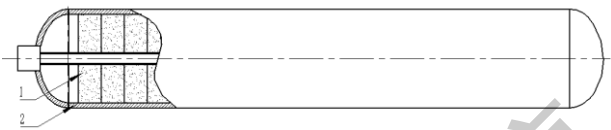
固态储氢装置包括: 固态储氢单元、氢气管路、安全泄压装置、截止阀、换热结构。

4.1.2 固态储氢单元

固态储氢单元包括: 储氢床体、列管壳体。

4.2 型式

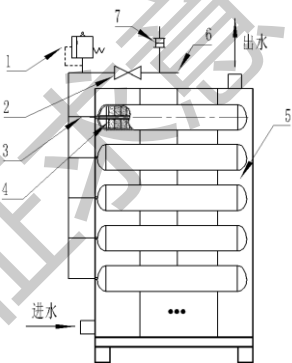
固态储氢单元型式如图 1 所示, 固态储氢装置型式如图 2 所示。



标引序号说明:

- 1——储氢床体;
- 2——列管壳体。

图 1 固态储氢单元示意图



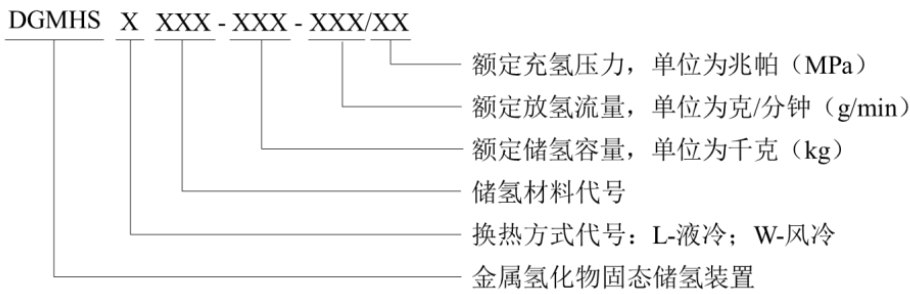
标引序号说明:

- 1——安全泄压装置;
- 2——截止阀;
- 3——过滤装置;
- 4——固态储氢单元;
- 5——换热结构;
- 6——氢气出入口;
- 7——阻火器。

图 2 固态储氢装置示意图

4.3 型号

固态储氢装置型号由以下部分组成:



注：额定放氢流量和额定储氢容量均以温度 0℃、绝对压力 101.325kPa 下的值计。

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 额定充氢压力

固态储氢装置的额定充氢压力应不大于公称工作压力，并应在产品标识中标明。

5.1.2 工作温度范围

固态储氢装置额定充/放氢温度应不大于 85℃。

5.1.3 环境温度范围

固态储氢装置在工作时的环境温度范围为-40℃ ~ 65℃。

5.1.4 氢气品质

固态储氢装置充氢和释放的氢气品质应符合 GB/T 37244 的要求。

5.1.5 使用寿命

固态储氢装置的设计使用寿命应不低于 5000 次的充放氢次数且不大于 20 年，且装置的储氢容量不低于其额定储氢容量的 80%。

5.2 材料

5.2.1 一般要求

5.2.1.1 固态储氢装置各组件的材料应满足装置预期寿命的要求。在正常服役条件下，所选材料和组件应不与氢气和金属氢化物发生物理和化学反应，并应满足本文件规定的工作温度和环境温度的要求。

5.2.1.2 固态储氢装置制造单位应对取得的材料及材料质量证明书的真实性、可追溯性和一致性负责。

5.2.2 储氢床体

5.2.2.1 储氢床体中使用的储氢材料应有材料制造单位的产品质量证明书，证明书内容应当齐全、清晰，应提供储氢材料的使用寿命和吸氢后的膨胀率，加盖材料制造单位质量检验章。

5.2.2.1 储氢床体制造单位应对储氢材料储放性能进行复检，复验结果应符合储氢床体设计要求。

5.2.3 列管壳体

5.2.3.1 应采用 S30408（304）、S31603（316L）不锈钢材料或 6061 铝合金材料，列管壳体材料应满足氢兼容性要求。采用不锈钢材料时，钢板应符合 GB/T 713.7 的规定，钢管应符合 GB/T 13296 或 GB/T 14976 的规定，钢锻件应符合 NB/T 47010 的规定。采用铝合金材料时，铝管应符合 GB/T 4437.1 的规定。

5.2.3.2 材料应有材料制造单位的产品质量证明书，证明书内容应当齐全、清晰并且印制可以追溯的信息化标识，加盖材料制造单位质量检验章。

5.2.3.3 制造单位应按炉罐号对材料化学成分、力学性能进行复验，复验结果应符合相应材料标准的规定或设计文件的要求。

5.2.4 管路及连接件

5.2.4.1 管路及连接件应采用 S30408 (304)、S31603 (316L) 不锈钢材料。

5.2.4.2 材料应有材料制造单位的产品质量证明书，证明书内容应当齐全、清晰并且印制可以追溯的信息化标识，加盖材料制造单位质量检验章。

5.2.4.3 管路及连接件的连接方式宜采用焊接型式连接，可采用卡套、螺纹等型式连接；多固态储氢单元之间管路及连接件的连接方式宜采用焊接型式连接，可采用卡套、螺纹等型式连接。

5.2.5 换热结构

宜采用不锈钢材料，当采用碳素钢材料时，应进行耐腐蚀处理。

5.3 固态储氢单元设计、制造

5.3.1 设计

5.3.1.1 设计强度

5.3.1.1.1 列管壳体设计时应考虑设计强度的影响。

5.3.1.1.2 设计时，应考虑 1.25 倍最高温升压力产生的应力、储氢床体自重产生的载荷、冲击和振动载荷、金属氢化物膨胀产生的应力载荷、金属氢化物膨胀产生的热应力载荷、其它机械载荷等作为设计强度，根据设计强度设定公称工作压力 P 。设计强度应通过 6.2.6 氢气循环试验验证，氢气循环试验中测得的最大应变应满足设计要求。

5.3.1.2 列管壳体

5.3.1.2.1 一般要求

5.3.1.2.1.1 采用不锈钢材料时，可使用焊接或无缝结构；采用铝合金材料时，应使用无缝结构。

5.3.1.2.1.2 不锈钢无缝列管壳体设计、制造、试验应符合 GB/T 5099.4 的规定，铝合金无缝列管壳体设计、制造、试验应符合 GB/T 11640 的规定。

5.3.1.2.2 筒体

5.3.1.2.2.1 列管壳体的组成最多不超过三部分，即纵向焊接接头不应多于一条，环向焊接接头不应多于两条。列管壳体液压试验压力小于或等于 6MPa 时，可有纵向焊缝。

5.3.1.2.2.2 列管壳体的最小屈服强度保证值 R_e ，不锈钢无缝结构其值不应大于最小抗拉强度保证值 R_g 的 75%，不锈钢焊接结构和铝合金材料其值不应大于最小抗拉强度保证值 R_g 的 85%。

5.3.1.2.2.3 筒体设计壁厚 S_1 按公式 (1) 计算并向上圆整，保留一位小数。采用焊接列管壳体时， ϕ 取 0.9；采用无缝列管壳体时， ϕ 取 1。

$$S_1 = \frac{D_0}{2} \left[1 - \sqrt{\frac{F \times \phi \times R_{p0.2} - \sqrt{3} \times 1.5 \times P}{F \times \phi \times R_{p0.2}}} \right] \dots\dots\dots (1)$$

5.3.1.2.3 封头

5.3.1.2.3.1 列管壳体封头的形状应为椭圆形 [见图 3a)]、碟形[见图 3 b)]或平盖，封头的直边高度 h 规定如下：

a) 椭圆形封头[见图 3a)]： $H_i \geq 0.192D_i$ ， $h \geq 4S_2$ ；

b) 碟形封头 [见图 3b)]： $R_i \leq D_i$ ， $r \geq 0.1D_i$ ， $h \geq 4S_2$ 。

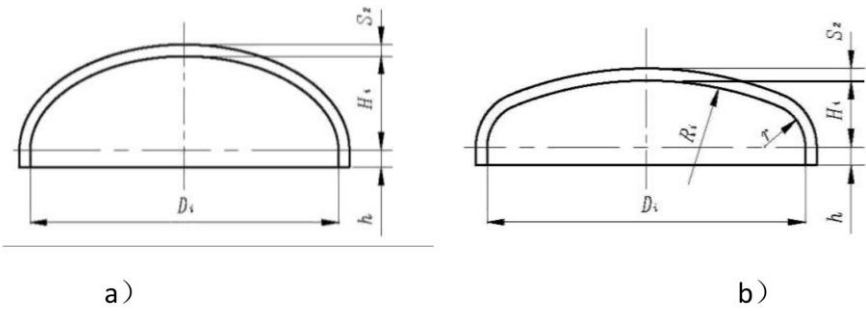


图 3 封头形状示意图

5.3.1.2.3.2 封头设计壁厚 S_2 按公式 (2) 计算并向上圆整，保留一位小数。

$$S_2=S_1 \times K \qquad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

K 为封头形状系数。采用标准椭圆封头 ($H_i=0.25D_i$)， $K=1$ ；其它封头的数值由图 4 或图 5 的曲线中查得。

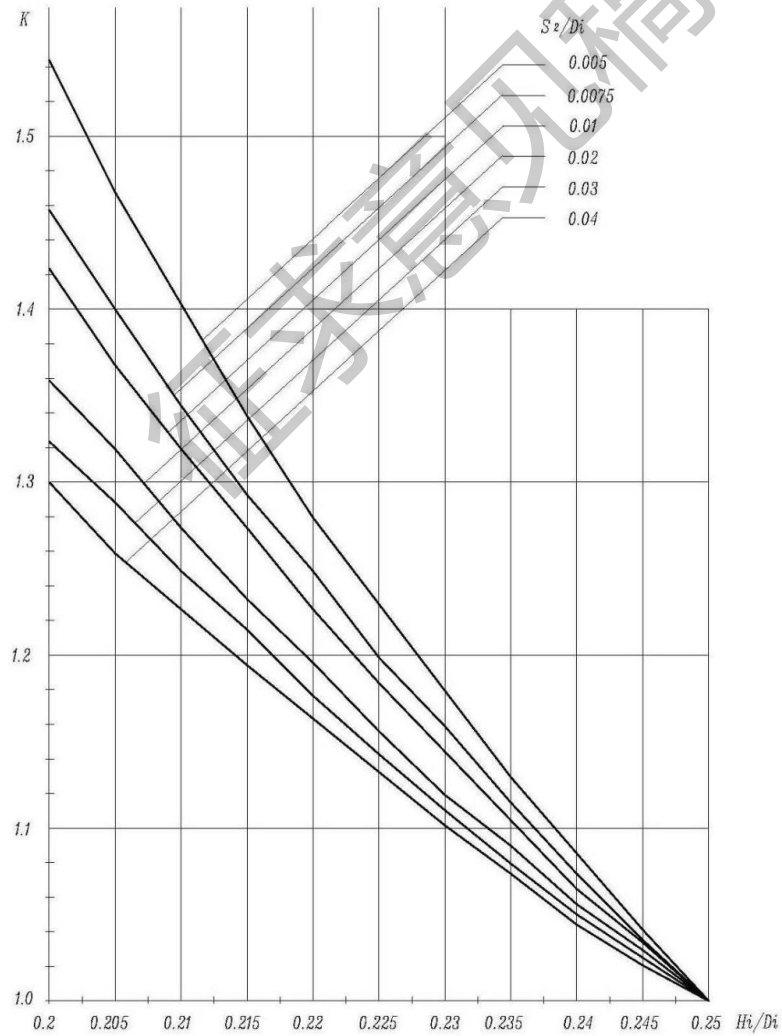


图 4 适用于比值 H_i/D_i 在 0.20 至 0.25 之间

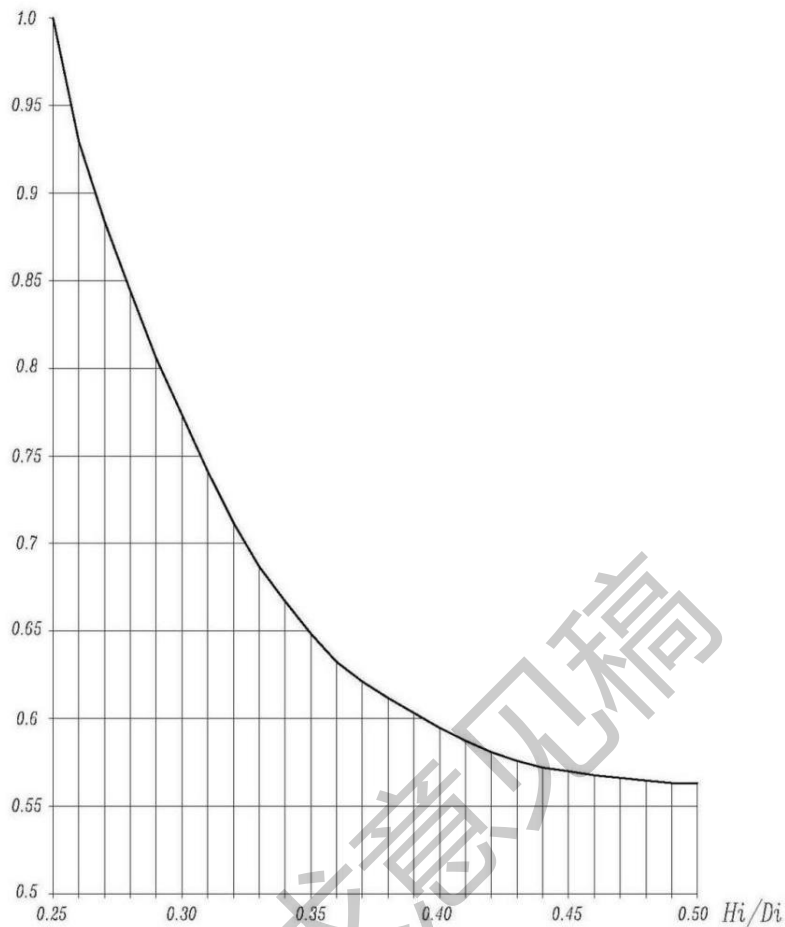


图5 适用于比值 H_i/D_i 在 0.25 至 0.5 之间

5.3.1.2.3.3 筒体设计壁厚 S_1 和封头设计壁厚 S_2 的最小值应满足以下的规定：

- a) 当 $D_i \leq 100$ mm 时， $S_{1min}=S_{2min}=1.1$ mm；
- b) 当 100 mm $< D_i \leq 150$ mm 时， $S_{1min}=S_{2min}=1.1+0.008 (D_i-100)$ mm；
- c) 当 $D_i > 150$ mm 时， $S_{1min}=S_{2min}=D_i/250+0.7$ mm 且不小于 2.0 mm。

5.3.1.2.3.4 列管壳体的筒体和封头的名义壁厚应相等，确定筒体的名义厚度时应考虑腐蚀裕量。

5.3.1.3 开孔与开孔补强

5.3.1.3.1 不允许在筒体上开孔，在封头上开孔时所有开孔均应布置在以封头轴心为轴心，直径为封头直径 80% 的假想圆柱的范围之内。

5.3.1.3.2 开孔均应考虑补强，补强方法与计算应符合 GB/T 150.3 的相关规定或采用有限元分析法进行，补强材料应和瓶体材料相适应并具有良好的焊接性能。

5.3.1.4 储氢床体

固态储氢单元中储氢床体的设计应避免储氢材料在床体中的流动，防止储氢材料膨胀过压和粉化迁移，并满足 6.2.5、6.2.6 对固态储氢单元的试验要求。

5.3.2 制造

5.3.2.1 制造应分批管理。固态储氢单元制造除应符合本文件的要求外，还应符合产品设计文件的规定。

- 5.3.2.2 制造过程中，各生产环节应防止表面损伤，采用不锈钢材料制造时，应防止铁离子和其他杂质污染。
- 5.3.2.3 储氢床体装填应按评定合格的工艺装填，以保证各固态储氢单元中储氢材料装填的一致性。
- 5.3.2.4 应在固态储氢单元的氢气出入口处安装过滤装置，其过滤精度应不低于 0.5μm。
- 5.3.2.5 应在最后一道环焊缝施焊前将储氢床体放置于瓶体内。
- 5.3.2.6 筒体纵向焊接接头、筒体与封头环向焊接接头应采用全熔透型式。
- 5.3.2.7 封头应用整块钢板制成。封头的形状与尺寸公差不得超过表 1 的规定，符号见图 6 所示。

表 1 封头形状尺寸公差一览表

单位为毫米

圆周长公差 $\pi \Delta D_i$	最大最小直径差 e	表面凹凸量 c	曲面与样板间隙 a	内高公差 ΔH_i
± 2	1	0.8	1.5	+5 -3

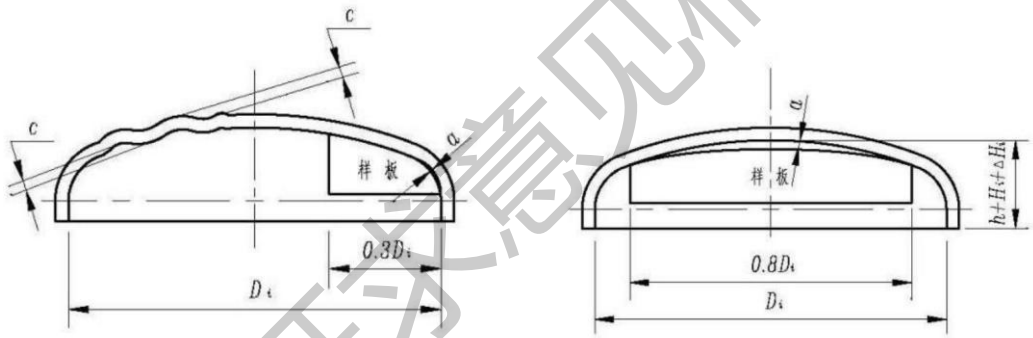


图 6 封头形状尺寸公差示意图

- 5.3.2.8 封头与筒体对接环向焊接接头的对口错边量 b 和棱角高度 E 不得超过表 2 的规定，检查尺的长度应不小于 300mm。

表 2 列管壳体纵、环向接头错边量和棱角高度要求一览表

单位为毫米

筒体主体名义壁厚 S_n	对口错边量 b	棱角高度 E
< 6	$0.25 S_n$	$0.10 S_n + 2$
$6 \sim 10$	$0.20 S_n$	
> 10	$0.10 S_n + 1$	

- 5.3.2.9 常用的焊接接头结构应符合设计文件的规定。
- 5.3.2.10 应按评定合格的焊接工艺进行焊接。焊接工艺评定应符合 GB/T 33209 的规定。
- 5.3.2.11 焊接返修应按评定合格的返修工艺进行，返修部位应重新检测。

5.3.2.12 焊缝同一部位的返修次数不应超过两次。

5.3.2.13 固态储氢单元各零件在组装前均应经检查合格，且不准进行强力组装。

5.3.2.14 采用铝合金材料的列管壳体外表面应进行防腐蚀处理。

5.3.2.15 应在列管壳体端部或肩部进行钢印标记，钢印应完整、清晰无毛刺。可采用激光刻印，剩余壁厚应不小于设计壁厚。

5.4 换热结构

采用的换热结构应密封良好，无液体泄漏，选用的换热介质应对固态储氢装置无腐蚀作用。

5.5 超压泄放装置

5.5.1 每个固态储氢装置应至少设置 1 个安全泄压装置，安全泄放装置的安全泄放压力应大于最高温升压力且小于 1.25 倍最高温升压力。

5.5.2 安全泄压装置额定排量应按 GB/T 33215 进行计算，不应小于安全泄压装置的安全泄放量。

5.5.3 安全泄压装置的泄放口不应朝向固态储氢装置。设置其他火烧保护装置时，保护装置应不影响固态储氢单元的受力状态和安全泄压装置的正常开启。

5.5.4 截止阀应符合相关标准的规定。

5.6 氢气加注、供应及接口基本要求

5.6.1 氢气加注接口

5.6.1.1 固态储氢装置的氢气加注接口应可靠固定，应满足安全性、耐用性和可维修性要求。

5.6.1.2 氢气加注接口应设置防尘盖，以保护加注接口清洁，不被外部污染物（尘土、颗粒、油污等）污染；防尘盖与加注接口连接时要有一定的摩擦阻力，防止意外脱落；

5.6.1.3 氢气加注接口和供气接口宜采用快速连接方式；氢气加注接口建议符合 GB/T 26779 要求，以满足通用性需求；在用户和制造商双方认可情况下，也可采用其他连接方式；此种情况下，氢气加注接口和供气接口建议采用螺纹连接方式及球面密封；

5.6.1.4 氢气加注前，加注接口及固态储氢装置应可靠接地，释放静电，接地电阻应 $< 1\Omega$ ；

5.6.1.5 氢气加注接口应有明显的标识，标识内容为介质、工作压力、型号、厂家、编码、日期等。

5.6.2 安全基本要求

5.6.2.1 固态储氢装置应能在正常使用条件下安全可靠地运行。与外部连接的氢气管路宜安装自动切断装置。

5.6.2.2 固态储氢装置应通过压力、温度检测或流量监控部件控制加注过程、单元内放氢过程、供氢过程，以保证使用安全性。

5.6.2.3 固态储氢装置充氢、使用场所应设置氢浓度传感器，实时监测固态储氢装置外壳内或密闭空间内的氢气泄漏量，并将数据传递至氢泄漏报警显示装置，发送声光报警信号并采取相应措施。

5.6.2.4 氢泄漏报警控制逻辑宜采用三级报警型式，氢气体积浓度 $\geq 1\%$ 时，提示警告；氢气体积浓度 $\geq 2\%$ 时，提示警告，2min 内氢气体积浓度持续 $\geq 2\%$ ，氢控制系统关闭氢气供应并停止单元内放氢过程。氢气体积浓度 $\geq 3\%$ 时，提示警告，氢控制系统立即关闭氢气供应并停止单元内放氢过程。

5.6.3 电安全要求

固态储氢装置应有效接地，与接地端子之间电阻 $< 1\Omega$ 。

5.6.4 外壳防护等级要求

固态储氢装置应满足 IP53。

5.6.5 防火要求

固态储氢装置线束（不含插接器、布基胶带、低压电线）中各原材料的水平燃烧和垂直燃烧特性应分别满足 GB/T 2408 中的 HB 级和 V-0 级。

5.6.6 氢气排放要求

固态储氢装置应设置氢气排放管路、吹扫口和阻火器，并符合 GB 50156 6.5.4 的要求。

5.6.7 安装要求

5.6.7.1 固态储氢装置应按经规定程序批准的产品图样和技术文件装配。

5.6.7.2 固态储氢装置底部应设置叉车专用叉口，叉口应关于固态储氢装置重心对称。

5.6.7.3 固态储氢装置应固定牢靠，其应受到防护结构的保护，不应采用导致固态储氢装置强度和刚度降低的安装方法，不应将固态储氢装置作为承载件使用。

5.6.7.4 固态储氢装置安装后应保证：

- a) 装置无变形、磨损；
- b) 各部件应安装牢固,所有零件应借助工具才可以拆卸，不应因振动、颠簸而出现松动、脱落等现象；
- c) 装置试验后应无泄漏；
- d) 装置中的仪表、阀门、管路等应便于检测和维修；
- e) 氢气管路压力调节器下游应采取防超压措施,避免下游部件的损坏。

6 试验方法和合格指标

6.1 固态储氢单元

6.1.1 壁厚

6.1.1.1 试验方法

应采用超声波测厚仪或专用测量工具进行检测。

6.1.1.2 合格指标

列管壳体壁厚应不小于设计壁厚。

6.1.2 无损检测

6.1.2.1 试验方法

焊接接头经形状、尺寸及外观检查合格后，对焊接接头进行射线检测或超声检测，试验方法应按 NB/T 47013.2 或 NB/T 47013.3 执行，射线检测技术等级不小于 AB 级。

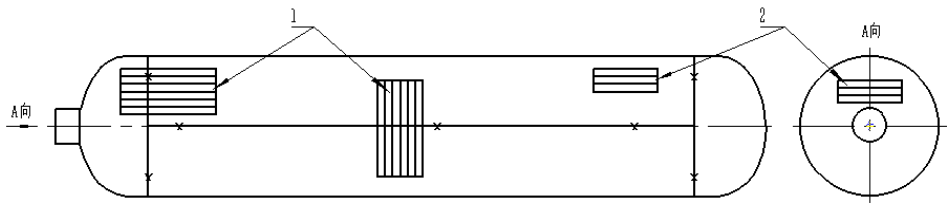
6.1.2.2 合格指标

射线检测合格级别不小于 II 级，超声检测合格级别不小于 I 级。

6.1.3 列管壳体力学性能

6.1.3.1 取样

试样从无损检测合格的列管壳体上截取，母材拉伸试样离纵向焊接接头 180° ，沿纵向从圆柱形筒体部分切取一件，从任一封头凸形部分截取一件。焊接接头试样从纵焊缝处截取拉伸、横向面弯和背弯试样各一件。如果环焊缝和纵焊缝采用不同的焊接工艺方法，则还应从环焊缝处截取同样数量的试样（见图 7）。



标引序号说明：
1——1 件拉伸试样、1 件横向面弯试样、1 件横向背弯试样、2 件晶间腐蚀试样；
2——1 件拉伸试样、2 件晶间腐蚀试样；
X——焊缝。

图 7 力学性能及晶间腐蚀取样示意图

6.1.3.2 试验方法

焊接接头试样上的焊缝的正面和背面均应进行机械加工使其与母材齐平，对于不平整的试样可用冷压法矫平。焊接接头拉伸试样按图 8 制备，母材拉伸试样的制备按 GB/T 228.1 执行。拉伸试验方法按 GB/T 228.1 执行。

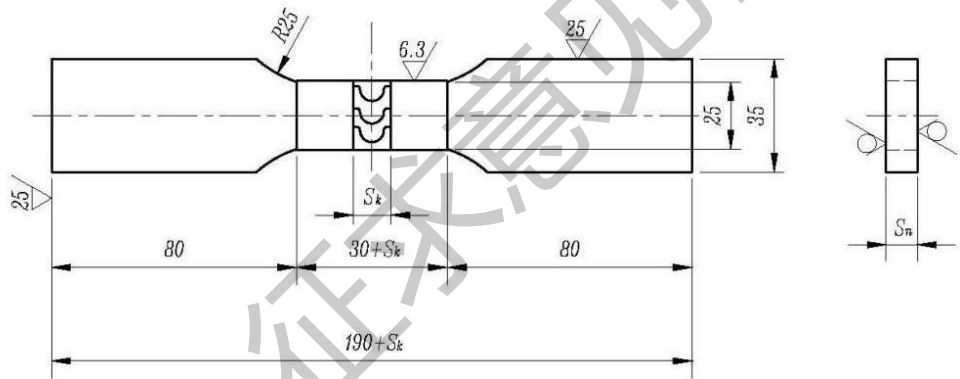


图 8 拉伸试样图

6.1.3.3 合格指标

力学性能试验结果应符合如下规定：

- a) 列管壳体母材的实测抗拉强度不应小于设计规定值；采用铝合金材料时，实测抗拉强度、实测屈服强度、实测延伸率不应小于设计规定值；
- b) 焊接接头试样无论断裂发生在什么位置，其实测抗拉强度均不应小于母材标准规定值的下限。

6.1.4 弯曲试验

6.1.4.1 试验方法

弯曲试样宽度为 38mm，弯曲试验按 GB/T232 进行。试验时应使弯轴轴线位于焊缝中心两支辊面间的距离应做到试样恰好不接触辊子两侧面（见图 9），弯心直径见表 3。

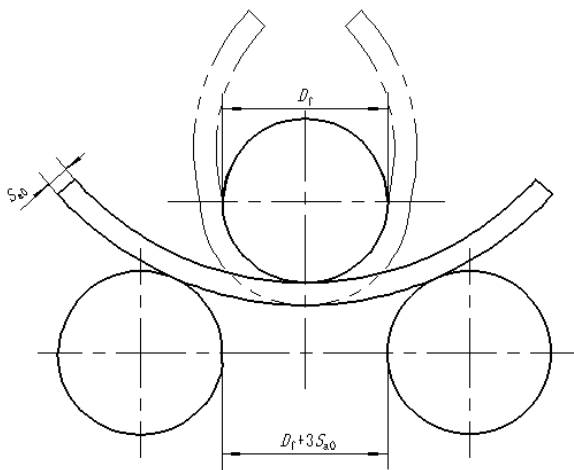


图8 拉伸试样图

表3 弯曲试验弯心直径要求

实测抗拉强度 R_m /MPa	弯心直径 D_f /mm	
	不锈钢材料	铝合金材料
$R_m \leq 325$	$2S_{a0}$	$6S_{a0}$
$325 \leq R_m \leq 440$		$7S_{a0}$
$440 < R_m \leq 520$	$3S_{a0}$	—
$520 < R_m \leq 600$	$4S_{a0}$	
$600 < R_m$	$5S_{a0}$	

6.1.4.2 合格指标

焊接接头试样弯曲至 180° 时，其拉伸面上沿任何方向不得有裂纹或其它缺陷，试样边缘的先期开裂不计。

6.1.5 晶间腐蚀试验

6.1.5.1 试验方法

取样位置见图 7。腐蚀试验方法按 GB/T 4334-2008 “方法 E” 或设计图样的规定。

6.1.5.2 合格指标

腐蚀试验评判标准应符合 GB/T 4334-2008 “方法 E” 或设计图样的规定。

6.1.6 列管壳体液压试验

6.1.6.1 试验方法

液压试验压力为 1.5 倍公称工作压力，试验用水的氯离子含量不应超过 25mg/L。在液压试验压力下，保压不少于 30s。

6.1.6.2 合格指标

压力表指针不应回降，列管壳体不应泄漏、异响或明显变形，容积残余变形率应不大于 10%。

6.1.7 列管壳体水压爆破试验

6.1.7.1 试验方法

应在液压试验后进行水压爆破试验，液压试验保压不少于 30s 后，继续加压直至爆破。试验方法按 GB/T 15385 执行。

6.1.7.2 合格指标

爆破试验结果应符合下列规定：

- a) 实测爆破压力 (P_b) 应不小于公称工作压力的 3.375 倍。爆破试验时所测得的屈服压力 (P_y) 应当等于或大于依据下式的计算值： $P_y \geq 1.5P/F$ ；
- b) 列管壳体爆破不应该产生任何碎片，爆破口不应发生在封头上（只有一条环向接头、 $L \leq 2D_0$ 的列管壳体除外），爆破口也不得发生在纵向焊接接头的焊缝及其熔合线上、环向焊接接头的焊缝上（垂直于环向焊接接头的除外）；
- c) 列管壳体的爆破口应为塑性断口，断口应有明显的剪切唇，但不应有明显的缺陷。

6.1.8 跌落试验

6.1.8.1 一般要求

6.1.8.1.1 质量小于或等于 25 kg 的固态储氢单元进行跌落试验。

6.1.8.1.2 5.3.1 规定的任何重大的列管壳体设计变化（5.3.1 规定的项目，如直径、长度、列管壳体材料和最小设计厚度的改变）和储氢材料装填量的改变，都应重新进行跌落试验。进行跌落试验的平台应为水平、光滑的水泥地面。试验过程中可采用导轨使固态储氢单元的跌落方向和落地点保持一致，但不应减小自由落体速度。

6.1.8.2 试验方法

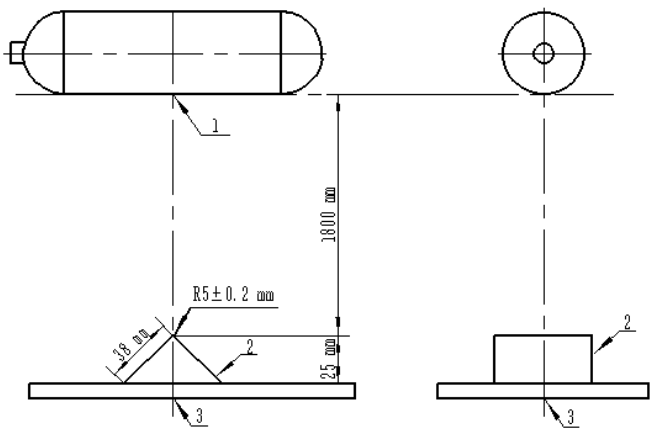
6.1.8.2.1 样品准备

应使用在管口安装了堵头、未充氢的固态储氢单元进行跌落试验。试验所用的固态储氢单元可填充压载材料代替金属氢化物，应具有相同的重量（误差为 $\pm 2\%$ ）、填充密度及内部结构。

6.1.8.2.2 试验步骤

跌落试验在室温 20_{-5}^{+10} °C 下按如下步骤进行：

- a) 固态储氢单元以其管口朝下竖直跌落时，应直接跌落至平台上，其初始位置的最低点高度应不小于 1.8m。固态储氢单元两端都应分别进行垂直跌落试验。
- b) 固态储氢单元以其轴向与台面呈 45° 进行跌落时，应直接跌落至平台上，其初始位置的最低点高度应不小于 1.8m，并使其带堵头的一端先跌落至平台上。
- c) 固态储氢单元平行于台面跌落时，应按图 10 的方式从 1.8m 的高度跌落至钢锥上，其重心应与钢锥的顶点成一直线。钢锥应固定于平台上，其尺寸应符合图 10 的规定。试验时，应保证固态储氢单元撞击钢锥后再跌落至平台上。
- d) 可使用同 1 只固态储氢单元按上面 3 个位置进行跌落试验。
- e) 按 6.2.2 的试验方法充压至最高温升压力进行气密性试验。气密性试验合格后按 6.1.7 进行水压爆破试验。



标引序号说明：
1——固态储氢单元重心；
2——钢锥；
X——平台。

图 10 固态储氢单元的平行跌落示意图

6.1.8.3 合格指标

气密性试验结果应符合 6.2.2.3 的要求。实测爆破压力应不小于公称工作压力的 2.87 倍。

6.1.9 冲击试验

6.1.9.1 一般要求

6.1.9.1.1 质量大于 25 kg 的固态储氢单元进行冲击试验。

6.1.9.1.2 5.3.1 规定的任何重大的列管壳体设计变化（5.3.1 规定的项目，如直径、长度、列管壳体材料和最小设计厚度的改变）和储氢材料装填量的改变，都应重新进行冲击试验。

6.1.9.2 试验方法

应使用空的列管壳体进行冲击试验。在室温 20^{+10}_{-5} °C 下按如下步骤进行：

- a) 固定列管壳体以保证撞击过程中不会移动。可使用钢质的重物或摆锤按图 11 进行冲击，冲击 2 次，冲击能量不小于 1200J。
- b) 按 6.2.2 进行气密性试验。
- c) 气密性试验合格后，列管壳体按 GB/T 9252 的试验方法进行压力循环，循环压力上限为最高温升压力。

单位为毫米

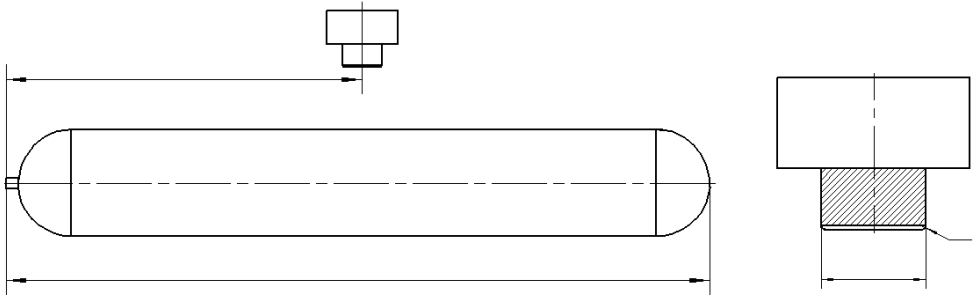


图 11 固态储氢单元的冲击示意图

6.1.9.3 合格指标

气密性试验结果应符合 6.2.2.3 的要求。循环至 1250 次无爆破或泄露，再循环至 5000 次，可泄露失效，但不应爆破。

6.2 固态储氢装置

6.2.1 耐压试验

6.2.1.1 试验方法

- a) 耐压试验压力为 1.25 倍公称工作压力。
- b) 耐压试验应采用气压试验，试验所用气体为干燥洁净的氮气或氩气。
- c) 试验时先缓慢升至规定试验压力的 10%，保压 5 min，并且对所有焊接接头和连接部位进行初次检查。
- d) 初次检查无泄漏后，再继续升至规定试验压力的 50%。
- e) 无异常现象后，按规定试验压力的 10%逐级升压，直到试验压力，保压 10 min。
- f) 降至公称工作压力，保压足够时间进行检查。

6.2.1.2 合格指标

固态储氢装置无异常声响，经肥皂液或其他检漏液检查无漏气，无可见变形。

6.2.2 气密性试验

6.2.2.1 一般要求

6.2.2.1.1 气密性试验应采用肥皂气泡法或密闭空间法。

6.2.2.1.2 采用氩/氦混合气或氢气进行气密性试验，氩/氦混合气中氦的体积含量不应低于 1%。

6.2.2.2 试验方法

6.2.2.2.1 采用肥皂气泡法检漏时，对所有连接部位进行检查。

6.2.2.2.2 采用密闭空间法检漏时，在将固态储氢装置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。气密性试验过程如下：

- a) 向固态储氢装置内充入氩/氦混合气或氢气，达到公称工作压力；
- b) 将固态储氢装置置入密闭空间中，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；
- c) 在室温 20_{-5}^{+10} °C，固态储氢装置静置 30 min 以上，读取气体检测仪器信息。

6.2.2.3 合格指标

- a) 采用肥皂气泡法检漏时，应无气泡产生。
- b) 采用密闭空间法检漏时，在 0 °C、101.325 kPa 下，固态储氢装置总的氢气泄漏率应不大于 6mL/(h·L)。采用氩/氦混合气进行气密性试验时，氦气泄漏率应按 GB/T42612 的规定转换为等同的氢气泄漏率。

6.2.3 跌落试验

6.2.3.1 一般要求

6.2.3.1.1 固态储氢装置设计发生改变（如材料改变、厚度减小、额定质量增加）应重新进行跌落试验。

6.2.3.1.2 进行跌落试验的平台应为水平、光滑的水泥地面。试验过程中可采用导轨使固态储氢装置的跌落方向和落地点保持一致，但不应减小自由落体速度。

6.2.3.2 试验方法

6.2.3.2.1 样品准备

应使用未充氢的固态储氢装置进行跌落试验。试验所用固态储氢装置应具有相同的重量（误差为 $\pm 2\%$ ）。

6.2.3.2.2 试验步骤

跌落试验在室温 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下按如下步骤进行：

- a) 固态储氢装置应按图 12 的方式从 100 mm 的高度垂直落在水泥地面，固态储氢装置的一角先着地。固态储氢装置底面与地面夹角不小于 5° 。
- b) 固态储氢装置应按图 13 的方式从不少于 1 200 mm 的高度旋转跌落，沿水平方向移动，直至其重心移出平台边缘，自由跌落到水泥地面，应保证管路一端先着地。

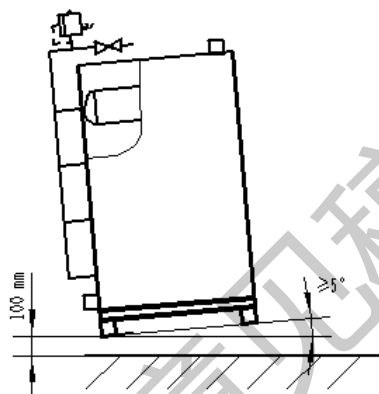
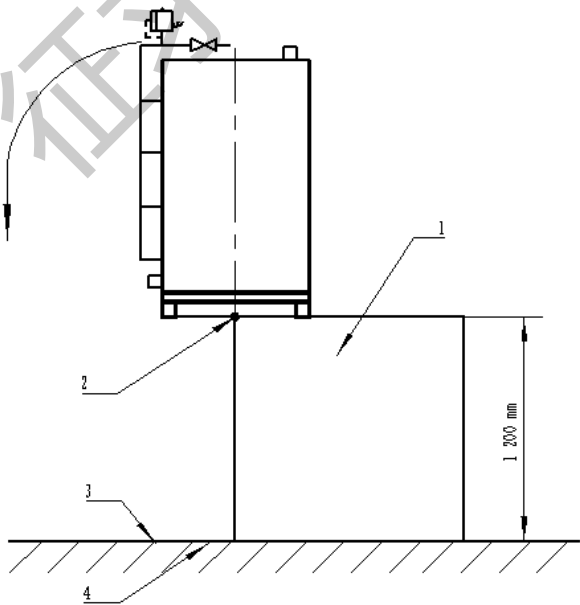


图 12 固态储氢装置的垂直跌落示意图



标引序号说明：
1——跌落平台；
2——旋转点；
3——跌落点；
4——水泥地面。

图 10 固态储氢单元的平行跌落示意图

6.2.3.3 合格指标

固态储氢装置跌落后，不应起火，不应爆炸。

6.2.4 热循环试验

6.2.4.1 一般要求

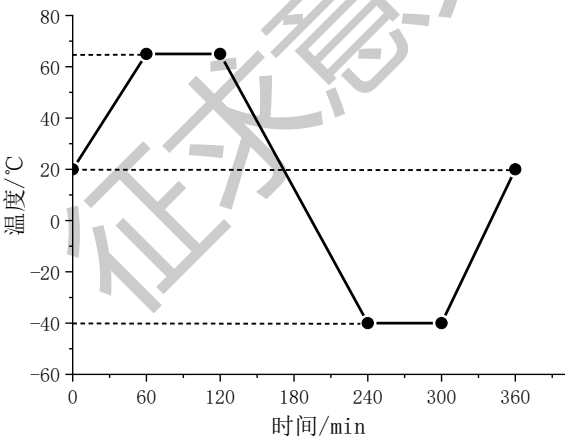
6.2.4.1.1 固态储氢装置热循环试验的温度范围应不小于其环境温度范围。

6.2.4.1.2 试验箱内应设有温控装置，并确保试验箱内温度均匀。试验箱应在 120 min 内由固态储氢装置的最低环境温度升高至最高环境温度，反之亦然。

6.2.4.2 试验方法

将充氢至额定储氢容量的固态储氢装置放入试验箱内,按以下步骤进行热循环试验，如图 14 所示：

- a) 将试验箱内温度在 (60 ± 5) min 内由 20_{-5}^{+10} °C 升温至最高使用环境温度；
- b) 将固态储氢装置的温度维持在其最高使用环境温度不小于 60 min，温度偏差应在 ± 2 °C 内；
- c) 将试验箱内温度在 (120 ± 5) min 内由固态储氢装置的最高使用环境温度降至其最低使用环境温度；
- d) 将固态储氢装置的温度维持在其最低使用环境温度不小于 60 min，温度偏差应在 ± 2 °C 内；
- e) 在 (60 ± 5) min 内将试验箱内温度升至 20_{-5}^{+10} °C；
- f) 重复步骤 a) ~ e) 50 次；
- g) 按 6.2.2 进行气密性试验。



注：以最高使用环境温度为 65°C，最低使用环境温度为-40°C为例。

图 14 热循环试验的温度变化过程

6.2.4.3 合格指标

试验结果应符合 6.2.2.3 中气密性试验的合格指标的要求。

6.2.5 振动试验

6.2.5.1 一般要求

6.2.5.1.1 振动试验仪器设备的性能要求和振动信号应符合 GB/T 13310 的规定。

6.2.5.1.2 振动试验前，应检查固态储氢装置外观是否完好。固态储氢装置模拟实际使用时的安装状态直接或借助于夹具紧固于振动台面上，固态储氢装置的所有连接件按正常使用方式紧固,不应产生附加振动。用于测量和控制的传感器牢固安装于固态储氢装置与台面(或夹具)的固定点上。

6.2.5.2 试验方法

固态储氢装置振动试验按以下步骤进行：

- a) 按规定的方式将固态储氢装置充氢气至不超过其额定储氢容量的 5%；
- b) 按运输方向将固态储氢装置放置在试验颠簸台面上,试验颠簸台面应在垂直方向内产生频率为 5Hz、双振幅值为 25.4 mm 的圆周运动。振动持续时间 10 min；
- c) 对固态储氢装置进行外观检查,按肥皂气泡法对所有连接部位进行检查；
- d) 在试验颠簸台面上将固态储氢装置旋转 90°,再持续振动 10 min；
- e) 对固态储氢装置进行外观检查,按 6.2.2 的规定采用专用检漏液检漏法对连接接头进行气密性检查。

6.2.5.3 合格指标

固态储氢装置无氢气泄漏。

6.2.6 氢气循环试验

6.2.6.1 一般要求

6.2.6.1.1 振动试验合格后进行氢气循环试验。

6.2.6.1.2 可用不少于 5 件固态储氢单元配换热结构组成系统代替固态储氢装置进行氢气循环试验。

6.2.6.1.3 采用应变片测量固态储氢单元充放氢循环时的最大应变。应变片的数量和位置应根据固态储氢单元应力分析报告确定。无应力分析报告时,应先对 2 个以上固态储氢单元进行应变测量,再根据测试结果确定应变片的数量和位置。固态储氢单元应变测量至少包括圆筒部分的环向应变和应力集中部位的三向应变。可采取防水、防碰撞、防挤压等保护措施,防止应变片在测试过程中失效。

6.2.6.2 试验方法

固态储氢装置氢气循环试验按以下步骤进行：

- a) 安装应变测试装置,连接管路。
- b) 按额定充氢压力将固态储氢装置充氢至不小于其额定储氢容量的 95%,再放氢至不大于其额定储氢容量的 5%。氢气循环过程中应确保固态储氢单元的温度始终保持在其工作温度范围内。
- c) 连续进行氢气循环 500 次。在氢气循环过程中,若实测应变超过固态储氢单元许用应力下的应变,或列管壳体出现塑性变形,则中止试验。

注:许用应力下的应变根据固态储氢单元应力分析报告或者实测结果确定。实测时,施加内压直至最大主应力达到许用应力,此时列管壳体的最大主应变为许用应力下的应变。

- d) 氢气循环试验完成后,按 6.2.2 的规定进行气密性试验。

6.2.6.3 合格指标

6.2.6.3.1 固态储氢单元实测最大应变应不超过许用设计应力下应变的 50%,或最大应变无增长趋势,最大应变无增长趋势的判定方法应符合 GB/T 44399 的规定。

6.2.6.3.2 气密性试验结果应符合 6.2.2.3 的要求。

6.2.7 火烧试验

6.2.7.1 一般要求

6.2.7.1.1 用固态储氢单元配截止阀、氢气管路、安全泄压装置等组成系统进行火烧试验。

6.2.7.1.2 任何重大的列管壳体设计变化(5.3.1 规定的项目,如直径、长度、壳体材料和最小设计厚度的改变)、安全泄压装置类型、数量或流量改变、固态储氢装置密封装置改变及储氢材料的改变,都应重新进行火烧试验。

6.2.7.1.3 火烧试验时采用的燃料应能提供均匀热量，且在规定的试验条件下至少可维持燃烧 20 min，并符合环保要求。

6.2.7.1.4 火源宽度应不大于 1.65 m。

6.2.7.1.5 应采用金属挡板防止火焰直接接触安全泄压装置，但金属挡板不应直接接触安全泄压装置。

6.2.7.2 试验方法

- a) 将固态储氢装置应充氢至额定储氢容量。
- b) 对于长度不大于 1.65 m 的固态储氢装置，应按使用状态放置平稳，并使火源覆盖整个固态储氢装置。
- c) 对于长度大于 1.65 m 的固态储氢装置，应按使用状态放置平稳。安装 1 个安全泄压装置时，火源应置于未安装安全泄压装置的一端；安装大于或等于 2 个安全泄压装置时，火源应置于安全泄压装置的中间位置。
- d) 固态储氢装置长度不大于 0.3 m 时，热电偶应设置在距离固态储氢装置表面 0.05 m 的位置，且不应靠近两端；长度大于 0.3 m 时，应在两端、中间分别设置 1 个热电偶。
- e) 固态储氢装置应位于燃料上方，其距离应大于 0.1 m，确保火源能覆盖固态储氢装置试验部位。
- f) 火烧试验时间不低于 20 min。

6.2.7.3 合格指标

固态储氢装置火烧试验过程中，应无弹射物出现，并符合下列标准之一：

- a) 安全泄压装置开启，固态储氢装置内压力下降，固态储氢装置不发生破裂；
- b) 固态储氢装置不发生破裂。

6.2.8 充氢性能试验

6.2.8.1 一般要求

应使用不少于 3 个同规格的固态储氢装置进行试验，相同工况条件下应进行不低于 2 次重复试验，取其充氢量的平均值。

6.2.8.2 试验方法

固态储氢装置充氢试验应按 GB/T 44399 的规定进行。

6.2.8.3 合格指标

固态储氢装置储氢量测定值与标称额定储氢容量的偏差应不大于 5%。

6.2.9 放氢性能试验

6.2.9.1 一般要求

应使用不少于 3 个同规格的固态储氢装置进行试验，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。

6.2.9.2 试验方法

固态储氢装置放氢试验应按 GB/T 44399 的规定进行。

6.2.9.3 合格指标

固态储氢装置放氢量测定值与标称额定储氢容量的偏差应不大于 5%。

6.2.10 最高温升压力试验

6.2.10.1 试验方法

固态储氢装置振动试验按以下步骤进行：

6.2.10.1.1 可用单个固态储氢单元配换热结构组成系统代替固态储氢装置进行最高温升压力试验。

6.2.10.1.2 按规定的方式将固态储氢装置充氢至额定储氢容量，将充氢后的固态储氢装置放置在最高使用环境温度中，待气体压力稳定后测得最高温升压力。

6.2.10.2 合格指标

最高温升压力小于 1.2 倍公称工作压力。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 逐只检验

固态储氢装置应按表 3 规定的项目进行逐件检验。

7.1.2 批量检验

7.1.2.1 储氢床体应以同一批金属氢化物材料、同一制造工艺生产的为一批。

7.1.2.2 列管壳体应以同一设计、同一炉罐号材料、同一制造工艺连续制造的不大于 500 件为一批。

7.1.2.3 固态储氢装置应以同一工艺生产、同一规格的不大于 100 套为一批。

7.1.2.4 固态储氢装置按表 3 规定的项目进行批量检验。

7.1.2.5 从每批列管壳体中随机抽取 1 件壳体，1 件进行列管壳体力学性能、弯曲试验，1 件进行液压试验和水压爆破试验。

7.1.2.6 从每批固态储氢装置中随机抽取 2 件装置，1 件进行充氢性能试验和放氢性能试验，1 件进行最高温升压力试验。

7.2 型式试验

7.2.1 新设计的固态储氢装置应按表 3 规定的项目进行型式试验。

7.2.2 用于型式试验的试验数量如下：

- a) 固态储氢单元：跌落试验 1 件~3 件，冲击试验 1 件；
- b) 固态储氢装置：跌落试验 1 件、热循环试验 1 件(固态储氢装置中不应少于 5 件固态储氢单元)、振动试验 1 件、氢气循环试验 1 件、火烧试验 3 件；充氢性能试验 3 件、放氢性能试验 3 件、最高温升压力试验 1 件。

表 4 固态储氢装置出厂检验及型式试验

序号	项目名称		出厂检验		型式试验	试验方法和合格指标
			逐件检验	批量检验		
1	固态储氢单元	壁厚	√	—	—	6.1.1
2		无损检测	√	—	—	6.1.2
3		列管壳体力学性能	—	√	√	6.1.3
6		弯曲试验	—	√	√	6.1.4
7		晶间腐蚀试验	—	—	√	6.1.5
8		列管壳体液压试验	—	√	√	6.1.6
9		列管壳体水压爆破试验	—	√	√	6.1.7
10		跌落试验 ^a	—	—	√	6.1.8

表 4 固态储氢装置出厂检验及型式试验（续）

序号	项目名称		出厂检验		型式试验	试验方法和合格指标
			逐件检验	批量检验		
11	固态储氢单元	冲击试验 ^a	—	—	√	6.1.9
12	固态储氢装置	耐压试验	√	—	√	6.2.1
13		气密性试验	√	—	√	6.2.2
14		跌落试验	—	—	√	6.2.3
15		热循环试验	—	—	√	6.2.4
16		振动试验	—	—	√	6.2.5
17		氢气循环试验 ^b	—	—	√	6.2.6
18		火烧试验 ^c	—	—	√	6.2.7
19		充氢性能试验	—	√	√	6.2.8
20		放氢性能试验	—	√	√	6.2.9
21		最高温升压力试验 ^b	—	√	√	6.2.10
注：“√”为做检验或试验，“—”为不做检验或试验。						
^a 适用时。 ^b 可用固态储氢单元配换热结构组成系统代替固态储氢装置进行。 ^c 用固态储氢单元配截止阀、氢气管路、安全泄压装置等进行。						

8 出厂要求

8.1 出厂资料

8.1.1 产品合格证

8.1.1.1 经检验合格的每件固态储氢装置均应附有产品合格证及使用说明书。

8.1.1.2 产品合格证应包含产品铭牌内容。

8.1.2 批量检验质量证明书

8.1.2.1 经检验合格的每批固态储氢装置，均应附有批量检验质量证明书（见附录 A），固态储氢装置使用方均应有批量检验质量证明书的电子文档。

8.1.2.2 批量检验质量证明书的内容，应包括本文件规定的批量检验项目。

8.1.2.3 制造单位应妥善保存固态储氢装置的检验记录和批量检验质量证明书的复印件（或正本），保存时间应不少于设计使用年限。

8.2 产品铭牌

8.2.1 制造单位应在固态储氢装置的明显部位装设产品铭牌。铭牌应清晰、牢固、耐久。

8.2.2 产品铭牌上的项目应至少包含以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 产品编号；
- d) 产品外形尺寸，单位为毫米（mm）；
- e) 产品重量，单位为千克（kg）；

- f) 充装介质名称或化学分子式；
- g) 额定储氢容量，单位为千克（kg）；
- h) 公称工作压力，单位为兆帕（MPa）；
- i) 额定充氢压力，单位为兆帕（MPa）；
- j) 额定放氢流量，单位为克/分钟（g/min）；
- k) 工作温度范围，单位为摄氏度（℃）；
- l) 储氢材料类别或代号；
- m) 列管壳体材料；
- n) 使用寿命；
- o) 产品执行标准；
- p) 制造单位名称；
- q) 制造单位许可证编号和许可级别；
- r) 制造日期。

8.3 运输和包装

8.3.1 包装箱储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.3.2 在运输和装卸过程中，应防止碰撞和损坏附件。

9 定期检验的一般要求

9.1 固态储氢装置定期检验周期应不超过 5 年。

9.2 固态储氢装置定期检验项目可参照以下项目确定。

- a) 外观检查（列管壳体、管路及附件）；
- b) 瓶口螺纹检查（适用时）；
- c) 硬度检测（适用时）；
- d) 阀门检查；
- e) 充放氢性能；
- f) 重新活化；
- g) 耐压测试；
- h) 气密性试验。

10 充氢要求

10.1 充氢前检查

10.1.1 充装前的固态储氢装置应由专人负责，逐台进行检查。检查内容及要求至少应包括：

- a) 固态储氢装置上的铭牌应完整、清晰；
- b) 固态储氢装置应由具有“特种设备制造许可证”的单位生产；
- c) 充装的气体应与铭牌上的充装介质名称或化学分子式相一致；
- d) 固态储氢装置中的框架、管路系统，无明显变形、结构件脱离现象；
- e) 固态储氢装置中的附件应完好、有效，其中阀门和安全泄压装置应在检验有效期内；
- f) 固态储氢装置应在规定的检验有效期内。

10.1.2 在检验有效期内的固态储氢装置，如外观检查发现有重大缺陷，应先送检验机构进行技术检查与评定，检验合格后方可重新使用。

10.1.3 库存和停用时间超过一个检验周期的固态储氢装置，启用前应进行检验。

10.2 充氢设备要求

制造单位应表明用于固态储氢装置充氢的防过充设备要求。

10.3 充氢规范

10.3.1 对固态储氢装置进行充氢，制造单位应提供如下信息：

- a) 安全保护措施和应注意的潜在危险；
- b) 达到额定容量的检测方法；
- c) 最小和最大压力范围（最大压力应不超过额定充氢压力）；
- d) 最低和最高温度范围；
- e) 初始和重复充氢要求的其他特殊条件。

10.3.2 充装的氢气应符合 GB/T 37244 的要求。

10.3.3 固态储氢装置充装时，应严格遵守下列各项规定：

- a) 充装输气管与充气阀的连接型式应为螺纹连接，禁止采用夹具连接充装；
- b) 开启充放气阀门和固态储氢装置阀门时应缓慢操作，并应注意监听装置内应无异常音响；
- c) 固态储氢装置的充装量不应大于额定充装容量，确保装置在最高使用环境温度和最高工作温度下，固态储氢单元内的气体压力不超过公称工作压力；

10.4 充氢后检查

充装后的固态储氢装置，应有专人负责，逐台进行检查。不符合要求时，禁止出厂，并进行妥善处理。检查内容至少包括：

- a) 固态储氢装置的充装量及质量应符合本文件的规定；
- b) 固态储氢装置的框架、管路系统和附件，应无明显损伤变形、渗漏或其他不正常的现象；
- c) 固态储氢装置的充装标签应完整。

10.5 充氢规范

10.5.1 充装记录内容至少应包括：充装日期、固态储氢装置编号、充装介质、充装起止时间、室温、公称工作压力、充装压力、充装时换热介质温度、充装量、有无发现异常情况、充装及检验者。

10.5.2 充装单位应妥善保管充装记录，保存记录时间不应少于 1 年。

附 录 A
(资料性)

分布式发电用固态储氢装置批量检验质量证明书

编号: _____

产品型号_____ 产品图号_____ 制造许可证编号_____

生产批号_____ 盛装介质 _____ 氢气

本批固态储氢装置_____台, 编号从_____号到_____号

本批合格固态储氢装置中不包括下列装置号: _____

本批固态储氢单元_____只, 编号从_____号到_____号

本批合格固态储氢单元中不包括下列编号: _____

附表列出固态储氢装置包含固态储氢单元的编号。

经检查和试验符合 XXXXX-202X《分布式发电用固态储氢装置》标准的要求, 该批固态储氢装置为合格产品。

监督检验员:

年 月 日

制造单位检验专用章

检验负责人:

年 月 日

A.1 主要技术数据

A.1.1 固态储氢装置

公称工作压力/MPa		耐压试验压力/MPa		气密性试验压力/MPa	
额定充氢压力/MPa		额定放氢流量/(g/min)		额定储氢容量/kg	
外形尺寸/mm		重量/kg		工作温度范围/℃	

A.1.2 固态储氢单元

储氢材料类别或代号		储氢材料批号	
结构型式(无缝/焊接)		列管壳体材料牌号	
列管壳体公称容积/L		列管壳体公称外径/mm	
		列管壳体设计壁厚/mm	

A.2 列管壳体性能

检验项目	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	断后伸长率 A/%	弯曲试验	其它
规定值					
实测值					

A.3 列管壳体水压爆破试验 试验件编号_____

液压试验/MPa	实测爆破压力/MPa	实测屈服压力/MPa	爆破破口形式
_____ MPa 下壳体无泄漏 或明显变形			塑性变形, 无碎片

A.4 固态储氢装置充氢性能试验 试验件编号_____

固态储氢装置氢气充装量测定值与标称额定储氢容量的偏差不大于 5%。

A.5 固态储氢装置放氢性能试验 试验件编号_____

固态储氢装置氢气放氢量测定值与标称额定储氢容量的偏差不大于 5%。