



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

液氢容器用安全阀技术规范

Technical specification of safety valves
for liquid hydrogen vessels

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 技术要求	2
4.1 基本要求	2
4.2 设计要求	3
4.3 性能要求	3
4.4 材料	5
4.5 无损检测	6
5 检验和试验要求	6
5.1 安全提示	6
5.2 标志检查	6
5.3 壳体尺寸检查	6
5.4 材料化学成分	7
5.5 材料力学性能	7
5.6 常温性能试验	7
5.7 液氢温区低温性能试验	8
5.8 防静电试验	9
5.9 清洁度检查	9
5.10 振动和冲击试验	10
5.11 无损检测	10
6 检验和试验	11
6.1 项目和技术要求	11
6.2 出厂检验	12
6.3 型式试验	12
7 标志	12
7.1 一般要求	12
7.2 阀体标志	12
7.3 铭牌标志	12
8 涂漆、包装、运输和储存	12
附录 A（规范性） 流道尺寸和额定排量的计算应考虑工况条件	13
A.1 流道尺寸确定和额定排量计算时应考虑的工况条件	13
A.2 液氢容器安全泄压装置系统配置及流道尺寸确定的相关参数	13

附录 B（资料性） 阀门主要零件金属材料推荐牌号.....	15
B.1 阀门主要零件的金属材料推荐牌号	15
参考文献	16

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国安全泄压装置标准化技术委员会（SAC/TC503）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

液氢容器用安全阀技术规范

1 范围

本文件规定了液氢容器用安全阀（以下简称“安全阀”或“阀”）的技术要求、检验和试验要求、检验规则、标志、涂漆、包装、运输和储存。

本文件适用于公称尺寸不超过DN 300，整定压力不低于0.1MPa，温度从额定最低温度到65℃，介质为单相液氢蒸发气的安全阀。安全阀包括直接载荷式和先导式。

液氢管道以及其他液氢装置用安全阀可参照本文件执行。

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 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动(正弦)
- GB/T 12224 钢制阀门一般要求
- GB/T 12241 安全阀 一般要求
- GB/T 12242 压力释放装置 性能试验方法
- GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀
- GB/T 13305 不锈钢中 α —相面积含量金相测定法
- GB/T 22652 阀门密封面堆焊工艺评定
- GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语
- GB/T 24920-2010 石化工业用钢制压力释放阀
- GB/T 24921.1 石化工业用压力释放阀的尺寸确定、选型和安装 第一部分：尺寸的确定和选型
- GB/T 26640 阀门壳体最小壁厚尺寸要求规范
- GB/T 26481 工业阀门的逸散性试验
- GB/T 28778 先导式安全阀
- GB/T 29026 低温介质用弹簧直接载荷式安全阀
- GB/T 40011 低温先导式安全阀
- HG 20202 脱脂工程施工及验收规范
- JB/T 6440 阀门受压铸钢件射线照相检测
- JB/T 6903 阀门锻钢件超声波检测
- JB/T 7248 阀门用低温钢铸件 技术条件
- JB/T 7927 阀门铸钢件 外观质量要求
- JB/T 7928 工业阀门 供货要求
- JB/T 11150-2011 波纹管密封钢制截止阀

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分 射线检测
NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分 渗透检测
NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

3 术语和定义

GB/T 12241、GB/T 12242、GB/T 12243、GB/T 24499、GB/T 28778界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

液压静强度试验 Hydrostatic strength test

在常温、规定的液体压力和规定的时间下，承压壳体抗破裂能力的试验。

3.2

最大允许工作压力 maximum allowable working pressure

MAWP

在设计时规定的20℃温度下安全阀承压部件所允许承受的最大工作压力。

注1：是指构成承受入口压力边界各承压零部件的最大允许工作压力中的最低值；

注2：在进行压力试验时，分别按安全阀入口和出口端的最大允许工作压力进行；

注3：此处所定义的最大允许工作压力，与安全阀常用的说法（即在指定温度下，安全阀所处位置被保护容器系统允许的最大压力）不同。

3.3

额定最低温度 rated minimum temperature

制造单位确定的安全阀最低使用温度。

3.4

深冷处理 cryogenic treatment

将零件浸没在不高于液氮温度容器中进行冷却，当零件温度稳定后，保温2~4小时，然后取出并自然恢复至室温的处理过程。

3.5

A类阀门 valve category A

低温容器系统中无自动控制阀或排放阀，安全阀在低温容器正常运行期间可能泄放。

3.6

B类阀门 valve category B

低温容器系统中带有自动控制或排放阀，安全阀在低温容器正常运行期间不泄放。

4 技术要求

4.1 基本要求

4.1.1 安全阀除应符合本文件的规定外，还应符合 GB/T 12241、GB/T 12243、GB/T 28778、GB/T 29026、GB/T 40011 等相关产品标准的要求。如果这些标准与本文件要求冲突，以本文件为准。

4.1.2 安全阀最大允许工作压力的确定应符合 GB/T 12224 的规定，当某些采用弹性密封结构或内部零件材料的压力—温度额定值低于阀体材料压力—温度额定值时，应以低值确定最大允许工作压力。

4.1.3 安全阀的端部连接应符合 GB/T 12241 的规定。如买方有特殊要求，可在保证安全阀性能和安全的情况下按采购技术协议进行设计制造。

4.1.4 装配前所有零件应进行清洗，与氢介质接触的零件应脱脂处理。

4.1.5 用于移动式压力容器的安全阀应进行耐振动和抗冲击试验。

4.2 设计要求

4.2.1 温度适应性

在预定的压力范围内，安全阀应适合在额定最低温度到 65℃之间的所有温度下工作。

4.2.2 整定压力

整定压力应不超过其最大允许工作压力与超过压力的差(整定压力 \leq 最大允许工作压力-超过压力)，不宜超过 GB/T24920-2010 附表 B 和附表 C 的规定值。

4.2.3 安全阀壳体

4.2.3.1 安全阀应做排液设计以避免液体在阀内的积聚。采购技术协议中另有规定的除外。

4.2.3.2 安全阀壳体应具有足够的强度，保证在强度试验及工作条件下不发生任何有害变形。能长期承受由于介质压力和温度变化产生的应力、连接管道产生的附加应力、以及操作条件下产生的综合应力的总载荷。

4.2.3.3 当安全阀排放时，应避免在阀体内或者出口处因温度降低出现固体物质积聚而导致故障。

4.2.3.4 最小壳体厚度应符合GB/T 26640对阀门压力等级和尺寸的规定。

4.2.4 阀杆导向装置

4.2.4.1 导向装置的设计应避免在正常运行期间由于大气中水分的沉积、冻结导致的故障。

4.2.4.2 导向装置的结构应足够坚固，保证各温度条件下正常操作时导向装置的有效性。

4.2.5 阀瓣与阀座密封

4.2.5.1 阀瓣和阀座密封面应设计成金属对金属或金属对非金属。采用金属对非金属软密封时，非金属软密封侧宜设计次级的金属密封结构；非金属软密封（如纯 PTFE 等材料）应有足够的支撑，防止材料冷流变形导致的密封失效。

4.2.5.2 非金属软密封与其阀瓣或阀座连接件应机械固定并锁紧。

4.2.5.3 在阀瓣和阀座密封面上堆焊硬质合金时，应符合GB/T 22652的规定。

4.2.6 防静电

安全阀应设计防静电结构，保证壳体、启闭件和阀杆等各部件间具有导电性，且放电路径最大电阻不超过 5 Ω 。

4.2.7 波纹管组件

4.2.7.1 波纹管材料宜采用 S31603 或 S31608，A 类阀门所用波纹管的最小疲劳寿命应不低于 2000 次。

4.2.7.2 波纹管组件密封应采用氦质谱仪检测，检测结果不大于 $1 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

4.2.8 振动和冲击

用于移动容器的安全阀，应根据安装容器所在车辆条件和相应标准要求进行耐振动和抗冲击设计。

4.3 性能要求

4.3.1 常温性能要求

4.3.1.1 壳体强度

4.3.1.1.1 壳体强度应符合 GB/T 12241 和 GB/T 28778 的规定。

注：上述两标准的PN应为本文件中的最大允许工作压力。

4.3.1.1.2 液压静强度是对阀门承压壳体抗破裂能力的规定，具体应满足以下要求。

- a) 阀门壳体的承压部位应能承受4倍最大允许工作压力，保持1分钟不发生破裂。
- b) 对于最大允许工作压力大于10 MPa的非铸件壳体阀门，壳体的承压部位应能承受2.25倍最大允许工作压力，保持1分钟不发生破裂。
- c) 采用螺栓连接的壳体承压部位（如适用），在试验压力超过2倍最大允许工作压力时，其连接部位出现微量泄漏且能够达到并保持最终试验压力时可被接受，但不允许出现壳体破裂或壳体渗漏/泄漏的现象。

4.3.1.2 动作性能

安全阀动作性能包括整定压力及其偏差、排放压力、开启高度、启闭压差。

直接载荷式安全阀的动作性能应符合GB/T 12243的规定；先导式安全阀的动作特性和动作性能应符合GB/T 28778的规定。

4.3.1.3 密封性能

用氮气作为试验介质时，在规定的时间内应无可见泄漏；用氦气作为试验介质时，泄漏率不大于 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

4.3.1.4 机械特性

阀门应有良好的回座密封性，动作过程中应无可视或可听见的卡阻、颤振、抖动或整阀振动；先导式安全阀还应符合规定的阀门动作特性，如突跳式或调制式。

4.3.1.5 排量

额定排量应不大于试验测定排量的90%。确定尺寸用排量按GB/T 12241、GB/T 22921.1进行计算，并在计算中考虑本文件附录A所描述的工况。

4.3.1.6 逸散性

检测各连接部位密封性（阀座密封除外）时，采用正压法对各部位分别进行检测，各部位应无可见（或可检出）泄漏；采用总泄漏率方法进行检测时，泄漏率应不大于 $1 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

4.3.1.7 启闭循环寿命

A类阀门启闭循环寿命至少1000次、B类阀门至少20次，在开启-关闭动作过程应顺畅无卡阻。

4.3.1.8 启闭循环寿命试验后的密封性能

启闭试验测试结束后，在90%的整定压力下进行阀座密封性能测试，泄漏率不得超过启闭寿命试验前的2倍。

4.3.2 低温性能要求

4.3.2.1 整定压力

低温试验包括液氮温区和液氢温区试验。在试验温度下，对于整定压力 $\leq 0.5\text{MPa}$ 的安全阀，整定压力允许偏差为 $\pm 0.015\text{MPa}$ ；整定压力 $> 0.5\text{MPa}$ 的安全阀，整定压力允许偏差为 $\pm 3\%$ 。

4.3.2.2 密封性

密封试验压力为90%的整定压力，在试验温度下泄漏率不超过常温泄漏率的2倍。

4.4 材料

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 材料应符合国家或行业公认的标准要求，并与氢介质相容。

4.4.1.2 材料应不产生因物理过程和化学反应导致的破坏，如氢脆、应力腐蚀开裂、磨损、摩擦生热等。

4.4.1.3 直接与氢介质接触的材料，应满足从额定最低温度到 65°C 和预期使用压力范围内的正常使用要求。

4.4.1.4 安全阀内件材料的选择应避免在液氢环境下因操作引起的卡阻、咬合和擦伤等现象，其耐腐蚀性能应不低于承压壳体。

4.4.1.5 未列入国家或行业公认标准的材料，安全阀制造单位应通过制定内部标准，对化学成分和物理性能实施控制，以确保材料性能符合要求；应提供材料的氢兼容性试验报告，经买方批准或第三方评价后应用。

4.4.2 金属材料

4.4.2.1 承压部件所使用的金属材料应选用奥氏体不锈钢。材料的金相组织结构应稳定，防止在液氢温度下因材料相变引起零件变形，从而影响阀门的低温性能。

4.4.2.2 材料的化学成分和力学性能应符合相应标准的规定，直接与氢介质接触的奥氏体不锈钢镍含量要求应不低于10%或按采购技术协议要求。应按GB/T 13305进行铁素体含量测定，对于锻件、管材、棒材的铁素体测量值应不大于3%，对于铸件的铁素体测量值应不大于8%。主要零件推荐材料见本文件附录B的表B.1，或参考GB/T 24920-2010的附录B进行选择，材料的低温性能应满足本标准要求。

4.4.2.3 承压部件焊接前应按NB/T 47014的规定进行焊接工艺评定。

4.4.2.4 承压部件材料试样、焊接部位的母材以及焊接试样应进行 -196°C 的夏比V型缺口冲击试验；对于铸造的壳体或承压锻件，应同时浇铸随炉试样或在锻件中取样，并随铸/锻件进行热处理。1组（3个）标准试样的冲击吸收能平均值 $KV_2 \geq 70\text{J}$ ，最多允许一个试样的冲击吸收能低于规定值，但不应低于规定值的70%，侧向膨胀量 $\geq 0.76\text{mm}$ 。一组（3个）焊接标准试样冲击吸收能平均值 $KV_2 \geq 47\text{J}$ ，侧向膨胀量 $\geq 0.53\text{mm}$ 。

4.4.2.5 阀座、阀瓣等奥氏体不锈钢零件在精加工前应进行不少于2次的深冷处理。

4.4.2.6 铸件外观质量应按JB/T 7927的要求进行检查，表面质量符合A级规定。

4.4.2.7 阀门铸件的缺陷清除以及焊补修复应符合JB/T 7248的规定，承压件焊接后应进行热处理，并对补焊处进行100%的射线或超声检测；锻件材料不应焊补处理。如用户有特殊要求，可按采购技术协议规定执行。

4.4.3 非金属材料

4.4.3.1 非金属材料仅用于密封垫片和阀座/阀瓣密封环，应选用 PTFE 或 PCTFE 材质，或在氢环境下低温性能优于上述材料的非金属材料。

4.4.3.2 未列入国家或行业标准的非金属材料，制造单位应进行必要的试验，验证材料在液氢温区和介质环境下其性能满足要求；应提供材料的氢兼容性试验报告（或见证资料），经买方批准或第三方评价后方可应用。

4.5 无损检测

4.5.1 一般要求

承压部件应在热处理以及去除氧化皮后进行无损检测，要求如下：

- a) 壳体铸件、锻件应进行 100%渗透检测及射线或超声检测；
- b) 焊接部位，包括对焊阀门的对焊端部应进行 100%射线或超声检测。

4.5.2 射线检测

4.5.2.1 射线检测包括承压铸件、对接焊缝和焊接坡口。承压铸件的具体检测部位应符合 GB/T12224 的规定；

4.5.2.2 承压壳体铸件、承压焊缝的射线检测结果不低于 JB/T 6440 中 1 级的规定；对焊连接端壳体的连接端部射线检测符合 JB/T 6440 中 1 级的规定。

4.5.2.3 承压焊缝(如适用)的射线检测不低于 NB/T 47013.2 中 I 级的规定。

4.5.3 渗透检测

承压壳体的外表面、可达到的内表面应进行液体渗透检测，硬质合金密封面堆焊表面应进行 100%液体渗透检测，检验结果应符合 NB/T 47013.5 中 I 级的规定。

4.5.4 超声检测

锻造壳体应进行超声检测，检验结果应符合 JB/T 6903 中 1 级的规定。

5 检验和试验要求

5.1 安全提示

5.1.1 进行压力试验前，需要对试验用气体或液体压力系统的安全性进行评估。

5.1.2 进行低温性能试验前，需要对试验介质、试验系统、试验环境的安全性以及试验操作人员的安全防护进行评估。

5.2 标志检查

5.2.1 目视检查阀体、铭牌标志（如适用），检查内容包括：

- a) 壳体表面铸造、锻造或打印的标志内容；
- b) 铭牌标志内容。

5.2.2 阀体、铭牌标志应符合本文件第 7 款的规定。

5.3 壳体尺寸检查

5.3.1 使用计量合格的量具或仪器测量阀门的壳体壁厚和连接端口尺寸。

5.3.2 壳体壁厚尺寸检查结果应符合本文件 4.2.3.4 的规定；焊接端口尺寸应符合相应设计要求。

5.4 材料化学成分

主要承压件材料每批（指同炉号、同制造工艺、同热处理条件）应至少检验一次，检验结果应符合相应材料标准的规定。镍含量和铁素体含量应符合本文件 4.4.2.2 的规定。

5.5 材料力学性能

5.5.1 承压件材料每批（指同炉号、同制造工艺、同热处理条件）应至少进行一次力学性能检验。

5.5.2 力学性能试验方法和结果应符合相应材料标准的规定。

5.5.3 应按 GB/T 229 的规定进行低温夏比 V 型缺口冲击试验，试验结果应符合本文件 4.4.2.4 的规定。

5.6 常温性能试验

5.6.1 常温性能试验项目和要求

常温性能试验项目和要求按表 3 的规定。

5.6.2 壳体强度和液压静强度试验

5.6.2.1 壳体强度试验按 GB/T12241 规定进行。

5.6.2.2 壳体液压静强度试验在阀门所有试验项目完成后，按进口侧和排放侧分别进行。

5.6.2.3 强度试验和液压静强度试验过程中，应分解移除安全阀的内部零件，并且堵塞安全阀喉部；试验结果满足 4.3.1.1 要求。

5.6.3 阀门性能和机械特性试验

试验方法按 GB/T 12242 的规定，试验结果满足 GB/T12243 或 GB/T28778 及本文件规定。

5.6.4 密封性能试验

5.6.4.1 试验方法按 GB/T 12242 的规定进行。

5.6.4.2 试验介质为 99.9% 的干燥氮气时，在规定的时间内应无可见（或可测）的泄漏；试验介质为氦气时，气体纯度（体积分数）不低于 97%，泄漏检测设备应为灵敏度不低于 $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦质谱仪，也可用流量计或计泡法进行泄漏检测，结果满足 4.3.1.3 规定。

5.6.4.3 试验压力为 90% 的整定压力，检测部位为安全阀出口处。

5.6.5 逸散性试验

5.6.5.1 试验介质为纯度（体积分数）不低于 97% 的氦气，泄漏检测设备应为灵敏度不低于 $1 \times 10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的氦质谱仪，用正压法分别对各连接密封处或用总检漏法进行泄漏率检测，结果满足 4.3.1.6 规定。

5.6.5.2 试验压力为最大背压力，且不低于 0.6MPa，或按照采购技术协议要求。

5.6.6 启闭循环寿命试验

5.6.6.1 按照 GB/T 12242 的方法进行安全阀开启一回座动作试验，A 类阀门应进行至少 1000 次的开启一回座动作测试，B 类阀门应进行至少 20 次的开启一回座动作测试，测试过程中不允许对试验样品进行调整或更换零部件。

5.6.6.2 启闭循环寿命测试结束后按 5.6.4 的要求进行密封性能测试，结果满足 4.3.1.8 规定。

5.6.7 波纹管组件试验

波纹管组件应按照 JB/T 11150-2011 中 6.1 的要求进行强度、密封及氦气泄漏试验。

5.7 液氢温区低温性能试验

5.7.1 一般要求

5.7.1.1 低温试验的试验内容包括整定压力和密封性能；低温试验应在常温试验合格后进行。

5.7.1.2 试验前应保证安全阀内清洁，无油脂和水分。

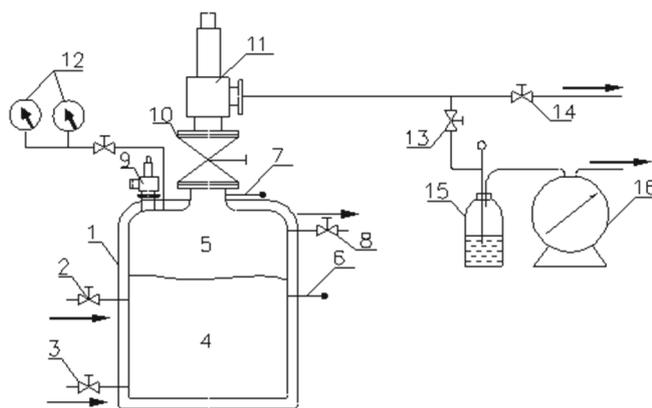
5.7.1.3 试验过程中应监测壳体的温度。

5.7.1.4 以液氢蒸发气为试验介质的低温试验宜在液氮试验合格后进行。需进行以液氮为试验介质的低温试验时，试验方法按照 GB/T 29026 规定。

5.7.2 试验系统

试验系统由增压和灌注及排放等管路、液氢介质储存容器和/或试验容器、测量和控制仪表、安全泄放装置等组成，见图1。试验设备应当符合以下要求：

- 试验容器的承压能力和容积应能保证被试阀门在其整定压力和超过压力下维持稳定，被试阀门的泄放介质温度，与相同压力下液氢平衡温度差不超过 30℃。
- 采用关闭截止阀进行被试阀的密封性能测试时，从截止阀到被试阀门之间的容积应不少于 10L。
- 试验系统上应装有两个规格相同的压力表，其中一个表的精度应不低于 0.5 级，压力表的量程为安全阀试验压力的 1.5~3.0 倍，压力表应在检定合格有效期内。
- 试验系统上应至少安装 2 个温度传感器，一个处于容器的氢液面下测量液氢温度，一个处于被试阀门入口附近，测量液氢蒸发气温度（即试验介质实际温度）。



说明：

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| 1——试验容器 | 6——液相温度测点 | 11——试验阀 |
| 2——液氢注入阀 | 7——气相温度测点 | 12——压力表 |
| 3——注气/排液阀 | 8——排放气阀 | 13/14——切换阀 |

- | | | |
|----------|--------------|---------|
| 4——液氢 | 9——安全泄放阀 | 15——记泡器 |
| 5——液氢蒸发气 | 10——截止阀（全口径） | 16——流量计 |

图1 液氢温区试验系统

5.7.3 试验流程

5.7.3.1 预冷

安全阀安装在试验容器上后，进行系统安全性检查和氮气置换，合格后进行预冷，预冷步骤如下：

- 预冷时用机械方法开启安全阀，宜使其达到全开高。
- 试验系统内连续通入液氢，对试验系统与阀门进行充分的冷却。
- 当试验容器内测得的气相温度不高于 -233°C （温升不超过 20°C ），且安全阀出口处测得的温度与试验容器内气相温度相差不大于 30°C 时，预冷结束。

5.7.3.2 整定压力试验

预冷结束后，解除安全阀的强制开启状态，进行整定压力试验。

- 通过调节增压气和排放气调整试验容器内介质压力，直至安全阀开启，停止增压，安全阀自动关闭。
- 安全阀在整定压力下应能顺利开启及正常关闭，关闭后应无可视或可听见的泄漏。
- 安全阀的整定压力试验应不少于3次，试验应连续进行，其整定压力偏差应符合4.3.2.1的规定。

5.7.3.3 密封性能试验

密封性能试验应在整定压力试验合格后进行，步骤如下：

- 用 0.2MPa 的氮气对安全阀出口侧内腔进行吹扫，清除残留氢介质。
- 在安全阀出口侧连接泄漏测试仪器。
- 控制试验容器内的压力为整定压力的90%，维持该压力进行泄漏率检测。
- 可选用流量计、记泡器进行泄漏检测。采用流量计测量时，流量计的标定介质应与测试介质相同。

注：在结果判断时应考虑温度对测量结果的影响。

5.7.4 低温试验后的处理与试验

5.7.4.1 低温介质试验后，须使用氮气对阀门内腔进行吹除。在阀门恢复环境温度后，在烘干箱内进行烘干，保温时间2小时，温度 $50^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。不排除用其他可证明能烘干的方式。

5.7.4.2 重复进行常温整定压力、机械特性、密封性能试验和逸散性试验。试验结果应符合4.3.1.2、4.3.1.3、4.3.1.4、4.3.1.6的规定。

5.8 防静电试验

对全新、干燥的阀门进行不少于5次的启闭操作循环后，使用不超过12V的直流电源对阀体、启闭件和阀杆等各部件间进行电阻测量，测量结果应符合4.2.6的要求。

5.9 清洁度检查

与氢介质接触的零件在装配前应进行脱脂、烘干处理，脱脂处理及检验应符合HG 20202的规定。

5.10 振动和冲击试验

5.10.1 振动试验

5.10.1.1 振动试验宜按照 GB/T 2423.10 的要求进行，对阀门安装位置的前后、左右、上下的正交三方向施加振动，方向顺序任意。用户有特殊要求的按采购技术协议。

5.10.1.2 阀门在振动试验机上的安装，原则上应采用与阀门正常工作时相近似的安装方法和安装位置，且阀门应处于关闭状态。

5.10.1.3 首先进行扫频振动试验，检测并记录每个振动方向有无共振频率，随后进行耐久性振动试验。

5.10.1.4 振动试验要求应符合表 1 规定，有特殊要求的按订货技术协议。

表1 振动试验参数

扫频振动试验				耐久性振动试验				
频率范围	幅值或加速度	扫频循环次数	扫频循环持续时间	无共振				有共振
				频率范围	幅值或加速度	扫频循环次数	扫频循环持续时间	每个共振频率每个轴向的振动持续时间
10 Hz ~ 500 Hz	0.35 mm 或 50 m/s ²	1 次	2 小时	10 Hz ~ 500 Hz	0.35 mm 或 50 m/s ²	10 次	每次 2 小时	10 小时

5.10.2 冲击试验

5.10.2.1 抗冲击试验宜按照 GB/T 2423.5 规定的方法进行，对阀门安装位置的前后、左右、上下的正交三方向施加冲击，冲击次数各为 10000 次。

5.10.2.2 阀门在冲击试验机上的安装，原则上应采用与阀门正常工作时相近似的安装方法和安装位置，且阀门应处于关闭状态。

5.10.2.3 冲击试验参数应符合表 2 规定，有特殊要求的按订货技术协议。

表2 抗冲击试验参数

加速度波形		持续时间	每个方向上的冲击次数	波形
100 m/s ²	10 g _n	16 ms	10000 次	半正弦 或后峰锯齿 或梯形

5.10.3 振动和冲击后的试验

振动和抗冲击试验后，分别按5.6.3、5.6.4、5.6.5的规定进行常温动作性能、机械特性、密封性能和逸散性试验，试验结果符合4.3.1.2、4.3.1.3、4.3.1.4、4.3.1.6规定。

5.11 无损检测

5.11.1 射线检测

射线检测按JB/T 6440及NB/T47013.2的规定进行。检验结果应符合4.5.2的要求。

5.11.2 渗透检测

密封堆焊面的渗透检测按GB/T 22652的规定进行，其他部位按NB/T 47013.5的规定进行。检验结果应符合4.5.3的要求。

5.11.3 超声检测

超声检测按JB/T 6903的规定进行，检测结果应符合4.5.4的要求。

6 检验和试验

6.1 检验项目和技术要求

安全阀的检验分为出厂检验和型式检验，检验和试验项目及技术要求按表3的规定。

表3 检验项目、检验和试验要求

检验项目		检验类别		技术要求	检验和试验方法	
		出厂检验	型式试验			
标志		√	√	7	5.2	
承压件壁厚		√	√	4.2.3.4	5.3	
承压件材料	化学成分	△	√	4.4.2.2	5.4	
	力学性能	△	√	4.4.2.2	5.5	
	低温冲击试验	△	√	4.4.2.4	5.5.3	
常温性能试验	壳体强度	√	√	4.3.1.1	5.6.2	
	动作性能	整定压力	√	√	4.3.1.2	5.6.3
		排放压力	—	√	4.3.1.2	5.6.3
		启闭压差	—	√	4.3.1.2	5.6.3
		开启高度	—	√*	4.3.1.2	5.6.3
		机械特能	—	√	4.3.1.4	5.6.2.4
	密封性能	√	√	4.3.1.3	5.6.4	
	排量	—	√	4.3.1.5	5.6.3	
	逸散性	√	√	4.3.1.6	5.6.5	
	启闭循环寿命	—	√	4.3.1.7	5.6.5.1	
	启闭循环后的密封性能	—	√	4.3.1.8	5.6.5.2	
	液压静强度	—	√	4.3.3.1	5.6.2	
	波纹管组件	—	√	4.2.7	5.6.7	
低温性能试验	整定压力	—*	√	4.3.2.1	5.7.3.2	
	密封性能	—*	√	4.3.2.2	5.7.3.3	
防静电试验		△	√	4.2.6	5.8	
清洁度检查		√	√	4.1.4	5.9	
振动和冲击试验		—	√	4.2.8	5.10	
无损检测		**	√	4.5	5.11	
注：“√”为检验项目；“△”为每批至少检验一次；“√*”直接载荷式可测；“**”为订货有要求时按订货技术协议要求项目检验；“—”为不检验项目；“—*”为选做项，以液氮介质进行试验。						

6.2 出厂检验

6.2.1 阀门应按表3规定逐台进行出厂检验，检验合格后按GB/T12241和GB/T40011的规定分别对主阀和导阀进行保护和铅封；

6.2.2 应为每台产品出具合格证，宜根据订货技术协议或TSG ZF001-2006要求提供必要的证明材料，如材质检验单、强度试验报告等。

6.3 型式试验

6.3.1 有下列情况之一时，应按表 3 规定进行型式试验，试验合格后方可生产。

- a) 新产品试制定型；
- b) 正式生产后，如产品的结构、材料、制造工艺有较大改变可能影响产品性能；
- c) 用户要求、特种设备制造许可要求或其他有要求的情况。

6.3.2 型式试验样品的抽样可在生产线的终端、在经出厂检验合格的产品中随机抽取，也可在产品成品库中随机抽取；依据 TSGZF001-2006 D3 规定，抽样数量应不少于 2 台。

7 标志

7.1 一般要求

阀门标志应完整、清楚、正确。

7.2 阀体标志

阀体标记应符合GB/T 12241规定。

7.3 铭牌标志

固定于安全阀上的铭牌，除应包括GB/T 12241规定的内容外，还应包括以下内容：

- a) 安全阀制造许可证编号和标志；
- b) 阀门所设计的极限工作温度(或额定最低温度)，单位为℃或 K；
- c) 最大允许工作压力 MAWP，单位为 MPa；
- d) 制造厂名（或商标）、产品名称。

8 涂漆、包装、运输和储存

8.1 阀门不得涂漆，阀门内部的金属表面严禁喷涂任何防锈层。

8.2 包装、运输和储存应按 JB/T 7928 的规定，应采取适当的保护措施，以防止在包装、运输、存放过程中污染物进入安全阀内，避免外部暴露于盐雾或大气中而受到氯离子腐蚀。

A. 2. 1 安全泄压装置系统配置

图A. 1为一标准液氢容器安全泄压装置系统配置示意。安全泄压管线从容器上部气相空间引出，经容器保温层和外部管线与安全泄压装置相连，安全泄压装置由1台三通切换阀、2组爆破片和2台安全阀构成，泄放的介质经管线排放到安全空间。

A. 2. 2 安全阀尺寸设计（选型）的相关参数

根据A. 1给出的工况条件和图A. 1的管线配置，在安全阀尺寸设计（选型）中应考虑以下情况：安全阀各工况条件和相关参数；安全阀入口温度和压力；安全阀出口温度和背压；介质物性随温度的变化；流动状态（临界还是超临界介质）等。

附录 B

(资料性)

阀门主要零件金属材料推荐牌号

B.1 阀门主要零件的金属材料推荐牌号

安全阀金属零部件推荐材料见表B.1，也可参照T/CATS105006-2021《固定真空绝热液氢压力容器专项技术要求》的推荐进行相关材料的选择。

表B.1 阀门主要零件推荐材料

零件名称	材料类型	材料标准	推荐材料牌号
阀体、阀盖、阀瓣、阀座、阀杆	奥氏体不锈钢铸件	JB/T 7248	CF8M、CF3M
	奥氏体不锈钢锻件	NB/T 47010	S31608 S31603
	奥氏体不锈钢棒料	GB/T 1220	S31608 S31603
螺栓	奥氏体不锈钢	GB/T 3098.6	A5-80
螺母	奥氏体不锈钢	GB/T 3098.15	A5-80

参 考 文 献

- [1] TSG ZF001-2006 安全阀安全技术监察规程
 - [2] ISO 21013-1-2008 Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service Part 1:
Reclosable pressure-relief valves.
 - [3] ISO 21013-3-2016 Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service Part 3: Sizing and capacity determination.
 - [4] CGA H3-2006 Cryogenic hydrogen storage (first edition)
 - [5] T/CATSI05006-2021固定真空绝热液氢压力容器专项技术要求
 - [6] T/CGMA 0405-2022 氢用低温阀门 通用试验方法
 - [7] T/CGMA 0406-2022 高压氢气阀门安全要求与测试方法
 - [8] T/CGMA 0407-2022 氢用低温阀门 通用技术规范
-