

# 团体标准 T/CATSI 0500\*—2022

## 《移动式真空绝热液氢压力容器专项技术要求》

### 编制说明

#### 一、工作简况

##### 1.1 编制背景

随着我国氢能市场的快速发展，我国已是汽车用氢气加氢站数量最多的国家。全国多地正在酝酿和兴建氢气液化工厂，为我国氢能汽车行业以及氢能工业应用提供高能密度的液氢能源。液氢是比较经济和高效的氢能储存方式，受到装备制造企业和相关企业的广泛关注。2021 年我会颁布了 T/CATSI 05006-2021《固定式真空绝热液氢压力容器专项技术要求》并实施，规定了固定式液氢容器材料、设计、制造、检验与试验等方面的专项技术要求。但是，移动式液氢容器标准仍处于缺失状态，国外可借鉴的标准也比较少，为了解决移动液氢装备制造行业标准缺失问题，有必要制定移动式液氢储运容器相关标准。为此，中国技术监督情报协会危化品储运装备技术与信息化工作委员会（简称“储工委”）着手开展该项团体标准的制定工作。

移动式液氢容器与移动式真空绝热深冷压力容器相比较，有共性也有不同点。NB/T47058、NB/T47059 的主体要求和内容，可以在本标准中应用。液氢具有分子量小、标准沸点低至-253℃、易燃易爆等特点，T/CATSI 05006 的专项技术要求很多可以参考。但是，移动式液氢容器有其特殊性，有必要针对这些特殊性制定特殊要求，以确保产品的安全、功能与性能。本团标针对这些特点制定了移动液氢容器的专项技术要求。

本标准由中国技术监督情报协会危化品储运装备技术与信息化工作委员会提出并归口。

##### 1.2 主要工作过程

本团体标准项目于 2021 年 3 月形成项目建议书，经储工委专家评审，于 2021 年 8 月底通过立项并进行了公示正式。2022 年 7 月 29 日，储工委完成了标准编制工作组的组建工作。标准主要起草单位为南通中集能源装备有限公司，项目计划周期 18 个月。

**起草阶段：**2022 年，储工委秘书处联合标准主要起草单位开展了标准草案的编制工作，经过多轮讨论和整理，于 2022 年 7 月形成了标准草案。2022 年 7 月 29 日，储工委秘书处组织召开了《移动式真空绝热液氢压力容器专项技术要求》团体标准首次工作会议，宣布了标准工作组名单，并结合工作组专家预先反馈的意见对标准草案进行了讨论。

2022 年 8~9 月，标准主要起草单位联合主要编制专家代表，对移动液氢容器关键的安全技术指标与要求进行了重点讨论，完善了相关技术内容的编制方案和内容，形成了标准征求意见稿。

**征求意见阶段：**2022 年 9 月 8 日，储工委秘书处发出通知，开始对《固定式真空绝热液氢压力容器专项技术要求》团体标准在全国范围内征求行业相关企业和专家的意见，并在中国技术监督情报协会危化品储运装备技术与信息化工作委员会网站上进行公开征求意见。

.....

##### 1.3 主要起草单位

本标准的主要起草单位包括：南通中集能源装备有限公司、空气化工产品（中国）投资有限公司、上海市气体工业协会、中国特种设备检测研究院、江苏省特种设备检测研究院张家港分院、张家港中集圣达因低温装备有限公司、查特深冷工程系统(常州)有限公司、液化空气工程制造（烟台）有限公司、林德（中国）投资有限公司等，共 19 家单位。

## 二、 标准修订原则和主要依据

### 2.1 制定原则

本团标的编写参考了国内外与液氢容器以及移动式压力容器有关的法规、标准及文献资料，结合美国、欧洲等世界先进国家在过去将近五十年里液氢容器的制造经验，并基于理论分析和试验研究，力求本标准的制定符合我国特种设备的安全技术规范的基本技术要求，对移动式真空绝热液氢压力容器可能存在的失效和风险，提出相关专项技术要求。

### 2.2 主要依据

液氢相关技术研究及标准制定工作在欧美已经得到广泛开展，在欧美技术标准中，与移动式液氢容器相关的技术规范，主要由 DOT、CGA、NFPA、ISO、EN 及 ASME 等标准化组织完成。

美国压缩气体协会（CGA）于 2005 年 6 月专门成立了氢技术委员会，致力于氢气、液氢、吸附氢在运输、操作、存储以及使用过程中的安全与技术的研究工作。成立以来，该委员会已经完成了十余个相关标准的编制，其中 CGA H-3 《Standard for Cryogenic Hydrogen Storage》对固定式液氢容器的安全、设计、制造、检验、试验等方面规定相关技术要求。

我会在 2021 年发布 T/CATSI 05006-2021《固定式真空绝热液氢压力容器专项技术要求》，对固定式真空绝热液氢压力容器的材料、设计、制造、检验与试验等方面提出了专项技术要求。

美国联邦交通运输部（CFR49）运输部分相关章节涉及到液氢等低温液体的运输，其中 173.318 关于深冷液体货物，178.277 关于移动式冷冻液化气体运输容器的设计、建造、检验和试验要求。

同样，ASME BPVC.VIII-1:2021《ASME 锅炉和压力容器规范 第 8 卷 第 1 分册 压力容器构造规则》以及 ISO 21028-1: 2016《低温容器 材料的低温韧性要求 第一部分：温度-80℃以下》等标准，规定了最低设计金属温度低于-196℃的材料及焊接接头的冲击性能指标要求。

在团标编制过程中，我们注意和采纳上述技术规范的相关技术要求和规定。

## 三、 团标主要编制内容说明

### 第 1 章 范围

1、 本标准是移动式真空绝热液氢压力容器的专项技术要求，规定了移动式真空绝热液氢压力容器的材料、设计、制造、检验与试验等方面的基本安全技术要求。但是，本标准没有必要、也不可能囊括适用范围内移动式真空绝热液氢压力容器的所有技术细节，也不能作为具体产品建造及使用的技术手册，亦不能替代培训、工程经验和工程评价。

2、 适用范围主要内容确定说明如下：

1) 1.1 移动式低温压力容器目前主要有铁路罐车、汽车罐车和罐式集装箱，鉴于低温铁路罐车应用较少，应用范围特殊，且多式联运的液氢罐箱应用案例较少，在国内推广应用的条件不成熟，因此本标准仅限于汽车罐车和道路运输的罐式集装箱。

2) 1.2 a) 液氢临界压力为 1.207MPa, 结合目前国外移动液氢容器普遍的压力取值, 通常在 150-175psi (1.035-1.207MPa), 规定内容器设计压力不小于 1.0MPa, 且不大于 1.2MPa。

b) 为防止恶性竞争带来的容积极限化设计, 综合考虑移动液氢容器外形尺寸及运输限制, 结合我国具体的道路运输标准要求, 参照三轴半挂车 13750mm 长度限制要求, 考虑到后下部防护装置外端面与罐体后封头以及所有与罐体后部连接的附件外端面的垂直投影距离不得小于 300mm, 假设操作箱长度 800mm, 则可计算得出罐体外容器的总长度不大于  $13750-300-800=12650\text{mm}$ 。罐体的内外罐体纵向间距为 550mm, 则内容器的总长取  $12650-550=12100\text{mm}$ , 内容器外径取 2304mm (内直径取 2280mm), 筒节长度取 10800mm, 计算得罐体得几何容积为  $47.45\text{m}^3$ , 绝热被的厚度为 40mm, 加强圈的高度为 40mm, 加强圈与绝热被的间隙一般为 25mm, 故容器外直径取  $2304+2\times(6+40+40+25)=2526\text{mm}$ 。根据新移动容规限容编制原则, 考虑 5-10% 的容积安全裕度, 取移动液氢容器最大容积为  $47.45\times 0.95=45\text{m}^3$ 。此容积核算是针对管路系统主要布置在后端的罐车计算得来, 对于管路系统可能布置在罐体中部的罐车以及罐体侧部的罐箱, 容积可以进一步做大, 经过核算并留有一定的容积安全裕度, 结合容器最大要求不超过  $50\text{m}^3$ 。

另外参考欧美相关企业的制造经验, 发现实际上很少制造  $15\text{m}^3$  以下移动液氢容器。同时考虑到容器容积越小低温绝热性能越难以保证, 因此要求几何容积不小于  $15\text{m}^3$ 。

c) 国外移动液氢容器主要都是高真空多层绝热, 虽然也有多屏绝热以及粉末绝热的应用案例, 但考虑我国目前民用液氢储运刚处于起步阶段, 缺乏相应的工程经验, 因此标准规定仅适用于高真空多层绝热的容器。

3) 1.3 f) 对于多式联运的液氢罐箱, 在全球范围内除了航天军工使用, 民用罐箱多式联运液氢的案例较少, 缺乏相应的工程经验, 因此多式联运的罐箱也不在现阶段标准范围内。

### 第 3 章 术语、定义和符号

首先明确 GB/T 150、GB/T 18442 界定的术语和定义适用于本标准, 新增测试维持时间、维持时间、单程运输时间和运输压力控制阀的术语与定义。其他相应的术语和定义说明如下:

#### 1、3.1.3 测试维持时间

参照 GB/T18443.7 的定义进行规定, 但移动液氢容器限压有特殊规定, 因此规定维持时间的终点为初级运输压力控制阀的动作压力。

#### 2、3.1.4 维持时间

测试维持时间换算为标准状态下的维持时间。

#### 3、单程运输时间

DOT CFR Title 4-173.318 中规定, 在移动液氢容器罐体上标示出在规定的压力区间内的运输维持时间, 在使用过程中每次都需要进行记录, 保证整个运输周期不超过单程运输时间。

DOT 中 CFR49 173.318 中提出了“单程运输时间 (OWTT)”的概念, 表示要运输的易燃低温液体的单程运输时间, 以小时为单位。在一个或者多个地方卸载的必须有附加标记“单程运输时间\_小时。\_psi 至 \_psi at \_% 填充密度”, 第二个空白填充部分为卸载后存在的压力, 第三个空白填充压力控制阀设定的排放压力, 填充密度按照 173.318 表格中规定。允许对不同的压力水平使用多个 OWTT 标记。

OWTT 是基于罐体内运输的液氢额定维持时间 (MRHT) 来确定的, MRHT 转换为 OWTT 以如下方式进行:

对于  $MRHT \leq 72h$  的罐体,  $OWTT = (MRHT - 24) / 2$

对于  $MRHT > 72h$  的罐体,  $OWTT = MRHT - 48$

每辆用于运输易燃低温液体的移动容器必须在每次装运后进行检查, 以确定其实际维持时间。如果检查表明实际维持时间 (换算平均环境温度下) 小于标记的额定维持时间 (MRHT) 的 90% 时, 在罐体恢复到其标记的额定维持时间值或用实际维持时间重新标记之前, 不得重新充装任何易燃低温液体。

参照 DOT 中规定, 结合我国实际使用情况, 重新定义单程运输时间, 即从初始运输状态至选定的运输压力控制阀动作, 所允许的最长预计运输时间, 单位为小时 (h)

#### 4、运输压力控制阀

移动液氢容器最大的风险之一是液体胀罐导致的液体排放, 为了防止这一风险, 规定移动液氢容器在道路运输过程中, 防止内容器因压力升高后液体膨胀至超过最大允许充满率可能造成的风险而设置的控制阀门。

### 第 4 章 通用要求

通用要求基本同 T/CATSI 05006 的要求, 针对移动式液氢容器设计委托方的设计条件参照大《移动容规》提出了更为详细的要求。

### 第 5 章 材料

1、主材部分参照 T/CATSI 05006 进行规定。

2、5.2.2 外壳用钢板

规定外壳如用低合金钢板, 则应进行  $-40^{\circ}\text{C}$  冲击试验。

3、5.9 吸附剂材料

删除了氧化钡作为吸附剂的规定。本标准并不排斥其它吸附剂材料应用于液氢容器, 但基本原则应满足液氢条件下的使用要求。

4、5.11.1 考虑液化天然气为燃料的气瓶存在自动排气、泄漏等潜在风险, 且车头占用空间较大。因此规定移动液氢容器不应使用以液化天然气为燃料的定型底盘和牵引车。根据 LNG 罐车事故统计, 道路运输事故主要是追尾和侧翻, 其中侧翻比例占一大半, 因此规定应选用配备防侧翻稳定系统的定型底盘、半挂车行走机构及罐箱运输底盘。

5、5.11.2 明确了电气设备和电气控制元件的防爆要求。

### 第 6 章 设计

1、6.1.5 参照大移动容规修订原则, 规定后下部防护装置外端面与罐体后封头及所有与罐体后部连接的附件外端面的垂直投影距离应不小于 300mm。

2、6.1.6 对于罐箱, 规定后下部防护装置外端面与液氢罐箱端框外侧的垂直投影距离应不小于 300mm, 因此使用液氢罐箱时需考虑配套运输底盘满足此要求。

3、 6.1.7 当管路系统等附件布置在罐体两侧时，需设置相应的防护装置，防护罐体侧翻时对内部部件造成的损坏。

4、 6.7 考虑移动液氢容器道路运输风险性更大，规定内容器应采用 Rp0.2 来确定材料的许用应力值。

5、 6.9.2 参照大移动容规修订原则，规定罐体封头最小成形厚度不低于筒体最小成形厚度。

#### 6、 6.10 充满率

考虑到液氢吸热膨胀以及可能存在的极端工况，本条规定液氢容器在任何情况下最大充满率不超过 95%，以确保留有一定的安全空间，与《移动容规》一致。

为控制运输过程中的最大充满率不超过 95%以及防止残液汽化等工况导致罐体主安全阀的异常动作，移动液氢容器应设置运输压力控制阀。运输压力控制阀的设定压力与最大允许初始充满率为一一对应关系，最大允许初始充满率的值为罐内达到控制阀设定压力时液体体积不超过 95%。考虑移动式液氢容器会多地运输卸液，当存在多点卸液工况时，应根据需要增设一个或多个不同设定压力的运输压力控制阀

参照国外运营经验，移动液氢容器卸液后罐内会留有一定的液氢来维持罐内低温，减少再预冷带来的成本增加。因此运输压力控制设置需要考虑防止残液汽化工况带来的主安全阀频繁起跳。

DOT 713.318 中对液氢的充装按照单位容积充装量来规定的，道路运输压力控制阀不同设定压力对应不同的单位容积充装量：

最大设定排放压力 psi	最大允许填充密度（重量百分比）
13	6.6
15	6.6
17	6.6
30	6.3
50	6.0
70	5.7
100	5.4
125	5.0
150	4.5

我国现有标准对冷冻液化气体的充满率都以体积百分比为规定，未使用单位容积充装量的概念，因此规定道路运输压力控制阀的设定压力与最大初始充满率所对应。

7、 6.11 真空绝热性能指标：对于移动式液氢容器，最重要的真空绝热性能指标即是维持时间，鉴于国内外没有针对移动液氢容器的静态蒸发率指标，以及缺乏相应的工程经验，因此对液氢蒸发率指标不做规定，仅规定维持时间的指标。

参照国外经验，初始充装 90%的液氢容器，体积膨胀到 95%的合格指标为 8 天，考虑 48h 的安

全余量，要求标示维持时间为 6 天。鉴于我国国内设计制造液氢容器缺乏经验，要求从初始压力到初级运输压力控制阀动作压力的维持时间指标最小为 7 天。

参照国外运营要求，移动液氢容器应在罐体或操作箱上标明单程运输时间的数值，此数值为移动液氢容器在指定压力区间运输的最长时间。从初始压力至初级运输压力控制阀动作的单程运输时间数值应不大于维持时间减去 48h 且不小于 5 天。

8、 6.12 罐体夹层的真空性能：参照 NB/T47058、NB/T47059 要求。

9、 6.14 耐压试验：规定耐压试验不低于液压试验的最低值，即压力试验最小取 1.3 倍。

10、 6.16.2.6 考虑移动容器运输过程中发生碰撞、侧翻的概率比较大，因此规定外壳最小名义厚度为 6mm。根据 CGA H-3 第 8.2 章节，外壳最小厚度为 6.35mm，本标准规定最小名义厚度为 6mm。

11、 6.16.2.7 移动液氢容器管路设置集中，且长期运输经受震动颠簸，发生泄漏概率较大。因此规定外壳上主要管路引出位置的筒体和封头应采用奥氏体型不锈钢材料。当外壳为碳钢材料时，除仪表管线外的所有夹层管路穿过外壳处均应设置奥氏体型不锈钢材质的过渡连接结构。

12、 6.16.2.10 液氢密度较小，参照 ADR 以及 IMDG 等国际规范，可以不设置防波板。

13、 6.16.3 液氢装卸口的设置参照 NB/T47058、NB/T47059 中对于易燃易爆介质的要求。

14、 6.16.4 夹层支撑设计参照 NB/T47058、NB/T47059 中要求。

15、 6.17 管路系统设计

本条针对移动液氢容器的使用功能，要求设置超压泄放管路、排气系统、底部进出液管路、增压管路、气体平衡管路、溢流管路、液位与压力测量等管路和附件，以满足泄压、放空、进出液、增压、回气、溢流、液位测量、压力测量等使用要求。

根据国外使用经验，移动液氢容器通常不设置顶部进液管路，如需设置，设计者需充分考虑设置的必要性及安全性。

#### 1) 6.17.3 管内介质流速

液氢容器管路的尺寸选择应充分考虑介质流速过快而导致的安全风险，这是因为如果管径足够大，则可降低液氢流速，减小液氢与固态氧等颗粒的摩擦，降低爆炸的风险。由于不同标准中对于介质流速的规定差异很大，所以该条参照 T/CATSI 05006—2021 液氢容器团标的第 6.17.3 条，仅作出原则性规定，具体流速指标由设计人员根据实际情况确定。

#### 2) 6.17.4 内部管路和夹层管路

容器装卸、储存及使用液氢过程中，温度会产生较大变化，内容器和管路的冷缩会导致应力产生；液氢流动产生的颤动会产生应力；容器在运输过程中的振动也会导致应力的变化。因此，规定管路应进行柔性设计，充分考虑这些因素的影响，必要时应设置补偿装置。

内部管路一旦泄漏可能会导致残液过多、放空时夹杂液体等问题，故本条规定内部管路各元件之间宜采用对接焊接结构，且如果内部管路里存在死区，可能导致固空颗粒积聚，带来爆炸风险，因此规定其结构不应形成死区。

夹层管路一旦泄漏会破坏容器真空且难以修复，故本条规定夹层管路受压元件之间的连接只允

许使用对接焊接方式，所有可拆卸的方式均不可使用，另外，膨胀节及软管等在交变应力下变形较大，也不可使用。

### 3) 6.17.5 外部管路

本章节部分条款参照了 NB/T 47058—2017 及 NB/T 47059—2017 的要求，其余引入了 T/CATSI 05006—2021 第 6.17.5 条的部分内容。部分条文说明如下：

6.17.5.4 条：介质中的杂质可能会停留在阀门的密封面上，损坏其密封功能，影响其正常运行，因此规定必要时可以在阀门前端设置过滤器，清除流体中固体杂质。通常，调压阀的前端需设置过滤器。

6.17.5.6 条：因为低温阀门的特殊结构，低温阀门在安装时，其阀杆方向宜在垂直向上的 45° 角度范围内，且尽量避免安装在竖直管路上。

6.17.5.8 条、6.17.5.9 条：管路中的外部管路与夹层管路之间，外部管路的管子之间、管子与管件之间的连接方式从安全角度考虑应采用焊接方式；管路与阀门、仪表等元件之间的连接方式一般取决于阀门元件的设计，包括焊接、螺纹连接、卡套接头、法兰连接等。在条件许可的情况下，此类连接仍应尽量采用焊接形式。等壁厚全截面焊透的对接接头是管路焊接的最优方式，也在工程实践中广泛采用，因此规定管路中如采用焊接结构时，应尽量采用此形式，以确保安全。

6.17.5.15 条：氢属于易燃易爆介质，充装时溢流管路若是溢出液氢则其超低的温度会液化空气中的氧气，在附近形成富氧环境，且液体直接喷出会快速吸热汽化产生易爆云团，易发生危险。因此本条要求溢流口的设计应确保介质不会直接喷出；也不允许通过直接观察溢流管路流出介质是气态还是液态的方法来判定是否充满。

6.17.5.10 条：液氢的沸点为-253℃，当存有液氢的管路裸露在空气中会将附近的空气液化，滴落到罐体、支座、底盘、行走机构、集装箱框架等部位会对容器、车体或罐箱附件、底盘、行走机构、框架等造成伤害，而且因占空比、大气条件等因素的限制，裸露的管路可能会结冰。因此，规定所有裸露的管路应与上述部件保留足够的间距。

6.17.5.11 条：在操作过程中，正常运行的热态控制元件和仪表应与冷态控制元件和仪表分开，以防止热态管路组件被在运行期间积聚在冷态管路上的冰霜包裹，热态管路包括超压泄放管路、仪表管路和溢流管路。因此规定了超压泄放装置及其管路、测量仪表及其管路和溢流管路应与液相管路及在操作过程中可能变冷结霜的管路间保持足够的间距。

6.17.5.12 条：为了避免危害的发生，规定了液氢或冷氢气的出口和排放方向，其周边及可能产生液化空气滴落的地方，应设有防护装置或警示标志。

6.17.5.17 条：集中排放管路和排放管路的长度过大或直径过小均会在管路内部产生较大背压，不利于气体的快速排放，尽可能的减少管路的长度与内径之比可以有效降低管路产生的背压，且管径需要满足泄放要求。

氢气易燃易爆，禁止直接排放，所有排放管路均需汇流到集中排放管路上，当多个管路连接到

集中排放管时，有可能会产生相互影响，尤其是维修或更换阀门时，因此可设计多根集中排放管，避免此类影响。

空气中的湿气会被排放出来的氢气冻结形成冷凝水，积聚在集中排放管内部，应考虑将水排出，因此需在集中排放管的底部设置积水罐和排水管。排水管应定期排水，防止雪和雨水堵塞排水管的出口。

6.17.5.18 条：液氢的超低温决定了除氦以外几乎所有气体都会被其凝固，凝固的气体会堵塞有限空间或小孔，当空气或氧在液氢中冷凝或冷冻时，有发生爆炸的潜在危险，因此规定外部管路应设置吹扫置换接口，其位置应避免形成死区。

6.17.5.19 条：空气或氮气的液化温度高于氢气，接触到液氢后存在被液化的风险，因此规定应采取措施，使得控制用气的气管远离冷源，保证控制用气不被液化。

## 第 7 章 安全附件、仪表及装卸附件

1、 7.1.7 规定移动液氢容器罐体、管路及操作箱内部不应使用变送器或者电气控制元件。

2、 7.2 内容器超压泄放装置

为了确保液氢容器的安全运行并尽可能的增大容器的安全系数，本条规定了超压泄放装置的数量配置要求。为了增大安全系数，本条规定任何情况下至少有两个超压泄放装置与内容器保持连通。

CGA H-3—2019 第 10.1 条和 GB/T18442.6 第 4.2.1 条对辅助安全泄放装置的选择则有所不同：GB/T 18442.6 明确规定易燃介质应选用安全阀。而 ISO 21009-1 则明确要求使用爆破片；CGA H-3 则两者皆可。

本条沿用了 CGA 的相关规定，允许使用安全阀或爆破片装置作为辅助安全泄放装置，这与 GB/T 18442.6 中的易燃易爆介质只能使用安全阀的规定不一致。主要考虑如下：辅助泄放装置主要考虑在火灾条件下容器超压情况下介质的有规律地快速有序排放，同时应考虑在非火灾条件下应避免提前起跳。因此，需要首先考虑火灾条件下的安全性，并同时兼顾到保证容器的功能与性能不致丧失以及确保安全条件下的经济性。

爆破片装置爆破压力设定：ASME 标准中爆破片装置的爆破压力以容器的 MAWP 为基准，而 GB 标准中爆破片装置的爆破压力以容器的设计压力为基准，为了与 GB 标准体系保持一致，统一取容器的设计压力作为爆破片装置的爆破压力的基准，规定作为辅助泄放装置的爆破片装置在 427℃ 时的爆破压力应不大于内容器设计压力的 1.16 倍，同时，其在 20℃ 下爆破压力不大于内容器设计压力的 1.30 倍，即内容器液压试验压力。”

3、 CGA S-1.3 标准中的安全泄放量计算方法及所需考虑的工况均适用于氢介质，故规定内容器的安全泄放量计算按 CGA S-1.3 进行。

4、 7.2.8 增加工况 d、e，考虑绝热系统结构完好或部分完好，真空已丧失，夹层充满空气，且夹层内发生空气或氮气冷凝以及外部遭遇火灾的工况。每种工况以及可能发生的各种组合工况都应进行考虑。



5、 7.6 规定运输压力控制阀可采用调压阀，同时正常运输过程中，选定的运输压力控制阀应处于开启状态。

6、 7.8.2 结合国外应用案例，规定移动液氢容器至少设置 3 个压力测量装置，分别设置在罐体前端、操作箱前端以及操作箱后端压力表，罐体前端压力表应方便司机随时观察罐内压力，操作箱的两块压力表应方便从操作箱前部与后部直接观察到罐内压力。

7、 7.8.3 规定液位计应使用机械指针式差压液位计。

## 第 8 章 制造

### 1、 材料复验

对于应用于液氢温区下的材料提出了复验要求，原因如下：

用于制造内容器受压元件及与氢接触的受压管路材料之所以采用液氢容器专用钢材（包括钢板、钢管、钢锻件），主要是为了满足奥氏体稳定性要求及解决低温下马氏体析出问题。液氢容器专用钢材的化学成分和力学性能指标较为特殊，有必要对其进行复验以确保其能满足使用工况。

对管件而言，一般无法对材料进行复验，原因是不能对管件本体进行破坏，因此规定对与氢接触的受压管件，需审查原厂材料质量证明书。

为了满足液氢的使用工况，液氢容器对于焊材也有着特殊要求，因此同样需要对焊材进行复验。

参考 GB/T150.4 第 5.1.1 b) 及 e) 条，规定“不能确定质量证明书的真实性或者对性能和化学成分有怀疑的受压元件材料”及“设计文件要求进行复验的材料”也许进行复验。

### 2、 冷、热加工成型与组装

CGA H-3—2019 第 7.2 条规定内容器封头在冷成型后应做固溶处理。GB 150.4 第 8.1.1 条表 4 注 a 也规定奥氏体不锈钢变形率超过 10%，应进行相应的热处理恢复材料的性能。固溶化处理，其铁素体测量值会大大降低，根据工程经验，小于 5% 可以做到，且也满足容器的安全要求。基于上述原因，本条规定封头成形后应进行固溶化处理，处理后铁素体测量值 $\leq 5\%$ 。

在弯曲、旋压、锻造等冷加工过程中，奥氏体不锈钢会形成马氏体。马氏体含量较高时材料塑性降低，韧性下降，在液氢工况下会造成开裂的风险。根据国外多年制造液氢储罐的经验和对材料的深入研究，控制不锈钢钢管铁素体含量低于 10% 既可有效避免出现开裂等失效情况。

为有效控制钢管加工成型过程中的铁素体含量，确保产品在液氢工况下的安全，适当提高了要求，规定控制铁素体测量值 $\leq 5\%$ ，当超过 5% 时应进行固溶处理。

### 3、 8.4.5.3 焊接工艺评定

按 8.4.2 条试验合格已可确保焊接参数能满足液氢容器的制造要求，本标准已经要求焊材在液氢温度下进行复验，同时要求焊接工艺评定分别在 $-196^{\circ}\text{C}$ 和 $-269^{\circ}\text{C}$ 条件下做了试验，验证合格。本条规定对焊接试件的低温冲击试验需对焊缝区、热影响区分别进行 $-196^{\circ}\text{C}$ 温度下的冲击试验，其值应不低于焊接工艺评定中 $-196^{\circ}\text{C}$ 下的冲击试验的要求。

## 第 9 章 检验与试验

明确了移动液氢容器应使用液氢作为检测介质，进行维持时间检测。

#### 附录 C 维持时间测量

参考GB/T18443.7的相关规定，本附录规定了移动液氢容器从初始压力到初级运输压力控制阀设定压力的维持时间检测方法。

#### 附录 D 运输压力控制阀的使用要求

规定了移动液氢容器的运输压力控制阀的使用要求。

#### 四、 采用国际标准或国外先进标准的程度

本标准的采标程度为：无。

#### 五、 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

#### 六、 其他应予说明的事项

无。

T/CATSI 0500X《移动式真空绝热液氢压力容器专项技术要求》  
标准编制工作组  
2022.09.08