

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/XXX XXXX. 2—202X

# 液氢气瓶

## 第 2 部分：操作要求

Liquid hydrogen cylinder  
Part 2: Operation requirements

(工作组讨论稿)

2022 年 02 月 18 日

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

发 布

# 目 次

前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 转交准备.....	5
5 培训和考核.....	5
6 安全.....	6
7 存放.....	7
8 正常操作.....	8
9 火灾控制.....	11
10 应急设备 / 程序.....	11
11 报废.....	12
附 录 A （资料性） 氢的特性及生理危害.....	13

## 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。

本文件是T/XXX XXXX-202X《液氢气瓶》的第2部分：

第1部分：设计、制造、检验、试验；

第2部分：操作要求。

本文件作为T/XXX XXXX-202X的不可分割部分，安全操作、火灾控制、应急设备/程序对液氢气瓶的安全使用、保护人员生命安全、财产安全有积极的意义。

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这些专利的责任。

本文件由××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 引 言

XXXX负责制定本文件。文件编制遵循了TSG 23-2021《气瓶安全技术规程》的要求，并参考了ISO 21029-2:2015《Cryogenic vessels — Transportable vacuum insulated vessels of not more than 1 000 litres volume — Part 2:Operational requirements》、ISO/TR 15916:2015《Basic considerations for the safety of hydrogen systems》、CGA G-5.5:2014《Hydrogen vent systems》、GB 4962-2008《氢气使用安全技术规程》、GB/T 29729-2013《氢系统安全的基本要求》的相关规定对液氢气瓶的操作提出了要求。气瓶产权单位/使用单位在执行本文件时，应根据自身条件、环境等制定企业的操作规程，用于规范液氢气瓶的使用。企业所编制的操作规程应不低于本文件的规定，同时应符合特种设备安全技术规范的要求及相应国家标准、行业标准的相关规定。

本文件中关于液氢气瓶的一些内容，为国内首次提出，还缺乏成熟的使用经验验证，因此不可能、也没有必要囊括范围规定的液氢气瓶的所有使用细节。在满足法规所规定安全要求的前提下，不禁止本文件没有提及的安全内容。本文件不能替代培训、工程经验，因此提请本文件使用者注意：应由其对产品一切操作负责，且在应用本文件的过程中，产生了不可预见的问题，并造成了人身安全事故和经济损失，本协会及编制单位和个人不承担任何责任。

本文件未经本协会书面授权或认可的其他机构对本文件的宣贯或解释所产生的理解歧义和由此产生的任何后果，本协会不承担任何责任。

# 液氢气瓶

## 第2部分：操作要求

### 1 范围

T/XXX XXXX-202X 的本部分规定了液氢气瓶（以下简称“气瓶”）转交准备、培训和考核、安全、存放、正常操作、火灾控制、应急设备/程序、报废等内容的要求。

### 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 2894 安全标志及其使用导则
- GB 4962 氢气使用安全技术规程
- GB 3836.1 爆炸性气体环境用电气设备 第1部分：通用要求
- GB 12014 防护服装 防静电服
- GB 13392 道路运输危险货物车辆标志
- GB 13690 常用危险化学品的分类及标志
- GB 21146 个体防护装备 职业鞋
- GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语
- GB 50177 氢气站设计规范
- JT 3130 汽车危险货物运输规则
- T/XXX XXXX.1 液氢气瓶 第1部分：设计、制造、检验、试验
- TSG 08 特种设备使用管理规则
- TSG 23 气瓶安全技术规程

### 3 术语和定义

GB 4962、GB/T 24499、T/XXX XXXX.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**充装过程** filling process

充装前检查、充装准备、充装和充装后检查的过程。

#### 3.2

**充装单位** filling company

任何将液氢充装入气瓶的企业。

#### 3.3

**产权单位** property company

合法拥有气瓶所有权的企业。

#### 3.4

**操作人员** operator

从事气瓶充装、存储、运输/装卸、维护、修理等操作的个人。

#### 3.5

**存放** storage

充装时的短暂搁置、供应时的放置、停用未复温时的放置以及实瓶的放置。

#### 3.6

**供应**

输出液氢（氢气）供使用的过程/或状态。

### 3.7

#### 供氢站 hydrogen supply station

不含氢气发生设备，以瓶装（或瓶组）供应氢气的建筑物、构筑物或场所的统称。

[来源：GB 50177-2005, 2.0.2, 有修改]

### 3.8

#### 热瓶 warm cylinder

内胆温度接近/或等于常温的气瓶（未使用过或放置时间较长）。

### 3.9

#### 置换 purge

用惰性气体代替易燃的或不确定的气体至不可燃的状态，有需要时再进一步用准备盛装的气体替代至要求的纯度的过程。

## 4 转交准备

### 4.1 概述

产权单位接收新气瓶前应进行检查以确保气瓶适合预期使用，且铭牌、标签和移交资料完整。

### 4.2 铭牌、标签和标志

#### 4.2.1 铭牌

铭牌应检查下列项目：

- 内容符合 T/XXX XXXX.1 的规定；
- 定期检验标记[出厂 3 年（含 3 年）以上的]。

#### 4.2.2 标签

标签应符合 T/XXX XXXX.1 的规定。

#### 4.2.3 标志

电子识读标志符合 T/XXX XXXX.1 的规定。

### 4.3 资料

制造单位应提供气瓶资料，产权单位应保存资料至气瓶报废。资料包含下列项目：

- 产品使用说明书（或称作操作手册）；
- 产品合格证；
- 产品批量检验质量证明书；
- 安全阀的产品合格证；
- 压力表的产品合格证；
- 防爆合格证（如果配置有电气仪表）。

### 4.4 总体检查

产权单位应检查和确认气瓶的状态，确认是否接收。状态应按照下列要求：

- 瓶体和附件没有损坏、清洁、干净；
- 铭牌与标签的介质均为液氢；
- 接头代号与液氢相匹配；
- 压力表、安全阀齐全且在有效检定期内；
- 阀门启闭灵活；
- 压力为正压。

## 5 培训和考核

## 5.1 概述

操作人员应经过培训且考核合格取得资格后才能从事相关的工作。培训和考核档案应详细记录受训人员的培训内容以及考核成绩。必要时应重复培训和考核，以确保操作人员胜任。

## 5.2 内容

培训和考核的内容至少包括下列项目：

- 相关法律、法规、标准；
- 氢气及液氢的特性及生理危害（附录 A），少量的液氢会产生大量的气体，溢出后会导致氧气不足；
- 液氢不应与不适合低温的材料（金属或非金属）接触，以避免出现材料冷脆的情况；
- 液氢汽化初始的阶段产生的气体比空气重，并且会积聚在较低的区域（如：坑、沟槽等）；
- 液氢的温度极低，接触皮肤时以及与未保温的设备、管道接触可能引起冷灼伤；
- 未保温的设备、管道表面碳氢化合物的含量不应超过 125mg/m<sup>2</sup>（可能有富集的液氧或固氧）；
- 接触氢后，未更换工作服的建议至少 30 min 内不接近明火、火花等火源；
- 熟知 GB 2894 关于氢的危害和个人防护装备要求的警告标志；
- 熟知气瓶标签、标志的辨识；
- 正确使用个人防护装备（如：安全靴、护目镜、手套等）；
- 未经授权，不准许修理阀门，不准许更换阀门、安全附件、接头；修理泄漏的阀门或接头时应泄压至 0 MPa；如做不到，则应使用合适的工具和程序拧紧压力下的泄漏阀门；
- 正常操作程序，包含设备、仪器等工具的操作（如：气体分析仪、露点仪、电阻仪等）；
- 不准许使用明火或加热来提高气瓶压力或去除部件冰冻物，应使用温水或蒸汽；
- 机械工具与气瓶、管道等碰撞不应产生火花（建议使用铜扳手）；
- 禁止气瓶之间相互倒液；
- 不使用时，充装/供应接口应加封盖；
- 应急设备/程序。

## 6 安全

### 6.1 个人防护

个人防护应符合下列要求：

- 应采用符合 GB 12014 规定的具有防静电功能、防寒功能的工作服；衣服应为长袖，裤管应罩在鞋外；
- 应采用符合 GB 21146 规定的具有防静电功能且与地面摩擦时不会发生火花的、防寒功能的工作鞋；
- 护目镜应能阻挡飞溅的液氢；
- 手套应有防静电功能和防寒功能，且易于脱下。

### 6.2 充装站/供氢站

充装站/供氢站除了满足 GB 50177 规定外，还应满足下列要求：

- 站内显眼位置应有符合 GB 2894 规定的显示液氢、氢气危险性和个人防护设备需求的适当永久性警告标志；
- 排放系统应满足 6.3 要求；
- 液（气）管道应满足 6.4 要求；
- 场地满足第 7 章要求。

### 6.3 排放系统

排放系统应满足下列要求：

- 安全阀的出口和排放阀的出口均应通过管道连接到安全的外部排气点，且考虑通风口附近材料的耐火性；

- 排放阀的出口靠近气瓶端应设置拉断阀、或限流装置；
  - 注1：拉断阀在被拉断后，两端应能够自动密封，且无可见泄漏；
  - 注2：限流装置应在压差超过0.1 MPa时能截断流体，且泄漏应不大于1 mL/min；
  - 注3：气瓶自带拉断阀、或限流装置时，可以不按此要求。
- 管道应选用奥氏体不锈钢；
- 管道的长度与外径比不应大于 60: 1；
- 管道的高度按照 GB 50177 的规定；
- 管道的固定应能承受排放引起的振动等外力；
- 系统应考虑温差引起的收缩；
- 系统的通径应满足泄放量的要求，且排放背压不超过安全阀整定压力的 10%；
- 系统的排污阀最低处应位于地面以上便于排水和维护的高度，且能排净污物；
- 系统的结构设置能防止在内部积聚异物，且应能防止因多次排放引起的水蒸汽、氧气、氮气等的冷凝而积聚在管内；
- 系统应具有导电连续性；如果管道连接之间有绝缘体，则管道部件之间需连接电阻不超过 0.03  $\Omega$  的跨接；
- 系统应安装阻火器，但管道应设置相应的换热装置（或相当的装置）保证阻火器进口端的温度不低于环境温度，且应满足泄放量的要求。

#### 6.4 液（气）管道

液（气）管道应满足下列要求：

- 往气瓶内充装的管道在靠近气瓶端以及供应管道靠近气瓶端应设置拉断阀；
- 供应管道应具有防止回流的功能，并且液氢不会被截留在隔离的空间（如：两截止阀之间的管道内），但是隔离空间有安全阀或经计算构成隔离空间的管道和阀门能够承受截留的液氢汽化后产生的压力的情况是允许的。
  - 注1：拉断阀的要求见6.3；
  - 注2：气瓶自带拉断阀时，可以不按此要求。

#### 6.5 电气设备

电气设备应满足下列要求：

- 防爆应符合 GB 3836.1 的 II 类，C 级，T1 组的要求；
- 电气设备（如：移动电话、对讲机等）应经过充装站/供氢站认可。

#### 6.6 接地系统

接地系统应满足下列要求：

- 应确保电气连续性，系统的主要物品（如：气瓶等）应直接与地良好相连；
- 不准许以管道作为临时接地的方式；
- 接地系统电阻不应大于 10  $\Omega$ ；
- 移运过程，应确保电位均衡。

### 7 存放

存放应满足下列要求：

- 存放区域应作为危险区域进行安全评估；
- 存放区域应清洁；
- 存放区域应通风良好，如果房间足够大或室外区域不被墙壁包围，则在地面以上的位置通常自然通风即可，在其他情况下，应提供强制通风或其他预防措施；
- 存放区域不应是房间或地面及墙面显著低于相邻地面的区域；
- 存放区域应有适当的、紧急情况下能提供足够逃生路径的通道，紧急出口应始终保持畅通；
- 所有门户宜向外开口，并足够宽，以便人员方便进出；
- 气瓶放置区域的地板应水平且坚固，足以承受实瓶的重量，且气瓶周围应能避免积水；地板表面应不燃，且导电（如：混凝土或钢板），周围铺设有利于液氢蒸发的沙砾；

- 操作区域或气瓶上应清楚地标有适当的警告标志；
- 气瓶应与人或车辆使用的正常路径保持足够的距离；
- 气瓶及其组件应受到保护，以防机械损伤；
- 气瓶如有倾覆的危险，则应牢固固定在专有位置；
- 气瓶应远离热源（如：焊接源、明火），区域内进行高温作业时应采取适当的安全措施；
- 存放区域应建安全围栏，距离满足 GB 50177 的安全要求，且应能防止未获授权的人员进入（门禁系统或专人值守）；
- 当安全阀接近排放压力时，应采取预防措施（氢气有着火的可能并产生难以看见的火焰，因此更应注意）；
- 与氧化物（如：氧气瓶）的存放应保持安全距离；
- 实瓶与空瓶应分开存放。

## 8 正常操作

### 8.1 总则

使用单位应按照相关法律、法规的规定及气瓶制造单位的使用说明书编制本单位的操作规程并严格执行。

### 8.2 充装过程

#### 8.2.1 充装前检查

充装前，操作人员应按照表 1 规定的事项检查气瓶的状况，如有任何一项不符合且没有正确纠正，不准许进行充装。

表 1 充前装检查

事项	验收标准
<b>铭牌和标签和标志</b>	
铭牌	清晰可见、易读并符合4.2要求
定检日期	在有效期内
标签和标志	清晰可见、易读并符合TSG 23及T/XXX XXXX.1的要求，充装单位、产权单位的名称和地址清晰明了
<b>气瓶</b>	
瓶体及配件（阀门、接头等）	没有明显的损坏、腐蚀、污垢、油或油脂；没有异常的结冰
盛装介质	确认瓶内介质是液氢
<b>附件</b>	
所有附件（阀门、安全泄压装置、接头等）	没有明显的损坏、腐蚀、污垢、油或油脂；没有异常的结冰
阀门	可启闭（灵活最佳）
安全泄压装置	铅封完好，在检定有效期内，出口无结冰或其他堵塞物
压力表	压力为正压
进口接头	标志与液氢要求的一致，没有松动、灰尘、无油脂、无水或结冰
充装软管	无油、干燥、无损伤且型号符合要求
<b>许可资料</b>	
特种设备使用登记证	符合TSG 08规定
<b>测量设备或仪器</b>	
气体分析仪、露点仪、称重仪、电阻仪等	处于良好的工作状态及在有效期内

接地系统	
接地情况及电阻	满足6.6的要求

## 8.2.2 充装准备

### 8.2.2.1 充装前，操作人员应进行如下准备工作：

- 如果是有压力且确认内部介质是氢气的热瓶，可以直接进行冷却；
- 如果是有压力但不能确认内部介质的热瓶，应先按 8.2.2.2 置换，再进行冷却；
- 如果是有压力复温维护后的热瓶，应先用氢气吹扫至纯度符合要求，再进行冷却；
- 如果是没有压力的冷瓶，应先按 8.6.5 复温维护处理，再用氢气吹扫至纯度符合要求，然后再进行冷却；
- 充装软管应牢固连接，经吹扫和冷却，并应尽量排净软管中的空气；
- 必要时，应通过排气降低气瓶压力以便于充装；
- 如果纯度低于要求，则用氢气吹扫至纯度符合要求。

### 8.2.2.2 置换方法分为加压置换法和抽真空置换法：

#### a) 加压置换法按照下列步骤：

- 1) 首先采用干燥、洁净、无油的氮气对气瓶加压至 0.15 MPa（最小值），保压不少于 30s；然后排放至 0.05 MPa 以下（但要有余压）；
- 2) 然后反复加压、保压、排放不少于 5 次，且气瓶内氧的体积含量不高于 0.5%和露点温度不高于-40℃；
- 3) 再后采用干燥、洁净、无油的氢气对气瓶加压至 0.15 MPa（最小值），保压不少于 30s；然后排放至 0.05 MPa 以下（但要有余压）；
- 4) 再反复加压、保压、排放至纯度符合要求；
- 5) 最后加氢气至约 0.05MPa 并保压。

#### b) 抽真空置换法按照下列步骤：

- 1) 首先应确认气瓶内胆可以承受 0.1 MPa 的外压；
- 2) 然后用无油真空泵对气瓶抽真空至压力不高于 0.05 MPa（绝对值）；
- 3) 再后用干燥、洁净、无油的氮气加压至大气压；
- 4) 再反复抽空、加压至气瓶内氧的体积含量不高于 0.5%；
- 5) 再抽空至 0.01 MPa（绝对值）；
- 6) 然后用氢气吹扫至纯度符合要求；
- 7) 最后加氢气至约 0.05 MPa 并保压。

## 8.2.3 充装

### 8.2.3.1 充装方法

采用称重充装时，计量衡器应在检定有效期内，每天使用前校正一次。衡器的最大称量值应为气瓶净重与最大充装质量之和的1.5倍~3.0倍。

采用容积充装时，当液位指示达到最大体积时应迅速关闭进液阀。

充装时气瓶应保持直立。

### 8.2.3.2 充装步骤

充装按照如下步骤：

- a) 首先确认气瓶符合充装的要求；
- b) 然后往气瓶内充装液氢，充装的速度能确保气瓶压力不超过 0.2 MPa，且液源的压力宜比气瓶高 0.3 MPa；
- c) 达到准许充装质量（或容积）后关闭液源与气瓶之间的阀门；
- d) 液源与气瓶之间的压力泄放到 0 MPa 后卸下软管。

### 8.2.4 充装后检查

检查总质量、液位（液位仅做参考）和压力，必要时排放处理，以符合要求。

检查并确认阀门关闭，瓶体表面无异常低温点，阀门、管道和配件无泄漏。

### 8.3 运输/装卸

本条款是指气瓶在装满的情况下的运输/装卸。运输/装卸应满足如下要求：

- 运输首先应符合 GB 13392、GB 13690、JT 3130 等对货物、标志、人员、车辆等的要求。
- 运输/装卸之前，操作人员应检查并确认气瓶没有损坏或泄漏；阀门处于正确的位置且能操作。
- 装卸时，操作人员应防止气瓶遭受到碰撞或跌落，从而导致绝热性能受损或发生安全事故。
- 运输开始时，气瓶压力应小于公称工作压力的 50%，并且充装口已封盖；运输中，允许压力上升至大于 50%公称工作压力。
- 运输时，操作人员应牢固固定气瓶确保不倾翻且保持直立。
- 运输车辆应有驾驶室与货物分开的专用区域，且通风良好，不准许在封闭的车辆或货物车厢内运输。
- 不准许使用电梯或升降机运输气瓶。

### 8.4 供应

供应前应确保安全要求、人员资格、存放都符合本文件的规定。

操作人员应确保气瓶中的液氢、气瓶的压力与使用系统兼容，连接了正确的软管。

### 8.5 停用

使用单位应按照下列要求记录各步骤的结果。如果计划进一步维护和修理该气瓶，则应由产权单位保留此记录。

该要求至少应包括下列内容：

- 排空液氢（必要时测量重量确认），并泄放至不大于 0.2MPa；
- 确保管道不堵塞；
- 如果要运输或存放气瓶，所有开放式连接处（安全阀除外）均应加装保护盖；
- 存放时应在气瓶上做相应的标签；
- 如果要长时间存放建议用氢气复温至常温，并保持压力不大于 0.1MPa。

### 8.6 维护

8.6.1 气瓶产权单位应当建立气瓶维护档案，制定气瓶的定期维护计划，并保证维护计划切实实施，确保气瓶运行时处于安全状态。

8.6.2 气瓶出现下列情况时，应及时进行维护：

- 阀门附件、仪表等出现泄漏；
- 外壳不正常结露或结霜；
- 安全阀开启时间间隔异常（较平时缩短）或频繁起跳；
- 标签破损；
- 产权单位或充装单位认为气瓶内有一定数量的固体氧。

8.6.3 维护时应注意下列事项：

- 符合本文件的安全要求、人员资格的要求；
- 阀门零部件的维护或更换应满足 TSG 23 的规定；
- 维护完毕后，气瓶内部应清洁、干燥、且无颗粒物和污染物；气瓶内、外应无油和油脂。

8.6.4 维护的内容通常包括：

- 检查铭牌的可读度，不清晰的应禁止使用，直至气瓶制造单位重新提供内容一致的新铭牌；
- 检查电子识读标志的清晰度，不清晰的应禁止使用，直至气瓶制造单位重新提供内容一致的新电子识读标志；
- 检查压力表和安全阀的状况，不符合要求的应优先采用原型号更换，或采用经过有制造的资质单位确认后提供的型号，严禁修理；压力表送到有计量资质的单位进行检验的周期不超过 6 个月，安全阀送到有计量资质的单位进行检验的周期不超过 1 年；
- 检查阀门的操作灵活性，维护或更换阀门；
- 检查标签、标志的完整性，并更换破损的标签、标志；

- 复温维护时，检查确认内部应清洁、干燥、且无颗粒物和污染物；
- 检查并清洁外表面。

#### 8.6.5 复温维护应满足下列要求：

- 每年至少应进行一次，其目的是清除内部可能存在的固氧（固空）；
- 维护工作应在满足第7章要求的场地进行；
- 程序按照下列要求：
  - a) 首先确认气瓶内液体已经使用完；
  - b) 然后对气瓶进行惰化处理，根据内胆温度采用下列方法：
    - 1) 温度低于-184℃时，用干燥洁净的氢气进行吹除；直至温度高于-184℃后，用干燥、洁净、无油的氮气进行吹扫至出口氢气浓度低于2%，温度比环境温度低5℃左右；
    - 2) 温度高于-184℃时，用干燥、洁净、无油的氮气进行吹扫至出口氢气浓度低于2%，温度比环境温度低5℃左右。
  - c) 检测瓶内氧的体积含量不高于0.5%；
  - d) 气瓶充氮气至约0.05 MPa并保压。

### 8.7 修理

修理由气瓶制造单位或有资格的单位在复温惰化合格后进行，应记录修理的主要内容及整个过程，修理的资料应保存至气瓶报废。修理后瓶体应有如下永久性标记：

- 修理完成时间；
- 修理单位代号。

注：内胆不允许修理，内胆修理的气瓶应报废。

### 8.8 定期检验

气瓶应按照TSG 23的规定进行检验，最长周期不超过3年。

## 9 火灾控制

### 9.1 火灾探测

建议在可能发生氢泄漏、溢出或危险积聚的所有区域提供检测氢火焰存在的装置，巡查时作业人员应携带便携式氢气火焰探测器。选择氢气火焰探测器时需要考虑的一些重要因素如下：

- 探测距离和覆盖面积；
- 对来自太阳、闪电、焊接、照明源等来源的误报的敏感性；
- 响应时间；
- 对辐射光谱的敏感性。

### 9.2 防火和灭火

应考虑消防系统，小火可以用干粉灭火器、二氧化碳灭火器、氮气或蒸汽灭火；通常情况下，氢气火灾在氢气源被隔离之前不应熄灭，因为未燃烧的氢气可能会产生大的可燃预混云被点燃的危险。如果可能，可以用水冷却火焰周围的物体阻止火势扩大，但不能喷到液氢上。

防火措施可能包括下列内容：

- 在线关闭系统（自动和/或手动）；
- 喷水灭火系统；
- 淋水系统；
- 干化学灭火系统。

## 10 应急设备 / 程序

### 10.1 应急程序的制定

应邀请安全和消防人员参与应急程序的制定，定期审查应急程序，以确保程序是可行的和最新的。应急程序的制定应根据当地条件，并考虑下列情况：

- 液氢、氢气的特性（易燃易爆性、窒息性、低温性等，但不限于）；
- 涉及的氢的数量；
- 存放的环境（安全通道、门的开向等，但不限于）；
- 发生火灾的可能性；
- 报告火灾和其他紧急情况的方式；
- 紧急逃生程序和画出紧急逃生路线；
- 所需的应急消防设备（灭火器、消防栓等，但不限于）以及设备的摆放位置；
- 需要立即采取的自助行动（关机、响起警报、从该区域疏散、呼救等，但不限于）；
- 撤离前仍在运行关键系统的员工应遵循的程序；
- 紧急疏散完成后人员清点的程序；
- 使用水冷却设备时，水喷洒到安全泄压装置的出气口附近，造成结冰堵住孔道的可能性；
- 该程序应易于所有相关人员使用，易于实践和演练；
- 列出用于管理紧急情况的后备人员/组织以及在工作时间之内和之外的联系程序。

## 10.2 应急程序演练

应邀请安全和消防人员应参与急程序的定期应急演练，应急演练时应当注意下列的事项：

- 确定组织人员的姓名；
- 初始时响应人员应采取的行动；
- 熟悉紧急逃生程序和按照分配的紧急路线逃生；
- 紧急疏散完成后对所有人员进行清点；
- 救援和医疗服务的演练；
- 适当的灭火演练；
- 请求外部援助的演练。

## 11 报废

### 11.1 下列气瓶应报废：

- 铭牌介质、公称工作压力模糊不清、或铭牌缺失，且查不清来源的；
- 电子识读标志模糊不清、或缺失，且查不清来源的；
- 定期检验不合格，且无法修复的；
- 经受过火灾的；
- 使用过程中内胆出现泄漏的；
- 满设计使用年限的；
- 产权单位自愿报废的。

### 11.2 报废的气瓶，应按下述顺序处理：

- a) 气瓶按照 8.6.5 进行复温惰化处理，氢的含量不大于 1%（可不测量氧的含量）；
- b) 气瓶并泄压至 0 MPa；
- c) 压扁、切割气瓶至不能恢复使用状态；
- d) 收回《特种设备使用登记证》；
- e) 按照 TS G23 填写报废报告。

**附录 A**  
**(资料性)**  
**氢的特性及生理危害**

A.1 氢气无色、无臭、无味，是已知最轻的气体。氢气比空气轻，相对密度 0.07（空气=1）。氢的比热容最大，热导率最高、黏度最低。氢以正氢、仲氢两种状态存在，因此氢的物性要正视其正、仲态的组成而定。正氢转换为仲氢有大量的热放出，因此一般要求贮存的仲氢的不低于 95%。

A.2 氢气极易燃烧，属于 2.1 类易燃气体。氢气点火能很低，在空气中的最小点火能为 0.019 mJ，在氧气中的最小点火能为 0.007 mJ，一般撞击、摩擦、不同电位之间的放电、各种爆炸材料的引燃、明火、热气流、高温烟气、雷电感应、电磁辐射等都可点燃氢-空气混合物；氢气燃烧时火焰没有颜色，肉眼不易察觉。

A.3 氢气中含有氯、氧、一氧化碳以及空气等的混合物很容易发生爆燃，爆燃产生的热气体迅速膨胀，形成的冲击波会对人员造成伤亡，对周围设备及附近的建筑物造成破坏。氢气燃爆可导致燃烧区域的迅速扩大和密闭空间压力的迅速升高。氢气爆轰产生的高速爆轰波可对燃烧区域外的环境产生巨大冲击，并伴随有高温气体的迅速扩散。下列是这些混合物的爆炸极限：

- 氢和氯 1:1（体积分数）混合时，在光照下即可爆炸；
- 氢和空气混合物的爆炸极限，氢占 4%~75%（体积分数）；
- 氢和氧混合物的爆炸极限，氢占 4.5%~95%（体积分数）；
- 氢和一氧化碳混合物的爆炸极限，氢占 13.5%~49%（体积分数）。

A.4 氢气的化学活性很大，与空气、氧、卤素和强氧化剂能发生剧烈反应，有燃烧爆炸的危险，而金属催化剂如铂和镍等会促进上述反应。

A.5 液氢发生泄漏后将迅速蒸发扩散，形成可见的易爆雾团，并可能导致气瓶形成负压而使周围空气进入气瓶内部冷凝而结冰（空气中的水蒸气、氧、氮、氩等在液氢温度下会形成固体），可能堵塞气瓶的管道、阀门等部件。固态氧浓度积累到一定程度时，由于氧晶体断裂时会释放能量，即使在无火花的情况下，也会在系统内部引发燃烧或爆炸的可能性。

A.6 液氢被点燃将引起燃烧和爆炸。氢燃烧可能造成绝热性能劣化，从而加剧外部热量的传入这将引起氢的热分层以及蒸发，将会导致气瓶内部温度和压力急剧上升引起气瓶的安全泄压装置泄放再次扩大火势。

A.7 液氢或氢气的流动会产生静电电荷，当没有接地系统或接地系统阻值过大时，电荷值会累计到达一定程度发生静电点火，引起燃烧或者爆炸。

A.8 氢的燃烧特性见表 A.1。

**表 A.1 氢的燃烧特性**

特性	值	特性	值
燃烧热\ (kJ/g)	119.93~141.86	空气中的火焰温度\ (K)	2318
可燃极限 (体积分数) \%	4.0~75(常温常压空气中) <sup>a</sup> , 4.1~94 (常温常压氧气中) <sup>a</sup>	常温常压空气中的燃烧速度\ (m/s)	2.65~3.25
爆轰极限 (体积分数) \%	18.3~59(常温常压空气中) <sup>a</sup> , 15~90 (常温常压空气中) <sup>a</sup>	常温常压空气中的爆轰速度\ (m/s)	1480~2150
空气中的最小点火能\ (mJ)	0.017	常温常压空气中的最大爆轰压力\ (kPa)	720
空气中的着火温度\ (K)	858	极限氧指数 (体积分数) \%	5.0
氧气中的着火温度\ (K)	833		

<sup>a</sup> 该值仅做参考。

A.9 氢的生理危害主要体现在下列几个方面：

- 皮肤直接接触低温氢气、液氢易导致冻伤，直接接触高温且白天肉眼不可见的氢火焰易导致高温灼伤；

- 氢燃烧产生的大量紫外线辐射易损伤皮肤，氢火灾引起的次生火灾会产生浓烟或其他有害燃烧产物；
- 液氢泄漏后会大量汽化，造成周围缺氧；缺氧效应（氧气浓度与人体反应关系）见表 A. 2。

表 A. 2 缺氧效应

分级	氧（体积浓度 \%)	症 状
1	19（最低允许值）	正常活动
2	12~16	呼吸和脉搏次数增加，肌肉运动的协调一致性有轻度紊乱
3	10~14	有知觉、情绪烦躁、行动非常疲劳、呼吸困难
4	6~10	恶心和呕吐、行动不自由、失去知觉，晕倒虽有知觉但无力行动和叫喊
5	低于 6	痉挛，呼吸微弱、停止呼吸，并且几分钟后，心脏停止跳动