

团 体 标 准

T/GDASE 0050—2024

高压液化气体绝热气瓶

High pressure liquefied gases welded insulated cylinders

2024 - 12 - 19 发布

2024 - 12 - 19 实施

广东省特种设备行业协会 发 布

目 录

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....2

4 符号.....2

5 型号命名方法和基本参数.....3

6 材料.....4

7 设计.....4

8 制造、检验和试验.....7

9 型式试验.....14

10 标志、包装、运输.....15

11 出厂资料.....15

12 资料保存.....16

附 录 A （资料性）本文件涵盖的高压液化气体性质17

附 录 B （规范性）初始充装率22

附 录 C （资料性）阀门进口接头与出口接头24

附 录 D （规范性）安全泄放量和泄放面积.....27

附 录 E （资料性） 产品合格证32

附 录 F （资料性）批量检验质量证明书.....34

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这些专利的责任。

本文件由广东省特种设备行业协会提出。

本文件由广东省氢能标准化技术委员会（GD/TC 138）归口。

本文件起草单位：广东省特种设备检测研究院、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、北京明晖天海气体储运装备销售有限公司、中国石油大学（华东）储运与建筑工程学院、成都朗瑞深冷科技有限公司、江苏金帆深冷科技有限公司、一汽解放汽车有限公司、常州蓝翼特种装备制造有限公司、张家港保税区蓝天低温科技有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、山东奥扬新能源科技股份有限公司、张家港富瑞新能源科技有限公司、张家港中集圣达因低温装备有限公司、江苏秋林特能装备股份有限公司、四川中科九微氢能科技有限公司

本文件主要起草人：郑任重、黄钧、劳英杰、刘金良、韩冰、古海波、李兆亭、谭粤、李蔚、夏莉、陈树军、柳云兴、龚伟、魏东琦、潘华军、袁奕文、白江坤、何晓冬、陆江峰、魏义平、崔庆丰、李杰、张耕、杨刚、徐瑶、屈莎莎、胡昆、洪湖、马志鹏、谢湘霖、叶翠琳、潜坤、王景康。

本文件为首次发布。

高压液化气体绝热气瓶

1 范围

- 1.1 本文件规定了盛装以下 5 种高压液化气体[液态二氧化碳、液态氧化亚氮、液态乙烷、液态乙烯、液态三氟甲烷（特性见附录 A）]且可重复充装的焊接绝热气瓶（以下简称“气瓶”）的术语和定义，符号，型号命名方法和基本参数，材料，设计，制造、检验和试验，型式试验，标志、包装、运输，出厂资料，资料保存等要求。
- 1.2 本文件适用的常环境温度为-40℃~60℃。
- 1.3 本文件适用的设计温度为：
- a) 液态二氧化碳的设计温度不高于-78.5℃；
 - b) 其余介质的设计温度不高于介质的沸点。
- 注：当试验介质的温度低于盛装介质的沸点时，设计温度应不高于试验介质的沸点。
- 1.4 本文件适用的公称工作压力为：
- a) 液态二氧化碳的公称工作压力不低于 0.5 MPa；
 - b) 其余介质的公称工作压力范围为 0.2 MPa~3.5 MPa。
- 注：本文件凡未注明的压力均指表压。
- 1.5 本文件适用的公称容积为：
- a) 液态二氧化碳、液态氧化亚氮、液态三氟甲烷的公称容积范围为 10 L~1 000 L；
 - b) 液态乙烷、液态乙烯的公称容积范围为 150 L~1 000 L。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 713.2 承压设备用钢板和钢带 第 2 部分：规定温度性能的非合金钢和合金钢
GB/T 713.3 承压设备用钢板和钢带 第 3 部分：规定低温性能的低合金钢
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 1804 一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差
GB/T 2653 焊接接头弯曲试验方法
GB/T 4732 压力容器分析设计
GB/T 7144 气瓶颜色标志
GB/T 9251 气瓶水压试验方法
GB/T 12137 气瓶气密性试验方法
GB/T 12243 弹簧直接载荷式安全阀
GB/T 13005 气瓶术语
GB/T 16804 气瓶警示标签
GB/T 16918 气瓶用爆破片安全装置
GB/T 17925 气瓶对接焊缝X射线数字成像检测
GB/T 18443.2 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 2 部分：真空度测量
GB/T 18443.3 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 3 部分：漏率测量
GB/T 18443.4 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 4 部分：漏放气速率测量

GB/T 18443.5 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 5 部分：静态蒸发率测量
GB/T 18443.8 真空绝热深冷设备性能试验方法 第 8 部分：容积测量
GB/T 24159-2022 焊接绝热气瓶
GB/T 25198 压力容器封头
GB/T 31480 深冷容器用高真空多层绝热材料
GB/T 33209-2016 焊接气瓶焊接工艺评定
GB/T 33215-2016 气瓶安全泄压装置
GB/T 34530.1 低温绝热气瓶用阀门 第 1 部分：调压阀
GB/T 34530.2 低温绝热气瓶用阀门 第 2 部分：截止阀
JB/T 6896 空气分离设备表面清洁度
NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测
NB/T 47013.11 承压设备无损检测 第 11 部分：X射线数字成像检测
NB/T 47013.14 承压设备无损检测 第 14 部分：X射线计算机辅助成像检测
NB/T 47018.1 承压设备用焊接材料订货技术条件 第 1 部分：采购通则
NB/T 47018.3 承压设备用焊接材料订货技术条件 第 3 部分：气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝
TSG 23 气瓶安全技术规程

3 术语和定义

GB/T 13005、GB/T 24159界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高压液化气体绝热气瓶 high pressure liquefied gases insulated cylinders
盛装高压液化气体的焊接绝热气瓶。

3.2

充装率 filling rate
气瓶充装的液体体积与公称容积之比。
[来自GB/T 18442.3-2019，第3.2条，有修改]

3.3

初始充装率 initial filling rate
气瓶充装完毕时，允许的充装率。

3.4

最大充装率 maximum filling rate
气瓶的压力达到主安全阀整定压力时允许的充装率。

3.5

初始质量充装系数 initial mass filling rate
气瓶在充装完毕时的液体密度。

4 符号

下列符号适用于本文件。

D_i : 封头或筒体的内直径，mm。

D_o : 封头或筒体的外直径，mm。

E_0 : 材料的弹性模量，MPa。

g : 重力加速度， $g=9.81\text{ m/s}^2$ 。

H_i : 封头内高度，等于封头内曲面深度与封头直边高度之和，mm。

h_i : 封头内曲面深度，mm。

h_0 : 封头外曲面总高度， $h_0=h_i+S_n$ ；mm。

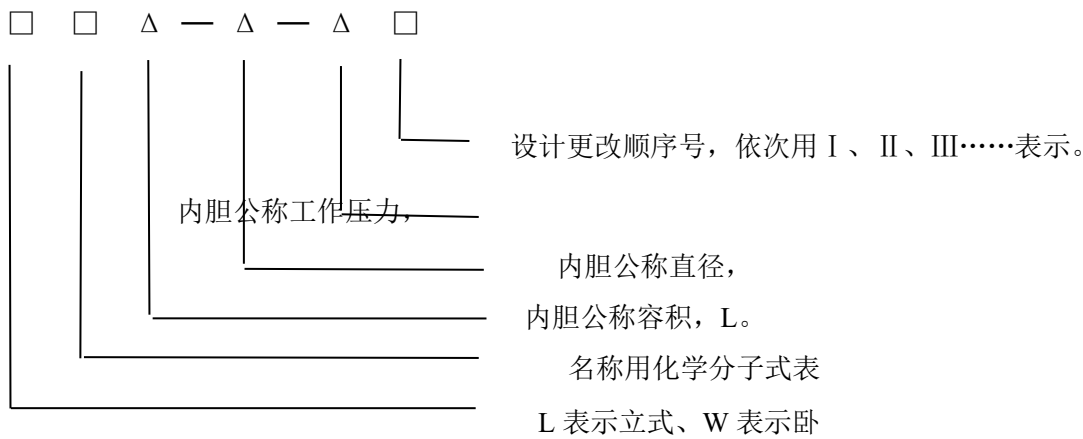
k_1 : 由椭圆长短轴比值决定的系数。

L : 筒体长度与每个封头的直边高度、内曲面深度的1/3的总和, mm。
 P : 公称工作压力, MPa。
 P_b : 爆破片设计爆破压力, MPa。
 P_{cr} : 临界压力, MPa。
 P_d : 设计压力, MPa。
 P_f : 安全阀的排放压力或爆破片安全装置的设计爆破压力, MPa。
 P_t : 耐压试验压力, MPa。
 P_z : 安全阀整定压力, MPa。
 P_l : 外压力, MPa。
 R : 碟形封头的球壳外半径及椭圆封头的当量球壳外半径, mm。
 S : 设计壁厚, mm。
 S_b : 筒体实测最小壁厚, mm。
 S_e : 有效厚度, 等于名义壁厚减去腐蚀裕量和钢材厚度负偏差, mm。
 S_h : 封头成形后的最小壁厚, mm。
 S_n : 名义壁厚, mm。
 σ : 壁应力, MPa。
 ΔH_i : 封头内高度公差, mm。
 $\Delta \pi D_i$: 封头内圆周长公差, mm。

5 型号命名方法和基本参数

5.1 型号命名方法

气瓶型号按下列规定命名:



例: LC₂H₄P450-175-1.6表示内胆内直径为450mm, 公称容积为175 L, 公称工作压力为1.6 MPa的液态乙烯气瓶。

5.2 基本参数

5.2.1 公称容积和内胆内直径

公称容积和内胆内直径宜按照表1选取。公称容积宜取5的整数倍。

表1 公称容积和内胆内直径

公称容积/L	10~25	25~50	50~150	150~200	200~500	500~800	800~1000
内胆内直径/mm	200~300	250~350	300~450	400~550	450~800	600~900	750~1200

5.2.2 压力

- 5.2.2.1 内胆筒体壁厚的内压计算所采用的压力为设计压力，设计压力为内胆耐压试验压力。内胆耐压试验压力不应小于 2 倍公称工作压力（ $P_d=P_c \geq 2P$ ）。
- 5.2.2.2 气瓶内胆及外壳承受的外压力不应小于 0.21 MPa。
- 5.2.2.3 气密性试验压力不应小于公称工作压力。

5.2.3 有效容积

- 5.2.3.1 二氧化碳、氧化亚氮、三氟甲烷气瓶的有效容积不应大于公称容积的 95%。
- 5.2.3.2 乙烷、乙烯气瓶的有效容积不应大于公称容积的 90%。

6 材料

6.1 一般要求

- 6.1.1 内胆主体（筒体和封头）材料应采用符合 GB/T 713.7 和设计文件要求的奥氏体不锈钢。若采用境外牌号材料时，应符合 TSG 23 的规定。内胆主体材料的质量证明书应符合 6.1.4 的规定、复验的结果应符合 6.2、6.3 的规定及设计文件要求。
- 6.1.2 焊接在内胆上的元件应采用相应材料标准规定的且符合设计文件要求的奥氏体不锈钢；其余与贮存介质直接接触的材料应与介质相容，并符合相应材料标准的规定。
- 6.1.3 焊接材料及其熔敷金属的化学成分、拉伸性能应符合 NB/T 47018.1 及 NB/T 47018.3 的规定和设计文件要求。
- 6.1.4 受压元件和焊接材料从材料制造单位采购时，应取得材料制造单位提供的材料质量证明书原件；原件应盖有材料制造单位质量检验章和印有可追溯的信息化标志（二维码、条形码等），可追溯信息化标志至少包括材料制造单位信息、材料牌号、规格、炉批号、交货状态、质量证明书签发日期等。从非材料制造单位采购时，应取得材料制造单位提供的材料质量证明书原件或复印件，复印件应加盖材料供应单位检验公章和经办人章。
- 6.1.5 外壳应采用奥氏体不锈钢或碳钢。采用奥氏体不锈钢应符合 GB/T 713.7 的规定，采用非合金钢和合金钢时应符合 GB/T 713.2 的规定，采用低合金钢时应符合 GB/T 713.3 的规定。
- 6.1.6 绝热材料性能应符合 GB/T 31480 的规定。
- 6.1.7 吸附材料应与所贮存的介质相容。

6.2 化学成分

内胆主体材料的化学成分及允许偏差应符合表2的规定。

表2 化学成分及允许偏差

化学成分	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr
质量百分数	≤0.08	≤2.00	≤0.035	≤0.015	≤0.75	8.00~10.50	18.00~20.00
允许偏差	±0.01	±0.04	+ 0.005	+ 0.005	±0.05	±0.10	±0.20

6.3 力学性能

内胆主体材料的力学性能应符合表3和设计文件的规定。

表3 力学性能

抗拉强度 R_m	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$	断后伸长率A
≥520 MPa	≥230 MPa	≥45%

7 设计

7.1 一般要求

7.1.1 组成

7.1.1.1 气瓶主要由内胆、外壳、绝热系统、内胆与外壳之间的连接件、阀门管路系统、保护阀门管路系统的保护装置、底座等组成。阀门管路系统包括阀门、仪表、安全泄压装置、管件、管道及管道支撑件。保护装置宜是保护罩、保护圈（环）、框架等。

7.1.1.2 内胆主体不应超过三部分，即纵焊缝不多于 1 条，环焊缝不多于 2 条。

7.1.2 内胆与外壳之间的连接件

内胆与外壳之间的连接件的应力值在下列载荷独立作用下不应大于材料常温屈服强度（或规定塑性延伸强度）的2/3。

- a) 立式气瓶应符合下列要求：
- b) 垂直于气瓶轴线方向的载荷不应低于最大质量与 2*g* 的乘积，
- c) 沿气瓶轴线竖直方向的载荷不应低于最大质量与 3*g* 的乘积。
- d) 卧式气瓶应符合下列要求：
- 1) 垂直于气瓶轴线且与地面平行方向的载荷不应低于最大质量与 2*g* 的乘积，
- 2) 沿气瓶轴线方向的载荷不应低于最大质量与 2*g* 的乘积，
- 3) 垂直于气瓶轴线且在竖直方向的载荷不应低于最大质量与 3*g* 的乘积。

注：二氧化碳的“最大质量”是在饱和蒸气压为1.0MPa下充装至有效容积的质量、内胆金属质量及绝热层质量之和，其余介质的“最大质量”是在饱和蒸气压为1.01325×10⁵Pa下充装至有效容积的质量、内胆金属质量及绝热层质量之和。

7.1.3 性能指标

真空夹层漏气速率、真空夹层漏放气速率宜按照表4的规定，静态蒸发率宜按照表4的规定或者由供需双方商讨决定。

表4 性能指标

公称容积/（L）	10	50	175	300	500	800	1000
静态蒸发率上限η/（%/d）（测试介质为液氮）	5.45	4.0	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5
真空夹层漏气速率 （20℃）/（Pa·m³/s）	≤2×10 ⁻⁸		≤6×10 ⁻⁸				
真空夹层漏放气速率 （20℃）/（Pa·m³/s）	≤2×10 ⁻⁷		≤6×10 ⁻⁷				
低温真空度/（Pa）（夹层绝对压力）	≤2×10 ⁻²						
总接地电阻/（Ω）	≤10						
注1：总接地电阻针对乙烷、乙烯； 注2：二氧化碳升压速率测试见8.17。							

7.1.4 初始充装率/初始质量充装系数

气瓶应按照附录B的规定对初始充装率/初始质量充装系数进行限制从而保证安全性。

7.1.5 设计使用年限

设计使用年限不应超过20年，且应在设计文件中注明并作为铭牌的内容。

7.1.6 附件

7.1.6.1 调压阀应符合 GB/T 34530.1 的规定，截止阀应符合 GB/T 34530.2 的规定。阀门接口采用螺纹时，按照附录 C 的规定。

7.1.6.2 压力表的精度不应低于 2.5 级，量程宜为公称工作压力的 1.5 倍～3 倍。

7.1.6.3 乙烷、乙烯气瓶使用电容液位计时应提出防爆要求。

7.1.6.4 乙烷、乙烯气瓶整体应设计为防静电结构，确保瓶体、阀门等任何与其液体接触部分具有导电连贯性，总接地电阻符合表 4 的要求。

- 7.1.6.5 推荐设置便于直接检测夹层空间真空的装置。
- 7.1.6.6 阀门管路系统的保护装置应适应运输、装载和卸载过程中的静态和动态载荷。
- 7.1.6.7 底座和框架应保证气瓶的稳定性。有轮的气瓶及有轮的框架应有刹车锁止装置。
- 7.1.6.8 当盛装介质后的总质量超过 40 kg 时，应设置吊装附件。
- 7.1.6.9 保护罩、保护圈（环）应采用金属材料制成，且应采用焊接方式与气瓶连接。

7.2 内胆

7.2.1 内胆封头应凹面承受压力，形状为半球形或长短轴比为 2:1 的标准椭圆形，最小壁厚不应小于按照公式（1）计算所得的筒体设计壁厚值的 0.9 倍。

7.2.2 内胆筒体的内压设计壁厚不应小于按照公式（1）计算的值。

$$S = \frac{D_i}{2} \times \left(\sqrt{\frac{0.4P_c + \sigma}{\sigma - 1.3P_c}} - 1 \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中，壁应力 σ 取下列各项中的最小值：
——310 MPa，
——复验时测定的内胆主体材料的最小抗拉强度 R_m 的 50%，
——复验时测定的内胆主体材料的规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ ，
——产品试件的最小抗拉强度 R_m 的 50%，
——对于有纵缝的内胆，壁应力不应超过上述各项中最小值的 85%。

7.2.3 只准许在封头上开孔，开孔应是圆形，且应焊装管接头、管座或凸缘等。开孔直径不应大于封头内直径的 1/3，且不应大于 76mm，开孔边缘应位于以封头中心为中心 80%封头内直径的范围内。当开孔直径、开孔边缘超出本文件规定时，应按照 GB/T 4732 的规定进行局部强度校核。

7.3 外壳

7.3.1 外壳筒体按照公式（2）得出的外压力 P_1 应满足 5.2.2.2 的要求。

$$P_1 = \frac{2.6E_o(S_e / D_o)^{2.5}}{\left[(L / D_o) - 0.45(S_e / D_o)^{0.5} \right]} \dots\dots\dots (2)$$

7.3.2 外壳封头按照公式（3）得出的外压力 P_1 应满足 5.2.2.2 的要求。碟形封头的 R 是球壳外半径；椭圆形封头的 R 是当量球壳外半径， $R=K_1D_0$ ， K_1 按照表 5 选取：

$$P_1 = 0.25E_o \left(\frac{S_f}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (3)$$

表5 系数 K_1 值

$D_0/2h_0$	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
K_1	1.18	1.08	0.99	0.90	0.81	0.73	0.65	0.57	0.50
注3：中间值采用内插法； 注4： $K_1=0.9$ 为标准椭圆形封头。									

7.4 压力泄放系统

7.4.1 一般要求

- 7.4.1.1 气瓶应配备主、副安全泄压装置（安全阀或爆破片安全装置）、放空阀等组成的保证气瓶安全的压力泄放系统。
- 7.4.1.2 安全泄放量及所需的泄放面积按照附录 D 的规定计算。
- 7.4.1.3 安全泄压装置的安装方式应满足泄放出的液（气）体不影响外壳、阀门、阀门管路系统的保护装置等。

7.4.2 泄放管道

7.4.2.1 安全泄压装置连接的泄放管道的截面积不应小于安全泄压装置的进口面积总和，且能确保泄放能力满足气瓶所的安全泄放要求。

7.4.2.2 安全泄压装置进口管道应位于内胆顶部，其最低点应位于 98% 公称容积的液面以上。

7.4.3 安全泄压装置

7.4.3.1 主安全泄压装置和副安全泄压装置应并联设置。主安全泄压装置应采用安全阀；二氧化碳、乙烷、乙烯的副安全泄压装置应采用安全阀，氧化亚氮、三氟甲烷的副安全泄压装置应采用安全阀或爆破片安全装置。

7.4.3.2 主安全泄压装置（安全阀）的整定压力在 D.1.1 情况下不应大于 1.2 倍公称工作压力（ $P_z \leq 1.2P$ ），排放压力不应大于 1.1 倍整定压力。

7.4.3.3 副安全泄压装置只适用于 D.1.2 的情况，且应符合下列要求：

a) 采用安全阀时，整定压力为 1.4 倍～1.6 倍公称工作压力（ $1.4P \leq P_z \leq 1.6P$ ），排放压力不应大于 1.1 倍整定压力；

b) 采用爆破片安全装置时，设计爆破压力为 1.54 倍～1.76 倍公称工作压力（ $1.54P \leq P_b \leq 1.76P$ ）。

7.4.3.4 安全阀应满足 GB/T 12243 的规定，回座压力不低于 90% 整定压力；爆破片安全装置除螺塞螺纹外，其余应符合 GB/T 16918 的规定。安全阀及爆破片安全装置应通过相关的型式试验验证。

7.5 外壳泄压装置

外壳应设置泄压装置，且应满足如下规定：

——泄放压力不应大于 0.1 MPa；

——最小泄放面积不应小于内胆公称容积与 0.34 mm²/L 的乘积，且最小内直径不小于 6 mm；

——不应采用重闭式结构；

——应有防护措施以免在泄放时伤人。

8 制造、检验和试验

8.1 制造单位职责

8.1.1 制造单位正式生产前，用于制造的文件应已通过鉴定批准，按照此文件生产的样瓶应已通过型式试验验证。

8.1.2 制造单位的检查部门应按照本文件及设计文件规定的要求进行检验和试验，出具相应的报告，并对报告的正确性和完整性负责。

8.2 组批

8.2.1 按照内胆组批进行制造，同一批内胆筒体的材料批号不应超过两个。产品组批在内胆组批的基础上进行；同一内胆批量宜为一个产品批量，也可以组成多个产品批量。

8.2.2 一批内胆数量不应大于 200 只（不包括破坏性检验用瓶）。

8.3 标志移植

受压元件的材料应有可追溯的标志。在制造过程中如果原标志被裁掉或材料被分成几块时，制造单位应规定标志的表达方式。在材料分割前用无氯无硫的记号笔完成标志移植，不应采用硬印标记。

8.4 未注公差

未注线性和角度尺寸公差的等级按照 GB/T 1804 的规定，机械加工表面为中等 m 级，非机械加工表面为粗糙 c 级。

8.5 筒体

8.5.1 筒体纵缝对口错边量 b_s [见图 1 (a)] 不应大于 $0.1S_n$ ；筒体纵缝形成的环向棱角高度 E_s (见图

2), 宜用弦长等于 $D_i/2$, 但不大于 300mm 的内样板(或外样板)和直尺检测, 其值不应大于 $0.1S_n+2\text{mm}$ 。

8.5.2 筒体制作完成后, 同一横截面最大最小内径差 e 不应大于 $0.01 D_i$ 。

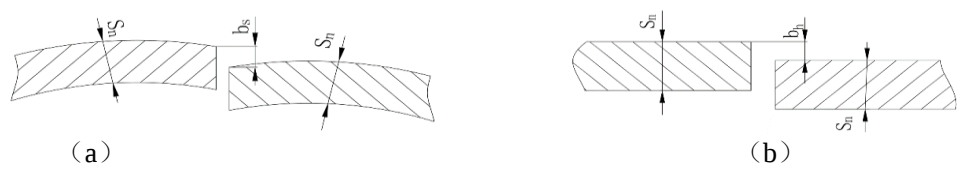


图1 纵缝、环缝的对口错边量

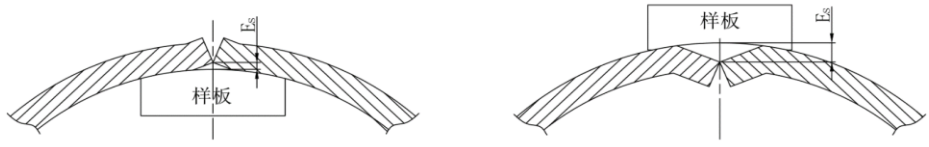


图2 纵缝的环向棱角高度

8.6 封头

- 8.6.1 用于制造封头的钢板不应拼接, 且内胆封头的壁应力值不应大于内胆筒体的壁应力值。
- 8.6.2 封头成形后不应有突变、裂纹、起皮、折皱等缺陷, 壁厚符合 7.2、7.3 及设计文件的要求。
- 8.6.3 封头形状与尺寸公差按照 GB/T 25198 的规定进行检验, 结果应符合表 6 的规定。

表6 封头形状和尺寸公差 单位:mm

内直径 D_i	封头形状与尺寸公差						
	内圆周长公差 $\Delta\pi D_i$	曲面与样板间隙a	表面凹凸量c	最大最小直径差e	直边倾斜度		封头内高度公差 ΔH_i
					外倾	内倾	
<400	± 4.0	≤ 2	≤ 1	≤ 2	≤ 1.5	≤ 1.0	+ 5 -3
$\leq 400\sim 800$	± 6.0	≤ 3	≤ 2	≤ 3			
$\leq 800\sim 1200$	± 9.0	≤ 5	≤ 3	≤ 5			

8.6.4 氧化亚氮、乙烷、乙烯应分别在外壳阀门端封头明显部位压制出凸起的化学分子式“ N_2O ”、“ C_2H_6 ”、“ C_2H_4 ”, 字体高度不宜小于 40 mm。

8.7 连接接头

- 8.7.1 纵、环焊接接头应采用全焊透对接接头。纵焊接接头不应有永久性垫板; 环焊接接头可采用永久性垫板或锁底接头。
- 8.7.2 与内胆直接连接的元件应采用熔化焊的方法。管接头、管座或凸缘等受压元件与封头的连接应采用全焊透接头。
- 8.7.3 钎焊和螺纹连接仅准许用于与内胆不直接相连的接头。

8.8 组装

- 8.8.1 元件组装前应检查合格, 受压元件不准进行强力对中、找平。
- 8.8.2 封头与筒体对接环缝对口错边量 b_h [见 1 (b)] 不应大于 $0.25 S_n$; 封头与筒体形成的轴向棱角高度 E_h (见图 3) 不应大于 $0.1 S_n+2\text{mm}$, 检验尺的长度不应小于 150 mm。



图3 环焊缝轴向棱角高度示意图

8.8.3 焊接在内筒体上的元件应避开内筒体的纵、环焊接接头。

8.8.4 底座、框架及吊装附件等部件与瓶体的连接应避开外壳的纵、环焊缝。

8.9 焊接

8.9.1 焊前准备及施焊环境

8.9.1.1 焊接材料的贮存库应保持干燥，相对湿度不应大于 60%。

8.9.1.2 焊接（包括焊接返修）应在清洁、干燥的室内专用场地上进行。当施焊环境出现下列任一情况，且无有效防护措施时，禁止施焊：

- 气体保护焊时风速大于 2 m/s；
- 相对湿度大于 90%；
- 焊件温度低于 -20℃。

8.9.1.3 焊件温度低于 0℃，但不低于 -20℃时，应在始焊处 100 mm 范围内预热到 15℃左右。

8.9.2 坡口要求

坡口表面不应有裂纹、分层、夹杂等缺陷。施焊前，应清除坡口及两侧母材表面至少 20 mm 范围内（以坡口边缘计）的氧化物、油污等其他有害杂质。

8.9.3 内胆焊接工艺评定

8.9.3.1 内胆的纵、环焊接接头以及所有元件与内胆的焊接接头均应进行焊接工艺评定。焊接工艺评定应符合本文件和 GB/T 33209 的规定。

8.9.3.2 公称容积小于等于 100 L 的焊接工艺评定，纵缝、环缝可采用试样瓶或纵缝采用平板试件、环缝采用圆筒形试件；公称容积大于 100 L 的可采用平板试件。

8.9.3.3 材料厚度不足以制备厚度 2.5 mm 的内胆焊接工艺评定冲击试样时，应采用含碳量（质量分数）不低于 0.05%，厚度不超过 3.2 mm 的材料用相同焊接工艺焊接试样瓶或试件，然后再制备 2.5 mm 的试样。

8.9.3.4 内胆纵、环焊接接头焊接工艺评定试验结果要求如下：

- 拉伸试样无论断裂发生在任何位置，实测抗拉强度不应小于 6.3 的规定及设计文件要求；
- 试样弯曲到 180°后，其拉伸面上的焊缝和热影响区内不应有开口缺陷，试样的棱角开口缺陷一般不计，但由未熔合、夹渣或其他内部缺欠引起的棱角开口缺陷长度应计入；
- 试样在不高于设计温度下进行夏比冲击试验，10 mm×10 mm×55 mm 标准试样的冲击功吸收

能

量（KV₂）平均值不应小于 31 J；至多准许有一个试样小于 31 J，但不应小于 21.7 J；厚度 7.5 mm、5 mm、2.5 mm 的小尺寸试样的 KV₂ 指标分别为标准试样的 75%、50%、25%。

8.9.4 内胆焊接

8.9.4.1 焊接设备、焊接标识

内胆的纵、环焊接接头宜采用机械化气体保护焊。施焊后，纵、环焊接接头应有可跟踪的标识和记录。标识不应采用硬印方式。

8.9.4.2 引弧板和熄弧板

施焊时，纵焊接接头应有引弧板和熄弧板，环焊接接头不应在非焊接处引弧。应采用切除的方法去除引弧板和熄弧板，严禁使用敲击的方法；去除后应磨平切除处。

8.9.4.3 内胆产品焊接试样

8.9.4.3.1 每批内胆应按照内胆筒体的材料批号以及下列规定制作试样瓶或产品焊接试件进行力学性能试验和弯曲性能试验：

- a) 公称容积不大于 100 L 时，纵、环焊接接头应分别制作；

- b) 纵、环焊接接头焊接工艺不同时，纵、环焊接接头应分别制作；
- c) 公称容积大于 100 L，且纵、环焊接接头焊接工艺相同时，可只制作纵向平板焊接试件。
- 8.9.4.3.2 制作试样瓶时，在焊接接头的形状尺寸和外观符合 8.9.4.4 的规定及 100%无损检测符合 8.10.4 规定后，纵焊接接头与环焊接接头应分别取样，取样位置按照图 4 的规定。
- 8.9.4.3.3 制作产品焊接试件时，应采用与内胆筒体批号相同的材料。平板焊接试件可置于筒体焊缝延长部位与所代表的筒体一起施焊；圆筒形焊接试件的内直径不应大于在制品的内直径。在焊接接头的形状尺寸和外观符合 8.9.4.4 的规定及 100%无损检测符合 8.10.4 规定后，圆筒形焊接试件取样位置按照图 4 的规定，平板焊接试件取样位置按照图 5 的规定。
- 8.9.4.3.4 符合 8.9.4.3.1 a)、8.9.4.3.1 b) 的情况时，纵焊接接头和环焊接接头制备拉伸试样 1 件、横向面弯试样 1 件、横向背弯试样 1 件、冲击试样 6 件（焊缝、热影响区各 3 件）。符合 8.9.4.3.1 c) 采用平板焊接试件时，制备拉伸试样 1 件、横向面弯试样 1 件、横向背弯试样 1 件、冲击试样 6 件（焊缝、热影响区各 3 件）。

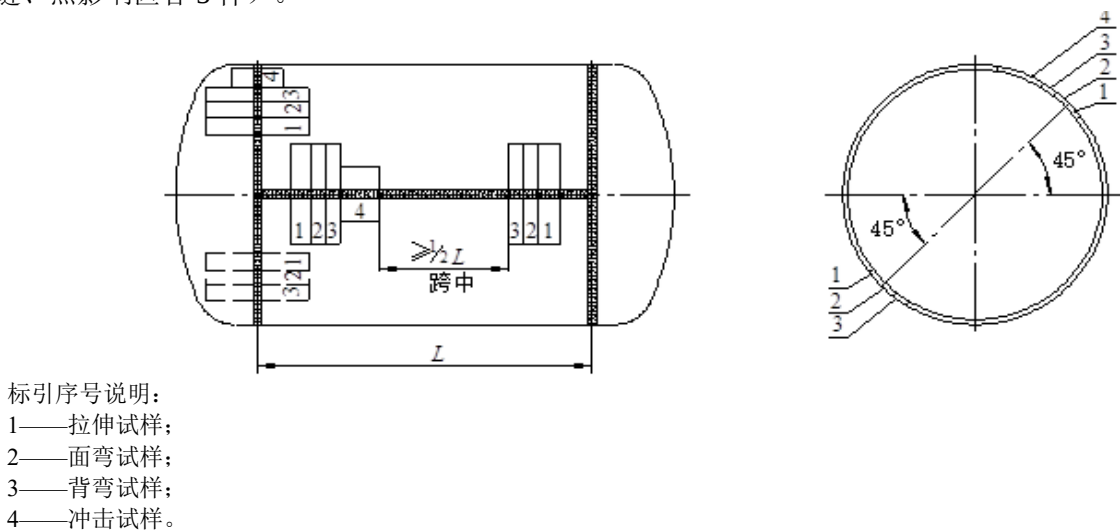


图4 试样瓶上试样位置图

舍	拉	背	面	备	背	面	拉	冲	舍
弃	伸	弯	弯	用	弯	弯	伸	击	弃

舍	侧	拉	侧	备	侧	拉	侧	冲	舍
弃	弯	伸	弯	用	弯	伸	弯	击	弃

注：舍弃部分宽度至少为25 mm，两端带引（熄）弧板时，可不舍弃。

图5 板状对接焊接接头上试样位置图

- 8.9.4.3.5 拉伸试验方法按照 GB/T 228.1 的规定，冲击试验方法按照 GB/T 229 的规定，弯曲试验方法按照 GB/T 2653 的规定。试验结果应符合 8.9.3.4 的规定。
- 8.9.4.3.6 内胆材料不足以制备 2.5 mm 的产品焊接试样时，可免做冲击试验。
- 8.9.4.4 焊接接头形状尺寸和外观
- 8.9.4.4.1 内胆对接焊缝的余高为 0 mm~2.5 mm，同一焊缝最宽最窄处之差不应大于 3 mm。
- 8.9.4.4.2 焊缝与母材应圆滑过渡，角焊缝的外形应成凹形圆滑过渡。
- 8.9.4.4.3 焊接接头不准许有咬边、表面裂纹、表面气孔、未焊透、未熔合、未填满、弧坑、夹渣和

飞溅物。

8.9.4.5 焊接返修

8.9.4.5.1 内胆焊接接头及产品焊接试件的返修应按照返修工艺进行，返修部位的形状尺寸和外观检测结果应符合 8.9.4.4 的规定，返修部位无损检测的结果应符合 8.10.4 的规定。

8.9.4.5.2 内胆同一焊接部位的返修次数不宜超过两次；如超过时，返修前应经制造单位技术负责人批准。返修次数和返修部位应记入产品生产检验记录，并在产品合格证中注明。

8.10 无损检测

8.10.1 内胆纵、环焊接接头的无损检测应在形状尺寸和外观符合 8.9.4.4 后进行。

8.10.2 内胆纵、环焊接接头的检测应采用射线检测方法（胶片感光、数字成像、计算机辅助成像）。采用胶片感光时应符合 NB/T 47013.2 的规定，采用数字成像时应符合 GB/T 17925 或 NB/T 47013.11 的规定，采用计算机辅助成像检测时应符合 NB/T 47013.14 的规定。

8.10.3 内胆纵、环焊接接头应选用以下方式进行检测：

- a) 采用气压进行耐压试验时，纵、环焊接接头逐条 100%射线检测；
- b) 采用液压进行耐压试验时，抽取的纵焊接接头比例不应小于每批总数量的 10%，且不应少于 2 条进行 100%射线检测。

8.10.4 射线检测技术等级不低于 AB 级，检测结果评定和质量分级按照 NB/T 47013.2 的规定，合格级别不低于Ⅱ级。

8.11 内胆耐压试验

8.11.1 内胆耐压试验应在无损检测合格后逐只进行。

8.11.2 试验应有可靠的安全防护措施，并经制造单位技术负责人或安全生产负责人确认和批准。

8.11.3 试验应使用两个量程相同的、在检定有效期内的压力测试仪表，量程为试验压力的 1.5 倍~3 倍（宜为试验压力的 2 倍），精度不低于 1.6 级，机械式的表盘直径不小于 100 mm。

8.11.4 液压试验按照如下要求：

- 采用氯离子含量不超过 25 mg/L 的清洁水；
- 试验程序和步骤按照 GB/T 9251 的规定进行；
- 保压检查期间压力不应下降，不应有渗漏、可见的宏观变形和异常声响等现象；
- 液压试验后应及时排尽内胆与接管中的水，并使其干燥。

8.11.5 气压试验按照如下要求：

- 采用干燥洁净的空气、氮气或其他惰性气体；
- 试验时先缓慢升压至试验压力的 10%，保压对所有焊接接头和连接部位进行初次检查；确认无泄漏后，再继续升压至试验压力的 50%；如无异常现象，其后按照试验压力的 10%逐级升压，直到试验压力，保压时间至少 30 s；后降至公称工作压力，保压进行检查；
- 保压检查期间压力不应下降，不应有泄漏、可见的宏观变形和异常声响等现象。

8.11.6 试验时焊接接头有泄漏的应按照 8.9.4.5 的规定返修合格后重新进行耐压试验。

8.12 表面质量与清洁度

8.12.1 板材表面不应有影响正常使用的缺陷，对于尖锐划痕应进行修磨，修磨斜度最大为 1:3，修磨处应圆滑光洁，且修磨后内胆厚度满足 7.2 的要求、外壳厚度满足 7.3 的要求。

8.12.2 形成（或处于）真空空间的元件按照 JB/T 6896 规定选取适合的方法进行处理，处理完毕后应有良好的保护措施。

8.12.3 与氧直接接触的零部件应按 JB/T 6896 规定的方法处理和检测碳氢化合物（油、油脂等），处理方法宜采用油分浓度测定法、质量法。处理后残余的碳氢化合物不应超过 125 mg/m²。

8.13 真空夹层漏气速率

抽真空前，按照 GB/T 18443.3 规定的方法和表 8 规定的频次进行检测，结果应符合 7.1.3 的要求。

8.14 真空夹层漏放气速率

抽真空结束，按照GB/T 18443.4规定的方法和表8规定的频次进行检测，结果应符合7.1.3的要求。

8.15 气密性试验

阀门、仪表及安全泄压装置等附件组装后，按照GB/T 12137规定的方法和表8规定的频次进行试验，保压检查期间压力不应下降、不应有泄漏。

8.16 低温真空度

充装液氮或盛装介质且至热平衡后，按照GB/T 18443.2规定的方法和表8规定的频次进行测量，夹层压力值不应高于 2×10^{-2} Pa（绝对压力）。

8.17 静态蒸发率

制造完毕，按照GB/T 18443.5规定的方法和表8规定的频次进行检测，结果应符合7.1.3的要求。液态二氧化碳采用升压速率测试的步骤、结果应符合下列要求：

- a) 测试压力测试仪表符合 8.11.3 要求；
- b) 充装有效容积的液态二氧化碳；充装后气瓶的压力不应大于 1.5 MPa；
- c) 静置，当瓶内压力达到 2.0 MPa 时，开始记录压力，测试时间不少于 24 h；
- d) 每间隔 2 h 记录气瓶压力、环境温度；
- e) 结果折算成环境温度 20 °C 时的升压速度不应大于 35 kPa/d。

8.18 容积与质量

8.18.1 容积测定

内胆容积可按照GB/T 18443.8规定的方法和表8规定的频次进行测定，测定的容积按照8.19取舍后的值不应小于公称容积。

8.18.2 质量测定

制造完毕，应采用称量范围为实际质量的1.5倍～3倍、精度满足最小称量误差要求的衡器，按表8规定的频次测定气瓶净重。

8.19 振动及跌落试验

乙烷、乙烯气瓶宜按GB/T 24159-2022的附录D进行振动试验及附录E进行跌落试验。

8.20 取舍规则

对于测定的容积保留有效数字至个位，个位小于5时应舍去、大于5时取5作为标示在铭牌上的容积；对于气瓶净重和最大充装量应舍弃小数点后的数字保留有效数字至个位作为标示在铭牌上的质量。

表7 取舍示例

实测值	容积取值/（L）	质量取值/（kg）	
		气瓶净重	最大充装量
10.67	10	10	10
104.45	100	104	104
177.78	175	177	177

8.21 检验规则

8.21.1 项目和频次

产品检验和型式试验的项目、频次、方法、判定依据应按照表 8 的规定。

表8 检验项目、频次、方法及判定依据

序号	检验项目		检验频次			检验方法	判定依据
			逐只检验	批量检验	型式试验		
1	内胆主体材料复验			$\Delta^{a^{*}b}$	Δ	6.1.1	6.1.1
2	筒体	纵缝对口错边量 b_s	Δ			8.5.1	8.5.1
3		纵缝环向棱角高度 E_s	Δ			8.5.1	8.5.1
4		同一截面最大最小直径差 e	Δ			8.5.2	8.5.2
5		实测最小厚度 S_b	Δ				设计文件
6	封头 ^c	外观		Δ		8.6.2	8.6.2
7		内圆周长公差 $\Delta\pi D_i$		Δ		8.6.3	8.6.3
8		曲面与样板间隙 a		Δ		8.6.3	8.6.3
9		表面凹凸量 c		Δ		8.6.3	8.6.3
10		最大最小直径差 e		Δ		8.6.3	8.6.3
11		内高度公差 ΔH_i		Δ		8.6.3	8.6.3
12		直边倾斜度		Δ		8.6.3	8.6.3
13		成形后最小厚度 S_h	Δ				设计文件
14	封头与筒体对接环缝对口错量 b_h		Δ			8.8.2	8.8.2
15	封头与筒体形成的轴向棱角高度 E_h		Δ			8.8.2	8.8.2
16	内胆产品焊接试样力学性能			Δ	Δ	8.9.4.3	8.9.3.4
17	焊接接头形状尺寸和外观		Δ			8.9.4.4	8.9.4.4
18	无损检测 ^d					8.10	8.10
19	内胆耐压试验		Δ			8.11	8.11
20	表面质量与清洁度		Δ			8.12	8.12
21	真空夹层漏气速率		Δ^e	Δ^e	Δ	8.13	7.1.3
22	真空夹层漏放气速率				Δ	8.14	7.1.3
23	气密性试验		Δ			8.15	8.15
24	低温真空度				Δ	8.16	8.16
25	静态蒸发率 ^f			Δ	Δ	8.17	7.1.3
26	容积		Δ			8.18.1	8.18.1
27	气瓶净重		Δ			8.18.2	
28	接地电阻 ^g		Δ				7.1.3
29	振动试验 ^h				Δ	7.1.6	7.1.6
30	跌落试验 ^h				Δ	7.1.6	7.1.6
^a Δ 表示检验该项目； ^b 此处的批量检验是指按照材料的炉罐号进行化学成分检验、按照材料的批号进行力学性能检验； ^c 封头检验数量由制造单位确定； ^d 内胆焊接接头无损检测按照 8.10.3 选择频次； ^e 制造单位根据自身的具体情况选择“逐只检验”或“批量检验”； ^f 型式试验的抽取数量不少于 1 只，批量检验时每批产品抽检数量不少于 3 只； ^g 仅适用于乙烷、乙烯气瓶； ^h 当选择振动、跌落试验时。							

8.21.2 复验规则

8.21.2.1 批量检验中，检验项目有不合格应按照表 9 进行复验，复验后仍不合格的应按照表 9 的规定处理。

表9 复验及复验不合格的处理规则

检验项目	内胆主体材料	封头形状外观等	内胆产品焊接试样力学性能	内胆焊接接头无损检测	静态蒸发率
复验数量	按照8.21.2.2	按照8.21.2.3	按照8.21.2.4	按照8.21.2.5	按照8.21.2.6

检验项目	内胆主体材料	封头形状外观等	内胆产品焊接试样力学性能	内胆焊接接头无损检测	静态蒸发率
复验后仍不合格	逐张检验	逐只检验	按照8.21.2.4	逐条检验	逐只检验

8.21.2.2 内胆主体材料的化学成分、力学性能有不合格，复验试样的数量、取样位置、试样制备、试验方法按照相应材料标准的规定。化学成分复验时只针对不合格的元素含量进行；力学性能复验时只针对不合格项目进行。

8.21.2.3 封头检测有不合格，制造单位根据实际情况确定复验数量。

8.21.2.4 内胆产品焊接试样力学性能和弯曲试验有不合格，准许从原试样瓶或原产品焊接试件上取样对不合格项目复验。复验试样的取样位置、取样数量、试样制备、试验方法按照 8.9.4.3 的规定。拉伸试验、弯曲试验及前后两组冲击试样的平均值的试验结果应符合 8.9.3.4 的规定。复验后仍旧不合格，确认是主体材料原因的，该批内胆不合格；排除主体材料原因的，可重新调整直至合格。

8.21.2.5 按照 8.10.3 b) 方式检测的纵焊接接头有不合格，复验数量不少于 8.10.3 b) 规定的 2 倍。

8.21.2.6 静态蒸发率检测不合格，再抽取不少于 6 只进行复验。

8.21.2.7 如有证据证明是操作失误或试验设备失灵，可以进行第二次试验。第二次试验合格，则第一次试验结果可以不计；第二次试验不合格，按照 8.21.2.1 的规定。

9 型式试验

9.1 有以下情况之一的，应进行型式试验：

- 新开发的气瓶；
- 制造单位首次制造的气瓶；
- 制造中断 12 个月，又重新投入制造的首批气瓶；
- 变更符合 9.3 规定的气瓶。

9.2 型式试验的项目按照表 10 规定；应从同一批气瓶（内胆）抽样，基数按以下规定：

- 首次制造的不少于 15 只气瓶；
- 非首次制造的气瓶基数不少于试验用样瓶数量的 3 倍；
- 采用试样瓶取样的应提供至少 3 只内胆。

9.3 当设计有变更时制造单位应向设计文件鉴定机构提供变更内容，当变更项目有表 10 规定之一时，应按照表 10 规定的型式试验项目进行相关试验。

表10 变更后需进行型式试验的项目

型式试验项目	变更项目					
	绝热系统	内胆与外壳之间的连接件	内胆主体材料类型	内胆筒体厚度	内胆公称容积 ^a	框架或保护罩
材料化学成分			Δ^b	Δ		
材料力学性能			Δ	Δ		
产品焊接试样力学性能			Δ	Δ^c		
真空夹层漏气速率					Δ	
真空夹层漏放气速率	Δ				Δ	
低温真空度					Δ	
静态蒸发率	Δ	Δ^d		Δ^e	Δ	
振动试验		Δ^f		Δ	$\Delta^{g,h}$	Δ
跌落试验		Δ^f			$\Delta^{g,h}$	Δ

^a 仅因长度变化引起的容积变化，下列情况仅做振动、跌落试验：变小后的容积不小于 0.5 倍已通过试验的受试瓶容积，变大后的容积不超过已通过试验的受试瓶容积的 2 倍（选择振动、跌落时）；
^b Δ 表示检验该项目；
^c 壁厚变化按照 GB/T 33209-2016 表 2 的规定需要做焊接工艺评定的；
^d 连接件截面变化率不超过 20%可免做；
^e 若因公称工作压力变小引起相同内胆内直径和相同公称容积的气瓶壁厚变薄的可免做；
^f 连接件截面变大可以免做；

型式试验项目	变更项目					
	绝热系统	内胆与外壳之间的连接件	内胆主体材料类型	内胆筒体厚度	内胆公称容积 ^a	框架或保护罩
^g 仅因长度变化引起的公称容积变化，下列情况可以免做：变小后的容积不小于 0.5 倍已通过试验的受试瓶容积，变大后的容积不超过已通过试验的受试瓶容积的 1.2 倍；						
^h 气瓶充装质量小于同一型号已通过试验的受试瓶时可免做。						

10 标志、包装、运输

10.1 铭牌应当牢固地焊接或铆接在部件上。铭牌内容应采用机械打印、激光打印、蚀刻、镭刻等能够形成永久性标记的方法制作。铭牌至少包含以下内容：

- 气瓶型号；
- 气瓶编号；
- 产品标准号；
- 充装介质名称（只准许一种）；
- 公称容积；
- 公称工作压力；
- 内胆耐压试验压力；
- 气瓶净重；
- 最大充装量；
- 制造单位名称；
- 制造单位代号；
- 制造许可证编号；
- 制造日期；
- 监检标志；
- 设计使用年限。

10.2 标签的底色和字色按照 GB/T 7144 的规定，布局合理，尺寸不小于 300 mm×300 mm，应粘贴在瓶体易于观察的部位且耐撕毁。标签至少应包含以下内容：

- 介质名称字样（如“液态二氧化碳”）；
- 气瓶型号；
- 公称工作压力；
- 内胆耐压试验压力；
- 介质化学分子式；
- 介质主要特性（如低温性、窒息性等，但不限于）；
- 警示标签（按照 GB/T 16804 的规定）；
- 急救措施（如窒息的急救等，但不限于）；
- 必要的警告内容（如“密闭或通风不良空间禁止使用”、；立式气瓶应有“应保持直立”或“禁止卧放”等，但不限于）。

10.3 出厂前，氧化亚氮、乙烷、乙烯气瓶应设置永久性电子识读标志，二氧化碳、三氟甲烷气瓶宜设置永久性电子识读标志。该识读标志应当能够通过手机扫描方式链接到制造单位建立的产品公示平台，直接获取每只产品的产品信息数据，且应在使用年限内不可更换并能有效识读。

10.4 出厂时内胆应充有不大于 0.1 MPa 的干燥氮气。

10.5 包装应根据设计文件规定或用户要求。

10.6 在运输和装卸过程中，要防止碰撞、受潮和损坏附件。

11 出厂资料

11.1 产品合格证

每只气瓶应有产品合格证，格式见附录E。

11.2 批量检验质量证明书

11.2.1 批量检验质量证明书的格式见附录 F。

11.2.2 每批应有批量检验质量证明书。提供给用户的批量检验质量证明书是复印件时，应盖有制造单位检验公章。

11.3 产品使用说明书

应向用户提供产品使用说明书。使用说明书至少应包含产品简介、设计标准、结构和性能、产品使用指南（气体性质、充装、运输、贮存、定期检验、颜色标志以及需要用户遵守的安全基本要求等）、急救措施等内容。

12 资料保存

12.1 设计鉴定文件资料、型式试验报告、各种工艺评定报告、工艺文件等技术资料，应当作为存档资料长期保存。

12.2 产品档案保存时间不应少于 20 年，包括材料质量证明书，材料复验报告，制造和检验过程的各种质量和记录报告如施焊记录、无损检测、耐压试验等，产品批量检验质量证明书，产品监督检验证书等。产品档案可以是纸质或者电子文档。

附 录 A
(资料性)

本文件涵盖的高压液化气体性质

A. 1 二氧化碳

A. 1. 1 基本特性

二氧化碳，别称碳酸气，干冰（固态），化学分子式为CO₂，在室温和大气压下是无色、无臭、无味、无毒、不燃烧、弱酸性的惰性气体。
液态二氧化碳溅到皮肤上能引起冷灼伤。
危险品类别：2.2
UN编号：2187

A. 1. 2 饱和状态下的热力学数据

表A. 1 液态二氧化碳饱和状态下的热力学数据

温度 /°C	绝对压力 /MPa	蒸汽密度 /kg/m ³	液体密度 /kg/m ³	液体比焓 /kJ/kg	蒸汽比焓 /kJ/kg	液体比熵 /kJ/(kg·K)	蒸汽比熵 /kJ/(kg·K)
-56.56 ^a	0.51814	13.765	1178.4	80.051	430.42	0.52139	2.1390
-50	0.68234	17.925	1154.6	92.943	432.68	0.57939	2.1018
-45	0.83184	21.717	1135.8	102.87	434.13	0.62282	2.0747
-40	1.0045	26.121	1116.4	112.90	435.32	0.66564	2.0485
-35	1.2024	31.216	1096.4	123.05	436.23	0.70794	2.0230
-30	1.4278	37.098	1075.7	133.34	436.82	0.74982	1.9980
-25	1.6827	43.880	1054.2	143.79	437.06	0.79141	1.9732
-20	1.9696	51.700	1031.7	154.45	436.89	0.83283	1.9485
-15	2.2908	60.728	1008.0	165.34	436.27	0.87421	1.9237
-10	2.6487	71.185	982.93	176.52	435.14	0.91571	1.8985
-5	3.0459	83.359	956.21	188.05	433.38	0.95756	1.8725
0	3.4851	97.647	927.43	200.00	430.89	1.0000	1.8453
5	3.9695	114.62	896.03	212.50	427.48	1.0434	1.8163
10	4.5022	135.16	861.12	225.73	422.88	1.0884	1.7847
15	5.0871	160.73	821.21	239.99	416.64	1.1359	1.7489
20	5.7291	194.20	773.39	255.87	407.87	1.1877	1.7062
25	6.4342	242.73	710.50	274.78	394.43	1.2485	1.6498
30	7.2137	345.10	593.31	304.55	365.13	1.3435	1.5433
30.978 ^c	7.3773	476.60		332.25		1.4336	
注1：以上数据摘自 National Institute of Standards and Technology 数据库；							
注2：比焓与比熵的基准点是标准沸点（Normal Boiling Point 缩写 NBP）。							
注3：-35℃的1m ³ 液体汽化成20℃、1atm状态下的气体体积约为612m ³ 。							
a 三相点							
c 临界点。							

A.2 氧化亚氮

A.2.1 基本特性

氧化亚氮，别称一氧化二氮，笑气，化学分子式为 N_2O ，在室温和大气压下是无色、有微甜味、无毒、不燃烧、氧化性、助燃性、麻醉性、无腐蚀性的气体。

氧化亚氮与可燃物和强还原物接触有着火和爆炸的危险；可与亚硫（酸）酐、无定形硼、磷化氢、醚类、铝、胂、苯基锂和碳化钨激烈反应；遇乙醚、乙烯等易燃气体，可加剧火焰的燃烧；与氢、氨、一氧化碳、硫化氢等可燃性气体以及油、油脂等易燃物可形成爆炸性混合物。

液态氧化亚氮溅到皮肤上能引起冷灼伤。

危险品类别：2.2

UN编号：1070

A.2.2 饱和状态下的热力学数据

表A.2 液态氧化亚氮饱和状态下的热力学数据

温度 /°C	绝对压力 /MPa	蒸汽密度 kg/m ³	液体密度 kg/m ³	液体比焓 kJ/kg	蒸汽比焓 kJ/kg	液体比熵 kJ/kg·K	蒸汽比熵 kJ/kg·K
-88.47 ^b	0.10133	2.9814	1230.5	-0.0067479	374.28	-0.0000364	2.0266
-85	0.12411	3.6006	1220.2	5.9728	376.32	0.031941	2.0003
-80	0.16386	4.6629	1205.2	14.611	379.17	0.077079	1.9645
-75	0.21290	5.9525	1190.1	23.283	381.90	0.12120	1.9310
-70	0.27260	7.5008	1174.6	31.998	384.51	0.16438	1.8996
-65	0.34439	9.3418	1158.9	40.766	386.99	0.20672	1.8700
-60	0.42975	11.512	1142.8	49.596	389.31	0.24829	1.8420
-55	0.53026	14.053	1126.4	58.499	391.46	0.28916	1.8155
-50	0.64749	17.008	1109.7	67.487	393.44	0.32942	1.7901
-45	0.78311	20.426	1092.4	76.570	395.22	0.36913	1.7658
-40	0.93878	24.364	1074.8	85.763	396.79	0.40836	1.7424
-35	1.1162	28.883	1056.5	95.079	398.12	0.44719	1.7197
-30	1.3172	34.057	1037.7	104.54	399.20	0.48569	1.6976
-25	1.5436	39.971	1018.3	114.15	400.00	0.52393	1.6758
-20	1.7971	46.727	998.07	123.95	400.47	0.56201	1.6544
-15	2.0797	54.448	977.00	133.95	400.59	0.60002	1.6329
-10	2.3934	63.288	954.93	144.19	400.31	0.63807	1.6113
-5	2.7401	73.443	931.70	154.71	399.55	0.67629	1.5894
0	3.1221	85.171	907.07	165.57	398.25	0.71487	1.5667
10	4.0012	114.91	852.17	188.60	393.49	0.79406	1.5177
15	4.5037	134.20	820.71	201.03	389.64	0.83548	1.4900
20	5.0525	157.99	785.10	214.40	384.32	0.87910	1.4588
25	5.6518	188.77	742.93	229.20	376.77	0.92650	1.4215
30	6.3075	232.70	688.11	246.71	365.14	0.98169	1.3724
36.37 ^c	7.2447	452.01		305.60		1.1682	
注1：以上数据摘自 National Institute of Standards and Technology 数据库；							
注2：比焓与比熵的基准点是标准沸点（Normal Boiling Point 缩写 NBP）。							
注3：沸点下的1m ³ 液体汽化成20°C、1atm状态下的气体体积约为518m ³ 。							
^b 沸点，							
^c 临界点。							

A.3 乙烷

A.3.1 基本特性

乙烷的化学分子式为C₂H₆，在室温和大气压下是无色、无臭、无毒、易燃的气体。
在空气中爆炸极限为3.0%~16.0%（体积分数），自燃点为515℃。
液态乙烷溅到皮肤上能引起冷灼伤。
危险品类别：2.1
UN编号：1035

A.3.2 饱和状态下的热力学数据

表A.3 乙烷饱和状态下的热力学数据

温度 /℃	绝对压力 /MPa	蒸汽密度 kg/m ³	液体密度 kg/m ³	液体比焓 kJ/kg	蒸汽比焓 kJ/kg	液体比熵 kJ/kg·K	蒸汽比熵 kJ/kg·K
-88.6 ^b	0.10133	2.0525	543.85	-0.045451	489.38	-0.00024526	2.6518
-85	0.12243	2.4476	539.32	8.7857	493.42	0.046936	2.6227
-80	0.15741	3.0901	532.93	21.151	498.91	0.11145	2.5850
-75	0.19961	3.8541	526.42	33.641	504.25	0.17489	2.5499
-70	0.24993	4.7544	519.78	46.269	509.43	0.23734	2.5172
-65	0.30933	5.8073	513.00	59.045	514.43	0.29892	2.4867
-60	0.37877	7.0303	506.06	71.986	519.23	0.35970	2.4580
-55	0.45926	8.4426	498.95	85.105	523.83	0.41979	2.4309
-50	0.55183	10.066	491.65	98.419	528.20	0.47929	2.4053
-45	0.65753	11.924	484.13	111.95	532.32	0.53828	2.3808
-40	0.77744	14.044	476.38	125.71	536.16	0.59687	2.3573
-35	0.91265	16.459	468.35	139.73	539.68	0.65517	2.3345
-30	1.0643	19.206	460.03	154.04	542.85	0.71328	2.3123
-25	1.2335	22.329	451.35	168.68	545.62	0.77132	2.2903
-20	1.4215	25.884	442.28	183.67	547.93	0.82946	2.2684
-15	1.6295	29.936	432.74	199.07	549.73	0.88783	2.2462
-10	1.8588	34.574	422.65	214.94	550.91	0.94666	2.2234
-5	2.1108	39.909	411.89	231.35	551.37	1.0062	2.1996
0	2.3867	46.097	400.32	248.41	550.96	1.0667	2.1743
5	2.6883	53.356	387.72	266.27	549.46	1.1287	2.1468
10	3.0172	62.017	373.74	285.14	546.55	1.1928	2.1161
15	3.3755	72.621	357.85	305.36	541.71	1.2602	2.0804
20	3.7655	86.176	339.04	327.57	533.99	1.3328	2.0369
25	4.1903	105.01	314.95	353.26	521.20	1.4152	1.9785
30	4.6551	138.33	276.32	388.24	494.95	1.5263	1.8783
32.18 ^c	4.8722	206.18		438.99		1.6901	
注1：以上数据摘自 National Institute of Standards and Technology 数据库；							
注2：比焓与比熵的基准点是标准沸点（Normal Boiling Point 缩写 NBP）。							
注3：沸点下的1m ³ 液体汽化成20℃、1atm状态下的气体体积约为430m ³ 。							
^b 沸点，							
^c 临界点。							

A. 4 乙烯

A. 4. 1 基本特性

乙烯的化学分子式为 C_2H_4 ，在室温和大气压下是易燃、有一定麻醉性的、低毒性的气体。
在空气中爆炸极限为2.7%~36.0%（体积分数），自燃点为450℃。
在压力过高和明火的情况易导致爆炸性分解，与氟、氯等接触会发生反应。
液态乙烯溅到皮肤上能引起冷灼伤。
危险品类别：2.1
UN编号：1962

A. 4. 2 饱和状态下的热力学数据

表A. 4 液态乙烯饱和状态下的热力学数据

温度 /℃	绝对压力 /MPa	蒸汽密度 kg/m ³	液体密度 kg/m ³	液体比焓 kJ/kg	蒸汽比焓 kJ/kg	液体比熵 kJ/kg·K	蒸汽比熵 kJ/kg·K
-103.77 ^b	0.10133	2.0879	567.65	0.0032756	482.41	0.000019255	2.8481
-100	0.12585	2.5512	562.23	9.1543	486.03	0.05320	2.8073
-95	0.16514	3.2818	554.93	21.342	490.65	0.12219	2.7565
-90	0.21320	4.1614	547.50	33.603	495.06	0.18958	2.7091
-85	0.27119	5.2095	539.91	45.953	499.25	0.25553	2.6647
-80	0.34034	6.4473	532.16	58.410	503.18	0.32020	2.6229
-75	0.42190	7.8979	524.21	70.993	506.85	0.38372	2.5834
-70	0.51716	9.5871	516.06	83.722	510.22	0.44626	2.5457
-65	0.62743	11.544	507.67	96.623	513.28	0.50794	2.5097
-60	0.75406	13.801	499.02	109.72	515.99	0.56892	2.4749
-55	0.89843	16.397	490.07	123.04	518.31	0.62934	2.4413
-50	1.0619	19.377	480.77	136.62	520.21	0.68936	2.4083
-45	1.2460	22.795	471.08	150.50	521.64	0.74915	2.3759
-40	1.4521	26.717	460.92	164.72	522.53	0.80890	2.3436
-35	1.6818	31.228	450.23	179.35	522.81	0.86883	2.3110
-30	1.9366	36.434	438.88	194.45	522.38	0.92920	2.2779
-25	2.2182	42.482	426.75	210.12	521.11	0.99034	2.2435
-20	2.5284	49.572	413.62	226.49	518.80	1.0527	2.2074
-15	2.8692	57.999	399.21	243.74	515.19	1.1169	2.1684
-10	3.2428	68.232	383.04	262.16	509.86	1.1839	2.1252
-5	3.6516	81.087	364.28	282.26	502.08	1.2554	2.0752
0	4.0990	98.265	341.21	305.06	490.32	1.3350	2.0132
5	4.5896	124.76	308.84	333.52	470.25	1.4327	1.9243
9.2 ^c	5.0417	214.24		399.43		1.6614	
注1：以上数据摘自 National Institute of Standards and Technology 数据库；							
注2：比焓与比熵的基准点是标准沸点（Normal Boiling Point 缩写 NBP）。							
注3：沸点下的1m ³ 液体汽化成20℃、1atm状态下的气体体积约为483m ³ 。							
^b 沸点，							
^c 临界点。							

A.5 三氟甲烷

A.5.1 基本特性

三氟甲烷，别称氟仿，R23，化学分子式为 CHF_3 ，在室温和大气压下是无色、不可燃、有麻醉性、无腐蚀性、无毒的气体。

三氟甲烷与高温表面或火焰接触时，分解生成腐蚀性和毒性都极高的氟化氢烟雾。。

液态三氟甲烷溅到皮肤上能引起冷灼伤。

危险品类别：2.2

UN编号: 1984

A.5.2 饱和状态下的热力学数据

表A.5 液态三氟甲烷饱和状态下的热力学数据

温度 /°C	绝对压力 /MPa	蒸汽密度 kg/m ³	液体密度 kg/m ³	液体比焓 kJ/kg	蒸汽比焓 kJ/kg	液体比熵 kJ/kg·K	蒸汽比熵 kJ/kg·K
-82.02 ^b	0.10133	4.6623	1445.6	84.597	323.96	0.51062	1.7630
-80	0.11370	5.1955	1437.9	87.104	324.81	0.52363	1.7543
-75	0.14955	6.7226	1418.6	93.345	326.84	0.55540	1.7338
-70	0.19370	8.5821	1398.9	99.641	328.79	0.58662	1.7146
-65	0.24737	10.824	1378.7	106.00	330.65	0.61735	1.6966
-60	0.31188	13.503	1358.1	112.43	332.40	0.64764	1.6796
-55	0.38859	16.682	1337.0	118.93	334.02	0.67754	1.6635
-50	0.47893	20.430	1315.3	125.53	335.52	0.70712	1.6482
-45	0.58439	24.830	1292.9	132.22	336.86	0.73642	1.6334
-40	0.70653	29.972	1269.7	139.02	338.04	0.76551	1.6191
-35	0.84697	35.969	1245.6	145.95	339.04	0.79445	1.6052
-30	1.0074	42.950	1220.5	153.03	339.82	0.82330	1.5915
-25	1.1896	51.079	1194.2	160.26	340.36	0.85213	1.5779
-20	1.3953	60.556	1166.6	167.68	340.62	0.88104	1.5642
-15	1.6265	71.639	1137.2	175.32	340.55	0.91013	1.5502
-10	1.8853	84.672	1105.9	183.21	340.09	0.93953	1.5357
-5	2.1739	100.12	1072.1	191.42	339.16	0.96941	1.5204
0	2.4947	118.67	1035.1	200.00	337.64	1.0000	1.5039
5	2.8503	141.34	993.88	209.08	335.36	1.0317	1.4857
10	3.2438	169.87	946.75	218.84	332.01	1.0650	1.4647
15	3.6791	207.58	890.35	229.64	327.06	1.1011	1.4392
20	4.1610	262.79	816.43	242.36	319.17	1.1430	1.4050
25	4.6986	379.91	680.09	261.94	301.55	1.2067	1.3396
26.14 ^c	4.8317	526.50		280.97		1.2697	
注1：以上数据摘自 National Institute of Standards and Technology 数据库；							
注2：比焓与比熵的基准点是标准沸点（Normal Boiling Point 缩写 NBP）。							
注3：沸点下的1m ³ 液体汽化成20°C、1atm状态下的气体体积约为1275m ³ 。							
^b 沸点，							
^c 临界点。							

附 录 B

(规范性)

初始充装率

B.1 概述

由于外部热量的传入会导致液化气体膨胀，直至充满气瓶而引发危险；因此本附录对充装进行限制以避免这种状况的发生。

B.2 要求

B.2.1 初始充装率

B.2.1.1 二氧化碳、氧化亚氮、三氟甲烷允许的初始充装率应满足在主安全泄压装置整定压力下最大充装率不大于公称容积的 98%，按照公式 (B.1) 进行计算：

$$F_v = \frac{0.98\rho_l' + 0.02\rho_g' - \rho_g}{\rho_l - \rho_g} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- F_v ——初始充装率，以百分比表示；
- ρ_l ——充装时，饱和液体的密度，单位为千克每升（kg/l）；
- ρ_g ——充装时，饱和蒸汽的密度，单位为千克每升（kg/l）；
- ρ_l' ——安全阀整定压力下，饱和液体的密度，单位为千克每升（kg/l）；
- ρ_g' ——安全阀整定压力下，饱和蒸汽的密度，单位为千克每升（kg/l）。

B.2.1.2 乙烷、乙烯允许的初始充装率应满足在主安全泄压装置整定压力下最大充装率不大于公称容积的 95%，按照公式 (B.2) 进行计算：

$$F_v = \frac{0.95\rho_l' + 0.05\rho_g' - \rho_g}{\rho_l - \rho_g} \dots\dots\dots (B.2)$$

B.2.2 初始质量充装系数

B.2.2.1 初始充装率在充装时不直观，不易测量，换算成一一对应关系的初始质量充装系数。

B.2.2.2 初始质量充装系数按照公式 (B.3) 换算，常用数据见表 B.1：

$$F_m = F_v\rho_l + (1 - F_v)\rho_g \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

F_m ——初始质量充装系数，单位为千克每升（kg/l）。

表 B.1 常用初始充装率/初始质量充装系数

主安全阀整定压力 P_z /MPa	二氧化碳		氧化亚氮		乙烷		乙烯		三氟甲烷	
	F_v (%)	F_m (kg/L)	F_v (%)	F_m (kg/L)	F_v (%)	F_m (kg/L)	F_v (%)	F_m (kg/L)	F_v (%)	F_m (kg/L)
0.24	—	—	92.3	1.137	89.1	0.485	89.0	0.506	91.5	1.323
0.48	—	—	89.1	1.097	85.5	0.466	85.5	0.486	87.6	1.268
0.72	—	—	86.6	1.067	82.8	0.451	82.8	0.471	84.7	1.226
0.96	—	—	84.6	1.041	80.5	0.438	80.5	0.458	82.2	1.189
1.20	—	—	82.7	1.019	78.4	0.427	78.5	0.446	79.9	1.157

表 B.1 常用初始充装率/初始质量充装系数（续）

主安全阀整定压力 P _z /MPa	二氧化碳		氧化亚氮		乙烷		乙烯		三氟甲烷	
	F _v /(%)	F _m /(kg/L)	F _v /(%)	F _m /(kg/L)	F _v /(%)	F _m /(kg/L)	F _v /(%)	F _m /(kg/L)	F _v /(%)	F _m /(kg/L)
1.44	95.0	1.045	81.1	0.999	76.4	0.416	76.6	0.435	77.8	1.126
1.68	93.4	1.026	79.6	0.980	74.6	0.406	74.8	0.425	75.8	1.098
1.92	91.7	1.008	78.2	0.963	72.8	0.397	73.0	0.415	73.9	1.070
2.16	90.1	0.991	76.8	0.946	71.1	0.388	71.6	0.405	72.0	1.043
2.40	88.5	0.975	75.5	0.930	69.4	0.378	69.7	0.397	70.2	1.016
2.64	87.0	0.959	74.2	0.915	67.6	0.368	68.1	0.387	68.3	0.989
2.88	85.6	0.943	73.0	0.899	66.0	0.360	66.4	0.378	66.4	0.962
3.12	84.1	0.928	71.8	0.885	64.2	0.350	64.7	0.368	64.6	0.934
3.36	82.7	0.912	70.6	0.870	62.3	0.344	63.0	0.358	62.4	0.917
3.60	81.9	0.897	69.4	0.856	60.4	0.329	61.1	0.348	60.3	0.874
3.84	79.9	0.882	68.2	0.841	58.3	0.318	59.2	0.337	58.0	0.840
4.08	78.5	0.867	67.1	0.827	55.9	0.305	57.0	0.325	55.3	0.802
4.20	77.7	0.860	66.5	0.819	54.6	0.298	55.9	0.324	53.8	0.780

注1：中间值采用内插法。

附 录 C

(规范性)

阀门进口接头与出口接头

C.1 基本要求

- C.1.1 在阀门接头体的棱柱的六个面中任意面的明显位置刻印或用钢印打“WP 3.5 MPa”(WP指工作压力)、“××× ×××”字样(“×××”应符合表C.1的规定),字体高度不应小于3.5 mm。
- C.1.2 乙烷、乙烯的阀门接头为左旋,其余为右旋。
- C.1.3 其余的基本要求、试验方法、与阀门连接方式按照GB/T 24159的规定。

C.2 阀门接头代号与配对管口

充装口、出液口(或充装口、出液口合一)、气体使用口、放空口(或兼做测满口)按照表C.1的规定配置相应的阀门接头。

表C.1 阀门接头代号与配对管口

介质	充装口	出液口	气体使用口	放空口(测满口)
二氧化碳	CGA 622/CCCO2-15/CCCO2-20		CGA 320	CGA 295
氧化亚氮	CGA 624/CCN2O-15/CCN2O-20		CGA 326	CGA 624
乙烷	CGA 350/CCNG-15/CCNG-20		CGA 350	
乙烯	CGA 350/CCNG-15/CCNG-20		CGA 350	
三氟甲烷	CGA 660/CCN2O-15/CCN2O-20		CGA 660	

C.3 DN15 及 DN20 接头图纸及尺寸

C.3.1 二氧化碳、氧化亚氮和三氟氯甲烷见图C.1和表C.2。

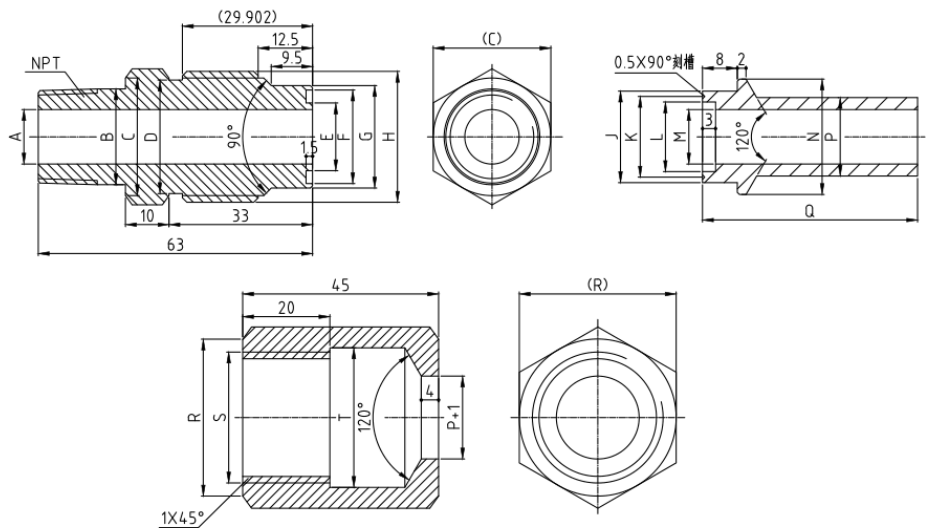


图 C.1 二氧化碳、氧化亚氮及三氟甲烷接头图

表C.2 二氧化碳、氧化亚氮及三氟甲烷尺寸

	CCCO2-15	CCN2O-15	CCCO2-20	CCN2O-20	备注
代号	尺寸（mm）		尺寸（mm）		
A	φ 12.5		φ 18		
B	φ 22		φ 27		
C	SW27		SW32		
D	φ 26		φ 28		
E	φ 15.5		φ 19.5		
F	φ 21.5		φ 22.5		
G	φ 23.5		φ 27.5		
H	Tr30×3-7e	Tr32×3-7e	Tr34×3-7e	Tr36×3-7e	GB/T5796
J	φ 21		φ 25		
K	φ 18.5		φ 22.5		
L	φ 16		φ 20		
M	φ 12.5		φ 18		
N	φ 26		φ 30		
P	—		—		设计确定
Q	—		—		设计确定
R	SW36	SW38	SW40	SW42	
S	Tr30×3-7H	Tr32×3-7H	Tr34×3-7H	Tr36×3-7H	GB/T5796
T	φ 32	φ 34	φ 36	φ 38	
NPT	1/2”		3/4”		

C.3.2 乙烯及乙烷见图C.2和表C.3。

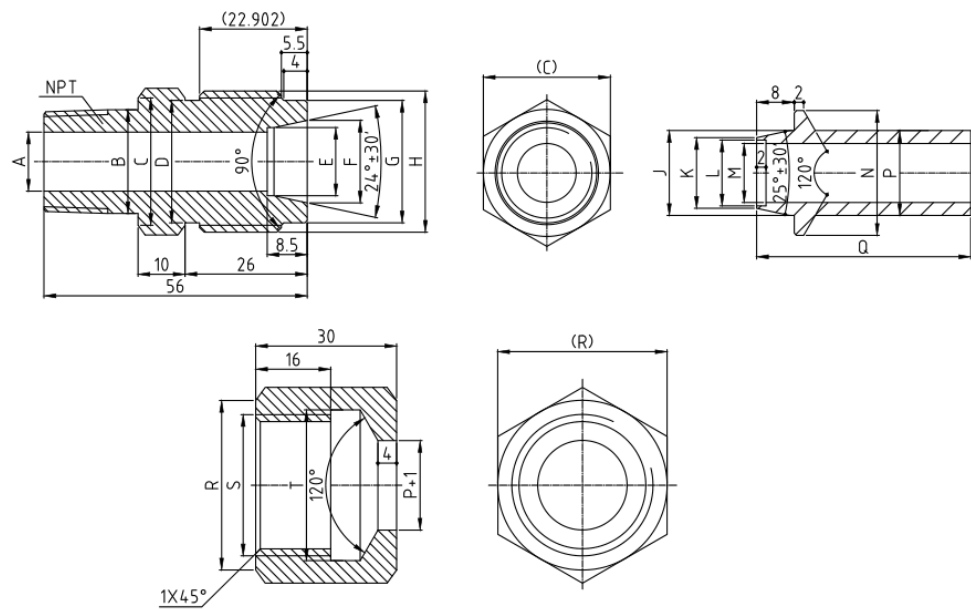


图 C.2 乙烯及乙烷接头图

表C.3 乙烯、乙烷尺寸

代号	CCNG-15	CCNG-20	代号	CCNG-15	CCNG-20	备注
	尺寸（mm）			尺寸（mm）		
A	φ 12.5	φ 19	L	φ 14	φ 20.5	
B	φ 22	φ 27	M	φ 12.5	φ 19	
C	SW27	SW32	N	φ 26	φ 30	
D	φ 26	φ 28	P	—	—	由设计确定
E	φ 14.5	φ 20.5	Q	—	—	由设计确定
F	φ 17.5	φ 23.5	R	SW38	SW42	
G	φ 26	φ 30	S	Tr32×3-7H-LH	Tr36×3-7H-LH	
H	Tr32×3-7e-LH	Tr36×3-7e-LH	T	φ 34	φ 38	
J	φ 18	φ 24	NPT	左旋 1/2”	左旋 3/4”	
K	φ 15	φ 21.5				

附录 D

(规范性)

安全泄放量和泄放面积

D.1 安全泄放量

D.1.1 气瓶绝热层完好或者劣化，夹层空间处于大气压力下充满气态的贮存介质或空气，外部环境温度为328 K（55 °C）时，安全泄放量按照公式（D.1）计算：

$$Q_{a1} = \frac{0.383(328-T)G_i U_1 A_r}{922-T} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$$U_1 = \frac{\lambda_1}{\delta}$$

A_r ——受热面积，绝热层内外表面积的算术平均值，单位为平方米（m²）；

G_i —— P_i 压力下介质的气体系数；

Q_{a1} ——折合成自由空气的安全泄放量（体积流量），单位为立方米每小时（m³/h）；

T —— P_i 压力下安全泄压装置进口处介质的温度，单位为开尔文（K）；

U_1 ——绝热系统在外部温度为328 K（55 °C），内部温度为 P_i 压力下介质的饱和温度时的传热系数，单位为千焦每小时每平方米每摄氏度[kJ/（h·m²·°C）]；

λ_1 ——液体沸点时的饱和温度和328 K下的平均热导率，宜由制造单位实际测出，没数据时也可参照表C.1的值，单位为千焦每小时每米每摄氏度[kJ/（h·m·°C）]；

δ ——绝热层厚度，不包括真空空间、劣化绝热层所占空间，单位为米（m）。

D.1.2 气瓶绝热层完好或者劣化，夹层空间处于大气压力下充满气态的贮存介质或空气，同时外部处于火灾或922 K（649 °C）高温条件下，安全泄放量按照公式（D.2）计算：

$$Q_{a2} = G_i U_2 A_r^{0.82} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

$$U_2 = \frac{\lambda_2}{\delta}$$

Q_{a2} ——折合成自由空气的安全泄放量（体积流量），单位为立方米每小时（m³/h）；

U_2 ——绝热系统在外部温度为922 K（649 °C），内部温度为 P_i 压力下介质的饱和温度时的传热系数，单位为千焦每小时每平方米每摄氏度[kJ/（h·m²·°C）]；

λ_2 ——液体沸点时的饱和温度与922 K下的热导率的平均值，宜由制造单位实际测出，没数据时也可参照表D.1的值，单位为千焦每小时每米每摄氏度[kJ/（h·m·°C）]。

表 D.1 热导率

介质	二氧化碳	氧化亚氮	乙烷	乙烯	三氟甲烷
λ_1	0.0612	0.0504	0.0576	0.054	0.0432
λ_2	0.1421	0.1368	0.2304	0.2016	0.0972
注：夹层压力为 1.01325×10^5 Pa（绝对压力）。					

D.2 流量换算

质量流量与体积流量的换算按照公式（D.3）规定。

$$W_s = \frac{Q_a C}{92.34} \sqrt{\frac{M}{ZT}} \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

C ——气体特性系数，按GB/T 33215-2016的表1或按照式（D.4）求取：

$$C = 520 \times \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \dots\dots\dots (D.4)$$

式中：

k ——气体绝热指数，见表D.2；

M ——介质的摩尔质量，单位为千克每千摩尔（kg/kmol）；

Q_a —— Q_{a1} 、 Q_{a2} 的统称；

W_s ——安全泄放量(质量流量)，单位为千克每小时（kg/h）；

Z ——气体压缩系数。

表 D.2 气体绝热指数

介质	二氧化碳	氧化亚氮	乙烷	乙烯	三氟甲烷
气体绝热指数	1.30	1.30	1.22	1.25	1.19
注： 压力为 1.01325×10^5 Pa，三氟甲烷的温度为25℃，其余介质的温度为15℃。					

D.3 泄放面积

D.3.1 泄放面积按照公式（D.5）计算：

$$A_0 \geq \frac{W_s}{7.6 \times 10^{-2} C K P_f} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

A_0 ——泄放面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）；

K ——安全泄压装置的泄放系数，与泄压装置的类型、结构有关：爆破片装置一般选取不大于0.6，安全阀由泄压装置制造单位实测确定。

D.3.2 气体压缩系数 Z

气体压缩系数按照表D.3或GB/T 33215-2016附录A选取。当压力不在表D.3范围内时， Z 值可以按照公式（D.6）计算。气体压缩系数不能确定时，选取 $Z=1$ 。

$$Z = \frac{10^6 MP_f}{R \rho_g T} \dots\dots\dots (D.6)$$

式中：

R ——通用气体常数， $R=8\,314\,\text{N}\cdot\text{m}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$ ；

ρ_g —— P_f 压力下介质饱和蒸汽密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）。

表 D.3 气体压缩系数 Z

安全泄压装置/MPa				二氧化碳	氧化亚氮	乙烷	乙烯	三氟甲烷
公称工作压力	主安全阀整定压力	副安全阀整定压力 /设计爆破压力	排放压力（绝压）					
0.2	0.24	—	0.364	—	0.935 1	0.916 5	0.918 5	0.903 4
	—	0.32/0.352	0.452	—	0.924 5	0.902 9	0.905 3	0.888 8
0.4	0.48	—	0.628	—	0.905 2	0.870 7	0.881 0	0.862 4
	—	0.64/0.704	0.804	—	0.887 6	0.855 3	0.858 8	0.838 3
0.6	0.72	—	0.892	—	0.881 5	0.844 6	0.848 3	0.826 9
	—	0.96/1.056	1.156	—	0.855 7	0.813 8	0.818 2	0.794 3
0.8	0.96	—	1.156	—	0.855 7	0.813 8	0.818 2	0.794 3
	—	1.28/1.408	1.508	—	0.822 7	0.775 4	0.780 8	0.753 8
1.0	1.2	—	1.420	—	0.833 7	0.784 8	0.789 9	0.763 7
	—	1.6/1.76	1.860	—	0.799 5	0.738 8	0.745 2	0.715 3
1.2	1.44	—	1.684	0.818 0	0.812 9	0.757 0	0.762 8	0.734 4
	—	1.92/2.112	2.212	0.779 1	0.773 7	0.703 1	0.710 6	0.677 9
1.4	1.68	—	1.948	0.798 2	0.793 0	0.729 8	0.736 5	0.705 9
	—	2.24/2.464	2.564	0.754 3	0.758 8	0.667 7	0.676 4	0.640 8
1.6	1.92	—	2.212	0.779 1	0.773 7	0.703 1	0.710 6	0.677 9
	—	2.56/2.816	2.916	0.730 1	0.7250	0.631 9	0.642 0	0.603 5
1.8	2.16	—	2.476	0.760 5	0.754 9	0.676 6	0.685 0	0.650 1
	—	2.88/3.168	3.268	0.706 3	0.700 5	0.595 0	0.606 9	0.565 3
2.0	2.4	—	2.740	0.742 2	0.736 6	0.649 9	0.659 3	0.622 2
	—	3.2/3.52	3.620	0.682 6	0.676 7	0.556 1	0.570 1	0.525 0

表 D.3 气体压缩系数 Z (续)

公称工作压力	安全泄压装置/MPa			二氧化碳	氧化亚氮	乙烷	乙烯	三氟甲烷
	主安全阀整定压力	副安全阀整定压力 /设计爆破压力	排放压力 (绝压)					
2.2	2.64	—	3.004	0.724 1	0.718 4	0.622 8	0.633 3	0.594 1
	—	3.52/3.872	3.972	0.658 9	0.653 0	0.513 6	0.530 6	0.481 1
2.4	2.88	—	3.268	0.706 3	0.700 5	0.595 0	0.606 9	0.565 3
	—	3.84/4.224	4.324	0.635 0	0.629 0	0.464 0	0.486 1	0.429 7
2.6	3.12	—	3.532	0.688 5	0.682 7	0.566 1	0.579 5	0.535 6
	—	4.16/4.576	4.676	0.610 6	0.604 5	0.396 3	0.431 1	0.356 3
2.8	3.36	—	3.796	0.670 7	0.664 9	0.535 4	0.550 8	0.503 7
	—	4.48/4.928	5.028	0.585 7	0.579 3	—	0.3206	—
3.0	3.60	—	4.060	0.652 9	0.647 0	0.502 0	0.520 1	0.469 2
	—	4.8/5.28	5.380	0.559 8	0.553 0	—	—	—
3.2	3.84	—	4.324	0.635 0	0.629 0	0.464 0	0.486 1	0.429 7
	—	5.12/5.632	5.732	0.532 4	0.525 0	—	—	—
3.4	4.08	—	4.588	0.616 8	0.610 7	0.416 6	0.446 5	0.379 1
	—	5.44/5.984	6.084	0.503 0	0.494 6	—	—	—
3.5	4.2	—	4.720	0.607 6	0.601 4	—	0.422 8	0.342 1
	—	5.6/6.16	6.260	0.487 2	0.478 0	—	—	—

注：表中主安全阀的整定压力是1.2倍公称工作压力；副安全阀的整定压力是1.6倍公称工作压力，设计爆破压力是1.76倍公称工作压力。

D.3.3 气体系数 G_i

D.3.3.1 当 $P_f < P_{cr}$ 时，气体系数 G_i 采用公式 (D.7) 计算，常用数据见表 D.4：

$$G_i = \frac{241 \times (922 - T)}{qC} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \dots\dots\dots (D.7)$$

式中：

q —— P_f 压力下介质的汽化潜热，单位为千焦每千克 (kJ/kg)；

D.3.3.2 当 $P_f \geq P_{cr}$ 时，气体系数 G_i 采用公式 (D.8) 计算：

$$G_i = \frac{241 \times (922 - T)}{\theta C} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \dots\dots\dots (D.8)$$

式中：

$$\theta = v \left[\frac{\partial h}{\partial v} \right]_p$$

θ ——比热输入，在 P_f 压力和温度下 $\frac{\sqrt{v}}{v \left[\frac{\partial h}{\partial v} \right]_p}$ 取得最大值时的值，单位为千克每千焦 (kg/kJ)；

v ——介质在 P_f 压力和操作温度范围内任一温度下的质量体积，单位为立方米每千克 (m³/kg)。

表 D. 4 常用气体系数 G_i

安全泄压装置排放压力（绝压） /MPa	二氧化碳	氧化亚氮	乙烷	乙烯	三氟甲烷
0.364	—	3.030	2.859	2.928	3.906
0.452	—	3.085	2.914	2.987	3.986
0.628	—	3.178	3.008	3.088	4.125
0.804	—	3.257	3.091	3.177	4.248
0.892	—	3.298	3.131	3.219	4.306
1.156	—	3.394	3.244	3.339	4.472
1.420	—	3.484	3.355	3.455	4.635
1.508	—	3.517	3.392	3.494	4.689
1.684	3.429	3.576	3.468	3.573	4.800
1.860	—	3.635	3.547	3.653	4.914
1.948	3.515	3.664	3.587	3.695	4.973
2.212	3.600	3.751	3.715	3.824	5.159
2.476	3.687	3.839	3.855	3.965	5.363
2.564	3.716	3.869	3.905	4.015	5.435
2.740	3.775	3.936	4.012	4.121	5.591
2.916	3.836	3.992	4.130	4.236	5.763
3.004	3.886	4.024	4.193	4.298	5.835
3.268	3.962	4.128	4.409	4.504	6.169
3.532	4.063	4.228	4.672	4.750	6.555
3.620	4.098	4.264	4.775	4.844	6.706
3.796	4.171	4.340	5.011	5.056	7.055
3.972	4.247	4.419	5.302	5.310	7.489
4.060	4.287	4.461	5.477	5.485	7.752
4.324	4.413	4.593	6.198	6.031	8.860
4.588	4.550	4.739	7.621	6.975	11.238
4.676	4.602	4.791	8.566	7.467	13.059
4.720	4.628	4.818	—	7.776	14.650
5.028	4.822	5.024	—	21.397	—
5.380	5.087	5.306	—	—	—
5.732	5.417	5.662	—	—	—
6.084	5.851	6.141	—	—	—

附 录 E
(资料性)
产品合格证

××××公司
高压液化气体绝热气瓶
产品合格证

气瓶型号_____

充装介质_____

备案图号_____

产品编号_____

产品批号_____

内胆编号_____

内胆批号_____

制造日期_____

制造许可证_____

阀门制造单位名称/制造许可证编号_____

本产品的制造符合T/XXX XXXX—XXXX《高压液化气体绝热气瓶》要求。经检验合格。

检验负责人
年 月 日

质量检验专用章
年 月 日

1.主要技术数据

公称容积_____L 公称工作压力_____MPa 内胆内直径_____mm
充装介质_____ 内胆筒体/封头设计壁厚_____/_____mm 气瓶净重_____kg
最大充装质量_____kg 气密性试验压力_____MPa 内胆试验压力_____MPa(□气压□液压)

2.材料数据

内胆筒体钢板牌号_____材料标准代号_____材料批号_____
内胆封头钢板牌号_____材料标准代号_____材料批号_____

材料标准化学成分(%):

内胆筒体 C_____S_____P_____Mn_____Si_____Ni_____Cr_____

内胆封头 C_____S_____P_____Mn_____Si_____Ni_____Cr_____

材料复验化学成分(%):

内胆筒体 C_____S_____P_____Mn_____Si_____Ni_____Cr_____

内胆封头 C_____S_____P_____Mn_____Si_____Ni_____Cr_____

材料标准强度规定值: R_m _____MPa $R_{p0.2}$ _____MPa

设计文件要求材料强度值: R_m _____MPa $R_{p0.2}$ _____MPa

材料强度复验值:

内胆筒体 R_m _____MPa $R_{p0.2}$ _____MPa 内胆封头 R_m _____MPa $R_{p0.2}$ _____MPa

实测厚度: 内胆筒体/封头:_____/_____mm 外壳筒体/封头:_____/_____mm

3.接地电阻: _____ Ω (针对乙烷、乙烯)

4.无损检测

内胆焊接接头无损检测标准:_____

无损检测内胆编号_____

纵焊接接头

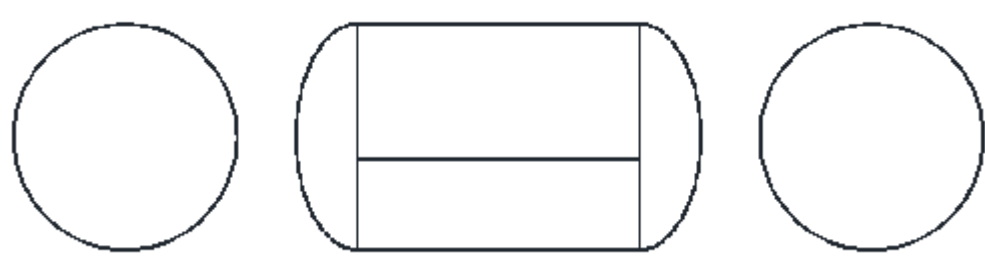
环焊接接头

检测比例: _____%

合格级别/检测结果 _____/_____

焊接接头返修次数: 1次_____处, 2次_____处, 3次_____

5.内胆焊接接头返修部位展开图(如有在简图上标明)



填写说明:

- 1.内胆筒体材料有两个批号时,材料数据应分别填写。
- 2.无损检测为逐只检测时(包括复验不合格后的逐只检测),内胆编号与产品编号应一一对应。
- 3.无损检测为抽检时,内胆编号可附页说明;抽检后需要复验时,复验结果及返修情况可附页说明。

附 录 F
(资料性)
批量检验质量证明书

××××公司	
高压液化气体绝热气瓶	
批量检验质量证明书	
气瓶型号_____	
备案图号_____	
产品批号_____	
内胆批号_____	
出厂日期_____	
制造许可证编号_____	
本批气瓶产品共_____只，编号从_____到_____	
本批气瓶内胆共_____只，编号从_____到_____	
其中不含_____	

本批产品的制造符合 T/XXX XXXX—XXXX 《高压液化气体绝热气瓶》要求。经检验合格。	
监督检验单位专用章	制造单位检验专用章
监检员	检验负责人
年 月 日	年 月 日
制造单位地址：_____	
邮政编码：_____	

1.主要技术数据

公称容积_____L 公称工作压力_____MPa 内胆内直径_____mm
内胆筒体/封头设计壁厚_____/_____mm 气密性试验压力_____MPa
内胆试验压力_____MPa（□气压□液压）

2.材料数据

内胆筒体钢板牌号_____材料标准代号_____材料批号_____
内胆封头钢板牌号_____材料标准代号_____材料批号_____
材料化学成分复验（%）：
内胆筒体 C_____S_____P_____Mn_____Si_____Ni_____Cr_____
内胆封头 C_____S_____P_____Mn_____Si_____Ni_____Cr_____
焊材标准_____焊丝（条）牌号_____焊丝（条）直径_____mm
材料力学性能复验数据

试样		力学性能及弯曲试验					
类别	材料批号或内胆瓶号	拉伸			设计温度冲击KV ₂ （J）	弯曲	
		抗拉强度R _m （MPa）	规定塑性延伸强度R _{p0.2} （MPa）	断后伸长率A（%）		面弯	背弯
材料复验					-	-	-
焊材熔敷金属					-	-	-
产品焊接试样							

3.静态蒸发率测试数据

抽检瓶产品编号_____
静态蒸发率（LN₂）%/d_____

4.无损检测数据

抽检（全检）内胆编号	检测方式	无损检测							
		检测长度（mm）		检测比例				检测结果	
		纵焊接接头	环焊接接头	纵焊接接头		环焊接接头		纵焊接接头	环焊接接头
				□100%	□10%且不少于2条	□100%	—	级	级

5.抽检内胆无损检测返修1次_____处，返修2次_____处，返修3次_____处。

内胆焊接接头返修部位展开图（如有在简图上标明）



填写说明：
1.内胆筒体材料有两个批号时，材料数据应分别填写。
2.当全检时在“□100%”前打“√”，编号不写；当抽检时在“□10%且不少于2条”打“√”，写抽检的编号，表格不够自行添加。

