

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

高纯液化特气用大容积钢质无缝气瓶技术规范

Technical specification for large capacity steel seamless gas cylinder for high-purity
liquefied special gas

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国西部开发促进会 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 1

4 型式、参数和型号 2

 4.1 气瓶型式 2

 4.2 基本参数 2

 4.3 型号 2

5 技术要求 2

 5.1 材料要求 2

 5.2 设计及结构要求 2

 5.3 工艺制造要求 3

 5.4 性能要求 3

 5.5 附件要求 4

 5.6 内表面洁净度要求 4

6 试验方法 4

 6.1 材料试验 4

 6.2 设计及结构要求试验 4

 6.3 制造工艺试验 5

 6.4 性能要求试验 5

 6.4.1 力学性能试验 6

 6.4.2 水压试验 6

 6.4.3 气密性试验 6

 6.4.4 无损检测 6

 6.5 瓶阀与附件检查 6

 6.6 内表面洁净度检测 6

7 检验规则 7

 7.1 检验分类 7

 7.2 出厂检验 7

 7.3 型式检验 8

 7.4 抽样规则 8

 7.5 判定规则 8

8 标志、涂敷、包装、运输和储存 8

 8.1 标志 8

 8.2 涂敷 8

8.3 包装	8
8.4 运输	8
8.5 储存	8
9 出厂文件及质量证明书	8

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XXX提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

高纯液化特气用大容积钢质无缝气瓶技术规范

1 范围

本文件规定了高纯液化特种气体（以下简称“高纯特气”）用大容积钢质无缝气瓶（以下简称“气瓶”）的型式、参数、型号、技术要求、试验方法、检验规则、标志、涂敷、包装、运输、储存和出厂文件及质量证明书。

本文件适用于高纯液化特气用大容积钢质无缝气瓶的研发、设计、制造、检验与应用管理。

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 1031 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
GB/T 7144 气瓶颜色标志
GB/T 9251—2022 气瓶水压试验方法
GB/T 12137 气瓶气密性试验方法
GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法
GB/T 17213.1 工业过程控制阀 第1部分：控制阀术语和总则
GB/T 28884 大容积气瓶用无缝钢管
GB/T 33145—2023 大容积钢质无缝气瓶
GB/T 33215—2025 气瓶安全泄压装置
JJF 1101 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

大容积钢质无缝气瓶 large capacity steel seamless gas cylinder

水容积大于 150 L 且小于或等于 4200 L，用于可重复充装压缩气体或液化气体的移动式钢质无缝气瓶。

3.2

高纯液化特气 high-purity liquefied special gas

指纯度不低于99.999%（5.0N）的液化特种气体，用于电子、半导体、光伏等高端制造领域，如高纯氯化氢、三氟化氮、六氟化钨、硅烷等。

3.3

外测法 water jacket method

将受试瓶放入特制的专用水套内加压至其水压试验压力且保压规定时间，通过水套溢出的水量和泄压后余下的溢水量来测定受试瓶的容积全变形、容积弹性变形和容积残余变形的试验方法。

[来源：GB/T 9251—2022，3.3]

3.4

爆破压力 burst pressure

气瓶在内压作用下，瓶体爆破过程中所达到的最高压力。

3.5

腐蚀裕量 corrosion allowance

是工程设计中为防止材料因介质腐蚀或磨损导致壁厚减薄而预先增加的壁厚增量。

3.6

水容积 water capacity

气瓶内腔的实际容积。

4 型式、参数和型号

4.1 气瓶型式

气瓶应为无缝结构，瓶体由钢质无缝钢管经旋压收口制成，两端为凹形底或凸形底（带颈）。气瓶应设置颈圈或护罩，并配备高纯气体专用瓶阀。

4.2 基本参数

气瓶的基本参数应符合表1的规定。

表1 气瓶基数参数

参数名称	指标要求
公称工作压力（PN），MPa	10~30
公称水容积（V），L	>150~4200
公称直径（D），mm	325~920
设计使用年限，年	20
设计温度，℃	-40~60

4.3 型号

气瓶型号GB/T 33145—2023中4.3的规定。

5 技术要求

5.1 材料要求

5.1.1 瓶体材料

瓶体材料应选用优质铬钼钢或锰钢无缝钢管，其化学成分、力学性能及工艺性能应符合GB/T 28884的规定，并应满足淬火回火或正火处理后的强度、韧性要求。材料应具有细晶粒结构，硫、磷含量应严格控制。

5.1.2 材料清洁度

用于高纯特气气瓶的钢管内壁应无裂纹、折叠、分层等缺陷，初始表面应满足后续研磨工艺要求。

5.2 设计及结构要求

5.2.1 瓶体结构

5.2.1.1 气瓶应为整体无缝结构，不得有纵向焊缝。

5.2.1.2 瓶体两端应符合 GB/T 33145—2023 中 5.4 的规定。

5.2.1.3 气瓶应设置颈圈或护罩，护罩应牢固固定，防止运输中瓶阀受损。

5.2.2 设计计算

瓶体最小设计壁厚应符合GB/T 33145—2023中5.2的要求。

5.2.3 接口要求

气瓶应设置1个或多个瓶阀接口，接口螺纹应符合GB/T 33145的规定。用于高纯特气的接口应优先采用卡套式或双卡套式结构应与介质相容，并设置清洗取样口。

5.3 工艺制造要求

5.3.1 旋压成型

5.3.1.1 气瓶应采用热旋压或冷旋压工艺成型，旋压后应进行正火或淬火+回火热处理。

5.3.1.2 旋压过程应控制内壁表面质量，避免产生皱褶、划伤。

5.3.2 内壁研磨

5.3.2.1 气瓶内壁应进行机械研磨或电化学抛光，内表面粗糙度 Ra 应不大于 0.8 μm，特殊要求时可达 0.4 μm。

5.3.2.2 研磨后内壁应无肉眼可见的锈迹、氧化皮、金属颗粒等污染物。

5.3.3 清洗与钝化

5.3.3.1 气瓶内壁研磨后应进行多步清洗（碱洗、酸洗、纯水冲洗）和钝化处理，最终清洗用水电阻率应不小于 15 MΩ·cm。

5.3.3.2 气瓶内壁用去离子水清洗后，采用吸湿、除油试剂进行内壁处理。采用异丙醇（有致癌成份）清洗去除内壁颗粒物和油脂，气瓶内壁表面应按 CGAG-4.1 的规定进行油脂含量检测，油脂含量应不大于 100mg/m²，或符合设计图样的规定，气瓶内壁的不挥发性残余颗粒物含量（NVR）不大于 100mg/m²。

5.3.4 热处理

5.3.4.1 瓶体应进行整体热处理（正火或淬火+回火），热处理后力学性能应均匀。

5.3.4.2 热处理炉应具有温度自动记录装置，并定期进行炉温均匀性测试。

5.4 性能要求

5.4.1 力学性能

瓶体材料热处理后的力学性能应符合表2的规定。

表 2 瓶体材料力学性能要求

性能指标	要求值
抗拉强度（Rm），MPa	720~950
屈服强度（Rp0.2），MPa	≥600
断后伸长率（A），%	≥16
冲击功（KV2），J	≥40（-40℃）
晶粒度，级	≥6
注：冲击功应试验尺寸符合GB/T 33145—2023中的规定。	

5.4.2 耐压性能

气瓶应进行水压试验，试验压力为公称工作压力的5/3倍，保压时间不少于30 s，不得出现泄漏、破裂或肉眼可见的变形。保压时间、残余变形率应符合GB/T 33145的规定。

5.4.3 气密性

气瓶应进行气密性试验，试验压力为公称工作压力，保压时间不少于1 min，涂覆皂液后无气泡产生。

5.4.4 爆破性能

气瓶爆破压力应不小于2.5倍，公称工作压力，爆破口应为塑性断裂，无碎片产生。

5.5 附件要求

5.5.1 瓶阀

5.5.1.1 瓶阀应选用高纯气体专用阀门（如隔膜阀、波纹管阀），材质为316L不锈钢或更高等级材料。

5.5.1.2 阀座及密封材料应耐介质腐蚀，接触气体的表面粗糙度Ra应不大于0.8 μm。

5.5.1.3 瓶阀应具有防转动结构，并设置防尘帽。

5.5.1.4 瓶阀的密封性能应满足高纯气体应用要求。在公称工作压力下，采用氦质谱检漏法测试，阀门的整体标准漏率应不大于 $1 \times 10^{-9} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。对于特殊要求的气体，可由供需双方协商确定更严格的指标。

5.5.2 安全附件

5.5.2.1 气瓶安全泄压装置应符合GB/T 33215、GB/T 33145的规定。

5.5.2.2 爆破片材质应为镍或不锈钢，不得产生碎片。

5.6 内表面洁净度要求

高纯特气气瓶的内表面洁净度应符合表3的规定。

表3 内表面清洁度指标

项目	指标要求	检测方法
表面粗糙度(Ra)，μm	≤0.8	轮廓仪/比对样块
非挥发性残留量(NVR)，mg/m ²	≤1.0	溶剂萃取称重法
颗粒物(≥0.5 μm)，个/L	≤100	激光颗粒计数器
金属离子含量(Fe, Cr, Ni)，μg/m ²	≤10	ICP-MS
阴离子含量(Cl ⁻ , F ⁻)，μg/m ²	≤1.0	离子色谱法(IC)
水分露点，℃	≤-40	露点仪
氧气含量(O ₂)，ppbv	≤10	气相色谱-放电离子化检测器(GC-DID)或改性氧化锆传感器法
总可氧化碳(TOC) μg/m ²	≤10	高温催化氧化-NDIR法
总烃(THC，以CH ₄ 计)，μg/m ²	≤5.0	气相色谱-氢火焰离子化检测器(GC-FID)法
需氧菌总数，CFU/m ²	≤1.0	接触碟法/冲洗法培养计数

6 试验方法

6.1 材料试验

6.1.1 瓶体材料

瓶体材料的化学成分、力学性能及工艺性能应按GB/T 28884的规定进行试验。

6.1.2 材料清洁度

材料清洁度检验应符合以下要求：

- a) 外观检查：对进厂的钢管进行目视检查，确认无裂纹、折叠、分层等宏观缺陷；
- b) 初始表面质量评估：对钢管内壁进行内窥镜检查，记录表面状态，确保满足后续研磨工艺要求；
- c) 洁净度报告验证：审查材料供应商提供的清洁度报告，确认是否进行了酸洗钝化处理及处理效果。

6.2 设计及结构要求试验

6.2.1 瓶体结构检查

外观及结构检查应对气瓶成品进行目视检查，确认瓶体为整体无缝结构，无纵向焊缝。检查瓶底与筒体过渡区的圆滑度，使用游标卡尺测量过渡区厚度，确认其不小于筒体设计厚度。检查颈圈或护罩的安装牢固性及防护效果。

6.2.2 设计计算

设计计算验证应符合以下要求：

- a) 壁厚验证：对成品瓶体进行壁厚测量，测量点不少于 10 点，沿气瓶长度方向均匀分布，确认最小实测壁厚不小于设计计算壁厚；
- b) 应力系数与爆破安全系数验证：按 GB/T 33145—2023 中 5.2 规定的方法进行应力计算和爆破试验，验证屈服强度系数不大于 0.8，爆破安全系数不小于 2.5。

6.2.3 接口要求

6.2.3.1 螺纹检查

应按照GB/T 33145的规定，使用螺纹通止规对接口螺纹进行检验。

6.2.3.2 结构形式检查

目视检查接口结构，确认是否为卡套式或双卡套式结构，并检查清洗取样口的设置位置及密封性。

6.3 制造工艺试验

6.3.1 旋压成型

6.3.1.1 表面质量检查

对旋压成型后的瓶体内外壁进行目视检查，确认无皱褶、划伤等缺陷。

6.3.1.2 热处理记录审查

审查热处理工艺记录，确认旋压后进行了正火或淬火+回火热处理，且热处理曲线符合工艺要求。

6.3.2 内壁研磨

6.3.2.1 粗糙度测量

应按照GB/T 1031的规定进行测量。

6.3.2.2 目视检查

在自然光或等效光源下，对研磨后的内壁进行目视检查，确认无肉眼可见的锈迹、氧化皮、金属颗粒等污染物。必要时可使用内窥镜辅助检查。

6.3.3 清洗与钝化

清洗水质检测使用电导率仪测量最终清洗用水的电阻率，导电率应不小于 $15\text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ （ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。

6.3.4 热处理

6.3.4.1 热处理炉温记录审查

审查热处理炉的温度自动记录装置记录，确认温度曲线符合工艺要求。

6.3.4.2 炉温均匀性测试

应按JJF 1101的规定，定期对热处理炉进行炉温均匀性测试，确保炉内各点温差在允许范围内。

6.3.4.3 力学性能均匀性验证

应符合GB/T 33145的规定，从同一炉批的热处理瓶或样环中随机抽取1支或多支进行力学性能试验，确认其抗拉强度、屈服强度、延伸率等指标符合标准要求且均匀一致。

6.4 性能要求试验

6.4.1 力学性能试验

6.4.1.1 拉伸试验

应按照GB/T 33145—2023中6.4.2的规定进行试验。

6.4.1.2 屈服强度试验

应按照GB/T 228.1的规定进行试验。

6.4.1.3 断后伸长率试验

应按照GB/T 33145—2023中7.1.4.1的规定进行试验。

6.4.1.4 低温冲击试验

应按照GB/T 229的规定进行试验。

6.4.1.5 晶粒度试验

应按照GB/T 6394的规定进行试验。

6.4.2 水压试验

应按照GB/T 9251—2022中的外测法（水套测定法）进行试验。

6.4.3 气密性试验

应按照GB/T 12137的规定进行试验。

6.4.4 无损检测

瓶体热处理或水压试验后应按照GB/T 33145—2023中附录C和附录D的要求进行无损检测。

6.5 瓶阀与附件检查

6.5.1 瓶阀检查

对瓶阀进行目视和尺寸检查，材质证明核查，并进行气密性试验。

6.5.2 安全附件检查

6.5.2.1 核查安全附件（爆破片、易熔塞）的合格证明、型号及泄放压力标定值。

6.5.2.2 瓶阀泄漏率应按照 GB/T 17213 的规定，使用氦质谱检漏仪进行测试。

6.6 内表面洁净度检测

6.6.1 表面粗糙度检测

采用接触式轮廓仪（如Taylor Hobson）或非接触式光学轮廓仪，在气瓶内壁沿轴向和环向各均匀选取至少3个测量点进行测量，取平均值作为最终结果。

6.6.2 非挥发性残留量（NVR）检测

用规定量的高纯溶剂（如色谱级异丙醇）冲洗气瓶整个内表面，收集全部冲洗液。将冲洗液置于已恒重的培养皿中，在清洁环境下使溶剂完全挥发，然后置于 $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘至恒重。用精密天平称量残留物质量，计算单位内表面积的非挥发性残留量。

6.6.3 颗粒物检测

将气瓶与高纯氮气（ $\geq 99.999\%$ ）气源及激光颗粒计数器连接。用惰性气体或者氩气、氮气等，以一定流速反吹气瓶内腔，将吹扫出的气体导入激光颗粒计数器，测定气体中粒径 $\geq 0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\geq 1.0\text{ }\mu\text{m}$ 、 $\geq 5.0\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒数量。计算单位容积内的颗粒数。

6.6.4 金属离子含量检测

向气瓶内注入定量的高纯稀硝酸溶液，使内表面完全浸润，密封后静置或适度晃动一定时间。收集全部浸泡液，使用电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）检测溶液中Fe、Cr、Ni、Mo等特征金属离子的含量。计算单位内表面积各金属离子的含量。

6.6.5 水分露点检测

将气瓶抽真空后，充入少量高纯氮气。将露点仪的采样管与气瓶出口连接，使瓶内气体缓慢流经露点传感器，待读数稳定后记录水分露点值。

7 检验规则

7.1 检验分类

气瓶检验应分为出厂检验和型式检验，检验项目见表4。

表 4 检验项目

检验项目	出厂检验	型式检验
瓶体材料化学成分	—	√
瓶体材料力学性能	—	√
材料初始表面质量	—	—
气瓶结构	√	√
气瓶过渡区厚度	√	—
最小壁厚	√	√
爆破安全系数	—	√
瓶阀接口螺纹	√	√
施压表面质量	√	√
热处理工艺记录	√	√
内表面粗糙度	√	√
清洗水质	√	√
内表面非挥发性残留量	√	√
内表面颗粒物	√	√
热处理炉温均匀性	—	√
瓶体材料抗拉强度	—	—
瓶体材料屈服强度	—	—
瓶体材料断后伸长率	—	—
瓶体材料低温冲击功	—	—
瓶体材料晶粒度	—	√
水压试验	√	√
气密性试验	√	√
爆破试验	—	√
无损检测	√	√
瓶阀材质与结构	√	√
瓶阀表面粗糙度	—	√
瓶阀泄漏率	√	√
安全附件型号与泄放压力	√	√
内表面金属离子含量	√	√
阴离子含量（Cl ⁻ ，F ⁻ ）	—	√
内表面水分露点	√	√
氧气含量（O ₂ ）	—	√
总可氧化碳（TOC）	—	√
总烃（THC，以CH ₄ 计）	—	√
需氧菌总数	—	√
注：“√”表示需检项目“—”表示不检项目。		

7.2 出厂检验

出厂检验项目应符合表4的要求。

7.3 型式检验

7.3.1 凡遇到下列情况之一，钢瓶应进行型式检验：

- a) 新产品试制或老产品转厂生产时；
- b) 改变设计壁厚；
- c) 改变瓶体材料牌号；
- d) 改变钢瓶瓶体结构、形状（如端部形状、瓶口尺寸等）；
- e) 瓶体热加工成形或热处理规范等主要制造工艺改变；
- f) 生产中断6个月以上；
- g) 有关安全技术规范明确规定。

7.3.2 应按表4规定的项目进行型式检验。若型式检验不合格，不应投入批量生产，不应投入使用。

7.4 抽样规则

型式检验从出厂检验合格的气瓶中随机抽取，抽样数量为2只（1只用于爆破试验，1只用于其他性能检验）。

7.5 判定规则

若型式检验中有任何一项不合格，应加倍抽样复检，若复检仍不合格，则判定该批产品型式检验不合格。

8 标志、涂敷、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 气瓶应设置永久性标志，应包括以下内容：

- a) 制造单位名称或商标；
- b) 气瓶编号；
- c) 制造日期；
- d) 公称工作压力、公称水容积；
- e) 充装介质名称；
- f) 设计使用年限；
- g) 检验标记（检验日期、检验单位）。

8.1.2 标志应采用钢印或激光蚀刻，清晰、耐久。

8.2 涂敷

气瓶外表面应涂敷保护漆，颜色应符合GB/T 7144的规定（如高纯氯化氢气瓶可采用灰色，三氟化氮气瓶可采用蓝色）。内表面应无涂层，保持洁净。

8.3 包装

气瓶应放置在木质或金属托盘上，用塑料薄膜或编织袋包裹，防止运输中碰撞。瓶阀应安装保护帽。

8.4 运输

8.4.1 钢瓶的运输应符合道路交通安全的相关规定。

8.4.2 钢瓶在运输和装卸过程中，应防止碰撞、受潮和损坏附件。

8.5 储存

气瓶应储存在干燥、通风、无腐蚀性气体的环境中，避免阳光直射。储存区域应远离火源和热源。

9 出厂文件及质量证明书

每支气瓶应附有质量证明书，内容包括：

- a) 制造单位名称、地址；
 - b) 气瓶编号、型号、规格；
 - c) 材料成分及力学性能报告；
 - d) 热处理工艺记录；
 - e) 无损检测报告；
 - f) 水压试验、气密性试验、爆破试验（型式检验时）报告；
 - g) 内表面洁净度检测报告（NVR、颗粒物、金属离子含量、水分露点）；
 - h) 检验人员签字及检验日期。
-