

ICS 23.020.30

J 74

团 体 标 准

团体标准编号
代替的团体标准编号

大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶 定期检验与评定

Periodic inspection and evaluation of large-volume hoop wrapped fibre
reinforced composite tube with steel liner

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国特种设备检验协会 发布

目 录

前言.....	II
大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶定期检验与评定.....	1
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 检验周期和项目.....	1
5 检验前准备.....	2
6 宏观检查.....	2
7 无损检测.....	3
8 瓶口螺纹检查.....	3
9 壁厚测定.....	3
10 水压试验.....	4
11 附件检查.....	4
12 气密性试验.....	4
13 检验后工作.....	4
附录 A（规范性附录）X 射线数字成像检测.....	6
附录 B（资料性附录）大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶定期检验报告.....	9
附录 C（资料性附录）缠绕层缺陷实例.....	10

前言

本标准按照 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。

本标准由中国特种设备检测研究院提出并归口。

本标准起草单位：中国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、北京理工大学、石家庄安瑞科气体机械有限公司、浙江大学、浙江蓝能燃气设备有限公司、中材科技（苏州）有限公司。

本标准主要起草人：**

本标准为首次发布。

大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶定期检验与评定

1 范围

1.1 本标准规定了大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶（以下简称“气瓶”）定期检验的基本方法和技术要求。

1.2 本标准适用于环境温度为-40~60℃、公称容积为 450L~5000L、公称工作压力≤35MPa，盛装天然气、氢、氮、空气等压缩气体的气瓶。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

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 13005	气瓶术语
GB 24162-2009	汽车用压缩天然气金属内胆纤维环缠绕气瓶定期检验与评定
GB/T 26592	无损检测仪器 工业 X 射线探伤机性能测试方法
GB/T 26594	无损检测仪器 工业用 X 射线管性能测试方法
JB/T 11608	无损检测仪器 工业用 X 射线探伤装置
NB/T 47013.5	承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测
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

3 术语和定义

GB/T 13005、GB 24162-2009 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

应力断裂 stress rupture

气瓶的增强纤维在经受一定时间的拉伸载荷作用而突然断裂的现象。

3.2

老化 ageing

气瓶长时间使用过程中，受到阳光、雨水、大气等环境因素影响，导致纤维和树脂使用性能下降的现象。

4 检验周期和项目

4.1 检验周期

4.1.1 气瓶的定期检验周期不超过 3 年。

4.1.2 异常情况的检验

有下列情况之一的气瓶，应提前进行定期检验：

- (1) 气瓶遭明火；
- (2) 气瓶长期暴露在高于 60℃ 的环境温度下；
- (3) 气瓶受到冲击，怀疑影响其安全性能；
- (4) 气瓶接触到化学物质；
- (5) 发生异常的声响；
- (6) 充装介质不符合国家相应标准，或内胆发生严重腐蚀、损伤；
- (7) 发生其他影响气瓶安全可靠性的情形，以及检验人员认为有必要提前检验的。

4.1.3 库存或者停用时间超过一个检验周期的气瓶，启用前应进行定期检验。

4.1.4 有下列情况之一的气瓶，检验机构可以适当缩短检验周期：

- (1) 使用单位未按照规定进行年度检查的；
- (2) 发现气瓶存在腐蚀并可能继续恶化的；
- (3) 检验中对其他影响安全的因素有怀疑的。

4.2 检验项目

气瓶的检验项目包括宏观检查、瓶口螺纹检查、壁厚测定、无损检测、水压试验、附件检查和气密性试验。

5 检验前准备

5.1 记录

5.1.1 逐只检查气瓶的制造标志和出厂文件资料，记录内容包括：制造单位、制造监督检验证书、使用登记代码、气瓶编号、制造日期、公称工作压力、充装介质、公称水容积、重大维修和上次检验情况等。

5.1.2 制造厂商无许可资质或在生产时资质已过期的、制造标志不符合相应产品标准规定的、制造标志模糊不清或项目不全导致无法评定的、有关法规规定不准再用的气瓶，记录后不予检验按判废处理。

5.2 气瓶拆卸

5.2.1 确认瓶内介质后，根据介质的不同性质，在保证安全、卫生和不污染环境的前提下，采用与瓶内介质相适应的方法将瓶内气体清理干净。在瓶内气体检测结果达到有关规范、标准的规定后，方可进行拆卸。

5.2.2 拆卸气瓶附件后，用不损伤钢质内胆以及缠绕层树脂和纤维的适当方法对气瓶内外表面进行清理，去除污垢、腐蚀物、沾染物等有碍检验的杂物。

5.2.3 气瓶附件拆卸后，应采用钢刷和棉布对其表面进行清理，使表面不存在锈蚀等影响目视检查的残留物。

6 宏观检查

6.1 检查要求

6.1.1 逐只对气瓶进行外观目视检查，检查外表面缠绕层是否存在磨损、划伤、擦伤、凿伤、冲击伤、分层、热火损伤、化学品浸蚀、老化、应力断裂等损伤；检查钢质内胆瓶肩外表面是否存在划伤、擦伤、凿伤、裂纹、腐蚀等损伤。

6.1.2 借助外部光源对气瓶进行内表面目视检查，必要时使用专用内窥镜进行补充检查。检查钢质内胆是否存在腐蚀、鼓包、裂纹、褶皱等损伤。

6.2 缠绕层损伤评定

6.2.1 划伤的损伤深度小于缠绕层厚度 20%（最大 2mm），允许继续使用；划伤的损伤深度达到缠绕层厚度 20%（最大 2mm）但小于 30%，应安装智能采集终端装置，进行监控使用；使用单位应采用智能采集装置监控压力、温度、充装次数、泄漏等参数，同时定期检查缺陷扩展情况。缠绕层划伤的损伤深度达到缠绕层设计厚度的 30%时，气瓶不允许继续使用。

6.2.2 磨损、擦伤、凿伤的损伤深度小于缠绕层厚度的 15%且损伤长度小于瓶体公称直径的 15%时，允许继续使用；磨损、擦伤、凿伤的损伤深度达到缠绕层厚度的 15%但小于 30%，且损伤长度小于瓶体公称直径的 15%时应安装智能采集终端装置，进行监控使用；使用单位应采用智能采集装置监控压力、温度、充装次数、泄漏等参数，同时定期检查缺陷扩展情况。缠绕层磨损、擦伤、凿伤的

损伤深度达到缠绕层设计厚度的 30%或者损伤长度达到瓶体公称直径的 15%时，气瓶不允许继续使用。

6.2.3 缠绕层受冲击伤造成的“霜状”、“击碎”形貌最大直径达到 25mm 时，气瓶不允许继续使用。

6.2.4 缠绕层表面增强纤维存在松散分层的气瓶不允许继续使用。

6.2.5 缠绕层明显经历了过热、火烧，发生了变色或碳化现象的气瓶不允许继续使用。

6.2.6 缠绕层发生了明显变色、表面树脂粉化等“老化”现象的气瓶不允许继续使用。

6.2.7 缠绕层经历了化学品浸蚀，发生了永久变色或断裂等损伤的气瓶不允许继续使用；虽然缠绕层未发生明显变化，但确认化学品对缠绕层的使用性能有不利影响或无法确定化学品对材料性能影响的，也不允许继续使用。

6.2.8 缠绕层发生应力断裂的气瓶不允许继续使用，此处的断裂不包括 6.2.1 中受外物机械损伤的情况。

6.3 钢质内胆损伤评定

6.3.1 钢质内胆划伤、擦伤、凿伤等机械损伤应进行修磨，使边缘圆滑过渡，修磨后的剩余壁厚不得小于设计壁厚，否则气瓶不允许继续使用。

6.3.2 钢质内胆存在鼓包的气瓶不允许继续使用。

6.3.3 钢质内胆不允许存在裂纹或褶皱，可以对裂纹或褶皱进行修磨，修磨无法消除或消除后剩余壁厚小于设计壁厚的气瓶不允许继续使用。

6.3.4 钢质内胆的点腐蚀、线腐蚀和面腐蚀处的剩余壁厚小于设计壁厚的气瓶不允许继续使用；线腐蚀长度达到 100mm 的气瓶不允许继续使用；面腐蚀面积达到 0.6m² 的气瓶不允许继续使用。

7 无损检测

7.1 音响检查

7.1.1 宏观检查时若发现缠绕层层下存在可疑区域，应采用音响检查进行补充检查。

7.1.2 气瓶在没有附加物或其他妨碍瓶体震动的情况下，用重约 15g 的铝锤轻击可疑部位。

7.1.3 如音响检查的回音异常，应补充 X 射线数字成像检测。

7.2 X 射线数字成像检测

当缠绕层内部存在冲击损伤缺陷以及内胆内外表面存在裂纹、分层、划伤、凿伤等缺陷难以直接检查时，可进行 X 射线数字成像检测，检测与评定见附录 A。

8 瓶口螺纹检查

8.1 采用目视或者低倍放大镜逐只检查瓶口螺纹，是否存在裂纹、变形、磨损、腐蚀或其他损伤。存在以下情况的气瓶不允许继续使用：

- 1) 存在裂纹性缺陷；
- 2) 最小壁厚小于设计壁厚；
- 3) 锥形螺纹有效长度小于规定值或者直螺纹有效啮合螺纹数小于 6 个。

8.2 采用渗透检测方法对瓶口内螺纹及瓶颈内表面进行检测，检测应满足 NB/T 47013.5-2015《承压设备无损检测：渗透检测》的相关要求，I 级合格。

9 壁厚测定

9.1 逐只对气瓶进行定点测厚。

9.2 测厚仪的误差应不大于 ±0.1mm。

9.3 从内壁对钢质内胆进行测厚，测厚点应在内胆的直筒段，至少测定 8 个点。

9.4 内胆剩余壁厚小于设计壁厚的气瓶不允许继续使用。

10 水压试验

10.1 水压试验应采用外测法。水压试验装置、试验方法和安全措施应当符合 GB/T 9251 的规定。

10.2 水压试验压力为公称工作压力的 1.5 倍。

10.3 气瓶在试验压力下的保压时间应不少于 2.0min。

10.4 水压试验后，应当对气瓶内部进行干燥处理。

10.5 发生以下情形之一，气瓶不允许继续使用：

- 1) 缠绕层纤维断裂，或瓶体出现渗漏、明显变形或者保压期间压力有回降现象；
- 2) 容积残余变形率超过 5%。

11 附件检查

11.1 采用目视或者低倍放大镜逐只检查气瓶的端塞，查看是否有裂纹、变形、磨损、腐蚀或其他损伤。如果端塞上带有内伸式接管，检查接管有无变形、裂纹、凹陷及堵塞等损伤。

11.2 如果端塞存在以下情况，则不允许继续使用，须更换新件：

- 1) 存在裂纹、严重腐蚀或者影响安全使用的机械接触损伤；
- 2) 螺纹机械接触损伤或者腐蚀导致锥形螺纹有效螺纹长度小于规定值或直螺纹有效啮合螺纹数小于 6 个。

12 气密性试验

12.1 以单只气瓶形式使用时，应逐只进行气密性试验，气密性试验一般应采用浸水法；以长管拖车或管束式集装箱等形式组装并进行使用的气瓶，单只气瓶可不进行气密性试验，待组装成长管拖车或管束式集装箱后，可采用涂液法对气瓶和管路系统进行整体气密性试验。

12.2 单只气瓶进行气密性试验时应按照 GB/T 12137 执行，并符合以下要求：

- 1) 采用干燥无油空气或氮气等压缩气体作为试验介质；
- 2) 气密性试验压力应为公称工作压力；
- 3) 在试验压力下，保压时间不少于 3.0min；
- 4) 试验后，应立即擦干缠绕气瓶表面的水。

12.3 在试验压力下，因装配而引起的泄漏现象，允许重新试验；出现瓶体泄漏的气瓶不允许继续使用。

13 检验后工作

13.1 检验结论

检验结论为符合要求、监控使用、不符合要求三种，结论为符合要求和监控使用的，给出下次检验日期。

13.1.1 所有检验检测项目均未发现影响安全使用的缺陷，或经修理后，影响安全使用的缺陷已经消除，则该气瓶的检验结论为符合要求。

13.1.2 对检测项目中发现存在影响安全使用的划伤、凿伤、磨损、擦伤等缺陷，可监控使用的，检验周期由检验机构确定。

13.1.3 有检验检测项目发现存在影响安全使用的缺陷，且该缺陷未能消除，也不能进行监控使用的，则该气瓶的检验结论为不符合要求。

13.1.4 检验结论为符合要求的气瓶，裸露在外的钢质内胆部分和附件应按照相应要求进行涂覆。若以长管拖车或管束式集装箱等形式组装使用，将下次检验日期喷涂在装置外侧。

13.2 其他工作

13.2.1 检验结论为符合要求的气瓶，应对气瓶内部充装 0.3~0.5MPa 的氮气进行保护。

13.2.2 检验人员根据检验情况，及时填写检验记录、出具检验报告，报告应当真实准确。以单只气瓶形式使用时，检验结论报告格式按照附录 C；以长管拖车或管束式集装箱等形式组装使用时，报告参照相关标准。

13.2.3 检验结论为不符合要求的气瓶，应对气瓶进行消除使用功能处理。

附录 A（规范性附录）X 射线数字成像检测

A1 范围

本附录适用于本标准所规定的气瓶定期检验中的 X 射线数字成像检测与评价。

A2 设备要求

A2.1 X 射线数字成像检测系统主要由 X 射线机、平板探测器、检测工装和计算机控制系统组成。

A2.2 X 射线机、探测器系统、计算机控制系统和系统软件要求参照 NB/T 47013.11 执行

A2.3 检测工装

A2.3.1 检测工装应能稳定的支撑并固定气瓶，同时不能对气瓶的缠绕层造成损伤。

A2.3.2 检测工装应能方便可靠的将检测部位与探测器和 X 射线机进行透照布置。

A3 对比样管

A3.1 应准备适当长度的对比样管，对比样管应与所检测气瓶具有相似的直径和壁厚范围、相同射线吸收系数的内胆和缠绕层材料。

A3.2 对比样管不应有影响人工缺陷的自然缺陷。

A3.3 对比样管应具备以下人工缺陷：

1) 内胆内表面或外表面应加工有纵向和横向人工缺陷，一般应为矩形刻槽，刻槽的长度不超过 10mm，宽度应尽可能的小且不能超过刻槽深度，深度不超过钢内胆壁厚的 5%。

2) 对比样管缠绕层中应加工有冲击损伤类人工缺陷（如分层）。

A3.4 人工缺陷应适当分开距离，以便每个人工缺陷都能够清晰的识别。

A4 设备校验

在检测每个班次的开始和结束时都应用 A3 规定的对比样管进行设备校验，校验设备时以能清晰观测到样管上对应的人工缺陷为合格，在实际检测中的透照参数和布置应和校验设备时一致。

A5 检测方法

A5.1 双壁单影垂直透照检测方法

A5.1.1 双壁单影垂直透照检测方法适用于气瓶内胆的裂纹、划伤、凿伤等缺陷的检测。

A5.1.2 应根据所选用的 X 射线机和探测器实际参数，计算得到最佳放大倍数 M_{opt} 。检测时，X 射线机到工件表面和探测器的距离应尽量根据计算得到的最佳放大倍数进行布置。

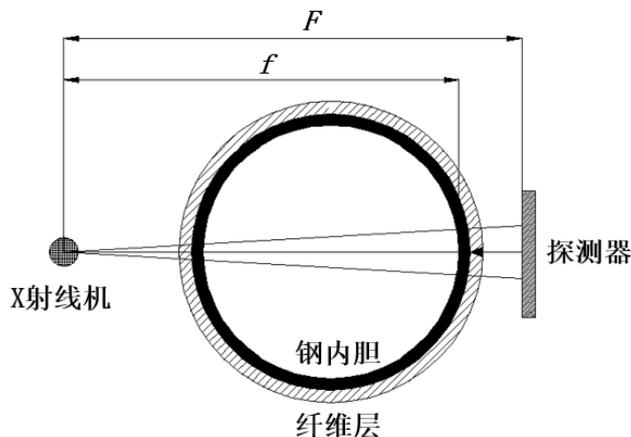


图 A.1 双壁单影垂直透照布置示意图

F : X 射线机到探测器的距离
 f : X 射线机到工件表面的距离

$$M_{opt} = 1 + \left(\frac{U_s}{S_f}\right)^{3/2}$$

U_s : 系统固有不清晰度 $U_s=2P_e$

S_f : 射线源焦点尺寸/mm

P_e : 探测器像素尺寸/mm

A5.1.3 为了减小散射线对检测的影响，可在探测器和被检测试件之间增加屏蔽散射线的工装。

A5.2 切向透照检测方法

A5.2.1 切向透照检测方法适用于冲击损伤类缺陷检测，如缠绕层分层、缠绕层和内胆脱粘、增强纤维垂直于气瓶轴向断裂等缺陷。

A5.2.2 应根据所选用的 X 射线机和探测器实际参数，计算得到最佳放大倍数 M_{opt} 。检测时，X 射线机到工件表面和探测器的距离应尽量根据计算得到的最佳放大倍数进行布置。

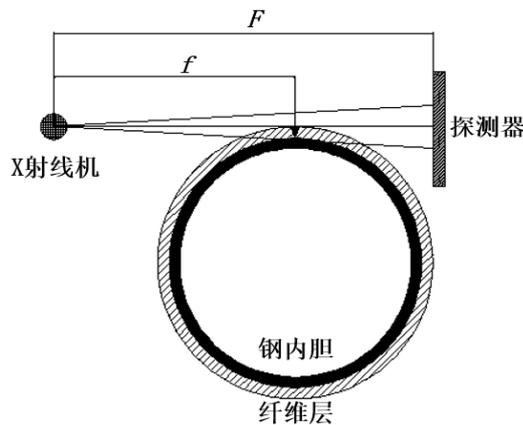


图 A.2 切向透照布置示意图

F : X 射线机到探测器的距离
 f : X 射线机到工件表面的距离

$$M_{opt} = 1 + \left(\frac{U_s}{S_f}\right)^{3/2}$$

U_s : 系统固有不清晰度 $U_s=2P_e$

S_f : 射线源焦点尺寸/mm

P_e : 探测器像素尺寸/mm

A5.2.3 为了避免不同位置的纤维层厚度差异过大导致直径方向的灰度值差异过大，一般应在检测区域上部覆盖补偿块，补偿块材料的射线吸收系数应与缠绕层材料相似，且不应有原始缺陷。

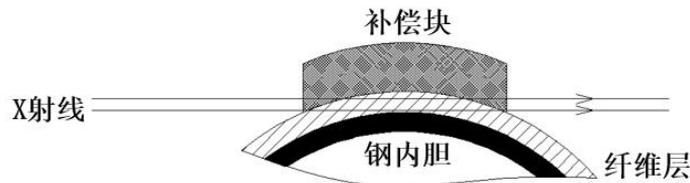


图 A.3 加补偿块的切向透照示意图

A5.2.4 为了减小散射线对检测的影响，可在探测器和被检测试件之间增加屏蔽散射线的工装。

A6 评定试块

为了对检测过程中发现的缺陷进行评定，应制作金属内胆缺陷评定试块：

- 1) 材质与气瓶内胆材质相同；
- 2) 曲率半径等于气瓶外半径；
- 3) 试块上应加工有纵向和横向人工缺陷，一般应为矩形刻槽，刻槽的长度为 20mm，宽度应尽可能的小且不能超过刻槽深度，深度为钢内胆壁厚的 5%；
- 4) 试块厚度应均匀且尽可能小。

A7 损伤评定

(1) 金属内胆上的线性缺陷：

- 1) 将所制作的金属内胆缺陷评定试块贴附在缺陷处的气瓶外表面上，并保证检测发现的线性缺陷被试块覆盖；
- 2) 采用与实际检测相同的透照布置，并适当提高透照参数，对缺陷部位进行检测；
- 3) 对比检测图像上实际缺陷和评定试块上人工缺陷的灰度值，若实际缺陷的灰度值高于人工缺陷，则不允许继续使用；
- 4) 若缺陷性质判定为线腐蚀，当长度达到 100mm 时，则不允许继续使用；
- 5) 内胆裂纹和表面机械损伤缺陷允许修磨，修磨后须重新进行 X 数字成像检测和壁厚检测。

(2) 冲击损伤类缺陷

- 1) 存在增强纤维垂直于气瓶轴向断裂的气瓶不允许继续使用；
- 2) 存在缠绕层分层的气瓶，应采用其他检测方法或安全评定以判断气瓶是否可以继续使用。

A7 记录和报告

检测记录和报告由 RT (D) - II 级人员签发，审核。

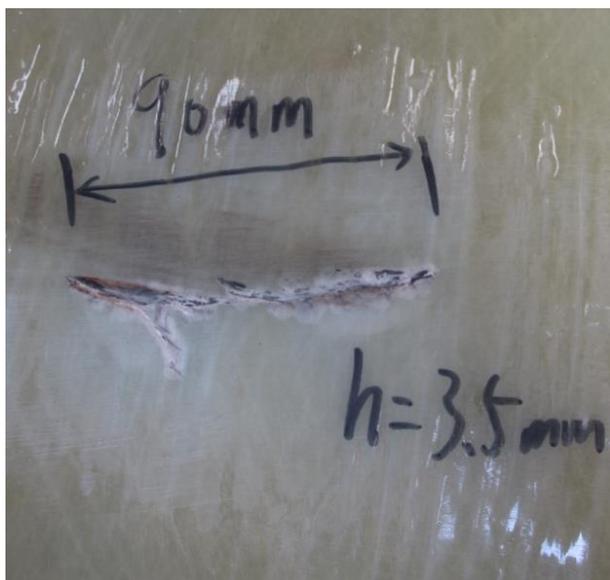
附录 C (资料性附录) 缠绕层缺陷实例

C1 划伤

C1.1 不影响使用



C1.2 不允许继续使用



C2 磨损

C2.1 不影响使用



C2.2 不允许继续使用



C3 擦伤（不允许继续使用）

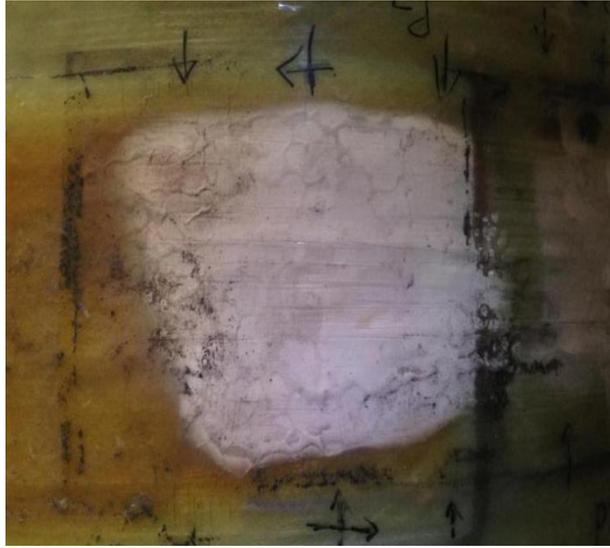


C4 凿伤（不允许继续使用）



C5 冲击损伤（不允许继续使用）



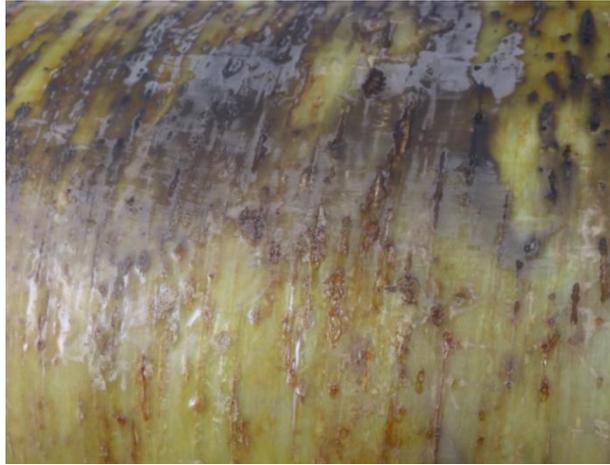


C6 分层（不允许继续使用）



C7 热、火损伤（不允许继续使用）





C8 老化（不允许继续使用）



C9 化学品浸蚀（不允许继续使用）



C10 应力断裂（不允许继续使用）



大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶 定期检验与评定

团体标准编制说明
(征求意见稿)

标准起草组
二零二二年五月

1. 工作简况

1.1 编写目的及标准归口

自新世纪以来，伴随国民经济的发展、天然气氢气等新能源的大力开发，气体运输产业得到了快速发展。公路运输具有准入门槛低、调度灵活的特点，一直在运输业占有重要地位，长管拖车、管束式集装箱作为高压气体运输载具的主力，国内具有上万台的保有规模。长管拖车、管束式集装箱是由几只或十几只大容积气瓶（单只气瓶水容积一般在 2000L 以上）组装而成的，大容积气瓶的安全性能是该产品的核心评价环节。早期大容积气瓶均为钢质材料，但随着纤维缠绕气瓶的成熟发展，为了更高的运输效率，大容积金属内胆纤维缠绕气瓶开始出现并应用到长管拖车、管束式集装箱产品生产。

大容积金属内胆纤维环缠绕气瓶（以下简称“缠绕气瓶”）是指公称容积 $\geq 450L$ 的金属内胆缠绕气瓶，与传统的钢质无缝气瓶产品相比，缠绕气瓶容重比的优势十分明显，同额定质量下可多储运介质达 50%以上，经济优势巨大，应用前景十分广阔。国内自 2012 年石家庄安瑞科气体机械有限公司首先投产大容积纤维缠绕气瓶以来，已有多家企业具备了生产能力，共生产大容积纤维缠绕气瓶 5000 多只，组装长管拖车、管束式集装箱 500 多台，产品遍布全国各地，具有了较成熟的产品圈。但该产品的定期检验与评定一直未有出台相关的国家和行业标准，缺乏量化明确、可执行性强的安全评价准则，不利于产品的使用、管理和推广，影响了缠绕气瓶的进一步推广应用。

国际标准 ISO 11623 适用于水容积 0.5 升至 3000L 的多种类型缠绕气瓶，体现国际上最新的缠绕气瓶检验与评价的方法准则。国内目前主流新产品的水容积普遍在 4000L 以上，相比 ISO 11623 的适用范围突破较大。因此本项目采用类似的检验评价思路，并结合大容积钢质气瓶的检验经验，以及缠绕气瓶本身的产品特点和实际使用、检验的经验，补充部分试验数据，编制了《大容积金属内胆纤维缠绕气瓶定期检验与评价》标准。本标准明确了缠绕气瓶的安全评价准则，规范检验工作，助力国内缠绕气瓶产业的发展。

项目编号：

计划号：

制、修订：制订

提出单位：中国特种设备检测研究院

归口单位：中国特种设备检测研究院

标准性质：团体标准

1.2 主要工作过程

a. 2021 年 11 由中国特种设备检测研究院编写《大容积金属内胆纤维缠绕气瓶定期检验与评定》草版。

b. 2021 年 12 月依据标准草版内容展开研讨与调研，完善标准结构，收集典型缺陷图像，汇总待解决问题。

c. 2018 年 6 月至 2022 年 5 月开展新检测技术 X 射线数字成像在大容积纤维缠绕气瓶上的应用研究；开展部分缺陷类带伤试件的性能测试，补充评价细则。

d. 2022 年 6 月邀请专家进行技术评审，完善新检测技术。

e. 2022 年 6 月汇总各项成果，完成标准编写。

1.3 协作单位及主要起草人

略

2 标准编制依据及标准主要内容说明

2.1 标准编制依据

本标准编制主要依据和参考了以下标准：

- 1) 《特种设备安全法》；
- 2) TSG 23 《气瓶安全技术规程》；
- 3) GB/T 9251 《气瓶水压试验方法》；
- 4) GB/T 12137 《气瓶气密性试验方法》；
- 5) GB 24162-2009 《汽车用压缩天然气金属内胆纤维环缠绕气瓶定期检验与评定》；
- 6) GB/T 26592 《无损检测仪器 工业 X 射线探伤机性能测试方法》；
- 7) GB/T 26594 《无损检测仪器 工业用 X 射线管性能测试方法》；
- 8) JB/T 11608 《无损检测仪器 工业用 X 射线探伤探伤装置》；
- 9) NB/T 47013 《承压设备无损检测》；
- 10) ISO 11623:2021 Gas cylinders — Composite cylinders and tubes — Periodic inspection and testing;

本标准的编制原则：

- (1) 结合国内的检验经验和检测方法的科研成果；
- (2) 术语、技术要求与国内外同类标准接轨；
- (3) 检验机构、科研院校和企业单位多方参与。

2.2 标准主要内容说明

本文件主要包括

- (1) 范围
- (2) 规范性引用文件
- (3) 术语和定义
- (4) 检验周期和项目
- (5) 检验前准备
- (6) 宏观检查
- (7) 无损检测
- (8) 壁厚测定
- (9) 瓶口螺纹检查
- (10) 水压试验
- (11) 附件检查
- (12) 气密性试验
- (13) 检验后工作

附录 A（规范性附录）X 射线数字成像检测

附录 B（资料性附录）大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶定期检验报告

附录 C（资料性附录）缠绕层缺陷实例

2.2.1 范围

此部分规定了本文件的适用范围：环境温度为-40~60℃、公称容积为450L~5000L、公称工作压力≤35MPa，盛装天然气、氢、氮、空气等压缩气体的缠绕气瓶。

环境温度和公称容积范围依照 TSG 23-2021，参数依据国内各制造厂的企业标准，包含了市面上的现有产品。与国际上相比，国内气瓶的公称容积出现了大突破，但介质类型相对单一，本适用范围是符合国内情况的。

2.2.2 规范性引用文件

列出了本文件的规范性引用文件。

2.2.3 术语和定义

术语和定义主要引用 GB/T 13005 和 GB 24162-2009 的定义，另外定义了应力断裂和老化两个术语。

应力断裂是一种正常服役条件下发生的失效，具有重大风险，尤其现气瓶多组装成集装箱使用，为防止辐射和机械损伤，基本处于密闭环境，不利于观察外表面。大容积缠绕气瓶的服役环境多为自然条件下的公路运输，存在光热辐射等可能，因此特别考虑材料老化的可能性。这两种失效模式都有现实案例发生。

2.2.4 检验周期和项目

检验周期是依照 TSG 23 《气瓶安全技术规程》的规定进行制订的，异常情况和库存、停用超一检验周期的情况参考了 GB 24162 的相关内容，与国内的实际情况比较相符。缩短检验周期的内容依据 TSG 23 中“检验机构可以根据气体质量和气瓶的实际使用情况适当缩短检验周期”条文编订。

检验项目主要是气瓶常规检验项目，相对 ISO 11623 的检验内容多了瓶口螺纹检查、壁厚测定和无损检测。瓶口螺纹作为重要的连接部位和固定支撑部位，一直是国内气瓶检验的重点内容。壁厚测定则是考虑到本标准针对的检验对象容积大、压力高，并且瓶口直径相对较大，具备壁厚测定的必要和可能。另外在无损检测方面，增加了 X 射线检测技术在复合材料方面的新应用，是缠绕气瓶检测技术的新突破。

2.2.5 检验前准备

此部分的检验前准备工作主要参考 GB 24162 和实际检验内容来编写，基本是气瓶检验的常规准备项目，特别的在于针对缠绕气瓶的外表面清理应注意采用温和不伤表面的适当方法。

2.2.6 宏观检查

本文宏观检查主要参考 GB/T 24162 和 ISO 11623 的相关技术要求，并结合中国特种设备检验研究院多年检验工作成果，综合制订了检查要求和评定规则。

ISO 11623 和 GB/T 24162 等国内外缠绕气瓶检验标准的评定一般均是分为一级、二级、三级 3 个等级。一级一般是可以接受无需处理的小缺陷，不影响正常使用；二级是指存在维修可能的缺陷，后续需要气瓶制造单位进行修复，修复成功的评为一级，修复失败或未进行修复的评为三级；三级是指存在重大安全隐患的缺陷，评为三级的气瓶不能继续使用。本标准编订时并没有采用三级评价体系，而是选择了二级评价体系，主要是出于以下考虑：

1) 二级评价体系同大容积钢质无缝气瓶的检验评价一致，利于检验单位、制造单位和使用单位等相关单位理解；

2) 根据几年来实际的检验经验，缠绕层损伤具有修复可能、有可靠修复手段的情况很罕见。主要是通过填充树脂等手段恢复光滑表面、保持结构连续，并将暴露的增强纤维保护起来以防被外物进一步直接破坏。但因缺乏像生产过

程中“预紧”工序那样有效提高安全性能的措施，这种修复的可靠性难以评估；

3) 二级评价体系并不是不允许对气瓶进行维修。国内大气瓶的检验采取了与制作单位高度合作的方式，检验过程中制造单位充分参与。对于钢质内胆、附件等元件发现的缺陷，可以及时在检验阶段进行修复，检验单位在修复后进行评定。

实际上，三级评定体系中，二级评定本身并不是最终评定结论，而是一个中间评定，需要根据后续处理结果来评定为一级或三级。

本标准编订时对磨损、擦伤、凿伤等按照一类损伤进行评定，是因为这三类损伤都是表面面积形损伤，同时对树脂和纤维造成了损耗，并且没有内部的埋藏损伤。

ISO 11623 中对于划伤的评定分界线是损伤深度是否达到缠绕层设计厚度的 20%（最大为 2mm），对磨伤类缺陷的评定分界线是损伤深度是否达到缠绕层设计厚度的 15%或损伤长度是否达到瓶体直径的 15%。

根据国内多年的检验经验，该评定准则对于国内比较严苛。国内主流的大容积玻璃纤维环缠绕气瓶的缠绕层厚度普遍在 10mm 以上，如果按照划伤深度达到 2mm、磨伤深度达到 15%（约 1.8mm 左右）就认为影响使用安全的评定准则，国内不符合要求的气瓶数量将大为增多。根据我院的试验研究结果，在达到气瓶爆破压力 50MPa 时，带有 250 mm×250 mm×3 mm 预制缺陷的气瓶内胆应力比无缺陷气瓶仅增加 0.44%，带有 250 mm×250 mm×6 mm 预制缺陷的气瓶内胆应力比无缺陷气瓶也只增加 7.43%；但缠绕层最大应力相应的增加了 93.10%和 195.20%，缠绕层缺陷主要影响的是缠绕层性能，对于疲劳性能影响不大。另外，根据不同面积、深度预制缺陷的气瓶爆破压力试验结果，大致得出 100mm×100mm×3mm 的爆破压力下降 13%左右，基本能满足使用要求。

因此本标准编订时，将气瓶不允许继续使用的评定值放宽到 30%深度。但为安全起见，划伤深度超过 20%、磨伤深度超过 15%的气瓶，采取安装带传感器的测量装置进行监控使用，也为未来智能检验、在线检验做前期准备。

应力断裂是 ISO 11623 中未涉及但国内实际检验中发现案例的失效模式，是指纤维在低于其抗拉强度的持续拉伸载荷条件下达到一定时间周期后发生断裂的现象。对实际案例进行分析，认为是气瓶制造过程中由于自紧工艺不当导致纤维应力比偏低所致。自紧压力的提高有利于提高气瓶的疲劳性能，利于通过型式试验；自紧工艺又是制造单位的核心商业机密，因此难以评估现役气瓶的实际情况。所以为了安全起见，本标准编订时单独将应力断裂作为失效方式进行评定。

ISO 11623 并没有针对内胆腐蚀的情况制定评价准则，是因为根据介质相容性的原则，设计时是不存在腐蚀的可能性的。如果发生了腐蚀，应按化学品浸蚀处理。但国际上气瓶主要充装氢气、氮气等工业气体，而国内主要是充装压缩天然气，限于工艺水平，少部分地区的气质确实混有较多的杂质，气瓶内胆腐蚀并不是极小概率事件。因此，参照 GB/T 24162 的要求，制订了点腐蚀和线

腐蚀的评价准则。对于面腐蚀，因检验的气瓶体积差距过大，10%的腐蚀面积太过宽松，因此面腐蚀面积的评定参数是依据实际检验经验得出的。现场检验时发现，内部腐蚀易发生在气瓶底部靠近充卸气的进出口处，显著可观察时的长度一般在1m左右，宽度大约有三分之一的圆周。取气瓶参数为直径559mm、长度10975mm，可计算的显著可见面腐蚀时的面积约为0.6m²，占表面积的比例约为3.3%。

2.2.7 无损检测

音响检查是气瓶检验的常规有段，能有效定位内部可疑区域。本文特别的引入了X射线数字成像检测方法，作为对缠绕层内、层下缺陷检测的可定量检测方法。

大容积钢瓶定期检验工作中，脉冲法超声检测和磁粉检测是瓶体内外表面和埋藏缺陷无损检测的主要方法。限于缠绕气瓶的结构特点，两种常规检测方法均不适用，因此引入了新的科研成果，将X射线数字成像检测技术用于瓶体内部和内表面缺陷的检测和评定工作中。

2.2.8 瓶口螺纹检查

瓶口螺纹除了常规的目视检查外，根据大容积钢瓶定期检验（Q/CSEI 01）的经验，引入了瓶口内螺纹和近瓶口内表面的渗透检测，检测方法依照NB/T 47013.5-2015的要求进行。多年实践证明，可有效检测出瓶口内螺纹和内胆旋压过渡区的裂纹、褶皱等重大缺陷。瓶口螺纹的评定参考了大容积钢瓶的定期检验成果。

2.2.9 壁厚测定

大容积缠绕钢瓶具备较大口径的瓶口（一般内径80mm以上）、很大的长度（一般10m以上），使得壁厚测定既有必要也具备可能。一般从两端瓶口探入测定直筒段厚度，至少各测4个点。

2.2.10 水压试验

水压试验依照GB/T 9251的要求进行，缠绕气瓶生产时经过了预紧处理，复合材料本身也缺乏塑性变形能力，因此对于容积残余变形率的要求是≤5%，此要求与国内产品制造标准的出厂检查要求一致。

2.2.11 附件检查

端塞是大容积缠绕气瓶的唯一附件，也是重要承压元件，检查要求同大容积无缝钢瓶（Q/CSEI 01）的要求一致。

2.2.12 气密性试验

缠绕气瓶的主要使用方式是组装成长管拖车、管束式集装箱使用，因此气密性试验分成了两种形式。一种是组装起来进行气密性试验，一种是按照GB/T 12137的要求进行单只气瓶的气密性试验。

参数主要参考GB/T 12137和GB/T 33145。

2.2.13 检验后工作

缠绕气瓶主要组装成管束式集装箱和长管拖车的方式进行使用，因此下次检验日期一般都是喷涂在装置外侧。对报废气瓶的处理方式参照 TSG 23 的要求。

2.2.14 附录 A（规范性附录）X 射线数字成像检测

X 射线数字成像检测应用于缠绕气瓶检测属于新的技术应用。依靠宏观检查、音响检查等检查手段确定可疑区域，利用 X 射线的强穿透、成像好的特点，进行定性分析、定量评价。利用人工对比样管上的人工缺陷和目标缺陷的灰度值对比，补充定量评价信息。

2.2.15 附录 B（资料性附录）大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶定期检验报告

规定了大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶定期检验结论报告的内容和格式。

2.2.16 附录 C（资料性附录）缠绕层缺陷实例

收集了检验过程中发现的缠绕层缺陷的实际案例（化学品浸蚀除外），方便参考借鉴。

3 主要试验验证情况和预期达到的效果

本标准主要基于科研成果和检验实践经验结合而制定的，标准中的主要检验方法已经得到了工程应用的验证，检测方法也通过了科研项目研究，具备可行性。通过资料审查、宏观检查、瓶口螺纹检查、壁厚测定、水压试验、气密性试验等这些检验措施，已经完成了数千只气瓶的检验，累计发现磨伤、划伤、冲击伤、应力断裂、老化、热火损伤等缺陷案例上百例，判废存在重大安全隐患气瓶三十余只，大大减少了产品的安全隐患。经过检验的大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶未发生过因自身质量导致的重大安全事故，本标准制定的检验方法具有可靠性。

本标准实行之后，用于规范检验检测机构和人员开展大容积钢质内胆纤维环缠绕气瓶的定期检验工作，为保证新型产品的顺利发展、促进产业进步有重大作用，为服务经济发展、保障社会民生有重大意义，预期可以创造巨大的经济和社会效益。

4 标准水平

目前国内并没有适用于公称容积 450L 以上缠绕气瓶的检验标准，ISO 11623 标准适用范围为 0.5L~3000L，本标准的编制填补了国内行业的空白。国内产品主要是用于压缩天然气的公路运输，路况较差、山路较多，与欧美国家以工业气体、平稳高速运输的情况有很大不同，具有独特的使用环境。本标准编制单位已经开展了多年大容积金属内胆纤维环缠绕气瓶的检验工作，具备扎实的检验经验和数据，并开展了多项检验相关的科研工作，技术要求和参数经过了充分验证，具备切实可行性。因此，本标准在应用范围上具有开创性，在内容上具有可行性，符合我国产品的实际情况，属于国内领先水平。

5 与现行标准、法规和强制性国家标准的关系

本标准满足《特种设备安全法》等法规的有关规定、参照 TSG 23-2021《气瓶安全技术规程》的有关要求基础上起草，与现行相关法律、法规、规章

及相关标准协调一致。

6 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，尚未出现重大分歧意见。

7 本标准作为强制性或推荐性标准的建议

本标准为团体推荐性标准。

8 贯彻标准的要求和措施建议

本标准自实施之日起生效。

9 废止现行有关标准的建议

无。

10 其他应予说明的事项

无。