

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T XXX—XXXX

在役站用储气瓶组安全性评价方法

Safety evaluation method of in-service storage cylinder unit for gas
stations

(送审稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

深圳市市场监督管理局 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 基本要求2

 4.1 评价机构 2

 4.2 评价周期 2

 4.3 安全评价流程 3

5 评价内容3

 5.1 一般要求 3

 5.2 制造合规性审查 3

 5.3 外观检查 4

 5.4 无损检测 4

 5.5 气密性试验 5

 5.6 气体成分检查 5

 5.7 附件检查 5

6 安全评价结论 6

7 评价报告6

附录 A（资料性） 在用钢质储气瓶组相控阵超声检测方法和质量分级7

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。

本文件由深圳市市场监督管理局提出并归口。

本文件起草单位：深圳市质量安全检验检测研究院、深圳市消防救援支队、深圳市城市公共安全技术研究院、深圳市地铁运营集团有限公司、华晟（深圳）安全环保科技有限责任公司、深圳市兴安消防工程有限公司。

本文件主要起草人：马怀宇、卓宏望、黄翔、蔡青青、孙志明、张居光、陈伟、彭家政、祁新建、李水琴、丁国臣、林永伦、廖葳、郭岭军。

在役站用储气瓶组安全性评价方法

1 范围

本文件规定了在役站用储气瓶组安全性评价基本要求、评价内容及评价报告。

本文件适用于公称工作压力不大于 30MPa，单只气瓶公称水容积 4L~450L 盛装洁净氮气、氩气、氦气、二氧化碳、七氟丙烷、六氟丙烷、全氟己酮等单一气体或混合气体可重复充装站用钢质储气瓶组的安全性评价。

柜式七氟丙烷可参照本文件执行。

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 4396 二氧化碳灭火剂
- GB/T 5099.1 钢质无缝气瓶 第1部分：淬火后回火处理的抗拉强度小于1100MPa的钢瓶
- GB/T 5099.3 钢质无缝气瓶 第3部分：正火处理的钢瓶
- GB/T 5100 钢质焊接气瓶
- GB/T 6052 工业液体二氧化碳
- GB/T 11344 无损检测 超声测厚
- GB/T 12137 气瓶气密性试验方法
- GB 16670 柜式气体灭火装置
- GB 18614 七氟丙烷（HFC227ea）灭火剂
- GB 20128 惰性气体灭火剂
- GB 25971 六氟丙烷（HFC236fa）灭火剂
- GB 35373 氢氟烃类灭火剂
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测第3部分：超声检测
- TSG 23 气瓶安全技术规程
- TSG Z7001 特种设备检验机构核准规则

3 术语和定义

GB 20128、GB 16670 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

站用储气瓶组 cylinder unit for gas stations

通过汇流管道、阀门组件将多个钢质气瓶连接成一个组合体，具备压力显示（或称重显示），带有安全附件，储存压缩气体或液化气体的装置。

3.2

安全性评价 inspection and safety evaluation

为辨识在用储气瓶组的安全状况而开展包括资料审查、宏观检查、无损检测等综合性安全评价工作。

3.3

惰性气体灭火剂 inert fire extinguishing agent

由氮气、氩气以及二氧化碳气按一定质量比混合而成的灭火剂。

[来源：GB 20128—2006，3.1]

3.3.1

IG-01 惰性气体灭火剂 inert fire extinguishing agent IG-01

由氩气单独组成的气体灭火剂。

[来源：GB 20128—2006，3.2]

3.3.2

IG-100 惰性气体灭火剂 inert fire extinguishing agent IG-100

由氮气单独组成的气体灭火剂。

[来源：GB 20128—2006，3.3]

3.3.3

IG-55 惰性气体灭火剂 inert fire extinguishing agent IG-55

由氩气和氮气按一定质量比混合而成的灭火剂。

[来源：GB 20128—2006，3.4]

3.3.4

IG-541 惰性气体灭火剂 inert fire extinguishing agent IG-541

由氩气、氮气和二氧化碳气按一定质量比混合而成的灭火剂。

[来源：GB 20128—2006，3.5]

3.4

柜式气体灭火装置 cabinet gas extinguishing equipment

由气体灭火剂瓶组、管路、喷嘴、信号反馈部件、检漏部件、驱动部件、减压部件（氮气、氩气灭火装置）、火灾探测部件、控制器组成的能自动探测并实施灭火的柜式灭火装置。火灾探测部件、控制器可与柜体分装。

[来源：GB 16670—2006，3.1]

4 基本要求

4.1 评价机构

开展在役站用储气瓶组安全性评价的机构应取得压力容器定期检验资质，或者具备对在役储气瓶组开展基于风险检验能力。

4.2 评价周期

在役站用储气瓶组安全性评价周期不应超过表1的要求。

表1 在役站用储气瓶组安全性评价周期

气瓶种类	盛装介质	使用环境	评价周期（年）
钢质无缝气瓶	纯度大于或等于99.999%高纯非剧毒气体（氮气、氩气、氦气）	干燥、洁净的空气环境	8
	IG-01、IG-100、IG-541、IG-55、氮气、氩气、氦气	干燥、洁净的空气环境	5
	七氟丙烷、六氟丙烷	干燥、洁净的空气环境	5
	二氧化碳	干燥、洁净的空气环境	3
钢质焊接气瓶	七氟丙烷、六氟丙烷	干燥、洁净的空气环境	5

4.3 安全评价流程

安全评价包括以下流程：

——前期准备：站用储气瓶组使用单位约请安全评价机构并与其签订委托服务协议，约定评价范围、评价方法及其他约定事项。安全评价机构根据委托服务协议开展安全评价工作。

——现场核查：安全评价机构在现场核查储气瓶组的制造资料、运行维护资料，开展宏观检查与检验检测试验。

——评价报告：评价完成后，评价机构应及时出具完整的评价报告，并给出评价结论。

注：制造资料用于气瓶制造过程的合规性判断，主要包括气瓶出厂合格证、气瓶制造监检报告、供气系统设计图、等等；运行维护资料用于气瓶可能遭受的损伤类型和损伤程度的判断，帮助确定无损检测方法选择和检测范围划定，主要包括气瓶定期检验报告、气瓶安全巡查记录、安全附件检查维护记录或报告、压力仪表校准报告、气体分析报告等。

5 评价内容

5.1 一般要求

在役站用储气瓶组安全性评价内容包括：

- a) 气瓶制造合规性审查；
- b) 外观检查（本体及气瓶连接管路）；
- c) 无损检测：最小壁厚测定、超声检测或者相控阵超声检测；
- d) 气密性试验；
- e) 气体成分检查；
- f) 安全附件检查。

5.2 制造合规性审查

5.2.1 通过储气瓶组每个气瓶的产品合格证、制造钢印、储气瓶组组架上的金属铭牌，审查每个气瓶制造过程是否符合 TSG 23 和 GB/T 5099.1、GB/T 5099.3 或 GB/T 5100 的基本要求。

5.2.2 瓶身出现以下情形，评价结论不合格：

- a) 瓶体缺少永久性的制造标识；
- b) 气瓶关键参数不完整；
- c) 制造钢印标识有涂改；
- d) 气瓶制造单位未获特种设备制造许。

注：气瓶关键参数关系到气瓶制造质量、使用寿命和使用安全性，如制造单位、制造日期、公称容积、公称工作压力、壁厚，等等，任一项参数都不可缺少。

5.3 外观检查

5.3.1 瓶体外观检查

对储气瓶组的气瓶瓶体、瓶阀、瓶阀与瓶体连接处进行目视宏观检查，必要时借助放大镜、内窥镜检查，出现以下情况，评价结论为不合格：

- a) 瓶体、瓶阀、瓶阀与瓶体连接处有结露、结霜、析出物等异常情况；
- b) 瓶体存在裂纹、鼓包、皱褶或夹层等缺陷及肉眼可见容积变形的气瓶；
- c) 瓶体外表面凹陷，钢质无缝气瓶瓶体凹陷深度大于2mm或大于凹陷短径的1/30，钢质焊接气瓶瓶体凹陷深度大于或等于6mm或大于凹陷短径的1/10；
- d) 瓶体外表面存在磕伤、划伤、凹坑等缺陷，且缺陷处修磨后的剩余壁厚小于设计壁厚；
- e) 瓶体外表面明显腐蚀，且腐蚀缺陷处剩余壁厚小于设计壁厚；
- f) 瓶体存在弧疤、焊迹或存在可能使金属受损的明显火焰烧灼迹象。

5.3.2 汇流管路、阀门组件外观检查

对汇流管道、阀门组件进行目视宏观检查出现以下情况，评价结论不合格：

- a) 组件表面或组件连接处有结露、结霜、析出物等异常情况；
- b) 组件有腐蚀情况或者凹陷、扭曲、裂纹等机械损伤情况。

5.4 无损检测

5.4.1 最小壁厚测定

依据NB/T 47013.3第7章的相关要求对气瓶瓶体最小壁厚进行测定，测点位置覆盖筒体及封头，实测的壁厚最小值为最小壁厚。钢质无缝气瓶的测点至少在瓶体直线段随机抽取4点，钢质焊接气瓶的测点至少在上（下）封头各测2点、筒体测4点，测点位置应有代表性。壁厚测定时，如果发现母材存在分层缺陷，应当增加测点查明缺陷分布情况，下一步采用超声检测进一步确认。实测最小壁厚小于设计壁厚，评定结论为不合格。

5.4.2 内部缺陷无损检测

5.4.2.1 钢质无缝气瓶内部无损检测要求

5.4.2.1.1 依据GB/T 5099.1-2017附录B的相关要求对瓶体的内部缺陷进行检测，检测设备为脉冲反射式超声检测仪，耦合方式采用接触法或浸水法；

5.4.2.1.2 重点检测区域为筒体与瓶底之间环壳部位、筒体与瓶肩之间的环壳部位、盛装高（低）压液化气体瓶体的液位部位、压缩气体瓶体中间部位，探头宜选用频率5MHz的小型K1横波斜探头或超小型K1横波斜探头；

5.4.2.1.3 检测过程如有发现疑似缺陷且缺陷程度无法判定时，可依据本标准附录A方法做进一步检测。超声检测等级为I级，评价为合格。

出现以下情况之一，评价结论为不合格：

- a) 内表面有裂纹缺陷；
- b) 母材有分层缺陷；
- c) 内表面有均匀腐蚀，且剩余壁厚小于设计壁厚；
- d) 内表面有分散点腐蚀或局部腐蚀，且剩余壁厚无法测量；
- e) 超声检测过程中回波幅度大于或等于对比管人工缺陷回波；
- f) 按本标准附录A方法检测结果等级为II级、III级。

5.4.2.2 钢质焊接气瓶内部无损检测要求

5.4.2.2.1 依据NB/T 47013.3的相关要求从外部对瓶体内表面缺陷和埋藏缺陷进行检测，检测设备为脉冲反射式超声检测仪，耦合方式采用接触法或浸水法；

5.4.2.2.2 重点检测瓶底腐蚀状况、筒体与瓶底之间环壳部位腐蚀与裂纹状况、盛装高（低）压液化气体瓶体液位部位焊缝的腐蚀与裂纹状况，探头宜选用频率5MHz的小型K1横波斜探头或超小型K1横波斜探头；

5.4.2.2.3 检测过程如有发现疑似缺陷且缺陷程度无法判定时，可依据本标准附录A方法做进一步检测。超声检测结果等级为I级，评价为合格。

超声检测等级II级、III级出现以下情况之一，评价结论为不合格：

- a) 内表面有裂纹缺陷；
- b) 母材有分层缺陷；
- c) 焊缝有裂纹、未熔合或未焊透缺陷；
- d) 内表面有均匀腐蚀，且剩余壁厚小于设计壁厚；
- e) 内表面有分散点腐蚀或局部腐蚀，且剩余壁厚无法测量；
- f) 按本标准附录A方法检测结果等级为II级、III级。

5.5 气密性试验

储气瓶组应整体进行气密性试验，试验介质采用工作介质或氮气，试验压力为储气瓶组的工作压力，保压时间1min，试验方法和安全措施应符合GB/T 12137的规定，用不含油脂的检漏液检查气瓶组瓶体、管路、安全附件、瓶阀及各个接口处。当瓶体、瓶阀及管路存在泄漏或微量泄漏情况，评价结论为不合格。

5.6 气体成分检查

核查气瓶内盛装气体的成分分析报告，气体纯度符合标准GB 18614、GB 20128、GB 35373、GB 4396的要求。当气瓶内盛装介质的纯度低于标准值，酸度、水分等杂质含量超出标准值，评定结论为不合格。

5.7 附件检查

对储气瓶组的安全阀、爆破片、压力表、阀门（手动阀）等附件进行检查，出现以下情况之一，评价结论为不合格：

- a) 安全阀附件有宏观缺陷；
- b) 工作状态异常；
- c) 超出正常使用寿命；
- d) 本体有裂纹性缺陷；
- e) 选用型号与实际运行参数、盛装介质不符；
- f) 选用型号与盛装介质不相容。

6 安全评价结论

储气瓶组逐项进行检查与检测，有任一气瓶、任一项目不合格，则该储气瓶组综合安全性评价为不合格。安全性评价不合格的储气瓶组，应停止使用。

7 评价报告

评价报告包括但不限于以下信息：

- a) 评价机构的名称和地址；
- b) 客户名称和联系信息；
- c) 待评价样品的描述、状态、安装地址；
- d) 评价日期；
- e) 评价依据、评价项目、评价结论；
- f) 评价人员姓名、签名。

附 录 A

(资料性)

在用钢质储气瓶组相控阵超声检测方法和质量分级

A.1 一般要求

适用于外径不小于 100 mm 且壁厚与外径比小于 0.2 的钢质无缝气瓶、钢质焊接气瓶超声检测方法和质量分级。

对于壁厚与外径比大于等 0.2 的无缝钢瓶，通过对比试块验证能达到检测要求的可参照本条进行检测。

A.2 检测原则

A.2.1 储气瓶组可能存在的缺陷类型包括纵向缺陷、横向缺陷与分层缺陷，裂纹型缺陷一般以纵向缺陷检测为主，腐蚀型缺陷一般以环向缺陷为主，制造缺陷一般以分层缺陷为主，其他类型缺陷要求根据损伤模式来确定。

A.2.2 检测纵向缺陷与横向缺陷时，声束从周向沿顺时针、逆时针或者沿轴向前、后两个方向入射。检测分层缺陷时，采用相控阵线性扫查技术，声束垂直入射被检气瓶。

A.2.3 检测频率应在 1 MHz~15 MHz 之间选择。

A.3 检测人员

检测人员应符合 NB/T 47013.1 的要求，具有一定金属材料、气瓶制造、气瓶失效机理方面基本知识，经过专项培训并持有相应资质证书。

A.4 检测设备

A.4.1 自动检测系统，主要部件包括超声相控阵仪器主机、相控阵探头、探头固定装置、机械传动装置、分选装置及其他辅助装置等；超声相控阵仪器主机支持的最大探头晶片数不低 64，支持 A 和 C 型显示模式，具有界面波跟踪功能，具有报警信号输出接口；根据检测缺陷类型可选用平面线阵列或曲面线阵列探头；相控阵探头的晶片数不低于 16；探头固定装置应具有探头相对钢瓶位置的高精度调整结构并能可靠地锁紧或能实现良好的机械跟踪，以保证运动状态下声束对钢瓶的入射条件不变。

A.4.2 手动检测设备，主要包括超声相控阵仪器主机、相控阵探头及扫查装置；超声相控阵仪器主机支持的最大探头晶片数不低 16，支持 A、B、C 和 S 显示模式；相控阵探头晶片数不低于 16。

A.5 对比试块

A.5.1 采用专用对比试块，试块采用与被检钢瓶规格相同、材质相同、加工工艺相同且表面状况相似的钢瓶制备。

A.5.2 试块内纵向和横向参考反射体的设置应符合 NB/T 47013.3 中的相应规定。

A.5.3 内部分层缺陷通常加工与外表面平行的平底孔作为参考反射体，平底孔的尺寸与加工位置根据合同规定要求。

A.6 检测方式

A.6.1 纵向缺陷检测

A.6.1.1 液浸法检测纵向缺陷时，当钢瓶厚度与外径比小于 0.2 时，通过调节探头偏心距控制声束入射角，使用横波检测钢瓶外表面及内表面纵向缺陷；当钢瓶厚度与外径比大于等于 0.2 时，使用横波

检测外表面缺陷，对于内表面缺陷，先使纵波入射至外表面，使用经外表面反射的变型横波检测内表面缺陷，通过对比试块调节以获得最佳声束入射角及位置；手工接触法检测纵向缺陷时，使用横波扇扫描法检测纵向外表面与内表面缺陷，扇扫描范围需满足覆盖要求。

A. 6. 1. 2 灵敏度通过对比试块进行调节，分别找到对比试块内表面与外表面参考反射体信号，记录信号并进行 TCG 补偿，使内表面与外表面参考反射体最佳信号幅值一致，调整至 80%，以此作为基准灵敏度。手工接触法用扇扫描进行检测时，如无法完成 TCG 补偿，则将外表面参考反射体信号幅值调节为 80%，并记录最佳位置时内表面参考反射体信号幅值，以该幅值作为内表面缺陷参考基准。

A. 6. 2 横向缺陷检测

A. 6. 2. 1 液浸法检测横向缺陷时一般使用 45 度横波，通过对比试块调节得到探头最佳位置；手工接触法检测时，使用横波扇扫描法检测内表面与外表面横向缺陷。检测横向缺陷时应将声束聚焦至钢瓶内表面。

A. 6. 2. 2 灵敏度通过对比试块进行调节，分别找到对比试块内表面与外表面参考反射体信号，进行 TCG 补偿，使内外表面参考反射体最佳信号幅值一致并调整至 80%，以此作为基准灵敏度。

A. 6. 3 分层缺陷检测

分层缺陷通过纵波直入射法进行检测，通过对比试块调节灵敏度，使参考反射体信号幅值 80%，以此作为基准灵敏度。

A. 6. 4 检测信噪比

在对比试块上检测纵向、横向或分层缺陷时，信噪比均不应低于 10 dB。

A. 6. 5 水层深度

使用液浸法检测钢瓶时，采用对比试块调至合适的水层深度，应使钢瓶外表面二次界面回波不干扰缺陷信号显示。

A. 6. 6 表面补偿

如被检钢瓶与对比试块表面状况有较大差异时，需进行表面补偿。

A. 6. 7 楔块曲率

使用手工接触法检测钢瓶时，当探头楔块与被检工件接触面的间隙大于 0.5 mm 时，应采用曲面楔块或对楔块进行修磨，修磨后应重新测量楔块的几何尺寸，同时考虑对声束的影响。

A. 6. 8 扫查灵敏度

扫查灵敏度一般比基准灵敏度提高 6 dB。

A. 6. 9 扫查覆盖

对钢瓶 100%覆盖检测时，需保证移动扫查过程中相邻声束至少重叠 10%。

A. 6. 10 动态检测灵敏度偏差

自动检测时，应保证稳定的检测灵敏度，灵敏度偏差不大于 ± 2 dB。

A. 6. 11 扫查盲区

如自动检测系统无法对钢瓶端头进行有效检测时，应用手工方式或其它有效方式补充检测。

A.7 缺陷记录

当检测过程中发现超过对比试块中参考反射体 50%回波幅度信号时，应进行记录。

A.8 质量分级

A.8.1 表 A.1 给出了钢质储气瓶组的相控阵超声检测质量分级。

A.8.2 不合格品允许重新处理，处理后仍按附录 A 进行检测和质量分级。

表A.1 钢质储气瓶组相控阵超声检测质量分级

等级	允许缺陷回波幅度	
	直接接触法	液浸法
I 级	缺陷回波幅度 $A_d < 50\%$ 对比试块参考反射体基准	低于相应的对比试块内、外表面参考反射体所产生的回波幅度 50%，即 $H_d < 50\%H_r$
II 级	50% 对比试块参考反射体基准 \leq 缺陷回波幅度 $H_d <$ 对比试块参考发射体基准	低于相应的对比试块内、外表面参考反射体所产生的回波幅度，即 $50\%H_r \leq H_d < H_r$
III 级	缺陷回波幅度 $H_d \geq$ 对比试块参考反身体基准	大于或等于相应的对比试块内、外表面参考反射体所产生的回波幅度，即 $H_d \geq H_r$
注： H_d 指缺陷回波幅度； H_r 指液浸法对比试块内、外表面参考反射体所产生的回波幅度。		