

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CASEI XXXX—XXXX

在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范

Technical specification for inspection of in-service vertical cylindrical fiberglass
storage tanks

征求意见稿

2025 年 06 月

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

中国特种设备检验协会 发布

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CASEI XXXX—XXXX

在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范

Technical specification for inspection of in-service vertical cylindrical fiberglass
storage tanks

征求意见稿

2025 年 06 月

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

中国特种设备检验协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通则	1
5 年度检查	2
5.1 一般要求	2
5.2 年度检查内容	2
5.3 年度检查报告	3
6 定期检验	3
6.1 一般要求	3
6.2 资料审查	3
6.3 检验方案制定	4
6.4 检验条件准备	4
6.5 检验实施与结果评价	4
7 综合评价	6
8 检验报告	6
附录 A（规范性） 外观检验主要内容	7
附录 B（规范性） 电容成像检测仪性能参数要求	9
附录 C（规范性） 复合材料力学性能检测仪性能参数要求	11
参考文献	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。

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。

本文件由中国特种设备检验协会提出并归口。

本文件起草单位：略

本文件主要起草人：略

本文件首次发布。

引 言

立式圆筒形玻璃钢储罐具有优异的耐腐蚀性、高强度、轻质和良好的可塑性，被广泛运用于石油、化工等危化品行业中。随着石油石化行业快速发展，在役储罐数量持续增加，服役年限延长，其安全管理和使用风险日益凸显。

当前，储罐运行安全受到了全社会的广泛关注，但在役玻璃钢储罐相关检验要求尚未形成系统规范，处于标准空白状态。为了解决上述问题，保证检验工作质量，胜利油田特种设备检验中心等机构，总结多年来的检验工作经验和科研成果，编制了本文件，以期成为落实国家相关法规、规章以及现行标准要求的技术支撑，科学指导在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验工作。

在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范

1 范围

本文件规定了在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验及评价的基本要求。

本文件适用于直径不大于30 m，公称容积不大于10000 m³，设计压力小于0.1 MPa的在役立式圆筒形玻璃纤维增强热固性树脂储罐（即玻璃钢储罐，以下简称储罐）的检验与评价。

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 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法

GB 30871 危险化学品企业特殊作业安全规范

GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范

HG/T 20696 纤维增强塑料化工设备技术规范

NB/T 11662 在役常压储罐检验与适用性评价

NB/T 47013.7 承压设备无损检测 第7部分：目视检测

NB/T 47013.16 承压设备无损检测 第16部分：红外热成像检测

3 术语和定义

NB/T 11662和HG/T 20696界定的术语和定义适用于本文件。

4 通则

4.1 在役储罐的检验包括年度检查和定期检验。

4.2 年度检查可由储罐使用单位经过相关技术培训的人员实施，也可委托检验机构实施。

4.3 年度检查一般每年进行一次，实施定期检验的年份可免除年度检查。

4.4 年度检查完成后应给出是否停运、维修或委托检验机构实施定期检验的结论。

4.5 定期检验由具备常压储罐检验能力的机构和人员实施。

4.6 定期检验可采用开罐检验或在线检验方式，首次定期检验宜采用开罐检验方式。

4.7 定期检验周期应根据综合评价的结果确定。

5 年度检查

5.1 一般要求

年度检查以目视检测为主，目视检测按 NB/T 47013.7 的规定执行。

5.2 年度检查内容

5.2.1 基础检查主要包括以下内容：

- a) 基础有无明显下沉、倾斜、开裂；
- b) 散水坡或承台有无损坏；
- c) 混凝土环墙有无开裂、破损或其他损伤。

5.2.2 罐底检查主要包括以下内容：

- a) 底板与壁板结合部位有无开裂、渗漏或其他损伤；
- b) 底板与基础之间有无渗漏痕迹。

5.2.3 罐壁检查主要包括以下内容：

- a) 铭牌或标识是否完整、清晰；
- b) 有无明显倾斜或变形；
- c) 有无渗漏痕迹；
- d) 外表面有无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷；
- e) 分段罐壁对接缝处有无开裂渗漏痕迹；
- f) 人孔、接管、爬梯等与罐壁结合部位有无开裂、渗漏痕迹；

5.2.4 罐顶检查主要包括以下内容：

- a) 有无明显变形、孔洞和渗漏痕迹；
- b) 外表面有无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷；
- c) 罐顶加强筋与罐顶粘接处有无开裂；
- d) 罐顶与罐壁结合部位有无开裂、渗漏痕迹；
- e) 与罐顶连接的接管补强部位有无开裂、渗漏痕迹。

5.2.5 雷电防护装置检查主要包括以下内容：

- a) 接闪杆或接闪网格是否完好；
- b) 防雷设施固定件有无脱落，引下线是否固定良好；
- c) 接地设施有无损伤，接地极标识是否完整、清晰；
- d) 防护栏杆、爬梯、阻火器、呼吸阀等金属附件是否等电位连接至接地装置；

e) 是否在检验有效期内。

5.2.6 其他附件检查主要包括以下内容：

- a) 呼吸阀、阻火器、通气孔等有无阻塞或损坏，当监管部门有要求时，是否按要求实施检验（校验）；
- b) 爬梯、平台及其护栏有无变形、开裂、脱落等损伤；
- c) 人孔、接管法兰密封垫有无缺失或损坏；
- d) 管道、阀门支撑有无缺失或损坏；
- e) 接管、阀门、法兰等有无渗漏痕迹；
- f) 液位测量装置有无损坏。

5.3 年度检查报告

年度检查工作完成后，检查人员应根据实际检查情况出具检查报告。当检查发现无法保证安全的重大缺陷时，应给出停运、维修或委托检验机构实施定期检验的结论。

6 定期检验

6.1 一般要求

6.1.1 检验项目一般包括外观检验、近表面缺陷检测、外保护层厚度测定、硬度测定、基础沉降检测、雷电防护装置和其他附件检查等，必要时可增加力学性能测定、罐底渗漏检测、罐壁变形检测等项目，选择的检验项目应与检验方式相适应。

6.1.2 检验方法以目视检测、红外热成像、超声波测厚、巴柯尔硬度检测等方法为主，必要时还可采用弹性模量检测、罐顶承载力测试、真空试漏、垂直度检测等方法，选择的检验方法应与检验方式和检验项目相适应。

6.1.3 检验程序包括资料审查、检验方案制定、检验条件准备、检验实施、结果评价、报告出具等。

6.2 资料审查

资料审查是制定检验方案、实施检验的前提条件，检验人员应在检验实施前进行资料审查。资料审查主要包括以下内容：

- a) 设计、施工及验收资料，包括设计文件、质量证明书、竣工图、竣工验收报告；
- b) 检验周期内的改造、维修资料，包括施工方案及其施工记录、验收记录；
- c) 使用管理资料，包括运行记录、运行温度、盛装介质变更情况、运行中出现异常情况的记录；
- d) 检验资料，包括检验周期内的年度检查报告、上次定期检验报告以及安全附件校验报告，雷电防护装置定期检验报告；
- e) 其他相关资料。

其中 a) 项资料, 在首次检验时应进行审查, 非首次检验时根据实际情况决定是否进行审查。

6.3 检验方案制定

检验机构宜制定通用的检验工艺, 必要时根据资料审查结果、储罐的使用情况、可能存在的损伤模式及使用单位需求, 依据本文件要求制定检验方案。检验机构应就检验方案征求使用单位的意见。

6.4 检验条件准备

定期检验条件要求如下:

- a) 符合 GB 30871 的要求;
- b) 清理或者拆除影响检验的罐体附属部件或者其他物体, 登高检验时搭设脚手架或轻便梯;
- c) 开罐检验时应打开罐壁和罐顶人孔(透光孔), 将罐内介质清理干净, 断开或用盲板隔断进出料管道, 设置明显的隔离标志, 按要求配备通风、安全救护等设施;
- d) 实施检验的罐体内表面, 特别是可能产生缺陷的部位, 应彻底清理干净。

6.5 检验实施与结果评价

6.5.1 外观检验

外观检验以目视检测方式为主, 按 NB/T 47013.7 的规定执行, 主要检验内容见附录 A。

6.5.2 罐体近表面缺陷检测

6.5.2.1 罐体近表面缺陷检测宜采用红外热成像法, 按照 NB/T 47013.16 的相关规定执行。

6.5.2.2 观察并记录红外热图温度异常显示区的位置和大小。

6.5.2.3 对温度异常显示区进行复验, 观察异常显示的重复性。必要时可采用电容成像检测等无损检测方法进一步判断缺陷性质或介质渗漏轨迹。电容成像检测仪器性能参数应满足附录 B 的要求, 其他无损检测方法应按相关标准执行。

6.5.2.4 根据红外热图的均一性, 将红外热图分为 1 级、2 级。图像均一, 未发现温度异常区的为 1 级, 发现温度异常区的为 2 级。

6.5.3 外保护层厚度测定

6.5.3.1 外保护层厚度宜采用覆层测厚仪进行测定。

6.5.3.2 壁板外保护层厚度测定。在储罐下部沿圆周方向检测, 容积小于等于 1000m^3 时不少于 4 处, 容积大于 1000m^3 时不少于 8 处, 测点间距均匀布置; 沿着爬梯进行轴向方向检测, 应覆盖每个厚度阶梯段, 且不少于 3 处。

6.5.3.3 顶板外保护层厚度测定, 沿圆周方向不少于 4 处, 测点间距均匀布置。

6.5.3.4 每处测点覆盖面积一般不大于 $500\text{mm}\times 500\text{mm}$, 每处测点数量不少于 5 个点。

6.5.3.5 外保护层厚度以不低于 0.25mm 为合格。

6.5.4 罐体硬度测定

6.5.4.1 用巴柯尔硬度计检测罐体巴柯尔硬度。

6.5.4.2 壁板巴柯尔硬度测定。在储罐下部沿圆周方向检测，容积小于等于 1000m^3 时不少于 4 处，容积大于 1000m^3 时不少于 8 处，测点间距均匀布置；沿着爬梯进行轴向方向检测，应覆盖每个厚度阶梯段，且不少于 3 处。

6.5.4.3 顶板巴柯尔硬度测定，沿圆周方向不少于 4 处，测点间距均匀布置。

6.5.4.4 每处测点覆盖面积一般不大于 $500\text{mm}\times 500\text{mm}$ ，每处测点数量不少于 5 个点。

6.5.4.5 测试区域应清除表面外保护层，检测按照 GB/T 3854 的规定执行。

6.5.4.6 不饱和树脂巴柯尔硬度以不小于 36 HBa 为合格，环氧树脂巴柯尔硬度以不小于 50 HBa 为合格。

6.5.5 罐壁弹性模量检测

6.5.5.1 罐壁存在开裂、渗漏、纤维外露、白化分层等缺陷时，宜采用复合材料力学性能检测仪进行弹性模量检测。

6.5.5.2 检测仪器性能参数应满足附录 C 的要求。

6.5.5.3 壁板环向弹性模量以不小于 2.2×10^4 MPa 为合格。

6.5.6 罐顶承载力测试

6.5.6.1 使用单位或者检验机构对顶板强度有怀疑时，应进行承载力测试。

6.5.6.2 在罐顶外表面任意 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 面积上加载 1100 N 的集中载荷，罐顶以不发生破坏或永久性变形为合格。

6.5.7 罐底渗漏检测

开罐检验时，对目视检测怀疑部位宜采用真空试漏法进行检测，试验负压值不应低于 53 kPa。

6.5.8 罐壁变形检测

6.5.8.1 当目视检测有怀疑或使用单位有需要时，宜采用全站仪、三维扫描仪等适用的检测仪器进行罐壁垂直度检测。

6.5.8.2 储罐垂直度应不大于罐壁高度的 1.5%，且不大于 80 mm，不影响正常使用或运行时，可以适当放宽。

6.5.9 基础沉降检测

6.5.9.1 储罐基础沉降检测宜在外观检验的基础上，采用水准仪或其他适用的仪器进行观测。沉降观测要求如下：

a) 对于罐基础环墙上保留有原始沉降检测点的储罐，可对原始观测点的标高进行测定。

b) 对于罐基础环墙上未保留原始沉降检测点的储罐，可在罐底板外侧的基础顶面部位，沿环向均匀布置观测点，测点数量不少于 8 个，对测点的标高进行测定。

c) 根据标高计算同一直径方向上两观测点之间的沉降差。

6.5.9.2 同一直径沉降差允许值应符合 GB 50128 的规定。

6.5.10 雷电防护装置和其他附件检查

雷电防护装置和其他附件检查以目视检测为主，必要时采用仪器进行测试。主要检查内容见附录 A。

7 综合评价

7.1 综合评价要求如下：

a) 综合上述检验项目评价结果，以对储罐功能要求、正常运行影响最严重的项目来确定下次检验时间；

b) 对不符合要求的雷电防护装置、部件及其他附件、外保护层或基础等，宜进行维修或更换，并针对维修或更换后的复验结果进行评价；检验人员认为本检验周期内不影响储罐安全运行的，可免于维修或更换；

c) 首次检验时间不宜超过投用后 10 年，其后的检验时间间隔不宜超过 6 年；

7.2 存在以下情况的，应适当缩短检验时间：

a) 红外热图判定为 2 级的；

b) 储罐发生渗漏，修复后的；

c) 运行时间超过设计使用年限的；

d) 关键资料缺失可能对检验结论产生影响的。

8 检验报告

完成全部工作后，检验人员应如实出具检验报告，检验报告内容应包括各项目的检验与评价结果，对于检验中发现的主要缺陷应以文字、图片、照片等形式进行说明。报告按照检验实施机构质量体系的要求完成审批后，提交给使用单位或委托单位。

附 录 A
(规范性)
外观检验主要内容

序号	检查内容
储罐基础部分	
1	基础应无明显下沉、倾斜、开裂
2	散水坡或承台应无损坏
3	混凝土环墙应无开裂、破损或其他损伤
罐底	
4	罐底外侧与罐壁结合部位应无开裂、渗漏或其他损伤
5	罐底与基础之间应无渗漏痕迹
6	罐底上表面应无明显变形
7	罐底上表面应无孔洞、开裂、渗漏等
8	罐底内侧与罐壁结合补强部位应无开裂、渗漏迹象
罐壁外侧	
9	铭牌或标识应完整、清晰
10	应无明显倾斜或变形
11	应无渗漏痕迹
12	外表面应无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷
13	分段罐壁对接缝处应无开裂、渗漏痕迹
14	人孔、接管、爬梯等与罐壁结合部位应无开裂、渗漏痕迹
罐壁内侧	
15	内衬层应无表面损伤、孔洞、裂纹开裂等
16	人孔、接管与罐壁结合部位应无开裂、渗漏迹象
17	分段罐壁对接缝处应无开裂、渗漏迹象
18	罐顶与罐壁对接缝处应无开裂、渗漏迹象
罐顶外侧	
19	应无明显变形、孔洞及渗漏痕迹等现象
20	外表面应无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷

序号	检查内容
21	罐顶加强筋与罐顶粘接处应无开裂
22	罐顶与罐壁结合部位应无开裂、渗漏痕迹
23	与罐顶连接的接管补强部位应无开裂、渗漏痕迹
雷电防护装置	
24	接闪杆或接闪网格应完好
25	防雷设施固定件应无脱落，引下线固定良好
26	引下线不少于两根，沿四周均匀或对称布置，其间距大于 18 m，接地点不少于两处
27	接地线在引下线距离地面 0.3 m 至 1.0m 处装设断接卡，断接卡无严重腐蚀或断裂
28	引下线明敷设置，距离储罐罐壁距离大于 0.1 m
29	接地设施应无损伤，接地极标识完整、清晰
30	防护栏杆、爬梯、阻火器、呼吸阀等金属附件应进行等电位连接至接地装置
31	应在检验有效期内
其他附件	
32	呼吸阀、阻火器、通气孔等应无阻塞或损坏，当监管部门有要求时，应按要求实施检验（校验）
33	爬梯、平台及其护栏应无变形、开裂、脱落等损伤
34	人孔、接管法兰密封垫应无缺失或损坏
35	管道、阀门支撑应无缺失或损坏
36	接管、阀门、法兰等应无渗漏
37	液位测量装置应无损坏

附录 B
(规范性)
电容成像检测仪性能参数要求

B.1 电容传感器

B.1.1 对于玻璃钢储罐罐体近表面缺陷电容检测信号的获取,应采用穿透深度指标90%罐体厚度的单个共面电容传感器或阵列共面电容传感器。

B.1.2 扫查检测时传感器应紧贴罐体表面,传感器与罐体的接触面(检测面)应附有耐磨涂层。

B.1.3 传感器的工作频率应在10kHz~1MHz的范围内,激励信号应为在规定的频带内的单一频率正弦信号。

B.1.4 传感器在规定的频带和使用温度范围内,传感器的灵敏度变化不应大于3dB,阵列传感器之间的灵敏度差异不应大于10%。

B.1.5 传感器由电容敏感元件与信号前处理电路组成,宜采用一体化传感器,减少引线带来的信号干扰。

B.1.6 其中电容敏感元件为一对共面电极,其极板间距不应小于2mm,电容敏感元件宜使用印刷电路板(PCB)或柔性印刷电路板(FPC)工艺制作,共面电极对的非检测面应设置接地屏蔽电极。

B.1.7 传感器信号前处理电路与电容敏感元件间引线距离应不大于10mm,传感器与信号处理电路之间宜采用多芯航空插头链接。

B.2 电子系统

B.2.1 电子系统由主控电路和传感器内嵌的信号前处理电路两部分组成。

B.2.2 主控电路至少包括信号发生模块、信号增益与滤波模块、正交锁相放大模块、信号采集模块以及上位机。

B.2.3 传感器内嵌的信号前处理电路中应包含电荷放大模块,其增益倍数不应低于50kohm。

B.2.4 信号发生模块的信号电压幅值可调节,并且应可同时输出两路同频同相的信号,其中一路作为激励信号,其电压峰-峰值不应低于3V,另一路为参考信号,其电压峰峰值应不大于2V且幅值波动不大于10mV。

B.2.5 信号增益与滤波模块可提供的电压放大的总增益倍数不应低于64倍。

B.2.6 正交锁相放大模块后应配有两个独立的同步采集通道,采样速率不应低于1兆次/每秒,采集分辨率不应低于16位,每次测量每个通道采样数据点数不应少于512个。

B.3 供电和通信

B. 3. 1 主控电路与传感器电路之间的信号传输通过单根多芯同轴线缆，且线缆长度不应超过10m。

B. 3. 2 主控电路采用直流供电，传感器电路通过连接线与主控电路共享电源，供电电压不应大于24V。

B. 3. 3 信号采集模块与上位机宜采用USB或网口进行有线连接。

B. 4 控制和信号处理

B. 4. 1 控制和信号处理由系统软件实施。

B. 4. 2 系统软件具有、激励增益、采样率、采样数、采样缓冲等参数设置功能，若使用阵列传感器软件还需具备电极选通与切换功能。

B. 4. 3 系统软件具有对每个通道的采集数据进行显示、滤波、记录和存储的功能。

附录 C
(规范性)
复合材料力学性能检测仪性能参数要求

C.1 声系

C.1.1 对于玻璃钢储罐罐体声波信号的获取，应采用一个或多个发射传感器，采用不应少于八个独立接收传感器组成阵列接收声系。

C.1.2 发射传感器的谐振频率应在100kHz~500kHz的范围内，其核心声波产生部件的尺寸不应大于20mm。

C.1.3 阵列接收传感器的谐振频率50kHz~600kHz的范围内，在规定的频带和使用温度范围内，传感器的灵敏度变化不应大于3dB，阵列接收传感器之间的灵敏度差异不应大于10%。

C.1.4 接收传感器核心声波探测部件的长宽尺寸不应大于8mmx8mm。

C.1.5 阵列接收传感器之间宜采用柔性或转轴连接，每两个接收传感器中心的间距不大于30mm，满足不小于直径180cm罐体周向圆弧面贴合测试需求。

C.1.6 声系结构内部包含发射和接收电子线路，宜采用一体化声系，减少引线带来的信号干扰。

C.2 电子系统

C.2.1 电子系统由主控电路和声系电路两部分组成。

C.2.2 声系电路宜采用与发射传感器和接收传感器一体化设计，减少引线长度和连线复杂性。

C.2.3 发射电路的发射脉冲个数、脉冲周期可编程调节，发射脉冲幅度峰峰值不应低于100V。

C.2.4 每个接收传感器应有独立的程控增益和滤波电路，电压放大增益倍数不应低于64倍。

C.2.5 每个接收传感器应该有独立的采集通道，同步采集通道数不应少于8个，采样速率不应低于4兆次/每秒，采集分辨率不应低于16位，每次测量每个通道采样数据点数不应少于512个。

C.3 供电和通信

C.3.1 主控与一体化声系电路之间的通讯有有线和无线两种硬件配置版本可供选择，有射频静电安全要求的场景宜选用有线版本，无安全要求的场景可选择无线通讯版本。

C.3.2 有线配置版本连线包括两根供电线和两根差分双绞通信线，连线数量不应大于6根。

C.3.3 主控和声系的供电宜采用直流供电，供电电压不应大于24V。

C.4 耦合剂

耦合剂应能在检测期间内保持良好的声耦合效果。应根据玻璃钢储罐壁温选用无气泡、粘度适宜的

耦合剂。可选用真空脂、凡士林或黄油。

C.5 控制和信号处理

C.5.1 控制和信号处理由系统软件实施。

C.5.2 系统软件具有设置发射脉冲个数、脉冲宽度、采集通道增益、采集延迟、采样深度等参数设置功能。

C.5.3 系统软件具有对每个通道的采集数据进行显示、滤波、记录和回放的功能。

C.5.4 系统软件能够对阵列接收波形进行处理，提取声波速度，计算出被测材料的杨氏模量、泊松比等参数的功能。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
 - [2] GB 15599 石油与石油设施雷电安全规范
 - [3] GB 50057 建筑物防雷设计规范
 - [4] HG/T 3983 耐化学腐蚀现场缠绕玻璃钢大型容器
 - [5] SY/T 4130 玻璃纤维增强热固性树脂现场缠绕式储罐施工规范
-

在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范

编制说明

标准编制工作组

2025年8月17日

一、工作简况

（一） 任务来源与协作单位

本标准来源于中国特种设备检验协会常压容器检验工作委员会 2024 年度工作计划（项目编号 2024018），由中国特种设备检验协会标准化工作委员会提出并归口，由胜利油田特种设备检验中心负责起草，目的是科学指导在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验工作，提高检验工作质量，以保证玻璃钢储罐的安全运营。

（二） 主要工作过程

本标准是在对部分大型玻璃钢储罐制造单位技术现状、陆上油气开采及化工用玻璃钢储罐用户单位检验需求和部分检验机构进行检验情况调研，充分了解用户的现有痛点和检验机构供应能力的基础上，结合胜利油田特种设备检验中心多年来的工作经验、研究成果、现行企业标准和国内外检验工作现状组织开展的编写。

2024 年 4 月，标准编制组完成了玻璃钢储罐制造单位、使用单位、检验机构调研；5 月-11 月，在胜利油田 23 座玻璃钢储罐进行相关方法试验，确定检验项目、检验方法及性能评价指标，形成标准初稿；12 月 18 日至 12 月 19 日，起草组在江苏泰兴召开了第一次工作会议，同期到格林美（江苏）钴业股份有限公司化工用玻璃钢储罐进行现场调研，并验证红外热成像检测、巴氏硬度和便携式力学性能测试对该单位所用玻璃钢盐酸储罐的检测可行性，经对现场两座玻璃钢储罐进行相关技术的检测，证实红外热成像、硬度测试、便携式力学性能测试等三项技术针对化工用危化品玻璃钢储罐检测结果均符

合预期，可作为标准草案内容；2025年4月10日至4月11日，起草组在上海召开了第二次工作会议，针对第一次修改后的草案进行了深入讨论，会后起草组按照会议纪要进行了多次修正形成征求意见稿。

二、标准编制原则和确定标准主要技术内容的论据

本标准具体内容以我国相关法律、法规和标准为依据，坚持以下标准编制原则：

（一）注重标准的规范性和原则性

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 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》进行编写。在确定本标准要求时，综合考虑玻璃钢储罐使用单位的风险可接受能力和检验机构的技术能力，尽力寻求社会效益最大化。

（二）注重标准的系统性

本文件的内容包括前言、引言、范围、引用文件、术语和定义、通则、年度检查、定期检验、综合评价和检验报告。主要技术要求包括年度检查和定期检验，定期检验又分为开罐检验和在线检验两种形式，可以满足储罐用户不同条件下的检验要求。

（三）注重标准内容的代表性与适用性

标准编制过程中，广泛吸收制造、使用和检验等相关单位、机构的人员进入编制组，充分听取相关行业、相关部门的意见，确保标准内容具有充分的代表性和适用性。

（四）注重标准内容的科学性

玻璃纤维增强塑料（也称玻璃钢，GFRP 或 FRP），是由合成树脂和玻璃

钢纤维经复合工艺制作而成的一种功能型的新型材料，其显著优势为耐腐蚀、抗疲劳、低重量、高强度，易设计、易加工、易安装，因此在石油、化工、冶金、食品、酿造、电力等领域得到了广泛应用。但目前，国内玻璃钢储罐仅有设计制造和施工验收等标准规范，缺乏针对在役玻璃钢储罐的检验检测标准规范。如何对在役玻璃钢储罐实施检验和评价，保障玻璃钢储罐的安全运行，给储罐用户、检验机构带来了很大困扰。本标准编写过程中，编制组总结了国内玻璃钢储罐的常见损伤缺陷，针对性开展了大量科研攻关与试验检验工作，为制定本标准奠定了良好的基础。本标准在编写过程中充分参考借鉴国内相关钢制储罐检验内容，吸取其精华，同时吸取采纳新兴检验技术、新的理念，力求标准的科学性。

1、明确了检验项目、检验重点和检验比例

由于玻璃钢储罐材质不同于钢制储罐，其检验方法不同于钢制储罐的检验。本标准在总结多年检测实践经验与科研攻关成果的基础上，明确了在役玻璃钢储罐检验项目涵盖外观检验、近表面缺陷检测、外保护层厚度测定、硬度测定、基础检测、雷电防护装置检查和其他附件检查等，必要时增加力学性能检测、罐底渗漏检测、罐壁变形检测等项目。其原则在于确保检验工作的规范性和有效性，同时赋予检验员一定的自由裁量权。具体而言，检验员可在其专业知识和本标准框架内，对具体实施中检验项目的选择及检验比例的调整做出合理判断，以灵活适应实际检测场景的需求。比如巴柯尔硬度测定，本标准对于不同容积的储罐壁板规定了不同的最少检测点数，并区分圆周方向检测和轴向方向检测，壁板规定了最少的检测点数。在实际检验过程中，检验人员可根据现场工况的不同进行合理调整。

2、明确了玻璃钢罐体在线检测方法

随着玻璃钢储罐服役年限延长，大量设备出现了渗漏、分层、开裂等严重问题。玻璃钢罐体强度能否满足要求，当前检验主要采用破坏性试验，而在役储罐的无损检测技术尚处于探索阶段。本标准通过多年攻关研究，对红外热成像检测、弹性模量检测、电容成像检测等多项无损检测技术开展试验研究，验证了上述技术于在役玻璃钢储罐检测中的实用性和可靠性。为了方便检验机构选择合适的检验设备，在附录中明确电容成像检测仪性能参数要求和复合材料力学性能检测仪性能参数要求。

3、明确了定期检验可采用开罐检验或在线检验方式

为了充分平衡安全需求与经济效益，本标准规定玻璃钢储罐定期检验可采用开罐检验或在线检验方式，首次定期检验推荐采用开罐检验的方式。为减少停产损失和清罐费用，同时减少人员进入受限空间的安全风险，定期检验可以采用不停产在线检验方式。

4、规定了年度检查和外观检查内容

本标准对于年度检查的内容进行了详细规定，并按照检验部位和附件形式细分为基础检查、罐底检查、罐壁检查、罐顶检查、雷电防护装置检查和其他附件检查。外观检验的主要内容以附录形式给出，为检验机构提供参考依据。

5、给出了科学的综合评价准则

本标准是在多年科研攻关和现场试验研究基础上确定，因此综合所检项目评价结果，以对储罐功能要求、正常运行影响最严重的项目来确定下次检验时间，对不符合要求的雷电防护装置、部件及其他附件、外保护层或基础

等，宜进行维修或更换，并针对维修或更换后的复验结果进行评价；若检验人员认为本检验周期内不影响储罐安全运行的，可免于维修或更换，因而，编制组在标准编写过程中，充分考虑现场实际情况综合评价，从而大大提高了结果评定的科学性。

三、与国际、国外有关法律法规和标准水平的对比分析

经检索，目前国际、国外无在役玻璃钢储罐检验的法律法规和标准。

四、与现行有关法律、法规和标准的关系

本标准与《安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》等法规相关，与下列标准存在相互关系，本标准是对相关法规、标准要求的补充和具体体现。

HG/T 20696-2018 纤维增强塑料化工设备技术规范

SY/T 4130-2016 玻璃纤维增强热固性树脂现场缠绕立式储罐施工规范

JC/T 587-2012 玻璃纤维缠绕增强热固性树脂耐腐蚀立式贮罐

JC/T 718-2012 玻璃纤维缠绕增强热固性树脂耐腐蚀卧式贮罐

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、标准性质的建议

建议本标准为推荐性标准。

七、标准实施日期的建议

建议年内实施。通过本标准的实施，促进玻璃钢储罐检验工作的规范，提高检验工作质量和玻璃钢储罐运营安全水平。

八、标准实施的有关政策措施

建议发布后，由中国特种设备检验协会组织宣贯，必要时可联合玻璃纤维工业协会等部门联合组织宣贯，消除不同行业之间分头管理的障碍，促进罐区安全水平。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、涉及专利的有关说明

本标准未涉及相关专利。

十一、标准所涉及的产品、过程和服务目录

无。

十二、其他应予以说明的事项

无。

《在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范》

标准编制组

2025年8月17日

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通则	1
5 年度检查	2
5.1 一般要求	2
5.2 年度检查内容	2
5.3 年度检查报告	3
6 定期检验	3
6.1 一般要求	3
6.2 资料审查	3
6.3 检验方案制定	4
6.4 检验条件准备	4
6.5 检验实施与结果评价	4
7 综合评价	6
8 检验报告	6
附录 A (规范性) 外观检验主要内容	7
附录 B (规范性) 电容成像检测仪性能参数要求	9
附录 C (规范性) 复合材料力学性能检测仪性能参数要求	11
参考文献	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。

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。

本文件由中国特种设备检验协会提出并归口。

本文件起草单位：略

本文件主要起草人：略

本文件首次发布。

引 言

立式圆筒形玻璃钢储罐具有优异的耐腐蚀性、高强度、轻质和良好的可塑性，被广泛运用于石油、化工等危化品行业中。随着石油石化行业快速发展，在役储罐数量持续增加，服役年限延长，其安全管理和使用风险日益凸显。

当前，储罐运行安全受到了全社会的广泛关注，但在役玻璃钢储罐相关检验要求尚未形成系统规范，处于标准空白状态。为了解决上述问题，保证检验工作质量，胜利油田特种设备检验中心等机构，总结多年来的检验工作经验和科研成果，编制了本文件，以期成为落实国家相关法规、规章以及现行标准要求的技术支撑，科学指导在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验工作。

在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范

1 范围

本文件规定了在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验及评价的基本要求。

本文件适用于直径不大于30 m，公称容积不大于10000 m³，设计压力小于0.1 MPa的在役立式圆筒形玻璃纤维增强热固性树脂储罐（即玻璃钢储罐，以下简称储罐）的检验与评价。

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 3854 增强塑料巴柯尔硬度试验方法

GB 30871 危险化学品企业特殊作业安全规范

GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范

HG/T 20696 纤维增强塑料化工设备技术规范

NB/T 11662 在役常压储罐检验与适用性评价

NB/T 47013.7 承压设备无损检测 第7部分：目视检测

NB/T 47013.16 承压设备无损检测 第16部分：红外热成像检测

3 术语和定义

NB/T 11662和HG/T 20696界定的术语和定义适用于本文件。

4 通则

4.1 在役储罐的检验包括年度检查和定期检验。

4.2 年度检查可由储罐使用单位经过相关技术培训的人员实施，也可委托检验机构实施。

4.3 年度检查一般每年进行一次，实施定期检验的年份可免除年度检查。

4.4 年度检查完成后应给出是否停运、维修或委托检验机构实施定期检验的结论。

4.5 定期检验由具备常压储罐检验能力的机构和人员实施。

4.6 定期检验可采用开罐检验或在线检验方式，首次定期检验宜采用开罐检验方式。

4.7 定期检验周期应根据综合评价的结果确定。

5 年度检查

5.1 一般要求

年度检查以目视检测为主，目视检测按 NB/T 47013.7 的规定执行。

5.2 年度检查内容

5.2.1 基础检查主要包括以下内容：

- a) 基础有无明显下沉、倾斜、开裂；
- b) 散水坡或承台有无损坏；
- c) 混凝土环墙有无开裂、破损或其他损伤。

5.2.2 罐底检查主要包括以下内容：

- a) 底板与壁板结合部位有无开裂、渗漏或其他损伤；
- b) 底板与基础之间有无渗漏痕迹。

5.2.3 罐壁检查主要包括以下内容：

- a) 铭牌或标识是否完整、清晰；
- b) 有无明显倾斜或变形；
- c) 有无渗漏痕迹；
- d) 外表面有无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷；
- e) 分段罐壁对接缝处有无开裂渗漏痕迹；
- f) 人孔、接管、爬梯等与罐壁结合部位有无开裂、渗漏痕迹；

5.2.4 罐顶检查主要包括以下内容：

- a) 有无明显变形、孔洞和渗漏痕迹；
- b) 外表面有无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷；
- c) 罐顶加强筋与罐顶粘接处有无开裂；
- d) 罐顶与罐壁结合部位有无开裂、渗漏痕迹；
- e) 与罐顶连接的接管补强部位有无开裂、渗漏痕迹。

5.2.5 雷电防护装置检查主要包括以下内容：

- a) 接闪杆或接闪网格是否完好；
- b) 防雷设施固定件有无脱落，引下线是否固定良好；
- c) 接地设施有无损伤，接地极标识是否完整、清晰；
- d) 防护栏杆、爬梯、阻火器、呼吸阀等金属附件是否等电位连接至接地装置；

e) 是否在检验有效期内。

5.2.6 其他附件检查主要包括以下内容：

- a) 呼吸阀、阻火器、通气孔等有无阻塞或损坏，当监管部门有要求时，是否按要求实施检验（校验）；
- b) 爬梯、平台及其护栏有无变形、开裂、脱落等损伤；
- c) 人孔、接管法兰密封垫有无缺失或损坏；
- d) 管道、阀门支撑有无缺失或损坏；
- e) 接管、阀门、法兰等有无渗漏痕迹；
- f) 液位测量装置有无损坏。

5.3 年度检查报告

年度检查工作完成后，检查人员应根据实际检查情况出具检查报告。当检查发现无法保证安全的重大缺陷时，应给出停运、维修或委托检验机构实施定期检验的结论。

6 定期检验

6.1 一般要求

6.1.1 检验项目一般包括外观检验、近表面缺陷检测、外保护层厚度测定、硬度测定、基础沉降检测、雷电防护装置和其他附件检查等，必要时可增加力学性能测定、罐底渗漏检测、罐壁变形检测等项目，选择的检验项目应与检验方式相适应。

6.1.2 检验方法以目视检测、红外热成像、超声波测厚、巴柯尔硬度检测等方法为主，必要时还可采用弹性模量检测、罐顶承载力测试、真空试漏、垂直度检测等方法，选择的检验方法应与检验方式和检验项目相适应。

6.1.3 检验程序包括资料审查、检验方案制定、检验条件准备、检验实施、结果评价、报告出具等。

6.2 资料审查

资料审查是制定检验方案、实施检验的前提条件，检验人员应在检验实施前进行资料审查。资料审查主要包括以下内容：

- a) 设计、施工及验收资料，包括设计文件、质量证明书、竣工图、竣工验收报告；
- b) 检验周期内的改造、维修资料，包括施工方案及其施工记录、验收记录；
- c) 使用管理资料，包括运行记录、运行温度、盛装介质变更情况、运行中出现异常情况的记录；
- d) 检验资料，包括检验周期内的年度检查报告、上次定期检验报告以及安全附件校验报告，雷电防护装置定期检验报告；
- e) 其他相关资料。

其中 a) 项资料, 在首次检验时应进行审查, 非首次检验时根据实际情况决定是否进行审查。

6.3 检验方案制定

检验机构宜制定通用的检验工艺, 必要时根据资料审查结果、储罐的使用情况、可能存在的损伤模式及使用单位需求, 依据本文件要求制定检验方案。检验机构应就检验方案征求使用单位的意见。

6.4 检验条件准备

定期检验条件要求如下:

- a) 符合 GB 30871 的要求;
- b) 清理或者拆除影响检验的罐体附属部件或者其他物体, 登高检验时搭设脚手架或轻便梯;
- c) 开罐检验时应打开罐壁和罐顶人孔(透光孔), 将罐内介质清理干净, 断开或用盲板隔断进出料管道, 设置明显的隔离标志, 按要求配备通风、安全救护等设施;
- d) 实施检验的罐体内表面, 特别是可能产生缺陷的部位, 应彻底清理干净。

6.5 检验实施与结果评价

6.5.1 外观检验

外观检验以目视检测方式为主, 按 NB/T 47013.7 的规定执行, 主要检验内容见附录 A。

6.5.2 罐体近表面缺陷检测

6.5.2.1 罐体近表面缺陷检测宜采用红外热成像法, 按照 NB/T 47013.16 的相关规定执行。

6.5.2.2 观察并记录红外热图温度异常显示区的位置和大小。

6.5.2.3 对温度异常显示区进行复验, 观察异常显示的重复性。必要时可采用电容成像检测等无损检测方法进一步判断缺陷性质或介质渗漏轨迹。电容成像检测仪器性能参数应满足附录 B 的要求, 其他无损检测方法应按相关标准执行。

6.5.2.4 根据红外热图的均一性, 将红外热图分为 1 级、2 级。图像均一, 未发现温度异常区的为 1 级, 发现温度异常区的为 2 级。

6.5.3 外保护层厚度测定

6.5.3.1 外保护层厚度宜采用覆层测厚仪进行测定。

6.5.3.2 壁板外保护层厚度测定。在储罐下部沿圆周方向检测, 容积小于等于 1000m^3 时不少于 4 处, 容积大于 1000m^3 时不少于 8 处, 测点间距均匀布置; 沿着爬梯进行轴向方向检测, 应覆盖每个厚度阶梯段, 且不少于 3 处。

6.5.3.3 顶板外保护层厚度测定, 沿圆周方向不少于 4 处, 测点间距均匀布置。

6.5.3.4 每处测点覆盖面积一般不大于 $500\text{mm}\times 500\text{mm}$, 每处测点数量不少于 5 个点。

6.5.3.5 外保护层厚度以不低于 0.25mm 为合格。

6.5.4 罐体硬度测定

6.5.4.1 用巴柯尔硬度计检测罐体巴柯尔硬度。

6.5.4.2 壁板巴柯尔硬度测定。在储罐下部沿圆周方向检测，容积小于等于 1000m³时不少于 4 处，容积大于 1000m³时不少于 8 处，测点间距均匀布置；沿着爬梯进行轴向方向检测，应覆盖每个厚度阶梯段，且不少于 3 处。

6.5.4.3 顶板巴柯尔硬度测定，沿圆周方向不少于 4 处，测点间距均匀布置。

6.5.4.4 每处测点覆盖面积一般不大于 500mm×500mm，每处测点数量不少于 5 个点。

6.5.4.5 测试区域应清除表面外保护层，检测按照 GB/T 3854 的规定执行。

6.5.4.6 不饱和树脂巴柯尔硬度以不小于 36 HBa 为合格，环氧树脂巴柯尔硬度以不小于 50 HBa 为合格。

6.5.5 罐壁弹性模量检测

6.5.5.1 罐壁存在开裂、渗漏、纤维外露、白化分层等缺陷时，宜采用复合材料力学性能检测仪进行弹性模量检测。

6.5.5.2 检测仪器性能参数应满足附录 C 的要求。

6.5.5.3 壁板环向弹性模量以不小于 2.2×10^4 MPa 为合格。

6.5.6 罐顶承载力测试

6.5.6.1 使用单位或者检验机构对顶板强度有怀疑时，应进行承载力测试。

6.5.6.2 在罐顶外表面任意 100 mm×100 mm 面积上加载 1100 N 的集中载荷，罐顶以不发生破坏或永久性变形为合格。

6.5.7 罐底渗漏检测

开罐检验时，对目视检测怀疑部位宜采用真空试漏法进行检测，试验负压值不应低于 53 kPa。

6.5.8 罐壁变形检测

6.5.8.1 当目视检测有怀疑或使用单位有需要时，宜采用全站仪、三维扫描仪等适用的检测仪器进行罐壁垂直度检测。

6.5.8.2 储罐垂直度应不大于罐壁高度的 1.5%，且不大于 80 mm，不影响正常使用或运行时，可以适当放宽。

6.5.9 基础沉降检测

6.5.9.1 储罐基础沉降检测宜在外观检验的基础上，采用水准仪或其他适用的仪器进行观测。沉降观测要求如下：

a) 对于罐基础环墙上保留有原始沉降检测点的储罐，可对原始观测点的标高进行测定。

b) 对于罐基础环墙上未保留原始沉降检测点的储罐，可在罐底板外侧的基础顶面部位，沿环向均匀布置观测点，测点数量不少于 8 个，对测点的标高进行测定。

c) 根据标高计算同一直径方向上两观测点之间的沉降差。

6.5.9.2 同一直径沉降差允许值应符合 GB 50128 的规定。

6.5.10 雷电防护装置和其他附件检查

雷电防护装置和其他附件检查以目视检测为主，必要时采用仪器进行测试。主要检查内容见附录 A。

7 综合评价

7.1 综合评价要求如下：

a) 综合上述检验项目评价结果，以对储罐功能要求、正常运行影响最严重的项目来确定下次检验时间；

b) 对不符合要求的雷电防护装置、部件及其他附件、外保护层或基础等，宜进行维修或更换，并针对维修或更换后的复验结果进行评价；检验人员认为本检验周期内不影响储罐安全运行的，可免于维修或更换；

c) 首次检验时间不宜超过投用后 10 年，其后的检验时间间隔不宜超过 6 年；

7.2 存在以下情况的，应适当缩短检验时间：

a) 红外热图判定为 2 级的；

b) 储罐发生渗漏，修复后的；

c) 运行时间超过设计使用年限的；

d) 关键资料缺失可能对检验结论产生影响的。

8 检验报告

完成全部工作后，检验人员应如实出具检验报告，检验报告内容应包括各项目的检验与评价结果，对于检验中发现的主要缺陷应以文字、图片、照片等形式进行说明。报告按照检验实施机构质量体系的要求完成审批后，提交给使用单位或委托单位。

附 录 A
(规范性)
外观检验主要内容

序号	检查内容
储罐基础部分	
1	基础应无明显下沉、倾斜、开裂
2	散水坡或承台应无损坏
3	混凝土环墙应无开裂、破损或其他损伤
罐底	
4	罐底外侧与罐壁结合部位应无开裂、渗漏或其他损伤
5	罐底与基础之间应无渗漏痕迹
6	罐底上表面应无明显变形
7	罐底上表面应无孔洞、开裂、渗漏等
8	罐底内侧与罐壁结合补强部位应无开裂、渗漏迹象
罐壁外侧	
9	铭牌或标识应完整、清晰
10	应无明显倾斜或变形
11	应无渗漏痕迹
12	外表面应无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷
13	分段罐壁对接缝处应无开裂、渗漏痕迹
14	人孔、接管、爬梯等与罐壁结合部位应无开裂、渗漏痕迹
罐壁内侧	
15	内衬层应无表面损伤、孔洞、裂纹开裂等
16	人孔、接管与罐壁结合部位应无开裂、渗漏迹象
17	分段罐壁对接缝处应无开裂、渗漏迹象
18	罐顶与罐壁对接缝处应无开裂、渗漏迹象
罐顶外侧	
19	应无明显变形、孔洞及渗漏痕迹等现象
20	外表面应无严重变色、粉化脱落、起皮、沟槽、纤维外露等缺陷

序号	检查内容
21	罐顶加强筋与罐顶粘接处应无开裂
22	罐顶与罐壁结合部位应无开裂、渗漏痕迹
23	与罐顶连接的接管补强部位应无开裂、渗漏痕迹
雷电防护装置	
24	接闪杆或接闪网格应完好
25	防雷设施固定件应无脱落，引下线固定良好
26	引下线不少于两根，沿四周均匀或对称布置，其间距大于 18 m，接地点不少于两处
27	接地线在引下线距离地面 0.3 m 至 1.0m 处装设断接卡，断接卡无严重腐蚀或断裂
28	引下线明敷设置，距离储罐罐壁距离大于 0.1 m
29	接地设施应无损伤，接地极标识完整、清晰
30	防护栏杆、爬梯、阻火器、呼吸阀等金属附件应进行等电位连接至接地装置
31	应在检验有效期内
其他附件	
32	呼吸阀、阻火器、通气孔等应无阻塞或损坏，当监管部门有要求时，应按要求实施检验（校验）
33	爬梯、平台及其护栏应无变形、开裂、脱落等损伤
34	人孔、接管法兰密封垫应无缺失或损坏
35	管道、阀门支撑应无缺失或损坏
36	接管、阀门、法兰等应无渗漏
37	液位测量装置应无损坏

附录 B
(规范性)
电容成像检测仪性能参数要求

B.1 电容传感器

B.1.1 对于玻璃钢储罐罐体近表面缺陷电容检测信号的获取,应采用穿透深度指标90%罐体厚度的单个共面电容传感器或阵列共面电容传感器。

B.1.2 扫查检测时传感器应紧贴罐体表面,传感器与罐体的接触面(检测面)应附有耐磨涂层。

B.1.3 传感器的工作频率应在10kHz~1MHz的范围内,激励信号应为在规定的频带内的单一频率正弦信号。

B.1.4 传感器在规定的频带和使用温度范围内,传感器的灵敏度变化不应大于3dB,阵列传感器之间的灵敏度差异不应大于10%。

B.1.5 传感器由电容敏感元件与信号前处理电路组成,宜采用一体化传感器,减少引线带来的信号干扰。

B.1.6 其中电容敏感元件为一对共面电极,其极板间距不应小于2mm,电容敏感元件宜使用印刷电路板(PCB)或柔性印刷电路板(FPC)工艺制作,共面电极对的非检测面应设置接地屏蔽电极。

B.1.7 传感器信号前处理电路与电容敏感元件间引线距离应不大于10mm,传感器与信号处理电路之间宜采用多芯航空插头链接。

B.2 电子系统

B.2.1 电子系统由主控电路和传感器内嵌的信号前处理电路两部分组成。

B.2.2 主控电路至少包括信号发生模块、信号增益与滤波模块、正交锁相放大模块、信号采集模块以及上位机。

B.2.3 传感器内嵌的信号前处理电路中应包含电荷放大模块,其增益倍数不应低于50kohm。

B.2.4 信号发生模块的信号电压幅值可调节,并且应可同时输出两路同频同相的信号,其中一路作为激励信号,其电压峰-峰值不应低于3V,另一路为参考信号,其电压峰峰值应不大于2V且幅值波动不大于10mV。

B.2.5 信号增益与滤波模块可提供的电压放大的总增益倍数不应低于64倍。

B.2.6 正交锁相放大模块后应配有两个独立的同步采集通道,采样速率不应低于1兆次/每秒,采集分辨率不应低于16位,每次测量每个通道采样数据点数不应少于512个。

B.3 供电和通信

B. 3. 1 主控电路与传感器电路之间的信号传输通过单根多芯同轴线缆，且线缆长度不应超过10m。

B. 3. 2 主控电路采用直流供电，传感器电路通过连接线与主控电路共享电源，供电电压不应大于24V。

B. 3. 3 信号采集模块与上位机宜采用USB或网口进行有线连接。

B. 4 控制和信号处理

B. 4. 1 控制和信号处理由系统软件实施。

B. 4. 2 系统软件具有、激励增益、采样率、采样数、采样缓冲等参数设置功能，若使用阵列传感器软件还需具备电极选通与切换功能。

B. 4. 3 系统软件具有对每个通道的采集数据进行显示、滤波、记录和存储的功能。

附录 C
(规范性)
复合材料力学性能检测仪性能参数要求

C.1 声系

C.1.1 对于玻璃钢储罐罐体声波信号的获取，应采用一个或多个发射传感器，采用不应少于八个独立接收传感器组成阵列接收声系。

C.1.2 发射传感器的谐振频率应在100kHz~500kHz的范围内，其核心声波产生部件的尺寸不应大于20mm。

C.1.3 阵列接收传感器的谐振频率50kHz~600kHz的范围内，在规定的频带和使用温度范围内，传感器的灵敏度变化不应大于3dB，阵列接收传感器之间的灵敏度差异不应大于10%。

C.1.4 接收传感器核心声波探测部件的长宽尺寸不应大于8mmx8mm。

C.1.5 阵列接收传感器之间宜采用柔性或转轴连接，每两个接收传感器中心的间距不大于30mm，满足不小于直径180cm罐体周向圆弧面贴合测试需求。

C.1.6 声系结构内部包含发射和接收电子线路，宜采用一体化声系，减少引线带来的信号干扰。

C.2 电子系统

C.2.1 电子系统由主控电路和声系电路两部分组成。

C.2.2 声系电路宜采用与发射传感器和接收传感器一体化设计，减少引线长度和连线复杂性。

C.2.3 发射电路的发射脉冲个数、脉冲周期可编程调节，发射脉冲幅度峰峰值不应低于100V。

C.2.4 每个接收传感器应有独立的程控增益和滤波电路，电压放大增益倍数不应低于64倍。

C.2.5 每个接收传感器应该有独立的采集通道，同步采集通道数不应少于8个，采样速率不应低于4兆次/每秒，采集分辨率不应低于16位，每次测量每个通道采样数据点数不应少于512个。

C.3 供电和通信

C.3.1 主控与一体化声系电路之间的通讯有有线和无线两种硬件配置版本可供选择，有射频静电安全要求的场景宜选用有线版本，无安全要求的场景可选择无线通讯版本。

C.3.2 有线配置版本连线包括两根供电线和两根差分双绞通信线，连线数量不应大于6根。

C.3.3 主控和声系的供电宜采用直流供电，供电电压不应大于24V。

C.4 耦合剂

耦合剂应能在检测期间内保持良好的声耦合效果。应根据玻璃钢储罐壁温选用无气泡、粘度适宜的

耦合剂。可选用真空脂、凡士林或黄油。

C.5 控制和信号处理

C.5.1 控制和信号处理由系统软件实施。

C.5.2 系统软件具有设置发射脉冲个数、脉冲宽度、采集通道增益、采集延迟、采样深度等参数设置功能。

C.5.3 系统软件具有对每个通道的采集数据进行显示、滤波、记录和回放的功能。

C.5.4 系统软件能够对阵列接收波形进行处理，提取声波速度，计算出被测材料的杨氏模量、泊松比等参数的功能。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
 - [2] GB 15599 石油与石油设施雷电安全规范
 - [3] GB 50057 建筑物防雷设计规范
 - [4] HG/T 3983 耐化学腐蚀现场缠绕玻璃钢大型容器
 - [5] SY/T 4130 玻璃纤维增强热固性树脂现场缠绕式储罐施工规范
-

在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范

编制说明

标准编制工作组

2025年8月17日

一、工作简况

（一）任务来源与协作单位

本标准来源于中国特种设备检验协会常压容器检验工作委员会 2024 年度工作计划（项目编号 2024018），由中国特种设备检验协会标准化工作委员会提出并归口，由胜利油田特种设备检验中心负责起草，目的是科学指导在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验工作，提高检验工作质量，以保证玻璃钢储罐的安全运营。

（二）主要工作过程

本标准是在对部分大型玻璃钢储罐制造单位技术现状、陆上油气开采及化工用玻璃钢储罐用户单位检验需求和部分检验机构进行检验情况调研，充分了解用户的现有痛点和检验机构供应能力的基础上，结合胜利油田特种设备检验中心多年来的工作经验、研究成果、现行企业标准和国内外检验工作现状组织开展的编写。

2024 年 4 月，标准编制组完成了玻璃钢储罐制造单位、使用单位、检验机构调研；5 月-11 月，在胜利油田 23 座玻璃钢储罐进行相关方法试验，确定检验项目、检验方法及性能评价指标，形成标准初稿；12 月 18 日至 12 月 19 日，起草组在江苏泰兴召开了第一次工作会议，同期到格林美（江苏）钴业股份有限公司化工用玻璃钢储罐进行现场调研，并验证红外热成像检测、巴氏硬度和便携式力学性能测试对该单位所用玻璃钢盐酸储罐的检测可行性，经对现场两座玻璃钢储罐进行相关技术的检测，证实红外热成像、硬度测试、便携式力学性能测试等三项技术针对化工用危化品玻璃钢储罐检测结果均符

合预期，可作为标准草案内容；2025年4月10日至4月11日，起草组在上海召开了第二次工作会议，针对第一次修改后的草案进行了深入讨论，会后起草组按照会议纪要进行了多次修正形成征求意见稿。

二、标准编制原则和确定标准主要技术内容的论据

本标准具体内容以我国相关法律、法规和标准为依据，坚持以下标准编制原则：

（一） 注重标准的规范性和原则性

本标准在结构编写和内容编排等方面依据 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》进行编写。在确定本标准要求时，综合考虑玻璃钢储罐使用单位的风险可接受能力和检验机构的技术能力，尽力寻求社会效益最大化。

（二） 注重标准的系统性

本文件的内容包括前言、引言、范围、引用文件、术语和定义、通则、年度检查、定期检验、综合评价和检验报告。主要技术要求包括年度检查和定期检验，定期检验又分为开罐检验和在线检验两种形式，可以满足储罐用户不同条件下的检验要求。

（三） 注重标准内容的代表性与适用性

标准编制过程中，广泛吸收制造、使用和检验等相关单位、机构的人员进入编制组，充分听取相关行业、相关部门的意见，确保标准内容具有充分的代表性和适用性。

（四） 注重标准内容的科学性

玻璃纤维增强塑料（也称玻璃钢，GFRP 或 FRP），是由合成树脂和玻璃

钢纤维经复合工艺制作而成的一种功能型的新型材料，其显著优势为耐腐蚀、抗疲劳、低重量、高强度，易设计、易加工、易安装，因此在石油、化工、冶金、食品、酿造、电力等领域得到了广泛应用。但目前，国内玻璃钢储罐仅有设计制造和施工验收等标准规范，缺乏针对在役玻璃钢储罐的检验检测标准规范。如何对在役玻璃钢储罐实施检验和评价，保障玻璃钢储罐的安全运行，给储罐用户、检验机构带来了很大困扰。本标准编写过程中，编制组总结了国内玻璃钢储罐的常见损伤缺陷，针对性开展了大量科研攻关与试验检验工作，为制定本标准奠定了良好的基础。本标准在编写过程中充分参考借鉴国内相关钢制储罐检验内容，吸取其精华，同时吸取采纳新兴检验技术、新的理念，力求标准的科学性。

1、明确了检验项目、检验重点和检验比例

由于玻璃钢储罐材质不同于钢制储罐，其检验方法不同于钢制储罐的检验。本标准在总结多年检测实践经验与科研攻关成果的基础上，明确了在役玻璃钢储罐检验项目涵盖外观检验、近表面缺陷检测、外保护层厚度测定、硬度测定、基础检测、雷电防护装置检查和其他附件检查等，必要时增加力学性能检测、罐底渗漏检测、罐壁变形检测等项目。其原则在于确保检验工作的规范性和有效性，同时赋予检验员一定的自由裁量权。具体而言，检验员可在其专业知识和本标准框架内，对具体实施中检验项目的选择及检验比例的调整做出合理判断，以灵活适应实际检测场景的需求。比如巴柯尔硬度测定，本标准对于不同容积的储罐壁板规定了不同的最少检测点数，并区分圆周方向检测和轴向方向检测，壁板规定了最少的检测点数。在实际检验过程中，检验人员可根据现场工况的不同进行合理调整。

2、明确了玻璃钢罐体在线检测方法

随着玻璃钢储罐服役年限延长，大量设备出现了渗漏、分层、开裂等严重问题。玻璃钢罐体强度能否满足要求，当前检验主要采用破坏性试验，而在役储罐的无损检测技术尚处于探索阶段。本标准通过多年攻关研究，对红外热成像检测、弹性模量检测、电容成像检测等多项无损检测技术开展试验研究，验证了上述技术于在役玻璃钢储罐检测中的实用性和可靠性。为了方便检验机构选择合适的检验设备，在附录中明确电容成像检测仪性能参数要求和复合材料力学性能检测仪性能参数要求。

3、明确了定期检验可采用开罐检验或在线检验方式

为了充分平衡安全需求与经济效益，本标准规定玻璃钢储罐定期检验可采用开罐检验或在线检验方式，首次定期检验推荐采用开罐检验的方式。为减少停产损失和清罐费用，同时减少人员进入受限空间的安全风险，定期检验可以采用不停产在线检验方式。

4、规定了年度检查和外观检查内容

本标准对于年度检查的内容进行了详细规定，并按照检验部位和附件形式细分为基础检查、罐底检查、罐壁检查、罐顶检查、雷电防护装置检查和其他附件检查。外观检验的主要内容以附录形式给出，为检验机构提供参考依据。

5、给出了科学的综合评价准则

本标准是在多年科研攻关和现场试验研究基础上确定，因此综合所检项目评价结果，以对储罐功能要求、正常运行影响最严重的项目来确定下次检验时间，对不符合要求的雷电防护装置、部件及其他附件、外保护层或基础

等，宜进行维修或更换，并针对维修或更换后的复验结果进行评价；若检验人员认为本检验周期内不影响储罐安全运行的，可免于维修或更换，因而，编制组在标准编写过程中，充分考虑现场实际情况综合评价，从而大大提高了结果评定的科学性。

三、与国际、国外有关法律法规和标准水平的对比分析

经检索，目前国际、国外无在役玻璃钢储罐检验的法律法规和标准。

四、与现行有关法律、法规和标准的关系

本标准与《安全生产法》、《危险化学品安全管理条例》等法规相关，与下列标准存在相互关系，本标准是对相关法规、标准要求的补充和具体体现。

HG/T 20696-2018 纤维增强塑料化工设备技术规范

SY/T 4130-2016 玻璃纤维增强热固性树脂现场缠绕立式储罐施工规范

JC/T 587-2012 玻璃纤维缠绕增强热固性树脂耐腐蚀立式贮罐

JC/T 718-2012 玻璃纤维缠绕增强热固性树脂耐腐蚀卧式贮罐

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、标准性质的建议

建议本标准为推荐性标准。

七、标准实施日期的建议

建议年内实施。通过本标准的实施，促进玻璃钢储罐检验工作的规范，提高检验工作质量和玻璃钢储罐运营安全水平。

八、标准实施的有关政策措施

建议发布后，由中国特种设备检验协会组织宣贯，必要时可联合玻璃纤维工业协会等部门联合组织宣贯，消除不同行业之间分头管理的障碍，促进罐区安全水平。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、涉及专利的有关说明

本标准未涉及相关专利。

十一、标准所涉及的产品、过程和服务目录

无。

十二、其他应予以说明的事项

无。

《在役立式圆筒形玻璃钢储罐检验技术规范》

标准编制组

2025年8月17日