

T/CASEI

团 体 标 准

T/CASEI ×××—××××

真空绝热压力容器定期检验规范

Vacuum Insulated Pressure Vessel Periodical Inspection Regulation

（征求意见稿）

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中国特种设备检验协会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 检验前准备	3
6 定期检验项目与方法	3
7 安全状况等级评定与检验周期	6
8 检验报告与检验结论	6
附录 A（资料性）热分析检测方法	8
附录 B（资料性）典型真空绝热压力容器内容器与外壳的支撑方式	10

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。

本文件由中国特种设备检验协会提出及归口。

本文件起草单位：略。

本文件主要起草人：略。

真空绝热压力容器定期检验规范

1 范围

- 1.1 本文件规定了真空绝热压力容器定期检验的检验前准备、检验项目与方法、安全状况等级评定、检验报告等要求。
- 1.2 本文件适用于下列压力容器的定期检验
- a) 固定式真空绝热压力容器；
 - b) 汽车罐车、罐式集装箱及铁路罐车的真空绝热罐体系统。
- 1.3 本文件不适用焊接绝热气瓶的定期检验。
- 1.4 过程装置中冷箱内的压力容器检验可参照本文件。

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 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 18443.5 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
NB/T 47013（所有部分） 承压设备无损检测
TSG 08 特种设备使用管理规则
TSG Z7001 特种设备检验机构核准规则
TSG 21 固定式压力容器安全技术规程
TSG R0005 移动式压力容器安全技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 真空绝热压力容器 vacuum insulated pressure vessel

由储液内容器和维持真空绝热空间的外壳组成，且有一套完整的安全附件、仪表装置及满足操作要求的系统，用于储存介质的压力容器。

3.2 真空绝热罐体系统 system of vacuum insulated tank

充装介质为冷冻液化气体，由外壳和内容器形成夹层的真空绝热结构，并且与走行装置或者框架采用永久连接的移动式压力容器罐体及其管路系统。

4 总则

4.1 基本要求

真空绝热压力容器的定期检验除符合本文件的规定外，还应满足国家相关法律、法规及安全技术规范的要求。

4.2 职责和要求

4.2.1 检验机构及人员

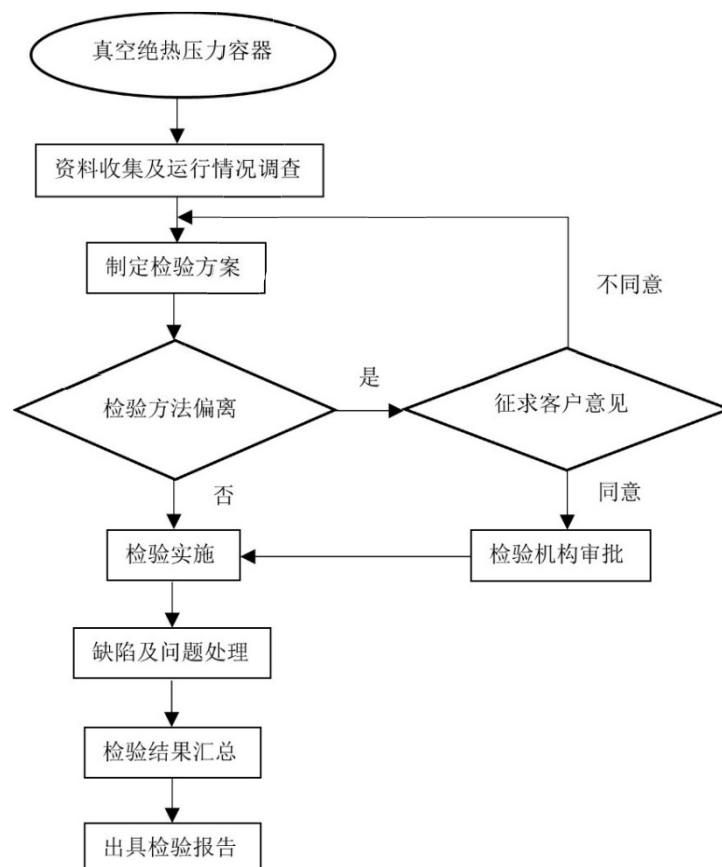
- a) 检验机构应按照核准的检验范围从事真空绝热压力容器的定期检验工作。
- b) 检验和检测人员应取得相应的特种设备检验检测人员证书，且按规定注册。
- c) 检验机构应对真空绝热压力容器定期检验报告的真实性、准确性、有效性负责。

4.2.2 使用单位

- a) 真空绝热压力容器的使用管理应符合 TSG 08 的规定；
- b) 定期检验前应提供检验所需各项资料，并对所提供资料的完整性、真实性和有效性负责。
其中包括真空绝热压力容器的设计资料、制造资料、安装竣工资料、修理改造资料、检验检查资料、运行记录等。

4.3 检验程序

真空绝热压力容器定期检验工作程序包括：检验方案制定、检验前准备、检验实施、缺陷及



问题处理、检验结果汇总、出具检验报告等。检验流程见图 1。

图 1 检验流程图

5 检验前准备

5.1 资料收集

5.1.1 检验前，定期检验人员一般需要收集以下资料：

- a) 设计资料，包括设计单位资质证明，使用说明书，强度计算书，风险评估报告，罐体安全泄放量、超压泄放装置排量、爆破片泄放面积计算书等，固定式真空绝热压力容器还应包含外壳防爆装置泄放面积计算书，真空绝热罐体系统还应包含产品铭牌的拓印件或复印件；
- b) 制造资料，包括制造单位资质证明，产品合格证、质量证明文件，监督检验证书；
- c) 安装竣工资料，竣工图样，固定式真空绝热压力容器还应包含安装说明书；
- d) 改造和重大修理资料，包括改造或者重大修理方案、变更设计文件、竣工资料、质量证明文件，以及《特种设备改造和重大修理监督检验证书》等；
- e) 使用管理资料，包括《使用登记证》和《使用登记表》，以及运行记录、开停车记录、运行条件变化情况及运行中出现异常情况的记录（如结霜、结露记录，补抽真空记录等）等；
- f) 检验和检查资料，包括定期检验周期内的年度检查报告和上次定期检验报告，重点核查检查和检验报告中提出的问题是是否已经解决或者有无预防和改进措施。

5.1.2 设计资料、制造资料、安装竣工资料及改造和重大修理资料在真空绝热压力容器投用后首次定期检验时必须进行收集，以后的检验视需要（如发生移装、改造及重大修理等）进行收集。

5.1.3 当超设计使用年限真空绝热压力容器制造、改造和修理档案不完整时，使用单位应补充、完善相关资料，以满足检验工作的需要；当使用单位不能提供检验所需要的足够资料时，使用单位可委托具有相应资质的机构，采用可靠的检查、检测和测量等手段补充压力容器的相关数据。

5.2 检验方案

5.2.1 定期检验前，检验机构应根据收集的资料及真空绝热压力容器的使用情况、损伤及失效模式，依据本文件及相关安全技术规范的要求制定检验方案。对于使用过程中出现异常状况、充装介质有特殊要求等特殊情况的真空绝热压力容器，定期检验机构制定检验方案时应当征求使用单位的意见。

5.2.2 检验方案由检验机构技术负责人（或者其授权人）审查批准。

5.3 现场条件

5.3.1 真空绝热压力容器使用单位和相关辅助单位，应按要求做好检验前的安全检查，确认现场条件符合检验工作要求，做好相关的准备工作。检验前，现场应符合 TSG 21 的规定。

5.3.2 检验用的设备、仪器和测量工具应在有效的检定或校准期内。

5.3.3 检验工作安全要求应符合 TSG 21 的规定。

6 定期检验项目与方法

6.1 检验项目

定期检验项目主要包括宏观检验，壁厚测定（必要时），内容器引出接管表面缺陷检测，真空绝热性能检测，安全附件、安全保护装置、仪表和装卸附件检验等项目。

6.2 宏观检验

6.2.1 主要采用目视检验（必要时利用放大镜或者其他辅助仪器设备、测量工具）。

6.2.2 固定式真空绝热压力容器宏观检验主要包括以下内容：

- a) 铭牌和标志；
- b) 外表面有无凹坑，划痕，凹凸不平，严重锈蚀和漆层脱落等缺陷。
- c) 与罐体相连的接管角焊缝应完好，接管无变形、泄露等情况；
- d) 罐体支座无损坏、基础下沉、倾斜、开裂，紧固螺栓完好、齐全且有效紧固；
- e) 管路系统是否泄漏、腐蚀、变形、结霜结露，阀门开闭情况，真空规管、真空阀防护情况等。
- f) 罐体外壳的结构、几何尺寸检验等（首次定期检验时）。

6.2.3 真空绝热罐体系统宏观检验主要包括以下内容：

- a) 外壳防爆装置是否完好无损；
- b) 外壳是否存在严重的变形、机械接触损伤、结霜、结露、油漆脱落等情况；
- c) 管路系统表面检验，检查其是否存在裂纹、泄漏，以及严重的机械接触损伤、变形等情况。

6.2.4 其他宏观检验还包括以下内容：

- a) 绝热层检验，检查其是否存在损坏、松脱、开裂等情况；
- b) 螺柱（栓）检验，检查主要受压元件用螺柱（栓）表面是否存在损伤、裂纹等情况；
- c) 罐体与支撑件等连接检验，检查罐体支撑件，以及支撑件与垫板、垫板与罐体的连接焊缝是否存在裂纹。典型真空绝热压力容器内容器与外壳的支撑方式见附录 B。

6.3 壁厚测定

宏观检验时发现的可疑部位可进行壁厚测定。壁厚测定一般采用超声测厚方法，测定位置应当有代表性，有足够的测点数。测定后标图记录，对异常测厚点做详细标记。

6.4 表面缺陷检测

6.4.1 罐体内容器引出管连接的角焊缝处、宏观检验发现外壳变形或机械接触损伤、工卡具焊迹、电弧灼伤、结霜或结露的位置应进行表面缺陷检测；

6.4.2 应当采用 NB/T 47013.4 的磁粉检测和 NB/T 47013.5 的渗透检测方法。检测比例由检验人员根据具体情况确定。

6.5 真空绝热性能检测

6.5.1 检验项目

真空绝热性能检测可采用测量真空度、静态蒸发率（日升压速率）或热分析的方法。

6.5.2 真空度

夹层真空度的测量方法应符合 GB/T 18443.2 的规定。

6.5.3 静态蒸发率

- a) 静态蒸发率测量可采用质量流量计法，测量方法应符合 GB/T 18443.5 的规定。
- b) 当现场检测条件不满足质量流量计测量方法时，可采用日升压速率测量绝热性能。测试一定时间内压力上升速率，测试时间不小于 24h，并按式（1）计算日升压速率。

$$\lambda = (P_1 - P_2) / t \quad (1)$$

式中：

λ ——升压速率，kPa/d；

P_1 ——初始测量罐内压力，kPa；

P_2 ——静置时间间隔 t 后罐内压力，kPa；

t ——静置时间，d。

6.5.4 热分析

热分析检测方法见附录 A。

6.6 安全附件检验

6.6.1 固定式真空绝热压力容器的安全附件检验应符合 TSG 21 的规定。

6.6.2 真空绝热罐体系统的安全附件检验包括下列内容：

- a) 检验安全阀是否在校验有效期内，选型是否正确；
- b) 检验爆破片否按设计要求更换；
- c) 检验紧急切断阀是否符合以下要求：
 - 1) 型式、型号、外观质量等无异常；
 - 2) 控制系统完整；
 - 3) 具有过流保护功能的紧急切断阀，其阀体、弹簧、密封面等表面无裂纹、严重损伤变形、严重腐蚀生锈等情况；并且按照 0.1MPa、罐体设计压力分别进行的气密性试验（保压时间依据产品标准），均无泄漏；
 - 4) 必要时在 0.4MPa 至 0.6MPa 压力范围内，对紧急切断阀进行的切断试验（不少于 2 次），其动作灵敏可靠、启闭到位。

6.7 真空绝热罐体系统安全保护装置检验

6.7.1 必要时在 0.4MPa 至 0.6MPa 压力范围内，对紧急切断装置控制系统进行的切断试验（不少于 2 次），其动作灵敏可靠、启闭到位；

6.7.2 罐体与导静电装置之间的电阻值是否符合产品标准的规定。

6.8 仪表检验

6.8.1 压力测量装置是否在检定有效周期内（适用于有检定要求的压力测量装置）。

6.8.2 液位测量装置是否连接牢固、可靠。

6.8.3 温度测量装置是否在检定有效周期内（适用于有检定要求的温度测量装置）。

6.9 真空绝热罐体系统装卸附件检验

6.9.1 装卸接头、装卸阀门外观是否完好，并且在全开、全闭状态下分别进行的装卸阀门气密性试验，是否存在卡阻或者空转等情况（试验压力不得低于工作压力，保压时间不得少于 5min）；

6.9.2 卸载泵定点启闭控制装置外观是否完好，是否存在损坏等异常现象。

6.10 真空绝热罐体系统管路检验

宏观检验发现管路系统存在严重腐蚀、损伤、变形等异常情况，或者对其安全性能存在疑问时应当进行耐压试验（耐压试验要求参照产品标准、设计文件的规定）。

7 安全状况等级评定与检验周期

7.1 安全状况等级评定

7.1.1 固定式真空绝热压力容器安全状况等级的评定原则应符合 TSG 21 的相关规定。

7.1.2 真空绝热罐体系统安全状况等级的评定原则应符合 TSG R0005 的相关规定。

7.2 检验周期

7.2.1 固定式真空绝热压力容器

固定式真空绝热压力容器的检验周期应符合 TSG 21 的规定。

7.2.2 真空绝热罐体系统

含真空绝热罐体的汽车罐车、罐式集装箱、铁路罐车，一般每 2.5 年检验 1 次。

8 检验报告与检验结论

8.1 检验报告

8.1.1 固定式真空绝热压力容器的定期检验报告出具应符合 TSG 21 的相关规定。

8.1.2 真空绝热罐体系统的定期检验报告出具应符合 TSG R0005 的相关规定。

8.1.3 单项报告至少应包含下列内容：

- a) 检测日期和地点；
- b) 所使用的标准（包括发布或出版年号）；
- c) 所使用的检测方法（如果标准中包括几种方法）；
- d) 环境条件（环境温度、压力、风速等）；
- e) 检测结果。

8.2 检验结论

8.2.1 定期检验完成后，定期检验机构应根据各检验项目的评定结果，做出检验结论。定期检验过程中进行修理的，还应当按照修理后的结果进行综合评定。

8.2.2 固定式真空绝热压力容器根据评定结果，检验结论如下：

- a) 综合评定安全状况等级为 1 级至 3 级的容器，检验结论为符合要求，可以继续使用。
- b) 综合评定安全状况等级为 4 级的容器，检验结论为基本符合要求，有条件的监控使用。
- c) 综合评定安全状况等级为 5 级的容器，检验结论为不符合要求，不得继续使用。

8.2.3 真空绝热罐体系统根据评定结果，检验结论如下：

- a) 各检验项目检验结果全部为符合要求的(或者经过修理后，经定期检验机构确认影响安全使用的问题、缺陷等已经消除的)，检验结论为符合要求，可以继续使用；
- b) 检验项目中还存在基本符合要求但没有不符合要求的，检验结论为基本符合要求，使用单位应当针对发现的问题采取有效的监控措施；

- c) 检验项目中存在不符合要求的检验结果（即影响安全使用的相关问题、缺陷等未消除的），
检验结论为不符合要求，不得使用。

检验结论为符合要求和基本符合要求的，定期检验机构应当按照本规程的规定，确定下次定期
检验日期。

附录 A (资料性附录)

热分析检测方法

A.1 检测原理

利用盛装介质对真空绝热低温设备进行低温加载，通过测量外表面温度来评估其局部漏热情况和整体绝热性能。

A.2 检测方法

不通过直接物理接触方式，而是通过接收被检件表面发射的红外辐射能量来测量其表面温度的方法。

A.3 检测设备、仪器和仪表

检测设备、仪器和仪表应符合 GB/T 18443.1 及以下规定：

- a) 红外热成像仪、红外点温仪等非接触式测温仪器的温度测量范围可覆盖 0 ℃~40 ℃，最大允许误差应不大于±2 ℃或被测温度的±2%（取绝对值最大者）；
- b) 温度计、热电偶等接触式测温仪器的温度测量范围可覆盖 0 ℃~40 ℃，测量精度应不大于±0.01 ℃，允许偏差应不大于±0.5 ℃；
- c) 风速仪的量程 0 m/s~25 m/s，分辨率不大于 0.01 m/s、精度不大于满刻度的±2%。

A.4 检测条件与检测准备

A.4.1 检测环境条件应符合 GB/T 18443.1 的规定。

A.4.2 检测时，被检件应避免阳光直射，环境风速应不大于 5 m/s。

A.4.3 储存介质的充装量应为被检件的最大允许充装量。

A.4.4 充装完成后开始静置，真空绝热压力容器在静置期间应保持放空阀开启。被检件与盛装介质接触部分应充分冷却，且 24 h 内压力变化值不超过 5 kPa 时，结束静置。

A.4.5 采用非接触式测温法时，检测前应根据被检件外表面状况确定发射率（如涂覆材料）。光滑高反射表面应避免测温干扰，可在被检测面涂覆或粘贴高发射率材料后进行测量。

A.5 检测步骤

A.5.1 检测开始时，关闭被检件的所有阀门。

A.5.2 被检件与盛装介质接触部分的外表面选取至少三处测温区域，测温区域应避开管路穿出外壳处。

A.5.3 测温区域内应至少设置 5 个测温点，且记录温度数据。

A.6 数据处理

当被检件绝热方式为高真空多层绝热、储存介质为冷冻液态氮、冷冻液态氧、冷冻液态氩时，可用下列公式计算其真空度 P ：

$$x=0.836T_0-0.912T_a+\Delta \quad (\text{A.1})$$

$$P = \begin{cases} 10^{(-32.21x^2 + 1440x - 16511)}, & 22.69 \leq x < 22.93 \\ 10^{(-1.56x^2 + 74.32x - 882.35)}, & 22.93 \leq x < 23.64 \\ 10^{(-0.0046x^2 + 0.79x - 14.11)}, & 22.64 \leq x < 29.2 \end{cases} \quad (\text{A.2})$$

式中：

x ——温度因子，单位为摄氏度（℃）；

Δ ——温度修正系数， $\Delta = 17.5 \sim 18.5$ ；

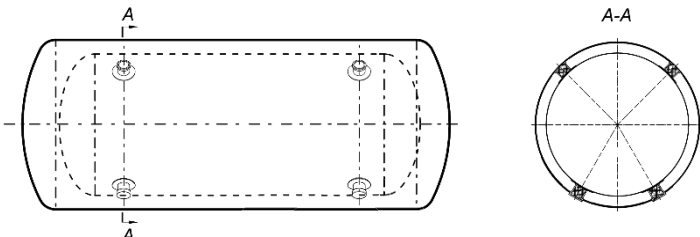
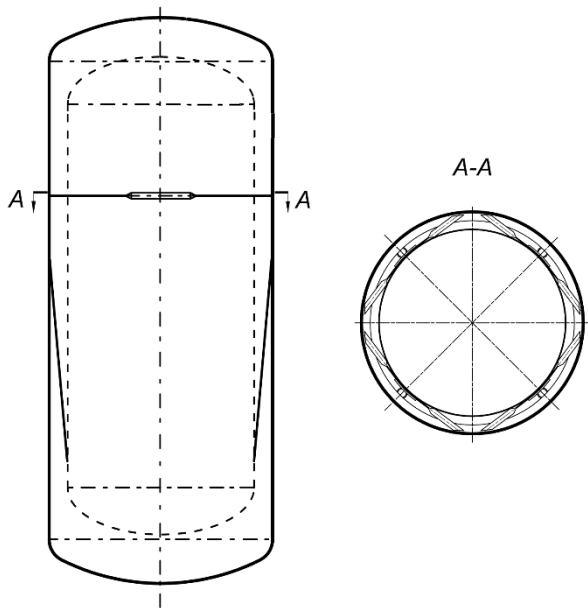
T_0 ——环境温度，单位为摄氏度（℃）；

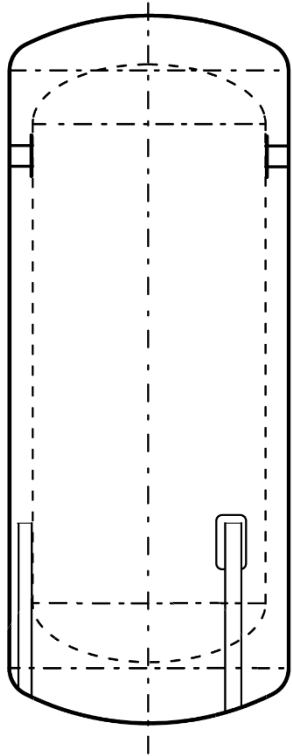
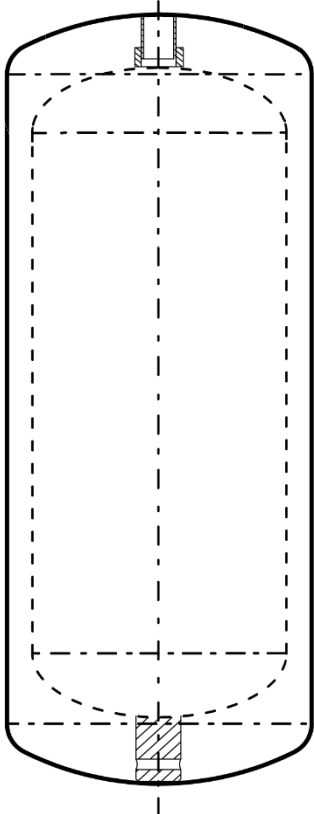
T_a ——壁面平均温度，单位为摄氏度（℃）；

P ——真空度，单位为帕（Pa）。

附录 B
(资料性附录)

典型真空绝热压力容器内容器与外壳的支撑方式

支撑方式	适用范围	支撑结构简图
玻璃钢管八点支撑 (内容器的前部和后部分别通过周向分布的四个滑动支撑和四个固定支撑与外壳支撑连接)	卧式真空绝热压力容器、汽车罐车、罐式集装箱等的真空绝热罐体	
吊拉带支撑 (通过焊接或螺栓连接等方式, 将吊拉带与内外容器之间连接牢固。)	一般用于 5 立方以上的立式固定式真空绝热压力容器	

支撑方式	适用范围	支撑结构简图
径向玻璃钢管与底部不锈钢管支撑的组合（在立式容器上部圆周方向上通过玻璃钢管将内外容器之间连接，底部与外壳支腿对应位置通过不锈钢管将内外容器之间连接）	一般用于5立方以上的立式固定式真空绝热压力容器	
上部玻璃钢管，下部不锈钢管（在容器上部轴向方向上通过玻璃钢管将内外容器之间连接，底部轴向方向上通过不锈钢管将内外容器之间连接）	一般用于10立方以下的立式固定式真空绝热压力容器	

《真空绝热压力容器定期检验规范》团体标准

编制说明

一、工作简况

1.1 编制目的

真空绝热压力容器是用于储存和运输冷冻液化气体的压力容器，由储液内容器和维持真空绝热空间的外壳组成，储液内容器由奥氏体不锈钢制造，外壳由低合金钢制造。容器外壳装有防爆装置、抽真空装置、真空测量装置。真空绝热压力容器还具有一套完整管路系统与安全附件、仪表装置，用来满足低温液体的使用要求。真空绝热压力内容器与外壳间的夹套内设置有支撑结构，用来使内容器悬挂于外壳之中，为减少内容器与外壳通过支撑元件传导的热量，通常选用热导率小的材料、并增加支撑件长度、减小支撑件横截面积。内容器与外壳之间还需填充绝热材料，并抽至真空，来满足低温液体的储存条件。

真空绝热压力容器由于其结构的特殊性，无法进入内部检验内容器及内部管路的损伤情况。TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术规程》中关于金属压力容器定期检验项目中的壁厚测定、表面缺陷检测、埋藏缺陷检测、材料分析和强度校核等方法用于真空绝热压力容器时，只能对外壳进行。对于真空绝热压力容器仅提到了夹层真空度检验和日蒸发率测量这两种补充检验，并未明确其他的通用检验项目是否必须执行以及如何执行。关于真空绝热压力容器定期检验，目前没有专项的国家标准和行业标准，仅有安徽、山东、河南、重庆等少数省市出台了推荐性的专项地方标准，更多需要检验机构或检验人员根据其结构特点制定具体而有针对性的检验工艺或检验方案。各地检验机构对法规的理解也不尽相同，检验方案有很大差别。为了解决真空绝热容器定期检验的问题，有必要制定真空绝热压力容器定期检验规范。

1.2 主要工作过程

立项阶段：本文件于 2016 年 12 月完成团体标准立项申请，2021 年 9 月通过立项审查并列入中国特种设备检验协会团体标准 2021 年度制修订计划。2021 年 11 月在上海召开团体标准工作首次会议，2021 年 12 月完成编制大纲，2022 年 3 月完成初稿，2022 年 4 月组织召开专项研讨会并完成第二稿。该阶段由于真空绝热容器的不断发展，液氢、液氮容器不断研发生产，起草组在技术讨论过程中调整技术路线，并增加真空绝热压力容器制造单位与使用单位，于 2023 年 11 月向中国特种设备检验协会提交项目变更申请，并于同年 12 月在宁夏召开调整后起草组专家会议，确定技术路线及各自分工。

起草阶段：2024 年 1 月，正式开展团体标准起草以及技术研究工作，开展了相关国内外标准和技

术资料最新版的收集工作、基于全三维传热机理的真空绝热低温容器夹层真空度评价方法研究、真空绝热压力容器真空失效过程传热机理演变规律以及热分析检测方法试验验证工作。2024 年 6 月，邀请行业首席专家研讨热分析检测方法技术路线可行性与准确性，2024 年 8 月，对标准草案中关键技术方法与要求进行了重点讨论，明确了相关技术内容的制订思路和工作分工，并进行试验验证与理论结合。2025 年 7 月底，主要起草单位将征求意见稿初稿征求了行业专家的意见，并根据专家的反馈意见进行了几次讨论和修改后，形成征求意见稿。

二、标准制定原则和主要依据

2.1 制定原则

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草，在 TSG 21-2016 对于真空绝热压力容器定期检验实施的基础上，对实施近十年过程中发现问题进行了梳理。并参考了国外与真空绝热压力容器有关的标准及文献资料，结合全国真空绝热压力容器占比较多地区的检验机构在过去将近十年里真空绝热压力容器的检验数据、使用单位的监控数据、制造单位的出厂数据进行分析与整理，理论分析与试验研究相结合，并提出合理的检验方法。力求标准符合国内特种设备的安全技术管理等方面法规标准相关要求。

2.2 主要依据

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 18443.5 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 50016 建筑设计防火规范

NB/T 47013（所有部分） 承压设备无损检测

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

TSG R0005 移动式压力容器安全技术监察规程

TSG R7001 压力容器定期检验规则

TSG Z7001 特种设备检验机构核准规则

TSG 08 特种设备使用管理规则

EN1251-1~3:2000 《低温容器-容积不超过 10 L 的移动式真空绝热容器》

EN13458-1~3:2003 《低温容器-固定式真空绝热容器》

EN13530-1~3:2002 《低温容器-大型移动式真空绝热容器》

EN 14197-1 ~ 3:2003 《低温容器-固定式非真空绝热容器》

EN14398-1~3:203 《低温容器-大型移动式非真空绝热容器》

CGA H-3 Standard for Cryogenic Hydrogen Storage

三、标准编制内容说明

第1章 范围

1.1 本文件规定了真空绝热压力容器定期检验的检验前准备、检验项目与方法、安全状况等级评定、检验报告等要求。

1.2 适用于绝热方式为真空粉末绝热、高真空多层绝热和真空复合绝热的固定式真空绝热压力容器与充装介质为冷冻液化气体的汽车罐车、罐式集装箱和铁路罐车。

1.3 因气瓶有定期检验标准，本文件适用范围不包括焊接绝热气瓶。

1.4 当采用非真空绝热方式的装置如：空分装置中的冷箱、字母罐、大型低温储罐等，检测方法可以参考本文件。

第3章 术语和定义

明确 GB/T 150、GB/T 18442 界定的术语和定义适用于本文件，新增真空绝热压力容器、真空绝热罐体系统的术语和定义。新增相应的术语和定义说明如下：

3.1 真空绝热压力容器和 3.2 真空绝热罐体系统

参照 GB/T 18442 与 TSG R0005，将用于储存和运输的真空绝热压力容器进行区分。

第4章 总则

4.1 真空绝热压力容器的定期检验除符合本文件的规定外，还应满足国家相关法律、法规及安全技术规范的要求。

4.2 明确了检验机构及检验人员的职责和要求。

4.3 明确了使用单位在定期检验工作中的职责和要求。

4.4 增加检验过程流程图，检验人员与使用单位可以更直观的了解定期检验过程程序与在定期检验过程中需要进行的工作。

第5章 检验前准备

5.1 资料收集

根据 TSG 21 中规定的定期检验资料审查过程中提交的资料，结合真空绝热压力容器产品标准中出厂资料的要求，明确了资料收集的内容，设计资料中增加了风险评估报告，罐体安全泄放量、超压泄放装置排量、爆破片泄放面积计算书等，固定式真空绝热压力容器还应包含外壳防爆装置泄放面积计算书，便于检验人员对真空绝热压力容器风险的识别。使用管理资料中增加了运行条件变化情况及运行中出现异常情况的记录（如结霜、结露记录，补抽真空记录等），便于检验人员识别重点检验部位。

5.2 检验方案

检验方案的制定参照 TSG 21 的规定并结合收集的资料根据真空绝热压力容器使用情况、损伤及失效模式制定检验方案，对于使用过程中出现异常状况、充装介质有特殊要求等特殊情况的真空绝热压力容器，定期检验机构制定检验方案时应当征求使用单位的意见。

明确了检验方案由检验机构技术负责人（或者其授权人）审查批准。

5.3 现场条件

检验现场条件参照 TSG 21 的规定，对现场准备工作、检验用的设备、仪器和测量工具及检验过程工作安全做出了规定。

第 6 章 定期检验项目与方法

6.1 检验项目

根据 TSG 21 对金属容器定期检验项目的规定，结合真空绝热压力容器的结构特点，确定了定期检验项目主要包括外壳宏观检验，壁厚测定（必要时），内容器引出接管表面缺陷检测，真空绝热性能检测，安全附件、安全保护装置、仪表和装卸附件检验等项目。

6.2 外壳宏观检验

由于真空绝热压力容器结构的特殊性，内容器无法进行宏观检验，明确需要进行宏观检验的部位是外壳。确定了检验方法为目视检验，检验内容分为固定式真空绝热压力容器与真空绝热罐体。

6.2.2 固定式真空绝热压力容器外观检验主要包括下列内容。对于首次定期检验的设备，还需增加对罐体外壳的结构、几何尺寸检验。

- (1) 铭牌和标志；
- (2) 外表面有无凹坑，划痕，凹凸不平，严重锈蚀和漆层脱落等缺陷。
- (3) 与罐体相连的接管角焊缝应完好，接管无变形、泄露等情况；
- (4) 罐体支座无损坏、基础下沉、倾斜、开裂，紧固螺栓完好、齐全且有效紧固；
- (5) 管路系统是否泄漏、腐蚀、变形、结霜结露，阀门开闭情况，真空规管、真空阀防护情况等。

6.2.3 真空绝热罐体系统外观检验

检验主要包括下列内容：

- (1) 外壳防爆装置是否完好无损；
- (2) 外壳是否存在严重的变形、机械接触损伤、结霜、结露、油漆脱落等情况；
- (3) 管路系统表面检验，检查其是否存在裂纹、泄漏，以及严重的机械接触损伤、变形等情况。

6.2.4 其他宏观检验

检验主要包括下列内容：

- (1) 绝热层检验，检查其是否存在损坏、松脱、开裂等情况；
- (2) 螺柱（栓）检验，检查主要受压元件用螺柱(栓)表面是否存在损伤、裂纹等情况；
- (3) 罐体与支撑件等连接检验，检查罐体支撑件，以及支撑件与垫板、垫板与罐体的连接焊缝是否存在裂纹。

6.3 壁厚测定

明确了宏观检验时发现的可疑部位可进行壁厚测定。壁厚测定一般采用超声测厚方法,测定位置应当有代表性,有足够的测点数。测定后标图记录,对异常测厚点做详细标记。

6.4 表面缺陷检测

明确了表面缺陷检测的部位为罐体内容器引出管连接的角焊缝处、宏观检验发现外壳变形或机械接触损伤、工卡具焊迹、电弧灼伤、结霜或结露的位置。检测方法为 NB/T47013 中的磁粉检测、渗透检测。检测比例由检验人员根据具体情况确定。

6.5 真空绝热性能检测

根据 TSG 21 中对真空绝热压力容器定期检验的项目,确定了真空绝热性能检测项目主要为真空度、静态蒸发率。参考 ISO 液氢船用罐标准,“应进行热分析,以评估低温条件下罐壳(用于真空绝热液化氢罐)、罐连接空间和支撑船体结构的表面温度;这包括失去真空绝缘的情况。”再结合机械工业上海蓝亚石化设备检测所有限公司、华中科技大学、江苏翰沐洛钨科技有限公司在热分析检测方法上的研究成果,提出热分析检测方法,并规定限制条件。

6.6 安全附件检验

6.6.1 固定式真空绝热压力容器的安全附件检验应符合 TSG 21 的规定。

6.6.2 真空绝热罐体系统的安全附件检验应符合下列要求:

(1) 安全阀应当检验其是否在校验有效期内,选型是否正确;

(2) 爆破片应当检验其是否按设计要求更换;

(3) 紧急切断阀应当检验其是否符合以下要求:

——型式、型号、外观质量等无异常;

——控制系统完整;

——具有过流保护功能的紧急切断阀,其阀体、弹簧、密封面等表面无裂纹、严重损伤变形、严重腐蚀生锈等情况;并且按照 0.1MPa、罐体设计压力分别进行的气密性试验(保压时间依据产品标准),均无泄漏;

——必要时在 0.4MPa 至 0.6MPa 压力范围内,对紧急切断阀进行的切断试验(不少于 2 次),其动作灵敏可靠、启闭到位。

6.7 真空绝热罐体系统安全保护装置检验

6.7.1 必要时在 0.4MPa 至 0.6MPa 压力范围内,对紧急切断装置控制系统进行的切断试验(不少于 2 次),其动作灵敏可靠、启闭到位;

6.7.2 罐体与导静电装置之间的电阻值符合产品标准的规定。

6.8 仪表检验

6.8.1 压力测量装置在检定有效周期内（适用于有检定要求的压力测量装置）。

6.8.2 液位测量装置连接牢固、可靠。

6.8.3 温度测量装置在检定有效周期内(适用于有检定要求的温度测量装置)。

6.9 真空绝热罐体系统装卸附件检验

6.9.1 装卸接头、装卸阀门外观完好，并且在全开、全闭状态下分别进行的装卸阀门气密性试验，不存在卡阻或者空转等情况（试验压力不得低于工作压力，保压时间不得少于 5min）；

6.9.2 卸载泵定点启闭控制装置外观完好，无损坏等异常现象。

6.10 真空绝热罐体系统管路检验

宏观检验发现管路系统存在严重腐蚀、损伤、变形等异常情况，或者对其安全性能存在疑议时应当进行耐压试验（耐压试验要求参照产品标准、设计文件的规定）。

第 7 章 安全状况等级评定与检验周期

7.1 安全状况等级评定

规定了固定式真空绝热压力容器安全状况等级的评定原则应符合 TSG 21 的相关规定。真空绝热罐体系统安全状况等级的评定原则应符合 TSG 22 的相关规定。

7.2 检验周期

参照 TSG 21 中固定式真空绝热压力容器的检验周期，并符合 TSG 21 的规定。含真空绝热罐体的汽车罐车、罐式集装箱、铁路罐车，参照了 TSG 22《移动式压力容器安全技术规程》征求意见稿的规定，一般每 2.5 年检验 1 次。

第 8 章 检验报告与检验结论

8.1 检验报告

参照 TSG 21 的要求，提出了检验报告的规定以及真空绝热压力容器单项检验报告的内容。并参照 TSG 22《移动式压力容器安全技术规程》征求意见稿，提出了真空绝热罐体检验报告的规定。

8.2 检验结论

参照 TSG 21 的要求，提出了固定式真空绝热压力容器检验结论。并参照 TSG 22《移动式压力容器安全技术规程》征求意见稿，提出了真空绝热罐体的检验结论。

附录 A 热分析检测方法

本附录给出了热分析检测方法的原理、适用范围、检测设备、仪器和仪表的规定。同时给出了检测条件与检测准备的要求，给检测人员提供了检测步骤和数据处理的公式。

附录 B 典型真空绝热压力容器内容器与外壳的支撑方式

本附录给出了典型真空绝热压力容器内容器与外壳的支撑方式，便于检验人员分析与检测。

四、标准中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题。

五、采用国际标准或国外先进标准的程度

本文件的采标程度为：无。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、其他应予说明的事项

无。

《真空绝热压力容器定期检验规范》团体标准工作组

二〇二五年七月