



中华人民共和国国家标准

GB/T 47578—2026

压力容器定期检验方法

Stationary pressure vessel periodical inspection method

2026-05-25 发布

2026-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 符号 2

5 总体要求 2

6 资料收集 3

7 检验方案制定 3

8 检验前的准备 4

9 定期检验项目与方法 5

10 安全状况等级评定 11

11 缺陷以及问题的处理 18

12 检验结论及检验周期的确定 18

13 记录和报告 18

附录 A（规范性） 小型制冷装置中压力容器定期检验专项要求 19

附录 B（规范性） 凹坑评定 22

参考文献 23

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。

本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)提出并归口。

本文件起草单位：中国特种设备检测研究院、中国机械工业集团有限公司、合肥通用机械研究院有限公司、中国石油化工股份有限公司、中国石油天然气股份有限公司炼油化工和新材料分公司、国家能源投资集团有限责任公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、华东理工大学、中国石油化工股份有限公司茂名分公司、中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司、一重集团大连核电石化有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院有限公司、山西阳煤化工机械(集团)有限公司、南京市锅炉压力容器检验研究院。

本文件主要起草人：贾国栋、陈学东、谢国山、李志峰、韩志远、孙福广、缪春生、康昊源、任刚、高俊峰、臧庆安、汤晓英、刘建杰、惠虎、浦江、陈智、伍世昌、周凤革、王建斌、梁斌、郭璟倩。

压力容器定期检验方法

1 范围

本文件规定了固定式压力容器定期检验的资料收集、检验方案制定、检验前的准备、定期检验项目与方法、安全状况等级评定、缺陷以及问题的处理、检验结论及检验周期的确定、记录和报告。

本文件适用于《特种设备目录》范围内的在用固定式压力容器(以下简称“压力容器”)。

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 150(所有部分) 压力容器
- GB/T 151 热交换器
- GB/T 4732(所有部分) 压力容器分析设计
- GB/T 7991.5 搪玻璃层试验方法 第5部分:用电磁法测量厚度
- GB/T 7991.6 搪玻璃层试验方法 第6部分:高电压试验
- GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
- GB/T 26610(所有部分) 承压设备系统基于风险的检验实施导则
- GB/T 30579 承压设备损伤模式识别
- GB/T 35013 承压设备合于使用评价
- GB/T 42606 固定式压力容器修理导则
- NB/T 47012 制冷装置用压力容器
- 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规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

定期检验 **periodical inspection**

特种设备检验机构按照一定的时间周期,在压力容器停机时,根据 TSG 21、相关标准及本文件的规定对在用压力容器检验时的安全状况所进行的符合性验证活动。

3.2

损伤模式 **damage mode**

随着时间的推移,引起压力容器材料发生有害微观和(或)宏观变化的过程形式。

注:该变化对材料性能、结构、承载能力等有不利影响。损伤通常为递增、累积的,在某些情况下不可恢复。

3.3

失效模式 **failure mode**

压力容器丧失其规定功能或危及安全的事件及其本质原因。

3.4

有特殊要求的压力容器 **pressure vessels with special requirements**

由于操作工况、介质、材料等因素造成使用过程中易产生损伤或失效风险高的压力容器。

注：有特殊要求的压力容器主要包括承受疲劳载荷的压力容器，采用应力分析设计的压力容器，盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器，盛装易爆介质的压力容器，标准抗拉强度下限值大于 540 MPa 的低合金钢制压力容器等。

3.5

合于使用评价 **fitness for service**

根据相应的失效准则，对带超标缺陷的压力容器进行符合使用条件的安全性评定。

3.6

风险评估 **risk assessment**

以设备破坏而导致的介质泄漏为对象，通过风险识别和风险分析进行风险的管理。

3.7

基于风险的检验 **risk-based inspection; RBI**

根据损伤模式和风险评估给出的检验策略，制定具体检验方案并且实施检验。

注：基于风险的检验是定期检验的一种方式。

3.8

凹坑 **pit defect**

金属压力容器表面由于腐蚀、裂纹、机械划痕、电弧灼伤等，打磨后形成的局部壁厚减薄缺陷。

4 符号

下列符号适用于本文件。

A ——凹坑规则化为半椭球形后的外接矩形长轴半长，单位为毫米(mm)。

B ——凹坑规则化为半椭球形后的外接矩形短轴半宽，单位为毫米(mm)。

C ——凹坑规则化为半椭球形后的外接矩形深度，单位为毫米(mm)。

G_0 ——无量纲参数。

H ——非圆形缺陷在板厚方向的尺寸，亦称缺陷高度，单位为毫米(mm)。

L ——非圆形缺陷长度，单位为毫米(mm)。

R ——压力容器平均半径，单位为毫米(mm)。

T ——凹坑所在部位压力容器的壁厚(取实测壁厚减去至下次检验期的腐蚀量)，单位为毫米(mm)。

t ——焊接接头对口处钢材厚度，单位为毫米(mm)。

5 总体要求

5.1 特种设备检验机构(以下简称“检验机构”)应按照核准的检验范围从事压力容器的定期检验工作，检验检测人员(以下简称“检验人员”)应取得相应的特种设备检验检测人员证书，并且按照规定进行注册。

5.2 压力容器定期检验周期、检验结论和报告格式按照 TSG 21 相应规定执行。

5.3 检验过程所使用的设备、仪器和测量工具应在有效的检定或校准期内。

5.4 定期检验过程中应用新材料、新技术、新方法时，应按照相关法律、TSG 文件要求执行。

5.5 定期检验过程中应遵守使用单位和检验机构关于健康、安全、环保的相关要求。

5.6 固定式压力容器定期检验除执行本文件外，同时应符合相关特种设备安全技术规范和国家标准的要求。

规定。

5.7 定期检验工作的一般程序,包括资料收集、检验方案制定、检验前现场准备、定期检验实施、缺陷及问题的处理、检验结果汇总、出具检验报告等。

5.8 小型制冷装置中压力容器定期检验应符合附录 A 的要求。

5.9 达到设计使用年限的压力容器定期检验应按照 TSG 21 的规定执行。

6 资料收集

6.1 检验前,检验人员一般收集以下资料,其中 a)~d)项的资料,在压力容器投用后首次定期检验时进行收集,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:

- a) 设计资料,包括设计单位资质证明,设计、安装、使用说明书,设计图样,强度计算书等;
- b) 制造(含现场组焊)资料,包括制造单位资质证明、产品合格证、质量证明文件、竣工图等,以及监检证书、进口压力容器安全性能监督检验报告;
- c) 压力容器安装竣工资料;
- d) 改造或重大修理资料,包括施工方案和竣工资料,以及改造、重大修理监检证书;
- 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、使用条件变化情况和使用中出現异常情况的记录等;
- f) 检验、检查资料,包括定期检验周期内的年度检查报告和上次的定期检验报告。

6.2 资料收集过程中发现以下情况,检验机构应向使用登记机关报告:

- a) 无使用登记证;
- b) 压力容器未按照规定实施制造监督检验;
- c) 进口压力容器未实施安全性能监督检验;
- d) 压力容器未按照规定实施改造、重大修理监督检验;
- e) 使用单位未按照要求对压力容器进行年度检查;
- f) 使用单位变更、更名使压力容器的现时状况与使用登记表内容不符,且未按照要求办理变更。

在资料收集过程中发现 a)~d)的情况,检验机构应及时向使用登记机关报告;发现 e)的情况,检验机构应在检验过程中依据 GB/T 30579 识别损伤模式基础上有针对性地增加检验,并根据 TSG 21 的相应规定缩短其下次检验周期;发现 f)的情况,检验机构应提醒使用单位及时进行信息变更,在信息变更后出具定期检验报告。

7 检验方案制定

7.1 检验前,检验机构应根据压力容器的基础参数和使用情况,结合其损伤模式及失效模式,按照本文件的要求制定检验方案。损伤模式、失效模式按 GB/T 30579、GB/T 150.1 和 GB/T 4732.1 进行识别。

7.2 检验方案由压力容器检验师或含压力容器项目的承压类高级检验师编制,检验机构技术负责人或授权的技术人员审查批准。检验人员应按照批准的检验方案进行检验工作,若涉及方案变更由检验机构按照质量体系要求执行。

7.3 检验方案应至少包括以下内容:

- a) 项目基本情况;
- b) 检验依据;
- c) 技术参数;
- d) 检验前准备工作;
- e) 检验工作安全要求;

- f) 检验仪器及设备;
- g) 检验项目与方法;
- h) 记录与报告要求。

7.4 对于有催化剂或填充物、带隔热层以及不能开罐等特殊情况压力容器,检验方案应由检验机构和使用单位协商确定。

8 检验前的准备

8.1 现场条件

8.1.1 使用单位应做好检验准备和辅助配合工作,包括以下内容:

- a) 高温或低温条件下运行的压力容器,按照操作规程缓慢地降温或升温,使之达到可进行检验工作的程度;
- b) 能够转动或其中有可动部件的压力容器,检验期间应锁住开关,固定牢靠;
- c) 切断与压力容器有关的电源,设置明显的安全警示标志;
- d) 按照检验要求进行清理或拆除影响检验的附属部件或其他物体;
- e) 搭设满足检验要求的脚手架、轻便梯等设施;
- f) 进行检验的表面应清理干净,特别是腐蚀部位和可能产生裂纹缺陷的部位,应彻底清理干净,露出金属本体;
- g) 进行无损检测的表面,应达到 NB/T 47013(所有部分)的要求;
- h) 需要进入内部进行检验的压力容器,应将内部介质排放、清理干净,用盲板隔断所有液体、气体或蒸汽的来源,同时设置明显的隔离标志;
- i) 盛装易燃、易爆、助燃、毒性或窒息性介质的压力容器内部检验前应进行置换、中和、消毒、清洗,取样分析,分析结果应达到有关规范、标准规定;取样分析的间隔时间应符合使用单位的有关规定;
- j) 人孔和检查孔打开后,清除可能滞留的易燃、易爆、有毒、有害气体和液体;必要时,还应配备通风、安全救护等设施。

8.1.2 使用单位和相关辅助单位应进行检验前的安全检查,确认现场条件符合安全要求:

- a) 为检验而搭设的脚手架、轻便梯等设施安全牢固,对离地面 2 m 以上的脚手架设置安全护栏;
- b) 需要进入内部进行检验的压力容器,不应用关闭阀门代替盲板隔断;
- c) 盛装易燃、易爆、助燃介质的,不应用空气置换;
- d) 需进入内部进行检验的压力容器内部空间的气体含氧量应在 19.5%~23.5%;
- e) 检修照明用电电压不应超过 24 V,引入压力容器内的电缆应绝缘良好、接地可靠;
- f) 检修现场在进行射线检测时,应隔离出透照区,设置警示标志。

8.1.3 检验时,使用单位压力容器安全员、作业和维护保养等相关人员应到场协助检验工作,及时提供有关资料,负责安全监护,并且设置可靠的联络方式。

8.2 非金属及非金属衬里压力容器检验现场条件专项要求

非金属及非金属衬里压力容器检验现场除 8.1 的规定外,还应符合以下规定:

- a) 进入设备的人员应穿软底鞋,衣服不应带有金属等硬质物件;
- b) 检验人员和检测仪器进入设备前,压力容器内表面应利用软质材料进行有效防护,所有检测设备不应直接放置在压力容器内表面上;
- c) 不应在压力容器内动火和用力敲击非金属部分;
- d) 压力容器内表面应清洗干净、干燥,不应有物料粘附。

8.3 隔热层拆除

存在以下情况时,应根据需要部分或全部拆除压力容器外隔热层:

- a) 隔热层有破损、失效的;
- b) 隔热层下压力容器壳体存在腐蚀或外表面开裂可能性的;
- c) 无法进行压力容器内部检验,需要外壁检验或从外壁进行内部检测的;
- d) 检验人员认为有必要的。

8.4 设备仪器检定校准

检验用的设备、仪器和测量工具应在检定或校准期内。

8.5 检验机构和人员安全要求

检验现场机构和人员安全要求如下:

- a) 检验机构应定期对检验人员进行检验工作安全教育,并且保存教育记录;
- b) 检验人员确认现场条件符合检验工作要求,且符合有关工作场所职业卫生管理规定后方可进行检验,并且执行使用单位有关安全作业的规定。

9 定期检验项目与方法

9.1 金属压力容器定期检验项目与方法

9.1.1 检验项目

9.1.1.1 金属压力容器定期检验项目,以宏观检验、壁厚测定、表面缺陷检测、安全附件、安全保护装置及仪表检验为主,必要时增加埋藏缺陷检测、材料分析、密封紧固件检验、强度校核、耐压试验、泄漏试验等。

9.1.1.2 设计文件对压力容器定期检验项目、方法和要求有专门规定的,还应符合其规定。

9.1.1.3 压力容器定期检验应优先进行内部检验。无法进行内部检验的压力容器,应采用可靠的检测技术(例如内窥镜、声发射、超声检测等)从外部检测内部缺陷。例如超高压水晶釜,可采用外部检测方法检测其筒体,其堵底螺栓一般也可不打开,采用外部检测方法检测;光热装置中不可拆卸的压力容器可采用声发射的方法从外部进行检测。

9.1.1.4 M36 以上(含 M36)螺柱应采用宏观及表面缺陷检测检验其损伤和裂纹情况,必要时进行超声波检测,重点检验螺纹及过渡部位有无环向裂纹。

9.1.1.5 隔热层一般采用宏观检验其破损、脱落、潮湿情况,有隔热层下容器壳体、封头腐蚀倾向或产生裂纹可能性的应拆除隔热层进一步检验,必要时进行壁厚测定和表面缺陷检测。

9.1.1.6 对存在衬里层的压力容器,检查衬里层的破损、腐蚀、裂纹、脱落。如果此类压力容器存在泄漏信号指示孔,应查看泄漏信号指示孔是否有介质流出痕迹。如果发现衬里层穿透性缺陷或有可能引起压力容器本体腐蚀的缺陷时,应局部或全部拆除衬里,查明本体的腐蚀状况和其他缺陷。

9.1.1.7 对存在堆焊层的压力容器,检查堆焊层的腐蚀、裂纹、剥离、脱落和机械损伤。

9.1.1.8 换热器管束,可采用旋转超声、涡流、超声导波等检测方法进行检测。

9.1.1.9 压力容器接管以宏观检验、壁厚测定为主,必要时可采用磁粉、渗透、超声等方法对焊接接头进行无损检测。

9.1.2 宏观检验

9.1.2.1 宏观检验主要采用目视方法,必要时利用内窥镜、放大镜或其他辅助仪器设备、测量工具,检验

压力容器本体结构、几何尺寸、表面情况(如裂纹、腐蚀、泄漏、变形),以及焊缝、隔热层、衬里和堆焊层等。

9.1.2.2 宏观检验一般包括以下内容。

- a) 结构检验,包括封头型式,封头与壳体的连接,开孔位置及补强,纵(环)焊缝的布置及型式,支承或支座的型式与布置,排放(疏水、排污)装置的设置等。
- b) 几何尺寸检验,包括筒体同一断面上最大内径与最小内径之差,纵(环)焊缝对口错边量、棱角度、咬边、焊缝余高等。测量棱角度所用样板按照产品标准的要求选取。
- c) 外观检验,包括铭牌和标志,压力容器内外表面的腐蚀,主要受压元件及其焊缝裂纹、泄漏、鼓包、变形、机械接触损伤、过热,工卡具焊迹、电弧灼伤,支承、支座或基础的下沉、倾斜、开裂,高径比大于5的立式容器和球形容器倾斜情况,多支座卧式容器的支座膨胀孔,排放(疏水、排污)装置和泄漏信号指示孔的堵塞、腐蚀、沉积物,密封紧固件及地脚螺栓完好情况,隔热层的破损、脱落、潮湿,衬里和堆焊层的破损、脱落、腐蚀、机械损伤等。

a)和b)应在首次定期检验时进行,以后定期检验仅对承受疲劳载荷的压力容器进行,并且重点检验有问题部位的新生缺陷。

9.1.2.3 本文件对压力容器提出的检验、检查如果未明确说明其方法,一般为宏观检验。

9.1.3 壁厚测定

9.1.3.1 壁厚测定一般采用超声测厚方法,在保证检验有效性的情况下也可使用脉冲涡流、电磁超声等测厚方法。

9.1.3.2 测定位置应有代表性,有足够的测点数。测定后作图记录,对异常测厚点做详细标记。厚度测点,一般选择以下位置:

- a) 液位经常波动的部位;
- b) 物料进口、流动转向、截面突变等易受腐蚀、冲蚀的部位;
- c) 制造成型时壁厚减薄部位和使用中易产生变形及磨损的部位;
- d) 接管本体及接管附近的容器筒体部位;
- e) 宏观检验时发现的可疑部位。

9.1.3.3 壁厚测定时,如果发现母材存在分层缺陷,应增加测点或采用超声检测,查明分层分布情况以及与母材表面的倾斜度,同时作图记录。

9.1.4 表面缺陷检测

9.1.4.1 表面缺陷检测应采用NB/T 47013(所有部分)的磁粉检测、渗透检测或阵列涡流检测方法。铁磁性材料制压力容器的表面检测应优先采用磁粉检测或阵列涡流检测,非铁磁性材料制压力容器的表面检测应优先采用渗透检测或阵列涡流检测。

9.1.4.2 非合金钢及低合金钢制低温压力容器、存在环境开裂倾向或产生机械损伤现象的压力容器、有再热裂纹倾向的压力容器、Cr-Mo钢制压力容器、标准抗拉强度下限值大于540 MPa的低合金钢制压力容器、按照疲劳分析设计的压力容器、首次定期检验的设计压力大于或等于1.6 MPa的Ⅲ类压力容器,表面缺陷检测长度不应少于对接焊缝长度的20%。

9.1.4.3 表面缺陷检测重点检验部位包括:

- a) 应力集中部位、变形部位、宏观检验发现裂纹的部位;
- b) 奥氏体不锈钢衬里、堆焊层;
- c) 异种钢焊接接头、T型接头、接管角接接头;
- d) 补焊区、工卡具焊迹、电弧损伤处;
- e) 上次定期检验发现缺陷的部位;

f) 其他有怀疑的部位。

9.1.4.4 对焊接裂纹敏感的材料,注意检验可能出现的延迟裂纹。

9.1.4.5 检测中发现裂纹,检验人员应扩大表面无损检测的比例或区域,以便发现可能存在的其他缺陷。

9.1.4.6 如果无法在内表面进行检测,可在外表面采用其他有效方法对内表面进行检测。

9.1.5 埋藏缺陷检测

9.1.5.1 埋藏缺陷检测应采用 NB/T 47013(所有部分)的射线检测或超声检测等方法。采用的无损检测方法及抽查比例由检验人员根据具体情况确定。

9.1.5.2 有下列情况之一时,应进行埋藏缺陷检测:

- a) 使用过程中补焊过的部位;
- b) 检验时发现焊接接头表面裂纹,认为需要进行焊接接头埋藏缺陷检测的部位;
- c) 错边量和棱角度超过产品标准要求的焊接接头部位;
- d) 使用中出現焊接接头泄漏的部位及其两端延长部位;
- e) 承受交变载荷压力容器的焊接接头和其他应力集中部位;
- f) 上次定期检验发现埋藏缺陷的部位;
- g) 使用单位要求或检验人员认为有必要的部位。

9.1.5.3 必要时,可用 NB/T 47013(所有部分)的声发射检测方法判断缺陷的活动性。

9.1.5.4 已进行过埋藏缺陷检测的部位,使用过程中如果无异常情况,可不再进行检测。

9.1.6 材料分析

9.1.6.1 材料分析根据具体情况,可采用化学分析、光谱分析、硬度检测、金相分析等方法。

9.1.6.2 材质不明的压力容器,一般需要查明主要受压元件的材料种类;对于第Ⅲ类压力容器以及有特殊要求的压力容器,应查明材质。对于已经采用材料分析方法查明材质的,并且已作出明确处理的压力容器不需要重复检验该项。

9.1.6.3 有材质劣化倾向的压力容器,应进行硬度检测,必要时进行金相分析。

9.1.6.4 有焊接接头硬度要求的压力容器,应进行硬度检测。

9.1.6.5 奥氏体不锈钢材质的封头和膨胀节在首次定期检验时应进行硬度检测和铁素体含量测定。

9.1.7 强度校核

9.1.7.1 对腐蚀(及磨蚀)深度超过腐蚀裕量、名义厚度不明、结构不合理(并且已经发现严重缺陷),或检验人员对强度有怀疑的压力容器,应进行强度校核。

9.1.7.2 强度校核由检验机构或委托有能力的压力容器设计单位按照 GB/T 150(所有部分)、GB/T 151、GB/T 4732(所有部分)等进行。

9.1.7.3 强度校核的有关原则如下:

- a) 原设计已明确所用强度设计标准的,可按照该标准进行强度校核;
- b) 原设计未注明所依据的强度设计标准或无强度计算的,原则上可根据用途(例如石油、化工、冶金、轻工、制冷等)或结构型式(例如球罐、废热锅炉、搪玻璃设备、热交换器、高压容器等),按照当时的有关标准进行强度校核;
- c) 进口或按照境外规范设计的,原则上仍然按照原设计规范进行强度校核;如果设计规范不明,可参照境内相应的规范;
- d) 材料牌号不明并且无特殊要求的压力容器,按照同类材料的最低强度值进行强度校核;
- e) 焊接接头系数根据焊接接头的实际结构型式和检验结果,参照原设计规定选取;

- f) 剩余壁厚按照实测最小值减去至下次检验日期的腐蚀量,作为强度校核的壁厚;
- g) 校核用压力不小于压力容器允许(监控)使用压力;
- h) 强度校核时的壁温取设计温度或允许(监控)使用温度,低温压力容器取常温;
- i) 壳体直径按照实测最大值选取;
- j) 塔、球罐等设备进行强度校核时,还需要考虑风载荷、地震载荷等附加载荷。

9.1.7.4 对不能以常规方法进行强度校核的,可采用应力分析或试验应力测试等方法校核。

9.1.8 安全附件、安全保护装置及仪表的检验

安全附件、安全保护装置及仪表检验的主要内容如下:

- a) 安全阀:是否在校验有效期内;
- b) 爆破片装置:是否按期更换;
- c) 快开门式压力容器的安全联锁装置:其使用环境条件、校验周期、校验方法等是否满足设计文件规定的使用技术要求;
- d) 导静电装置:连接是否完好;
- e) 压力表(适用于有检定要求的压力表):是否按期检定。

9.1.9 耐压试验

9.1.9.1 定期检验过程中,使用单位或检验机构对压力容器的安全状况有怀疑时,应进行耐压试验。

9.1.9.2 耐压试验的试验参数、准备工作、安全防护、试验介质、试验过程、合格要求等按照设计标准的相关规定执行。试验压力、温度等试验参数以本次定期检验确定的允许(监控)使用参数为基础计算。

9.1.9.3 耐压试验由使用单位负责实施,检验机构负责检验。

9.1.10 泄漏试验

9.1.10.1 对于设计图样规定进行泄漏试验的压力容器,应进行泄漏试验。

9.1.10.2 泄漏试验包括气密性试验和氨、卤素、氦检漏试验。试验方法的选择,按照压力容器设计图样的要求执行。

9.1.10.3 气密性试验压力为本次定期检验确定的允许(监控)使用压力,其准备工作、安全防护、试验温度、试验介质、试验过程、合格要求等按照设计标准的相关规定执行。

9.1.10.4 如果本次定期检验需要进行气压试验,则气密性试验可和气压试验合并进行。

9.1.10.5 对大型成套装置中的压力容器,可用系统密封试验代替气密性试验。当压力容器使用单位采用系统密封试验代替气密性试验时,使用单位应将系统密封试验报告提交给检验机构,检验机构可不再单独出具泄漏试验报告。

9.1.10.6 氨、卤素、氦检漏试验,按照设计图样或相应试验标准的要求执行。

9.1.10.7 泄漏试验由使用单位负责实施,检验机构负责检验。

9.1.11 合于使用评价

9.1.11.1 对于监控使用期满的压力容器,或定期检验发现严重缺陷可能导致停止使用的压力容器,使用单位应对缺陷进行处理,因现场条件不能及时消除缺陷的,使用单位可委托有资质的检验机构进行合于使用评价。

9.1.11.2 压力容器使用单位应向具有评价能力的检验机构提出进行合于使用评价的申请,同时将需评价的压力容器基本情况书面告知(含电子文档)使用登记机关。

9.1.11.3 压力容器的合于使用评价应按照 TSG 21 和 GB/T 19624、GB/T 35013 等的要求进行。

9.1.11.4 负责压力容器定期检验的检验机构根据合于使用评价报告的结论和其他检验项目的检验结果出具检验报告,确定压力容器的安全状况等级、允许使用参数和下次检验日期。

9.1.11.5 使用单位应将压力容器合于使用评价的结论报使用登记机关备案,并且严格按照检验报告的要求控制压力容器的使用参数,落实监控和防范措施,加强年度检查。

9.1.12 基于风险的检验

9.1.12.1 申请应用基于风险的检验的压力容器使用单位,应按照 TSG 21 的要求进行安全管理评价。

9.1.12.2 承担 RBI 的检验机构应经过核准,取得基于风险的检验资质;从事 RBI 的人员应经过相应的培训,熟悉 RBI 的有关国家标准和专用分析软件。

9.1.12.3 压力容器使用单位应向检验机构提出 RBI 的书面申请并且提交其通过安全管理评价的各项资料,并且告知使用登记机关,RBI 检验机构应对收到的申请资料进行审查。

9.1.12.4 承担 RBI 的检验机构根据设备状况、损伤模式、管理情况等评估装置和压力容器的风险,依据风险可接受程度,按照 GB/T 30579、GB/T 26610(所有部分)等进行风险评估,提出检验策略(包括检验时间、检验内容和检验方法),出具 RBI 报告。

9.1.12.5 对于装置使用期间风险位于可接受水平之上的压力容器,使用单位应采用在线检验等方法降低其风险。

9.1.12.6 使用单位根据检验策略制定具体的检验计划,承担 RBI 的检验机构依据其检验策略制定具体的检验方案,在压力容器停车或在线状态下实施检验。

9.1.12.7 实施基于风险检验的压力容器,按照 TSG 21 的要求确定其检验周期。

9.1.12.8 应用 RBI 的压力容器使用单位,应将 RBI 结论报使用登记机关备案,使用单位应落实保证压力容器安全使用的各项措施,承担安全使用主体责任。

9.1.13 真空绝热压力容器检验项目与方法专项要求

真空绝热压力容器除进行 9.1.2 规定的外部宏观检验外,还应进行以下补充检验:

- a) 夹层上装有真空测试装置的,检验夹层的真空度;
- b) 夹层上未装真空测试装置的,必要时(例如使用年限超过 5 年、宏观检验发现夹层外壁结露的压力容器)进行压力容器绝热性能测量(例如日蒸发率测量)。

9.2 非金属及非金属衬里压力容器定期检验项目与方法

9.2.1 检验项目

9.2.1.1 非金属及非金属衬里压力容器定期检验项目,以宏观检验、安全附件和安全保护装置检验为主,必要时增加密封紧固件检验、耐压试验等项目。

9.2.1.2 设计文件对压力容器定期检验项目、方法和要求有专门规定的,还应符合其规定。

9.2.1.3 非金属压力容器中的金属受压部件定期检验还应符合本文件中关于金属压力容器的相应规定。

9.2.2 搪玻璃压力容器检验

9.2.2.1 宏观检验

在搪玻璃压力容器定期检验过程中对以下部位进行宏观检验:

- a) 铭牌和标志:是否清楚,牢固可靠;
- b) 搪玻璃层:表面是否有腐蚀迹象,是否有磨损、机械接触损伤、爆瓷脱落,法兰边缘的搪玻璃层

是否有脱落；

- c) 夹套介质进口管口挡板:夹套介质进口管口挡板及附近部位是否完好、功能是否符合要求；
- d) 搪玻璃层修复部位:是否有腐蚀、开裂和脱落现象；
- e) 其他部位:卡子、活套法兰是否有腐蚀迹象,法兰密封面有无泄漏,密封垫片的聚四氟乙烯包覆层是否完好,结构层是否完好和具有良好弹性,搪玻璃放料阀关闭时是否有泄漏,孔板防腐层是否完好。

9.2.2.2 直流高电压检测

按照 GB/T 7991.6 对搪玻璃层进行直流高电压检测,检测电压为 10 kV;如果进行耐压试验,直流高电压检测应在耐压试验后进行。

9.2.2.3 搪玻璃层壁厚测定

按照 GB/T 7991.5 对搪玻璃层进行厚度测定。

9.2.3 石墨及石墨衬里压力容器检验

9.2.3.1 石墨压力容器

在石墨及石墨衬里压力容器定期过程中对以下部位进行宏观检验:

- a) 铭牌和标志:是否清楚,牢固可靠；
- b) 容器表面:容器筒体、侧盖板、上下盖板是否有变形与腐蚀情况(必要时采用内窥镜检验);石墨部件表面是否有腐蚀、酥松、磨损、分层、掉块、裂纹等缺陷;石墨部件粘接部位是否完好,是否有腐蚀、开裂和渗漏；
- c) 法兰密封面:密封面是否有泄漏、密封垫片是否完好；
- d) 安全附件、仪表防腐层,对有防腐层的安全附件、仪表:防腐层是否完好。

9.2.3.2 石墨衬里压力容器

石墨衬里压力容器的衬里部分除按照 9.2.3.1 b)的要求对衬里表面进行检验外,还应检验石墨衬里是否有鼓包,与金属基体是否有脱离。

9.2.4 纤维增强塑料压力容器及纤维增强塑料衬里检验

9.2.4.1 纤维增强塑料压力容器

在纤维增强塑料压力容器定期过程中对以下部位进行宏观检验。

- a) 铭牌和标志:是否清楚,牢固可靠。
- b) 外表面:是否有腐蚀失光、开裂、磨损和机械接触损伤、鼓包、变形、纤维外露等；
- c) 内表面:是否光滑平整,是否有杂质、纤维裸露、裂纹,是否有明显划痕;是否有失光、变色、龟裂、树脂粉化、纤维失强等化学腐蚀缺陷;是否有破损、裂纹、银纹等力学破坏缺陷;是否有溶胀、分层、鼓泡等浸渗腐蚀缺陷;容器角接、搭接及筒体与封头的内粘接缝树脂是否饱满,是否有脱层、起皮,粘接缝是否裸露,粘接基面法兰是否有角裂、起皮、分层、破损等缺陷;检查孔、接管法兰及其内补强结构区是否有破损、起皮、分层、翘边等缺陷;容器本体、内支撑架及内件联接是否牢固,联接受力区是否有裂纹、破损等缺陷。
- d) 连接部位:管口、支撑件等连接部位是否有开裂、拉脱现象。
- e) 附件、仪表防腐层,对有防腐层的附件、仪表:防腐层是否完好。

9.2.4.2 压力容器纤维增强塑料衬里

9.2.4.2.1 宏观检验

压力容器纤维增强塑料衬里部分除按照 9.2.4.1 c) 的要求检验外,还应检验衬里是否鼓包、与基体是否有分离等缺陷。

9.2.4.2.2 壁厚测定和高压电检验

用非金属层测厚仪测定纤维增强衬里层的厚度并且进行 5 kV 直流高压电检验。

9.2.5 压力容器热塑性塑料衬里

9.2.5.1 宏观检验

宏观检验衬里是否有腐蚀失光、老化开裂、磨损和机械接触损伤、鼓包、与基体分离等缺陷。

9.2.5.2 壁厚测定和直流高压电检验

对塑料衬里进行 5 kV 直流高电压检测和厚度测定,如果进行耐压试验,直流高电压检测应在耐压试验后进行。

9.2.6 安全附件、安全保护装置及仪表的检验

安全附件和安全保护装置检验按照 9.1.8 进行。

9.2.7 耐压试验

有下列情况之一的非金属及非金属衬里压力容器,定期检验时应进行耐压试验:

- a) 使用单位或检验机构对压力容器的安全状况有怀疑的;
- b) 非金属主要受压元件更换的;
- c) 非金属主要受压元件进行局部修复的。

10 安全状况等级评定

10.1 金属压力容器安全状况等级评定

10.1.1 评定原则

10.1.1.1 压力容器的安全状况分为 1 级~5 级,根据压力容器检验结果综合评定,以其中项目等级最低者为评定等级。

10.1.1.2 对非金属衬里压力容器,非金属衬里和金属容器分别进行安全状况等级评定,分别确定检验周期,并且以低者为最终结论。

10.1.1.3 需要改造或修理的压力容器,按照改造或修理结果进行安全状况等级评定。

10.1.1.4 安全附件(超压泄放装置)和安全保护装置检验不合格的压力容器不应投入使用。

10.1.2 材料问题

10.1.2.1 用材与原设计不符

用材与原设计不符,如果材质清楚,强度校核合格,经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀),检验人员认为可安全使用的,不影响定级;如果使用中产生缺陷,并且确认是用材不当所致,定为

4 级或 5 级。

10.1.2.2 材质不明

材质不明,对于经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀),强度校核合格的(按照同类材料的最低强度进行),在常温下工作的一般压力容器,可定为 3 级或 4 级;液化石油气储罐,定为 5 级。

10.1.2.3 材质劣化

发现存在表面脱碳、渗碳、石墨化、回火脆化等材质劣化现象以及蠕变、高温氢腐蚀现象,并且已经产生不可修复的缺陷或损伤时,根据损伤程度,定为 4 级或 5 级;如果损伤程度轻微,能够确认在规定的操作条件下和检验周期内安全使用的,可定为 3 级。

发现球化现象,球化为 1 级、2 级的不影响定级;否则根据球化等级,按照表 1 选择材料许用应力折算系数,确定当量许用应力,将当量许用应力代替许用应力并按照 9.1.7 进行强度校核。强度校核合格,且不存在其他不可接受的缺陷时,按表 1 进行安全状况等级评定,否则定为 5 级。

注:材料当量许用应力,为操作工况下材料的许用应力与折算系数乘积。

表 1 球化损伤程度与相应的折算系数及安全状况等级

球化损伤程度	球化等级		
	3 级	4 级	5 级
许用应力折算系数	0.80	0.70	0.65
安全状况等级	3 级	3 级或 4 级	4 级

10.1.3 结构问题

10.1.3.1 封头主要参数不符合产品标准,经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀),可定为 2 级或 3 级;如果有缺陷,可根据本文件的规定进行安全状况等级评定。

10.1.3.2 封头与筒体的连接,如果采用单面焊对接结构,而且存在未焊透时,按照 10.1.10 的规定定级;如果采用搭接结构,定为 4 级或 5 级;不等厚度板(锻件)对接接头,未按照规定进行削薄(或堆焊)处理,经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀)的,可定为 3 级,否则定为 4 级或 5 级。

10.1.3.3 焊缝布置不当、“十”字焊缝或焊缝间距不符合产品标准的要求,经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀),可定为 3 级;如果查出新生缺陷,并且确认是由于焊缝布置不当引起的,则定为 4 级或 5 级。

10.1.3.4 按照 TSG 21 和设计标准应采用全焊透结构的角接焊缝或接管角焊缝,而未采用全焊透结构的,如果未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀),可定为 3 级,否则定为 4 级或 5 级;

10.1.3.5 如果开孔位置不当,经过检验未查出新生缺陷(不包括正常的均匀腐蚀),对于一般压力容器,可定为 2 级或 3 级;对于有特殊要求的压力容器,可定为 3 级或 4 级;如果开孔的几何参数不符合产品标准的要求,其计算和补强结构经过特殊考虑的,不影响定级,未作特殊考虑的,定为 4 级或 5 级。

10.1.4 表面裂纹及凹坑

10.1.4.1 压力容器内、外表面不应有裂纹。如果有裂纹,应打磨消除,打磨后形成的凹坑在允许范围内的,不影响定级;否则,应补焊或进行应力分析,经过补焊合格或应力分析结果表明不影响安全使用的,可定为 2 级或 3 级。

10.1.4.2 裂纹打磨后形成凹坑的深度,如果小于壁厚余量(壁厚余量=实测壁厚-名义厚度+腐蚀裕

量),则该凹坑允许存在。否则,按照附录 B 进行凹坑评定,如果无量纲参数 G_0 小于 0.1,则凹坑在允许范围内。

10.1.5 变形、机械接触损伤、工卡具焊迹及电弧灼伤

10.1.5.1 变形不处理不影响安全的,不影响定级;根据变形原因分析,不能满足强度和安全要求的,定为 4 级或 5 级。

10.1.5.2 机械接触损伤、工卡具焊迹、电弧灼伤等,打磨后按照 10.1.4.2 的规定定级。

10.1.6 咬边

10.1.6.1 低温压力容器的焊缝表面不应有咬边。

10.1.6.2 低温压力容器之外,其他压力容器的咬边按照以下要求评定安全状况等级。

- a) 一般压力容器,内表面焊缝咬边深度不超过 0.5 mm、咬边连续长度不超过 100 mm,并且焊缝两侧咬边总长度不超过该焊缝长度的 10%时,不影响定级;外表面焊缝咬边深度不超过 1.0 mm、咬边连续长度不超过 100 mm,并且焊缝两侧咬边总长度不超过该焊缝长度的 15%时,不影响定级;超过时应予以修复。
- b) 有特殊要求的压力容器,内表面焊缝咬边深度不超过 0.5 mm、咬边连续长度不超过 100 mm,并且焊缝两侧咬边总长度不超过该焊缝长度的 10%时;或外表面焊缝咬边深度不超过 1.0 mm、咬边连续长度不超过 100 mm,并且焊缝两侧咬边总长度不超过该焊缝长度的 15%时,如果未查出新生缺陷(例如焊趾裂纹),可定为 2 级或 3 级;查出新生缺陷或超过本条款要求的,应予以修复。

10.1.7 腐蚀

10.1.7.1 分散点腐蚀

检验中发现分散的点腐蚀按照以下要求评定安全状况等级:

- a) 腐蚀深度不超过名义壁厚扣除腐蚀裕量后的 1/3,不影响定级;
- b) 在任意 200 mm 直径的范围内,点腐蚀的面积之和不超过 4 500 mm²,或沿任一直线的点腐蚀长度之和不超过 50 mm,不影响定级;
- c) 经过补焊合格的,可定为 2 级或 3 级。

10.1.7.2 均匀腐蚀

检验中发现的均匀腐蚀按照以下要求评定安全状况等级:

- a) 按照剩余壁厚(实测壁厚最小值减去至下次检验期的腐蚀量)强度校核合格的,不影响定级;
- b) 经过补焊合格的,可定为 2 级或 3 级。

10.1.7.3 局部腐蚀

腐蚀深度超过壁厚余量的,应确定腐蚀坑形状和尺寸,并且充分考虑检验周期内腐蚀坑尺寸的变化,按照 10.1.4.2 的规定确定安全状况等级。

壁厚测定发现的腐蚀可根据腐蚀的形态、深度,必要时按照 GB/T 35013 区分均匀腐蚀和局部腐蚀。

10.1.7.4 内衬和复合板腐蚀

对内衬和复合板压力容器,腐蚀深度不超过衬板或覆材厚度 1/2 的不影响定级,否则应定为 3 级或 4 级。

10.1.8 环境开裂和机械损伤

存在环境开裂倾向或产生机械损伤现象的压力容器,发现裂纹,应打磨消除,并且按照 10.1.4.2 的要求进行处理,可满足在规定的工作条件下和检验周期内安全使用要求的,定为 3 级,否则定为 4 级或 5 级。

10.1.9 错边量和棱角度

错边量和棱角度超出产品标准要求,根据以下情况综合评定安全状况等级:

- a) 错边量和棱角度尺寸在表 2 范围内,压力容器不承受疲劳载荷并且该部位不存在裂纹、未熔合、未焊透等缺陷时,可定为 2 级或 3 级;
- b) 错边量和棱角度不在表 2 范围内,或在表 2 范围内的压力容器承受疲劳载荷或该部位伴有未熔合、未焊透等缺陷时,应通过应力分析确定能否继续使用;在规定的工作条件下和检验周期内能安全使用的,定为 3 级或 4 级。

表 2 错边量和棱角度尺寸范围

单位为毫米

对口处钢材实测厚度 t	错边量	棱角度
$t \leq 20$	$\leq 1/3t$, 且 ≤ 5	$\leq (1/10t + 3)$, 且 ≤ 8
$20 < t \leq 50$	$\leq 1/4t$, 且 ≤ 8	
$t > 50$	$\leq 1/6t$, 且 ≤ 20	
对所有厚度锻焊压力容器		$\leq 1/6t$, 且 ≤ 8

10.1.10 焊缝埋藏缺陷

压力容器产品标准允许的焊接接头埋藏缺陷,不影响定级;超出产品标准的,按照以下要求评定安全状况等级:

- a) 单个圆形缺陷的长径大于壁厚的 1/2 或大于 9 mm,定为 4 级或 5 级;圆形缺陷的长径小于壁厚的 1/2 且小于 9 mm,其相应的安全状况等级评定见表 3 和表 4[表 3 和表 4 中圆形缺陷尺寸换算成缺陷点数,以及不计点数的缺陷尺寸要求,见 NB/T 47013(所有部分)相应规定];

表 3 规定只要求局部无损检测的压力容器(不包括低温压力容器)
圆形缺陷与相应的安全状况等级

安全状况等级	不同评定区尺寸和实测厚度下的缺陷点数					
	评定区/mm					
	10×10		10×20		10×30	
	实测厚度/mm					
	$t\leq 10$	$10<t\leq 15$	$15<t\leq 25$	$25<t\leq 50$	$50<t\leq 100$	$t>100$
	缺陷点数/个					
2 级或 3 级	6~15	12~21	18~27	24~33	30~39	36~45
4 级或 5 级	>15	>21	>27	>33	>39	>45

表 4 规定要求 100%无损检测的压力容器(包括低温压力容器)
圆形缺陷与相应的安全状况等级

安全状况等级	不同评定区尺寸和实测厚度下的缺陷点数					
	评定区/mm					
	10×10		10×20		10×30	
	实测厚度/mm					
	$t\leqslant 10$	$10<t\leqslant 15$	$15<t\leqslant 25$	$25<t\leqslant 50$	$50<t\leqslant 100$	$t>100$
	缺陷点数/个					
2 级或 3 级	3~12	6~15	9~18	12~21	15~24	18~27
4 级或 5 级	>12	>15	>18	>21	>24	>27

b) 非圆形缺陷与相应的安全状况等级评定,见表 5 和表 6。对所有超标非圆形缺陷均应测定其高度和长度,并且在下次检验时对缺陷尺寸进行复验。

表 5 一般压力容器非圆形缺陷与相应的安全状况等级

单位为毫米

缺陷位置	缺陷尺寸			安全状况等级
	未熔合	未焊透	条状夹渣	
球壳对接焊缝;筒体纵焊缝,以及与封头连接的环焊缝	$H \leq 0.1t$, 且 $H \leq 2$; $L \leq 2t$	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 3t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 6t$	3 级
筒体环焊缝	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 4t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 6t$	$H \leq 0.25t$, 且 $H \leq 5$; $L \leq 12t$	

表 6 有特殊要求的压力容器非圆形缺陷与相应的安全状况等级

单位为毫米

缺陷位置	缺陷尺寸			安全状况等级
	未熔合	未焊透	条状夹渣	
球壳对接焊缝;筒体纵焊缝,以及与封头连接的环焊缝	$H \leq 0.1t$, 且 $H \leq 2$; $L \leq t$	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 2t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 3t$	3 级或 4 级
筒体环焊缝	$H \leq 0.15t$, 且 $H \leq 3$; $L \leq 2t$	$H \leq 0.2t$, 且 $H \leq 4$; $L \leq 4t$	$H \leq 0.25t$, 且 $H \leq 5$; $L \leq 6t$	

c) 如果能采用有效方式确认缺陷是非活动的,则表 5、表 6 中的缺陷长度容限值可增加 50%。

10.1.11 母材分层

母材有分层的,按照以下要求评定安全状况等级:

- a) 与自由表面平行的分层,不影响定级;
- b) 与自由表面夹角小于 10°的分层,可定为 2 级或 3 级;
- c) 与自由表面夹角大于或等于 10°的分层,检验人员可采用其他检测或分析方法进行综合判定,确认分层不影响压力容器安全使用的,可定为 3 级,否则定为 4 级或 5 级。

10.1.12 鼓包

使用过程中产生的鼓包,应查明原因,判断其稳定状况,如果能查清鼓包的起因并且确定其不再扩展,不影响压力容器安全使用的,可定为 3 级;无法查清起因时,或虽查明原因但是仍然会继续扩展的,定为 4 级或 5 级。

10.1.13 耐压试验

属于压力容器本身原因,导致耐压试验不合格的,定为 5 级。

10.1.14 真空绝热压力容器评级专项要求

真空绝热压力容器的真空度及日蒸发率测量结果在表 7 范围内,不影响定级;大于表 7 规定指标,但不超出其 2 倍时,可定为 3 级或 4 级;否则定为 4 级或 5 级。

表 7 真空度及日蒸发率测量

单位为帕斯卡

绝热方式	真空度		日蒸发率测量
	测量状态	指标	
粉末绝热	未装介质	≤65	实测日蒸发率数值小于 2 倍 额定日蒸发率指标
	装有介质	≤10	
多层绝热	未装介质	≤20	
	装有介质	≤0.2	

10.2 非金属及非金属衬里压力容器安全状况等级评定

10.2.1 评定原则

- 10.2.1.1 非金属压力容器,按照 10.2.2~10.2.6 进行安全状况等级评定,以项目等级最低者作为该压力容器的安全状况等级。
- 10.2.1.2 非金属衬里压力容器,非金属衬里和金属承压元件按本文件分别进行安全状况等级评定,分别确定检验周期,以最低者作为该压力容器的安全状况等级和检验周期。
- 10.2.1.3 需要改造或修理的压力容器,按照改造或修理结果进行安全状况等级评定。
- 10.2.1.4 安全附件和安全保护装置检验不合格的压力容器不应投入使用。

10.2.2 搪玻璃压力容器

搪玻璃层的安全状况等级按照以下要求评定:

- a) 搪玻璃层表面光亮如新,没有腐蚀失光、破损、磨损、机械接触损伤时,可定为 1 级;
- b) 搪玻璃层表面有轻微的腐蚀失光现象,或有轻微的磨损、机械接触损伤,经 10 kV 直流高电压检测通过时,可定为 2 级;不通过时,定为 5 级;
- c) 搪玻璃层经过局部修复时,可定为 3 级,钎钉加聚四氟乙烯的修复部位不影响安全状况等级

评定；

- d) 搪玻璃层表面有明显的腐蚀失光现象,或有严重腐蚀、裂纹、脱落、磨损、机械接触损伤,经 10 kV 直流高电压检测通过时,可定为 4 级;不通过时,定为 5 级;
- e) 搅拌器、温度计套管、放料阀等可拆卸和可更换的搪玻璃零部件在检验中发现有搪玻璃层腐蚀、磨损、破损时,如果更换新件,则不影响安全状况等级评定。

10.2.3 石墨压力容器及石墨衬里

石墨部件和衬里的安全状况等级按照以下要求评定：

- a) 石墨部件表面规整,粘接部位完好,没有腐蚀、酥松、剥层、掉块、裂纹、磨损、机械接触损伤等缺陷;石墨衬里表面光滑,没有腐蚀、酥松、磨损、机械接触损伤、裂纹等缺陷,衬里层与金属基体没有分层时,可定为 1 级;
- b) 石墨部件表面有轻微的腐蚀,粘接部位完好,没有剥层、掉块、裂纹,有轻微磨损、机械接触损伤现象;石墨衬里表面有轻微的腐蚀、磨损、机械接触损伤现象,无裂纹,衬里层与金属基体没有明显分层时,可定为 2 级;
- c) 石墨压力容器经过局部修复时,可定为 3 级;
- d) 石墨部件表面有明显的腐蚀、磨损、机械接触损伤,但没有出现泄漏;石墨衬里层表面有明显的腐蚀、磨损、裂纹、机械接触损伤时,可定为 4 级;
- e) 石墨部件表面有严重腐蚀、掉块、裂纹、磨损等损伤,粘接部位开裂,石墨容器出现泄漏时;石墨衬里层表面有严重腐蚀、裂纹、磨损、机械接触损伤等,石墨衬里层破损时,定为 5 级;
- f) 对于可拆卸和可更换的石墨零部件在检验中发现腐蚀、磨损、破损时,如果更换新件,则不影响安全状况等级评定。

10.2.4 纤维增强塑料压力容器和纤维增强塑料衬里

纤维增强塑料压力容器和纤维增强塑料衬里的安全状况等级按照以下要求评定：

- a) 内表面光亮如新,没有腐蚀失光、龟裂、变色、树脂粉化、纤维失强、溶胀,无磨损、机械接触损伤,无裂纹、玻璃纤维裸露和分层,容器无鼓包和变形,衬里层无鼓包和脱落时,可定为 1 级;
- b) 内表面有轻微的腐蚀失光、破坏、变色现象,或有轻微磨损、机械接触损伤现象,无裂纹、龟裂、树脂粉化、纤维失强、溶胀、玻璃纤维裸露和分层,衬里层无脱落,压力容器有轻微鼓包和变形时,可定为 2 级;
- c) 纤维增强塑料压力容器及纤维增强塑料衬里经过局部修复时,可定为 3 级;
- d) 内表面有明显的腐蚀现象,或有明显的磨损、裂纹、机械接触损伤,有明显的鼓包和变形,但未出现泄漏和严重变形时,可定为 4 级;
- e) 内表面有严重腐蚀破坏,或有裂纹、龟裂、树脂粉化、纤维失强、溶胀、磨损、机械接触损伤等,衬里层穿透,出现泄漏和严重变形时,定为 5 级;
- f) 对于可拆卸和可更换的纤维增强塑料零部件在检验中发现腐蚀、磨损、破损时,如果更换新件,则不影响安全状况等级评定。

10.2.5 压力容器热塑性塑料衬里

热塑性塑料衬里的安全状况等级按照以下要求评定：

- a) 内表面光亮如新,没有腐蚀失光、变色、老化开裂、渗漏,无磨损、机械接触损伤,无裂纹和鼓包,连接部位没有开裂、拉脱现象,附件完好,衬里层与金属基体没有分层时,可定为 1 级;
- b) 内表面有轻微的腐蚀失光、变色现象,或磨损、机械接触损伤现象,无裂纹、老化开裂、渗漏和鼓包,连接部位没有开裂、拉脱现象,附件完好,衬里层与金属基体没有明显分层时,可定为 2 级;

- c) 压力容器塑料衬里经过局部修复时,可定为 3 级;
- d) 内表面有严重腐蚀、磨损、裂纹、老化开裂、机械接触损伤等,塑料衬里经 5 kV 直流高电压检测通过时,可定为 4 级;不通过时,定为 5 级。

10.2.6 耐压试验和泄漏试验

属于压力容器本身原因,导致耐压试验和泄漏试验不合格的,定为 5 级。

11 缺陷以及问题的处理

对于监控使用期满的压力容器,或定期检验发现严重缺陷可能导致停止使用的压力容器,应对缺陷进行处理。缺陷处理的方式包括采用修理的方法消除缺陷或进行合于使用评价。

压力容器的修理应按照 TSG 21 和 GB/T 42606 等执行,缺陷修理后应进行无损检测验证,修复部位检测结果应符合相应标准要求。

合于使用评价应按照 TSG 21 和 GB/T 19624、GB/T 35013 等执行。

12 检验结论及检验周期的确定

压力容器定期检验结论及检验周期的确定按照 TSG 21 的规定执行。

13 记录和报告

13.1 压力容器定期检验过程中,检验人员应及时填写检验记录,检验记录应符合 TSG 21 的要求。

13.2 压力容器检验工作完成后,检验人员应及时出具压力容器定期检验报告,检验报告应符合 TSG 21 的要求。

13.3 检验机构应保存检验记录和检验报告至少到下一个检验周期。

附 录 A

(规范性)

小型制冷装置中压力容器定期检验专项要求

A.1 概述

本附录适用于以氨为制冷剂,贮氨器单台容积不大于 5 m^3 并且总容积不大于 10 m^3 的小型制冷装置中压力容器的定期检验。采用其他制冷剂的小型制冷装置中压力容器定期检验时,需考虑制冷剂的特性,可参照本附录执行。

小型制冷装置中压力容器主要包括冷凝器、贮氨器、低压循环贮氨器、氨液分离器、中间冷却器、集油器、油分离器等。

A.2 检验前的准备工作

使用单位除按照第 8 章的有关要求准备外,还应提交液氨充装时间及液氨成分检验记录,进行现场环境氨浓度检测,确保现场环境氨浓度不应超过国家相应标准允许值。

A.3 检验项目、内容和方法

A.3.1 一般要求

小型制冷装置中压力容器的定期检验可在系统不停机的状态下进行。检验项目包括资料收集、宏观检验、液氨成分检验、壁厚测定、高压侧压力容器的外表面无损检测。必要时还应进行低压侧压力容器的外表面无损检测、声发射检测、埋藏缺陷检测、材料分析、强度校核、安全附件和安全保护装置检验、耐压试验等检验项目。

A.3.2 资料收集

除按照 6.1 要求收集的资料外,还应收集液氨充装时间及液氨成分检验记录。

A.3.3 宏观检验

小型制冷装置中压力容器的在定期检验过程中的宏观检验重点检验以下内容:

- a) 首次定期检验时应检验压力容器结构(如筒体与封头连接、开孔部位及补强、焊缝布置等)是否符合相关要求,以后的检验仅对使用中可能发生变化的内容进行复查;
- b) 检验铭牌、标志等是否符合有关规定;
- c) 检验隔热层是否有破损、脱落、跑冷等现象,表面油漆是否完好;
- d) 检验高压侧压力容器外表面是否有裂纹、腐蚀、变形、机械接触损伤等缺陷;
- e) 用酚酞试纸检测工作状态下压力容器的焊接接头、接管等各连接处是否存在渗漏;
- f) 必要时在停水状态下对冷凝器管板与换热管的角接接头部位进行腐蚀、渗漏检验;
- g) 检验紧固件是否齐全、牢固,表面锈蚀程度;
- h) 检验支承或支座的下沉、倾斜、基础开裂情况。

A.3.4 液氨成分检验

收集使用单位的液氨成分检验记录,液氨成分不符合 NB/T 47012 的要求时,应按照 A.3.6.2、A.3.6.3 的规定进行检测。

A.3.5 壁厚测定

按照 9.1.3 的要求,选择有代表性的部位进行壁厚测定,并且保证足够的测点数。

A.3.6 无损检测

A.3.6.1 高压侧压力容器表面无损检测

高压侧的压力容器应进行外表面无损检测抽查,对应力集中部位、变形部位、有怀疑的焊接接头、补焊区、工卡具焊迹、电弧损伤处和易产生裂纹部位应重点检测。

A.3.6.2 低压侧压力容器声发射检测或表面无损检测

低压侧的压力容器有以下情况之一的,应进行声发射检测或外表面无损检测,具体抽查比例由检验人员根据具体情况确定。

- a) 使用达到设计使用年限的;
- b) 液氨成分分析不符合 NB/T 47012 要求的;
- c) 宏观检验有异常情况,检验人员认为有必要的。

A.3.6.3 超声检测

有以下情况之一的,应采用超声检测方法进行埋藏缺陷检测,必要时进行开罐检测:

- a) 宏观检验或表面无损检测发现有缺陷的压力容器,认为需要进行焊接接头埋藏缺陷检测的;
- b) 高压侧压力容器的液氨成分分析不符合 NB/T 47012 要求的;
- c) 需要对声发射源进行复验的;
- d) 检验人员认为有必要的。

A.3.7 材料分析

主要受压元件材质不明的,应查明材质,对于低压侧压力容器,也可按照 Q235B 进行强度校核。

A.3.8 强度校核

有下列情况之一的,应进行强度校核:

- a) 均匀腐蚀深度超过腐蚀裕量的;
- b) 检验人员对强度有怀疑的。

A.3.9 安全附件和安全保护装置

安全附件检验按照 9.1.8 规定进行。

A.3.10 耐压试验

需要进行耐压试验的,按照 9.1.9 规定进行。

A.4 安全状况等级评定与检验周期

A.4.1 安全状况等级评定

根据检验结果,按照第 10 章的规定进行安全状况等级评定。需要改造、修理的压力容器,按照改造、修理后的复检结果进行安全状况等级评定。

安全附件和安全保护装置不合格的压力容器不应投入使用。

A.4.2 检验周期

小型制冷装置中压力容器的定期检验周期按照以下规定确定：

- a) 安全状况等级为 1 级至 3 级的,检验结论为符合要求,可继续使用,一般每 3 年进行一次定期检验;
- b) 安全状况等级为 4 级的,检验结论为基本符合要求,应监控使用,其检验周期由检验机构确定,累计监控使用时间不应超过 3 年,在监控使用期满前,使用单位应对缺陷进行处理,否则不应继续使用;
- c) 安全状况等级为 5 级的,检验结论为不符合要求,应对缺陷进行处理,否则不应继续使用。

附 录 B

(规范性)

凹坑评定

B.1 评定对象

本附录主要评定对象是裂纹、机械接触损伤、工卡具焊迹、电弧灼伤等缺陷打磨消除后形成的凹坑。因其他原因在压力容器上形成的凹坑也可参照使用。

B.2 评定步骤

将凹坑规则化为长轴长度、短轴长度及深度分别为 $2A$ 、 $2B$ 及 C 的半椭球形凹坑,计算无量纲参数 G_0 ,进行无量纲参数计算的凹坑应满足如下条件:

- a) 凹坑表面光滑、过渡平缓,凹坑半宽 B 不小于凹坑深度 C 的 3 倍,并且其周围无其他表面缺陷或埋藏缺陷;
- b) 凹坑不靠近几何不连续或存在尖锐棱角的区域;
- c) 压力容器不承受外压或疲劳载荷;
- d) T/R 小于 0.18 的薄壁圆筒壳或 T/R 小于 0.10 的薄壁球壳;
- e) 材料满足压力容器设计规定,未发现劣化;
- f) 凹坑深度 C 小于壁厚 T 的 $1/3$ 并且小于 12 mm,坑底最小厚度 $(T-C)$ 不小于 3 mm;
- g) 凹坑半长 $A \leq 1.4\sqrt{RT}$ 。

凹坑缺陷无量纲参数按照公式(B.1)计算:

$$G_0 = \frac{C}{T} \times \frac{A}{\sqrt{RT}} \dots\dots\dots (B.1)$$

B.3 评定结论

$G_0 < 0.10$,则该凹坑在允许范围内。

参 考 文 献

- [1] 特种设备目录(国家质量监督检验检疫总局 2014 年第 114 号公告)
-

