

DB65

新疆维吾尔自治区地方标准

DB65/T 4863—2024

超设计使用年限压力容器安全评估规则

Regulation for the assessment of pressure vessel exceeding the design service life

2024 - 12 - 24 发布

2025 - 02 - 20 实施

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。

本文件由新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院提出。

本文件由新疆维吾尔自治区市场监督管理局归口并组织实施。

本文件起草单位：新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院、中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司、中国石油新疆油田分公司实验检测研究院、中国石油化工股份有限公司西北油田分公司、中国石化塔河炼化有限责任公司、阿勒泰地区特种设备检验检测所、伊犁哈萨克自治州特种设备检验检测所、阿克苏地区特种设备检验检测所、博尔塔拉蒙古自治州特种设备检验检测所、巴音郭楞蒙古自治州特种设备检验检测所、国能新疆化工有限公司。

本文件主要起草人：陈思宇、刘瑞瑞、苗锐、王亮、李保绪、别尔兰·贾纳依汗、叶伟、王晓磊、赵荣、李振华、周吉军、王琨博、范效礼、石义龙、洪天越、史磊、申亮、王涛、马松华、闫伟、黄小龙、蔡亮、竺俊、关海山、徐鹏飞、刘超、靳海玉、贾伯早、刘建兵、阿不都沙拉木·赛买提、乔朋飞、张超、钱正武。

本文件实施应用中的疑问，请咨询新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院。

对本文件的修改意见建议，请反馈至新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）、新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院（乌鲁木齐市新市区河北东路188号）。

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

新疆维吾尔自治区特种设备检验研究院 联系电话：0991-3192139；传真：0991-3192139；邮编：830011

超设计使用年限压力容器安全评估规则

1 范围

本文件规定了超设计使用年限金属制压力容器安全评估的术语和定义、基本技术要求、基本步骤、评估方法及结论等内容。

本文件适用于TSG 21范围内，超过设计使用年限的金属制压力容器（含未按规定设计使用年限，但实际使用年限超过20年）的安全评估。

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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
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
DL/T 674 火电厂用20号钢珠光体球化评级标准
DL/T 773 火电厂用12Cr1MoV钢球化评级标准
DL/T 786 碳钢石墨化检验及评级标准
DL/T 787 火力发电厂用15CrMo钢珠光体球化评级标准
DL/T 999 电站用2.25Cr1Mo钢球化评级标准
JB/T 4732 钢制压力容器—分析设计标准
HG/T 20581 钢制化工容器材料选用规范
TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超设计使用年限压力容器 **pressure vessels exceeding the design service life**

使用时间达到设计使用年限或者设计文件中未按规定设计使用年限，但实际使用超过20年的金属制压力容器。

3.2

基于风险的检验 **risk-based inspection**

针对材料损伤所引起设备失效的风险评估和管理过程。

3.3

与时间相关的损伤模式 **time-dependent damage modes**

损伤形态随时间变化、损伤或劣化程度随时间累积，且时间是失效的控制因素的损伤模式。

3.4

与时间无关的损伤模式 **time-independent damage modes**

损伤形态不随时间变化、且损伤或劣化程度随时间累积可忽略的损伤模式。

3.5

与预期使用寿命无关 **no correlation to predicted design life**

不存在与时间相关的损伤模式，或经过评估虽存在与时间相关的损伤模式，但在持续服役过程中损伤或劣化程度可以忽略，即为损伤与预期使用寿命无关。

3.6

与预期使用寿命低相关 **low correlation to predicted design life**

存在与时间相关的损伤模式，若超出设计使用年限后继续使用，按照本文件评估存在较低的失效可能性，即为损伤与预期使用寿命低相关。

3.7

与预期使用寿命高相关 **high correlation to predicted design life**

存在与时间相关损伤模式的压力容器，若在临近或超出设计使用年限后继续使用，按本文件评估存在较高的失效可能性，即为损伤与预期使用寿命高相关。

3.8

量化评价 **quantitative evaluation**

对超设计使用年限压力容器存在的与预期使用寿命高相关，且可能影响继续安全使用的损伤或缺陷，进行定量分析与评价的过程。

4 总体要求

4.1 一般要求

4.1.1 超设计使用年限压力容器的安全评估除符合本文件的规定外，还应遵守国家相关法律、法规及安全技术规范的要求。

4.1.2 超设计使用年限压力容器的安全评估应以损伤模式识别为基础，按本文件规定的技术要求进行评估与检验。

4.2 评估机构

4.2.1 对压力容器实施安全评估的机构，应具有国家市场监管部门核准的检验资质；具有失效分析和风险分析经验，并且具备按本文件实施评估的人员、装备能力和相应的分析软件。

4.2.2 对超设计使用年限压力容器进行安全评估的机构，应在其质量体系中规定符合本文件要求的程序性文件，并有效实施；同时对评估结论的真实性、准确性、有效性负责。

4.3 评估人员

4.3.1 应具有压力容器检验师及以上资格。

4.3.2 应具有足够的设计、材料、腐蚀、工艺、检验等知识背景和工程经验，并经过与本文件相关的技术培训，充分理解本文件的技术内容 and 应用准则。

4.3.3 应按照本文件要求,收集资料并确定超设计使用年限压力容器的实际状态,识别压力容器模式并分析其发展趋势,根据损伤模式及演化规律给出压力容器损伤归类结果,提出检验技术要求,按照检验技术要求,制定检验方案实施检验,结合检验结果和量化评价报告出具评估报告。

4.3.4 应对使用单位提供的资料负有保密的义务。

4.4 使用单位

4.4.1 使用单位对其拥有的超设计使用年限压力容器,应在设计使用年限届满前6个月向具有相应资质的机构提出安全评估申请。

4.4.2 实施评估前,使用单位应提供评估所需要的各项资料,并对所提供资料的完整性、真实性和有效性负责。其中包括压力容器的设计资料、制造(安装)资料、修理改造资料、检验检测资料、运行记录、历史失效记录以及相关装置的工艺技术资料等。

4.4.3 对于超设计使用年限后仍需继续使用的压力容器,使用单位应加强日常维护和管理,严格执行工艺操作规程,并满足评估报告中提出的特殊技术要求。

5 通用程序

5.1 超设计使用年限压力容器评估的一般程序包括:

- a) 资料审查及运行情况调查;
- b) 损伤模式识别及其与时间相关性的判定;
- c) 损伤评估和压力容器与预期使用寿命相关度归类;
- d) 确定检验技术要求和检验实施;
- e) 对与预期使用寿命高相关的压力容器,补充量化评价。
- f) 出具评估报告。

5.2 超设计使用年限压力容器评估流程如图1所示。

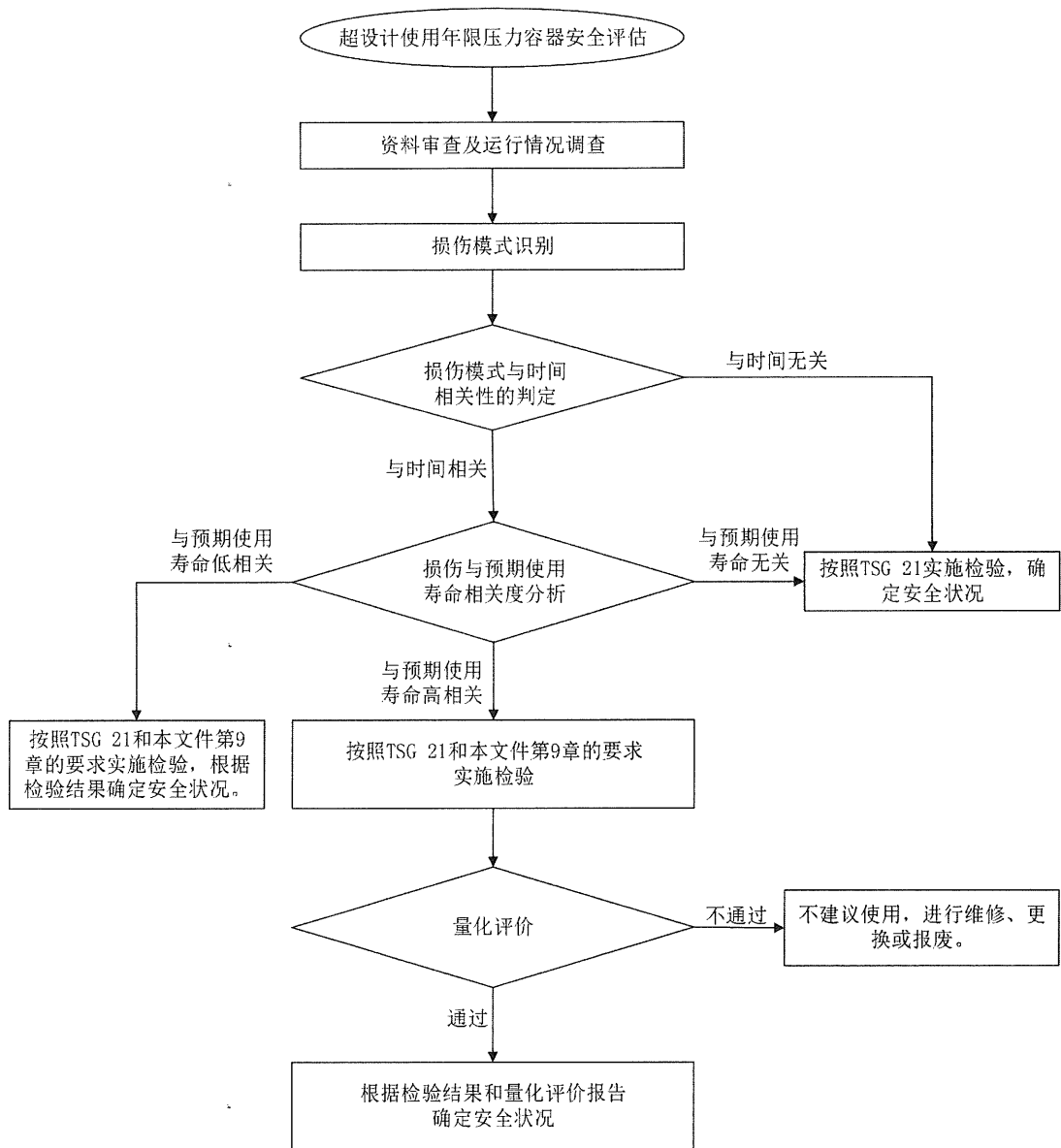


图 1 超设计使用年限压力容器安全评估流程图

5.3 评估人员应调查压力容器的建造情况和实际使用条件，按照本文件第 7 章的要求识别压力容器潜在的损伤模式，对于存在与时间相关的损伤模式的压力容器，应按照本文件第 8 章的要求分析损伤与压力容器预期使用寿命的相关度。

5.4 当压力容器不存在与时间相关的损伤模式，或损伤与压力容器预期使用寿命无关时，可按照本文件 9.1.1 a) 的要求实施检验并给出结论。

5.5 当压力容器存在与时间相关的损伤模式，且相应的损伤与压力容器预期使用寿命低相关时，应按照本文件 9.1.1 b) 的要求实施检验并给出结论。

5.6 当压力容器存在与时间相关的损伤模式，且相应的损伤与压力容器预期使用寿命高相关时，应按照本文件 9.1.1 c) 实施检验，按照第 10 章的要求进行量化评价，并给出结论。

5.7 经使用单位与检验机构协商，其他有必要的压力容器也可进行量化评价。

6 资料审查及工艺运行情况调查

6.1 超设计使用年限压力容器评估前，评估人员应对设计、制造、安装、修理改造、运行维护和检验检测等资料进行收集和调查。

6.2 压力容器设计、制造（安装）和修理改造资料，包括：

- a) 设计图样、强度计算书和使用说明书等；
- b) 质量证明书，竣工图等；
- c) 安装（含现场组装）资料；
- d) 改造（包括工艺）和维修资料。

6.3 工艺流程及操作运行资料，包括但不限于：

- a) 管道仪表图（P&ID）、工艺流程图（PFD）和操作规程；
- b) 工厂及设备、装置的通用数据，包括气候、大气环境和地质条件；
- c) 介质成分及物性参数，如腐蚀性、可燃性和毒性程度，并应考虑压力容器使用过程中介质成分的变化情况；
- d) 对于存在改造、移装、利旧等情况的压力容器，应对其历史使用条件进行调查；
- e) 运行记录、开停车记录、变更管理记录，特别关注异常工况等。

6.4 检验、检测和维护资料，包括：

- a) “使用登记证”、“特种设备使用登记表”等注册登记资料；
- b) 近三次定期检验报告；
- c) 风险评估报告；
- d) 在线检测、监测报告；
- e) 检修计划、检修总结。

6.5 历史损伤、失效相关资料，包括：

- a) 该台容器的历史损伤、失效记录，腐蚀调查报告；
- b) 同类容器的失效案例及其失效原因分析报告。

6.6 评估人员认为有必要的其它资料。

6.7 当超设计使用年限压力容器设计、制造、安装（含现场组装）、修理、改造资料不完整时，使用单位应补充、完善相关资料，以满足评估工作的需要；当使用单位不能提供评估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，采用可靠的检验、检测等手段补充压力容器的相关数据。

7 损伤模式识别及其与时间相关性的判定

7.1 评估人员应根据压力容器的设计条件和使用情况，按照 GB/T 30579 或 GB/T 26610 进行损伤模式识别。

7.2 评估人员进行损伤模式识别和损伤形态判断时，应考虑建造质量状况和下列因素的影响：

- a) 压力容器设计使用条件和实际使用条件的差异：
 - 1) 介质成分及其变化；

- 2) 设计腐蚀裕量与实际腐蚀裕量情况;
 - 3) 设计循环载荷条件和频次与实际值的差异;
 - 4) 设计温度和压力与实际操作温度和压力的差异。
- b) 影响介质腐蚀性的因素:
- 1) 腐蚀性介质或成分有无局部聚集浓缩;
 - 2) 保温隔热材料、各类助剂(催化剂、阻聚剂、活化剂、再生剂)等物料中是否存在可引发腐蚀的组分;
 - 3) 反应过程有无副反应或生产的副产品具有腐蚀性;
 - 4) 流动介质中是否含有固体颗粒,或者存在两相或多相流,有无出现局部相变;
 - 5) 有无添加有效的缓蚀剂,并已产生作用。
- c) 影响材料/结构抵抗损伤能力的因素:
- 1) 选材是否合理,结构设计有无缺陷,对介质环境可能引发的损伤是否敏感;
 - 2) 材料的制造工艺、结构的制造过程(包括焊接、热处理)是否符合规范、标准的要求,无超标缺陷或损伤;
 - 3) 反应过程有无副反应或生产的副产品具有腐蚀性;
 - 4) 流动介质中是否含有固体颗粒,或者存在两相或多相流,有无出现局部相变;
 - 5) 有无超过材料的设计使用寿命,并可能对其抵抗损伤的能力造成影响。
- d) 载荷或应力状态的因素:
- 1) 是否存在循环载荷、冲击载荷或者其他明显的载荷波动;
 - 2) 是否存在明显的应力集中,并可能对损伤产生影响;
 - 3) 是否存在局部温度不均匀,或温度循环变化,或温度剧烈变化;
 - 4) 开、停车过程是否建立规程、制度并有效实施;
 - 5) 有无遭遇不在设计预期范围内的意外载荷影响,如地质灾害、气相灾害、局部环境变化等。
- e) 其他因素:
- 1) 是否存在异种材料连接,可能形成电偶腐蚀环境,加剧腐蚀的载荷波动;
 - 2) 是否存在损伤的联动触发或耦合,产生多米诺骨牌效应或损伤叠加效应。

7.3 典型的与时间相关的损伤模式见附录 A。

7.4 对于未列入 GB/T 30579 的损伤模式,评估人员也可以采用以下方法进行判定:

- a) 依据其他的文献或标准;
- b) 进行相关的试验研究;
- c) 参考专家经验,即当现有资料无法准确识别损伤模式时,评估人员可依据经验进行判断或遵循专家意见。

8 损伤评估与压力容器归类

8.1 一般要求

对于存在与时间相关损伤模式的压力容器，应按照本章相应条款对损伤进行评估，并根据损伤与压力容器预期使用寿命的相关度对超设计使用年限压力容器进行归类。

8.2 腐蚀减薄

8.2.1 对于存在腐蚀减薄损伤模式的压力容器，评估人员应根据工艺介质条件、宏观检验和壁厚测量历史情况，对容器进行损伤评估和压力容器归类。

8.2.2 存在腐蚀减薄损伤模式的压力容器的归类原则如下：

- a) 对于非内衬和非复合板压力容器，当壁厚损失不超过设计腐蚀裕量的 75% 时，压力容器可归类为与预期使用寿命低相关，否则归类为高相关；
- b) 对于内衬或复合板压力容器，当壁厚损失不超过衬板或者覆材厚度的 25% 时，且使用期间腐蚀速率无逐年增大趋势时，压力容器可归类为与预期使用寿命低相关，否则归类为高相关。

8.3 疲劳

8.3.1 对于存在疲劳损伤模式的压力容器可归类为与预期使用寿命高相关或低相关。评估人员应根据压力容器运行情况和历史检验情况进行归类。

8.3.2 满足以下情况之一的压力容器可归类为与预期使用寿命低相关：

- a) 设计免除疲劳分析的压力容器；
- b) 按实际操作工况符合 JB/T 4732 免除疲劳分析条件的；
- c) 按照实际操作工况分析得到的循环次数加上下一检验周期的预期循环次数，小于设计文件中疲劳分析的按材料设计疲劳曲线得到的循环次数。

8.3.3 不满足 8.3.2 的所有条款或有以下检验结果的压力容器可归类为与预期使用寿命高相关：

- a) 超出建造标准规定的平面缺陷；
- b) 最近一次检验中发现使用过程中产生的缺陷。

8.3.4 与预期使用寿命高相关的压力容器，应按实际载荷谱，采用 JB/T 4732 等标准进行疲劳评价，确定压力容器剩余寿命。

8.3.5 与预期使用寿命高相关的压力容器存在超标缺陷时，应按实际载荷谱，并根据缺陷类型，采用 GB/T 19624 等标准进行疲劳评价，确定压力容器剩余寿命。

8.4 蠕变

8.4.1 对于存在蠕变损伤模式的压力容器，评估人员应确认压力容器设计条件和操作条件的差异，并根据压力容器实际运行参数及宏观检验历史情况进行归类，必要时补充金相、硬度等检测。

8.4.2 存在蠕变损伤模式的压力容器归类方法如下：

- a) 确定压力容器正常工况下最高操作温度 T_{op} 和评价温度 T_{EVAL} ，其中：当壳体仅存在环焊缝时，评价温度 T_{EVAL} 为元件实际最高操作温度 T_{op} ；当壳体存在至少一条纵焊缝时，评价温度 T_{EVAL} 为元件实际最高操作温度 $T_{op}+14^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 当压力容器评价温度 T_{EVAL} 低于附录 B 规定的相应材料临界温度 T_{C1} ，可归类为与预期使用寿命无关；

- c) 当压力容器评价温度 T_{EVAL} 高于或者等于附录 B 规定的相应材料临界温度 T_{C1} , 近三次检验未曾发现蠕变损伤或蠕变变形时, 可归类为与预期使用寿命低相关;
- d) 压力容器评价温度 T_{EVAL} 高于或者等于附录 B 规定的相应材料临界温度 T_{C1} , 曾发现蠕变损伤或蠕变变形, 或无可信的蠕变损伤检验历史记录时, 可归类为与预期使用寿命高相关。

8.5 材料高温性能劣化

8.5.1 球化、石墨化

8.5.1.1 在高温下长期运行的压力容器, 对于金相组织含有珠光体的碳钢、碳锰钢等低合金材料, 应考虑石墨化、球化损伤模式; 对于金相组织含有贝氏体的铬钼钢、铬钼钒钢等耐热金属, 应考虑组织变化造成的材料性能劣化。

8.5.1.2 对于存在球化、石墨化等高温材质劣化损伤模式的压力容器, 应根据硬度、金相检测等历史情况, 对容器进行归类。

8.5.1.3 球化评级方法按照 DL/T 674 (碳钢)、DL/T 773 (1Cr-Mo-V 钢)、DL/T 787 (1Cr-Mo 钢)、DL/T 999 (2.25Cr-1Mo 钢) 等执行; 石墨化评级方法按照 DL/T 786 执行。

8.5.1.4 存在球化、石墨化损伤模式压力容器的归类方法如下:

- a) 服役温度低于 375℃ (碳钢)、425℃ (铬钼钢)、475℃ (铬钼钒钢) 或 525℃ (奥氏体不锈钢) 的压力容器, 归类为与预期使用寿命无关;
- b) 对于历史检验 (检测) 结果符合下列情况之一的压力容器, 归类为与预期使用寿命无关:
 - 1) 对于金相组织为珠光体的碳钢、低合金钢, 球化 2 级及以下;
 - 2) 对于金相组织为贝氏体的铬钼钢, 球化 3 级及以下;
 - 3) 石墨化 2 级及以下, 且历次检验 (检测) 发现没有劣化趋势。
- c) 对于历史检验 (检测) 结果符合下列情况之一的压力容器, 归类为与预期使用寿命低相关:
 - 1) 对于金相组织含有珠光体的碳钢、低合金钢, 球化 3 级, 且历次检验 (检测) 中未出现进一步劣化趋势;
 - 2) 对于金相组织含有贝氏体的铬钼钢, 球化 4 级, 且历次检验 (检测) 中未出现进一步劣化趋势;
 - 3) 石墨化 3 级, 且历次检验 (检测) 中未出现进一步劣化趋势。
- d) 对于历史检验 (检测) 结果符合下列情况之一的压力容器, 归类为与预期使用寿命高相关:
 - 1) 对于金相组织为珠光体的碳钢、低合金钢, 球化 4 级及以上;
 - 2) 对于金相组织为贝氏体的铬钼钢, 球化 5 级;
 - 3) 石墨化 4 级;
 - 4) 当 c) 中无法判断材料劣化趋势或出现进一步劣化趋势。

8.5.2 高温氢腐蚀

8.5.2.1 对于存在高温氢腐蚀损伤模式的压力容器, 可归类为与预期使用寿命低相关或高相关。

8.5.2.2 满足以下任一情况的压力容器, 可归类为与预期使用寿命高相关:

- a) 正常工况下, 实际最高操作温度加 30℃ 和相应的氢分压位于 HG/T 20581 中氢腐蚀环境下操作极限曲线之上的碳钢、钼钢、铬钼钢制压力容器;
- b) 历次检验发现高温氢腐蚀导致的脱碳现象, 以及裂纹、鼓包等缺陷的压力容器。

8.5.2.3 不满足 8.5.2.2 所有情况的压力容器可归类为与预期使用寿命低相关。

8.5.3 回火脆化

8.5.3.1 对于存在回火脆化损伤模式的压力容器，应根据压力容器的服役条件、服役历史、材料的化学成分以及开停车工艺控制措施进行归类。

8.5.3.2 存在回火脆化损伤模式的压力容器归类方法如下：

- a) 审查压力容器建造资料（包括母材 J 系数、焊缝 X 系数、步冷试验测试结果）和运行资料；
- b) 按如下步骤确定压力容器整个服役过程中材料累积脆化当量 $\Delta FATT_{cum}$ ：
 - 1) 基于过去操作历史确定操作工况，定义 n 为总操作工况数，确定其中第 i 个工况的操作温度为 T_i （℃），服役时间 t_i （h）。
 - 2) 根据公式（1）（2）（3）计算整个服役过程中相对于步冷试验的材料累积脆化当量 $\Delta FATT_{cum-sc}$ ：

$$\Delta FATT_{cum-sc} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{t(T_i)} \times \Delta FATT(T_i) \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$t(T_i) = 10^{19.0134 - 0.0316T_i} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta FATT(T_i) = 10.4333 - 0.0188 \times T_i \dots\dots\dots (3)$$

- 3) 根据公式（4）（5）计算整个服役过程中材料累积脆化当量 $\Delta FATT_{cum}$ ：

$$\Delta FATT_{cum} = \frac{\Delta FATT(J)}{75.5793} \times \Delta FATT_{cum-sc} \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta FATT(J) = -15.416 + 0.7267 \times J - 8.00043 \times 10^{-4} J^2 \dots\dots\dots (5)$$

- c) 当满足以下任一情况时，压力容器可归类为与预期使用寿命高相关：
 - 1) 压力容器母材的 J 系数或者焊缝 X 系数大于等于表 1 所给出的控制值；
 - 2) 压力容器整个服役过程材料累积脆化当量 $\Delta FATT_{cum} > 1$ 。

8.5.3.3 累积服役时间超过 30 年的加氢反应器，一般归类为与预期使用寿命高相关。

表 1 J 系数、 X 系数控制值

牌号	J 系数	X 系数
2.25Cr1Mo	150	30
14CrMoR/14CrMoR (H)	180	30
12Cr2Mo1R/12Cr2Mo1R (H)	100	15
12Cr2Mo1VR/12Cr2Mo1VR	100	12

9 检验

9.1 一般要求

9.1.1 超设计使用年限压力容器应根据损伤模式识别、损伤评估和压力容器与预期使用寿命相关性归类的结果，制定检验策略，若超设计使用年限压力容器的定期检验报告在有效期内，且检验报告项目能满足检验策略要求，可不再检验，否则应按照以下要求逐台制定检验方案，实施检验，并出具检验报告：

- a) 对于不存在与时间相关的损伤模式的压力容器，或存在与时间相关的损伤模式，但损伤与预期使用寿命无关的压力容器，按 TSG 21 的要求制定检验方案，实施检验，根据检验结果，依据 TSG 21 的要求评定安全状况等级，确定下次检验日期；
- b) 对于存在与时间相关的损伤模式，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，按 TSG 21 和本章的要求制定检验方案，实施检验，根据检验结果，依据 TSG 21 的要求评定安全状况等级，确定下次检验日期；
- c) 对于存在与时间相关的损伤模式，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，按 TSG 21 和本章的要求制定检验方案，实施检验并进行量化评价，根据检验结果和量化评价结果，参照 TSG 21 的要求评定安全状况等级，确定下次检验日期。

9.1.2 对于不能确定损伤模式的压力容器，其检验方法、比例和技术要求应由评估机构和使用单位协商确认。

9.1.3 对于存在于时间相关损伤模式的压力容器，当历次检验采用有效检测方法未发现损伤现象时，可对检验方法和比例进行适当调整，但应符合 TSG 21 的最低要求。

9.2 腐蚀减薄

9.2.1 对于存在腐蚀减薄损伤模式，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，按照 TSG 21 的要求制定检验方案并实施检验。

9.2.1 对于存在腐蚀减薄损伤模式，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，按下列方法进行检验，为量化评价提供数据。

- a) 检验人员应进行宏观检验，并根据压力容器历次壁厚测定情况和检验经验，确定压力容器的腐蚀严重部位和腐蚀类型；
- b) 对于均匀腐蚀的压力容器，应确定腐蚀减薄的范围，并对选定的受压元件腐蚀减薄严重部位进行不少于 15 个点的均布壁厚测定；
- c) 对于局部腐蚀的压力容器，应进行危险壁厚截面法测厚，按照图 2 进行测量，每条网格线上测点不少于 5 个；
- d) 对于点腐蚀的压力容器，应对点腐蚀坑尺寸进行详细测量。

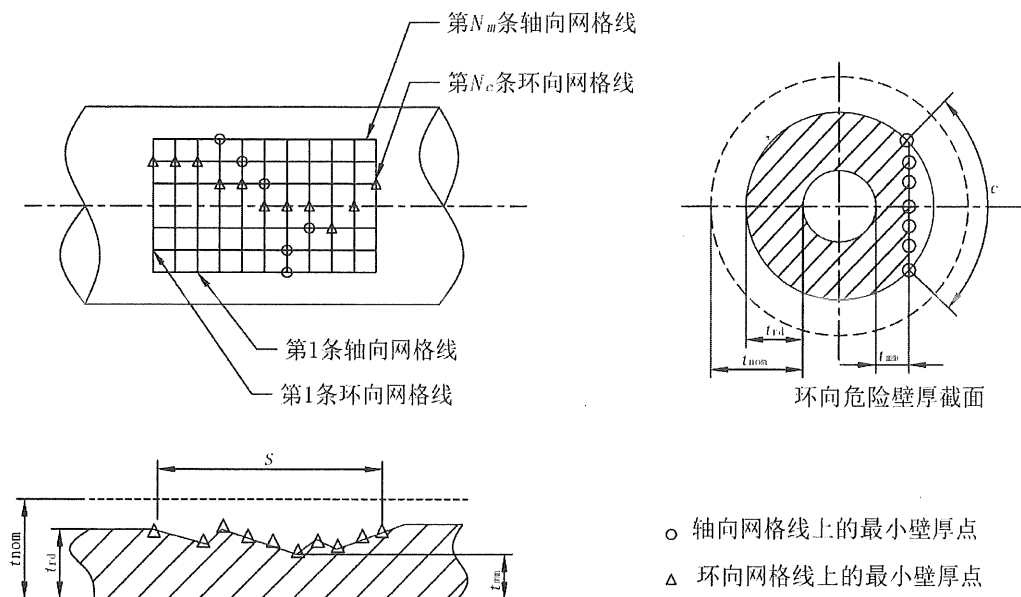


图 2 测厚网格与危险壁厚截面图

9.3 疲劳

- 9.3.1 对于存在疲劳损伤，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，应在应力分析的基础上对其结构的应力集中部位和局部温度梯度较高的区域进行 100%表面缺陷检测。必要时，还可采用应变传感器、压力传感器、温度传感器等对周期性载荷进行监测。
- 9.3.2 对于存在疲劳损伤，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，应对结构的应力集中部位和局部温度梯度较高的区域进行不少于 20%表面缺陷检测。
- 9.3.3 对上次定期检验中发现超标埋藏性缺陷的部位，应进行复查。
- 9.3.4 必要时还应对超标的焊缝余高、凹陷、沟槽、鼓包及修补区域等进行检验。
- 9.3.5 对于存在热棘轮损伤模式的压力容器，必要时还应进行变形量检测。
- 9.3.6 对于存在振动等随机疲劳损伤的压力容器，必要时应进行振动监测。

9.4 蠕变

- 9.4.1 对于存在蠕变损伤模式，且损伤与预期使用寿命无关的压力容器，应对局部高温、应力集中及焊接接头部位进行宏观检验，必要时进行表面缺陷检测。
- 9.4.2 对于存在蠕变损伤模式，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，应对局部高温、应力集中及焊接接头部位、制造时存在超标缺陷或进行过返修的部位进行表面缺陷检测和埋藏缺陷检测。
- 9.4.3 对于存在蠕变损伤模式，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，对于局部高温、应力集中及焊接接头部位、存在超标缺陷或进行过返修的部位以及高温区域内的不等厚焊接接头、异种钢焊接接头和 T 型接头及热影响区进行表面缺陷检测和埋藏缺陷检测。同时在应力分析的基础上进行硬度、金相等检测，综合分析蠕变损伤程度。
- 9.4.4 对于存在蠕变损伤模式的压力容器，当其被归类为与预期使用寿命低相关时，相应的蠕变损伤

不影响定期检验时压力容器安全状况等级的评定。

9.5 材料高温性能劣化

9.5.1 球化、石墨化

9.5.1.1 球化可通过硬度检测进行预判，对硬度明显下降区域需进行进一步金相检测，重点检测金属壁温最高的部位、运行过程中异常超温部位、发生变形区域及应力集中区域，具体要求如下：

- a) 对于球化损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，应对可能发生材质劣化区域进行硬度检测，对于硬度值小于材料标准值的部位补充金相检测；
- b) 对于球化损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，应对发生材质劣化区域进行表面缺陷检测、硬度检测和金相检测。当条件允许时，还应补充材料拉伸及冲击等试验。

9.5.1.2 通过金相检测对石墨化损伤情况进行判断，重点检测金属壁温最高部位、运行过程中异常超温部位、焊接热影响区等，具体要求如下：

- a) 对于损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，应对发生材质劣化区域进行金相检测。
- b) 对于损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，应对发生材质劣化区域进行表面缺陷检测和金相检测。条件允许时，应补充材料拉伸及冲击等试验。

9.5.1.3 硬度检测依照 GB/T 231.1 执行。如使用现场便携式硬度计检验，应进行对比实验以确定其布氏硬度，评估机构应对转化结果进行确认。

9.5.1.4 与预期使用寿命高相关的压力容器，出现强度下降引起的鼓包、粗张、表面开裂，或是石墨化引起的孔洞、裂纹等损伤形态时，不应继续使用。

9.5.2 高温氢腐蚀

9.5.2.1 对于存在高温氢腐蚀，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，应进行宏观检验、壁厚抽查，以及长度不少于 20%对接焊缝的表面缺陷检测和埋藏缺陷检测。应重点检验内表面和高温区，检测部位应对上次检验部位进行不少于 5%的复查。必要时，进行金相和硬度抽查。

9.5.2.2 对于存在高温氢腐蚀，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，应进行宏观检验、壁厚抽查，以及长度不少于 50%对接焊缝的表面缺陷检测、埋藏缺陷检测和母材埋藏缺陷检测抽查，同时进行金相和硬度抽查。应重点检验内表面和高温区，检测部位应对上次检验部位进行不少于 10%的复查。

9.5.2.3 对于有衬里或复合层的压力容器，以宏观检验为主，对异常和有怀疑的部位进行衬板或覆层的剥离、脱落检测抽查。抽查发现剥离、脱落情况时，应当增加抽查比例，并进行层下裂纹检测。

9.5.3 回火脆化

9.5.3.1 对于存在回火脆化损伤模式，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，应进行宏观检验以及长度不少于 20%对接焊缝的表面缺陷检测和埋藏缺陷检测，检测部位应对上次检验部位进行不少于 5%的复查，并重点关注检测的有效性以及对历史检验结果的复查。

9.5.3.2 对于存在回火脆化损伤模式，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，应进行宏观检验以及长度不少于 30%对接焊缝的表面缺陷检测和埋藏缺陷检测，检测部位应对上次检验部位进行不少于 10%的复查，重点关注检测的有效性以及对历史检验结果的复查。

10 量化评价

10.1 对于损伤与预期使用寿命高相关的压力容器和检验中发现超标缺陷且无法修复处理的压力容器，应进行量化评价。

10.2 量化评价应根据服役历史、服役条件和检验结果，参照 GB/T 35013 或 GB/T 19624 等标准中的评定方法实施。

11 结论与建议

11.1 结论

11.1.1 超设计使用年限压力容器与预期使用寿命相关性归类完成后，评估机构应逐台给出归类结果。

11.1.2 依据检验结果和量化评价结果，超设计使用年限压力容器评估结论可以分为允许继续使用、不允许使用两种，对于允许继续使用的压力容器应在结论中给出允许使用参数及下次检验日期。

11.1.3 对于不存在与时间相关损伤模式的压力容器，或存在与时间相关损伤模式，但损伤与预期使用寿命无关的压力容器，在按照 TSG 21 的要求进行检验后，参照检验结果确定评估结论。

11.1.4 对于存在与时间相关损伤模式的压力容器，且损伤与预期使用寿命低相关的压力容器，在按照本规程第 9 章的要求进行检验后，参照检验结果确定评估结论；

11.1.5 对于存在与时间相关损伤的模式，且损伤与预期使用寿命高相关的压力容器，在按照本规程第 9 章的要求进行检验和量化评价，当量化结果通过时，参照检验结果和量化评价结果，确定评估结论，当量化结果不通过时，评估结论为不允许继续使用，应对该压力容器进行维修、更换或报废。

11.2 建议

11.2.1 超设计使用年限压力容器评估完成后，评估单位应在报告中，建议使用单位根据 TSG 21 相关规定，按照以下要求办理变更注册登记：

- a) 对于不存在与时间相关损伤模式，或存在与时间相关损伤模式，但经损伤评估，被归类为与预期使用寿命无关或低相关的压力容器，使用单位可依据评估和归类结果及有效期内的定期检验报告到使用登记机关办理使用登记证书变更；
- b) 对于存在与时间相关损伤模式，但经损伤评估，被归类为与预期使用寿命高相关的压力容器，使用单位可依据评估和归类结果、量化评价结果及有效期内的定期检验报告到使用登记机关办理使用登记证书变更。

11.2.2 评估单位应针对超设计使用年限压力容器安全评估过程中所发现的问题，在使用、管理、维护、检验检测等方面提出技术性建议。

12 记录与报告

12.1 评估记录

12.1.1 评估机构安全评估时应有记录，记录应能真实反应评估过程；

12.1.2 评估记录应详尽、真实、准确，安全评估记录记载的信息量不得少于安全评估报告的信息。

12.2 评估报告

12.2.1 超设计使用年限压力容器评估报告应包括以下内容：

- a) 超设计使用年限压力容器概况；

- b) 评估依据;
- c) 资料收集情况;
- d) 损伤模式识别结果;
- e) 损伤与时间相关性归类结果;
- f) 损伤与预期使用寿命相关性归类结果;
- g) 检验策略;
- h) 检验结果;
- i) 量化评价结果(必要时);
- j) 评估结论及建议。

12.2.2 评估报告的出具应当符合以下要求:

- a) 评估工作结束后,评估机构一般在30个工作日内出具报告,交付使用单位存入压力容器技术档案;
- b) 评估报告应当有编制、审核、批准三级人员签字,批准人员为安全评估机构的技术负责人或者其授权签字人;
- c) 因设备使用需要,评估人员可以在报告出具前,先出具《压力容器安全评估意见通知书(1)》(见附录C),将评估初步结论书面通知使用单位,评估人员对评估意见的正确性负责;
- d) 评估发现设备存在需要处理的缺陷,由使用单位负责进行处理,评估机构可以利用《压力容器安全评估意见通知书(2)》(见附录D)将缺陷情况通知使用单位,处理完成并且经过评估机构确认后,再出具评估报告;使用单位在约定时间内未完成缺陷处理工作的,评估机构可按照实际评估情况先行出具评估报告,处理完成并且经过评估机构确认后再次出具报告(替换原评估报告);经评估发现严重事故隐患,评估机构应当使用《压力容器安全评估意见通知书(2)》将情况及时告知使用登记机关。

附 录 A
(资料性)

典型的与时间相关的损伤模式

典型的与时间相关的损伤模式见表A. 1。

与时间相关的典型损伤模式

序号	损伤模式	典型损伤形态
1	腐蚀减薄	均匀减薄或局部减薄、分散的点腐蚀
2	疲劳	表面开裂，埋藏性缺陷扩展
3	蠕变	金相组织变化、孔洞、裂纹、几何尺寸变化
4	材料性能劣化（球化、石墨化、高温氢 腐蚀、回火脆化）	金相组织变化、力学性能变化、裂纹、 韧脆转变温度升高

附录 B

(资料性)

常见材料蠕变损伤模式临界控制温度推荐值

B.1 常见钢板蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1}

推荐值见表B.1。

表 B.1 常见钢板蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1} 推荐值

序号	类别	牌号	材料标准	使用状态	临界温度 T_{C1} , °C
1	碳素钢	Q245R	GB/T 713	热轧, 控轧, 正火	375
2	低合金钢	Q345R	GB/T 713	热轧, 控轧, 正火	375
3		18MnMoNbR	GB/T 713	正火+回火	410
4		15CrMoR	GB/T 713	正火+回火	450
5		14Cr1MoR	GB/T 713	正火+回火	450
6		12Cr2Mo1R	GB/T 713	正火+回火	450
7		12Cr1MoVR	GB/T 713	正火+回火	450
8		12Cr2Mo1VR	—	正火+回火	450
9	高合金钢 (奥氏体耐热钢)	0Cr18Ni9 (S30408)	GB/T 24511	—	585
10		1Cr19Ni9 (S30409)	GB/T 24511	—	585
11		0Cr25Ni20 (S31008)	GB/T 24511	—	560
12		0Cr17Ni12Mo2 (S31608)	GB/T 24511	—	585
13		0Cr19Ni13Mo3 (S31708)	GB/T 24511	—	585
14		0Cr18Ni10Ti (S32168)	GB/T 24511	—	535

B.2 常见钢管蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1}

推荐值见表B.2。

表 B.2 常见钢管蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1} 推荐值

序号	类别	牌号	材料标准	使用状态	临界温度 T_{C1} , °C
1	碳素钢	10	GB/T 9948	热轧、正火	375
2		20/20G	GB/T 5310 GB/T 9948 GB/T 6479	热轧、正火	375
3	低合金钢	16Mn	GB/T 6479	正火	375
4		12CrMo	GB/T 9948	正火+回火	450
5		15CrMo	GB/T 9948	正火+回火	450
6		12Cr2MoG	GB/T 5310	正火+回火	450
7		1Cr5Mo	GB/T 9948	退火	450
8		12Cr1MoVG	GB/T 5310	正火+回火	450

表 B.2 常见钢管蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1} 推荐值（续）

序号	类别	牌号	材料标准	使用状态	临界温度 T_{C1} , °C
9	高合金钢 (奥氏体耐热钢)	0Cr18Ni9 (S30408)	GB/T 13296 GB/T 14976	—	585
10		0Cr18Ni10Ti (S32168)	GB/T 13296 GB/T 14976	—	535
11		0Cr17Ni12Mo2 (S31608)	GB/T 13296 GB/T 14976	—	585
12		0Cr19Ni13Mo3 (S31708)	GB/T 13296 GB/T 14976	—	585
13		0Cr25Ni20 (S31008)	GB/T 13296 GB/T 14976	—	560
14		1Cr19Ni9 (S30409)	GB/T 13296	—	585

B.3 常见锻件蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1}

推荐值见表B.3。

表 B.3 常见锻件蠕变损伤模式临界控制温度 T_{C1} 推荐值

序号	类别	牌号	材料标准	使用状态	临界温度 T_{C1} , °C
1	碳素钢	20	NB/T 47008	正火、正火+回火	375
2	低合金钢	16Mn	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	385
3		20MnMo	NB/T 47008	调质	410
4		20MnMoNb	NB/T 47008	调质	410
5		15CrMo	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
6		14Cr1Mo	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
7		12Cr2Mo1	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
8		12Cr1MoV	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
9		12Cr2Mo1V	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
10		12Cr3Mo1V	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
11		1Cr5Mo	NB/T 47008	正火、正火+回火，调质	450
12	高合金 (奥氏体耐热钢)	0Cr18Ni9 (S30408)	NB/T 47010	—	585
13		1Cr19Ni9 (S30409)	NB/T 47010	—	585
14		0Cr25Ni20 (S31008)	NB/T 47010	—	560
15		0Cr17Ni12Mo2 (S31608)	NB/T 47010	—	585
16		0Cr18Ni10Ti (S32168)	NB/T 47010	—	—

注：本通知书只用于评估结论不存在问题，或者虽然存在问题但不需要使用单位回复意见，是在评估报告出具前对评估结果出具的有效结论意见，一式两份，评估机构、使用单位各一份。本通知在有效期内有效。

附 录 D
(资料性)
压力容器安全评估意见通知书 (2)

评估发现设备存在需处理的缺陷，由使用单位负责进行处理，评估机构可以使用表D.1将缺陷情况通知使用单位。

表 D.1 压力容器安全评估意见通知书 (2)

编号:

_____ (填写使用单位名称) _____:
经评估,你单位压力容器(设备名称:_____,产品编号:_____,
单位内编号:_____,使用登记证编号:_____) , 存在以下问题,
请于 _____ 年 _____ 月 _____ 日前将处理结果报送我机构。

问题和意见:		
评估人员:	日期:	
评估机构技术负责人:	日期:	(评估机构检验专用章) 年 月 日
使用单位接收人:	日期:	
处理结果:		
使用单位安全管理负责人:	日期:	(使用单位公章或者专用章) 年 月 日

注：本通知书是作为评估中发现问题，需要使用单位进行处理而出具，一式三份，一份评估机构存档，两份送使用单位，其中一份使用单位应当在要求的时间内返回评估机构。当发现严重事故隐患时，可以增加一份报压力容器使用登记机关。