超设计使用年限电站热力系统 压力容器安全评估要求

2024 - 05 - 29 发布

2024 - 08 - 28 实施

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 评估程序	2
6 评估步骤	2
7 评估结论及报告	6
附录 A（规范性） 超设计使用年限电站热力系统压力容器安全评估报告	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。

本文件由山西省市场监督管理局提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省特种设备安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：国网山西省电力公司电力科学研究院、山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院）。

本文件主要起草人：张浩、王兴义、高义斌、宋永刚、邬宇、黄纯德、付文华、钟黎明、冀晋川、王晨宝、赵建忠、杜晓刚。

超设计使用年限电站热力系统 压力容器安全评估要求

1 范围

本文件规定了超设计使用年限电站热力系统压力容器安全评估的术语和定义、总则、评估程序、评估步骤、评估结论和报告。

本文件适用的电站热力系统压力容器包括高压加热器、低压加热器、除氧器、连续排污扩容器和定期排污扩容器。

电站内其他的超设计使用年限压力容器的安全评估可参照本文件执行。

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 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 26610 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
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- 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 火电厂用15CrMo钢珠光体球化评级标准
- DL/T 999 电站用2.25Cr-1Mo钢球化评级标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超设计使用年限电站热力系统压力容器

达到设计使用年限或未规定设计使用年限，但实际使用超过20年的电站热力系统压力容器。

[来源：TSG 21-2016，7.1.7，有修改]

4 总则

4.1 基本原则

超设计使用年限电站热力系统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。

4.2 专项要求

4.2.1 评估机构和评估人员

对超设计使用年限电站热力系统压力容器进行安全评估的机构和人员应具备下列能力和要求:

- a) 评估机构应具有失效分析或风险分析经历,并且具备按本文件实施评估的人员和设备的能力;
- b) 评估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;
- c) 评估机构应对其评估结论的真实性、准确性、有效性负责;
- d) 评估人员应具备设计、材料、腐蚀、工艺、检验等相关知识和工程经验,并经过与本文件相关的技术培训,能够充分理解本文件的技术内容 and 应用准则;
- e) 评估人员按照本文件的要求,收集资料并确定电站热力系统压力容器的实际状态,识别其损伤模式并分析发展趋势,提出评估结论及建议,出具评估报告;
- f) 评估人员对使用单位提供的资料保密。

4.2.2 使用单位

使用单位在安全评估时应履行下列职责:

- a) 使用单位应在电站热力系统压力容器达到设计使用年限 6 个月前完成安全评估,确保安全评估在定期检验有效期内完成;
- b) 实施安全评估前,使用单位应提供评估所需要的各项资料,包括电站热力系统压力容器的设计资料、制造(安装)资料、修理改造资料、检验资料、运行记录、历史失效记录以及相关装置的工艺技术资料等,并对所提供资料的完整性、真实性和有效性负责;
- c) 超设计使用年限电站热力系统压力容器的使用管理,除满足本文件的要求外,还应同时遵守国家法律、法规的要求;
- d) 对于超设计使用年限后仍继续使用的电站热力系统压力容器,使用单位应加强日常维护和管理,严格执行工艺操作规程。

5 评估程序

超设计使用年限电站热力系统压力容器的安全评估程序包括:

- a) 资料审查;
- b) 损伤模式识别;
- c) 损伤评估和超设计使用年限电站热力系统压力容器的归类;
- d) 评估结论。

6 评估步骤

6.1 资料审查

6.1.1 超设计使用年限电站热力系统压力容器安全评估前,评估人员应对其设计、建造、运行和检修

等资料进行收集和调查。

6.1.2 设计、制造（安装）、修理改造和运行资料，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) 安装资料；
- d) 改造和维修资料；
- e) 运行记录，重点关注异常工况。

6.1.3 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3次定期检验报告；
- c) 风险评估报告；
- d) 检修计划、检修总结。

6.1.4 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；
- b) 同类容器的失效案例及其失效原因分析报告。

6.1.5 评估人员应重点关注电站热力系统压力容器设计使用条件和实际使用条件的差异，如设计腐蚀裕量与实际腐蚀情况、设计温度和压力与实际运行温度和压力的差异以及严重损伤历史及其原因分析等。

6.2 损伤模式识别

6.2.1 实施安全评估前，评估人员应进行损伤模式识别。

6.2.2 评估人员应根据电站热力系统压力容器的设计条件和使用情况，按照 GB/T 30579 或 GB/T 26610 的规定进行损伤模式识别。

6.2.3 典型的损伤模式（有关损伤模式的定义、分类、影响因素和损伤形态依据 GB/T 30579 的规定），见表 1。

表 1 典型的损伤模式

序号	损伤模式	典型损伤形态	归类方法
1	冲刷、腐蚀减薄	均匀减薄或局部减薄、分散的点腐蚀	6.3.2
2	疲劳	表面开裂、埋藏性缺陷扩展	6.3.3
3	蠕变	金相组织变化、孔洞、裂纹、几何尺寸变化	6.3.4
4	材料高温性能劣化（球化、石墨化）	金相组织变化、力学性能变化、裂纹	6.3.5

6.2.4 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补充判定：

- a) 依据其他的文献或标准；
- b) 进行相关的试验研究。

6.3 损伤评估和超设计使用年限电站热力系统压力容器的归类

6.3.1 一般原则

6.3.1.1 实施安全评估时，评估人员应按照已识别的损伤模式，对电站热力系统压力容器进行实际损伤评估。

6.3.1.2 损伤评估应考虑电站热力系统压力容器建造质量状况，以及设计使用条件和实际运行条件的差异。

6.3.1.3 当设计、建造、改造和修理等资料不齐全时，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，应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相关数据。

6.3.1.4 评估人员根据损伤与预期使用寿命的相关度对超设计使用年限电站热力系统压力容器进行归类。

6.3.1.5 损伤与预期使用寿命的相关度按下列方法判定：

- a) 不存在与时间相关的损伤模式，或经过评估存在与时间相关的损伤模式，但在运行过程中损伤或劣化程度可以忽略，判定为损伤与预期使用寿命无关；
- b) 存在与时间相关的损伤模式，在临近或超出设计使用年限后继续使用，经评估存在较低的失效可能性，判定为损伤与预期使用寿命低相关；
- c) 存在与时间相关的损伤模式，在临近或超出设计使用年限后继续使用，经评估存在较高的失效可能性，判定为损伤与预期使用寿命高相关；
- d) 冲刷、腐蚀减薄。

6.3.2 冲刷、腐蚀减薄

6.3.2.1 对存在冲刷、腐蚀减薄损伤模式的电站热力系统压力容器，评估人员应根据工艺介质条件、宏观检验和壁厚测量的历史情况进行损伤评估。

6.3.2.2 存在冲刷、腐蚀减薄损伤模式的电站热力系统压力容器按下列方法进行归类：

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

6.3.3 疲劳

6.3.3.1 对存在疲劳损伤模式的电站热力系统压力容器，评估人员应根据其运行情况、宏观检验和无损检测历史情况进行损伤评估。

6.3.3.2 存在疲劳损伤模式的电站热力系统压力容器按下列方法归类：

- a) 近 3 次检验未发现疲劳裂纹的电站热力系统压力容器，可归类为与预期使用寿命无关；
- b) 近 3 次检验发现疲劳裂纹且裂纹未发生扩展的电站热力系统压力容器，可归类为与预期使用寿命低相关；
- c) 近 3 次检验发现疲劳裂纹且裂纹已发生扩展的电站热力系统压力容器，可归类为与预期使用寿命高相关。

6.3.4 蠕变

6.3.4.1 对存在蠕变损伤模式的电站热力系统压力容器，评估人员应确认其设计条件和操作条件的差异，并根据其实际运行参数及历史宏观检验情况进行损伤评估，必要时补充金相、硬度等检测。

6.3.4.2 存在蠕变损伤模式的电站热力系统压力容器按下列方法归类。

- a) 确定正常工况下最高操作温度 T_{OP} 和评价温度 T_{EVAL} 。当壳体仅存在环焊缝时， $T_{EVAL} = T_{OP}$ ；当壳体存在至少一条纵焊缝时， $T_{EVAL} = T_{OP} + 14^{\circ}\text{C}$ 。

- b) 评价温度 T_{EVAL} 低于表 2 和表 3 规定的相应材料临界温度 T_{Cl} 时, 可归类为与预期使用寿命无关。
- c) 评价温度 T_{EVAL} 高于或者等于表 2 和表 3 规定的相应材料临界温度 T_{Cl} 时, 可归类为与预期使用寿命低相关或高相关, 其中:
- 1) 近 3 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;
 - 2) 曾发现蠕变损伤或蠕变变形, 或无可靠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。

表 2 常见钢板蠕变损伤模式临界控制温度 T_{Cl} 推荐值

序号	类别	牌号	材料标准	使用状态	临界温度 $T_{\text{Cl}}/^\circ\text{C}$
1	碳素钢	Q245R	GB/T 713	热轧、控扎、正火	375
2	低合金钢	Q345R	GB/T 713	热轧、控扎、正火	375
3		18MnMoNbR	GB/T 713	正火+回火	410
4		15CrMoR	GB/T 713	正火+回火	450
5		12Cr2Mo1R	GB/T 713	正火+回火	450
6		12Cr1MoVR	GB/T 713	正火+回火	450

表 3 常见锻件蠕变损伤模式临界控制温度 T_{Cl} 推荐值

序号	类别	牌号	材料标准	使用状态	临界温度 $T_{\text{Cl}}/^\circ\text{C}$
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		15CrMo	NB/T 47008	正火、正火+回火、调质	450
4		20MnMo	NB/T 47008	调质	410
5		20MnMoNb	NB/T 47008	调质	410

6.3.5 材料高温性能劣化

6.3.5.1 对存在高温材质劣化损伤模式的电站热力系统压力容器（金相组织为珠光体的碳钢、碳锰钢等低合金材料, 应考虑球化和石墨化; 金相组织为贝氏体的铬钼钢、铬钼钒钢等耐热金属, 应考虑组织退化）, 评估人员应根据其实际运行条件、硬度和金相检测历史情况进行损伤评估。

6.3.5.2 存在球化和石墨化损伤模式的电站热力系统压力容器按下列方法归类。

- a) 服役温度低于 375°C （碳钢）、 425°C （铬钼钢）、 475°C （铬钼钒钢）的, 可归类为与预期寿命无关。
- b) 对于历史检验（检测）结果符合下列情况之一的, 可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, 可归类为与预期使用寿命低相关:
 - 1) 对于金相组织为珠光体的碳钢、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) 对于金相组织为贝氏体的铬钼钢，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）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，可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) 石墨化 4 级；
 - 3) 当 c) 中无法判断材料劣化趋势或出现进一步劣化趋势。

6.3.5.3 材料的球化评级方法按照 DL/T 674、DL/T 773、DL/T 787、DL/T 999 等执行；石墨化评级方法按照 DL/T 786 执行。

7 评估结论及报告

7.1 超设计使用年限电站热力系统压力容器安全评估完成后，评估人员应逐台给出评估结论并出具评估报告，报告格式可参照附录 A 执行。

7.2 评估结论包括超设计使用年限电站热力系统压力容器的损伤模式及其与预期使用寿命的相关度。

附录 A

(规范性)

超设计使用年限电站热力系统压力容器安全评估报告

超设计使用年限电站热力系统安全评估报告见表A.1。

表 A.1 超设计使用年限电站热力系统压力容器安全评估报告

报告编号：

技术资料			
容器名称		投入使用日期	
设计单位		设计使用年限	
制造单位		出厂编号	
设备代码		使用登记证编号	
容器高/长		容积(换热面积)	
材质		规格	
设计压力		工作压力	
设计温度		工作温度	
工作介质		评估日期	
运行工况条件下可能发生的损伤			
损伤模式	损伤模式识别	与预期寿命相关度	
冲刷、腐蚀减薄	☐ 有 ☐ 无		
疲劳	☐ 有 ☐ 无		
蠕变	☐ 有 ☐ 无		
材料高温性能劣化	☐ 有 ☐ 无		

参 考 文 献

- [1] TSG 21-2016 固定式压力容器安全技术监察规程
-