

ICS 27.120.20  
F65  
备案号: 41453—2013

**NB**

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20222—2013

---

## 压水堆核电厂蒸汽发生器老化指南

Ageing management guideline of steam generator in PWR nuclear power plants

2013 - 06 - 08 发布

2013 - 10 - 01 实施

国家能源局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 定义和术语 .....	1
4 老化管理主要部件 .....	1
5 老化管理的组织机构 .....	2
6 全寿期老化管理 .....	2
7 老化管理过程 .....	2
8 老化管理内容 .....	3
附录 A (资料性附录) 蒸汽发生器老化机理 .....	8
附录 B (资料性附录) 蒸汽发生器老化相关的数据 .....	11
附录 C (资料性附录) 蒸汽发生器老化效应的探测 .....	13
参考文献 .....	15

## 前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准参考IAEA-TECDOC-1668《核电厂安全相关重要设备老化的评估和管理-蒸汽发生器》和NUREG-1801《通用老化经验报告》。

本标准由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本标准由核工业标准化研究所归口。

本标准起草单位：苏州热工研究院有限公司。

本标准起草人：薛飞、朱成虎、施震灏、王兆希、周琳、韩传伟、林根仙。

# 压水堆核电厂蒸汽发生器老化指南

## 1 范围

本标准规定了压水堆核电厂立式U形传热管自然循环蒸汽发生器 (Steam Generator, 以下简称SG) 老化管理工作的基本要求。

本标准适用于压水堆核电厂立式U形传热管自然循环蒸汽发生器老化管理工作的计划制定、实施和完善, 其它类型的蒸汽发生器的老化管理工作可参考使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件, 仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

HAD103/12—2012 核动力厂老化管理

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

一回路应力腐蚀破裂 primary water stress corrosion cracking (PWSCC)

一回路应力腐蚀破裂也称为内径应力腐蚀破裂 (inner diameter stress corrosion cracking, 简称IDSCC), 是一种发生在传热管内表面的应力腐蚀破裂形式。

### 3.2

二次侧应力腐蚀破裂 outside diameter stress corrosion cracking (ODSCC)

二次侧应力腐蚀破裂包括晶间应力腐蚀破裂 (intergranular stress corrosion cracking, 简称IGSCC) 和晶间腐蚀 (intergranular attack, 简称IGA) 两种形式, 是一种发生在传热管外表面的应力腐蚀破裂形式, 与拉应力、材料敏感性、温度和腐蚀性环境有关。

## 4 老化管理主要部件

### 4.1 一次侧压力边界部件

如底封头, 一回路冷却剂进、出口接管, 一次侧人孔, 管板, 传热管。

### 4.2 二次侧压力边界部件

如二次侧壳体, 蒸汽出口接管, 主给水接管, 辅助给水接管, 二次侧人孔组件/手孔组件/眼孔组件, 螺栓螺母。

#### 4.3 一次侧内部构件

如水室分隔板，堆焊层。

#### 4.4 二次侧内部构件

如排污管组件，管束套筒组件，传热管支承板，流量分配挡板，防振条，给水环组件，汽水分离器组件，干燥器组件，泥渣收集器组件，拉杆。

### 5 老化管理的组织机构

核电厂老化管理组织机构应负责蒸汽发生器的老化管理。

应确定该组织机构的职责分工及与其他组织机构的接口，为蒸汽发生器的老化管理提供资源保证，以协调各项老化管理活动，开展蒸汽发生器老化管理大纲的制定、实施和完善工作。

### 6 全寿期老化管理

#### 6.1 役前阶段的老化管理

役前阶段的老化管理包括设计、制造、安装以及调试阶段的老化管理工作，主要是结合最新的老化实践活动和研究成果进行老化管理，包括在设计、制造过程中充分考虑蒸汽发生器的老化因素，材料的留样和试验，以及设计、制造、安装和调试相关数据的采集和保存等方面工作，为核电厂在役阶段老化管理工作的开展奠定基础。

#### 6.2 在役阶段的老化管理

在役阶段的老化管理包括设计寿命期间以及许可证延续运行期间的老化管理工作，主要是通过运行、检查和监测、分析和评估以及维修缓解活动来保证及时发现和缓解可能影响蒸汽发生器安全功能的老化降质现象。

#### 6.3 退役阶段的老化管理

应制定适当的方案以确保蒸汽发生器保持其应有的功能和可用性，以满足核动力厂退役活动的需要。

### 7 老化管理过程

蒸汽发生器的老化管理是一个系统化的过程，按照图1所示的德氏图的方法进行管理，具体内容详见第8章。



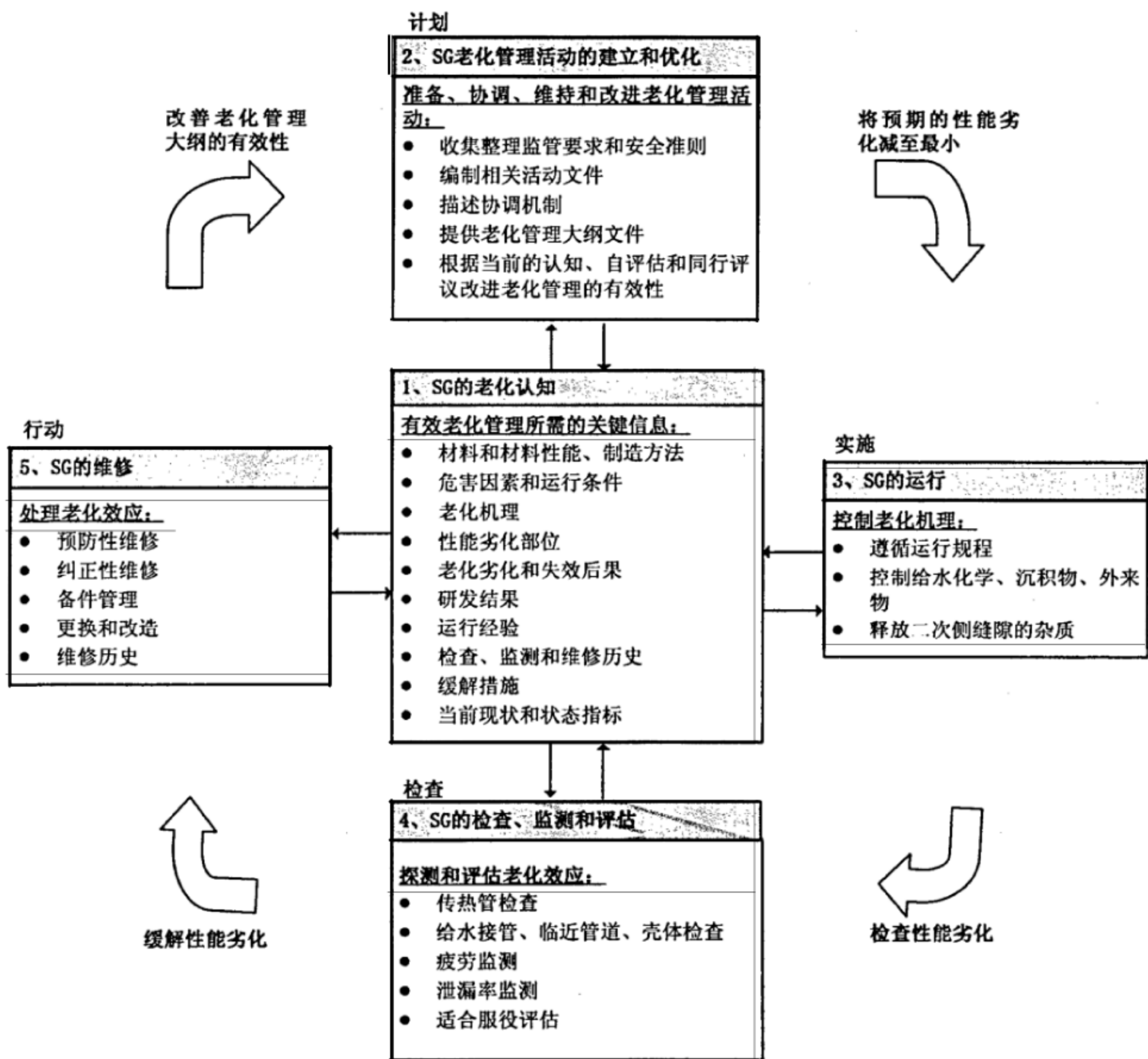


图1 蒸汽发生器老化管理德氏图

## 8 老化管理内容

### 8.1 老化的识别

#### 8.1.1 一般要求

对蒸汽发生器的老化识别应建立在对老化机理的充分认知和对特定核电厂运行环境等条件的充分分析的基础之上，确定蒸汽发生器部件的以下信息：

- a) 功能要求；
- b) 材料及其特性；
- c) 运行环境、状态和影响因素；
- d) 易发生老化降质的敏感部位；

- e) 影响老化降质的关键老化机理、效应；
- f) 老化管理措施。

应汇编核电厂蒸汽发生器相关的数据文件或建立蒸汽发生器老化管理数据库，作为其老化管理的基础。数据包括设计基准、制造、安装和调试记录、运行记录，以及检查、监测和试验记录（见附录B）。

老化识别是一个持续动态的过程，应借鉴同类核电厂的经验反馈以及业界的研究成果等良好认知和实践持续更新对蒸汽发生器老化的识别。

### 8.1.2 老化机理

蒸汽发生器的老化机理主要有：

- a) 传热管的微动磨损、腐蚀（如应力腐蚀破裂、点蚀等）、疲劳和结垢；
- b) 入口、出口接管及焊缝处的疲劳；
- c) 水室分隔板的应力腐蚀破裂；
- d) 给水环及分离器的流动加速腐蚀；
- e) 内部构件的腐蚀；
- f) 松动部件导致的损伤。

附录A中给出了55/19B型蒸汽发生器的主要老化机理。

## 8.2 老化管理大纲的编制

### 8.2.1 一般要求

老化管理大纲应协调运行、检查、监测、维修以及影响蒸汽发生器所处的环境状态或服役条件的管理活动，应采用文件表述老化管理大纲。

### 8.2.2 老化管理大纲的内容

根据HAD103/12—2012中相关要求，核电厂蒸汽发生器老化管理大纲的内容应至少包含以下9个基本要素，见表1。

表1 老化管理大纲应涵盖的内容

序号	基本要素	描述
1	基于老化认知的老化管理大纲的范围	<ul style="list-style-type: none"><li>• 需要进行老化管理的构筑物（包括构筑物构件）和部件；</li><li>• 老化现象（主要的老化机理、敏感部位）的认知：<ul style="list-style-type: none"><li>——构筑物/部件的材料、服役条件、危害因素、劣化部位、老化机理及老化效应；</li><li>——构筑物/部件状态指标及验收准则；</li><li>——老化现象相关的定量或定性预测模型。</li></ul></li></ul>
2	缓解和控制老化劣化的预防性措施	<ul style="list-style-type: none"><li>• 预防性行动的确定；</li><li>• 监测或检查参数的确定；</li><li>• 需要维持的服役条件（即环境和运行条件），以及用于减缓构筑物或部件潜在劣化的操作方法。</li></ul>
3	老化效应的探测	<ul style="list-style-type: none"><li>• 在构筑物或部件失效前及时探测出老化效应的有效技术（检查、试验和监测方法）。</li></ul>
4	老化效应的监测和劣化趋势预测	<ul style="list-style-type: none"><li>• 监测的状态指标和参数；</li><li>• 收集有助于构筑物或部件老化评估的数据；</li><li>• 评估方法（包括数据分析和趋势预测）。</li></ul>

表 1 老化管理大纲应涵盖的内容（续）

序号	基本要素	描述
5	老化效应的缓解	• 能缓解构筑物或部件探测出的老化效应和/或劣化的运行、维护、修理和更换活动。
6	验收准则	• 用于判断是否需要采取纠正行动的验收准则。
7	纠正行动	• 当某一部件不满足验收准则时需采取的纠正行动。
8	运行经验和研发结果反馈	• 确保及时对运行经验和研发结果进行反馈的机制（如果适用），并提供这些反馈已在老化管理大纲中得到充分考虑的客观证明。
9	质量管理	• 对老化管理大纲实施及所采取行动的文档化管理； • 有助于对老化管理大纲进行评价和改进的指标； • 确保预防性行动充分、适当以及所有纠正行动已经完成且有效的确认（验证）过程； • 应遵循的记录保存方法。

8.2.3 老化管理大纲的有效性评估

核电厂应定期根据最新的认知、自我审查和同行审查对老化管理大纲的有效性进行评估，并根据评估结果优化老化管理大纲。

8.2.4 老化管理大纲的审查、优化

应定期根据最新的认知，自我审查、同行审查和综合审查优化管理大纲，见表2。

表2 老化管理大纲的审查优化

审查类型	审查机构	目的	建议频度
自我审查	老化管理小组	优化老化管理大纲	1a~3a
同行审查	业内同行	审查现有的相关大纲是否符合普遍接受的标准	2a~5a
综合审查	国家核安全监管部门	审查老化是否得到有效的管理	10a

8.3 运行

8.3.1 总体要求

对蒸汽发生器老化管理中运行方面的总体要求如下：

- a) 通过将蒸汽发生器的运行状态保持在设计限值以内，从而将老化降质控制到最低程度，包括：
  - 1) 遵循运行规程；
  - 2) 保持运行状态在设计限值以内；
  - 3) 系统、有效地记录和保存运行过程中产生的数据。
- b) 应关注、监测和控制蒸汽发生器难以接近部位的运行环境。

8.3.2 具体内容

对蒸汽发生器老化管理中运行方面的具体要求如下：

- a) 一回路水化学参数控制应严格按照一回路运行技术规范的要求执行。应主要注意以下几个方面：
  - 1) 正确控制一回路反应堆冷却剂中氢浓度以控制水的辐照分解，从而控制一回路反应堆冷却剂中溶解氧浓度，减少蒸汽发生器的腐蚀；
  - 2) pH 值的控制，减少腐蚀产物的产生和迁移；



- 3) 卤素类腐蚀敏感杂质控制;
  - 4) 通过化学和容积控制系统的过滤、离子交换和除气,减少一回路反应堆冷却剂中的杂质浓度。
- b) 二回路水化学参数控制应严格按照二回路运行技术规范的要求执行,应主要注意以下几个方面:
- 1) 尽可能减少传送至蒸汽发生器的腐蚀产物;
  - 2) 合适的还原性环境(避免出现氧化环境);
  - 3) 合理的控制好进入蒸汽发生器的杂质,重点关注:
    - 保持凝汽器完整性,凝汽器在电厂寿期内应无重大泄漏;
    - 凝结水精处理系统的使用,避免从凝结水精处理装置中引入低浓度腐蚀剂等杂质;
    - 排污水的再循环,避免氯化物和其他杂质经再循环补给水引入蒸汽发生器;
    - 铅污染,应通过制定有效的运行规程来控制铅的引入;
    - 铜污染,应在二回路冷却剂系统中限制铜基合金的使用。
- c) 应严格控制蒸汽发生器运行过程中的瞬态,避免出现超出设计之外的瞬态。
- d) 应对蒸汽发生器的热工水力性能进行监督和管理,应至少关注:
- 1) 给水及蒸汽的温度、压力、流量;
  - 2) 蒸汽湿度;
  - 3) 热功率;
  - 4) 热平衡数据;
  - 5) 水位变化;
  - 6) 压力损失等指标参数。
- e) 应控制蒸汽发生器中的沉积物。
- f) 应做好蒸汽发生器停运期间的保养。

## 8.4 检查、监测和评估

### 8.4.1 总体要求

蒸汽发生器的检查、监测和评估活动应当能在蒸汽发生器安全裕度下降前发现其性能降质。在对蒸汽发生器老化导致的性能降质识别的同时,检查、监测和评估的结果为后续维修活动的类型、时间以及为管理已知老化效应而进行的工况改变的决策提供依据。对蒸汽发生器开展相关检查、监测和评估时,应按照相关标准和规范执行,收集并记录检查和监测的结果,同时评估当前和未来的状态。蒸汽发生器相关的检查、监测和评估方法详见附录C。

系统、有效地记录和保存检查、监测和评估过程中产生的数据。

### 8.4.2 检查方法

蒸汽发生器老化效应的检查方法主要包括:

- a) 目视检查或视频检查;
- b) 涡流检查;
- c) 超声检查;
- d) 超声测厚;
- e) 射线检查;
- f) 液体渗透检查。

### 8.4.3 监测类型

蒸汽发生器老化效应的监测类型主要包括：

- a) 温度、压力监测；
- b) 水化学监测，包括排污水的水化学与放射化学监测；
- c) 一次侧向二次侧的泄漏监测；
- d) 松动部件监测；
- e) 瞬态和疲劳监测。

#### 8.4.4 评估

应按照可接受准则评估蒸汽发生器当前的老化状态是否可以接受，并根据评估结果预测未来的发展趋势和性能变化，以确定蒸汽发生器是否适合服役并指导后续的维修活动。

### 8.5 维修缓解

#### 8.5.1 分类

蒸汽发生器的维修活动包括预防性维修和纠正性维修。

预防性维修，包括：

- a) 加强检查和监测，开展基于现状的维修；
- b) 为防止加速老化而优化维修规程；
- c) 在部件的性能不能满足设计要求之前改造或更换受损部件。

纠正性维修，包括：

- a) 局部修复，恢复部件至可接受状态，如给水接管热疲劳产生裂纹的研磨、焊接修理等；
- b) 在部件的性能不能满足设计要求之后改造或更换受损部件，如给水环、防振条的更换。

#### 8.5.2 具体方法

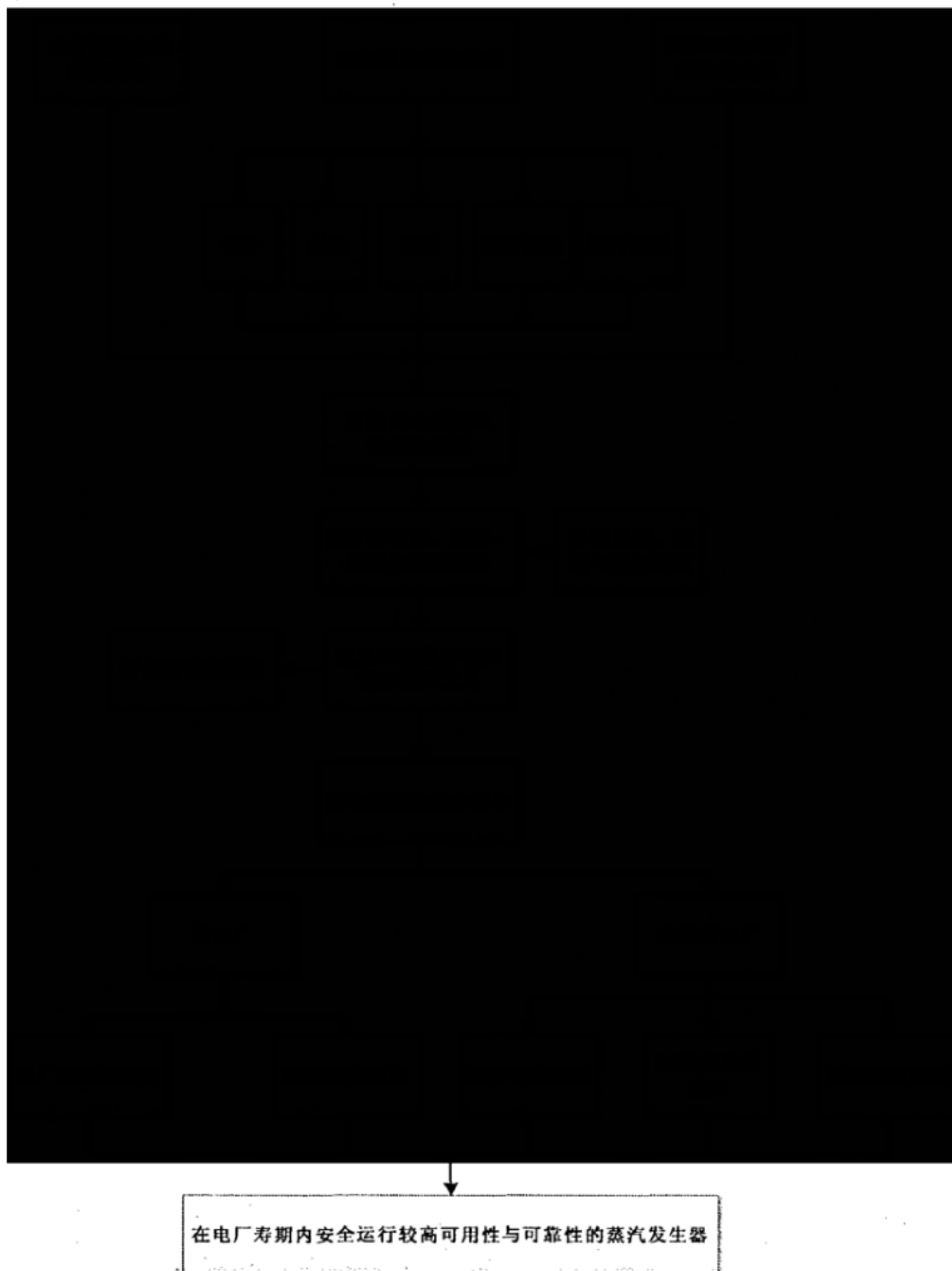
8.5.2.1 传热管一次侧老化维修缓解技术，如旋转式表面硬化和喷丸硬化、消应力处理、降低热管段温度、一回路加锌等。

8.5.2.2 传热管二次侧老化维修缓解技术，如传热管的维修（堵管、衬套管和镀镍等）。

8.5.2.3 其他维修缓解技术，如振动控制（如预热器修理、防振条更换等），给水接管和管道热疲劳的缓解，给水环的更换，二次侧异物处理，机械冲洗（水力冲洗），热浸泡，保养，蒸汽发生器的更换等。

附 录 A  
(资料性附录)  
蒸汽发生器老化机理

蒸汽发生器的老化管理需要对可能涉及到的老化机理有一个深度的分析及良好的理解。图A.1给出了一般的工作方法。



图A.1 蒸汽发生器老化机理与持续改进的分析

压水堆蒸汽发生器的各部件的老化机理以55/19B 合金690传热管蒸汽发生器为例，见表A.1，其中包括了老化所对应的部件、材料、环境、老化机理及老化效应。

表A.1 蒸汽发生器各部件老化机理(55/19B)

部件	材料	环境	老化机理	老化效应
传热管及堵管堵头	Alloy 690	反应堆冷却剂	PWSCC	材料丧失、裂纹萌生和扩展
传热管（传热管与支撑板接触区、传热管与振动条接触区）	Alloy 690	二回路给水	磨损	材料丧失、裂纹萌生和扩展
传热管（管板及支撑板处泥渣沉积区）	Alloy 690	二回路给水及泥渣	腐蚀	壁厚减薄、材料丧失
传热管（自由段及U形段）	Alloy 690	反应堆冷却剂和二回路给水/蒸汽	疲劳	裂纹萌生和扩展
传热管	Alloy 690	松动部件及异物	凹陷	传热管变形、破裂
传热管（积污附近）	Alloy 690	二回路给水或蒸汽	ODSCC	裂纹萌生和扩展
底封头接管	20Mn5M	一回路给水	热疲劳	裂纹萌生和扩展
二次侧给水接管、辅助给水接管	18MnD5	二回路给水	热疲劳	裂纹萌生和扩展
蒸汽出口接管	18MnD5	二回路蒸汽	热疲劳	裂纹萌生和扩展
给水环及其附件	A42CP	二回路给水及蒸汽	流动加速腐蚀	材料丧失、裂纹萌生和扩展
蒸汽发生器焊缝	各种	反应堆冷却剂和二回路给水/蒸汽	应力腐蚀开裂	裂纹萌生和扩展
一次侧底封头	20Mn5M	一回路给水及异物	损伤	底封头内部变形
蒸汽发生器壳体、传热管支撑板、管束套筒等	壳体及支撑板: 18MnD5, 传热管管束套筒: A42CP	二回路给水	一般腐蚀、点蚀、缝隙腐蚀	壁厚减薄、裂纹萌生和扩展
蒸汽发生器壳体（外表）	18MnD5	含硼酸的空气环境	硼酸腐蚀	材料丧失



在反应堆冷却剂系统中，蒸汽发生器被普遍认为是主要的薄弱环节，占承压边界面积近80%的传热管易受多种老化机理的影响而发生性能降质。表A.2是传热管的老化机理及影响因素，并给出了易于发生这种老化机理的位置、潜在的失效模式。

表A.2 压水堆蒸汽发生器传热管老化降质总结

老化机理	影响因素	降质位置	潜在失效模式
微振磨损，磨损	流致振动，化学侵蚀	传热管与防振条之间的接触点或者传热管及预热器热屏	局部磨损
		传热管与松动部件的接触区	取决于松动部件的几何外形
		传热管之间的接触区	轴向磨损
一次侧应力腐蚀 破裂	温度，残余拉应力，敏感的材料	U形弯头内表面	复杂裂纹
		滚胀/滚胀过渡区	复杂裂纹
		经吻胀的滚胀过渡区	轴向裂纹
		发生凹陷的传热管区域	环向裂纹
二次侧应力腐蚀 破裂	拉应力，杂质浓缩，敏感材料	传热管与管板之间的缝隙	轴向或环向裂纹
		泥渣堆	环向裂纹
		传热管支撑部位	轴向裂纹
		自由段	轴向裂纹
点蚀	碱性水，氯化物，硫化物，氧，氧化铜	积污堆中的冷管段，含铜积污覆盖中的热管段	局部侵蚀，管壁减薄，甚至穿孔
高周疲劳	高阶应力水平和流致振动，初始缺陷（裂纹、凹陷、孔洞等）	在上支撑末端（如果传热管被夹住）	贯穿性环向裂纹
结垢	二次侧给水水化学、温度等	传热管与支撑板接触区域、管板上表面	局部腐蚀、壁厚减薄
凹陷	松动部件的数量、质量、尺寸等	传热管	变形或开裂

## 附录 B

## (资料性附录)

## 蒸汽发生器老化相关的数据

全面认知蒸汽发生器及其老化所致的性能降质与性能降质对蒸汽发生器执行其设计功能能力的影响是老化管理关注的基本要素。这些认知源自：设计基准（包括适用法规和管理要求等）、制造和调试记录（包括材料性能和规定的运行工况等）、运行和维修记录（包括运行瞬态记录等）、检查和监测记录（包括在役检查和在线监测、试验等）。

设计基准数据规定了蒸汽发生器具体的安全和结构功能、使用材料的类型和特性，以及假定的运行条件。这些信息用于潜在性能降质及其部位的初步评估，并揭示性能降质对其功能和性能方面可能产生的影响。设计文件包括为保证蒸汽发生器的结构完整性而制定的详细规定或设计限值。

制造和调试数据反映了蒸汽发生器制造过程和安装工艺的质量，一般包括：蒸汽发生器制造完工报告、焊接信息、不符合项信息等。业界的经验反馈已表明：失效最常见的原因之一是安装调试问题，其征兆常常在蒸汽发生器服役初期已很明显。

运行数据提供了蒸汽发生器服役条件下的历史信息，这些数据应与原始的设计基准进行比较，并核对不符合之处。运行数据有特殊价值，可用于详细评估老化机理的未来潜在影响。运行数据一般包括压力-温度记录、水化学记录（一次侧及二次侧）、瞬态统计、热平衡数据以及重要事件报告等。

检查和监督数据提供了蒸汽发生器服役状态的历史信息和判断当前性能的基准，一般包括：在役检查数据、巡检记录、内部松动部件监测信息、一次侧向二次侧泄漏监测信息、水压试验信息等。这些信息对跟踪性能降质的进程有重要价值。数据需经审查，以确认蒸汽发生器服役状态随时间的变化是稳定的、可预测的。同样，这些数据对于判断已经执行的维修措施是否有效也十分重要。

上述四种类型的数据均作为核电厂蒸汽发生器老化管理的原始数据，特定类型的蒸汽发生器还需考虑其特定的专属数据与资料。在建立蒸汽发生器老化管理数据库过程中，需要判断将来可能获得的数据的数量和类型，数据收集的方法与流程应基于老化管理大纲的需求。

推荐收集与记录的主要数据如表B.1所示。

表B.1 蒸汽发生器老化相关的数据

数据类型	来源	信息
设计基准数据	设计计算	设计寿命 设计规范或标准 材料设计特性 设计压力、设计温度、设计压降 出口蒸汽湿度 给水流量与蒸汽流量 传热系数 设计最大污垢系数 传热管堵管率要求 设计分析结果

表 B.1 蒸汽发生器老化相关的数据(续)

数据类型	来源	信息
制造、安装和调试数据	制造图纸和档案	制造完工报告 竣工图 制造不符合项记录
	安装记录	安装记录文件
	技术规范	制造标准 技术变更 技术规范变更 材料特性 QA 等级、检查、试验 制造工艺
	质量控制记录	鉴定材料试验记录 设计规范规定的制造和调试数据
	试运行试验记录	水压试验记录 氦检漏试验记录 出口蒸汽湿度 传热效率与传热性能 热平衡数据
电厂运行数据	电厂运行活动	一回路水化学数据 二回路水化学数据 干保养与湿保养记录 热工水力运行数据 主要的运行操作变更
检查和监测数据	检查和监测记录	无损检查数据 一次侧向二次侧泄漏的试验及监督数据 水压试验记录 松动部件监测数据 瞬态监测数据 排污水水化学及放射化学监测记录 蒸汽发生器仪表系统的测量数据
维修数据	电厂管理/实施	电厂历史 维修与更换历史
经验反馈	电厂经验反馈系统	电厂内部事件反馈
	外部经验反馈	电厂外部事件反馈 业界的研究成果 业界的良好实践



附 录 C  
(资料性附录)  
蒸汽发生器老化效应的探测

## C.1 概述

定期对蒸汽发生器老化敏感部件进行监督和检查在SG老化管理中处于关键地位,进行这样的状态监督检查与评估有利于核电厂在SG安全裕量受到损害之前发现部件的严重降质,并确定降质性质的一系列活动。

对蒸汽发生器检查和监督的要求和技术,重点应关注传热管及给水管嘴,C.1.1及C.1.2给出了传热管与给水管嘴的检查和监测技术。

## C.2 传热管与给水管嘴的检查

### C.2.1 传热管的检查方法

#### C.2.1.1 传热管涡流检查

蒸汽发生器传热管的检查对核电厂的安全和经济运行至关重要,电厂通常采用涡流检查的方式了解传热管的现状。涡流检查对薄壁管的检查效果良好,检查效率高。广泛使用的有两种探头:标准的Bobbin线圈探头和较为灵敏的多频旋转扁平线圈探头(MRPC)。对关注部位的增补检验可采用较慢的但是更灵敏的旋转扁平线圈探头。然而,这些检查方法确定缺陷大小的能力是有限的,通常需要配合其他检查方法。

#### C.2.1.2 传热管超声检查和其它检查方法

超声检查是对部件进行在役检查的一种体积无损检查方法,常用的几种方法有:电磁声学变送器(EMAT)、脉冲回波超声测量、光学表面光度仪等。

#### C.2.1.3 传热管破坏性检验

可通过将已检查的传热管从运行的蒸汽发生器里取出来后在实验室里检查缺陷的特征来验证。对取出的传热管进行适当的破坏性检验不仅可以量化缺陷显示,而且可以获取相当多的老化机理信息。

### C.2.2 给水接管的检查方法

给水接管的检查部位主要集中在给水管道焊缝和紧邻焊缝的母材。现行的役前检查和在役检查要求包括体积检查和表面检查。

## C.3 蒸汽发生器的监测

### C.3.1 传热管泄漏的监测

在线监测蒸汽管线里的 $^{16}\text{N}$ 可以即时地发现从一次侧到二次侧的泄漏情况。



### C.3.2 给水管嘴疲劳损伤的监测

给水管嘴的疲劳监测主要通过收集电厂现有的测量仪表的数据，使用Green温度-应力函数及有序的全量程循环计数法来处理这些数据。疲劳监测系统已在多个国家的核电站广泛使用，如美国EPRI的FatiguePro，法国EDF的SYSFAC，AREVA的FAMOS，以及俄罗斯的SACOR等。

### C.3.3 松动部件的监测

松动部件的监测可通过电站专设的松动部件监测仪表系统完成，通过监测到的数据，开展蒸汽发生器的检查，了解松动部件的信息，分析其来源及是否会对蒸汽发生器造成损伤。电厂应制定相应管理程序来减少松动部件的产生，当松动部件出现时，能够进行有效的去除。

## C.4 蒸汽发生器的评估

### C.4.1 传热管适于服役评估方法

通用准则方法，对所有缺陷和性能降质机理采用最简单的和最保守的评估方法（例如最小壁厚限值等）。需验证蒸汽发生器的结构完整性、事故工况导致的泄漏情况、正常运行时的泄漏情况。各电厂应根据电厂蒸汽发生器的自身特点制定传热管适于服役的评估准则及方法。

### C.4.2 评估内容

核电厂应基于老化管理相关设计、制造、运行、维修、缓解的数据，定期或者不定期地对影响蒸汽发生器结构和安全功能的各项老化现象进行分析评价，其评价内容主要包括：承压部件的结构完整性分析与评价、传热管的适于服役评价、蒸汽发生器运行环境分析评价等。

参 考 文 献

- [1] International Atomic Energy Agency, Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: Steam Generator, IAEA-TECDOC-1668 , 2011 UPDATE
  - [2] International Atomic Energy Agency, Data Collection and Record Keeping for the Management of Nuclear Power Plant Ageing , No.50-P-3, May 2008.
  - [3] U.S. Nuclear Regulatory Commission, Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report, NUREG-1801, December 2010
  - [4] Nuclear Energy Institute Report 97-06 Steam Generator Program Guidelines Rev. 2 May 2005.
-

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
压水堆核电厂蒸汽发生器老化指南  
NB/T 20222—2013

\*

核工业标准化研究所发行  
北京海淀区骚子营 1 号院  
邮政编码：100091  
电话：010-62863505  
机械工业信息研究院印制部印刷  
版权专有 侵权必究

\*

2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷  
印数 1—200