

核安全导则 HAD103/12-2024

核动力厂老化管理

(国家核安全局 2024 年 8 月 12 日批准发布)

国家核安全局

核动力厂老化管理

(2024年8月12日国家核安全局批准发布)

本导则自2024年8月12日起实施

本导则由国家核安全局负责解释

本导则是指导性文件。在实际工作中可以采用不同于本导则规定的方法和方案，但必须证明所采用的方法和方案至少具有与本导则相同的安全水平。

目 录

1 引言	1
2 总的要求	1
3 营运单位职责	3
4 老化管理方法	4
4.1 老化管理方法概述	4
4.2 构筑物、系统和设备范围界定和对象筛选	6
4.3 老化管理审查	7
4.4 时限老化分析	13
4.5 技术过时管理	14
5 老化管理大纲	15
5.1 老化管理大纲的编制	15
5.2 老化管理大纲的实施	17
5.3 老化管理大纲的审查和改进	17
6 全寿期老化管理	18
6.1 概述	18
6.2 设计阶段	18
6.3 制造和建造阶段	19
6.4 调试阶段	20
6.5 运行阶段	20
7 数据收集和记录保存	24
名词解释	26
附录 老化管理数据收集和记录保存内容	28

1 引言

1.1 《核动力厂调试和运行安全规定》中对核动力厂构筑物、系统和设备开展老化管理确定了原则，本导则是对该规定中老化管理有关条款的说明。

1.2 本导则的目的是为核动力厂开展有效的老化管理提供指导和建议。

1.3 本导则适用于核动力厂安全重要构筑物、系统和设备（以下简称构筑物、系统和设备）的老化管理，其他核设施的老化管理可参照执行。

2 总的要求

2.1 核动力厂营运单位（以下简称营运单位）应对核动力厂构筑物、系统和设备开展主动的（有预见性和有针对性的）老化管理，老化管理应贯穿核动力厂的设计、建造、调试、运行等各个阶段。对构筑物、系统和设备老化的有效管理是确保核动力厂安全、可靠运行的一个重要因素。

2.2 核动力厂老化管理包括实物老化管理和过时管理，过时管理包括知识、法规标准和技术过时管理。本导则仅规定了技术过时管理要求，其他类型的过时管理应参照核动力厂定期安全评价相关要求执行。

2.3 核动力厂老化管理用于确保整个运行期间核动力厂所需安

全功能的可用性，并考虑其随时间和使用过程的变化。这要求既要考虑构筑物、系统和设备实物老化引起的性能劣化，也要考虑构筑物、系统和设备技术过时的影响。

2.4 应持续评估实物老化和技术过时对核动力厂安全的累积效应，并通过定期安全评价或等效的、系统的安全再评价予以评估。

2.5 为维持核动力厂的安全性，应探测构筑物、系统和设备的老化效应，确定老化有关的安全裕度的降低程度，并采取有效措施确保构筑物、系统和设备的完整性及执行所必需的安全功能。

2.6 构筑物、系统和设备的实物老化会增加共因故障的概率，实体屏障和多重部件性能的同时劣化可能导致纵深防御系统中的一个或多个防护层次的损害。因此，在实施构筑物、系统和设备的老化管理筛选中，不考虑构筑物、系统和设备的多重性和多样性。

2.7 有效的老化管理（包括分析所有老化机理）应协调已有的各个大纲和程序，如维修、在役检查、监督、运行、化学等。

2.8 营运单位应根据系统化的老化管理方法编制、实施、审查和改进老化管理大纲。营运单位应根据老化管理大纲建立老化经验、数据收集和记录保存系统。老化管理大纲为营运单位内部文件，营运单位应定期对老化管理大纲的有效性进行审查，以促进老化管理大纲的实施和改进。

2.9 营运单位应在核动力厂运行期间对构筑物、系统和设备的技

术过时进行主动管理，应在构筑物、系统和设备的可靠性和可用性降低到不可接受下限之前解决技术过时问题。

2.10 营运单位建立的老化管理大纲应涵盖技术过时管理，并对其各个环节予以监督，以确保实现技术过时管理的目标，不能因技术过时影响机组的安全运行。

2.11 时限老化分析应论证在假定的运行期限内被分析的老化效应不影响构筑物、系统和设备执行其预定功能。

2.12 营运单位应通过定期安全评价的方式评价核动力厂老化管理的有效性，持续改进老化管理，以维持核动力厂的安全性。

3 营运单位职责

3.1 营运单位应确定一个老化管理主责部门，其职责应包括：

- (1) 编制老化管理大纲；
- (2) 协调现有和新编制的老化管理相关大纲；
- (3) 审查和改进老化管理大纲；
- (4) 对老化相关运行经验和研发成果进行系统的跟踪和调研，并评价这些经验和成果能否应用于本核动力厂；
- (5) 指导跨学科老化管理小组（包括常设的或专项的）处理复杂的老化问题；
- (6) 与技术支持单位进行协调；
- (7) 确定相关的培训需求；

(8) 开展定期的老化管理自我评估;

(9) 跟踪老化管理大纲相关活动的落实情况, 负责老化数据的收集和保存。

3.2 营运单位可通过技术单位支持以解决复杂的老化问题, 例如状态评估、研究、标准制定等。

3.3 营运单位运行、维修和设备管理等老化管理相关部门应负责实施核动力厂具体的老化管理大纲, 并负责向老化管理主责部门报告老化失效事件及老化评估结果。

3.4 营运单位应为老化管理相关部门人员提供构筑物、系统和设备老化方面的培训, 以使他们能充分了解老化管理, 并有效推动老化管理工作。

4 老化管理方法

4.1 老化管理方法概述

4.1.1 在构筑物、系统和设备整个使用寿命内进行有效的老化管理, 要求采用系统化的老化管理方法协调所有相关的大纲和活动, 包括认知、检测、监测、预防或缓解核动力厂构筑物构件和设备部件的老化效应。该方法包括计划、实施、检查和行动等活动。

4.1.2 开展有效老化管理的关键是对构筑物、系统和设备老化的认知。老化的认知应基于以下知识:

(1) 安全基准和对安全基准的更新 (包括适用的规范和标准);

(2) 构筑物、系统和设备的安全功能和其他预定功能;

(3) 设计和制造信息: 包括设计参数、材料类别、材料性能、制造工艺、残余应力等, 具体服役条件、制造中的检查、检验和试验的结果;

(4) 设备鉴定(适用时);

(5) 构筑物、系统和设备在延期建造期间所处的环境, 可能为其带来老化效应;

(6) 构筑物、系统和设备在运行期间所处的环境(包括温度、湿度、水化学参数、中子或伽马辐射剂量等);

(7) 构筑物、系统 and 设备的运行和维修历史(包括调试、维修、修改和监督等);

(8) 核动力厂通用运行经验和特有运行经验;

(9) 材料老化相关的研究成果;

(10) 状态监测、检查和维修中收集的数据以及这些数据的趋势。

4.1.3 计划活动是指准备、协调和改进与老化管理有关的现有大纲和活动, 并在需要时编制新的大纲。

4.1.4 实施活动是指通过严格按照运行规程、运行限值和条件使用构筑物或设备, 采用现有管理大纲来预防或缓解构筑物、系统和设备的老化效应, 从而使其预期的性能劣化减至最小。

4.1.5 检查活动是指通过对构筑物或设备实施有效的检测和监测，及时探测、表征和分析其显著的老化效应及机理，并对所观测到的老化效应做出评估，以便确定所需行动活动的方法和措施。

4.1.6 行动活动是指通过适当的维修和设计修改，包括构筑物或设备的修理和更换，及时缓解和纠正构筑物或设备的性能劣化，并制定进一步的预防或缓解行动。

4.1.7 通过计划、实施、检查和行动等活动，并基于相关的运行经验反馈、研发成果以及老化管理自我评估和同行评议的结果，可以对构筑物或设备的老化管理大纲进行持续的改进，以应对出现的老化问题。

4.2 构筑物、系统和设备范围界定和对象筛选

4.2.1 营运单位应开展范围界定和对象筛选，以识别需要开展老化管理的构筑物、系统和设备。老化管理范围界定后，营运单位应在老化管理范围内开展构筑物构件和设备部件的对象筛选。

4.2.2 营运单位应在开展范围界定和对象筛选之前建立核动力厂所有构筑物、系统和设备的清单或存储构筑物、系统和设备信息的数据库。

4.2.3 老化管理范围应包括以下构筑物、系统和设备：

(1) 核动力厂最终安全分析报告中所描述的执行控制反应性、排出堆芯热量，以及包容放射性物质和控制运行排放，限制事故释

放等基本安全功能的构筑物、系统和设备；

(2) 其故障可能影响上述构筑物、系统和设备执行安全功能的核动力厂其他构筑物、系统和设备；

(3) 核动力厂最终安全分析报告中所描述的防火设计、火灾探测和灭火系统；

(4) 核动力厂最终安全分析报告中所描述的设计扩展工况的预防或缓解设施；

(5) 未纳入核动力厂最终安全分析报告，但经国家核安全局批准或国家核安全局所要求的改进项中涉及上述范围的构筑物、系统和设备。

4.2.4 营运单位应对老化管理范围内的构筑物、系统和设备，建立清晰的范围边界。

4.2.5 营运单位应实施现场踏勘并核实老化管理范围内的构筑物、系统和设备清单的完整性。

4.2.6 营运单位应确定老化管理范围界定和对象筛选的方法、流程，给出记录和结果，并形成文件。

4.3 老化管理审查

4.3.1 审查方法

4.3.1.1 营运单位应对筛选结果的每一个构筑物构件、设备部件或构件和部件的组合进行相应的老化管理审查，能动部件的老化可

通过定期试验、维修等措施进行管理，以证明其老化效应得到充分有效管理，不影响其执行所必需的安全功能。

4.3.1.2 营运单位应在老化管理审查中系统评价已发生或者潜在的老化效应及机理。该评价应包括老化效应对构筑物构件和设备部件执行预定功能能力的影响评估，并考虑构筑物构件和设备部件的当前状态。

4.3.1.3 老化管理审查应包括以下内容：

(1) 基于对老化的认知（例如设计基准、材料、环境和老化诱因），识别老化效应和老化机理；

(2) 确定适用的老化管理大纲；

(3) 评估构筑物或设备的实际状态；

(4) 编制老化管理审查报告，论证营运单位对老化效应和老化机理管理的有效性。

4.3.2 识别老化效应和老化机理

4.3.2.1 营运单位应基于对老化的认知，识别筛选范围内的所有构筑物构件和设备部件的老化效应及机理。对老化的认知应基于：

(1) 安全分析报告中构筑物、系统和设备的设计基准和设计文件，包括安全功能以及适用的法规、标准和规范；

(2) 构筑物、系统和设备的材料性能及可能影响老化和服役条件的制造工艺；

(3) 构筑物、系统和设备的运行和维护历史，包括调试、运行瞬态和事件、功率提升、修改和更换等；

(4) 构筑物和设备的应力信息（包括构筑物和设备承受的荷载以及其内、外部环境条件）；

(5) 在役检查和监督的结果；

(6) 运行经验、研究成果；

(7) 可用的现场踏勘、检查和状态评估的结果；

(8) 时限老化分析评估的结果。

4.3.2.2 对构筑物构件和设备部件的老化认知应涵盖材料、环境、影响因素、关注的老化机理、老化部位。

4.3.2.3 构筑物构件和设备部件的老化效应及机理识别过程应考虑老化效应和老化机理特征（例如影响老化发生和老化速率的环境条件）对其执行预定功能的影响。

4.3.3 确定适用的老化管理大纲

4.3.3.1 营运单位应确定适用于筛选范围内的构筑物构件和设备部件检测、监测、预防或缓解老化效应及机理的方法。

4.3.3.2 营运单位应按照表1中所列10项基本内容，对现有老化管理大纲和其他大纲（如维修大纲、在役检查大纲等）进行评估，以明确其是否能有效检测、监测、预防或缓解其管理范围内构筑物构件和设备部件的老化效应及机理，并根据评估结果改进现有老化管

理大纲或编制新的老化管理大纲。

表 1 有效的老化管理大纲的基本内容

序号	基本内容	内容描述
1	老化管理的范围	老化管理大纲/活动的范围必须包括老化管理范围内的所有构筑物构件和设备部件。
2	预防性措施	对老化起到预防或缓解作用的措施。
3	检测、监测参数	是指与特定构筑物构件和设备部件预定功能损失有关的参数。
4	老化效应的探测	必须在构筑物构件和设备部件的预定功能损失之前对老化效应进行检查。此内容必须包括有效的老化效应的检查（如目视检测、超声检测、表面检测）、试验和监测方法、检查方法应明确检查频率、检查范围、数据收集，以及为保证老化效应得到及时检查的新增检查或一次性检查的时机和频率。
5	监测与趋势分析	此内容要求必须对老化趋势进行监测，提供趋势预测结果并给出纠正和缓解措施。
6	验收准则	验收准则必须确保在整个运行期间的各种设计工况条件下，核动力厂能维持各设备的预定功能并满足当前安全基准的要求。
7	纠正性措施	要求及时分析确认老化效应发生的根本原因，采取合适的纠正行动，防止这种老化效应再次发生。

序号	基本内容	内容描述
8	确认过程	应对确认过程加以说明。确认过程应确保有充分预防措施，且已实施了适当有效的纠正措施。应定期检验预防大纲和缓解大纲的有效性。如有必要采取纠正措施，应采取后续行动确保纠正措施已经完成，并需确认根本原因，预防类似情况再次发生。
9	质量控制	要求管理控制能提供正式的审查批准流程。
10	运行经验	老化管理的运行经验，包括在历史运行过程中对老化管理大纲进行优化完善的各种实践活动、或运行过程中新增的各种老化管理大纲、或其他的老化管理实践，而这些运行经验将为证明老化效应是否得到有效的控制以保障核动力厂在整个运行期间内其预定功能得到维持这一结论提供足够的证据。

4.3.4 实际状态评估

4.3.4.1 为了确保老化管理的有效性，对筛选进入老化管理范围内的构筑物构件和设备部件都应评估其实际状态。

4.3.4.2 实际状态的评估应基于以下方面：

(1) 构筑物构件和设备部件当前的性能和状态，包括对所有老化相关失效或材料性能显著老化迹象的评估；

(2) 构筑物构件和设备部件的运行、维修和工程设计数据，包括相应的验收准则；

(3) 对构筑物构件和设备部件的未来性能、老化和使用寿命做出的预测，包括预测老化趋势的理论分析模型和经验模型；

(4) 老化效应的检测、监测和状态评估结果。

4.3.5 老化管理审查报告

4.3.5.1 营运单位应根据老化管理审查的结果编制报告，报告应涵盖老化管理审查方法、过程和结果，包括：

(1) 确定老化管理审查所采用的论证方法；

(2) 识别需要开展老化管理审查的构筑物构件和设备部件清单，以及其预定功能；

(3) 需要管理的老化效应和老化机理，检测、监测、预防或缓解老化效应的措施；

(4) 对管理每一个构筑物构件、设备部件或构件和部件组合的老化效应及机理的具体大纲和活动进行老化管理审查，并在需要时改进现有老化管理大纲或编制新的老化管理大纲；

(5) 考虑到构筑物构件和设备部件当前状态，评估大纲和活动如何对老化效应及机理进行有效管理；

(6) 评估部分关键设备的性能、老化效应和服役寿命；

(7) 老化管理审查的结果应用于运行、维修和设计，并确定后续改进措施以及实施计划。

4.3.5.2 老化管理审查应合理参考外部经验反馈，并根据核动力

厂的特性、运行和维修历史以及业内研究成果等方面论证外部经验反馈是否适用。

4.4 时限老化分析

4.4.1 营运单位应筛选老化管理范围内需要开展时限老化分析的物项清单，以确定老化管理中需要进一步分析的构筑物、系统和设备。

4.4.2 营运单位应按照如下原则确定开展时限老化分析的对象：

- (1) 在老化管理范围内的构筑物、系统和设备；
- (2) 考虑老化效应；
- (3) 根据当前运行许可期限确定的时限假定；
- (4) 确定与核动力厂安全决策相关的分析；
- (5) 对构筑物、系统和设备执行其预定功能能力提供结论或为支撑相关结论提供依据；
- (6) 时限老化分析的评价结果被当前安全基准所包含或引用。

4.4.3 营运单位应对需要进行时限老化分析的构筑物、系统和设备开展时限老化分析有效性评价，证明在运行许可证有效期内至少满足以下一项准则：

- (1) 原分析仍然有效；
- (2) 重新分析可以覆盖到机组运行许可证有效期末；
- (3) 在机组运行许可证有效期限内能够充分地管理老化对预定

功能的影响。

4.4.4 如果时限老化分析有效性评价不满足4.4.3的准则，则应实施纠正行动。基于具体的分析，纠正行动应包括：

- (1) 改进分析以消除过度保守；
- (2) 在运行、维修或老化管理大纲中实施进一步的行动；
- (3) 构筑物 and 设备的改进、维修或更换；
- (4) 增加辅助监测手段。

4.4.5 营运单位应开展瞬态管理，记录和统计设计假定荷载循环瞬态次数的实际使用情况，评估反应堆冷却剂系统设备疲劳时限老化分析有效性。

4.4.6 营运单位应根据反应堆压力容器辐照监督大纲的要求按计划提取辐照监督试样，以验证原设计中使用的辐照影响预测分析的有效性，并开展时限老化分析，以评估反应堆压力容器的预期使用寿命。

4.4.7 其他涉及老化效应的计算和分析包括但不限于：材料损失、尺寸变化、材料性能变化、韧性降低、预应力损失、沉降、开裂和介电损耗。

4.5 技术过时管理

4.5.1 营运单位应对技术过时管理进行系统的评价，处理所有已确定的技术过时问题并持续改进。

4.5.2 营运单位应开展以下活动来识别存在技术过时问题的构筑物、系统和设备：

- (1) 收集构筑物和设备相关数据；
- (2) 明确制造商是否仍能提供需更换的设备和备件。

4.5.3 营运单位应开展技术过时管理方面的培训，以使工作人员了解技术过时管理。

4.5.4 营运单位应实施技术过时管理程序，以确保提供：

- (1) 构筑物、系统和设备维修及更换所需的完整而准确的支持性文件；
- (2) 所需的技术支持；
- (3) 足够的备品备件。

5 老化管理大纲

5.1 老化管理大纲的编制

5.1.1 营运单位应根据系统化的老化管理方法编制、实施、审查和改进老化管理大纲，从而确保构筑物、系统和设备在其运行期间能够执行所必需的安全功能。

5.1.2 老化管理大纲包括以下四种类型：

- (1) 预防性大纲，防止老化效应的发生；
- (2) 缓解性大纲，控制和减缓老化效应；
- (3) 状态监测类大纲，老化效应的监测/检查大纲，或构筑物和

设备性能测试试验的监督大纲；

(4) 性能监测类大纲，测试构筑物和设备执行其预定功能的能力。

5.1.3 老化管理大纲如果涉及到对某一特定构筑物和设备进行取样检查，则该大纲应对取样检查的方法和范围进行说明和分析。

5.1.4 营运单位应基于老化管理审查的结果改进现有老化管理大纲或编制新的老化管理大纲，老化管理大纲应具有表1中所列的基本内容。

5.1.5 可将工程设计评价作为编制老化管理大纲的依据。工程设计评价中应考虑适用的设计基准和监管要求，以及材料特性、服役条件、影响因素、老化部位及构筑物构件和设备部件的老化效应及机理等方面的信息；还需考虑适当的指标以及有关老化的定性或定量分析模型，为老化管理大纲制定适用的老化效应检查和监测验收准则，以便在构筑物和设备的预定功能丧失之前采取行动，在验收准则中应考虑足够的安全裕度。

5.1.6 在编制老化管理大纲时，营运单位应确定：

(1) 有效和适当的老化管理活动和实践，以便能及时探测并缓解构筑物构件和设备部件的老化效应；

(2) 老化管理大纲的有效性评价方法。

5.1.7 每一个老化管理大纲应确定一个汇总表。汇总表应对老化

管理要求进行汇总，包括材料特性、老化部位、影响因素和环境、老化效应及机理、缓解措施、检测和监测要求及方法和验收准则等。

5.2 老化管理大纲的实施

5.2.1 营运单位负责老化管理大纲和老化管理活动的实施，并解决潜在的问题。

5.2.2 营运单位应在运行阶段实施一种或多种类型的大纲对老化效应进行管理。

5.2.3 营运单位应根据需要编制老化管理大纲的实施程序，对预防或缓解活动、监测和检查活动、评估活动、验收准则、纠正行动进行说明。

5.2.4 在实施老化管理大纲时，营运单位应定期评价构筑物构件和设备部件的状态及老化管理大纲的有效性。

5.2.5 营运单位应收集、记录老化管理的相关数据，以确定老化管理活动的类型和时机。

5.3 老化管理大纲的审查和改进

5.3.1 营运单位应根据系统化的老化管理方法对老化管理大纲进行审查和改进。

5.3.2 营运单位应根据当前知识定期对老化管理大纲的有效性进行审查，并适时改进和调整。当前相关知识包括构筑物和设备的运行信息、监督和维修历史、研发成果和通用的运行经验等。

5.3.3 营运单位应收集和记录最新实施的老化管理大纲的数据和信息，并在定期安全评价中分析及提交。

5.3.4 营运单位应说明核动力厂现有老化管理大纲的改进要求以及编制新的老化管理大纲的要求，并记录发生的纠正行动或改进项。

6 全寿期老化管理

6.1 概述

6.1.1 营运单位应在核动力厂构筑物、系统和设备寿期内各个阶段实施有效的老化管理。

6.1.2 营运单位应制定主动的老化管理策略，并考虑其他核动力厂出现的老化问题。

6.2 设计阶段

6.2.1 营运单位应考虑构筑物、系统和设备的设计输入，包括运行状态和事故工况下需要鉴定的设备及设备功能。

6.2.2 营运单位应考虑运行状态和事故工况下的环境条件，说明维持构筑物、系统和设备所处环境在规定的服役条件内的总原则（通风位置、高温构筑物、系统和设备的隔热、辐射屏蔽、减震、防水淹、电缆走向的选择等）。

6.2.3 营运单位应考虑构筑物构件和设备部件可能的老化机理，采用具有抗老化的材料。

6.2.4 营运单位应考虑构筑物、系统和设备性能劣化的检测、监测、预防或缓解措施，并基于构筑物构件和设备部件可达性，考虑是否需要材料监测大纲，以便监测材料的老化。

6.2.5 营运单位应考虑适当的材料监测和取样大纲，以应对可能影响构筑物、系统和设备执行其安全功能的老化。

6.2.6 营运单位应考虑适当的在线监测措施来提供预警信息，尤其是在老化将导致构筑物、系统和设备失效或失效将造成严重后果的部位。

6.2.7 营运单位应考虑核动力厂相关老化经验和行业研究成果，优化构筑物构件和设备部件的材料、结构和环境条件，从设计上预防或缓解老化。

6.3 制造和建造阶段

6.3.1 营运单位应将构筑物、系统和设备的老化及可能的预防或缓解措施等相关信息提供给构筑物建造商和设备制造商，以使得这些信息在制造和建造过程中得到适当应用，并对材料成分、性能、制造工艺及不符合项等相关数据进行收集和记录。

6.3.2 营运单位应在设备的运输和储存过程中识别潜在的老化效应，并采取适当的预防或缓解措施。

6.3.3 营运单位应按设计文件要求编制和实施监测大纲，并安放所需的监督试样。

6.3.4 如果核动力厂延期建造，营运单位应识别并记录可能影响构筑物、系统和设备实际状态的老化信息，必要时编制和实施相应的老化管理大纲。

6.4 调试阶段

6.4.1 营运单位应测量和记录构筑物、系统和设备老化管理相关的基准数据，包括核动力厂的每个关键部位的实际环境条件的分布情况，以确保与设计的一致性。

6.4.2 营运单位应确定所有可能影响老化的参数，重点关注温度和辐射剂量率热点的识别，以及振动水平的测量，以便在调试期间出现不合理状况时采取相应的老化管理措施。

6.4.3 营运单位应结合调试试验和结果，对构筑物、系统和设备出现老化的情况进行分析，并采取相应的老化管理措施。

6.5 运行阶段

6.5.1 营运单位应在核动力厂运行过程中运用系统化的老化管理方法，使用该套老化管理方法为选择的每一个构筑物构件、设备部件或构件和部件的组合制定适当的老化管理大纲。

6.5.2 营运单位应考虑影响老化管理大纲的因素：

(1) 核动力厂营运单位管理层应对系统化的老化管理大纲提供支持 and 资源；

(2) 应在充分认知和准确预测构筑物构件和设备部件老化的基础上采取主动的老化管理方法，而不是在构筑物、系统和设备失效后再被动弥补；

(3) 严格按相关规定使用构筑物、系统和设备，以减缓老化速率；

(4) 使所有相关运行、维修和工程设计人员都了解老化管理的基本概念；

(5) 对于给定的工作，应拥有并正确使用书面的程序、工具和材料，以及足够的合格员工；

(6) 对老化敏感的备件和耗材应合理储存，以使储存过程中的性能劣化减至最小，并适当地控制其储存期限；

(7) 采取多专业、多部门参与的团队来处理复杂的老化问题；

(8) 运行经验反馈（通用的以及特定核动力厂，包括非核动力厂的运行经验），以从老化相关的运行事件中获得经验和教训；

(9) 使用构筑物、系统和设备可靠性和维修历史数据库；

(10) 采用有效、合格的无损检验和老化监测方法以便及早发现因设备的长期使用而可能产生的缺陷。

6.5.3 营运单位应识别并考虑下述主要的老化管理潜在弱点：

(1) 核动力厂设计和建造过程中对老化的认知和预测不够充分；

(2) 核动力厂构筑物和设备提前老化（老化比预期早），可能的原因包括其役前和实际服役条件不同于设计或者比设计条件更加恶劣，以及由于设计、制造、安装、调试、运行阶段的错误或疏忽，上述各阶段工作之间缺乏协调和未预见到的老化现象等；

(3) 不恰当地将被动的老化管理（即修理和更换老化设备）作为构筑物和设备主要的老化管理方式；

(4) 忽视相关的工业运行经验和研究成果；

(5) 核动力厂构筑物和设备承受由外部事件（如地震）造成的未预见到的应力载荷。

6.5.4 营运单位应遵循化学和放射性化学大纲或程序、其他环境控制大纲规定的技术文件，以及遵循其他的预防或缓解行动要求。

6.5.5 在核动力厂运行期间，营运单位应检测和记录用于证明其符合关键服役条件、运行限值和工况的参数，以及影响安全分析或设备鉴定中假设条件的参数。

6.5.6 营运单位应通过对构筑物和设备的检查或监测，及时探测并表征显著的老化效应，并对观察到的老化效应进行评价，以确定需要采取老化活动的类型和时机。

6.5.7 在反应堆提升额定功率、进行安全重要修改或设备更换时，营运单位应确定并论证可能的与之相关的环境或工艺条件改变（如流量分布、流速、振动等），这些改变可能会加速某些构筑物和

设备的老化及失效。应对受影响的构筑物、系统和设备也开展专项老化管理审查。

6.5.8 如果发现新的老化机理（如通过运行经验反馈或研究），营运单位应进行适当的老化管理审查。

6.5.9 营运单位应持续关注备件或更换设备的可用性，以及备件或耗材的有效期。

6.5.10 营运单位应采取措施确保备件或耗材始终处在适合的環境中，避免其因受储存环境（如高温或低温、湿度、化学侵蚀和积尘等）影响而老化。

6.5.11 对于核动力厂老化管理范围内的构筑物、系统和设备，营运单位应有应急措施或额外维修计划，以便应对由潜在老化效应及机理引起的潜在性能劣化或失效。

6.5.12 在长期停堆期间，构筑物、系统和设备可能处于长期放置、安全储存状态、或者与正常运行不同的其他服役状态，营运单位应对其补充管理措施，以监测、控制、降低、预防或缓解老化效应。

6.5.13 营运单位应在长期停堆前主动审查老化管理大纲，必要时对其进行改进，以保证其考虑了构筑物、系统和设备在长期停堆或处于安全储存状态期间的老化影响因素。

6.5.14 如果核动力厂的停堆时间显著超过原先的预期（如由于意外问题或者恢复运行方面的延误），营运单位应重新对老化管理进行评估，并在核动力厂长期停堆后至恢复运行前完成状态评估。

7 数据收集和记录保存

7.1 营运单位应在核动力厂寿期初建立老化管理数据收集和记录保存系统（理想状况下，数据应从建造初期开始收集），以便为下列活动提供数据信息：

- （1）鉴别对构筑物、系统和设备的老化产生不利影响的制造、建造和环境工况，包括延期建造期间或长期停堆期间；
- （2）鉴别相关的制造记录，如热处理历史和材料测试报告；
- （3）鉴别和评价由老化效应引起的设备部件性能劣化、失效和故障；
- （4）确定维修活动（包括设备的检定、修理、整修和更换等）的类型和时机；
- （5）优化运行条件和操作，以减缓设备的老化；
- （6）及时识别新的老化效应，避免危及核动力厂的安全，确保核动力厂的运行可靠性和运行寿期；
- （7）优化核动力厂配置管理，以及修改、维修、监督、在役检查和化学控制等工作。

7.2 为了便于从核动力厂的运行、维修和工程设计工作中获得充足、可靠的老化相关数据，运行、维修和工程部门的相关人员应参与数据收集和记录保存系统的开发及维护工作。

7.3 老化管理数据收集和记录保存内容见附录。

7.4 营运单位应保存原设计文件和供应商文件，以便开展有效的老化管理。

7.5 营运单位应建立与老化管理数据收集和记录保存系统配套的数据录入程序，用于规范数据录入行为。

7.6 营运单位应收集并评价相关核动力厂和其他工业的老化管理经验，并应用于老化管理大纲的改进。

名词解释

实物老化

由于物理、化学或生物等因素的综合作用，可能会引起构筑物、系统和设备的物理性能随时间和/或使用的逐渐劣化。

技术过时

由于备件和/或技术支持缺乏，供应商和/或工业界能力不足，导致失效率增加和可靠性降低，可能造成核动力厂性能和安全性降低。

预定功能

构筑物和设备具有的某些特定功能，当核动力厂处于运行状态或事故工况时，构筑物、系统和设备执行这些功能以满足核安全的特定要求。

老化管理

针对构筑物、系统和设备的老化效应及其影响，使核动力厂构筑物、系统和设备在其运行期间能够执行所必需的安全功能所开展的活动。

老化管理大纲

针对核动力厂构筑物、系统和设备老化问题制定的管理和技术文件，该文件包括对老化效应的认知、检测、监测、预防或缓解等一系列老化管理活动，从而对老化管理范围内的每一个构筑物构件、设备部件或构件和部件组合的老化效应进行充分和有效管理。

时限老化分析

时间变量下相关老化效应的分析评估，并与监管限值或准则进行对比，以明确构筑物和设备继续服役的能力。

附录 老化管理数据收集和记录保存内容

一、数据分类

核动力厂老化管理相关数据一般可分为以下两类：

（一）基础数据：包括核动力厂和/或构筑物、系统和设备的设计数据以及构筑物或设备服役的初始状态等数据；

（二）运行维修数据：包括构筑物、系统和设备层次的服役条件（包括瞬态数据）、构筑物和设备的可用性试验数据以及失效数据、构筑物和设备的状态监测数据和维修数据。

二、数据内容

老化管理数据收集和记录保存内容如下：

（一）环境鉴定试验记录，包括试验技术要求及结果；

（二）制造、建造记录，包括制造和检查技术要求、安装、检查结果及偏离；

（三）役前检查结果，包括检查技术要求及结果，以及检查结论；

（四）调试试验结果，包括试验技术要求及结果，以及调试期间环境状态的描述；

（五）水化学监测结果及其变化；

（六）在役检查结果，包括检查技术要求及结果，以及检查结论；

- (七) 定期功能性试验结果及相关结论;
- (八) 控制室和电站巡视人员检查结论;
- (九) 预防性维修结论;
- (十) 纠正性维修结论;
- (十一) 构筑物、系统和设备老化失效或显著老化数据, 包括根本原因分析结果;
- (十二) 老化管理大纲实施结果数据;
- (十三) 其他老化管理相关数据。