

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20512.4—2018

核电厂运行许可证延续 第 4 部分：构筑物 and 构筑物构件老化 管理审查

Operating license extension of nuclear power plants

—Part 4: Ageing management review for structures and structural components

2018 – 12 – 10 发布

2019 – 04 – 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 术语和定义 1

4 总则 1

5 老化效应的识别 2

6 老化管理大纲的审查 3

7 运行经验的审查 4

8 审查记录和报告 5

附录 A（资料性附录） 构筑物 and 构筑物构件的典型老化效应 6

附录 B（资料性附录） 通用的构筑物老化管理大纲清单 15

附录 C（规范性附录） 老化管理大纲的要素 16

附录 D（资料性附录） 老化管理审查结果与国际通用经验的符合性标识 17

前 言

NB/T 20512—2018《核电厂运行许可证延续》分为如下几个部分：

- 第1部分：老化管理审查对象筛选和时限老化分析识别；
- 第2部分：机械设备老化管理审查；
- 第3部分：电气和仪控设备老化管理审查；
- 第4部分：构筑物和构筑物构件老化管理审查；
- 第5部分：环境影响评价；
- 第6部分：反应堆压力容器时限老化分析；
- 第7部分：蒸汽发生器时限老化分析；
- 第8部分：金属疲劳分析；
- 第9部分：电仪设备环境鉴定审查；
- 第10部分：预应力混凝土安全壳时限老化分析；
- 第11部分：最终安全分析报告增补指南；
- 第12部分：申请书编制指南。

本部分为NB/T 20512—2018的第4部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中核核电运行管理有限公司、核动力运行研究所、苏州热工研究院有限公司。

本部分主要起草人：张江涛、周继云、蔡达华、赵传礼、高轩、李志华、陶钧、孔德萍、陶革、栾兴峰、季媛媛、徐柱、陈志林、廖开星。

核电厂运行许可证延续

第4部分：构筑物 and 构筑物构件老化管理审查

1 范围

本部分规定了核电厂构筑物和构筑物构件老化管理审查的要求和方法。

本部分适用于核电厂运行许可证延续构筑物和构筑物构件老化管理审查，其他老化管理活动可参照执行。

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。

NB/T 20512. 1—2018 核电厂运行许可证延续 第1部分：老化管理审查对象筛选和时限老化分析识别

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

构筑物构件 structural components

一个构筑物可能由执行不同具体功能的若干单元（部分）所组成，在实施老化管理对象筛选时应确定需要进行审查的最小单元（部分），这些单元（部分）称为构筑物构件，比如构成厂房的梁、柱、板、墙和基础等。另外，某些单元（部分）固定在构筑物上用于支承或保护机械设备、电仪设备和其他部件，通常将这些单元（部分）也称作构筑物构件，比如锚固件、设备支承件、管道防甩约束件、飞射物屏障、电缆桥架等。

4 总则

4.1 审查目的

通过构筑物和构筑物构件老化管理审查，证明其老化效应得到合理控制，在申请的许可证延续期内能够执行其预定功能。

4.2 审查对象

核电厂营运单位应依据适当的原则，列出属于老化管理审查范围的构筑物和构筑物构件的清单，并以构筑物构件（或物项组）作为老化审查的对象。具体要求和办法按NB/T 20512. 1—2018执行。本部分涉及的审查对象包括但不限于：

- 混凝土结构，如混凝土梁、板、柱、墙、基础等；
- 钢结构，如钢质梁、板、柱、紧固件、管道防甩约束件、支承件、钢质防火门、防洪格栅等；
- 防火屏障，如防火封堵等；
- 密封材料等；
- 土石结构，如堤坝、边坡、贮水池等。

4.3 预定功能

一个构筑物构件可能执行一个或多个具体的功能，而不同预定功能的丧失对构筑物安全相关功能的影响可能不同，所以在开展老化管理审查时应确定这些构筑物构件的预定功能。构筑物构件的预定功能包括但不限于：

- 提供规定的防火屏障，限制或延缓火灾蔓延至相邻区域；
- 容纳或保护安全相关设备；
- 为安全相关设备提供结构支承和（或）功能支持；
- 提供防水淹屏障；
- 在发生假想的设计基准事件时，提供压力边界或必要的防泄漏屏障，保护公众健康和安全；
- 提供喷淋屏蔽或控制流体导向；
- 提供辐射屏蔽；
- 提供飞射物屏障；
- 提供高能量管线破裂屏蔽；
- 提供管道防甩约束；
- 提供气态排放物的排放通道；
- 提供冷却水源；
- 在全厂断电或设计基准事故期间提供热阱。

4.4 审查方法的应用

核电厂营运单位应依据第5章～第8章的要求和方法对列出的构筑物构件（或物项组）进行老化管理审查并编制老化管理审查报告。在老化管理审查报告中应对老化效应的适用性和老化管理大纲的有效性进行审查和论述，并以表单的形式逐项列出各个（类）审查对象的材料、环境、适用的老化效应、老化管理大纲、是否需要开展时限老化分析等信息。

老化管理审查应包括以下内容：

- a) 识别和审查适用的老化效应；
- b) 识别出核电厂相关的老化管理大纲，并审查这些大纲对管理老化效应的有效性。

核电厂营运单位应依据这些信息来证明现有的老化管理大纲是否能够合理地控制老化效应，是否需要增加额外的措施来加强管理。

5 老化效应的识别

5.1 一般要求

核电厂应根据已发生的老化降质机理和潜在的可能会导致构筑物构件降质的老化降质机理来确定适用的老化效应。在识别适用的老化效应时，应考虑构筑物构件的材料、环境、老化影响因素、服役条件、运行经验及其他相关信息，并应考虑老化效应对构筑物构件预定功能的影响。老化相关信息的来源

包括但不限于：维修和检查记录、安全分析报告、运行事件报告、核安全检查报告、经验反馈报告和其他研究成果。

在识别适用的老化效应时，核电厂只需考虑正常运行（包括运行瞬态和停堆）过程中可能会发生的老化效应，不需要假设在异常事件条件下造成的某些特定的效应。但若核电厂发生过某些异常事件，则应考虑这些异常事件对构筑物构件老化效应的影响。

对于某个老化效应，即使核电厂制定了相关的老化管理大纲，仍应界定为适用的老化效应。例如，通过涂层或阴极保护等措施可以预防或缓解腐蚀，但仍应将腐蚀界定为适用的老化效应，并应审查相关大纲的有效性。

老化效应的识别方法包括三种：材料-环境-影响因素分析法、区域分析法、预定功能分析法。

5.2 材料—环境—影响因素分析法

核电厂应识别出每个(类)构筑物构件的材料和运行环境，并在考虑材料、环境和老化影响因素的基础上，参照相关的规范、标准、运行经验或研究成果，识别和审查其适用的老化效应（构筑物和构筑物构件的典型老化效应参见附录A），一般应包括以下内容：

- a) 收集构筑物构件的材料性能和设计裕量等相关信息。若构件的材料或潜在的老化效应不同，则应分别进行审查。不同合金材料化学成分의 细微差别一般不会对材料的老化过程产生显著影响，在识别老化效应时，多数情况下并不需要识别具体的材料牌号；
- b) 确定构件所处的内、外部环境，并识别出适用于这些环境的环境参数或条件，构件所处的某一特定环境可能涵盖多种环境条件；
- c) 根据材料和环境的组合，识别出适用的老化机理/效应；
- d) 审查构筑物构件的设计或材料性能，确定某些老化效应是否可通过分析计算来证明不会影响构件在延续运行期间执行预定的功能。这些参数包括但不限于：抗压强度、预应力、腐蚀余量、疲劳循环、载荷、断裂韧性、抗拉强度和辐照剂量等；
- e) 审查核电厂的运行经验，识别出可能存在的适用的老化机理/效应。

5.3 区域分析法

区域分析法将核电厂环境参数相同或相近的空间归为一个区域，并按区域对该范围内的构筑物构件进行老化效应识别。采用区域分析法时，区域内环境参数（如温度、辐照、湿度等）的选取应充分考虑保守性。区域分析法的典型过程如下：

- a) 识别出区域内构筑物构件的材料；
- b) 确定区域内的环境参数；
- c) 根据构筑物构件的材料及其所处的环境条件，识别出潜在的老化效应；
- d) 分析老化效应是否会影响构筑物构件在延续运行期内执行其预定功能，识别出适用的老化效应。

5.4 预定功能分析法

对于某些老化效应，可通过分析、评估来证明在设计基准条件下这些老化效应不可能造成构筑物或构件预定功能的丧失，因而不需要对其进行管理。核电厂应核实具体的设计限值、老化效应的预计发展趋势或老化效应是否显著等情况。行业相关的检查结果也有助于上述证明过程。

6 老化管理大纲的审查

6.1 一般要求

核电厂营运单位应证明构筑物和构筑物构件的老化效应得到充分有效地管理,在申请的延续运行期内能够执行其预定功能。在证明老化管理活动的充分性和有效性时,核电厂应充分考虑所有与构筑物构件相关的大纲和活动,审查其是否含有管理老化效应的措施。

6.2 通用老化管理大纲的审查

如果核电厂的老化管理大纲属于通用的老化管理大纲(通用的构筑物老化管理大纲清单参见附录B),则这些大纲应满足老化管理大纲十要素的有关规定(见附录C)。在对大纲内容进行审查时,审查人员可利用国际通用的老化管理大纲作为参考,就要素内容进行逐项比对,审查两者是否一致。如果两者一致,可认为核电厂的老化管理大纲是充分的;如果两者不一致,可采取工程判断或其他分析方法,判断核电厂的老化管理大纲能否合理地控制老化效应。如果认为核电厂的老化管理大纲存在不足,则应对其进行加强。

通用老化管理大纲的审查结论包括两种情况:

- a) 现有老化管理大纲可以充分地管理老化效应;
- b) 现有老化管理大纲的某些要素需要加强才能充分地管理老化效应。无论得出何种结论,审查人员都应给出客观依据。

6.3 特定老化管理大纲的审查

除了通用的老化管理大纲,核电厂还可采用一些特定的老化管理大纲来管理老化效应。对于这类大纲,审查人员应按照十要素的要求开展审查,并应考虑以下内容:

- 针对每项需要管理的老化效应,应结合构件的预定功能设置监测或检测参数;
- 电厂特定的老化管理审查应满足以下情况之一:
 - 特定的老化管理大纲可及时探测出老化效应,不会影响构件执行其预定功能的能力;
 - 可证明在申请的延续运行期内即使不需要老化管理大纲,构件的预定功能也能得到维持。
- 如果大纲采用抽样检查,则应明确具体的抽样方法及依据。

6.4 老化管理大纲的加强

如有必要,核电厂应根据审查结果对老化管理大纲进行加强(修订或增补)或者新建大纲。加强的内容包括但不限于:通过检查来验证特定的设计值、增加针对某些老化效应的管理措施、改变任务的实施频率、增加老化效应缓解程序、改变记录保存规定等。

在选择加强措施时,应考虑下列因素的影响:

- 构筑物及构件对安全的主要风险;
- 老化效应的特性(如老化效应是否易发现、易检测);
- 对受影响构筑物和构件进行维修或更换的可行性;
- 现有大纲检测和管理老化效应的有效性;
- 检测和管理老化效应的现有技术;
- 实施加强措施所带来的成本、人员受照剂量及对大修周期的影响等。

核电厂还可采用维修或更换等措施来管理老化效应。

7 运行经验的审查

7.1 一般要求

核电厂应审查内部运行经验及行业相关的运行经验，以识别出其他的适用的老化效应，以及确认老化管理大纲的有效性。

7.2 内部运行经验

核电厂应对以往的运行和维修历史、老化管理大纲的运行经验等进行审查和评价，审查内容应包括引起老化管理大纲加强和新增内容的相关纠正措施。这些审查活动应对可能存在的某些特定的老化效应进行鉴别，并提供老化管理大纲能够充分管理老化效应的客观证据。

7.3 行业运行经验

核电厂应评估行业相关的运行经验和研究成果。对于适用的运行经验，应识别出影响分析结论的因素，包括经验反馈所针对的范围、假设和限制条件。影响构筑物和构筑物构件服役寿命的特征条件也应进行分析识别，包括结构型式、材料、功能、服役条件、原始设计参数（腐蚀裕量、载荷工况等）、保护措施（覆盖层、阴极保护等）。利用这些运行经验，核电厂应核实是否出现了新的老化效应，或是已知老化效应在新的部件或部位上发生，以及是否有利于老化管理提升。

8 审查记录和报告

8.1 一般要求

老化管理审查相关的记录和报告应具备可审查和可检索的特点，可保存为纸质格式或电子格式，也可保存在数据库中。构件的老化管理审查宜采用直观的表单形式，逐条记录。审查记录和报告均需满足核电厂质量保证大纲的有关要求。

8.2 老化管理审查过程记录

核电厂应记录和保留的信息包括：

- 构件的基本信息，包括构件的材料、环境、预定功能等；
- 老化效应的识别，老化效应识别的依据文件、适用的老化效应，以及老化效应识别结果与国际经验的对比等；
- 老化管理大纲的审查，大纲要素的完整性、大纲或活动如何管理老化效应的描述信息、大纲的执行结果记录、做出老化管理审查结论的论述信息；
- 运行经验的审查，包括运行经验的来源、内容、适用性分析、在核电厂的响应情况等。

8.3 老化管理审查报告

老化管理审查的方法和审查结果应形成文件，包括但不限于以下内容：

- 确定适用的老化效应的相关信息；
- 确定管理构筑物构件（或物相组）老化效应的具体老化管理大纲的相关信息；
- 老化管理大纲如何管理老化效应的相关信息；
- 需要进一步评估的老化效应的相关信息；
- 老化管理大纲的执行结果或后续的行动计划；
- 应用某些文件的假设条件或限制条件（如果适用）；
- 审查结论（老化管理审查结果与国际通用经验的符合性标识参见附录 D）；
- 参考文件。

附录 A
(资料性附录)
构筑物 and 构筑物构件的典型老化效应

A.1 概述

根据构筑物构件的材料和运行环境，可分下列几组进行老化效应的识别和评估：

- 钢结构和钢构件；
- 暴露在液体环境中的钢结构和钢构件；
- 螺纹紧固件；
- 混凝土结构；
- 防火屏障；
- 密封材料；
- 土石结构。

A.2 钢结构和钢构件

A.2.1 范围

钢结构由梁、桁架、柱、支架、垫板、连接件、紧固件、螺栓、螺母、焊缝等钢构件组成。钢构件还包括机械和电仪设备的支承件及其他构件，这些构件包括：金属隔墙、管道防甩约束件、管道和导管的支承件、射流冲击屏障、飞射物屏障、吊车梁和导轨、防洪格栅、防火门、楼梯和平台、电仪设备的护套管以及消防水带格架等。

现浇或钻孔灌注在混凝土结构中的预埋件在A.5介绍。

常见的材料包括：

- 碳钢；
- 低合金钢；
- 镀锌钢；
- 不锈钢。

核电厂使用的铝和铝合金材料较少，在附录一并描述。

A.2.2 环境

A.2.2.1 室内环境

位于室内环境中的钢结构和构件分布在厂房或构(建)筑物内部，环境温度可达到66℃，相对湿度可达到100%，可能会经受中子和伽玛射线的辐照。固定在高能管线上的钢构件的温度可高达343℃。在发生泄漏事故时，钢构件还可能会短暂地接触到强腐蚀性化学物质。但根据管理规定，核电厂会快速清理这些物质，由此引起的老化效应可忽略。

A.2.2.2 露天环境

位于露天环境中的钢结构和钢构件，环境温度通常为-26℃~46℃，相对湿度可达100%，辐射水平可忽略不计。露天环境可进一步细分为工业地区的露天环境、海岸环境和野外环境。

A.2.2.3 液体环境

液体环境见A.3。

A.2.3 适用的老化效应

适用的老化效应参见表A.1。

表A.1 钢结构和钢构件的典型老化效应

适用的老化效应	碳钢、低合金钢	镀锌钢	不锈钢	铝和铝合金
材料损失				
均匀腐蚀	Y	N (构件不在潮湿环境中且 pH 值为 6~12; 或者, 构件不在潮湿环境中且温度<60℃或>93℃)	N	N
电化腐蚀	N	N	N	N
缝隙腐蚀	Y	N	Y	Y
点状腐蚀	Y	N	Y	Y
侵蚀和侵蚀腐蚀	NA	NA	NA	NA
微生物腐蚀	N	N	N	N
磨损	N	N	N	N
硼酸腐蚀	Y	Y	N	Y
开裂				
氢损坏	N	N	N	N
应力腐蚀	N	N	Y	Y
疲劳	N	N	N	N
机械变形				
蠕变	N	N	N	N
疲劳	N	N	N	N
材料性能改变				
温度升高	N	N	N	N
辐照脆化	N ^a	N ^a	N ^a	N ^a
金属间化合物脆化	NA	N (温度<204℃)	NA	NA
<p>Y: 表示在该环境条件下, 老化机理适用于该类型材料的构筑物构件, 需要进行老化管理。</p> <p>N: 表示在该环境条件下, 老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。</p> <p>NA: 表示不适用于本附录。</p> <p>^a 表示安全壳外。</p>				

A.3 暴露在液体环境中的钢结构和钢构件

A.3.1 范围

暴露在流体环境中的钢结构和钢部件包括：乏燃料格架、进水口拦污栅和旋转滤网、某些部件的支承件及换料水池和乏燃料池的钢覆面。

常见的材料包括：

- 碳钢；
- 低合金钢；
- 不锈钢。

A.3.2 环境

A.3.2.1 生水环境

直接取自河流、湖泊、池塘、海洋或地下水的天然水。生水一般含有氧气和多种杂质离子（如氯离子和硫酸根离子），并经过简单过滤。

A.3.2.2 处理水环境

处理水是液态水、蒸汽和两相流状态。处理水环境可分成含硼水环境和不含硼水环境。

A.3.3 适用的老化效应

适用的老化效应参见表A.2。

表A.2 暴露在液体环境中的钢结构和钢构件的典型老化效应

适用的老化效应	生水		处理水（不含硼）		含硼水
	碳钢、低合金钢	不锈钢	碳钢、低合金钢	不锈钢	不锈钢
材料损失					
均匀腐蚀	Y	N	Y	N	N
电化腐蚀	Y	N	Y	N	N
缝隙腐蚀	Y	Y	Y	Y	Y
点状腐蚀	Y	Y	Y	Y	Y
侵蚀和侵蚀腐蚀	Y	N	Y	N	N
微生物腐蚀	Y	Y	Y	Y	N
开裂					
氢损坏	N	N	N	N	N
应力腐蚀	N	Y	N	Y	Y
机械变形					
蠕变	N	N	N	N	N
疲劳	N	N	N	N	N

表 A.2 （续）

适用的老化效应	生水		处理水（不含硼）		含硼水
	碳钢、低合金钢	不锈钢	碳钢、低合金钢	不锈钢	不锈钢
晶间浸蚀	N	Y	N	Y	Y
材料性能改变					
温度升高	N	N	N	N	N
辐照脆化	N	N	N	N	N
Y：表示在该环境条件下，老化机理适用于该类型材料的构筑物构件，需要进行老化管理。 N：表示在该环境条件下，老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。					

A.4 螺纹紧固件

A.4.1 范围

螺纹紧固件包含的连接构件包括螺栓、螺柱、螺母、垫圈、螺丝和构件的搭接表面（如螺栓连接部分的咬合面）等。

常见的材料包括：

- 碳钢；
- 低合金钢；
- 马氏体不锈钢；
- 奥氏体不锈钢。

A.4.2 环境

环境包括：

- a) 露天环境；
- b) 室内环境；
- c) 液体环境。

A.4.3 适用的老化效应

适用的老化效应详见表A.3。

表A.3 螺纹紧固件的典型老化效应

老化效应	螺纹紧固件（所有环境）
预紧力损失	
预埋件	N
循环荷载作用下的预埋件	N

表 A.3 (续)

老化效应	螺纹紧固件(所有环境)
预紧力损失	
垫圈蠕变	N
热效应	N
自松弛	N
螺栓材料开裂	
应力腐蚀开裂	Y (处在腐蚀性环境中的机械强度大于1034 MPa的高强度螺栓或具有较高拉应力的马氏体不锈钢螺栓)
疲劳	N
材料损失	
硼酸腐蚀	Y (碳钢和低合金钢紧固件)
均匀腐蚀	Y (碳钢和低合金钢紧固件)
Y: 表示在该环境条件下, 老化机理适用于该类型材料的构筑物构件, 需要进行老化管理。 N: 表示在该环境条件下, 老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。	

A.5 混凝土结构

A.5.1 范围

核电厂的混凝土结构主要用于柱、梁、板、墙和屋顶、设备基础、管沟、飞射物屏障等。

典型的混凝土结构包括:

- 基础(底板);
- 外部混凝土(地面以上的墙);
- 外部混凝土(地面以下的墙);
- 内部混凝土(墙和柱);
- 内部混凝土板(包括混凝土梁);
- 砌体结构。

A.5.2 环境

混凝土结构暴露的环境可分为以下类别:

- a) 地面以下混凝土。地面以下的混凝土结构直接与土壤或其他回填材料接触。根据地下水位的不同, 还可能直接与地下水接触;
- b) 暴露在生水环境中的混凝土。暴露在生水环境中的混凝土结构可能处在静水浸没环境中, 也可能处在流动的水环境中;
- c) 室内环境;
- d) 露天环境。

A.5.3 适用的老化效应

适用的老化效应参见表A.4。

表A. 4 混凝土结构的典型老化效应

适用的老化效应	环境			
	地面以下	生水	室内	露天
材料损失				
冻融	N	Y	N	Y
磨蚀或气蚀	N	Y	N	N
温度升高	N	N	Y	N
化学侵蚀	Y	Y	N	Y
预埋钢和钢筋腐蚀	Y	Y	N	Y
开裂				
冻融	N	Y	N	Y
碱骨料反应	Y	Y	Y	Y
收缩	N	N	N	N
沉降	Y	N	N	N
温度升高	N	N	Y	N
辐照	N	N	Y	N
疲劳	N	N	Y	N
砌体结构开裂	N	N	Y	Y
材料性能变化				
Ca(OH) ₂ 析出	Y	Y	N	Y
化学侵蚀	Y	Y	N	Y
温度升高	N	N	Y	N
辐照	N	N	Y	N
徐变	N	N	N	N
Y：表示在该环境条件下，老化机理适用于该类型材料的构筑物构件，需要进行老化管理。 N：表示在该环境条件下，老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。				

A. 6 防火屏障

A. 6. 1 范围

防火屏障包括防火墙、防火楼板、屋顶、防火门、墙内的防火风门格架、耐火材料和防火封堵等。防火墙、防火楼板和屋顶一般是混凝土结构或砌体结构，相关老化效应参见A. 5。防火门和墙内的防火风门格架一般是碳钢材质，相关老化效应参见A. 2。本附录主要描述耐火材料和防火封堵的老化效应。

核电厂的消防设施大量的使用了耐火材料和防火封堵。耐火材料一般都有具体的耐火极限，被喷涂或包裹在构件上。防火封堵用于封堵或密封相邻防火区的开口部位，以维持防火屏障的完整性。

A. 6. 2 环境

耐火材料和防火封堵暴露在核电厂的多种环境中,厂房内的耐火材料和防火封堵处于室内空气环境中,而厂房外的耐火材料和防火封堵则处在露天环境中。

A.6.3 适用的老化效应

适用的老化效应参见表A.5。

表A.5 耐火材料和防火封堵的典型老化效应

适用老化效应	耐火材料	防火封堵
材料损失		
剥落	Y	N
冲刷	N	N
磨损	Y	Y
开裂/分层		
振动	Y	Y
位移	N	Y
收缩	N	Y
材料性能改变		
化学侵蚀	N	N
伽马射线照射	Y ($\geq 10^6$ rads)	Y ($\geq 10^6$ rads)
分离		
振动	N	Y
位移	N	Y
收缩	N	Y
Y: 表示在该环境条件下,老化机理适用于该类型材料的构筑物构件,需要进行老化管理。 N: 表示在该环境条件下,老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。		

A.7 密封材料

A.7.1 范围

核电厂使用的典型密封材料构件包括结构缝和伸缩缝的密封剂、防潮层及其他的结构密封剂等。

A.7.2 环境

密封材料暴露在核电厂的多种不同环境中,包括液体环境、空气环境及辐照环境。

A.7.3 适用的老化效应

适用的老化效应参见表A.6。

表A. 6 密封材料的典型老化效应

材料	材料性质改变和开裂相关老化机理的适用性		
	紫外线辐照与臭氧	热辐照	电离辐射
橡胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁶ rads)
丁基橡胶	Y	N (< 35℃)	N (< 10 ⁷ rads)
氯丁橡胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁶ rads)
丁腈橡胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁷ rads)
硅胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁶ rads)
氟橡胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁶ rads)
乙丙橡胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁶ rads)
三元乙丙橡胶	N	N (< 35℃)	N (< 10 ⁶ rads)
Y：表示在该环境条件下，老化机理适用于该类型材料的构筑物构件，需要进行老化管理。 N：表示在该环境条件下，老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。			

A. 8 土石结构

A. 8. 1 范围

核电厂的土石结构大多与控水或蓄水有关，其材料主要是土壤和岩石，常见的结构包括堤坝、边坡、取排水渠道等。

A. 8. 2 环境

土石结构暴露的环境可分以下几个类别：

- a) 浸没环境；
- b) 露天环境；
- c) 与土壤直接接触。

A. 8. 3 适用的老化效应

适用的老化效应参见表A. 7。

表A. 7 土石结构的典型老化效应

适用的老化效应	土石结构				
	渠道	坝	应急冷却水池	堤	浸没的堤
材料损失（冲蚀）					
风化	Y	Y	Y	Y	N
雨水冲击	Y	Y	Y	Y	N

表 A.7 土石结构的典型老化效应（续）

适用的老化效应	土石结构				
	渠道	坝	应急冷却水池	堤	浸没的堤
表面流动	Y	Y	Y	Y	N
地下流动	Y	Y	Y	Y	Y
浪涌	Y	Y	Y	Y	Y
结构破坏					
沉降	Y	Y	Y	Y	Y
表面流动	Y	Y	Y	Y	N
地下流动	Y	Y	Y	Y	Y
霜冻	Y	Y	Y	Y	N
沉积	Y	N	Y	N	Y
材料性能改变					
失水	Y	Y	Y	Y	N
Y：表示在该环境条件下，老化机理适用于该类型材料的构筑物构件，需要进行老化管理。 N：表示在该环境条件下，老化机理不适用于该类型材料的构筑物构件。					

附 录 B
(资料性附录)

通用的构筑物老化管理大纲清单

通用的构筑物老化管理大纲包括：

- a) 安全壳老化管理大纲；
- b) 安全壳密封性试验大纲；
- c) 安全壳内涂层监督和维护大纲；
- d) 构筑物监测大纲；
- e) 水工构筑物检查大纲。

附 录 C
(规范性附录)
老化管理大纲的要素

老化管理大纲应具备的要素见表C. 1。

表C. 1 老化管理大纲的要素

序号	大纲要素	内容
1	大纲的范围	大纲的范围应包括老化管理审查范围内的具体的构筑物和构筑物构件
2	预防措施	预防措施应能够缓解或预防老化降质
3	监/检测参数	监/检测参数应与具体构筑物或构件预定功能的损失相关联
4	老化效应的探测	应在构筑物或构件的预定功能损失之前及时探测出老化效应。该要素应包括老化效应的探测方法和技术（如目视检查、超声检查）、检查频率、样本大小、数据收集及检查时机等
5	监测与趋势分析	监测与趋势分析应能够预测降质程度，并应及时给出纠正或缓解措施
6	验收准则	验收准则用来评估是否需要采取纠正措施。验收准则应确保构筑物或部件在申请的延续运行期内能够执行其预定功能
7	纠正行动	纠正行动应及时。纠正行动应包括根本原因分析及防止类似情况再次发生的措施
8	确认过程	确认过程应确保预防措施充分，确保实施了适当有效的纠正行动
9	行政管理	行政管理应提供正式的审批流程
10	运行经验	老化管理大纲的运行经验（包括引起大纲加强或新增内容的纠正措施）应提供大纲能够充分管理老化效应的客观证据

附 录 D
(资料性附录)

老化管理审查结果与国际通用经验的符合性标识

老化管理审查结果与国际通用的老化管理经验的符合性标识及说明参见表D. 1。

表D. 1 老化管理审查结果与国际通用经验的符合性标识

标识号	说明
A	部件、材料、环境、老化效应与国际通用经验反馈一致。核电厂老化管理大纲与国际通用经验反馈中老化管理大纲一致
B	部件、材料、环境、老化效应与国际通用经验反馈一致。核电厂老化管理大纲与国际通用经验反馈中老化管理大纲存在差异
C	部件不同，但材料、环境、老化效应与国际通用经验反馈一致。核电厂老化管理大纲与国际通用经验反馈中的老化管理大纲一致
D	部件不同，但材料、环境、老化效应与国际通用经验反馈一致。核电厂老化管理大纲与国际通用经验反馈中的老化管理大纲存在差异
E	材料、环境、老化效应与国际通用经验反馈一致，但核电厂采用了不同与国际通用经验反馈的特定老化管理大纲
F	对于该部件，材料在国际通用经验反馈中不存在
G	对于该部件和材料，环境在国际通用经验反馈中不存在
H	对于该部件、材料和环境的组合，老化效应在国际通用经验反馈中不存在
I	对于该部件，材料和环境的组合不适用，但老化效应在国际通用经验反馈中
J	部件、材料和环境组合均未在国际通用经验反馈中进行评估

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
核电厂运行许可证延续
第4部分：构筑物和构筑物构件老化
管理审查

NB/T 20512.4—2018

*

核工业标准化研究所出版发行

北京海淀区骚子营1号院

邮政编码：100091

电 话：010-62863505

原子能出版社印刷

版权专有 不得翻印

*

2019年4月第1版 2019年4月第1次印刷

印数1—50

定价37.00元