



T/CECS XXX—202X

中国工程建设标准化协会标准

核电厂建构筑物预防性维修 分级管理标准

**Code for graded management of preventive maintenance of
nuclear power plant structures**

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

核电厂建构筑物预防性维修 分级管理标准

Code for graded management of preventive maintenance of
nuclear power plant structures

T/CECS XXX-202X

主编单位：中冶检测认证有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：20×× 年 × 月 1 日

中国 XX 出版社

20×× 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2021 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2021]20 号）的要求，由中冶检测认证有限公司会同有关单位对《核电厂构筑物预防性维修分级管理标准》进行制订。

本标准共分为 7 章和 3 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、预防性维修分级、预防性维修大纲、纠正措施和人员资质等。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会冶金分会归口管理，由中冶检测认证有限公司负责具体技术内容的解释。本标准在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市海淀区西土城路 33 号，邮政编码：100088，传真：010-82227425），以供修订时参考。

主编单位：中冶检测认证有限公司

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目 次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	4
3	基本规定.....	5
3.1	一般规定.....	5
3.2	工作程序及内容.....	6
4	预防性维修分级.....	9
4.1	一般规定.....	9
4.2	分级方法.....	10
4.3	分级类别.....	13
4.4	工作内容.....	15
5	预防性维修大纲.....	22
5.1	一般规定.....	22
5.2	大纲内容及要求.....	22
5.3	大纲优化管理.....	24
6	纠正措施.....	26
6.1	一般规定.....	26
6.2	混凝土结构.....	26
6.3	钢结构.....	27
6.4	砌体结构.....	28
7	人员资质.....	30
	附录 A 评估因子调查表.....	32
	附录 B 评估因子评分表.....	33
	附录 C 缺陷和损伤检查记录表.....	34
	本标准用词说明.....	35

引用标准名录.....	36
附：条文说明.....	37

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	4
3	Basic requirements.....	5
3.1	General requirements	5
3.2	Work procedure and content	6
4	Preventive maintenance classification	9
4.1	General requirements	9
4.2	Classification method.....	10
4.3	Classification category.....	13
4.4	Work content	15
5	Preventive maintenance program.....	22
5.1	General requirements	22
5.2	Program scope and requirements	22
5.3	Program optimization management	24
6	Corrective measures.....	26
6.1	General requirements	26
6.2	Concrete structure	26
6.3	Steel structure.....	27
6.4	Masonry structure	28
7	Personnel qualification.....	30
	Appendix A Assessment factor questionnaire.....	32
	Appendix B Assessment factor score table	33
	Appendix C Defect and damage inspection record form.....	34
	Description of words in this standard	35
	List of quoted standards	36
	Addition: Explanation of provisions.....	37

1 总则

1.0.1 为规范核电厂建构筑物预防性维修管理活动，有效地保证核电厂建构筑物预防性维修管理的科学性和合理性，做到技术先进、安全可靠、经济合理、方便使用，制订本标准。

【条文说明】

1.0.1 我国核电厂建构筑物大都采用预防性维修或纠正性维修的方式进行管理，但建构筑物的构件数量众多，服役环境复杂，可能造成次要部件过度维修增加运行成本，或重要部件维修不足影响安全运行。在此背景下，编制一本与我国核电行业现状及发展需求相适应的《核电厂建构筑物预防性维修分级管理标准》势在必行。

1.0.2 本标准适用于压水堆核电厂运行期间全厂建构筑物的预防性维修分级管理，重水堆、气冷堆和快中子堆核电厂可参考执行。

【条文说明】

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。我国建设的核电厂绝大多数采用压水型反应堆，但也有少量其他堆型，如重水堆、气冷堆、快中子堆等。本标准规定的预防性维修管理方法适用范围为核电厂全厂建构筑物，包括核安全相关建构筑物，也包括非核安全相关建构筑物。

1.0.3 核电厂建构筑物预防性维修管理除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 预防性维修 preventive maintenance

为降低建构筑物、系统和部件失效的概率或防止功能退化，按预定的时间间隔或按规定准则实施的维修。

【条文说明】

2.1.1 根据《核电厂维修》HAD103/08，维修活动包括保养、大修、修理以及更换零件；根据情况，还包括试验、标定和检查（包括在役检查），也可以包括建构筑物、系统和部件的修改。

2.1.2 周期性维修 periodic maintenance

按照一定的时间间隔、运行周期对建构筑物、系统和部件进行的检查、检测、维修和更换。

2.1.3 预测性维修 predictive maintenance

通过对能表征建构筑物性能的可测参数和特征进行连续或间断式的监测、诊断或趋势分析，以得到建构筑物功能完好性的指示，并在这些参数或特征表明建构筑物即将出现故障前进行针对性维修。

2.1.4 策略性维修 planned maintenance

依据预测性维修的结论，在建构筑物故障发生之前，有计划地进行维修，从而防止建构筑物的失效。

2.1.5 应急检查 emergency check

为应对突发情况对建构筑物产生的破坏及危险性，进行的以排查安全隐患为目的的检查。

2.1.6 多因子评分法 multi-factor scoring method

将多个评估因子组合，得出一个综合评分，用以反映建构筑物的整体情况。

2.1.7 预防性维修大纲 preventive maintenance program

建构筑物、系统和部件预防性维修要求的汇总文件，规定了其所需执行的预防性维修项目内容以及周期等要求。

2.1.8 一般建筑物 general structure

由梁、板、柱、墙等构件组成的厂房主体或单独的大体量结构。

2.1.9 其他构筑物 other special structure

无法进一步划分单元的构筑物，如：烟囱、边坡、管廊、管沟、隧洞、水池等。

2.1.10 房间单元 room units

具有唯一编码、具有特殊功能的单元，例如房间、廊道、区域等。

2.1.11 安全等级 security clearance

根据建构筑物、系统和部件的各安全功能在安全上的重要性进行的等级划分。

【条文说明】

2.1.11 根据建构筑物、系统和部件在以下三项基本安全功能中的作用确定安全等级：(1) 控制反应性；(2) 排除堆芯热量；(3) 包容放射性物质以及控制运行排放和限制事故排放。

2.1.12 抗震类别 earthquake resistance category

根据核电厂建构筑物破坏后，可能造成的人员伤亡、直接和间接经济损失、社会影响的程度及其在减轻核事故破坏后果中的作用等因素，对各建构筑物所做的抗震分类。

【条文说明】

2.1.12 核电厂建构筑物、系统和部件共划分为三个抗震类别：抗震Ⅰ类、抗震Ⅱ类和非核抗震类。

2.1.13 质量保证等级 quality assurance level

对核电工程中质量保证要求不同的建构筑物、服务或活动（过程）所作的分类或排序。

2.1.14 服役环境 service environment

建构筑物、系统和部件全寿期内处于的环境类别。

2.1.15 缺陷和损伤 defect and damage

建构筑物的性能劣化状态，如麻面、锈蚀、开裂等。

2.1.16 可维修性 serviceability

故障发生后，建构筑物恢复到其规定功能状态的难易程度。

2.1.17 纠正性维修 corrective maintenance

故障确认后，使建构物恢复能执行规定功能状态所实施的维修。

2.1.18 经验反馈 experience feedback

对影响运行管理目标实现或顺利实施的事件和活动的记录进行统计分析，并采取适宜处理措施的活动。

2.1.19 预防性维修大纲优化 preventive maintenance optimization

基于预防性维修大纲执行的反馈、内外部运行经验反馈等，对预防性维修大纲的任务内容、周期以及预防性维修模板进行持续优化。

2.1.20 共因故障 common cause failure

由特定的单一事件或起因导致两个或多个建构物、系统或部件失效的故障。

2.1.21 纠正措施 corrective measure

使建构物恢复到能执行其规定功能状态所实施的方法。

2.2 符号

2.2.1 QA1: 质量保证 1 级

2.2.2 QA2: 质量保证 2 级

2.2.3 QA3: 质量保证 3 级

2.2.4 NQA: 非核质量保证级

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 核电厂建构筑物预防性维修分级管理的目的在于通过对建构筑物合理的分级，有效地实行差异化管理，在保证建构筑物能够持续执行其预定功能的前提下，提升核电厂建构筑物预防性维修管理水平。

【条文说明】

3.1.1 根据《核动力厂调试和运行安全规定》HAF103，营运单位应根据建构筑物、系统和设备的安全重要性确定维修的优先顺序。根据《核电厂维修》HAD103/08，预防性维修的频度和深度必须保证安全重要的建构筑物、系统和部件能按设计意图和假设保持其可靠性和有效性，保证在运行开始以后，核电厂的安全状态不会受到有害的影响。必须使在正常情况下不使用的建构筑物、系统和部件的预防性维修保持最佳频度、以防止因连续的过度试验可能引起的损坏和在要求时提供满意地执行其功能的可信度。

3.1.2 核电厂建构筑物预防性维修分级管理宜涵盖全厂建构筑物，且必须涵盖安全相关建构筑物。

【条文说明】

3.1.2 根据《核电厂维修》HAD103/08，预防性维修计划中必须包括安全重要建构筑物、系统和部件。

3.1.3 核电厂建构筑物预防性维修宜采用周期性维修，也可根据实际情况采用预测性维修或策略性维修等方式。

【条文说明】

3.1.3 根据我国实践经验，在电厂运行初期阶段，大多核电厂缺少运行经验，对建构筑物了解较少，因此预防性维修推荐以周期性维修为主，这有助于电厂积累数据和经验。随着运行年限的增加，积累的预防性维修数据可为电厂老化管理和寿期管理提供支撑。

3.1.4 核电厂建构筑物在遭遇极端天气、灾害性损伤等异常事件后，应开展应急检查，以确定建构筑物的状态和功能完整性。

【条文说明】

3.1.4 灾害发生后，应及时对建构筑物进行应急检查，掌握结构受损情况，为采取对策措施提供依据。当建构筑物出现影响性能的缺陷和损伤时，应进行可靠性鉴定。

3.1.5 应急检查的内容原则上应与预防性维修检查相同，但应针对发生异常情况或受异常事件影响的结构或构件做重点检查，以掌握其受损情况。

3.1.6 根据预防性维修或应急检查结果，对需要进一步判明损坏原因、破损程度和使用能力的建构筑物，应开展专业检测鉴定。

【条文说明】

3.1.6 根据预防性维修或应急检查的结果，对需要进一步判明损坏原因、破损程度和使用能力的建构筑物，应由具备检测鉴定资质的单位进行专门的现场试验检测、验算与分析等鉴定工作；或根据建构筑物的使用年限对其整体安全性进行的定期检测鉴定工作。

3.1.7 预防性维修应使工作人员所受的辐照水平合理、可行、尽量低，维修人员应经培训和授权后方可上岗。

【条文说明】

3.1.7 根据《核电厂维修》HAD103/08，在确定预防性维修的频度和深广度时，必须考虑下述因素：a. 安全导则 HAD102/03《用于沸水堆、压水堆和压力管式反应堆的安全功能和部件分级》中详细说明的准则；b. 设计单位和供方的建议；c. 营运单位的有关经验；d. 功能失效的概率；e. 保持辐射照射合理可行尽量低。

3.1.8 预防性维修所使用的专业仪器设备应具备产品合格证、计量检定机构出具的有效期内的检定或校准证书，仪器设备的精度应能满足预防性维修检测项目的要求。

3.2 工作程序及内容

3.2.1 核电厂建构筑物预防性维修分级管理工作程序，应按图 3.2.1 进行。

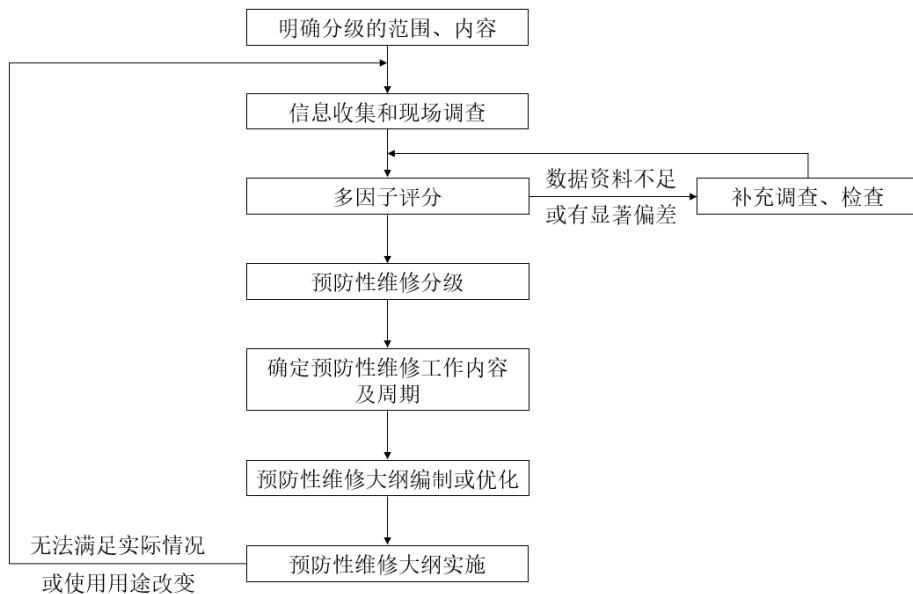


图 3.2.1 核电厂建构筑物预防性维修分级管理工作程序

【条文说明】

3.2.1 本条规定了核电厂建构筑物预防性维修分级管理工作的基本程序。

3.2.2 信息收集和现场调查宜包括下列内容：

- 1 查阅文件资料，包括设计说明文件、技术规格书、最终安全分析报告、施工和竣工资料以及运维记录等资料。
- 2 现场调查，调查建构筑物的实际状况、使用条件、内外环境、用途变更、使用条件改变等情况。

【条文说明】

3.2.2 了解建构筑物的状况和收集有关的资料，不仅有利于较好地进行预防性维修分级，而且有助于确定预防性维修大纲的重点内容。现场调查主要是了解建构筑物的历史情况、实际状况及用途等。

3.2.3 核电厂建构筑物预防性维修分级应采用多因子评分法，评估因子的选取应涵盖核电厂建构筑物设计、建造、运行（包括运行许可证延续和长期停堆）和退役各阶段的影响因素。

【条文说明】

3.2.3 通过研究老化管理、许可证延续规定，对比故障树分析法、多因子评分法、专家打分法、数学模型分析法等在核电厂建构筑物预防性维修分级管理上的应用，本标准建议采用多因子评分法。为保证建构筑物的可靠性与核电厂整个寿期内的设计要求始终保持一致，

评估因子的选取应能涵盖核电厂的整个寿命周期。

3.2.4 在核电厂建构筑物预防性维修分级实施过程中，若发现调查的数据资料不足或有明显偏差时，应进行补充调查、检查。

3.2.5 核电厂建构筑物应根据预防性维修分级结果确定维修工作内容及周期，并编制预防性维修大纲。

【条文说明】

3.2.5 对于不同预防性维修等级的建构筑物，预防性维修工作的内容或周期宜不同，实现差异化管理。

3.2.6 核电厂建构筑物应根据评估因子的变化情况，定期对预防性维修分级结果进行更新，并优化预防性维修大纲。

【条文说明】

3.2.6 随着建构筑物使用年限的增加，不可避免的会发生缺陷和损伤的改变、服役环境的改变或使用功能的改变，因此，需定期对建构筑物预防性维修分级结果更新，并优化预防性维修大纲，周期宜为 5 年，以保证预防性维修大纲的先进性和可指导性。

3.2.7 预防性维修大纲除应满足本标准要求外，还应满足其他法规导则的要求，以保证建构筑物能够持续执行其预定功能。

4 预防性维修分级

4.1 一般规定

4.1.1 核电厂建构筑物预防性维修分级选取的评估因子应综合考虑核电厂建构筑物的安全重要性、固有可靠性、运行时性能劣化的可能性、老化特性和运行经验等因素。

【条文说明】

4.1.1 根据《核动力厂调试和运行安全规定》HAF103，应当根据下述因素确定单个构筑物、系统和设备的预防性和预测性维修、试验、监督和检查的频度：（1）构筑物、系统和设备对安全的重要性；（2）其固有的可靠性；（3）运行时性能劣化的可能性和老化特性；（4）运行经验。

4.1.2 核电厂建构筑物宜按照安全壳结构、一般建筑物和其他构筑物三个类别进行预防性维修分级。

【条文说明】

4.1.2 安全壳结构包含预应力混凝土安全壳结构和钢制安全壳结构。一般建筑物指由梁、板、柱、墙等构件组成、可进一步划分单元的建筑物，如：核辅助厂房、汽轮机厂房、联合泵房、办公楼等。其他构筑物指无法进一步划分单元的构筑物，如：烟囱、边坡、管廊、管沟、隧洞、水池等。

4.1.3 安全壳结构和一般建筑物宜开展建构筑物和房间单元两个层次的预防性维修分级。其他构筑物应开展构筑物层次的预防性维修分级。

【条文说明】

4.1.3 建构筑物层次的预防性维修分级是对结构整体的分级，目的是为了将厂区里需要进行专业检测的建构筑物筛选出来，并执行不同等级的预防性维修检测工作。房间单元层次的预防性维修是对厂房内部各房间或区域的分级，目的是为了将需要进行目视检查的房间或区域筛选出来，并执行不同等级的预防性维修检查工作。房间单元是建构筑物预防性维修管理的最小单元。其他构筑物只进行建构筑物层次的分级，不涉及房间单元层次的分级。

4.2 分级方法

4.2.1 建构筑物层次预防性维修分级考虑的评估因子应包含以下因素：

- 1 安全等级；
- 2 抗震类别；
- 3 质量保证等级；
- 4 故障后果；
- 5 其他设计功能或要求；
- 6 服役环境；
- 7 缺陷和损伤；
- 8 可维修性。

【条文说明】

4.2.1 本条给出了建构筑物层次分级的评估因子。其中，可维修性不参与多因子评分，仅对预防性维修等级进行调整，调整方法见 4.3.3 条。

4.2.2 房间单元层次预防性维修分级考虑的评估因子应包含以下因素：

- 1 设备重要性等级；
- 2 存储物项风险等级；
- 3 服役环境；
- 4 可维修性。

【条文说明】

4.2.2 本条依据房间单元的执行功能设置其评估因子，同理，可维修性不参与多因子评分，仅对预防性维修等级进行调整，调整方法见 4.3.3 条。

4.2.3 建构筑物各评估因子的评分标准宜按表 4.2.3 进行。

表 4.2.3 建构筑物评分标准

评估因子	评分标准	
安全等级	安全 1 级	3
	安全 2 级	2
	安全 3 级/安全有关级 /非安全级中有特殊要求的	1
	一般非安全级	0

评估因子	评分标准		
抗震类别	抗震 I 类	3	
	抗震 II 类	2	
	非核抗震类	0	
质量保证等级	QA1	3	
	QA2	2	
	QA3	1	
	NQA	0	
故障后果	故障后影响安全相关建构物、系统和部件 执行其功能	3	
	其他	0	
其他设计功能或 要求	防火设计、火灾探测、灭火系统相关/ 超设计基准事故预防或缓解设施相关/ 国家核安全局要求的改进项	3	
	其他	0	
服役环境	冻融环境/海洋氯化物环境/除冰盐等其他氯化物 环境/化学腐蚀环境/辐射环境/高温环境	1	
	一般环境	0	
缺陷和损伤	混凝土 构件	局部有缺陷或损伤，缺损深度小于 保护层厚度	[1-20]: 0.5 [21-40]: 1 [≥41]: 1.5
		有较大范围的缺陷和损伤，或局部 有严重的缺陷和损伤，缺损深度大 于保护层厚度	[1-10]: 1 [11-20]: 2 [≥21]: 3
		钢筋有锈蚀可能和轻微锈蚀现象； 混凝土表面有轻度腐蚀损伤	[1-20]: 0.5 [21-40]: 1 [≥41]: 1.5
		钢筋外观有沿筋裂缝或明显锈迹； 混凝土表面有明显腐蚀损伤	[1-10]: 1 [11-20]: 2 [≥21]: 3
	钢构件	轻微腐蚀，或防腐措施不完备	[1-20]: 0.5 [21-40]: 1 [≥41]: 1.5

评估因子	评分标准		
		大面积腐蚀，或防腐措施已失效	[1-10]: 1 [11-20]: 2 [≥21]: 3
	砌体构件	有较小缺陷或轻微损伤，尚不明显 影响正常使用	[1-20]: 0.5 [21-40]: 1 [≥41]: 1.5
		缺陷和损伤对正常使用有明显影响	[1-10]: 1 [11-20]: 2 [≥21]: 3

注：[]内表示缺陷数量，如：[1-10]表示缺陷数量在1个到10个之间。

【条文说明】

4.2.3 安全等级、抗震类别、质量保证等级参考最终安全分析报告进行规定；故障后果、其他设计功能或要求参考《核动力厂老化管理》HAD 103/12、《核电厂运行许可证有效期延续的技术政策（试行）》进行规定；服役环境、缺陷和损伤参考《核电厂建构筑物维护及可靠性鉴定标准》GB/T 51323、《工业建筑可靠性鉴定标准》GB/T 50144进行规定。其中，缺陷和损伤评估因子的评分标准是根据大量的核电厂建构筑物检查数据经过统计分析确定。

4.2.4 房间单元各评估因子的评分标准宜按表 4.2.4 进行。

表 4.2.4 房间单元评分标准

评估因子	评分标准	
设备重要性 等级	关键 1 级设备	4
	关键 2 级设备	3
	重要设备	2
	一般设备	1
存储物项 风险等级	危险化学品/放射性物质/存在堆载情况	1
	正常物项	0
服役环境	冻融环境/海洋氯化物环境/除冰盐等其他氯化物环境/化学腐蚀环境/辐射环境/高温环境	1
	一般环境	0

【条文说明】

4.2.4 核电厂以单一设备故障发生时，产生后果的严重程度为基准，依据对核电厂的核安全、

稳定发电、放射性控制等影响的大小，将设备分为关键设备（包括关键 1 级和关键 2 级）、重要设备和一般设备三个等级。关键设备指对电站的核安全和机组发电具有关键作用的设备。为进一步突出重点，关键设备又细分为关键 1 级设备和关键 2 级设备。关键 1 级设备是指单个设备故障即可导致电站停堆、停机、降功率、功率大幅度波动的设备。关键 2 级设备指关键 1 级设备以外的设备，单个设备故障即可导致支持电站核安全或机组发电的重要功能丧失或降级的设备。重要设备指对电厂的核安全和机组发电具有重要作用，或通过维修可以避免重大设备损失、降低成本的设备。一般设备指除关键和重要设备之外的其他设备。

4.2.5 建构筑物 and 房间单元评估因子的调查表可参照附录 A 执行。

4.2.6 建构筑物 and 房间单元评估因子的评分表可参照附录 B 执行。

4.3 分级类别

4.3.1 建构筑物层次的预防性维修等级应根据各评估因子的评分总和按表 4.3.1 确定。

表 4.3.1 建构筑物预防性维修等级

评分总和	预防性维修等级
≥ 13	A 级
$\geq 3, < 13$	B 级
< 3	纠正性维修

【条文说明】

4.3.1 预防性维修 A 级和 B 级需对建构筑物进行专业检测。

以下建构筑物应进行检测工作：

- (1) 所有安全 3 级/安全有关级/非安全级中有特殊要求以上且属于抗震 I 类的建构筑物；
- (2) 故障后影响安全相关建构筑物、系统和部件执行其功能的非安全相关建构筑物；
- (3) 防火设计、火灾探测、灭火系统相关建构筑物；
- (4) 超设计基准事故预防或缓解相关建构筑物；
- (5) 其他要求改进项的建构筑物。

预防性维修 B 级和纠正性维修的界限划分为 3 分，即总分 ≥ 3 分的建构筑物需要进行预防性维修 B 级的维修。

对于安全 3 级/安全有关级/非安全级中有特殊要求以上、属于抗震 I 类、质保等级为 QA1 且故障后影响安全相关建构筑物、系统和部件执行其功能，同时出现了较高程度的缺陷和损伤的建构筑物需要被划分为预防性维修 A 级，执行较高频次的检测工作，因此预防性维修 A 级和预防性维修 B 级的分界线为 13 分，即总分 ≥ 13 分的建构筑物进行预防性维修 A 级维修。

4.3.2 房间单元层次的预防性维修等级应根据各评估因子的评分总和按表 4.3.2 确定。

表 4.3.2 房间单元预防性维修等级

评分总和	预防性维修等级
≥ 4	a 级
$\geq 2, < 4$	b 级
< 2	纠正性维修

【条文说明】

4.3.2 对于房间单元，总分 ≥ 4 分的情况包括：1) 包含关键 1 级设备；2) 包含关键 2 级以上设备，并且存在存储物项风险；3) 包含关键 2 级以上设备，并处于不利环境；4) 包含重要设备，存在存储物项风险，并处于不利环境。在该 4 种情况下，建构筑物需要进行更频繁的检查，因此预防性维修 a 级和预防性维修 b 级的划分界限设为 4 分。总分 ≥ 2 分， < 4 分的情况包括：1) 包含关键 2 级设备或重要设备；2) 包含重要设备或一般设备，并且存在存储物项风险；3) 包含重要设备或一般设备，并处于不利环境；4) 存在存储物项风险，并处于不利环境。在该 4 种情况下，建构筑物需要进行检查，因此预防性维修 b 级和纠正性维修的划分界限设为 2 分。

4.3.3 建构筑物和房间单元的预防性维修等级宜按表 4.3.3 分别进行调整。

表 4.3.3 预防性维修等级的调整

可维修性	预防性维修等级的调整
难	降低一级
中	保持不变
易	保持不变

【条文说明】

4.3.3 可维修性反映了预防性维修活动实施时的客观限制条件，如高辐射区域、水下高风险区域、不可达区域、密闭空间区域等，对于以上特殊情况需要额外考虑可维修性的影响。将维修活动的可维修性分为3级：“难”——维修活动具有巨大的安全风险，应降低一个维修等级，如将“预防性维修A级”降为“预防性维修B级”；“中”——维修活动的风险可控，预防性维修等级保持不变；“易”——维修活动风险很小或无风险，预防性维修等级保持不变。

4.4 工作内容

4.4.1 预防性维修等级为A级和B级的建构筑物应开展定期专业检测，工作内容及周期可按表4.4.1确定。

表 4.4.1 预防性维修 A 级和 B 级的工作内容及周期

结构类型	工作内容	检测方法	预防性维修 A 级检测周期	预防性维修 B 级检测周期
混凝土结构	强度	仪器测量	3Y	5Y
	外观缺陷	目视检查/仪器测量	3Y	5Y
	氯离子含量	仪器测量/取样检测	3Y	5Y
	碳化深度	仪器测量	3Y	5Y
	骨料活性和碱含量	仪器测量/取样检测	3Y	5Y
	钢筋保护层厚度	仪器测量	3Y	5Y
	钢筋锈蚀	仪器测量	3Y	5Y
	温度场分布	仪器测量	3Y	5Y
	渗透性	仪器测量	3Y	5Y
	硫酸盐侵蚀	取样检测	3Y	5Y
	沉降	仪器测量	3Y	5Y
	内部缺陷	仪器测量	3Y	5Y
	设备基础强度	仪器测量	3Y	5Y
变形	仪器测量	3Y	5Y	
钢结构	强度	仪器测量	3Y	5Y
	外观缺陷	目视检查/仪器测量	3Y	5Y
	涂层厚度	仪器测量	3Y	5Y

结构类型	工作内容	检测方法	预防性维修 A 级检测周期	预防性维修 B 级检测周期
	沉降	仪器测量	3Y	5Y
	变形	仪器测量	3Y	5Y
钢内衬和贯穿件	外观缺陷	目视检查/仪器测量	2C	3C
	涂层厚度	仪器测量	2C	3C
	涂层附着力	仪器测量	2C	3C
钢制安全壳	外观缺陷	目视检查/仪器测量	2C	3C
	涂层厚度	仪器测量	2C	3C
	涂层附着力	仪器测量	2C	3C
	焊缝裂纹长度	目视检查/仪器测量	2C	3C
	表面裂纹长度	目视检查/仪器测量	2C	3C
	沉降	仪器测量	2C	3C
	变形	仪器测量	2C	3C
砌体结构	强度	仪器测量	3Y	5Y
	外观缺陷	目视检查/仪器测量	3Y	5Y
	沉降	仪器测量	3Y	5Y
	变形	仪器测量	3Y	5Y

注：Y 表示年，C 表示大修周期。

【条文说明】

4.4.1 本条规定了建构筑物（包含安全壳结构、一般建筑物和其他构筑物）预防性维修 A 级和预防性维修 B 级执行专业检测的工作内容及周期，所规定的工作内容能覆盖核电厂建构筑物老化管理的要求，所规定的周期为推荐执行周期。各核电厂可结合自身需求增加或减少预防性维修工作内容、调高或调低检测周期，但应能满足核安全法规、导则以及现行国家标准的有关规定。鉴于目前国内核电厂构筑物监测的检测周期大多为 5Y，并且，根据已开展的预防性维修分级结果统计，对于需要进行检测的建构筑物大多划分为预防性维修 B 级，因此，预防性维修 B 级检测周期定为 5Y。对于需要执行预防性维修 A 级检测的建构筑物，建议比预防性维修 B 级的建构筑物执行多 1 倍的检测工作，因此将检测周期定为 3Y。

同时，对建构筑物各检测参数的抽样原则应满足国家现行有关标准的要求。

4.4.2 预防性维修等级为 a 级和 b 级的混凝土安全壳结构房间单元应开展定期目视检查，工作内容及周期可按表 4.4.2 确定。

表 4.4.2 混凝土安全壳结构房间单元的预防性维修工作内容及周期

构件类别	工作内容	检查方法	预防性维修 a 级检查周期	预防性维修 b 级检查周期
混凝土构件	混凝土表面开裂、散落、剥落、涂层变色、浸出	目视检查	3C	6C
	混凝土锚固件锈蚀及周围局部混凝土开裂	目视检查	3C	6C
	钢筋锈蚀、漏筋	目视检查	3C	6C
钢衬里、贯穿件、闸门	表面涂层脱落、变色、空鼓	目视检查	3C	6C
	基体腐蚀	目视检查	3C	6C
	焊缝裂纹长度	目视检查	3C	6C
	表面裂纹长度	目视检查	3C	6C
承压螺栓	表面腐蚀	目视检查	3C	6C
	螺栓弯曲、变形	目视检查	3C	6C
	螺栓螺母松动、丢失	目视检查	3C	6C
防潮层、密封垫圈、密封条、闸门密封件	密封材料开裂、破损、缺失	目视检查	3C	6C
	密封材料硬化	触摸检查	3C	6C
预应力系统	预应力钢束灌浆帽腐蚀	目视检查	3C	6C
	预应力锚垫板下混凝土开裂、表面空洞以及锚垫板压入混凝土等	目视检查	3C	6C
永久性仪表监测系统	监测仪表外观完整，功能正常	目视检查	3C	6C

【条文说明】

4.4.2 本条规定了混凝土安全壳结构房间单元目视检查的工作内容及周期，所规定检查内容能覆盖核电厂安全壳结构老化管理对目视检查的要求，检查周期根据国内核电厂的预应力

混凝土安全壳老化管理经验制定。各核电厂可结合自身需求增加或减少预防性维修工作内容、调高或调低检查周期，但应能满足核安全法规、导则以及现行国家标准的有关规定。

4.4.3 预防性维修等级为 a 级和 b 级的钢制安全壳结构房间单元应开展定期目视检查，工作内容及周期可按表 4.4.3 确定。

表 4.4.3 钢制安全壳结构房间单元的预防性维修工作内容及周期

构件类别	工作内容	检查方法	预防性维修 a 级检查周期	预防性维修 b 级检查周期
安全壳 贯穿件套管	表面涂层脱落、变色、空鼓、开裂	目视检查	3C	6C
设备闸门	基体腐蚀	目视检查	3C	6C
人员闸门	焊缝开裂	目视检查	3C	6C
密封材料	密封材料完整性	目视检查	3C	6C

【条文说明】

4.4.3 本条规定了钢制安全壳结构目视检查的工作内容及周期，所规定检查内容能覆盖核电厂钢制安全壳老化管理对目视检查的要求，检查周期根据国内核电厂的钢制安全壳老化管理经验制定。各核电厂可结合自身需求增加或减少预防性维修工作内容、调高或调低检查周期，但应能满足核安全法规、导则以及现行国家标准的有关规定。

4.4.4 预防性维修等级为 a 级和 b 级的一般建筑物房间单元应开展定期目视检查，工作内容及周期可按表 4.4.4 确定。

表 4.4.4 一般建筑物房间单元的预防性维修工作内容及周期

构件类别	工作内容	检查方法	预防性维修 a 级检查周期	预防性维修 b 级检查周期
混凝土结构	检查室内外混凝土表面开裂、剥落、涨裂、空鼓、磨损、化学侵蚀情况；检查混凝土锚固件锈蚀及周围局部混凝土开裂情况；检查钢筋锈蚀、露筋情况；检查混凝土表面涂层脱落、开裂、变色情况	目视检查	3Y	5Y

构件类别	工作内容	检查方法	预防性 维修 a 级检查 周期	预防性 维修 b 级检查 周期
混凝土结构 (水下区)	检查混凝土表面开裂、剥落、散烈情况；检查预埋件/钢构件形变、锈蚀、焊缝开裂情况；检查涂层完整性；检查混凝土材料损失情况；检查密封件老化、破损、缺失情况；检查海洋生物附着情况	潜水探摸/ 目视检查	3C	6C
钢结构	检查室内外钢结构及连接螺栓的表面腐蚀、变形、弯曲、涂层开裂剥落及结构螺栓腐蚀、松脱、缺失情况	目视检查	3Y	5Y
砌体结构	检查室内外砌体结构化学侵蚀、磨损、腐蚀、断裂、剥落情况；检查裂缝、渗漏情况；检查锚固件锈蚀及周围局部砌体结构老化情况；检查垂直度	目视检查	3Y	5Y
伸缩缝	检查伸缩缝密封材料硬化、撕裂、龟裂、缺损情况。检查伸缩缝处密封材料与两侧混凝土之间脱胶、剥离情况；检查伸缩缝处钢板变形、损坏情况；检查伸缩缝的卷材脱胶、破裂情况；检查伸缩缝节点处渗漏、积水情况	目视检查	3Y	5Y
部件支撑	检查各房间内电缆桥架、管道支撑表面涂层完整性、表面腐蚀情况；检查支撑连接螺栓表面腐蚀、开裂、螺栓松脱、缺失、支撑锚固件/预埋件局部混凝土开裂情况；检查支撑变形、错位情况	目视检查	3Y	5Y
设备基础	检查设备基础混凝土开裂、地脚螺栓腐蚀、螺母松动、隔震器缺失、破裂	目视检查	3Y	5Y

构件类别	工作内容	检查方法	预防性 维修 a 级检查 周期	预防性 维修 b 级检查 周期
	等情况			
屋面	检查屋面开裂、积水、起鼓情况；检查雨排水管的堵塞或损坏情况；检查卷材搭接处密封材料、螺钉完整性情况；检查金属屋面及表面涂层完整性情况；检查屋顶风机口包边板的松脱情况	目视检查	1Y	2Y
防火门及五金	检查防火门的构造结构及相应门框、门扇、中缝盖缝、门扇缝的密封性情况；检查防火门配套五金（开关、把手、插销、顺序器、门轴、锁闭装置、闭门器等）的损坏缺陷情况；检查防火门门面油漆的损坏情况	目视检查	1Y	2Y
防火封堵	检查防火封堵材料破损、缺失情况	目视检查	1Y	2Y
特种门及五金	检查门框、门扇的直线度、平面度、封头完整性情况；检查门轴、轴承、刹车片、链条、限位装置等传动机构是否存在卡涩、磨损、松动、异响等情况；检查门扇与门扇之间结合部、门扇与导轨部位是否松动、卡涩等情况；检查门框、门扇、中缝盖缝、门扇缝的密封性及配套五金、门面油漆完整性情况；检查开启装置是否完好有效	目视检查	1Y	2Y
水池	检查混凝土开裂、剥落情况；检查混凝土钢筋锈蚀情况；检查水池泄漏情况	目视检查	3Y	5Y
水密闸门、挡	检查水密门、挡水板外观；检查构件	目视检查	1Y	2Y

构件类别	工作内容	检查方法	预防性 维修 a 级检查 周期	预防性 维修 b 级检查 周期
水板	变形、密封材料老化、构件缺失等情 况			

【条文说明】

4.4.4 本条规定了一般建筑物目视检查的工作内容及周期，所规定检查内容能覆盖核电厂构筑物老化管理和预防性维修管理对目视检查的要求，检查周期根据国内核电厂的构筑物监测经验确定。各核电厂可结合自身需求增加或减少预防性维修工作内容、调高或调低检查周期，但应能满足核安全法规、导则以及现行国家标准的有关规定。

4.4.5 建构筑物 and 房间单元的最终预防性维修工作内容及周期可根据实际运行经验反馈进行适当的调整。

【条文说明】

4.4.5 可根据建构筑物设计人员、运行管理人员、检查维修人员、监督评审人员等的意见和运行经验反馈对建构筑物和房间单元的最终预防性维修工作内容及周期进行调整。

4.4.6 核电厂建构筑物缺陷和损伤的检查记录表可参照附录 C 执行。

5 预防性维修大纲

5.1 一般规定

5.1.1 预防性维修大纲的编制和优化应遵守核安全法规及国家现行有关标准的规定。

5.1.2 预防性维修大纲应在技术和管理方面共同指导预防性维修。

【条文说明】

5.1.2 技术措施是确定预防性维修执行的内容，包括预防性维修管理范围、工作内容、执行周期、纠正措施等，管理措施是确定如何组织和执行预防性维修相关内容，包括程序、人员资质、检查记录等。

5.1.3 核电厂营运单位为预防性维修大纲编制与优化的主体机构，负责确定组织形式、沟通方式、工作流程、责任分工。

5.1.4 预防性维修大纲应依据核电厂技术规范、维修条件、维修风险等要求在大修或日常期间执行。

【条文说明】

5.1.4 核电厂应根据维修项目和周期合理调整预防性维修大纲的实施时机，在日常运行和换料大修期间对建构筑物进行各类预防性维修活动。

5.1.5 核电厂应建立预防性维修数据库，对建构筑物全寿命周期的预防性维修数据进行收集、整理和维护。

【条文说明】

5.1.5 核电厂应根据相关大纲、内外部经验反馈等文件确定预防性维修数据库的项目，包括但不限于工作项编码、工作标题、大纲要求、周期、工单等信息。

5.2 大纲内容及要求

5.2.1 预防性维修大纲内容应包含但不限于以下内容：

- 1 预防性维修大纲的目标和适用范围；
- 2 编制依据；

- 3 预防性维修大纲所涉及的建构筑物；
- 4 建构筑物名称、编码；
- 5 工作内容；
- 6 执行周期；
- 7 执行单位或部门。

【条文说明】

5.2.1 根据国家核安全局发布的《核电厂维修大纲的格式和内容》，应说明预防性维修大纲或程序的目的，对建构筑物、系统和设备的预防性维修周期或频度、维修内容等要求作出规定，以保证核电厂系统和设备的性能维持在相应的水平上，正常执行其应有的功能，从而保证机组的安全运行。

5.2.2 核电厂营运单位宜按厂房编制预防性维修大纲，也可根据核电厂建构筑物类别分大类编制预防性维修大纲。

【条文说明】

5.2.2 核电厂营运单位按各个厂房建立预防性维修大纲进行管理是直接、有效的，由于核电厂建构筑物子项繁多，也可以按照反应堆厂房、核辅助厂房、常规岛厂房、水工构筑物、BOP 建构筑物五个大类进行编制。

5.2.3 建构筑物预防性维修大纲应按本标准 4.3 节和 4.4 节要求明确预防性维修等级、预防性维修项目及执行周期。

【条文说明】

5.2.3 建构筑物预防性维修大纲应建立维修项目清单，根据不同的维修等级选择相应的维修项目，但核电厂建构筑物结构类型较多且体型较为复杂，核电厂营运单位可根据各厂房特点增补个性化预防性维修项目。

5.2.4 建构筑物预防性维修大纲工作内容的执行可按整体或子项执行，子项可为一个或若干楼层或房间。

【条文说明】

5.2.4 核电厂营运单位为了便于实际工作开展，将每个构筑物作为一个设备进行管理，厂房的每个楼层作为一个子设备进行管理，每个楼层的同类物项作为预防性维修项目。对预防性维修项目，可以分为整体或子项执行，举例说明，对于混凝土结构检测、屋面、防火门

等项目既可作为厂房整体项目执行，也可按楼层分层项目执行。

5.2.5 建构筑物预防性维修大纲应对有关联的预防性维修活动的工作内容和执行周期做统一规定。

【条文说明】

5.2.5 对建构筑物维修主体上存在多专业的预防性维修活动，应以该主体的预防性维修工作为基础，各维修专业的工作和周期应统一考虑和合理安排。同时，对于有关联的建构筑物主体的上的维修工作和执行周期也应统一考虑和合理安排。

5.2.6 建构筑物预防性维修大纲应明确具体措施，以消除建构筑物或构件失效后发生共因故障风险。

【条文说明】

5.2.6 在预防性维修中发现建构筑物失效，特别是对抽样进行预防性维修的，需要对失效原因进行分析。对有可能是共因性的失效，需要适当地扩大预防性维修的检查范围（特别在同一建构筑物内），以消除共因故障产生的风险。

5.2.7 核电厂应对建构筑物预防性维修大纲的编制格式做统一规定。

【条文说明】

5.2.7 核电厂对建构筑物预防性维修大纲编制格式进行规定时，可参考国家核安全局发布的《核电厂维修大纲的格式和内容》。

5.3 大纲优化管理

5.3.1 预防性维修大纲优化宜符合现行行业标准《核电厂预防性维修大纲的编制与优化要求》NB/T 20156 的有关规定。

【条文说明】

5.3.1 预防性维修大纲优化时，宜充分借鉴现行行业标准《核电厂预防性维修大纲的编制与优化要求》NB/T 20156 中规定的优化流程和方法，确保预防性维修大纲符合核电厂的管理和技术要求。

5.3.2 预防性维修大纲编制完成后，应纳入预防性维修大纲的生效和管理流程，并定期或实时进行大纲的评审和优化。

【条文说明】

5.3.2 在评审和优化过程中，应充分参考由设计单位、建造商、设备供应商和营运单位提供的图纸、规范、标准、说明书、手册和内外部经验反馈等文件，并完成优化记录。

5.3.3 各单位可根据法规要求的变更、标准规范的变更、维修数据和经验的积累、评估因子的改变以及技术的发展提出预防性维修大纲的优化建议。

【条文说明】

5.3.3 根据国家核安全局发布的《核电厂维修大纲的格式和内容》，在实施预防性维修工作期间，应逐步积累数据，及时获得维修的内、外部经验反馈，以对预防性维修大纲或程序进行及时的修订升版，实现预防性维修活动的持续改进和优化。

5.3.4 预防性维修大纲的优化记录应包含优化原因、分析评估、优化后的内容等。

5.3.5 预防性维修大纲优化后，应对相关实施文件进行检查更新。

【条文说明】

5.3.5 预防性维修大纲优化后，应协调相关执行部门依据优化后的预防性维修大纲完成相关实施文件的优化。

5.3.6 核电厂宜制定预防性维修大纲编制与优化的中长期规划和年度计划，并安排必要的培训。

6 纠正措施

6.1 一般规定

6.1.1 建构筑物预防性维修检查的缺陷和损伤宜按现行《核电厂建（构）筑物外观缺陷检测技术规程》T/CECS 818 进行检查和分类。

【条文说明】

6.1.1 根据目前核电厂缺陷检查的经验，在役核电厂建构筑物的缺陷分类采用《核电厂建（构）筑物外观缺陷检测技术规程》T/CECS 818 是适用的。目前，核电厂建构筑物的外观检查也是遵循此标准进行的，同时也为了和以往的记录保持一致，使其具有一定的连续性。此外，各类缺陷的描述也可参考现行国家标准《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 及《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 的相关规定。

6.1.2 在预防性维修中若发现建构筑物存在缺陷和损伤，应在查明原因后开展相应纠正性维修，维修工作应保证不低于原建造时的质量和技术要求。同时，保证新增部分与原有结构粘结牢固，形成整体共同工作，并应避免对原有构件造成不利的影

【条文说明】

6.1.2 对于影响结构构件观感、耐久性及使用功能的缺陷，需要做相应的修复处理；对于影响结构构件的受力性能、影响构件安装的缺陷及不符合要求的构造等，需要做加固处理。建构筑物是否需要进行加固，应经结构可靠性鉴定确认。

6.1.3 建构筑物的修复与加固，应综合考虑经济效果，避免不必要的拆除或更换。

6.2 混凝土结构

6.2.1 混凝土结构缺陷和损伤的修复可根据实际条件和使用要求选择适宜的方法及配合使用的技术，宜符合现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》GB 50367 及《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的有关规定。

【条文说明】

6.2.1 核电厂建构筑物混凝土结构缺陷和损伤主要包括裂缝、锈蚀、起皮、露筋、剥落、缺

角、蜂窝麻面、表面开裂及其他缺陷。

6.2.2 对于裂缝，可采用表面封闭法、注射法或压力注浆法进行裂缝的封闭或补强。对于承载力不足引起的裂缝，除进行裂缝修补外，尚应采用适当的加固方法进行加固。

【条文说明】

6.2.2 修补裂缝的胶液和注浆料的安全性能指标，应符合现行国家标准《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》GB 50728 的规定。

6.2.3 对于锈蚀、露筋、缺角、蜂窝麻面、表面开裂等缺陷和损伤，可采用适当的修复措施，消除其耐久性隐患和外观缺陷。

【条文说明】

6.2.3 耐久性修复措施，即采用技术手段，使发生缺陷和损伤的结构或构件恢复到满足设计要求的一系列活动。

6.2.4 对于其他较为严重的缺陷和损伤，可根据实际情况，选用增大截面加固法、外包型钢加固法、粘贴钢板加固法、粘贴纤维复合材加固法等进行加固。

【条文说明】

6.2.4 较为严重的缺陷是指显著影响结构或构件承载能力和耐久性的缺陷，如主筋锈胀，受力截面面积明显减小，混凝土酥松等。

6.2.5 对于不需要采取措施的混凝土缺陷和损伤，应保持观察和记录。

6.3 钢结构

6.3.1 钢结构缺陷和损伤的修复可根据实际条件和使用要求选择适宜的方法及配合使用的技术，宜符合现行国家标准《钢结构加固设计标准》GB 51367 及《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550 的有关规定。

【条文说明】

6.3.1 核电厂建筑物钢结构缺陷和损伤主要包括锈蚀与腐蚀、变形与偏差以及其他缺陷。

6.3.2 对于钢结构构件的锈蚀与腐蚀，应根据构件实际锈蚀、腐蚀程度采取修复措施。当构件截面削弱程度不影响结构安全时，可采取表面除锈、增加防腐涂层的修复方法；当构件截面削弱程度影响结构安全时，尚应采用适当的加固方法进行加固。

【条文说明】

6.3.2 锈蚀、腐蚀缺陷的修复，应在重做防护措施前，清除锈蚀、旧涂层和污垢等；新涂层的品种、涂刷层数和厚度应根据产品要求和耐久性要求确定。

6.3.3 对于钢结构构件的变形与偏差，可采用合适的方法矫正，当矫正有困难时，应予拆换或加固。

【条文说明】

6.3.3 钢结构构件变形与偏差的修复，应根据变形的大小经过必要的验算或试验后，综合确定修复方法。

6.3.4 对于钢结构构件的裂纹，应分析裂纹产生的原因及后果、制定加固方案并采取加固措施，对不宜采用加固措施的构件，应拆除更换。

【条文说明】

6.3.4 在确定加固方案之前，不宜直接补焊，以免恶化母材、增添附加焊接应力及产生新的有害裂纹，也可在现有裂纹的两端分别钻止裂孔，以阻止裂缝继续发展。

6.3.5 对于其他较为严重的缺陷和损伤，可根据实际情况，选用改变结构体系加固法、粘贴钢板加固法、增大截面加固法、外包钢筋混凝土加固法、钢管构件内填混凝土加固法等进行加固。

【条文说明】

6.3.5 较为严重的缺陷是指显著影响结构或构件承载能力和耐久性的缺陷，如构造错误或不符合要求、节点和连接缺陷（主要是螺栓缺失松动、焊缝开裂等），人为的过度焊接造成的材料劣化、应力集中等。

6.3.6 对于不需要采取措施的钢结构缺陷和损伤，应保持观察和记录。

6.4 砌体结构

6.4.1 砌体结构缺陷和损伤的修复可根据实际条件和使用要求选择适宜的方法及配合使用的技术，宜符合现行国家标准《砌体结构加固设计规范》GB 50702及《建筑结构加固工程施工质量验收规范》GB 50550的有关规定。

【条文说明】

6.4.1 核电厂砌体结构相对较少，砌体结构缺陷和损伤主要包括裂缝、腐蚀、砂浆粉化、砌体块材剥蚀以及其他缺陷。

6.4.2 对于砌体结构构件非受力裂缝，应进行裂缝修补，可采用填缝法、压浆

法和外加网片法等。对于承载能力不足引起的裂缝，应进行加固设计。

【条文说明】

6.4.2 砌体结构裂缝的修补，应根据其种类、性质及出现的部位进行具体分析，裂缝修补方法可单独或组合使用。填缝法适用于砌体结构宽度大于 0.50 mm 的裂缝。压浆法即压力灌浆法，适用于裂缝宽度大于 0.50 mm 且深度较深的裂缝。外加网片法适用于增强砌体抗裂性能，限制裂缝开展，修复风化、剥蚀砌体。置换法适用于砌体受力不大，砌体块材和砂浆强度不高的开裂部位，以及局部风化、剥蚀部位的加固。

6.4.3 对于腐蚀、砂浆粉化、砌体块材剥蚀等缺陷和损伤，可采用耐久性修复。

6.4.4 对于其他较为严重的缺陷和损伤，可根据实际情况，选用钢筋混凝土面层加固法、钢筋网水泥砂浆面层加固法、外包型钢加固法、粘贴纤维复合材料加固法等进行加固。

【条文说明】

6.4.4 较为严重的缺陷是指显著影响结构或构件承载能力和耐久性的缺陷，如构造不符合要求（常见的高厚比超限，连接不可靠）、灰缝存在较大面积的瞎缝、缺浆现象，外部人为作用导致的损伤、开裂、腐蚀等。

6.4.5 对于不需要采取措施的砌体结构缺陷和损伤，应保持观察和记录。

7 人员资质

7.0.1 预防性维修工作人员的要求宜符合现行核安全导则《核电厂维修》HAD103/08 及《核动力厂人员的招聘、培训和授权》HAD103/05 的有关规定。

【条文说明】

7.0.1 预防性维修工作人员应满足《核电厂维修》HAD103/08 的规定，必须经过考核和资格鉴定，且需通过批准并形成文件，资格鉴定需授予证书且是可查询的，这些要求适用于核电厂固定工作人员，也适用于临时雇佣人员。预防性维修工作人员的岗位授权专业为工程类（土建类）。预防性维修工作人员的培训和授权应满足《核动力厂人员的招聘、培训和授权》HAD103/05 的规定。

7.0.2 预防性维修工作人员分为项目负责人、现场检查人员和现场维修人员。

【条文说明】

7.0.2 项目负责人主要统筹安排预防性维修活动，同时应考虑到机组维修时机等，对于需要维修的缺陷尽早安排；现场检查人员负责定期对建构筑物进行缺陷检查并做好记录，对缺陷严重程度进行分类，区分需要维修的缺陷；现场维修人员针对存在的需要维修的缺陷进行修复，并保证维修质量符合要求。

7.0.3 预防性维修项目负责人宜具有 3 年及以上核电工作经验，应满足核电工作负责人的授权要求，掌握预防性维修分级管理方法，具有丰富的相关领域工程知识和现场工作经验，并具有较强的组织能力。

【条文说明】

7.0.3 项目负责人应具有工科类全日制大学本科及以上学历，熟悉核电工作流程，具有土建、机械等相关工程领域的专业知识背景。

7.0.4 预防性维修现场检查人员宜具有 2 年及以上土建、机械等相关工程领域的现场工作经验，应熟悉核电厂建构筑物、系统和部件的运行情况，具有一定的相关领域工程知识和现场工作经验，了解建构筑物所需达到的维修目标。

【条文说明】

7.0.4 现场检查人员是建构筑物各种缺陷信息的初始来源，应熟悉相关规范及规程，对各类缺陷能现场进行判断、区分并记录。现场检查人员每次不宜少于 2 人。

7.0.5 预防性维修现场维修人员应具有较强的维修技能，有相关维修工作经验，

对预防性维修工作内容较为熟悉，且满足维修规程或施工方案对于维修人员资质的要求。

【条文说明】

7.0.5 由于现场维修人员是各类缺陷消除的具体执行者，应有较高的维修技能及经验，对于缺陷修复采用的施工工艺、工法等有确切的把握，否则维修效果不能得到良好的保证。

7.0.6 所有预防性维修工作人员应经过培训、取得授权后方能上岗。

【条文说明】

7.0.6 培训内容主要为工作流程、预防性维修的相关规程和文件，以及各类缺陷的识别、判断等专业技能，并对一些常用的设备和仪器的操作进行实际演练。

7.0.7 已获得授权的人员应定期接受培训，间隔不宜超过 12 个月。

7.0.8 若已获得授权的人员未参加预防性维修相关工作超过 12 个月，应取消现有授权并重新进行培训，考核合格后方可继续从事预防性维修工作。

【条文说明】

7.0.8 重新培训考核合格后，在现场工作的第 1 个月，应在现有授权人员的陪同下进行，不得独自开展工作，此规定是为了让重新获得授权的人员熟悉现有的工作流程和要求，保证预防性维修工作的质量。

附录 A 评估因子调查表

附表 A.1 建构物评估因子调查表

序号	建构物名称	建构物编码	安全等级	抗震类别	质量保证等级	故障后果	其他设计功能或要求	服役环境	缺陷和损伤	可维修性

附表 A.2 _____ 房间单元评估因子调查表

序号	房间号	房间名称	设备重要性等级	存储物项风险等级	服役环境	可维修性

附录 B 评估因子评分表

附表 B.1 建构物因子评分表

序号	建构物名称	建构物编码	安全等级评分	抗震类别评分	质量保证等级评分	故障后果评分	其他设计功能或要求评分	服役环境评分	缺陷和损伤评分	综合评分	可维修性调整	维修等级

附表 B.2 _____ 房间单元因子评分表

序号	房间号	房间名称	设备重要性等级评分	存储物项风险等级评分	服役环境评分	综合评分	可维修性调整	维修等级

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《压水堆核电厂物项分级》 GB/T 17569
- 《工业建筑可靠性鉴定标准》 GB 50144
- 《民用建筑可靠性鉴定标准》 GB 50292
- 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB 50550
- 《砌体结构加固设计规范》 GB 50702
- 《核电厂构筑物维护及可靠性鉴定标准》 GB/T 51323
- 《钢结构加固设计标准》 GB 51367
- 《核电厂预防性维修大纲的编制与优化要求》 NB/T 20156
- 《核电厂建（构）筑物外观缺陷检测技术规程》 T/CECS 818

中国工程建设标准化协会标准

核电厂构筑物预防性维修
分级管理标准

T/CECS XXX—202X

条文说明

目次

1	总则.....	1
2	术语和符号.....	2
2.1	术语.....	2
2.2	符号.....	4
3	基本规定.....	5
3.1	一般规定.....	5
3.2	工作程序及内容.....	6
4	预防性维修分级.....	9
4.1	一般规定.....	9
4.2	分级方法.....	10
4.3	分级类别.....	13
4.4	工作内容.....	15
5	预防性维修大纲.....	22
5.1	一般规定.....	22
5.2	大纲内容及要求.....	22
5.3	大纲优化管理.....	24
6	纠正措施.....	26
6.1	一般规定.....	26
6.2	混凝土结构.....	26
6.3	钢结构.....	27
6.4	砌体结构.....	28
7	人员资质.....	30
	附录 A 评估因子调查表.....	32
	附录 B 评估因子评分表.....	33
	附录 C 缺陷和损伤检查记录表.....	34