

# 核电厂维修规则实施大纲编制指南

## 前 言

国家核安全局发布的《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》，对核电厂营运单位维修有效性评价体系建立与应用提出了指导。为使技术政策的有关要求得到有效实施，核电厂营运单位宜制定《核电厂维修规则实施大纲》，对维修规则的具体方法、实施流程以及职责等内容进行规定。

国家核安全局制定《核电厂维修规则实施大纲编制指南》，旨在指导与规范核电厂营运单位《核电厂维修规则实施大纲》，以及《核电厂维修有效性定期评价报告》《核电厂维修活动风险分析与管理评价表》等核电厂维修有效性评价体系的其它相关文件的编制。

本指南适用于压水堆核电厂，其它类型核动力厂也可参考。

## 1 大纲的目的

本章应简要描述核电厂营运单位编制维修规则实施大纲的目的。

## 2 大纲中的术语、定义与缩略语

本章应描述维修规则实施大纲中涉及的主要术语，并给出定义。如维修规则、维修有效性等。

本章还应列出维修规则实施过程中各技术流程以及报告中涉及的缩略语，具体可参考如下格式：

缩略语	英文	中文
MREP	Maintenance Rule Expert Panel	维修规则专家组
MRC	Maintenance Rule Coordinator	维修规则协调人
PSA	Probabilistic Safety Assessment (Analysis)	概率安全评价/分析

## 3 大纲的适用范围

本章应描述核电厂维修规则实施大纲的适用范围，确定维修规则在核电厂的实施范围，包括机组、系统以及相关的管理体系等信息。

## 4 组织与职责

本章应描述核电厂营运单位实施维修规则的组织机构及其职责。

### 4.1 组织机构

本节应描述核电厂营运单位为开展维修规则工作所建立的组织

机构，包括涉及的部门以及组织。考虑到开展维修规则工作的通常模式，如有必要时，核电厂营运单位应组建维修规则专家组，明确相关职能与职责，规定运作方式，并制定维修规则专家组的工作程序。

## 4.2 职责要求

本节应描述核电厂营运单位涉及维修规则工作的各部门及组织和相关人员的职责要求。

在核电厂实施维修规则时，通常涉及总经理/副总经理、各技术领域的项目经理或类似岗位、维修规则协调人、维修机构和人员、设备管理机构和人员、维修规则专家组、技术负责机构和人员、运行生产部门和人员以及生产计划机构和人员等组织机构及岗位，本节应明确规定上述涉及部门和人员的相应职责，以及相关人员的资格要求等。

如：维修规则协调人

- 负责组织和召开 MREP 定期/不定期会议；
- 负责维护和管理维修规则相关的技术导则等文件；
- 通过审查性能指标定期监测报告和预防性维修工作记录，预判潜在的维修规则功能故障(MRFF)；
- 将新发生的可通过维修预防的功能性失效(MPFF)与历史发生过的MPFF进行比较，以筛选出重复发生的MPFF；
- 在每个换料周期，进行核电厂维修有效性的定期评价，编写评价报告；
- 维修规则协调人应满足如下人员资格要求：

■ .....

■ .....

此外，在核电厂维修规则实施大纲中还应规定核电厂开展维修规则工作的相关人员培训与考核的要求。

## 5 维修规则的实施

本章应描述实施维修规则的构筑物、系统和设备范围界定、风险重要类确定、性能指标设定、性能指标监测、a(1)纠正行动与目标制定、定期维修有效性评价、维修活动的风险评价与管理等内容。

### 5.1 界定构筑物、系统和设备范围

本节应描述确定维修规则范围内构筑物、系统和设备的方法、流程，以及筛选原则，如果采用专家判断或其它方法确定，则需要将判断过程，如专家组会议纪要、分析计算报告等形成文件，必要时作为筛选清单的附件。

核电厂营运单位可根据自身及行业的运行经验开展核电厂维修规则范围内构筑物、系统和设备筛选，主要使用的筛选准则应包括如下内容：

- (1) 包括所有安全构筑物、系统和设备；
- (2) 部分非安全构筑物、系统和设备：
  - 最终安全分析报告中给出的用于缓解事故或瞬态的非安全构筑物、系统和设备；
  - 事故规程中使用到的用于缓解设计基准事故与选定超设计基准事故的非安全构筑物、系统和设备；
  - 失效后会妨碍安全功能执行的非安全构筑物、系统和设备；

- 可能导致反应堆紧急停堆、汽轮机跳闸或触发安全系统动作的非安全构筑物、系统和设备。

核电厂营运单位在开展构筑物、系统和设备筛选时可以对上述筛选准则进行更进一步的解释和说明，增加筛选过程的可操作性与过程记录的完整性和清晰程度。

筛选出的最终构筑物、系统和设备清单可作为大纲附录，其格式可参考本指南附录 3 的表格。

## 5.2 确定风险重要类

本节应描述确定构筑物、系统和设备风险重要类的分析方法，如利用概率安全分析方法，根据对堆芯损伤频率的贡献以及风险减少重要度（RRW）、风险增加重要度（RAW）等有效地确定构筑物、系统和设备风险重要类。如果采用专家判断或其它分析方法，需要说明其适用性，并将专家判断的过程和结论文件化，必要时作为附件，使之可供监督检查。

本节应对所采用 PSA 方法的重要度准则进行说明，包括重要度准则的取值、PSA 模型范围、基本事件和重要度对照表等，并描述确定风险重要类的流程、步骤。

确定的风险重要类清单可作为大纲附录，其格式可参考附录 4 表格。

## 5.3 设定性能指标

本节应描述实施维修规则过程中性能指标设定的流程、性能准则的参数选取原则、以及性能指标设定的原理和方法。维修规则中，根据风险重要类和系统的运行/备用状态，在设定性能指标时将其分成了四类，即风险重要且备用、风险重要且运行、非风险重

要且备用和非风险重要且运行，并根据不同的类型确定不同的指标层级。表 1 给出了性能指标设定层级与风险重要类的关系。

表 1 性能指标层级设定与风险重要类关系表

维修规则功能风险重要类	指标层级	可靠性	不可用度	状态
风险重要（备用）	设备级/列级	√	√	√（必要时）
风险重要（运行）	列级/系统级	√	√	
非风险重要(备用)	系统级	√		
非风险重要(运行)	厂级			

对采用的状态参数（如振动、温度、压力等），需要在对其合理性和适用性以及状态参数的选取、取值描述清楚，并且需要记录性能准则的变更。

本节应描述性能指标设定后（包括单个性能指标和核电厂全部的性能指标）对电厂的风险影响评价，保证制定的性能指标符合核电厂安全目标的要求。

本节应描述对性能指标参数进行调整的方法、原则和考虑因素。

性能指标设定的结果可作为大纲附录，其格式可参考附录 5 表格。

#### 5.4 性能指标监测

本节应对滚动时间范围内的性能指标的持续监测和趋势跟踪做出安排，确定性能状态不满足设定的性能指标时构筑物、系统和设备纳入 a(1)管理范围的性能判定准则，评估性能状态满足设定的性能指标时构筑物、系统和设备在 a(2)管理范围下对预防性维修工作的绩效，包括预防性维修工作的有效性以及预防性维修工作调整的要求。

### **5.5 a(1)纠正行动与目标制定**

本节应描述纳入 a(1)管理范围构筑物、系统和设备的监督审查内容，包括但不限于将构筑物、系统和设备纳入 a(1)管理范围的原因，并开展风险评估，制定纠正行动，重新设定性能指标与目标等内容。应描述设备失效的原因分析和采取的纠正行动，制定构筑物、系统和设备的目标，并对其性能趋势进行监测，确定返回 a(2)管理范围的条件等内容。

### **5.6 定期维修有效性评价**

本节应描述对每个换料周期的维修活动进行有效性评价的内容。包括：a(1)管理范围内的构筑物、系统和设备开展的目标设定和监测，评价其设备性能及趋势，并对其进行目标设定和制定纠正措施，以及对新进入 a(1)管理范围的构筑物、系统和设备进行管理，评价其纠正措施有效且监测目标达成的情况；对 a(2)管理范围内的构筑物、系统和设备评估其性能指标是否需要调整或改进，并评价其性能指标的有效性。

本节应描述针对 MPFF 所采取的纠正行动是否有效或导致性能降级的情形，并对行业的运行经验进行评估，以确定性能指标的合理性的要求。

本节应描述对可靠性/可用性之间的平衡和优化进行评价的要求，包括对 a(1)和 a(2)管理范围的构筑物、系统和设备开展可靠性/可用性之间的平衡和优化。应在定期评价报告中详细描述维修有效性定期评价的结论。

核电厂维修有效性定期评价报告的格式与内容可参考附录 1。

### **5.7 维修活动的风险分析与管理评价**

本节应描述核电厂营运单位在执行维修活动时开展风险分析和管理评价的相关流程，包括确定需要开展风险评价的维修活动的范围、PSA 模型、风险评价方法和流程，确定风险管理的阈值和各阈值情况下的风险管理措施，建立风险评价模型的管理程序，以及定期对评价模型进行更新、升级和维护。

维修活动风险分析与管理评价的格式与内容可参考附录 2。

**注释：**如果核电厂营运单位对实施维修规则的构筑物、系统和设备范围界定采用 a(1) 和 a(2) 的划分，应将划分定义放在第二章中。

考虑《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》中并未对 a(1) 和 a(2) 进行定义，但在实际工作中需要经常用到，特做如下说明，供参考。

a(1)：核电厂营运单位必须监测核电厂系统、构筑物和设备的性能或状态，以满足设定的目标，确保维修规则范围内的系统、构筑物和设备能够执行其预期功能。当构筑物、系统和设备的性能或状态不能满足设定的目标时，必须采取适当的纠正行动。

a(2)：通过执行适当的预防性维修活动能有效控制某个构筑物、系统和设备的性能或状态，使其能执行预期功能，而不必执行 a(1) 的相关要求。

## 6 参考文件

本章应列出维修规则实施大纲编制过程中参考的文件，包括法律法规、强制性国家标准、部门规章、核安全技术政策、导则、推荐性国家标准、核电厂安全分析报告、技术规格书等。



## 附录 1

# 核电厂维修有效性定期评价报告的格式与内容

## 1 概述

### 1.1 目的

本节应列出维修有效性评价的目的。如：根据《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》，实施维修规则的核电厂营运单位应定期评价维修规则实施效果，以便于对维修规则的实施进行调整、完善和优化，通过明确有效性评价应包含的内容和要求，保证维修有效性评价工作的效果。

### 1.2 范围

本节应列出核电厂营运单位确定的有效性评价范围，即构筑物、系统和设备的评价范围。

## 2 维修有效性评价实施

### 2.1 有效性评价计划

本节应说明本次维修有效性评价的周期。核电厂营运单位需在每个换料周期至少进行一次维修有效性评价。

### 2.2 有效性评价内容

本节需列出本周期内维修有效性评价的主要内容，应包括但不限于以下方面：

- (1) 目标设定和纠正措施的执行情况；

(2) 《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》中性能指标监测的 3 个条款；

(3) 行业经验的使用；

(4) 可用性和可靠性指标的平衡和优化。

### **3 构筑物、系统和设备性能状态满足设定性能指标的评价**

本章应对厂级性能指标和构筑物、系统和设备性能指标的设定进行评价，并给出主要结论。若电厂采用了行业运行经验，还应进行运行经验适用性的评价。如有必要，本章可分小节列出评价内容和主要结论。

### **4 构筑物、系统和设备性能状态不满足设定性能指标的评价**

本章至少应包含以下评价内容：a(1)管理范围的构筑物、系统和设备目标设置；监测周期内从 a(2) 转入 a(1) 管理范围的构筑物、系统和设备状态；监测周期内从 a(1) 转入 a(2) 管理范围的构筑物、系统和设备状态；监测周期内始终处于 a(1) 管理范围的构筑物、系统和设备状态；并给出主要结论。如有必要，可分小节列出评价内容和主要结论。

### **5 纠正行动执行的评价**

本章应评价不满足性能指标时相应纠正行动的执行情况，并给出主要结论。若本维修有效性评价周期内没有采取纠正行动，本章内容可空白。

### **6 可用性和可靠性平衡优化的评价**

本章应列出核电厂在本次维修有效性评价周期内构筑物、系统和设备可用性和可靠性的平衡优化的评价工作，并给出主要结论。

## **7 结论**

本章应列出本评价周期内核电厂维修有效性评价的主要结论。

## **8 缩略语**

本章应对报告中出现的缩略语进行说明。

## **9 参考文献**

本章应列出报告中引用的参考文献。

## 附录 1-A

### 维修规则内构筑物、系统和设备状态转换表

本附录列出核电厂维修规则范围内构筑物、系统和设备性能指标状态转换的信息。

表 1-A-1 维修规则范围内构筑物、系统和设备性能指标状态转换清单

序号	构筑物、系统和设备编码	构筑物、系统和设备名称	MR 功能描述	a (2) 转入 a (1)	a (1) 转入 a (2)	转换理由

## 附录 2

# 维修活动风险分析与管理评价表

表 2-1 维修活动风险分析与管理评价表

1	特定维修活动概况			
	1.1	维修活动计划		
	1.2	影响的 MR 功能		
	1.3	受影响的构筑物、系统和设备清单		
	1.4	是否需要风险评价	<input type="checkbox"/> 是 如是则需要填写 2, 3, 4 的表格内容 <input type="checkbox"/> 否 否则不需要填写后续内容，但需要说明理由，可在 5 中作为附件附上。	
2	维修活动的风险评价			
	2.1	功率运行工况		
	2.2	低功率停堆工况		
	2.3	火灾风险评价		
	2.4	分析结论		
3	维修活动的风险管理			
	3.1	风险阈值		
	3.2	风险管理措施		
	3.3	风险管理总结		
4	分析结果与评价结论			
	4.1	风险分析结果		
	4.2	结论		
5	附件			
	5.1	附分析过程文件（如无，可空）		
		编制		时间
		审核		时间
		批准		时间

### 附录 3

## 确定维修规则范围的构筑物、系统和设备清单

表 3-1 维修规则构筑物、系统和设备筛选清单

序号	系统	MR 功能编码	筛选准则					状态	运行模式	备注
			准则 1	准则 2	准则 3	准则 4	准则 5			
1	SEC	F-SEC-001	√					运行	所有	示例
2										
3										
4										

表 3-2 维修规则构筑物、系统和设备范围内设备清单

序号	系统	MR 功能编码	MR 功能描述	设备清单	状态	备注
1	SEC	F-SEC-001	*****	SEC001P0, .....	运行	示例
2						
3						
4						

## 附录 4

# 风险重要类确定结果

表 4-1 维修规则 MR 功能重要类确定结果

序号	系统	MR 功能	重要度准则			专家判断方法		风险重要类		备注
			90%割集	RAW	RRW	MREP	其它	风险重要	非风险重要	
1	SEC	F-SEC-001	√					√		示例
2										
3										
4										