

# 核电厂维修大纲的格式和内容

## 1 概述

### 1.1 目的

对编制本大纲的目的进行说明，并说明本大纲对维修活动的指导作用，简要介绍核电厂维修文件体系，以及本大纲与这些文件的关系。宜在本节增加核电厂维修的目标和原则。

### 1.2 适用范围

对本大纲的适用范围进行说明，包括：

- 本大纲适用的机组和相应的构筑物、系统和设备；
- 本大纲的有效期限；
- 本大纲的升版原则。

### 1.3 维修大纲编制所依据和参考的法规、标准及其他文件

说明维修大纲编制过程中主要依据的法律、行政法规、强制性国家标准、部门规章等。

说明维修大纲编制过程中参考的核安全导则、推荐性国家标准、行业标准规范等。

说明维修大纲编制过程中参考的营运单位内部管理文件或相关程序。

如果核电厂营运单位（以下简称营运单位）实施了维修规则，本节的编制依据中宜增加相关的文件，如技术政策（《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》《核电厂配置风险管理的技术政

策（试行）》《概率安全分析技术在核安全领域中的应用（试行）》）等。

本大纲编制的依据和参考文件需注明版本信息。

## **2 组织机构和职责**

核电厂维修的实施涉及多个部门，专业领域包括运行、机械、仪控、维修计划、技术支持（含概率安全分析）等。维修活动的实施效果有赖于所涉及部门和岗位间的密切配合及相关人员的技能等。本章对营运单位内涉及维修活动的各部门及其相关职责、维修相关人员的资格培训等进行说明，也可在本章相应之处注明该部分内容所引用的其他执照文件（如质量保证大纲等）。

如果营运单位实施了维修规则，本章宜重点描述维修规则实施中涉及的部门和职责分工。

### **2.1 组织机构和职责分工**

对营运单位涉及维修的组织机构进行说明，明确实施维修的各责任部门及相关岗位的职责分工。针对参与维修的承包商，宜说明其与营运单位在维修职责方面的关系及营运单位对其的管理。

#### **2.1.1 组织机构**

简述营运单位总的机构设置，并详细说明核电厂实施维修的组织机构和管理。包括：实施维修活动的牵头部门、相关的支持部门（如运行处、技术处、质保处等），以及对维修活动的主要承包商的管理。

本节宜给出维修相关的组织机构图。

#### **2.1.2 职责分工**

对应于维修相关的组织机构图，介绍该机构图各层级中对应的部门和主要岗位的相关职责分工。

## **2.2 人员的资格、培训与授权**

维修人员必须经过适当的培训并取得相应的资格和授权，才能从事相应的工作，本节对维修组织机构图中涉及的维修人员的配备、资格要求、培训及授权进行说明（例如维修人员的考核和资格鉴定、维修人员培训大纲、维修人员培训的主要内容等），给出依据的主要法规、标准和管理程序。

### **2.2.1 资格要求**

营运单位应明确维修组织中主要部门相关人员的资格和上岗要求，包括一般岗位人员和部门领导岗位人员。

### **2.2.2 培训和授权要求**

营运单位应明确维修组织中主要部门相关人员的培训内容，以及履行岗位职责必要的授权要求，包括一般岗位人员和部门领导岗位人员，包括如岗位基本授权培训和岗位技能培训等。

## **3 维修规则的实施**

如果营运单位实施了维修有效性评价和风险管理，宜通过本章给出实施维修规则中构筑物、系统和设备范围筛选的过程和结果、风险重要类确定和性能指标设定的方法等。

### **3.1 构筑物、系统和设备的范围筛选**

#### **3.1.1 筛选方法**

可依据《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》，并参考《核电厂维修有效性监测行业指导》确定本电厂构筑物、系统和设备筛选原则，宜在此节详细描述筛选方法和过程。

### 3.1.2 筛选结果

#### 3.1.2.1 安全构筑物、系统和设备的范围

确定为安全构筑物、系统和设备均应纳入，可说明每个系统所具备的安全功能，安全分级应与最终安全分析报告中一致。

#### 3.1.2.2 非安全构筑物、系统和设备的范围

任何满足 3.1.1 中筛选条件的非安全构筑物、系统和设备均应纳入，且宜说明筛选的理由。

上述筛选结果作为本大纲的附录，其范围宜结合 3.3 节性能指标设定的结果（即与指标层级相适应的筛选结果），其格式可参考本文件附录。

## 3.2 风险重要类的确定

本节明确营运单位确定构筑物、系统和设备风险重要类的主要方法，即利用概率安全分析（PSA），可以结合风险减少重要度（RRW）、风险增加重要度（RAW）及堆芯损坏频率（CDF）贡献等方法进行分析。

如采用 PSA 以外的其他方法确定风险重要类时，应在本节描述对该方法适用性所进行的论证工作。

## 3.3 性能指标的设定

本节给出设定构筑物、系统和设备性能指标的具体方法，包括：

### 3.3.1 性能指标的分类原则

说明营运单位对性能指标分类的原则，可参考技术政策中的分类。

### 3.3.2 性能指标设定的方法

说明可靠性指标和可用性指标的设定中所采用的方法和可接受准则等。

### **3.4 性能指标的监测和调整**

说明营运单位通过哪些方法（预防性维修、检查或定期试验等）来监测这些构筑物、系统和设备的性能状态，并说明监测结果与设定的性能指标进行比较后，对性能指标的调整原则。

本大纲中宜说明 3.2、3.3 和 3.4 节所涉及具体内容体现于营运单位哪些文件（如《维修规则实施大纲》）。

## **4 维修类型**

本章对营运单位采取的主要维修类型进行说明，并说明选择不同维修类型的准则。

### **4.1 预防性维修**

#### **4.1.1 预防性维修的定义**

预防性维修一般包括“基于时间的维修”和“基于状态的维修”等，本节说明营运单位对预防性维修的定义，并对所采用的主要维修策略进行说明。

#### **4.1.2 预防性维修的选择**

对于选择不同预防性维修策略的准则进行说明。

##### **4.1.2.1 基于时间的维修**

基于时间的维修需有计划地定期对设备作解体检查、维护或更换，通过有针对性地控制设备的某类失效，在设备、部件发生故障或达到预期寿命之前进行维修或更换，从而降低设备的故障率。本节对设备采用此种预防性维修策略应具备的条件进行说明。

##### **4.1.2.2 基于状态的维修**

基于状态的维修是通过充分的连续或定期的方式监测评估设备的状态，以确定设备的预防性维修活动。基于状态的维修需要事先建立参数趋势、设备性能与状态之间的关系，在获得足够的经验之后，逐步实施。本节对设备采用此种预防性维修策略应具备的条件进行说明。

## **4.2 纠正性维修**

### **4.2.1 纠正性维修的定义**

纠正性维修是针对设备发生缺陷、故障或失效后，开展的将其规定的功能恢复到可接受标准的维修活动。本节说明营运单位对纠正性维修的定义。

### **4.2.2 纠正性维修的选择**

对营运单位采取纠正性维修时所考虑的因素进行说明。

## **4.3 维修提出的修改**

本节对维修中提出的修改进行说明，明确所修改项目的功能和安全要求，并指出修改项目实施期间及实施后如何满足这些要求，包括对放射性危害影响的评价等。

## **5 维修管理**

本章说明与维修活动的政策及管理方面的规定，包括维修管理总则、与承包商和设计单位的接口、维修文件体系、维修的记录及保存、维修的经验反馈及纠正行动、设备状态监测、不符合项管理等。

### **5.1 维修管理总原则及目标**

本节对营运单位维修管理的总原则及目标进行说明。进行维修活动的目的就是为了预防构筑物、系统和设备的功能失效，或者快

速恢复失效构筑物、系统和设备的功能。本节宜给出维修管理的总目标，例如：

- 建立负责维修的组织机构，明确职责分工；
- 确保维修过程满足核安全法规、导则、标准规范及设计文件的要求；
- 保证或提高设备的可用率及可靠性；
- 使维修人员所受照射剂量保持在“可合理达到的尽量低（ALARA）”的水平，防止污染扩散，减少事故频率；
- 通过对维修策略的不断优化和持续改进，建立科学的管理方法等。

## **5.2 外包业务管理**

对参与维修活动的承包商和设计单位的职责、资质要求进行说明，同时描述营运单位与这些单位之间的接口及对其的管理。

### **5.2.1 对承包商的管理**

说明承包商的职责、营运单位与其之间的接口关系及其的管理，包括：对承包商资质及能力的要求；承包商人员的培训、资质要求（包括营运单位对其所进行的培训与授权）；承包商在执行维修任务时必须遵守的相关管理程序和规定；营运单位对承包商的监督管理等。

### **5.2.2 与设计/技术支持单位的联系**

说明设计单位的职责、营运单位与其之间的接口关系。确保营运单位与设计单位的联系，以保证各维修活动的制定或优化是建立在对电厂设计原理或制造工艺以及技术细节明确理解的基础之上，

并当电厂发生故障或要求修改时，能够从设计单位或设备供应商处得到及时有效的协助。

### 5.3 维修文件体系

维修文件分为管理性文件与技术性文件。本节对构筑物、系统及设备的维修策略、技术方法、工艺流程、性能指标及要求、验收考核标准和方法等的规定进行说明。

#### 5.3.1 维修管理文件

维修管理文件是对具体维修活动执行的行为准则、规范、职责分工、业务流程、资质要求、活动目标等的规定，也包括对维修技术文件的编写、改进、控制、使用等方面提出的要求。

#### 5.3.2 维修技术文件

维修技术文件主要包括预防性维修大纲或程序、维修规程。对于维修技术文件的编制依据，宜进行说明。

##### 5.3.2.1 预防性维修大纲或程序

说明编制预防性维修大纲或程序的目的，并对构筑物、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。

在实施预防性维修工作期间，应逐步积累设备数据，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。

##### 5.3.2.2 维修规程

营运单位进行的各种维修活动，都必须按照事先准备好的各种书面工作指令执行，以减少人因错误和防范各种风险，使维修工作



的质量得到有效控制并达到预期效果和质量标准，同时保持辐射剂量可合理达到的尽量低。本节说明维修规程编写的原则、维修规程的内容、维修规程的编校审批流程及其升版情况。

#### **5.4 维修的记录及保存**

说明从设备投运开始后，对设备历史维修数据的收集和管理。

##### **5.4.1 记录的编制和收集**

维修记录的目的是为检验维修大纲的执行符合质量保证大纲的要求提供必要的客观证据，同时也为维修效果的后续审查提供依据，为设备可靠性提供基础数据。本节应对维修记录的编制和收集进行必要的说明。为便于对维修过程是否有效进行评价，推荐收集的内容如：

- 维修结果记录；
- 维修后试验的结果；
- 定期试验监督的结果；
- 维修过程中出现的偏差。

##### **5.4.2 记录的保存**

对于营运单位有价值的维修历史记录应在核电厂寿期内进行保存，本节宜描述记录保存的方式等。

#### **5.5 维修的经验反馈及纠正行动**

说明在整个运行寿期内，营运单位如何对维修经验或数据进行收集和分析以获取相应的经验，以及如何采取相应的纠正行动，并说明如何将重要的经验反馈至维修大纲中，以更好的支持核电厂维修工作。

#### **5.6 设备状态监测管理**

### 5.6.1 设备状态监测范围

说明在机组日常运行中需要采取状态监测的设备范围。

### 5.6.2 设备监测的主要内容及方法

说明在设备监测中采取的主要内容及对设备状态进行趋势分析的方法，包括所监测的具体状态或参数种类等。

## 5.7 不符合项管理

说明营运单位对不符合项的定义，说明哪些维修相关的情况应纳入不符合项管理的范围，并给出处理不符合项的流程。也可在本节注明不符合项管理等相关内容引用的执照文件（如质保大纲或程序等）。

## 6 维修设施

### 6.1 维修车间

营运单位应提供具有足够的场所和设备的维修车间以便有效的开展维修活动；需考虑场外设施的可利用性和处理核电厂放射性物项的要求。说明营运单位为机械、电气、控制和仪表等设备所设置的维修车间，以及对各维修车间的管理。

厂内或厂外设施范围：机械车间、电气车间、控制和仪表车间、其他设备等。

### 6.2 放射性物项的维修设施

描述对受辐照物项进行维修的专用设施，并说明对这些维修设施的管理。为了维修受辐照物项，必须具备专用维修设施，使人员的受照射量保持在可合理达到的尽量低的水平和防止污染扩散。

### 6.3 放射性物项的去污设施

去污的主要目的有两个，一是在放射性污染设备/工具进行检查和维修之前，对设备/工具进行去污，减少维修人员的受照剂量和受污染的可能性，保证维修工作的辐射安全；二是利用去污增加设备和材料的重复利用。本节宜说明在维修前或其它处置前，营运单位对核电厂物项、工具和设备提供放射性去污的能力。

#### **6.4 专用设施**

说明营运单位对维修专用设施的配置及管理情况，这些专用设施可能包括：供维修人员培训的模型装置；能显著减少辐射照射量的专用设备和工具；数据、图像、视频采集等专用的设施。

#### **6.5 起重和装卸设备**

说明营运单位对起重和装卸设备的管理。对可能需要移动和运输的核电厂物项提供适用的设备、场所和畅通的通道等。

### **7 维修活动的实施**

#### **7.1 维修计划**

##### **7.1.1 维修计划的编制原则**

说明营运单位在编制维修计划时满足的基本原则，包括：遵守核安全法规、导则和核安全许可文件的相关规定，满足核电厂运行限值和条件；日常维修和试验的计划安排必须与机组的运行状态、执行部门人力、物力的准备情况相结合；应合理利用电厂任何停堆的时机进行必要的维修安排等。

##### **7.1.2 维修计划管理**

营运单位对核电厂维修活动的实施应进行详细的计划管理。应确保有足够的维修资源可供调配，并保证安全重要物项的维修得到优先安排，从而确保核电厂的安全，并尽量降低因维修导致的设备

的不可用率。通过将各种类型的维修计划组成一个完整的计划体系，实现对维修活动的整体控制，达到确保电厂安全，降低系统、设备的不可用率，保证维修实施进度，协调工作接口，均衡工作负荷的要求。

说明日常维修计划的制订及其包括的类型，如年度维修计划、季度维修计划、维修活动周计划、维修活动日计划和停机停堆小修计划。

说明换料大修计划编制的原则、编制过程、换料大修中的管理等。如：换料大修计划由大修中长期计划、大修项目计划组成，其中大修项目计划分为框架计划、大修主线计划、系统/设备检修计划等。

## **7.2 维修实施前的准备**

说明维修实施前工作包、实施部门及人员、备件、材料和工器具、程序等的准备。

## **7.3 维修过程**

说明营运单位对构筑物、系统和设备实施预防性维修和纠正性的主要过程，可选用具有代表性的设备类进行说明。

## **7.4 对辐射照射的控制**

说明在执行维修活动中对辐射照射的控制。维修活动实施期间的辐射照射应通过制定相应的程序来进行管理。尤其是对于重大的维修活动设定单次个人有效剂量或集体剂量，若超出该设定值，应进行原因分析。

## **7.5 维修后鉴定试验**

本节宜对系统或部件在维修活动后、恢复运行前应进行相应鉴定试验的原则进行说明，以保证达到维修目标，满足这些系统或部件的正常运行限值和条件。

## 7.6 维修的监督、审查和监查

本节宜说明对维修活动进行监督、审查和监查的情况，确保维修活动符合核安全法规、标准规范、质量保证大纲及程序的要求；由不直接执行维修任务且具备相关资质的人员按程序要求进行维修监督、审查和监查。

维修监督、审查和监查的重点宜包括：预防性维修计划及其实施是否恰当；对纠正性维修要求的响应；辐射剂量控制的有效性；维修资源的可用性和有效性；人员培训和技能水平；质量保证要求的遵守程度；程序和细则的适用性；维修大纲内部审查功能的有效性等。

## 8 维修有效性评价

开展维修有效性评价工作是通过监测构筑物、系统和设备的实际性能状态来判断预防性维修/定期试验等大纲中关于维修/试验类型、范围及频度等规定是否充分、合理和有效，是否存在维修过度或不足，并通过有效的管理程序对大纲进行优化，最终实现维修优化的目的。

如果营运单位已实施维修规则工作，宜通过本章给出营运单位对维修有效性进行定期评价的范围和方法，主要包括：

- 构筑物、系统和设备的性能监测结果是否满足所设定的性能指标；
- 构筑物、系统和设备风险重要类是否变化；

- 构筑物、系统和设备的性能趋势变化；
- 未满足性能指标时所采取的纠正行动等。

维修有效性评价后，应利用所获得的相关信息对现有预防性维修/定期试验大纲进行适应性修改，每个燃料循环形成《维修有效性评价报告》。

## 9 维修活动的风险评价和管理

本章说明营运单位对机组维修活动的风险评价和管理制定的相关规定。如果营运单位已实施维修规则工作，宜采用本章的格式和内容；如果营运单位还未实施维修规则工作，可参考国家核安全局所发布的《核电厂配置风险管理的技术政策（试行）》中“维修配置风险管理”的相关要求编写本章内容。

### 9.1 风险评价的范围

说明机组功率运行和停堆期间对维修活动进行风险评价的范围。

### 9.2 风险评价的方法

说明营运单位针对机组不同运行模式和维修活动所采用的风险评价方法，包括定量、定性或二者结合的方法。

采用定量评价的部分，宜简要阐述所使用 PSA 模型或基于 PSA 的风险监测器（Risk Monitor）已对核电厂构筑物、系统和设备进行充分建模，能够反映核电厂当前实际状态，并对 PSA 模型和风险监测器的质量予以说明。

### 9.3 维修活动的风险管理

维修活动的风险管理是通过控制维修活动引起的瞬时风险和累积风险增量，使核电厂平均基准风险变化维持在最小范围内，并在

风险增量超过某个阈值的情况下采取额外控制措施。

本节需要给出营运单位所确定的风险阈值（包括瞬时风险和累积风险），并确定不同维修活动引入风险范围所对应的控制措施。

此外，需说明维修活动风险评价和管理形成的过程文件，如《维修活动风险评价单》等。

## 10 名词解释

对维修大纲中出现的不易理解或易引起误解的术语及缩略语进行解释。

## 附录

### 维修规则构筑物、系统和设备范围筛选结果

表 1-1 维修规则构筑物、系统和设备筛选过程清单

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	
2										
3										
4										

注：筛选准则参考《改进核电厂维修有效性的技术政策（试行）》。

表 1-2 维修规则构筑物、系统和设备范围内筛选结果清单

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

注：表 1-1 和 1-2 中清单应为与 MR 性能指标相适应的最小设备清单。