

## 附件 2

# 《核动力厂设计安全规定》(征求意见稿) 修 订 说 明

为体现国际最高安全标准要求，在研究吸取福岛核事故经验教训、结合福岛核事故后我国核动力厂设计良好实践的基础上，国家核安全局参考国际原子能机构 2016 年发布的《核动力厂安全：设计》(SSR 2/1-2016)，对《核动力厂设计安全规定》(HAF102-2004)进行了修订。现将相关情况说明如下：

### 1. 修订背景

#### 1.1 我国 HAF102-2004 的基本情况

我国《核动力厂设计安全规定》(HAF102-2004)是以国际原子能机构 (IAEA) 2000 年发布的《核动力厂安全：设计》(NS-R-1, 2000 版)为蓝本制定的，发布至今已有十几年，为我国核动厂的设计、制造、建造、运行和监督管理提供了有效的指导。

#### 1.2 IAEA 相关安全标准的修订情况

NS-R-1 发布后，IAEA 对 NS-R-1 先后进行了两次修订：第一次是于 2012 年发布了《核动力厂安全：设计》(SSR 2/1-2012)，在 SSR 2/1-2012 中，IAEA 明确表示该文件只反映了截至 2010 年国际核电的技术进步、所积累的反馈和经验，未包含福岛核事故的经验反馈；第二次是 IAEA 结合福岛核事故的经验反馈，于 2016 年 2 月正式发

布了《核动力厂安全：设计》(SSR 2/1-2016, Rev.1)。

SSR 2/1-2016 引入了设计扩展工况、从设计上实际消除大量放射性释放、非常设设备等概念，取消了双层安全壳、营运单位独立验证等条款。另外，HAF102-2004 也存在少量表述不妥之处，需进行更正。

### 1.3 福岛核事故后我国核电厂设计的良好实践

福岛核事故后，世界各国都对本国核设施的安全状态进行了评估，对核电厂均提出了一系列的改进要求，并开始筹划修订核安全相关的法规标准以及管理要求。我国结合国际福岛核事故经验反馈，陆续发布了《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》和《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》(简称通用技术要求)，对新建核电厂安全提出了更高的安全目标，并在完善严重事故的预防和缓解方面提出了一系列的安全改进要求，如移动电源、移动泵、抗大飞机撞击、实际消除大规模释放等。目前，通用技术要求在运行和在建核电机组均得到有效的落实，而抗大飞机撞击和实际消除大规模释放等也在AP1000、EPR、CAP1400以及华龙一号等新型反应堆设计中得到了适度体现，但上述改进和要求尚未体现在我国的核安全法规条款中。

## 2. 修订的主要过程

2011年IAEA发布了SSR 2/1-2012，国家核安全局对SSR 2/1-2012进行了比对分析，但考虑到IAEA明确说明SSR 2/1-2012反映了直至2010年所积累的反馈和经验，福岛核事故的经验教训将在今后修订和印发标准中予以反映，因此，国家核安全局决定暂不启动《核动

力厂设计安全规定》修订工作。

2015年10月，考虑到SSR-2/1（2015年修订草案）已提交IAEA委员会进入最终审查阶段，国家核安全局启动了《核动力厂设计安全规定》修订工作，并同时开展了SSR-2/1（2015年修订草案）的翻译工作。

2015年12月，确定以HAF102-2004为基础，吸纳SSR 2/1的新要求，结合我国实践的修订思路。2016年2月，完成了HAF102修订稿（初稿），我局组织核与辐射安全中心对HAF102修订稿（初稿）进行了逐条讨论，认为SSR 2/1无论是结构还是在条款内容的描述上与HAF102-2004差异均较大。

2016年3月4日，国家核安全局组织核与辐射安全中心和各核电设计单位相关人员成立了工作组，讨论HAF102修订工作，并提出修订建议。

2016年3-4月，国家核安全局组织召开了HAF102修订稿（初稿）讨论会，在HAF102-2004和SSR 2/1-2016比对的基础上，经过详细讨论，完成了HAF102修订稿（初稿）的修改完善工作。

2016年4月14-15日，国家核安全局组织了核安全与环境专家咨询会，对HAF102修订过程中涉及的相关问题进行了审查。与会专家认为：IAEA已经发布了新版的SSR 2/1-2016，国家核安全局及时组织修订HAF102是必要的；新版SSR 2/1-2016中的纵深防御概念及应用、设计扩展工况、从设计上实际消除大量放射性释放等的表述是适宜的，建议以SSR 2/1-2016为蓝本修订HAF102，并兼顾HAF102-2004的相关条款。

2016年4-5月，根据专家咨询会的意见，国家核安全局草拟了HAF102修订稿（征求意见稿），并于6月2-3日组织了第三次工作组会议，对征求意见稿（草稿）进行了逐条讨论，形成了HAF102修订稿（征求意见稿）。

### **3. 主要修订内容**

HAF102修订稿（征求意见稿）是以SSR 2/1-2016为基础的，征求意见稿中适当考虑了HAF102-2004的部分概念和内容，并吸纳了我国核电设计、建设和运行经验，以及福岛核事故的经验反馈等方面的相关内容。

HAF102修订稿（征求意见稿）引入了实际消除、设计扩展工况、全寿期内核动力厂设计的完整性、建造规定、安全与安保之间的接口、移动设备、多机组核动力厂的要求、支持系统和辅助系统、商用大型飞机的恶意撞击等概念和要求，调整了纵深防御、核动力厂状态分类、内部和外部灾害、安全壳结构完整性、场内应急设施、撤离路线、控制室、辅助控制室、乏燃料水池、应对丧失厂外电源的设计、流出物排放和放射性废物处理和定期试验等要求，保留了HAF102-2004中安全目标和质量保证的概念，删除了营运单位独立验证的要求，调整了部分表述，如将ALARA原则的中文表述由“合理可行尽量低”调整为“可合理达到的尽量低”。与HAF102-2004相比，HAF102修订的主要变化如下：

#### **3.1 新增的条款**

##### **3.1.1 实际消除**

HAF102修订稿（征求意见稿）根据SSR 2/1-2016，引入了“实

际消除”的概念。在“2.3 安全设计”中提出了“必须‘实际消除’可能导致高辐射剂量或大量放射性释放的核动力厂事件序列；必须保证发生概率高的核动力厂事件序列没有或只有微小的潜在放射性后果。安全设计的基本目标是在技术上实现减轻放射性后果的场外防护行动是有限的甚至是可以取消的”。

在纵深防御第四层次、乏燃料水池的设计、设计扩展工况分析、安全分析、外部灾害等方面分别提出了设计上实际消除的相关要求。

### 3.1.2 设计扩展工况

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016，使用“设计扩展工况”替代了 HAF102-2004 中的“超设计基准事故”，并明确了应对设计扩展工况的相关要求，如提出应对设计扩展工况的安全设施，设计扩展工况辐射监测等要求。

应对设计扩展工况的安全设施、安全设施与安全系统独立、开展设计扩展工况分析、安全设施的设计规格书和辐射监测等方面，提出了明确要求。

HAF102 修订稿（征求意见稿）在安全重要物项的设计基准、设计限值、反应堆停堆、反应堆堆芯的应急冷却、进入安全壳、安全壳状态控制等条款中，将 HAF102-2004 要求的设计基准事故扩展为事故工况，包括了设计扩展工况的相关要求。

### 3.1.3 全寿期内核动力厂设计的完整性

HAF102 修订稿（征求意见稿）引入了 SSR 2/1-2016 关于“电厂全寿期内设计的安全”条款的主要内容，同时根据我国实践进行了适当简化。

### 3.1.4 建造规定

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016 新增了建造规定的内容，要求核动力厂安全重要物项的设计必须使其能够按照所确立的流程进行制造、建造、装配和安装，另外，还必须适当考虑类似的经验反馈和良好实践。

### 3.1.5 安全与安保之间的接口

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016 新增了“4.5 安全与安保之间的接口”，要求考虑核动力厂的安全措施与核安保措施、国家核材料衡算和控制体系相匹配。

### 3.1.6 移动设备

SSR 2/1-2016 针对恢复安全壳排热能力、恢复动力供应和乏燃料水池冷却等提出了“非永久设备（no-permanent equipment）”的概念和相关要求。在 HAF102 修订过程中，结合我国福岛改进通用技术的要求，在 HAF102 修订稿（征求意见稿）中将这一概念修改为“移动设备”，并保留了 SSR 2/1-2016 的相关要求。

### 3.1.7 多机组核动力厂的要求

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016 提出了多机组核动力厂的要求，包括每台机组必须具备各自的安全系统和用于设计扩展工况的安全设施，在设计中必须考虑允许各机组间相互连接的手段，考虑特定灾害同时影响厂址上若干或甚至所有机组的可能性等要求。

### 3.1.8 支持系统和辅助系统

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016，将 HAF102-2004

中的“辅助设施”改为“支持系统和辅助系统”，并扩充和细化了支持系统和辅助系统的设计要求，并对热传输系统、取样系统、压缩空气系统、空调系统和通风系统、消防系统、照明系统和起重设备等提出了具体要求。

### **3.1.9 商用大型飞机的恶意撞击**

按照我国《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》的要求，参考国际有关标准，在HAF102修订稿（征求意见稿）中提出了商用大型飞机恶意撞击的要求。

## **3.2 修订的条款**

### **3.2.1 纵深防御**

#### **3.2.1.1 纵深防御第四层次的调整**

在HAF102修订稿（征求意见稿）中，根据SSR 2/1-2016将纵深防御第四层次的目的调整为“减轻第三层次纵深防御失效所导致的事故后果。这一目标通过阻止这些事故进程和缓解严重事故的后果得以实现”，另外，HAF102修订稿（征求意见稿）新增了“必须‘实际消除’可能导致早期或者大量放射性释放的事件序列”。

#### **3.2.1.2 纵深防御的独立性**

根据SSR 2/1-2016，在HAF102修订稿（征求意见稿）的“2.4 纵深防御概念”和“4.4 纵深防御的应用”中，强调了纵深防御的独立性，即：“纵深防御概念的应用主要是通过一系列连续和独立的防御层次的结合，以防止事故对人员和环境造成危害”，“纵深防御的各个层次之间必须尽实际可能地相互独立”和“避免一个层次的失效降低其他层次的有效性”等，并强调了用于设

设计扩展工况的安全设施（例如对于缓解燃料融化事故后果的设施）应尽实际可能地与安全系统独立。

### 3.2.2 核动力厂状态分类

HAF102 修订稿（征求意见稿）引入了设计扩展工况的概念，并对典型的核动力厂状态进行了调整（见图 1），即包括正常运行、预计运行事件、设计基准事故和设计扩展工况，其中又将设计扩展工况分为无燃料明显损伤的事故工况和堆芯融化事故工况两种。

运行状态		事故工况		
			设计扩展工况	
正常运行	预计运行事件	设计基准事故	无燃料明显损伤	堆芯融化

图 1 核动力厂状态分类

### 3.2.3 内部和外部灾害

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016，引入了“内部和外部灾害”，替代了 HAF102-2004 的“内部事件和外部事件”，提出了安全重要物项的设计和布置的要求；在厂址评价得到的外部灾害的基础上，设计还须考虑外部灾害裕量，以保护抵御设计中考虑的外部灾害（由厂址灾害评价确定）的安全重要物项和避免产生陡边效应，以及保护防止早期或大量放射性释放所必需的物项。

### 3.2.4 安全壳结构完整性

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016 对保持安全壳结构完整性提出了设计要求，包括运行状态和事故工况下避免丧失



安全壳结构完整性，并不得导致早期或大量放射性物质释放；设计中可以采用安全壳过滤排放系统，以在丧失安全壳冷却的情况下通过主动、受控过滤排放，避免安全壳整体结构失效等。还要求能使用移动设备恢复安全壳排热能力。同时，删除了 HAF102-2004 中的双层安全壳、安全壳强度、安全壳定期试验等方面的要求。

### **3.2.5 场内应急设施**

根据 SSR 2/1-2016 HAF102 修订稿（征求意见稿）引入了“场内应急设施”，替代了 HAF102-2004 的“6.5 应急控制中心”。场内应急设施包括应急控制中心、技术支持中心和运行支持中心，其设计必须保证工作人员在事故（包括严重事故）和灾害情况下能够在此执行预期的应急任务，并能获取核动力厂重要参数和核动力厂内及外围的放射性状况的信息，并对通信手段提出要求。

### **3.2.6 撤离路线**

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016 对撤离路线的要求变为“在发生设计中考虑的内、外部事件或多个事件的组合后，必须至少有一条路线可供位于工作场所和场区内其他区域的人员撤离”。

### **3.2.7 控制室**

HAF102 修订稿（征求意见稿）根据 SSR 2/1-2016 提出了控制室设计必须提供恰当的裕量，应对比设计中考虑的自然灾害水平（由厂址灾害评价确定）更为严重的自然灾害。同时，HAF102 修订稿（征求意见稿）保留了 HAF102-2004 “6.4.2.3”和“6.4.2.4”的条款。

### **3.2.8 辅助控制室**

HAF102修订稿（征求意见稿）根据SSR 2/1-2016要求增加了：如果适当，控制室设计中关于采取适当措施和提供有关保护人员免于各种危害的足够信息的要求也可用于辅助控制室。

### **3.2.9 乏燃料水池**

根据SSR 2/1-2016，HAF102修订稿（征求意见稿）新增了乏燃料水池的设计要求，包括防止乏燃料水池发生燃料组件裸露，并“实际消除”导致早期或大量放射性释放工况发生的可能性，同时，提出了乏燃料池补水、监测和控制的相关要求。

### **3.2.10 应对丧失厂外电源的设计**

根据SSR 2/1-2016，HAF102修订稿（征求意见稿）将HAF102-2004中的“应急动力供应”修改为“应对丧失厂外电源的设计”，提出在设计扩展工况下提供必要动力供应的替代动力源，并提出了应急动力源和替代动力源的设计要求。

### **3.2.11 流出物排放和放射性废物处理**

根据SSR 2/1-2016，HAF102修订稿（征求意见稿）将HAF102-2004中的“废物处理和控制系统”修改为“流出物排放和放射性废物管理”，并根据我国的核电厂实践，作了适应性调整。

### **3.2.12 定期试验**

根据SSR 2/1-2016，HAF102修订稿（征求意见稿）保留了HAF102-2004中安全壳定期试验的要求，新增了仪表和控制系统定期可试验性等等要求，删除了HAF102-2004中反应堆冷却剂压力边界和应急堆芯冷却系统、保护系统定期检查和试验的要求。

## **3.3 保留的 HAF102-2004 条款**

### 3.3.1 安全目标

SSR 2/1-2016 引用了 IAEA 《基本安全原则》(SF-1, 2006) 中的基本安全目标和 10 项基本安全原则。鉴于我国尚未引入“基本安全原则”的概念,且 10 项基本安全原则在 HAF102 修订稿(征求意见稿)中已经有所体现,因此 HAF102 修订稿(征求意见稿)仍保留了“安全目标”的表述,且修订后的内容是符合 IAEA 基本安全原则的。

### 3.3.2 质量保证

SSR 2/1-2016 引用了 IAEA 《设施和活动的管理系统》(GS-R-3) 中“管理体系”的概念。鉴于“质量保证”概念在我国已得到广泛应用且深入人心,因此, HAF102 修订稿(征求意见稿)仍保留了“质量保证”概念。