

核电厂配置风险管理的技术政策

(试 行)

一、前言

为保障核电厂的运行安全，防止或减轻可能危及安全的事故后果，核电厂设置了大量的安全系统，以将事故后果限制在可接受的范围内。为保证安全系统的可用性，核电厂营运单位编制了技术规格书，对核电厂配置（即核电厂各安全系统、设备及其必要的支持系统所处的状态）进行管理。技术规格书通常针对各具体系统或设备给出允许的维修时间等限制，但并不能对多重系统或设备失效进行有效管理，从而控制多重系统或设备失效可能导致的核电厂风险增量，尽管有些技术规格书对多重系统或设备失效做了一些规定，但由于核电厂配置组合的复杂性和多样性，这种对风险的控制方式并不完全合理。国际实践表明，对多重设备失效进行控制的有效方法是核电厂的配置风险管理。

配置风险管理通常使用风险监测工具来开展，为了使风险评估的结果便于理解，使可接受的和不可接受的风险水平有清楚明确的定义，大多数核电厂都会在建立配置风险管理流程的同时，建立一套风险阈值和相应的风险管理矩阵来对不同的风险水平分类并进行分级管理。

国家核安全局制订本技术政策的目的是指导核电厂营运单位建立和优化核电厂配置风险管理体系，提高核安全管理决策的科学性和有效性。

二、概念及术语

本技术政策中使用的概念和术语解释如下：

活态概率安全分析 (Living PSA): 在核电厂运行期间，应用概率安全分析方法，考虑核电厂设计和运行的变更、新的技术信息、更加精确的方法和工具、以及从核电厂运行中得到的新信息等，及时更新概率安全分析模型和数据，以充分反映核电厂的现状。

配置风险管理 (Configuration Risk Management): 利用活态概率安全分析模型，根据核电厂实际运行配置计算风险指标，开展核电厂风险管理的方法。

核电厂技术规格书: 为确保核电厂正常运行或预计运行事件状态下的重要初始参数和安全系统配置处于正确的范围和合适的状态，而制定的一整套有关的运行要求和限制。在我国的核安全法规和导则中称为“核电厂运行限值和条件”，国内某些核电厂又称为“核电厂技术规范”或“核电厂运行技术规范”。

基准风险: 考虑了设备因试验、维修等原因导致的不可用度，计算得到的年平均风险水平数值。核电厂常用的基准风险指标是堆芯损坏频率 (CDF) 和早期大量放射性释放频率 (LERF)，单位是 1/堆年。

瞬时风险: 在特定的核电厂配置情况下计算得到的风险水平数

值，伴随核电厂配置随时间的变化，瞬时风险也是变化的。核电厂常用的瞬时风险指标是堆芯损坏频率（CDF）和早期大量放射性释放频率（LERF），单位是 1/堆年。

零维修风险：如果某瞬时风险对应的是核电厂所有设备都可用情况下的风险值，即没有设备因试验、维修等原因导致不可用（零维修）的情况下的风险值，该瞬时风险即为零维修风险。

累积风险增量：某配置的瞬时风险相对零维修风险的增量对该配置持续时间的累积，即为累积风险增量。常用的累积风险指标是堆芯损坏概率增量（ICDP）和早期大量放射性释放概率增量（ILERP）。

允许配置时间（ACT）：使用风险监测器对特定的核电厂配置状态计算得到的允许配置持续时间，即为允许配置时间。比较配置状态的 ICDP/ ILERP 累积到对应风险阈值的时间，选取其中较小的作为允许配置时间。

三、配置风险管理的实施

核电厂配置风险管理实施流程包括确定风险阈值、建立风险管理矩阵和评价配置风险等三个步骤。

（一）确定风险阈值

核电厂营运单位应在满足监管要求的前提下，根据核电厂实际情况确定一套风险阈值（通常包括瞬时风险和累积风险）来对应不同的风险水平分类。确定的风险阈值应该能够有效地区别不同的风险水平，同时考虑不同风险管理活动所需的资源投入，以有效利用资源。

（二）建立风险管理矩阵

核电厂营运单位应根据已确定的风险阈值建立风险管理矩阵，可将风险矩阵划分为风险可接受的正常控制区、需要控制风险的风险管理区（1个或多个）和风险不可接受区。本技术政策给出三个风险区的实施方法，核电厂营运单位可根据需求对风险管理区进一步细分。如表 1 所示，不同的风险区按照风险从低到高，用不同颜色区域（绿、黄、红）来表示。

表 1 核电厂风险区划分

运行（随机不可用）	风险区域	维修（计划不可用）
风险可接受，安排正常维修即可	正常控制区（绿区）	正常工作控制
需要控制风险，维修应尽快完成，同时可能需采取补偿措施	风险管理区（黄区）	评价不可定量因素，制定风险管理措施
风险不可接受，需立即采取措施	风险不可接受区（红区）	不主动进入该配置

（三）评价配置风险，采取相应行动

运行配置风险管理：在核电厂发生运行异常，导致一个或多个安全重要设备不可用时，核电厂营运单位除执行技术规格书中规定的措施以外，还需采用风险监测工具评价配置风险，并根据风险所处的区域采取相应的行动。通常，处于绿区，正常执行维修活动；处于黄区，维修行动需尽快完成，允许配置时间由累积风险限值计算结果来确定，必要时需采取补偿措施；处于红区，则需立即采取行动降低风险，若机组处于功率运行状态，则需要立即停堆后撤，使机组处于可接受的风险水平。

维修配置风险管理：在核电厂实施维修活动前，需采用风险监测工具对维修计划进行配置风险评价，并根据风险所处的区域采取

相应的行动。通常，处于绿区，按照正常的工作控制；处于黄区，则需评价不可定量的因素，并制定风险管理措施；处于红区，则不允许主动进入该风险配置。如果评价结果表明当前配置下开展既定的维修活动有较大风险，核电厂营运单位需调整维修活动时间窗口。

计算出配置风险后，核电厂营运单位还应对评价结果进行评估，如识别出当前配置下的主要风险贡献项等，根据风险所在区域采取相应行动，必要时采取相应的风险补偿措施。

四、配置风险管理的风险阈值

核电厂配置风险管理中的风险阈值是针对不同的风险指标来确定的，一套风险指标与对应的风险阈值共同构成了配置风险管理中衡量风险高低的尺度。风险阈值通常包括瞬时风险和累积风险两类定量风险指标。

参考国际上的良好实践，并结合我国核电厂实际情况，本技术政策给出了一种可接受的为各风险区域确定风险阈值的方法：

（一）运行配置风险管理

1. 运行配置风险管理的风险阈值主要考虑瞬时风险，推荐采用基准风险（包括 CDF 和 LERF）的 2 倍作为风险管理区下限值（绿区上限值）。

2. 推荐采用 10^{-3} /堆年 (CDF) 作为风险管理区上限值 (红区下限值)。

3. 推荐采用累积风险限值 $ICDP < 10^{-6}$ 和 $ILERP < 10^{-7}$ 计算允许配置时间，取其中较小值。在评价不可定量因素并采取了控制风险的措施后，允许配置时间可以延长到 10 倍。

（二）维修配置风险管理

1. 维修配置风险管理的风险阈值主要考虑累积风险增量，推荐采用 10^{-6} (ICDP) 和 10^{-7} (ILERP) 作为风险管理区下限值（绿区上限值）。

2. 推荐采用 10^{-5} (ICDP) 和 10^{-6} (ILERP) 作为风险管理区上限值（红区下限值）。不允许维修活动过程中瞬时风险指标 CDF 达到 10^{-3} /堆年。

(三) 其他相关说明

1. 运行配置风险管理与维修配置风险管理采用的累积风险限值相一致，如果核电厂发生突发运行异常，瞬时风险进入黄区，而相应维修活动的累积风险增量仍处于绿区，核电厂可以进行正常工作控制。

2. 上述风险阈值对应的是全范围始发事件的风险，如果核电厂 PSA 范围尚不完善，可通过补充额外分析来扩大范围或对风险阈值进行适当调整。

3. 国家核安全局鼓励核电厂采用比推荐值更严格的风险阈值，尽量降低风险，进一步提高安全水平。

4. 核电厂营运单位确定风险阈值的过程及最终确定的风险阈值应形成文件，可供国家核安全局检查或评估。

五、配置风险管理工具的开发和应用

核电厂营运单位应按照本技术政策对核电厂运行和维修活动进行配置风险管理，并制定实施计划，及时地建立配置风险管理体系和开发风险监测工具。核电厂营运单位在执行本技术政策时应保证核电厂安全水平得以维持甚至提高。

国家核安全局将逐步制定和发布核电厂风险监测工具开发及使用的技术指导文件，并通过适当的方式（如同行评估等）确认核电

厂风险监测工具的质量。

主送单位名称

序 号	单 位
1	生态环境部华北核与辐射安全监督站
2	生态环境部华东核与辐射安全监督站
3	生态环境部华南核与辐射安全监督站
4	生态环境部东北核与辐射安全监督站
5	生态环境部核与辐射安全中心
6	机械科学研究总院核设备安全与可靠性中心
7	苏州热工研究院
8	北京核安全审评中心
9	中国核工业集团有限公司
10	中国核能电力股份有限公司
11	中国广核集团有限公司
12	国家电力投资集团有限公司
13	中国华能集团有限公司
14	中国核电工程有限公司
15	中广核工程有限公司
16	上海核工程研究设计院
17	华龙国际核电技术公司
18	中核武汉核电运行技术股份有限公司
19	中核核电运行管理有限公司
20	江苏核电有限公司

序 号	单 位
21	福建福清核电有限公司
22	三门核电有限公司
23	海南核电有限公司
24	大亚湾核电运营管理有限责任公司
25	辽宁红沿河核电有限公司
26	福建宁德核电有限公司
27	阳江核电有限公司
28	台山核电合营有限公司
29	广西防城港核电有限公司
30	山东核电有限公司
31	国核示范电站有限责任公司
32	华能山东石岛湾核电有限公司
33	中核国电漳州能源有限公司