

ICS 27.120.30

F 65

附件 4

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20037.6—XXXX

应用于核电厂的一级概率安全评价  
第 6 部分：功率运行其他外部事件筛选和保守分析

Level 1 Probabilistic safety assessment for nuclear power plant application—Part 6:  
Screening and conservative analysis of other external events at-power

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家能源局

发布

国家核安全局

认可

# 目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义及缩略语.....	1
4 技术要求.....	1
5 同行评估.....	4
附录 A.....	8
参考文献.....	10

# 前 言

NB/T 20037《应用于核电厂的一级概率安全评价》分为12个部分：

- 第1部分：总体要求
- 第2部分：功率运行内部事件
- 第3部分：功率运行内部水淹
- 第4部分：功率运行内部火灾
- 第5部分：功率运行地震
- 第6部分：功率运行其他外部事件的筛选和保守分析
- 第7部分：功率运行强风
- 第8部分：功率运行外部水淹
- 第9部分：功率运行其他外部灾害
- 第10部分：功率运行抗震裕度评价
- 第11部分：低功率和停堆工况内部事件
- 第12部分：低功率和停堆工况外部事件

本部分为NB/T20037的第6部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分主要参考ASME/ANS RA-Sa-2009，并结合IAEA有关技术文件补充。

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国核电工程有限公司、苏州热工研究院有限公司主编、上海核工程研究设计院、中广核工程有限公司参编。

本部分主要起草人：马原、喻新利、闫林、王怡明、赵博、王伟金、李琳、张冰。

本标准2016年8月30日，经国家核安全局审查认可。

# 应用于核电厂的一级概率安全评价 第6部分：功率运行其他外部事件筛选和保守分析

## 1 范围

本部分规定了功率运行其他外部事件的筛选和保守分析要求，保证针对不同设计方案的核电机组的其他外部事件的筛选和保守分析标准化，使其质量满足要求。

本部分适用于压水堆核电厂除地震、内部水淹、内部火灾外的其他外部事件的筛选和保守分析，低功率和停堆工况及其他堆型的核电厂可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

NB/T20037.1 应用于核电厂的一级概率安全评价 第1部分：总体要求

NB/T20037.2 应用于核电厂的一级概率安全评价 第2部分：功率运行内部事件

## 3 术语、定义及缩略语

NB/T20037.1所定义术语和定义及缩略语均适用于本文件。

## 4 技术要求

### 4.1 总则

本章的目的是为其他外部事件的筛选和保守分析提供技术要求。各项技术要求对于单一和叠加的外部事件均适用。

外部事件的筛选和保守分析，一般是外部事件PSA首先要完成的工作。通过本部分的工作，分析人员可以确定哪些外部事件可以被筛除，而不需要进一步的PSA分析。

本部分要求的基本原则包括：

- a) 对所有可能会影响核电厂的潜在外部事件（包括自然的和人为的），都需要加以考虑，且对其中任何事件的筛除都必须基于明确的依据，未被筛除的事件留待简化或详细的PSA分析；
- b) 确定一套筛选准则，以作为筛除事件的明确依据；
- c) 如果利用筛选准则无法定性筛除某外部事件，那么将可论证的保守分析或包络分析与定量筛选准则结合使用，也可以作为该事件不进行详细分析的有力依据。

### 4.2 要求

外部事件筛选和保守分析的高层次要求见表1；各高层次要求的支持性要求见表2至表6。

表1 外部事件筛选和保守分析的高层次要求

编码	要求
HLR-EXT-A	应确定所有可能影响核电厂的潜在外部事件（包括自然的和人为的事件）。
HLR-EXT-B	若进行初步的筛选，则应依据一套明确的筛选准则。
HLR-EXT-C	如需将包络分析或可论证的保守分析用于筛选，应结合明确的定量筛选准则。
HLR-EXT-D	应对电厂及厂址周边进行现场巡访，以验证筛选外部事件所依据的信息。
HLR-EXT-E	对外部事件筛选应按与适用的支持性要求相一致的方式编制文件。
<p>注1：HLR-EXT-B、HLR-EXT-C、HLR-EXT-D、HLR-EXT-E只适用于外部事件的筛选而不适用于详细分析。在筛选过程的任何阶段，都可以跳过该过程，直接应用相应的分析要求开展详细分析。</p> <p>注2：如果外部事件无法被剔除，则需要参照相应的分析要求开展详细分析。</p>	

表2 高层次要求HLR-EXT-A的支持性要求

高层次要求编码	要求
HLR-EXT-A	应确定所有可能影响核电厂的潜在外部事件（包括自然的和人为的事件）。
支持性要求编码	要求
SR-EXT-A1	应至少参考法规、本部分附录A中推荐的通用清单、目标厂址现有清单中的一个,并可参考其他电厂清单。
SR-EXT-A2	应结合特定电厂及厂址情况，对SR-EXT-A1中考虑的清单进行补充和/或修改 <sup>a</sup> 。
<sup>a</sup> 本要求的目的是确保不常见的事件不会因为不在通常所考虑的范围和SR-EXT-A1所推荐的清单中而被忽略。	

表3 高层次要求HLR-EXT-B的支持性要求

高层次要求编码	要求
HLR-EXT-B	若进行初步的筛选，则应依据一套明确的筛选准则。
支持性要求编码	要求
SR-EXT-B1	<p>在初步筛选中，以下筛选准则中的任意一条都可以作为筛除外部事件的合理依据：</p> <p>准则1：该事件不适用于分析的厂址；</p> <p>准则2：该事件的潜在危害等同或小于电厂设计对外部事件的抵抗能力<sup>a</sup>；</p> <p>准则3：该事件发生位置距电厂较远，不足以对电厂造成影响；</p> <p>准则4：该事件已经包含在另一事件的定义中；</p> <p>准则5：该事件发展缓慢，并且可以证明有足够的时间排除危险源或者采取措施使电厂不会受到该事件的影响；</p>
SR-EXT-B2	将筛选准则应用于特定的外部事件时，必须检查与该事件相关的电厂设计信息和许可条件。
SR-EXT-B3	<p>检查运行许可证颁发后的任何重大改变。特别是以下内容：</p> <p>a) 厂址附近位于国家相关法规、导则或标准要求距离以内的军事和工业设施；</p> <p>b) 危险材料在厂址处的储存或任何其他涉及危险材料的活动；</p> <p>c) 附近的交通运输；</p> <p>d) 可能影响原始设计条件的任何其他改变。</p>
<sup>a</sup> 该准则要求对电厂的设计基准进行评价，以评估电厂的构筑物和系统对特定外部事件的抵抗力。	

表4 高层次要求HLR-EXT-C的支持性要求

高层次要求编码	要求
HLR-EXT-C	如需将包络分析或可论证的保守分析用于筛选，应结合明确的定量筛选准则。
支持性要求编码	要求
SR-EXT-C1	满足以下准则之一，可筛除该外部事件： a) 外部事件发生频率 $<10^{-6}$ /年，且CCDP $<0.1$ ； b) 采用包络或保守分析 <sup>a</sup> 证明外部事件导致的CDF均值 $<10^{-7}$ /堆年。
SR-EXT-C2	利用相应的模型、最新数据（如厂址所在地的年最大风速、附近飞行器活动记录、或降水记录等）对外部事件发生频率和/或其他参数进行估算。
SR-EXT-C3	使用包络分析或可论证的保守分析估算条件堆芯损坏概率（CCDP）时，所采用的电厂响应模型应在其应用范围内满足电厂响应分析的相关要求。
SR-EXT-C4	识别易受外部事件影响的、维持电厂运行必需的或响应始发事件以防止堆芯损坏必需的SSC，并确定其失效模式。
SR-EXT-C5	考虑外部事件引起的始发事件和导致的系统或功能不可用的情况，对相应的CCDP进行估算。利用对外部事件影响（脆弱性分析）的保守估计对内部事件PSA模型进行适当修正是一种可接受的方法。
SR-EXT-C6	根据现实的或可论证保守的模型和数据估算堆芯损坏频率，包括危险性分析和可行的易损度（脆弱性）分析 <sup>b</sup> 。
SR-EXT-C7	如果本节中的任何筛选准则均不适用于某一特定的外部事件，则需要另对其进行分析。
<sup>a</sup> 利用包络分析或可论证的保守分析是为了给出保守的计算结果，以证明在所分析情况下，外部事件并不会造成堆芯损坏，或者堆芯损坏频率（CDF）低到可以接受的程度。外部事件安全分析的部分或全部关键要素都可以用于实现并支持这个结论：危险性分析、易损度（脆弱性）分析或电厂响应分析（如，电厂系统分析、人员可靠性分析、事故序列分析等）。 <sup>b</sup> 堆芯损坏频率的计算可以利用不同的可论证的保守假设。对于某些外部事件，只需进行危险性分析；而对其他某些外部事件，可能需要危险性分析和简单的脆弱性分析；极少数情况下，可能需要进行电厂系统和事故序列分析。	

表5 高层次要求HLR-EXT-D的支持性要求

高层次要求编码	要求
HLR-EXT-D	应对电厂及厂址周边进行现场巡访，以验证筛选外部事件所依据的信息。
支持性要求编码	要求
SR-EXT-D1	通过对电厂及厂址周边的现场巡访，验证筛除外部事件所依据的信息 <sup>a</sup> 。
SR-EXT-D2	如果根据电厂的特定布置筛除了某一特定外部事件，则需对电厂的该特定布置进行现场巡访验证。对于大部分外部事件，此类验证通常需要对电厂建筑物内、外部布置均进行评估。
<sup>a</sup> 通常对于外部事件筛选的巡访应关注易受强风和水淹影响的户外设施，厂址处危险材料的储存场所，以及厂址外机场/飞机跑道、公路和气体管道的增加，不排除其他需要关注的内容。	

表6 高层次要求HLR-EXT-E的支持性要求

高层次要求编码	要求
HLR-EXT-E	应记录筛除的外部事件，并保证相关记录文件符合适用的支持性要求。
支持性要求编码	要求
SR-EXT-E1	应使用便于PSA应用、升级和同行评估的方式，对外部事件的筛选和保守分析进行记录。
SR-EXT-E2	应记录外部事件的筛选和保守分析的过程。例如，记录通常应包括以下描述： a) 筛选使用的方法，以及筛除每一外部事件所使用的筛选准则； b) 为支持对外部事件的筛除或保守分析，所进行的工程分析或其他分析。

## 5 同行评估

针对其他外部事件筛选和保守分析的同行评估方法与应用于核电厂的概率安全评价的同行评估方法流程是类似的，可参照NB/T20037第一、二部分中的方法要求执行。

除了同行评估组的组成和人员资质要满足应用于核电厂的概率安全评价的同行评估的一般要求外，同行评估小组应结合系统工程、相关外部事件的危险性评估以及外部事件如何破坏核电厂的SSC等领域的经验。

同行评估组应采用本标准中关于所审查的外部事件筛选和保守分析的要求，确定外部事件筛选和保守分析的分析方法及其实施情况是否满足本标准的要求。

同行评估过程中应关注以下七方面：

- a) 导致堆芯损坏的外部事件的可能性；
- b) 评估外部事件信息是否适合特定厂址，以及是否满足本标准的相关要求；
- c) 评估定性和/或定量筛选准则的使用依据是否适合特定厂址，以及是否满足本标准相关要求；
- d) 评估外部事件导致的电厂始发事件是否被正确识别，SSC是否正确模化，事故序列是否被正确量化；
- e) 从筛选、空间相互作用和关键失效模式的识别来审查电厂巡访，以确保分析结果的有效性；
- f) 评估筛选分析中采用的量化方法是否恰当，以及是否给出了用于风险指引型决策所需的结果和见解；
- g) 评估筛选过程所采用假设的合理性。

附录 A  
(资料性附录)  
外部事件通用清单

除地震、内部水淹、内部火灾外的其他外部事件通用清单见表A.1。

表 A.1 外部事件通用清单

<b>大气类 Air based natural hazards</b>	
A1	强风 Strong wind/High wind
A2	龙卷风 Tornado
A3	高温 High air temperature
A4	低温 Low air temperature
A5	极端气压 (高低梯度) Extreme air pressure (high/low gradient)
A6	极端降雨 Extreme rain
A7	极端降雪 (包括暴风雪) Extreme snow (including snowstorm)
A8	极端冰雹 Extreme hail
A9	雾 Mist
A10	霜 White frost
A11	干旱 Drought
A12	盐暴 Saltstorm
A13	沙暴 Sandstorm
A14	闪电/雷暴 Lightning
A15	陨石 Meteorite
<b>地面类 Ground based natural hazards</b>	
G1	地面上的上升 Land rise
G2	冻土 Soil frost
G3	动物 Animals
G4	火山 Volcanic phenomena
G5	雪崩 Avalanche
G6	滑坡 Above water landslide
G7	外部火灾 External fire
G8	喀斯特地形 Karsts
<b>水文类 Water based natural hazards</b>	
W1	强水流 (水下侵蚀) Strong water current (underwater erosion)
W2	低水位 Low water level
W3	高水位 High water level
W4	高温 High water temperature
W5	低温 Low water temperature
W6	水下滑坡 Underwater landslide
W7	表面结冰 Surface ice
W8	碎晶冰/脆冰 Frazil ice
W9	冰障 Ice barriers

W10	水中有机物 Organic material in water
W11	腐蚀 (来自盐水) Corrosion (from salt water)
W12	船舶释放的固液杂质 Solid or fluid (non-gaseous) impurities from ship release
W13	对水体的化学释放 Chemical release to water
W14	海啸 Tsunami
<b>场外事故 Off-site accidents</b>	
M1	船舶撞击引起的直接影响 Direct impact from ship collision
M2	交通事故后爆炸 Explosion after transportation accident
M3	交通事故后化学释放 Chemical release after transportation accident
M4	电厂外部爆炸 Explosion outside plant
M5	管路事故后爆炸 Explosion after pipeline accident
M6	电厂外化学物质释放 Chemical release outside site
M7	管路事故后化学释放 Chemical release after pipeline accident
M8	军事行动产生飞射物 Missiles from military activity
M9	挖掘工程 Excavation work
M19	卫星撞击 Satellite crash
M20	飞机撞击 Aircraft crash
<b>场内事故 On-site accidents</b>	
M10	场内重物运输的直接影响 Direct impact of heavy transportation within site
M11	电厂内爆炸 Explosion within plant
M12	厂内管路事故后爆炸 Explosion after pipeline accident inside the plant
M13	厂内化学释放 Chemical release inside site
M14	厂内管路事故后化学释放 Chemical release after pipeline accident
M15	同址其他电厂的内部火灾蔓延 Internal fire spreading from other plant on the site
M16	同址其他电厂的飞射物 Missiles from other plant on the site
M17	由其他机组蔓延的内部水淹和严酷环境 Internal flood and harsh environment spreading from other units
M18	场址区域内挖掘工程 Excavation work inside the site area
<b>其他人为事件 Other human-made hazards</b>	
M21	电磁干扰 Magnetic disturbance
M22	电厂上游堤坝失效 Failure of a dam upstream of the plant

## 参 考 文 献

[1] ASME/ANS RA-Sa-2009, Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, 2009.

[2] ASME/ANS RA-Sb-2013, Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, 2013.

[3] IAEA Safety Standards Series No. SSG-3, Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, 2010

[4] NUREG/CR-2300, PRA PROCEDURES GUIDE: A Guide to the Performance of Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Plants, 1983

---