

# 国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

## 核装置场址评价中与人 为外部事件相关危害

### 特定安全导则

### 第 SSG-79 号



**IAEA**

国际原子能机构

# 国际原子能机构安全标准和相关出版物

## 国际原子能机构安全标准

根据《国际原子能机构规约》第三条的规定，国际原子能机构受权制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并规定适用这些标准。

国际原子能机构借以制定标准的出版物以国际原子能机构《安全标准丛书》的形式印发。该丛书涵盖核安全、辐射安全、运输安全和废物安全。该丛书出版物的分类是安全基本法则、安全要求和安全导则。

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

[www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun](http://www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun)

该网站提供已出版安全标准和安全标准草案的英文文本。以阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文印发的安全标准文本；国际原子能机构安全术语以及正在制订中的安全标准状况报告也在该网站提供使用。欲求进一步的信息，请与国际原子能机构联系（Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria）。

敬请国际原子能机构安全标准的所有用户将使用这些安全标准的经验（例如作为国家监管、安全评审和培训班课程的依据）通知国际原子能机构，以确保这些安全标准继续满足用户需求。资料可以通过国际原子能机构因特网网站提供或按上述地址邮寄或通过电子邮件发至 [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org)。

## 相关出版物

国际原子能机构规定适用这些标准，并按照《国际原子能机构规约》第三条和第八条 C 款之规定，提供和促进有关和平核活动的信息交流并为此目的充任成员国的居间人。

核活动的安全报告以《安全报告》的形式印发，《安全报告》提供能够用以支持安全标准的实例和详细方法。

国际原子能机构其他安全相关出版物以《应急准备和响应》出版物、《放射学评定报告》、国际核安全组的《核安全组报告》、《技术报告》和《技术文件》的形式印发。国际原子能机构还印发放射性事故报告、培训手册和实用手册以及其他特别安全相关出版物。

安保相关出版物以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

国际原子能机构《核能丛书》由旨在鼓励和援助和平利用原子能的研究、发展和实际应用的资料性出版物组成。它包括关于核电、核燃料循环、放射性废物管理和退役领域技术状况和进展以及经验、良好实践和实例的报告和导则。

## 核装置场址评价中与人为外部事件相关危害

## 国际原子能机构成员国

阿富汗	格鲁吉亚	挪威
阿尔巴尼亚	德国	阿曼
阿尔及利亚	加纳	巴基斯坦
安哥拉	希腊	帕劳
安提瓜和巴布达	格林纳达	巴拿马
阿根廷	危地马拉	巴布亚新几内亚
亚美尼亚	几内亚	巴拉圭
澳大利亚	圭亚那	秘鲁
奥地利	海地	菲律宾
阿塞拜疆	教廷	波兰
巴哈马	洪都拉斯	葡萄牙
巴林	匈牙利	卡塔尔
孟加拉国	冰岛	摩尔多瓦共和国
巴巴多斯	印度	罗马尼亚
白罗斯	印度尼西亚	俄罗斯联邦
比利时	伊朗伊斯兰共和国	卢旺达
伯利兹	伊拉克	圣基茨和尼维斯
贝宁	爱尔兰	圣卢西亚
多民族玻利维亚国	以色列	圣文森特和格林纳丁斯
波斯尼亚和黑塞哥维那	意大利	萨摩亚
博茨瓦纳	牙买加	圣马力诺
巴西	日本	沙特阿拉伯
文莱达鲁萨兰国	约旦	塞内加尔
保加利亚	哈萨克斯坦	塞尔维亚
布基纳法索	肯尼亚	塞舌尔
布隆迪	大韩民国	塞拉利昂
佛得角	科威特	新加坡
柬埔寨	吉尔吉斯斯坦	斯洛伐克
喀麦隆	老挝人民民主共和国	斯洛文尼亚
加拿大	拉脱维亚	南非
中非共和国	黎巴嫩	西班牙
乍得	莱索托	斯里兰卡
智利	利比里亚	苏丹
中国	利比亚	瑞典
哥伦比亚	列支敦士登	瑞士
科摩罗	立陶宛	阿拉伯叙利亚共和国
刚果	卢森堡	塔吉克斯坦
哥斯达黎加	马达加斯加	泰国
科特迪瓦	马拉维	多哥
克罗地亚	马来西亚	汤加
古巴	马里	特立尼达和多巴哥
塞浦路斯	马耳他	突尼斯
捷克共和国	马绍尔群岛	土耳其
刚果民主共和国	毛里塔尼亚	土库曼斯坦
丹麦	毛里求斯	乌干达
吉布提	墨西哥	乌克兰
多米尼克	摩纳哥	阿拉伯联合酋长国
多米尼加共和国	蒙古	大不列颠及北爱尔兰联合王国
厄瓜多尔	黑山	坦桑尼亚联合共和国
埃及	摩洛哥	美利坚合众国
萨尔瓦多	莫桑比克	乌拉圭
厄立特里亚	缅甸	乌兹别克斯坦
爱沙尼亚	纳米比亚	瓦努阿图
科威特	尼泊尔	委内瑞拉玻利瓦尔共和国
埃塞俄比亚	荷兰王国	越南
斐济	新西兰	也门
芬兰	尼加拉瓜	赞比亚
法国	尼日尔	津巴布韦
加蓬	尼日利亚	
冈比亚	北马其顿	

国际原子能机构的《规约》于1956年10月23日经在纽约联合国总部举行的原子能机构《规约》会议核准，并于1957年7月29日生效。原子能机构总部设在维也纳，其主要目标是“加速和扩大原子能对全世界和平、健康及繁荣的贡献”。

国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-79 号

# 核装置场址评价中与人为外部 事件相关危害

特定安全导则

国际原子能机构  
2024 年·维也纳

## 版权说明

国际原子能机构的所有科学和技术出版物均受 1952 年（日内瓦）通过并于 1971 年（巴黎）修订的《世界版权公约》之条款的保护。自那时以来，世界知识产权组织（日内瓦）已将版权的范围扩大到包括电子形式和虚拟形式的知识产权。可以获得许可使用国际原子能机构印刷形式或电子形式出版物中所载全部或部分内容。请见 [www.iaea.org/publications/rights-and-permissions](http://www.iaea.org/publications/rights-and-permissions) 了解详情。垂询可致函：

**Publishing Section**

**International Atomic Energy Agency**

**Vienna International Centre**

**PO Box 100**

**1400 Vienna, Austria**

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

电子信箱：sales.publications@iaea.org

网址：<https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

© 国际原子能机构，2024 年

国际原子能机构印刷

2024 年 8 月·奥地利

### 核装置场址评价中与人为外部事件相关危害

国际原子能机构，奥地利，2024 年 8 月

STI/PUB/2036

ISBN 978-92-0-535423-1（简装书：碱性纸）

978-92-0-535223-7（pdf 格式）

EPUB 978-92-0-535323-4

ISSN 1020-5853

## 前 言

### 拉斐尔·马里亚诺·格罗西总干事

国际原子能机构（原子能机构）《规约》授权原子能机构“制定……旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危险的安全标准”。这些是原子能机构必须适用于其自身业务而且各国可以通过其国家法规来适用的标准。

原子能机构于 1958 年开始实施其安全标准计划，此后有了许多发展。作为总干事，我致力于确保原子能机构维护和改进这套具有综合性、全面性和一致性的、与时俱进的、用户友好的和适合目的的高质量安全标准。在利用核科学和技术的过程中正确地适用这些标准将为全世界的人和 environment 提供高水平的保护，并为持续利用核技术造福于所有人提供必要的信心。

安全是得到许多国际公约支持的一项国家责任。原子能机构的安全标准奠定了这些法律文书的基础，而且是有助于各方履行各自义务的全球基准。虽然安全标准对成员国没有法律约束力，但它们被广泛适用。对已在国家法规中采用这些标准以加强核能发电、研究堆和燃料循环设施中以及医学、工业、农业和研究领域核应用中的安全的绝大多数成员国而言，它们已成为不可或缺的基准点和共同标准。

原子能机构的安全标准以原子能机构成员国的实际经验为基础，并通过国际协商一致产生。各安全标准分委员会、核安保导则委员会和安全标准委员会成员的参与尤其重要，我向所有为这项工作贡献自己的知识和专长的人表示感谢。

原子能机构在通过评审工作组访问和咨询服务向成员国提供援助时，也使用这些安全标准。这有助于成员国适用这些标准，并使得能够共享宝贵经验和真知灼见。在安全标准的定期修订过程中，会考虑到这些工作组访问和服务的反馈，以及从使用和适用安全标准的事件和经历中汲取的教训。

我相信，原子能机构安全标准及其适用将为确保在使用核技术时实现高水平安全作出宝贵的贡献。我鼓励所有成员国宣传和适用这些安全标准，并与原子能机构合作，在现在和将来维护其质量。





# 国际原子能机构安全标准

## 背景

放射性是一种自然现象，因而天然辐射源的存在是环境的特征。辐射和放射性物质具有许多有益的用途，从发电到医学、工业和农业应用不一而足。必须就这些应用可能对工作人员、公众和环境造成的辐射危险进行评定，并在必要时加以控制。

因此，辐射的医学应用、核装置的运行、放射性物质的生产、运输和使用以及放射性废物的管理等活动都必须服从安全标准的约束。

对安全实施监管是国家的一项责任。然而，辐射危险有可能超越国界，因此，国际合作的目的就是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况和减缓任何有害后果的能力来促进和加强全球安全。

各国负有勤勉管理义务和谨慎行事责任，而且理应履行其各自的国家和国际承诺与义务。

国际安全标准为各国履行一般国际法原则规定的义务例如与环境保护有关的义务提供支持。国际安全标准还促进和确保对安全建立信心，并为国际商业与贸易提供便利。

全球核安全制度已经建立，并且正在不断地加以改进。对实施有约束力的国际文书和国家安全基础结构提供支撑的原子能机构安全标准是这一全球性制度的一座基石。原子能机构安全标准是缔约国根据这些国际公约评价各缔约国履约情况的一个有用工具。

## 原子能机构安全标准

原子能机构安全标准的地位源于原子能机构《规约》，其中授权原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商并在适当领域与之合作，以制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并对其适用作出规定。

为了确保保护人类和环境免受电离辐射的有害影响，原子能机构安全标准制定了基本安全原则、安全要求和安全措施，以控制对人类的辐射照射和放射性物质向环境的释放，限制可能导致核反应堆堆芯、核链式反应、辐射源或任何其他辐射源失控的事件发生的可能性，并在发生这类事件时减轻其后果。这些标准适用于引起辐射危险的设施和活动，其中包括核装置、辐射和辐射源利用、放射性物质运输和放射性废物管理。

安全措施和安保措施<sup>1</sup>具有保护生命和健康以及保护环境的目的。安全措施和安保措施的制订和执行必须统筹兼顾，以便安保措施不损害安全，以及安全措施不损害安保。

原子能机构安全标准反映了有关保护人类和环境免受电离辐射有害影响的高水平安全在构成要素方面的国际共识。这些安全标准以原子能机构《安全标准丛书》的形式印发，该丛书分以下三类（见图1）。

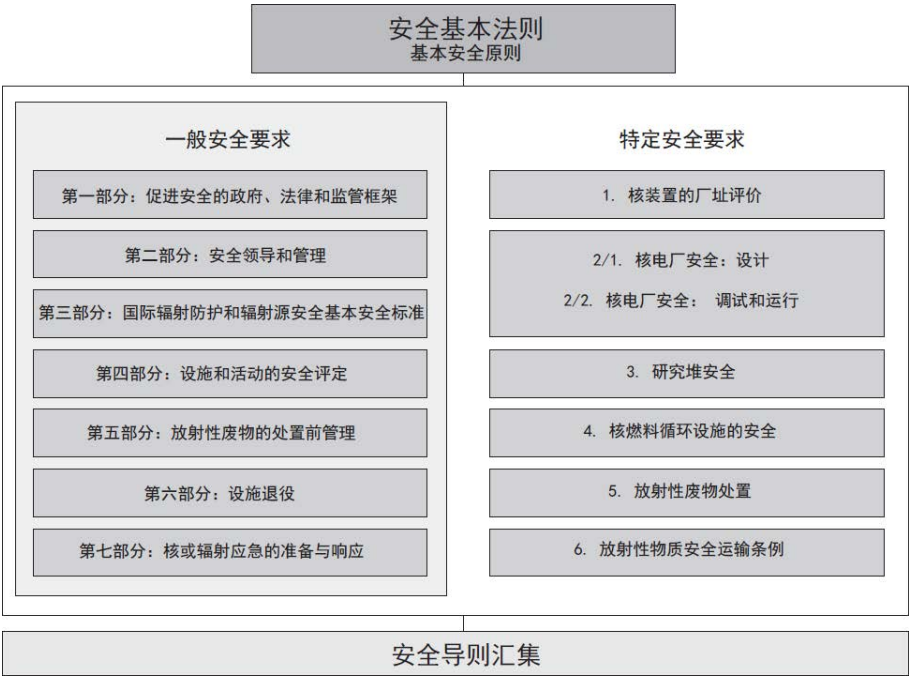


图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

<sup>1</sup> 另见以原子能机构《核安保丛书》印发的出版物。

## 安全基本法则

“安全基本法则”阐述防护和安全的基本安全目标和原则，以及为安全要求提供依据。

## 安全要求

一套统筹兼顾和协调一致的“安全要求”确定为确保现在和将来保护人类与环境所必须满足的各项要求。这些要求遵循“安全基本法则”提出的目标和原则。如果不能满足这些要求，则必须采取措施以达到或恢复所要求的安全水平。这些要求的格式和类型便于其用于以协调一致的方式制定国家监管框架。这些要求包括带编号的“总体”要求用“必须”来表述。许多要求并不针对某一特定方，暗示的是相关各方负责履行这些要求。

## 安全导则

“安全导则”就如何遵守安全要求提出建议和指导性意见，并表明需要采取建议的措施（或等效的可替代措施）的国际共识。“安全导则”介绍国际良好实践并且不断反映最佳实践，以帮助用户努力实现高水平安全。“安全导则”中的建议用“应当”来表述。

## 原子能机构安全标准的适用

原子能机构成员国中安全标准的使用者是监管机构和其他相关国家当局。共同发起组织及设计、建造和运行核设施的许多组织以及涉及利用辐射源和放射源的组织也使用原子能机构安全标准。

原子能机构安全标准在相关情况下适用于为和平目的利用的一切现有和新的设施和活动的整个寿期，并适用于为减轻现有辐射危险而采取的防护行动。各国可以将这些安全标准作为制订有关设施和活动的国家法规的参考。

原子能机构《规约》规定这些安全标准在原子能机构实施本身的工作方面对其有约束力，并且在实施由原子能机构援助的工作方面对国家也具有约束力。

原子能机构安全标准还是原子能机构安全评审服务的依据，原子能机构利用这些标准支持开展能力建设，包括编写教程和开设培训班。

国际公约中载有与原子能机构安全标准中所载相类似的要求，从而使其对缔约国有约束力。由国际公约、行业标准和详细的国家要求作为补充的原子能机构安全标准为保护人类和环境奠定了一致的基础。还会出现一些需要在国家一级加以评定的特殊安全问题。例如，有许多原子能机构安全标准特别是那些涉及规划或设计中的安全问题的标准意在主要适用于新设施和新活动。原子能机构安全标准中所规定的要求在一些按照早期标准建造的现有设施中可能没有得到充分满足。对这类设施如何适用安全标准应由各国自己作出决定。

原子能机构安全标准所依据的科学考虑因素为有关安全的决策提供了客观依据，但决策者还须做出明智的判断，并确定如何才能最好地权衡一项行动或活动所带来的好处与其所产生的相关辐射危险和任何其他不利影响。

## 原子能机构安全标准的制定过程

编写和审查安全标准的工作涉及原子能机构秘书处及分别负责应急准备和响应（应急准备和响应标准委员会）、核安全（核安全标准委员会）、辐射安全（辐射安全标准委员会）、放射性废物安全（废物安全标准委员会）和放射性物质安全运输（运输安全标准委员会）的五个安全标准分委员会以及一个负责监督原子能机构安全标准计划的安全标准委员会（安全标准委员会）（见图 2）。

原子能机构所有成员国均可指定专家参加安全标准分委员会的工作，并可就标准草案提出意见。安全标准委员会的成员由总干事任命，并包括负责制订国家标准的政府高级官员。

已经为原子能机构安全标准的规划、制订、审查、修订和最终确立过程确定了一套管理系统。该系统阐明了原子能机构的任务；今后适用安全标准、政策和战略的思路以及相应的职责。

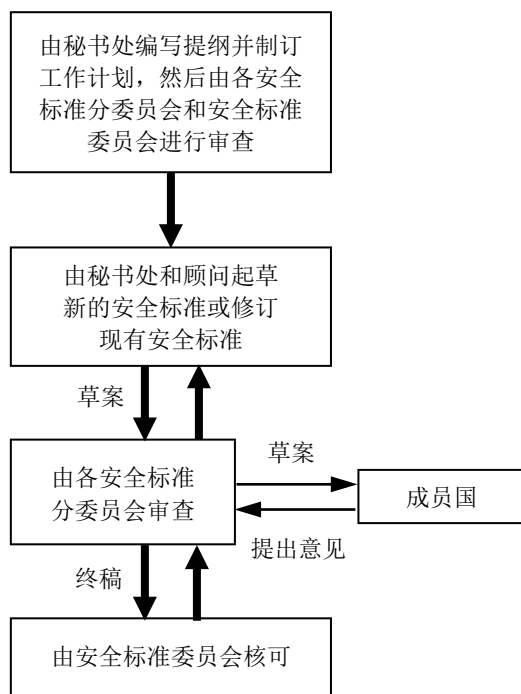


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

## 与其他国际组织的合作关系

在制定原子能机构安全标准的过程中考虑了联合国原子辐射效应科学委员会的结论和国际专家机构特别是国际放射防护委员会的建议。一些标准的制定是在联合国系统的其他机构或其他专门机构的合作下进行的，这些机构包括联合国粮食及农业组织、联合国环境规划署、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织和世界卫生组织。

## 文本的解释

安全和核安保相关术语应理解为《国际原子能机构核安全和核安保术语》（见 <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>）中的术语。就“安全导则”而言，英文文本系权威性文本。

原子能机构《安全标准丛书》中每一标准的背景和范畴及其目的、范围和结构均在每一出版物第一章“导言”中加以说明。

在正文中没有适当位置的资料（例如对正文起辅助作用或独立于正文的资料；为支持正文中的陈述而列入的资料；或叙述计算方法、程序或限值和条件的资料）以附录或附件的形式列出。

如列有附录，该附录被视为安全标准的一个不可分割的组成部分。附录中所列资料具有与正文相同的地位，而且原子能机构承认其作者身份。正文中如列有附件和脚注，这些附件和脚注则被用来提供实例或补充资料或解释。附件和脚注不是正文不可分割的组成部分。原子能机构发表的附件资料并不一定以作者身份印发；列于其他作者名下的资料可以安全标准附件的形式列出。必要时将摘录和改编附件中所列外来资料，以使其更具通用性。

# 目 录

<b>1. 导言 .....</b>	<b>1</b>
背景 (1.1-1.5).....	1
目的 (1.6, 1.7).....	2
范围 (1.8-1.14).....	2
结构 (1.15).....	4
<b>2. 评价人为外部事件的一般建议 .....</b>	<b>4</b>
人为外部事件评价的安全要求 (2.1-2.13).....	4
人为外部事件评价的一般考虑 (2.14-2.24).....	5
<b>3. 人为外部事件来源的识别、筛选和评价方法 .....</b>	<b>8</b>
通用程序 (3.1).....	8
人为外部事件来源的识别和筛选 (3.2-3.13).....	8
包括危害参数和负载表征的人为外部事件的详细评价 (3.14-3.18).....	11
<b>4. 关于人为外部事件的数据收集和调查 (4.1, 4.2).....</b>	<b>12</b>
人为外部事件的数据和信息收集资源 (4.3-4.12).....	12
人为外部事件的数据和信息 (4.13, 4.14).....	15
人为外部事件的固定来源 (4.15-4.21).....	15
人为外部事件的移动来源 (4.22-4.29).....	16
人为外部事件的来源显示图 (4.30, 4.31).....	18
<b>5. 涉及有害物质排放的人为外部事件 (5.1, 5.2).....</b>	<b>19</b>
涉及危害液体的人为外部事件 (5.3-5.10).....	19
涉及危害气体的人为外部事件 (5.11-5.17).....	20
涉及有害物质排放的人为外部事件危害评定 (5.18-5.34).....	21
<b>6. 涉及爆炸的人为外部事件 (6.1-6.15) .....</b>	<b>25</b>
涉及爆炸的人为外部事件危害评定 (6.16-6.26).....	27
<b>7. 涉及火灾的人为外部事件 (7.1-7.7) .....</b>	<b>30</b>
涉及火灾的人为外部事件危害评定 (7.8-7.18).....	31
<b>8. 涉及飞机坠毁的人为外部事件 (8.1-8.8) .....</b>	<b>33</b>
涉及飞机坠毁的人为外部事件危害评定 (8.9-8.27).....	34
<b>9. 涉及运输的人为外部事件, 不含飞机坠毁 (9.1-9.4) .....</b>	<b>39</b>

具有显著动能的海船和内河船 (9.5-9.7).....	40
具有显著动能的海船和内河船人为外部事件危害评定 (9.8-9.15).....	40
载有危险物质的货船和管道 (9.16-9.19).....	42
载有危险物质的货船和管道的人为外部事件危害评定 (9.20-9.26).....	43
<b>10. 其他人为外部事件 (10.1).....</b>	<b>44</b>
人为外部事件引起的地面沉降危害 (10.2-10.8).....	44
人为外部事件引起的电磁干扰危害 (10.9-10.15).....	46
轰炸靶场和射击场人为外部事件造成的危害 (10.16).....	47
恶意人为外部事件造成的危害 (10.17).....	47
<b>11. 核电厂外核装置的外部人危害评价 (11.1-11.12).....</b>	<b>48</b>
<b>12. 管理系统在人为外部事件评价的应用 (12.1, 12.2).....</b>	<b>50</b>
人为外部事件评价的项目管理方面 (12.3-12.10).....	51
人为外部事件评价的工程用途和输出规范 (12.11).....	53
人为外部事件评价的独立同行评审 (12.12-12.16).....	53
<b>附录 用于评价与人为外部事件相关危害的表格.....</b>	<b>55</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>73</b>
<b>附件 典型的一般筛选距离值.....</b>	<b>75</b>
<b>参与起草和审订人员.....</b>	<b>77</b>



# 1. 引言

## 背景

1.1. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-1 号《核装置场址评价》[1]规定了评价核装置场址的要求<sup>1</sup>。本“安全导则”就如何满足 SSR-1[1]关于评价与人为外部事件<sup>2</sup>（HIEEs）相关危害的要求提供了建议。

1.2. 本“安全导则”补充了其他安全导则，这些导则提供了除地震外针对外部事件的核装置场址评价和设计建议[2—8]。

1.3. 在过去的 20 年里，在与人为外部事件相关危害方面获得了大量的新知识和经验。本“安全导则”考虑了以下几点：

- (a) 评定核装置安全的最新发展和监管要求；
- (b) 成员国在与人为外部事件相关危害方面的实践进展；
- (c) 对与人为外部事件相关的危害进行识别、筛选和评价的系统方法；
- (d) 评价由最严重的人为外部事件引起危害的良好实践方法。

1.4. 本“安全导则”使用的术语应按照原子能机构《核安全和安保术语》[9]定义和解释来理解。脚注中提供了本“安全导则”专用技术术语的解释。

1.5. 本“安全导则”替代原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.1 号《核电厂场址评价的外部人为事件》<sup>3</sup>。

---

<sup>1</sup> “核装置”术语包括核电厂，研究堆（包括次临界组件和临界组件）和任何毗邻的放射性同位素生产设施，乏燃料贮存设施，铀浓缩设施，核燃料制造设施，转换设施，乏燃料后处理设施；核燃料循环设施产生的放射性废物处置前管理设施，以及与核燃料循环相关的研究和开发设施。

<sup>2</sup> 在本“安全导则”，外部事件是指在场外发生的事件，而营运组织对其发生的控制非常有限或根本没有控制，并应考虑其对核装置的影响。此类事件可能是自然或人因引起的，并在场址评价过程中出于设计目的进行识别和选择。来源自场址但在安全重要厂房之外的事件应与场址外部事件同等对待，但要考虑到对这些事件更高级别的控制（这包括场址的任何耦合设施，如生产氢气的设施）。

<sup>3</sup> 国际原子能机构《核电厂场址评价的外部人为事件》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。

## 目的

1.6. 本“安全导则”的目的是就评价可能影响核装置安全的与人为外部事件相关危害提供建议，以满足 SSR-1[1]确立的要求，特别是要求 6—9、14 和 24。在选择和评价核装置场址、设计新的核装置和运行现有核装置时，必须考虑到这些危害。

1.7. 本“安全导则”旨在供参与识别、筛选、分析、评价和评审与人为外部事件相关危害以及为这些活动提供技术支持的组织使用。它还旨在供监管机构用于建立与人为外部事件相关危害评价的监管导则。

## 范围

1.8. 本“安全导则”的建议旨在用于评价与核装置人为外部事件相关危害。评价这些危害的方法和这些评价的使用需要以系统的方式进行计划和实施。此过程可分为以下步骤：

- 步骤 1：查明和筛选危害来源；
- 步骤 2：评价危害和表征装载条件；
- 步骤 3：结构、系统和部件的设计和评价；
- 步骤 4：表现、评定及验收标准；
- 步骤 5：营运组织对潜在人为外部事件的回应。

本“安全导则”考虑了步骤 1 和 2。步骤 3 和 4 在原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-68 号《核装置设计中的非地震外部事件》[7]有所涉及，步骤 5 在原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-77 号《核电厂运行中的内外危害防护》[8]有所涉及。这些步骤是紧密相连的，每个步骤的需要都应该在其他步骤中得到认识，特别是在步骤之间的接口上，在这些接口上，前面步骤的输出通知后面的步骤，并为后面的步骤提供输入数据。

1.9. 在本“安全导则”，人为外部事件分为以下事件类别：

- 危害物质的外部排放；
- 外部爆炸；
- 外部火灾；

- 飞机坠毁；
- 外部运输事件，不含飞机坠毁；
- 其他人为外部事件（如地面沉降、电磁干扰）。

1.10. 本“安全导则”包括对人为外部事件引起的间接危害的建议，例如飞机撞击后的飞机燃油起火。然而，它没有解决危害组合。SSG-68[7]提供了关于危害组合的建议。

1.11. 本“安全导则”涉及一系列类型的核装置（见脚注 1）。许多建议最初是为核电厂制定的，这些建议需要通过分级方法应用于其他核装置。这种分级方法的方向是从与核电厂相关的建议开始，如果适当，将这些建议调整到放射性后果较小的装置。如果不采取分级方法，则适用与核电厂相关的建议。

1.12. 本“安全导则”主要侧重于对新核装置场址评价。然而，这些建议也适用于重新评价现有核装置的场址<sup>4</sup>以及对这些设施进行定期安全评审。因此，本“安全导则”的建议适用于核装置寿命从选址到退役的所有阶段。

1.13. 本“安全导则”涉及对多个核装置所在场址以及同一场址或相邻场址上的连接设施（如果有的话）的场址评价。

1.14. 本“安全导则”考虑的外部人因事件是意外事件。其他人因引起的事件不在本“安全导则”的范围内，尽管在计划缓解和应对此类事件时会考虑这些因素。与防止第三方恶意活动（即蓄意破坏行为）的核装置核安保相关的考虑不在本“安全导则”的范围内。然而，本文描述的用于评价与意外来源的人为外部事件相关危害的方法也可以应用于评价恶意行为的影响。原子能机构《核安保丛书》[10—15]提供了核安保导则。应从核安全角度适当考虑人为外部事件信息的敏感性。应与核安保专家合作，谨慎处理此类信息。

---

<sup>4</sup> 为本“安全导则”的目的，现有核装置是指 (i) 处于运行阶段（包括长期运行和延长的临时关闭期）的设施；(ii) 处于运行前阶段，结构的建造、部件和系统的制造、安装和/或组装以及调试活动已取得重大进展或已完全完成；或 (iii) 处于暂时或永久关闭阶段，核燃料仍在设施内（即堆芯、乏燃料水池、场址废物贮存）。

## 结构

1.15. 第 2 部分提供了与核装置人为外部事件相关危害评价建议；第 3 部分提供了关于识别和筛选人为外部事件来源以及评价与这些人为外部事件相关危害的建议；第 4 部分提供了关于数据收集和调查的建议；第 5—10 部分提供了与第 1.9 段所述不同事件类别相关危害评价建议；第 11 部分提供了关于采用分级方法评价与核装置人为外部事件相关危害的建议，而不是核电厂；第 12 部分提供了将管理系统应用于人为外部事件相关危害评价的建议。附录提供了用于评价此类危害的表格。附件给出典型的一般筛选距离值。

## 2. 评价人为外部事件的一般建议

### 人为外部事件评价的安全要求

2.1. SSR-1[1]要求 6—9、14 和 24 都与核装置人为外部事件相关危害的评价相关，为方便起见，这些要求转载于第 2.2—2.7 段。

2.2. SSR-1[1]要求 6 规定：“应通过筛选过程确定与可能影响该区域的自然现象、人因事件和人类活动相关的潜在外部危害。”

2.3. SSR-1[1]要求 7 规定：“自然和人为外部危害对核装置安全的影响应在核装置寿期内进行评价。”

2.4. SSR-1[1]要求 8 规定：“如果核装置的预计设计不能安全地承受自然和人为外部危害的影响，则应评价场址防护措施的必要性。”

2.5. SSR-1[1]要求 9 规定：“场址评价应考虑自然和人为外部危害对同一场址以及相邻场址的多个核装置产生影响的可能性。”

2.6. SSR-1[1]要求 14 规定：

“应收集必要的**数据**，以评定自然和人为外部危害，评定环境对核装置安全的影响以及核装置对人类和环境的影响。”

2.7. SSR-1[1]要求 24 规定：“应评价场址或区域内与人为外部事件相关危害。”第 2.8—2.12 段将支持要求复制到要求 24。

2.8. SSR-1[1]第 5.33 段指出：

“处理的人为外事件应包括但不限于：

- (a) 与附近陆地、河流、海上或空中运输相关的事件（例如撞击和爆炸）；
- (b) 场址附近的工业设施发生火灾、爆炸、发射飞射物和排放有害气体；
- (c) 电磁干扰。”

2.9. SSR-1[1]第 5.34 段指出：“应考虑可能影响自然灾害类型或严重程度的人类活动，如资源开采或其他重大的土地或水的轮廓重塑或水库诱发的地震活动。”

2.10. SSR-1[1]第 5.35 段指出：“在评定场址飞机意外坠毁的可能性时，应尽可能考虑到未来空中交通特点和飞机特征的潜在变化。”

2.11. SSR-1[1]第 5.36 段指出：

“应处理场址周围区域内目前或可预见的涉及装卸、加工、运输和/或存储可能发生爆炸或产生可发生爆燃或爆炸的气体云化学品的活动。”

2.12. SSR-1[1]第 5.37 段指出：

“与化学爆炸或其他排放相关的危害应以热、过压和毒性（如适用）表示，同时考虑到距离的影响和场址大气条件的不利组合。此外，应评价此类事件对场址工作人员的潜在影响。”

2.13. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-3 号《研究堆的安全》[16]和 SSR-4《核燃料循环设施的安全》[17]分别提供了与第 2.2—2.12 段所列的研究堆和核燃料循环设施安全要求相当的要求。

## 人为外部事件评价的一般考虑

2.14. 人为外部事件是人造成的，人的行为方式创造了一个危害事件可能发生和传播的环境。一个重要的考虑因素是认识到事件的可能性，并从经验中寻找数据，以支持对这些可能事件中哪些可能是重要的以及它们可能发

生频率的判断。人为外部事件包括直接的人因行为（例如，超过安全速度限值或给不正确的设备物项通电）、间接的人因行为（例如，设备设计不合标准、维护不当）以及失误和疏忽。

2.15. 人为外部事件的潜在来源分为固定来源和移动来源，两者都应考虑。其定义如下：

- (a) 人为外部事件的固定来源是指涉及装卸、加工或存储潜在危害物质，如爆炸性、易燃性、腐蚀性、毒性或放射性物质，而引发机制的位置（爆炸中心、易燃或有毒气体的排放点）是固定的，如化工厂、炼油厂、仓库和同一场址或附近的其他核装置。控制大容量水的水坝等构筑物也是人为外部事件的固定来源，原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-18 号《核装置场址评价中气象和水文危害》[3]对此提出了建议。
- (b) 人为外部事件的移动来源是指始发机制的位置不完全受限制的来源，例如危害物质或潜在喷射物的运输或移动（例如通过公路、铁路、水路、航空、管道）。在这种情况下，意外爆炸或危害物质的排放可能发生在公路、路线或管道沿线的任何地方。

2.16. 要求对有核装置场址的区域进行检测，看是否有可能在核装置的整个寿期内危及该设施和人类活动（见 SSR-1[1]第 4.12 段）。因此，需要确定和评定人为外部事件的每个潜在来源，以确定与核装置的潜在相互作用。

2.17. SSR-1[1]第 4.14 段指出：“应针对每一种自然和人为外部危害确定待调查区域的大小。”待调查区域的大小取决于人为外部事件来源的类型，例如，从火灾的几公里到飞机坠毁和轰炸范围的几十公里不等。应考虑在特定情况下，一个小事件可能导致严重影响的可能性。

2.18. 与人为外部事件相关的一些危害比其他危害更普遍。这些影响可能会影响核装置的场外设施以及运行人员和场址安全重要物项，例如影响疏散路线的可用性（例如，场址可能会失去该地区与安全区的联系）、应急程序的有效实施（例如，运行人员的访问可能会受到损害）、外部电网和最终散热器的可用性（另见 SSR-1[1]要求 11）。应特别注意了解可能受到此类事件挑战的各种纵深防御。

2.19. SSR-1[1]第 4.15 段指出：“应对场址和区域进行研究，以评价可能对核装置安全产生影响的当前和可预见的未来特征。”同样，SSR-1[1]要求

10 规定：“外部危害和场址特征应根据其随时间变化的可能性进行评定，并应评价这些变化的潜在影响。”人为外部事件的新来源可能会出现，现有来源可能会迅速演变。因此，应预测在核装置的预计寿命期内可能的区域发展，同时考虑到对该区域活动实际可能行使的行政控制程度。在这方面，应考虑到化学和石化工业的技术以及交通密度可能会迅速发展。

2.20. 在一个来源引发的人为外部事件可能最终在一个核装置场址产生不同的危害，这是一种相互作用的机制<sup>5</sup>。一些潜在的人为外部事件来源（例如化学加工场址）被认为存在核装置周围，每个来源能够发生一个或多个事件（例如，设施故障导致爆炸并排放存储的加工气体），并且每个事件可能产生一个或多个危害条件（例如，爆炸压力波、有毒气体排放），有可能挑战附近核装置的安全。原则上，有必要对每个人为外部事件假想方案进行危害分析。然而，这些假想方案中只有一小部分可能对安全构成可信的风险。为了使整个人为外部事件分析具有可追溯性，本“安全导则”包括关于识别和筛选的建议，以确保在整个过程中只考虑那些对核装置安全重要的序列。

2.21. 一般来说，核装置的人为外部事件防护有三种类型：(i) 通过安全重要结构、系统和部件的稳健设计进行防护；(ii) 通过提供场址防护措施，如足够的距离和障碍物提供保护；(iii) 通过禁飞区及限制在场址附近运输有害物质等行政措施提供保护。行政措施通常是最不可靠的防护手段，应视为补充前两种类型的保护。

2.22. SSR-1[1]第 4.19 段指出：

“应评价筛选过程中未排除的外部危害，然后根据这些危害对核装置安全的重要性，用于确定场址特定设计参数和重新评价场址。”

应实施令人满意的工程解决方案，以防止使用第 3 部分中介绍的筛选流程排除在进一步考虑之外的人为外部事件。对于认为令人满意的工程解决方案不合理可行的现有核装置，应采取适当的行政措施。

---

<sup>5</sup> 为了进一步说明“相互作用机制”的概念，附录和附件中提供了人为外部事件类别、通用筛选距离值、人为外部事件来源的识别、这些来源的潜在人为外部事件、场址可能的危害、负载表征参数和核装置场址可能后果的示例。

2.23. 对现有数据的质量缺乏信心（例如，在准确性、适用性、完整性或数量方面）可能会妨碍在筛选步骤或随后的危害评定中使用复杂的分析技术来表征某些人为外部事件。在这种情况下，应采取基于工程判断的务实方法，始终确保这种判断明显保守（另见 SSR-1[1]第 4.8 段）。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。

2.24. 要求在核装置定期安全评审的框架内，定期重新评价核装置区域内与人为外部事件相关危害（见 SSR-1[1]要求 29）。

### 3. 人为外部事件来源的识别、筛选和评价方法

#### 通用程序

3.1. 与人为外部事件相关危害评价涉及多步骤方法（见第 1.8 段）。第一步，应根据现有数据确定人为外部事件的来源，然后收集相关区域的数据。然后，应根据既定的距离和概率标准进行筛选。下一步，应对筛选出的危害进行详细评定。首先应使用有限的、易于获取的数据来确定人为外部事件的来源，然后随着更多关于人为外部事件可能如何影响场址或核装置的数据、知识和信息的出现，应加以完善。本部分提供了关于每种人为外部事件来源的识别、筛选和详细评价过程的建议，如图 1 所示。

#### 人为外部事件来源的识别和筛选

3.2. 屏蔽距离值是指离核装置场址的距离，超过该距离，来自人为外部事件危害被认为对核装置的安全无关紧要。筛选距离值是一个简单而保守的工具，与潜在危害相关联，忽略了任何其他因素，如所涉及的质量或典型的大气条件。对于某些来源，根据来源的位置和特征进行简单的确定性研究就足以表明没有发生相互作用。



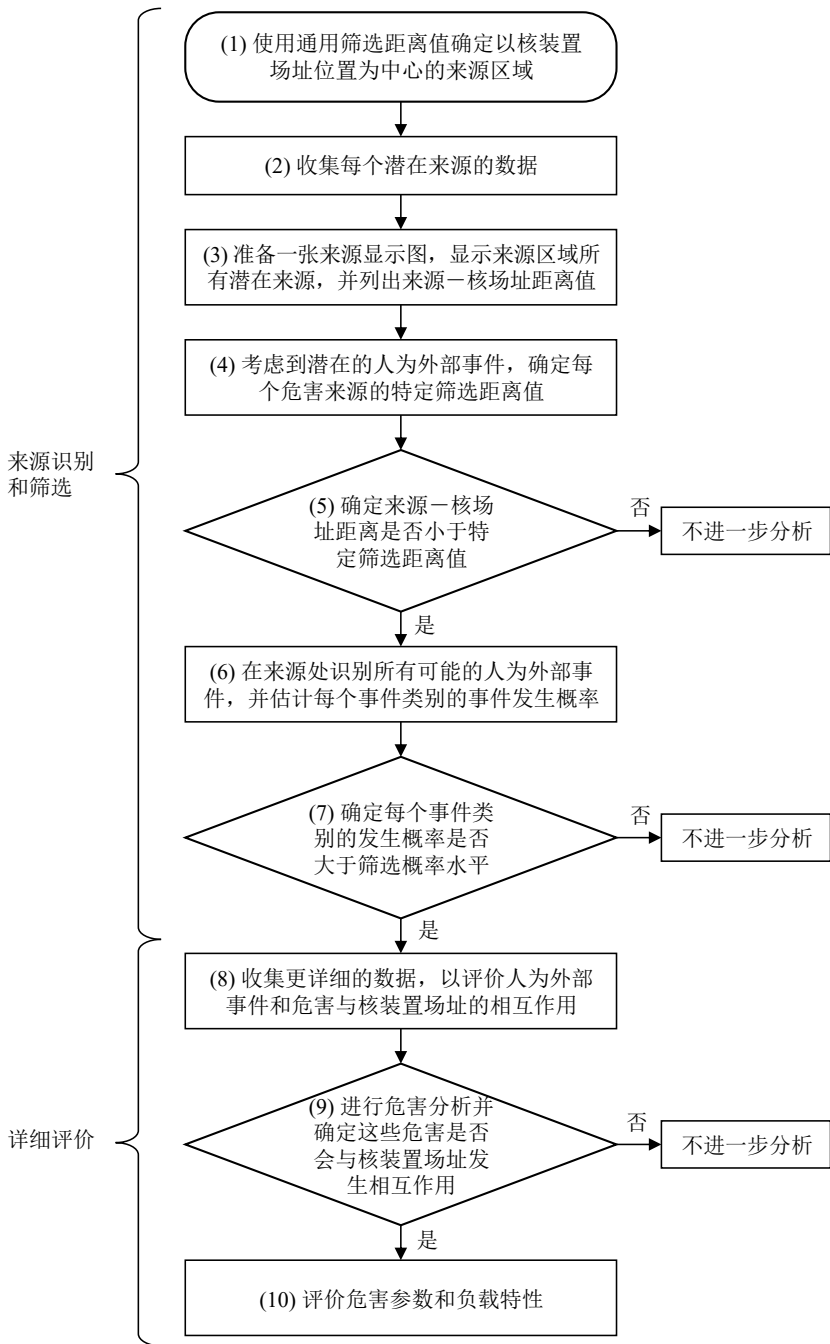


图 1. 每种人为外部事件来源的来源识别、筛选和详细评价过程。

3.3. 为启动评价进程,应根据不同事件类别的一般筛选距离值(见附件表 A-1),确定以核装置场址为中心的来源区域(见图 1 中的方框 1)。这些通用筛选距离值是一些国家对具有标准化设计的大型核电厂使用的典型值。对于其他类型的核装置,应相应地评审和修订这些值。如果核装置设计和布局在人为外部事件方面存在任何特定的潜在弱点,也应修订这些值。

3.4. 当地地形以及区域和当地气象影响可能会显著改变初始假设的安全距离。如果存在任何特殊的场址条件或重大的特定危害,则应在下一个评价步骤中考虑人为外部事件的来源,即使它们在之前的评价步骤中已就距离进行了筛选。与潜在污染来源的安全距离差异很大,例如化工厂,位于较远的平坦地区、主要风吹向场址的核装置,相比位于靠近被山丘保护良好的核装置差异很大。

3.5. 应确定来源区域中潜在人为外部事件的所有固定和移动来源,并收集这些来源的数据(如来源类型、距离、潜在事件)(见图 1 中的方框 2)。第 4 部分提供了关于数据收集和调查的建议。

3.6. 应准备一份显示所有潜在人为外部事件来源(现有和可预见来源)的来源显示图,并应列出这些来源以及与核装置场址的距离(见图 1 中的方框 3)。应估计与这些来源相关的任何不确定性。

3.7. 对于人为外部事件可能产生的每种类型的影响,应考虑核装置设计的可接受负载限值。

3.8. 人为外部事件的每个来源(固定和移动)的特定筛选距离值应通过使用来源特定数据并考虑当地场址条件的简单计算来确定。在确定特定的筛选距离值时,应考虑到事件的严重性和范围,包括相关的不确定性,以及位于该场址的核装置预期的特征。对于选址过程的早期阶段,这些特征可以假定为与标准核装置设计相对应的特征。

3.9. 如第 2.20 段所述,人为外部事件可能会在核装置场址产生不同类型的危害(例如,化工厂的事件可能会产生有毒气体和压力波)(见图 1 中的方框 4)。每种危害的特定屏蔽距离值将有很大不同,因为气体蒸汽云可能比压力波传播的距离远得多。在这种情况下,该来源的筛选距离值应视为较长的距离。

3.10. 在考虑了来源特征未来可能发生的变化（见第 2.19 段）以及与距离和强度相关的不确定因素后，如果核装置场址超出了人为外部事件特定来源的所有特定筛选距离值，则无需进一步分析（见图 1 中的方框 5）。

3.11. 对于产生相同性质影响的人为外部事件来源，应进行进一步筛选。这种筛选应基于包络标准，并应排除那些产生被其他人为外部事件来源包络事件的来源，即使该场址在这些来源的特定筛选距离值内。但是，如果估计事件频率应确保考虑包络来源。还需要注意避免将这种包络解释为可能影响核装置事件数量的减少，从而降低事件概率。

3.12. 如果核装置场址在一个或多个特定的筛选距离值内，则需要识别相关的人为外部事件，并需要估计这些事件发生的概率（见图 1 中的方框 6）（见 SSR-1[1]要求 6）。

3.13. 概率筛选应在事件类别的总发生率上进行。如果发生概率低于规定的筛选概率水平<sup>6</sup>，则无需对该来源进行进一步分析（见图 1 中的方框 7）。筛选概率水平的选择应确保与危害相关的辐射风险可接受地低。在概率筛选中计算人为外部事件发生概率时应考虑不确定性。

## 包括危害参数和负载表征的人为外部危害的详细评价

3.14. 如果所考虑的人为外部事件的发生概率大于规定的筛选概率水平，则应进行详细的评价。为此，应收集更详细的数据，以评价事件和危害与核装置场址的相互作用（见图 1 中的方框 8）。

3.15. 应进行危害分析，以检查与人为外部事件相关危害是否会与核装置场址相互作用<sup>7</sup>。如果危害分析结果显示，危害不会与核装置场址相互作用，则无需进一步分析（见图 1 中的方框 9）。

---

<sup>6</sup> 筛选概率水平基于事件发生的概率，并定义为具有潜在放射性后果事件发生的年度概率的限值。在一些国家，在新设施的设计中使用每反应堆年  $10^{-7}$  的概率作为具有严重放射性后果的相互作用事件概率值的一个可接受的限值，如果适用于同一类型的所有事件（如所有飞机坠毁、所有爆炸），这被认为是筛选概率水平的保守值。

<sup>7</sup> 相互作用是指根据危害分析确定的危害将到达核装置场址。

3.16. 如果任何危害可能与核装置场址相互作用，应进行详细的危害评价，并确定危害参数和负载特征（见图 1 中的方框 10）。附录中的表 3 和表 4 列出了可能遇到的常见危害，并在每种情况下指出了相关危害类型和表征参数。

3.17. 如果适用，可以根据场址和核装置的特定特征进行第二级筛选。要应用的典型筛选参数是人为外部事件的概率、大小和距离，以及场址特征（例如设计条件、影响区域）。参考文献[18]提供了详细信息。

3.18. 应该对每个人为外部事件来源重复这个过程。第 5—10 部分提供了关于每个事件类别流程应用的进一步建议。

## 4. 关于人为外部事件的数据收集和调查

4.1. 收集关于人为外部事件潜在来源的数据应包括收集场址特定数据以及世界范围内类似来源导致事件的一般数据，因为此类事件可能发生在也可能没有发生在核装置场址周围。应当认识到，出于保密的原因，这种数据可能不容易获得。

4.2. 各国有不同的数据收集方法。本部分中的建议提供了数据和信息收集的一般方法，应根据核装置所在地国的特定法律框架加以调整。

### 人为外部事件的数据和信息收集资源

4.3. SSR-1[1]要求 14 中确立了数据和信息收集的要求。以下是最相关和最重要的数据和信息收集资源清单：

- (a) 对潜在的人为外部事件来源负责的组织和个人；
- (b) 对控制、许可或授权人为外部事件的来源有兴趣，包括参与健康和安全监管的相关机构；
- (c) 专业机构和组织；
- (d) 区域数据和政府组织的相关文件，并辅以文献中的一般数据；
- (e) 在界定类似来源危害方面的良好实践经验对其他地方的核装置具有潜在的重要意义；

- (f) 其他数据来源，如当地地图、已发表的报告和公众资料与核装置场址周围活动相关且可能与人为外部事件相关的记录；
- (g) 公共和私营机构及个人（除已查明者外以上）可能对当地的特征有所了解。

### **向对人为外部事件的潜在来源负责的组织和个人寻求建议**

4.4. 关于人为外部事件来源产生危害的最重要数据和信息资源是来源本身的营运组织。应在早期阶段与营运组织联系，目的是建立建设性关系，促进信息交流。重要的是要记住，虽然来源（如工业场址）给核装置场址带来了一系列危害，但核装置也给人为外部事件来源带来了一系列危害。

4.5. 人为外部事件来源的营运组织可能对其活动所呈现的过程和危害有最好的理解。营运组织可能已经拥有完善的数据和安全分析，可以提供这些数据和分析，而且几乎可以肯定，这些数据和分析将是关于其活动的专家咨询意见的最佳来源。

4.6. 人为外部事件来源的营运组织可能要遵守健康和法规。应征求适当监管机构的意见，并使其了解核装置的潜在发展及其可能对该地区工业场址造成的危害。核装置的营运组织应确保明确说明数据请求的目的和范围，以确保所收集数据的质量和准确性。

4.7. 应核实和验证从人为外部事件来源的营运组织收到的信息，并在可能的情况下，由独立评审员进行验证。

### **区域应急计划**

4.8. 可能对附近核装置造成危害的工业场址也可能使当地居民面临同样的危害。这些场址应提供足够的信息，使国家或地方政府当局（酌情）能够制定区域应急计划。这些政府当局可能相关于人为外部事件区域来源的有用数据，也应该收集这些数据。

### **土地使用规划**

4.9. 许多国家有完善的土地使用规划法律，将适用于任何新的或拟议的核或常规开发；同样的法律也可能在计划和开发人为外部事件时适用于该地区任何现有的人为外部事件来源。土地使用规划法律的一个目标通常是

确保所有需要了解规划危害场址的国家和地方政府机构能够在开发过程之前和期间的适当阶段获得所需的信息（包括制定区域应急计划所需的数据），并有机会在规划过程中就开发引起的任何公共安全问题提供建议。另一个目标是提供一个平台，让可能受开发影响的公众人士（包括其他工业用地的经营机构）了解情况，并方便公众发表意见。核装置周围地区的政府规划局也许能够提供关于人为外部事件来源的有用信息。土地使用规划法律考虑地下土地使用的程度因国家而异。应在国家法律框架下考虑地下人类活动改变核装置外部危害的可能性（另见 SSR-1[1]第 5.34 段）。

4.10. 应考虑规划或正在进行商业开发的人为外部事件来源、水坝等水道开发、新建或改建港口（以及相关的航道变更）和大坝等海洋开发，以及正在退役的人为外部事件来源。这种事态发展可能会在未来导致更多的危害来源，并有可能在核装置的整个寿期内增加放射性后果的风险。同样重要的是，事态发展可能会改变核装置周围地区的人口分布，因为这可能会对应急准备和响应产生影响。

4.11. 应特别考虑新的人为外部事件来源可能带来的危害与目前已筛选出的现有来源危害相同。还应考虑任何新危害与现有危害来源之间不利相互作用的可能性（例如，火灾从新的人为外部事件来源蔓延到现有来源的可能性）。在这两种情况下，可能有必要在核装置场址或作为新开发的一部分提供额外的保护和/或缓解措施。应通过与地方当局保持持续联系来密切跟踪工业发展的进展。

### **从事国防工作的军事场址和民用场址**

4.12. 从事国防工作的军事场址和民用场址几乎总是在传播关于其上发生的开发和活动方面受到广泛限制的信息，这可能使核装置的营运组织无法对此类场址产生的潜在人为外部事件进行可信的安全分析。监管机构或其他政府机构可能与控制这些场址的国防机构有优先访问权，甚至有信息交换协议。在这些情况下，核装置的营运组织应就人为外部事件安全分析的必要性和必要程度向监管机构征求意见。如果没有特定信息，可以使用通用数据。

## 人为外部事件的数据和信息

4.13. 第 1.9 段列出了应考虑的大类人为外部事件。应调查核装置场址周围地区是否存在任何可能造成此类事件的人类活动。要调查区域的大小将取决于正在发生的人类活动的性质。例如，与仅存储和使用有限数量采矿炸药的小型采石场相比，存储大量有害物质的大型石化场址的存在在发生事故时可能会影响更大的地理区域。附件表 A-1 提供了通用的筛选距离值，这些值被认为代表了属于每个事件类别的常见危害及其影响核装置场址的能力。

### 数据不确定性和专家判断的使用

4.14. 对于许多人为外部事件来说，当地通常没有足够的信息来对事件发生的概率和可能的严重性进行可靠的评价。因此，获得国家、区域或全球的统计数据可能是有益的。应评审以这种方式获得的数值，以确定是否应对其进行调整，以补偿来源或核装置场址及其周围地区的任何异常特征。如果没有可靠的依据可以利用当地数据计算人为外部事件影响的严重程度，所有可用的信息和假设应在全球基础上获得事件，并应进行危害评价，包括专家判断。

## 人为外部事件的固定来源

4.15. 应收集关于固定来源的下列信息，尽管详细程度可能因特定场址条件和场址评价阶段的不同而有所不同：

- (a) 所涉危害物质的性质和存储的数量，在来源地加工或在附近转运；
- (b) 贮存和工序的种类；
- (c) 主要船舶、贮存物或其他密封设施的尺寸；
- (d) 这些密封设施、其构造和密封系统的位置和到核装置场址的距离；
- (e) 这些密封设施的运行工况（包括维护频率）；
- (f) 这些密封手段的能动和非能动安全特点。

4.16. 危害的严重程度可能与来源场址设施的规模没有直接关系，但在确定来源对核装置场址安全的重要性时，应考虑到在任何特定时间存在的危

害物质的最大数量及其使用过程。此外，还应考虑事故随时间的发展，如场址火势的来源从一个储罐蔓延到另一个储罐。

4.17. 从不同固定来源位置或在不同固定来源位置之间输送危害物质的管道应被视为移动来源。应特别考虑内部使用的工业氢气的存储和传送。

4.18. 要考虑的其他来源，包括使用和存储爆炸物的建筑工地、矿山和采石场。

4.19. 矿山和采石场使用能产生压力波、飞射物和地面冲击的炸药；此外，采矿和采石会导致地面塌陷、下沉和滑坡。应获得关于所有过去、现在和未来可能的采矿和采石工作场址的信息，以及每个场址可能存储的爆炸物的最大数量。关于地下区域地质和地球物理特征的资料还应当获得，以确保核装置不会受到此类活动造成的地面坍塌或滑坡的影响。

4.20. 还应考虑水力压裂活动<sup>8</sup>和其他天然气开采手段，因为它们类似于采矿活动，会导致地面振动、沉降甚至地面破坏。

4.21. 危害物质在军事装置被装卸、存储和使用，包括在靶场练习和弹药处理等活动中。军用机场及其相关的空中交通系统，包括训练区，应被视为人为外部事件的潜在来源。

## 人为外部事件的移动来源

4.22. 人为外部事件的移动来源通常是飞机（任何有人驾驶或无人驾驶的飞行器）、公路和铁路车辆、海运和内河运输船舶以及管道。空中交通是一种不同类型的移动人为外部事件来源，因为飞机有可能直接撞击核装置，这一点应予以考虑。

4.23. 水陆运输（如公路、铁路、海运、内陆水道或管道）对核装置造成的危害与工厂造成的危害相似。还应考虑在同处一处的核装置之间运输和移动危害物质，将其作为潜在的高危环境影响来源。

---

<sup>8</sup> 水力压裂是一种在高压下向地下注入液体以迫使现有裂缝裂开并从地下深处提取石油、天然气、地热能或水的过程。



## 空运

4.24. 关于飞机坠毁的危害（见 SSR-1[1]第 5.35 段），应对下列方面进行研究：

- (a) 当地机场及其布局、起飞、降落和等待模式，以及程序、飞机类型和移动频率；
- (b) 空中交通走廊（航道）和其他指定的飞行限制过境（如限制区和禁区）；
- (c) 关于该区域和类似类型的机场和空中交通飞机事故的资料。应为通用航空收集信息以及民用和军用空中交通。特别令人感兴趣的是军用飞机训练区（尤其是低空飞行区）和该区域内用于向消防飞机注水的区域，因为这些区域可能是飞机坠毁概率相对较高的区域；
- (d) 关于在核装置附近以各自飞行方式（即飞行、着陆和起飞，包括军用飞机的正常或特殊飞行方式）飞行的每种机型坠毁率的资料。

4.25. 一般来说，考虑飞机坠毁危害地理区域的大小应该大于其他人为外部事件来源地理区域的大小。

## 危险物质的海上和内河运输

4.26. 通过海上或内陆水道运输危险物质可能会造成重大危害。除了易燃或有毒气体和/或蒸汽的意外排放之外，容器、其负载或可能的水载碎片也可能堵塞或损坏与最终散热器相关的冷却水入口和出口。其他未被正式归类为危险物质的货物，如粘稠液体、糊状物、吸收性大件货物（如木球）和粘性化学品，也可能危及与最终散热器相关的冷却水入口和出口。

4.27. 大多数海上交通事故发生在沿海水域或港口，因此，应确定场址附近的航道。应收集关于该区域航运交通特征的资料，例如：

- (a) 核装置场址附近的航道位置；
- (b) 沿线运输的危险物质的性质、类型和数量单次运输行动路线；
- (c) 船舶的大小、数目及种类；
- (d) 最接近核装置场址的点；
- (e) 包括后果的事故统计。

由于含有有害物质货物的存在，港口也应作为固定的人为外部事件来源进行研究。

### **通过公路和铁路运输有害物质**

4.28. 铁路货车和公路车辆以及它们的负载是潜在的人为外部事件来源，应予以仔细注意，特别是对于繁忙的车辆路线、路口、编组站和装货区。应收集相关该区域交通流量特征的资料，例如：

- (a) 核装置场址附近的公路和铁路路线的位置；
- (b) 沿线运输有害物质的性质、类型和数量单次运输运动中的路线；
- (c) 车辆的大小、数目及类型；
- (d) 最接近核装置场址的点；
- (e) 速度限值、控制系统及安全装备；
- (f) 事故统计，包括后果。

由于存在含有有害物质的货物，编组站也应作为人为外部事件的固定来源进行研究。

### **用管道运输有害物质**

4.29. 以下是应收集的一组典型管道运输数据和信息

- (a) 核装置场址的管道线路位置；
- (b) 管道是在地面上还是埋在核装置所在地附近，管道的直径；
- (c) 运输材料的性质、流量及内部压力；
- (d) 阀门或泵站之间的距离；
- (e) 最接近核装置场址的点；
- (f) 安全特点和相关事故记录，包括后果。

### **人为外部事件的来源显示图**

4.30. 应绘制来源显示地图，最好使用地理信息系统平台，显示数据收集步骤中确定的所有人为外部事件来源的位置和距离，以及每种危害类型所考虑的区域大小。应标明人为外部事件的固定来源和移动来源，注明靠近场址的运输路线、考虑的区域以及每条路线的最危害点（通常是最近的接近点）。

应显示任何不寻常的特点，如人为外部事件的来源，其危害相互作用对核装置场址安全构成更大的挑战。

4.31. 来源显示图还应反映在核装置预计寿期内可能影响安全的任何可预见的人类活动发展。

## 5. 涉及有害物质排放的人为外部事件

5.1. 有害物质通常保存在密封的容器中，但一旦排放，可能会对运行人员和核装置场址的安全重要物项造成危害。应考虑以下物质：

- (a) 可进入通风系统的易燃气体、液体、蒸汽和气溶胶系统进气并燃烧或爆炸；
- (b) 可能威胁人的生命的有毒和窒息性气体和液体，或间接损害安全功能（尤其是比空气重的气体，如二氧化碳和氯气，会对健康造成严重影响）；
- (c) 可威胁人的生命或直接损害与结构、系统和部件相关安全功能的腐蚀性和放射性气体和液体。

5.2. 本部分将讨论人为外部事件和扩散机制，爆炸效应在第 6 部分中讨论。这些不同物质对核装置的结构、系统和部件以及人员的影响方式有很大不同，其他安全导则（如 SSG-68[7]）对此有详细说明，然而，从人为外部事件来源到核装置场址的传播现象将在本部分中讨论。

### 涉及危害液体的人为外部事件

5.3. 危害液体可以排放到陆地、水体和地下。影响液体扩散机制的一个重要因素是人为外部事件来源和核装置场址之间的当地地形和土壤类型。液体主要在重力作用下向山下流动，在陆地上扩散，因此，这应该考虑它们的扩散在很大程度上取决于区域和从来源到场址的地形特征，而且很可能是定向的。扩散还取决于地面的粗糙度，这取决于地面覆盖物的类型（如混凝土、沙子、砾石）。

5.4. 应注意考虑次生因素，特别是该地区的气象条件。例如，环境温度将控制排出液体的蒸发速率，并将控制从汇集的液体中排放挥发性蒸汽的速率，并且应该考虑这些过程。

5.5. 如果危害液体是挥发性的（例如具有高蒸汽压），如汽油，它会产生危害蒸汽云，其作为羽流的扩散将符合气体云扩散的特征，这一点应予以考虑。

5.6. 液体扩散所涉及的机制是这样的，即需要发生大量液体的排放，从而直接影响邻近的核装置。液态物质将聚集并排放有毒或易燃或易爆的蒸汽，应考虑这些次生危害，因为它们可能对核安全构成最严重的危害。

5.7. 分散在地下的液体通常处于高压下，并通过裂缝和薄弱管线扩散。这种扩散可能具有很强的方向性，应该考虑这一方面。

5.8. 核装置存储或处理的危害液体因场址而异。在布置中应确定并考虑爆炸、毒性和热流等危害的安全距离，并采取适当的场址防护措施。

5.9. 在同一场址有多个核装置的情况下，危害液体的可能来源很可能是相邻的装置，因为这些装置就在附近，可能与主装置位于同一高度或高于主装置，因此应予以考虑。

5.10. 液体在水体上的分散取决于液体的特征（例如，液体的密度与水的密度相比）和水体的特征（例如，海洋、河流、湖泊）。在静止的水体上，扩散是缓慢的。相比之下，流动水体中的危害液体可能会被快速传输到很远的距离。危害液体在离来源一定距离处的浓度将取决于特定情况。这种液体除了具有毒性、腐蚀性和爆炸性外，还应考虑其堵塞冷却水入口的可能性。还应考虑盛行风对水中流体扩散的影响。

## 涉及危害气体的人为外部事件

5.11. 挥发性液体或液化气体中的气体、蒸汽和气溶胶一旦排放，可能会形成云并漂移。飘云可能会对核装置的安全运行产生不利影响。例如，如果危害气体渗透到核装置厂房中，它们可能会对运行人员或安全重要物项造成危害。这可能会影响控制室和其他重要场区以及应急响应设施的可居住性，应考虑所有这些潜在影响。

5.12. 防范这类危害的最实用方法是通过距离来确保免受潜在危害来源的影响。否则，应提供保护屏障和/或通风系统等设计措施。

5.13. 有毒或窒息气体的云会对核装置的人员产生严重影响。腐蚀性气体会损坏安全系统，例如，可能会导致电气系统绝缘丧失。在评价危害时，应仔细考虑这些问题。

5.14. 爆炸性或易燃气体或蒸汽的漂浮云也可能在不进入厂房的情况下对核装置产生不利影响（例如，影响厂房外的人员和设备）；因此，应采取适当的防护措施。第 6 部分和第 7 部分分别提供了关于防爆和防火的建议。

5.15. 在估计有害物质飘云造成的危害时，应保守地考虑当地的气象条件。特别是，应根据风向、风速和大气稳定等级的概率分布进行扩散研究。另一个考虑因素是人为外部事件来源和核装置场址之间的当地地形，特别是对于稠密（比空气重）气体，它们往往会以类似于液体的方式向山下流动。

5.16. 对于地下排放的危害气体或蒸汽，应考虑逃逸路线和渗漏效应，这可能导致高厂房中危害气体的浓度或危害气体云在筛选距离值内的形成。

5.17. 在同一场址有多个核装置的情况下，危害气体的来源可能是相邻的装置，因为这些装置就在附近，气体羽流扩散的机会有限，应考虑到这一点。

## 涉及有害物质排放的人为外部事件危害评定

### 人为外部事件来源的识别

5.18. 附录中的表 2 列出了涉及危害液体和气体排放的人为外部事件的固定来源和移动来源。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。首先，应根据通用筛选距离值确定感兴趣区域的位置（见附件表 A-1）。然后应确定这些区域内人为外部事件的来源。由于与筛选距离值相关的不确定性，如果这些区域之外的人为外部事件含有特别大量的有害物质，也应确定其来源。

5.19. 应收集人为外部事件潜在来源的数据，并计算人为外部事件来源与核装置场址之间的距离。

### 利用距离筛选

5.20. 应利用来源数据进行简单和保守的计算，并估算有害物质排放的通用筛选距离值，同时考虑到来源于液体或气体来源的物质可能传播很远的

距离。可以筛选出比一般筛选距离值更远离核装置场址的来源。应考虑气象和地形因素。

## 利用概率筛选

5.21. 如果利用距离无法筛选出危害，可以利用通用事件数据（即基于事件类别的总发生概率）。应采用务实和保守的判断来确定涉及危害液体排放的潜在事件的概率。如果总发生概率小于筛选概率水平即可筛选出。应完成对可能导致核装置场址危害液体泄漏的每个来源的筛选，并应列出所有筛选的来源。

## 详细评价

5.22. 应对屏蔽来源进行危害分析，以检查与核装置的相互作用。如果存在相互作用，则需要进行危害表征（见要求 7 和 SSR-1[1]第 4.19 段）。

5.23. 从广义上讲，如果不在环境大气条件下存储，评价过程应考虑特定位置危害液体的泄漏率和可能的其他因素。排放的演变是由陆上排放的当地地形和排放到水圈的当地海洋或水道条件驱动的。这些方面应该明确建模，否则应该做出保守的假设。排放到水圈中的液体和从液体中散发出的气体极其重要，应该予以考虑。

5.24. 事件发生后排放的蒸汽云可能会传播到核装置场址，可能会损坏安全重要物项，或者可能会影响控制室的可居住性。不同的化学品对爆炸、热辐射和毒性有不同的危害影响。在评价中，在每种模拟化学品和每种危害条件的温度、大气稳定等级和风速的限值 and 条件内，最坏情况的气象条件应被假定为模式的输入，直到最大潜在影响得到确认。

5.25. 应在考虑到陆地地形和装置布局的情况下，确定离核装置最近的危害液体可能聚集在水池中的场址。同样，在模拟气体排放时，应假定最大可信存量发生在最接近核装置场址的点（或最不利的排放点，如果不同的话）。移动来源，如在一般筛选距离内运载大量危害液体或气体的驳船和船舶，应假定在接近核装置的地方搁浅，在那里会产生最不利的影响。

5.26. 为了评价有害气体、蒸汽和气溶胶的产生及其与核装置的相互作用，应区分过冷液化气体、压力液化气体和不可冷凝压缩气体。

5.27. 通常，过冷液化气体的排放在相当长的时间内（以给定的泄漏率）以稳定泄漏的形式发生，但也应考虑有效瞬时排放（即完全突然排放）的可能性，这取决于与排放相关的下列条件：

- (a) 贮存容器及其相关连管道的类型；
- (b) 该物料可能泄漏开口的最大尺寸；
- (c) 可能涉及物料的最大数量；
- (d) 该货柜的相关情况及故障方式。

5.28. 起点是评价一系列泄漏率和相关的故障概率，或评价排放的气体总量（相当于最大可信排放量）和相关的故障概率。如果排放出大量过冷的液化气体，其中大部分可能会在液相中停留很长时间。在此期间，它应被视为液体，尽管一小部分几乎会瞬间蒸发。应评价液体形成水池的特征，如其位置、表面积和蒸发率，同时考虑土壤的渗透性和热导率（如果溢出发生在土壤上）。如果来源场址有控制任何溢出或排放的安排，则应考虑这些安排。然而，对这种安排给予肯定是正当的。

5.29. 为了评价场址中性浮力气体的最大浓度，可以使用原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.2 号《核电厂放射性物质在空气和水中的扩散与场址评价中人口分布的考虑》[5]提出的模式。但是对于重气体应该使用特定的模式。

5.30. 与过冷液化气体相比，压力液化的气体和不可冷凝压缩气体更有可能形成大云团。对压力液化气体和不可冷凝压缩气体的详细评定更容易，因为来源更容易确定，而且在某些情况下，羽流的扩散由更简单的现象控制。与过冷液化气体一样，压力液化气体和不可冷凝压缩气体的排放应以泄漏率或突然完全排放为表征，并应进行类似的评价。这个所使用的假设将取决于储罐的类型、加工容器、其相关管道、具有相关流速和运行压力的管道以及相关故障概率。

5.31. 在假设发生事故时可排放的物质数量时，应考虑采取措施阻止泄漏之前的时间间隔。例如，管道阀门可以自动关闭，从而快速隔离破裂部分。

5.32. 对于埋地管道，土壤覆盖通常不足以防止排放气体的逸出。可能会发生渗漏，或者气体可能会通过裂缝或不连续性逸出。在所有情况下，当确定了气体排放到大气中的特征后，应选择一个模式来确定气体向核装置场址

的扩散。羽流的扩散主要由排放时的气象条件决定。鉴于羽流建模中涉及的气象和其他因素存在很大程度的不确定性，至少在初始应考虑使用具有保守假设的简化扩散模式。

### 危害参数

5.33. 以下是在排放有害物质时应考虑的危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 物质性质：
  - 物理特性：
    - 所含的密度、温度和压力；
    - 环境条件下的密度、温度（包括冻结和沸腾温度）、蒸汽分压；
    - 环境条件下的流动特性。
  - 化学性质：
    - 构成；
    - 与环境 and 大气物质的反应性。
- (b) 放射化学；
- (c) 闪点或点火温度；
- (d) 最大可信排放，或排放频率与数量的关系。这包括收集与存储或加工相关的数据和参数，如尺寸、水平或垂直存储、最大破裂压力、排放高度和形状。就化学品而言应该知道导致排放的反应、由于化学反应导致的排放速率以及来源排放的位置（即堆叠的大小和高度）；
- (e) 该区域的气象和地形特征；
- (f) 沿海地区的测深和潮汐特征；
- (g) 河流区的水道和洪水特征；
- (h) 地下来源、地质渗漏路线和液体浓度；
- (i) 来源所在地现有的保护和缓解措施；
- (j) 土壤和底土的类型（例如性质、粗糙度、渗透性）。

### 负载表征参数

5.34. 以下是应考虑负载表征参数示例（见附录中的表 4 (5) 和表 6）：

- (a) 窒息性或有毒物质：



- 作为时间函数的浓度和数量；
  - 环境条件的波动性；
  - 毒性和窒息限值。
- (b) 腐蚀性或放射性液体：
- 作为时间函数的浓度和数量；
  - 腐蚀性和放射性含量。
- (c) 物质的位置（如海上或海里、地上或地下）。

## 6. 涉及爆炸的人为外部事件

6.1. 在本“安全导则”，“爆炸”术语泛指固体、液体、蒸汽或气体之间的任何放热化学反应，由于脉冲负载、阻力负载、火或热，和/或液体或气体从加压容器中快速排放，可能导致压力大幅增加。给定质量的化学物质的爆炸潜力通常以三硝基甲苯（TNT）的当量来引用。这有助于比较不同物质的爆炸势，许多预测炸药效果的经验公式都是在 TNT 当量的基础上推导出来的[18]。如第 6.18 段所述应小心使用。

6.2. 爆炸是高能量的，通常是破坏性的事件，它们的发生有很多原因。一旦爆炸发生，其影响就会通过膨胀的压力波传播到周围环境中。有两种类型需要考虑，如下所示：

- (a) 爆燃，产生中等压力波、热和火；
- (b) 爆炸，产生高近场压力波和相关的阻力负载，通常没有明显的热效应。

这些压力波，也称为冲击波，近似作为球面波传播远离来源位置，应予以考虑。然而，它们受到地面和其他限制表面的影响。如果没有进一步的能量被添加到波中（例如通过持续燃烧），球面波前中的比能量根据基于离来源距离的平方反比定律衰减。然而，受约束的冲击波衰减可能要慢得多<sup>9</sup>。参考文献[18]提供了更多详细信息。

---

<sup>9</sup> 所提到的衰减是几何衰减，因为这通常是最显著的影响。为了便于比较，圆柱波的几何衰减与来源距离成反比，而一维波根本不衰减。冲击波也会随着传播时间的推移而受到粘性衰减，但这种现象的作用相对较慢。衰减是指波前的能量。由于能量与粒子速度和应变的平方相关，这些参数随着能量的平方根而衰减。

6.3. 工业场址的爆炸通常是由于所含液体和/或气体过压，或液体池火灾的爆燃，储罐和管道的泄漏或故障，失控的化学反应或爆炸物事故而发生的。此外，当任何分散的粉末状可燃物质以足够的浓度存在时，也可能发生粉尘爆炸。在地下作业中，甲烷等天然气的喷发会造成爆炸。应考虑任何原因导致的爆炸。

6.4. 爆炸通常是由危害（通常是易燃）物质及其容纳或处理方式引起的。第 5 部分讨论了危害物质的排放。其他安全导则（如 SSG-68[7]）详细介绍了爆炸危害对核装置的结构、系统和部件以及人员的影响方式，但本部分讨论了从来源到核装置场址的传播现象。

6.5. 过压事件是由液体或气体容器过压引起的事件，如果容器发生故障，会导致液体或气体爆炸排放。当这种排放也与加热相关时，或者排放的物质点燃时，结果可能是一种极其高能的排放形式，称为沸腾液体膨胀蒸汽爆炸。这可能发生在所有类型的所含物质中，但通常发生在装有加压液化石油气、液化天然气或丙烷的储罐发生灾难性故障时。如果这种储罐意外受热，它们被浸没在外部火灾中，储罐中的压力会上升直到最终爆裂。爆炸本身的机械超压效应可能足以引起沸腾液体膨胀蒸汽爆炸，但如果液态天然气蒸汽点燃，这将大大增加爆炸的能量，并可能导致以爆炸冲击波为表征的极具破坏性事件，因此应予以考虑。还应考虑沸腾液体膨胀蒸汽爆炸产生的飞射物造成的损坏。

6.6. 在碳氢化合物液体池或类似情况下，碳氢化合物可以从安全壳中逸出，形成蒸汽云并点燃（称为蒸汽云爆炸）。在易燃环境中，爆炸压力波的表征是火焰锋。火焰锋的传播速度取决于燃料来源（如石油蒸气）的可用性和燃烧速率。这些事件通常会产生爆燃压力波应予以考虑。

6.7. 粉尘爆炸特别危害，由于细颗粒燃烧速度快，很容易导致爆炸。燃烧速率与燃料与空气接触的表面积相关，因此大量的细颗粒（或来自这些颗粒的蒸汽滴）比少量的大颗粒燃烧得更有效。当冲击波传播时，粉末仓库（如谷物仓库）中经常发现的障碍物存在会导致强烈的混合，导致更快的燃烧，从而产生更强烈的冲击波，通常具有非常显著的效果，因此应予以考虑。混合爆炸可能很难预测，因为数据通常只能用于分离的物质（例如，含有气体和尘埃混合物的点燃云团）。根据混合物的变化（如爆炸下限和最大压力），这种爆炸会产生更强烈的影响。应特别注意这种潜在的混合爆炸。

6.8. 冲击波导致厂房一侧的压力突然增加，而另一侧的压力没有足够的时间通过这种作用来平衡正常的通风过程。这导致在受影响结构的表面上产生较大的压力，因此应考虑较大的应力。

6.9. 爆炸会产生压力波（通常是主要的危害）、飞射物、热量、烟雾、灰尘和地面震动。如果满足相关条件，蒸汽云爆炸也是可能的，这也是应该考虑的。

6.10. 爆炸很可能造成次生危害。例如，靠近事件的结构性损坏会产生飞射物，摧毁关键基础设施并引发火灾。应考虑与爆炸相关的次生危害。

6.11. 影响冲击波传播的一个重要因素是人为外部事件来源和核装置场址之间以及蒸汽云内部存在障碍物；当地的地形和场址的布局也可能起作用，这两种影响都应该考虑。

6.12. 应仔细考虑位于包含多个核装置场址的机组之间的相互作用，以了解它们对人为外部事件爆炸危害的影响。

6.13. 应特别注意与大型爆炸物相关的潜在危害，例如由货运列车或船舶运输的爆炸物。

6.14. 除非有充分的正当性，否则应作出保守的假设，即通常存储在人为外部事件来源的最大数量的爆炸物质将会爆炸，然后应分析由此产生的危害（例如压力波、地面冲击、飞射物）对核装置的影响。如第 7 部分所述，还应考虑爆炸引起火灾的次生影响。

6.15. 爆炸可能发生的概率应根据运行经验计算，或从国家或世界范围的数据中得出。相关爆炸危害的更多信息见参考文献[18]。

## **涉及爆炸的人为外部事件危害评定**

### **人为外部事件来源的识别**

6.16. 附录中的表 2 列出了涉及爆炸的人为外部事件来源。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。首先，应根据通用筛选距离值确定感兴趣区域的位置（见附件表 A-1）。然后应确定这些区域内人为外部事件的来源。由于与筛

选距离值相关的不确定性，如果这些区域之外的人为外部事件来源特别危害，也应确定它们。

6.17. 应收集人为外部事件潜在来源的数据，并计算人为外部事件来源与核装置场址之间的距离。

### 利用距离筛选

6.18. 利用来源数据，超压（主要危害）的一般筛选距离值应通过基于 TNT 当量质量和距离之间工程关系的简化保守方法进行估算。这适用于可能造成大规模伤亡的烈性炸药。对于碳氢化合物—空气蒸汽云爆炸，应使用其他适当的方法。如果爆炸来源离核装置场址较远，就可以筛选掉。应考虑到来源的气象、地形和现有防护措施。

### 利用概率筛选

6.19. 如果无法通过距离筛选出危害，可以使用通用事件数据（即基于事件类别的总发生频率）。应运用务实和保守的判断来确定可能造成爆炸的潜在事件的概率。如果总发生概率小于筛选概率水平，则可以筛选出去。应该使用适当的方法来计算爆炸的概率。如果该区域没有足够的统计数据来进行充分的分析，应参考全球统计数据、类似区域的相关数据和/或专家判断，包括实地考察。应对可能在核装置场址产生压力波的每个来源进行筛选，并应列出筛选的来源。

### 详细评价

6.20. 应对屏蔽来源进行危害分析，以检查与核装置的相互作用。如果存在相互作用，则需要进行危害表征（见要求 7 和 SSR-1[1]第 4.19 段）。

6.21. 在这一步骤中，应通过对潜在事件范围的更详细评定来完善筛选危害清单，以确定其对特定核装置的适用性。在这一步骤中应应用的典型筛选参数是设计健稳性、距离、幅度、概率和影响区域。

6.22. 核装置的压力波、阻力水平和局部热效应应将因爆炸物质的性质和数量、爆炸物质的配置、气象条件、核装置的布局和地形而异。在设计爆炸的基准时，通常会作出某些假设，并考虑到所涉化学品的数量和性质的数据。对于给定数量的爆炸性化学品和给定的相关结构的耐压性，TNT 当量通常

被用作估计安全距离的第一种方法。这适用于可能造成大规模伤亡的烈性炸药。对于碳氢化合物—空气蒸汽云爆炸，应使用其他适当的方法。对于某些爆炸性化学品，压力—距离关系已经通过实验确定，应该直接使用。

6.23. 应利用操作经验数据和对这些飞射物来源的工程判断来识别可能由爆炸产生的飞射物。特别是，应考虑相关爆炸物质的性质和假定发生爆炸设施的属性。

6.24. 还应考虑可能的地面运动和其他次生影响，如火灾的爆发、有毒气体的排放或产生以及灰尘的产生。

### 危害参数

6.25. 以下是应考虑的危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 爆炸物质的性质：
  - 物理特性；
  - 化学性质；
  - 放射化学；
  - 闪点或燃点温度。
- (b) 最大可信压力和热排放，或两者之间关系爆炸的频率和严重程度；
- (c) 该区域的气象和地形特征；
- (d) 来源所在地现有的保护和/或缓解措施；
- (e) 确定易燃来源排放速率的参数（例如易燃碳氢化合物池的蒸发率，易燃气体排放的排放速率）。

### 负载表征参数

6.26. 以下是应考虑负载表征参数示例（见附录中的表 4(1)、表 (2)、表 (3) 和表 (4)）：

- (a) 作为时间函数的超压；
- (b) 软硬飞射物；
- (c) 热：最大温度通量和持续时间；
- (d) 烟和尘：
  - 成分；

— 作为时间函数的浓度和数量。

(e) 地面震动：振动运动频率反应谱。

## 7. 涉及火灾的人为外部事件

7.1. 有几种可能威胁核装置的外部火的来源，包括从同一场址的相邻机组或装置开始的火灾。飞机坠毁引起的火灾在参考文献[18]有详细说明。

7.2. 应在场址及其周围进行调查，以确定潜在的火的来源，如森林、植被和泥炭，易燃物质（尤其是碳氢化合物储罐）、木材和塑料的存储区，生产或存储此类材料的工厂及其运输路线，管道和化工厂，以及主要公路上的事故。火灾可能伴随着其他危害，例如危险物质的爆炸和排放，因为它们能够导致容器结构如储罐的故障。火灾通常也是此类事件后的次生或间接危害。

7.3. 根据易燃物质的性质和特性（如挥发性、物理状态、存储条件、排放类型），可以观察到不同的火灾现象，如池火、喷射火、火球和蒸汽云爆炸。这些事件可能同时发生，也可能相继发生，这一点应予以考虑。

7.4. 火可以以不同的方式水平蔓延：通过与火相关的热通量的辐射加热，通过位于火的来源和场址或装置之间的易燃物质，或通过火花。通过防火带的存在和/或通过确保场址或装置外部的区域没有易燃物质，可以提供重要的非能动保护。在外部火灾的情况下，还应确定替代的火灾蔓延路径，如燃烧物（余烬）的空气传播或下水道系统中液态燃料的运输。

7.5. 静态条件下的热流服从能量衰减的平方反比定律，然而，一些与火灾相关危害，如烟雾，可能会由于盛行风向而定向传播，并在该方向上缓慢减弱。火势本身将优先向顺风方向蔓延，特别是如果沿途有易燃物质供应，如干燥的植被。所有这些因素都应该考虑。

7.6. 在装置的安全受到影响之前，核装置可能具有相当大的耐热能力；然而，如果烟雾阻止运行人员执行重要的安全功能或堵塞空气过滤器，烟雾可能会迅速影响安全。应仔细考虑包含多个核装置的场址是否存在因人为为外部事件引起的火灾危害。外部火灾产生的热加热也会产生次生危害，例如结构损坏会产生泄漏，导致危险物质的排放。应考虑与热加热相关的次生危害。

7.7. 在评价外部火灾对核装置的影响时，应考虑在核装置和火的来源采取的火灾防护措施。然而，在危害评价中认可这些措施之前，应提供足够的正当性。

## 涉及火灾的人为外部事件危害评定

### 人为外部事件来源的识别

7.8. 附录中的表 2 列出了涉及火灾的人为外部事件的来源。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。首先，应根据通用筛选距离值确定感兴趣区域的位置（见附件表 A-1）。然后应确定这些区域内人为外部事件的来源。由于与筛选距离值相关的不确定性，如果这些区域之外的人为外部事件来源特别危害，也应确定它们。

7.9. 应收集关于潜在来源的数据，并计算人为外部事件来源和核装置之间的距离。要考虑的来源包括森林、泥炭、植被、低挥发性易燃物质的存储区（尤其是碳氢化合物储罐）、加工易燃物质的工业设施和相关运输路线。

### 利用距离筛选

7.10. 利用来源数据，可以通过简化的保守方法估计热通量（主要危害）的筛选距离值。远离核装置场址的火的来源可以被筛选掉。应考虑到来源和核装置的气象、地形和现有防护措施。

### 利用概率筛选

7.11. 如果不能通过距离筛选出火灾危害，可以利用通用事件数据（即基于事件类别的总发生频率）。应采用务实和保守的判断来确定引发火灾的潜在事件的概率。如果总发生概率小于筛选概率水平即可以筛选掉。应完成对可能导致核装置场址起火的每个来源的筛选，并应列出所有筛选的来源。

7.12. 如果屏蔽的人为外部事件来源的潜在火灾危害可能小于存储在核装置场址并已提供保护的类似物质的潜在火灾危害，则可以筛选这些来源。如果在同一基础上筛选出几个来源，可能是有必要通过指定一个边界来源并使用它进行筛选来反映所有这些来源的总和所产生的频率贡献。应对可能引发火灾并影响核装置场址的每一个事件进行筛选，应列出筛选的来源。

## 详细评价

7.13. 应对屏蔽来源进行危害分析，以检查与核装置的相互作用。如果存在相互作用，则需要对危害进行评价（见要求 7 和 SSR-1[1]第 4.19 段）。在这一步骤中，应通过对潜在事件范围的更详细评定来完善筛选危害清单，以确定其对特定核装置的适用性。在这一步骤中应应用的典型筛选参数是设计稳健性、距离、幅度、概率和影响区域。

7.14. 危害评定应考虑火的来源的位置，并假设火灾类型和/或易燃物质以及点火机制。火灾概率可以从运行经验中获得，也可以从一般的国家或世界数据中获得。

7.15. 为了避免森林和/或灌木丛的火灾影响，应确保核装置场址周围的区域没有任何植被。应在场址实施消防安全计划，以避免可能影响核装置安全的其他来源的火灾。

7.16. 核装置外部结构、系统和部件的热暴露应根据入射到目标表面的辐射和对流热通量以及暴露持续时间加以量化。参考文献[18]提供了评定可燃液体或气体突然排放和点燃引起的外部火球和水池火灾的方法。烟雾是另一个应该评价的重要危害，包括它传播更长距离的可能性。

### 危害参数

7.17. 以下是应考虑的危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 易燃物质的性质及其来源：
  - 闪点、空气中的可燃性浓度或其他点火标准；
  - 最大可信物质排放或热排放，或火灾频率与严重程度之间的关系；
  - 作为时间函数的热负载。
- (b) 该区域的气象和地形特征。
- (c) 来源位置的现有防护措施（如防火带）。

### 负载表征参数

7.18. 以下是应考虑负载表征参数示例（见附录中的表 4 (3) (4) 和 (5)）：

- (a) 热：最大热通量和持续时间。



- (b) 烟尘：
  - 成分；
  - 作为时间函数的浓度和数量。
- (c) 窒息和有毒物质：
  - 作为时间函数的浓度和数量；
  - 环境条件的波动性；
  - 毒性和窒息限值。

## 8. 涉及飞机坠毁的人为外部事件

8.1. 目前用于将飞机坠毁视为人为外部事件的方法可能在细节方面存在差异；然而，它们都包含应考虑的共同基本要素，如下：

- (a) 按类型、质量、速度和大小对飞机进行分类；
- (b) 按适用的飞行规则或限制的类型对空域进行分类（例如商业航空公司、机场周围空域、限制空域）；
- (c) 进行频率分析，以确定核装置场址每平方公里每类飞机每年的坠毁次数；
- (d) 进行频率分析，以确定飞机撞击核装置可能导致放射性排放。这包括计算被称为目标区、影响区或损害足迹的核装置场址面积。在一些国家，大型客机的坠毁是独立于实际坠毁概率的假设。

8.2. 飞机应被视为软硬飞射物的混合物，其对钢筋混凝土结构的撞击通常会导致诸如穿孔、贯穿、结痂、剥落、局部穿孔、弯曲失效和振动等损坏模式。

8.3. 在一些核装置中，提供了针对恶意飞机坠毁的特定保护，这种防护措施通常足以涵盖飞机意外坠毁的风险，从而可以将其排除在外。然而，应仔细检查恶意飞机坠毁的假想方案是否完全涵盖潜在的意外假想方案，以及防护措施是否适用于意外飞机坠毁。本“安全导则”不考虑恶意飞机坠毁，然而，本“安全导则”推荐的一些方法也可能适用于评价恶意飞机坠毁的危害，如果这种情况无法排除的话。

8.4. 飞机坠毁可能是所有人为外部事件中最重要的一种，对于坠毁概率分析方法和撞击事件对重型混凝土目标的影响已经进行了大量的研究。这一研究和经验应在飞机坠毁危害评定中加以考虑。

8.5. 重要的是，如果不排除飞机坠毁对核装置的所有潜在影响，则应考虑这类事件，特定如下：

(a) 直接影响：

- 对结构的冲击损坏，包括穿孔和穿透；
- 振动效应；
- 整体稳定。

(b) 次生影响：

- 次生飞射物从撞击点射出并广泛散落；
- 易燃液体从撞击点迅速扩散；
- 燃烧产物进入通风或空气供应系统；
- 产生热和爆炸效应的火和爆炸以及第三级飞射物；
- 排放作为货物运输的危害物质。

8.6. 假设飞射物软撞击，可变形机身撞击产生的负载函数中的主要分量可以预测。飞机发动机和起落架可分为半硬飞射物或硬飞射物，应予以考虑。

8.7. 燃油溢出引起的火灾可能导致火球或水池火灾或两者兼而有之，应予以考虑。可燃客舱材料、有效负载和碳纤维结构材料也将涉及火灾，并应算作火灾负载。参考文献[18]提供了详细信息。

8.8. 在多个核装置所在的场址，可能有多个安全重要物项服务于不同的机组。对与相邻装置相关结构的冲击可能不会直接影响所考虑的装置，但应考虑飞射物、火灾和爆炸等次生危害。

## 涉及飞机坠毁的人为外部事件危害评定

8.9. 空中交通会遇到几种不同的操作环境，这些环境会严重影响飞机坠毁事件的概率。应考虑下列类型的飞机坠毁：

- 第 1 类：一般空中交通造成的飞机坠毁，有时称为背景坠毁概率；

- 第 2 类：飞机在当地机场起飞和降落时坠毁；
- 第 3 类：主要民用交通走廊和军事飞行区空中交通造成的飞机坠毁。

## 第 1 类飞机坠毁

人为外部事件来源的识别

8.10. 应从民用和军用航空当局和/或在航空业工作的其他国家当局收集关于该国飞机坠毁的信息。这些信息应该包括在该国家飞行的所有类型飞机的坠毁细节。

利用距离筛选

8.11. 利用距离筛选不适用于此类事件。

利用概率筛选

8.12. 应考虑每种民用飞机坠毁和军用飞机坠毁的覆盖区域圆形区域（例如半径通常为 100—200 公里）的飞机坠毁数据。应评价第 1 类飞机坠毁的概率，特别是在拥有一个以上民用机场和大量航班的人口稠密地区。应对所考虑的区域进行适当的分区，以确保任何平均都足够保守。

8.13. 所有类型飞机坠毁的发生概率应通过将场址视为一片或圆形区域来评价，方法是将场址面积除以区域面积，再乘以不同类型飞机每年平均坠毁次数（例如，通常为 0.1—1 平方公里）。那些坠毁概率低于筛选概率水平的飞机类型可以被筛选出来。其他类型的飞机应保留进行详细评价。

## 第 2 类飞机坠毁

人为外部事件来源的识别

8.14. 附录中的表 2 列出了涉及第 2 类飞机坠毁的人为外部事件的来源，附件表 A-1 显示了相关的通用筛选距离值。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。无论是民用机场还是军用机场，飞机坠毁的概率通常都较高。对于这两种类型，人为外部事件来源的识别应分别进行。大多数飞机坠毁往往发生在以跑道末端为中心的大约半圆形区域内（例如，通常半径为 8 公里，如附件表 A-1 所示）。

### 利用距离筛选

8.15. 如果已经特定确立了地区或国家筛选距离值,则可以利用这些值。否则,应使用通用筛选值。

### 利用概率筛选

8.16. 如果无法通过距离筛选出危害,应确定每一类飞机(如通用航空、中型和大型商用飞机、军用飞机)的总发生概率,并与筛选概率水平进行比较。那些发生概率小于筛选概率水平的飞机坠毁可以是筛选出来了。否则,应该对崩溃进行详细评定。在该阶段可以考虑某些撞击特征,例如较低的撞击角度和较低的撞击速度。

## 第 3 类飞机坠毁

### 人为外部事件来源的识别

8.17. 附录中的表 2 列出了涉及第 3 类飞机坠毁的人为外部事件来源,附件表 A-1 显示了相关的通用筛选距离值。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。如果航空或机场进近经过场址(或在场址 4 公里范围内(见附件表 A-1)),应考虑主要民用交通走廊和军事飞行区的空中交通造成的飞机坠毁的潜在危害。筛选应视情况以离飞行区域、空中交通走廊或进近边缘的距离为基础。

### 利用距离筛选

8.18. 如果已经建立了地区或国家筛选距离值,则可以使用它们。否则,应使用通用筛选距离值。

### 利用概率筛选

8.19. 如果无法通过距离筛选出危害,应确定每一类飞机(如通用航空、中型和大型商用飞机、军用飞机)的总发生概率,并与筛选概率水平进行比较。对于发生概率小于筛选概率水平的飞机坠毁事件,可以进行筛选。否则,应保留坠毁以供详细评价。

## 所有类型事件的详细评价

8.20. 应对筛选的来源进行危害分析，并要求对危害进行表征（见要求 7 和 SSR-1[1]第 4.19 段）。

8.21. 在这一步骤中，应通过对潜在事件范围的更详细评定来完善筛选危害清单，以确定其对特定核装置的适用性。这种评定应以场址和核装置的特定特征为基准。应该应用的典型参数是设计健稳性、距离、幅度、概率和影响区域。另外要考虑的是场址配置装置的类型和数量，这些装置可能对预防、检测、后果控制（在正常和严重工况下）和应急响应产生能动或非能动的影响。参考文献[18]提供了详细信息。

8.22. 应采用类似于影响区的办法。应采用界定每个假设撞击场址的影响范围的概念。后果区域表示为损坏足迹。损坏足迹是针对撞击、冲击和火灾负载工况定义的。

8.23. 对飞机坠毁造成危害的评价应考虑含有核材料的厂房和容纳对安全重要的结构、系统和部件（如散热设备）的厂房，如下所示：

- (a) 应根据飞机参数（如飞机类型、飞行性质、撞击角度）、地形屏蔽、核装置厂房、输电线路和其他考虑因素；
- (b) 关于飞机撞击角度的保守假设（如垂直角度至安全壳厂房的中心线，垂直于乏燃料贮存厂房）；
- (c) 应考虑局部反应、整体反应和振动负载工况。

8.24. 核装置的所有厂房，包括防止与飞机坠毁相关的危害所必需的结构、系统和部件都应加以识别，以便进一步筛选或评价。例如，应确定安全关闭反应堆或继续冷却乏燃料水池所需的系统和支持系统。应对厂房的外表面进行评价，以筛选出进一步评价的需要或确定撞击位置，具体如下：

- (a) 厂房的表面或部分表面可被遮蔽考虑到相邻结构、中间结构或其他场址特征的屏蔽；
- (b) 部分遮蔽的厂房表面应细分为飞机可能撞击的部分和不可能撞击的部分；
- (c) 应考虑事件期间对多座厂房的影响，以确定多座厂房易受一架飞机坠毁的影响。

应制定每栋厂房的损坏足迹和厂房上的每个撞击位置，以供评价。

8.25. 评价后，应为工程评价定义筛选人为外部事件的加载函数。负载表征是事件和用于评价的负载环境定义之间的链接。事件产生的负载工况矩阵应用于整个核装置或部分核装置（见表 4，假想方案 1，见参考文献[19]）。参考文献[19]表 5—7 确定下列工程评价参数：冲击、热、火和振动。参考文献[18]描述了结构冲击、诱发振动、火灾热效应、局部和整体效应以及验收标准的完整评价方法。

### 危害参数

8.26. 以下是与飞机坠毁相关的应考虑危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 飞机的类型和特征、飞行性质和坠毁率。
- (b) 从以下起降飞行和飞机班次：
  - 机场；
  - 航空公司；
  - 商业和军用机场周围的监管空域；
  - 限制空域和其他形式的特殊空域；
  - 飞机来源的位置、跑道方向和其他相关数据，和接近核装置场址的方向；
  - 用于起飞、降落和运行的机场许可证<sup>10</sup>。
- (c) 根据区域或国家飞机坠毁数据得出的参数：
  - 每种飞机类型的进场方向和下降角度的概率分布；
  - 每种飞机类型的滑痕和足迹距离以及能量和动量随距离的衰减率。

### 负载表征参数

8.27. 以下是应考虑的负载表征参数示例（见附录中的表 4 (1) (2) (3) (4) 和 (6) 以及参考文献[18]）：

---

<sup>10</sup> 机场许可证（纸面记载和现在的数字记载）提供了飞行员在主要机场周围操纵所需的所有导航信息。它们由国家当局编写，特定针对所使用的机场、跑道、跑道方向和导航程序。所有国际机场和许多本地机场都可以公开使用。

- (a) 核装置的撞击能量：
  - 质量；
  - 速度。
- (b) 影响参数：
  - 分类为硬飞射物和软飞射物的飞机部件；
  - 撞击平面的尺寸和横截面积。
- (c) 从危害分析中得出的参数：
  - 每种类型飞机接近核装置场址的方向和下降角度的概率分布；
  - 每种飞机类型的滑行和足迹距离以及能量和动量随距离的衰减率；
  - 分析次生危害所需的数据；
  - 每种飞机类型和飞行阶段的燃料负载；
  - 危害货物、物质和体积。

## 9. 涉及运输的人为外部事件，不含飞机坠毁

9.1. 不含空中交通在内的人为外部事件的移动来源包括以下方面（见附录表 2 和表 3）：

- (a) 公路运输：运载危险物质的卡车。
- (b) 铁路运输：运载危险物质的火车。
- (c) 海运：
  - 运载危险物质（货物）的船舶；
  - 拥有显著动能的船舶。
- (d) 河运：
  - 运载危险物质（货物）的驳船；
  - 拥有显著动能的驳船。
- (e) 管道：输送危险物质的管道。

9.2. 本部分先考虑公路、铁路、海上和水路运输事件的一些一般特点，然后再综合处理所有直接造成交通事故的来源对核装置的结构、系统和部件的撞击危害，以及可能导致危险物质排放的危害。

9.3. 船舶有可能与属于核装置场址的沿海和近海构筑物相互作用。核反应堆冷却水入口和出口的损坏是一个潜在的问题，以及用于将核材料装载和卸载到船舶上的码头和码头的潜在损坏问题。应考虑船舶与核装置的沿海和近海构筑物相互作用的可能性。

9.4. 公路和铁路车辆以及海运和内河船舶经常运输有害物质，有害物质的排放总是对附近的核装置构成潜在风险应予以考虑。应根据前几部分的建议，尽量远离核装置以消除所有危害。同样，管道经常输送危害液体或气体也应予以考虑。

## 具有显著动能的海船和内河船

9.5. 拥有显著动能的海洋和内河船对核装置的影响将取决于任何海岸线和近海构筑物的性质、其布局以及是否有任何自然或人因保护。最重要的事件是大型船舶与海岸线（如码头、装载设施）或水下安全构筑物（如冷却水入口）之间的撞击，在这种情况下，可能会造成重大构筑物损坏。此类事件可被视为软飞射物撞击，船舶和海岸构筑物都可能发生重大变形，应予以考虑。

9.6. 主要危害是撞击，但溢油、火灾、爆炸和气体排放的次生影响也是可能的，应根据前几部分提供的建议进行考虑。还应考虑未被正式归类为有害物质的其他货物，如粘稠液体、糊状物、吸收性大件货物（如木球）和粘性化学品，因为它们可能会危及取水。

9.7. 大型商船可以在潮汐和水流的作用下漂流。应考虑核装置周围的局部水深测量，并选择潮汐和河流流动条件，以确定相对于核装置构筑物的船舶到达和速度的最苛刻条件。

## 具有显著动能的海船和内河船人为外部事件危害评定

### 人为外部事件来源的识别

9.8. 附录中的表 2 列出了涉及海运和内河船人为外部事件的来源。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。应收集关于人为外部事件潜在来源的数据，并计算这些来源与核装置场址之间的距离。数据收集应包括进入场址装卸区的船舶和驳船、在指定航道行驶的商业船舶和用于疏浚的维护船舶的



信息。应从当地海洋和河流当局收集关于航道位置、当地水深、全年潮汐和河流流量以及船舶移动频率和性质的信息。

## 利用距离筛选

9.9. 利用收集的关于人为外部事件来源和核装置场址防护措施的数据，应确定是否有任何船舶会影响进气构筑物。每艘船都需要一定的水深才能移动并到达海岸。当地水深、主要潮汐和风向是重要的考虑因素，但也应考虑最恶劣的条件。如果船舶不能撞击任何安全重要构筑物，危害就可以被排除。

## 利用概率筛选

9.10. 如果无法通过距离筛选出危害，可以使用通用事件数据（即基于事件类别的总发生频率）。应运用务实和保守的判断来确定可能引发影响的事件的概率。如果总发生概率小于筛选概率水平，可以筛选出去。如果建造带有冷却水出口的防护堤，则与带有进水构筑物的商用船舶相撞的概率可能非常低。如果不采取防护措施限制船舶向进水构筑物移动，进入进水通道的船舶可能会因人为失误而影响进水构筑物。用于在进水口进行疏浚的维护船也可能影响进水口构筑物。应对可能引发影响的每个来源进行筛选，并列列出筛选的来源。

## 详细评价

9.11. 应对屏蔽来源进行危害分析，以检查与核装置的相互作用。如果存在相互作用，则需要进行负载表征（见要求 7 和 SSR-1[1]第 4.19 段），考虑以保守估计的速度移动的船舶或驳船。

9.12. 从广义上讲，评价过程应考虑损坏或航行不当的船舶撞击核装置的水下、近海或沿海构筑物。对影响的评价取决于每年按规模和库存划分的船舶移动次数、相对于构筑物位置的航道位置，以及准确模拟遇险船舶可能如何影响这种构筑物的能力。在评价过程中应考虑到这些方面。

9.13. 一旦确定了潜在的撞击，就应该计算撞击能量，并估计其他负载表征参数。虽然原则上，船舶与海洋构筑物的撞击与本“安全导则”涉及的其他类型的飞射物撞击有相似之处，但船舶的性质（即大质量、低速）和所考虑的构筑物类型可能有很大不同，这一点应予以考虑。

## 危害参数

9.14. 以下是应考虑的危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 行车路线（例如航道）及行车频率；
- (b) 出入人为外部事件来源的流动频率、类型和路线；
- (c) 现有的通道防护措施。

## 负载表征参数

9.15. 以下是应考虑负载表征参数示例（见附录中的表 4）：

- (a) 核装置岸边或海上设施位置的撞击能：
  - 质量；
  - 速度；
  - 撞击平面的尺寸、横截面积和穿透能力。
- (b) 飞射物类型：软飞射物。
- (c) 接近方向。

## 载有危险物质的货船和管道

9.16. 与危险物质地面运输相关危害包括排放在地面上的危险液体和气体（见第 5 部分）、爆炸（见第 6 部分）和火灾（见第 7 部分）。应采用与人为外部事件移动来源相同的方法，取离核装置场址的最小距离。本部分还讨论了排放到海洋和河流中的危险液体。

9.17. 应评价场址区域的主要管道，因为它们可能输送危险液体和气体。这种管道可能从阀门泄漏或由于事故泄漏，这些都应该考虑。

9.18. 取水口提供了与核装置相互作用的重要途径，危害可能来自邻近设施的溢出或油轮事故（例如，在不受控制的漂移之后）。应评价液体的稀释和分散参数及其进入取水口的参数。应考虑到高度易燃液体在水面上的溢出会产生漂浮池，这些漂浮池可能接近岸边或河岸上的核装置。应进行保守估计，并考虑扩散特征。还应考虑从受污染的取水水源中提取低闪点液体的可能性。其他未被正式归类为危险物质的货物，如粘稠液体、糊状物、吸收性大件货物（如木球）和粘性化学品，也应根据其危害取水口的能力进行考虑。

9.19. 从海洋和内河船舶排放的液体会随着当地潮汐和/或河流水流条件而分散，并可被携带到离排放点几公里的地方。对于排放到大水体中的液体，随着离排放点的距离和经过时间的增加，可以预期稀释，但是稀释的速率可以高度依赖于局部潮汐和排放时的流动状况。应进行排放分散方式的建模。或者，可以保守地假设不发生稀释。

## 载有危险物质的货船和管道的人为外部事件危害评定

### 人为外部事件来源的识别

9.20. 附录中的表 2 列出了涉及危害液体和气体的人为外部事件的来源。第 4 部分提供了关于数据收集的建议。首先，应根据通用筛选距离值确定感兴趣区域的位置（见附件表 A-1）。这些区域内的来源构成被运输的危害物质，负责控制进入运输路线的相关地方或国家政府机构应提供信息（例如关于危害物质的类型和数量、频率、路线）。应收集关于人为外部事件潜在来源的数据，并计算这些来源与核装置场址之间的距离。

### 利用距离筛选

9.21. 可以利用来源数据对筛选距离进行简单计算，并应为被认为可能的最大危害物质泄漏估计特定的筛选距离值，假设泄漏时扩散和当地潮汐和水流条件的保守参数。那些远离核装置场址的来源可以被筛选掉。

### 利用概率筛选

9.22. 如果无法通过距离筛选出危害，可以使用通用事件数据（即基于事件类别的总发生频率）。应运用务实和保守的判断来确定涉及危害物质泄漏的潜在事件的可能性。如果总发生概率小于筛选概率水平，则可以筛选出去。

9.23. 如果屏蔽来源的潜在危害可能小于存储在核装置场址本身并已提供保护（即有效保护）的类似物质的潜在危害针对来自场外来源的危害），它可以被筛选出来。如果在同一基础上筛选出几个来源，可能有必要通过指定一个边界来源并在此基础上进行筛选来反映所有这些来源的总和所产生的频率贡献。应完成对海洋或河流中可能影响核装置场址泄漏的每个事件的筛选，并列出的来源。

## 详细评价

9.24. 应对屏蔽来源进行危害分析，以检查与核装置的相互作用。如果存在相互作用，则需要进行负载表征（见 SSR-1[1]要求 7 和第 4.19 段）。排放到海洋或河流中的物质能以复杂的方式分散和稀释，需要专家进行明确的建模，以确定海洋或河流中不同类型的有害物质，以及这些物质可能如何影响核装置的结构或设备，并计算负载表征参数。

### 危害参数

9.25. 以下是负载表征时应考虑的危害参数示例：

- (a) 最接近核装置场址的运输路线的位置；
- (b) 运输和溢出的有害物质的性质和数量；
- (c) 气象和水文条件；
- (d) 这条路线周围可能影响排放物扩散和危害特征的相关测深、潮汐和河流条件。

### 负载表征参数

9.26. 以下是应考虑负载表征参数示例：

- (a) 进水口冷却水中有害物质的浓度；
- (b) 对直流冷却水系统的影响。

## 10. 其他人为外部事件

10.1. 本部分涉及第 5—9 部分中未涉及的人为外部事件。附录中的表 3 列出了这些人为外部事件产生的危害。核装置场址周围的一些区域可能包含其他危害，然而，不可能在本“安全导则”全面识别所有可能的危害。

### 人为外部事件引起的地面沉降危害

10.2. 核装置场址的地面可能会因场址下方或场外人因引起的局部岩土工程问题而下沉矿山、天然气田开采、水井和油井等特点。

10.3. SSR-1[1]第 5.29 段指出：

“表面坍塌、下沉或隆起的可能性，可能影响核装置在其寿期内的安全，应使用可靠的调查方法获得的地下条件的详细说明进行评价。”

所有可能排除核装置场址的岩土和地质问题都应在选址阶段进行评价。原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.6 号《核电厂场址评价和地基的岩土工程问题》[6]提供了关于岩土工程问题的建议，原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-9 (Rev.1) 号《核装置场址评价中地震危害》[2]提供了关于地质问题的建议。

10.4. 对于现有场址，每当计划在场址上或附近进行新的建设工程时，都应研究沉降问题，特别是在计划进行深挖工程的地方（例如核电厂）。当核装置建在地下水位高的饱和和软土上，需要排水时问题就更复杂了。在这种情况下，应核实脱水不会导致现有核装置不可接受的（差异）沉降，并对此进行监测。为了在脱水期间和之后的恢复期间保持现有核装置的孔隙压力不变，可能需要回注提取的水。

10.5. 场址附近的大规模采矿活动、天然气田开采以及石油和地下水开采都可能导致沉降。在这种情况下，应进行特定评定，不能提供筛选距离值，因为它将取决于采矿或石油或地下水开采活动的规模以及与核装置场址的距离。

## 详细评价

10.6. 工程解决方案可用于处理局部影响造成的沉降，但取决于要进行的工作类型，并不总是可行的。应对人为外部事件沉降的工程解决方案应在详细评价后实施；这种解决办法可能不可行，但可以在场址附近采取行政措施（如限制开采和开采天然气田、水井和油井）。因此，选择场址的决定应在详细评价后做出。

## 危害参数

10.7. 以下是应考虑的危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 毗邻地面工程的位置及性质；
- (b) 地下工程的位置及性质；
- (c) 相关的地质、水文地质和岩土地面条件；

(d) 场址附近计划活动的详细情况（如采矿、石油和水提取）。

#### 负载表征参数

10.8. 如果可以选择一个场址，以下是应考虑负载表征参数示例（见附录）：

- (a) 沉降、差异沉降和沉降率；
- (b) 现有工程缓解措施（针对现有场址）或预期工程措施（针对新场址）。

### 人为外部事件引起的电磁干扰危害

10.9. 电磁干扰会影响电子设备的功能。它可以由场址电磁辐射来源（如高压开关设备、便携式电话、便携式电子设备、计算机）和场外来源（如无线电发射机、军用雷达站、粒子加速器、高压传输线、电信网络）引发。应特别注意场址安保组织或国家安保当局操作的发射机（例如机载、海运或地面一位于场内或场外）使用的任何干扰设施，因为可能无法获得关于这些传输的实际功率和天线放大的信息，并且传输的电磁辐射功率可能在很少或没有警告的情况下显著增加。当无法获得信息时，应要求监管机构估计这些危害的重要性。

10.10. 在核装置的使用寿命内，应继续识别潜在的电磁干扰来源并进行量化，以确保对核电厂部件的适当保护，因为在仪器仪表和控制系统中更多地使用数字设备正在增加对电磁干扰的脆弱性。

10.11. 各国尚未为电磁干扰制定通用屏蔽距离值，因此，应根据每个核装置场址的特定情况对其进行管理。

### 详细评价

10.12. 需要进行详细的评价，以确定危害参数和负载表征（见要求 7 和 SSR-1[1]第 4.19 段）。

10.13. 应评价安全重要仪器仪表和控制系统装置点的电磁场，以识别任何可能产生局部干扰的独特电磁辐射来源。来源可包括便携式和固定设备（例如便携式收发器、电弧焊设备、电源、发电机）。

## 危害参数

10.14. 以下是应考虑的危害参数示例（见附录表 2）：

- (a) 场址及其周围来源的电磁辐射发射的频率和能量；
- (b) 来源场址的现有防护措施。

## 负载表征参数

10.15. 以下是应考虑负载表征参数示例（见附录表 4(10)）：

- (a) 电磁干扰防护措施的频带和能量等级；
- (b) 现有工程缓解措施（现有场址）。

## 轰炸靶场和射击场人为外部事件造成的危害

10.16. 如果轰炸和射击距离在通用筛选距离值范围内，应以特殊方式处理这种危害（见附件表 A-1）。由于军事场址不容易获得信息，应努力通过政府渠道获得相关轰炸和射击场活动的必要信息<sup>11</sup>。应收集轰炸和射击练习指定区域之外的事件和事故的历史，并在评定中使用。应收集关于悬挂军械的频率<sup>12</sup>、飞往回收场址的飞行路线以及投掷军械频率的信息。可能需要签署保密协议才能不披露任何信息。要求对任何筛选的危害进行评价（见 SSR-1[1]要求 7 和第 4.19 段）。

## 恶意人为外部事件造成的危害

10.17. 还应考虑场址附近可能发生的下列事件：

- (a) 附近核装置发生严重事故（放射性危害）。详细的 NS-G-3.2[5]提供了评定核装置对人类和环境影响所需的研究和调查导则；

---

<sup>11</sup> 如果场址附近有可能对核装置造成危害的未公开国家安保场址（如永久性水下雷场、电子战设施、隐蔽弹药库），该装置的营运组织或监管机构应尽最大努力与负责当局联系，以确定并尽量减少对该装置的潜在危害。

<sup>12</sup> 运载军械到轰炸靶场的军事飞行在发射时可能会遇到悬挂军械，并通过飞往回收机场/空域（场址）进行回收。悬挂军械是指飞机上的武器或存储物，飞行员试图投放或发射，但由于武器、架或发射器或飞机投放和控制系统故障而无法投放或发射。

- (b) 外部电网连接的干扰，包括其不可用；
- (c) 引水道或尾水道设施的损坏（就河流场址上的直流冷却水而言）。

## 11. 核电厂外核装置的外部人危害评价

11.1. 根据核装置的复杂性以及潜在的放射性危害和其他危害，需要采用分级方法来评价人为外部事件（见 SSR-1[1]第 4.1 段和第 4.4 段）。这种方法可以分别应用于每个人为外部事件。

11.2. 在为采用分级方法对核装置进行分级之前（见第 11.9—11.12 段），应采用保守的筛选程序，其中假定该设施的全部放射性库存是由人为外部事件引发的事故排放的。如果这种放射性排放的潜在结果是不会对工作人员、公众或环境造成不可接受的后果，并且如果监管机构对这种装置没有其他特定要求，则不需要进行进一步的人为外部事件危害评定。

11.3. 如果保守筛选过程的结果表明这种排放的潜在后果是不可接受的，则需要评价与人为外部事件相关危害（见 SSR-1[1]要求 7 和第 4.19 段）。

11.4. 人为外部事件产生放射性后果的可能性将取决于核装置的特征（如其目的、布局、设计、建造和运行）。SSR-1[1]第 4.5 段指出：

“对于核电厂以外核装置的场址评价，在采用分级方法时应考虑到下列因素：

- (a) 场址放射性库存的数量、类型和状况（例如，场址上的放射性物质是否为固态、液态和/或气态形式，以及放射性物质是否正在核装置中处理或存储在场址上）；
- (b) 与物理和化学物质相关的固有危害核装置中发生的过程；
- (c) 对于研究堆，热功率；
- (d) 核装置中放射来源的分布和位置；
- (e) 为实验而设计装置的结构及布局，以及这些在未来会如何变化；
- (f) 需要能动系统和/或运行人员采取预防行动和缓解事故后果；
- (g) 发生事故时场内和场外后果的可能性意外。”

11.5. 在采用分级方法时应考虑的其他因素包括：



- (a) 用于预防事故和缓解事故后果的工程安全特点的特征（例如安全壳和安全壳系统）；
- (b) 在发生事故时可能显示陡边效应的加工特征或工程特点；
- (c) 与放射性物质扩散到大气层和水圈的后果相关的场址特征（例如该区域的面积和人口）。

11.6. 一些核装置可能位于地表以下。大多数人为外部事件预计对地下设施安全的影响有限，尽管应考虑那些可能导致地面故障或影响通风系统的人为外部事件。任何影响将取决于装置所受到的影响和装置的性质。向地下设施提供的服务也可能受到人为外部事件的影响。

11.7. 监管机构可就分级方法的应用规定其他标准。例如，燃料损坏、放射性排放或辐射照射可能是感兴趣的条件或指标。

11.8. 分级方法的应用应基于以下信息：

- (a) 装置的当前安全分析报告（如果有），这应该是主要的信息来源；
- (b) 已进行的人为外部事件危害评定的结果；
- (c) 第 11.4 段和第 11.5 段所列装置的特征。

11.9. 分级方法的应用应基于装置的分类。这可能是在设计阶段或以后执行的。分类标准一般而言应基于设施排放放射性物质的放射性后果，从极低的放射性后果到潜在的严重放射性后果不等。可选地，分类范围可以从设施本身内的放射性后果，到局限于设施场址边界的放射性后果，到对公众和场外环境的放射性后果。

11.10. 可根据国家实践和标准界定三类或三类以上的核装置。例如，可以定义以下类别：

- (a) 最低危害类别包括下列核装置：至少应对常规设施（如医院等基础设施）或危害设施（如石油化工厂、化工厂）适用国家建造规范；
- (b) 最高危害类别包括标准和应适用核电厂的法规；
- (c) 通常至少有一个中间类别的危害装置，至少应使用专门用于危害设施的代码。中间类别的数目将取决于该设施的性质以及该场址是否有一个或多个核装置或机组。

11.11. 在对核装置应用分级方法时, 应该注意的是, 核电厂以外的设施可能没有足够的内在健稳性来抵御人为外部事件。通过设计来保护它们免受某些事故(例如大型飞机坠毁)的影响也可能成本过高。对于新的核装置, 应在早期阶段采取必要的预防措施, 通过适当的选址来保护核装置, 从而为最主要的人为外部事件提供足够的筛选距离值。

11.12. 应根据以下建议进行人为外部事件危害评定:

- (a) 用于最低危害类别的装置(例如零功率研究堆), 人为外部事件危害评定可能基于国家建筑规范和标准, 如为国家内重要设施制定的;
- (b) 对于处于最高危害类别的装置, 人为外部事件危害评定应以与核电厂相同的方式实施;
- (c) 对于属于中等危害类别的装置(例如低至中等功率的研究堆), 可适用以下规定:
  - (i) 如采用与本“安全导则”所述方法相似的方法进行人为外部事件危害评价, 则在设计该等装置时, 可根据装置的设计规定, 在设计阶段采用较低的人为外部事件危害水平(即低于核电厂的危害水平);
  - (ii) 如果发现本“安全导则”推荐的数据库和方法对于所讨论的核装置来说过于复杂、耗时和苛刻, 则可以使用简化的人为外部事件危害评价方法。在这种情况下, 最终用于设计装置的危害参数应与减少的数据库和简化的方法相称, 同时考虑到这两个因素都有增加不确定性的趋势。

## 12. 管理系统在人为外部事件评价的应用

12.1. SSR-1[1]要求 2 规定: “**场址评价应按照管理系统, 以全面、系统、有计划和有文件记录的方式进行。**”

12.2. 需要根据原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号《安全的领导和管理》[20]建立、应用和维护管理系统。它应适用于在核装置场址评价中与人为外部事件相关危害评定相关的活动。

## 人为外部事件评价的项目管理方面

12.3. 应制定一项解决人为外部事件问题的项目工作计划，该计划至少应涉及以下议题：

- (a) 项目的目标和范围；
- (b) 适用的法规和标准；
- (c) 组织项目管理的作用和责任；
- (d) 工作细目、流程和任务、时间表和里程碑；
- (e) 不同类型任务（例如数据收集任务、分析任务）和所涉及的学科，特别是不同类型的人为外部事件所需的各种专家，以及所有必要的输入和输出；
- (f) 项目可交付成果和报告程序。

12.4. 项目范围应确定与核装置安全相关的人为外部事件产生的所有危害，并将在项目框架内进行调查（另见 SSR-1[1]要求 3）。如果某些人为外部事件不含在范围内，应提供正当性。

12.5. 项目工作计划应包括与项目相关所有要求的描述，包括与被认为在项目范围内所有危害相关的适用监管要求。在营运组织进行人为外部事件危害评定之前，监管机构应评审这些监管要求的适用性。

12.6. 应明确确定和描述所有涉及较低层级法律（如监管指导文件、行业规范和标准）的方针和方法。如果咨询专家以更好地捕捉认知不确定性，研究主办方应根据项目要求选择这些方法的复杂程度。应在项目工作计划中明确说明将要使用的方针和方法的细节。

12.7. 为确保项目的质量，应采用以下管理系统流程（见原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号《设施和活动管理系统的适用》[21]）：

- (a) 文件控制；
- (b) 产品的控制；
- (c) 测量和试验设备的控制；
- (d) 记录的控制；
- (e) 分析的控制；

- (f) 购买（采购）；
- (g) 软件的验证和核实；
- (h) 监查（如自评、独立评定、评审）；
- (i) 不符合情况、纠正措施和预防措施的控制；
- (j) 包括实地调查、实验室试验、数据收集，以及对观测数据的分析和评价；
- (k) 参与项目专家之间互动的沟通过程。

12.8. 项目工作计划应确保在资源和时间表中有足够的规定，用于收集对进行人为外部事件危害评价可能很重要的新数据和/或分析。例如，如果在相关安全分析中的详细程度适合与来源相关的行业，但不足以评价核装置的危害，则可能会出现这种情况。

12.9. 确保与人为外部事件相关危害评价对用户（如同行评审员、营运组织、监管机构、设计人员、供应商、承包商和分包商）是可追踪和透明的文件应说明评价过程的所有要素，并包括以下信息：

- (a) 对研究参与者及其作用的说明；
- (b) 背景材料，包括数据收集和分析过程，以及文档以及来源显示地图；
- (c) 所使用的计算机软件以及输入和输出文件的说明；
- (d) 参考文献；
- (e) 支持处理不确定因素、意见和相关问题的所有文件讨论；
- (f) 中间计算和敏感性研究的结果。

该文件应由营运组织以可访问、可用和可监查的形式保存。

12.10. 文件和参考文献应确定人为外部事件危害评价中使用的所有信息来源，包括在哪里可以找到重要引文的信息以及其他可能难以获得的信息。分析中使用的未公布数据应以适当可访问和可用的形式包含在文档中。如果使用了出于安全或商业原因而受到限制的数据（见第 4.1 段），可能需要编写文件的编辑版本。然而，如果此类文件作为人为外部事件危害评价的一部分被使用或传递给其他人（例如同行评审员或核装置设计人员），项目组织应负责确保提供足够的信息，以便能够有效地执行任务，并符合核安全的最佳利益。

## 人为外部事件评价的工程用途和输出规范

12.11. 除了场址评价之外，通常还进行人为外部事件危害评价，以进行核装置的设计和/或安全评定。因此，人为外部事件危害评价的工作计划应确定评价的预期工程用途和目标，并应包含一个输出规范，描述研究的预期工程用途和目标所需的所有结果（另见第 4.1 段）。

## 人为外部事件评价的独立同行评审

12.12. SSR-1[1]第 3.4 段指出：“作为场址评价一部分进行的研究和调查的结果应记录得足够详细，以便进行独立评审。”

12.13. SSR-1[1]第 3.5 段指出：

“应对自然和人为外部危害和场址特定设计参数的评价以及核装置对人和环境潜在放射性影响的评价进行独立评审。”

12.14. 应进行和实施独立的同行评审，以确保 (i) 在进行人为外部事件危害评价时遵循了适当的流程；(ii) 分析解决并评价了所涉及的不确定性（认知的和偶然的）；以及 (iii) 文件完整且可追溯。

12.15. 独立同行评审组成员应具备必要的多学科专门知识，以处理人为外部事件危害评价的所有技术和过程相关方面。同行评审员不应该参与项目的其他方面，也不应该对结果有既得利益。同行评审的级别和类型可能会有所不同，这取决于人为外部事件危害评价的应用。

12.16. 应使用以下两种同行评审方法之一：参与式同行评审或后期同行评审。在人为外部事件评价过程中进行参与性同行评审，使评审员能够解决意见。在评价接近尾声时进行后期同行评审。参与式同行评审将降低评定在后期被发现不合适的可能性。



## 附 录

### 用于评价与人为外部事件相关危害的表格

A.1. 本附录中的表格提供了用于评价人为外部事件相关危害的信息。表 1 列出了人为外部事件的分类，表 2-4 提供了人为外部事件的识别、演变和可能的影响以及对核装置的潜在影响的信息。

**表 1. 人为外部事件的分类**

人为外部事件的范畴	一般筛选距离值 (见附件表 A-1)
(a) 危害物质的外部排放。这包括放射性和其他有害气体和液体、加压和液化气体以及易燃气体和液体	(1) (2) (3) (4)
(b) 外部爆炸。这可能是由于装有爆炸物质的运行设施和/或仓库和/或使用这些物质的过程造成了爆炸可能性增加的情况。	(1) (2) (4)
(c) 外部火灾	(1) (3)
(d) 飞机坠毁。这包括为危害评定目的对不同类型的飞机进行分类，对某一场址附近的飞机飞行进行表征，并对飞机坠毁事件进行建模，以便对危害进行参数化和量化，在对飞机飞行进行表征时，还应包括空中走廊。	(5)
(e) 不含飞机坠毁的外部运输事件。这些可能来自公路和铁路车辆、管道、内河驳船和海船。这类危害通常直接由撞击事件引起，撞击事件会导致有害气体的排放，以及火灾和爆炸事件。	(1) (2) (3) (4)
(f) 其他人为外部事件。其中包括 (a)–(e) 中未包括的固定和移动源引起的危害。这包括沉降、电磁干扰以及轰炸和射击场。	不适用于沉降和电磁干扰； (6) 用于轰炸和射击场

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
固定来源			
(1) 炼油厂、化工厂、存储库、广播网、采矿或采石作业、水坝和码头设施、泥炭和森林、其他核装置、地下储气库、水力压裂、核装置附近的地面工程	(a) 有害物质的外部排放	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性或有毒物质</li> <li>— 附近核装置的放射性排放</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 所有物质的数量和性质以及物理特性、化学、放射化学、闪点、毒性或其他危害影响的定义</li> <li>— 附近核装置的详细信息（如类型、功率）</li> <li>— 最大可信排放，或频率与数量排放关系</li> <li>— 该区域的气象和地形特征</li> <li>— 地下流动—地质渗流和流动路线以及物质集中的机会</li> <li>— 来源所在地的现有防护措施（如堤岸）</li> </ul>



表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息（续）

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
			— 允许确定可燃来源的排放速率的参数 （如易燃碳氢化合物池的蒸发率和易燃气体排放率）
			— 核装置的类型和特点
(b)	外部爆炸	— 爆燃波（过压）	— 爆炸物质的性质
		— 爆震波	— 最大可信压力（过高/过低）和来源位置的热排放，或爆炸频率与严重程度之间的关系
		— 沸腾液体膨胀蒸汽爆炸	— 本区域的气象和地形特征
		— 放热化学反应	— 来源位置的现有防护措施（如防爆墙）
		— 粉尘爆炸	

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息（续）

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
(c)	外部火灾	— 碳氢化合物火灾	— 易燃物质（如烟灰、有毒产品）的性质和热排放
		— 碳氢化合物以外的化学火灾	— 闪点、空气中的可燃性浓度或其他点火标准
(d)	飞机坠毁	— 见(3)	— 最可靠的物质或热排放，或火灾频率与严重程度 — 本区域的气象和地形特征
		— 见(4)	— 来源位置的现有防护措施（如防火隔离带）
(e)	不含飞机坠毁的外部运输事件	— 见(4)	— 见(4)(e)
		— 见(4)	— 移动来源的次数、类型和路线

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息 (续)

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
(f)	其他人为外部事件	— 发射物和飞行物	— 飞行物或飞行物的性质 (例如质量、初速、弹道)
		— 地面沉降	— 最大可信飞行物或飞行物或排放频率
		— 电磁干扰	— 毗邻地面工程的位置及性质
		— 轰炸和射击场	— 地下工程的位置及性质
		— 杂项	— 本区域的气象和地形特征
			— 相关的地质、水文地质和岩土条件
			— 电磁辐射的频率和能量
			— 在辐射来源位置现有的防止电磁干扰的防护措施
			— 采矿及水力压裂详情
			— 见(1)(a)
(2)	军事设施 (永久和临时)	(a) 危险物质的外部排放	— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、毒性或放射性物质
			— 放射性物质

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息 (续)

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
(b)	外部爆炸	— 爆燃	— 见(1)(b)
		— 爆炸	
		— 粉尘爆炸	
(c)	外部火灾	— 碳氢化合物火灾	— 见(1)(c)
		— 化学火灾	
(d)	飞机坠毁	— 见(3)	— 见(3)(d)
			— 进出来源的次数、类型和路线
(e)	不含飞机坠毁的 外部运输事件	— 见(4)	— 见(4)(e)
			— 进出来源的次数、类型和路线
(f)	其他人为外部事 件	— 发射物和飞射物	— 见(1)(f)
		— 电磁干扰	
		— 轰炸和射击场	

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息（续）

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
固定来源			
(3) 机场设施、空中交通	(a) 危害物质的外部排放	— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、毒性或放射性物质	— 见(1)(a)
	(b) 外部爆炸	— 爆燃 — 爆轰	— 见(1)(b)
	(c) 外部火灾	— 碳氢化合物火灾	— 见(1)(c)
	(d) 飞机坠毁	— 始发事件(3)(a、b、c、f) — 与起飞和着陆相关的飞机坠毁事件 — 飞机坠毁的其他原因（如背景坠毁率、航空）	— (3)(a、b、c、f) 中未涵盖的资料 — 飞机的类型和特征 — 从机场起飞的飞机移动和航班频率 — 跑道方向、长度和位置

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息（续）

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
			— 起飞、降落和操纵用机场许可证
			— 航空运输类型和班次
			— 气道的位罝、高度和横截面特征
			— 限制、监管和其他形式空域的位置和特征
			— 飞机的类型和特征（例如质量、燃料负载、飞行各阶段的速度）
			— 国家和区域飞机坠毁数据
(e)	不含飞机坠毁的外部运输事件	— 见 (4)	
(f)	其他人为外部事件	— 发射物、发射物和无人驾驶飞机	— 见(1)(f)

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息（续）

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
(4) 铁路列车、货车、公路车辆、船舶、驳船、管道	(a) 危害物质的外部排放	— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、放射性物质	— 见 (1)(a)
		— 冷却水进水构筑物堵塞、污染（如漏油）	— 运输路线的位置和最接近核装置场址的点
		— 或损坏	— 这些路线周围区域的相关地形特征，这些特征可能会影响排放物的扩散和危害特性
			— 这条路线周围可能影响排放物扩散和危害特性的相关测深、潮汐和河流条件
(b) 外部爆炸	— 爆燃	— 见 (1)(b)	
	— 爆炸	— 该区域的潮汐和水深特征	
(c) 外部火灾	— 碳水化合物火灾	— 见 (1)(c)	
	— 化学火灾	— 近海和近岸地区的潮汐和水深特征	
(d) 飞机坠毁	— 见 (3)		

表 2. 识别人为外部事件的来源、事件类别、人为外部事件和来源相关信息 (续)

来源类型	事件类别	人为外部事件	拟收集相关来源的相关信息
(e)	不含飞机	— 始发事件 (4) (a、b、c、f) 中未涉及的事件	— (4) (a、b、c、f) 中未涵盖的资料
	坠毁的外	— c、f) 中未涉及的事件	— 通道路线及频率
	部运输事	— 车辆或船舶撞击	— 通道 (如公路、铁路、航道)
	件	— 车辆脱轨或方向错误	— 管道和相关泵站的位置和路线
		— 道泄漏危害物质	— 频率、类型和路线
(f)	其他人为	— 发射物和飞射物	— 来和往来源的移动
	外部事件	— 电磁干扰	— 现有的防护措施
			— 车辆、船舶及路线
			— 交通事故数据



表 3. 人为外部事件来源的演变及其对核装置的可能影响

事件类别	人为外部事件	核装置场址可能存在的危害	对核装置可能产生的影响 (见表 4)
(a) 危害物质的外部排放	— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性或有毒物质	— 云团或液体可以飘向核装置，在到达核装置内外之前或之后燃烧或爆炸	(5) (6) (8)
	— 附近核装置排放放射性物质	— 云团或液体也可能迁移到一些区域，影响运行人员或对安全重要物项	
	— 爆炸	— 对核装置运行人员的辐射照射	
	— 碳氢化合物火灾		
	— 其他类型的化学火灾		
	— 发射物和飞射物		
(b) 外部爆炸	— 爆燃	— 爆炸压力波	(1) (2) (3) (4) (7) (8)
	— 爆轰	— 发射物	
	— 粉尘爆炸	— 爆炸产生的烟雾、气体和尘埃会飘向核装置	
	— 易燃物质的排放、爆炸、窒息、腐蚀性、毒性或放射性物质		

表 3. 人为外部事件来源的演变及其对核装置的可能影响 (续)

事件类别	人为外部事件	核装置场址可能存在的危害	对核装置可能产生的影响 (见表 4)	
(c) 外部火灾	— 碳氢化合物火灾			
	— 化学火灾, 但不含碳氢化合物			
	— 发射物和飞射物			
	— 碳氢化合物火灾	— 相关的火焰和火灾; 火花可以点燃其他的火灾	(3) (4) (5)	
	— 碳氢化合物以外的化学火灾	— 烟雾和燃烧气体会飘向核装置		
	— 爆炸	— 热 (热通量)		
	— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、毒性或放射性物质			
	— 发射物和飞射物			
	(d) 飞机坠毁	— 与起飞和着陆相关的飞机坠毁	— 主要影响: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 对结构的冲击损坏, 包括穿孔、贯穿</li> </ul>	(1) (2) (3) (4) (6)
		— 飞机坠毁的其他原因: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 背景飞机坠毁率, 航空公司</li> </ul>		

表 3. 人为外部事件来源的演变及其对核装置的可能影响（续）

事件类别	人为外部事件	核装置场址可能存在的危害	对核装置可能产生的影响（见表 4）
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 易燃、易爆、腐蚀性、毒性或放射性物质的排放</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 整体稳定性 — 次生影响：</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 爆炸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 次生飞射物从弹着点射出并广泛散落</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 碳氢化合物火灾</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 易燃液体从撞击点迅速扩散，包括从飞机喷出时排放的液体动量对结构造成冲击损坏</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 飞射物</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 火和爆炸产生热和爆炸效果，并产生三级飞射物</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 排放作为货物运输的危害物质</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地面震动</li> </ul>	

表 3. 人为外部事件来源的演变及其对核装置的可能影响（续）

事件类别	人为外部事件	核装置场址可能存在的危害	对核装置可能产生的影响（见表 4）	
(e) 不含飞机坠毁的外部运输事件	— 车辆撞击	— 直接撞击损坏	(2) (4) (7) (8) (11)	
	— 车辆脱轨或误导	— 次生飞射物		
	— 排放易燃、易爆、窒息、腐蚀性、毒性或放射性物质	— 火灾 — 燃料罐或货物爆炸		
	— 冷却水进水口构筑物堵塞、污染（如溢油）或损坏			
	— 爆炸			
	— 碳氢化合物火灾			
	— 碳氢化合物以外的化学火灾			
	— 发射物和飞射物			

表 3. 人为外部事件来源的演变及其对核装置的可能影响 (续)

事件类别	人为外部事件	核装置场址可能存在的危害	对核装置可能产生的影响 (见表 4)
(f) 其他人为外部事件	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 发射物和飞射物</li> <li>— 沉降</li> <li>— 电磁干扰</li> <li>— 大量放水或改变水道</li> <li>— 轰炸和射击场</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 飞射物撞击构筑物</li> <li>— 构筑物下地面破坏</li> <li>— 核电厂被淹, 或地下水位发生变化</li> <li>— 对结构和设备的直接损坏</li> <li>— 火作为次生效应</li> <li>— 电气设备周围的电磁场导致故障、失灵或虚假电信号</li> </ul>	(2) (7) (8) (9) (10) (11)

表 4. 对核装置的影响和后果

对核装置可能产生的危害影响	负载表征参数	危害影响的后果
(1) 压力波	— 作为时间函数的装置处的局部超压	— 结构部件损坏或倒塌或系统和部件中断
(2) 投射物	— 核装置位置的撞击能量（质量、速度）	— 次生危害（如火灾、爆炸、有害物质泄漏）
	— 罗盘方向和从水平方向接近的角度	— 结构损坏（如穿孔、贯穿、剥落、结瘤、结构倒塌或故障）
	— 飞射物在安全重要结构中的硬度和贯穿能力（例如形状、尺寸、材料类型）	— 感应振动
	— 来源所在地的现有防护措施	— 丧失应急和/或安全相关运行人员操作的通道或出口
(3) 加热	— 最大温度通量和持续时间	— 次生危害（如火灾、爆炸、有害物质泄漏）
		— 控制室的可居住性受损
		— 系统或部件的破坏
		— 结构损坏
		— 点燃可燃物
		— 次生影响（如火花、火灾、烟雾）

表 4. 对核装置的影响和后果 (续)

对核装置可能产生的危害影响	负载表征参数	危害影响的后果
(4) 烟尘	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 成分</li> <li>— 作为时间函数的浓度和数量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 进气滤清器和柴油机油空气滤清器堵塞</li> <li>— 控制室和其他对核装置安全重要区域的可居住性受损</li> </ul>
(5) 窒息性有毒物质	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 浓度和数量随时间的变化</li> <li>— 环境条件下的挥发性</li> <li>— 毒性和窒息限度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 对运行人员的威胁以及对主控室和对核装置安全重要其他区域的可居住性受损</li> <li>— 运行人员丧失工作能力或执行安全相关任务的能力下降</li> </ul>
(6) 腐蚀性和放射性液体、气体和气溶胶	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 浓度和数量随时间的变化</li> <li>— 腐蚀性、放射性限值</li> <li>— 来源 (海洋、陆地)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 对运行人员的威胁和对核装置安全重要地区的可居住性受损</li> <li>— 系统或部件的腐蚀和破坏, 强度丧失</li> <li>— 电气短路</li> <li>— 堵塞取水口、地盘排水沟</li> <li>— 妨碍履行安全职能</li> </ul>
(7) 地面震动	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 振动运动的频率反应谱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— 机械损坏</li> </ul>

表 4. 对核装置的影响和后果 (续)

对核装置可能产生的危害影响	负载表征参数	危害影响的后果
(8) 洪水或干旱	— 地盘高于主水道或平均海平面的高度	— 洪水对结构、系统和部件造成的损坏
	— 水位随时间的变化	— 对结构、系统和部件的直接损坏或因水冲击造成的故障
	— 撞击水的速度	— 结构、系统和部件损坏, 或因电气短路等次生影响而出现功能故障
(9) 沉降作用	— 沉降、差异沉降、沉降率	— 需要水的安全功能丧失 (在干旱情况下)
	— 现有工程缓解措施 (现有场址) 或预期措施 (新场址)	— 结构倒塌、结构、系统和部件 (包括埋地系统和设施) 的破坏或故障
	— 磁干扰防护的频带和能量额定值	— 次生危害 (如火灾、爆炸、有害物质泄漏)
(10) 电磁干扰	— 对安全重要物项中的不正确或虚假的电信号导致虚假的操作或动作	— 对安全重要物项中的不正确或虚假的电信号导致虚假的操作或动作
(11) 对取水口的损坏	— 现有工程缓解措施 (现有场址) 或预期措施 (新场址)	— 冷却水不可用
	— 船舶质量、损失货物、撞击速度和面积、堵塞程度	— 冷却水不可用



## 参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《核装置场址评价》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-1 号，国际原子能机构，维也纳（2019 年）。
- [2] 国际原子能机构《核设施场址评价的地震危害》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-9（Rev.1）号，国际原子能机构，维也纳（2022 年）。
- [3] 国际原子能机构《核装置场址评价中气象和水文危害》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-18 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [4] 国际原子能机构《核装置场址评价中火山危害》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-21 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [5] 国际原子能机构《核电厂放射性物质在空气和水中的扩散与场址评价中人口分布的考虑》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。（修订版编写中）
- [6] 国际原子能机构《核电厂场址评价和地基的岩土工程问题》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.6 号，国际原子能机构，维也纳（修订版编写中）。
- [7] 国际原子能机构《核设施非地震的外部事件设计》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-68 号，国际原子能机构，维也纳（2021 年）。
- [8] 国际原子能机构、联合国环境计划署，《核电厂运行中的内外部危害防护》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-77 号，国际原子能机构，维也纳（2022 年）。
- [9] 国际原子能机构《核安全与安保术语：用于核安全、核安保、辐射防护、应急准备与响应》2022 年（过渡版），国际原子能机构，维也纳（2022 年）
- [10] 国际原子能机构《关于核材料和核设施实物保护的核安保建议》（《情况通报》第 INFCIRC/225/Revision 5）号，国际原子能机构《核安保丛书》第 13 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。

- [11] 国际原子能机构《核材料和核设施的实物保护》(INFCIRC/225/Rev.5 实施), 国际原子能机构《核安保丛书》第 27-G 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2018 年)。
- [12] 国际原子能机构《核设施寿期中安保》, 国际原子能机构《核安保丛书》第 35-G 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2019 年)。
- [13] 国际原子能机构《国家核安全威胁评定、设计基准威胁和代表性威胁声明》, 国际原子能机构《核安保丛书》第 10-G (Rev.1) 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2021 年)。
- [14] 国际原子能机构《保护核电厂免受破坏的工程安保问题》, 国际原子能机构《核安保丛书》第 4 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2007 年)。
- [15] 国际原子能机构《核设施重要区域的识别》, 国际原子能机构《核安保丛书》第 16 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2012 年)。
- [16] 国际原子能机构《研究堆的安全》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-3 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2016 年)。
- [17] 国际原子能机构《核燃料循环设施的安全》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-4 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2017 年)。
- [18] 国际原子能机构《核电厂在人为外部事件中的安全问题: 结构评订》, 国际原子能机构《技术报告丛书》第 87 号, 维也纳 (2018 年)。
- [19] 国际原子能机构《核电厂在人为外部事件中的安全问题: 一般考虑因素》, 国际原子能机构《技术报告丛书》第 87 号, 维也纳 (2017 年)。
- [20] 国际原子能机构《安全的领导和管理》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2016 年)。
- [21] 国际原子能机构《设施和活动管理系统的适用》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2006 年)。(修订版编写中)

## 附 件

### 典型的一般筛选距离值

A-1. 表 A-1 提供了一些国家对具有标准化设计的大型核电厂使用的典型通用筛选距离值。这些通用筛选值可用作确定以核装置场址为中心来源区域的基准。通用筛选距离值是保守的。当使用这些值时，需要确保它们适用于可能发生在所考虑每个来源的人为外部事件。

**表 A-1. 典型的一般筛选距离值**

来源	一般筛选距离值
(1) 贮存或处理易燃、腐蚀性或爆炸性物料的设施	5-10 公里
(2) 危害云、蒸汽或气体的来源	8-10 公里
(3) 火的来源，如森林、泥炭、低挥发性易燃物质的存储区（特别是碳氢化合物储罐）、木材或塑料、生产或存储此类材料的工厂、其运输线路和植被	1-2 公里
(4) 存储弹药的军事设施	8 公里
(5) 飞机坠毁事件：	
(i) 因区内一般空中交通而在场址发生飞机坠毁（第 1 类飞机坠毁）	不适用， 见第 8.11 段
(ii) 因在附近机场进行起飞或降落操作而在场址发生飞机坠毁（第 2 类飞机坠毁）	8 公里
(iii) 主要民用交通走廊和军事飞行区的空中交通在场址造成飞机坠毁（第 3 类飞机坠毁）	4 公里
(6) 与军事设施或空域使用的距离，如轰炸和射击场	30 公里



## 参与起草和审订人员

Altinyollar, A.	国际原子能机构
Blahoianu, A.	顾问（加拿大）
Coman, O.	国际原子能机构
Contri P.	国际原子能机构
Ford, P.	顾问（英国）
Guerpinar, A.	顾问（土耳其）
Guinard, L.	法国电力公司
Guner, B.	土耳其核监管局
Henkel, F.O.	顾问（德国）
Mahmood, H.	顾问（巴基斯坦）
Morita, S.	经济合作与发展组织核能机构
Orbovic, N.	加拿大核安全委员会
Preece, A.	英国核监管办公室



## 当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从我们的主要经销商或当地主要书商处购买。  
未定价出版物应直接向国际原子能机构发订单。

### 定价出版物订单

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商：

#### **Eurospan**

1 Bedford Row  
London WC1R 4BU  
United Kingdom

交易订单和查询：

电话：+44 (0) 1235 465576

电子信箱：trade.orders@marston.co.uk

个人订单：

电话：+44 (0) 1235 465577

电子信箱：direct.orders@marston.co.uk

网址：www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息：

电话：+44 (0) 207 240 0856

电子信箱：info@eurospan.co.uk

网址：www.eurospan.co.uk

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至：

Publishing Section  
International Atomic Energy Agency  
Vienna International Centre  
PO Box 100

1400 Vienna, Austria

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

电子信箱：sales.publications@iaea.org

网址：<https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>







通过国际标准促进安全

国际原子能机构  
维也纳