

# 国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

## 核电厂运行中的内外部 危害防护

特定安全导则

第 SSG-77 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，国际原子能机构授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。

# 核电厂运行中的内外部危害防护

## 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
芬兰	荷兰王国	越南
法国	新西兰	也门
加蓬	尼加拉瓜	赞比亚
冈比亚	尼日尔	津巴布韦
	尼日利亚	
	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-77 号

# 核电厂运行中的内外部危害防护

## 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內容。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

### 核电厂运行中的内外部危害防护

国际原子能机构，奥地利，2024 年 8 月

STI/PUB/1991

ISBN 978-92-0-535123-0（简装书：碱性纸）

978-92-0-534923-7（pdf 格式）

EPUB 978-92-0-535023-3

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險的安全标准”。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环境提供高水平的保护，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）。

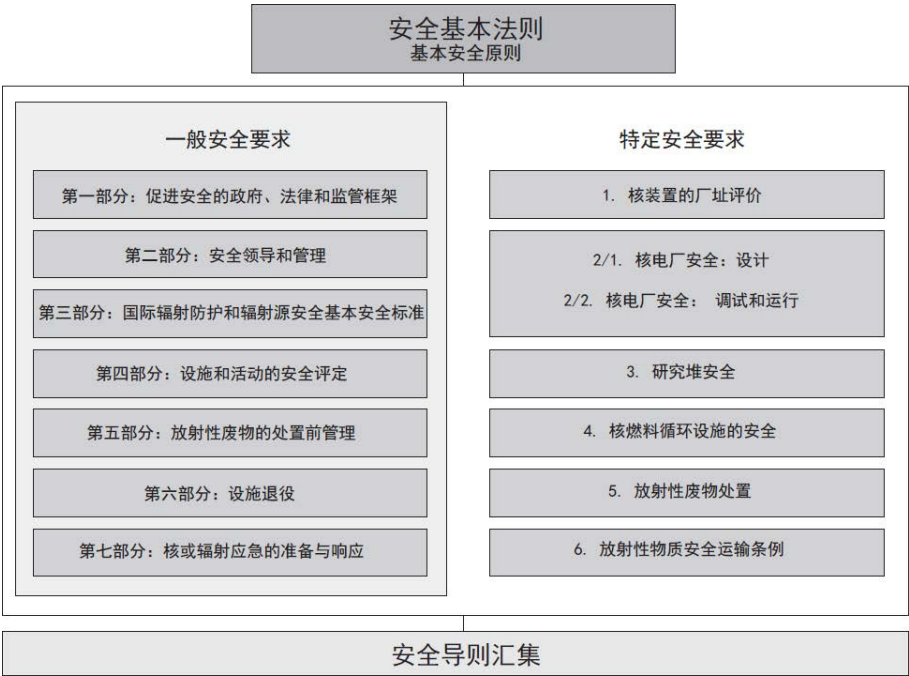


图 1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

<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。

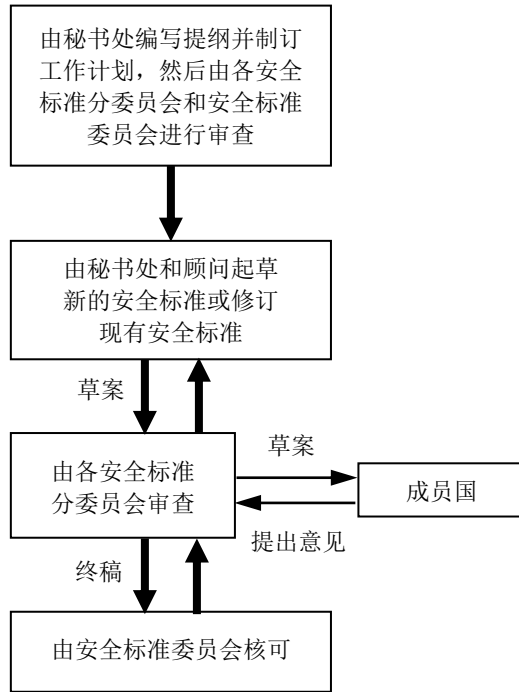


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

## 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 (1.1-1.6).....	1
目的 (1.7, 1.8).....	2
范围 (1.9-1.15).....	2
结构 (1.16).....	3
<b>2. 核电厂内外部危害管理的一般注意事项 (2.1-2.20) .....</b>	<b>4</b>
纵深防御在危害管理中的应用 (2.21-2.23).....	8
<b>3. 管理系统在危害管理中的应用 .....</b>	<b>9</b>
危害管理的管理责任 (3.1-3.7).....	9
危害管理的过程实施和资源管理 (3.8-3.21).....	10
危害管理决策 (3.22-3.26).....	11
<b>4. 确保核电厂运行中安全应对内部危害 (4.1-4.8) .....</b>	<b>13</b>
关于特定内部危害的建议 (4.9, 4.10) .....	14
<b>5. 确保核电厂运行中安全应对外部危害 (5.1-5.13) .....</b>	<b>15</b>
关于特定外部危害的建议 (5.14) .....	17
<b>6. 危害组合的危害管理 (6.1-6.10) .....</b>	<b>18</b>
<b>7. 危害管理的定期更新 (7.1-7.11) .....</b>	<b>20</b>
<b>8. 危害管理中的物料控制与内务管理 (8.1-8.6) .....</b>	<b>21</b>
<b>9. 预防、防护和缓解危害措施的维护、试验、监视和视察 (9.1-9.7) .....</b>	<b>22</b>
<b>10. 危害管理人员培训 (10.1-10.9) .....</b>	<b>24</b>
演习和演练 (10.10-10.13).....	29
<b>附录 I 为防护内部危害而进行危害管理应考虑的技术问题.....</b>	<b>31</b>
<b>附录 II 为防护外部危害而进行危害管理应考虑的技术问题 .....</b>	<b>48</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>63</b>
<b>参与起草和审订人员 .....</b>	<b>67</b>





# 1. 引言

## 背景

1.1. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/2 (Rev.1) 号《核电厂安全：调试和运行》[1]规定了核电厂运行的要求，而原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/1 (Rev.1) 号《核电厂安全：设计》[2]规定了核电厂设计的要求。

1.2. 本“安全导则”就核电厂运行中的内部和外部危害提供了特定的防护建议。本“安全导则”提供了新的或更新的建议，这些建议源于对危害和危害组合运行方面的进一步理解。

1.3. 本“安全导则”包括以下内容：

- (a) 成员国监管实践方面的进展、安全评审团的反馈以及最近对外部事件影响的研究结果；
- (b) 考虑到从外部事件中查明的经验教训，在成员国核电厂运行方面取得的进展；
- (c) 从事件和事故中获得的运行经验；
- (d) 关于电厂和场址与内部和外部危害相关的特定特点的见解，以及在各种危害分析和概率安全评定中确定的针对这些查明危害的防护措施的改进。

1.4. 本“安全导则”使用的术语应按照原子能机构《安全术语》[3]定义和解释来理解。

1.5. 其他安全导则提供了关于在核电厂设计中防护内部和外部危害的建议，是对本“安全导则”的补充。这些安全导则包括原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-64 号《核电厂设计中内部危害防护》[4]、第 SSG-67 号《核装置抗震设计》[5]和第 SSG-68 号《核装置设计中的非地震外部事件》[6]。

1.6. 从世界各地核电厂事件和事故中获得的运行经验表明，火灾仍然是许多会员国的一个重要风险因素。然而，在核电厂的设计和运行中，还必须考虑到其他一些内部和外部危害。本“安全导则”取代并扩大了原子能

机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.1 号《核电厂运行中的火灾安全》<sup>1</sup> 的范围，纳入了关于这些其他危害的建议。

## 目的

1.7. 本“安全导则”的目的是就核电厂的运行提出建议，以准备、预防、防护、缓解和应对内部和外部危害，包括这些危害的影响，以满足 SSR-2/2 (Rev.1) [1]规定的要求。

1.8. 本“安全导则”的建议主要针对核电厂的营运组织和监管机构。这些建议也可能对参与核电厂设计、建造、调试、运行和退役的其他相关各方，包括技术支持组织、供应商公司（如设计师、工程承包商、制造商）、为支持核电厂提供服务的研究机构和大学，以及参与缓解此类危害的组织。

## 范围

1.9. 本“安全导则”适用于按照 SSR-2/1 (Rev.1) [2]和 SSR-2/2 (Rev.1) [1]规定的要求以及 SSG-64[4]、SSG-67[5]和 SSG-68[6]规定的建议设计和运行的水冷核电厂。对于由其他介质冷却的反应堆，本“安全导则”的一些建议可能不完全适用，因为这些建议的应用取决于特定的反应堆技术以及与内部和外部危害相关的风险。

1.10. 本“安全导则”为内部火灾危害提供了详细的建议，这是大多数核电厂的一个重要风险因素。对其他危害建议的详细应用将根据现场的特定情况而定，本“安全导则”还提供了适用于广泛范围的内部和外部危害的高层级建议。

1.11. 本“安全导则”提供的建议是针对新的和现有的核电厂。对于按照早期标准设计或运行的水冷核电厂，预计在其安全评定中将与现行标准进行比较，以确定是否可以通过合理可行的安全改进来进一步加强该电厂的安全运行（见 SSR-2/1 (Rev.1) [2]第 1.3 段）。

---

<sup>1</sup> 国际原子能机构《核电厂运行中的火灾安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.1 号，国际原子能机构，维也纳（2000 年）。

1.12. 本“安全导则”不特定涉及与对人员的非放射性危害或常规工业安全相关的安全风险，除非此类风险可能影响核电厂的安全。

1.13. 本“安全导则”不涉及不直接影响核电厂安全的社会危害或病理性危害（如流行病）。<sup>2</sup>

1.14. 本“安全导则”不涉及由现场人员或外部对手蓄意恶意的人的行为引起的内部和外部假想始发事件。原子能机构《核安保丛书》第 13 号《关于核材料和核设施实物保护的核安保建议》（INFCIRC/225/Revision 5）[8] 提供了关于这一问题的指导，第 35-G 号《核设施寿期内的安保》[9]，第 4 号《保护核电厂免受破坏的工程安保方面》[10]。

1.15. SSR-2/2（Rev.1）[1]第 5.1 段指出：“安全和安保措施的设计和实施应以不相互损害的方式进行。”本“安全导则”涉及安全与核安保之间的接口，因为它们涉及保护核电厂免受内部和外部危害。

## 结构

1.16. 第 2 部分提供了核电厂内部和外部危害管理的一般考虑因素；第 3 部分重点介绍了危害管理的管理系统；第 4 部分和第 5 部分分别提出了确保安全防护内部和外部危害的建议；第 6 部分为内部和外部危害的组合提供了危害管理建议；第 7 部分提出了更新危害管理的建议；第 8 部分就危害管理中的物料控制和内务管理提出了建议；第 9 部分就预防、防护和缓解危害措施的维护、试验、监视和视察提出了建议；第 10 部分提出了对人员进行危害管理培训的建议。附录 I 和附录 II 分别提供了在防护内部和外部危害时应考虑技术方面的详细信息。

---

<sup>2</sup> 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-72 号《核电厂营运组织》[7]提出了确保人员安全和核电厂在传染病或大流行病等可能无法提供大量人员的情况下安全运行的建议。

## 2. 核电厂内外部危害管理的一般注意事项

2.1. 内部危害是指对核电厂安全的危害，这些危害来自场址边界内，并与营运组织控制下的设施和活动故障相关。外部危害是指来自于场址边界以外和在营运组织控制下活动之外的危害，营运组织对其控制很少或没有控制，但可能对设施或活动的安全产生影响。在本“安全导则”，术语“危害”指内部和外部危害以及这些危害的组合，除非特别注明。SSR-2/1(Rev.1) [2]第 5.16 段和第 5.17 段提供了内部和外部危害的示例，并在 SSG-64[4]附录 I 中讨论了危害的组合。

2.2. “危害管理”术语是指一套预防、防护和缓解危害的运行过程和措施，以及应对危害影响的策略，以确保核电厂的安全运行。核电厂中的危害预防、防护和缓解特点通常是安全系统和安全特点，但它们还可能包括最初未安装或设计为安全系统或安全功能的系统和功能。危害管理还包括危害准备、响应和恢复行动。

2.3. SSR-2/2 (Rev.1) [1]规定了核电厂运行中危害管理的相关要求。

2.4. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 2 规定：“**营运组织应建立、实施、评定和不断改进综合管理系统。**”综合管理系统应包括危害管理。危害管理的目的应该是预防、缓解和应对危害，减少共因故障的可能性。第 3 部分介绍了在电厂管理系统中集成危害管理的考虑因素。

2.5. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 11 规定：“**营运组织应建立和实施一项管理改进计划。**”作为管理改进计划的一部分，营运组织应在必要时保持和更新所有预防、防护和缓解危害的特点。第 3 部分和第 7 部分提供了危害管理建议及其与改造相关的评审。危害管理的运行程序应符合原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-71 号《核电厂改造》[11]<sup>3</sup> 的建议。

2.6. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 12 规定：

**“在电厂的整个使用寿命期内，营运组织应根据监管要求对电厂进行系统的安全评定，并适当考虑到运行经验和来自所有相关来源的重要新安全信息。”**

---

<sup>3</sup> SSG-71[11]为电厂改造计划提供了特定建议，包括与危害管理措施相关的程序，如对工业危害的特定安全考虑和改造期间的临时应急程序。

第 7 部分提出了通过定期安全评审和更新危害分析以及开发危害管理的建议。危害管理的运行程序应根据原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-25 号《核电厂定期安全评审》[12]提出的建议。

2.7. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 18 规定：“**营运组织应为核或辐射紧急情况准备和响应制定应急计划。**”SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 19 规定：“**营运组织应制定、定期评审和必要时修订事故管理计划。**”

2.8. 危害管理和危害管理中的决策应与电厂的应急准备和响应安排以及事故管理计划相协调，以确保电厂能够应对由内部或外部危害引起的事件，并缓解这些事件的后果。原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 7 号《核或辐射应急准备与响应》[13]，规定了应急准备和响应的要求，关于核或辐射紧急情况准备的建议见原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号《核或辐射应急准备的安排》[14]，原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[15]提出了核或辐射紧急情况下职业辐射防护的建议。危害管理的运行程序应符合原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-54 号《核电厂事故管理计划》[16]提出的建议。危害预防、防护和缓解功能包括固定或非永久性设备，用于在外部危害造成的事故期间恢复安全功能并达到和维持安全状态[16]。

2.9. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 22 规定：“**营运组织应作出安排，确保火灾安全。**”SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 5.21 段进一步指出：

“营运组织为确保火灾安全所作的安排，应当包括：充分的火灾安全管理，预防火灾发生，发现并迅速扑灭任何确实开始的火灾，预防尚未扑灭的火灾蔓延，并为电厂安全停堆所必需的结构、系统和部件提供防火保护。此类安排应包括但不限于：

- (a) 纵深防御原则的应用；
- (b) 控制可燃物和火源，特别是在大修期间；
- (c) 防火措施的维护、试验、监视和视察；
- (d) 建立人工消防能力；
- (e) 电厂人员的职责分配、培训和演习；
- (f) 评定电厂改造对火灾安全措施的影响。”

附录 I 第 I.2—I.52 段提供了特定涉及火灾安全的危害管理建议。应特别注意为火灾安全适用纵深防御原则（见第 2.23 段）。

2.10. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 23 规定：

**“营运组织应制定并实施一项计划，以确保与参与电厂活动人员的非放射性相关危害相关的安全相关风险保持合理可达尽量低。”**

SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 5.26 段进一步指出[脚注略]：

“非放射性相关的安全计划应包括计划、实施、监控和评审相关预防和预防措施的安排，并应与核安全和辐射安全计划相结合。”

营运组织在实施危害管理时应考虑工业危害。

2.11. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 26 规定：

**“应根据营运组织的政策和监管机构的要求，制定全面适用于正常运行、预计运行事件和事故工况（反应堆及其相关设施）的运行程序。”**

应根据 SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 7.1—7.6 段的要求制定危害管理运行程序。危害管理运行程序应符合原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-70 号《核电厂运行限值和条件及运行程序》[17]提出的建议。

2.12. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 28 规定：“**营运组织应制定和实施计划，在所有工作区域保持高标准的物质条件、内务管理和清洁。**” SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 7.10 段进一步指出：

“应建立行政控制，以确保运行场所和设备得到维护、照明良好和无障碍，并对临时贮存加以控制和限制。损坏的设备（例如，由于泄漏、腐蚀斑点、部件松动或隔热损坏）应予以确定和报告，缺陷应及时纠正。”

营运组织在制定和实施计划以保持适当的物质条件和内务管理时，应考虑潜在的危害、危害的发展和危害的后果。营运组织应始终保持适当的内务管理，即使只有在预测到特定外部危害的时候，某些行动才是重要的。危

害管理的运行规定应符合原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-76 号《核电厂运行实施》[18]<sup>4</sup> 建议。

2.13. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 31 规定：“**营运组织应确保建立和实施有效的维护、试验、监视和视察计划。**”营运组织应查明在维护、试验、监视和视察活动中可能出现的内部危害。在开展危害管理时，应考虑到这些内部危害。开发时应同时考虑内部和外部危害的危害管理维护、试验、监视和视察计划。危害管理的运行程序应符合原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-74 号《核电厂维护、试验、监视和视察》[19]<sup>5</sup> 建议。

2.14. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 32 规定：“**营运组织应制定和实施安排，以确保在大修期间有效地执行、计划和控制工作活动。**”营运组织应查明在大修期间，包括在低功率和停堆模式下可能产生的危害。危害管理应考虑到电厂工况的动态变化—包括结构、系统和部件的变化—以及诸如安全系统或安全特点的可用性和在大修和停堆期间增加的资源需求（如增加工作人员、可燃物、脚手架或车辆）等因素。在这方面，危害管理还应考虑到翻修所需的长期关闭，以便能够长期运行。

2.15. SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 33 规定：

**“除非监管机构另有批准，营运组织应编写退役计划，并应在电厂的整个寿期内保持该计划，以证明退役可以安全地完成，并以符合特定结束状态的方式完成。”**

营运组织应确保危害管理纳入退役计划，并应考虑到退役期间评定危害的任何变化。

2.16. 危害管理应考虑在多机组场址的每个反应堆机组发生的危害。它还应包括对本地或邻近核电厂危害的考虑，即使这些核电厂是由不同的营运组织运行的。危害管理还应处理与使用共用乏燃料水池相关的危害。

---

<sup>4</sup> SSG-76[18]为电厂运行的管理计划提供了特定建议，包括与危害管理相关的程序，如危害的运行限值和条件和/或程序、危害期间电厂人员之间的沟通、监控危害迹象的轮班、防火偏差、水淹防护特点的状况、地震约束、不安全部件和内务管理。

<sup>5</sup> SSG-74[19]为维护、试验、监视和视察计划提供了特定建议，包括与危害管理相关的程序，如火灾控制的工作控制和行政程序；对缓解和应对危害设备的监视计划；以及限制火灾、水淹、地震、飞射物和有害物质排放风险的管理。

2.17. 危害可能导致放射性物质和相关危害物质的排放，引发可能导致设备故障、降低屏障性能或降低预防有害影响手段的内部或外部事件。

2.18. 虽然预防危害或其影响引发预计运行事件可能是不实际或不可能的，但危害管理应确保在可行的范围内，危害不会引发更严重的电厂状态，从而导致事故工况。例如，危害管理可以帮助预防单一火灾事件导致多个安全系统故障。

2.19. 在计划和进行视察时应考虑危害。应当对用于探测危害、预防或缓解危害以及应对危害或危害影响的设备和特点进行视察。

2.20. 危害管理的运行程序也应符合 SSG-72[7]和原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-75 号《核电厂员工的招聘、资格和培训》[20]提出的建议。

## 纵深防御在危害管理中的应用

2.21. 根据纵深防御的目标，营运组织应制定程序，以操作各种危害的预防、防护和缓解特点，并应执行应对危害影响的策略，以确保所有电厂状态保持基本安全功能。

2.22. 为了保护电厂免受危害，营运组织应遵循运行期间适用的纵深防御方法，如 SSR-2/1 (Rev.1) [2]要求 7 所述，通过维护工程设计的安全特点、确保安全系统的自动启动和适当的运行人员运行以及维护系统、结构和部件相结合，并执行 SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 26 所述的运行程序。运行程序为工程设计的安全功能提供了额外的支持，以实现危害的纵深防御（通过对意外故障的监控、警告和提醒电厂人员），并在事后管理和评定中提供支持。

2.23. 根据 SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 22 和 SSR-2/1 (Rev.1) [2]要求 7，营运组织应核实内部火灾危害纵深防御概念是否符合相应的运行限值和条件（见附录 I 第 I.2—1.4 段）。



### 3. 管理系统在危害管理中的应用

#### 危害管理的管理责任

3.1. 营运组织应建立一套危害管理措施，以确保通过适当的设计和运行活动，包括根据 SSG-64[4]，在综合管理系统中预防和缓解危害或危害可信组合的影响并应对其后果，从而保护电厂免受危害。

3.2. 营运组织应能够在个别危害或危害可信组合的影响期间和之后维持核电厂的基本安全功能。营运组织应利用一切可用资源应对危害影响，并减少这些影响传播、变得更加严重或危及基本安全功能的可能性。

3.3. 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》[21]，参与建立、实施和管理危害管理人员的作用和责任必须在管理系统中加以界定、记录和更新。还应记录、执行和更新这些职责的授权安排。关于核装置管理系统的进一步建议见原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.5 号《核装置管理系统》[22]。

3.4. 营运组织应确定组织机构、流程、特定职责和人员权限级别，必要时还应确定参与组织内危害管理的人员之间以及与外部组织之间的接口。这些确定外部组织应考虑到特定的场址挑战、电厂设计方面以及区域和国家政府结构。

3.5. 电厂管理层负责在预测危害工况时及时部署防护措施。在任何事件发生之前，营运组织应确定并建立必要的人员配置水平、人员能力以及缓解和应对危害所需的人员角色和责任。

3.6. 营运组织应建立和记录危害管理的计划和规程，并确保电厂人员在这些计划和规程中接受培训和资格认定。在这些计划和规程的制定和应用过程中，营运组织应包括工程、运行、维护、技术支持和应急响应等各现场部门或部门的人员，并应酌情考虑外部组织（如供应商）的意见。营运组织还应确保在任何时候都有足够数量的称职和合格工作人员，以便在发生危害和诱发影响时，在运行状态和事故工况下安全地运行电厂[18]。

3.7. 营运组织应组织一个应对小组，在使用设备缓解危害和应对后果方面具备适当的资格、技能和培训（见第 10 部分）。

## 危害管理的过程实施和资源管理

3.8. 危害管理必须与核电厂的核安全和辐射安全计划相结合（见 SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 8 和要求 17—24）。

3.9. 应根据 SSR-2/2 (Rev.1) [1]规定的要求，以安全评定为基础，建立一套危害管理措施的结构、文件并与电厂的管理系统相关联。关于电厂运行管理的进一步建议见 SSG-72[7]，关于制定危害管理措施运行程序的建议见 SSG-76[18]。

3.10. 将危害防护措施纳入电厂管理系统应根据危害及其潜在影响的程度采取分级方法[21]。需要考虑的因素还包括特定场址的危害及其潜在影响的程度、开展针对这些危害的保护活动所需努力的范围和难度、相关流程的数量、流程的重叠以及资源的优化。

3.11. 危害管理和危害管理决策应与包括在电厂应急准备和响应安排以及事故管理计划中的指导和行动相协调。关于核或辐射紧急情况准备工作的要求见 GSR Part 7[13]、GS-G-2.1[14]提出了建议。关于事故管理的建议见 SSG-54[16]。

3.12. 危害管理应考虑并包括以下方面的流程、程序和措施：

- (a) 危害预防；
- (b) 危害探测；
- (c) 危害或危害的可信组合的防护和缓解影响；
- (d) 应对危害影响的策略，包括为无限期应对不利情况而采取的措施。

3.13. 应保持危害管理，使其在电厂的整个寿期内仍然适用于电厂并与之相关。危害管理应定期评审，并在必要时更新，以考虑电厂的任何变化（包括电厂改造）、场址特征的变化、研究和开发的结果、新的科学知识以及从电厂或其他电厂的运行经验中吸取的教训和最佳实践。应利用这一定期评审的结果，及时查明和实施对危害管理的任何切实可行的设计修改和变更，包括组织安排、策略和措施。

3.14. 危害管理运行程序应规定电厂人员与任何外部组织（如执法组织、场外消防队员）的角色、职责和任务。

3.15. 应对危害影响的策略应作为危害管理的一部分加以制定。这些策略应考虑到场址周围区域的基础设施，如公路、铁路、电网接口、沟通和水源，以及靠近水道、区域人口中心和地方工业的情况。应特别考虑可能对场址形成挑战的基础设施，或其本身可能受到危害影响的基础设施，如果这些基础设施是作为应对危害影响策略的一部分而依赖的话。

3.16. 危害管理应确定相关的外部资源和组织—如地方政府、应急服务和响应组织—以及这些区域外部组织可提供支助的类型和数量，以及与这些组织的联络点和沟通方法。

3.17. 应制定预警规程，计划与外部组织的合作，并在演练中进行培训（见第 10 部分）。应试验与外部组织的沟通，通信规程应由营运组织定期更新。

3.18. 营运组织应针对不同类型的危害建立单独的（或综合的，在适当的情况下）程序。这些程序应向工作人员提供明确的指示，说明如果观察到危害的先兆或迹象，或如果发生始发事件的危害先兆，应采取哪些行动。

3.19. 营运组织和外部组织的应急安排应确保特别考虑到由于危害引起的事件而有放射性排放风险的情况。目的应该是达到应急响应目标，如 GSR Part 7[13]所述。

3.20. 危害管理应以绩效为基础，也就是说，该方法应界定一个期望的结果和明确、客观和可衡量的标准，以确定该结果是否已经实现。

3.21. 危害管理应包括确保保护负责执行危害防护和缓解措施以及应对危害影响策略的人员的规定。这些规定应包括营运组织和外部组织人员的辐射防护，这些人员将在电厂（如场外消防员）。关于保护工作人员的建议见 GSG-7[15]。

## 危害管理决策

3.22. 根据 GSR Part 2[21]规定的要求，营运组织必须发展和保持对与核电厂相关的辐射风险和危害的了解。

3.23. 电厂管理层应了解安全系统和安全特点以及危害预防、防护和缓解特点如何受到危害的不利影响，同时考虑到安全评定和分级方法[23]。这包括对危害管理措施的理解，以提高电厂对危害的复原力。

3.24. 电厂管理层应了解，某些核安全特点也可能受到危害的影响或启动缓解危害措施的不利影响。

3.25. 为了满足 GSR Part 2[21]规定的要求，营运组织应确保电厂管理层保持能够启动既定的计划、流程和程序，以保护电厂免受危害，并准备实施缓解危害的措施和策略，以应对危害的影响。<sup>6</sup> 应酌情考虑以下方面：

- (a) 与区域和国家外部组织的合作。营运组织应尽早与适当的外部组织建立沟通安排，以便能够及时预测危害，将其作为决策过程的投入，并确保可以启动危害管理措施，如消防或运输可能贮存在场外的设备（如排水泵）。本“安全导则”第 4 部分和第 5 部分提供了与外部组织进行这种合作的进一步示例；
- (b) 核安保方面。危害管理应与核安保专家协商制定，并应包括向核安保人员通报对核安保特点的任何修改和发生任何危害的程序，以确保执行必要的行动。参考文献[8—10、24]提供了关于核安保的进一步导则；
- (c) 多机组场址。对于坐落在同一场址或相邻场址的多个反应堆机组，无论它们是由同一或不同的营运组织运营，营运组织都应考虑场址和组织结构如何影响危害缓解措施和应对危害影响的策略，特别是对可预测的危害。营运组织应确保与同一场址或邻近场址的其他营运组织进行适当的合作。

3.26. 当发生危害事件或预测危害工况时，营运组织应启动危害应对程序，以确保以下情况：

- (a) 及时启动适当级别的响应；
- (b) 执行具有时间敏感性的行动，并确认这些行动是为了管理危害带来的风险；
- (c) 确定所需的任何支助（例如外部组织的支助、应急支助设备、专业人员）；
- (d) 维护相应电厂工况所需的基本安全功能；
- (e) 如果某一特定行动无法执行，则对替代行动的标识。

---

<sup>6</sup> 为了做到这一点，营运组织可以创建一份关于每个管理计划所包含过程的概览文件，并在这些计划中添加适当的信息，以便进行有效的决策。关于热带风暴的这种概览文件或核对表的一个示例见附录 II 第 II.32.段。

## 4. 确保核电厂运行中安全应对内部危害

4.1. 核电厂的设计（SSR-2/1（Rev.1）[2]）和运行（SSR-2/2（Rev.1）[1]）必须考虑到内部危害。

4.2. 根据原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4（Rev.1）号《设施和活动安全评定》[23]要求 10，初始危害分析必须是设计阶段的一部分。通过工程安全特点的设计和建造，可以减少内部危害发生的频率，并在很大程度上缓解其影响。这种初始危害分析应加以补充，以考虑到预防、防护、缓解和应对内部危害的运行程序。在电厂设计和针对内部危害的安全评定中（见 SSR-2/1（Rev.1）[2]要求 17 和原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-3 号《制定和实施核电厂一级概率安全评定》[25]），以及在电厂的运行中，还必须考虑到场址的特定方面（特别是对于多机组场址或有多个辐射源的场址）。

4.3. 内部危害的危害分析和危害管理运行程序应在电厂寿命周期内定期更新，以反映从运行经验中吸取的教训（见第 7 部分）。

4.4. 危害分析应考虑所有可信的内部危害对结构、系统和部件的影响。这种危害分析将是危害管理的一部分（见第 3 部分）。SSG-64[4]和 SSG-3[25]提出了在核电厂设计和安全评定中防护内部危害的建议。

4.5. 危害管理应包括部署人员和设备的策略以及这些策略的程序性执行。当需要部署额外的人员或设备以缓解危害时，危害管理应规定与外部组织沟通的手段，并应包括对人员的培训和实践演练（见第 10 部分）。

4.6. 应加强对物料和内务管理的行政和程序控制（见第 8 部分），作为风险增加期间（例如大修期间、实施改造期间）危害管理的一部分，以确保预防、防护和缓解危害的功能不会降低。

4.7. 危害管理应界定人员在控制行动中的作用，以应对危害的挑战。工作人员应能够实施防护措施，通过调整系统或设备来降低特定危害的影响程度，或作为应对危害对电厂影响策略的一部分，通过启动现场行动来解决危害的影响。

4.8. 针对内部危害的危害管理应包括下列要素，这些要素应适应每种危害的特定特征：

- (a) 确定与危害和潜在后果相称的响应级别；
- (b) 确定适合于危害的警报或监控系统和设备；
- (c) 确定和评定由危害引起的安全挑战和功能挑战（例如对保护免受危害所需特定设备的挑战）；
- (d) 制定和实施维护和视察设备的程序，以应对和缓解危害的影响；
- (e) 制定和执行与外部组织沟通的标准和规程；
- (f) 对人员进行培训，以确保开发必要的技能，执行预防、防护和缓解危害的措施；
- (g) 确定缓解危害影响所需的设备和工具。

## 关于特定内部危害的建议

4.9. SSG-64[4]提供了与设计相关的内部危害方面的建议。对于所有可信的内部危害，包括合并危害（见第 6 部分），第 4.1—4.8 段提供的一般性建议均适用。

4.10. 附录 I 并非详尽无遗，但为下列常见内部危害的危害管理提供了详细建议：

- (a) 内部火灾；
- (b) 内部爆炸；
- (c) 内部飞射物；
- (d) 管道破裂（包括继发性后果，如管鞭、射流效应、水淹和压力积聚）；
- (e) 内部水淹；
- (f) 重物坠落；
- (g) 电磁干扰；
- (h) 电厂内有害物质的排放。

## 5. 确保核电厂运行中安全应对外部危害

5.1. 为防护外部危害而进行危害管理应以确定场址特定的外部危害和电厂的脆弱性为基础。这些危害和弱点是通过或与之相关的，例如，场址评价、电厂设计、定期安全评审、运行经验评价，以及（如适用）外部危害的概率安全评定来确定的。根据对这些危害影响的评价，在危害管理中也应考虑比设计中考虑的危害程度更为严重的危害程度，作为与事故管理的接口。SSG-67[5]和 SSG-68[6]提供了与外部危害相关的设计方面的建议，包括危害分析。SSG-3[25]提供了外部危害的安全评定建议。营运组织应考虑外部危害的设计和安全评定结果，安全评定中的任何变化应作为危害管理定期更新过程的一部分进行评审（见第 7 部分）。

5.2. 在危害管理中评价的外部危害影响的基础上，应确定防护和缓解影响的措施，以提高应对外部危害影响策略的可行性。

5.3. 在制定防护外部危害的流程和程序之前，营运组织应制定流程和程序，以确保监控气象预报，并在预测到与天气相关的危害工况（例如沿海洪水、严重风暴、龙卷风）时及时采取适当行动。对于可预测或部分可预测的危害<sup>7</sup>，营运组织应采取第 3.26 段指出的危害应对程序，确保场址准备及时。为反映现场情况，营运组织应记录和维护现场气象条件和水位数据，为地方一级提供更好的预测和预报。

5.4. 营运组织应考虑到在场内或场外区域发生的事件（例如人口和交通的临时增加、外部组织的派遣计划、第三方活动如集会团体或示威游行），制定事先有效通知外部组织的规程。该通知规程应为营运组织和外部组织提供实施事前和事后行动的明确指导。

5.5. 危害管理应包括部署人员和设备的策略以及这些策略的程序性执行。

---

<sup>7</sup> 有效预测或预报的基础包括通过正式方法和预测技术收集的事实，这些方法和技术用于创建数据。由此产生的预测可从专门制作和提供这种预测的国家和区域组织获得。场址监控可以支持这些信息。在此基础上可以有一定的信心作出决定。

5.6. 对于风险增加的时期（例如大修期间、实施改造期间），应加强对材料和内务管理的行政和程序控制（见第 8 部分），以确保危害防护和缓解措施不会减少。

5.7. 外部危害的危害管理应包括下列要素，这些要素应适应每种危害的特定特点：

- (a) 确定预测危害的现实能力和/或预测危害的提前时间（见第 5.10 段），以及与所确定的危害和潜在后果相称的应对标准；
- (b) 确定适合于危害的警报或监控系统和设备；
- (c) 确定和评定危害对基本安全功能造成的潜在挑战（例如，可能需要加以保护以防护危害的特定设备物项）；
- (d) 制定和执行一项运行策略，以应对带有警告的事件（例如支持预期行动的程序），同时考虑到某些外部自然灾害的频率和/或危害程度的季节性模式；
- (e) 制定和实施维护和视察应对和缓解危害所需设备的程序，并在危害工况过去后证明结构、系统和部件的持续功能能力；
- (f) 制定和执行一项策略，以便在没有预警的情况下对事件作出响应（例如，在地震事件之后清除碎片）；
- (g) 制定和执行与外部组织通信的规程；
- (h) 培训人员，以确保开发必要的技能，以执行缓解危害的措施。

5.8. 营运组织应建立运行程序，描述与每一外部危害相对应的事件之前、期间和之后的行动，包括危害影响场址之前的任何准备行动。营运组织应根据 SSG-64[4]定义并考虑到初始危害可能产生的所有额外危害，还应定义危害的可信组合（见第 6 部分）。

5.9. 营运组织应采取行动，在事故发生前（对于预测事件）或在事故发生期间，对于影响现场易受攻击或敏感部分的外部危害，缓解整个现场危害影响的传播。这些行动应包括确保现场进入路线可用，或在现场进入路线受到危害影响时提供替代方式（如乘船或直升飞机）。为确保现场访问路线的可用性，营运组织应建立与外部组织有效通信和通知的规程。在制定危害管理运行程序时，应考虑到因危害而造成人员不利的工作条件。应考虑到人员的安全，特别是在事件期间。



5.10. 预测外部危害的能力各不相同。一些外部危害—例如地震事件、飞机坠毁和工业事故—通常是不可预测的，危害管理应该假设不会有任何警告。根据现象和预测的提前时间，还可以预测其他危害。例如，某些大型河流系统的外部洪水可以提前几天到几周以相当准确的速度预报。热带和温带风暴引起的沿海洪水可以提前几小时到几天预报。利用气压的分布，可以提前数小时预报形成严重风暴和龙卷风的有利条件，但相关这种现象的准确位置和强度的警报可能很少。危害管理应考虑对每个可信的外部危害的预测能力，并应制定与各自预测能力相一致的危害防护和缓解措施以及应对危害影响策略。这些措施应包括采取行动，将松动的物料或不安全的设备固定在一起，以尽量减少危害影响（例如强风或龙卷风），以及移走下列物项：可预防适当的场址排水（例如在大雨或风暴潮的情况下）。通信和通知规程应确保人员了解特定危害的可能性。

5.11. 根据预测外部危害（包括危害组合）的能力以及与外部组织和机构的沟通情况，电厂停堆或大修应被视为事件前的行动，特别是在可能发生电厂停电或最终散热器丧失的情况下。

5.12. 根据外部危害的预期严重程度和可用时间，营运组织应考虑按照既定的疏散程序疏散所有非必要的电厂人员。

5.13. 在国家或区域危害警告取消后，营运组织应采取任何必要行动使电厂恢复正常运行，包括酌情采取视察和治理行动，以确保恢复充分的保护。这包括以有控制的方式将临时指派处理危害的任何人员回归其正常职责。

## 关于特定外部危害的建议

5.14. 对于所有外部危害，第 5.1—5.13 段提供的建议均适用。附录 II 并非详尽无遗，但为下列常见外部危害的危害管理提供了更详细的建议：

- (a) 地震危害；
- (b) 外部洪水（即风暴潮和海啸）；
- (c) 外部洪水（即河流和溪流的洪水，以及极端降水事件造成的洪水）；
- (d) 极端大风；
- (e) 其他极端气象条件；
- (f) 火山；

- (g) 外部火灾；
- (h) 外部爆炸；
- (i) 有害物质（例如有毒、放射性、易燃、腐蚀性或窒息性化学品及其空气和液体混合物，包括附近或核电厂场址的核装置或其他装置无意中排放的物质）；
- (j) 飞机坠毁；
- (k) 电磁干扰，包括太阳风暴；
- (l) 生物现象；
- (m) 进水口和最终散热器部件上的漂浮物和有害液体的危害。

## 6. 危害组合的危害管理

6.1. 本“安全导则”提供了关于开发基于绩效的方法来管理危害组合的建议。它没有规定每个特定组合的步骤，也没有规定如何确定哪些危害组合是可信的。

6.2. 根据 SSG-64[4]，危害管理应考虑到危害组合的影响，以及针对这些危害组合的缓解策略。附录 I 和附录 II 给出了在危害组合的危害管理中考虑的一些示例。

6.3. 在危害管理中应考虑电厂设计和适用法规所定义的外部—外部事件、外部—内部事件和内部—内部事件的可信危害组合，包括不相关的组合所产生的任何后果。

6.4. 危害管理的目标应该是确保电厂能够承受危害及其影响的任何可信组合的影响。危害管理应包括关于危害组合如何改变电厂的总体情况以及如何处理这些情况的信息。各种危害组合可以改变缓解危害的措施和应对危害影响策略、运行程序、所需的特殊缓解危害的设备、需要参与的内部和外部组织、通信规程以及在事件发生后任何退化或损坏的缓解危害特点的恢复。

6.5. 营运组织应评审运行程序的适用性和对每一单一危害的必要缓解设备的部署，同时考虑到现场适用的可信危害组合的潜在影响。应予以考虑确保单一危害的运行程序不包含相互冲突的说明，如果危害是合并发生的，

这些说明可能会导致混乱。例如，针对某一种危害缓解设备不应存储在可能受到另一种随后危害影响的区域，以便在两种危害同时发生的情况下使用设备。

6.6. 如果发生了安全评定中没有预料到的事件组合，则应适用预防性保守危害应对程序（见第 3.26 段）。例如，对于事件组合发生时正在运行的电厂，营运组织应考虑停堆或降功率。然后，工作人员应按照 SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 19 和 SSG-54[16]提供的建议，遵循整个现场的事故管理计划。例如，预测和考虑被归类为不相关（即独立）事件[4]危害组合可能是不合适的，除非在安全评定中表明这些事件组合具有足够的可能性[6]。营运组织在应对安全评定中没有预料到的此类事件时，应保持态势警觉，并应利用判断来确保基本安全功能得以维持。这种情况意识还应包括对响应组织的绩效及其在响应时运行工况的考虑。

6.7. 营运组织应意识到一种危害的缓解可能导致其他危害的发生（即间接或相关的危害）。

6.8. 与电厂人员或外部组织的通信规程应考虑到危害组合。在制定这些通信规程时，应考虑到基于特定电厂工况的各种危害组合影响。例如，不同的外部组织可能需要参与对某些危害的响应。如果存在多种危害，更多具有不同角色和责任的组织可能会参与应对。应考虑确保这些角色和责任不相互重叠或冲突。

6.9. 应采用系统的程序来确定和分类危害组合，以绩效为基础的方法。然后，应根据每个危害组合对电厂影响的重要性，筛选缓解危害的措施和应对危害影响的策略和发生频率。SSG-64[4]规定了三类危害组合：后果（后续）事件、相关事件和无关（独立）事件。例如，与独立事件产生的危害相比，应对后续事件产生危害的缓解危害措施和策略应得到更多的关注。

6.10. 对于已定义的危害组合，营运组织应考虑每种危害后果影响的持续时间，而不是危害本身的持续时间。例如，地震事件可能持续几十秒，但应对人员实施的危害管理总体措施可能持续几天或几周。如果在地震事件后的维护期间发生了严重的降雨事件，缓解降雨事件的措施可能与电厂在正常工况下运行时的措施不同。电厂人员对这些工况的响应不仅应基于单一危害的响应标准，还应基于与这些危害组合相关的特定管理措施。

## 7. 危害管理的定期更新

7.1. 应持续了解危害对电厂的潜在影响和维护基本安全功能的重要性。应考虑对外部危害进行持续或频繁的定期监控，危害管理应在整个电厂寿命周期内定期更新。

7.2. 危害分析和危害管理的方法应与电厂设计基准和设计假设相一致。在下列情况下应评审和更新危害管理：

- (a) 如果根据 SSG-64[4]确定了额外的危害或危害组合；
- (b) 如果对最初考虑危害的严重性或在电厂寿命的特定阶段承受这种危害的能力进行了重新评定；
- (c) 作为原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-48 号《核电厂的老化管理和长期运行计划的制定》[26]所述的老化管理和长期运行计划的一部分；
- (d) 作为重新申请许可证应用的一部分；
- (e) 如 SSG-25[12]所述，作为定期安全评审的一部分；
- (f) 如果关于某一场址特定事件新的或更新的信息表明，缓解危害措施或策略的当前设计基准和设计假设可能不充分，包括关于陡边效应或以前未查明或未处理的对纵深多层防御挑战的信息。

危害管理的更新应包括与其他电厂计划的协调，如监控计划或应急安排。

7.3. 危害管理应被视为对电厂总体安全评定的重要贡献，并应被用作运行决策的输入。

7.4. 营运组织还应考虑从电厂或其他地方已经发生的事件中获得的运行经验。关于实施运行经验计划以改进电厂设备、程序和培训的进一步建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-50 号《核装置运行经验反馈》[27]。

7.5. 如果发现外部危害缓解的安全裕度低和陡边效应的情况，营运组织应在合理时间内根据初始和定期安全评审确定并实施设计和程序建议。

7.6. 在定期更新危害管理流程和程序时，营运组织应考虑并处理对预防、防护和缓解危害十分重要的结构、系统和部件，包括便携式应急设备和非能动设计特点。结构、系统和部件老化的影响也应考虑在内。

7.7. 危害管理的程序、培训、演习和演练应定期验证，以确保它们与安全评定或安全分析中更新的设计假设或设计基准保持一致。流程或程序使用方面的任何变化应通知所有相关人员，必要时应反映在培训计划中。

7.8. 如果场址周围的民用基础设施发生任何变化，应对危害影响的策略应得到评审和更新。这些变化包括外部组织的联系信息、区域人口规模和这些人口与场址的距离、电网接口、运输路线和当地工业的变化。

7.9. 根据需要，应根据定期场址危害重新评定和定期安全评审的结果，确定和更新危害变化的潜在影响。关于定期更新气候变化潜在影响信息的建议见原子能机构《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》[28]。对于多机组场址可能需要额外的考虑。例如，极端大风的预期最高速度的变化可能会影响对共用同一开关站的多机组的场外电力潜在丧失的评价。在这种情况下，还需要评价共用开关站的所有机组的运行状态，例如，如果一个机组正在大修，而另一个机组正在满功率运行。

7.10. 在设备寿期内对设计或运行的变更（涉及设备和组织）应反映在危害管理中。危害管理流程和程序应在电厂改造后进行评审和更新。

7.11. 如果针对潜在危害影响提出的解决方案未在合理时间内实施，则应提供不实施解决方案的技术正当性，并由营运组织评审和记录此正当性。技术正当性应说明为在适当情况下保持可接受的纵深防御水平而提供的任何补偿特点。建议的解决方案还应包括在对电厂进行改造时对结构、系统和安全重要部件的影响。

## 8. 危害管理中的物料控制与内务管理

8.1. 对物料和内务管理的控制会影响危害的进程及其后果。

8.2. 危害管理应包括定期进行的特定电厂巡视程序，以及在事件之前和之后进行的程序。这些巡视的结果应该有适当的记录。这些巡视应确保预防、防护和缓解危害以及应对危害影响所需的结构、系统和部件到位并保持运行。例如逐项进行以下巡视：

- (a) 确保将非必要的易燃材料，包括点火源（例如火焰切割、焊接）从活动附近移走；

- (b) 确保现场有消防设备并可操作；
- (c) 确保涵洞保持畅通，因为涵洞会对现场排水系统的排水能力产生重大影响；
- (d) 确保松动的物料（尤其是重物）被清除或绑紧，因为如果发生极端大风，它们可能会形成气动飞射物。

当预测到外部危害（例如极端大风、洪水）时，其中一些行动特别重要，但需要在任何时候都进行适当的内务管理，即使只有在预测到外部危害时，一些行动才特别重要（见 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 28）。附录 I 和附录 II 给出了需要巡视和视察的进一步逐项行动的示例。

8.3. 危害管理应根据 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 28 确定物料管理和加强内务管理所需的措施。

8.4. 在风险增加的时候，例如预测到危害事件，应加强对各工作区域物料的控制。

8.5. 工作区域的内务管理程序应包括通过保护基本区域和设备来提高抗灾能力的特定活动。

8.6. 应在核电厂整个寿期的不同时间加强内务管理，包括风险增加的时期（例如大修前或实施改造后）。

## 9. 预防、防护和缓解危害措施的维护、试验、监视和视察

9.1. 根据 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 31，营运组织必须制定和实施一项全面计划，对危害预防、防护和缓解措施进行维护、试验、监视和视察。关于这些计划的进一步建议见 SSG-74[19]。

9.2. 监视计划应包括保持预防、防护和缓解危害的设计特点。营运组织应进行定期的视察和维护活动，以保持所有结构、系统和部件的完整性和功能可用性，这些结构、系统和部件对安全非常重要，旨在预防、防护和缓解危害。

9.3. 营运组织应为现场和电厂制定和维护一份危害防护措施清单，并应实施维护、试验、监视和视察活动，以确保这些措施的可用性。这些危害

防护措施的应用条件应记录在案。如果防护措施是从安全分析中推导出来的，危害防护措施的应用条件应当按照分析的结果或者假设来设定。如果不能满足这些条件，则应特定规定和实施替代措施，以保持适当的安全水平（见第 9.5 段），并应指明完成这些替代措施的时间。

9.4. 现场和设备的维护、试验、监视和视察应包括一般危害防护措施和针对特定危害的防护措施。应进行视察、维护和试验的危害防护和缓解特点包括：

- (a) 危害探测和警报系统；
- (b) 在发生危害时使用的通信系统；
- (c) 应急照明系统；
- (d) 缓解危害影响的现场移动设备和特点（例如，应急车辆、潜水泵、配备充足燃料的移动柴油发电机）；
- (e) 工程构筑物、配件和屏障（例如防火门、水密门、阻尼器、贯穿件）；
- (f) 危害应对人员的通道和逃生路线；
- (g) 呼吸防护用品等个人防护用品。

9.5. 维护、试验、监视和视察活动可以在设备大修或在线状态下进行。现场危害防护措施应辅之以替代措施，以便由于维护、试验、监视和视察，在这些原始措施的离线状态期间，不断保持适当的纵深防御水平。替代措施的一些示例如下：

- (a) 维持防火屏障、火灾危害监控设备和消防设备（例如，在维修火灾传感器期间指派一个防火值班<sup>8</sup>；在消防供水系统部分隔离的情况下，固定水管或灭火器）；
- (b) 确保防洪门或防洪减灾措施不会因钻孔缺乏密封或在维护期间缺乏替代屏障而受到损害；
- (c) 部署反应堆或乏燃料水池喷水事故管理设备和电源；
- (d) 部署应急响应人员。

---

<sup>8</sup> 防火值班是一个或多个负责对电厂活动或区域进行额外监控的人员，以探测火灾或确定存在火灾危害的活动和情况；这些人员在确定存在潜在火灾危害的条件或活动以及使用消防设备和适当的火灾通知程序方面接受培训。

9.6. 应特别考虑专用于减少危害的场外设备，例如：

- (a) 不在现场的防护屏障和其他危害防护措施（如堤坝）。这种防护屏障和危害防护措施可能不在营运组织的直接控制之下，因此其维护可能需要特殊安排；
- (b) 外部组织提供的或存储在场外的设备，以及可能用于缓解危害措施和应对危害影响策略的额外场外工程设备。此类设备应包括在维护、试验、监视和视察程序中；
- (c) 缓解危害设备。对于可预测或部分可预测的危害，营运组织应考虑对该设备进行事前视察和/或试验，以确保其在事件发生时的可用性。

9.7. 在维护和改造活动中，营运组织应考虑额外的可燃物和点火源（见附录 I 第 I.23—I.41 段）。

## 10. 危害管理人员培训

10.1. 在开始工作之前，营运组织的所有人员和临时分配到电厂的任何承包商人员都应接受关于可能影响电厂运行危害要素的培训。必须按照 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 7 进行人员培训。关于人员培训的建议见 SSG-75[20]。

10.2. 应为参与电厂运行、维护活动和缓解危害活动的人员，包括临时派往电厂的承包商人员，建立危害方面的专门培训。所提供的培训水平应与个体或群体所承担的作用相适应；可以向不同的个体或群体提供不同的培训课程。

10.3. 根据 SSR-2/2（Rev.1）[1]要求 7，营运组织必须确保人员具备与其在危害管理中的作用相称的适当技能，并熟悉应遵循的程序。

10.4. 培训应足以确保个人 (a) 了解其职责的重要性以及因误解或未尽责而产生错误的后果；(b) 了解并跟踪电厂状况的演变，包括意外的危害演变。应保持培训和资格的记录。此外，培训材料应酌情更新，并应反映当前的电厂配置和危害。

10.5. 对所有人员进行危害管理方面的培训应包括以下主题：



- (a) 电厂危害管理方法；
- (b) 对特定危害的总体认识（见第 10.7 段）；
- (c) 人员在事前、事中和事后进行危害管理的角色和责任；
- (d) 确定声光警报信号，包括火灾警报、海啸警报和适用于现场的其他警报；
- (e) 出口和应急疏散通道；
- (f) 如果预测到特定的外部危害，如极端环境温度、洪水或极端大风，需要推迟或停止某些电厂活动；
- (g) 报告危害的手段和为使工作安全而应采取的行动；
- (h) 提供不同类型的便携式或抗灾设备及其在初期阶段用于缓解危害影响的情况，这类设备可包括消防设备、防洪堤和通信设备（如卫星电话）。

10.6. 对授权相关工作活动的人员和可能被指派负责预防、防护或缓解危害人员的培训应包括以下主题：

- (a) 必须保持危害预防、防护和缓解功能（非能动和能动）的完整性和可运行性，并定期进行定期视察、设备的日常和应急维护以及设备和系统的定期功能试验；
- (b) 在电厂中安装的特定危害预防、防护和缓解设施的设计和运行，以便有效地维护设备的可运行性，以及危害分析的结果和假设（如适用）；
- (c) 计划中的设计变更和设备改造对危害的重要性，包括那些不影响设备鉴定和安全等级的变更和修改，以及这些变更对安全的直接和间接影响，以及对危害预防、防护和缓解功能（非能动和能动）的完整性或可运行性的任何影响；
- (d) 熟悉安全重要结构、系统和部件的实物位置，最好是通过电厂逐一行动；
- (e) 熟悉电厂危害预防、防护和缓解特点的实际位置；
- (f) 了解危害防护功能硬件的设计和试验要求，并了解安全评定或类似文件中规定的这些功能的目标，以确保负责评审电厂改造的人员认识到可能对危害预防、防护和缓解功能产生影响的问题。

10.7. 对负责签署或授权相关工作活动人员的熟悉和培训应涵盖关于预防、防护或缓解危害的特定专题，包括以下内容：

(a) 对于火灾危害：

- 如何控制可燃物和确保满足火灾负载<sup>9</sup>的面积限制；
- 了解潜在的点火源及其限制和控制，例如动火作业<sup>10</sup>中使用特殊的热加工许可证制度；
- 非能动防火措施的维护、试验、监视和视察，包括防火屏障及其能动元件，如门、阻尼器和其他贯穿件，以及考虑相应的相关工作实践；
- 对火灾探测、警报和报告手段的维护、试验、监视和视察，包括应采取的行动；
- 声光火灾警报信号的确定；
- 维护、试验、监视和视察通道和逃生手段以及发生火灾时的应急疏散通道；
- 疏散的指定集合点；
- 预防消防介质浸水造成的不利影响；
- 配备不同类型消防系统和设备的人工消防能力和自动消防能力，及其使用、维护、试验、监视和视察；
- 电厂的火灾安全政策；
- 对特定火灾危害（包括危害组合）、对火灾负载的限制以及必要时对相关辐射防护问题的认识；
- 对可燃物料和火源的控制，以及这些物料和火源对一个地区允许的火灾负载的潜在影响；
- 与动火作业相关的危害，如切割或焊接，可能是潜在的点火源；
- 工作许可证制度的规定，需要防火值班的特定情况，以及将潜在点火源引入含有安全重要结构、系统和部件的防火室<sup>11</sup>的风险；

---

<sup>9</sup> 火灾负载是空间内所有可燃物（包括墙壁、隔板、地板和天花板）完全燃烧所排放热能的总和。

<sup>10</sup> 动火作业是有可能引起火灾的工作，特别是涉及以下事项的工作：使用明火、钎焊、焊接、火焰切割、磨削或圆盘切割。这可能包括涉及使用加热装置、挥发性有机溶剂或电动工具的工作。

<sup>11</sup> 防火室是完全被防火屏障（即所有墙壁、地板和天花板）包围的厂房或厂房的一部分。

- 关于工作实施的指示和一般火灾安全培训，使人员能够容易地认识电厂的各种火灾危害，并能够理解将可燃物或点火源引入含有安全重要部件区域的影响；
  - 对动火作业的管制及动火作业对火灾安全的重要性，以及采取适当的额外或替代性防火、防护和缓解措施以维持防护屏障的指示和程序（例如火警监控，密闭空间的安全措施，区域通风系统，消防设备的视察、保养和维护）。
- (b) 对于内部水淹：
- 墙壁、地板和天花板上的屏障元件（例如门、其他贯穿件）和排水系统的可信运作，以防护内部水淹时水淹介质扩散的不利影响，包括其控制、视察和维护；
  - 临时仓库的楼面面积控制；
  - 在完成这些行动所需的时间内对不同地点的泄漏作出响应（例如检测、隔离）的能力；
  - 从淹没区或隔间抽水；
  - 设备在水淹条件下的运行；
  - 内部水淹危害分析的结果和假设。
- (c) 对于厂房外部洪水：
- 维护、试验、监视和视察需要保持水密以抵御外部洪水的厂房的房门、大门和贯穿件密封；
  - 对极端降水和洪水警报的认识，以及在防护外部洪水时考虑到这些警报的方法。
- (d) 对于地震危害：
- 重要的内务管理，以避免外来的杂物或松动的物项；
  - 意识到临时平台和脚手架（特别是在厂房内和靠近安全重要结构、系统和部件）可能倒塌，并有必要充分保护这些临时构筑物；
  - 关于演习和演练的信息，包括根据现场应急计划进行的迅速决策、通知、与外部组织沟通、停堆、工作控制、疏散和其他缓解行动方面的演习（见第 3.11 段和第 10.10 段）。

- (e) 对于极端大风和其他气象危害：
- 对极端降水、风暴和其他气象警报的认识，以及在防护极端大风和其他气象危害时考虑到这些警报的方法；
  - 认识到没有充分固定以抵御极端大风的物项和可能有倒塌危害的重型机械所带来的危害，以及这些物项可能成为气动飞射物的可能性，并认识到需要限制车辆停放和设备存储；
  - 工作控制和疏散程序，按照气象警戒级别执行；
  - 认识到临时平台和脚手架有可能倒塌，并有必要为这些临时结构提供充分的安全保障；
  - 与外部组织的通知和沟通。
- (f) 对于爆炸危害：
- 能动和非能动保护系统（例如气体探测器、防爆门、防爆板、房间和区域通风系统）；
  - 爆炸探测、警报和报告手段，以及应采取的行动；
  - 声光爆炸警报信号的识别；
  - 易燃气体管道控制的意义；
  - 与使用易燃或压缩气体或涉及电池充电活动相关的危害。

10.8. 某些活动可能导致涉及内部或外部危害的额外风险，因此，应向负责授权或开展此类活动的人员提供熟悉情况和培训。这些类型的额外风险的一些示例见第 10.9 段。

10.9. 负责授权组织开展涉及处理或管理放射性物质工作活动的人员应接受培训，以确保他们了解相关物项，包括以下内容：

- (a) 放射性物质类别说明，标签、标记、标牌、包装和隔离要求，放射性物质运输文件的目的地和内容，以及现有的应急响应文件；
- (b) 构成单一燃料或废物货包安全操作封套一部分的环境条件，以及确保在处理过程中不超过这些条件的要求；
- (c) 场址接收和传达关于可能影响人员安全装卸燃料或废物能力的可预测外部危害（例如外部洪水、气象和其他自然灾害）的警告或预报信息的手段；

- (d) 在燃料或废物处理过程中发生地震事件后为核实运输货包的完整性没有受到损害而采取的行动，接收设施和结构、系统和部件没有受到不可接受的影响，并且处理过程可以顺利完成。

## 演习和演练

10.10. 定期的演习和演练应充分切合实际，以便人员开发应对和应对可能发生危害工况的能力。演习或演练应模拟足够长的时间周期，以真实地反映电厂的响应和相关的信息传递，如有必要，应开发这些演习或演练以实践换班和模拟应对危害影响的策略。特别是关于外部危害的演习，应考虑到这些危害可能同时或相继影响现场的多机组。

10.11. 培训应涉及在不利环境条件下执行应对行动，必要时还应涉及压力对人员预期行为的影响。

10.12. 应系统地评定和记录演习的结果，为改进培训计划以及在适用情况下改进程序和指示提供反馈（见第 7.7 段）。

10.13. 具体而言，对于火灾危害，SSR-2/2 (Rev.1) [1]第 5.24 段指出：“应定期进行联合消防演习和演练，以评定火灾响应能力的有效性。”演习或演练应与参与的现场人员和酌情与场外消防队员一起进行（见附录 I）。



## 附录 I

### 为防护内部危害而进行危害管理应考虑的技术问题

I.1. 除了第 4 部分中提供的缓解和应对内部危害的一般性建议之外，本附录还提供了针对特定内部危害的危害管理要素的建议。

#### 内部火灾

##### 纵深防御

I.2. 为确保核电厂有足够的火灾安全，在核电厂的整个寿期内，应透过达致以下三个主要目标，维持适当的纵深防御水平：

- (a) 预防火灾发生；
- (b) 检测并迅速扑灭确实发生的火灾，从而限制损失；
- (c) 预防尚未扑灭的火灾蔓延，从而最大限度地减少其对电厂基本功能的影响。

I.3. 通过满足这三个目标，应确保以下几点：

- (a) 火灾发生的可能性被降低到合理可达尽量低限度；
- (b) 结构、系统和部件得到充分的保护，以确保一次火灾的后果不会导致这些结构、系统和部件丧失履行其预期安全功能的能力，同时考虑到能动防火特点最严重的一次故障的影响。关于消防系统结构、系统和部件安全分级的进一步建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-30 号《核电厂结构、系统和部件的安全分级》[29]。

I.4. 这三个纵深防御目标应通过防火和保护的设计、安装和运行相结合来实现特点，火灾安全管理，火灾预防和防护措施，质量保证和应急安排。这些方面将在以下段落中讨论。SSG-64[4]提供了关于内部火灾危害的设计相关方面的建议。

## 火灾安全管理

I.5. 营运组织应以书面形式明确规定参与火灾预防和防护、灭火活动和火灾缓解的所有人员的责任。

I.6. 从事与火灾安全相关活动的电厂人员应：(a) 具备适当的资格并接受过适当的培训，以便清楚地了解其特定的责任领域，以及这些领域如何与其他个人的责任相联系；(b) 了解错误的潜在后果。此外，从事火灾安全活动的外部人员（例如场外消防员）应接受适当培训，以便清楚了解相关核电厂的特定性质。

I.7. 为了促进持续改进，应鼓励和培训电厂人员和外部人员（如场外消防员）对其消防活动和责任采取严格的态度，并在执行任务时采取质疑的态度。

I.8. 应确定任何可能影响安全的火灾或消防设备故障或误操作的原因，并采取纠正措施以防护再次发生。应考虑其他电厂火灾的运行经验及其对火灾预防和防护的潜在影响。不同核电厂的营运组织之间（以及与监管机构之间）应就与火灾安全相关的核安全方面保持沟通和交流信息。

## 防火预防和防护

I.9. 应制定程序，以尽量减少易燃物的存在（即火灾负载）和在存有安全重要物项的区域和可能对安全重要物项造成火灾危害邻近区域的点火源数量。

I.10. 在整个电厂寿期内，应制定和实施有效的维护、试验、监视和视察程序，目的是确保持续最大限度地减少火灾负载，确保现有的探测、消防和缓解火灾影响功能的可靠性，包括已建立的防火屏障。应根据防火措施对安全的影响确定和设计防火措施（见 SSG-30[29]）。营运组织应解决已实施的缓解火灾影响的措施、能动保护手段（用于探测和扑灭火灾）和非能动保护手段（例如防火屏障）对安全的影响。

## 组织和职责

I.11. 营运组织应建立一个现场小组，特定负责确保火灾安全安排的持续有效性。协调火灾安全活动的责任应分配给个人，一般称为火灾安全协调员。



I.12. 火灾安全协调员应继续负责确保有效协调安全所必需的所有火灾安全活动和职能，以实现火灾预防和防护的目标。

## 火灾危害分析

I.13. 应为电厂进行全面的火灾危害分析，以实现以下目标（见 SSG-64[4]）：

- (a) 证明现有的防火措施（非能动和能动）是否足够，以保护包含对所有电厂状态的安全重要系统、结构和部件的区域；
- (b) 确定防火措施不足和需要采取纠正措施的任何特定区域；
- (c) 在未采取纠正措施的情况下，提供偏离建议实践的技术正当性（见第 I.15 段）。

火灾危害分析应在电厂的寿命周期内定期更新，并在任何电厂改造的情况下更新。关于消防系统安全分级的进一步建议见 SSG-30[29]。

## 电厂改造对火灾安全的影响

I.14. 任何可能直接或间接影响现有防火措施的改造—包括防火屏障的完整性和人工消防能力—都应遵守控制改造的程序。这一程序应保证不会对现有的防火措施或对那些被确定为必须采取防火措施以维护安全的地区提供有效的人工消防能力产生不利影响。

I.15. 如果在更新火灾危害分析时提供了偏离推荐实践的技术正当性，该理由应包括对遵循推荐实践所需的电厂改造的描述，以及实施此类改造非合理可行的原因。技术正当性还应说明为保持可接受的安全水平而提供的任何补偿功能。

I.16. 在更新火灾危害分析的过程中，如有必要，应对电厂的下列改造进行火灾安全影响的评审：

- (a) 对防火特点的改造；
- (b) 安全重要受保护物项或系统的改造，可能对防火功能的性能产生不利影响；
- (c) 任何其他可能对防火功能的要求性能产生不利影响的改造，包括火灾危害分析中确定的火灾负载与火灾负载之间的变化。

I.17. 发给核电厂的运行许可证通常包括一项要求，要求建立和执行经批准的书面程序，以控制对结构、系统和部件的改造。所有拟定电厂改造都应仔细评审其对火灾负载和防火特点的潜在影响，因为涉及对非安全重要的结构、系统和部件的改造可能会改变火灾负载或降低其主要目的是防护安全系统的防火特点。

I.18. 应将评价改造对火灾安全影响的正式评审制度纳入整体改造程序。或者，应建立和实施一个单独的程序专门用于火灾安全评审。在评审完成之前不应开始改造。

I.19. 被指派负责对火灾安全问题进行此类评审的人员应具备评价任何改造对火灾安全潜在影响的适当资格，并应有足够的权力在必要时预防或暂停改造工作，直到所发现的任何问题得到令人满意的解决。

I.20. 电厂改造只应根据工作许可证进行，工作许可证由对火灾安全有能力并了解其影响的人签发，并被授权签发此类许可证。还应确保将电厂实物布局的改造通知核安保人员。

I.21. 如因改造而须取消任何消防设备，则应审慎考虑安全重要或预防、防护和缓解危害物项的保护程度因而降低，并应作出适当的临时安排，以保持足够的防火保护。改造完成后，应对改造后的电厂进行视察，以确认其符合改造后的设计。在能动消防系统的情况下，改造后的系统应投入使用，改造后的设备应投入或恢复正常服务（如适用）。

I.22. 应酌情评审和更新火灾危害分析，以反映改造情况。

### **可燃物和点火源的控制**

I.23. 应以书面形式建立并实施管理程序，以有效控制整个电厂的可燃物。行政程序应规定对易燃或可燃固体、液体和气体的交付、存储、装卸、运输和使用的控制措施。应考虑在装有安全重要物项的区域内或邻近区域内预防与火灾相关的爆炸。对于这些领域，程序应建立与电厂正常运行相关可燃物的控制，以及与维护或改造相关的活动中可能引入可燃物的控制。

I.24. 应制定并执行书面程序，以尽量减少在含有安全重要物项的区域内瞬时（即非永久性）可燃物的数量，特别是包装材料。此类材料应在活动结束后立即移走（或定期移走），或暂时存放在批准的容器或贮存区。

I.25. 在载有安全重要物项的每个区域内，总火灾负载应维持在合理可达尽量低水平，并考虑到防火隔间边界的耐火等级。应保存记录，记录估计或计算的火灾实际火灾负载，以及每个防火隔间规定的最大允许火灾负载。此外，每个区域允许的可燃物，在性质、位置和最大数量方面，应加以定义和记录。

I.26. 电厂布置中应尽量减少可燃物的使用。不应出于装饰性原因或其他非必要原因在含有安全重要物项的区域使用可燃物。

I.27. 应建立和实施行政控制，以确保对安全重要物项的区域定期进行视察，以：(a) 评价一般火灾负载和电厂内部管理条件；和 (b) 确保手动消防的通道和逃生通道不被堵塞。还应建立和实施行政控制，以确保实际火灾负载保持在允许的限值内。

I.28. 应建立和实施行政程序，以有效控制在维护和改造活动期间，在含有安全重要物项的区域内的临时火灾负载。这些程序应涵盖易燃或可燃固体、液体和气体，它们的约束以及与氧化剂等其他危害物质相关的贮存地点。这些行政程序还应包括发放工作许可证的程序，该程序要求在工作开始前对拟定工作活动进行场内评审和批准，以确定对火灾安全的潜在影响。负责评审可能产生临时火灾负载工作活动的现场人员应确定拟定工作活动是否允许，并应具体说明所需的任何额外防火措施（例如提供手提式灭火器、指派防火值班人员）。

I.29. 应制定和执行行政程序，以控制在含有安全重要物项的地区贮存、装卸、运输和使用易燃和可燃固体和液体。

I.30. 对固体的控制应考虑到以下方面：

- (a) 应限制使用可燃物（例如木制脚手架、聚合物接头）。在允许使用木质材料的情况下，应对其进行化学处理或涂层，以使其具有阻燃性；
- (b) 应限制纸张、个人防护用品、木炭过滤器和干燥未使用的离子交换树脂等可燃物的贮存，任何此类物料的大量贮存都应放置在指定的贮存区，并提供适当的防火屏障和防火措施；
- (c) 应禁止贮存所有其他易燃或可燃物。

I.31. 对液体的控制应考虑以下因素：

- (a) 在维护或改造活动期间，进入防火隔间的易燃或可燃液体的数量应限制在日常使用所需的数量。应采取适当的防火措施，例如提供手提式消防器；
- (b) 在可能的情况下，应使用经批准的容器或分配器来运输和使用易燃液体。容器的开口应安装弹簧盖。应禁止用敞口容器运输易燃液体；
- (c) 如果有必要在工作区域内贮存少量易燃液体，则应使用经批准设计的易燃液体柜；
- (d) 所有易燃液体的容器都应清楚醒目地贴上标签，以标明其内容物；
- (e) 贮存大量易燃液体的地方应设置并加以保护，使其不危及安全。此类散装贮存区应通过防火分区或空间分隔与其他电厂区域隔开，并采取适当的防火措施；
- (f) 应在易燃液体的贮存区放置警告标志。

I.32. 应建立和实施管理程序，以控制整个电厂可燃气体的交付、贮存、装卸、运输和使用。程序应确保以下各项：

- (a) 燃烧的压缩气体钢瓶，如氧气，应妥善固定，并与易燃气体分开贮存，远离可燃物和点火源；
- (b) 如在厂房内需要供应易燃气体作永久用途，则须从钢瓶或位于厂房外专用贮存区的散装贮存区供应，以确保影响贮存区的火警不会危及安全。

I.33. 应建立并实施管理程序，以控制整个电厂的潜在点火源。这些程序应包括实现以下目标的控制措施：

- (a) 限制人员在指定的安全区域吸烟，禁止人员在其他所有区域吸烟；
- (b) 禁止使用明火试验热感或感烟设备（例如火警探测器）或进行泄漏试验；
- (c) 禁止在装有安全重要物项的区域使用便携式加热器、烹调用具和其他此类设备；
- (d) 限制使用临时接线；
- (e) 限制便携式电子设备的试验。

I.34. 应建立和实施行政程序，以控制需要使用潜在点火源或其本身可能产生点火源的维护和改造活动。应通过正式的书面程序（即工作许可证制度或特殊的动火作业许可证制度）来控制此类工作的执行。在所采用的许可证制度中，应建立程序涵盖工作的管理、监督、授权和执行；视察工作区域；指派防火值班（如有规定）和消防通道。应指导所有参与编写、发放和使用动火作业许可证的人员正确使用许可证制度，并清楚了解许可证制度的目的和应用。不论是否设置防火值班，至少应有一名从事动火作业的人接受使用所设置的任何消防设备的培训。

I.35. 在含有安全重要物项的区域，应允许使用潜在的点火源或可能产生点火源的工作只有在考虑到可能对安全造成的后果之后。例如，可禁止在安全重要功能上冗余物项上或在含有此类物项的区域同时进行此类工作。

I.36. 应建立程序，以确保在试图进行任何动火作业之前，视察紧邻工作区域和邻近区域是否存在可燃物，并确认必要的防火措施的可操作性。如果工作区域的结构和设计可能允许火花或炉渣扩散到初始工作区域之外，则应视察工作区域上方和下方的空间，并应将任何可燃物移至安全区域或进行适当的保护。

I.37. 在动火作业期间，应定期进行视察，以确保许可证条件得到遵守、没有暴露的可燃物在场，以及防火值班人员当值（如许可证已规定防火值班人员）。

I.38. 在动火作业许可证确定需要防火值班的情况下，应遵循以下程序：

- (a) 在试图进行任何动火作业之前，消防值班人员应在附近值班；如果消防值班人员离开工作区，工作应停止；明火作业完成后，消防值班人员应在工作区留一段适当的时间；
- (b) 在工作进行中，消防值班人员不应履行其他职责；
- (c) 应随时提供适当的专用消防设备，并应提供必要时可随时获得额外援助的手段；
- (d) 应为消防员维持足够的通道和逃生通道。

I.39. 在可能排放可燃气体的地区使用的任何设备或车辆都应具有在爆炸性环境中使用的适当资格。

I.40. 使用压缩气瓶进行切割或焊接作业或其他动火作业应受工作许可证制度的控制。

I.41. 应在含有可燃物区域的入口处放置警告标志，以警告人员限制或出入控制措施以及永久控制点火源的必要性。

### **消防设施的维护、试验、监视和视察**

I.42. 维护、试验、监视和视察计划应包括下列防火设施：

- (a) 厂房的非能动防火隔间屏障和结构元件，包括屏障贯穿件处的密封；
- (b) 具有能动功能的防火屏障元件，如防火门、防火阻尼器等；
- (c) 隔离或保护元件，如防火涂料和经鉴定的电缆包覆层，以及火灾探测和警报系统，包括火灾探测器、易燃气体探测器及其电气支持系统；
- (d) 消防系统；
- (e) 消防给水系统，包括水源、供配管、分段阀和隔离阀、消防泵总成；
- (f) 气态和干粉消防系统；
- (g) 手提式消防器；
- (h) 其他人工消防设备，包括应急车辆；
- (i) 排烟排热系统和空气加压系统；
- (j) 应急照明系统；
- (k) 用于火灾事故的通信系统；
- (l) 呼吸防护用品等个人防护用品；
- (m) 通道和逃生路线；
- (n) 应急程序。

### **人工消防能力**

I.43. 应该为电厂中包含安全重要物项的每个区域制定消防策略。这些策略应提供信息，以补充一般电厂应急计划中提供的信息。这些策略应提供消防队员在每个防火分区和电厂外部包含安全重要物项的区域使用安全和有效的消防技术所需的所有适当信息。这些策略应保持最新，并应用于日常课堂培训和电厂的实际消防演习。为每个防火分区和电厂外部包含安全重要物项的区域制定的消防策略应包括以下内容：

- (a) 通道和逃生路线；
- (b) 安全重要结构、系统和部件的位置；
- (c) 每层面积的火灾负载；
- (d) 特殊的火灾危害，包括可能因火灾危害组合而降低的消防能力，特别是与外部危害（例如地震或极端大风危害）；
- (e) 特殊的放射性、毒性、高压和高压危害，包括可能发生爆炸的危害；
- (f) 提供防火功能（非能动和能动）；
- (g) 出于对临界安全或其他特殊考虑而限制使用特定消防介质，以及拟使用的替代消防介质；
- (h) 安全重要热或烟敏感物项的位置；
- (i) 固定和便携式消防设备的位置；
- (j) 人工消防用水；
- (k) 限制消防活动产生的消防水径流；
- (l) 供消防人员使用的通信系统（即不影响安全重要物项）；
- (m) 核安保特点和核安保人员的通知程序；
- (n) 当根据 SSG-64[4]将火灾和随后的不可接受的影响定义为危害的可信组合时，考虑消防（例如使用水或其他消防介质）对结构、系统和安全重要部件（例如测量反应堆环空底部的转换器）不可接受的影响。

I.44. 电厂文件应提供一个明确的说明，说明为电厂中包含安全重要物项的区域提供的人工消防能力。人工消防能力可由经过适当培训和装备的现场消防人员、合格的场外服务人员或根据电厂的情况和国家实践将两者协调组合提供。

I.45. 如果依赖于场外响应，则应在营运组织和场外消防员之间建立一个平衡的可靠性和快速性通知规程。每个班次的指定电厂人员应负责协调和联络场外消防人员，并在火灾现场建立明确的权限。即使在场外响应是对合格的现场消防队员的主要响应补充的情况下，也应指定适当的电厂人员。在火灾危害分析中应考虑到场外响应可能出现的延迟。

I.46. 当人工消防能力完全或部分依赖场外资源时，电厂人员和场外响应小组之间应进行适当的协调，以确保后者熟悉电厂的危害。人工消防人员的职责和权限应记录在消防计划中。

I.47. 如果建立了现场消防组织以提供人工消防能力，则应记录消防人员的组织、最低人员配置水平、设备（包括自给式呼吸器）和培训，并由合格人员确认其充分性。

I.48. 现场消防组织的成员应具备履行消防职责的身体能力，并在分配到现场消防人员之前参加正式的消防培训计划。应为所有现场消防员提供定期培训（即例行课堂培训、消防实践和消防演习）。应为担任领导职务的消防员提供特别培训，以确保他们有能力评定火灾的潜在安全后果，并向控制室人员提供建议。

I.49. 如果人工消防是消防的主要手段，则应确保消防人员和其他人员的辐射防护。

### **电厂人员火灾相关培训**

I.50. 所有临时派往电厂的电厂人员和承包商人员在电厂开始工作之前，都应接受电厂火灾安全培训，包括他们在火灾事故中的责任。这些培训主题见第 10.7 段。

I.51. 电厂人员的选拔和任命程序应为参与火灾安全功能和可能影响安全活动的所有人员规定最低的初始资格。这些最低资格应基于对相关工作所需的教育、技术能力和实践经验的评价。

### **火灾安全相关事宜的质量保证**

I.52. 防火特点（包括预防特点）一般不归类为危害预防、防护和缓解特点；因此，他们可能不受严格的资格要求和相关的适用于危害预防、防护和缓解功能的质量保证计划。然而，火灾有可能导致多个系统故障，因此，营运组织应根据能动和非能动防火措施的安全重要性，对其实施适当的质量保证水平。

### **内部爆炸**

I.53. 营运组织在处理内部爆炸的预防、探测和缓解时应考虑各种爆炸源。内部爆炸的潜在来源可能与爆炸性气体和压缩气体的使用或产生相关。也有可能发生灰尘或油雾爆炸，尽管这些通常不太可能。此外，导致类似爆炸能量释放的事件可能来自电气设备中的高能电弧闪光。爆炸事件也可能



与其他危害（例如火灾）一起发生，高压下贮存流体的排放可能导致严重的超压事件，其影响类似于爆炸。

I.54. 应使用非易燃液体，如水基溶剂，并采用适当的工艺，如使用惰性气体操作污染监控器和重新组合电池充电产生的氢排放，以避免或限制爆炸性气氛的潜在形成。

I.55. 内部火灾和内部爆炸是类似的危害，在制定内部爆炸管理方法时，应考虑到针对内部火灾提出的建议（见第 I.2—I.52 段）。爆炸就像火灾一样，在爆炸风险增加的时候，应该加强对物料和运行的控制。

I.56. 能动和非能动保护手段（例如气体探测器、防爆门、防爆板、房间和区域通风系统、通风安全设备）应遵守危害管理中确定的维护、试验、监视和视察计划。

I.57. 应采用运行程序（如区域通风程序、区域或系统隔离程序）来预防爆炸事件和爆炸后事件。

I.58. 应制定和执行行政程序，以控制易燃易爆材料的交付、贮存、装卸、运输和使用，包括整个电厂气体的种类、数量和位置。程序应确保以下各项：

- (a) 燃烧的压缩气体容器，如氧气，应妥善固定，并与易燃气体分开贮存，远离可燃物和点火源；
- (b) 如在厂房内需要供应易燃气体以供永久使用，则应从钢瓶或从安全地位于厂房外专用贮存区的散装贮存区供应，以使影响专用贮存区的火警不会危及安全。

I.59. 控制点火源是预防内部爆炸的主要措施。因此，应制定和实施行政程序，以控制需要使用潜在点火源或其本身可能产生点火源的维护和改造活动。应通过正式的书面程序（即工作许可证制度或特殊的动火作业许可证制度）来控制此类工作的执行。易燃气体有可能产生爆炸性混合物，如果存在点火源，这可能导致爆炸。

I.60. 在含有安全重要物项的区域，只有在考虑到可能对安全造成的后果后，才允许使用潜在的点火源或爆炸源或可能产生点火源的工作。例如，可以禁止在安全重要功能冗余部件上或在包含此类部件的区域同时进行此类工作。

I.61. 营运组织应控制或限制人员进入可能发生爆炸危害的区域，如主、副变压器区。第 I.23—I.41 段所述的易燃材料预防措施也应适用。

## 内部飞射物

I.62. 所有核电厂都有潜在的飞射物来源。营运组织应确保保持潜在的内部飞射物源和工程构筑物的完整性，以预防或不可能预防和限制内部飞射物的产生和危害传播范围，如果危害发生，并在影响电厂或系统的基本功能之前得到缓解。

I.63. 应为已查明和表征的内部飞射物来源制定和执行运行程序，以预防内部飞射物危害；这些运行程序应包括以下内容：

- (a) 定期对电厂区域进行巡视，以探测飞射物危害；
- (b) 观察与潜在飞射物源相互作用的人员；
- (c) 旋转机械的视察，包括限制旋转速度的手段以及监控和监视措施；
- (d) 定期视察汽轮机叶片是否退化；
- (e) 视察高压气瓶的存放区域和气瓶本身的完整性；
- (f) 在安全重要结构、系统和部件所在的区域，视察压力容器和高能阀门，以发现可能的缺陷（例如视察阀门阀体上紧固阀盖的所有螺栓是否存在和是否良好紧固，视察焊缝）。

I.64. 营运组织应控制或限制人员进入可能发生飞射物危害的区域。

I.65. 营运组织应制定运行程序，说明在现场及早发现飞射物危害后采取的行动。飞射物危害的早期迹象可能包括振动监控器的输出或异常声音的报告。事件发生的迹象可能来自人员对飞射物影响的直接观察或对电厂区域的视频监控。

I.66. 在飞射物事件发生后实施的运行程序应包括电厂逐一巡视行动，以确定飞射物对结构、系统和安全重要部件的完整性和功能的影响。

I.67. 针对飞射物危害的影响提供的许多保护来自设计中的基本布局决策和非能动危害防护，如工程屏障。非能动装置应遵守危害管理中确定的维护、试验、监视和视察计划以及电厂监视计划（见第 9 部分）。

I.68. 应评定受内部飞射物危害影响的工程构筑物 and 屏障的完整性。

## 管道破裂

I.69. 管道破裂（或压力部件故障）与各种由此产生的危害现象相关，包括管道甩鞭冲击、房间加压、射流效应和水淹。这些现象的程度取决于所涉及的流体及其温度和压力。根据 SSR-2/2 (Rev.1) [1]要求 10、14、24 和 31，应采取第 I.70—I.74 段所述的行动，以预防管道破裂并缓解其潜在影响。

I.70. 营运组织应确保始终保持对电厂管道配置的控制，包括设计用于最大限度地减少管道破裂影响的工程构筑物。应定期对电厂区域进行巡视，以确认电厂工况符合设计中规定的工况，包括确定可能阻碍或使泄漏检测设备故障的物项、正确关闭隔间门和正确安装保护罩。这些定期视察还应包括 (a) 视察以确定一般管道和管道部件退化以及蒸汽和水泄漏；(b) 视察工程屏障的完整性、管道甩鞭限制、管道吊架、防爆门、井喷板和排水沟。

I.71. 老化管理计划应包括管道完整性的适当方面，包括关于可比管道系统可能退化的任何新信息的运行经验反馈。

I.72. 维护、试验、监视和视察计划应确保及时发现和纠正管道系统的任何退化，从而预防管道故障。为了减少管道破裂的影响而设计的可移动工程构筑物—如阀门、吊架和阻尼器—应该定期进行试验，以核实它们是否有效。

I.73. 除了与预防措施相关的运行程序外，还应制定实施缓解措施的程序和在发生管道破裂影响时的应对策略。

I.74. 如果发生了管道破裂，电厂已经恢复到安全状态，则应进行彻底视察，以发现破裂对周围环境的不同影响可能造成的任何损害，包括一视破裂的显著性而定—相关房间的内部降压波、高湿度、喷雾和高温。

## 内部水淹

I.75. 核电厂的内部水淹可能是由泄漏、管道破裂、储罐破裂或溢出、阀门打开或使用消防水造成的。这些也可能是来自外部危害挑战的间接影响，如地震或外部洪水事件。营运组织应确保工程构筑物和屏障的完整性一直保持在最小化内部水淹的影响。

I.76. 在建造、维护或视察活动期间，应加强运行控制，以避免增加水淹风险（例如，在大修期间控制临时水喉，限制导致楼面面积减少的临时贮存）。

I.77. 运行控制应包括在水基系统恢复服务之前视察系统的完整性，并确保任何临时改造的排水沟，包括临时盖板，已恢复到工作前的条件。

I.78. 预防、防护和缓解内部水淹危害的措施应包括水位检测系统、工程排水路线、预防水淹的防水措施，以及厂房和部件周围的保护罩或堤坝，以预防水以不受控制的方式扩散到其他电厂区域。内部水淹的缓解部分应通过对电厂布局的设计选择来实现。有些水淹情况自然是自限性的（例如，水淹仅限于一个水箱的容量），而其他情况可能需要由人员实施短期行动。

I.79. 一般的内务管理规则将控制排水系统中的碎片，但视察和电厂清单应视察排水系统的总体良好状况。视察或巡视亦应确保防水门已适当关闭及稳固，防洪堤已按设计安装到位，以及在维护期间，不会因钻孔未密封或缺乏其他防洪堤而影响防洪措施。

I.80. 对于疏散或保留能力无法控制内部水淹流量的情况，营运组织应建立检测和缓解内部水淹的运行程序。运行程序应包括关于隔离泄漏系统和被淹房间的说明，以及可能使用可展开的泵送设备排水的说明淹没液体。应对水灾的人员应接受适用这些程序的适当培训（见第 10.7 段）。

## 重物坠落

I.81. 应根据 SSG-64[4]提供的重物坠落建议对与重物坠落相关的危害进行分析。预防构筑物倒塌和从起重机升降机坠落的物项首先是通过保守的设计来确保的。然而，从起重机和其他起重设备坠落的物体撞击应被视为一种危害。非起重机相关的重物从高处坠落可能与在高空对其他重物处理不当相关。

I.82. 危害防护和缓解措施应包括使用负载跟踪平台、部署可变形结构和安装保护性阻尼器（如适用），以及在提升机上安装测压元件、坠落区控制甩鞭和在起重机和起重设备上安装限位开关。

I.83. 营运组织应建立计划吊装和起重活动的程序。这些活动的计划应包括适当合格人员的参与、风险评定、预先计划的起重路线、相关的起重设备、额外的监督、限制的确定和起重路线的联锁（如适用）。危害管理应确保在这些活动之后的适当时间或定期地下列物项与设计文件（例如许可证文件或设计基准中提到的规范或标准）相一致：

- (a) 起重机和起重设备的计算；
- (b) 用于实施视察的程序，如负载试验、目视试验、尺寸试验、主要承载焊缝的无损试验，以及起重设备关键区域的视察。

I.84. 控制室运行人员与控制 and 操作电梯的人员之间应建立通信规程。

I.85. 营运组织应建立运行程序，以便在重物坠落后有很高的损坏风险或多重危害影响（如火灾、水淹）时实施危害管理。

I.86. 营运组织应建立运行程序，对可能发生坍塌和物体可能坠落的区域和结构进行定期巡视和视察。位于厂房外的任何此类区域都应包括在内，以便在露天环境中的物体有很高的退化风险或受到极端大风影响时进行巡视或视察。营运组织还应建立程序，以便在重物通过搬运（即沿水平和/或垂直轴）移动过程中，对重物可能影响结构、系统或部件的区域和构筑物进行定期巡视和视察。

I.87. 起重设备的老化管理计划应确保设备寿期间的负载循环次数与疲劳分析结果一致。

I.88. 禁用或更改能动防范措施（如限制器、联锁、跳闸）应仅根据预先计划的程序允许。

I.89. 在电厂运行的特定模式下（如停堆模式），负载移动和升降机的调度应被视为一种预防措施。

I.90. 应进行工程构筑物和障碍物的完整性受到重物坠落的影响评定。

## 电磁干扰

I.91. 所有潜在的电磁干扰源<sup>12</sup>和场内的所有敏感设备都应加以确定。通过对仪器仪表和控制系统以及电源系统及其部件进行适当的设计、建造和维护，可以消除电磁干扰的重要来源。其他可能的电磁干扰来源可能包括维护或厂房活动和设备，如便携式弧焊设备、带入电厂的便携式无线电沟通或电话，以及用于地面勘查的探地雷达。

I.92. 在危害管理中，电磁干扰危害的确定应考虑到所有潜在的在定期和特定的维护期间或其他电厂活动中的电磁干扰。

I.93. 在可能的情况下，电磁干扰危害的确定过程应包括永久和临时电磁干扰源的可能位置，并应侧重于靠近敏感设备的来源。在对电磁干扰源或敏感设备（例如电缆或设备屏蔽、电缆分离、接地）进行维护操作后，应视察电磁干扰预防或缓解特点的完整性。

I.94. 电磁干扰危害的确定过程应包括视察便携式或临时电磁干扰源。这些视察应包括维护和建造活动的地点和时间、禁区或其他行政或运行控制措施，以尽量减少电磁干扰危害，以及敏感设备（例如数字仪器仪表和控制系统、电厂使用的无线设备、用于维护和维修活动的设备、测量设备）的位置。

I.95. 负责可能产生电磁干扰活动的人员应在电磁干扰危害的危害管理中发挥作用。控制室运行人员和执行工作的人员之间沟通可能是必要的，以终止产生干扰的源，并停止对电厂的进一步影响。

## 电厂内有害物质的排放

I.96. 电厂内部和现场有害物质的排放通常是不可能的，如果它们发生，其范围受到设计的限制，并且能够在它们影响电厂的基本功能之前避免。但是，营运组织应考虑有害物质对控制室运行人员的影响和控制室的宜居性。

---

<sup>12</sup> 如果干扰在高频或射频范围内，有时称为“射频干扰”。

I.97. 当有迹象表明场内有有害物质排放时，营运组织应制定应遵循的运行程序。进入这些程序通常基于气体检测系统的指示或来自人员的直接报告。运行程序的目标应是限制人员在事件期间的接触，并确保人员在排放物散去后及时恢复。

I.98. 在现场排放的情况下，运行程序应包括隔离损坏的系统或储罐以及不适合居住空气的房间，在主控制室内保持适宜居住的大气，以及对参与电厂活动的人员进行部分疏散的过程。应考虑在现场维护个人防护设备（如呼吸器、防护服）的需要，以允许控制室运行人员转移到安全的电厂位置或执行与安全相关的行动。

I.99. 非能动设计（例如，房间或系统的冗余）和/或运行程序在很大程度上确保了对有害物质内部排放影响的防护和缓解。运行程序应包括在必要时关闭通风系统到主控制室的空气入口通道中阻尼器的规定，还可能包括对通风流量的其他控制。

## 附录 II

### 为防护外部危害而进行危害管理应考虑的技术问题

II.1. 除了第 5 部分中提供的缓解和应对外部危害的一般性建议之外，本附录还提供了针对特定外部危害的危害管理要素建议。

#### 地震危害

II.2. 为确保将地震危害纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-67[5]和原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.13 号《现有核装置地震安全评价》[30]建议进行的设计和评定的结果而采取的特定行动。电厂人员应了解特定地震安全设计和分析结果的重要性，以及安全重要部件及其潜在的故障模式、相互作用和对冗余的挑战。

II.3. 营运组织应制定事前和事后地震响应计划。这些行动应作为描述短期和长期行动的程序记录下来，并包括对结构、系统和部件的特定视察，以确定危害防护和缓解特点的状态和功能。在危害工况过去后采取行动的程序应考虑到地震事件带来的挑战，如安全进入场址和地震后的相应危害。这些程序的启动应基于地震监控系统的指示、场外地质监控中心的信息或电厂人员经历的地震动。关于电厂停堆的建议见参考文献[31]。如原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-9 (Rev.1) 号《核装置场址评价中地震危害》[32]所述，地震监控系统的指示应与区域和/或国家监控网络中的高灵敏度地震仪和强震加速度计以及世界宽频带地震仪网络校准。

II.4. 营运组织应保持在地震期间和/或之后执行安全功能所需设备的抗震合格。这可以通过实施视察计划来实现，以查明潜在的偏差，例如由于老化或维护或改造后系统配置不充分造成的缺陷。在地震前，营运组织应遵守良好的内务管理原则，以确保地震破坏不会因临时和/或松散的物料而传播或增加。这一行动应包括（通过地震约束）保护可能在地震事件中对安全重要物项造成损坏的项目。如果根据 SSG-64[4]将地震事件和随后的海啸定义为可信的危害组合，营运组织应考虑应对措施，并确保电厂得到充分防范海啸的保护（例如，防洪闸到位）。



II.5. 如果电厂在地震后大修，营运组织应确保大修期间的长期安全。需要考虑的物项包括应急柴油发电机燃料供应、场外电源、辅助电源、控制室可居住性，以及恢复或可能修复对安全和危害防护和缓解功能重要的残留或损坏物项。营运组织应视察用于确定对电厂的预期损害类型和级别的监控系统，并针对该损害级别采取适当的措施。如果随后的海啸是一个可信的危害组合，营运组织应包括准备时间标准（即海啸到达电厂），并应在震后管理中考虑到对电厂地震破坏的严重程度。

II.6. 如果电厂周围是山或丘陵，营运组织应 (a) 考虑对斜坡的状况和为保护电厂免受滑坡而建造大坝的沉降水平实施事后监控；(b) 如果观察到不可接受的情况，准备适当的措施。

II.7. 应酌情为余震通知建立与场外地质监控中心的通信规程。来自区域和/或国家监控网络的数据见第 II.3 段，可用于定期更新危害管理。

## 外部洪水（风暴潮和海啸）

II.8. 为确保将外部洪水（即风暴潮和海啸）纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6]所载建议进行的设计和评定结果得出的特定行动。例如，在可能发生海啸灾害的地区，海啸洪水分析可查明安全重要结构、系统和部件（例如应急发电机和配电系统、最终散热器的海水系统）面临的危险。海啸反冲对海水系统的影响也应考虑在内。海啸和风暴潮的影响不仅限于洪水，在沿海地区，软沉积物或生物物质的广泛和突然移动也有可能影响取水系统。

II.9. 由于可以在一定程度上预报风暴潮或海啸引起的外部洪水，营运组织应建立外部洪水（包括风暴潮和海啸）警报系统，并在可能的情况下与提供预报的国家和地方机构建立通信规程。针对这一灾害的危害管理应考虑到这些预报的能力和可用准备时间可能有很大差异（例如风暴潮与海啸、远场海啸与近场海啸）。危害管理部门应考虑海啸发生时人员的疏散路线和安全避难所。

II.10. 如果没有与国家机构进行海啸警报通信规程，营运组织应考虑安装场区海啸警报系统。

II.11. 营运组织应制定和实施程序，说明在事件发生之前、期间和之后应采取的行动，并与风暴潮或海啸的估计高度、到达时间和持续时间相对应。

II.12. 在发生洪水或风暴潮之前，应开始监控海水水位。应视察水密门、舱壁开口和取水构筑物的状态。在任何低水位情况下也应采取行动（例如停止海水泵的运行）。应视察现场排水系统和工程水径流系统，并确保其功能。对于易受伤害或敏感的区域也应考虑采取额外的防水措施。

II.13. 在发生洪水事件之前，应视察现场是否有松动的设备或构筑物，如果它们在事件期间撞击构筑物或设备，则可能成为漂浮物并导致构筑物负载。如有可能，应将这些物项从现场移走或固定，以尽量减少洪水期间危害的传播，包括限制在极端洪水事件中可能因为浮力并堵塞排水口或通道的物项。

II.14. 在发生洪水事件之前，应完成与缓解洪水危害无关的运行和维护活动，并使设备和系统处于安全状态。

II.15. 营运组织应清楚地告知预期水位，以及由于海平面变化和风浪的综合影响，堤坝或海堤可能发生漫堤的情况，以确保人员在水灾期间的安全。

II.16. 营运组织应制定缓解危害的措施，如清除碎片或隔离受损的结构、系统和部件，以最大限度地减少洪水的传播，并避免增加安全重要结构、系统和部件的损害。

II.17. 对于气候寒冷的场址，营运组织应监控海洋和河口的区域冰情（如覆盖范围、厚度、持续时间），以尽量减少洪水对暴露的厂房（如取水口）的影响。

## **外部洪水（河流和溪流的洪水，以及极端降水事件引起的洪水）**

II.18. 为确保将外部洪水（即河流和溪流的洪水，以及极端降水事件造成的洪水）纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6]建议进行的设计和评定结果所产生的特定行动。

II.19. 由于极端降水引起的外部洪水或河流泛滥在不同程度上是可预测的，营运组织应制定规程和标准，以便与预测此类现象的国家和地方机构

进行沟通。应考虑对江河洪水、小流域山洪爆发或现场局部强降水的预报能力范围大。

II.20. 营运组织应建立和实施程序，说明在事件发生之前、期间和之后应采取的行动，并与预期的降水量或在江河洪水的情况下与不同事件的预期时间相对应。

II.21. 在洪水发生前，应持续监控现场水位。应酌情视察水密门、舱壁开口和取水构筑物的状况。此外，第 II.12 段中建议应考虑排水和防水措施。

II.22. 在极端降水的情况下，缓解策略应包括确保现场排水系统清除碎片，并能够处理预期的水径流。如有需要，营运组织应考虑使用移动式水泵排水。

II.23. 应考虑第 II.14—II.16 段关于人员活动的建议。

II.24. 营运组织应确保有足够的流动水泵及其他必要的防洪设备供应。在洪水发生前，工作人员应确保按照设计要求安装和部署防洪措施。

II.25. 第 II.6 段关于管理斜坡和大坝淤积水平的建议也应考虑极端降水。

## 极端大风

II.26. 为确保将极端大风，包括直线风、龙卷风和温带或热带风暴（即气旋、飓风和台风）纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6] 建议进行的设计和评定结果得出的特定行动。

II.27. 营运组织应制定与国家或区域气象组织通信规程和标准，以便对这些危害，包括任何罕见的气象现象，发出适当的警告。

II.28. 营运组织应定期视察安装的现场气象系统，以确保与专业人员的测量一致气象组织并在必要时确定当地天气情况。例如，位于狭窄山谷中的电厂可能会受到广域天气预报无法确定的局部极端大风的影响。在某些情况下，这种极端大风会因风向的改变而加剧。这种视察可以在危害管理的定期更新中进行（见第 7 部分）。

II.29. 在任何预测的极端大风事件之前，应进行现场巡视和视察，以确定和清除电厂现场周围贮存的任何松散碎片和非安全的物项或设备，特别是

金属物项。这些活动应包括加固或拆除任何临时脚手架、保护任何不稳定的设备和对应急电力系统进行准备视察。

II.30. 在任何预测的极端大风事件之前，应完成与缓解这种外部危害无关的室外运行和维护活动，并将设备和系统置于安全状态（例如，应折叠高大的起重机）。

II.31. 根据极端大风的严重程度，营运组织应考虑疏散非必要的电厂人员。

II.32. 在发生热带风暴时使用的示例清单如下：

(a) 当热带风暴接近电厂时：

- 确定适当的运行程序以应对热带风暴，开始频繁的天气监控，并根据电厂的运行计划进行巡逻，必要时在大楼外进行内务管理；
- 根据监视计划，确认排水泵（如果危害与极端降水相结合）或其他设施的可用性并视察试验日志；
- 根据维护计划的工作管理（或必要时，燃料管理计划的管理），再次确认决定停止室外工作的标准；
- 根据电厂的运行计划建立内部和外部通信系统。<sup>13</sup>

(b) 当极端大风的预期警戒区域包括电厂时：

- 评定所有工作是否可以按照维护计划的工作管理（或必要时按照燃料管理计划的管理）继续进行；
- 根据质量保证计划（或相关支助职能），评审所有工作清单、准备进度和纳入其他电厂计划的信息，包括电厂改造计划、运行经验反馈计划和核安保计划；<sup>13</sup>
- 根据电厂的运行计划，建立包括控制室运行人员、现场消防队员和核安保人员在内的应急小组；<sup>13</sup>
- 根据工业安全计划进行点名并确认所有人员的安全，包括未出勤人员。

(c) 当包括电厂在内的地区实际发布风暴警报时：

---

<sup>13</sup> 这些行动可作为应急准备和响应计划的一部分或作为独立的综合业务危害管理计划的一部分采取。

- 停止除安全和核安保的必要工作外的所有工作，并根据电厂的运行计划通知外部组织（如当地政府、紧急服务机构、响应组织）；<sup>13</sup>
- 根据工业安全计划，指导电厂非必要人员的疏散；
- 根据电厂的运行程序（或必要时维护程序）确保排水泵的备用状态；
- 根据事故管理计划（或者，如果评价是必要的话，根据安全评定），将结构、系统和部件，包括用于管理严重事故的结构、系统和部件，置于备用状态。

(d) 解除警报时：

- 指示工作人员在根据维护计划（或必要时根据燃料管理计划）完成必要检查后恢复工作；
- 根据电厂的运行程序排放响应小组。<sup>13</sup>

II.33. 如果极端降水和极端大风的组合被定义为可信的危害组合（另见 SSG-64[4]关于危害组合），营运组织应根据危害组合的预期严重程度确定是否应安装防洪设备。

## 其他极端气象条件

II.34. 为确保其他极端气象条件，包括极端气温和湿度、极端水温、积雪、冰冻降水、霜冻相关现象和雷电纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6]建议进行的设计和评定结果所产生的特定行动。这应包括充分考虑这些极端气象条件的其他影响，包括以下因素：

- (a) 低水位的海水，这可能是由极端气压造成的；
- (b) 沙暴和尘暴；
- (c) 由长期极端天气波动引起的干旱导致的河流或湖泊水位偏低。

II.35. 营运组织应制定与国家或区域气象组织通信规程和标准，以便适当地警告任何极端气象条件，包括其可能持续的时间。必要时，应利用现场已安装和可用的气象系统补充这些信息。例如，区域气象预报服务可以通知一些电厂局部雷击，该服务对广大地区的大气稳定性进行可信的监控。

II.36. 在极端环境空气或水温（热或冷）的情况下，应分析或试验设备或系统，如泵、风扇和冷却回路（例如应急冷却、基本服务的冷却），以确保设备正常工作，并确定是否有足够的运行裕度。应制定和实施运行程序，以执行必要的试验。

II.37. 在极端环境空气温度的情况下，应制定和实施程序，以加强区域或设备的加热或冷却。简单的措施包括打开或关闭门，使用阻尼器和增加额外的加热或冷却系统。营运组织应确保这些措施不会使电厂对区域或设备的安全分析故障。为确保对安全非常重要的设备有足够的能源供应，应检查柴油燃料成分，必要时应进行调整。

II.38. 如果设备或系统的运行裕度不足，则应执行适当的运行，如清洗热交换器或减少泵流量。在某些极端情况下，只有通过降低反应堆功率才能获得安全裕度。

II.39. 雪或大量冰雹可能会堵塞安全系统和安全功能的入口或出口，如安全阀、防喷板以及供暖、通风和空调系统的入口。这些应该在事件发生期间和之后清除，应考虑安装电暖器。

II.40. 营运组织应建立清除现场积雪的程序，如适用。这些程序可能包括清理通道、喷洒融雪剂、操作融雪系统以及清除厂房积雪，以避免超过设计负载。

II.41. 在沙暴或尘暴的情况下，第 II.53 段建议对于供暖、通风和空调，应考虑更换过滤器。此外，第 II.29 段建议对于在极端大风事件中确保厂外设备的安全，应考虑预防物体成为飞射物。

II.42. 在可能发生冰的地方，应仔细监控冷却水的温度，以确保冷却水回路的入口不会结冰。可以通过将温水从出口回路循环到进口来预防结冰。

II.43. 营运组织应确保电厂防雷系统的完整性得到维护，系统处于运行状态。

II.44. 当预测有冰雹时，营运组织应在必要时移除或保护位于室外的设备。

II.45. 当预测外部电网区域将出现冰风暴（即强风和过冷雨的组合，危害组合参见 SSG-64[4]）时，营运组织应做好准备，以应对架空线路导线上冰层迅速积聚而导致的外部电力丧失。

II.46. 当随后的持续降水被定义为危害与极端低温的可信结合时，营运组织应确保已安装的排水沟已被适当清除到预防复合效应，例如由于冰堵塞。此外，营运组织应考虑排水渠道堵塞的潜在影响，以及如何缓解这些影响。

II.47. 如果可用于抑制潜在内部火灾的已安装消防能力的降低被确定为外部冰冻条件下低温危害的可信后果，则营运组织应通过替代消防措施保持纵深防御。

## 火山作用

II.48. 火山事件可能对核电厂造成重大危害。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-21 号《核装置场址评价中火山危害》[33]述及与火山事件（火山活动）相关的现象，这些现象可以通过设计和运行措施加以解决。为确保将火山活动纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6]建议进行的设计和评定结果所产生的特定行动。

II.49. 营运组织应在可能和适用的情况下建立火山危害预警系统。此外，应制定与国家或地方机构通信规程和标准，以便及时和全面地收到关于火山活动以及火山灰和有毒气体可能迁移的警报。

II.50. 营运组织应制定特定程序，指导控制室运行人员根据警报和确定的合理标准，如靠近火山羽或灰烬，确定是否有必要因火山活动而关闭电厂。

II.51. 应制定和实施视察和清除结构、系统和部件上或附近火山灰的运行程序。特别考虑因素应包括受火山灰沉积影响、影响通风和结构负载的设备（例如应急柴油发电机）。

II.52. 应制定和实施运行程序，以视察和维护进水口筛网的功能，预防进水口结构和水泵堵塞（如适用）。

II.53. 应制定并实施运行程序，以监控暖气、通风和空调过滤器的差压以及主控制室的空气质量。这些程序应包括因火山灰沉积而需要清洗或更换过滤器。

II.54. 应制定并实施运行程序，以视察和清洁安全重要电力电缆、辅助供电电缆和开关站连接的电绝缘体（如适用）。

II.55. 如适用，营运组织应确保为可能受到火山灰沉积影响的设备提供足够的备件。应特别考虑通风过滤器的可用数量。

II.56. 营运组织应考虑清除进出通道的火山灰，确保人员和应急车辆安全通行。

## 外部火灾

II.57. 附录 I 第 I.2—I.52 段中关于内部火灾的建议也适用于外部火灾。关于外部火灾的其他特定建议见第 II.58—II.66 段。

II.58. 应制定与场外机构和组织通信规程和标准，使它们能够在进行涉及易燃或易爆物的活动时通知营运组织。由于在这些活动期间发生外部火灾的风险可能增加，这些规程和标准应要求和相关场址附近参与这些活动的场外组织在这些活动开始前充分时间通知营运组织，并提供关于预定活动的类型、路线和持续时间的信息。这将使电厂人员能够为可能涉及可燃或爆炸物或可能损坏结构、系统或部件并影响电厂外部火灾缓解策略的事故做好准备。

II.59. 应制定与场外机构和组织通信规程和标准，使它们能够在环境或人口条件可能发生外部火灾（例如干燥条件、大风、当地节日）时通知营运组织。

II.60. 来自外部组织的沟通应包括将场外但靠近场区的火灾发生和成功扑灭的情况通知营运组织。

II.61. 在接到可能发生或发生外部火灾的通知时，营运组织应将危害通知现场消防队员和应急响应人员。这可能导致将现场应急和消防设备提前部署到待命状态。

II.62. 如果有可能影响现场的外部火灾，现场消防队员应随时待命，包括做好必要的设备和人员准备。

II.63. 对外部火灾的响应通常涉及场内和场外应急工作人员。因此，营运组织应定期与场外组织进行培训、演习和/或实际演练，以确保负责的应急工作人员理解协调和响应行动。



II.64. 营运组织应定期视察并在必要时维护和修理旨在预防外部火灾蔓延到现场的所有工程构筑物和屏障（例如防火道、铺面道路、土堆、堤坝、墙壁、周围建筑结构）。

II.65. 为尽量缓解外部火灾的影响，营运组织应定期视察和评定在现场或靠近现场区域的工程构筑物和障碍物。视察的范围应包括可燃物永久和临时积聚的影响以及车辆的存在。如果合适，这应该导致植被控制或清理厂房和场址边界周围的土地。

II.66. 由于外部火灾可能产生有毒气体和有害烟雾，应制定运行程序，以确保 (a) 适当使用空气监控设备；和 (b) 隔离或调整各种通风系统（例如风扇和过滤器机组，以确保主控制系统的可居住性）房间、冷却部件的空调系统、应急柴油发电机的空气供应和排气系统）。这些程序应定期更新，并在相关电厂改造的情况下更新。

## 外部爆炸

II.67. 为确保有无火、有无次生飞射物的外部爆炸（即爆燃和引爆）纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6]建议进行的设计和评定结果所产生的特定行动。

II.68. 在接到关于潜在的场外爆炸或冲击波、热流、烟雾和加热气体、地面和其他振动运动或爆炸引起的爆炸和飞射物的通知时，营运组织应将危害通知现场消防队员和应急响应人员。这可能导致将场内应急和消防设备部署到待命状态。第 II.58 段建议，为了与场外组织沟通，外部火灾也应考虑外部爆炸。

## 危害物质

II.69. 为确保危害物质—包括有毒、易燃、腐蚀性和窒息性化学品及其在空气和液体中的混合物—以及来自其他场址和本地设施的放射性危害被纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据 SSG-68[6]建议进行的设计和评定结果所产生的特定行动。

II.70. 当计划发生窒息剂、有毒气体、腐蚀性和放射性液体的重大移动或活动时，营运组织应制定与场外机构和组织通信规程和标准。由于危害在此期间增加，当发生涉及窒息物、有毒气体、腐蚀性和放射性液体的场外活动（即运输或移动）时，外部区域内的场外组织应通知营运组织和应急组织。这将允许营运组织为可能涉及这些物质并可能影响现场的事故做好准备外部危害缓解策略。定期和不太重要的移动可能被排除在这些通信规程之外，但应该包括在电厂的危害缓解策略中。

II.71. 应制定和实施运行程序，以适当监控空气中的有害物质，隔离受影响的厂房或区域，确保人员的可居住性，通过通风重新调整确保应急柴油发电机的冷却和可运行性，并保护控制室运行人员。这些程序应涵盖从电厂和多机组场址的其他机组排放的有害物质，以及任何可信的有害气体排放的外部来源。

II.72. 应制定和实施运行程序，通过关闭未受影响的厂房和区域的开口，包括窗户和门，确保危害不会传播到未受影响的厂房和区域。

II.73. 应考虑在现场维护个人防护设备（如呼吸器、防护服）的需要，以便电厂人员和应急工作人员能够转移到安全地点或执行与安全相关的行动。

II.74. 营运组织应考虑庇护或疏散非必要的电厂人员，并考虑外部应急组织从现场组织安全疏散的潜在需要。

## 飞机坠毁

II.75. 为确保将飞机意外坠毁纳入危害管理，营运组织应考虑并纳入根据SSG-68[6]建议进行的设计和评定结果所产生的特定行动。

II.76. 虽然飞机意外坠毁主要是通过设计抗坠毁负载的构筑物来防护的，但营运组织应考虑采取措施，在发生坠毁时缓解其影响，并将其发生的可能性降至最低。在这方面，如第II.77—II.80段所述，营运组织应建立和维持与国家或区域空中交通管制组织通信的运行程序和规程，以便立即和/或重复地通知事件。

II.77. 营运组织应评审和应用现场特定要求，并向国家或地区空中交通管制组织报告任何违反“禁飞区”的行为。

II.78. 如果安全评定确定飞机坠毁可能需要使用场外消防员和应急人员，营运组织应建立、维护和执行通信规程，以确保这些场外人员进行有效的响应。

II.79. 对飞机坠毁的响应通常涉及场内和场外急救人员。因此，营运组织应定期与场外组织进行培训、演习和/或实际演练，以确保所有应急人员理解协调和响应行动。

II.80. 营运组织应制定特定的行动和部署程序：(a) 用于部署消防用水和电力供应的移动设备，这些设备应在现场提供；以及 (b) 在接到这种危害通知时的现场应急人员。这些程序应包括迅速从任何可能受影响的地点转移设备和人员，以预防不可接受的应急能力丧失。

II.81. 由于飞机在现场坠毁可能会产生有害物质，应急人员应考虑第 II.70—II.74 段中提出的建议，包括使用空中监控设备。

II.82. 如果可行，营运组织应制定特定程序，以便在影响现场的飞机坠毁后将电厂恢复到安全状态。

II.83. 在可行的情况下，当空中交通管制组织在足够的准备时间内通知可能影响现场的飞机坠毁时，营运组织应制定特定程序，以疏散、重新安置或庇护非必要的电厂人员和应急响应所需的人员（例如，如果主控制室未受保护，则转至铺有床铺的辅助控制室）。

## 含太阳风暴的电磁干扰

II.84. 由太阳耀斑和电磁脉冲引起的显著太阳风暴会影响电网和现场电力设备、仪器仪表和控制系统。<sup>14</sup> 营运组织应制定与适当外部组织通信规程，以便营运组织能够了解国家机构可预测的太阳耀斑，从而能够对可能的扰动采取适当的缓解危害措施，并将电厂的状况通知外部组织。必要时，减少危害的措施应包括保护电信系统（例如，通过屏蔽电话设备和多个卫星系统的组合）和使用这些系统的练习。

---

<sup>14</sup> 太阳风暴的扰动水平低于电磁脉冲，但影响范围更广。太阳风暴将主要影响长导体，如管道和电线（以及连接的变压器），而电磁脉冲可能影响其他设备。这两种危害的影响和对策也可能不同。

II.85. 巨大的太阳风暴和电磁脉冲可能会影响电网，潜在导致发电厂外部供电的丧失。为了应对电力供应的丧失，现场应保持足够的应急燃料供应。

II.86. 由于太阳耀斑和电磁脉冲也可能影响应急电源的现场电气设备，如变压器，营运组织应对此类设备进行适当的监控、视察和维护。

II.87. 核电厂仪器仪表和控制的发展包括更多的数字化设备，并倾向于增加核电厂对电磁干扰的脆弱性。营运组织应对此类仪器仪表和控制系统的电缆屏蔽进行日常视察和维护。

## 生物现象

II.88. 营运组织应酌情在危害管理中考虑生物现象。生物现象包括以下三类生物危害：

- (a) 海洋或水传播的生物危害，如水母、海藻、鱼和贻贝；
- (b) 陆基生物危害，如老鼠、大鼠和兔子的侵扰，以及落叶等生物碎片；
- (c) 空气传播的生物危害，如成群的昆虫或成群的鸟类。

II.89. 生物危害可能包括作用较慢的降解，例如支撑结构和管道中的细菌引起的腐蚀，导致由被认为是耐腐蚀材料制成的部件突然或过早故障。然而，这种退化应通过维护、试验、监视和视察计划以及老化管理计划来解决，包括本“安全导则”第7部分所述的定期评审。第II.90—II.95段建议涉及生物危害更直接的影响。

II.90. 应不断监控冷却水及取水厂房，以确保及时发现任何水生生物的异常积聚，并采取措施避免堵塞取水厂房或冷却水水质出现不可接受的下降。应制定规程和标准，以便与区域环境、气象和水道机构进行沟通，以确定何时可能存在或预计会发生生物危害，以便工作人员能够及时采取行动缓解危害。

II.91. 对于水传播的生物危害，营运组织应考虑以下因素：

- (a) 在环境法规允许的情况下，使用化学品控制；
- (b) 定期机械清洗冷却水和进水构筑物；
- (c) 冷却水构筑物和进水口构筑物的完全排水和干贮存。

II.92. 对于动物的侵入，在电厂巡视时应寻找进入或设备损坏的证据。如发现证据，营运组织应作出安排，阻止动物进入厂房，或提供特别保护阻止动物引起的设备损坏。

II.93. 对于树叶和类似的碎片，应进行例行视察和巡视（如适用，包括沿河堤），以确保进水口构筑物、排水系统和设备保持运行。

II.94. 成群的昆虫可能会限制气流，危及供暖、通风和空调设备或应急柴油发电机，从而限制设备的运行能力。当这种危害发生时，应对受影响的设备进行视察和清洁。

II.95. 应进行例行监控和疏浚，以确保取水口内清除淤泥的设备保持运转。

### **漂浮物和危害液体对进水口和最终散热器部件的危害**

II.96. 营运组织应酌情建立和执行与区域或国家海事当局的沟通和应对规程，以便预先警告船舶在恶劣天气中漂浮以及冰团或大型漂浮物可能与电厂相撞，以便为营运组织提供充分的时间，为缓解任何相关危害做好准备。

II.97. 为预防船舶碰撞、大块碎片或大量水上碎片，营运组织应与航行和海岸警卫队当局制定并执行通知和响应规程。

II.98. 如适用，应制定和实施运行程序，以准备和使用替代的最终散热器，以适应正常冷却或最终散热器系统的潜在损失。

II.99. 为预防电厂设备受损和便利回收行动，应制定和实施运行程序，以部署 (a) 浮动吊臂或帷幕以拦截溢油；或 (b) 水面撇油器以将任何石油保持在与取水厂房的安全距离内。

II.100. 应制定和实施运行程序，以查明取水构筑物中潜在的碎屑积聚，并随后进行清理。



## 参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《核电厂安全：调试和运行》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/2 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [2] 国际原子能机构《核电厂安全：设计》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/1 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [3] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》（2018 年版），国际原子能机构，维也纳（2019 年）。
- [4] 国际原子能机构《核电厂设计中内部危害防护》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-64 号，国际原子能机构，维也纳（2021 年）。
- [5] 国际原子能机构《核装置抗震设计》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-67 号，国际原子能机构，维也纳（2021 年）。
- [6] 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）。
- [7] 国际原子能机构《核电厂营运组织》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-72 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [8] 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）。
- [9] 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）。
- [10] 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）。
- [11] 国际原子能机构《核电厂改造》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-71 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [12] 国际原子能机构《核电厂定期安全评审》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-25 号，国际原子能机构，维也纳（2013 年）。

- [13] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际民用航空组织、国际劳工组织、国际海事组织、国际刑警组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、全面禁止核试验条约组织筹备委员会、联合国环境规划署、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织、世界气象组织，《核或辐射应急准备与响应》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 7 号，国际原子能机构，维也纳（2015 年）。
- [14] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、泛美卫生组织、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织，《核或辐射应急准备的安排》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。（修订版编写中）
- [15] 国际原子能机构、国际劳工组织，《职业辐射防护》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [16] 国际原子能机构《核电厂事故管理计划》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-54 号，国际原子能机构，维也纳（2019 年）。
- [17] 国际原子能机构《核电厂运行限值和条件及运行规程》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-70 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [18] 国际原子能机构《核电厂运行的实施》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-76 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [19] 国际原子能机构《核电厂维护、试验、监视和视察》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-74 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [20] 国际原子能机构《核电厂员工的招聘、资格和培训》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-75 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [21] 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）。
- [22] 国际原子能机构《核装置管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.5 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [23] 国际原子能机构《设施和活动安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。



- [24] 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)。
- [25] 国际原子能机构《制定和实施核电厂一级概率安全评定》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-3 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2010 年) (修订版编写中)。
- [26] 国际原子能机构《核电厂的老化管理和长期运行计划的制定》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-48 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2018 年)。
- [27] 国际原子能机构《核装置运行经验反馈》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-50 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2018 年)。
- [28] 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)。
- [29] 国际原子能机构《核电厂结构、系统和部件的安全分级》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-30 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2014 年)。
- [30] 国际原子能机构《现有核装置地震安全评定》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.13 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2009 年) (修订版编写中)。
- [31] 国际原子能机构《核电厂防震和救灾》, 《安全报告丛书》第 66 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2011 年)。
- [32] 国际原子能机构《核设施场址评价中的地震危害》, 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)。
- [33] 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)。



## 参与起草和审订人员

Cavellec, R.	国际原子能机构
Jiang, F.	国际原子能机构
Macleod, T.M.	英国核监管办公室
Maekelae, K.	国际原子能机构
Morgan, S.	国际原子能机构
Nagashima, K.	国际原子能机构
Rantakaulio, A.	芬兰富腾电力和热力公司洛维萨核电厂
Schwartzbeck, R.	美国高地 TEMS 公司
Sugahara, J.	国际原子能机构
Takiguchi, T.	日本东京电力公司
Tanabe, K.	日本东京电力公司
Tarren, P.	国际原子能机构
Wendt, O.	瑞典大瀑布电力公司
Williams, G.	英国核监管办公室
Zahradka, D.	国际原子能机构



## 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