

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

使用放射性物质设施的 退役安全评定

安全导则

第 WS-G-5.2 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

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。

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。

使用放射性物质设施的退役安全评定

国际原子能机构的成员国

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

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 WS-G-5.2 号

使用放射性物质设施的 退役安全评定

安全导则

国际原子能机构
2022 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（伯尔尼）通过并于 1972 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。必须获得许可而且通常需要签订版税协议方能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。欢迎有关非商业性翻印和翻译的建议并将在个案基础上予以考虑。垂询应按以下地址发至国际原子能机构出版处：

Marketing and Sales Unit
Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Vienna, Austria
传真：+43 1 26007 22529
电话：+43 1 2600 22417
电子信箱：sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

© 国际原子能机构，2022 年
国际原子能机构印刷
2022 年 11 月·奥地利

使用放射性物质设施的退役安全评定

国际原子能机构，奥地利，2022 年 11 月
STI/PUB/1372
ISBN 978-92-0-504122-3（简装书：碱性纸）
978-92-0-504222-0（pdf 格式）
ISSN 1020-5853

前 言

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。这些标准是原子能机构在其本身的工作中必须使用而且各国通过其对核安全和辐射安全的监管规定能够适用的标准。原子能机构对这样的一整套安全标准定期进行审查并协助适用这些安全标准已经成为全球安全制度的一个关键要素。

在 20 世纪 90 年代中期，原子能机构开始对其安全标准计划进行大检查，包括修改监督委员会的结构和确定旨在更新整套标准的系统方案。已经形成的新标准具有高水准并且反映成员国的最佳实践。在安全标准委员会的协助下，原子能机构正在努力促进全球对其安全标准的认可和使用。

然而，安全标准只有在实践中加以适当应用才能有效。原子能机构的安全服务有助于成员国适用安全标准并评价其有效性。这些安全服务范围从工程安全、运行安全、辐射安全、运输安全和废物安全直至监管事项和组织中的安全文化。这些安全服务能够有助于共享真知灼见，因此，我继续促请所有成员国都能利用这些服务。

监管核安全和辐射安全是一项国家责任。目前，许多成员国已经决定采用原子能机构的安全标准，以便在其国家条例中使用。对各种国际安全公约缔约国而言，原子能机构的标准提供了确保有效履行这些公约所规定之义务的一致和可靠的手段。世界各地的设计者、制造者和营运者也适用这些标准，以加强电力生产、医学、工业、农业、研究和教育领域的核安全和辐射安全。

原子能机构认真看待世界各地用户和监管者正在面临的挑战，这就是确保世界范围内的核材料和辐射源在使用中的高水平安全。必须以安全的方式管理核材料和辐射源的持续利用以造福于全人类，原子能机构安全标准的目的正是要促进实现这一目标。

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¹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）。

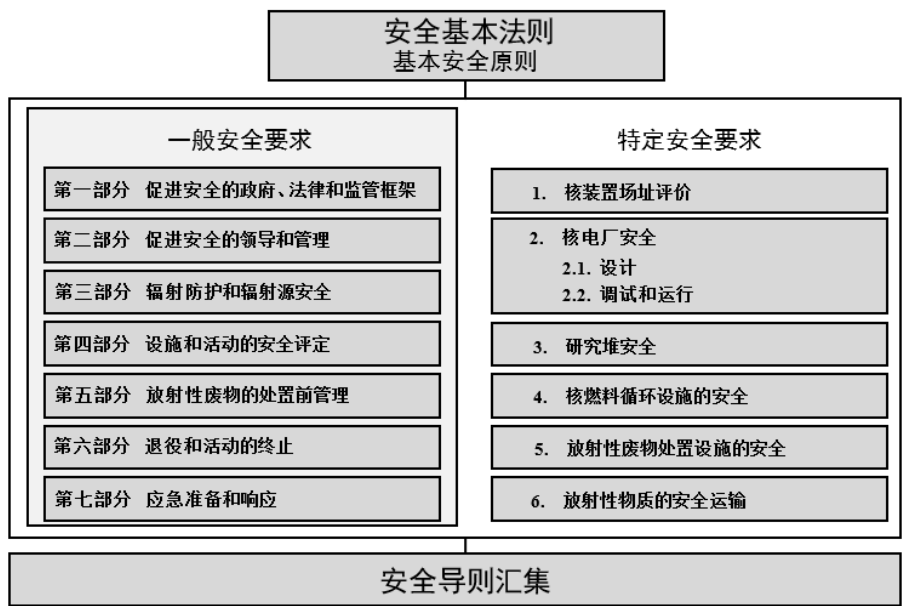


图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

¹ 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）（从 2016 年起）、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这些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。

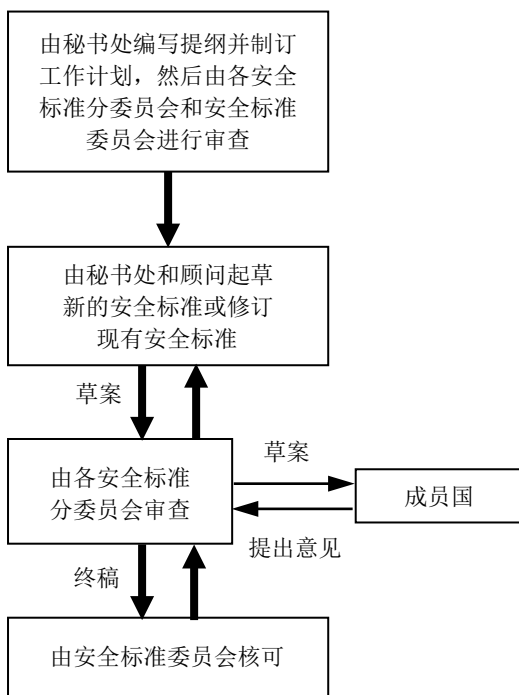


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

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

安全相关术语应按照《国际原子能机构安全术语》（见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）中的定义进行解释。否则，则采用具有最新版《简明牛津词典》所赋予之拼写和含义的词语。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“引言”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

1. 导言	1
背景 (1.1-1.5)	1
目的 (1.6-1.7)	2
范围 (1.8-1.13)	2
结构 (1.14)	3
2. 安全评定的目标 (2.1-2.4)	4
3. 退役安全评定的总体考虑	5
分级方法 (3.1-3.5)	5
退役过程中的危害 (3.6-3.10)	6
纵深防御 (3.11-3.13)	7
安全功能 (3.14-3.16)	8
最优化 (3.17-3.19)	9
长期安全 (3.20-3.23)	9
工程分析 (3.24-3.26)	10
物料管理 (3.27-3.29)	11
不确定性 (3.30-3.31)	11
管理系统 (3.32-3.34)	12
退役工作人员和培训 (3.35-3.38)	13
4. 安全评定	14
概述 (4.1-4.4)	14
安全评定框架 (4.5)	16
设施和退役活动的说明 (4.6-4.10)	17
危害识别和筛选 (4.11-4.27)	18
危害分析 (4.28-4.38)	21
工程分析 (4.39-4.42)	23
结果评价和安全措施识别 (4.43-4.47)	24
安全评定的独立评审 (4.48-4.51)	25

5. 安全评定的监管评审26

 安全评定的监管评审 (5.1-5.5)26

 监管机构采用分级方法 (5.6-5.8).....27

 监管评审 (5.9-5.12).....27

6. 相关各方的参与 (6.1-6.2)29

参考文献.....31

附件 I 危害和始发事件清单示例.....33

附件 II 通用监管评审方法示例.....36

参与起草和审订人员.....45

国际原子能机构安全标准核可机构47

1. 导言

背景

1.1 世界各地有大量使用放射性物质的设施¹，包括核电厂、研究堆、核燃料循环设施、医疗设施和研究设施，这些设施或者正在进行退役²或者计划在不久的将来进行退役。从现阶段来看，越来越多的动力堆和研究堆将在未来几十年内停止运行。所有这些设施的退役需要有充分的规划和评价，同时证明退役活动可以安全地进行。

1.2. 现有安全标准要求进行恰当的安全评定，以支持各设施的退役计划（参考文献[1]第 5.2 段、参考文献[2]）。这些设施在诸多方面不尽相同，例如规模和复杂性方面（像后处理厂和小型研究实验室）；已知和潜在的危害方面；放射性污染程度方面；设施运行历史方面（例如放射性事故和非放射性事故³）；以及退役活动的复杂性方面。此外，正在退役的设施在同一个场址上可能是相互依存的。同时，这些设施将受到不同退役策略（例如，立即退役、延迟退役或填埋[1]）和不同退役方法（例如，单阶段或多阶段退役）的约束。一系列设施退役开发和评审安全评定的方法（例如，每个设施的单一评定、退役分阶段的评定或相互关联的多个设施的评定）将被采用。鉴于这些考虑，应采用分级方法来制定和评审退役的安全评定。

1.3. 安全评定应采用系统的方法，以证明在退役过程中符合安全要求和退役标准，具体包括物料、建筑物和场址的解控。此外，安全评定应确保相关各方对退役安全保持信心。安全评定一经由营运者制定，应由监管机构进行评审，以确保符合相关安全要求和标准。

¹ 本“安全导则”中使用的术语“设施”是指使用、处理、运输或贮存放射性物质的设施及其相关场地、建筑物和设备，其规模应符合安全要求（参考文献[1]第 1.1 段）。

² 本“安全导则”中使用的“退役”一词指为允许从设施中移除部分或全部监管控制而采取的行政和技术措施（使用“关闭”而非“退役”一词的贮存库除外）（参考文献[1]第 1.1 段）。

³ 本“安全导则”中使用的术语“事故”是指任何意外事件，包括操作错误、设备故障和其他事故，其后果或潜在后果从防护和安全角度来看不可忽略。

1.4. 国际上已就设施退役相关的安全标准达成一致[1]。他们制定了诸多方面的安全要求，如电离辐射防护和放射源安全的要求[3]；与核辐射、放射性废物运输安全相关的法律和基础设施的要求[4]；预处置[2]和放射性废物处置的要求[5、6]；退役终止时场址解控的要求[7]和管理系统的要求[8]。

1.5. 本“安全导则”为使用放射性物质的设施退役的安全要求出版物提供支持[1]。同时是以下各方面的补充：如对核电厂和研究堆[9]、医疗、工业和研究设施[10]和核燃料循环设施[11]退役安全导则的补充；关于排除、豁免和清洁解控应用的补充[12]；以及终止退役后场址解控的补充[7]。此外，本“安全导则”还考虑了放射性废物预处置[2]和处置的相关安全标准[5、13]。

目的

1.6. 本“安全导则”的目的是为退役活动的安全评定的制定和评审提供建议。它将为退役的安全评定评审提供指导。此外，安全导则旨在协助监管机构、营运者和支持技术专家应用分级方法去开发和评审安全评定。

1.7. 本“安全导则”为监管框架提供指导，其中安全评定作为设施退役计划的一部分。然而，国际上正采用不同的方式，例如，将安全评定记录在独立文件中，将安全评定纳入退役计划，或者将安全评定用于支持退役计划，但不受监管控制。本“安全导则”可用于指导如何在国家监管框架内处理安全评定或处理安全评定过程。

范围

1.8. 本“安全导则”旨在用于制定或评审为支持退役策略、计划或活动而编写的安全评定。

1.9. 本“安全导则”为评价退役活动对工作人员、公众和环境的放射性影响以及退役期间的潜在事故提供了系统性的方法。本导则适用于所有类型的设施（如核电厂、研究堆、核燃料循环设施、研究实验室和医用设施）。因此，建议采用分级方法制定和评审安全评定。本导则还适用于位于放射性废物处置场最终需要进行退役的支持设施（如贮存设施）。当采用不同的退

役策略（立即退役、延迟退役或填埋）时，评价安全的具体不同之处也会进行考虑。

1.10. 本“安全导则”阐述了在规划和实施退役活动中安全评定方法的应用，包括最终停堆后的延期退役开始，直到场址最终解除控制。本“安全导则”具体考虑了退役过程中不断变化的放射性环境、危害和相关风险⁴。

1.11. 本“安全导则”不适用于放射性废物处置设施或铀矿的开采和加工，参考文献[5、14]对此有相关的说明。本“安全导则”不适用于由于历史活动及事故而受污染的区域恢复，参考文献[15、16]对此有相关的说明。此外，本“安全导则”不提供作为退役计划一部分的环境影响评定的指导（见参考文献[9—11]）；本“安全导则”也不适用于参考文献[17]中提到的场外运输。

1.12. 本“安全导则”提及清洁解控过程中的物料管理，以及场址释放（退役的一部分），但并未提供有关物料和场址解控标准的指导。参考文献[7、12]对此有相关的说明。

1.13. 对工作人员、公众和环境的非放射性危害应按照国家法律的要求，将其作为退役安全评定的一部分。但是，这些危害对人类健康和环境的具体安全影响以及保护超出了本“安全导则”的范围。文中如果提及了非放射性危害，可能是出于说明目的，或者因为其可能影响到放射性安全评定。

结构

1.14. 本“安全导则”第2部分描述了设施退役安全评定的目的和范围；第3部分概述了退役安全评定的总体考虑；第4部分为退役活动的安全评定和分级方法的应用提供了系统性的方法；第5部分提供了退役安全评定监管评审的指导；第6部分讨论了相关各方在退役安全评定中的参与。附件提供了一个识别危害的通用检查表和一个评审的通用方法。

⁴ 本“安全导则”中使用的术语“风险”是指表示与实际或潜在照射相关的有害或有害序列的危害、危险或机会的多属性量。它与数量有关，如特定有害结果可能出现的概率，以及此类结果的大小和特征[3]。

2. 安全评定的目标

2.1 根据参考文献[1]第 3.8 段的要求，在退役阶段，营运者应对安全和环境保护方面负责，因此，其应进行恰当的安全评定，从而：

- (a) 支持退役策略的选择、退役计划的制定和相关的退役活动的开展；
- (b) 证明工作人员和公众的受照剂量合理可能尽量低（ALARA），同时不超过相关限值[3]。

2.2. 退役的安全评定应与退役计划[1、9—11]以及其他特定的国家和场址要求保持一致，例如，放射性废物的管理要求以及物料的解控要求和场址的释放要求。

2.3. 退役的安全评定应：

- (a) 记录如何满足监管要求和标准，以支持实施退役活动的授权⁵；
- (b) 包括计划活动和事故环境对工作人员、公众和环境的危害性质、程度和可能性及其放射性后果的系统性评价；
- (c) 量化将通过退役活动实现的放射性危害的系统性和渐进性的降低程度；
- (d) 确定需要应用于退役活动的安全措施和限制条件，以确保退役活动满足相关安全标准要求；
- (e) 证明退役后实施的监管控制不会对后代造成不合适的影响；
- (f) 为场内和场外应急计划以及安全管理提供输入；
- (g) 为确定退役的培训需求和确定执行退役活动的员工的技能提供输入。

2.4. 退役的安全评定应进行适当的评审和更新，以确保其在退役活动过程中准确反映设施的物理、化学和放射性状态。

⁵ “授权”一词是指监管机构或其他政府机构授予营运者执行特定活动的书面许可证。

3. 退役安全评定的总体考虑

分级方法

3.1. 需要开展安全评定的退役活动范围很广，安全评定的范围和详细程度应与危害类型及其潜在后果相称。应采用分级方法制定和评审安全评定。分级方法是一个过程，通过该过程，完成安全标准要求所需的分析水平、记录和行动，并与第 3.3 段中所列的因素相称。

3.2. 分级方法的应用方式应不会危及安全，但应确保符合所有相关安全标准的要求。

3.3. 在应用分级方法时，应考虑：

- (a) 安全评定的目的（例如，针对最终退役计划或退役阶段，或针对退役计划的一个阶段）；
- (b) 评定范围（例如，针对设施的一部分、还是针对多设施场址的单一设施，抑或是针对完整场址）；
- (c) 设施的规模和类型（包括其复杂性）；
- (d) 退役活动时设施的物理和放射性状态（如正常运行后关闭或事故后的停工、长期维护不佳后的停工、设施状态的不确定性），尤其是老化可能对建筑结构或工程安全措施造成损害的程度；
- (e) 退役活动的复杂性；
- (f) 不确定性问题，例如，设施的质量，以及用作安全评定输入的相关、信息（如图纸、修改记录）的可靠性和可用性；
- (g) 放射性危害（源项），例如，设施的活度清单（例如，表面污染、松散污染）；放射性特征（例如，短寿命或长寿命放射性核素、 α 放射性核素）；放射性物质的化学和物理状态（例如固体、液体、气体；密封源；发热物料、可燃物料）；
- (h) 考虑场址特征（如地震、洪水、来自或依赖于任何邻近设施的影响）危害发生的可能性及其潜在严重后果，以及事故的潜在始发事件的存在和类型（例如人为错误、火灾、洪水、重物坠落、建筑物或构筑物倒塌或失效、化学品、极端温度）；

- (i) 可用于预防或缓解事故后果的安全措施（如工程安全系统、运行控制）的性质和可靠性；
- (j) 安全评定结果所依据的安全要求和标准；
- (k) 设施退役的最终状态（例如，无限制或限制开放使用）；
- (l) 该设施或其他类似设施适用安全评定的可用性以及退役活动的新颖性；
- (m) 退役对正在运行的具有安全重要性的其他地方的设施或附近设施（如共享服务设施）产生不利影响的程度。

3.4. 选择分阶段（逐步）退役的设施，在对退役各阶段进行安全评定时，应考虑退役活动的性质及其带来的危害，每个阶段都可能有所不同。每个退役阶段都应该采用分级方法进行退役安全评定。

3.5. 本“安全导则”中的分级方法主要涉及放射性方面的危害。然而，营运者应同时考虑可能导致更高安全评定等级的非放射性危害。分级方法中非放射性危害超出本“安全导则”的范围。

退役过程中的危害

3.6. 在开展退役安全评定时，应考虑对工作人员、公众和环境的相关危害（例如伤害源），包括：

- (a) 放射性照射，例如，来自直接照射和其他放射源的外部照射（包括临界），由于吸入、摄入或割伤和擦伤造成的内部照射，以及放射性核素失控释放导致的安全壳泄漏；
- (b) 有毒和其他危险物料，例如石棉、易燃物料、致癌物、用于去污的化学药品、窒息剂⁶；
- (c) 工业危害，例如，重物坠落、高空作业、火灾、高温、高压、噪音、灰尘和石棉。

⁶ 本“安全导则”中使用的术语“窒息剂”是指当存在于高浓度大气中时，通过放置或稀释导致氧气浓度降低的气体（例如乙炔氮）。

3.7. 应考虑这些危害的组合效应和附加效应，以及它们可能对工作人员、公众和环境造成放射性影响（例如，火灾导致安全壳的泄漏）的程度。

3.8. 如第 4 部分所述，应通过系统性的过程识别和评价可能导致这些危害发生的始发事件⁷和事件序列。

3.9. 所考虑的始发事件应包括退役活动产生的始发事件或在营运者的全面控制下发生的与退役相关的其他外部活动，如极端天气（如洪水、龙卷风）、场外工业事故（如导致火灾和爆炸的易燃蒸汽云，或附近设施释放的有毒化学品）和地震。

3.10. 安全评定应考虑退役期间可预见的始发事件产生的潜在后果，必要时，应采取适当的安全措施，以将风险和后果降至最低。

纵深防御

3.11. 退役的实施应使用符合相应危害程度的纵深防御⁸的安全标准。具体包括：

- (a) 定义适当的运行限值、控制和条件，以避免退役活动期间发生的或因事故产生的严重后果；
- (b) 相应的保护措施应确保任何事故都不会对工作人员、公众或环境造成重大伤害；
- (c) 使用额外措施以缓解退役过程中可能发生的事故后果。

3.12. 安全评定应确定必要的预防、保护和缓解措施，并应证明这些措施适用且足以确保退役期间的安全，并且符合相关安全要求和标准。

⁷ 术语“始发事件”是指导致预计运行事件或事件条件并对安全功能构成挑战的已识别事件。

⁸ “纵深防御”一词是指对不同级别的不同设备和程序进行分层部署，以防止预计运行事件的升级，并维持在放射源或放射性物质与工作人员、公众或环境之间的物理屏障的有效性，在运行状态下，对于某些屏障，在事故条件下。国际核安全咨询组（INSAG-10[18]）定义了五个纵深防御级别：(a) 第 1 级：防止异常操作和故障；(b) 第 2 级：异常运行控制和故障检测；(c) 第 3 级：在设计基准内控制事故；(d) 第 4 级：控制严重电厂的工况，包括预防事故进展和缓解严重事故的后果；(e) 第 5 级：减轻放射性物质大量释放的放射性后果。

3.13. 退役期间使用的安全措施类型通常与设施正常运行时的安全措施类型不同。例如，与其提供永久性的工程结构、系统和部件（SSC）以确保在退役期间实现安全功能⁹，不如（考虑退役活动持续时间和性质，以及安装完全工程化结构、系统和部件的可行性）使用临时工程系统或行政控制程序，以保证适当的安全水平。出于类似考虑，可能需要使缓解措施（代替预防和保护措施）上比运行安全评定中的更容易被接受。这种应用纵深防御的概念应在安全评定中进行证明。

安全功能

3.14. 安全评定应针对计划的退役活动和事故工况确定安全功能及其相关的结构、系统和部件，并证明这些安全功能、结构、系统和部件的适用性和充分性。退役期间需要履行的安全功能包括设施运行期间所需的安全功能和计划的特定退役活动（例如，切割和研磨活动期间的火灾探测和消防）所需的附加功能。此外，还应评价退役对相邻设施安全功能的影响。在退役期间拆除主要设施结构可能包括设施运行期间已完成特定安全功能的工程结构、系统和部件（如安全壳、屏蔽设施、通风系统、冷却设施）的拆除。如果仍然需要这些安全功能，则应在退役期间将相关结构、系统和部件保持在合适的状态。如果这种方式不可行，则应根据安全评定的要求，通过适当的替代方式（如帐篷、临时设施、消防系统、电力系统、管理程序）提供这些功能。同时，应证明这些替代方法的适用性。在退役期间，任何安全功能的变更都应在退役实施前进行证明。

3.15. 如果采用延迟退役策略，则应优先考虑通过非能动系统、设备和方法实现安全功能，尽量减少对能动结构、系统和部件、人员干预或监测需求的依赖。安全评定应评价这些安全功能（如安全壳功能）在整个退役期间（包括延迟退役期间）的适用性、充分性和可靠性。

3.16. 如果采用填埋策略，则填埋前退役活动的安全评定（如拆除内部结构为填埋做准备）应与第 3.14—3.16 段中规定的其他退役方法保持一致。此

⁹ 本“安全导则”中使用的术语“安全功能”是指为了安全而必须完成的特定目的。它在这里比核电厂的三个主要安全功能（反应性控制、放射性物质冷却和放射性物质测定）更为通用，以反映与退役活动相关的更广泛的危害和假想方案。除这三个主要安全功能外，退役期间的安全功能示例还包括屏蔽、辐射检测和警报启动、消防和通风。

外，由于填埋需要对放射性废物进行长期管理，因此用于实现安全功能的设施结构、系统和部件的设计应符合标准，以确保在退役期间保持安全水平，例如在填埋期间使用自然屏障[13、19]。

最优化

3.17. 安全评定应确定退役策略、计划和活动是否将工作人员和公众的照射剂量降至合理可达到的最低水平，并减少退役期间由于正常和/或事故造成的风险。考虑到可能照射的人数，防护最优化应包括个人剂量和集体剂量。为了实现这些目标，安全评定应根据参考文献[3]的要求，确定拟定的针对放射性危害的预防、保护和缓解措施是否为工作人员、公众和环境提供最大的安全效益。由于非放射性危害会对整个退役过程中的风险产生重大影响，因此这些风险应在整体优化过程中进行考虑。

3.18. 防护最优化应包括剂量和风险，除了合理可实现的尽可能低的要求外，还应包括相关限值和约束条件。但是，在国家法律允许的情况下，如果高风险活动能够实现有效剂量、风险和/或危害的降低，则允许在退役期间短时间内开展高风险活动。在这种情况下，退役的安全评定应为高风险及其持续的时间提供证明。

3.19. 防护最优化应考虑退役期间产生的放射性废物最小化和废物管理活动，以确保符合废物处理、贮存、运输和处置的标准。

长期安全

3.20. 安全评定应证明，在整个退役期间，设施的退役不会对后代造成不可接受的危害（例如有效剂量超过相关限值和约束）或不适当的负担[20]。同时，应证明，如果采用延迟拆除或填埋策略时，该设施在延迟拆除或掩埋期间应满足相关安全要求和标准[1、3]，并且在未来可以实现安全退役。如果采用延迟拆除或掩埋的退役策略，则应按照国家要求在退役期间定期评审安全评定，并考虑设施老化和监测结果等各种因素。

3.21. 如果国家或场址特定的无限制开放使用标准不可用，则退役的安全评定应证明，一旦场址被释放并无限制性开放使用，对关键群体的潜在有效

剂量将低于 0.3 毫希沃特/年[7]，并将进行优化。参考文献[7]中提供了此类安全评定的指导。

3.22. 如果场址拟用于限制开放使用，安全评定应证明，在有限制的情况下，有效剂量不会超过 0.3 毫希沃特/年，并进行优化。此外，安全评定应证明，如果采取的剂量限值措施在未来不可行，则所有放射源对关键群体的有效剂量不超过 1 毫希沃特/年[7]。

3.23. 如果填埋是首选的退役策略，应按照国家放射性废物管理要求评定长期安全。参考文献[13、19]提供了此类安全评定的指导。

工程分析

3.24. 为识别现有的和潜在的危害，并确保退役期间拥有适当的防护水平和事故缓解水平，安全评定应考虑：

- (a) 停堆后设施的物理、化学和放射性状态，以及设施及其安全系统的老化程度；
- (b) 现有工程结构、系统和部件的可靠性仍然是必需的，且符合适当的现行工程规范和标准；
- (c) 若现有结构、系统和部件无法按照合适的标准提供相应的安全功能，或出于拟进行的退役活动安全功能的需要（见第 3.14—3.16 段），则需要设计额外的结构、系统和部件。

3.25. 安全评定应证明退役期间所需的所有结构、系统和部件均根据合适的工程规范和标准进行设计。同时，应证明结构、系统和部件在被测试、检查和维护后，能达到与其相关安全功能相称的水平，并应考虑这些结构、系统和部件可能出现无法缓和的故障。对于已经存在的结构、系统和部件，安全评定应借鉴相应的经验和信息（如维护记录），证明这些结构、系统和部件在设施运行期间的合理性。

3.26. 安全评定应证明设施及其结构、系统和部件具有恰当的完整性，并且能够承受退役期间的任何需求（例如由于退役设备和人员而造成的额外荷载），同时在退役期间能够继续履行所有必需的安全功能。

物料管理

3.27. 物料管理是退役活动的主要部分，包括场址放射性和非放射性物质的分离、分类、量化、加工、贮存、处理和记录保存。为确保在执行这些任务和其他相关任务期间，工作人员、公众和环境的辐射防护，应在安全评定中考虑物料管理。

3.28. 安全评定应评定以下放射性后果：

- (a) 管理因退役而产生的物料，包括金属、建筑瓦砾、液体和其他被确定为不受监管的物料；
- (b) 场址放射性废物的管理，包括废物的处理、运输和贮存。

应注意的是，安全评定中应涉及退役物料的管理，应分别对放射性废物的清除[12]、运输[17]、预处置[2]和处置[13]进行评定。安全评定的物料管理（废物管理和物料解控）可记录在退役安全评定中，也可记录在其他文件中，前提是这些文件与退役安全评定一致且相关。

3.29. 退役的安全评定应符合国家和相关场址物料和放射性废物管理的要求（见第 2.2 段），尤其应考虑以下方面：

- (a) 清洁解控标准和程序[12]；
- (b) 物料和放射性废物分类标准；
- (c) 处理、贮存、运输或处置放射性废物的标准；
- (d) 退役期间物料和放射性废物在场址内的流量和数量；
- (e) 加工和/或贮存设施（场址内外）的可用性和容量，考虑其他退役活动（如其他设施或场址的活动）产生的物料；
- (f) 处置设施的可用性和容量。

不确定性

3.30. 在退役的安全评定中，应适当考虑所有已知的不确定性。例如，从设施的性质来看，设施的质量、可靠性和可用性可能都是有限的；去污活动可能没有明确（因为营运者可能需要根据场址条件的变化相应地修改去污方

法);退役计划中的假想方案和阶段可能需要根据从前几个阶段或从其他设施或场址的类似活动(包括国际经验)中获得的知识进行评审。

3.31. 在不确定性很大的情况下,应采用分阶段方法进行退役的安全评定,以便随着退役的进行降低不确定性。这种做法:

- (a) 是预防性的,仅在输入数据、假设和方法可以论证的情况下进行;
- (b) 使用安全评定确定退役阶段和工作包适当的停工待检点;
- (c) 考虑到现有的最佳技术信息来源(包括反馈、相关国际经验和实验);
- (d) 由于已经完成的退役阶段会产生更多的信息,因此在必要的情况下,应允许对安全评定进行评审、修订和更新。

管理系统

3.32. 应建立一个管理系统,用于开发、评审和内部核准安全评定,以将其作为退役计划的一部分。该管理系统应与退役活动的复杂性以及场址的相关危害和风险相称。一般,为退役建立的管理系统是正常运行期间管理系统的演变。

3.33. 营运者应建立组织,并就退役的管理和实施提出建议,以确保退役能够安全实施(参考文献[1]第 7.1 段)。该组织的职责应包括退役安全评定的开发管理并制定相关要求,尤其应解决:

- (a) 开展安全评定活动的员工的职责;
- (b) 执行或协助执行安全评定的分包商的管理;
- (c) 开展安全评定的工作人员(包括分包商)的技能、专业知识和培训(见第 3.35—3.38 段);
- (d) 建立安全评定开发、评审和内部核准的程序,以供营运者在退役期间实施和修改(例如根据应急知识)安全评定;
- (e) 与安全评定相关的文件和记录的维护和保存;
- (f) 与监管机构和其他相关各方就安全评定进行洽谈;
- (g) 质量管理;
- (h) 与退役计划或其他设施的接口。

3.34. 开发退役安全评定的管理系统应采用分级方法，并考虑第 3.3 段中确定的因素。管理系统的设计和实施应与设施的复杂性、放射性危害和退役活动的复杂性相称。管理系统应保证：

- (a) 退役安全评定的目标和范围已明确界定；
- (b) 已采用安全评定制定程序；
- (c) 制定并实施了适当的安全评定策略、方法（如危害分析）和程序；
- (d) 输入数据、假设、支持信息和支持性评定是相关且恰当的，并已记录在案；
- (e) 已识别所有相关危害，并对正常假想方案和事故假想方案进行了适当的评价；
- (f) 计算机代码和其他建模工具已适用于正在进行的评定和分析类型，并已得到适当核实¹⁰；
- (g) 已开展和记录安全评定及其输入、方法和建模，并在安全评定中考虑相关发现或建议；
- (h) 对安全评定进行适当的更新和维护，并适当考虑以下几个方面：随着退役的进展，设施状态的变化；退役计划；获取新知识；新的监管问题；根据采样和环境监测数据更新清单；职业剂量的测量；以及退役活动期间的放射性释放；
- (i) 执行安全评定的人员应具有适当的资格、经验和培训，并且所有人都有明确的职责。

退役工作人员和培训

3.35. 从运行到退役的过渡通常涉及营运者管理系统的重大变化（例如，从连续常规运行到基于项目的动态退役活动的变化，会更多地依赖行政和缓解措施）。此外，退役通常会增加对承包商的依赖。由于退役期间的风险与运行期间的风险不同，需要配备足够的员工和培训加以应对。所有这些问题

¹⁰ 本“安全导则”中使用的术语“模式核实”是指确定哪种计算模式能够正确实现预期概念模式或数学模式的过程。相对于计算机代码和其他建模工具，模式核实是通过将模式预测与实际系统观测值进行比较，确定模式是真实系统模式的适当表示的过程。

都应反映在安全评定中（例如，考虑因人为错误导致始发事件的增加，以及需要采取措施预防或缓解相关后果）。

3.36. 从退役中获得的经验表明，对于短期、非重复性的退役活动，依靠基于人的程序往往比依靠设计的安全系统更有用。然而，依靠人来控制多个重复性活动的可靠性就要低得多，应该避免此种情况。安全评定应确保人为措施和工程措施之间的平衡，以便优化预防、保护和缓解安全措施。

3.37. 退役的安全评定应由经验丰富的多学科团队进行，该团队应拥有所有相关技术领域的专家。团队的组成可能会有所不同，这取决于要进行的安全评定，但团队通常应包括熟悉安全评定（如危害分析、概率分析、确定性分析）、相关工程（例如土木、工艺、控制和仪表、电子、化学和机械），以及辐射防护方面的人员；同时应包括熟悉退役期间产生的放射性废物和其他物料的工业安全和管理的人员。此外，团队成员应包括了解设施设计、运行和历史的成员，以及必要的专家评定员（例如在临界安全、水文地质、人为因素和计算机建模领域）。

3.38. 安全评定应规定人员技能、相关培训和维护安全的最低人数要求。安全评定应在退役期间确定员工和培训发挥特别重要作用的关键领域和任务。对于这些关键领域和任务，营运者应确保个人能力、人员配备和培训足以在所分析的条件下维持安全，并符合相关安全要求和标准。培训和技能的深度和严格程度应与设施和退役活动的复杂性相称。

4. 安全评定

概述

4.1. 应以系统的方式，采取分级方法，结合与核设施相关的危害和退役活动及可能产生的后果进行评价。退役安全评定应基于图 1 中定义的框架。图 1 中概述的步骤是相互依赖的，并应以迭代方式执行，如以下章节所述。

4.2. 安全评定应基于明确的框架（见图 1），其中明确定义了所有先决条件，如评定的范围和目标。安全评定应包括对设施和将要进行的退役活动的详细说明，并与退役计划内容保持一致。这些信息用于确定设施现有的危害和将要进行退役活动而产生的新的危害。相关危害应进一步量化，并评价其

对工作人员和公众的相关后果，并辅以结构、系统和部件的工程分析。应与这些危害相关的有效剂量和风险与国家相关法律中规定的相关安全要求和标准进行比较，以确定是否满足要求。最后，分析及其结果应进行独立评审（例如，由营运者评审），以对评定方法、使用的数据、做出的假设、获得的结果以及得出的结论和建议有足够的信心。如果比较结果表明不符合安全标准，则应修订安全评定。修订可能导致以下几个方面的修改：如退役策略、计划和活动；工程和保护措施；限制、控制和条件，或不确定性的处理或减少（例如，清单假设）；以及考虑新的假想方案。

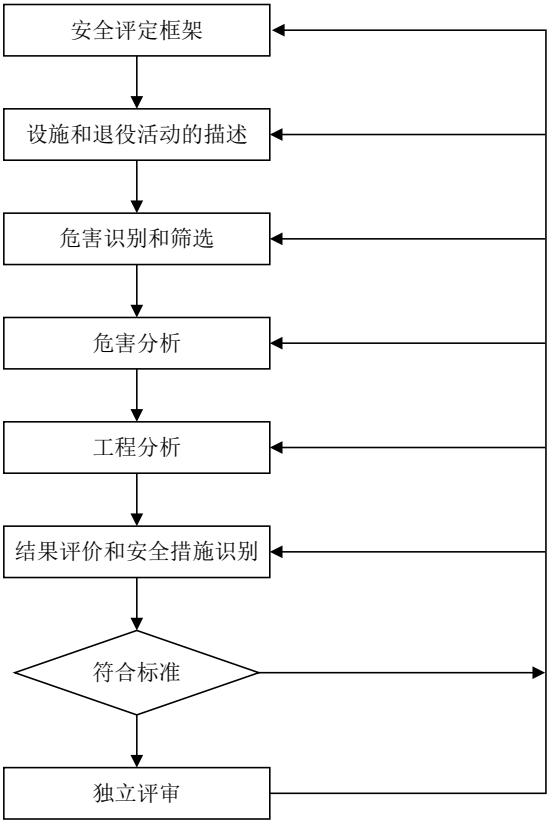


图 1. 安全评定程序。

4.3. 如第 3 部分所述，应在安全评定的每个步骤中使用分级方法。

4.4. 如果退役分为多个阶段，且无法对所有阶段进行相同详细程度的安全评定（例如，因缺乏相关信息），则应在适当的时间间隔对安全评定进行

更新（例如，在每个新阶段开始之前或根据监管机构的要求），同时考虑新的数据，如运行和退役经验反馈。

安全评定框架

4.5. 退役安全评定框架应与退役计划保持一致，并应包括：

- (a) 评定范围（包括：系统或设施；场址的边界和与相邻设施的接口，如同一场址其他单元的持续运行，或与放射性废物管理设施的建造和运行的接口等）及其与退役计划的关系；
- (b) 评定的目标（见第 2 部分，即退役策略和活动的论证；符合安全标准的证明）；
- (c) 应满足的安全要求和标准（例如，人员、公众照射的剂量限值及约束值；风险标准、清理和场址释放标准；废物验收标准；以及废物最小化）；
- (d) 评定的结果（例如，有效剂量或风险）。这些结果应符合监管机构的相关安全要求和标准，并考虑评定的假设，如时间、关键组和退役终态；
- (e) 开展安全评定的方法（例如：确定性方法和/或概率方法、保守性或现实性、通用性或场址特定性）。该方法应基于待评定的危害的性质及其时间框架，如以下章节所述。该方法还应说明拟采用假设的性质、数据的可用性和类型（如通用或场址特定），以及处理各种不确定性来源（如假想方案、模式和数据）所采用的方法；
- (f) 退役活动及其各个阶段、制度控制（如限制土地持续使用）和计算的时间框架；
- (g) 退役阶段及其终点的明确定义，包括物理、化学和放射性最终状态的具体信息。每个阶段不应妨碍设施退役最终状态的实现；
- (h) 设施的最终状态（例如，不受限制或限制的使用，以及遗留建筑物及其使用）；
- (i) 使用相关可用数据、安全评定和经验反馈（例如，设施运行经验，或该设施或其他设施在国家或国际层面以往退役活动的经验）；
- (j) 相关各方（如监管机构、其他主管当局、公众）的参与，见第 6 部分。

设施和退役活动的说明

4.6. 安全评定应使用退役计划中的以下信息，主要与设施及其相关土地、建筑物和结构、系统和部件及其退役相关：

- (a) 设施及其相关的已知危害；
- (b) 待执行的退役活动。应提供足够的详细信息，以便能够为确定正常和事故条件下计划退役活动对工作人员、公众和环境造成的潜在危害奠定坚实的基础；
- (c) 退役后设施的最终状态（例如，场址剩余的土地和建筑物，用于非限制或限制用途）。如果安全评定仅适用于退役阶段，则应确定这些阶段的终点。在这种情况下，应尽可能详细地说明退役完成后设施的最终状态；
- (d) 现有和计划的安全措施；
- (e) 与其他运行设施或退役设施共用的系统。

该信息的详细程度应符合安全评定的要求。

4.7. 退役计划[9—11]中对设施的描述应包括以下相关细节：

- (a) 场址和基础设施：应包括足够的信息，以便进行剂量和/或风险计算（例如，关于人口分布、当前和未来土地利用、气象学、地质学和地震学、地表水和地下水、水文以及自然资源的信息）；
- (b) 设施：应包括所有现有的安全功能及其相关结构、系统和部件，并应记录其以前和现在的使用情况；其物理和放射性状态；可能存在的任何危害；以及与安全评定相关的其他项目。设施的说明应包括有关系统、大型构件和建筑物的所有信息；
- (c) 放射性核素盘存量：应包括相对放射性核素以及计算和测量的放射性活度；放射性核素在受污染、活化组件和建筑结构中的分布（如适用）；以及剂量率分布。相关说明应基于足够详细的源项测量、计算和记录；
- (d) 运行历史：运行记录、运行后场址和非场址调查以及正在进行的退役活动的信息都应作为信息源。这对于设施设计的变更，以及识别地上或地下建筑物、结构和系统的额外污染，以及土地环境（包括地表或地下水）的污染尤其重要。

4.8. 退役活动的说明应包括：

- (a) 退役活动和使用的技术、退役任务的顺序及其在时间、资源和公共场所使用方面的接口。还应说明场址放射性物质、非放射性有害物质和其他物料的管理，包括将产生的物料清单；
- (b) 支持设施的信息（其中任何一项对于安全退役是必需的），例如供电设施，或用于管理放射性废物的设施，如贮存或调节设施、实验室和压缩减容设施；
- (c) 用于设施退役的通用系统和服务，该设施所在地可能还同时存在其他设施。待退役设施的说明应包括相关通用系统和服务的信息，其支持退役的可靠性，以及退役活动对其他设施可能产生的影响。

4.9. 应确定退役后设施的最终状态。是不受限制地开放使用，或者是通过某种形式进行管理。

4.10. 应说明设施的现有安全措施（如工作控制程序、个人防护设备的使用、培训和测试计划、辐射防护计划），并在危害分析中予以考虑。

危害识别和筛选

4.11. 退役的安全评定应考虑退役活动中存在的所有相关危害和潜在危害，以及退役计划和评定框架中规定的它们随时间的相互作用和演变[1、7]（见第5段）。

4.12. 应根据设施和退役活动的描述，采取系统的方法来识别危害。应以迭代的方式应用以下步骤，以识别可能导致工作人员和公众照射或对环境产生不利后果的正常和事故假想方案：

- (a) 危害和始发事件的识别：应考虑设施中放射源项的活动和位置，以及退役活动过程中产生的任何危害，同时应考虑可能对工作人员、公众或环境造成有害后果的始发事件；
- (b) 危害筛选：应量化和筛选已识别的危害，以便将安全工作引至设施的所有重大和相关危害和始发事件；
- (c) 假想方案识别：安全分析应识别由退役活动或事故引起的相关假想方案，并且在这些假想方案中，能够实现危害的筛选。

4.13. 危害识别和筛选过程应考虑设施和退役活动的复杂性，以及随着退役进展，危害和风险的演变和减少。

危害和始发事件的识别

4.14. 危害识别过程应识别设施中存在放射性物质的所有位置（例如，放射性物质和放射性废物的密集和非密集堆积、表面污染、被污染地面、放射源、活化部件和通风系统过滤器）。应特别注意放射性物质，由于计划的退役活动，这些物质成了工作人员的照射源，例如，由于设施拆卸过程中安全壳完整性的丧失或屏蔽墙的拆除而导致通风系统的改变。

4.15. 应考虑将来在场址获取的物料，例如在逐渐填充的放射性废物贮存区的物料，需要根据设想的最大放射性随时进行评定。还应始终考虑避免废物贮存区的意外临界，尤其是在后处理设施退役期间。

4.16. 在该过程中，应考虑所有可能导致伤害的潜在始发事件，特别是：

(a) 外部始发事件：

- 自然事件，如不利的气象条件（如风、雪、雨、冰、温度、洪水、闪电）、地震或生物侵入；
- 人为事件，如飞机事故（有或无后续火灾）、爆炸、火灾、电力或其他服务中断，以及人为侵入（主要是在设施处于延迟拆除状态的情况下）；

(b) 设施或场址的内部始发事件，如火灾、爆炸、结构倒塌、溢出或泄漏、通风故障，重物掉落和防护措施失效（如屏蔽或个人防护设备失效）；

(c) 人为引发的始发事件，如操作人员错误和违规，以及因错误识别而导致执行不兼容活动。

经验表明，在退役的安全评定中，内部和人为引发的始发事件通常是最重要的考虑因素。应考虑现有和潜在的危害以及退役活动的复杂性，同时应考虑低概率的始发事件。与退役安全评定相关的潜在危害和始发事件的分类清单见附件 I。

4.17. 应使用合适的技术（如危害和可操作性分析（HAZOP）和事件树分析），以及适当的信息来源，如检查表、设施剂量率图、放射性废物清单以及其他设施退役的经验反馈，以识别始发事件并分析其演变。

4.18. 应量化和筛选已识别的危害（见第 4.20—4.24 段），并针对设施的所有重大和相关危害开展安全工作。在不符合相关安全要求或标准的情况下，对工作人员、公众或环境造成有害后果的潜在危害，或根据正在评定的退役范围内无法实现的危害，可从随后的危害分析中筛选出来。

4.19. 尽管本“安全导则”的重点是反射性安全，但也应按规定处理非放射性危害（例如接触化学品，以及具有潜在危害的非放射性物质，例如石棉或含多氯联苯（PCB）的油）对环境的影响，此类影响应按照国家的规定进行处理。应注意，存在的非放射性危害（如化学毒性和工业危害）可通过类似方式进行评定，并可与放射性危害分析一起建模。

危害筛选

4.20. 退役期间相关的危害（见第 4.16 段）应进行量化，但不考虑在退役期间采取的保护或缓解措施。但是，应考虑设施在退役过程中保持固有（非能动）特征（如屏蔽墙、工程安全特征）的好处。应进一步考虑可能导致重大有害后果的危害，或与可靠标准相比具有高风险的危害。

4.21. 应筛选出超出安全评定范围和/或目标的危害，或不会导致超过相关标准后果的危害。这些将减少安全评定工作的危害清单。在低危害或低复杂度的设施中，或在计划的退役范围非常有限的情况下，相关危害可能很少，从而限制了安全评定的范围。

4.22. 危害筛选过程应考虑与设施工作人员和潜在公众相关设施的照射路径。该过程应考虑到计划退役活动（此类释放和/或照射将在相对较长的时间间隔内持续发生）和事故（通常为单一事件）的放射性释放和照射。同时应为排除的危害提供证明。

4.23. 在筛选过程中，应考虑所有潜在的照射途径，通过这些途径，已识别的危害可能会对工作人员造成有害后果，例如：

- (a) 由于污染、结构（部件、建筑物、表面等）或其他放射性物质（如密封源、放射性废物货包）的活化而导致的外部照射，如伽马辐射放射性核素的直接照射；
- (b) 在应用切割技术（如热切割和机械切割）或去污技术期间，或在火灾中，由于吸入或摄入空气释放物（如特别是气体、气溶胶和微粒）而导

致的内部照射；来自化学去污或去污机械技术的应用以及其他来源而产生的气溶胶；

(c) 放射性污染和物理伤害的组合（例如伤口污染）。

4.24. 在适用的情况下，应考虑公众接触途径和向环境的释放（例如，缺乏安全壳或火灾可能导致放射性物质意外扩散到场址以外）。除了第 4.23 段中列出的三种途径之外，对于工作人员而言，应考虑通过水、空气传播和/或食物链进入公共场所的场外照射路径的可能性。

假想方案识别

4.25. 上述对始发事件、危害和照射途径的考虑应能够确定假想方案列表。假想方案应描述如何产生已识别的危害，无论是正常运行中预期的运行事件，还是事故。由于无法确定实际和相对情况，因此不应进一步考虑那些不能导致明显有害后果的危害（根据相关安全标准进行评定）。然而，由于对正常和意外情况的考虑，可能产生更多的比最初确定的释放途径和始发事件（例如，对附近设施的运行有潜在影响的假想方案），因此应采用迭代方法来识别始发事件、路径和假想方案。

4.26. 应分析特定假想方案及其后果的可能性，以作为筛选假想方案的基础。

4.27. 假想方案的确定应考虑对拟作为放射性废物进行处理、贮存和处置的物料的场址管理。安全评定应包括在正常条件下，以及在活度可能释放或屏蔽可能减少的事故情况下（在设备故障或废物货包装破裂等之后）废物的分离、表征、分类、量化、处理（例如压缩体积、包装）等活动。

危害分析

4.28. 进行危害分析时，应实现以下目标：

- (a) 量化正常假想方案中工作人员和公众的放射性后果；
- (b) 量化事故假想方案对工作人员和公众造成的放射性后果；
- (c) 确定限制、控制和必要条件，以便在计划的退役期间将剂量照射降低到可接受水平；

- (d) 确定进一步的必要措施，以预防和保护工作人员和公众免受事故假想方案的影响和/或减轻其后果。

4.29. 这些目标应通过使用适当的确定性分析和概率分析来实现，并以互补的方式应用。在难以为选定的相关情景分配现实概率的情况下，应使用确定性方法。在复杂的情况下或需要遵守风险标准的情况下，应采用概率方法。对于事故假想方案，或当国家法规要求将某些假想方案与工作人员或公众的剂量标准进行比较时，应采用确定性方法。在风险标准可应用的情况下，则应采用概率方法，同时考虑事故和事件发生的可能性。

4.30. 危害分析应识别、处理并记录以下方面的信息：

- (a) 放射性危害的来源和程度（例如核素盘存量和源项：位置、尺寸、空间分布、成分和数量）；
- (b) 可能导致这些危害得以实现的假想方案（例如，发生频率、照射路径、支持频率计算的假设以及正常和事故条件下的后果）；
- (c) 有无防护/缓解措施（如高剂量率下的辐射屏蔽或防毒面具的使用，或额外通风或其他控制污染手段的应用）的后果（如职业照射和公众照射）；
- (d) 不确定性和危害分析中采用的方法（例如边界计算的性能或敏感性研究的使用）；
- (e) 为预防、防范或缓解每个假想方案的后果而采取的措施。

4.31. 虽然通过筛选过程消除了微不足道的危害和假想方案，但应使用分级方法和适当的方法对剩余的假想方案和危害进行分析。在总照射量较低的情况下，使用一种方法来评价预期会导致工作人员或公众的高度照射（边界方法）的假想方案就足够了，其他假想方案则是从计算中排除。对于简单设施，只需要相对较少的正常和事故边界假想方案（这可能是一个限制假想方案）。对于更复杂的设施或其照射量接近相关安全标准的设施，应参考其他假想方案。

4.32. 使用边界假想方案时，必须确保它们包括所有单一假想方案的最大影响。例如，边界假想方案可能是一场向环境释放大量放射性物质的火灾，如果另一个假想方案（例如，工作人员在处理废物过程中吸入放射性物质的事故）导致工作人员的剂量增加，则应评价该剂量，并规定适当的安全措施。

- 4.33. 对于涉及场址释放的安全评定，在场址特定或通用场址释放标准不可用的情况下，安全评定应包括对正常和事故情况下终态假想方案的评价。
- 4.34. 当已被确定为有可能导致场址或厂外放射性释放，并与国家法律和监管框架一致，则应进行更详细的评定。
- 4.35. 应通过使用合适的数学模式（图 2）计算有效剂量或风险来评定正常和事故假想方案下产生的后果。然后将这些剂量或风险与标准（例如剂量限值、剂量限值、风险）进行比较。此外，监管当局可以规定环境介质中的活度浓度，并与模式结果进行比较。
- 4.36. 计算的复杂性和范围应与设施和退役活动相关的危害相称。

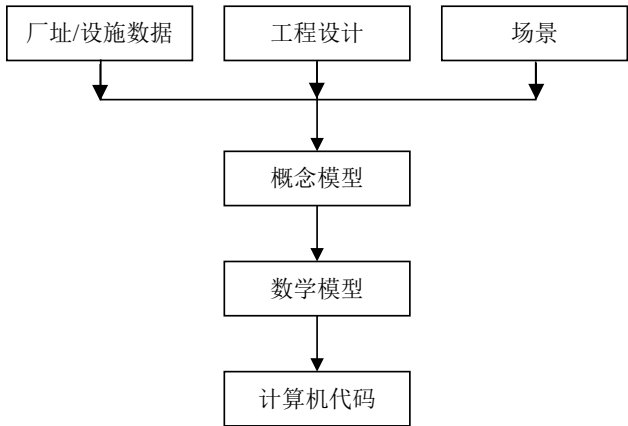


图 2. 通用模式开发。

- 4.37. 建模和计算方法应使用经核实的现有模式和计算机代码（如有），以方便评定。如果使用新模式或计算机代码，则应在使用前对其进行核实，以确保其适用性和准确性。
- 4.38. 计算中使用的假设（例如，中悬浮在空气中的放射性核素；保留在过滤器中的放射性核素或沉积在表面上的放射性核素）应予以证明和记录。

工程分析

- 4.39. 安全功能和相关结构、系统和部件的评定应通过应用适当的工程规范和标准来进行，且应与安全功能的重要性（例如，故障的后果）相称。

4.40. 安全评定应确定合适的现有结构、系统和部件，并足以实现危害分析中总结的所有假设，以及它们是否将所需的剂量和风险降低到适当的置信水平。

4.41. 安全评定应证明，只要退役计划要求，现有结构、系统和部件将继续确保相关的安全功能，并适当考虑老化和其他退化机制，以及侵入性退役活动（例如，支撑墙的拆除、尘土飞扬）。

4.42. 安全评定应确定新设计的结构、系统和部件的安全功能，并应验证这些功能足以满足相关安全要求和标准。安全评定应确定需要在退役期间应用的工程要求（例如结构、系统和部件的检查、维护和测试要求）和需要维护的服务，包括其他相关设施的服务。

结果评价和安全措施识别

4.43. 安全评定结果应有助于证明符合有效剂量方面的监管要求和标准（例如，正常退役操作引起的个人年有效剂量、单一事件或事故的个人有效剂量），结果应以与相关安全标准相同的单位进行表示（见第3部分）。

4.44. 应进行敏感性分析，以确定和评定对评定结果有重大影响的参数和值。如果结果对输入参数或假设特别敏感，操作人员应努力减少出现的问题，并重复该部分的安全评定。

4.45. 安全评定应证明有足够的安全措施，与事故发生的可能性及其可能的放射性后果相称，以证明符合安全标准。这些安全措施可以是：

- (a) 工程措施：退役工作期间采取的技术或物理措施，如提供额外屏蔽或安装新过滤器、新通风系统或水处理厂、搭建临时帐篷、使用产生低气溶胶的切割工具、安装警报系统以符合安全标准、使用防护设备（如防毒面具）或其他缓解系统；
- (b) 程序措施：针对某项退役任务的管理措施，如特定任务的认证工作程序说明、放射性衰变、减少放射性物质的使用、限制进入辐射区域，或切割作业期间消防值班。

4.46. 所有相关的假设和评定结果都应妥善记录。记录应包括在没有特定场址数据可用的情况下进行的不确定性和假设。同时，应在文件中明确说明

哪些假设依赖于新安全措施的提供或现有安全措施的延续，应确定对评价结果或安全裕度的置信水平，以及未来的行动（如需要）。

4.47. 如果安全评定结果未证明符合安全要求或标准，则应按照图 1 所示的框架对评定进行修订。评定结果应用于确定对现有退役策略、计划或标准的修订，以及工程措施和保护性安全措施的修订，并在适当的情况下，确定额外的安全措施，以确保符合安全要求和标准。应对不确定性的处理或减少进行评审，并在必要时进行重新修订。如果修订了退役计划，则应对安全评定进行评审或修订，以评价对退役计划的修订。

安全评定的独立评审

4.48. 在完成安全评定和提交监管评审之前，应由营运者或营运者代表根据国家监管框架进行独立评审。

4.49. 安全评定是退役期间安全证明的一个重要贡献，在退役之前，营运者的独立评审应确保：

- (a) 使用的输入数据和假设有效；
- (b) 评定准确地反映了设施和退役活动的实际状态；
- (c) 安全评定得出的安全措施足以进行退役活动；
- (d) 安全评定不断更新，以反映设施的发展以及对设施的认识和理解的发展。

4.50. 安全评定的评审应由在组织上独立于退役活动的资质合适且经验丰富的人员进行。独立评审小组应包括在所有相关领域具有专业知识的专家（见第 3.35—3.38 段），并应与进行安全评定的团队相互独立。评审应以系统的方式进行，方法、调查结果和建议应明确记录，并在需要时提供给监管机构。

4.51. 如果采用分阶段退役方法，也应进行独立评审，以确保每个阶段的安全评定与整体安全评定一致。在开始新的退役阶段之前，应进行独立评审，以确保安全评定得到适当更新。

5. 安全评定的监管评审

安全评定的监管评审

5.1. 安全评定的监管评审应与退役计划的评审保持一致，并按照国家法律规定进行。退役计划中与安全评定特别相关的部分包括设施描述、退役策略；以及相关安全要求和标准；拟进行的退役活动；管理系统；退役技术；支持服务的可用性；放射性废物管理计划。

5.2. 监管评审过程，包括退役安全评定的评审过程，应按照相关国家法规和国际上的建议[1]进行，并应遵循分级方法（见第 3.1—3.5 段）。监管机构应规定其评审退役安全评定的方法（例如筛选或详细技术评审），并应与营运者和其他相关各方沟通，以说明其期望，从而提高对监管流程的信心。

5.3. 如果退役分阶段进行，则应对每个阶段、整个退役以及各阶段之间的相互关系进行规定的评审。

5.4. 安全评定监管评审的主要目标应为：

- (a) 考虑安全评定是否为退役策略、计划和活动提供了适当的基础；
- (b) 验证已满足相关安全要求和标准，以支持退役策略、计划和活动的授权流程；
- (c) 识别退役期间或退役活动开始前需要应用的监管限值和条件；
- (d) 为解除场址（以及任何遗留建筑物和/或构筑物）监管的过程提供输入。

5.5. 安全评定的评审结果应向监管机构证明：

- (a) 安全评定与退役计划和其他相关安全评定保持一致；
- (b) 在充分考虑计划活动的剂量和风险约束的情况下，退役活动得到优化；
- (c) 将采取适当和充分的安全措施（程序措施和工程安全特征），以便退役活动能够安全地进行，同时符合所有相关安全要求和标准，并以优化的方式进行；
- (d) 监控措施和维护措施能够确保安全；
- (e) 退役期间的应急计划和准备是充分的；
- (f) 在制定退役方案时，采用了良好的工程实践。

监管机构采用分级方法

5.6. 安全评定的评审级别和监管评审范围应遵循分级方法。在监管机构采用的分级方法中，应考虑以下因素：

- (a) 源自国家法律和监管框架的所有相关安全要求和标准；
- (b) 退役活动导致放射性不受控制或意外释放（如工作场所、场址、场外或附近设施）的可能性（如后果的可能性和程度）；
- (c) 安全评定对进行退役活动工作人员的受照剂量的估计；
- (d) 拟议退役活动的复杂性和新颖性；
- (e) 营运者方面（例如，营运者或承包商在退役和编写退役安全评定方面的表现和相关经验；组织的复杂性）；
- (f) 退役期间其他设施或类似设施发生的相关事件；
- (g) 正在评定的退役活动的范围（例如，大型项目的一个阶段、单一大型项目、设施最终脱离监管控制）；
- (h) 其他主管机构的技术或安全相关问题（例如，对实物保护、安全或非放射性危害进行监督的机构）。

5.7. 监管机构为评审退役的安全评定而采取的策略应侧重于退役的安全重要方面。

5.8. 为采用这种分级方法，监管机构应建立一套确定性的筛选标准，根据其安全重要性（即退役期间的最高危害类别）对设施或活动进行分类。这里的安全重要性包括考虑场址放射性物质的数量和形式；过去的活动和事故和/或泄漏；火灾、临界和爆炸的可能性；设施老化的影响；营运者和拟使用的分包商的能力及其过去业绩；以及正常退役活动期间以及意外事件中释放放射性物质或危害物质的可能性。当类似设施的退役经验反馈可用时，监管评审应重点关注这些设施安全评定之间的差异。

监管评审

5.9. 退役安全评定的监管评审应以结构化、可追溯、和系统的方式进行，并具有明确的验收标准。监管机构应任命具有适当资质和经验的员工来管

理和进行此类评审。应明确记录所采取的方法以及此类评审的结果和建议。附件 II 包含一个可能对监管评审具有重要意义的清单示例。

5.10. 在退役安全评定的监管评审中，应考虑以下因素：

- (a) 用于评价正常和事故假想方案后果的输入假设和模式（如适用）；
- (b) 识别和筛选危害、始发事件和假想方案，以便充分考虑所有潜在的安全问题；
- (c) 拟议的退役策略和活动应根据国家法律要求尽量减少受照剂量，并将风险保持在合理可实现的最低水平；
- (d) 危害分析是否使用了合适的技术、假设和模式；
- (e) 如何处理不确定性，特别是是否以保守和可辩护的方式将其纳入危害分析中；
- (f) 如何对安全措施、限值、控制和条件进行规范、论证和优化，从而最大限度地降低操作剂量，预防事故，采取适当的保护措施，并适当减轻事故后果；
- (g) 如何正确识别和考虑所有必要的安全功能；如何适当地证明所有高风险期的合理性（见第 4 部分）；以及如何正确应用所有相关规范和标准；
- (h) 是否适当遵循了场址级和国家级在放射性物质和放射性废物管理方面的策略；
- (i) 独立评审的方法和结果，以及营运者如何确保评审的独立性；
- (j) 应用管理系统，以增强对营运者安全评定质量的监管信心，并解决所有相关因素（例如，监查、核实和验证；使用具有适当资格和经验的人员；培训；对分包商的控制；实施结论和建议）；
- (k) 安全评定结果的应用（例如，在应急响应、培训和项目管理措施中）；
- (l) 营运者的解释是否符合相关安全要求和标准。

5.11. 除营运者的安全评定和其他支持退役计划的文件中提供的信息外，监管机构还应考虑其他设施（包括国际设施）退役的经验可多大程度用作监管评审信息的支持信息。

5.12. 延迟拆除安全评定的监管评审应确保已充分考虑了与该阶段相关的危害和风险，同时保证维护和监管程序是充分的。填埋安全评定的评审应证

明符合放射性废物长期管理的相关要求。如果安全评定与先前安全评定的数据和结果存在关联，监管机构应确保此类数据和结果的适用性。此外，应确保安全评定的范围和假设是相关的，且可以继续应用于任何工程设计的安全措施和程序措施。

6. 相关各方的参与

6.1. 根据参考文献[1]第 5.13 段要求，在最终退役计划获得核准之前，应向相关各方提供对最终退役计划提出意见的机会。这应包括符合国家法律规定的计划退役活动的安全评定信息。在退役完成后与场址（或设施）最终状态相关的决策过程中，当地市政当局的参与尤为重要（例如，未来的重新开发、限制和使用）。因此，相关各方参与过程应包括让地方市政当局参与最终状态的安全评定。

6.2. 应建立一个流程，以便以可理解和有用的形式向相关各方提供安全评定报告中的信息，从而使其能够为监管机构的决策流程提供信息，从而使退役计划能够得到核准（例如，通过公开听证会或互联网征求意见）。

参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《放射性物质使用设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-5 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [2] 国际原子能机构《含退役放射性废物处置前管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-2 号，国际原子能机构，维也纳（2000 年）。
- [3] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、世界卫生组织，《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》，国际原子能机构《安全丛书》第 115 号，国际原子能机构，维也纳（1996 年）。
- [4] 国际原子能机构《用于核、辐射、放射性废物和运输安全的法律和政府基础结构》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-R-1 号，国际原子能机构，维也纳（2000 年）。
- [5] 国际原子能机构《放射性废物的近地表处置》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-1 号，国际原子能机构，维也纳（1999 年）。
- [6] 国际原子能机构《放射性废物的地质处置》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-4 号，国际原子能机构，维也纳，2006 年）。
- [7] 国际原子能机构《解除终止实践后厂址的监管控制》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-5.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [8] 国际原子能机构《设施和活动的管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-R-3 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [9] 国际原子能机构《核电厂和研究堆的退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.1 号，国际原子能机构，维也纳（1999 年）。
- [10] 国际原子能机构《医学、工业和研究设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.2 号，国际原子能机构，维也纳（1999 年）。
- [11] 国际原子能机构《核燃料循环设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.4 号，国际原子能机构，维也纳（2001 年）。

- [12] 国际原子能机构《排除、豁免和解控概念的应用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.7 号，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。
- [13] 国际原子能机构《放射性废物近地表处置的安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-1.1 号，国际原子能机构，维也纳（1999 年）。
- [14] 国际原子能机构《采矿和选矿产生放射性废物的管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-1.2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [15] 国际原子能机构《受过去活动和事故污染区域的治理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-3 号，国际原子能机构，维也纳（2003 年）。
- [16] 国际原子能机构《过去活动和事故影响地区的治理过程》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。
- [17] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例（2005 版）》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 TS-R-1 号，国际原子能机构，维也纳（2005 年）。
- [18] 国际核安全咨询组《核安全的纵深防御》，《国际核安全咨询组丛书》第 10 号，国际原子能机构，维也纳（1996 年）。
- [19] 国际原子能机构《放射性废物的贮存》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-6.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [20] 欧洲原子能联营、联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、国际海事组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、联合国环境规划署、世界卫生组织，《基本安全原则》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。

附件 I

危害和始发事件清单示例

事件	与计划工作 相关	与事故 相关
内部始发事件		
放射性始发事件		
临界		
— 设备和生产线中残留易裂变材料		
— 罐中的放射性液体残留物		
— 易裂变材料附近是否存在慢化剂 (如水、聚氯乙烯)		
污染扩散		
— 安全壳完整性损失、屏障损失		
— 安全壳或屏障的拆除		
— 放射性物质、货包和放射性废物的坠落		
— 建筑物清理 (如活化或污染)		
外照射		
— 活化材料和设备		
— 直接辐射源		
内照射		
— 放射性物质的物理和化学状态		
污染、腐蚀等。		
— 光谱、活度、放射源 (例如, 阿尔法放射源)		
— 气体和液体流出物		
非放射性始发事件		
火灾		
— 热切割技术 (例如使用锆合金)		

事件	与计划工作 相关	与事故 相关
— 对安全非常重要的落在结构、系统和部件上的荷载		
— 落在放射性物质上的荷载（如包装）		
— 结构倒塌（例如，由于老化）		
— 拆除活动		
— 高空作业		
— 高噪音水平		
人员和组织的始发事件		
— 操作人员失误、违反规定		
— 意外进入辐射区域		
— 对行动的错误识别		
— 承包商和分包商的行动		
— 不相容操作		
— 禁止向其他设施提供服务		
— 不良的人体工程学条件		
外部始发事件		
地震		
外部洪水		
— 河		
— 大海		
— 地下水渗透		
外部火灾（如储油）		
极端天气条件（如气温、飓风、暴雨、大雪等）		
工业危害（如爆炸）		
其他始发事件		
高温高压		
被腐蚀破坏的屏蔽		
未知或未标识的物料		

附件 II

通用监管评审方法示例

附件 II 中列出的安全方面旨在协助监管机构对退役安全评定进行结构化和系统性评审。其内容并非详尽无遗，而是对此类监管评审中需要解决的主要问题进行了说明。列出的内容为协助评审员确定与退役相关的安全方面和正在评审的退役安全评定方面提供指导。同时，某些方面也与退役计划的评审有关，监管评审的方法可以根据国家法律和监管框架而有所不同。

高级别、初步评审的方面

高水平、预评审的方面包括确定是否：

- 退役策略是明确的。
- 评定的范围和目标是明确的（见第 2.3 段）。
- 明确规定了相关安全要求和标准，以及评定结果和结论是否与这些要求和标准相符。
- 退役计划和其他相关文件的关系和相互引用是明确的。
- 已识别的危害和始发事件是合理且完整的。
- 安全评定的结果是合理的。
- 安全评定以一种形式记录下来，以便以后参考，并满足正式报告的相关要求。

安全评定框架

安全评定的背景

安全评定的背景涉及确定安全评定与以下内容的一致性：

- (1) 设施的描述；
- (2) 退役策略；
- (3) 退役活动；
- (4) 放射性废物管理计划和策略。

安全评定的范围

安全评定的范围包括确定：

- 范围清晰明确（例如，评定是否涵盖整个退役或退役的一个阶段；评定是否包括物料管理）；
- 安全评定与先前和后续的退役阶段相衔接；
- 清楚地描述并考虑与相邻结构和设施的关系和依赖性。

安全评定的目标

安全评定的目标包括确定：

- 所述目标是否是合适的，以及是否涉及第 2.3 段所列的所有方面；
- 声明的目标是否是一致的，是否支持退役计划的目标。

时间框架

时间框架包括确定：

- 安全评定充分考虑了设施或场址需要的监管控制，以及可能对公众和环境造成危害的时间，包括相关不确定性；
- 安全评定考虑了与时间框架相关的所有安全要求和标准；
- 规定适当的且可控制的时间框架（如需要）。

退役的结束点和终态

退役的结束点和最终状态涉及确定：

- 在退役活动结束时，安全评定包括对设施或场址状态的明确说明，包括各个退役阶段的物理、化学和放射性终点的具体信息；
- 安全评定与退役计划中规定的退役最终状态一致；
- 对于分阶段退役，输入与前一阶段的输出相匹配，且输出与下一阶段的计划一致；
- 对于分阶段退役，安全评定包括充分考虑，其中一个阶段的终点是否可能会妨碍设施达到预期的最终状态。

要求和标准

要求和标准用于确定是否包括了所有相关的要求和标准，以及是否明确规定了足够的裕量，例如：

- 正常操作和事故对工作人员和公众的有效剂量和风险；
- 集体剂量等；
- 从监管控制中释放物料；
- 场地释放（用于限制或非限制使用）；
- 放射性废物处理、贮存和处置的验收标准；
- 排放物（液体和气体）；
- 最优化（例如，保持尽可能低的辐照率，尽量减少放射性废物）；
- 设计和工程（如相关工程规范和标准）；
- 非放射性危害；
- 相关各方的参与符合国家法律的规定。

安全评定的输出

安全评定包括确定输出：

- 符合相关安全要求、标准和安全评定的目标，并包括对不确定性的考虑；
- 适用于决策框架；
- 允许与法规和/或其他要求和验收标准进行直接比较。

安全评定方法

安全评定要求确定：

- 安全评定方法（例如，确定性和/或概率方法、保守或现实方法、通用或场址特定方法）并评定其是否适合实现既定目标；
- 用于处理不确定性的方法是否是充分的。

现有安全评定和经验反馈

现有安全评定和经验反应用于确定：

- 在安全评定中如何使用或引用先前安全评定和/或经验反馈中的信息，同时考虑范围、假设等与当前分析的关系；
- 其他安全评定和经验反馈（例如，来自设施运行、来自设施或其他设施以往的退役活动、来自国家和国际经验）是否相关。

设施和退役活动的描述

设施描述

有必要确定是否：

- 提供设施的充分描述，包括场址位置、人口分布、当前和未来土地的使用情况、当地基础设施、气象学和气候学、地质学和地震学、地表水水文学、地下水水文学和自然资源；
- 提供的信息足以支持安全评定中的输入数据和假设；
- 规定了退役期间需要的现有结构、系统和部件及其相关安全功能，并对其进行详细描述；
- 充分描述设施退役期间需要的其他现有安全措施（如工作控制程序、个人防护设备的使用）；
- 确定并充分地描述了运行设施和正在退役的其他设施之间存在的共同系统和相互依存关系；
- 设施及其内含物（包括任何受污染土地）的放射性清单应足够详细，并考虑相关不确定性；
- 充分展示设施运行历史的相关方面（例如设计变更、污染事件）；
- 确定并充分描述了支持设施和服务。

退役活动的描述

有必要确定：

- 明确说明了退役任务及其顺序和相互关系；
- 综合介绍了拟采用的去污技术和拆除技术，并与退役方案保持一致；

- 对退役活动的描述表明对其潜在安全后果有很好的理解；
- 放射性废物和其他物料的管理是明确和一致的，以支持在退役期间分析其对安全的影响。如果不考虑放射性废物和其他物料的管理，则必须提供理由。

危害识别和筛选

危害和始发事件的识别

危害和始发事件的识别需要确定是否：

- 已采用适合具体情况的系统方法来识别危害；
- 安全评定（见第 4.14 段）适当考虑了所有的现有和潜在危害，包括它们的相互关系及其随时间的演变；
- 放射性物质的积累，包括意外的临界，已适度进行了考虑；
- 所使用的始发事件识别方法已经经过核实和证明，并适用于该情况；
- 充分考虑了内部和外部始发事件，包括自然事件和人为事件；
- 与国家要求相关的非放射性危害已得到充分考虑。

危害筛选

涉及了许多危害筛选过程，有必要确定：

- 安全评定中对识别危害的方法进行了论证和总结，并说明了其是否适用于所有相关危害；
- 危害筛选过程为工作人员和公众提供了危害未缓解时产生后果的适当评价（例如，除了设施的固有（非能动）特征（见第 4.20 段）外，任何保护或缓解安全措施没有任何好处）；
- 危害筛选过程考虑了工作人员和公众的所有照射途径（如直接辐射、外部照射、吸入、摄入、受伤污染）。

假想方案识别

在识别假想方案时，重要的是确定是否：

- 在安全评定中，充分解决了在正常运行期间引发危害的假想方案；
- 退役期间可能发生的事故假想方案在安全评定中得到了妥善处理；
- 场址物料管理（见第 4.27 段）在确定场址时进行了考虑；
- 已考虑因计划实施退役活动而新产生的潜在放射源；
- 筛选假想方案的方法是合理的，并在安全评定中进行了充分总结，同时适当考虑了各个假想方案中的风险；
- 采用迭代方法识别危害、始发事件和假想方案，完成的安全评定呈现了完全自治且适当的假想方案，以供进一步分析。

危害分析

危害分析包括确定是否：

- 所采用的分析方法适合此类情况（见第 4.29 段）；
- 如果采用了不止一种方法（例如确定性和概率），则应以完整且一致的方式采用这些方法；
- 分析的详细程度适用于所考虑的每个假想方案；
- 对于可能导致场外后果的假想方案，采用了更详细的方法；
- 对边界假想方案进行的分析包括所有单一假想方案对其产生的最大影响；
- 对最终状态假想方案的分析是足够的；
- 后果分析采用适当的数学模式，其中适当考虑了场址或设施以及工程设计的数据；
- 所使用的数据和假设是适当的、经过证明的和，并且记录在案；
- 危害分析计算的复杂性和范围与设施和拟进行的退役活动的危害等级相称；
- 建模和计算所采用的方法已经过核实，以确保其适用性和准确性。

工程分析

工程分析包括确定是否：

- 结构、系统和部件的工程分析与相关危害等级相称；
- 工程分析中采用了与结构、系统和部件安全功能重要性相称的工程规范和标准；
- 在充分考虑退役的侵入性和动态性的情况下，对退役过程中计划/无意拆除的现有结构、系统和部件进行了适当分析；
- 充分考虑与老化有关的退化和其他退化机制；
- 危害分析表明，现有结构、系统和部件将适合并足以实现危害分析中的所有假设，同时可以将剂量和风险降低到适当的置信水平；
- 需要新设计的结构、系统和部件的安全功能分析是合适和充分的；
- 安全评定确定了退役期间需要应用的所有工程要求（例如结构、系统和部件的维护、检查和测试）；
- 安全评定确定了退役期间需要维护的服务（如供电或供水），包括其他设施的服务。

结果评价和安全措施识别

对结果的评定和安全措施的识别涉及确定：

- 评定结果表明符合相关安全要求和标准，并具有足够的安全裕量；
- 已进行敏感性分析，以识别和评定对评定结果有重大影响的参数和值；
- 处理未知数和不确定性的方法是充分的；
- 已确定充分的工程和程序安全措施（包括限值和条件），以控制正常运行和防止事故假想方案；
- 已确定充分的工程/程序安全措施，以防止发生合理可预见的事件；

- 已确定充分的工程/程序安全措施，以缓解合理可预见事故假想方案的后果；
- 营运者已确定退役活动的安全措施，以将照射降低到合理可行尽量低水平；
- 安全评定中确定的程序安全措施可以无障碍地实施；
- 安全评定的结果和依据已被充分记录；
- 如果安全评定与延迟拆除有关，则对未来维护和监视的方法进行充分规定，并与放射性废物长期贮存相关的危害和风险相称。

独立评审

独立评审有助于确定是否：

- 作为退役计划的一部分，营运者已建立了适当的管理系统，用于退役安全评定的制定、评审和内部核准，该系统与退役活动的复杂性以及场址的相关危害和风险相称；
- 营运者已根据相关安全要求和标准对已完成的安全评定进行了充分、系统和独立的评审；
- 营运者的独立评审由具有适当资质和经验的人员进行，包括所有相关领域的专家，且独立评审人员具有适当的组织独立性；
- 营运者的独立评审考虑了输入数据和假设的有效性；
- 营运者的独立评审表明，安全评定是在准确反映设施实际状态的基础上进行的；
- 营运者的独立评审验证，安全评定的退役活动与退役计划一致；
- 营运者的独立评审考虑了拟定安全措施充分性；
- 营运者的独立评审考虑了安全评定如何保持最新，以反映设施的发展，以及相关知识和理解的变化；
- 若采取了分阶段的退役方法，营运者的独立评审包括充分考虑每个阶段的安全评定之间的一致性以及与整体安全评定的一致性；
- 营运者独立评审所采取的方法和建议，以及产生的结果已适当记录。

参与起草和审订人员

Batandjieva, B	国际原子能机构
Ferch, R	加拿大核安全委员会
François, P.	法国辐射防护与核安全研究所
Hart, A	英国健康与安全执行局
Iguchi, Y	日本核能安全组织
Lund, I.	瑞典辐射防护局
Messier, C	法国核安全与辐射防护总局
Orlando, D	美国核管制委员会
Thierfeldt, S.	德国布伦克系统规划有限公司

国际原子能机构安全标准核可机构

星号表示通讯成员。通讯成员收到征求意见稿和其他文件，他们一般不参加会议。两个星号表示候补者。

安全标准委员会

阿根廷: González, A.J.; 澳大利亚: Loy, J.; 比利时: Samain, J.-P.; 巴西: Vinhas, L.A.; 加拿大: Jammal, R.; 中国: 刘华 (Liu Hua); 埃及: Barakat, M.; 芬兰: Laaksonen, J.; 法国: Lacoste, A.-C. (主席); 德国: Majer, D.; 印度: Sharma, S.K.; 以色列: Levanon, I.; 日本: Fukushima, A.; 韩国: Choul-Ho Yun; 立陶宛: Maksimovas, G.; 巴基斯坦: Rahman, M.S.; 俄罗斯: Adamchik, S.; 南非: Magugumela, M.T.; 西班牙: Barceló Vernet, J.; 瑞典: Larsson, C.M.; 乌克兰: Mykolaichuk, O.; 英国: Weightman, M.; 美国: Virgilio, M.; 越南: Le-chi Dung; 原子能机构: Delattre, D. (协调员); 核安全咨询小组: Hashmi, J.A.; 欧盟: Faross, P.; 国际核安全小组: Meserve, R.; 国际放射防护委员会: Holm, L.-E; 经济合作与发展组织核能署: Yoshimura, U.; 安全标准委员会主席: Brach, E.W. (运输安全标准委员会); Magnusson, S. (辐射安全标准委员会); Pather, T. (废物安全标准委员会); Vaughan, G.J. (核安全标准委员会)。

核安全标准委员会

阿尔及利亚: Merrouche, D.; 阿根廷: Waldman, R.; 澳大利亚: Le Cann, G.; 奥地利: Sholly, S.; 比利时: De Boeck, B.; 巴西: Gromann, A.; *保加利亚: Gledachev, Y.; 加拿大: Rzentkowski, G.; 中国: 李京喜 (Jingxi Li); 克罗地亚: Valčić, I.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Šváb, M.; 埃及: Ibrahim, M.; 芬兰: Järvinen, M.-L.; 法国: Feron, F.; 德国: Wassilew, C.; 加纳: Emi-Reynolds, G.; *希腊: Camarinopoulos, L.; 匈牙利: Adorján, F.; 印度: Vaze, K.; 印度尼西亚: Antariksawan, A.; 伊朗: Asgharizadeh, F.; 以色列: Hirshfeld, H.; 意大利: Bava, G.; 日本: Kanda, T.; 韩国: Hyun-Koon Kim; 利比亚: Abuzid, O.; 立陶宛: Demčenko, M.; 马来西亚: Azlina Mohammed Jais; 墨西哥: Carrera, A.; 摩洛哥: Soufi, I.; 荷兰: van der Wiel, L.; 巴基斯坦: Habib, M.A.; 波兰: Jurkowski, M.; 罗马尼亚: Biro, L.; 俄罗斯: Baranaev, Y.; 斯洛伐克: Uhrík, P.; 斯洛文尼亚: Vojnovič, D.; 南非: Leotwane,

W; 西班牙: Zarzuela, J.; 瑞典: Hallman, A.; 瑞士: Flury, P.; 突尼斯: Baccouche, S.; 土耳其: Bezdegumeli, U.; 乌克兰: Shumkova, N.; 英国: Vaughan, G.J. (主席); 美国: Mayfield, M.; 乌拉圭: Nader, A.; 欧盟: Vigne, S.; 欧洲原子能公司: Fourest, B.; 原子能机构: Feige, G. (协调员); 国际电力委员会: Bouard, J.-P.; 国际标准化组织: Sevestre, B.; 经济合作与发展组织核能署: Reig, J.; *世界核能协会: Borysova, I。

辐射安全标准委员会

*阿尔及利亚: Chelbani, S.; 阿根廷: Massera, G.; 澳大利亚: Melbourne, A.; *奥地利: Karg, V.; 比利时: van Bladel, L.; 巴西: Rodriguez Rochedo, E.R.; *保加利亚: Katsarska, L.; 加拿大: Clement, C.; 中国: 杨华庭 (Huating Yang); 克罗地亚: Kralik, I.; *古巴: Betancourt Hernandez, L.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Petrova, K.; 丹麦: Øhlenschläger, M.; 埃及: Hassib, G.M.; 爱沙尼亚: Lust, M.; 芬兰: Markkanen, M.; 法国: Godet, J.-L.; 德国: Helming, M.; 加纳: Amoako, J.; *希腊: Kamenopoulou, V.; 匈牙利: Koblinger, L.; 冰岛: Magnusson, S. (主席); 印度: Sharma, D.N.; 印度尼西亚: Widodo, S.; 伊朗: Kardan, M.R.; 爱尔兰: Colgan, T.; 以色列: Koch, J.; 意大利: Bologna, L.; 日本: Kiryu, Y.; 韩国: Byung-Soo Lee; *拉脱维亚: Salmins, A.; 利比亚: Busitta, M.; 立陶宛: Mastauskas, A.; 马来西亚: Hamrah, M.A.; 墨西哥: Delgado Guardado, J.; 摩洛哥: Tazi, S.; 荷兰: Zuur, C.; 挪威: Saxebol, G.; 巴基斯坦: Ali, M.; 巴拉圭: Romero de Gonzalez, V.; 菲律宾: Valdezco, E.; 波兰: Merta, A.; 葡萄牙: Dias de Oliveira, A.M.; 罗马尼亚: Rodna, A.; 俄罗斯: Savkin, M.; 斯洛伐克: Jurina, V.; 斯洛文尼亚: Sutej, T.; 南非: Olivier, J.H.I.; 西班牙: Amor Calvo, I.; 瑞典: Almen, A.; 瑞士: Piller, G.; *泰国: Suntarapai, P.; 突尼斯: Chékir, Z.; 土耳其: Okyar, H.B.; 乌克兰: Pavlenko, T.; 英国: Robinson, I.; 美国: Lewis, R.; *乌拉圭: Nader, A.; 欧盟: Janssens, A.; 联合国粮食及农业组织: Byron, D.; 原子能机构: Boal, T. (协调员); 国际放射防护委员会: Valentin, J.; 国际电力委员会: Thompson, I.; 国际劳工处: Niu, S.; 国际标准化组织: Rannou, A.; 国际源供应商和生产者协会: Fasten, W.; 经济合作与发展组织核能署: Lazo, T.E.; 泛美卫生组织: Jiménez, P.; 联合国原子辐射影响科学委员会: Crick, M.; 世界卫生组织: Carr, Z.; 世界核能协会: Saint-Pierre, S。

运输安全标准委员会

阿根廷: López Vietri, J.; **Capadona, N.M.; 澳大利亚: Sarkar, S.; 奥地利: Kirchnawy, F.; 比利时: Cottens, E.; 巴西: Xavier, A.M.; 保加利亚: Bakalova, A.; 加拿大: Régimbald, A.; 中国: Xiaoqing Li; 克罗地亚: Belamarić, N.; *古巴: Quevedo Garcia, J.R.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Ducháček, V.; 丹麦: Breddam, K.; 埃及: El-Shinawy, R.M.K.; 芬兰: Lahkola, A.; 法国: Landier, D.; 德国: Rein, H.; *Nitsche, F.; **Alter, U.; 加纳: Emi-Reynolds, G.; *希腊: Vogiatzi, S.; 匈牙利: Sáfar, J.; 印度: Agarwal, S.P.; 印度尼西亚: Wisnubroto, D.; 伊朗: Eshraghi, A.; *Emamjomeh, A.; 爱尔兰: Duffy, J.; 以色列: Koch, J.; 意大利: Trivelloni, S.; **Orsini, A.; 日本: Hanaki, I.; 韩国: Dae-Hyung Cho; 利比亚: Kekli, A.T.; 立陶宛: Statkus, V.; 马来西亚: Sobari, M.P.M.; **Husain, Z.A.; 墨西哥: Bautista Arteaga, D.M.; **Delgado Guardado, J.L.; *摩洛哥: Allach, A.; 荷兰: Ter Morshuizen, M.; *新西兰: Ardouin, C.; 挪威: Hornkjøl, S.; 巴基斯坦: Rashid, M.; *巴拉圭: More Torres, L.E.; 波兰: Dziubiak, T.; 葡萄牙: Buxo da Trindade, R.; 俄罗斯: Buchelnikov, A.E.; 南非: Hinrichsen, P.; 西班牙: Zamora Martin, F.; 瑞典: Häggblom, E.; **Svahn, B.; 瑞士: Krietsch, T.; 泰国: Jerachanchai, S.; 土耳其: Ertürk, K.; 乌克兰: Lopatin, S.; 英国: Sallit, G.; 美国: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (主席); 乌拉圭: Nader, A.; *Cabral, W.; 欧盟: Binet, J.; 原子能机构: Stewart, J.T. (协调员); 国际航空协会: Brennan, D.; 国际民用航空组织: Rooney, K.; 国际航空飞行员协会联合会: Tisdall, A.; **Gessler, M.; 国际海事组织: Rahim, I.; 国际标准化组织: Malesys, P.; 国际源供应和生产者协会: Miller, J.J.; **Roughan, K.; 联合国欧洲经济委员会: Kervella, O.; 万国邮政联盟: Bowers, D.G.; 世界核能协会: Gorlin, S.; 世界核运输研究所: Green, L.

废物安全标准委员会

阿尔及利亚: Abdenacer, G.; 阿根廷: Biaggio, A.; 澳大利亚: Williams, G.; *奥地利: Fischer, H.; 比利时: Blommaert, W.; 巴西: Tostes, M.; *保加利亚: Simeonov, G.; 加拿大: Howard, D.; 中国: Zhimin Qu; 克罗地亚: Trifunovic, D.; 古巴: Fernandez, A.; 塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Lietava, P.; 丹麦: Nielsen, C.; 埃及: Mohamed, Y.; 爱沙尼亚: Lust, M.; 芬兰: Hutri, K.; 法国: Rieu, J.; 德国: Götz, C.; 加纳: Faanu, A.; 希腊: Tzika, F.; 匈牙利: Czoch, I.; 印度: Rana, D.; 印度尼西亚: Wisnubroto, D.; 伊朗: Assadi,

M.; *Zarghami, R.; 伊拉克: Abbas, H.; 以色列: Dody, A.; 意大利: Dionisi, M.; 日本: Matsuo, H.; 韩国: Won-Jae Park; *拉脱维亚: Salmins, A.; 利比亚: Elfawares, A.; 立陶宛: Paulikas, V.; 马来西亚: Sudin, M.; 墨西哥: Aguirre Gómez, J.; *摩洛哥: Barkouch, R.; 芬兰: van der Shaaf, M.; 巴基斯坦: Mannan, A.; *巴拉圭: Idoyaga Navarro, M.; 波兰: Wlodarski, J.; 葡萄牙: Flausino de Paiva, M.; 斯洛伐克: Homola, J.; 斯洛文尼亚: Mele, I.; 南非: Pather, T. (主席); 西班牙: Sanz Aludán, M.; 瑞典: Frise, L.; 瑞士: Wanner, H.; *泰国: Supakit, P.; 突尼斯: Bousselmi, M.; 土耳其: Özdemir, T.; 乌克兰: Makarovska, O.; 英国: Chandler, S.; 美国: Camper, L.; *乌拉圭: Nader, A.; 欧盟: Necheva, C.; 欧洲核设施安全标准: Lorenz, B.; *欧洲核设施安全标准: Zaiss, W.; 原子能机构: Siraky, G. (协调员); 国际标准化组织: Hutson, G.; 国际源供应商和生产者协会: Fasten, W.; 经济合作与发展组织核能署: Riotte, H.; 世界核能协会: Saint-Pierre, S.

当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从下列来源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。联系方式见本列表末尾。

北美

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA

电话: +1 800 462 6420 • 传真: +1 800 338 4550

电子信箱: orders@rowman.com • 网址: www.rowman.com/bernan

世界其他地区

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

London EC1R 5DB

United Kingdom

交易订单和查询:

电话: +44 (0) 176 760 4972 • 传真: +44 (0) 176 760 1640

电子信箱: eurospan@turpin-distribution.com

单个订单:

www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息:

电话: +44 (0) 207 240 0856 • 传真: +44 (0) 207 379 0609

电子信箱: info@eurospangroup.com • 网址: www.eurospangroup.com

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至:

Marketing and Sales Unit

International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

电话: +43 1 2600 22529 或 22530 • 传真: +43 1 26007 22529

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