国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

设施和活动的预期 放射性环境影响评定

由下列组织共同倡议编写





一般安全导则

第 GSG-10 号



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。

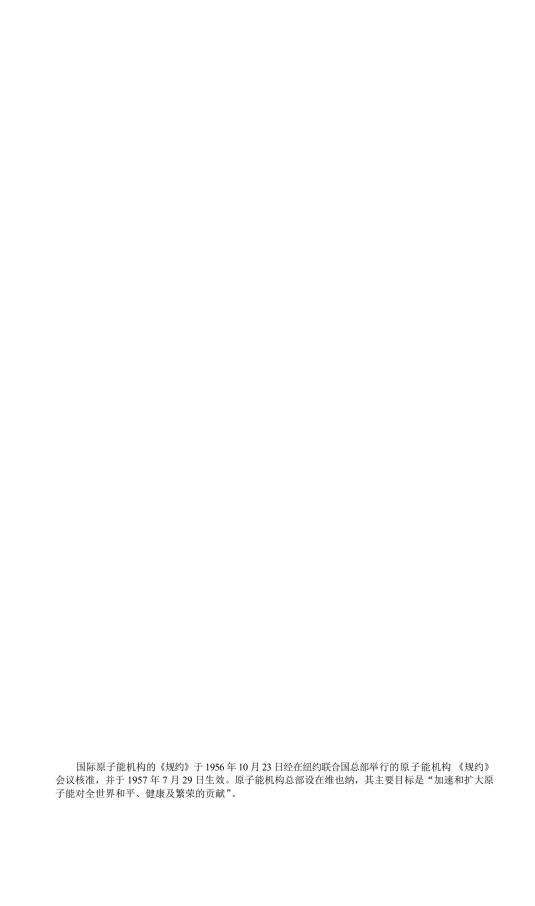
核活动的安全报告以**《安全报告》**的形式印发,《安全报告》提供能够用以 支持安全标准的实例和详细方法。

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。

设施和活动的预期 放射性环境影响评定



设施和活动的预期 放射性环境影响评定

一般安全导则

由下列组织共同倡议编写: 国际原子能机构 联合国环境规划署

> 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 2600 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

设施和活动的预期放射性环境影响评定

国际原子能机构,奥地利,2022 年 11 月 STI/PUB/1819 ISBN 978-92-0-503122-4(简装书:碱性纸) 978-92-0-503222-1(pdf 格式) ISSN 1020-5855 国际原子能机构(原子能机构)《规约》授权原子能机构"制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危险的安全标准"。这些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。原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商进行这一工作。定期得到审查的一整套高质量标准是稳定和可持续的全球安全制度的一个关键要素,而原子能机构在这些标准的适用方面提供的援助亦是如此。

原子能机构于1958年开始实施安全标准计划。对质量、目的适宜性和持续改进的强调导致原子能机构标准在世界范围内得到了广泛使用。《安全标准丛书》现包括统一的《基本安全原则》。《基本安全原则》代表着国际上对于高水平防护和安全必须由哪些要素构成所形成的共识。在安全标准委员会的大力支持下,原子能机构正在努力促进全球对其标准的认可和使用。

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涵盖设计安全、选址安全、工程安全、运行安全、辐射安全、放射性物质的安全运输和放射性废物的安全管理以及政府组织、监管事项和组织中的安全文化。这些安全服务有助于成员国适用这些标准,并有助于共享宝贵经验和真知灼见。

监管安全是一项国家责任。目前,许多国家已经决定采用原子能机构的标准,以便在其国家规章中使用。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。世界各地的监管机构和营运者也适用这些标准,以加强核电生产领域的安全以及医学、工业、农业和研究领域核应用的安全。

安全本身不是目的,而是当前和今后实现保护所有国家的人民和环境的目标的一个先决条件。必须评定和控制与电离辐射相关的危险,同时杜绝不当限制核能对公平和可持续发展的贡献。世界各国政府、监管机构和营运者都必须确保有益、安全和合乎道德地利用核材料和辐射源。原子能机构的安全标准即旨在促进实现这一要求,因此,我鼓励所有成员国都采用这些标准。

序言

原子能机构《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》(原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号)规定了保护人类免受电离辐射照射有害后果、辐射源安全和保护环境的要求。GSR Part 3 由欧洲联盟委员会、联合国粮食及农业组织、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、联合国环境规划署和世界卫生组织联合发起。

三份相关的安全导则就如何符合 GSR Part 3 有关保护公众及保护环境的规定提供了一般指引,详情如下:

- 一 原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-8 号《公众和环境的辐射防护》,为公众和环境的保护框架提供了指导;
- 一 原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-9 号《放射性流出物排入环境的监管控制》,就辐射防护原则的适用和与排放控制有关的安全目标以及批准排放的程序提供了指导;
- 一 原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-10 号《设施和活动的预期放射性环境影响评定》,其中说明了未来放射性环境影响评定的框架和方法。

这三份安全导则由原子能机构和联合国环境规划署联合制定,该机构是全球环境的主要权威机构,负责制定全球环境议程,促进在联合国系统内协调一致地执行可持续发展的环境层面,并作为全球环境的权威倡导者。这三个安全导则中提供的建议,以及 GSR Part 3 的要求,为在放射性排放的评定和管理中纳入环境考量提供了基础。在这方面,联合国环境规划署鼓励在其所有成员国实施这些建议,并将其作为制定保护环境免受电离辐射有害影响国家法规的基础。

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遵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共同目的。 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)。

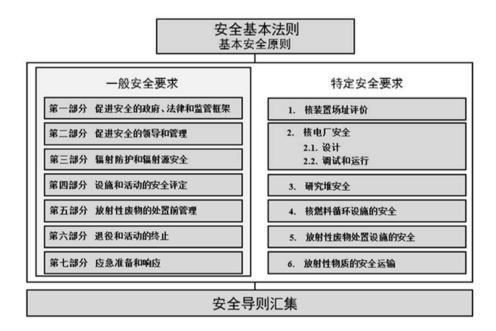


图 1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

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。

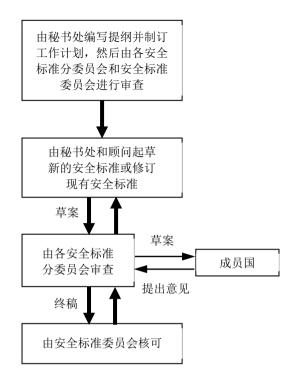


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

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"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

1.	导言	1
	背景 (1.1-1.6)	3
2.	概念和术语的解释 (2.1)	7
	计划照射情况:在正常运行中预计发生的照射和潜在照射 (2.2) 政府决策过程 (2.3,2.4)	
	授权流程 (2.5-2.6)	
	环境影响评定 (2.7-2.9)	
	环境与环境保护 (2.10-2.12 放射性环境影响评定 (2.13)	
	公众成员 (2.14)	
3.	与预期放射性环境影响评定有关的安全要求(3.1))	10
	剂量限值、剂量约束和危险约束 (3.2-3.5)	
	保护公众与环境的评定 (3.6-3.10)	
	潜在照射的评定和控制 (3.11-3.14)	
	分级方法 (3.15-3.18) 跨境影响 (3.19)	
4.	设施和活动的预期放射性环境影响评定框架 (4.1-4.3)	
	授权过程的评定 (4.4-4.16)	
	作为政府决策过程一部分的评定 (4.17-4.21)	
	其他目的的评定 (4.22)	
	结果的沟通 (4.23-4.27)	20
5.	预期放射性环境影响评定方法学	21
	一般考虑 (5.1-5.6)	21
	正常运行中保护公众的评定 (5.7-5.42)	
	保护公众免受潜在照射的评定 (5.43-5.75)	
	环境保护评定有关的考虑 (5.76-5.81)	
6.	放射性环境影响评定中变异性和不确定性的考虑 (6.1-6.9)	42

附录	公众潜在照射评定的危险标准	45
参考文	て献	47
附件I	评定设施和活动正常运行对动植物照射的一般方法示例	53
附件I	I 健康效应危险的考虑和潜在照射的评定	63
参与起	² 草和审定人员	67

1. 导言

背景

- 1.1. 2014年,原子能机构出版了《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》[1]。GSR Part 3[1]以原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号《基本安全原则》[2],以及国际放射防护委员会(ICRP)的建议书[3]为基础。GSR Part 3[1]规定的辐射防护和安全体系旨在评定、管理和控制辐射照射,以便在合理可行的范围内减少辐射风险,包括对健康影响的风险和对环境的风险。对公众的保护是基于国际放射防护委员会阐述的正当性、最优化和剂量限值的原则[3],这些原则已纳入原子能机构的安全标准(见参考文献[1、2])。
- 1.2. GSR Part 3[1]要求对设施和活动释放放射性核素造成的放射性环境影响进行预期评定 ¹。本"安全导则"就如何满足 GSR Part 3[1]中关于按照监管机构的要求对某些设施和活动进行此类评定的要求提供指导,特别是如何满足 GSR Part 3[1]第 3.9(e) 段的规定:
 - "申请核准的任何人员或组织: ······必须按照监管机构的要求,进行与设施或活动涉及的辐射危险相称的、适当的放射性环境影响预期评定。"
- 1.3. 预期放射性环境影响评定目的是确定计划的设施或活动在所有可预见的情况下是否符合当前关于保护公众和环境的法律和监管要求。这种预期评定包括考虑在正常运行中发生的预期照射和通过安全分析方法确定和表征的事故所造成的潜在照射。放射性环境影响评定应尽可能的简单,但要实现这一目标则应根据需要确定其详尽程度。

¹ "设施和活动"一词在 SF-1[2]和原子能机构《安全术语》[4]中有定义。它是一个总称,包括所有核设施和所有电离辐射源的使用。本"安全导则"的建议适用于某些设施和活动,如第 1.10-1.24 段所述。

- 1.4. 在国际法律文书或国家法律和法规的框架内,对于某些设施和活动,各国还可要求在设施或活动开展的早期阶段履行政府决策程序²,包括对环境可能产生的重大影响进行全面的初步评价。在这种情况下,放射性环境影响评定通常是更广泛的影响评定的一部分,一般称为"环境影响评定",或通用的缩写 EIA。环境影响评定是在拟议活动或设施的重大决定之前预期评定生物物理的影响(包括放射性影响),以及社会、经济和其他相关的影响。在这一框架内,本"安全导则"所述的放射性环境影响评定结果,可用于从辐射防护角度对风险的可接受性作出知情判断。
- 1.5. 本"安全导则"与原子能机构《安全标准丛书》中的其他出版物有关,即原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4(Rev.1)号《设施和活动安全评定》[5];原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 7号《核或辐射应急的准备和响应》[6];原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-8《公众和环境的辐射防护》号[7];原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-2号《核或辐射应急准备和响应中使用的标准》[8];和原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-9号《放射性流出物排入环境的监管控制》[9]。本"安全导则"应连同其他安全标准一起使用。3
- 1.6. 本"安全导则"提供了一个与其他安全导则相一致的通用框架,可作为其他安全导则的补充,其他安全导则建立了设施和活动安全评定的框架,包括放射性环境影响评定的概念(作为安全评定的一部分),但不如本"安全导则"所述的详细。这方面的例子包括原子能机构《安全标准丛书》第GSG-3号《放射性废物处置前管理的安全论证文件和安全评定》[13]和原子能机构《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》[14]。

² 关于"政府决策过程"一词的解释见第 2.3 段。

³ 原子能机构还发布了一份可用于评定放射性物质向环境释放的影响的方法和模式的安全报告评定[10],以及与环境转移参数有关的技术报告[11、12]。正在编写《安全报告丛书》第 19 号的修订本[10],其中将包括对公众照射的筛选评定、用于评定放射性排放影响的通用模式和参数,以及用于评价设施和活动的放射性排放对动植物照射的通用模式和参数。

目的

- 1.7. 本"安全导则"就设施和活动实施预期放射性环境影响评定的一般框架提供建议和指导,以评定和控制对公众和环境的放射性影响。对于设施和活动,这种放射性影响评定是针对计划照射情况作为核准程序的一部分,并酌情作为政府决策程序的一部分(见第 2.3 段)。所涵盖的情况包括在正常运行中发生的预期照射和潜在照射(见第 2.2 段)。
- 1.8. 本"安全导则"为国家监管机构、对设施和活动负有责任的个人或组织以及其他相关各方 ⁴ 提供关于预期放射性环境影响评定的内容、使用方法及其实施程序的一般指导和建议,包括但不限于申请授权或负责营运设施和开展活动的个人或组织。本"安全导则"认可,在实施放射性环境影响评定的某些方面,不同的国家可采用不同的方法。这是因为管理环境问题的选择方案既复杂又多样,这取决于设施和活动本身的特点、具体的环境条件以及国家的法规和情况。
- 1.9. 图 1-3 (第 4 部分和第 5 部分)和图 I-1 和图 I-2 (附件 I)说明了预期放射性环境影响评定的要素,便于对其进行逻辑描述,但不代表详细的程序。在进行这些评定时应考虑的其他重要方面,诸如计算机程序的选择、不确定性分析、确认、质量保证和质量控制等,均未在本"安全导则"中加以阐述。

范围

1.10. 本"安全导则"适用于这类设施或活动,即根据其特点以及国家的或国际的适用法规,必须对其进行放射性环境影响评定。第 4 部分提供了如何确定放射性环境影响评定必要性和复杂程度的指导。

⁴ GSR Part 3[1]使用了"相关各方"一词,在广义上是指与一个组织的绩效有利害关系的个人或团体。有关各方通常包括客户、业主、营运者、雇员、供应商、合作伙伴和工会、受监管的行业或专业人员、科学团体、政府机构或监管机构。这一术语还可包括其他国家(例如,关注可能的跨境影响的邻国)。

- 1.11. 本"安全导则"就如何前瞻性地评定公众和环境可能受到新的或现有设施和活动向环境释放放射性核素所致的辐射照射和辐射风险提供指导。5对于某些设施和活动,考虑了因直接外照射而使公众受到的辐射照射和辐射风险。本"安全导则"描述了使用通用数据和模式、场址相关的数据和模式以及两者相组合的方式进行的放射性环境影响评定。
- 1.12. 所考虑的辐射照射包括由于正常运行而发生的预期照射(即由授权的排放或直接外照射产生的)和可能发生但不一定发生的照射,如 GSR Part 3 [1]中定义的,通过事件和事故 6 的安全分析 7 所确定的照射(即潜在照射)。
- 1.13. 本"安全导则"不提供废物处置设施关闭后可能发生的"延迟"照射 [15]、运输放射性物质的照射和使用移动放射源的照射等方面的等效预期评定的指导。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-23 号《放射性废物处置的安全论证文件和安全评定》[16]和第 TS-G-1.3 号《放射性物质运输的辐射防护计划》[17]分别提供了关于放射性废物处置和放射性物质运输所受照射评定的具体指导。
- 1.14. 本"安全导则"中所述的放射性环境影响评定在本质上具有前瞻性。例如,作为授权申请的一部分,它可以在选址之前进行,也可以在建造期间和运行之前或在退役之前进行。放射性环境影响评定可用于多种目的,包括在保护公众和环境方面建立授权的初步基准,并作为核准受控排放过程的一项重要输入。GSG-9[9]描述了核准排放限值的程序,以使工作人员和公众防护和安全最优化。

⁵ 需要进行放射性环境影响评定的设施和活动是指生产、加工、使用、持有或贮存放射性物质的设施和活动,其形式和规模必须考虑到可能对公众和环境造成的影响。这类设施的例子包括核设施(包括核电厂、研究堆、放射性同位素生产设施、源生产设施、乏燃料贮存设施、后处理设施、铀浓缩设施、核燃料制造设施、处置前放射性废物管理设施、运行期间的处置设施以及与核燃料循环有关的研究和开发设施);露天开采的铀矿等一些采矿和原材料加工设施;铀矿石选冶和加工设施。活动的例子包括将非密封的辐射源用于工业、研究和医疗之目的,以及某些设施的退役。

⁶ 原子能机构《安全术语》将"事故"定义为"任何意外事件,包括操作错误、设备故障和其他偶然事件,其后果或潜在后果从防护和安全的角度看是不可忽略的"(斜体表示安全术语中有一个条目的术语)[4]。

^{7 &}quot;安全分析"是设施和活动安全评定的一部分[5]。

- 1.15. 对计划改变操作流程的现有设施,在实施影响排放水平或影响向环境潜在释放的任何重大变更之前,亦可以实施放射性环境影响评定;如果认为有必要,还可以在定期安全评审的框架内实施放射性环境影响评定。
- 1.16. 本"安全导则"中所述的放射性环境影响评定并不是为了追溯性地评定运行期间排放的放射性影响或实际事故的后果。然而,对潜在照射的预期评定可提供用于评定危险和有关后果的初步信息,以便确定应急准备和响应的一个适当水平[6]。
- 1.17. 如本"安全导则"所述,对设施和活动的潜在照射进行预期评定时,可能需要考虑对公众和环境造成辐射后果的发生概率极低的事故,并满足潜在照射的标准。然而,即使一个设施或一项活动满足这些标准,根据 GSR Part 7 [6]要求,也不排除与核或辐射应急准备和响应有关的危险评定的必要性。事故向环境大量释放的后果的其他方面,如社会和经济影响以及对环境和生态系统的非放射性影响,不在本"安全导则"的范围之内。
- 1.18. 本"安全导则"没有详细说明在公众潜在照射评定中应考虑的事件和事故的技术参数和特征,也没有详细说明选择和分析这些事件和事故的方法;此类技术参数和特征应通过系统分析来确定,并应在 GSR Part 4(Rev.1) [5]所述的设施或活动安全评定的框架内进行。
- 1.19. 本"安全导则"定义了一个总体框架,并描述了进行预期放射性环境影响评定方法学的发展概况;本"安全导则"没有详细说明拟使用的模式或收集和使用来自放射性环境监测计划的数据,这些工作通常是在设施或活动的运行前阶段和运行阶段。进行的。对于本"安全导则",假定环境和源的监测是在运行前阶段和运行阶段实施的,并提供了必要的信息,以便进行适当的剂量估算,并核实在预期评定中所使用的模式和假设是合适的。所述的预期评定也用作为制定和提升场址相关的环境监测计划的基础。在原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.8 号《辐射防护的环境和源监测》[18] 提供了关于环境和源监测计划的指导,进一步的信息见参考文献[19]。

⁸ 例如,建立了运行前阶段的监测计划,以确定环境介质中放射性流出物活度浓度的"基线",并为剂量评定目的提供资料和数据[18]。在该设施运行期间或该活动实施期间,实施监测计划,以核实是否符合排放限值,检查运行条件,对异常或未预见的情况提出警告,并核查环境模式[18]的预测结果。

- GSG-9[9]讨论了为论证遵守核准的排放限值所需环境监测计划的必要性及其一般特点。
- 1.20. 本"安全导则"不涉及职业照射或医疗照射。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[20],和第 SSG-46 号《医用电离辐射的辐射防护与安全》[21]提出了关于这些照射及其纳入授权程序的建议。
- 1.21. 本 "安全导则"的主要内容是按照 GSR Part 3[1]要求评定由于正常运行中的辐射照射和潜在照射对公众个人健康所致放射性影响的风险。在许多情况下,基于经验或简化的分析等证据就可以得出结论,没有必要具体考虑对环境的影响。然而并非在所有情况下都是如此,监管机构对环境保护的明确考虑可能是必需的。在其他情况下,国家法律明确考虑保护环境。附件 I 举例介绍了一种明确评定放射性对动植物影响的方法,可根据国家或国际环境保护监管框架加以使用。
- 1.22. 本"安全导则"不涉及通常在放射性废物处置前管理的安全评定框架内进行的"迭代和设计优化"过程[13]; 然而,本"安全导则"中所述的放射性环境影响评定可作为该过程的输入。
- 1.23. GSR Part 3[1]要求防护和安全的最优化,最优化过程不仅包括考虑对公众的保护,还要考虑对工作人员的保护以及设施或活动的所有安全特征,如与放射性废物现场管理有关的那些安全特征。本"安全导则"仅涵盖公众照射的评定。原子能机构的其他安全标准,例如放射性废物处置前管理的GSG-3[13],涉及到防护与安全最优化的更广泛的方面。GSG-9[9]描述了为设施和活动确定放射性核素排放限值有关的公众防护的最优化。本"安全导则"中所述的放射性环境影响评定的结果是用于确定排放限值的最优化过程的必要输入。
- 1.24. 设施和活动可能的非放射性影响,通常包括在政府决策过程中的环境影响评定中,诸如其他危险物质(即化学品和温排水)的释放对人与环境的影响、设施建设的影响、对具有社会意义的场所的影响(即历史遗迹和文化场所)、对濒危物种的影响、对景观的影响以及其他社会和经济因素的影响,在本"安全导则"中均未予考虑,但各成员国在作出相关决定时应根据国家的和国际上适用的法规加以考虑。

结构

1.25. 第 2 部分解释了本"安全导则"中使用的主要概念和术语;第 3 部分介绍了对那些与预期放射性环境影响评定相关的政府、监管机构和许可证持有者的安全要求;第 4 部分描述了进行此类评定的框架;第 5 部分描述了正常运行和潜在照射为保护公众而进行的预期放射性环境影响评定所需的方法学,并讨论了环境保护问题;第 6 部分介绍了放射性环境影响评定的变异性和不确定性。附录介绍了相关国际组织制定的风险标准,可作为制定国家潜在照射标准的基础。附件 I 提供了一个评定和控制动植物照射的方法示例;附件 II 介绍了有关健康影响的风险和对公众潜在照射评定的考虑。

2. 概念和术语的解释

2.1. 本部分解释本"安全导则"中使用的一些概念和术语。除非另有说明,概念或术语应理解为 GSR Part 3 [1]或原子能机构《安全术语》[4]中的定义。

计划照射情况: 在正常运行中预计发生的照射和潜在照射

2.2. GSR Part 3[1]第 1.20(a)段将"计划照射情况"定义为:

"由于某一源的计划运行或由于某一源的计划活动而导致的照射情况……在计划照射情况下,可以预期会发生某种程度的照射。如果照射不能预计肯定会发生,但可能由一个事故或可能发生但不一定会发生的一个事件或一系列事件而造成,则这种照射被称为'潜在照射'。"

这些照射的大小和范围通常是可以预测的。在规划或设计阶段,可以考虑而且应该考虑预期发生的照射和潜在照射[7]。

政府决策过程

2.3. 本"安全导则"中,术语"政府决策过程"是指政府或政府机构,包括监管机构,当决定设施或活动的一个项目是否可以开始进行、继续、变更

或停止时,在所有规划、运行前、运行和退役阶段所执行的程序。这一术语也可适用于国家政策领域,例如是否启动核电计划[22]。

2.4. 政府决策过程 ⁹ 通常在发展规划的早期阶段进行,主要是针对预期 有必要对其造成的环境影响进行全面评定的那些设施和活动。对于一些核 装置和核设施,这种决策过程在国家或国际法规中以"环境影响评定"一词 来描述 (见第 2.7-2.9 段)。

授权流程

- 2.5. GSR Part 3[1]将"授权"定义为"监管机构或其他政府部门向个人或组织(营运者)授予从事特定活动的书面许可证"。
- 2.6. 对于设施或活动的授权,可以注册或许可证[1]的方式获得:设计、 选址、建造和运行;退役活动:设施运行条件或活动行为的修改。

环境影响评定

- 2.7. "环境影响评定"(或同等用语)一词已列入许多国际文书和国家法律和法规[23-30]。在本"安全导则"中,"环境影响评定"是指政府决策过程中的一项程序,用以识别、描述和预期评定某一拟议活动或设施对环境的影响及其风险。¹⁰
- 2.8. 在环境影响评定中可能要考虑设施和活动放射性核素向环境释放的影响,通常包括对人类健康的放射性影响,并在国家有要求时考虑对动植物的放射性影响。本"安全导则"未考虑环境影响评定中所包括的非放射性影响,但应遵守国家和国际适用的法规。
- 2.9. 一般而言,环境影响评定需要拟议设施或活动的申请者、有关政府机构、监管机构和一些相关各方的参与,在一些国家,也包括公众的参与[22-30]。

^{9 &}quot;政府决策过程"一词包括或涉及一些国家使用的含义类似或相同的不同术语,如 "原则上的决定"、"环境影响声明",以及在某些情况下的"正当理由"。

¹⁰ 参考文献[31]提供了在制定新核电计划的框架内环境影响评定的信息。

环境与环境保护

- 2.10. GSR Part 3 [1]将环境定义为"人、动物和植物生存或发展的条件,以及维持所有生命和发展的条件;特别是受人类活动影响的条件。"环境通常包括由生物和非生物组成的生态系统。
- 2.11. GSR Part 3[1]在环境的定义中进一步指出:

"环境保护包括保护和养护: 非人类物种,包括动植物及其生物多样性;生产粮食和饲料等环境商品和服务;农业、林业、渔业和旅游业利用的资源;精神、文化和消遣活动中使用的娱乐设施;土壤、水和空气等介质;以及碳、氮和水循环等自然过程。"

2.12. 此外, GSR Part 3[1]第 1.35 段指出:

"环境保护[被确定为]一个需要进行评定的问题,同时允许在将与辐射危险相称的环境评定结果纳入决策过程时的灵活性。"

放射性环境影响评定

2.13. 本"安全导则"中,放射性环境影响评定是对预期的和分析上可想象的放射性影响所作的预期评定,以公众成员的有效剂量进行量化,是授权过程的一部分。放射性环境影响评定的结果与 GSR Part 3 [1]中规定的预先确定的辐射标准进行比较。放射性环境影响评定可视为环境影响评定在规划一个特定设施或活动时的一个组成部分(见第 2.7-2.9 段)。

公众成员

2.14. GSR Part 3 [1]将公众成员定义为"广义上指除职业照射和医疗照射期间以外的公众中的任何个人。"SF-1[2]第 3.27 段(原则 7: 保护当代和后代)指出,"安全标准应当不仅适用于当地居民,而且也适用于远离设施和活动的人群","在影响可能跨越几代人的情况下,后代人必须得到充分的保护,而无需采取任何重要的防护行动。"

3. 与预期放射性环境影响评定 有关的安全要求

3.1. 本部分载有 SF-1[2]、GSR Part 3 [1]和 GSR Part 4 (Rev.1) [5]摘录,列明对计划照射情况进行预期放射性环境影响评定时必需考虑的保护公众和环境的相关安全要求。关于如何满足这些要求的建议,请参见本"安全导则"第 4 部分和第 5 部分以及附录。

剂量限值、剂量约束和危险约束

- 3.2. SF-1[2]建立了确保保护公众和环境在现在和将来免受电离辐射有害影响的原则,并在第 3.25 段(原则 6: 限值对个人造成的危险)载明,"必须将剂量和辐射危险控制在规定限度的范围内"。这些原则适用于电离辐射照射或潜在照射的情况。¹¹
- 3.3. GSR Part 3 [1]指出,对计划照射情况,公众成员的照射和危险必须受到控制(第 2.11 段、第 3.26 段、第 3.27 段、第 3.120(c)段和第 3.123(b) 段)。
- 3.4. GSR Part 3 [1]要求 12 规定: "政府或监管机构必须制定……公众照射的剂量限值,注册者和许可证持有者必须应用这些限值。"
- 3.5. GSR Part 3 [1]第 3.120 段涉及公众照射的具体责任,该段指出,"政府或监管机构必须制定或核准剂量约束和危险约束,用于公众成员防护和安全的最优化。"GSR Part 3 [1]第 3.123(e) 段指出:

"监管机构必须制定或核准与公众照射有关的运行限值和条件,包括授权的排放限值。这些运行限值和条件:……必须考虑根据监管机构要求进行预期放射性环境影响评定的结果"。

保护公众与环境的评定

3.6. SF-1[2]原则 7 规定: "必须保护当前和今后的人类和环境免于辐射危险"。

¹¹ 剂量和危险限值原则不适用于应急照射情况和现存照射情况,而对于应急照射和现存照射的情况则使用参考水平。

- 3.7. SF-1[2]第 3.28 段指出:
 - "目前的辐射防护体系一般为人类环境中的生态系统提供适当的保护,以防止其受到辐射照射的有害影响。为环境保护目的而采取的措施一般旨在保护生态系统免受对某一物种(有别于生物个体)产生不利后果的辐射照射。"
- 3.8. GSR Part 3 [1]第 3.9(e) 段指出:
 - "任何申请授权的个人或组织: ……必须按照监管机构的要求,进行与设施或活动涉及的辐射危险相称的、适当的预期放射性环境影响评定。"
- 本"安全导则"第 4 部分就进行评定的范围提供指导,第 5 部分描述了评定公众和环境保护水平的评定方法学。
- 3.9. GSR Part 3 [1]第 3.15(d)段指出了注册者和许可证持有者在计划照射情况中的责任。它指出:
 - "注册者和许可证持有者: ……必须对其已获准的并由监管机构要求 对放射性环境影响进行预期评定的源……, 进行此种评定并使其保持 最新"。
- 3.10. GSR Part 3[1]要求 31 涉及放射性废物和排放。GSR Part 3[1]第 3.132 段指出:
 - "注册者和许可证持有者与供应商合作在申请排放授权时,酌情:
 - (a) 必须确定拟流出物质的特性和活度,以及可能的排放点和方法;
 - (b) 必须通过适当的运行前研究,确定排放的放射性核素可能导致公 众成员照射的所有重要的照射途径;
 - (c) 必须评定因计划排放而对代表人造成的剂量;
 - (d) 必须按照监管机构的要求,结合防护和安全系统的特性,综合考虑放射性环境影响。"

潜在照射的评定和控制

- 3.11. GSR Part 3[1]第 3.15(e)段指出: "注册者和许可证持有者: ……必须 对潜在照射的可能性和受照程度、其可能的后果以及可能受潜在照射影响 的人数进行评定。"
- 3.12. GSR Part 3[1]第 3.24 段指出:
 - "注册者和许可证持有者必须确保全面考虑防护和安全最优化方面的 所有相关因素,以便为实现以下目标作出贡献:
 - (a) 确定对普遍情况是最优化的防护和安全措施,同时考虑到各种可供选择的防护和安全方案以及照射的性质、可能性和受照程度;
 - (b) 根据最优化的结果制定标准,以便通过采取防止事故和减轻已发生事故后果的措施来限值照射的可能性和受照程度。"
- 3.13. GSR Part 4(Rev.1)[5]要求 6 指出: "必须确定并评定与设施或活动 有关的可能的辐射危险。" GSR Part 4(Rev.1)[5]第 4.19 段指出,这些辐射危险包括:
 - "……公众的辐射照射水平和可能性,以及放射性物质向环境可能释放的水平和可能性,这些都与预期运行事件或导致对核反应堆堆芯、核链式反应、放射源或任何其他辐射源失去控制的事故有关。"
- 3.14. GSR Part 3[1]第 3.31 段指出:
 - "必须进行安全评定……以便:
 - (a) 确定可能遭受照射的途径 ······;
 - (b) 确定在正常运行中预期照射的可能性和受照程度,并在合理和可行的范围内对潜在照射进行评定"。

分级方法

3.15. SF-1[2]第 3.24 段指出,"许可证持有者专用于安全的资源以及法规及 其适用的范围和严密性必须与辐射危险的程度及其是否易于控制性相称。"

- 3.16. GSR Part 4 (Rev.1) [5]第 3.1 段指出,为了适用 SF-1[2]原则 5 (防护的最优化),"在对……范围广泛的设施和活动开展安全评定时,由于与这些设施和活动有关的可能的辐射危险程度存在很大的差异,因此,必须采用分级方案。"
- 3.17. GSR Part 3[1]要求 6 规定: "本标准计划照射情况方面要求的适用必须与实践或实践中的源的特性相称,并与受照射的可能性和受照程度相称。"
- 3.18. GSR Part 4 (Rev.1) [5]第 3.4 段指出,"其他相关因素如设施或活动的成熟性或复杂性也必须在安全评定分级方案中加以考虑"。GSR Part 4 (Rev.1)第 3.6 段进一步指出:
 - "必须随着安全评定的进行对分级方案的实施情况进行再评定,从而取得对设施或活动引起的辐射危险的更深入了解。然后在必要时对安全评定的范围和详细程度加以修改,并对拟投入的资源水平做出相应的调整。"

跨境影响

- 3.19. GSR Part 3[1]第 3.124 段涉及源所在国的境外照射问题 12。该段指出:
 - "当实践中的源可能造成该源所在国领土以外或该国管辖或控制之下的其他地区以外的公众照射时,政府或监管机构:
 - (a) 必须确保放射性影响评定包括该国领土以外或其管辖或控制之下的其他地区以外的那些影响;

• • • • • •

(c) 必须在适当时与受影响国家安排交流信息和磋商的手段。"

¹² 还需要在有关国际协定和公约的更广泛范围内处理保护公众和环境免受可能的跨境影响的问题,以及评价这些影响和各国之间分享信息的义务(例如,1991 年《埃斯波公约》[23]、1982 年《海洋法公约》[24]、1998 年《奥胡斯公约》[25]和《欧洲原子能共同体条约》[32]第 37 条)。

4. 设施和活动的预期放射性 环境影响评定框架

- 4.1. 政府或监管机构应事先规定需要进行放射性环境影响评定的设施和活动的类型,或应规定是否需要进行这种评定的标准,根据具体情况加以判定。一般而言,对于 X 射线发生器、小型实验室、诊断放射学、使用密封源的工业应用,或以某种形式和规模使用、处理或存储辐射源或发生器的任何其他设施或活动,在正常运行或事故情况下预计不会对公众和环境造成影响,不应要求进行此类评定。
- 4.2. 政府或监管机构还应在国家法律框架或法规内规定放射性环境影响评定所需的复杂程度。应考虑到活动或设施的特点,同时考虑到正常运行的预期照射和潜在照射对公众和环境造成的危险。无须进一步考虑而豁免 ¹³ 的设施和活动,即使可能已经对公众和环境的影响进行了一般性评定,以支持豁免的结论,亦不应要求进行放射性环境影响评定才能获得核准。当准予有条件豁免时,应考虑进行放射性环境影响评定的必要性。
- 4.3. 用于放射性环境影响评定的方法(如假设、概念模式、数学模式、输入数据)可能因设施或活动的复杂性和有关照射假想方案的不同而不同,应按照分级方法的要求加以选择。一般而言,从简单的保守评定开始通常是更为实际的,例如,使用通用的输入数据,并假定一个谨慎的照射假想方案,据此计算公众和环境受到的电离辐射照射;然后,如有必要,增加评定的复杂性,例如,使用场址相关的数据和更详细、更现实的照射假想方案;直至得出明确而合理的结论。为了清楚起见,本"安全导则"中所述的评定有时被分为简单评定和复杂评定。然而,这些术语意在表达可能的评定范围的两端,对于大量的活动和设施,介于这两种类型之间的评定可能是适当的。

14

¹³ 豁免的概念和豁免实践的一般标准见 GSR Part 3 [1]附表 I。

授权过程的评定

- 4.4. 在授权过程中确定放射性环境影响评定的必要性和复杂性的重要因素包括:源项 ¹⁴、预期剂量、活动或设施的特性、地理特征、特定设施或活动的国家许可法规,以及授权过程的阶段(见表 1)。申请者在向监管机构提交评审申请时应考虑这些因素并达成一致。对于某些设施和活动,监管机构可以事先确定评定的详细程度。
- 4.5. 表 1 所列的要素和组成部分应作为选择简单的或复杂的放射性环境 影响评定是否适当的一般指导。一般而言,支持核设施授权的评定要求的复 杂程度高,而对于操作少量放射性核素的活动或设施,或许简单的分析更合 理。
- 4.6. 对于相对规范化的实践、放射性核素盘存量较少的且事故释放到环境可能性较低的那些设施或活动,仍然可能对公众和环境产生一些影响 例如,设有核医学科的医院 监管机构可提供一般性指导,以确定应纳入放射性环境影响评定的要素。
- 4.7. 对于核设施,例如核电厂和核燃料后处理设施,授权过程可能有若干个阶段[33]。在这些阶段,可随着获得更详细的数据而更新放射性环境影响评定;设施的申请者或营运组织应确保在每一阶段都提供了放射性环境影响评定更新的结果,供监管机构审议。

¹⁴ "源项"是"设施释放(或假定释放)的放射性物质的数量和同位素组成"[4]。 这一概念用于模拟放射性核素向环境的释放。它也适用于某些活动,连同释放物质的物 理和化学性质一起,可用于模拟环境弥散。

表 1. 影响预期放射性环境影响评定复杂程度的因素的实例 3

影响因子	要素	
设施或活动的特征	源项	
	一 放射性核素	
	一 数量(活度和质量/体积)	
	一 形态 (化学/物理结构)	
	一 几何(大小、形状、释放高度)	
	一 释放的可能性:源项对于正常运行和事故而	
	言显着不同	
	正常运行的预期剂量或潜在照射的预计剂量	
	一 类似设施的初步评价或以前的评定	
	活动或设施的安全特性	
	一 设计中存在的安全屏障类型和工程特征	
	一 严重事故的可能性	
位置特征	与放射性核素在环境中弥散有关的设施的场址特征(例如地质学、水文学、气象学、形态学、生物物理学特征)存的受体和特征(例如人口统计学、生活习惯和条件、动植物)	
	照射途径	
	土地利用和其他活动(如农业、食品加工、其他行业)	
	附近其他设施的特征以及可能的自然事件和外部人为 事件(如地震、洪水、工业事故和运输事故)	
特定活动或设施授权	要求或规程(许可证要求)	
过程的特征	授权过程的阶段	

[。]这里提供的清单并非详尽无遗,在选择评价类型时,由申请者单位内部的 和国家监管机构的核和辐射安全专家对这些因素的重要性作出判断。

4.8. 图 1 是根据原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-12 号《核装置的许可证审批过程》[33]图 1 改编和修改而成,它以示意图的形式列出了核设施寿期的各个阶段。在核设施运行之前和运行期间进行的放射性环境影响评定都非常相似,尽管它们将相继采用更详细和具体的数据,以尽可能减少不确定性,如有可能并在认为必要时,对所使用的模式和假设进行评审。图 1 中的实心垂直箭头表示,在运行前或退役前,提交监管机构讨论并最终提交其核准的放射性环境影响评定的节点。虚线垂直箭头表示,在运行阶段,如果假定的释放水平或潜在照射假想方案发生了重大变更,则应在何时向监管机构提交更新了的评定报告。水平箭头表示时间的演变。

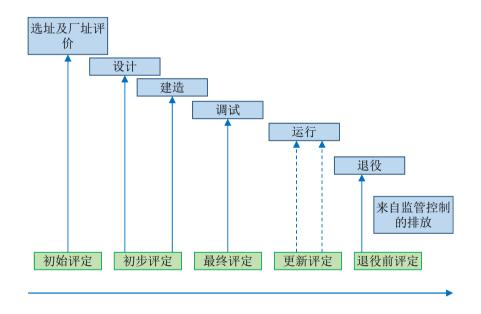


图 1. 在核设施寿期的各个阶段,预期放射性环境影响评定可为核准程序提供输入 (改编自 SSG-12[33])。

4.9. 在选址和场址评价阶段,应利用通用数据进行初始的放射性环境影响评定,以识别设施或活动的可能区域或场址。这种评定应包括:可能影响安全的场址特征和区域特征;对人的照射;当前和未来的土地利用;关于文化价值和经济价值的考量,以及人口因素。在这一阶段,设施的不同设计可能仍在评审之中,系统和安全分析的可用资料可能是很有限的。

- 4.10. 一旦一个或若干个场址入围,并且设施的设计得到更明确的界定,就应利用有效的场址有关的数据对特定场址进行初步放射性环境影响评定。一般而言,在建造期间,应收集更多与评定有关的资料,包括在必要时收集环境测量结果和在场址及周围对生活习惯和条件的调查结果。在营运组织向监管机构提交最终授权申请之前的调试阶段,为了形成一份经充分论证的最终放射性环境影响评定报告,评定应当随着项目的进展和更多可用信息的获得而不断完善。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-16 号《建立核电计划的安全基础结构》[22],在建立核电计划的安全基础结构的框架内,对提交和更新放射性环境影响评定提供了指导。
- 4.11. 在设施开始运行或活动开展之前,所进行的放射性环境影响评定应作为确定授权排放限值和与保护公众有关的任何其他运行量的输入。 GSG-9[9]对确定授权排放限值提供了指导。
- 4.12. 对于已经运行的设施和正在进行的活动,应定期评审和更新安全评定,并在预定的时间间隔内进行更新,以满足法规的要求[5]; 这项评审应包括审议用于放射性环境影响评定的假设的可能变化,以及在运行期间实施的源监测和环境监测计划的结果。如果设施或活动的特性或地理特性有重大变化,则可能需要修订放射性环境影响评定(见表 1)。
- 4.13. 对新设施进行预期放射性环境影响评定时,应考虑到在场址或场址 附近其他已运行的或计划建造的设施对公众照射的贡献。
- 4.14. 对于某些设施和活动,如核设施、放射性废物管理设施以及铀矿开采和选治设施,在退役行动开始前,为计划之目的,应进行预期放射性环境影响评定[34]。
- 4.15. 当一个场址在设施退役后解除监管控制之前,根据前述设施的最终辐射状况,可能有必要对放射性环境影响评定进行评审。然而,对退役后的大多数设施和活动而言,预计会发生的照射和潜在照射将是可以忽略的或不存在的,用于估计这些照射和确定相关辐射标准的方法也会有所不同。例如,在估算照射时,应更加重视竣工环境调查的结果,辐射标准可以是监管机构规定的退役后无限制使用的开放标准[35]。

4.16. 一些设施和活动涉及的面积大,如铀矿山和选冶厂,退役后可能会出现一种特殊情况,残留的源项可能是不容忽视的,在设施关闭或活动终止后预计会对公众和环境产生放射性影响。这种情况下的放射性环境影响评定应根据实际情况进行分析,应考虑到源项的具体特点,并应使用竣工调查的结果,包括放射性环境监测数据。根据限制使用的辐射方面的开放标准,监管机构应考虑限制土地利用的必要性,并确定负责实体和制度控制的具体安排[35]。

作为政府决策过程一部分的评定

- 4.17. 作为政府对某些设施和活动的决策过程的一部分,需要进行放射性环境影响评定,例如,可以将其纳入环境影响评定的过程中。作为政府决策过程的一部分,那些需要进行放射性环境影响评定的设施和活动,以及放射性环境影响评定的复杂程度,应在监管机构的协助下,根据正常运行中发生的预期照射和潜在照射的风险水平以及表 1 所列的其他要素,由政府加以规定。环境影响评定通常应在制定核电计划的初始阶段进行(见 SSG-16[22])。
- 4.18. 政府或监管机构应规定免除放射性环境影响评定要求的门槛或标准,使涉及某一类设施或活动的所有项目在正常运行或事故情况下预计不会产生放射性影响的情况下均可豁免。¹⁵ 或者,如果法规规定在所有情况下都需要进行放射性环境影响评定,则评定应从非常简单的保守方法开始,然后根据需要增加复杂程度,以得出合理的结论。这种方法将确保高度的透明度,并符合分级方法的理念。
- 4.19. 放射性环境影响评定作为政府决策过程的一部分,通常在项目开发的早期阶段进行,典型地,作为授权过程的一部分而进行的放射性环境影响评定,详细程度较低,具体数据使用的少;然而,这两种放射性环境影响评定应相互一致。

¹⁵ 一些国际法规,如《跨境环境影响评定公约》[23]和欧盟指令第 2011/92/EU 号,《某些公共和私营项目对环境影响的评定》[26],规定了需要进行环境影响评定的设施和活动的类型。

- 4.20. 对于某些类型的设施或活动,例如,仅使用放射性流出物进行诊断的 医院或使用少量放射性流出物的研究实验室,作为政府决策过程的一部分,可能不需要进行详细的放射性环境影响评定,因为预计在正常运行期间的 排放或事故排放情况下都不会对环境产生重大影响;但是,对这类活动和设施,国家主管当局可自行规定放射性环境影响评定的要求。
- 4.21. 作为政府决策过程一部分的放射性环境影响评定可在单一阶段进行,也可以分多个阶段进行。初步评价具有相当程度的描述性,以通用的数据和谨慎的假设为基础;进一步的评定可能包括更现实的模式和场址相关的信息。在其他场址已运行的类似设施的一般性评定可以提供有用的信息。

其他目的的评定

4.22. 设施或活动的营运者可以进行放射性环境影响评定,目的是改进设施或活动的安全系统。例如,作为评价设施或活动安全性能过程的一部分,营运者可以评价减少放射性流出物环境排放系统的效能(例如,在正常运行期间使用的气溶胶过滤器或衰变罐)或评定减少事故释放系统的效能(例如,应急过滤器)的效率。对于此类评定,应采用本"安全导则"所述的方法,以确保考虑到保护公众和环境的所有方面。

结果的沟通

4.23. 原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 1 (Rev.1)号《促进安全的政府、法律和监管框架》[36]要求 36 规定,监管机构必须直接或通过设施或活动的营运者建立有效的沟通机制,向相关各方通报与设施或活动有关的可能辐射危险以及监管机构的流程和决定。在确定拟向有关相关各方提供信息的内容和详细程度时,应考虑表 1 中的那些要素。根据设施或活动在全国占据的突出地位,政府当局和监管机构都应参与,特别是当这种沟通对于有效告知公众被认为是必要的。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-6号《监管机构与相关各方的沟通和磋商》[37],对监管机构与相关各方的沟通和磋商提供了指导。

- 4.24. 预期放射性环境影响评定通常以技术文件出版,供具有这方面专门知识的个人阅读。这些人员一般是监管机构、技术支持组织、公共卫生机构或环境机构的核安全和辐射防护方面的专家。为易于更广泛的受众理解,放射性环境影响评定应有很好的记录并具有透明度,因为这些受众可能不具备高度专业化的专门知识,例如不直接涉及安全和辐射保护问题的公众、政府部门和部委。评定的资料应以适当的技术语言提供。此外,编写一份非技术性的摘要,浓缩报告中技术性较强的有关章节,并概述评定的主要结论,这对一些相关各方可能有用。
- 4.25. 结果的沟通与完成技术上合理的放射性环境影响评定同样重要。为了以适当的观点提供评定结果,应包括关于放射性影响与设施和活动的设计、运行、维护和监督有关的安全等方面的基本资料,以及评定的具体结果。
- 4.26. 如果评定结果表明信息与跨越国境有关,则应与有关国家分享这一信息。设施或活动所在国应酌情与有关国家安排信息交换和磋商的手段。
- 4.27. 应尽可能将放射性环境影响评定的基础资料提供给相关各方,以提高透明度,树立信心和建立信任。然而,一些信息可能具有商业秘密或核安全和安保问题(例如设施的布局、电厂事故序列的信息)。这类资料只能提供给监管机构和其他政府机构,并应进行保密处理。通常,政府经与国家监管机构和其他有关国家组织磋商,确定哪些信息可向公众提供。应当明确解释限值获取某些敏感信息的原因,这样就不会被相关各方认为是在隐瞒与估计和了解对人和环境辐射危险有关的信息。确保用作评定基础的任何限制性信息的技术可靠性的责任应由具有核安全和核安保职能的政府机构承担。

5. 预期放射性环境影响评定方法学

一般考虑

5.1. 本部分介绍一种方法学,用于评定设施和活动正常运行发生的预期 照射以及事故情况下的潜在照射对公众的放射性影响,并说明在评定中是 否考虑以及如何考虑环境保护。

- 5.2. 由于本"安全导则"所述的放射性环境影响评定是前瞻性的,因此必须依靠数学模拟来评价,例如,放射性核素在环境中的弥散、放射性核素通过环境隔室 ¹⁶ 的转移、人类和人类食物链中的生物对放射性核素的摄入,以及来自外照射和内照射对人类造成的辐射剂量。这些模式应适合于它们所应用的情况,并应加以确认。¹⁷ 模式假设和参数选择应得到充分而详细地描述,并应注明出处,它们是透明的和可以独立核查的。
- 5.3. 如有可能,应将模式的计算结果与类似照射假想方案下实测的数据进行比较,对所选模式进行核实,或者,如不能的话,则可通过对照其他适当模式的基准程序测试来核实所选模式。设施或活动运行阶段的环境监测计划不仅可用于核查遵守排放限值和剂量限值的情况,而且可用于确认预期评定中所使用环境模式的适当性。
- 5.4. 放射性环境影响评定可以使用多种方法,包括不同的计算工具和输入数据。通用的保守方法的信息见参考文献[10]。申请者应根据设施或活动的特点和地理特征确定拟采用方法的复杂程度和详情(见表 1)。根据监管机构提供的指导,申请者有责任选择最适当的方法。国家监管机构应与申请者和其他相关各方讨论,决定哪种方法适合进行特定的评定,并应同意足以达到拟议的目的而采用的方法。
- 5.5. 在决定放射性环境影响评定方法时,实际工作量和所需的详细程度 之间的平衡是需要考虑的一个因素。例如,对于排放水平低、导致剂量接近 豁免标准的一个设施或一项活动,并且对公众和环境造成后果的事故可能 性低,一般不需要使用详细的方法。对于这种类型的设施或活动,监管机构、 供应商或专业协会可制定通用导则,列出可供申请者在评定中采用的简单 而保守的方法。这些方法应足以完成该项任务,并应适当地考虑环境转移的 所有方面,如生物累积。

¹⁶ 例如,环境隔室是空气、水、沉积物和生物。

¹⁷ 各国开发和使用了若干适用于放射性环境影响评定的"最先进"模式,在某些情况下,这些模式是由商业公司提供的。原子能机构定期开展模式和参数核实的国际项目,其中一些模式用于测试案例和基准测试。关于原子能机构辐射安全的环境模拟项目(EMRAS)内应用的模式资料,见参考文献[38];目前正在编写 EMRAS II 中应用的模式报告和放射性影响评定的建模和数据项目(MODARIA)的报告。

5.6. 对于需要进行复杂评定的设施,在政府决策过程或授权过程中,用于评定的模式和数据的详细程度可能会发生变化。

正常运行中保护公众的评定

5.7. 为防止或尽量减少放射性物质向环境的释放,对使用或处理放射源或放射性物质的设施和活动进行了设计、建造、调试、运行或生产、维护和退役,并在所有这些阶段实施了监管。然而,正常运行产生的一些气态或液态流出物中,可以发现极少量的放射性核素残留物。由于这些残留物涉及的数量很大,从技术上讲,很难将所有这些残留物在现场贮存,而且鉴于其活度浓度很低,从辐射防护的角度来看,这样做的成本可能过高也不合理。在某些情况下,设施或活动也可能因直接辐射而引起照射。为了控制公众的剂量,按照 GSR Part 3[1]的安全要求,应对气态和液态排放以及直接辐照可能对公众成员造成的剂量进行预期评定,并将评定结果与规定的标准进行比较。

评定的方法

5.8. 正常运行情况下公众的放射性环境影响评定采用由设施运行或活动实施流出物排放所致公众剂量的估算结果。图 2 总结了这种评定的组成部分。一般而言,评定的第一个要素应当是表示与公众照射有关的辐射源的特征。其次,对于已识别的照射途径和位置,应考虑放射性流出物在环境中的弥散和在有关环境隔室中的转移。然后,估算的若干环境介质中的活度浓度应结合生活习惯和条件(如呼吸率、水消耗量、食物消耗量)以及时间占用因子(如在某一特定地点或建筑物内外所花费的时间)的相关数据,以计算代表人的放射性核素摄入量(内照射)或外部照射(外照射)¹⁸。放射性核素摄入量和外部照射应结合剂量学数据,计算代表人的剂量,以便与相关标准(如剂量约束值)进行比较。图 2 所示的评定的不同组成部分见第 5.9~5.42 段。

¹⁸ 正常运行代表人的概念和特征的介绍见第 5.32-5.35 段。

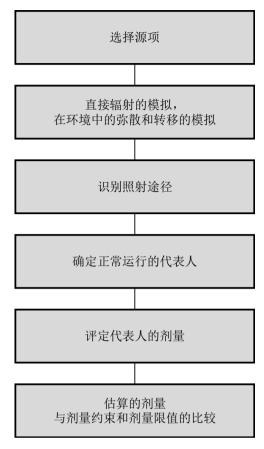


图 2. 正常运行条件下保护公众的放射性环境影响评定的组成部分 (此图并不是详细的一步一步的程序,而是为了说明评定的要素并便于描述)。

源项的选择

- 5.9. 放射性环境影响评定选择的源项应具有被评定设施或活动类型的代表性。应从辐射防护的角度选择相关放射性核素的组成和数量,并应选择与放射性核素环境转移和剂量评定有关的排放路径、物理性质(即气体、气溶胶或液体)和化学性质评定。向大气和水生环境的排放以及直接照射应酌情单独考虑。
- 5.10. 在某些情况下,例如在政府决策过程或授权过程的初始阶段进行放射性环境影响评定时,可根据初步估算、发布的数据或类似设施或活动的经验给出拟议设施或活动的通用源项。关于核电厂及其他设施和活动的正常

运行的通用源项的信息,见联合国原子辐射影响科学委员会出版的报告[39、40]。随后,当对设施或活动的设计和运行有了更多了解时,就应通过适当的工程分析更准确地表征源项。

5.11. 每种放射性核素的总排放量应在监管机构规定的期限内综合起来;排放量一般是以每年运行释放的放射性活度来表示的。对于大多数设施和活动,放射性环境影响评定通常假定运行期间,例如 30-50 年,排放是连续和恒定的。这一假设可能并不总是有效的,因为预计短期内排放量会有很大变化;例如,在设施或活动的脉冲释放模式的情况下,如医院向下水道系统排放碘-131 以及后处理设施和物料加工设施的排放,它们通常是分批作业的。这种脉冲释放模式,如果影响很大,则应在评定中加以考虑。还应考虑到,在停止运行后,由于设施中存在着残余的放射性核素,可能会继续向环境的排放。

直接辐照、在环境中弥散和转移的模拟

- 5.12. 设施或活动的直接 γ 辐射,以及在某些情况下,天空散射的 γ 辐射 (天空照射),可能会造成附近公众的外照射,都应纳入评定,如有必要,应 使用类似设施或活动的模式或经验 (如实施监测计划的结果)进行估算。对于只使用密封放射源或辐射发生器的设施和活动,这种直接辐照可能是确 定公众照射的唯一的辐射源或最重要的辐射源。对于其他设施和活动,直接 辐照可能会增加设施附近公众的外照射剂量。
- 5.13. 为预测放射性核素在环境介质中的弥散和转移,以及向代表人的转移,需要各种模式和数据。应识别与剂量估算更相关的过程,并应精心构建一种概念模式,以表征捕捉到一个复杂系统的关键要素或组成部分,如释放的放射性核素在环境中的行为。概念模式应表征已识别的相关弥散途径和转移途径。
- 5.14. 假定的放射性物质排放所造成环境隔室(如空气、沉积物、土壤、水、生物)中的活度浓度应通过数学模式进行估算。已经建立了不同复杂程度的放射性核素弥散和转移的数学模式,并在参考文献[10]中作了描述。
- 5.15. 使用模式和数据进行评定的两种可能的方法是: (a) 一种通用和简单的方法,采用谨慎的假设,考虑放射性物质在环境中的稀释、弥散和转移; (b) 一种具体和更详细的方法,采用更现实的假设,部分或全部使用场址相

关的资料估算不同环境介质中的放射性核素活度浓度。在某些情况下,采用通用模式结合场址相关的资料进行评定也是适宜的。在所有情况下,所选择的模式都应适合于估算环境中放射性核素活度浓度的空间分布和时间变化。所用模式的复杂性应与设施或活动可能对环境造成的影响程度相称,应由申请者提出并证明其正当性,同时须经征得监管机构同意。

- 5.16. 所选择的模式应适合于模拟放射性核素的弥散、稀释、转移和积累及 其衰变或其他必要的去除机制,同时要考虑设施或活动正常运行期间预期 释放的特征。这包括以下过程:
 - (a) 放射性核素的大气弥散;
 - (b) 放射性核素从大气向地面或其他表面的沉积,以及随后放射性核素的再悬浮;
 - (c) 放射性核素在地表水(淡水、微咸水或海水)和地下水中的弥散;
 - (d) 放射性核素在水生沉积物中的积累及其再迁移;
 - (e) 放射性核素向人类食物链中动植物的转移和积累。
- 5.17. 用于估算环境介质中放射性核素活度浓度的模式应考虑到排放源的物理化学性质。例如,应估算有效排放高度、附近建筑物对流出物弥散的影响或当地水深(对水体)的影响。还应考虑清除或积累机制,如放射性母体核素的衰变和子体核素的增长、干沉积和湿沉积、沉积物。
- 5.18. 对于需要进行简单评定的设施或活动,作为模式输入的气象和水文条件数据可能具有一般特征,并以发布的数据或国家记载为基础。用于更复杂评定的气象和水文条件应是适当的、场址相关的,最好是数年数据的平均值(至少3至5年)。这类数据可从场址本地获取,也可从附近的气象或水文站获得。
- 5.19. 一般而言,可以使用高斯型大气弥散模式[10],特别是,当所考虑场址的地理特征表明可以假设简单的弥散情况(例如,在地形相对平坦的情况下),并且可能接受最高剂量的个人生活在或假定生活在距离排放点 10 公里或 20 公里的范围内。然而,对于更复杂的弥散条件,例如,设施靠近山区或位于可能有复杂的局部大气环流的地区,可能需要更复杂的弥散模式。无论如何,预测应尽可能以现实的假设为基础,并当数据的不确定性或变异性妨碍应用这些现实假设时,预测应以谨慎的假设为基础。如果设施的位置在

评定时就已确定,则该假设应考虑场址相关的条件。如果该设施的位置尚未确定,则应使用区域一级的通用资料,直到知道确切地点的更多细节。

- 5.20. 放射性核素可能被排放到淡水、河口或海洋环境中。排放到水体中的放射性核素通过诸如水的运动和沉积等环境过程而弥散或浓集。这在很大程度上取决于当地水环境的特点,因此,不可能有一个完全通用的水体释放模式。例如,用于模拟河流水弥散的信息应至少包括河流的尺度及其流量[10]。模式应适合于估算水体和沉积物中的放射性核素活度浓度。根据这些估算,可以计算出诸如鱼类、软体动物和甲壳动物等水生食物中的相关放射性活度浓度,以及岸边或岸滩沉积物造成的外照射。
- 5.21. 对于某些设施和活动,放射性液态流出物可能排入下水道系统,然后进入处理厂。在评定这类排放的剂量时,模式应适合于估算放射性核素通过下水道系统的转移及其随后向环境的释放(例如使用隔室模式 ¹⁹)。放射性核素随着处理后的流出物排放到河流或近岸水域,在这种情况下,应当使用具有第 5.20 段所述特征的模式。此外,放射性核素可能与污泥有关联,而污泥的管理方式多种多样,包括将其作为土壤改良剂和肥料再用于农田,通过焚烧处理或处置污泥,或将其转移到城市垃圾填埋场。应酌情使用适当的模式来估算污泥中放射性核素向陆地食物链的转移,以及通过再悬浮而进入大气。还可能需要评定参与污水处理系统和污水处理厂作业的工作人员的照射情况。
- 5.22. 当放射性核素连续排放时,可以假定它们在环境中不断累积而达到平衡。应当计算预期最高辐射照射时间的剂量。用于估算剂量的环境介质中的活度浓度应能代表累积量达到最大值时的情况。例如,如果一个设施预计运行 30 或 40 年,则应评定第 30 或 40 年的剂量,以考虑在环境中的最大累积量。对于排放长寿命放射性核素的设施或活动,最大的照射可能发生在作业停止后很久,例如由于放射性核素在环境中的迁移过程缓慢而超过作业期。评定应考虑到这种可能性。

¹⁹ 隔室模式是用来表示系统隔室之间的不同转移过程的模式,其中每个隔室被假定 为均质实体。

- 5.23. 应考虑放射性衰变链中放射性子体对剂量的贡献。在某些情况下,衰变产物的照射可能比母体放射性核素的照射更重要,因此考虑这些衰变产物的生长是重要的。衰变产物的照射比其母体放射性核素更重要的例子是铀衰变系列和钚-241,钚-241 会衰变成镅-241。用于处理子体放射性核素的假设和方法,包括在适当情况下将子体核素排除在外,应当是合理的。
- 5.24. 放射性核素从环境介质向人类食物链中的植物和动物的转移应使用通用转移参数来估算,如参考文献[10-12]中提供的陆地、海洋和淡水生态系统中的食物转移系数。如果需要改进评定,例如,当最初使用通用转移系数估算的剂量高于或接近选定的剂量标准时,可能需要使用基于现场具体测量的转移系数;然而,对于预期评定,很难获得基于现场具体测量的这种转移系数。监管机构应当决定是否应在评定中使用基于测量的场址相关的数据。由于缺乏场址相关的数据而造成的转移参数的不确定性可以通过使用具有谨慎假设的通用数据加以补偿,但是这种假设不应过于保守。
- 5.25. 对于需要进行复杂评定的设施,在授权过程的初始阶段,可使用简单的保守模式和该区域通用的气象和水文资料(例如,根据发布的数据或最邻近的气象站或水文站的记录,有时可能是位于距场址几十至几百公里的地方),对环境中的弥散和转移进行初步估算。在授权过程的后期阶段,应使用在现场测量的或离设施位置很近的地方测量的气象和水文资料,因为这些资料是可获得的。这种现场测量通常在场址勘测和建造阶段进行。在许可证审批过程的后期阶段,应提供的数据类型和详细程度的要求及建议,见原子能机构《安全标准丛书》第 NS-R-3(Rev.1)号《核装置厂址评价》[41];第 SSG-18 号《核装置场址评价中的气象和水文危害》[42];第 NS-G-3.2 号《核电厂放射性物质在空气和水中的扩散与场址评价中人口分布的考虑》[43]。

照射途径的识别

- 5.26. 在特定情况下,应计算与环境排放有关的若干照射途径的剂量。下面 段落给出了关于内照射和外照射的可能照射途径。
- 5.27. 在正常运行情况下,向大气和地表水释放放射性核素的可能照射途径(典型地,对于核设施,如核电厂等)列举如下:
- (a) 吸入大气烟羽中的气载物质(气体、蒸汽、气溶胶);

- (b) 吸入再悬浮物质;
- (c) 摄入农作物;
- (d) 摄入动物产品(牛奶、肉、蛋);
- (e) 摄入饮用水;
- (f) 摄入水生食物(淡水鱼或海水鱼、甲壳动物、软体动物);
- (g) 摄入森林食物(野生蘑菇、野生浆果、野味);
- (h) 摄入母乳或当地为婴儿制备的食物;
- (i) 无意中摄入土壤和沉积物;
- (i) 来自大气烟羽中放射性核素的外照射(烟云照射);
- (k) 来自沉积于地面的放射性核素的外照射(地面照射)和沉积于表面的 放射性核素的外照射:
- (I) 来自水和沉积物中放射性核素的外照射(即岸边活动、游泳和捕鱼)。
- 5.28. 在正常运行情况下,向下水道系统释放可能的照射途径(通常对于有核医学部门的医院)包括:
- (a) 吸入再悬浮的干污泥;
- (b) 来自干污泥或湿污泥中放射性核素的外照射;
- (c) 摄入因将处理过的污泥用于农业目的而受到影响的食物。
- 5.29. 就某些设施或活动而言,辐射源可能对生活在设施附近的公众造成外照射剂量。²⁰有待考虑的其他照射途径如下:
- (a) 由于设施中存储的辐射源(例如乏燃料或放射性废物)的直接辐照所 致的外照射:
- (b) 由于设施中使用的辐射源(例如工业辐照器)的直接辐照所致的外照射:
- (c) 由于设施的直接辐照(例如来自设施的核或放射性部件,或次级部件, 如存储的废物、冷却剂系统或蒸汽系统)所致的外照射。

²⁰ 受到与其工作没有直接关系的辐射源照射的工作人员必须得到与公众成员同等程度的保护(见 GSR Part 3[1]第 3.78 段)。因此,就放射性环境影响评定而言,这些在现场的工作人员被视为公众成员。

- 5.30. 根据照射假想方案和场址特征,并非以上各段所列的所有照射途径都需要纳入评定。在特定情况下,可能会识别出其他的途径。照射途径对总剂量的贡献取决于所涉及的放射性核素、生活习性资料、在某一地点所花费的时间以及所考虑人群的其他特征。因此,某些照射途径可能被排除在评定之外,理由是与之相关的剂量被评价为不存在的或可忽略不计的。将特定照射途径排除在考虑范围之外的决定是有道理的。
- 5.31. 在某些情况下,可能只对摄入非常普通类别的食物使用通用值来计算食入剂量。例如,一般只能计算摄入农作物的剂量,而无法具体说明可能会消费哪些类型的农作物。然而,如果在场址附近进行了调查,那么对于该区域的实际作物使用场址相关的数值可能是适当的。

正常运行情况下代表人的识别

- 5.32. 应使用从人群中所受照射最高的一组个人中选定的特征来计算代表人 ²¹ 的剂量。国际放射防护委员会第 101 号出版物[44]就代表人的特征提供了指导。
- 5.33. 代表人的特征应由申请者根据国家法规加以确定,并经监管机构同意。例如,对某些类型的设施或在授权过程的后期阶段,监管机构可能要求使用更详细的和场址相关的生活习性数据进行评定。
- 5.34. 代表人的生活习性数据应能表征生活在设施所在地区或整个国家的典型人群的习惯。评定中使用的生活习性数据可从国家、地区或国际各层级收集的统计数据中获得,或在可能的情况下,在拟运行设施的地方或其附近区域进行调查而获得。生活习性数据包括食物和饮用水的消费率以及吸入率。在评定代表人的剂量时,重要的特征是假定的代表人的位置(例如,他或她相对于放射性核素释放点的距离和方向)。同样重要的是,代表人在何处获得食物、所消费的食物中来自当地或区域的比例、在不同地点的所花费的时间,以及在户外和室内花费时间的比例。代表人居住的地点可以基于一

²¹ 国际放射防护委员会为辐射防护之目的提出了代表人的概念。GSR Part 3[1]将代表人定义为"代表了人群中受到较高照射个人剂量的个人。"代表人不是人群中的一个实际成员,而是使用剂量学模式和那些受到较高照射个人的生活习性数据特征定义的参考个人,用于确定合规性或预期评定。一些成员国的国家法律或法规中规定了用于评定和控制在正常运行情况下因排放而受到照射的代表人。

个实际的人或一组人来选择,也可以采用谨慎的假设,基于一个假定的人或一组人来选择(例如,靠近围墙处或预计放射性核素地面沉积最高的地区)。

5.35. 应考虑人们生活中减少辐射水平的因素,如假定建筑物场所提供的 屏蔽或对呼吸气体的过滤作用。

代表人剂量的评定

- 5.36. 对公众放射性影响的评定应使用代表人的个人有效剂量进行估算,它是摄入放射性核素的待积有效剂量 ²²(即食入和吸入的内照射)和外照射有效剂量之和[1、3]。内照射剂量是根据食入和吸入放射性核素的剂量系数计算的,这些剂量系数提供了摄入单位放射性活度的待积有效剂量,单位为希沃特/贝克。若干出版物[1、45]列表给出了适用于公众成员的剂量系数。在参考文献[1、45]中,国际放射防护委员会为计算剂量系数而假定的待积时间,对于成人摄入为 50 年,对于儿童摄入为 70 年。已有一些用于计算外照射有效剂量的标准模式,以及剂量系数的汇编[1、46]。
- 5.37. 内照射剂量系数是按照不同年龄组提供的[1、45]。如果有一些情况可能导致某一特定年龄组受到更高的照射,则在评定中应考虑该年龄组。对于不同年龄组不同剂量系数的应用,应权衡预测一个源所致环境中放射性核素浓度的能力和解释受照个人生活习性数据不确定性的能力。剂量估算的不确定性,特别是对于前瞻性计算,一般不会因增加了提供剂量系数的年龄组数目而显著减少[44]。各年龄组的具体规范应以拟议场址的设施和活动的照射假想方案为基础。在大多数情况下,计算2至4个年龄组(如1岁幼儿、10岁儿童和成人)的剂量应该足够了。胚胎或胎儿以及母乳喂养的婴儿的照射可能需要单独考虑,特别是当放射性碘的排放量很大的时候。

估算的剂量与剂量约束和剂量限值的比较

5.38. 为了与剂量估算值进行比较,政府或监管机构必须为公众制定或核准低于剂量限值的剂量约束[1]。GSG-8[7]提供了关于剂量约束的定义和应用的指导,以便在计划照射情况下保护公众成员。

²² "待积剂量"是指摄入后预期产生的终生剂量。原子能机构以前的导则提供了进一步的资料:国际原子能机构《限值放射性流出物向环境排放的原则》,国际原子能机构《安全丛书》第77号,国际原子能机构,维也纳(1986年)。

- 5.39. GSR Part 3[1]要求将年有效剂量设定为 1 毫希沃特,作为计划照射情况下公众剂量的限值。在特殊情况下,如果连续五年的平均剂量不超过 1 毫希沃特,则可在单一年份采用较高的值。剂量约束应在每年 0.1 至<1 毫希沃特的范围内选择,并可以因设施和活动的不同或照射假想方案的不同而不同[7]。政府或监管机构可为某类设施或活动规定一个通用的剂量约束值,并为特定情况建立一个特定的剂量约束值(高于或低于通用约束值)[9]。
- 5.40. 由于剂量约束适用于单一源,监管机构在为某一设施或活动设定特定的剂量约束时,应考虑到场址附近或同一场址的其他设施或活动对代表人可能造成的剂量。
- 5.41. 作为政府决策过程的一部分,或在授权过程的早期阶段,对于不同类型设施或活动(例如核燃料循环设施),剂量约束的通用值[7、9]可用于与初步放射性环境影响评定结果的比较。之后,应将放射性环境影响评定结果与监管机构所规定的拟议设施或活动的特定剂量约束值进行比较。
- 5.42. 在考虑跨境影响时,用于评定其他国家保护水平的标准应与本"安全导则"所述的标准相一致,并应与设施或活动所在国的标准相同。

保护公众免受潜在照射的评定

- 5.43. 设施和活动被正确地设计、建造、调试、运行或实施、维护和退役, 并在所有这些阶段受到监管,以防止事故和减轻其后果,从而避免或尽量减少对公众造成重大辐射后果的危险,比如避免或尽量减少确定效应和随机效应的危险,以及对环境和财产的不利影响[1、2、47、48]。
- 5.44. 作为设施和活动所需安全评定的一部分[1、5],假定了各种类型的事故,以便确定减少其可能性的设计安全特征和操作行动,并在发生事故时减轻其后果。这种安全评定,在考虑了现有安全措施及其有效性的情况下,有助于分析是否实现了适当的纵深防御,并洞察各种事故发生的可能性和此类事故假想方案下可能的源项(如果有的话)。为了前瞻性地评定公众成员可能受到的照射,按照 GSR Part 3[1]、SF-1[2]和原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/1(Rev.1)号《核电厂安全:设计》[47]规定,应考虑这些事故的假想方案及其发生的可能性。

评定方法

5.45. 潜在照射的预期评定应使用经安全分析确定的假想事故所致公众成员剂量的估算值,或应根据对此类剂量的估算值确定健康影响危险度 ²³。这种评定的要点见图 3。一般而言,第一阶段应在安全评定的基础上确定潜在照射的假想方案 ²⁴。其次,每一事故假想方案的有关源项,包括释放量和决定放射性核素释放到环境后的行为有关的物理和化学特征,应作为环境弥散和转移模式的输入。然后,应根据气象和水文资料确定环境条件,用有关模式估算环境的弥散和转移。之后,确定有关照射途径和代表人。最后,估算剂量,或根据所估算的剂量得出健康影响的危险,并与适用的既定标准进行比较。

²³ 附件 II 更详细地解释了假想事故所致辐射照射对"健康影响的危险度"的概念。

²⁴ 本"安全导则"中,"潜在照射假想方案"表示包括可能导致事故的所有事件或 事件序列的特征,包括其源项特征,以及在适用时,其发生的频率或概率。

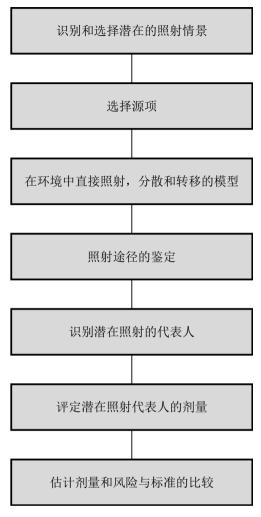


图 3. 潜在照射评定的组成部分(该图不是详细的一步一步的程序,而是出于说明评定要素的目的,并便于说明)。

潜在照射假想方案的确定和选择

5.46. 对于设计上具有少量工程安全特征的设施或活动,识别和选择潜在 照射假想方案通常涉及常见事故的考虑,如典型的工业事故或类似事件,如 火灾和意外泄漏。 5.47. 对于具有许多工程安全特征的设施,进行复杂分析是必要的,以确定可能导致潜在照射的事件的可能性和特征,可能需要考虑和详细分析更多的事故假想方案。对于这类设施,可能需要复杂的安全评定技术,将确定性和概率论方法相结合,并在某些情况下要结合专家判断。

源项的选择

- 5.48. 事故中释放的放射性核素的类型和数量以及物理和化学特性可能与正常运行中排放的放射性核素有相当大的差异。典型事故源项 ²⁵ 的估算应考虑导致该事故的事件或事件序列,以及设施或活动中旨在限值源项的安全措施。
- 5.49. 对于盘存量减少和工程安全特征数量较少的设施或活动 如医学中使用放射性同位素的医院、小型研究实验室和放射源在工业中的应用 第 5.46 段所述的经常观察到的事故清单。应使用保守或简单的安全分析技术进行评价以确定相关的源项。
- 5.50. 具有较大放射性物质盘存量和复杂工程安全特征的核设施,如果设施内放射性核素的物理、化学或核特性在发生事故时可能导致大量泄漏,则应将详细的安全分析技术用于估计更现实的可能源项。关于事故中源项估算的进一步指导见参考文献[48、49]。
- 5.51. 在估算源项时,应考虑事故序列中发生的物理和化学过程、任何安全特征的行为或任何缓解措施的作用,以及设施内放射性核素向环境释放前的行为。如有必要,应提供释放的时间分布。例如,在核电厂的事故中,最初是惰性气体放射性核素可能被释放到大气中,然后是挥发性放射性物质,后来是气溶胶或微粒形式的其他放射性物质。可以将源项划分为不同的时间段来给出释放的时间分布。

²⁵ "典型事故源项"可被认为是在事故条件下特定设施或活动特征的综合体现的源项。作为设施或活动特征的事故源项,根据其每年发生的频率或可能性及其量的大小可以分为不同类别。典型事故源项不一定要包括最坏的情况,这通常是涉及不现实的潜在后果估计的一个非常谨慎的假设。详情见附件 II。

5.52. 通常,源项应包括放射性核素的组成和数量、物理形态(如气体、气溶胶)和化学形态、释放点和释放高度(大气释放)或深度(水体释放)。为确定放射性烟羽的有效高度,与释放有关的流速和热能也可能是必要的。

直接辐照、环境弥散和转移的模拟

- 5.53. 在设施或活动中发生的事故可能导致失去屏蔽或屏蔽不足,在某些情况下,还可能使住在设施附近的人受到严重的外部照射。一般而言,大型设施与住宅区相距甚远,因此,即使发生了意外,公众成员亦不大可能受到直接辐射。另一方面,诸如医院或小型工业园区等设施往往较接近住宅区,或可供市民短时占用,但这些设施内的辐射源较小。在所有相关设施中,应考虑因意外情况而对公众成员可能的直接照射,并使用外照射评定模式加以分析。
- 5.54. 对于需要进行简单而保守的辐射影响评价的设施和活动,应谨慎假设气象和水文条件,作为弥散模式的输入。例如,可以假设在假想事故期间大气弥散的风向不变、较低的大气稀释条件并伴有降水。这样的假设会给出保守的结果,避免了获得场址相关的数据。然而,对于某一特定照射途径被认为是保守的假设,而对于其他照射途径可能并不是保守的(例如,对于吸入,可以假设设施或活动的所有释放都进入大气,而没有放射性核素释放到水生介质中;然而,这一假设对于使用灌溉生产食物的食入途径等,可能并不保守)。当涉及到不同的途径时,要事先确定最谨慎的假设可能就不那么容易了,应对谨慎的折衷方案进行评价。
- 5.55. 如果由于使用了极大地高估剂量的假设而估算的剂量或危险高于所选标准,则应尽可能地使用更现实的模式和数据来改进评定。例如,合适的气象、水文和其他参数应以当地测量或调查为基础,以减少不确定性。第5.18-5.25 段更详细地描述了在环境模式中使用气象和水文数据。
- 5.56. 对于需要进行复杂而现实的评定的核设施或核活动,应使用当地采集的至少3-10年的气象和水文数据来确定典型的事故弥散条件[41、43]。核设施场址相关的气象和水文数据一般在场址评定阶段采集;关于这些数据的类型和特征的详细指导见NS-G-3.2[43]。还可以收集气象和水文数据,用于正常运行情况下辐射照射的预期评定。但是,这些资料可能不够全面,无法用于事故分析;例如,关于放射性核素在大气或水体介质中的远距离迁移的数据可能缺失,或可能仅是以月报的形式提供的。在这种情况下,可从

有关区域记载或气象中心获得更详细的数据,如有必要,获取每小时的数据。这些数据也可以从动力学数值大气或水体预测模式中获得。

- 5.57. 对于需要进行复杂评定的核设施和其他设施,为了减少计算工作量,可以借助诸如循环抽样或分层抽样等统计抽样技术选择事故发生的时间。或者,应使用一套全年每小时的综合气象数据进行评定;在任何情况下,最终选择的弥散条件应与发生的频率或概率有关。对于需要进行更简单评定的设施,应选择释放发生的一段特定时间或一小段时间;应当注意,在选定时间内的气象数据对所考虑的场址是保守的。
- 5.58. 环境转移模式应适合于考虑通常与设施和活动的事故释放有关的非平衡条件。此外,源项和假设的气象条件也可能有重大的短期变化。如果有大量释放的可能性,则应使用估算放射性核素在环境中远距离转移和弥散的模式。必要时,应使用适用于放射性核素短期释放和远距离迁移的弥散模式,以估算放射性核素在环境中的弥散和分布。

照射途径的确定

- 5.59. 事故释放所致剂量的主要照射途径可能与正常运行的主要照射途径 迥然不同。例如,核电厂事故发生后立即食用鲜牛奶或蔬菜可能是短寿命放 射性核素碘照射的一个重要途径。因此,应谨慎地充分识别并用模式表示有关的照射途径。
- 5.60. 评定中,应考虑的与放射性核素事故释放所致潜在照射估算有关的可能照射途径的清单如下:
- (a) 放射性核素在皮肤上沉积所致的外照射;
- (b) 源的直接辐射而引起的外照射;
- (c) 大气烟羽直接辐射而引起的外照射(烟云照射);
- (d) 地面沉积所致的外照射(地面照射)或其他表面沉积所致的外照射;
- (e) 大气烟羽中放射性核素的吸入;
- (f) 沉积物再悬浮的吸入;
- (g) 沉积于地面或其他表面的放射性物质的无意摄入;
- (h) 消费受污染的食物和水而摄入放射性核素。

5.61. 根据事故假想方案评定所采用的假设,通过迅速采取保护行动,可减少或避免因摄入受污染的食品而造成的照射。如果假定采取了应急防护行动,如掩蔽、撤离和提供碘的甲状腺阻断剂,则估算的其他照射途径的剂量,如吸入和外照射,也可显著地减少。例如,住宅提供的屏蔽和过滤可以大大地减少事故期间避难者所受的剂量。在评定中,应明确指出照射途径、屏蔽因子和防护行动的假设,并适当论证其合理性,应与拟议设施或活动计划采取的实际场外防护行动保持一致。

潜在照射情况下代表人的确定

- 5.62. 根据可能在事故中受到更高照射的实际的或假想的个人资料,应确定一个代表人 ²⁶,以评定与潜在照射有关的剂量和危险。被确定为潜在照射的代表人可能与正常运行所致照射的代表人不同。
- 5.63. 根据事故或事件的特点和假定的释放时间,以及与此相应的资料,例如主导的气象或水文条件、可能的居留时间(例如白天和夜间不同的居留时间、在夏令营地和学校的时间、工作人员在设施附近的逗留时间)以及生活习性和食品消费的季节性变化,可确定不同的受照人群组。另一种方法可能是考虑平均居留因子,以及每个季节的生活习性和食品。
- 5.64. 根据评定的类型和规定的标准,潜在照射的评定终点 ²⁷ 可能不同。举例来说,可将特定地点(如该地区最近的城镇)、固定距离(如1公里、5公里、10公里)或超过某一相关的预计剂量(如在最初的7天内为100毫希沃特,如果该值作为防护措施参考水平的阈值[8])的距离处的剂量作为终点,而不是将代表人的剂量作为终点。在一些成员国,将剂量或危险在较大的受影响人群中的分布作为终点。虽然在考虑潜在照射的方式上具有灵活性,而且不同的国家采取不同的做法,但应在相关法规或评定中明确规定和说明使用特定终点和标准的理由,以避免对结果的误解和曲解。

²⁶ 国际放射防护委员会使用"代表人"一词顾及到了正常排放和事故释放两种情况 [44]。尽管使用了相同的术语,而且一般定义也适用于这两种情况,但代表人在每种情况下的具体特征,如其所在地、生活习性和年龄组,可能有所不同。

²⁷ 原子能机构《安全术语》[4]将"终点"定义为"一种辐射防护措施或其他安全和防护措施,是分析或评价的计算结果"。共同的终点包括估算的剂量或危险和预测的放射性核素的环境浓度。

潜在照射代表人剂量的评定

- 5.65. 在考虑潜在照射时,对于确定效应范围内的剂量,应计算关心器官或组织的平均吸收剂量,并以生物学终点的适当相对生物效应加权。对于随机效应范围内的剂量,应计算内照射途径的待积有效剂量与外照射有效剂量之和所产生的有效剂量。某些器官(如甲状腺)的当量剂量也可用于潜在照射。
- 5.66. 由于不同年龄组的照射条件和相关辐射效应不同,应计算不同年龄组的剂量。经验表明,婴儿通过某些照射途径会接受较高的剂量,如甲状腺因摄入放射性碘而受到照射,而放射性碘有可能在核反应堆事故中被释放[50]。
- 5.67. 应确定可能发生照射的有关时间段和评定中使用的有关照射途径。例如,估算的事故发生后最初 24 小时吸入放射性烟羽所造成的剂量或最初 3 个月摄入绿色蔬菜所造成的剂量,可作为主要潜在放射性影响的指标。在 其他情况下,可以估计较长时期的剂量;例如,从事故发生时到事故发生后一年。在将估算的剂量与标准进行比较时,应明确指出评定中考虑的时间段和照射途径。

估算的剂量和危险标准的比较

- 5.68. GSR Part 3[1]指出,需要评定潜在照射的可能性和大小,并要求监管 机构制定限值条件。²⁸ 为了考虑将剂量或健康影响危险度作为终点的潜在 照射,监管机构制定的限值条件应当是参考剂量标准或危险标准。
- 5.69. 对于需要进行简单评定的设施和活动,基于保守的假设确定的潜在 照射假想方案(例如,放射性物质盘存量较少的设施和事故中放射性核素释 放能力较低的源),通常估计典型事故对代表人造成的剂量,决策标准应为 1至几个毫希沃特,通常为5毫希沃特。
- 5.70. 估算的代表人的剂量,结合源项技术参数中确定的概率以及环境转移特性确定的概率(例如,一年中风吹向代表人所在地的时间份额),可借助于危险系数,例如国际放射防护委员会提供的危险系数[51],转换为健康

²⁸ GSR Part 3[1]第 3.15 段还指出,需要评定可能受到潜在照射影响的人数;然而,在本"安全导则"中仅限于对个人的影响。

效应的危险度。应按照国内实践和法规使用健康效应危险度表示。此类健康效应危险度的表示只在本"安全导则"所述的预期放射性环境影响评定框架内适用,而不能用于确定显现的个人健康效应是否可归因于辐射照射。附件II提供了关于危险度估计的更多信息。

- 5.71. 要求政府或监管机构酌情建立或核准对潜在照射的危险约束[1]。可根据国际核安全咨询组的建议[52]或国际放射防护委员会的建议[3、51]建立危险约束。附录中提供了有关制定潜在照射危险标准的指导。在附件 II 中,对危险度的定义和危险约束的使用提供了进一步的信息,在 GSG-8[7]中提供了应用指导。
- 5.72. 在对一个核设施进行潜在照射评定时,如果该评定使用已确定的典型事故假想方案,则通常要估算与每组事故相对应的剂量。在这种情况下,决定潜在照射的危险是否可接受的标准应根据剂量来确定(例如,可以使用10-100毫希沃特范围内的剂量,因为这些值可触发实施某些防护措施[8])。不同的剂量标准值可在这一范围内确定,这取决于这些典型事故假想方案的不同的年频率:对于估算的频率较高的事故,剂量标准应低于频率很低的事故。虽然这类评定的终点和标准是以剂量表示的,但由于制定标准涉及到事故频率,因此存在一个隐含的危险度,其评定结果与附录中所列的标准有关。
- 5.73. 具有众多工程安全特征的核设施,还可使用确定性和概率论相结合的方法以及专家判断的复杂安全评定技术,评定代表人受到的剂量及其可能性,这可转换为危险度并与危险标准进行比较。监管机构应考虑附录中所述的标准,以便确定这种方法的相关危险标准。附件 Ⅱ 介绍了此类潜在照射评定的基本方面。
- 5.74. 另一个选择可能是定性地表示该标准,即是否对公众造成某种不可接受的后果。例如,一个标准可能是非常具有破坏性的防护行动,比如大规模的和长时间的撤离或再定居,由于该设施或活动所给定的潜在照射假想方案的结果是不可接受的。²⁹ 虽然原则上这是一项定性标准,但确定这类防护行动的必要性应使用估算的预计剂量(或有关操作量),并将这些估算

²⁹ 这种方法符合原子能机构关于具有严重场外后果的事故的核动力厂设计要求,对此,只有在时间和区域范围方面采取有限的防护行动才是可以接受的,而且可以避免或尽量减少场外污染[47]。

值与应急响应决策标准进行比较,例如与 GSG-2[8]中提供的参考水平进行比较。如果使用此方法,监管机构应根据 GSR Part 7[6]建立的要求,定义用于潜在照射评定的实施防护行动的决策标准。

5.75. 在审议跨境影响时,用以考虑在其他国家潜在照射的标准应与本"安全导则"中规定的标准相一致,原则上应与设施或活动所在国使用的标准相同。

环境保护评定有关的考虑

- 5.76. 国际放射防护委员会建立的保护环境的高水平目标是,维持生物多样性,确保物种的保护以及自然栖息地、群落和生态系统的健康[3、53]。这符合 SF-1[2](见第 3.7 段)。各国对保护环境的考虑可能不同,应遵守包括监管机构在内的国家主管当局的法规和导则。
- 5.77. GSR Part 3[1]第 1.6-1.19 段描述了旨在评定、管理和控制人类辐射照射的防护和安全体系,该体系通常对环境免受电离辐射的有害影响提供了适当的保护。GSR Part 3[1]关于环境保护的第 1.32-1.35 段承认,有些国家的法规要求对环境保护作出明确的证明(而不是假定)。GSR Part 3[1]第 1.34 段还指出,"需要结合防护和安全系统的其他特性以综合方式看待环境影响评定","保护人和环境的办法不限于防止对人和其他物种的放射性影响"。
- 5.78. 根据经验或简化的分析,有些国家可能认为没有必要对环境影响进行具体评定。在这些情况下,监管机构可决定,放射性环境影响评定不需要包括明确考虑动植物的照射情况。
- 5.79. 其他国家可能认为,在某些设施和活动的放射性环境影响评定中,估算和控制动植物的辐射照射是必要的。在任何情况下,都应使用分级办法[1]的要求,以确保为进行评定所付出的努力与预期的危险水平是相称的。
- 5.80. 鉴于设施的正常运行和活动的开展对动植物种群的辐射危险预计会 很低,用于评定动植物影响的方法应当实用而简单,应当以放射性影响的科 学认知为基础,不应对营运者或监管机构造成不必要的负担。为评定和管理 放射性流出物向环境释放对动植物群的影响,国际放射防护委员会[53、54] 提供了一个实用方法。

5.81. 对于需要明确考虑保护动植物的国家的或国际的框架, 30 本"安全导则"附件 I 提供了一个评定正常运行对动植物影响方法学的实例, 31 该方法是以国际放射防护委员会关于保护环境中不同生态系统的方法为基础 [53、54]。

放射性环境影响评定中变异性和 不确定性的考虑

- 6.1. 不确定性反映了对所研究系统的了解程度。在放射性环境影响评定中,不确定性与剂量或危险估算的准确程度有关。不确定性的主要来源是对代表人、对照射条件的不完全了解和模式参数的变异性。后者包括由于大气和水的弥散造成的放射性核素输运过程的变化,以及放射性核素在不同环境隔室之间迁移的变化,就人类而言,还包括一个人群组内个人的位置和生活习性的变化(例如食物摄入量,在不同地点花费的时间)。其他不确定性可能是在源项和人口统计学方面。在确定方法学时,包括确定决策标准时,监管机构或申请者应酌情考虑与变异性和不确定性有关的方面。
- 6.2. 在预期放射性环境影响评定中,不确定性的程度仍应允许对公众成员的实际剂量是否会超过国家监管机构设定的剂量限值或剂量约束得出结论。当信息或数据不足时,应使用保守的假设[44]。然而,使用大量的保守假设可能导致对剂量不切实际的高估,因此应避免使用[44]。
- 6.3. 应根据适度保守和合理的假设,选择生活习性数据和环境特征来估算代表人的剂量。国际放射防护委员会在其第 101 号出版物[44]中讨论了使用与剂量评定有关的单一参数值和生活习性数据的方法的特点。对于这些评定,在某些情况下,可以使用生活习性数据分布中的高百分位数(例如,95%),尽管对所有照射途径假设高百分位数的生活习性数据是不合理的。作为环境转移参数默认值或初始评定值,可从现有文献[10-12]中获得单一

³⁰ 例如,《防止倾倒废物及其他物质污染海洋的公约》[55],明确要求对倾倒含有放射性流出物的物质对海洋动植物的放射性影响进行评定。为此目的,国际原子能机构已经建立了放射性影响评定程序[56]。

³¹ 没有考虑到动植物群的潜在照射,这是由于在事故情况下这些动植物是不受管制的。

推荐值,也可使用可获得的平均测量值。应用这种方法估算的剂量应直接与辐射标准相比较。

- 6.4. 国际放射防护委员会第 101 号出版物[44]中描述的另一种方法是,使用模式参数的频率分布并结合统计方法,如蒙特卡罗方法,作为剂量评定的输入,然后给出估算的剂量的分布。对于使用生活习性数据分布的评定,该方法应包括将所产生的剂量分布的高百分位数(例如 95%)的剂量与监管机构设定的剂量标准进行比较。在缺乏关于转移参数变异性数据的情况下,不应系统性地应用频率分布,因为这样使用并不总是得出保守的结果。
- 6.5. 放射性环境影响评定中存在的变异性和不确定性并不一定意味着需要进行非常复杂的、有时是难以定论的研究。申请者和监管机构应意识到这类评定结果的局限性,必要时,在选择模式和参数以及根据结果作出结论时,特别是当结果非常接近决策标准时,都应谨慎行事。
- 6.6. 一旦设施投入运行或活动开始实施,就必须制定源监测和环境监测 计划[1]。对于检查排放是否遵守了核准的限值,以及使用的模式和参数是 否适当,这些计划是必要的。源和环境监测计划有助于减少放射性环境影响 评定中的不确定性。为辐射防护之目的,RS-G-1.8[18]对环境监测和源监测 计划提供了指导。
- 6.7. 为识别最重要的不确定性来源和对不确定性影响最大的过程,应进行敏感性研究。在此基础上,如果认为有必要降低不确定度,可开展进一步的研究、建模或收集实验数据。
- 6.8. 潜在照射评定中,处理变异性和不确定性更为复杂。原因如下:
- (a) 为评定选定的假想方案,包括事故发生时的源项和环境条件,可能无 法代表实际可能发生的情况;
- (b) 评定中假想事故假想方案的概率或频率可能具有非常高的不确定性。 保守的确定性方法的分析试图通过假定某个分区范围内代表性的初始事件和系统故障来避免这个问题。例如,如果使用概率安全分析技术来估算事故频率,则通过组合许多事件和/或故障概率来确定这些频率,每个事件和/或故障概率都有自身的不确定性;

- (c) 正常运行时排放所致照射的估算,大致上是连续发生的,为消除波动,可在一年时段内进行平均。与此不同,潜在照射的估算值通常会随时间变化,而影响程度则取决于事故发生时实际的照射条件(例如气象条件和公众成员的位置);
- (d) 正常运行时排放所致照射的估算,可以通过运行阶段制定的环境监测 计划进行追溯性核实,但与此不同的是,对于潜在照射,这种追溯性 核实是不可能的。
- 6.9. 在确定和使用某一设施或活动的潜在照射的可接受性的决策标准时,应考虑到这些不确定性。用于潜在照射的标准最好是以范围或数量级表示(见附录)。

附 录

公众潜在照射评定的危险标准

A.1. 本附录介绍了相关国际组织制定的标准,监管机构应将这些标准用作制定国家标准的指导。本附录所载的标准,是指因潜在照射而可能对公众成员的个人造成健康效应的危险。向环境大量释放的其他类型的事故影响,如社会、经济和环境,都不在本"安全导则"的范围之内。关于危险的定义和潜在照射评定的进一步考虑和信息见附件 II。

国际核安全咨询组

- A.2. 国际核安全咨询组于 1995 年审议了潜在照射的安全目标[52]。参考文献[52]第 42 段指出了公众成员的个人危险,"公众成员的潜在照射的危险,以每年可归因于一个设施所致的死亡概率表示,不应超过 10⁻⁵,这似乎是适当的。"参考文献[52]第 45 段还指出,"似乎有理由认为,需要简单的、局部的应对措施的事故,每年发生的概率不应超过 10⁻⁴"。预计这类事故将向受照较高的公众成员施予的剂量,约在 10-100 毫希沃特范围内。对于更严重的事故,可能向受照较高的公众成员施予的剂量可达 1 希沃特,参考文献[52]第 46 段指出,"因为社会后果,这类事故的年概率为 10⁻⁵ 可能是必须的"。
- A.3. 1999年,国际核安全咨询组也为核电厂提供了危险目标[57]。参考文献[57]推荐,对于现有核电厂,发生严重堆芯损坏的频率应低于每核电厂运行年 10⁻⁴,并建议新的核电厂采用所有安全原则可将安全目标提高为每年不超过 10⁻⁵。参考文献[57]还指出,严重事故的管理措施和缓解措施应至少将短期内需要场外响应的大量场外放射性释放的概率降低 10 倍。参考文献[52]指出,这些目标将对应于公众成员的个人死亡风险,对于现有电厂,低于每电厂运行年 10⁻⁵,对于新电厂,低于 10⁻⁶。

国际放射防护委员会

A.4. 国际放射防护委员会建议,为评定潜在照射,与源相关的危险约束应与同一个源相应的剂量约束所隐含的健康危险具有相同的数量级(国际放射防护委员会第103号出版物[3],2007年)。1993年出版的国际放射防护委员会第64号出版物[51]指出:

"将与源相关的约束应用于概率事件的一个程序是,将事件序列的概率表示为该序列实际发生时将施予的剂量的函数。这种约束将表示超过某一剂量量级的序列所允许的最大概率。"

A.5. 国际放射防护委员会第 64 号出版物[51]提供了可用来设定危险约束的年概率的范围;每年发生具有某些确定性后果的或发生严重健康效应的严重事故的最大概率应在每年 10⁻⁶ 至每年 10⁻⁵ 之间。完整的方案列于表 2。对于复杂系统,相似的事件序列应该通过组合它们的概率来分组,并从任何单个序列中取最坏的结果来表示整个组。参考文献[51]指出,表 2 中的数值旨在说明约束的类型可能是根据过去的经验施加的,同时考虑到从特定的实践中获得的好处。它补充说,在缺乏运行经验的情况下,表 2 中的数值也可作为暂定约束,但可根据获得的经验加以修订,在这种情况下,约束可被视为上界。参考文献[51]强调,这些约束是指个人而不是整个人群可能受到的照射。

表 2. 可从中选择危险约束的年概率范围[51]

碰撞	概率范围
作为正常照射处理的事件序列	$10^{-1} - 10^{-2}$
事件序列仅产生随机效应,但高于剂量限值	$10^{-2} - 10^{-5}$
导致剂量的事件序列,其中一些的辐射效应是确定性的	$10^{-5} - 10^{-6}$
事件的序列造成可能导致死亡的剂量	<10 ⁻⁶

参考文献

- [1] 欧洲委员会、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、联合国环境规划署、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《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号,国际原子能机构,维也纳(2014 年)。
- [2] 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)。
- [3] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 2007 年建议书》,国际放射防护委员会第 103 号出版物,爱思唯尔,牛津(2007 年)。
- [4] 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》(2016年修订版),国际原子能机构,维也纳(修订版编写中)。
- [5] 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)。
- [6] 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,《核或辐射应急的准备与响应》,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)。
- [7] 国际原子能机构、联合国环境规划署,《公众和环境的辐射防护》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-8 号,国际原子能机构,维也纳(2018 年)。
- [8] 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、世界卫生组织,《核或辐射应急准备和响应中使用的标准》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-2 号,国际原子能机构,维也纳(2011年)。

- [9] 国际原子能机构、联合国环境规划署,《放射性流出物排入环境的监管控制》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-9 号,国际原子能机构、维也纳(修订版编写中)。
- [10] 国际原子能机构《用于评定放射性物质排放对环境影响的通用模式》,《安全报告丛书》第 19 号,国际原子能机构,维也纳(2001年)。(修订版编写中)
- [11] 国际原子能机构《陆地和淡水环境中放射性核素转移预测参数值手册》,《技术报告丛书》第472号,国际原子能机构,维也纳(2010年)。
- [12] 国际原子能机构《海洋环境中生物的泥沙分布系数和浓度因子》,《技术报告丛书》第422号,国际原子能机构,维也纳(2004年)。
- [13] 国际原子能机构《放射性废物处置前管理的安全论证文件和安全评定》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-3 号,国际原子能机构,维也纳(2013 年)。
- [14] 国际原子能机构《使用放射性物质设施退役的安全评定》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-5.2 号,国际原子能机构,维也纳(2008年)。
- [15] 国际原子能机构《放射性废物处置》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-5 号,国际原子能机构,维也纳(2011年)。
- [16] 国际原子能机构《放射性废物处置的安全论证文件和安全评定》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-23 号,国际原子能机构,维也纳(2012 年)。
- [17] 国际原子能机构《放射性物质运输的辐射防护计划》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 TS-G-1.3 号,国际原子能机构,维也纳(2007年)。
- [18] 国际原子能机构《辐射防护的环境和源监测》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.8 号,国际原子能机构,维也纳(2005年)。
- [19] 国际原子能机构《源和环境辐射监测计划和系统》,《安全报告丛书》 第 64 号,国际原子能机构,维也纳(2010年)。

- [20] 国际原子能机构、国际劳工局、《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(修订版编写中)。
- [21] 国际原子能机构、国际劳工局、泛美卫生组织、世界卫生组织、《医用电离辐射的辐射防护与安全》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-46 号,国际原子能机构,维也纳(2018 年)。
- [22] 国际原子能机构《建立核电计划的安全基础结构》,国际原子能机构 《安全标准丛书》第 SSG-16 号,国际原子能机构,维也纳(2012 年)。 (修订版编写中)
- [23] 《跨境环境影响评定公约》(埃斯波公约),联合国欧洲经济委员会, 日内瓦(1991 年)。
- [24] 《1982年12月10日联合国海洋法公约》,联合国,纽约(1982年)。
- [25] 《获取信息、公众参与决策和获得正义环境问题公约》(奥尔胡斯公约), 联合国欧洲经济委员会, 日内瓦(1998年)。
- [26] 《欧洲议会和 2011 年 12 月 13 日理事会关于评定某些公共和私营项目对环境影响的指令(2011/92/EU)》,欧洲委员会,布鲁塞尔(2011年)。
- [27] 《国家环境政策法》,42 U.S.C. § 4321,美国政府,华盛顿特区(1969年)。
- [28] 《中华人民共和国法律环境影响评价法》,中华人民共和国主席令第七十七号,中国政府,北京(2003年)。
- [29] 《通用环境法》第 2675 号法,阿根廷政府,布宜诺斯艾利斯(2002年)。
- [30] 澳大利亚和新西兰环境和保护委员会国家环境影响评定工作组《确定 环境影响评定必要性和水平的指南方针和标准》,澳大利亚和新西兰 环境和保护委员会,堪培拉(1996年)。
- [31] 国际原子能机构《管理新核电项目建设和运行的环境影响评定》,国际原子能机构《核能丛书》第 NG-T-3.11 号,国际原子能机构,维也纳(2014年)。

- [32] 欧洲原子能联营《原子能共同体条约》,欧洲委员会,布鲁塞尔(1957年)。
- [33] 国际原子能机构《核装置的许可证审批过程》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-12 号,国际原子能机构,维也纳(2010年)。
- [34] 国际原子能机构《核电厂、研究堆和其他核燃料循环设施退役》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-47 号,国际原子能机构,维也纳(修订版编写中)。
- [35] 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)。
- [36] 国际原子能机构《促进安全的政府、法律和监管框架》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 1(Rev.1)号,国际原子能机构,维也纳(2016 年)。
- [37] 国际原子能机构《监管机构与相关各方的沟通和磋商》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-6 号,国际原子能机构,维也纳(2017年)。
- [38] 国际原子能机构《辐射安全环境建模(EMRAS)— EMRAS 计划(2003-2007)结果总结报告》,国际原子能机构《技术文件》第 1678号,国际原子能机构,维也纳(2012 年)。
- [39] 联合国原子辐射影响科学委员会《电离辐射的来源和影响:联合国原子辐射影响科学委员会 1993 年向大会提出报告及科学附录》,联合国,纽约(1993 年)。
- [40] 联合国原子辐射影响科学委员会《电离辐射的来源和影响:联合国原子辐射影响科学委员会 2000 年向大会报告及科学附录》第一卷:来源,联合国,纽约(2000年)。
- [41] 国际原子能机构《核装置厂址评估》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-R-3(Rev.1)号,国际原子能机构,维也纳(2016 年)。 (修订版编写中)

- [42] 国际原子能机构、世界气象组织,《核装置厂址评价中的气象和水文危害》,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)。
- [43] 国际原子能机构《核电厂放射性物质在空气和水中的扩散与厂址评价中人口分布的考虑》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.2号,国际原子能机构,维也纳(2002年)。
- [44] 国际放射防护委员会《用于公众辐射防护目的的代表人的剂量评定与放射防护最优化》,国际放射防护委员会第101号出版物,爱思唯尔, 牛津(2006年)。
- [45] 国际放射防护委员会《基于 ICRP60 号出版物的剂量系数概略》,国际放射防护委员会第 119 号出版物,爱思唯尔,牛津(2012 年)。
- [46] 国际放射防护委员会《外照射放射防护量的转化系数》,国际放射防护委员会第116号出版物,爱思唯尔(2010年)。
- [47] 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)。
- [48] 国际原子能机构《研究堆事故源项的推导及放射性后果分析》,《安全报告丛书》第53号,国际原子能机构,维也纳(2008年)。
- [49] 美国核管制委员会《轻水核电厂事故源项》,第 NUREG-1465 号报告, 美国核管制委员会,华盛顿特区(1995 年)。
- [50] 国际原子能机构《切尔诺贝利事故造成的环境后果及其治理: 20 年的 经验》,切尔诺贝利论坛"环境"专家组报告,《辐射评定报告丛书》 第 8 号,国际原子能机构,维也纳(2006 年)。
- [51] 国际放射防护委员会《潜在照射的防护:概念框架》,国际放射防护委员会第64号出版物,培格曼出版社,牛津(1993年)。
- [52] 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)。
- [53] 国际放射防护委员会《环境保护:参考动植物的概念和使用》,国际放射防护委员会第108号出版物,爱思唯尔,牛津(2008年)。

- [54] 国际放射防护委员会《不同照射情况下的环境保护》,国际放射防护委员会第124号出版物,塞奇出版社,伦敦(2014年)。
- [55] 《防止倾倒废物和其他物质造成海洋污染公约》(伦敦公约),国际海事组织,伦敦(1972 年)。
- [56] 国际原子能机构《根据 1972 年伦敦公约和 1996 年伦敦议定书确定海上处置材料的适宜性:放射性评定程序》,国际原子能机构《技术文件》第 1759 号,国际原子能机构,维也纳(2015 年)。
- [57] 国际核安全咨询组《核电厂基本安全原理》第 75-INSAG-3(Rev.1)号,《国际核安全咨询组丛书》第 12 号,国际原子能机构,维也纳(1999年)。

附件I

评定设施和活动正常运行对动植物照射的 一般方法示例

- I-1. 作为示例,本附件介绍一种评定和控制在设施正常运行和活动开展时的排放对动植物所致辐射照射的一般方法学。这里提出的方法学是基于国际放射防护委员会(ICRP)关于保护环境的方法[I-1、I-2];本附件还描述了国际放射防护委员会方法的主要方面和这种方法学的基础。
- I-2. 是否需要对动植物的保护进行明确的评定,应遵守国家或国际适用的法规,并取决于拟议设施或活动的特点和环境条件。如认为有必要,本附件所描述的方法学可作为本"安全导则"第 5 部分所述的在预期放射性环境影响评定中对人类照射评定的补充。
- I-3. 通常,对于需要进行简单的放射性环境影响评定的活动或设施,认为明确的考虑对动植物的辐射照射是不必要的,因为预计不会对动植物产生影响的环境造成重大的放射性影响,例如,设施中有限的放射性核素盘存量或设施或活动的固有安全特征。
- I-4. 对于需要进行复杂的放射性环境影响评定的设施和活动,例如核设施和铀矿开采和加工,根据国家或国际适用的法规,政府或监管机构可能认为明确的考虑动植物的辐射照射是必要的。在这些情况下,可以采用国际放射防护委员会评定和控制对动植物放射性影响的方法[I-1、I-2];国际放射防护委员会的方法与一些成员国使用的类似方法是一致且兼容的[I-3 I-5]。国际放射防护委员会的方法使用了'参考动物和植物(Reference Animals and Plants,RAP)'、'代表性生物(Representative Organism)'的概念,以及以'导出关注参考水平(Derived Consideration Reference Levels,DCRL)'表示的标准。下面将描述这些概念和标准。
- I-5. 本附件提出的方法学具有通用性。对于正常运行的多数设施和活动,以及大多环境条件,本附件描述的一种通用评定方法将足以证明对动植物的辐射防护水平。然而,在特定情况下,例如在对待保护物种和濒危物种时,通用的方法可能不适合于对动植物影响的评定。对这些情况,可能需要进行更详细的评定。

I-6. 监管机构或其他主管当局应当识别这种需要特别审议的具体环境,它与本附件给出的更一般的情况不同。对于需要特别审议的情况,应在申请者、监管机构和其他的环境保护责任部门磋商一致的基础上,确定评定的假设和类别。在任何情况下,本附件描述的方法都可作为这些特别情况的筛选手段。

国际放射防护委员会保护环境的方法的主要方面

- I-7. 国际放射防护委员会建议,环境保护的目的应当是防止和减少对生物有害放射性影响的频率,使其对生物多样性的保持、物种的保护,或对自然生境、群落和生态系统的健康和状况的影响达到可以忽略不计水平[I-1、I-2、I-6]。这种建议与原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号《基本安全原则》[I-7]第 3.28 段表述一致。其中指出:
 - "为保护环境而采取的措施的一般目的是保护生态系统免受可能对一个种群(而不同于个体生物)产生不利后果的辐射照射"
- I-8. 由于不同物种之间相互作用的复杂性,很难对生态系统暴露于非常小的辐射水平增量的环境中的放射性影响进行建模和模拟。然而,关于辐射对生物种群和生态系统放射性影响的结论,可以前瞻性地应用于计划照射情况下的辐射源管理,这些结论可以通过评定作为参考生物物种中个体生物数量减少的情况进行推断[I-6]。
- I-9. 为此目的,国际放射防护委员会所识别的物种可被视为海洋、陆地和淡水生态系统 ¹ 的代表,并具有广泛的地理变异[I-1]。这些物种被称为"参考动物和植物"²。在选择这些物种时,国际放射防护委员会采用了一种实用的方法(如是否存在着这些物种足够的信息,以便将其作为参考动物和植物)和考虑哪些物种更易在环境介质中受到辐射照射的影响[I-1]。国际放射

¹ 关于需要参考模式来代表典型的农场动物,主要是那些基本生活于人类环境的大型哺乳动物,为了保护它们,国际放射防护委员会认为,采用对人类的放射性影响的评定就足以应对这种受管理的环境和生态情况[I-1]。

² "参考动物或植物"是一个假定的实体,具有特定的生物学特征的特定类型的动物或植物,如按照科的分类水平表示,具有明确的解剖学、生理学和生命史特性,可用于与该类生物有关的照射剂量、剂量与效应等目的[I-1、I-2]。

防护委员会保护动植物的方法考虑了个体层面的放射性影响,而这种辐射可能会对物种种群结构产生影响(例如,早期死亡、某些形式的发病率、对繁殖的影响、染色体损伤的诱导)[I-1、I-2]。

- I-10. 国际放射防护委员会以"导出关注参考水平"的形式设定了评定和管理辐射对动植物影响的标准[I-1]。导出关注参考水平是一组剂量率带³,在该组剂量率带内,没有证据(对于多数参考动物和植物)或仅有一些证据表明电离辐射对种群结构有影响的物种的个体产生有害影响。在一个种群的某些个体中可以察觉的影响未必对整个群体产生影响[I-1]。按照当地水平,对于非常小的剂量增量,如设施和活动的正常运行所致的剂量增量,在种群层面的影响几乎不可能观测到[I-1]。导出关注参考水平可跨越一个数量级;对于低于剂量率带下界的剂量率,没有观测到影响或没有可用的影响信息[I-1、I-2]。
- I-11. 导出关注参考水平不代表是限值;相反,根据国际放射防护委员会的建议[I-2],它们应被视为参考点,以便根据总体管理目标、实际存在的动植物群,以及受到照射的个体数量,告知在环境保护方面应付诸努力的一个适当水平。
- I-12. 国际放射防护委员会也在第 124 号出版物中引入了"代表性生物"的概念,它相当于在人类放射性影响评定中"代表人"的概念[I-2]。代表性生物是指,在对某一特定设施或活动进行放射性环境影响评定时,考虑到相对于辐射源的位置而选择的特定物种或生物组[I-2]。代表性生物是那些受到较高照射的动植物的代表[I-2]。导出关注参考水平适用于代表性生物。
- I-13. 由于导出关注参考水平不是限值,当估算的代表性生物的剂量位于剂量带内或接近该带的上界时,仍然可以认为该辐射情况是可接受的。但是,这样的结果可能需要对环境的可能影响进行更仔细的评审,这可能需要考虑若干因素。如果估算的剂量超过剂量带的上界,基于对动植物的影响进行决策时,可考虑的因素包括:所评定剂量率发生区域的大小;预测这些剂

³ 将辐射权重因子和组织权重因子相结合用于估算以希沃特表示的人的有效剂量,这不适用于评定生物照射影响的危险度。用于评定生物照射影响的主要量是吸收剂量,被定义为器官或生物体的组织的单位质量所吸收的能量,以焦耳/千克表示,这取决于辐射的量和类型[I-1]。由于考虑到不同种类的动植物具有不同的寿命,用剂量率可以方便地表示评定标准,以戈瑞/天或其子单位表示,如毫戈瑞/天[I-1、I-8]。

量率的时段;必须遵守的特定法规;这些动植物是否被视为一种资源,例如供人类消费的食物(如渔业管理和森林食品管理中的食物);是否存在着额外的环境压力;评定是否与该地区实际存在的物种有关,或与一般性的动植物种类有关;以及必要的预防程度[I-1]。

评定动植物照射的一般方法学

- I-14. 对本附件中描述的一般方法学,代表性生物直接从国际放射防护委员会参考动物和植物中选取,这些动物和植物与特定的主要生态系统(如陆地、海洋、淡水)有关,并假定这些生态系统所处地区的照射条件可能产生最高的剂量。
- I-15. 根据代表性生物的概念,对动植物群的影响评定中,估算的剂量率不是受照最严重的个体的剂量率,相反,是位于可能产生最高照射地区的一组个体生物所接受的剂量率。
- I-16. 在选择那些代表着受照射程度高的一组个体所在的区域时,需要考虑向环境释放的放射性核素的典型的空间分布。一般来说,设施或活动可看作点源,正常运行期间,一般而言,排放所致环境介质中的最高活度浓度出现在离开该源几公里的范围内。从一个点源释放到大气和水环境的物质的这种典型行为如图 I-1 所示。从图 I-1 中的实线可以看出,排放引起环境中活度浓度的增加,活度浓度随着离开最高浓度测量点的距离增加而显著降低。经过一定距离后,只能探测到本底放射性活度浓度(如过去的全球落下灰的活度、天然放射性活度)。

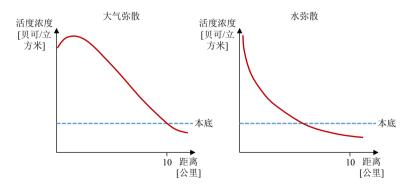


图 I-1. 正常运行期间设施和活动的排放经大气弥散和水弥散造成 环境活度浓度的典型模式。

I-17. 由于风向的年分布,对于水弥散,由于河流、湖泊和海洋中水的流向的分布,可以合理地假设,最高的活度浓度将在半径不超过 10 公里的范围内的任何方向都可能探测到,因此,在释放点周围约 100-400 平方公里的参考区域可用于本附件描述的一般评定。可以有把握地认为,在该地区可以发现正常运行中排放造成的最高的环境活度浓度,因此,该地区的参考动物和植物通常会接受认定的最高辐射剂量。此处所建议的参考面积的大小仅供参考;对于某些设施或活动,以及不同的地点和环境情况,可以根据当地的情况采用不同的尺度。

I-18. 在 I-17 段所述的源周围的参考区域应足够大,可确保流出物在环境介质中发生混合,并在评定中所考虑物种的个体数目足够大。这两个因素确保评定中估算的剂量率能够代表受照射程度较高的那部分种群所接受的剂量率,而不是种群中受照最大的个体所接受的剂量率。

正常运行情况下保护动植物的评定

评定方法

I-19. 图 I-2 概述了正常运行情况下关于保护动植物的通用放射性环境影响评定的组成部分。首先,采用估算的正常运行的源项、环境弥散和转移模式、若干与动植物有关的环境介质中的活度浓度进行估算,然后,结合活度浓度和剂量学数据,以及不同物种在不同生境中(例如在土壤或土壤上方、在水中、在水体沉积物中)花费的时间信息,估算与所考虑的生态系统有关的参考动植物的外照射和内照射的剂量率,最后,将得到的剂量率与导出关注参考水平进行比较。

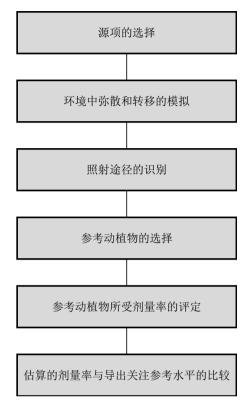


图 I-2. 正常运行情况下关于保护动植物的通用放射性环境影响评定的组成部分 (该图无意作为一个逐步详细的程序, 其目的是说明评定的各个组成部分并便于描述)。

源项的选择及环境中弥散和转移的模拟

I-20. 源项特征和用于模拟适用于动植物的放射性核素在环境中弥散和转移的模式(图 I-2 中前两个方框),与本"安全导则"第5部分中对正常运行情况下人类照射评定所述类似或相同,确保所关心的环境介质与估算动植物照射有关。例如,这些模式必须适合于预测诸如空气、淡水、海水、水中沉积物和土壤等环境介质中的活度浓度,环境转移参数必须适用于评定动植物照射。4参考文献[I-9]提供了用于估算放射性核素环境弥散的模式和

⁴ 生物,如鱼类,作为人类饮食的一部分,人类由于摄入了这些生物而导致人类受到照射,估算这些照射的转移参数与用于估算生物受到照射的转移因子不同,如鱼类本身。前者只考虑鱼类可食部分的活度浓度,而后者则考虑包括鱼骨在内的全鱼中的活度浓度。

数据。参考文献[I-10、I-11]提供了适用于动植物的放射性核素的转移参数。5

照射途径的确定

- I-21. 评定动植物种群的剂量时需要考虑的照射途径是:
- (a) 在大气、水、土壤和沉积物中的放射性核素所致的外照射;
- (b) 植物吸收放射性物质,以及动物食入或吸入放射性物质所致的内照射。

参考动物和植物的选择

- I-22. 一般评定中的代表性生物从与评定地点有关的主要生态系统(陆地、淡水、海洋)的动植物种类中选取。不同生态系统的这些动植物种类以及国际放射防护委员会规定的有关参考动物和植物列于表 I-1。6
- I-23. 为了评定参考动物和植物的照射条件,选择的参考动植物必须位于源周围的参考区域,一般是在释放点附近,通常是环境活度浓度最高的地方。例如,使用该参考区域内的平均活度浓度来估算这一组剂量率的特征。尽管生态特征可能有所不同,但总的来说,流出物释放点周围 100-400 平方公里左右的区域 ⁷ 可用于与活动或设施正常运行有关的多数照射假想方案。

⁵ 修订的《安全报告丛书》第 19 号[I-9]正在编写,它将包括公众照射的筛选评定、用于评定设施和活动的放射性核素排放影响的通用模式和参数,以及用于评定设施和活动的放射性核素排放所致动植物照射的通用模式和参数。

⁶ 欧盟的项目《电离污染物的环境危险:评定与管理(ERICA)》推荐了一组不同的但等效的参考生物[I-4]。

 $^{^{7}}$ 这个区域可以是半径约为 5-10 公里的圆形区,也可以是边长 10-20 公里的方形区,两者均以释放点为中心。

表 I-1. 在通用的动植物放射性影响评定中采用的三种主要生态系统的动植物种类和有关的导出关注参考水平

关心的 生态系统	动物或植物类型	国际放射防护委员会 参考动物或植物	导出关注参考水平 (毫戈瑞/天)
陆地	大型植物	参考松树	0.1 - 1
	小型植物	参考野草	1-10
	昆虫	参考蜜蜂	10-100
	环节动物	参考蚯蚓	10-100
	大型哺乳动物	参考鹿	0.1 - 1
	小型哺乳动物	参考老鼠	0.1-1
淡水	水鸟	参考鸭子	0.1 - 1
	两栖动物	参考青蛙	1-10
	鱼	参考鲑鱼	1-10
海洋	海藻	参考海菜	1-10
	甲壳类动物	参考螃蟹	10-100
	<u>鱼</u>	参考比目鱼	1-10

参考动物和植物的剂量率评定

I-24. 对选定的位于源周围参考区域内的参考动物和植物,如 I-17 段所述,计算经由内照射和外照射途径产生的剂量率。采用基于从环境介质到生物的浓集因子的环境转移模式,以及内照射和外照射相应的剂量因子,通常可以估算出吸收剂量率。参考文献[I-10、I-11]提供了从环境介质到不同动植物的生物浓集因子,参考文献[I-1]提供了估算参考动物和植物的剂量率的剂量因子。8

⁸ 参考文献[I-9]的修订将提供采用一般环境弥散景象和参考文献[I-1]列出的剂量因子估算代表性动植物的剂量率的实用方法。

估算的剂量率与导出关注参考水平的比较

I-25. 本附件介绍的通用预期评定中,如果选定的代表性动物和植物的剂量率低于有关导出关注参考水平的下界,如表 I-1 所列的导出关注参考水平 9,对动植物种群的影响可以认为是忽略不计的,对动植物种群的防护水平可认为是适当的。如果估算的剂量率处于该剂量率带上下界之间,仍然可以认为防护水平是可以接受的,但监管机构可以决定是否需要额外的考虑(即改进评定的详细程度)或采取切实的缓解措施,铭记导出关注参考水平是参考点而不是限值。如果产生的剂量率高于有关导出关注参考水平带的上界,监管机构将需要作出决定,是否需要考虑对该源实行更严格的控制,或考虑进一步的防护措施。

附件 [参考文献

- [I-1] 国际放射防护委员会《环境保护:参考动植物的概念和使用》,国际放射防护委员会第 108 号出版物,爱思唯尔,牛津(2008 年)。
- [I-2] 国际放射防护委员会《不同照射情况下的环境保护》,国际放射防护委员会第124号出版物,塞奇出版社,伦敦(2014年)。
- [I-3] 美国能源部《一种评价水生和陆生生物辐射剂量的分级方案》《DOE-STD-1153-2002》,美国能源部,华盛顿特区(2002年)。
- [I-4] 欧洲委员会《D-ERICA:采用综合方法评定和管理电离辐射对环境造成的风险》,欧洲委员会,布鲁塞尔(2007年)。
- [I-5] 加拿大标准协会《第一类核设施和铀矿厂的环境风险评定》 (CSAN288.6 (R2017)),加拿大标准协会,多伦多(2017年)。
- [I-6] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 2007 年建议书》,国际放射防护委员会第 103 号出版物,爱思唯尔,牛津(2007 年)。

⁹ 一些成员国已经规定和使用了不同的方法评定对动植物的放射性影响,包括它们自己的辐射标准,这些标准通常与国际放射防护委员会的方法和导出了参考水平是兼容的[I-3、I-5]。

- [I-7] 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)。
- [I-8] PROEHL, G., 等, "评定生物群辐照的剂量模式和数据: 'FASSET' 项目的第3号交付物",环境影响评定框架,第FIGE-CT-2000-00102 号合同,瑞典辐射防护管理局,斯德哥尔摩(2003年)。
- [I-9] 国际原子能机构《用于评定放射性物质排放对环境影响的通用模式》,《安全报告丛书》第 19 号,国际原子能机构,维也纳(2001年)。(修订版编写中)
- [I-10] 国际原子能机构《放射性核素转移到野生动物的预测参数值手册》, 《技术报告丛书》第 479 号,国际原子能机构,维也纳(2014 年)。
- [I-11] 国际放射防护委员会《环境保护:参考动植物的转移参数》,国际放射防护委员会第114号出版物,爱思唯尔,牛津(2009年)。

附件 II

健康效应危险的考虑和潜在照射的评定

- II-1. 潜在照射的估算需要对可能发生的概率极低的事故或事件的影响进行评定和量化。通常,可能的潜在照射假想方案有很多,范围从那些几乎没有的潜在影响到非常大的潜在影响。许多设施和活动由于其放射性物质的盘存量非常有限,或设施或活动具有固有安全特性。根据原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号《基本安全原则》[II-1]原则 8: 防止事故,必须采取措施以确保事故造成有害后果的概率极低。因此,设施的设计和运行以及活动的开展,使得潜在影响大的事故比潜在影响小的事故发生的概率更低。
- II-2. 设施和活动向环境非计划的或意外的释放放射性核素造成的健康效应危险度是评定潜在照射应考虑的有用指标。对潜在照射造成健康效应危险的控制从设施和活动的设计阶段开始,采用与潜在照射可能性和程度相称的防护与安全规定(如纵深防御)[II-2]。

用于预期评定的健康效应的概率

II-3. 估算假想事故对公众造成的辐射剂量,以有效剂量表示,结合健康危险系数,在预期评定的框架内,可以解释为有害健康效应将要显现的一个危险指标。在该模式中,假设随机效应最终发生的概率与接受的剂量成正比,而没有阈值。人类随机效应的通用危险系数为 5×10⁻² 希沃特 ⁻¹[II-2],可用于预期放射性环境影响评定。

危险度的定义

- II-4. 引入"危险"这个术语常用于表示一个事件或假想方案的影响与该影响的可能性的组合。原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》[II-2],将"危险"定义为:
 - "表示危害、危险或与照射或潜在照射有关的损害或伤害后果发生概率的多属性量。它涉及可能产生特定有害后果的概率以及这类后果的严重程度和特性等量。"

有着明确含义的这个术语和数学定义之间可能会产生混淆,而"危险"这个词的日常含义有时被认为是危害的同义词。已经建立了多种方案来量化与事件或假想方案有关的危险,这样,就能够直接比较与各种事件有关的危险。

- II-5. 正如本"安全导则"第 5.43-5.75 段所述,当使用一种方法前预期评定潜在照射的影响时,对于每种事故假想方案,后果(如代表人的剂量)和该后果有关的概率是确定的。
- II-6. 出于辐射防护目的的评定,确定一个单独的量以衡量健康效应的个人危险是有益的。 1 由于辐射剂量的后果可以表示为健康效应(如癌症死亡) 2 的概率增量,将事故假想方案 i 的发生概率 P_i ,以及特定健康效应的概率 (C_i) 结合起来,即可得到危险的指示。也就是

$$R_{i} = p_{i} \times C_{i} \tag{II-1}$$

因此, R_i 是由事故假想方案 i 导致的特定健康效应的危险。

II-7. 如果要考虑几个相互独立的事件,且发生该事件的概率较低,则可以 将考虑的所有潜在照射假想方案导致的健康效应的危险求和,得出对代表 人的健康效应的总体概率:

$$R = \sum_{i} p_{i} \times C_{i} \tag{II-2}$$

¹ 本附件介绍的"危险"的定义只能解释为危险的指示,因为在概率安全分析、潜在照射的估算以及有关辐射后果的量化方面涉及到许多不确定性。见《辐射防护原则延伸到潜在照射的源》,国际原子能机构《安全丛书》第 104 号,国际原子能机构,维也纳(1990 年)。

² 更确切地说,健康效应的概率的估算,可以使用剂量响应函数,f(D),该函数是随剂量水平变化的。早期健康效应的危险也可以使用危害函数进行计算,其方法是考虑到危险随剂量在某一时间段上(如第一天或事故后的几天)的积累速率的变化。晚期健康效应的危险不仅要考虑不同器官的致死性癌症,也要考虑非致死性癌症、白血病和遗传效应。这些考虑的细节已超出了本附件的范围。

- II-8. 如前所述,在本"安全导则"描述的预期放射性环境影响评定所估算的危险适用于个人(即潜在照射的代表人)。对于可能影响许多人并可能造成其他非放射性影响的大型设施,例如核电厂,由于撤离和限值大面积土地利用而造成的社会压力,可能的社会危险也可以根据一项标准加以量化和评定。社会危险的考虑不在本"安全导则"描述的范围,这取决于各个国家的做法。
- II-9. 本"安全导则"的附录介绍了可用于与潜在照射所致健康效应危险估算结果进行比较的标准。

公众的潜在照射概率评定的基本问题

- II-10. 正如本"安全导则"第 5 部分所述,具有许多的工程安全特征的设施,因而需要复杂的评定,以确定事件的可能性、源项的大小和相关的后果,复杂的安全评定技术可能是必要的,可采用确定性和概率论相结合的方法,在某些情况下,还需要结合专家判断。
- II-11. 在潜在照射的概率评定中,估算假设始发事件的频率,确定可能的故障序列或包含电厂和安全系统的响应,以及操纵员的动作在内的代表性子集。故障序列或假想方案的总体概率或频率,通过组合假想始发事件的频率与每个系统失效的概率进行计算。使用出现的概率或频率意味着要规定一个时间段,为了进行分析,可以选择任意时间段,通常选择一年的时间。
- II-12. 然后,计算每个序列的源项。在某些情况下,对一组故障序列可以使用包含类似源项的简化源项集,以缩减计算的工作量。
- II-13. 此后,计算代表人潜在照射的剂量,计算应使用一组气象条件和其他环境转移条件,以及这些条件发生的概率和可能影响剂量和特定条件发生概率的场址相关因素,例如风从源头吹向目标的概率;其他气象条件的概率,如帕斯奎尔(Pasqill)稳定度等级、风速和降雨量;代表人在室外或室内的概率。

附件 II 参考文献

- [II-1] 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)。
- [II-2] 欧洲委员会、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、联合国环境规划署、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《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号,国际原子能机构,维也纳(2014 年)。

参与起草和审订人员

Asfaw, K. 国际原子能机构

Boal, T. 国际原子能机构

Brownless, G. 英国巴布科克国际集团

Cabianca, T. 英国公共卫生署

Cailes, C. 英国环境署

Cartier, F. 瑞士联邦核安全监察局

Curti, A. 阿根廷核监管机构

Daguse, T. 法国电力公司

Deguette, H. 法国阿海珐

Dolinar, G. 加拿大原子能有限公司

Garnier Laplace, J. 法国辐射防护与核安全研究所

Harman, N. 英国艾铭集团公司

Hemidy, P.-Y. 法国电力公司

Jones, K.A. 英国公共卫生署

Kliaus, V. 白俄罗斯卫生科学实践中心

Lehmann, K.-H. 德国南德技术监督协会

Moore, J. 美国核管制委员会

Pinak, M. 国际原子能机构

Proehl, G. 国际原子能机构

Robinson, C. 联合国环境规划署

Rochedo, E. 巴西国家核能委员会

Saint-Pierre, S. 世界核能协会

Telleria, D. 国际原子能机构

Van Graan, H. 南非国家核监管局

Vermorel, F. 法国电力公司

Vilkamo, O. 芬兰辐射与核安全局

Willrodt, C. 德国联邦辐射防护办公室

Yankovich, T. 加拿大节能传感器公司



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