

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质产生的放射性废物处置前管理

特定安全导则

第 SSG-45 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。

医学、工业、农业、研究和教育
中使用放射性物质产生的
放射性废物处置前管理

国际原子能机构的成员国

阿富汗
阿尔巴尼亚
阿尔及利亚
安哥拉
安提瓜和巴布达
阿根廷
亚美尼亚
澳大利亚
奥地利
阿塞拜疆
巴哈马
巴林
孟加拉国
巴巴多斯
白俄罗斯
比利时
伯利兹
贝宁
多民族玻利维亚国
波斯尼亚和黑塞哥维那
博茨瓦纳
巴西
文莱达鲁萨兰国
保加利亚
布基纳法索
佛得角
布隆迪
柬埔寨
喀麦隆
加拿大
中非共和国
乍得
智利
中国
哥伦比亚
科摩罗
刚果
哥斯达黎加
科特迪瓦
克罗地亚
古巴
塞浦路斯
捷克共和国
刚果民主共和国
丹麦
吉布提
多米尼克
多米尼加共和国
厄瓜多尔
埃及
萨尔瓦多
厄立特里亚
爱沙尼亚
科威特
埃塞俄比亚
斐济
芬兰
法国
加蓬
冈比亚

格鲁吉亚
德国
加纳
希腊
格林纳达
危地马拉
几内亚
圭亚那
海地
教廷
洪都拉斯
匈牙利
冰岛
印度
印度尼西亚
伊朗伊斯兰共和国
伊拉克
爱尔兰
以色列
意大利
牙买加
日本
约旦
哈萨克斯坦
肯尼亚
大韩民国
科威特
吉尔吉斯斯坦
老挝人民民主共和国
拉脱维亚
黎巴嫩
莱索托
利比里亚
利比亚
列支敦士登
立陶宛
卢森堡
马达加斯加
马拉维
马来西亚
马里
马耳他
马绍尔群岛
毛里塔尼亚
毛里求斯
墨西哥
摩纳哥
蒙古
黑山
摩洛哥
莫桑比克
缅甸
纳米比亚
尼泊尔
荷兰
新西兰
尼加拉瓜
尼日尔
尼日利亚
北马其顿

挪威
阿曼
巴基斯坦
帕劳
巴拿马
巴布亚新几内亚
巴拉圭
秘鲁
菲律宾
波兰
葡萄牙
卡塔尔
摩尔多瓦共和国
罗马尼亚
俄罗斯联邦
卢旺达
圣基茨和尼维斯
圣卢西亚
圣文森特和格林纳丁斯
萨摩亚
圣马力诺
沙特阿拉伯
塞内加尔
塞尔维亚
塞舌尔
塞拉利昂
新加坡
斯洛伐克
斯洛文尼亚
南非
西班牙
斯里兰卡
苏丹
瑞典
瑞士
阿拉伯叙利亚共和国
塔吉克斯坦
泰国
多哥
汤加
特立尼达和多巴哥
突尼斯
土耳其
土库曼斯坦
乌干达
乌克兰
阿拉伯联合酋长国
大不列颠及北爱尔兰联合王国
坦桑尼亚联合共和国
美利坚合众国
乌拉圭
乌兹别克斯坦
瓦努阿图
委内瑞拉玻利瓦尔共和国
越南
也门
赞比亚
津巴布韦

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

国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-45 号

医学、工业、农业、研究和教育 中使用放射性物质产生的 放射性废物处置前管理

特定安全导则

国际原子能机构
2024 年·维也纳

版权说明

国际原子能机构的所有科学和技术出版物均受 1952 年（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，2024 年
国际原子能机构印刷
2024 年 2 月·奥地利

**医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质产生的
放射性废物处置前管理**

国际原子能机构，奥地利，2024 年 2 月
STI/PUB/1758
ISBN 978-92-0-506023-1（简装书：碱性纸）
978-92-0-505923-5（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。

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四个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。

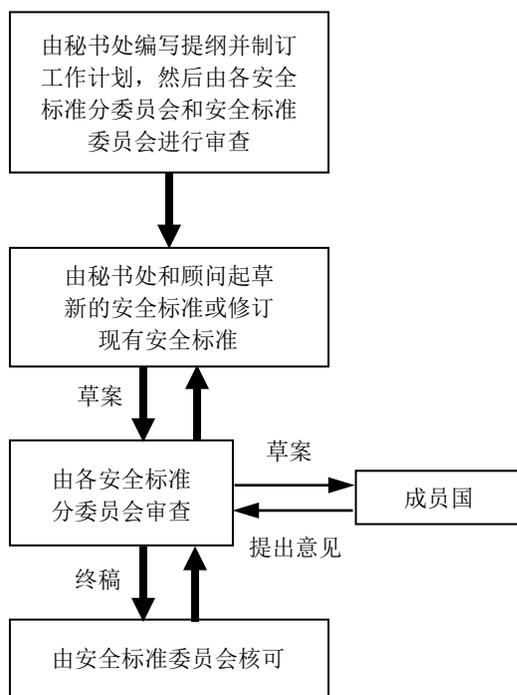


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

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 (1.1-1.13).....	1
目的 (1.14-1.16).....	3
范围 (1.17-1.28).....	4
结构 (1.29).....	6
2. 保护人类健康和环境	6
放射性废物管理 (2.1-2.5).....	6
分级方法 (2.6-2.10).....	7
辐射防护 (2.11-2.21).....	8
保护环境 (2.22-2.24).....	10
3. 职责和责任	11
概述 (3.1-3.5).....	11
国家政策和战略 (3.6-3.20).....	12
监管机构的责任 (3.21-3.25).....	14
营运者的责任 (包括废物的产生者) (3.26-3.44).....	16
综合安全方法 (3.45-3.49).....	20
相互依存 (3.50-3.52).....	21
4. 放射性废物的处置前管理步骤	22
概述 (4.1-4.3).....	22
放射性废物管理和控制, 包括废物最小化 (4.4-4.14).....	23
放射性废物的表征和分类 (4.15-4.19).....	25
放射性废物的加工 (4.20-4.93).....	26
放射性废物的贮存 (4.94-4.117).....	42
放射性废物验收标准 (4.118-4.125).....	46
5. 安全论证文件和安全评定	48
概述 (5.1-5.4).....	48
安全途径 (5.5-5.6).....	49
安全论证文件及辅助安全评定的准备 (5.7, 5.8).....	49
安全论证文件及配套安全评定的范围 (5.9-5.21).....	50
安全论证文件和辅助安全评定 (5.22-5.24).....	54
定期安全评审 (5.25-5.27).....	54

6. 放射性废物处置前管理设施和活动的开发和运行	55
概述 (6.1-6.4).....	55
设施的选址和设计 (6.5-6.10).....	56
设施的建造和调试 (6.11-6.14).....	58
设施运行 (6.15-6.18).....	59
设施关闭和退役 (6.19-6.23).....	60
现有设施 (6.24, 6.25).....	61
7. 管理系统.....	61
概述 (7.1-7.7).....	61
记录保存和报告 (7.8-7.18).....	63
安全文化 (7.19, 7.20).....	65
附录 I 医学、工业和研究中使用的典型辐射源及产生的 相关放射性废物.....	67
附录 II 安全评定和环境影响评定的故障表.....	78
附录 III 固态放射性废物管理流程图	79
附录 IV 生物放射性废物管理流程图	80
附录 V 不再使用的密封源管理流程图.....	81
参考文献.....	83
附件 I 不再使用的密封源示例及其管理技术鉴定	89
附件 II 不再使用的密封源的识别和定位策略示例.....	93
参与起草和审订人员.....	95

1. 引言

背景

1.1. 含有放射性核素或受到放射性核素污染的废物产生于使用放射性物质的若干活动。大量放射性废物在全球范围内是由使用放射性物质的医学、工业和研究广泛的应用活动产生的。由于这种放射性废物的性质，在安全管理时可能需要考虑到辐射防护问题。人们早就认识到安全管理放射性废物对保护人类健康和环境的重要性，并在这一领域取得了大量经验。

1.2. 放射性废物的处置前管理包括放射性废物从产生到（但不包括）处置的所有管理步骤，包括处理（预处理、处理和整备）、贮存和运输¹。

1.3. 原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号《基本安全原则》[2]规定了以安全方式管理放射性废物的一般原则，原子能机构下列安全要求出版物确定了应满足的要求：原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 5 号《放射性废物的处置前管理》[3]、第 GSR Part 1 (Rev.1) 号《促进安全的政府、法律和监管框架》[4]和第 GSR Part 3 号《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》[5]。《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》[6]符合 SF-1[2]。本出版物的内容与将这些原则和要求应用于放射性废物处置前的管理相关。虽然在管理任何数量的放射性废物时应遵守的原则[2]和应适用的要求[3]是相同的，但对于只产生少量放射性废物的设施和活动，仍有一些问题必须特别加以考虑。废源和非再利用源的情况尤其如此²。对于产生和管理少量放射性废物的活动，相关设施的类型和废物管理安排各不相同。此外，放射性废物的类型因设施而异。因此，需要特别考虑对少量放射性废物的安全管理。

1.4. 这类设施中的放射性废物种类繁多，可能是离散的密封源或非密封放射性物质（包括加工过程的副产品）。放射性废物是由于许多活动而产生

¹ “Predisposal” 是“预处置”的缩写；它不是处置的一种形式。本出版物中使用的术语在原子能机构《安全术语》[1]作了定义和说明，见 www.iaea.org/resources/safety-standards/safety-glossary

² 在某些国家废源和非再利用源不被视为废物，但对这些源的安全管理需要应用这些要求，因此在本“安全导则”中对这些要求作了处理。

的，这些活动包括：诊断、治疗和医学研究应用，工业过程控制与测量，以及学术和工业研究、教学、农业、地质勘探、建筑等用途的活动。其他应用包括无损检测（射线照相和计量）、食品辐照（如病原体控制）和其他产品的灭菌（如医疗器械）。废物可以是固态、液态或气态形式。固体废物包括：(a) 废源或不再使用密封源；(b) 受污染的设备、玻璃器皿、手套和纸张；(c) 动物尸体、排泄物和其他生物废物。液态废物包括：(a) 研究和生产过程中产生的水溶液和有机溶液；(b) 排泄物；(c) 实验室设备或设施去污所产生的液体；和 (d) 来自活度测量系统的液体（如闪烁计数）。气态废物产生于许多生产和放射性标记化合物和生物，以及处理固态和液态废物的设施。附录 I 对这一系列应用所产生的废物作了更广泛的概述。

1.5. 由于所遇到的废物种类繁多，而且废物产生和管理的方式有可能发生变化，因此必须特别注意在废物管理和监管方面可能出现的安全问题。营运者和监管机构都应考虑到这些因素。

1.6. 在只产生少量废物的设施中，工作人员对放射性废物管理的安全可能了解有限。组织的安全文化可能并不特别关注放射性废物管理，可能由于这方面的知识有限以及组织高层管理者对安全的重视不够。

1.7. 良好的运行实践可以大大减少产生的放射性废物数量，但一般而言，废物是不可能完全消除的。废物中可能含有大量的放射性核素，如果管理不当有可能对人类健康和环境构成严重风险。经验表明，特别对于废旧密封源，过去的不良实践导致营运者和公众受到辐射照射，有时还造成大量的环境污染。出现了因废物管理不善导致辐射烧伤、死亡和相当大的经济损失的情况。以下各段简要说明放射性废物处置前管理的一般方法和技术步骤。在设施设计和计划可能产生放射性废物的活动时，必须采取措施防止或限制放射性废物的产生。放射性废物如果符合解控标准可从监管机构解控，如果监管机构核准，运行过程中产生的废水可排放。材料的再利用和再循环有时是作为尽量减少某项活动或设施产生的放射性废物的一种手段而进行的。未解控、排放或再利用的所有来源的残留放射性废物需要在其整个寿期内进行安全管理，因此，需要制定一项安全管理放射性废物的国家政策和战略 [3]。

1.8. 放射性废物的处理包括预处理、处理和整备，其主要目的是产生一种与选定或预期的处置方法相兼容的废物体。放射性废物也将得到处理，并可

在其管理的基本步骤中或步骤之间进行贮存，而且还必须采用适合于这种处理和贮存以及任何运输的形式。

1.9. 对于某些类型的放射性废物，可能并不需要所有的处理步骤。所需加工的类型取决于废物的特定类型、其形态和特征，以及管理废物的总体方法，包括对产生二次废物的考虑。在适当情况下，加工产生的废物可按照现行法规再利用或回收，或解控。

1.10. 放射性废物的处理方法如第 1.8 段所述。然而，在许多情况下，没有处置设施可用，在处置设施可用之前可能需要很长一段时间的贮存。

1.11. 在某些情况下，在废物的处置前管理方面有几个潜在相互冲突的要求，需要详细考虑，以确定最佳的综合解决方法。这些考虑因素包括平衡职业照射和/或公众照射、不同废物管理策略的短期和长期风险影响、可选技术方案和成本。

1.12. 在没有建立处置设施的情况下，为了选择最适当的放射性废物预处理、处理和整备类型，必须对可能的处置方法作出假设。有必要解决废物管理各个步骤的运行要求之间的相互依存关系和潜在冲突，同时确保废物在非能动、安全的条件下得到控制和贮存。在选择方案和保持灵活性之间取得平衡时，必须确保避免可能危及安全运行需求间的冲突。

1.13. 本“安全导则”取代原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.7 号《在医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质所产生废物的管理》³。

目的

1.14. 本“安全导则”的目的是就如何满足 GSR Part 5[3]、GSR Part 1 (Rev.1) [4]和 GSR Part 3[5]关于在医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质所产生的放射性废物的安全处置前管理要求提出建议。本“安全导则”旨在为产生和管理放射性废物的组织、集中处理此类废物的组织和负责监管此类活动的监管机构使用。

³ 国际原子能机构《在医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质所产生废物的管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.7 号，国际原子能机构，维也纳（2005 年）。

1.15. 本“安全导则”阐述了参与医学、工业、农业、研究和教育中产生放射性废物的处置前管理以及此类放射性废物处理和加工的各组织职责和责任。

1.16. 本“安全导则”适用于具有中等规模放射性废物库存的设施，如医学、工业和研究领域的设施，也适用于采用分级方法的放射性废物库存较少的设施。

范围

1.17. 本“安全导则”适用于与在医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质相关的放射性废物的处置前管理的所有活动，包括不再使用的密封源的管理。本“安全导则”侧重于医院和研究中心等中小型设施产生的废物，这些设施通常不产生大量放射性废物。它既包括在这类设施中使用放射性物质所产生的废物，也包括这类设施退役所产生的废物。本“安全导则”涵盖了与放射性废物的安全管理相关的管理、行政和技术问题，从放射性废物的产生到进一步解除监管控制，或在处置设施或贮存设施接收放射性废物，等待提供适当的处置方法。它不包括处理废物的详细安排；原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-5 号《放射性废物处置》[7]规定了废物处置的安全要求。

1.18. 本“安全导则”强调了对废密封源和被视为放射性废物的不再使用密封源管理，因为这类源的事故往往会造成严重后果。《放射源安全和安保行为守则》[8]和原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.10 号《辐射发生器和密封放射源的安全》[9]对放射源的安全和安保提供了进一步指导。

1.19. 放射性废物的处置前管理可在产生废物的设施中进行，或在专门用于废物管理的单独设施中进行，例如在为若干废物产生者收集和管理废物的国家和/或区域设施中进行。在本“安全导则”中，术语“设施”用于指这些可能性中的任一种。对于为特定加工运行的大型设施，如核电厂、后处理设施或乏燃料贮存设施，处置前管理通常在这类设施的运行职能范围内进行。

1.20. 本“安全导则”不包括原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-41 号《核燃料循环设施放射性废物的处置前管理》[10]所述的核燃料循环研究和开发

设施产生的放射性废物管理。本“安全导则”也不包括原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-40 号《核电厂和研究堆放放射性废物的处置前管理》[11]所述的动力堆或研究堆产生放射性废物的管理。

1.21. 本“安全导则”适用于管理工业和研究活动产生的少量含有天然放射性核素的废物（例如在大学使用铀或使用含镭的荧光层）。原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-1.2 号《矿石开采和冶炼中放射性废物的管理》[12]论述了对矿石开采和冶炼产生的大量含有天然放射性核素废物的管理问题。

1.22. 本“安全导则”提供了关于在管理的不同阶段贮存少量放射性废物的特定指导。原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-6.1 号《放射性废物的贮存》[13]提供了更详细的建议。

1.23. 本“安全导则”就放射性废物从产生废物的处所转移到集中放射性废物管理设施提供一般指导。关于放射性物质运输的要求和指导意见见原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 (Rev.1) 号《放射性物质安全运输条例》(2018 年版) [14]和原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-26 号《国际原子能机构〈放射性物质安全运输条例〉咨询材料》[15]。

1.24. 本“安全导则”提到解除对材料的监管和对排放到环境中废液的监管。关于这些事项的进一步详情见 GSR Part 3[5]，原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.7 号《排除、豁免和解控概念的适用》[16]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》[17]。

1.25. 如果退役只产生少量放射性废物，则本“安全导则”中的指导意见是适用的。关于退役废物管理的进一步要求和指导意见见原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 6 号《设施退役》[18]和原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-49 号《医疗、工业和研究设施的退役》[19]。

1.26. 本“安全导则”提供了与第 1.16 段和第 1.21 段所述放射性废物管理相关的安全评定建议。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》[20]对放射性废物处置前管理的安全论证文件和安全评定提出了更详细的建议。

1.27. 由于存在病原体和重金属等其他危害物质，放射性废物往往具有非放射性危害。在涉及辐射安全的情况下，就这些危害应考虑方面提供了一

些指导。在某些情况下，这些危害主导了对现有废物管理计划的选择。相关非放射性危害的详细建议超出了本“安全导则”的范围。

1.28. 对电离室、烟雾探测器、气态氙照明装置和避雷针等消费品的管理不在本“安全导则”的范围之内，这些消费品经常在家庭和其他厂房内和厂房上使用，不受 GSR Part 3[5]要求的限制。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-36 号《消费品辐射安全》[21]提供了消费品管理导则。许多国家对某些类型消费品的现有处置方案加以限制，以尽量减少环境中未受监管控制的放射性核素的数量或鼓励回收利用。如果消费品在其使用寿命结束时作为放射性废物加以管理，则适用本“安全导则”中提供的指导。

结构

1.29. 第 2 部分就放射性废物的处置前管理提出了关于保护人类健康和环境的建议；第 3 部分说明了监管机构、产生放射性废物的放射性物质使用者和废物管理设施营运者⁴的职责和责任；第 4 部分涉及放射性废物管理的步骤；第 5 部分提供了关于安全论证文件和安全评定的建议；第 6 部分涉及设施和活动的开发和运行；第 7 部分涉及管理系统、记录保存和报告。附录 I 概述了在医学、工业和研究领域生产和使用密封源和非密封源所产生的废物，并列出了这些活动中使用的主要放射性核素清单；附录 II 提供了一个安全评定和环境影响评定的故障表示例；附录 III、附录 IV 和附录 V 分别提供了固态放射性废物、生物放射性废物和不再使用的密封源管理流程图的例子。附件 I 提供了不再使用密封源及其管理技术的示例；附件 II 提供了一个识别和定位不再使用密封源的策略示例。

2. 保护人类健康和环境

放射性废物管理

2.1. SF-1[2]确立的安全目标和基本安全原则适用于产生或管理放射性废物的所有设施和活动，并适用于此类设施的整个寿命期，包括计划、选址、

⁴ 放射性废物产生者，包括进行退役活动的组织，以及处置前放射性废物管理设施的营运者参与放射性废物管理工作。在本“安全导则”中，它们在下文中被称为“营运者”。

设计、制造、建造、调试、运行、关闭和退役。这包括放射性物质的相关运输和放射性废物的管理。

2.2. 第 4 部分介绍了管理放射性废物的主要方案。为满足安全目标，在考虑管理放射性废物的方案时，必须充分考虑工作人员、公众（包括子孙后代）和环境保护。

2.3. GSR Part 5[3]、GSR Part 1 (Rev.1) [4]和原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号《安全的领导和管理》[22]要求监管机构和营运者建立一个管理系统，以综合方式满足安全、健康、环境、安保、质量、社会和经济要求，以确保安全不受影响。在每个组织中，这样一个系统的一个关键组成部分是一个坚稳的安全文化。

2.4. 在控制与放射性废物相关的放射性和非放射性危害时，还必须考虑到以下方面：传统的健康和安全问题、可能跨境的放射性风险以及长期贮存放射性废物对子孙后代可能产生的影响和负担。

2.5. GSR Part 5[3]和 GSR Part 3[5]为保护人类健康和环境而规定的安全要求适用于医学、工业和研究及其他放射性废物产生量较小的活动中产生的放射性废物的处置前管理。废物必须加以管理，以便现在和将来保护人类健康和环境，而不给子孙后代造成不应有的负担[3]。这意味着参与放射性废物管理的工作人员的辐射照射需要得到最优化，在正常运行工况下，需要符合 GSR Part 3[5]规定的剂量限值，并需要控制工作人员意外照射的风险。从控制环境中移走的材料、含有放射性核素流出物的排放、意外排放以及放射性废物在公共领域运输所产生的公众照射也需要加以控制[5]。

分级方法

2.6. GSR Part 5[3]第 1.16 段指出：

“监管机构须考虑按危害程度、设施及活动的复杂程度，采用分级的方法，以实施放射性废物处置前管理的规定；以及并在必要和适当的情况下使用这些要求。”

2.7. 分级方法是“一种过程或方法，其中拟适用的控制措施和条件的严格程度在可行的范围内与失去控制的可能性和可能后果以及相关的风险程度相称” [1]。

2.8. 分级方法的应用应不损害安全，并确保符合所有相关的安全要求和标准。

2.9. 在医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质所产生的放射性废物的处置前管理方面，分级方法的应用应考虑到以下相关因素：

- (a) 与设施或活动相关的危害和复杂性（废物处理，包括废物的预处理、处理和整备以及贮存）；
- (b) 废物库存和特征（放射性、物理、化学和生物特性）（见原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-1 号《放射性废物的分类》[23]附件 II 表 II-1）以及潜在的临界危害；
- (c) 核安保的各个方面（即威胁、废物的性质和出于恶意动机对材料的注意力）。

2.10. GSG-3[20]提供了关于在放射性废物处置前管理的安全论证文件和安全评定中应用分级方法的建议。

辐射防护

2.11. 辐射防护方面的考虑应遵循以下原则：证明设施和活动的正当性、防护最优化以及个人剂量和风险限值[2、5]。根据国际放射防护委员会的建议[24]和 GSR Part 3[5]要求，放射性废物的管理被认为是产生废物的整个“实践”的一部分，因此不需要另外说明正当性。

2.12. 辐射防护要求是在国家层面制定的，并适当考虑到 GSR Part 3[5]。特别是，GSR Part 3[5]要求在适当考虑剂量限值的情况下，为因放射性废物处置前管理活动而受到照射的任何人提供最佳的防护和安全，并要求将个人的照射保持在规定的剂量限值内。

2.13. 国家法规将规定工作人员和公众在正常条件下的剂量限值。这些限值的国际公认数值见 GSR Part 3[5]附表 III。个人的正常照射量必须受到限制，使组织和器官的有效剂量或等效剂量均不超过 GSR Part 3[5]附表 III 规

定的任何相关剂量限值。可实施额外限制，以确保不会因不同核准实践可能产生的照射组合而超过这些剂量限值。

2.14. 除了正常运行引起的照射防护规定外，还需要提供潜在照射防护规定。GSR Part 3[5]也规定了潜在照射防护要求。GSR Part 3[5]和原子能机构《安全标准丛书》GSR Part 7《核或辐射应急准备与响应》[25]规定了防止事故发生的管理和技术要求以及在事故发生时缓解其后果的规定。

2.15. 还需要防护和安全最优化，使个人剂量的大小、受照人数和受照可能性都保持在合理可达尽量低的水平，同时考虑到经济和社会因素，个人剂量受到剂量限值[5]。对于职业照射和公众照射，营运者必须酌情确保在优化防护和安全方面使用相关的约束。具体而言，在废物处置前管理中选择一个特定策略方案（包括尽量减少废物的类型、活动和数量、再利用、再循环、预处理、处理和整备）的收益应得到最优化，同时考虑在初始利用放射性物质所产生的职业照射之外，工作人员还会受到的任何额外照射[3、5]。任何特定设施或活动的防护和安全最优化应从系统的角度来处理。这种方法需要平衡整个设施或活动的安全，而不是简单地在一项单独的活动中考虑，因此需要涵盖所产生废物的管理。防护和安全的最优化过程可以从定性分析到使用决策辅助技术的定量分析。

2.16. 监管机构应具体说明适用于控制设施排放的公众照射剂量限值的数值。GSG-9[17]就 GSR Part 3[5]规定的对环境中放射性排放的监管控制要求的适用提出了建议。对于职业照射，营运者应证明个人剂量将保持在既定的限值之下。营运者设定的剂量限值应得到监管机构的核准。

2.17. 在选择放射性废物处置前管理计划时，需要考虑到对工作人员和公众的短期和长期放射性影响；例如，通过平衡目前因放射性核素在环境中扩散而产生的照射量与今后因处置放射性废物而可能产生的照射量[2、26]。

2.18. 运输放射性废物相关的剂量和风险的管理方式与运输任何放射性物质相关的剂量和风险的管理方式相同。通过遵守 SSR-6 (Rev.1) [14]确保放射性废物运输的安全。

辐射防护计划

2.19. 需要制定一项辐射防护计划以确保辐射安全，并控制进入管理放射性废物的地区[5]。

2.20. 所有必要的规定都必须到位，以将职业照射保持在既定的剂量限值以下，并在运行活动的复杂性所允许的范围内尽可能低地达到该限值[5]。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[26]提供了进一步的建议。

2.21. 需要在废物管理区域进行适当的工作场所监控，并需要向在管理放射性废物的同时可能遭受职业照射的工作人员提供适当的个人监控[5]。需要充分监控从控制区运走的材料[5]。

保护环境

2.22. 与放射性废物处置前管理相关的环境保护要求由国家相关监管机构制定，并考虑到所有合理预期的潜在环境影响[2、5]。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》[27]相关于评定放射性环境影响的详细建议。GSG-9[17]提供了关于控制向环境排放放射性物质的建议和指导。

环境监控

2.23. 对任何大型废物管理设施而言，环境监控都必须是获得授权的一个条件（见 GSR Part 3[5]第 3.135(a)段），但对较小、较不复杂的设施可能不需要进行环境监控。监控的必要性应与公众遭受重大辐射剂量的可能性密切联系起来：见原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.8 号《辐射防护的环境和源监控》[28]。有限的监控有时可能足以保证公众的安全。如有必要，应在授权过程中确定监控计划的范围。

2.24. 如有必要，应根据废物管理设施构成的风险和周围地区的环境特征制定环境监控计划。该计划应包括收集环境样品（例如地下水、空气和灰尘），并测量放射性水平和污染水平。在有必要进行环境监控时，应进行运行前监控，以确定当地的本底放射性水平和环境材料中放射性核素的浓度，这可能因地制宜[28]。

3. 职责和责任

概述

3.1. 所有放射性废物的管理必须在一个适当的国家法律框架内进行，该框架应明确责任划分，并规定对产生废物的活动和管理这类废物的设施进行有效的监管[3]。GSR Part 1 (Rev.1) [4]和 GSR Part 3[5]规定了这类责任划分的要求，特别是监管机构的要求。以下各段概述了相关各方在放射性废物处置前管理方面的特定责任。法律框架还必须符合其他国家和国际法律和法规。虽然法律通常是普遍适用的，但对特定活动产生的废物管理，国家法律制度可能有特定设施或特定场址的法规。

3.2. 虽然安全是运营者的主要责任，大多数要求都适用于运营者，但要确保安全和建立对安全的更广泛信任，还需要在明确界定的法律框架内建立有效的监管程序[4]。这一框架应确保在整个废物管理过程中明确分配安全责任，包括将此类废物从一个运营者转移到另一个运营者，以及在使用过放射性物质的设施退役。应通过明确所有权和明确监管，确保安全责任的连续性，并在必要时通过监管机构的授权和控制予以执行。

3.3. 应明确界定运营者在放射性废物管理方面的监管职责和责任，并尽可能在职能上加以区分，以确保对废物管理的不同阶段和所涉不同组织进行有效和严格的监管控制。

3.4. 放射性废物的处置前管理可能涉及将放射性废物从一个运营者转移到另一个运营者，或者甚至可能在另一个国家处理放射性废物。在这种情况下，在整个废物管理过程中，安全责任的连续性是必要的。在将放射性废物转移到国家边界以外的情况下，《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全的联合公约》[6]第 27.1 条适用于《联合公约》缔约国，遵守本条款被认为是所有国家的良好实践。本条款规定需要事先通知目的地国和获得同意，目的地国需要有足够的技术和行政能力，以及需要使通过过境国的越境转移遵守相关国际义务。

3.5. 放射性废物处置前管理的目的应是最大限度地减少废物的产生，并产生符合随后处理、加工、运输和贮存要求或符合处置验收要求的废物体。所选择的废物管理计划还可能产生一种废物或材料，这种废物或材料适合

退回放射性物质制造商或供应商、回收、授权以液态或气态形式排放到环境中[3、5、17]或解除监管控制。

国家政策和战略

GSR Part 5[3]要求 1：法律和监管框架

“政府应规定适当的国家法律和法规框架，在此框架内计划和安全开展放射性废物管理活动。这应包括明确和毫不含糊地分配责任，获得财务和其他资源，以及提供独立的管理职能。还应酌情和必要地在国家边境以外为可能受影响的邻国提供保护。”

GSR Part 5[3]要求 2：国家放射性废物管理政策和战略

“为确保有效管理和控制放射性废物，政府应确保制定国家放射性废物管理政策和战略。该政策和战略应适合国家放射性废物的性质和数量，应说明所需的监管控制，并应考虑相关的社会因素。政策和战略应符合基本安全原则[2]并与国家核准的国际文书、公约和法典保持一致。国家政策和战略应构成放射性废物管理决策的基础。”

3.6. 政府负责制定管理放射性废物的国家政策和相应策略。该政策和战略以及法律框架应涵盖在该国产生的所有类型和数量的放射性废物、位于该国的所有废物处理和贮存设施，以及从该国进口或出口的废物，同时适当考虑到放射性废物管理各阶段、所涉时限和现有废物管理计划之间的相互依存关系。

3.7. 应在法律框架内制定措施，确保遵守其他相关国际法律文书，如《联合国公约》[6]和《放射源安全和安保行为守则》[8]。

3.8. 当核安全、环境保护、工业安全和职业健康方面分别受到监管时，监管框架应认识到，整个安全受到放射性、工业、化学和有毒危害之间相互依存关系的影响。监管框架应考虑到这一点以便提供有效的控制。

3.9. 应在法律框架内确保通过计划要求或其他法律文书，监控和控制在现有设施附近建造放射性废物处置前管理设施的情况，新建造设施可能影响这两个设施的安全。

3.10. 放射性废物的管理可能需要将放射性废物从一个营运者转移到另一个营运者，或从一个国家转移到另一个国家。这种转移在法律责任方面产生了相互依存关系，在放射性废物管理的各个步骤方面也产生了实际的相互依存关系。法律框架应包括确保在整个废物管理过程中明确分配安全责任的规定，特别是在废物管理与放射性废物贮存的接口方面以及在营运者之间转移放射性废物方面。

3.11. 营运者在多大程度上进行就地废物管理取决于国家废物管理方面的现有策略方案、营运者的基础结构以及与所产生废物的管理相关的现有技术能力。就地废物管理可包括各种操作，如废物最小化、预处理（包括分离、表征和化学整备）、处理、整备和贮存。然而，至少应在进行废物最小化、分隔、基本表征和相关贮存。

3.12. 在本“安全导则”所涵盖的许多情况下，一项涉及就地废物管理和集中设施废物管理相结合的策略是适当的。因此，含有短寿命放射性核素的废物可在产生地点就地处理，含有长寿命放射性核素的废物（大多数不再使用的密封源的情况）可在国家和区域设施处理。

3.13. 政府负责建立一个独立于放射性废物拥有者或管理放射性废物营运者的监管机构，拥有充分的权力、人力和财务资源，以履行其指定的职责[3、4]。

3.14. 应通过监管机构的授权制度来确保安全责任。对于一国与另一国之间的放射性废物转移，必须自始至终继续承担责任，因此必须得到两国相关国家监管机构的核准[3]。

3.15. 放射性废物管理的各个步骤之间存在着相互依存的关系。国家和监管框架应明确界定相互依存关系和管理相互依存关系的责任。

3.16. 需要建立一个提供充足财务资源的机制，以支付今后的任何费用，特别是与贮存放射性废物、废物处置前管理设施退役的相关费用，以及长期管理放射性废物的费用。应在发放许可证和最终运行之前建立财务机制，并应在必要时予以更新。还需要考虑在放射性废物处置前管理设施过早关闭或废物提前运往处置设施的情况下提供必要的财务资源[18]。

3.17. 政府应就制定影响放射性废物管理的政策和战略的相关事项，征求相关各方（即参与放射性废物管理活动或受其影响的各方）的意见。

3.18. 为了促进制定国家政策和战略，政府应建立国家放射性废物库存（目前的废物和预期的废物，包括设施退役和拆除期间产生的废物），并应定期予以更新。这份库存清单应考虑到 GSG-1[23]提供的指导。

3.19. 管理医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质所产生的废物的设施应具备处理所有产生废物的足够容量，贮存容量应足以考虑到处理、整备和处置设施的可得性方面的不确定性。

3.20. 国家政策和战略应从技术角度处理 GSG-1[23]所确定的各种废物类别及其长期管理，并确保充足的人力资源和财务资源。它应适当考虑到社会和经济的发展。

监管机构的责任

GSR Part 5[3]要求 3： 监管机构的责任

“监管机构须制订关于放射性废物管理设施的建造和开展相关活动的要求，并须公布满足许可证审批过程各阶段要求的程序。监管机构须评审和评定营运者在获得授权前编写的和在运行期间定期编写的关于放射性废物管理设施和活动的安全论证文件³及这类设施和活动的环境影响评定报告。监管机构须就任何必要条件下许可证的发放、修改、中止或撤销作出规定。监管机构须开展活动，核实营运者是否满足了这些条件。如果营运者偏离了或不遵守相关要求和条件，监管机构须酌情采取执法行动。”

³ 安全论证文件系为支持设施或活动的安全性而收集的论据和证据。“安全论证文件”通常包括安全评定的结论和关于安全评定的全面性和可靠性及其所作假设的资料（包括辅助论据和证据）[1]。”

3.21. GSR Part 5[3]第 3.7 段指出：

“保护人体健康和环境的一般要求通常以国家政策和法律的形式颁布。监管机构须根据国家政策和法律并适当考虑第 2 部分所述目标和原则制订针对放射性废物处置前管理的监管要求。”

3.22. 为促进遵守监管要求，监管机构须（见 GSR Part 5[3]第 3.8 段）：

- (a) 就如何解释考虑到运行复杂性和与设施和运行相关的危害严重性的国家标准和监管要求的解释提供必要的指导（分级方法）；
- (b) 鼓励营运者和其他相关各方之间进行对话并参与对话，就法律和法规的制定、解释和适用提供咨询意见；
- (c) 确保分配给产生或管理放射性废物的各方编写和保存涵盖所有废物管理步骤的相关文件和记录的责任，确保妥善进行记录保存并将记录保存一段适当的时间；
- (d) 确定放射性废物的适当定义和/或分类[23]；
- (e) 根据国家政策[5]，制定材料从监管中的解控标准；
- (f) 建立并向营运者说明用于评价安全性和评审应用程序的流程；
- (g) 向许可证申请人确立及澄清申请许可证的规定；
- (h) 确保在没有适当管理放射性废物规定的情况下，不开始任何产生放射性废物的活动，并确保有足够和适当的贮存容量；
- (i) 记录适用于履约核实和执行机制的程序；
- (j) 建立一个机制，通过该机制向相关各方传播相关重大安全事故的信息；
- (k) 酌情与负责相关领域监管的其他政府机构达成协议，划定责任或合作领域；
- (l) 确保制定与放射性废物管理设施、加工和运行安全相关的要求和标准，包括处理、加工、运输、贮存和处置此类废物的要求和标准。这类要求和标准应涉及接收在现有和计划中的设施中处置的废物货包的问题；
- (m) 确定设施退役的要求，包括退役终点的条件；
- (n) 规定从受监管设施或活动中移出材料的要求，并酌情为授权排放含放射性核素的液体和气体提供指导和监管协定；
- (o) 定义营运者保留记录所需的时间段；
- (p) 确保其本身的工作人员和营运者的工作人员拥有充分履行其职能所需的专门知识和能力，并在必要时确保提供充分的培训；
- (q) 确保在放射性废物处置前管理的所有步骤中适当考虑到非放射性危害。

3.23. 监管机构将要求营运者提交安全文件，以支持涉及放射性废物管理的许可证申请或其他类型的授权。安全论证文件包括与设施复杂性相称的辅助安全评定。

3.24. GSR Part 5[3]第 3.9 段指出：

“监管机构须开展必要活动，以核实运营者是否满足了安全和环境保护的规定。这些活动必须得到有效管理系统的支持，包括建立和维持稳健的安全文化（GSR Part 2[22]）。”

3.25. 为履行其监管职能，监管机构应酌情开展研究，获得独立评定能力并参与国际合作活动。监管机构还应确保安全与安保之间的衔接，并确保安全与安保不会相互产生的不利影响。

运营者的责任（包括废物的产生者）

GSR Part 5[3]要求 4：运营者的责任

“运营者应对放射性废物处置前管理设施或活动的安全负责……运营者应进行安全评定，制定安全论证文件，并确保选址、设计、建造、调试、运行、关闭和退役的必要活动符合法律和法规要求。”

3.26. 处理、利用或加工放射性物质设施的运营者对任何相关放射性废物的安全管理负有主要责任[3]。理想情况下，这应包括废物处置的责任，但在没有处置设施的情况下，运营者有责任安全地长期贮存废物。

3.27. 在开始建造或重大改造废物管理设施或开始任何可能产生放射性废物的活动之前，运营者应向监管机构提交许可证或其他类型的授权申请，其中应包括第 3.23 段所述的资料。申请应确定应遵循的废物管理步骤，包括贮存和处置安排，应详细说明拟议设计和运行实践，并应说明如何满足安全要求。

3.28. 在开始涉及放射性物质的操作之前，运营者必要时应进行监管机构核准的调试试验以证明符合设计和安全要求。

3.29. 在开始计划运行时，运营者应编写最终退役活动的计划[18、19]。

3.30. “运营者须根据运行的复杂性及与设施或活动相关危害的严重性，通过各种方法确保适当程度的防护和安全水平”（GSR Part 5[3]第 3.11 段）。包括：

- (a) 确保选址、设计、建造、调试、运行、关闭和退役的必要活动符合法律和法规要求；
- (b) 通过安全论证文件和安全评定证明安全，并通过定期安全评审（应涵盖设施预计寿命的所有阶段，包括退役）证明现有设施或活动的安全；
- (c) 根据国家法规的要求，通过放射性环境影响评定论证环境保护；
- (d) 制定一项放射性废物管理策略，其中包括营运者控制下的所有废物，包括过去实践产生的废物，同时考虑到废物管理所有步骤之间的相互依存关系、现有计划以及国家放射性废物管理政策和战略；
- (e) 制定运行限值和条件以及行政控制措施，包括废物验收标准，以协助确保放射性废物处置前管理设施按照国家法规和设施的特定安全情况运行；
- (f) 确保尽可能减少放射性废物的产生，例如采用现有的最佳技术；
- (g) 确保对放射性废物进行管理，为废物的收集、分离、表征、分类、处理、整备、贮存和处置作出适当安排，包括在各管理步骤之间及时转移废物；
- (h) 确保设备和设施可以安全地进行放射性废物管理活动；
- (i) 拟订和执行适当的运行程序，包括监控；
- (j) 应用良好的工程实践，保持对废物管理实践的认识和相关运行经验的反馈；
- (k) 确保有足够的人力资源，确保工作人员在设施的整个生命周期内得到培训、合格和称职，并在适用情况下获得监管机构的许可证；
- (l) 确保在处理废物方面不会出现不可避免的延误，并在实际可行的情况下尽快将废物转移至下一个步骤；
- (m) 采用相关国际标准，确保运行安全；
- (n) 建立和实施一个综合管理系统[22]，确保所有授权活动的安全和安保，并遵守规章要求。管理系统包括明确划分责任、运行程序和保留记录的说明书，并规定了监管机构所要求的例行和非例行报告；
- (o) 按照监管机构的要求保存记录和报告，包括一些必需的记录和报告，以保证在放射性废物管理的各个不同过程中对放射性废物负责和可追踪性；

- (p) 确保监控、记录和向监管机构报告材料的解控和放射性核素的排放情况，并提供足够的详细程度和准确性，以证明符合授权中规定的任何监管要求、限值和条件，并迅速向监管机构报告任何超过授权量的材料解控、排放或释放情况；
- (q) 提供所产生、持有和贮存的放射性废物、排放和从受监管设施和活动中移走或移交给另一营运者负责的放射性物质库存的记录。应按照监管机构的要求每隔一段时间以适当的形式提供此记录，其中应包含详细信息；
- (r) 建立和维持一个机制，确保有足够的财务资源并向营运者提供，从而使其履行其职责。财务保证应涵盖设施活动的所有阶段和/或寿期的所有阶段，包括寿命终止和退役。放射性废物管理设施的所有人或营运者应提供证据，证明他们将有足够的资金支付活动和/或设施的所有阶段，包括设施的报废和退役。他们还应表明，他们有足够的资金支付退役和管理相关放射性废物的费用；
- (s) 评价废物控制措施和设施的完整性，以确保他们能够容忍已识别的故障；
- (t) 制定应急计划；
- (u) 考虑非放射性危害和常规健康与安全问题；
- (v) 按照监管机构的要求提供相关放射性废物管理活动和设施的其他资料。

3.31. 只要安全限值得到遵守，营运者可以用成本—效益的论据来证明其拟议方案是正当的。

3.32. 营运者应以认可的方式在其本身的设施处理、加工及贮存废物，或可将废物转移至认可废物管理设施的营运者。营运者应确保放射性废物仅在按照放射性废物管理设施规定的废物验收标准的条件下进行转移，并确保废物托运附有必要的废物库存资料。

3.33. 放射性废物必须按照 SSR-6 (Rev.1) [14]规定运输。

3.34. 营运者还负责确保废物货包符合任何长期贮存或处置废物的验收要求，或符合监管机构核准或确立的要求。

3.35. 营运者应提供充足的财务和人力资源，以确保废物管理计划能够安全地按照授权条件进行。

3.36. 负责管理放射性废物的工作人员应具备适当的资格、适当的科学和技术知识和适当的经验水平，以便适当地履行其职责。

3.37. 营运者应对所有废物管理活动的安全负责，直到由另一个授权的营运者对其负责，即使该工作是承包给第三方的。“在适当情况下，营运者可将与上述责任相关的工作委托给其他组织，但营运者必须保留总体责任和控制权”（GSR Part 5[3]第 3.14 段）。

3.38. “营运者负责实施措施以确保适当的安保水平”（GSR Part 5[3]第 3.15 段）。

3.39. “营运者负责将管理系统应用于放射性废物处置前管理的所有步骤和要素”（GSR Part 5[3]第 3.16 段）。营运者必须通过高层管理者对安全的明确承诺来建立和维持坚稳的安全文化[22、29、30]。

3.40. GSR Part 5[3]第 3.17 段指出：

“营运者负责制定和实施管理产生废物的总体策略，并提供必要的财务保证，同时考虑到废物管理的所有步骤、现有方案和国家放射性废物管理政策之间的相互依存关系。”

总体废物管理策略应包括并说明废物处置前管理的所有步骤。

3.41. “必须向监管机构提供相关废物所有权变化的信息和废物拥有方与被许可方之间关系变化的信息”（GSR Part 5[3]第 3.18 段）。

3.42. 营运者应任命一名具备适当资格的人员全面负责放射性废物管理的日常控制。此人可能是辐射防护官员，视组织的规模和复杂性而定。被任命者应具体负责与放射性废物安全管理相关所有事项的执行，并向高层管理者提供咨询意见。应向该官员提供适当的权限和资源，以确保履行本部分规定的营运者义务。该官员可能有以下职责：

- (a) 与所有涉及放射性废物的相关人员保持联系，并提供权威性的咨询和指导；
- (b) 必要时与辐射防护负责人和其他放射性废物管理组织联络；

- (c) 为放射性废物管理的所有阶段以及放射性废物的库存，建立和维持一个详细的记录保存系统；
- (d) 确保在适当情况下对放射性废物进行适当处理；
- (e) 确保按照书面程序进行放射性废物的现场转移；
- (f) 确保准备运出现场的废物货包符合 SSR-6 (Rev.1) [14]；
- (g) 详细说明、评审和更新安全论证文件和安全评定；
- (h) 处理放射性废物管理和放射性废物运输的任何新活动或设施均须获得监管机构的核准；
- (i) 确保废物货包的适当屏蔽、标签和完整性；
- (j) 确保流出物的排放量低于监管机构核准的限值，并保持在合理可达尽量低水平；
- (k) 若监管机构已建立解控水平，应确保在城市垃圾填埋场处置的固体废物符合该解控水平；
- (l) 向运营者的高级管理人员报告事故和不适当的废物管理实践；
- (m) 随时了解最新情况，并保持相关排放和处置方案的最新记录。

应急准备

3.43. 运营者必须建立和维持与放射性废物管理设施和活动相关的危害相称的应急计划，并酌情及时向监管机构和其他相关方面报告重大安全事故 [25]。

3.44. 应急计划至少应包括培训有能力识别事故或紧急情况并作出响应的工作人员，将责任分配给相关各方，并作出适当安排和配备保护应急工作人员。GSR Part 7[25]规定了应急准备和响应的要求，原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号《核或辐射应急准备的安排》[31]提供了进一步的指导。

综合安全方法

GSR Part 5[3]要求 5：安保相关措施的要求

“应采取的措施，确保对放射性废物处置前管理的安全和安保采取综合方法。”

GSR Part 5[3]要求 21：核材料衡算和控制制度

“对于须遵守核材料衡算协定的设施，在设计和运行放射性废物处置前管理设施时，核材料衡算和控制制度的实施不得损害设施的安全（参考文献[32—34]）。”

3.45. 应在产生或管理放射性废物的设施中作出实物保护安排，以确保放射性废物不会在未经核准的情况下意外地或故意地从其适当地点移走。应特别注意具有固有价值材料或设备，或如果失去控制可能对人类健康或环境构成严重威胁的材料或设备。

3.46. 营运者应评定和管理核安保、核安全与核材料衡算和控制活动之间的接口，以确保它们不会相互产生不利影响并尽可能相互支持。

3.47. “在必须采取安保措施防止个人未经授权进入和未经授权移走放射性物质的情况下，应以综合方式处理安全和安保问题”（GSR Part 5[3]第 3.19 段）。

3.48. 在因废物管理或原子能机构保障监督活动需要获取材料时，应考虑到辐射防护、废物管理和核安保的所有要求。原子能机构《核安保丛书》[35—37]提供了关于放射性废物管理中核安保的基本原则和特定建议。

3.49. “安保水平必须与放射性危害的水平和废物性质相称”（GSR Part 5[3]第 3.20 段）。

相互依存

GSR Part 5[3]要求 6：相互依存

“应适当考虑到放射性废物处置前管理的所有步骤之间的相互依存关系以及预期处置方案的影响。”

3.50. 放射性废物管理的所有步骤之间存在着相互依存关系，从废物的产生到处置、排放或在可行的情况下经核准将放射性物质从任何进一步的监管控制中解控。在选择放射性废物处置前管理的策略和活动时，应对所有不同步骤进行计划，以便在整个废物管理计划中采取平衡的安全方法，避免安全要求与运行要求之间的冲突。放射性废物管理的每一个步骤都有不同的

替代选择。例如，处理和整备方案受到既定或预期的废物处置验收标准的影响。

3.51. 应特别注意以下方面：

- (a) 确定每一步骤之间的接口，并界定参与这些接口的各组织的责任；
- (b) 建立废物验收标准，必要时经监管机构核准，并通过核实试验或评审记录确认是否符合废物验收标准。

3.52. 废物管理计划应识别所有相关的相互依存关系并应作出安排，确保从废物的产生到处置都适当考虑到这些相互依存关系。例如，废物产生时应了解并适当考虑废物处置的验收标准，以便在废物产生时与废物相关的控制和信息将与废物下一阶段的管理及其处置的要求保持一致。因此，放射性废物处置前管理的每一步骤的废物验收标准应与放射性废物处置前管理的下一步骤的废物验收标准保持一致，最终达到废物处置的验收标准。如果还没有处置设施则需要对可能的处置方法作出合理的假设，包括可能的废物验收标准（见 GSR Part 5[3]第 1.8 段）。

4. 放射性废物的处置前管理步骤

概述

4.1. GSR Part 5[3]第 4.4 段指出：

“在决定放射性废物处置前管理的各种方案时，应考虑到各种因素，包括放射性废物的性质和数量、职业和公众照射、环境影响、人类健康、安全以及社会和经济因素。然而，在合理可行的范围内，首选方法是浓缩和包容废物，并将其与生物圈隔离开来。”

4.2. GSR Part 5[3]第 4.5 段指出：

“在放射性废物的处置前管理方面，往往须在没有处置设施而废物处置的验收标准又未知的情况下作出决策。如果出于安全原因或其他原因而长期贮存放射性废物也会出现类似的情况。在这两种情况下，为了安全起见必须考虑放射性废物是以未加工的、经过处理的还是经过整备的形式贮存。”

例如，在不再使用的密封源的情况下优先考虑整备方案，有可能在以后回收该放射源进行处置。“在就废物处理问题作出决定时，必须尽可能考虑到今后在放射性废物管理方面采取任何步骤的预期需要”（GSR Part 5[3]第 4.5 段）。

4.3. 放射性废物的处置前管理包括若干处理活动，其中包括预处理、处理和整备。它还包括各种贮存和装卸操作，以及向集中废物管理设施和/或处置设施的运输。对少量废物的管理可在废物产生地（医院、实验室或研究中心）和/或集中废物管理设施进行。

放射性废物管理和控制，包括废物最小化

GSR Part 5[3]要求 8：放射性废物的产生和控制

“所有放射性废物都应加以识别和控制，放射性废物的产生应保持在实际可行的最低限值。”

4.4. 监管机构应要求运营者在审批过程中提交特定的全面资料，说明为尽可能减少废物产生而采用的规定。GSR Part 5[3]第 4.6 段指出：

“在建造设施之前，必须从设计阶段开始，在设施的整个寿命期内，在选择建造该设施所用的材料时，以及在控制材料和选择其整个运行和退役过程中所用的加工、设备和程序时，考虑采取从体积和放射性含量两方面控制放射性废物产生的措施。监管措施一般按以下次序实施：减少废物产生、按原定计划再利用物项、材料回收利用，最后考虑把废物当作废物处置。”

4.5. GSR Part 5[3]第 4.7 段指出：

“产生废物的设施在选址、设计、建造、调试、运行、关闭和退役时，必须进行仔细的计划，从而使产生的废物体积和放射性含量保持在实际可行的最低水平。”

4.6. 运营者应通过现有规定，避免产生放射性废物，例如通过设施的适当设计和运行，并尽可能使用半衰期较短的放射性核素，这些核素将在短时间内衰变到无关紧要的水平。此外，运营者应考虑放射性物质和设备的回收和再利用，以减少管理和处置的放射性废物的数量。废物最小化是废物管理和

风险控制的重要环节。评定产生的废物最小化的影响，例如对职业照射的影响应作为安全评定和安全论证文件的一部分。

4.7. 不应将不必要的材料带入控制区，以减少放射性废物产生和污染扩散的潜在风险。

4.8. 废物最小化的另一个重要方面是使用与达到应用目标需要的最低数量的放射性物质。应考虑控制和优化放射性物质采购的必要性。

4.9. 在可能的情况下，在采购密封源时应订立合同安排，允许放射源在使用后退回制造商或退回预定的废物管理设施。这对于高放源和含有长寿命放射性核素的源尤为重要，因为高放源的监管控制要经过多年的衰变贮存才能取消（见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-19 号《恢复对无看管源控制和改进对易受攻击源控制国家战略》[38]）。

4.10. “达到防护目标的前提下，必须对材料进行再利用和回收，以便在实际可行的情况下尽量减少放射性废物的产生”（GSR Part 5[3]第 4.8 段）。

4.11. 如果情况允许，应考虑将放射性物质的再利用和/或回收作为处置的替代方案。在开始运行之前，应对再利用和/或回收的安全性进行评定，如果在设施的授权运行之外可能出现其他风险，则应寻求监管机构的核准。回收和再利用可包括以下活动：

- (a) 业主或经适当授权的新业主再利用密封源；
- (b) 制造商或从事回收工作的另一个授权组织回收密封源；
- (c) 设备和防护服等材料的去污和/或再利用；
- (d) 回收和再利用符合监管机构规定的解除监管控制的材料。

4.12. GSR Part 5[3]第 4.9 段指出：

“经过适当处理和足够长的贮存期，再加上材料的再利用和回收，授权排放废水和解除对材料的监管控制，可有效减少需要进一步处理或贮存的放射性废物的数量。营运者必须确保这些管理方法如果实施，必须符合法规或监管机构规定的条件和标准。监管机构亦须确保营运者在采用此类方案时，充分考虑非放射性危害。”

4.13. 为了尽量减少放射性废物的产生，营运者除了上述建议外，还应遵守下列规定：

- (a) 认真控制放射性物质的收集、分离、包装和装卸；
- (b) 良好的废物分离实践，包括在废物产生时对材料解控；
- (c) 气态和液态放射性废物收集和处理系统的有效运行；
- (d) 采取预防措施，避免材料、设备和厂房表面受到污染，以减少去污的需要；
- (e) 限制将货包和其他不必要的材料带入控制区；
- (f) 定期表面监控和维护工作的计划和实施应给予应有的注意，并特别强调预防措施以避免污染扩散；
- (g) 建立和维持适当的记录管理系统，以便定期评定为尽量减少放射性废物的产生所采取措施的效力。该系统应包括评定应用系统有效性的可衡量指标的特定说明。

4.14. 还应考虑废物的非放射性危害。应避免将放射性废物与有毒或有害物质混合。例如，最好使用热电偶而不是使用汞玻璃温度计进行温度测量，以避免形成含汞污染的废物流。

放射性废物的表征和分类

GSR Part 5[3]要求 9：放射性废物的表征和分类

“在放射性废物处置前管理的各个步骤中，放射性废物应按照监管机构制定或核准的要求进行表征和分类。”

4.15. “放射性废物必须根据其物理、机械、化学、放射性和生物特性加以表征”（GSR Part 5[3]第 4.10 段）。GSR Part 5[3]第 4.11 段指出：

“废物表征旨在提供与流程控制相关的资料，并确保废物或废物货包符合处理、贮存、运输及处置废物的验收标准。必须记录废物的相关特征，以便进一步管理。”

4.16. 废物表征可用于不同的目的，例如识别与特定类型废物相关的潜在危害；指定废物的衰变；特定的加工、贮存或处置方案；以及计划和设计废

物管理设施。参考文献[39]提供了关于废物表征的资料。应记录表征过程中的数据并在适当的时间内保持记录。

4.17. 废物分类有助于选择最适当的废物管理计划，而且往往受到废物中所含放射性核素半衰期的很大影响。作为优先事项，应将含有放射性半衰期短的放射性核素的废物与含有半衰期较长的放射性核素的废物分开，这些放射性核素可通过安全贮存加以管理，直至衰变到无关紧要的程度。在这方面，应适当考虑到放射性半衰期长的杂质，这些杂质在对短寿命废物进行初始表征时可能无法探测到。最常见的分类是从废物未来处置方案的角度作出的分类见 GSG-1[23]。

4.18. 为方便运行，由于使用放射性物质产生的放射性废物一般分为以下几大类：固体废物、液态废物和气态废物。废物可能含有放射性核素，这些放射性核素按放射性（ α 、 β 、 γ 和中子发射体）和半衰期加以区分，并可根据废物基质的物理、机械、化学和生物特性进一步加以区分。

4.19. 为了确保放射性废物管理所有步骤之间的适当相互依存，并使废物在营运者之间转移时得到有效处理，营运者在制定分类计划时，应考虑到在整个废物管理过程中为随后的处理、加工、运输、贮存和处置步骤制定的验收标准。

放射性废物的加工

GSR Part 5[3]要求 10：放射性废物的加工

“预期非再利用的放射性物质，其特征不适合经核准排放、核准使用或解控的，应作为放射性废物处理。放射性废物的加工应以适当考虑废物的特征及其管理的不同步骤（预处理、处理、整备、运输、贮存和处置）所提出的要求为基础。废物货包的设计和生产，必须在正常运行过程中和在处理、贮存、运输和处置废物时可能发生的事事故工况下对放射性物质提供适当的包容。”

4.20. 监管机构应制定相关放射性废物处置前管理所包括的所有加工和运行的安全要求和标准。

4.21. 放射性废物加工的若干操作可能改变废物的特征,包括预处理、处理和整备。出于安全、技术或财务原因,加工处理可能是必要的。从安全角度来看,必须进行加工以消除或减少相关危害(如放射性、物理、化学和生物危害)。废物只有在精确表征后才能加工。加工过的废物应进行进一步表征,以便为随后的废物管理步骤提供所需的数据。应根据废物的特征和既定的国家放射性废物管理政策和战略选择加工方法。

4.22. GSR Part 5[3]第 4.13 段指出:

“加工放射性废物的主要目的,是通过制造符合安全处理、运输、贮存和处置废物的验收标准的废物,不论是已包装或未包装的,以加强安全。废物必须尽快以安全及非能动的形式贮存或处置。”

“放射性废物的加工方式必须使由此产生的废物体能够安全地贮存和从贮存设施中回收,直至最终处置为止”(GSR Part 5[3]第 4.16 段)。

4.23. GSR Part 5[3]第 4.14 段指出:

“在加工废物时,必须适当地确保在正常运行期间的安全,并采取措
施防止事件或事故的发生,以及制定规定,以在事故发生时缓解后果。
加工必须与废物的类型、贮存的可能需要、预计的处置计划以及在安全
论证文件和环境影响评定中确定的限值、条件和控制相一致。”

4.24. GSR Part 5[3]第 4.15 段指出:

“加工不同类型放射性废物的方法各有不同。必须考虑确定适当的加
工方法并评价其使用的适当性。必须在对放射性废物进行处置前管理的
总体方法范围内,对加工废物到何种程度作出决定,同时考虑到要
加工的放射性废物的数量、活度、物理和/或化学性质、现有技术、贮
存容量和处置设施的可用性。”

4.25. 如果废物含有易裂变材料,应通过设计特点和行政安全措施,在可行的范围内评价和消除临界的可能性(见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-27 号《易裂变材料操作中临界安全》[40])。在确定放射性废物的安全构造和制定运行程序时,应考虑到最佳慢化和反射的条件。

4.26. GSR Part 5[3]第 4.17 段指出:

“营运者必须制定规定，以识别、评定和处理不符合加工规范和要求的废物和/或废物货包，以确保其安全处理、运输、贮存和/或处置。”

4.27. 在选择加工方法时，应始终考虑到二次放射性废物的产生。“必须考虑处理加工过程中产生的任何二次废物（放射性和非放射性废物）的后果”（GSR Part 5[3]第 4.18 段）。在进行安全评定和环境影响评定时，应考虑到所产生的二次废物的影响。在为减少体积而对固体废物进行去污、锯断和切割、切碎和压碎等操作时，应由其关注二次废物的产生。放射性废物的加工还可能产生适于授权排放的流出物或适于授权使用或解除监管控制的材料。

4.28. 在选择加工放射性废物的方法时，应适当考虑每种加工方法的工作人员在正常运行中和由于潜在事件而受到的照射。

4.29. 监管机构应认识到，其他管理组织，例如负责运输的人员可能参与将放射性废物转移到随后的管理步骤。应考虑及时与这些组织联络以避免不必要的延误或重复进程。

预处理

4.30. 放射性废物的预处理是放射性废物管理的第一步，是在放射性废物产生之后进行的。预处理活动包括废物管理策略中界定的收集、分离、化学调整和去污。在这一初始步骤中，应在废物产生的源头对废物进行分类，作为一项先决条件，废物应根据已有的分类方案进行识别和分类。接收放射性废物的集中废物管理设施的营运者应通过常规测量或随机测量或其他手段核实废物特征，以确认产生废物设施的营运者提供的信息，并促进选择适当的处理和整备技术。作为管理系统的一部分，应维护废物特征的最新记录。第 7 部分提供了关于保存记录的进一步指导。

4.31. 一般而言，不同类型放射性废物的收集和分离应根据已确定的废物管理策略和现有废物管理基础设施或放射性废物管理设施的验收要求进行。废物分离的目标是尽量减少废物管理下一步骤涉及的废物体积、费用、复杂性和风险。营运者应采取措施确保每条废物经分离后，存放在独立、适当及有适当识别和标签的容器内。应根据适当的分类方案对放射性废物进行分离，以便安全和充分地完成进一步的预处理步骤。应特别注意高放废物的分离。当废物中放射性核素的含量低到足以使其从受监管的设施或活动

中移除（解除监管控制）时，废物分离便于在加工或处置时，作为非放射性废物进行回收。

4.32. 用于收集和分离放射性废物的容器应与废物在物理和化学上兼容，并应适当限制材料，保护工作人员免受任何化学、生物、物理或其他危害（如被污染的锋利物体造成的伤害）。所使用的容器材料应具有机械强度，并在适当情况下，例如对于生物放射性废物，应使用双层包装或适当的外部容器。

4.33. 固体废物容器内应衬耐用的塑料袋，塑料袋可密封（用塑料胶带捆扎或用射频焊机热封）。针头和其他尖锐物项应分开收集并贮存在坚硬的、防刺穿的容器（如金属容器）中，容器上应明确标明“尖锐”字样。潮湿的固体废物和液态废物应收集在适合废物的化学辐射特征及废物体积并满足搬运和贮存要求的容器中，通常采用双层包装。

4.34. 不再使用的密封源应置于屏蔽材料中。当屏蔽物被污染时，应进行去污或外加包装以避免污染进一步扩散。

4.35. 容器应当有适当的标识和标签，并应放置在预计会产生放射性废物的相关工作场所。在废物管理的下一个步骤中，应考虑安全使用废物容器（例如，提供带有脚踏板的垃圾桶）及其处理方法。一旦放射性废物开始累积，营运者应立即记录所收集废物的性质。在再利用前容器应检查是否有污染并去除非固定表面的污染，应为每个废物容器记录以下信息：

- (a) 识别号码；
- (b) 废物中含有的放射性核素；
- (c) 废物的活度（测量或估计）和测量日期；
- (d) 废物的来源（例如房间、实验室）；
- (e) 非放射性危害（如化学危害、传染性物质）；
- (f) 容器的表面剂量率和测量日期；
- (g) 数量（重量或体积）；
- (h) 负责人、团体或组织。

4.36. 应主要根据以下因素对放射性废物进行分离：

- (a) 废物的活度和存在的放射性核素；

- (b) 存在的放射性核素的半衰期，例如适合衰变贮存的短寿命放射性核素（例如半衰期不超过 100 天）或长寿命放射性核素（例如半衰期超过 30 年）；
- (c) 废物的物理和化学形态，例如：
 - 可燃或不可燃废物；
 - 可压缩或不可压缩废物；
 - 含水废物；
 - 有机废物；
 - 均质或非均质废物（例如含有污泥或悬浮固体的废物）；
- (d) 废物造成的非放射性危害（例如毒性、病原体、传染性、遗传毒性、生物或药物危害或多种危害）；
- (e) 拟对废物进行的加工、贮存或处置。

4.37. 只有在确保对以下方面进行评价的情况下，才应进行去污：

- (a) 存在可去除的表面污染层；
- (b) 表面污染的程度和性质；
- (c) 去污过程产生的放射性废物的体积、活度和特征；
- (d) 与要使用的去污方法相关的潜在危害。

4.38. 运行人员应系统地收集和记录与下一废物管理阶段的安全相关信息。在转移放射性废物容器进行进一步管理之前，应采取适当的预防措施（例如放射性监控或去污）。

处理

4.39. 放射性废物的处理包括那些旨在通过改变放射性废物的特征来满足安全、技术和财务考虑的行动。适用的基本处理概念是减少废物的体积、从废物中去除放射性核素和改变废物的成分。处理过程应根据国家政策和战略以及安全论证文件和辅助安全评定得出的标准进行，并应通过正式核准的运行程序加以实施。还应提供充分的安全监控。

固态放射性废物

4.40. 处理固体废物有各种方案（见附录 III）。一般而言，这些方法都不适用于不再使用密封源，但整备方法除外。处理固体废物的可能方法和每种方法的主要安全考虑如下：

- (a) 只有在确保以下情况下才能进行压实：
- 不存在可能损坏废物货包的废物；
 - 待压实废物中不含自燃材料；
 - 不包含构成非放射性危害的废物，以避免其扩散（如果是感染性介质，则对其进行消毒）；
 - 不包含加压容器，以避免气体的不受控制的排放或污染物的扩散；
 - 不包含液体，以避免在压实过程中从封装中泄漏；
 - 排除不再使用的密封源，以避免污染和照射的高风险；
 - 不允许使用松散的放射性粉末以避免污染的风险；
 - 排除化学反应性材料以避免不受控制的反应。
- (b) 只有在以下情况下才应进行焚烧：
- 排除不再使用的密封源，以避免污染的高风险；
 - 不包含加压容器，以避免气体的不受控制的排放或污染物的扩散；
 - 如果焚烧炉不是为挥发性有毒物质设计的，则不应包含这些物质；
 - 控制高水分物料，确保其完全燃烧；
 - 随后将对放射性焚烧灰进行管理；
 - 对冻结物料进行控制，确保完全燃烧；
 - 拟焚烧的废物中不含自燃材料；
 - 采用能动粉尘控制，特别是对燃烧的处理；
 - 处理和控制的废气方法已经到位，气态流出物在授权范围内排放。
- (c) 通常使用热解和水蒸气重整的热有机加工，但不限于含有有机树脂的废物。应特别注意以下方面：
- 密切监控潜在的泄漏；
 - 处置前需要对有机残留物进行表征；

- 监控蒸汽中放射性核素排放的必要性；
- 处置前需要对固态残留物进行表征。

液态放射性废物

4.41. 处理液态放射性废物有一系列方案。液体最佳处理流程的选择取决于安全、技术和财务方面的考虑。液体的处理还取决于液体的类型（含水或有机的）、悬浮在液体中的固体颗粒的含量、液体的 pH 值以及液体中盐或酸的含量及其去除的可能性。

4.42. 如果液态放射性废物的化学或放射性核素含量相差很大，则应加以分离。例如，不同化学性质的溶液，如不能即时排放则应分开贮存。应防止可能产生热量、气溶胶或沉淀物的不受控制的化学反应。例如，酸性溶液应与碱性溶液分开，因为 pH 或氧化还原条件的变化可能导致例如碘等挥发性放射性核素的排放。

4.43. 只有在安全评定证明该程序是可接受的，并且该过程是按照核准的运行程序进行的情况下才应进行液态废物的合并。一般而言，应避免混合不同的废物（如含水液体和有机液体、含有短寿命放射性核素的废物和含有长寿命放射性核素的废物），除非有特殊情况（如中和）。这样，废物的复杂性和潜在危害被最小化。

4.44. 可以应用不同的方法来处理含水废物和有机废物。对于少量放射性含水废物在安全评定证明其正当性后，监管机构可核准直接排放到下水道系统或接收水体。GSR Part 3[5]规定了要求，GSG-9[17]提供了进一步的指导。对于其他含水废物，使用化学沉淀、蒸发、离子交换和超滤加工可能是适当的。

4.45. 在使用化学沉淀法时，应考虑到二次废物的产生、产生不均匀废物流的可能性以及随后对活性沉淀物进行整备的必要性。蒸发时，应考虑以下因素：

- (a) 二次废物的产生；
- (b) 蒸发器的完整性（就其耐腐蚀性而言）；
- (c) 存在挥发性有机物质时的潜在火灾风险；
- (d) 放射性喷雾的密封；

(e) 活性浓缩物的后续整备。

4.46. 使用离子交换流程时，应考虑：

- (a) 需要专门处理的二次废物的产生；
- (b) 树脂与强氧化剂（如强硝酸）的反应性；
- (c) 树脂的辐射降解；
- (d) 产生的需要专门的整备废树脂。

超滤的使用需要考虑高压系统泄漏的可能性，这可能导致液态废物无意中扩散，随后需要对活化固体或污泥进行整备。

4.47. 对于有机废物，可采用焚烧（低闪点或挥发性有毒物质除外）、固定和吸附。在使用焚烧时，至少应考虑到排放气体和颗粒物以及放射性和非放射性成分可能对环境造成的影响。同样，应考虑尽量减少空中放射性物质的产生，特别是在处理灰烬以及随后对受污染灰烬的管理方面。在固定和吸附方面应评价最终废物体的长期稳定性。

4.48. 处理液态放射性废物（二次废物）时产生的浓缩物应固定，以产生稳定的固态废物体。应根据在安全评定基础上制定的标准生产废物体，这些标准应考虑到运输、贮存和最终处置的要求。

气载排放

4.49. 对于少量的气态流出物，一般可在既定的许可证条件下直接排放到大气中。在这种情况下，不太可能需要对气态流出物进行额外的处理。医学实验室和小型研究实验室的情况往往如此，这些实验室使用的放射性核素数量很少，半衰期往往很短。

4.50. 在必要时，含有颗粒放射性物质的气载排放应在排放到大气中之前通过过滤器或其他手段加以清洁。除非仅被短寿命放射性核素污染，否则过滤器或其他清洁介质应作为固态放射性废物处理。如果仅在过滤器或其他清洁介质上沉积短寿命放射性核素，则可允许这些沉积物衰变而不需要进一步处理，然后可将过滤器或其他清洁介质解除监管控制。应监控焚化炉或冶炼设施的放射性流出物在空气中的排放，这些流出物使用的是已解除监管控制中的回收金属，以确保其保持在允许的限度内。

生物放射性废物

4.51. 对生物性质的放射性废物的管理应考虑到相关的放射性和非放射性危害（生物危害和/或感染性介质、物理、化学、易燃和/或爆炸危害）。对于来自医疗应用的传染性生物废物，应进行预处理以便在贮存和/或处置废物之前消除所有传染性物质。附录 IV 有说明生物废物管理的流程图。

4.52. 放射性废物管理实践通常不适合或不足以控制生物危害。然而，生物放射性废物并不总是用与非放射性生物废物相同的方法处理。在处理生物放射性废物方面，确实有若干方案，例如蒸汽灭菌、化学消毒、干热处理和辐照灭菌。焚烧、蒸汽高压灭菌、微波处理和干热等热加工主要用于破坏有机材料和杀死废物中的微生物，使用化学过程对生物废物消毒。

整备

4.53. 放射性废物整备涉及将经处理的废物转化为适合于装卸、运输、贮存和处置的形式的操作。在选择整备加工时，根据废物的类型以及国家政策和战略，运行人员应考虑以下方面：

- (a) 使用基质材料和/或废物容器是否会提高安全性；
- (b) 放射性废物与选定材料和流程的相容性；
- (c) 尽量减少二次放射性废物的产生；
- (d) 整备过程的结果必须与废物管理的下一步骤或废物的终点相一致（例如长期贮存与处置）；
- (e) （处置）废物验收标准的使用，该标准由营运者制定并经监管机构核准。

4.54. 整备操作可包括将废物固定在基质中、将废物放入容器中以及提供附加包装。在许多情况下，预处理、处理和整备密切相关。

4.55. 放射性废物的处理应确保：

- (a) 废物、基质和容器之间的相容性；
- (b) 废物体的均一性和稳定性；
- (c) 废物体中液体的含量最低；
- (d) 容器中的空隙空间最小；

- (e) 容器的耐久性；
- (f) 浸出率低；
- (g) 络合剂和有机化合物的控制。

4.56. 营运者应确保废物货包的设计和生使放射性核素在正常条件下和在装卸、贮存、运输和处置过程中可能发生的事事故工况下受到限制。相关的验收标准应得到监管机构的核准。参考文献[41]提供了制定符合放射性废物贮存和处置接收要求的废物货包规范的技术标准。在安全评定和安全论证文件中,应考虑待整备的材料以及贮存和授权处置废物的相关验收标准;这两套标准都应得到监管机构的核准。

4.57. 在进行安全评定时,应将放射性废物货包视为由两个主要部分组成,即废物体和容器。容器中废物体的性质对整个废物货包的性质有重大影响,并可影响货包在相关验收标准方面的性能。

4.58. 营运者应确保每件废物货包均附有耐久的标签,并附有识别号码及相关信息,而每件废物货包亦须妥善记录在案,作为管理系统的一部分。所有记录都应安全存储易于访问,并能够在较长时间内检索。信息应至少包括每一个单一货包的以下内容:

- (a) 废物的来源;
- (b) 废物货包的识别号码;
- (c) 货包和相关运输单据的类型和设计细节;
- (d) 货包的重量;
- (e) 货包的外部尺寸和/或体积;
- (f) 与废物货包外表面接触并距其 1 米处的最大剂量率(以得出运输指数)和测量日期;
- (g) 表面污染的测量结果和测量日期;
- (h) 放射性核素和放射性活度含量;
- (i) 易裂变材料含量,如适用(例如钚-239-铀密封源);
- (j) 废物的物理性质;
- (k) 病原体、化学品、石棉、有机物和其他潜在危害物质的存在。

4.59. 营运者应确保每个整備过的废物货包均按照国家法规和 SSR-6 (Rev.1) [14]进行运输。

4.60. 由于废物货包在处置前可能会贮存很长时间，运行人员须考虑的一个主要方面，是对整備工序及所产生废物货包的质量进行控制。作为营运者管理系统的一部分，应在废物货包方面实施质量保证和控制措施，以确保符合选定或预期处置方案的废物验收标准。质量控制措施应包括但不限于以下内容：

- (a) 适用于废物货包的质量标准规范；
- (b) 明确规定整備过程和最终货包的质量指标。质量指标应能证明货包符合规定的要求和验收标准；
- (c) 开发一个试验程序来核实废物货包的性能；
- (d) 适当的记录保存；
- (e) 为放射性和非放射性测量和程序提供技术支持。

向环境排放放射性物质

4.61. 一旦授权排放放射性物质的必要性得到确认，授权程序应按下列步骤进行：

- (a) 监管机构应特定说明所考虑的设施或活动的相关剂量限值；
- (b) 营运者应说明所确定的排放和主要照射途径的表征，以便充分评定代表人的照射情况；
- (c) 营运者应优化对公众的防护和安全，考虑采取措施尽量减少因排放而造成的照射，并考虑到所有相关因素；
- (d) 营运者应评定代表人所受的剂量（这可能涉及进行简单、谨慎、一般性的评定，如果需要随后进行更详细和特定场址的研究）；
- (e) 营运者应向监管机构提交评定结果。监管机构应评价营运者使用的模型和假设是否有效，以及由此产生的剂量是否符合对公众防护最优化的要求；
- (f) 监管机构应确定授权排放限值，并应确定在运行期间证明符合要求的方法，包括对源和环境监控系统 and 方案的要求。

4.62. 营运者提出的排放水平应以使用适当模式对这种排放的放射性影响进行的评定为基础[22]。应估计较高受照个人的预期剂量。可能有必要对公众成员的习惯进行调查以确定代表人，该代表人被定义为“接受剂量代表人群中较高受照个人剂量的个人”(GSR Part 3[5])。用来表征代表人的习惯(如食物消费、地点、当地资源的使用)应是少数代表人的典型习惯，代表那些受照程度较高的人。然而，极端或不寻常的习惯不应作为所考虑的代表人的特征。空气排放和液体排放选取的代表人可能不同。

4.63. 营运者应建立并记录执行排放操作的技术程序作为排放控制的一部分，并指定负责此类操作的人员。

4.64. 应通过经核准的取样和测量方法对排放进行监控，或通过经监管机构核准的计算方法对排放进行估算，以证明是否符合授权排放限值。

4.65. 应考虑制定适当的应急安排，处理发生事故时排放到环境中的问题。

4.66. 关于放射性排放监管的进一步指导意见见 GSG-9[17]。

4.67. 营运者在运行阶段

- (a) 应将所有放射性排放保持在合理可达到的核准限值以下；
- (b) 除正常操作中发生的稀释外，不应故意稀释物料；
- (c) 应以足够详细和准确的方式监控和记录放射性核素的排放，以证明符合授权的排放限值，并允许对代表人的照射量进行估计；
- (d) 应为与源监控或环境监控相关的活动维持适当的管理系统；
- (e) 应按照许可证规定的时间间隔向监管机构报告排放情况，如果任何排放超过授权限值，应立即通知监管机构。

4.68. 营运者应评审其在排放方面的运行经验，并与监管机构达成一致，调整其排放控制措施，以确保防护和安全最优化。

材料解除监管控制

4.69. 在授权申请中，营运者应声明在运行阶段解除监管控制材料的意图(见 RS-G-1.7[16])。

4.70. 关于材料解除监管控制的问题，营运者应采取措施确保：

- (a) 放射性废物的解控符合监管机构规定的解控水平；
- (b) 建立一个正式机制，包括严格的控制措施，以证明在解控方面遵守了监管要求；
- (c) 除正常操作中进行的稀释外，不得故意稀释材料以使其适于解控；
- (d) 将解除监管控制的所有材料去除任何辐射标记；
- (e) 在材料解除监管控制之前，应采取防护和安全最优化措施。

4.71. 应记录已解除监管控制的材料信息，将其保留在管理系统中，并根据需要向监管机构报告。

4.72. 放射性物质解除监管控制的控制措施可包括以下内容：

- (a) 废物放射性浓度的测定；
- (b) 将任何指定贮存衰变的此类废物进行分离；
- (c) 在将每批废物解除监管控制之前对其进行取样。

4.73. 当放射性浓度低于一般解控水平时，可采取与防护和安全最优化相一致的分级方法。当营运者为低于一般解控水平的废物申请解控授权时，监管机构应就营运者提交的资料的内容和范围提供指导。监管机构可决定（在国家监管框架允许的情况下），最佳监管方案是不对负责材料的法人采取监管要求。落实这一决策的机制将取决于国家监管框架。监管机构在许多情况下将逐案作出决定。GSR Part 3[5]和 RS-G-1.7[16]提供了这方面的一般要求和建议。

4.74. 放射性浓度低于解控水平时，取消监管似乎是管理放射性物质的最佳方案，营运者应当申请监管审批解除监管控制。

不再使用的密封源

4.75. 密封源的活度范围很广，取决于其初始预期用途：从校准源的几千贝可到医疗应用的外部束放射处理源的太贝可。虽然不再使用的密封源可能只占某一营运者产生的放射性废物体积的一小部分，但就产生的放射性废物的放射性含量而言，它们可能占主导地位。必须指出，虽然远距放射疗法源和其他大型密封源的放射性水平低于其初始用途的有用水平，这类放射源造成辐射伤害的可能性仍然很大。外照射放射疗法源可能含有可分散形

式的铯化合物（铯-137），如果它们的主要内容物被破坏，就可能造成非常严重的危害。

4.76. 营运者应至少每年评审一次放射源库存量，以查明任何不在日常使用中或已废弃的放射源。废弃的放射源应存入放射性废物库存。营运者负责满足报告废源的任何监管要求。一旦停止使用放射源，营运者应确保控制的连续性。营运者应定期评审这类放射源的监管状况[42]。

4.77. 在不再使用的密封源的安全管理方面应考虑以下方面（另见附录 V）：

- (a) 另一个有许可证的营运者进一步授权使用不再使用源；
- (b) 将源退还给供应商；
- (c) 将源暂时贮存在其原来的屏蔽中以衰变（例如半衰期小于 100 天的放射性核素）；
- (d) 对源进行整备和处理（如增加外包装）；
- (e) 在整备和处置之前长期贮存源（如在集中贮存设施中）；
- (f) 源的处置。

4.78. 管理不再使用的密封源的可持续性最好的选择是由另一个经授权的营运者进一步使用。如果不可能做到这一点，不再使用的密封源的首选管理计划是将源归还供应商。不幸的是，这个计划并不总是适用于许多旧的（遗留的）源，因为可能不知道初始供应商或初始供应商已可不再存在。对于半衰期短（例如半衰期不超过 100 天）和高活度的不再使用的密封源（例如医疗应用和 γ 射线照相术中使用的铯-192 源），安全贮存以衰变可能是首选方案。如果达到解控水平，则将这些源作为非放射性废物管理。废源管理的主要步骤见附录 V。

4.79. 所有不再使用的密封源都应进行整备，除非其中所含放射性核素的半衰期短到足以使其在合理的短时间内（例如 2—3 年）解除监管控制。在集中式放射性废物管理设施中整备长寿命放射源时，一般将其封装在焊接的钢容器中以便于今后的管理。整备方法应得到监管机构的核准（符合国家放射性废物管理政策）。

4.80. 如果营运者既没有足够的贮存设施，也没有整备的设施和专业知
识，无法通过封装对废弃的和不再使用密封源进行整备，则应作出安排，将这些源转移给另一家拥有适当和足够设施（如集中整备或贮存设施）的拥有许可

证的营运者。应建立一个长期安全贮存含有镭-226、镭-241 和其他长寿命放射性核素的不再使用的密封源的集中设施。

4.81. 不再使用的密封源的管理可能涉及潜在的严重危害。密封源不需压实、切碎或焚烧。作为一项一般原则，安全高于一切意味着不应将密封源从其主要容器中移走，也不应对容器进行物理改装。大型辐照设备的外围部件（那些与源没有直接关系的部件）应拆除、监控和适当处置。在进行任何操作之前，应进行安全评定和环境影响评定。对于可能泄漏的放射源（如废弃镭源），在装卸和贮存期间还应采取特别的辐射防护预防措施。应特别注意监控地表污染和空气传播的污染。可能发生泄漏的源应贮存在有适当通风和设备的特定区域（见附件 I）。

4.82. 密封源一旦不再有利用价值，管理中最重要的是控制的连续性。营运者和监管机构应作出规定，保持并定期重新评审不再使用的密封源的控制状况。

4.83. 监管机构应考虑不再使用的密封源无法退还给供应商或制造商的情况。这类源可能需要随后的管理，例如整备，但营运者既没有资格也没有许可证。在这种情况下，监管机构应考虑指派和授权一个更有能力安全开展必要操作的适当组织。

无看管源

4.84. 有许多这种情况，为特定目的（如工业过程控制）获取密封源，然后由于营运者停止运行和失去对源的控制而造成密封源的丢失。许多便携式射线照相设备含有贵重的重金属，作为废金属很有吸引力。这些是失去对不再使用的密封源的监管控制的部分原因。为了解决这些无看管源的问题，各国应制定和执行适当的国家战略。附件 II 提供了一个识别和定位无看管源的策略示例。

4.85. 在所有情况下，国家战略都应确保在识别无看管源时采取适当的恢复措施（见 SSG-19[38]）。这类措施应包括确定负责组织和国家内部的资金来源，以便根据国家放射性废物管理政策和战略回收、处理、整备、贮存和在必要时处置源。

事故产生的放射性废物

4.86. 放射性物质（如密封源）的丢失或未经授权使用可能导致事故，造成工作人员受到辐射照射、设施和土地受到污染，以及公众受到辐射照射。这可能导致计划外放射性废物的产生。营运者应采取一切适当措施，确保具备适当的技术和组织手段，包括处理和贮存任何此类放射性废物在事故中的必要应急安排（见 GS-G-2.1[31]，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》[43]和参考文献[44]）。

场内装卸

4.87. 场内放射性废物的装卸包括从废物产生地到处理、贮存和/或处置地的所有转移（移动）操作。这包括物理搬运、加工流程或场内运输（包括从运输工具上装卸废物货包）。装卸时应注意以下事项：

- (a) 装在容器中或装备易去污的外包装；
- (b) 提供充分的职业辐射防护；
- (c) 在放射性废物货包和废物转运车辆上贴上适当的标签；
- (d) 符合设施辐射防护计划和场内实物保护、安全运输和应急计划程序以及国家法律。

4.88. 在装卸货包之前，应对非固定表面污染进行调查。这有助于保护搬运废物货包的工作人员，有助于防止污染的意外传播，并对记录保存系统进行独立检查。此外，放射性水平不应超过每个放射性废物货包表面的最大允许辐射剂量率，也不应超过距离表面的规定距离，这是废物货包贮存验收要求的一部分。

4.89. 放射性废物货包上异常的污染可能表明该废物货包本身或附近的废物货包已泄漏或物理损坏。应事先建立程序并记录在案并在此类事件时遵守。至少应封锁可疑废物货包周围的区域，通知负责废物安全的人员，并按程序识别污染源并确保将其封闭起来。若有可能，密封污染源的最简单方法是把它放在二次外包装容器中。

场外运输

4.90. 放射性废物的运输应按照国家法规和 SSR-6（Rev.1）[14]进行。

4.91. 在将放射性废物货包运出其产生的场址之前，应确认废物的计划目的地将接收该废物。废物运输的目标设施的营运者应向废物产生地设施的营运者明确说明验收所需的安全相关信息和正式文件。

4.92. 第 4.58 段和第 4.59 段就应为每一个单独废物货包提供的信息提出了建议，至少包括在转移废物前应提供的信息。

4.93. 对于密封源，屏蔽通常是原始贮存和/或运输货包的必不可少的一个组成部分。屏蔽的尺寸和类型取决于放射性活度和要运输的放射性核素。如有可能，在运输不再使用的密封源时应使用原制造商的货包。但应考虑原货包的设计是否符合 SSR-6 (Rev.1) [14]，以及货包是否继续符合其设计标准。如果原始货包不可用，应按照 SSR-6 (Rev.1) [14]重新包装不再使用的密封源。

放射性废物的贮存

GSR Part 5[3]要求 11：放射性废物的贮存

“废物的贮存方式应使其在随后的管理中能够进行视察、监控、回取和保存。应适当考虑预期贮存期限，并应尽可能采用非能动安全特性。特别对于长期贮存，应采取措施防止废物容器的退化。”

4.94. GSR Part 5[3]第 4.19 段指出：

“在放射性废物管理方面，贮存是指将放射性废物临时放置在设施内，并提供适当的隔离和监控。贮存必须在放射性废物处置前管理的基本步骤之间或步骤中进行。贮存是为了便于放射性废物管理的后续步骤；在废物管理步骤之间和步骤中充当缓冲手段；以便在解控或授权排放放射性核素之前有足够的时间使其衰变；或在决定紧急情况下产生的废物的今后管理计划之前对其进行保留。”

4.95. 在产生放射性废物之前，营运者应确保在其组织内或在另一个经授权的设施内有适当的贮存设施。营运者应遵循国家政策和战略，确定哪些类型的废物必须贮存起来，以便在以后经核准排放、授权使用、解控，或处理和/或处置。

4.96. 营运者应核实在其负责的贮存设施中收集或接收的废物是否符合监管机构在该设施安全论证文件中核准的验收标准。在确定贮存设施中废物货包的验收标准时，营运者应考虑到放射性废物随后处置的已知或可能的要求。如果要贮存的废物不符合贮存验收标准，营运者应制定规定，对不符合标准的情况进行补偿或拒绝接收废物。

4.97. 应为废物和贮存设施的定期监控、视察和维护制定规定，以确保其持续完整性及对放射性废物货包的后续管理。应适当考虑到预期的贮存期限，并尽可能采用非能动安全特性。特别对于长期贮存，应采取措施防止废物体及其容器的退化。

4.98. 贮存设施的设计取决于放射性废物的类型、特性和相关危害、放射性库存和预计的贮存期。

4.99. 贮存顾名思义是一种临时措施，但可以持续几十年。贮存废物的目的是回收废物，以便进行解控、处理和/或处置，如果是废液，可考虑授权排放。

4.100. 应定期评审贮存容量是否充足，同时考虑到正常运行和可能发生的故事所产生的预计废物、贮存设施的预期寿命以及是否有处置方案。

4.101. 在提议将放射性废物长期贮存时，应考虑根据 SF-1[2]原则 7 保护人类和子孙后代。

4.102. 贮存放射性废物的方式应确保隔离、保护工作人员和公众以及保护环境，并使废物能够随后转移、装卸、运输或处置。在贮存期间，应通过记录保存和适当的设置标签保持废物货包的完全可追溯性。

4.103. 应确保任何放射性废物管理活动的贮存安排的安全。可使用场内贮存，以便有时间使放射性核素衰变到可将材料解除监管的程度。出于运行原因（如未整备的放射性废物进行整备或转移出场址之前），可能有必要进行贮存。一般而言，场内贮存期应尽量缩短，以确保废物的长期安全。尤其是当废物要转移到放射性废物集中贮存设施时，以及在产生废物的设施没有最佳的长期贮存容量时。未经处理、经过处理和整备的放射性废物可能需要贮存设施。应特别注意以下废物的贮存：**(a)** 未整备的放射性废物，以限制废物货包的任何泄漏；**(b)** 易裂变材料，以避免可能导致临界的贮存构造。

4.104. 在考虑放射性废物的贮存安排时，应详细评价以下内容：

- (a) 放射性废物的类型和特征；
- (b) 废物货包的原始完整性和可能的表面污染水平；
- (c) 货包的封闭和/或密封手段以及在贮存条件下货包的持续完整性；
- (d) 预期贮存期和进一步延长的可能性；
- (e) 废物符合装卸、贮存和实物保护标准的能力；
- (f) 贮存设施中监控的必要性和类型，例如对气载放射性物质的监控；
- (g) 查明废物货包潜在损害的可能性并促进采取相应的纠正措施。

4.105. 如果根据国家政策和战略，放射性废物将贮存在一个集中贮存设施中，营运者应采取措施，确保迅速将废物和废源转移到该设施。

4.106. WS-G-6.1[13]提供了关于放射性废物小型贮存设施的设计和运行的详细指导。

在排放或解除监管前的贮存

4.107. 贮存衰变对解控含有短寿命放射性核素的放射性废物特别重要。如前所述，解控是取消对放射性物质的监管，条件是放射性核素浓度低于放射性核素的特定解控水平。许多正在使用的放射性核素，特别是在研究和医疗应用中使用的放射性核素，其半衰期从几小时到几个月不等。

4.108. 衰变贮存期应足够长，以使初始活度减少到低于解控水平。衰变贮存期在很大程度上取决于放射性核素的初始活度和半衰期。因此，对于每一个特定的源都应该进行计算，以确定适当的衰变贮存期。实际经验表明，衰变贮存通常适用于含有放射性核素半衰期在 100 天或更短的所有类型的固态、液态和气态放射性废物。例如，核医学产生的放射性废物，如含有锝-99m 的排泄物（半衰期约为 6 小时），可贮存起来衰变并随后排放。含有半衰期较长的放射性核素的废物也可安全贮存，以便衰变到微不足道无关紧要的程度，应根据特定情况考虑贮存这类废物以供衰变。GSR Part 3[5]和 RS-G-1.7[16]提供了通用解控水平和解控水平推导准则。

4.109. 从安全、技术和财务角度来看，贮存衰变是医学、工业和研究活动产生的放射性废物的首选管理方法。应收集体积小、受短寿命放射性核素污染、具有适当活度含量或放射性浓度的放射性废物，并安全贮存足够长的时

间，直到废物符合从受监管设施或活动中移除（解控）材料或授权排放的监管标准。

4.110. 应制定严格的监管措施，贮存放射性废物以使之衰变并随后将其解控。应谨慎确定废物的放射性浓度，并应从产生之日起至衰变贮存期及处置结束时将指定用于衰变的此类废物与其他废物分开。在每批样品解控前，应对所采集和分析的样品进行代表性测量。在取样时，工作人员应受到放射性和非放射性危害的保护。

4.111. 虽然贮存衰变也是生物放射性废物和动物尸体等其他易腐烂废物的首选方法，但这类废物应加以隔离，并应贮存在冰箱或冷藏柜内，以便有时间进行放射性衰变。除非获得监管机构的特别核准，否则不应在填埋场处置这类废物。焚烧这类废物通常是较可取的选择；应就安全焚烧这类废物的条件寻求相关当局的进一步指导。

4.112. 应保存并保留解控的任何放射性物质的记录。

加工前的贮存

4.113. 每一个废物货包在贮存期间都应加以追踪，以便于回收及进一步处理。应提供充分的辐射防护控制和实物安保措施，并应限制未整備废物的贮存期，因为未整備放射性废物可能带来超预期的危害。废物的贮存方式应确保：

- (a) 在特定的区域或场所，或在专门建造的设施（场内设施或集中设施）贮存废物货包；
- (b) 符合废物贮存验收标准；
- (c) 对收到的废物货包进行控制（例如控制废物货包的完整性，监控表面污染和与辅助资料的相符性）；
- (d) 根据病原体、有机物、有毒物质或其他潜在危害物质的存在情况，对不同类型的废物（包括混合废物）进行单独贮存；
- (e) 货包的可靠标签；
- (f) 跟踪废物的现状并继续提供支撑文件。

放射性废物处置前的贮存

4.114. 经处理和整备的放射性废物应与未经整备的废物、非活化原料和用于维护的材料和物项分开贮存。废物货包的贮存方式应考虑到效率，例如在箱、格架、托盘或货架上贮存。贮存地点的计划应尽量减少装卸和运输的需要。

4.115. 整备过的放射性废物应在加工后和转移到处置设施之前以安全可靠的方式贮存。

4.116. 应在安全评定和环境影响评定中考虑提议的贮存方案，以证明提议的设计和运行安排的可接受性。适用于贮存的安全措施应确保贮存的废物保持适当的封闭，贮存废物的辐射得到充分屏蔽，贮存的货包不会退化，不会在今后的处理和处置中产生问题。

4.117. 关于贮存放射性废物的详细建议见 WS-G-6.1[13]。

放射性废物验收标准

GSR Part 5[3]要求 12：放射性废物验收标准

“接收加工、贮存和处置的废物货包和未包装废物，应当符合与安全论证文件中一致的标准。”

4.118. 需要考虑放射性废物管理各步骤之间的相互依存关系，以实现运行的连贯性和整个废物管理过程的一致性。

4.119. 特定废物处置前管理设施的营运者应在安全论证文件中确定其废物验收标准，同时遵守为废物管理过程中的其他步骤制定的标准。GSR Part 5[3]第 4.24 段指出：

“必须制定废物验收标准，特定规定待加工、贮存或处置的废物货包和无包装废物的放射性、力学、物理、化学和生物特征；例如其放射性核素含量或放射性活度限值、其热功率以及废物体和货包的特征。”

设施营运者制定的每项标准都应作为安全论证文件的一部分提交监管机构评审、评定和核准。

4.120. 废物管理设施的营运者应为不同类型的放射性废物和货包制定特定的验收标准和程序，并应向产生废物设施的营运者提供这些标准和程序。废物验收标准应特定规定：

- (a) 根据废物加工的程度，所需的稳定形式和容器抵抗能力；
- (b) 液体的最大含量（按体积计通常为放射性废物总量的1%）；
- (c) 废物体所需的力学、化学、结构、放射性和生物稳定性；
- (d) 活度限值（例如，单一废物货包的最大活度）；
- (e) 不存在临界的可能；
- (f) 废物应在多大程度上是非自燃、非爆炸性和非反应性废物；
- (g) 产生有毒气体的可能性；
- (h) 产热的限值。

4.121. GSR Part 5[3]第4.25段指出：

“遵守废物验收标准，对在正常运行期间安全处理及贮存废物货包及无包装废物，以及在可能的事故工况下安全处理废物，以及其后废物处置的长远安全都是非常重要的。”

营运者必须确保建立适当的管理系统，使人们相信其负责的废物符合适用的验收标准[3]。

4.122. 营运者应确保转移到其他设施或废物管理步骤的放射性废物符合设施营运者在后续步骤中制定的废物验收标准。

4.123. “营运者接收废物的程序，必须包括安全管理不符合验收标准的废物的规定；例如采取补救行动或退回废物”（GSR Part 5[3]第4.26段）。

4.124. 废物管理设施的营运者应明确指出产生废物设施的营运者应提供的文件以及相关的废物货包记录。废物货包应在运往废物管理设施之前和在废物管理设施收到时以适当方式进行视察。收到所有废物货包时应谨慎，因为这些废物货包可能不符合议定的规范和相关文件。视察应包括核实：

- (a) 废物货包的数目及相关证明文件；
- (b) 废物货包的实物完整性；
- (c) 表面污染程度；

- (d) 货包外照射剂量率；
- (e) 文件的完整性。

4.125. 收到废物货包后，应在不损害废物货包完整性的情况下对其内容物进行全面确认。应对从产生废物设施的营运者收到的信息以及作为接收控制的一部分而获得的数据进行记录。

5. 安全论证文件和安全评定

概述

5.1. 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》[45]第 4.62 段指出：

“安全评定的结果和结论应酌情以反映设施或活动复杂性及其相关放射性风险的安全报告的形式记录下来。安全报告介绍了为证明设施或活动符合基本安全原则和 GSR Part 4 (Rev.1) [45]规定的要求以及国家法律和法规规定的任何其他安全要求而进行的评定和分析。”

5.2. GSG-3[20]第 4.4 段指出：

“安全评定是安全论证文件的主要组成部分，涉及若干方面的评价……安全评定的基本要素是从辐射剂量和放射性风险两方面评定辐射对人类和环境的影响。其他须接受安全评定的重要范畴包括场址、工程、运行安全、非放射性影响及管理系统。”

5.3. GSG-3[20]第 4.7 段指出：

“安全论证文件的其中一个角色，是协助决定处置计划，以确保产生合适的废物体。安全论证文件应综合考虑所有废物管理步骤的安全，并应处理各个设施的运行安全以及与其他废物管理步骤的相互依存关系。所产生的废物体是否合适，应根据随后所有废物管理活动的废物验收标准来判断，特别是废物的加工、贮存、运输和最终处置。这些决定涉及许多方面，其中一些将以定量评定为基础，而另一些则更注重定性评定。”

5.4. GSG-3[20]第 4.5 段指出：

“安全论证文件对大型处置前废物管理设施特别重要，并对这些设施有利，例如拥有核电计划的国家的集中处理和贮存放射性废物的设施。对于规模较小的设施，如不再使用的密封源的贮存设施，安全论证文件的组成部分……仍然是相关的；然而，安全评定的详细程度、复杂性和深度必须与潜在危害相称（GSR Part 4（Rev.1）[45]要求 1）。此外，制定安全论证文件和进行安全评定的实际过程要求也相应降低，下文讨论的几个方面，例如分阶段制定安全论证文件，对某些类型和规模的设施来说，也不那么重要。……原子能机构的安全报告正在编写之中，其中列举了安全论证文件的例子，以便就为较小设施编写的安全论证文件的深度和详细程度提供进一步的指导。”

GSG-3[20]给出了安全评定和安全论证文件的详细描述。

安全途径

5.5. 任何授权申请都必须包括一个安全论证文件，并酌情提供安全评定和环境影响评定的支持。所提供的信息应反映监管机构的要求，并要求“与设施和活动的运行复杂性和相关危害的程度相称”（GSR Part 5[3]第 5.7 段）。

5.6. 在可行的情况下，废物管理实践应包括在产生废物的设施或活动的授权中。例如，核医学设施的放射性废物管理可包括在进行核医学活动的授权中。

安全论证文件及辅助安全评定的准备

GSR Part 5[3]要求 13：安全论证文件和辅助安全评定的准备

“营运者应准备一份安全论证文件和一份辅助安全评定。在逐步开发的情况下，或在设施或活动改进的情况下，应根据需要评审和更新安全论证文件及其辅助安全评定。”

5.7. GSR Part 5[3][3]第 5.3 段指出：

“营运者在建造设施时，必须及早准备相关的安全论证文件，作为监管决策及核准的基础。安全论证文件必须随着项目的进展而逐步发展和完善。这种方法确保了技术方案和相关决策的质量。”

“营运者有责任根据监管机构的要求，将安全评定汇编为安全论证文件的一部分”（GSR Part 5[3]第 5.4 段）。

5.8. 根据 GSR Part 5[3]第 5.3 段，安全论证文件

“提供了一个框架，在设施发展的每一阶段都可以建立对其技术可行性和安全性的信心。随着项目的进展，必须通过反复的设计研究和安全研究来发展和加强这种信心。分步的方法是要收集、分析和解释相关的技术资料，制定设计和运行计划，以及制定运行安全的安全论证文件。”

安全论证文件及配套安全评定的范围

GSR Part 5[3]Part 5[3]要求 14：安全论证文件和辅助安全评定的范围

“放射性废物处置前管理设施的安全论证文件应说明场址的所有安全方面、设施的设计、运行、关闭和退役以及管理控制如何满足监管要求。安全论证文件及其辅助安全评定应证明所提供的保护水平，并向监管机构保证将满足安全要求。”

5.9. GSR Part 3[5]第 3.29 段指出：

“监管机构应要求对产生放射性危害的设施和活动负责的个人或组织进行适当的安全评定……在核准之前，应要求负责人或组织提交安全评定，并由监管机构进行评审和评定。”

5.10. GSR Part 3[5]第 3.31 段指出：

“安全评定应在不同阶段进行，包括设施或其部件的选址、设计、制造、建造、组装、调试、运行、维护和退役（或关闭）等阶段，以便：

- (a) 确定可能发生风险的途径，同时考虑到外部事件以及直接涉及源和相关设备的事件的影响；

- (b) 确定正常运行中产生辐照的预期可能性和程度,并在合理可行的范围内对潜在照射进行评定;
- (c) 评定相关防护及安全的规定是否足够。”

5.11. GSR Part 5[3]第 5.6 段指出:

“安全论证文件必须关注运行安全,以及设施和活动的所有安全事宜。安全论证文件必须考虑在正常运行及可能的事故工况下,减低对工作人员、公众及环境构成的危害。”

5.12. GSR Part 5[3]第 5.5 段指出:

“设施的设计、运行管理的安排,以及所采用的系统和程序,都必须在安全论证文件中加以考虑和说明正当性。包括识别产生的废物,制定最佳的废物管理计划,以尽量减少产生的废物量,并确定废液处理的设计基准和运行基准,控制排放和解控程序。安全论证文件的主要目的是确保符合监管机构所制定的安全目标和标准。”

5.13. GSR Part 3[5]第 3.32 段指出:

“安全评定应包括以下方面的系统的鉴定评审:

- (a) 设施的运行限值和条件;
- (b) 与防护和安全相关的结构、系统和部件,包括软件,以及程序单独或合并故障的方式,或其他导致辐照的方式,以及此类事件的后果;
- (c) 外部因素如何影响防护和安全;
- (d) 与防护和安全相关的运行程序可能出现错误的方式以及这种错误的后果;
- (e) 任何改造对防护和安全的影响;
- (f) 安保措施或影响防护和安全的安保措施的任何变更;
- (g) 任何不确定因素或假设及其对防护和安全的影响。”

5.14. GSR Part 3[5]第 3.33 段指出:

“注册人或许可证持有人在进行安全评定时,须考虑:

- (a) 可能导致放射性物质大量排放的因素,防止或控制这种排放的现有措施,以及在内容物发生严重故障时可排放到环境中的放射性物质的最大活度;
- (b) 可能导致放射性物质排放量较小但持续排放的因素,以及为探测和预防或控制这种排放可采取的措施;
- (c) 可能导致任何辐射发生器意外运行或屏蔽丧失的因素,以及可用于探测和预防或控制此类事件的措施;
- (d) 在多大程度上使用相互独立的冗余和多样的安全功能,使其中一个功能的故障不会导致另一个功能的故障,以限制潜在辐照的可能性和程度。”

5.15. “安全论证文件和安全评定的范围和详细程度必须与运行的复杂性以及与设施和活动相关危害的程度相称”(GSR Part 5[3]第 5.7 段)。安全论证文件过程是全面的,包含许多部分和步骤。其中一些步骤可以省略,因为不需要长期预处理,或长期贮存设施的放射性废物处置前管理相关的风险有限或可忽略不计(例如,废物存量小、放射性有限,或只含有短寿命放射性核素的废物)。废物处置前管理的安全论证文件应包含以下方面:

- (a) 拟管理的废物的化学、物理和辐射特性;
- (b) 放射性废物管理策略应包括与废物产生(预期废物数量、废物最小化和控制废物的规定)、废物处理(预处理、处理、整备)、贮存和运输相关的拟议放射性废物管理活动的说明,以及设施及其相关系统的说明;
- (c) 废物管理的安全评定,应证明废物管理设施和相关废物控制措施的完整性;
- (d) 证明符合现行的安全标准和法规;
- (e) 贮存安排;
- (f) 在国家法规允许的情况下,解除对材料、活动和设施的监管(解控)的安排;
- (g) 将废物从贮存场址移走,以便在其他场址贮存、加工或处置的安排;
- (h) 物质排放建议(排放点和方法及相关控制);
- (i) 监控排放和环境监控计划以及安全评定建议;
- (j) 退役计划和程序;
- (k) 辐射防护计划及辐射防护最优化的依据;

- (l) 管理系统，包括运行程序和记录保存；
- (m) 工作人员的能力和培训规定；
- (n) 设施的应急计划。

5.16. 安全评定应证明废物管理设施和所用加工的性能目标是可以实现的，而且整个系统在许可证发放或授权方面是可以接受的。由此产生的信息应包括对工作人员、公众和环境的预测影响。应确定和记录可能从设施安全排放的放射性物质或其他危害物质的数量和浓度。一些国家的法律可能涵盖非放射性危害物质。在这种情况下，有必要将安全评定与这种法律结合起来。安全评定的程度根据计划的运行对工作人员、公众及环境所构成的放射性危害而定。对管理少量废物的营运者进行安全评定的重点应是证明其遵守了监管要求。

5.17. 应根据相关管理系统对安全评定进行独立评审。

5.18. 非放射性环境影响评定通常是根据国家环境法律和法规进行的，不在本“安全导则”的范围之内。

5.19. 应证明一种系统和结构化的安全评定方法，同时考虑到废物管理过程中的所有阶段，既可作为单独阶段，或作为综合废物管理系统的一部分。为了更简单和更小的运行，这种综合废物管理系统可能相当简单明了。评定应考虑废物管理各步骤之间以及所涉各组织之间的相互依存关系。它还应考虑正常运行工况和异常运行工况，并应根据监管机构的要求提出行动建议，将已识别的风险降低到可接受的水平。

5.20. 在提议进行复杂和精细的废物管理操作时，一般宜采用复杂的危害分析。然而，对于大多数小型废物管理设施而言，采用简化的评定方法已经足够。附录 II 给出了这种简化评定的故障表示例。故障表的目的是识别危害，并提出工程、行政和应急控制建议使得产生的风险可接受。放射性风险和非放射性风险都应得到处理。

5.21. 安全评定的结果和结论必须以安全报告的形式记录在案（GSR Part 4 (Rev.1) [45]第 4.62 段）。安全报告应述及在正常工况和异常工况下可能产生的放射性风险和非放射性风险，并应采取行动将这些风险降低到可接受的水平。这类行动的安排包括参考水平、条件以及实际和行政程序，应构成运行文件的基础，废物管理设施的营运者应予以遵守。GSR Part 4 (Rev.1)

[45]规定了安全评定要求，GSG-3[20]提供了关于废物处置前管理设施安全评定和安全论证文件内容的建议。

安全论证文件和辅助安全评定

GSR Part 5[3]要求 15：安全论证文件和辅助安全评定

“安全论证文件及其辅助安全评定应以足够的详细程度和质量记录在案，以证明安全，并支持每一阶段的决定，以及允许对安全论证文件和安全评定进行独立评审和核准。文件应清楚记录并应包括根据可追踪的信息证明在安全论证文件中采取的方法是正当的的论据。”

5.22. “正当性说明必须解释为什么作出某些选择，并说明赞成和反对所作决定的理由，特别是那些与在安全论证文件中采取的主要方法相关的决定”（GSR Part 5[3]第 5.8 段）。

5.23. GSR Part 5[3]第 5.9 段指出：

“可追溯性是指追踪文档中提供的信息并用于编写安全论证文件的可能性。为了正当性说明和可追溯性，对于设施建设和运行中所作的决定和假设，以及安全评定中为获得结果而使用的模式和数据，都必须有一份记录齐全的记录。良好的可追溯性对于技术和监管评审以及建立公众信任非常重要。”

5.24. GSR Part 5[3]第 5.10 段指出：

“明确性是指在适当的细节层次上的良好结构和表述，以便能够理解安全论证文件中包含的论据。这就要求文档以这样一种方式呈现工作，即文档所针对的相关方能够很好地理解安全性论据及其基础。可能需要不同的文体和层次的文件，这取决于材料的目标读者。”

定期安全评审

GSR Part 5[3]要求 16：定期安全评审

“营运者应定期进行安全评审，并在评审后实施监管机构要求的任何安全更新，定期安全评审的结果应反映在设施安全论证文件的最新版本中。”

5.25. “必须定期评审安全评定，以确认需要遵守的任何输入假设仍在总体安全管理控制范围内得到充分控制”（GSR Part 5[3]第 5.11 段）。

5.26. GSR Part 5[3]第 5.12 段指出：

“安全评定及实施安全评定的管理系统，必须按照监管规定，每隔一段预定的时间定期评审一次。除了这些预先确定的定期评审外，以下情况下必须对安全评定进行评审和更新：

- 发生任何可能影响设施或活动安全的重大变化时；
- 在知识和理解方面有重大发展（如研究或运行经验反馈方面的发展）；
- 由于监管问题或事故而出现新的安全考虑时；
- 在安全分析中使用的计算机代码或输入数据等评定技术有重大改进时。”

5.27. 如果由于安全评定的结果，或由于任何其他原因，出现了改进防护和安全的时机，而且似乎改进是可取的，则应谨慎地作出任何相应的修改，而且只有在对防护和安全的所有影响作出顺利的评定之后才能这样做。应优先实施所有改进措施，以实现防护和安全最优化。

6. 放射性废物处置前管理设施和活动的开发和运行

概述

6.1. GSR Part 5[3]第 5.1 段指出：

“制定放射性废物处置前管理的授权、限值、条件和控制措施，得益于营运者、监管机构和其他相关各方之间的密切沟通与合作。”

6.2. GSR Part 5[3]第 5.2 段指出：

“监管机构有责任以清晰和明确的方式，制定和记录监管决策过程所依据的标准。监管机构提供的任何补充指导都必须考虑到可开发的各种放射性废物处置前管理设施以及可在这些设施开展的各种活动。”

6.3. 要求通过采用良好的工程实践和实施管理系统来确保放射性废物管理处置前设施的安全（见 GSR Part 5[3]要求 4 和 7）。特别是必须采用纵深防御的概念，它规定了防止因技术原因或人为错误而故障的多层次保护（见 GSR Part 3[5]第 3.40 段）。这应包括：

- (a) 放射性核素向环境迁移的几种物理屏障系统；
- (b) 保护屏障完整和效率的技术和组织手段；
- (c) 在屏障故障或丧失的情况下保护人类和环境的措施。

6.4. 在放射性废物处置前管理设施寿命的所有阶段（即选址、设计、建造、调试、运行、关闭和退役），需要提供技术和组织手段，来应用纵深防御概念，从而：

- “(a) 预防事故；
- (b) 缓解任何确实发生的事故的后果；
- (c) 在任何这类事故发生后将污染源恢复到安全状态”（GSR Part 3[5]第 3.40 段）。

设施的选址和设计

GSR Part 5[3]要求 17：设施的选址和设计

“放射性废物处置前管理设施的选址和设计应确保在预期运行寿期内，在正常和可能发生事故的情况下的安全及退役的安全。”

6.5. GSR Part 5[3]第 5.13 段指出：

“在设计中纳入的特征将在很大程度上取决于所要管理的放射性废物的性质、总库存量和潜在的放射性和非放射性危害，以及监管机构的要求。”

6.6. “从概念设计阶段起就必须处理运行维护、试验、视察和检测的需要”（GSR Part 5[3]第 5.14 段）。

6.7. 在设计加工放射性废物的设施时，应考虑提供下列设施：

- (a) 将放射性废物加工系统与设施内的其他系统以及贮存或处理其他潜在危害物质的场所和设施分开；
- (b) 辅助系统，例如采样或去污系统；
- (c) 在废物管理的所有阶段进行控制，包括对废物接收的控制，以及保护工作人员和工作环境安全的措施；
- (d) 适当密封放射性物质（如通风橱、滴水盘、密封和嵌入式工作台）和屏蔽（如铅块或混凝土块）；
- (e) 酌情根据工作场所被划为控制区或监管区的分类（例如通过标签、绳索或其他障碍物）划定工作场所；
- (f) 辐射监控（剂量率和表面污染的测量）；
- (g) 技术控制，如记录放射性废物的特征和控制最终产品的特征（废物体）；
- (h) 安排设备和系统的选址和布局，以便于正常运行、维护和控制；
- (i) 适当的装卸设备和选择短而简单的路线，以确保安全处理废物；
- (j) 易于去污的表面；
- (j) 适当的排水和通风系统（如空气过滤、气压差和流量考虑）；
- (k) 正常供电和应急供电；
- (l) 存放应急设备的场所；
- (m) 消防系统；
- (n) 实物保护措施。

6.8. 根据放射性废物的数量，安全安排可从在屏蔽箱内加工和贮存到专用的单独房间或设施不等。特定安排在很大程度上取决于放射性废物的活度、化学和物理特征、所涉数量以及现有技术。保持辐射剂量合理可达尽量低的要求和保持工作区无半衰期长放射性废物的要求，可能意味着应提供一个单独的房间，以便有秩序地贮存废物。然而，如果只产生极少量的放射性废物，即使工作持续很多天也可以使用工作场所附近的当地仓库或药品柜。

6.9. 一般而言，容器应适合于特定废物的安全管理，并应根据废物的化学和辐射特征、体积以及装卸和贮存说明进行选择。应避免容器因液体膨胀和产生气体或蒸气（主要是在处理有机液体时）而增压。

6.10. 贮存设施的设计应允许定期视察和监控，包括辐射监控（监控剂量率和表面污染）和废物货包的目视视察，以便及早获得任何物理退化或泄漏的迹象。建筑材料的使用寿命应与设想的贮存期相一致，贮存条件应能在这一贮存期内保持废物货包的特征。贮存设施的设计应考虑到有可能将贮存期延长，并从设施中回收放射性废物供随后处理或处置。

设施的建造和调试

GSR Part 5[3]要求 18：设施的建造和调试

“放射性废物处置前管理设施应按照安全论证文件中所述的设计建造，并得到监管机构的核准。设施的调试应核实设备、结构、系统和部件以及整个设施按计划运行。”

6.11. “营运者有责任按照核准的设计建造设施，包括实施所有需要的核实试验（如焊缝或地基试验）”（GSR Part 5[3]第 5.15 段）。监管机构负责确保营运者按照经核准的设计建造设施，并确保营运者开展的核实和建造活动得到核准。

6.12. “调试可分若干阶段进行，但须经监管机构评审和核准”（GSR Part 5[3]第 5.16 段）。

6.13. GSR Part 5[3]第 5.17 段指出：

“调试完成后，营运者通常会提交最终调试报告。该报告必须记录设施的竣工状态，这除了提供便于运行的信息外，在考虑今后可能对设施进行的修改以及关闭和退役时也很重要。报告必须描述所有试验并提供成功完成试验的证据，以及对设施或调试程序所作的任何修改的证据。报告必须保证所有授权条件都得到满足。营运者必须保存该报告，作为运行和制定退役计划所需文件的一部分。监管机构必须对该报告进行评定，以确保在同意该设施的运行之前满足所有条件和要求。必要时，必须更新安全论证文件以反映设施的竣工状态和调试报告的结论。”

6.14. “对具有重大安全影响、需要修订安全论证文件的设施进行改造，必须经过适用于新设施的相同监管控制和核准”（GSR Part 5[3]第 5.18 段）。

设施运行

GSR Part 5[3] 要求 19：设施运行

“放射性废物处置前管理设施应按照国家法规和监管机构规定的条件运行。运行应基于书面程序，应适当考虑设施的维护，以确保其安全运行。如果是由营运者制定的应急准备和响应计划，则须经监管机构核准。”

6.15. 申请任何放射性废物处置前管理设施许可证的营运者应向监管机构证明该设施的概念符合国家政策和战略。

6.16. GSR Part 5[3]第 5.19 段指出：

“并非在所有情况下都在授权文件中提供了运行限值、条件和控制，但它们可以在授权文件中提及的单独文件（有时称为安全相关技术规范）中给出。所有对安全重要的运行和活动都必须遵守有文件记录的限值、条件和控制，并且必须由训练有素、合格和称职的人员进行。”

6.17. GSR Part 5[3]第 5.20 段指出：

“监管机构要求的所有特定设施安全相关标准和书面运行程序必须提交监管机构核准。这类程序可包括定期维护、试验和视察对安全运行至关重要的系统方案。”

这类系统包括通风系统和污水处理系统。

6.18. 对于大型和/或集中贮存设施，申请许可证的营运者应确保在设计和建造设施时：

- (a) 有足够的贮存容量，可以考虑到加工、整备和处置设施的可得性方面的不确定性。设施的设计应考虑到可能需要处理事故产生的废物；
- (b) 该设施与预期的贮存期限相匹配，最好采用非能动安全特点，同时考虑到废物的潜在退化，并适当考虑到可能影响性能的场址特征，如地质、水文和气候；
- (c) 废物可酌情在适于解除监管控制或运输中的条件下进行视察、监控和保存；

- (d) 废物有适当的密封，例如，应确保设施结构和设备的完整性，以及废物体和容器在预期贮存期内的完整性。应考虑废物、容器和贮存环境之间的相互作用（如化学或电偶反应引起的腐蚀过程）；
- (e) 制定在必要时回收废物的规定。

设施关闭和退役

GSR Part 5[3]要求 20：设施的关闭和退役

“营运者应在设计阶段制定一项关闭和退役放射性废物处置前管理设施的初始计划，并应在整个运行期内定期更新该计划。设施的退役应根据监管机构核准的最终退役计划进行。此外，还应保证有足够的资金进行关闭和退役。”

6.19. GSR Part 5[3]第 5.21 段指出：

“在设计阶段，必须考虑放射性废物处置前管理设施的退役。目的是限制退役期间的职业照射、废物产生和发生事故的可能性。”

6.20. GSR Part 5[3]第 5.23 段指出：

“必须按照监管机构规定的条件关闭设施和退役。目标是通过减少职业照射、尽量减少废物产生和减少退役期间发生事故的可能性，便于今后的拆除活动。必须特别考虑到在这一阶段可能发生的对设施的任何责任转移。”

6.21. “两次退役计划的更新之间的时间周期将取决于设施类型和运行历史，必须与监管机构商定”（GSR Part 5[3]第 5.22 段）。

6.22. 营运者应在设施寿命的每个阶段考虑设施退役的各个方面。尤其在设施的设计和随后的任何改造。此外，在退役运行开始时，应确保继续执行必要的行政和管理控制，或将根据新的情况加以改变。原则上，只有在下列情况下才应开始拆除加工或贮存设施：

- (a) 放射性废物和其他潜在危害物质已被移出；
- (b) 要拆除的系统和部件已被去污。

然而，如果在去污和拆除之前没有移出所有废物，设想这种情况的安全论证文件也是可接受的。

6.23. 可能需要延长退役活动产生的废物的贮存期。退役活动可以单独进行也可以结合进行，具体取决于加工或贮存设施的类型和规模、放射性废物以及国家战略和集中贮存和处置设施的可用性。GSR Part 6[18]和 SSG-49[19]提供了进一步的要求和指导。

现有设施

GSR Part 5[3]要求 22：现有设施

“应评审现有设施的安全性，以核实是否符合要求。营运者应根据国家政策和监管机构的要求进行与安全相关的升级。”

6.24. 营运者应与监管机构合作，确定一个合理的时间范围，以便在此时间范围内采取必要措施实现合规。

6.25. 本“安全导则”中给出的建议旨在适用于本“安全导则”范围内考虑的所有设施。GSR Part 5[3]第 5.25 段指出：

“由于现有设施可能不符合所有要求，必须根据国家政策就这些设施的安全作出决定。在这种情况下必须利用监管机构发起的评审来确定哪些设施不符合所有要求，需要进一步修改或运行限值或需要关闭。”

7. 管理系统

概述

GSR Part 5[3]要求 7：管理系统

“管理系统应适用于放射性废物处置前管理的所有步骤和要素。”

7.1. GSR Part 5[3]第 3.24 段指出（引文略）：

“为确保放射性废物处置前管理设施的安全，以及符合废物验收标准，我们会在废物处置设施的选址、设计、建造、运行、维护、关闭和退

役以及废物加工、装卸和贮存设施的所有方面实施管理系统。对安全运行重要的特点，以及在管理系统中考虑的特点，将根据安全论证文件 and 环境影响评定来确定。这些活动必须得到有效管理系统的支持，以建立和维持强有力的安全文化。”

管理系统涵盖管理的所有方面，包括质量保证和质量控制安排（另见 GS-G-3.3[30]）。

7.2. 有效的管理系统是保障放射性废物管理安全、保护人类健康和环境的前提。废物管理计划的管理和证实应通过建立一个经监管机构核准的正式管理系统并在该体系下开展工作来实现。管理系统应与开展的活动、产生的废物和废物管理计划的复杂性相称。管理系统应确保放射性废物管理活动符合授权条件，并应便于向监管机构提供信息。

7.3. 医学、工业、农业、研究和教育部门的放射性物质使用者、废物管理设施的营运者和监管机构将适用对管理系统的要求。

7.4. 为建立和维护一个综合管理系统，应考虑下列长期方面（并考虑到废物加工和贮存期的长短）：

- (a) 保存技术和知识，并将这些知识转移给今后加入本组织的个人；
- (b) 放射性废物和废物管理设施所有权的保留或转让；
- (c) 技术人力资源和管理人力资源的继任计划；
- (d) 继续作出与相关各方互动的安排；
- (e) 提供充足的财务资源（设施和设备的维护和最终退役所需的资源是否充足，可能需要在可能长达几十年的运行期间定期评审）；
- (f) 记录和信息的保存和质量（如放射性废物库存的详细情况、与设施的选址、设计、调试、运行和退役相关的记录，以及与安全论证文件开发相关的记录）；
- (g) 规定进行评审以确保管理系统的目标能够继续实现。

7.5. GS-G-3.1[29]和 GS-G-3.3[30]对作为全面质量管理方法一部分的管理系统的详细组成部分提供了指导。

7.6. 营运者应当定期对本组织管理系统的实施情况进行监查。当发现偏差时，应提出、采取适当的纠正措施并记录。

7.7. 监查工作应包括修订质量保证程序，删除任何无助于设施或活动安全的程序。

记录保存和报告

7.8. 作为放射性废物管理系统的一部分，应建立一个适当和全面的记录系统。应适当记录、更新（如加工过程中废物特征的变化）、转移（在废物管理阶段之间或转移到另一个负责组织）和保留废物库存信息，以确保今后在必要时可获得相关信息。

7.9. 营运者应定期评审记录系统的正常运行工况。被视为废物的不再使用的密封源的历史记录中与安全相关的细节应列入清单。记录系统应考虑到废物从收集到长期贮存和/或处置的可追溯性。

7.10. 营运者应确保与主要放射性废物特征相关的信息得到充分维护和保留，特别是：

- (a) 废物的来源；
- (b) 废物的物理和化学形态；
- (c) 废物的数量（体积和/或重量）；
- (d) 放射性特性（放射性浓度、总活度、存在的放射性核素及其相对比例，包括测量日期）；
- (e) 物理和化学性质；
- (f) 根据分类计划对废物进行分类，以方便运行；
- (g) 按照国家废物分类制度对废物进行分类；
- (h) 热性能（若适用）；
- (i) 与废物和有害物质浓缩相关的任何化学、病原体或其他非放射性危害；
- (j) 由于临界问题、需要导出衰变热或显著升高的放射性水平而进行的任何必要的特殊处理。

7.11. 产生放射性废物的设施的营运者应保存以下记录，以确保在废物管理活动中进行适当控制：

- (a) 产生的放射性废物（例如产生日期、废物特征）；

- (b) 贮存中的放射性废物（包括废物的识别、来源、定位、物理和化学特征）；
- (c) 已取消监管或排放到环境中的材料（包括与取消监管或排放到环境中的过程相关的数据）；
- (d) 已退回供应商的不再使用的密封源；
- (e) 转移到另一废物管理设施的放射性废物和不再使用的密封源；
- (f) 不符合项的情况和采取的应对行动。

7.12. 对于放射性废物的处理和贮存设施，相关废物管理活动的记录应包括以下内容：

- (a) 收集或接收的与废物和任何不再使用的密封源相关的数据；
- (b) 国家废物库存清单所需的数据；
- (c) 废物表征所需的数据；
- (d) 废物预处理、处理、整备过程的记录；
- (e) 与采购必须在一定时期内提供隔离的容器（例如在处置设施中）相关的文件；
- (f) 废物货包规范及个别容器、货包的监查记录；
- (g) 运行绩效的趋势；
- (h) 不符合废物货包规范的情况以及为纠正这些情况而采取的行动；
- (i) 与解控或排放的物质相关的数据；
- (j) 从事件和事故中吸取的教训。

7.13. 必要时，营运者应确保维护现场平面图、工程图纸、规范和加工说明以及运行程序和安全相关运行说明。质量控制活动和运行活动的结果应记录在案。

7.14. 营运者还应保存相关放射性废物处置前管理设施在调试、运行、改造或退役期间的安全信息的记录。

7.15. 监管机构应具体说明营运者提交定期报告的时间、范围和内容，以及说明任何不符合安全要求或计划外情况的报告。报告可包括以下内容：

- (a) 已取消监管或排放到环境中物质的详细情况；

- (b) 退回供应商的不再使用的密封源的详细情况；
- (c) 目前的放射性废物库存，包括废物的识别、来源、定位、物理和化学特性、放射性核素组成、总活度或放射性浓度（附有测量或估计日期），并酌情提供从设施中移除的放射性废物记录；
- (d) 安全评定方法和安全评定结果；
- (e) 废液监控和环境监控结果；
- (f) 运营者的内部监查结果和其他调查结果；
- (g) 在废物加工过程中发生的任何紧急情况、为处理这种情况而采取的方法和吸取的经验教训。

7.16. 如果放射性废物丢失或被盗，或流出物的排放超过规定的限值，运营者应立即通知监管机构，并应提交一份书面报告，说明此事和所采取的行动。

7.17. 在转移废物时，应向后续步骤的运营者提供相关记录。

7.18. 监管机构还可要求运营者定期提交废物产生和管理状况的概要。

安全文化

7.19. 所有参与放射性废物的产生和管理及其监管的组织都应发展和维持一种强有力的安全文化[22、30]。安全文化包括组织各级领导、管理和人员对安全的个人和集体承诺。应作出努力使本组织各级对妥善管理放射性废物的必要性有足够的认识，并应防止在相关运行的任何方面自满（见 SF-1[2] 第 3.13 段）。

7.20. 所有个人都应对放射性废物管理计划的充分性和有效性采取质疑和学习态度，并应始终设法改进防护和安全的安排。

附录 I

医学、工业和研究中使用的典型辐射源及产生的相关放射性废物

I.1. 电离辐射源在医学、工业、研究和其他领域有着广泛的应用。医疗中使用的许多放射源也用于药物研究或放射性药物的制造。由于放射性物质的初始生产及随后的使用，产生了各种形式的放射性废物。一般而言，这种废物包括不再有用的放射性物质被视为废物；受到污染的物项，如纸张、塑料手套和盖子；计数管和玻璃器皿；病人的排泄物。除了这类常规废物外，涉及放射性物质的事故也可能产生各种成分的废物。与废物相关的风险以及因此应采取的预防措施因应用、放射性核素和数量的不同而大不相同。

I.2. 放射性物质有两种不同的形式。密封源的使用形式使得放射性内容物扩散的可能性很低。非密封源是可分散的，尽管与它们所处的化学介质结合在一起。表 1 和表 2 提供了关于医学、工业和研究中使用的主要非密封源和密封源的资料。

放射性核素生产

I.3. 粒子加速器和核反应堆用于生产放射性核素。在粒子加速器和反应堆中产生的放射性核素在靶件和胶囊中产生，这些靶件和胶囊被移出以进行处理和净化。所产生的液态废物体积较小，活度较高，而干的固体废物体积较大，活度较低。

医学应用

I.4. 放射性物质在医学中用于诊断、治疗和研究，包括下列应用：

- (a) 使用未密封的放射性核素进行临床诊断和研究的体外放射分析；
- (b) 放射性药物在体内的临床诊断、治疗和在医学研究中使用未密封的放射性核素；
- (c) 使用植入病人体内或用于外部设备的密封源的放射疗法。

I.5. 体外放射分析使用市场上可买到的试剂，其中仅含有千贝可的放射性核素。在许多国家，这种活动不受监管机构的控制，因为使用过的试剂符合豁免的要求。碘-125 是主要的放射性核素，每次试验通常涉及非常少量的放射性活度。在每次单独试验后和试剂失效后，放射性物质和受污染的物项通常作为常规废物处理。

I.6. 对于主要的体内应用，要研究或治疗的特定器官决定所使用的放射性药物的类型和给患者的用量。在用于成像工作的放射性核素中，钨-99m 是最常见的，其放射性半衰期为 6 小时。通常在无菌环境中从含有钨-99 芯的商用生产器中洗脱。由于钨-99 的半衰期为 66 小时，因此大约每周需要更换一次发电机。制备钨-99m 标记剂所产生的废物，如丢弃的小瓶、注射器和棉签，可能受到放射性核素的污染，但由于半衰期短，放射性迅速衰减，因此可以解除监管，将废物作为常规废物处理。然而，当对大量的钨-99m 进行衰变贮存时，应当注意钨-99m 的衰变产物，即钨-99c 是具有放射性的并且半衰期很长。

I.7. 给病人治疗使用的放射性核素，如碘-131、磷-32、钷-90、铯-137 和锶-90，其剂量为 200 兆贝可到 11 吉贝可不等。在治疗中，应适当注意病人排泄物和被弄脏的亚麻布等废物中所含的放射性污染物。

I.8. 密封的放射源含有其他放射性核素，如钴-60、铯-137 和钨-188，用于病人的临时植入治疗、外照射治疗和血液制品的照射。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-46 号《医用电离辐射的辐射防护和安全》[46]提供了关于辐射医疗用途的辐射防护，包括安全处理医疗废物的详细指导。

表 1. 医学和生物研究中使用的典型非密封源

放射性核素	半衰期	主要应用	每种应用的典型活度	废物特征
³ H	12.3 年	放射性标记生物学研究有机合成	高达 50 吉贝可	溶剂、固态、液态
¹¹ C	20.4 分钟	正电子发射断层成像肺通气研究	高达 2 吉贝可	固态、液态
¹⁴ C	5730 年	医学诊断生物学研究标记	高达 1 兆贝可 高达 50 吉贝可 高达 50 吉贝可	(呼出的二氧化碳) 固态、液态、溶剂
¹⁵ O	122 秒	正电子发射断层成像肺通气研究	高达 2 吉贝可	固态、液态
¹⁸ F	1.8 小时	正电子发射断层成像	高达 500 兆贝可	固态、液态
²⁴ Na	15.0 小时	生物学研究	高达 5 吉贝可	液态
³² P	14.3 天	治疗核医学生物学研究	高达 200 兆贝可	固态、液态
³³ P	25.4 天		高达 50 兆贝可	
³⁵ S	87.4 天	医学和生物学研究	高达 5 吉贝可	固态、液态
³⁶ Cl	3.01×10 ⁵ 年	生物学研究	高达 5 兆贝可	气态、固态、液态
⁴⁵ Ca	163 天	生物学研究	高达 100 兆贝可	主要是固态、一些液态
⁴⁶ Sc	83.8 天	医学和生物学研究	高达 500 兆贝可	固态、液态
⁵¹ Cr	27.7 天	诊断核医学生物学研究	高达 5 兆贝可 高达 100 兆贝可	固态主要是流出物
⁵⁷ Co	271.7 天	诊断核医学生物学研究	高达 50 兆贝可	固态、液态流出物
⁵⁸ Co	70.8 天			

表 1. 医学和生物研究中使用的典型非密封源（续）

放射性核素	半衰期	主要应用	每种应用的典型活度	废物特征
⁵⁹ Fe	44.5 天	诊断核医学生物学研究	高达 50 兆贝可	固态，主要为液态
⁶⁷ Ga	3.3 天	诊断核医学	高达 200 兆贝可	固态、液态
⁶⁸ Ga	68.2 分钟	正电子发射断层成像	高达 2 吉贝可	固态、液态
⁷⁵ Se	120 天	诊断核医学	高达 10 兆贝可	固态、液态
^{81m} Kr	13.3 秒	肺通气研究	高达 6 吉贝可	气态
⁸⁵ Sr	64.8 天	生物学研究	高达 50 兆贝可	固态、液态
⁸⁶ Rb	18.7 天	医学和生物学研究	高达 50 兆贝可	固态、液态
^{82m} Rb	6.2 小时	诊断核医学	高达 50 兆贝可	固态、液态
⁸⁹ Sr	50.5 天	治疗核医学	高达 300 兆贝可	固态、液态
⁹⁰ Y	2.7 天	诊断核医学治疗核医学	高达 300 兆贝可	固态、液态
⁹⁵ Nb	35.0 天	医学和生物学研究	高达 50 兆贝可	固态、液态
^{99m} Tc	6.0 小时	诊断核医学生物学研究核素发生器	高达 100 吉贝可	固态、液态
¹¹¹ In	2.8 天	临床测量生物学研究	高达 50 兆贝可	固态、液态
¹²³ I	13.2 小时	医学和生物学研究诊断核医学治疗核医学	高达 500 兆贝可	固态、液态、偶尔蒸气
¹²⁵ I	60.1 天			
¹³¹ I	8.0 天			
¹¹³ Sn	155.0 天	医学和生物学研究	高达 50 吉贝可	固态、液态

表 1. 医学和生物研究中使用的典型非密封源（续）

放射性核素	半衰期	主要应用	每种应用的典型活度	废物特征
^{133}Xe	5.3 天	诊断核医学	高达 400 兆贝可	气态、固态
^{153}Sm	1.9 天	治疗核医学	高达 8 吉贝可	固态、液态
^{169}Er	9.3 天	治疗核医学诊断核医学	高达 500 兆贝可	固态、液态
^{198}Au	2.7 天	治疗核医学诊断核医学	高达 500 兆贝可	固态、液态
^{201}Tl	3.0 天	诊断核医学	高达 200 兆贝可	固态、液态
^{203}Hg	46.6 天	生物学研究	高达 5 兆贝可	固态、液态

表 2. 密封源在医学、工业和研究中的应用

应用	放射性核素	半衰期	源活度	备注
骨密度测定	^{241}Am	433.0 年	1-10 吉贝可	移动设备
	^{153}Gd	244.0 天	1-40 吉贝可	
	^{125}I	60.1 天	1-10 吉贝可	
	$^{239}\text{Pu-Be}$	2.41×10^4 年	变化	
手工近距离放射治疗	^{198}Au	2.7 天	50-500 兆贝可	小型便携式源
	^{137}Cs	30.0 年	30-300 兆贝可	
	^{226}Ra	1600 年	50-500 兆贝可	
	^{32}P	14.3 天	变化	
	^{60}Co	5.3 年	变化	
	^{90}Sr	29.1 年	50-1500 兆贝可	
	^{103}Pd	17.0 年	50-1500 兆贝可	
	^{125}I	60.1 天	50-1500 兆贝可	
	^{192}Ir	74.0 天	200-1500 兆贝可	
远程装载后近距离放射治疗	^{137}Cs	30.0 年	0.03-10 兆贝可	移动设备
	^{192}Ir	74.0 天	200 太贝可	
远程治疗	^{60}Co	5.3 年	50-1000 太贝可	固定设备
	^{137}Cs	30.0 年	500 太贝可	
	^{226}Ra	1600 年	变化	
全血辐照	^{60}Co	5.3 年	50-1000 太贝可	固定设备
	^{137}Cs	30.0 年	2-100 太贝可	
研究	^{60}Co	5.3 年	高达 750 太贝可	固定设备
	^{137}Cs	30.0 年	高达 13 太贝可	
消毒灭菌	^{60}Co	5.3 年	高达 40 帕贝可	固定设备
校准源、解剖标记、仪器仪表标准源	^{63}Ni	100 年	<4 兆贝可	仪器仪表中的固定设备或移动源
	^{137}Cs	30.0 年	<4 兆贝可	
	^{57}Co	271.7 年	高达 400 兆贝可	
	^{226}Ra	1600 年	<10 兆贝可	
	^{147}Pm	2.62 年	<4 兆贝可	
	^{36}Cl	3.01×10^5 年	<4 兆贝可	
	^{129}I	1.57×10^7 年	<4 兆贝可	

表 2. 密封源在医学、工业和研究中的应用（续）

应用	放射性核素	半衰期	源活度	备注
测厚仪、	^{22}Na	2.6 年	变化	
密度计、	^{55}Fe	2.6 年	高达 5 吉贝可	
测井、	^{85}Kr	10.7 年	高达 100 吉贝可	
湿度探测器、	^{90}Sr	28.1 年	高达 10 吉贝可	
X 射线荧光	^{109}Cd	1.27 年	变化	
	^{134}Cs	2.1 年	高达 20 吉贝可	
	^{137}Cs	30.0 年	高达 10 吉贝可	
	^{147}Pm	2.62 年	高达 2 吉贝可	
	$^{241}\text{Am}-\text{Be}$	433 年	高达 500 吉贝可	
	^{238}Pu	87.7 年	高达 5 吉贝可	
	^{252}Cf	2.6 年	高达 10 吉贝可	
静电消除器	^{210}Po	138 天	高达 20 吉贝可	移动设备
电子俘获探测	^3H	12.3 年	高达 10 太贝可	移动设备
器	^{63}Ni	100 年	高达 50 吉贝可	
工业射线照相	^{169}Yb	32 天	高达 1 太贝可	移动设备
	^{170}Tm	128.6 天	高达 1 太贝可	
	^{60}Co	5.3 年	高达 15 太贝可	
	^{75}Se	120 天	高达 2 太贝可	
	^{137}Cs	30.0 年	高达 3 太贝可	
	^{192}Ir	74.0 天	高达 5 太贝可	

研究程序

I.9. 使用放射性核素进行的研究可能涉及以下方面：

- (a) 生产和标记化合物，产生含有放射性核素的废物，如氚、碘-125、碳-14 或磷-32。这类应用中使用的放射性核素的范围通常受到相当大的限制，标记化合物的活度含量很低；
- (b) 对新陈代谢学、毒理学或环境途径的研究，涉及药物、杀虫剂、肥料和矿物质等一系列化合物。工作可能与新药制造、作物生产和环境研究等领域相关。也可能关系到动物，导致放射性排泄物、尸体和草垫。在

研究许多化合物的毒理学及其相关代谢途径时，最常用的放射性核素是碳-14 和氚，因为它们可以很容易地结合到复杂的分子中，而磷-33 在遗传学中被广泛用作示踪剂；

- (c) 临床过程的发展和制备的化合物（如药物）在涉及人类和动物的工作中的应用；
- (d) 与商业核燃料循环设施未进行的核燃料循环相关的研究。研究通常在实验室进行，使用少量易裂变材料（铀、钚）和寿命较长的裂变产品，主要是铯-137 和锶-90。产生的废物包括含有裂变产品和易裂变材料的固体材料和液体；
- (e) 物理、材料和生物领域的基础研究（例如在穆斯堡尔谱学（Mössbauer）中使用钴-57，在水文学中使用氚作为示踪剂）。

工业应用和其他应用

I.10. 密封源广泛用于各种工业应用。这类应用包括无损检测（射线照相和计量）以及食品和其他产品的消毒。密封源也用于过程控制和实验室设备的校准。主要的放射性核素以非常浓缩的形式存在，总的放射性活度取决于应用和放射源的性质。营运者认为，密封源在衰变到对其原有用途不再有用的程度时，或由于其所在的设备已经过时，或由于例行试验表明放射源正在泄漏时，即为废物。

I.11. 工业上使用非密封源作为示踪剂的一个示例是评价工厂和机械中关键部件的磨损和腐蚀，如发动机部件、炉衬和金属表面的磨损。涉及非密封源的其他应用包括监控污水处理厂和研究垃圾填埋场的性能、地下水的流动以及冷却水或气态流出物的分散和稀释。在大多数情况下，使用的是短寿命放射性示踪剂。放射性同位素示踪技术的工业应用通常比实验室规模的应用规模更大。某些消费品，如烟雾探测器（镅-241）、出口标志（氚）和静电消除器（钋-210）中使用的放射性核素可能产生废物。应注意需要管理这些来源产生的大量废物。

I.12. 密封和非密封源也用于教育学生 and 培训应急计划人员和民防部队成员。所有这些应用都会产生废物，其活度通常非常低。

废物类型

I.13. 放射性废物可以是液态、固态或气态。液态废物可进一步细分为含水废物和有机废物，而固态废物可细分为可压缩废物和不可压缩废物以及可燃废物和不可燃废物。

放射性废液

I.14. 在放射性同位素生产设施中，含水废物来自化学处理，主要是靶件材料的蚀刻和溶解。这种溶液体积小，通常被放射性核素杂质污染。取决于所使用的化学方法，含水废物可能具有很强的化学反应性。

I.15. 在医院中，含水废物的类型取决于治疗和诊断核医学中使用的技术。大多数用于诊断的放射性核素寿命很短（半衰期不到 10 天）。

I.16. 代谢途径的研究可能涉及实验动物。可能在工作不同阶段使用到动物，导致粪便、血液、尸体和垫子被污染。这些材料中的一些可能成为常规含水废物流的一部分，从而产生潜在的生物危害。在某些情况下，寿命较长的放射性核素被用于标记这种研究的微球。虽然这些微球是固体，但它们很容易悬浮在废液中。小动物尸体也可以浸软从而成为液态形式，使它们适合作为含水废物排放。

I.17. 放射性化学中子活化分析也会产生含水废物。这类废物的化学成分可能千差万别，但放射性核素的寿命往往相对较短。在小型核研究中心，液态废物可能受到短寿命放射性核素和长寿命放射性核素如碳-14 和氚的污染。个别放射性物质使用者产生的液态废物量一般不可能很大。然而，放射性标记过程产生的废物可能具有相对较高的放射性浓度，一般应与活度较低的洗涤溶液分开。一般不使用发射 α 射线的放射性核素（铀和钍化合物除外）或寿命较长的 γ 发射体，如铯-137 和钴-60。

I.18. 无论工作领域如何，受污染的设备和设施都可能需要清洗、去污和消毒，从而产生放射性含水废物，这些废物可能具有相关的生物危害。这种废物可能含有大量用于溶解放射性污染物的络合剂。

液态有机放射性废物

I.19. 液态有机放射性废物通常包括真空泵油、润滑油和液压油、来自分析实验室的闪烁溶液、来自溶剂萃取和铀精炼研究的溶剂以及各种有机溶剂。这类废物大多来自核研究中心的工作。取决于源，废物中含有的发射 β 和 γ 射线的放射性核素数量相对较少。与其他类别的放射性废物相比，放射性核素的核应用所产生的液态有机废物的体积一般较小。

I.20. 有机闪烁液体通常是通过测量由芳香族有机化合物组成的样品和所研究的材料中的低能 β 和 γ 发射体而产生的。废物中最常见的放射性核素是氚和碳-14，较少见的是碘-125 和硫-35。

I.21. 在各种运行中可能会产生许多不与水混溶的有机溶剂。这些溶剂包括四氯化碳、三氯乙烷和四氯乙烯。在使用少量与水混溶的有机溶剂（丙酮、酒精）的情况下，通常将其作为常规含水废物处理。

I.22. 在核研究中心，提取铀和钚最常用的溶剂是磷酸三丁酯。在萃取过程中，磷酸三丁酯通常用液体如石蜡稀释。有时其他有机化合物也用于提取重金属，包括三氨基化合物和叔氨基化合物，而与磷酸三丁酯相比，这些有机化合物体积通常很小。

固态放射性废物

I.23. 医疗和研究实验室产生的大多数固体废物属于可燃废物。这包括纸巾、棉签、纸、纸板、塑料、橡胶手套、防护服和面具、动物尸体和生物材料。

I.24. 不可燃废物包括玻璃器皿、废金属和使用放射性核素的设施退役产生的废物。

I.25. 第 I.23 段和第 I.24 段中的类别并不互斥。这一分类应用于固体废物的分离，其依据是压实或焚烧可合理预期的体积减少程度。在医学、工业、研究和教学活动中产生的废物主要是可燃性的，如果不存在生物危害，也可归类为可压缩废物。

I.26. 固体废物包括防护服、塑料布和塑料袋、橡胶手套和橡胶垫、鞋套、抹布和毛巾。这类材料通常只受到轻微污染，可能没有表现出可测量的

污染，但初始被归类为放射性废物，纯粹是因为它产生于控制区。也许有可能将这类材料取消监管，作为工业废物加以处置。然而，某些个别物项可能受到严重污染，特别是如果它们直接参与涉及高活度非密封源的程序或实验。

I.27. 不再使用的密封源具有广泛的活度范围，这取决于其初始用途：从几千贝可的检查源到几太贝可的外部束放射处理源。虽然不再使用的密封源通常只占某一营运者产生的放射性废物体积的一小部分，但它们产生废物的放射性含量可能占主导地位。虽然外照射放射处理源和其他大型放射处理源的放射性活度可能低于有用水平，但这些放射处理源造成伤害的可能性仍然很大。特别是，外照射放射处理源通常含有可分散形式的铯化合物（铯-137），如果它们的主要封闭物被破坏就会造成严重危害[45]。

I.28. 医疗活动和研究活动可能产生受污染的材料和设备，可能包括被拆除的试验台或外科植入物的部件。这类材料和设备可由玻璃、金属或塑料制成，其活度因用途不同而大不相同（见表1和表2）。

I.29. 活化材料包括屏蔽材料（如贫化铀）和同位素容器，使其免受同位素生产或研究反应堆中材料试验的影响。钢中钴-60和其他放射性杂质的活度通常最高。对于回旋加速器的生产，放射性核素的最高活度通常是铟-65，由铜产生。这些材料的残留活度是辐照和衰变周期的函数，这类物项一般不可能是可燃或可压缩的。

I.30. 动物尸体的放射性浓度取决于动物的种类和所采用的实验程序。如果尸体在处置前发生任何程度的分解，可能会造成生物和化学危害。受长寿命放射性核素污染的尸体需要特别仔细的考虑，特别是在焚烧不可行的情况下。

I.31. 废物处置前管理设施的退役可能产生固体废物，包括建筑材料、设备部件和土壤。退役废物的主要特点是废物体积较大，放射性核素寿命较长。

气态或气载废物

I.32. 一系列核应用可能产生气体或气载放射性废物。一些医疗应用使用放射性气体，如氙-133、氩-81m或钨-99m，用于研究肺通气的短寿命正电子发射器，如氟-18和碳-11。

附录 II

安全评定和环境影响评定的故障表

表 3. 故障表列出了安全评定和环境影响评定的简化方法

过程阶段	危害	控制措施		降低风险	应急安排
		工程措施	管理措施		
确定废物管理中与安全相关的所有阶段和接口	识别正常和异常工况下每个阶段的外部事件（如洪水、火灾、地震、海啸）	提供相关工程控制措施的信息。例如包括但不限于：保护设备、屏蔽、热绝缘和/或电绝缘	提供相关行政控制措施的信息。例如包括但不限于：运行说明、程序、限值、条件、要求	在考虑了控制措施后，对正常和异常工况下每个阶段的降低（控制）风险进行量化	提供应急措施信息。例如包括但不限于：个人防护设备、断电装置、外部安全支撑准备

附录 III

固态放射性废物管理流程图

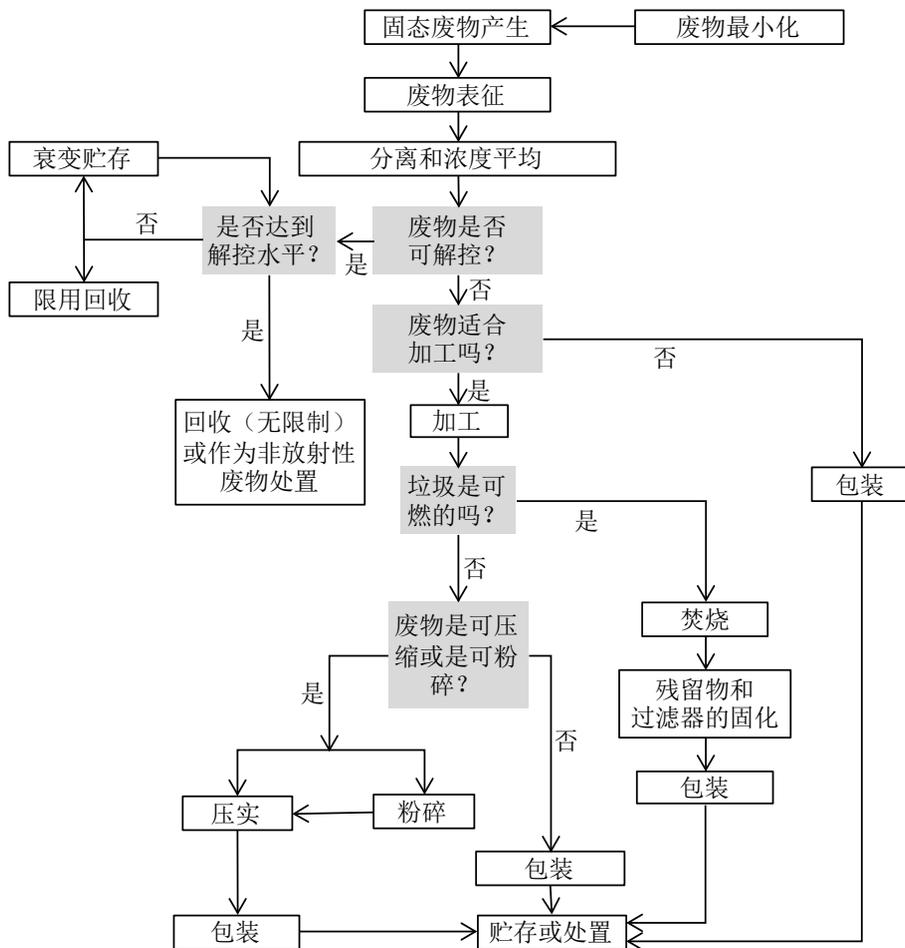


图 1. 说明固态放射性废物管理主要步骤的流程图。

附录 IV

生物放射性废物管理流程图

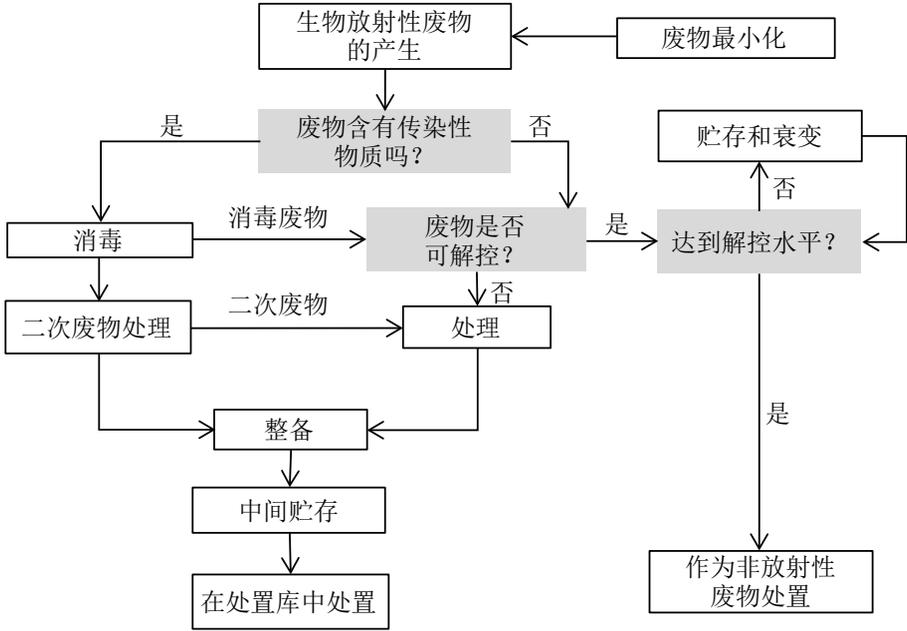


图 2. 说明生物放射性废物管理主要步骤的流程图。

附录 V

不再使用的密封源管理流程图

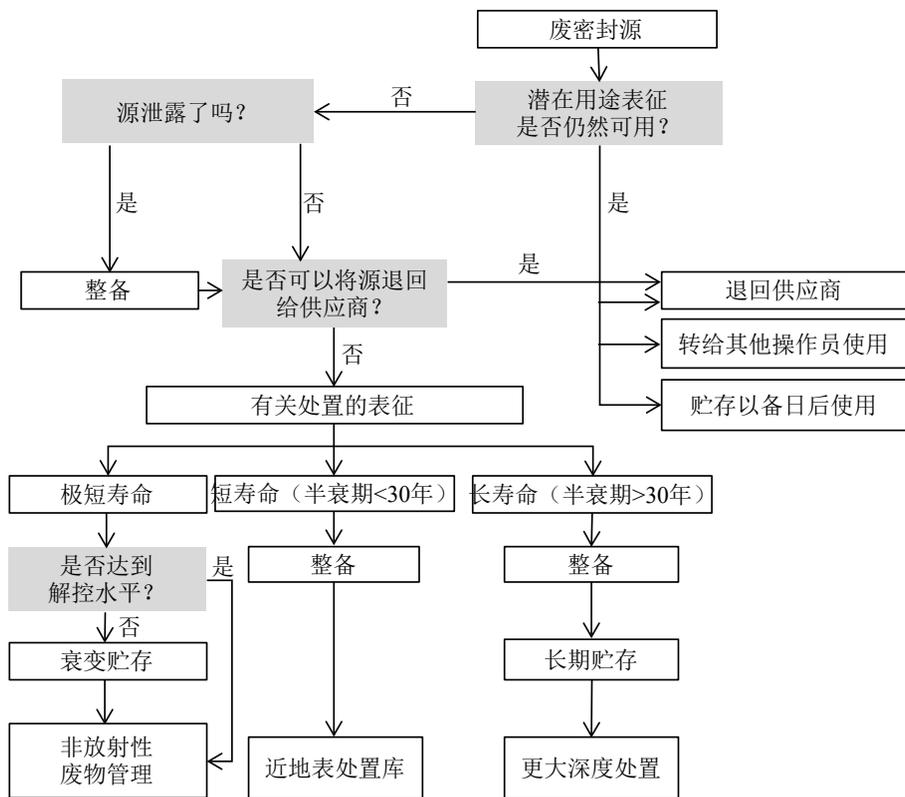


图 3. 说明废密封源管理主要步骤的流程图。

参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》(2018年版),国际原子能机构,维也纳(修订版编写中)。
- [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] 国际原子能机构《放射性废物处置前管理》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 5 号,国际原子能机构,维也纳(2009年)。
- [4] 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)。
- [5] 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)。
- [6] 国际原子能机构《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》,国际原子能机构《国际法丛书》第 1 号,国际原子能机构,维也纳(2006年)。
- [7] 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)。
- [8] 国际原子能机构《放射源安全和安保行为准则》,IAEA/CODEOC/2004,国际原子能机构,维也纳(2004年)。
- [9] 国际原子能机构《辐射发生器和密封放射源的安全》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.10 号,国际原子能机构,维也纳(2006年)。

- [10] 国际原子能机构《核燃料循环设施放射性废物处置前管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-41 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [11] 国际原子能机构《核电厂和研究堆放射性废物处置前管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-40 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [12] 国际原子能机构《矿石开采和冶炼中放射性废物的管理》，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）。（修订版编写中）
- [13] 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）。
- [14] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》（2018 年版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6（Rev.1）号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [15] 国际原子能机构《国际原子能机构〈放射性物质安全运输条例〉咨询材料》（2012 年版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-26 号，国际原子能机构，维也纳（2014 年）。（修订版编写中）
- [16] 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）。
- [17] 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（2018 年）。
- [18] 国际原子能机构《设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 6 号，国际原子能机构，维也纳（2014 年）。
- [19] 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 SSG-49 号，国际原子能机构，维也纳（修订版编写中）。

- [20] 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）。
- [21] 国际原子能机构、经济合作与发展组织核能机构《消费品辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-36 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [22] 国际原子能机构《安全的领导和管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [23] 国际原子能机构《放射性废物的分类》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-1 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [24] 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）。
- [25] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际民用航空组织、国际劳工组织、国际海事组织、国际刑警组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、全面禁止核试验条约组织筹备委员会、联合国环境规划署、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织、世界气象组织，《核或辐射应急准备与响应》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 7 号，国际原子能机构，维也纳（2015 年）。
- [26] 国际原子能机构、国际劳工组织，《职业辐射防护》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [27] 国际原子能机构、联合国环境规划署，《设施和活动的预期放射性环境影响评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-10 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [28] 国际原子能机构《辐射防护的环境和源监控》，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）。
- [29] 国际原子能机构《设施和活动管理系统的适用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。

- [30] 国际原子能机构《放射性废物的处理、操作和贮存管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.3 号，国际原子能机构，维也纳（2008 年）。
- [31] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、泛美卫生组织、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织，《核或辐射应急准备的安排》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。
- [32] 《机构保障系统》，国际原子能机构《情况通报》第 INFCIRC/66/Rev.2 号，国际原子能机构，维也纳（1968 年）。
- [33] 《各国和国际原子能机构间实施保障协定的附加议定书范本》，国际原子能机构《情况通报》第 INFCIRC/540（更正本）号，国际原子能机构，维也纳（1997 年）。
- [34] 《原子能机构与各国之间就〈不扩散核武器条约〉所需要的协定的结构和内容》，国际原子能机构《情况通报》第 INFCIRC/153（更正）号，国际原子能机构，维也纳（1972 年）。
- [35] 国际原子能机构《国家核安保制度的目标和基本要素》，国际原子能机构《核安保丛书》第 20 号，国际原子能机构，维也纳（2013 年）。
- [36] 国际原子能机构《关于核材料和核设施实物保护的核安保建议》（《情况通报》第 INFCIRC/225/Revision 5）号，国际原子能机构《核安保丛书》第 13 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [37] 国际原子能机构《放射性物质和相关设施的核安保建议》，国际原子能机构《核安保丛书》第 14 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [38] 国际原子能机构《恢复对无看管源控制和改进对易受攻击源控制国家战略》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-19 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [39] 国际原子能机构《放射性废物表征的策略与方法》，国际原子能机构《技术文件》第 1537 号，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。
- [40] 国际原子能机构《易裂变材料的操作中临界安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-27 号，国际原子能机构，维也纳（2014 年）。

- [41] 国际原子能机构《放射性废物货包规格的制定》，国际原子能机构《技术文件》第 1515 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [42] 国际原子能机构《放射源的安保》，国际原子能机构《核安保丛书》第 11 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [43] 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）。
- [44] 国际原子能机构《哥亚尼亚的放射事故》，国际原子能机构，维也纳（1988 年）。
- [45] 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）。
- [46] 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，《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）。

附件 I

不再使用的密封源示例及其管理技术鉴定

表 I-1. 常用不再使用的密封源及其安全管理技术和设备示例

同位素 α 源 (低活度)	半衰期	应用	操作设备	监控	包装	贮存容器
^{241}Am	432.2 天	烟雾探测器 避雷针 静电消除器	手套箱 乳胶手套	α 探测	不锈钢内筒	混凝土桶
^{210}Po	138.38 天	静电消除器	乳胶手套			
^{238}Pu	87.74 年	X 射线荧光分 析仪	手套箱			
^{239}Pu	24 181 年	烟雾探测器	手套箱		密封容器 密封容器	混凝土桶
α 和 γ 源 (低活度)						
^{241}Am	432.2 年	计量器 X 射线荧光分 析仪 骨密度测定	夹具	α 探测	不锈钢内筒	混凝土桶

表 I-1. 常用不再使用的密封源及其安全管理技术和设备示例 (续)

同位素	半衰期	应用	操作设备	监控	包装	贮存容器
β 和 γ 源 (低活性) 半衰期长或短						
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	28.2 年	计量器	橡胶手套	β 探测		
		近距离放射治疗				
^{147}Pm	2.6 年	计量器	橡胶手套			
^{63}Ni	100 年	电子俘获探测器	橡胶手套			
^{109}Cd	462.6 天	X 射线荧光分析仪	橡胶手套	γ 探测		
^{60}Co	5.3 年	计量器 校准	屏蔽屏幕 夹具	β γ 探测	铅屏蔽罐	混凝土+铅桶
^{137}Cs	30.2 年	计量器 校准	屏蔽屏幕 夹具		铅屏蔽罐	混凝土+铅桶

表 I-1. 常用不再使用的密封源及其安全管理技术和设备示例 (续)

同位素	半衰期	应用	操作设备	监控	包装	贮存容器
β 和 γ 源 (高活度) 短半衰期						
^{192}Ir	73.8 天	工业射线照相	铅热室操纵器 屏蔽屏幕 夹具	β γ 探测	铅屏蔽罐	混凝土桶
^{170}Tm	134 天	工业射线照相	屏蔽屏幕 夹具		不锈钢篮子	
^{169}Yb	32 天	工业射线照相	屏蔽屏幕 夹具			
^{75}Se	120 天	工业射线照相	屏蔽屏幕 夹具			
β 和 γ 源 (高活度) 长半衰期						
^{60}Co	5.3 年	工业射线照相	铅热室操纵器	β γ 探测	铅容器	400 升桶加混凝土或混凝土容器
^{60}Co	5.3 年	远程治疗	混凝土热室 操纵器		铅容器	
^{60}Co	5.3 年	辐照器	混凝土热室 操纵器		专用、待定	专用、待定
^{137}Cs	30.2 年	辐照器	混凝土热室 操纵器		专用、待定	专用、待定

表 I-1. 常用不再使用的密封源及其安全管理技术和设备示例 (续)

同位素 特殊源	半衰期	应用	操作设备	监控	包装	贮存容器
^{226}Ra	1600 年	避雷针静电消除器	手套箱 夹具	γ 探测	密封容器	铅屏蔽容器
^{85}Kr	10.7 年	计量器 避雷针 氦气渗透成像	手套箱 夹具	氦-85 探测		
^3H	12.3 年	电子捕获探测器 X射线 荧光分析仪	手套箱 夹具	氦探测	不锈钢	混凝土桶
中子源						
$^{241}\text{Am/Be}$	432.2 年	湿度探测器测井	中子防护	α 和中子探测		中子防护
^{252}Cf	2.65 年	湿度探测器测井近距离 放射治疗	中子防护			中子防护
$^{226}\text{Ra/Be}$	1600 年	湿度探测器 测井	中子防护			中子防护
$^{238}\text{Pu/Be}$	87.74 年	湿度探测器 校准仪器仪表	中子防护			中子防护

附件 II

不再使用的密封源的识别和定位策略示例

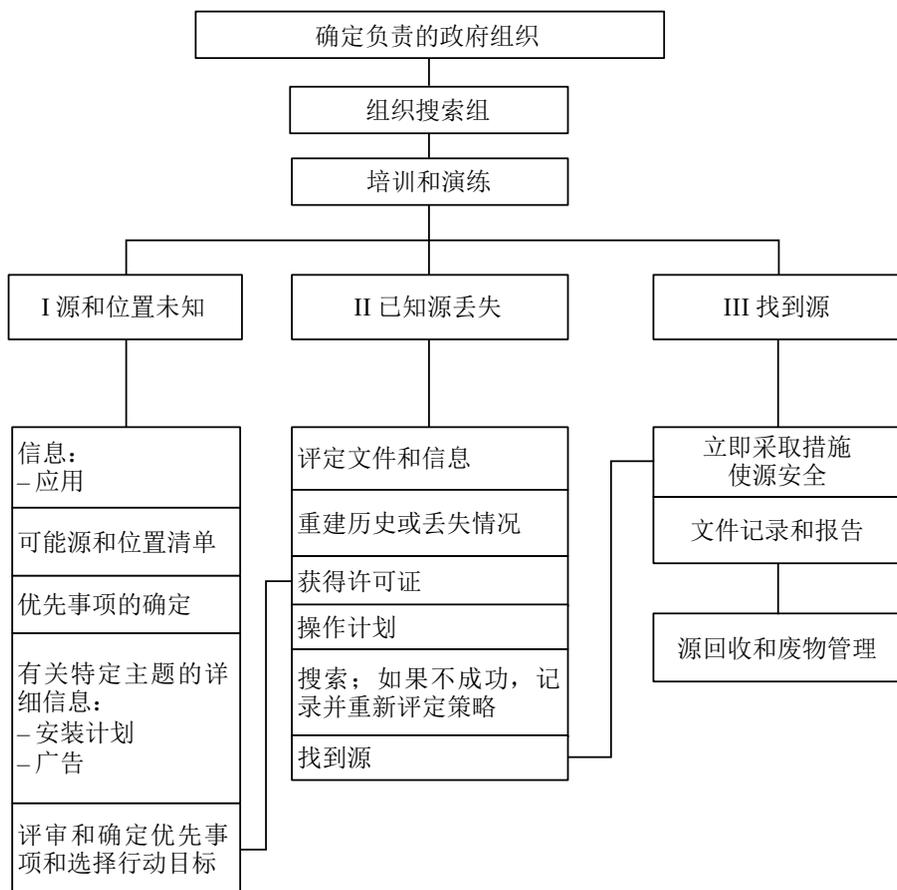


图 II-1. 识别和定位废弃密封源策略的一个示例。

参与起草和审订人员

Abe, M.	日本原子能研究所
Batandjjeva, B.	国际原子能机构
Burcl, R.	国际原子能机构
Carlsson, S.	瑞典乌德瓦利亚医院
Conlon, P.	加拿大原子能控制委员会
De Pahissa, M.	阿根廷国家原子能委员会
El-Sourougy, M.	埃及原子能机构
Fitzpatrick, B.	国际原子能机构
Geupel, S.	德国装置与反应堆安全公司
Griffiths, C.	英国皇家哈拉姆郡医院
Holub, J.	捷克放射性同位素研究、生产与应用研究所
Jova Sed, L.	古巴国家核安全中心
Linsley, G.	国际原子能机构
Martens, B.R.	德国联邦辐射防护办公室
Metcalf, P.	国际原子能机构
Mia w, S.T.W.	国际原子能机构
Moeller, K.	国际原子能机构
Ojovan, M.	俄罗斯联邦科学与工业协会
Piccone, J.M.	美国核管制委员会
Risoluti, P.	意大利国家新技术、能源与环境部
Roberts, P.	英国 AEA 技术中心
Sjøeblom, K.L.	国际原子能机构

Tous, M.	捷克放射性废物管理中心
Tsyplenkov, V.S.	国际原子能机构
Weedon, C.J.	英国环境署

当地订购

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

定价出版物订单

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商：

Eurospan

1 Bedford Row
London WC1R 4BU
United Kingdom

交易订单和查询：

电话：+44 (0) 1235 465576

电子信箱：trade.orders@marston.co.uk

个人订单：

电话：+44 (0) 1235 465577

电子信箱：direct.orders@marston.co.uk

网址：www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息：

电话：+44 (0) 207 240 0856

电子信箱：info@eurospan.co.uk

网址：www.eurospan.co.uk

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至：

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

1400 Vienna, Austria

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

电子信箱：sales.publications@iaea.org

网址：https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu

通过国际标准促进安全

国际原子能机构
维也纳