

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

放射性废物的贮存

安全导则

第 WS-G-6.1 号



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全标准和相关出版物

国际原子能机构安全标准

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

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

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun

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。

放射性废物的贮存

国际原子能机构的成员国

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

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

国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-6.1 号

放射性废物的贮存

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內容。欢迎有关非商业性翻印和翻译的建议并将在个案基础上予以考虑。垂询应按以下地址发至国际原子能机构出版处：

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

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

放射性废物的贮存

国际原子能机构，奥地利，2022 年 11 月
STI/PUB/1254
ISBN 978-92-0-504322-7（简装书：碱性纸）
978-92-0-504422-4（pdf 格式）
ISSN 1020-5853

前 言

国际原子能机构（原子能机构）《规约》授权原子能机构制定旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危险的安全标准。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。原子能机构对这样的一整套安全标准定期进行审查并协助适用这些安全标准已经成为全球安全制度的一个关键要素。

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

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

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

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

目 录

1. 导言	1
背景 (1.1-1.6).....	1
目的 (1.7).....	2
范围 (1.8-1.12).....	2
结构 (1.13).....	3
2. 保护人类健康和环境	3
3. 责任和职责	4
概述 (3.1-3.3).....	4
政府的 职责(3.4-3.5).....	5
监管机构的职责 (3.6-3.10).....	5
营运者的职责 (3.1-3.20).....	6
管理系统 (3.21-3.22).....	7
4. 废物贮存设施的一般安全注意事项 (4.1-4.19)	7
5. 放射性废物小型贮存设施的设计和运行	10
概述 (5.1-5.9).....	10
衰变贮存 (5.10-5.13).....	11
应急准备 (5.14).....	12
废物货包 (5.15-5.18).....	12
小型放射性废物贮存设施的设计 (5.19-5.30).....	13
小型放射性废物贮存设施的运行 (5.31-5.38).....	15
6. 大型放射性废物贮存设施的设计与运行	16
概述 (6.1-6.3).....	16
应急准备 (6.4).....	17
安全文件的编写 (6.5).....	17
放射性废物的特性和验收标准 (6.5-6.9).....	18
废物体和废物货包 (6.10-6.20).....	18
放射性废物贮存设施的设计 (6.21-6.62).....	20
放射性废物贮存设施的调试 (6.63-6.64).....	27

放射性废物贮存设施的运行 (6.65-6.83).....	27
放射性废物贮存设施的退役 (6.84-6.85).....	30
放射性废物的长期贮存 (6.85-6.90).....	31
附录 放射性废物贮存设施的安全评定.....	33
参考文献.....	37
参与起草和审订人员.....	41
国际原子能机构安全标准核可机构	43

1. 导言

背景

1.1. 放射性废物产生于涉及使用放射性物质的一些活动。这些活动包括核设施的运行、工业中密封放射源的使用、医院和实验室中人造放射性核素的使用以及相关设施的退役等。这些活动产生的废物的物理、化学和放射性特征差别很大。

1.2. 原子能机构安全标准，包括基本安全原则[1]，核、辐射、放射性废物和运输安全相关的法律和政府基础结构[2]，放射性废物处置前管理，包括退役[3]以及《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》(BSS) [4]，规定了为保护人类健康和环境而对放射性废物进行安全管理的原则和要求。本“安全导则”和其他相关的安全导则[5-7]提供了通过满足这些与放射性废物贮存相关的要求来应用这些原则的建议。

1.3. 放射性废物产生后，未经处理的放射性废物在其处置前需开展一些管理过程，如搬运、处理和整备。在这些管理步骤中，放射性废物可能会在多个阶段进行贮存。因此，放射性废物将以处理和未处理的形式在不同的时间段进行贮存。

1.4. 放射性废物适合在不同的时间段内贮存的原因很多，例如：

- (a) 允许短寿命放射性核素衰变到某一水平，在该水平下，放射性废物可从监管控制中解除（清洁解控）或授权排放，或回收和再利用；
- (b) 在放射性废物需转移到另一个设施进行处理和整备前，收集和积累足够数量的放射性废物；
- (c) 在放射性废物处置之前，收集和积累足够数量的放射性废物；
- (d) 在高水平放射性废物处置前，或某些情况下，在废物处理前，通过贮存降低其释热率；
- (e) 在缺乏适当处置设施时，放射性废物进行长期贮存。

示例(a)、(b)和(c)通常与放射性废物的小型贮存设施相关，其中贮存是该设施的必要部分。示例(d)和(e)通常与处理和贮存放射性废物的大型设施相关，

这些放射性废物包括核燃料循环设施产生的废物和集中设施收集和处理许多小型放射源使用者的废物。

1.5. 放射性废物贮存期的范围比较广泛。对于废物的衰变贮存或废物转运至另一设施之前的贮存，贮存期可能只需要几天、几周或几个月。对于高水放射性废物的冷却贮存或没有可用处置设施的废物的长期贮存，贮存期可能需要延长多年。

1.6. 贮存设施可作为配套设施设在产生废物的设施内，如核电厂、医院或实验室，也可作为独立的设施，如集中设施或区域性处理和贮存设施。贮存设施的规模可以从实验室的安全柜和封闭柜，到为核电厂服务的大型设施。

目的

1.7. 本“安全导则”的目的是为监管机构和产生及管理放射性废物的营运者提供如何满足参考文献[3]中规定的放射性废物安全贮存的安全要求建议。本“安全导则”适用于所有贮存设施，但对小型和大型贮存设施有单独的章节。放射性废物的贮存是指将放射性废物贮存在为其提供包容的设施中，以便回收。

范围

1.8. 本“安全导则”适用于各种设施中固体、液体和气体放射性废物的贮存，这些设施包括产生、处理和整备废物的设施。贮存设施的规模从实验室中的安全橱柜或封闭柜，到更大的制定区域，如房间或构筑物，甚至包括专门用于贮存放射性废物的大型场所。

1.9. 本“安全导则”不适用于：

- (a) 铀、钍矿石和矿物开采和加工产生的废物的贮存；
- (b) 其他含有高浓度天然放射性核素的废物和矿物加工活动产生的废物的贮存；
- (c) 乏燃料的湿法贮存或干法贮存，乏燃料的贮存参见参考文献[6、8—10]。

1.10. 在实践中可能会遇到各种各样的废物类型和贮存需求，例如按贮存期限、放射性存量、放射性核素半衰期和相关的放射性危害。因此，所给出

的导则应根据适应于每种贮存情况的特定安全要求进行应用。按照安全要求的分级应用方法[11、12]，安全措施的实施应与废物类型和放射性核素相关危害的性质和水平相称。监管机构应就本“安全导则”的各个方面在何种程度上适用于特定的贮存设施提供指导。

1.11. 本“安全导则”适用于新建设施，但也可能适用于现有设施。根据相关风险，应对现有设施进行安全评审，以确定是否需要采取措施改善其安全。

1.12. 对于与放射性废物贮存相关的一些重大非放射性危害，本“安全导则”对应采取的措施给出了一定的指导。如果腐蚀性、易燃性、爆炸性、有毒性和致病性等非放射性特性可能影响放射性危害的安全管理，在安全评定时应予以考虑。有关非放射性危害的指导应来自工业健康和安​​全、环境保护等领域的相关监管机构。

结构

1.13. 本“安全导则”提供了小型和大型贮存设施的通用指导和具体指导。第2部分和第3部分分别讨论保护人类健康和环境，以及责任和职责；第4部分概述了小型和大型贮存设施中常见的放射性废物贮存的一般安全考虑；第5部分和第6部分分别对小型和大型贮存设施的设计和运行的安全提供指导。附录中提供了适用于放射性废物贮存的安全评定的资料。

2. 保护人类健康和环境

2.1. 《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》[4]中规定了辐射防护要求。特别是，对于因放射性废物贮存而受到辐照的任何人员的辐射防护需进行优化（见《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》[4]第2.24段和第2.25段），剂量限值、个人的照射必须保持在规定的剂量限值内。

2.2. 放射性废物的贮存必须确保人类健康和环境在当下和将来都得到保护，而不会给子孙后代造成不必要的负担[1]。参考文献[3]第2部分规定的关于保护人类健康和环境的安全要求适用于放射性废物的贮存。

2.3. 在放射性废物贮存设施的设计和运行中，要求按照参考文献[1、4]要求和原则，为工作人员、公众和环境提供保护，以便：

- (a) 工作人员和公众因放射性废物贮存相关活动所受的辐照剂量不超过《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》中规定的限值；
- (b) 贮存设施的设计和运行，使工作人员和公众的辐射防护根据《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》的要求得以优化；
- (c) 任何可预计故障或事故工况的后果应使保护措施按照《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》的要求进行优化。

2.4. 贮存设施的流出物排放应按照参考文献[13]中提供的指导和监管机构施要求设施的任何具体条件进行控制。

2.5. 应通过个人监测和区域监测来核实限制工作人员受照而采取的控制措施是否适当。

2.6. 在废物的产生和贮存以及后续管理步骤中，应培养和保持安全文化，以鼓励对防护和安全持质疑和学习的态度，并防止自满[4、14]。

3. 责任和职责

概述

3.1. 废物的贮存应在国家法律框架下进行，该框架规定了清晰的职责分工[2]，并确保对设施和活动进行有效的监管[3]。国家法律框架应始终能够履行其他相关的国家和国际义务。参考文献[2]中规定了建立国家框架的要求以及监管机构对后续安全（包括放射性废物贮存安全）的职责。《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》规定了适用的国际义务[15]。

3.2. 放射性废物的管理可能涉及废物从一个营运者转移到另一个营运者。法律框架应包括确保在整个处置前管理过程中明确清晰的安全责任的规定，特别是贮存方面，也包括营运者之间的任何转移。应通过监管机构的授权来确保安全责任的延续性。对于国家间的转移，应取得各有关国家监管机构的授权。

3.3. 应明确规定放射性废物管理的监管责任和运行责任，并在功能上加以区分。不应该将废物管理的监管责任和运行责任都交给一个单一的组织。

政府的职责

3.4. 政府负责制定放射性废物管理的国家政策和战略，并提供执行这些政策和战略所需的法律框架。废物管理政策和战略应针对适合国家废物清单的贮存设施类型。

3.5. 政府应与相关各方（即在废物管理活动中援引或受其影响的各方）协商有关制定影响大型放射性废物贮存设施安全的政策和战略的事项。

监管机构的职责

3.6. 监管机构应向运营者提供有关放射性废物贮存和物料解控（即从任何进一步监管控制中解除）要求的指导。职责可能包括为确定政策、安全原则和相关标准而提供技术输入，以及制定作为其监管行为基础的规章或条例（见参考文献[3]第 3.1 段和第 3.2 段）。在履行其义务时，监管机构应履行参考文献[2]中规定的相关职能。

3.7. 鉴于潜在危害范围很广，应根据设施的性质，采用与危害等级相称的分级管理方法。登记形式的授权可能足以用于许多小型贮存设施的运营；小型贮存设施的授权应包含在使用辐射源的设施的授权中。对于大型贮存设施，可能需要发放许可证，以确保达到所需的管理等级。

3.8. 参考文献[16]提供了监管机构对核设施（包括放射性废物贮存设施）的安全进行评审和评价的一般性建议。参考文献[17]提供了关于核设施监管程序的文件编写建议。参考文献[18]中提供了有关国家监管基础设施要素的指导，这些要素是医疗、工业、文化、研究和教育中所用辐射源得以适当保护和达到安全水平所必需的。

3.9. 由于废物在处置前可能会被贮存较长时间，监管机构应确认运营者在贮存设施的使用寿命内提供了必要的人力、技术和资金，只要此类确认在其声明义务范围内。

3.10. 监管机构应定期核实贮存运行的关键部分的可接受性，如各种记录、库存和物料转移记录的保存；废物货包贮存验收标准的符合性；设施的维护；以及监视和监控。例如，可通过对贮存设施的例行检查和对运营者文件的正式评审来进行。监管机构应确认必要的记录已准备好，并保存了一段适当的时间。参考文献[17]中包含了此类记录的清单。

运营者的职责

3.11. 运营者对放射性废物贮存中所有活动的安全以及确保安全所需的计划和程序的实施负责。根据分级方法，对于小型设施的运行，确保安全所需的计划和程序可适当减少。

3.12. 大型放射性废物贮存设施运营者的职责通常包括：

- (a) 向监管机构申请废物贮存设施的选址、建造、运行、改造或调试；
- (b) 进行适当的环境评价和安全评定，以支持许可证申请；
- (c) 按照许可证条件和适用法规运营设施；
- (d) 制定和应用放射性废物贮存验收标准；
- (e) 向监管机构提供与设施安全相关的定期报告（例如，当前废物存量和预计的未来废物存量以及进出设施的废物转移情况）。

此处列出的条目并非所有的都适用于小型运营者。例如，小型运营者可能不需要经过选址过程。

3.13. 在核准放射性废物贮存设施之前，运营者应向监管机构提供所贮存放射性废物的长期管理计划。应将这些计划通告公众，尤其是贮存设施附近的社区。

3.14. 运营者应通过与所假想的危害相称的安全评定来证明设施的安全性。对于较小和较简单的设施，监管机构可设定通用的库存限制，而不要求进行全面的安全评定。参考文献[5—7]提供了放射性废物处置前管理设施安全评定的指导。有关放射性废物贮存安全评定的更多信息，请参见附录。

3.15. 放射性废物贮存设施的运营者应利用安全评定提出设施的具体运行限值和条件。运营者可能希望将低于监管机构核准的运行限值的管理区间作为运行目标，以保证始终在核准的运行限值和条件内。

3.16. 营运者应确定放射性物质或其他危险物料的最大数量和浓度可安全排放到环境中，并应记录此类排放。

3.17. 在废物贮存设施使用寿命的早期阶段，该设施的营运者应制定最终退役计划。对于新设施，退役应在设计阶段考虑。参考文献[19、20]中提供了有关退役的指导。

3.18. 大型放射性废物贮存设施的营运者应进行运行前调试和运行调试，以证明符合监管机构制定的安全要求。

3.19. 根据废物贮存设施相关的危害，设施的营运者应制定个人监测、区域监测和环境监测以及应急准备和响应的计划和实施计划。

3.20. 废物贮存设施的营运者应建立适当的机制，以确保在贮存设施的整个寿命内有足够的资金来承担所有必要的任务，包括其退役[2]。

管理系统

3.21. 营运者应建立、实施、评定并持续改进的管理系统[11]，并将其应用于与安全相关的放射性废物贮存的所有阶段。它应与组织的目标一致，并应有助于实现这些目标。管理系统的范围应包括放射性废物贮存设施的选址、设计、运行和维护。管理系统的设计应确保废物的贮存和设施本身的安全，并确保记录和附属信息的质量（如废物货包的标签和条形码）。管理系统还应包括确保能够实现其目标的规定。

3.22. 管理系统应适用于废物处理，以确保所有废物接收要求都用于贮存，并尽可能用于处置。参考文献[11]提供了放射性废物贮存设施寿命的每个阶段的管理系统的通用指导。

4. 废物贮存设施的一般安全注意事项

4.1. 放射性废物贮存设施的设计和运行应确保按照《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》的要求对工作人员和公众的辐射防护进行优化，并确保废物的包容和利于废物的回取。

4.2. 在实际情况下，放射性废物应按照非能动安全的形式进行贮存，包括以下内容：

- (a) 放射性物质应是固定的；
- (b) 废物体及废物容器应具有物理和化学稳定性；
- (c) 应去除废物体中的能量；
- (d) 采用多屏障方法确保包容；
- (e) 废物体及废物容器应具有耐降解性；
- (f) 废物贮存环境应有利于废物货包的寿命；
- (g) 应尽量减少为确保安全的能动安全系统的需求；
- (h) 应尽量减少为确保安全的监测和维护的需求；
- (i) 应尽量减少为确保安全的人员干预的需求；
- (j) 废物贮存设施应能抵御可预见的危害；
- (k) 应提供应对事故工况通往废物贮存设施的通道；
- (l) 如果发生事故，无需立即采取纠正行动；
- (m) 废物货包应能够被监测；
- (n) 废物货包应能被回取进行检测和维护；
- (o) 废物贮存厂房的使用寿命应与废物处置前的贮存期相适应；
- (p) 废物贮存设施应能回取废物；
- (q) 废物货包应符合最终废物处置的要求。

4.3. 对于放射性废物的贮存，应按照管理系统汇编、管理和维护各种记录（见第 3.21 段、第 3.22 段）。记录的范围和详情将取决于与设施相关的危害以及运行和活动的复杂性。

4.4. 安全相关文件的范围和详情应与危害、放射性清单和废物特性相适应。如适用，本文第 6.5 段提供了安全相关文件内容编写的指导。

4.5. 安全评定包括放射性废物贮存设施的设计和运行方面的评价，以确保在正常工况和事故工况下保护工作人员和公众以及保护环境。安全评定应定期重新评价，并在必要时进行修订，以反映条件、设施或程序的变化。

4.6. 应根据可能产生的废物的数量和类型的信息（即废物预估）规划废物贮存的规模。

4.7. 贮存设施和废物货包的设计应考虑废物体（即固体、液体或气体）、放射性核素和半衰期、放射性活度浓度、放射性总量、非放射性特征和预计贮存时间，以确保废物的安全贮存。设施的设计特征和运行操作应确保废物的接收、处理、贮存和回取操作，能够不造成不当的职业照射和公众辐射照射或环境影响。

4.8. 等待贮存设施的设计和运行应尽量降低事故和事件的发生概率和后果。

4.9. 在贮存设施的设计和运行时，应考虑废物的物理、化学和致病特性所导致的非放射性危害，因为废物之间的相互作用可能会对人类健康和环境产生影响。这种相互作用可能包括生物过程产生有害气体和化学过程产生腐蚀性物质。

4.10. 在废物贮存设施的设计中，重点应放在废物的包容上；例如，设施结构和设备的完整性，以及废物体和容器在预计贮存期限内的完整性。应考虑废物、容器、环境之间的相互作用（例如，由于化学反应或电化学反应引起的腐蚀过程）。对于某些类型的废物（如腐蚀性液体废物），应采取特殊防范措施，例如使用双层器壁容器和防渗衬里。

4.11. 应制定和实施废物货包跟踪系统。该系统应提供废物货包的标识、废物贮存的位置、废物清单等。所需废物跟踪系统（如，包括标签和条形码）的复杂程度将取决于废物货包的数量、废物的预计贮存时间以及相关的危害。

4.12. 放射性废物贮存设施需设置安保和出入控制，以防止未经授权的个人进入和未经授权的放射性物质移除。废物贮存设施所需的安保和进出控制等级应与放射性危害和废物性质相称。

4.13. 对工作人员的培训和资格要求将根据设施规模、放射性清单、所进行活动的复杂性和范围以及相关危害类别而有所不同。营运者应确保所有员工了解废物的性质、相关危害以及相关的运行和安全程序。监督人员应能胜任其职责，为此应进行选拔、培训、资格认证和授权。在适当情况下，应任命一名辐射防护主管，监督安全和辐射防护要求的实施。

4.14. 操作人员应接受培训，以恰当应对偏离正常运行工况的情况（即紧急情况和事故）。

4.15. 在放射性废物贮存设施的运行中，应采用与危害程度相适应的健全运行规程和行政控制措施。大型放射性废物贮存设施的营运者应明确组织机构，并记录组织结构中所有职位的责任和职责。

4.16. 放射性废物应以分离的方式贮存，以便能够回取进行进一步处理、转移到另一个贮存设施或处置。废物的分离贮存可能会减少正常运行工况下工作人员的受照，并可能限制事故工况下任何后果的严重程度。放射性废物与非放射性废物应分区贮存，以避免交叉污染和意外移除控制。参考文献[3、5、6]中规定了关于放射性物质分离的要求和进一步指导。

4.17. 调试活动和试验的需求和范围因贮存设施的规模大小、复杂性和内容而异。调试涉及各个任务和试验的逻辑顺序，以证明特定设备和特征的正确功能，同时与贮存设施的设计一致从而提供安全贮存。应证明并确认设施设计和运行程序的充分性，以及工作人员的配置情况。

4.18. 废弃的密封源可能具有高危害性，应分离和单独贮存。尽管它们可能未被作为废物，但待再利用或回收的废弃密封源通常作为放射性废物贮存在放射性废物贮存设施中。参考文献[21、22]讨论了废弃密封源的安全和安保。

4.19. 废弃的密封源在放入贮存设施之前可能需要整備或封装[23]。整備的方式应得到监管机构的核准。应定期检查长期存放的废弃密封源的密封性。

5. 放射性废物小型贮存设施的设计和运行

概述

5.1. 含半衰期相对短的放射性核素的少量废物通常在小型废物贮存设施中处理。小型废物贮存设施可进行一些简单的废物处理活动，如废物初级压实。此外，各种类型的密封源可在小型废物贮存设施中进行处理。

5.2. 某些类型的放射性废物可贮存特定的时间段，其放射性通过衰变达到授权排放或从监管中解除的水平（如清洁解控）。出于运行需要的原因，废物的贮存也可能是必要的，例如，在一定的时间间隔内将废物转移到场外废物处理设施。

- 5.3. 应考虑在集中的设施中贮存废物，而不是多个场内设施中，因为将有机会采用更严格的安全标准，同时实现规模的经济性。
- 5.4. 对于大多数小型废物贮存设施，简单的设计特征以及相应的简单运行程序将是合适的。
- 5.5. 贮存的放射性废物应进行表征（例如，根据放射性核素类型、废物清单、放射性活度浓度、半衰期以及废物的物理、化学和致病性），并将结果记录在库存日志中。如果要贮存致病性放射性物质，则应在贮存前进行灭活[24]。
- 5.6. 所有废物货包及其文件应使用唯一代码进行标识，以便于跟踪。在大多数情况下，可采用简单的不易消除的耐风雨的标签和条形码。
- 5.7. 如果生物医学放射性废物大量产生的情况下，应考虑是否有必要为生物医学放射性废物设置单独的贮存区。
- 5.8. 待运至集中废物管理设施的废物应按照该设施的废物验收标准进行包装。
- 5.9. 放射性废物的包装方式应确保昆虫或啮齿动物等害虫无法接近，因为它们可能会对其包容功能构成严重威胁。这尤其适用于有生物危害性放射性废物的贮存或废物货包在塑料袋的贮存。

衰变贮存

- 5.10. 衰变贮存对于含有短寿命放射性核素的废物的清洁解控非常重要。清洁解控是指当放射性物质的活度浓度和（或）总活度低于清洁解控水平的值，放射性物质可从监管控制中解除。实践经验表明，衰变贮存适合于被半衰期小于约 100 天的放射性核素污染的废物。例如，来自核医学的放射性物质，如含有锝-99m 的（半衰期约 6 小时）排泄物，可被贮存衰变后排放。
- 5.11. 衰变贮存期应足够长，以将初始放射性活度浓度的水平降至低于清洁解控的水平。参考文献[25、26]中提供了清洁解控水平和其推导的指导。
- 5.12. 对于废物的衰变贮存和后续的监管解除应采取严格的控制措施。应仔细地确定废物的活度浓度，同时待衰变的废物应从产生到贮存衰变结束

或处置期间与其他废物分离。在将每批废物从监管中解除前，应对其进行具有代表性的取样和分析。取样时，应保护工作人员免受辐射和非辐射危害。

5.13. 虽然衰变贮存也是具有生物危害性的放射性废物和其他易腐烂废物（如动物尸体）的优先选择，但此类废物应被分离并贮存在冷冻室或冰箱柜中进行衰变贮存。除非获得监管机构的特别核准，否则腐烂的具有生物危害性的放射性废物不应在填埋场处置。焚烧通常是处理此类废物的更好计划；应向有关主管机构寻求在何种条件下可以安全地焚烧这类废物的进一步指导。

应急准备

5.14. 应按照参考文献[27]要求，制定并实施与设施威胁类别相应的应急准备和应急响应。应急计划应包括：员工的培训能够识别事故或紧急情况，责任及恰当安排决策的授权，及装备的供应以确保对应急工作人员的保护。例如，小型设施的应急计划可能包括对简单事件（如实验室泄漏、能源丧失或火灾）的适当准备和响应的计划。参考文献[27]中规定了应急准备和响应的要求，并提供了进一步的指导。

废物货包

5.15. 应考虑废物货包堆码时产生的荷载。设计阶段应考虑容器壁厚、填充重量和码放方向。对于小型设施，应考虑使用合适的架子。

5.16. 弥散类废物（如液体、气体和粉末）可能发生泄漏，因此应对其进行监测。贮存方式应包括利于的监控和包容，以便能够检测到包容屏障的任何故障。弥散类废物的容器，尤其是液体，应在具有合适的包容能力的屏障中进行贮存，以提供二次包容应对容器泄漏或其他意外释放。

5.17. 如果容器在贮存过程中出现老化迹象，则应采取适当措施，包括检查和确认容器和类似容器的完整性。如果发生泄漏，应采取二次包装或重新包装的建议。

5.18. 尖锐物体，如注射器，应单独收集并贮存在防穿刺的容器中。

小型放射性废物贮存设施的设计

设施选择和设计的成本

5.19. 小型废物“贮存设施”（如在实验室、医院和大学）可以是简单的安全柜、专用区域、房间、小型建筑或国际组织标准的运输容器。设计将取决于贮存物料的性质、总产生量和潜在危害。¹ 设计特征应持续到设施的预计寿命。

5.20. 确定贮存设施时应考虑的标准包括：

- (a) 废物贮存设施外的区域应具有较低的公共占用率，且应为交通流量较低的区域；
- (b) 该位置应提供适当的实物安保等级（例如单一入口、无窗口、坚固的结构）；
- (c) 该位置应远离其他危害贮存区域（例如，易爆和易燃物料的贮存区），且不易发生水淹；
- (d) 该位置应适合于物料转运安全进出设施（例如，设施外应有足够的装卸区）。

5.21. 贮存设施、区域或储柜的设计应考虑到退役后可能的用途（例如，通过使用表面光滑、无孔的物料；塑料衬里；易于拆卸的设备）。

5.22. 贮存设施的设计应便于废物的回取，以及设施、设备及废物的检查。

5.23. 在设计小型废物贮存设施时，应参考正常和事故运行工况（例如，溢流、废物货包跌落后果、污染扩散）。

5.24. 废物货包为贮存的放射性废物提供了初始的包容。同时，贮存设施应根据需要设计为提供额外的包容措施（例如，用于屏蔽、安保、通风或过滤、疏水系统或管束）。

5.25. 贮存设施应为废物提供适当保护措施，使其免受天气和逆向环境条件的影响，以避免在贮存期间或回收时可能发生老化对安全产生影响。

¹ 在本部分中，适用于小型废物贮存设施的术语“设计”是指开发新设施或选择现有设施贮存废物。

屏蔽

5.26. 如果需要屏蔽，屏蔽程度及其设计的复杂性将取决于贮存的废物的辐射危害。屏蔽物项的范围从安全柜和壁柜中的简单铅罐和源容器到构成废物贮存设施结构部分的特殊的结构墙体和坑。

5.27. 在适当情况下，应规定废物货包外表面、屏蔽表面和废物贮存设施外表面的最大允许的剂量率。应设定屏蔽要求，以确保设施外表面的 γ 辐射水平适合于公共区域。

通风

5.28. 小型放射性废物贮存设施可能不需要设置通风系统，但应根据具体情况评定通风系统的必要性。需要考虑的因素包括：放射性废物可能产生气溶胶造成放射性危害（例如，镭-226废物中氡-222的积聚），易燃和易爆气体可能的局部积累（例如，通过辐射分解或化学反应形成的氢）以及环境条件控制的需要（例如湿度、温度），操作人员舒适度，以及保持废物货包完整性。通风系统的设计可能需要提供过滤措施，以防止放射性核素以气态或颗粒形式不受控制地释放到环境中。

消防系统

5.29. 一个小型放射性废物贮存设施不太可能需要满足的当地消防法规之外的防火要求。在缺少当地消防法规的情况下，需要确定足够容量和能力的消防系统（如烟雾探测器、灭火器、洒水器）。基本设计目标应该是及早探测和灭火。

调试

5.30. 由于大多数小型放射性废物贮存设施的库容有限且风险较低，因此正式的调试过程不是必须要求开展的。

小型放射性废物贮存设施的运行

一般运行考虑

5.31. 小型放射性废物贮存设施的运行活动应在设施特定程序中描述，并按照程序开展。运行活动可能包括：接收、贮存和回取废物；制定废物货包

的标签；库存控制；废物货包检查；辐射防护；监测和监督；记录保存；以及废物货包的准备以便转运至其他设施。程序的范围和详细程度应与放射性清单、相关危害和贮存活动的程度相称。程序应确保符合监管机构核准的运行限值和条件。

辐射监测

5.32. 应定期进行辐射监测，以确定废物贮存设施内、贮存设施边界沿线和废物货包外表面的剂量率水平和表面沾污水平。在松散废物被压缩或重新包装用于贮存或运输的设施中，监测气溶胶污染是合适的。

5.33. 在可能存在表面污染的贮存设施中，应在该区域的出口处提供用于检测工作人员外部污染的固定或便携式仪器仪表。

5.34. 监测仪器仪表应定期测试和校准。仪器仪表的能量响应和测量范围应适用于废物的放射性核素成分以及辐射水平和污染水平的预计范围。

辐射防护

5.35. 应制定辐射防护计划，作为向监管机构申请授权的一部分。参考文献[28、29]中提供了有关辐射防护计划内容的信息。

维护、试验和检查

5.36. 大多数小型放射性废物贮存设施的运行只需要一个非常简单和有限的定期维护、试验和检查计划（这可能与检查设施关闭的有效性一样简单）。维护、试验和检查记录应定期评审。

安保

5.37. 由于大多数小型放射性废物贮存设施的废物容量有限，危害程度较低，安保和出入控制措施可能由简易的上锁门或柜子构成（例如，上锁的贮存区具有授权钥匙持有人和出入日志）。然而，高放射性废密封源的安保可能需要考虑额外措施。参考文献[22]描述了废密封源贮存的特定的安保和进出控制。

退役

5.38. 退役包括移除所有贮存的废物，然后进行调查以确定残余的表面污染水平和外照射水平。该设施可能需要去污并移除受污染的物料和设备。参考文献[20]中给出了小型设施退役指导。

6. 大型放射性废物贮存设施的设计与运行

概述

6.1. 大型的放射性废物贮存设施可能会接收来自不同产生点的各种类型的废物。大型贮存设施的设计和运行应与其相关的潜在危害相称。

6.2. 应开发和维护废物货包的跟踪系统。对于大型废物贮存设施，应考虑使用电脑化系统来跟踪废物货包。应编写并维护一份显示放置的废物货包布局的贮存规划，包括危害等级区域。

6.3. 应制定大型废物贮存设施安全运行的程序。具体程序的范围和详细程度应与物项的安全重要性相称，应包括（如适用）：

- (a) 运行，包括所有必要的限值和条件；
- (b) 调试；
- (c) 管理系统；
- (d) 维护、检查和试验；
- (e) 培训；
- (f) 在设计、施工、调试和运行阶段进行的变更；
- (g) 事件的记录、报告和调查；
- (h) 辐射防护和安全性能；
- (i) 应急计划；
- (j) 保障；
- (k) 安保措施；
- (l) 控制对环境的放射性排放；
- (m) 废物货包的验收标准。

应急准备

6.4. 如参考文献[27]所述,应对可能的紧急情况进行威胁评定,并且应制定符合国际标准[27]威胁评定中威胁等级的应急措施。应急措施可包括拟定假想事件序列的假想计划,以及制定应对每个假想计划的程序,包括检查表和需警示的人员和组织的清单。应急响应程序应记录在案,应提供给相关人员,并应保持更新。应当评定演习活动的需求。如果有这种需要,应定期进行演习,以检验应急响应计划和人员的准备程度。应定期进行检查,以确定所需的设备和其他资源应在紧急情况下可用且处于工作状态。

安全文件的编写

6.5. 为支持许可证申请而编写的安全文件至少应说明以下内容:

- (a) 待贮存废物的预计体积和特性以及相关验收标准;
- (b) 搬运和贮存活动的说明;
- (c) 设施及其组件、设备和系统的说明;
- (d) 场址特征;
- (e) 运行的组织构架;
- (f) 具有重大安全作用的活动的程序和运行手册;
- (g) 安全评定;
- (h) 监测计划;
- (i) 员工培训计划;
- (j) 保卫措施方面(如适用);
- (k) 放射性物质实体保护的布置;
- (l) 应急准备和响应计划;
- (m) 管理系统;
- (n) 退役;
- (o) 废物货包的验收标准。

如果贮存设施是大型核设施的一部分,则安全文件可包含在整个设施的文件中。

放射性废物的特性和验收标准

6.6. 应为贮存设施制定废物验收标准，并考虑所有相关的运行限值和未来的处置要求（如果处置要求已知）。

6.7. 放射性废物在运至贮存设施之前应由运行人员进行表征，以核实废物是否符合废物验收标准。表征数据应包括与放射性核素清单以及废物的物理、化学和致病性有关的所有必要信息。每次转运废物时相关文件应同时提供。

6.8. 以往活动产生的废物可能没有进行表征，或者没有按照现行的标准开展表征。在这种情况下，应通过检查、测量和评审现有信息，开发一种表征废物的物理、化学和放射性特性的方法。如果对废物的放射性核素成分和其他所需特性了解不足，则废物的处理应考虑特殊预防措施（例如，在设施内分离废物）。

6.9. 收到废物货包后，应检查其泄漏和表面污染情况，并确保其与文件的内容一致。废物特性、过程控制和过程监控应在正式的管理系统中应用。

废物体和废物货包

6.10. 容器的设计和制造应确保废物在其使用寿命内可能出现的所有操作条件下都能被包容。如果容器本身是容纳废物的初始屏障，则应确保容器的强度和完整性适用于废物的类型和预计放射性活度浓度。

6.11. 在所有情况下，废物应在贮存期结束时为可回取状态。对于更长的贮存期，这需要更坚稳的废物体和容器。第 6.86—6.90 段提供了关于长期贮存的进一步指导。

6.12. 在设计容器和贮存设施时，应考虑放射性废物的特殊性质和过程影响，例如：

- (a) 废物与其容器之间可能因相互作用可能发生化学和电化学反应的腐蚀；
- (b) 某些金属可能表现出自燃行为（美诺克斯合金、铀或钚合金®粉末）或可能具有化学活性（例如，铝在碱性条件下腐蚀产生氢气）；

- (c) 无机、非金属废物（如混凝土和一些绝缘物料）可能是多孔性的，可能会受到大量污染；
- (d) 混凝土中的孔隙水呈强碱性，在贮存期间会影响与混凝土接触的物料；
- (e) 有机废物，包括纤维、塑料（在电绝缘、防护服、实验室和医院一次性用品）和闪烁液体可能是可燃的，并可能存在火灾风险；
- (f) 粉末和灰烬容易扩散；
- (g) 液体废物可为水状或有机形式（如油），并可能含有悬浮固体（尤其使用过的废离子交换树脂、污泥和泥浆）。这些物质具有化学活性，容易扩散。一些悬浮固体在贮存一段时间后会沉积或板结；
- (h) 在某些情况下，压实的废物会再次回弹，导致废物回取困难。此外，在同一容器中，将不同物料压实可使化学活性混合物紧密接触，从而导致腐蚀加剧、自然或其他不利影响；
- (i) 某些废物可能会产生氢气等气体；
- (j) 聚氯乙烯的辐解可能产生腐蚀性物质，如氯化氢或氯气；
- (k) 废物（如有机废物）的化学分解可能产生易燃气体。

一些气体废物可与非活性物料发生化学反应，产生非能动更加安全的固体废物（如含碳-14的碳酸钡）。

6.13. 在废物处理的每个步骤，应尽可能合理可行地降低废物的潜在危害，同时考虑到放射性废物管理后续步骤（尤其是处置）已知或可能的要求。应考虑在废物处理的早期，将其转化为非能动安全形态或其他稳定形态。这将有利于正常运行工况的搬运，同时有助于提供运行事件下的保护。

6.14. 容器的性能要求应规范，以确保在运行事件和事故工况下对工作人员和公众的保护。

6.15. 在设计贮存容器时，应考虑贮存环境条件（例如环境温度和湿度的范围）。适当时，容器在贮存期间应具有足够的耐腐蚀性。应避免将贮存容器放置在可能产生冷凝循环的地面上。

6.16. 对于某些类型的废物（特别是腐蚀性液体废物），可能需要采取特殊的预防措施，如使用双层容器和/或在贮存间的衬里使用不锈钢或其他耐腐蚀物料。此外，液体废物可能需要在容器下方设置收集和回收系统（即二次

包容),以便监测任何泄漏。为符合非能动安全原则,应尽早将液体废物转化为固体。

6.17. 应考虑搬运和堆码废物货包时产生的动荷载和静荷载。设计阶段应充分考虑容器的壁厚、装填重量和堆码方向。

6.18. 有些废物可能在容器内会产生气溶胶的放射性核素;许多类型的贮存容器仅需自然通风,但有些可能需要专门的强制通风系统。废物货包的通风需求应被作为安全评定的一部分。

6.19. 废物贮存容器的设计应便于监测,以便及早发现容器的任何包容失效(例如气体和液体)。

6.20. 液体废物可能含有悬浮物,悬浮物可能会沉积在容器底部(如罐废物),或者可能包含可能从溶液中析出的物质。对于某些废物而言,可能需要防止固体沉积;例如,防止发生临界或便于退役。对于此类废物,应通过机械搅拌器、气动混合器或循环泵等混合装置保持固体悬浮状态。冲洗器可能需为设计的一部分,以便于清除任何可能沉积在贮存罐内表面的废物。应尽量减少附属的内部构件,以限制堵塞物。

放射性废物贮存设施的设计

一般设计考虑

6.21. 废物贮存设施的设计应确保废物能够被接收、搬运、贮存、检查或监测,并且废物的回取不会造成过度职业照射或公众照射或环境影响。

6.22. 在设计设施时,应根据特定情况采用纵深防御方法。废物货包和贮存设施设计时,应充分考虑废物体性能的可靠性。容器通常也需考虑可靠性。一些安全评定保守地不考虑废物体或废物货包性能的任何可靠性。

6.23. 放射性废物贮存设施正常运行的设计,应包括以下内容:

- (a) 贮存物料的包容;
- (b) 防止临界(贮存易裂变材料时);
- (c) 辐射防护(屏蔽和污染控制);
- (d) 散热(如适用);

- (e) 必要的通风；
- (f) 必要时检查和/或监测废物货包；
- (g) 废物货包的维护和修补；
- (h) 废物的回取，是否要进行处理、重新包装或处置；
- (i) 检查废物货包和贮存设施；
- (j) 贮存容量的未来扩展（视情况而定）；
- (k) 在贮存设施内废物的转运，以提高操作的灵活性；
- (l) 退役。

6.24. 设施设计中应考虑贮存的废物可能对系统功能和废物贮存设施运行产生的影响。应确保通过设计特征、选择合适的物料和维护计划将这些因素考虑在内。应考虑的因素包括：

- (a) 化学稳定性，防止废物内和（或）外部条件引起的腐蚀；
- (b) 防止辐射伤害和/或热损伤对物项稳定性的影响，特别是对有机物料的降解和电子设备的损坏；
- (c) 抵御运行荷载或事故和意外事件造成的影响。

6.25. 除放射性危害外，在设计放射性废物贮存设施时，还应参考可能引起放射性重大后果的外部危害（如火灾或爆炸）。

场址特征

6.26. 放射性废物贮存设施可与现有核装置贴靠建设或者作为其的一部分建立。在这种情况下，场址应根据主厂房的重要基本因素选择，且废物贮存设施可能不需要任何额外的考虑。对于主厂房的场址安全评定可证明废物贮存设施在正常运行、事件和事故工况下符合辐射防护标准。如果废物贮存设施的选址要求比主厂房的选址要求更严格，则应单独进行贮存的安全论证。

6.27. 如果废物贮存设施与其他已被许可核装置独立建造，《核装置厂址评价》[30]安全要求和管理系统相关安全标准[11、12]确定的要求和指导适用于废物贮存设施。对于废物贮存设施而言，场址相关要求的应用将取决于所贮存废物产生的潜在放射性危害。

屏蔽

6.28. 废物贮存设施应设计足够的屏蔽为工作人员和公众提供保护。应规定废物货包、屏蔽表面和其他位置，尤其是设施内的构筑物和设备的最小允许辐照剂量。

6.29. 在制定废物贮存设施的屏蔽计划时，应特别注意防止辐射流通过屏蔽屏障的贯穿件，如通风和冷却系统的贯穿件。

6.30. 如果废物贮存设施可能贮存中子发射源或中子产生的废物，则该设施应考虑中子屏蔽设计。

包容

6.31. 设施的设计应能补充废物体及其容器提供的包容。贮存设施应包括以下设计特征：

- (a) 通过使用便于监测和去污的物料限制污染扩散；
- (b) 控制放射性区域的出入，控制辐射分区和/或环境分区之间的移动，并在可行的情况下，贮存受污染物料的房间内保持负压；
- (c) 采用通风系统使用过滤器的计划，最大限度地减少气溶胶放射性核素向环境的释放；
- (d) 气体放射性核素的去除（如可行）；
- (e) 通过容器下方设置地坑或集水区收集泄漏或溢出的废液，并设置泄漏检测措施。

废物搬运计划

6.32. 废物搬运设备的设计应包括以下方面：

- (a) 在所有预计运行事件下的安全操作；
- (b) 避免损坏废物货包；
- (c) 安全搬运有缺陷或损坏的废物货包；
- (d) 尽量减少设备的污染；
- (e) 避免污染扩散。

6.33. 在设施安全评定中应考虑搬运系统的设计，以确保搬运事故不会导致不可接受的后果。在必要的情况下，应采用工作实践和操作控制，如设置提升高度和限制移动设备速度，以及为货物提供专用的转运路线，以尽量减少冲击和碰撞的后果。

6.34. 在适当的情况下，设备应配备适当的联锁装置或物理限制，以防止危险或不兼容的操作，例如废物的不正确放置、负载的意外释放或在提升和搬运操作中施加不正确的力。

6.35. 如果废物货包是高剂量率的放射性源项、或存在放射性气溶胶或气体可能释放到工作环境的风险、或者废物可造成重大非放射性危害（如化学毒性），则应考虑远程操作。

6.36. 远程操作设备的设计应考虑维护和维修方法（例如，采用屏蔽检修间的计划），以保持职业照射合理可行尽量低。它们的设计应包括在失效或故障时恢复和返回到稳定和安全状态的措施。

废物回取

6.37. 废物的回取应尽可能简单，以达到利于检查、补救行动和在其他地方贮存的目标。实现这一目标的措施包括恰当的进出口、通道和搬运系统的设计和建造，以及采用适合的堆码方式和间距。废物货包应具有唯一标识并链接到相应的文档。

6.38. 用于大量贮存废液的贮存罐应设计为具有最小可行的“倾斜度”，即不能使用安装的排空设备排放的最小实际贮存介质的体积。

通风

6.39. 通风系统的需要应根据具体情况予以确定。需要考虑的因素包括：废物产生气溶胶放射性危害的可能性；有害气体的局部聚集的可能性；以及环境条件控制的需要（例如湿度、温度），以确保工作人员的舒适性和维持废物货包的完整性。系统设计应包括一些冗余空间或设备（视情况而定）。

6.40. 废物可能会产生气溶胶放射性核素。用于的通风系统应控制气溶胶放射性物质从污染可能性低的区域到污染可能性高的区域的流通气流。具有高污染可能性的区域可安装局部通风系统，作为附加的预防措施。

6.41. 通风系统的设计应与爆炸安全和防火措施兼容。通风系统的设计应可控制有害物质的聚集，例如易燃或易爆气体（如辐解或化学反应形成的氢气）。

6.42. 如有必要，通风系统的设计应考虑防止从外部吸入有害气体、气溶胶放射性核素或潮湿空气。

6.43. 应考虑设置废气净化系统或其他措施，以防止放射性核素以气体或气溶胶形式在正常运行工况、事件工况以及假设事故工况下的不受控释放。应监测排风的放射性。

温度控制

6.44. 废物热量排出系统可能是必要的，尤其是对于高水平放射性废物。热量排出系统的能力应确保贮存废物的温度不超过最大设计温度。热量排出系统的设计应考虑：废物的热负荷；废物、容器和设施的传热特性；设施的最大热负荷能力以及缓解预计运行事件和事故后果的需要。

6.45. 如果安装了能动的热量排出系统，则应考虑：系统的可靠性、冗余和多样性，以及系统在预计运行事件或事故工况下的性能（如，公用服务系统故障后果）。非能动热量排出系统（例如，自然对流冷却）通常比能动系统更可靠。

6.46. 在某些情况下，如液态含水废物，可能需要对贮存罐或设施进行加热，以防止在寒冷天气中介质的冻结和/或沉淀。

维持次临界

6.47. 本“安全导则”没有特别说明乏燃料的贮存，参考文献[8—10]中给出了乏燃料贮存的相关指导。然而，在某些情况下，除乏燃料外的废物可能含有大量的易裂变材料。在这种情况下，应确保在所有预计工况下，将废物保持在一定的浓度、几何结构和条件下，以防止在废物放置、贮存和回取期间达到临界状态。

6.48. 对于含有易裂变材料废物的贮存，应考虑因废物几何结构变化、慢化剂或吸收材料（如中子吸收材料）的引入可能引起的后果，即可能作为内部或外部事件的后果（例如，废物搬运、废液中固相的沉淀、废物包容失效或地震事件）。

监测

6.49. 应配置废物贮存设施中辐射监测的装置。辐射监测包括：辐射剂量率、放射性气溶胶的活度浓度（例如扩散）、固定和/或松散表面污染水平以及中子通量率。在控制区内，应设置固定式、连续运行且具有就地报警功能的仪表，仪表可提供辐射剂量率和气溶胶放射性活度浓度的信息。

6.50. 应提供便携式或移动式剂量率仪器仪表，用于监测任何污染控制区域内的个别位置。在任何控制区的出口处或从较高污染区移动到较低污染区时，应提供固定式或便携式仪器仪表，以检测工作人员的外表面污染。

6.51. 如有必要，还应监测化学状态（例如氯化物或易燃气体的浓度、液体的化学性质）和非放射性参数（例如温度、压力、湿度、冷却水的流速）。

6.52. 所有监测仪器仪表的测量范围应足以包络预计的检测范围，并应定期测试和校准。

6.53. 液体废物贮存罐应设置集水坑，并配备用于检测泄漏的监测设备。

控制和仪表

6.54. 如果可行，过程系统控制（例如废物搬运设备和通风系统）应独立于保护系统。如果这不可行，应论证使用共享和相关联系统的合理性。向操作人员发出的报警和指示应清晰，且不应引起冲突。

6.55. 应通过适当位置的指示系统或其他适当方式向操作人员提供安全重要但不易接近的系统状态信息（例如，贮存罐中废液的液位）。

设施部件和贮存废物的检查

6.56. 贮存设施的设计应便于对设施的结构、系统和部件以及贮存在设施中的废物和废物货包进行检查，以确保安全。例如，贮存架周围应有足够的空间，并允许设备进入；应在贮存罐上提供检查口。

6.57. 应考虑采用非放射性模拟废物货包或与贮存废物解除的腐蚀试样进行条件和性能的监测。

储备废物贮存容量

6.58. 应有保守的贮存容量，以容纳在各种情况下产生的废物。此类情况可能包括异常工况（例如，需要排空泄漏的贮存罐）或正在进行改进或翻修的时期。

公用设施和辅助系统

6.59. 许多辅助系统可能是确保废物贮存设施安全运行的必要条件。对辅助系统及其备份的需求应根据具体情况予以评定，例如用于贮存高放射性废物。

6.60. 应提供充足可靠的照明，以支持废物贮存区的运行、检查和实物防护。应急准备要求[27]可能需要设置独立于正常供电的系统为应急照明提供电源。

6.61. 应提供足够的内部和外部通信，以满足设施的运行和应急要求。要求包括与消防队、监管机构或国家应急管理机构的直接电话线路，以及对人员进行迅速和全面警报的对讲机系统。应根据具体情况为每个设施规定具体要求。

消防系统

6.62. 如果存在确切的火灾风险，则应提供适合容量和能力的消防系统。设计目标应是限制放射性核素或有毒物质向环境和贮存区以外的设施区域释放的风险，以及限制废物贮存区和辅助系统受到火灾损害的风险。应特别注意适用于可燃未处理废物和废物产品的要求。应当注意的是，某些废物可能含有能够在缺氧情况下维持火灾的物质。对于消防系统，应考虑对灭火介质的恰当包容和回收的需求，这些介质在灭火过程中可能会受到污染（例如，为受污染水提供排水和收集系统）。

放射性废物贮存设施的调试

6.63. 贮存设施的调试通常将在多个阶段进行。对于更复杂的设施，通常将执行以下步骤：施工、竣工和检查；设备调试；性能演示；非能动调试和能动调试。

6.64. 调试完成后，通常会生成最终调试报告。该报告应记录设施的“竣工”状态，除提供便于运行的信息外，还将用于未来设施可能的改进和退役。该报告应记录所有测试，提供测试成功完成的证据，并记录调试期间对设施或程序所做的任何修改。该报告应能向运营者和监管机构保证，设施已符合授权条件。

放射性废物贮存设施的运行

一般运行考虑

6.65. 与废物贮存相关的典型运行活动是废物货包的接收、处理、放置、贮存和回取的日常作业及废物货包处置前的准备。辅助活动包括：辐射防护、监测和监督、废物货包的测试和检查、检查贮存设施的部件、维护和维修、废物货包的标签和记录保存。

6.66. 贮存设施的运行应符合既定程序。这些程序应确保符合监管机构核准的贮存设施的运行限值和条件。

6.67. 贮存条件的变更应遵循具体的计划和程序，并经监管机构授权核准。在每种情况下，任何变更对贮存废物安全的影响应予以考虑。

6.68. 应采用与危害程度相适应的运行规程和行政管理措施。这些例子包括：

- (a) 使用工前评定和培训实体模型，以尽量减少运行和维护活动期间的辐照风险；
- (b) 运行和维护涉及的远程技术的应用；
- (c) 当物项从较高污染区域转移或移出到较低污染区域时，建立污染控制；
- (d) 对贮存活动进行恰当规划，并仔细执行，以尽量减少运行和维护活动期间的受照。

6.69. 应开发和维护一个废物货包跟踪系统。对于大型贮存设施，废物货包跟踪系统应考虑采用电脑化系统。在可行的条件下，应编写并维护一份详细的贮存规划，显废物货包放置的情况，以及危害等级分区。

运行限值和条件

6.70. 贮存设施应按照一系列的运行限值和条件进行运行，这些限值和条件是由识别设施运行安全边界的安全评定确定。运行限值和条件规定了有关废物货包、安全系统和程序、人员辐射标准和要求的规范。贮存设施的运行限值和条件应由营运者制定，并应获得监管机构的核准。运行限值和条件应根据情况进行评审，如根据调试和运行的经验、设施的变更和安全相关法规标准的变化。参考文献[31]提供了制定和实施核电厂运行限值和条件的指导；该导则的大部分内容适用于放射性废物的贮存设施。

6.71. 在确定运行限值和条件时，应考虑废物及其贮存条件造成的风险。每个贮存设施的运行限值和条件应具体化。营运者可能希望将运行目标值设置在规定限值以下，以确保始终在规定运行限值和条件内。

6.72. 废物贮存的运行限值和条件应包括（视情况而定）：

- (a) 符合贮存设施废物验收标准的废物货包规范要求（包括废物体、放射性核素含量和容器特征）；
- (b) 液体废物的浓度限值，例如防止固体悬浮物沉积；
- (c) 安全系统的要求，例如通风、散热、贮存罐搅拌和辐射监测要求，包括正常和异常工况下这些功能的可用性要求；
- (d) 设备的定期检测，特别是在紧急情况下需要可用的备用系统；
- (e) 最大辐射剂量率，尤其是容器表面；
- (f) 容器表面最大污染水平；
- (g) 人员和最低员工级别的培训和资格要求；
- (h) 累积放射性核素清单的限值。

6.73. 初始运行限值和条件通常应在设施运行开始之前与设计单位合作制定，以确保监管机构有足够的时间对其进行评定。

运行程序

6.74. 应制定在正常运行工况、事件工况和事故后管理和运行设施的程序。程序应能解决第 6.5 段中列出的此类问题，并应编写程序，以便授权负责人能够理解并按适当顺序执行每项行动。应明确规定出于运行原因核准任何

必要的程序偏离的责任。任何偏离已核准的运行程序的行为都应予以证明，并应确定其对安全的影响。

6.75. 根据管理系统，应安排对运行程序进行评审和核准，并将任何修订告知操作人员。应根据运行经验进行定期评审。任何的修订只有在进行评审确保符合运行限值和条件、并经授权人员核准和文件记录后，才能采用。

辐射防护

6.76. 辐射防护计划的目的是，确保贮存设施的正常运行和可能的异常运行对工作人员和公众的辐射剂量不超出监管限值，并确保辐射防护得到优化。应按照监管机构的要求控制放射性物质向环境的释放。原子能机构的其他出版物[28、29]提供了更详细的辐射防护指导。

6.77. 对于废物贮存的非日常活动，可能需要额外的辐射防护程序，如废物搬运通过人员经常使用的通道和区域，未记录特征的废物货包的搬运，以及间歇通风区域的清洗。

6.78. 应规定废物货包、屏蔽表面和其他位置的辐射剂量率，并且应以足够的间隔对辐射水平进行监测，以提醒操作人员因意外和未检测到的放射性物质累积或屏蔽性能下降等原因而发生的任何变化。

维护、试验和检查

6.79. 在运行前，操作人员应编写对安全运行重要相关系统的定期维护、试验和检查的计划。维护、试验和检查的需要应从设计阶段开始考虑。正常在线活动的性能诊断评定应优先选用免干涉的试验和检查。试验和检查应根据验收标准确定并核实正确的功能、性能和条件。应根据运行经验定期评审该计划。应考虑定期维护、试验和检查的系统 and 部件可能包括：

- (a) 废物包容系统，包括贮存罐和其他容器；
- (b) 废物处理系统，包括泵和阀门；
- (c) 加热和/或冷却系统；
- (d) 辐射监测系统；
- (e) 仪器仪表的校准；
- (f) 通风系统；

- (g) 正常和备用的供电系统；
- (h) 公用设施和辅助系统，如水、气体和压缩空气系统；
- (i) 实物保护系统；
- (j) 构筑物 and 辐射屏蔽；
- (k) 消防系统。

6.80. 维护、试验和检查的频率应确保设备保持高的可靠性，系统保持符合设施设计目标的有效性。系统的可靠性不应受到试验频率的影响。

6.81. 维护、试验和检查计划和相关程序的核准和实施，应配备合适的合格、经过培训且经验丰富的人员。试验程序通常应包括试验验收标准。

6.82. 应保存维护、试验和检查活动的记录。应定期评审这些记录，以确定系统性能、系统设备的可靠性和维护计划的有效性方面的趋势。评审应包括纠正的措施的识别。

安保和进出控制

6.83. 应控制进入废物贮存区域的通道，以确保物料的安全和实物保护。为满足控制通道的运行要求，在管理更为严格的区域工作可采用分区管理方法。应制定检测任何未经授权的侵入和迅速采取应对措施的计划。

放射性废物贮存设施的退役

6.84. 在设施退役前，应制定退役计划，退役计划应考虑任何剩余的放射性污染、技术因素、成本、时间、制度因素以及退役活动产生的废物管理[19]。

6.85. 如果废物贮存在独立设施中，则应为该设施制定具体的退役计划[19]。如果贮存设施是大型核设施的一部分，贮存设施的退役计划通常将是大型核设施退役计划的一部分。

放射性废物的长期贮存

6.86. 放射性废物的长期贮存是指由于废物处置被延迟或推迟，废物的贮存时间超过容器和贮存设施的最初设计寿命的情况。长期贮存也可指废物货包和贮存设施设计用于相对较长贮存期（例如 100 年）的情况。

6.87. 长期贮存废物的额外技术因素包括：

- (a) 工程系统、设施和制度控制应更加健全或应更积极地维护。如有可能，应采用非能动安全特征；
- (b) 信息应以可读和可理解的形式保留给未来运行人员。在很长一段时间内，记录（无论是物料或电子记录）的损坏将更加严重；
- (c) 在较长的时间内，更可能发生无意或故意侵入废物贮存设施的情况，应在安全评定中考虑侵入的情况。

6.88. 对于超过初始预计贮存期的贮存，可能会超过贮存设施和废物货包的设计寿命。这将促使重新评价贮存策略，其中可能包括重新评价废物贮存设施的初始设计、运行、安全评定和其他方面。

6.89. 对于超过初始预计期限的贮存，废物货包的完整性可能需要测试、检验或评价进行评定。在需要采取实际行动之前（如二次包装或将废物放入新的废物货包中），应考虑到废物货包的潜在问题。在某些情况下，将废物货包转移更可靠的贮存设施可能更合理，而不是采用二次包装或更换废物货包。

6.90. 对于非预计的长期贮存，应考虑缓解因贮存放射性物质中可能发生变化造成的后果。贮存废物中的变化可能包括：

- (a) 由化学和辐解效应（例如，通过辐解产生氢气）和超压聚集产生的有害气体；
- (b) 可燃或腐蚀性物质的产生；
- (c) 金属（如碳钢）的腐蚀；
- (d) 废物体的老化。

这些注意事项对于长期贮存尤其重要，因为小的影响可能会在长期贮存中累积。在用于评价长期过程的分析方法中，应考虑参数和模型的不确定性。

附 录

放射性废物贮存设施的安全评定

A.1. 除少数例外情况外，放射性物质贮存设施容纳的能量相对较少，因此，放射性物质突然释放的可靠机制相对较少。此外，放射性等待的贮存设施通常是围绕非能动安全系统而不是能动安全系统设计的，因此不依赖于复杂系统来确保安全。

A.2. 安全评定是对放射性废物贮存设施的设计和运行进行评价，以确保在正常工况和事故工况下保护工作人员、公众和环境。

A.3. 安全评定通常是一个迭代过程，用于确保放射性废物贮存设施能够安全运行。安全评定应在设计初期开展，以识别可能危害和假想计划，这些危害和假想计划可能需要修改拟定设计或运行程序以实现监管机构规定的安全。通常，在控制辐照危害方面，主要依靠设计特点而不是运行程序。

A.4. 安全评定的分级方法意味着安全评定范围和详细程度及其支持文件与潜在危害的性质和程度相称。为了进行分级，按放射性危害等级分类的通用系统可为支持安全分析所需分析等级提供一个指标。参考文献[32]附录 IV 中对辐射威胁类别的提出了此类分类体系。国家法律法规中通常规定了类似的危害类别。

A.5. 可能影响放射性废物贮存设施完整性和安全性的条件、过程和事件可能来自设施外部或内部。这些条件、过程和事件将主要分为三类：外部自然现象、内部现象和外部人为现象。参考文献[5]附件 III—V 为放射性废物贮存设施的安全评定提供了良好的考虑基准点。不应仅依赖于通用清单，因为现场特定的环境条件和现象以及设施的设计和运行将决定安全评定中应评定的条件、过程和事件。

A.6. 在对放射性废物贮存设施进行安全评定时，应考虑废物的类型、数量和物理化学性质。例如，在许多事故工况下，经过整备的放射性废物（例如，固化体）可能比未经整备的类似废物具有更低的损坏率。损伤率是一个用于考虑事故工况下物料可用性的参数。

A.7. 放射性废物贮存设施的安全评定应包括设施的预计运行事件。与较短时间贮存相比，较长时间贮存废物需要在安全评定中评价可能性较低的事件。此外，在较短的贮存时间内可能忽略的过程可能在较长时间贮存时变得重要（例如，辐解气体的产生、废物容器的常规腐蚀或聚乙烯容器的辐照催化）。

A.8. 在放射性废物贮存设施的安全评定中，应考虑设施寿命的不同阶段。应定期评价安全评定，必要时应进行修订，以反映条件、设施或程序的变化。

放射性废物小型贮存设施的安全评定

A.9. 小型贮存设施的安全评定方法通常依赖于识别危害的通用清单表和通用程序的检查；延伸的定量安全分析通常不是必要的。实验室等小型设施安全评定的许多程序和清单项目都适用于放射性废物的小型贮存设施。

A.10. 对于放射性废物的小型贮存设施（例如，医疗设施中的安全贮存室），可通过应用文件化的程序和限值来实现安全。这些程序和限值涵盖的内容主要在第4部分和第5部分中描述，例如，可能包括：

- (a) 贮存设施的说明及其运行方式；
- (b) 累积的放射性核素清单的活度浓度；
- (c) 放射性核素的排放限值；
- (d) 设施负责人的姓名；
- (e) 进出控制；
- (f) 表面剂量率；
- (g) 允许贮存的物料；
- (h) 废物分拣、包装和标签的规则；
- (i) 记录保存；
- (j) 应急计划；
- (k) 适用法规和导则。

A.11. 确定放射性核素库存限值是确保小型贮存设施安全的一种方法，尤其是异常运行工况下。监管机构可以选择为小型贮存设施设定通用库存限值。国家机构公布了放射性废物小型贮存设施（如医院和大学）等设施放射性评定的方法[33]。

大型放射性废物贮存设施的安全评定

A.12. 放射性废物的大型贮存设施由于其复杂性和放射性物质的大量积累，将需要使用定性和定量安全评定方法进行场址特定和设施特定的安全分析。

A.13. 原子能机构尚未制定燃料循环设施（如放射性废物贮存设施）设计和安全分析的安全标准，尽管目前正在制定燃料循环设施的安全要求[34]。原子能机构的技术文件中提供的一些安全评定信息适用于贮存设施[35—39]。设施特定安全分析包括以下步骤：

- (a) 系统说明（包括放射性物质清单的最大估算）和适用的法规导则说明。例如，后者将说明该设施是否应具备抗震要求；
- (b) 正常和异常工况的条件、过程和事件以及外部事件（例如，火灾或造成废物容器破裂的搬运事故）的系统识别；
- (c) 危害评价。筛选可能导致放射性物质从废物贮存设施释放的条件、过程和事件的组合，以便从进一步考虑中降低可能性或后果；
- (d) 风险计算。通过定量分析评定危害评价中确定的放射性物质释放的可能性和后果，并与监管限值进行比较；
- (e) 根据安全分析建立限值、条件和控制措施。如有必要，对设施的设计进行修改，并对安全分析进行修改；
- (f) 支持设施获得许可证的安全评定文件。

安全评定应确定风险的关键始发因素，以便识别有限的安全系统，从而建立支持安全评定的参数的可信水平，该可信水平与其重要性相称（例如，通过敏感性分析）。

A.14. 安全评定应包括对正常运行和异常运行期间以及与外部事件相关的条件下的风险的评定，并应提供对现场边界和无限限制进入区域内潜在受照的剂量评定。应按照参考文献[13]中提供的指导，为设施制定排放的授权限值。

A.15. 对大型放射性废物贮存设施的定量安全评定可采用不同的方法（例如，整体安全分析和概率风险评定）。对于小型设施，可依靠通用数据（如气象数据、环境参数值、损坏率或泄漏路径系数）来支持安全评定，但大型设施应使用场址特定信息。

A.16. 大型放射性废物贮存设施的安全评定过程通常是迭代的。如果初步安全评定的结果接近或超过限定的性能目标，则需要额外的安全系统和控制和（或）对已使用的任何通用数据源的适用性进行更合理的评定。

A.17. 可以进行安全评定，以满足定期安全评审的要求，这是许多国家的监管要求。定期安全评审是一项重要的的监管手段，用于长期维护设施运行的安全，也可以解决被许可方提出的请求，以便在规定的许可证期限或安全评价确定的期限之后，授权继续运行设施。定期安全评审为继续发放有效许可证的基础提供了保证，考虑到设施老化、设施变更和当前国际安全标准。参考文献[40]中提供了定期安全评审的指导。

参 考 文 献

- [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)。
- [2] 国际原子能机构《用于核、辐射、放射性废物和运输安全的法律和政府基础结构》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-R-1 号,国际原子能机构,维也纳(2000 年)。
- [3] 国际原子能机构《含退役放射性废物处置前管理》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-2 号,国际原子能机构,维也纳(2000 年)。
- [4] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、世界卫生组织,《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》,《安全丛书》第 115 号,国际原子能机构,维也纳(1996 年)。
- [5] 国际原子能机构《中低水平放射性废物处置前管理》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.5 号,国际原子能机构,维也纳(2003 年)。
- [6] 国际原子能机构《高放射性废物处置前管理》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.6 号,国际原子能机构,维也纳(2003 年)。
- [7] 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的废物管理》,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)。
- [8] 国际原子能机构《乏燃料贮存设施的设计》,《安全丛书》第 116 号,国际原子能机构,维也纳(1994 年)。
- [9] 国际原子能机构《乏燃料贮存设施的运行》,《安全丛书》第 117 号,国际原子能机构,维也纳(1994 年)。

- [10] 国际原子能机构《乏燃料贮存设施安全评定》，《安全丛书》第 118 号，国际原子能机构，维也纳（1994 年）。
- [11] 国际原子能机构《设施和管理活动的系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-R-3 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [12] 国际原子能机构《设施和管理活动的适用》，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）。
- [13] 国际原子能机构《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 WS-G-2.3 号，国际原子能机构，维也纳（2000 年）。
- [14] 国际核安全咨询组《安全文化》，《安全丛书》第 75-INSAG-4 号，国际原子能机构，维也纳（1991 年）。
- [15] 《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《情况通报》第 INFCIRC/546 号，国际原子能机构，维也纳（1998 年）。
- [16] 国际原子能机构《监管机构对核设施的审查和评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-1.2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [17] 国际原子能机构《核设施监管使用的文件》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-1.4 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [18] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工办公室、泛美卫生组织、世界卫生组织，《辐射源的监管控制》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-1.5 号，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。
- [19] 国际原子能机构《核燃料循环设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.4 号，国际原子能机构，维也纳（2001 年）。
- [20] 国际原子能机构《医学、工业和研究设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-2.2 号，国际原子能机构，维也纳（1999 年）。
- [21] 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）。

- [22] 国际原子能机构《放射源的安保》，国际原子能机构《技术文件》第1355号，国际原子能机构，维也纳（2003年）。
- [23] 国际原子能机构《防止废弃密封放射源事故管理》，国际原子能机构《技术文件》第1205号，国际原子能机构，维也纳（2001年）。
- [24] 世界卫生组织，《卫生保健活动废物的安全管理》(PR&SS, A., GIROULT, E., RUSHBROOK, P., 编)，世界卫生组织，日内瓦（1999年）。
- [25] 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）。
- [26] 国际原子能机构《排除、豁免和解控所用放射性浓度值的推导》，《安全报告丛书》第44号，国际原子能机构，维也纳（2005年）。
- [27] 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、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织，《核或辐射应急准备和响应》，国际原子能机构《安全标准丛书》第GS-R-2号，国际原子能机构，维也纳（2002年）。
- [28] 国际原子能机构《职业照射控制中辐射防护的优化》，《安全报告丛书》第21号，国际原子能机构，维也纳（2002年）。
- [29] 国际原子能机构《职业辐射防护》，国际原子能机构《安全标准丛书》第RS-G-1.1号，国际原子能机构，维也纳（1999年）。
- [30] 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号，国际原子能机构，维也纳（2003年）。
- [31] 国际原子能机构《核电厂运行限值、条件及运行规程》，国际原子能机构《安全标准丛书》第NS-G-2.2号，国际原子能机构，维也纳（2000年）。
- [32] 国际原子能机构《制定应对核或辐射应急安排的方法》，EPR-方法（2003年），国际原子能机构，维也纳（2003年）。
- [33] 国家辐射防护委员会《小规模用户的辐射防护评定》，第NRPB-W63号报告，国家辐射防护委员会，英国奇尔顿（2004年）。
- [34] 国际原子能机构《燃料循环设施的安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》，国际原子能机构，维也纳（编写中）。

- [35] 国际原子能机构《核电厂以外核设施设计中的外部事件咨询，重点是地震》，国际原子能机构《技术文件》第 1347 号，国际原子能机构，维也纳（2003 年）。
- [36] 国际原子能机构《非反应堆核设施概率安全评定程序》，国际原子能机构《技术文件》第 1267 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [37] 国际原子能机构《核燃料循环设施的地震设计考量》，国际原子能机构《技术文件》第 1250 号，国际原子能机构，维也纳（2001 年）。
- [38] 国际原子能机构《核燃料循环设施安全和监管》，国际原子能机构《技术文件》第 1221 号，国际原子能机构，维也纳（2001 年）。
- [39] 国际原子能机构《大型工业区综合风险评定和管理指南》，国际原子能机构《技术文件》第 994 号，国际原子能机构，维也纳（1998 年）。
- [40] 国际原子能机构《核电厂定期安全评审》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.10 号，国际原子能机构，维也纳（2003 年）。

参与起草和审订人员

Abramidze, S.	佐治亚物理研究所
Bennett, D	英国环境署
Campomanes, R	法国核安全与辐射防护总局
Conlon, P.J	国际原子能机构
Dyck, P.	国际原子能机构
Éhn, L	斯洛伐克电力公司
Eigenwillig, G.G.	德国西门子公司
Esh, D.W	美国核管制委员会
Garamszeghy, M.	加拿大安大略发电公司
Guy, M.S.C	ALARA 顾问（南非）
Hall, J.R.	美国核管制委员会
Hamlat, M.S	阿尔及利亚辐射防护和安全中心
Howard, D	加拿大核安全委员会
Hutchison, S	英国健康与安全执行局
Jauhri, G.S.	印度辐射安全系统部
Knecht, B.	瑞士联邦核安全监察局
Konecný, L	斯洛伐克核监管局
Leeds, E	美国核管制委员会
Lexan, D	奥地利塞贝斯多夫核工程公司
Linsley, G.	国际原子能机构
Lorenz, B.	德国装置与反应堆安全公司

Metcalfe, P.E.	国际原子能机构
Rowat, J.H	国际原子能机构
Schaller, A	克罗地亚危险废物管理局
Selling, H.A	荷兰住房、空间规划与环境部
Sjoeblom, K.-L	国际原子能机构
Syed Abdul Malik, S.Z.	马来西亚核技术研究所
Szitás, I	斯洛伐克经济部
Tauber, J	奥地利核废料技术部
Warnecke, E	国际原子能机构

国际原子能机构安全标准核可机构

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

安全标准委员会

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

核安全标准委员会

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

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

辐射安全标准委员会

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

运输安全标准委员会

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

废物安全标准委员会

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

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

当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从下列来源或当地主要书商处购买。
未定价出版物应直接向国际原子能机构发订单。联系方式见本列表末尾。

北美

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA
电话: +1 800 462 6420 • 传真: +1 800 338 4550
电子信箱: orders@rowman.com • 网址: www.rowman.com/bernan

世界其他地区

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商:

Eurospan Group

Gray's Inn House
127 Clerkenwell Road
London EC1R 5DB
United Kingdom

交易订单和查询:

电话: +44 (0) 176 760 4972 • 传真: +44 (0) 176 760 1640
电子信箱: eurospan@turpin-distribution.com

单个订单:

www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息:

电话: +44 (0) 207 240 0856 • 传真: +44 (0) 207 379 0609
电子信箱: info@eurospangroup.com • 网址: www.eurospangroup.com

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至:

Marketing and Sales Unit
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
电话: +43 1 2600 22529 或 22530 • 传真: +43 1 26007 22529
电子信箱: sales.publications@iaea.org • 网址: <https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

通过国际标准促进安全

国际原子能机构
维也纳