

国际原子能机构 安全标准

保护人类与环境

放射性物质在医疗、工业、
农业、研究和教学应用中
产生的废物的管理

安全导则

第 WS-G-2.7 号



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全相关出版物

国际原子能机构（原子能机构）安全标准

根据原子能机构《规约》第三条的规定，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的危险的安全标准，并规定适用这些标准。

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以及一般安全（即涉及上述所有安全领域）。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**。

安全标准按照其涵盖范围编码：核安全（NS）、辐射安全（RS）、运输安全（TS）、废物安全（WS）和一般安全（GS）。

有关原子能机构安全标准计划的信息可访问以下原子能机构因特网网址：

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

该网址提供已出版安全标准和安全标准草案的英文文本。也提供以阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文印发的安全标准文本、原子能机构安全术语表以及正在制订中的安全标准状况报告。欲求详细信息，请与原子能机构联系（P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria）。

敬请原子能机构安全标准的所有用户将其使用方面的经验（例如作为国家监管、安全评审和培训班课程的基础）通知原子能机构，以确保原子能机构安全标准继续满足用户需求。资料可以通过原子能机构因特网网址提供或按上述地址邮寄或通过电子邮件发至 Official.Mail@iaea.org。

其他安全相关出版物

原子能机构规定适用这些标准，并按照原子能机构《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各成员国的居间人。

核活动的安全和防护报告以其他出版物丛书的形式特别是以**安全报告丛书**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。原子能机构其他安全相关出版物丛书是**安全标准丛书适用规定、放射学评定报告丛书**和**国际核安全咨询组丛书**。原子能机构还印发放射性事故报告和其他特别出版物。

安全相关出版物还以**技术报告丛书、国际原子能机构技术文件丛书、培训班丛书、国际原子能机构服务丛书**的形式以及作为**实用辐射安全手册和实用辐射技术手册**印发。保安相关出版物则以**国际原子能机构核保安丛书**的形式印发。

放射性物质在医疗、工业、农业、研究和 教学应用中产生的废物的管理

安全标准调查

国际原子能机构欢迎您回复。请访问网址：

<http://www-ns.iaea.org/standards/feedback.htm>

下述国家是国际原子能机构的成员国：

阿富汗	希腊	挪威
阿尔巴尼亚	危地马拉	巴基斯坦
阿尔及利亚	海地	巴拿马
安哥拉	教廷	巴拉圭
阿根廷	洪都拉斯	秘鲁
亚美尼亚	匈牙利	菲律宾
澳大利亚	冰岛	波兰
奥地利	印度	葡萄牙
阿塞拜疆	印度尼西亚	卡塔尔
孟加拉国	伊朗伊斯兰共和国	摩尔多瓦共和国
白俄罗斯	伊拉克	罗马尼亚
比利时	爱尔兰	俄罗斯联邦
贝宁	以色列	沙特阿拉伯
玻利维亚	意大利	塞内加尔
波斯尼亚和黑塞哥维那	牙买加	塞尔维亚和黑山
博茨瓦纳	日本	塞舌尔
巴西	约旦	塞拉利昂
保加利亚	哈萨克斯坦	新加坡
布基纳法索	肯尼亚	斯洛伐克
喀麦隆	大韩民国	斯洛文尼亚
加拿大	科威特	南非
中非共和国	吉尔吉斯斯坦	西班牙
乍得	拉脱维亚	斯里兰卡
智利	黎巴嫩	苏丹
中国	利比里亚	瑞典
哥伦比亚	阿拉伯利比亚民众国	瑞士
哥斯达黎加	列支敦士登	阿拉伯叙利亚共和国
科特迪瓦	立陶宛	塔吉克斯坦
克罗地亚	卢森堡	泰国
古巴	马达加斯加	前南斯拉夫马其顿共和国
塞浦路斯	马来西亚	突尼斯
捷克共和国	马里	土耳其
刚果民主共和国	马耳他	乌干达
丹麦	马绍尔群岛	乌克兰
多米尼加共和国	毛里塔尼亚	阿拉伯联合酋长国
厄瓜多尔	毛里求斯	大不列颠及北爱尔兰联合王国
埃及	墨西哥	坦桑尼亚联合共和国
萨尔瓦多	摩纳哥	美利坚合众国
厄立特里亚	蒙古	乌拉圭
爱沙尼亚	摩洛哥	乌兹别克斯坦
埃塞俄比亚	缅甸	委内瑞拉
芬兰	纳米比亚	越南
法国	荷兰	也门
加蓬	新西兰	赞比亚
格鲁吉亚	尼加拉瓜	津巴布韦
德国	尼日尔	
加纳	尼日利亚	

原子能机构《规约》于1956年10月23日在纽约联合国总部召开的国际原子能机构规约会议上通过，于1957年7月29日生效。原子能机构总部设在维也纳。原子能机构的主要目标是“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-2.7 号

放射性物质在医疗、工业、 农业、研究和教学应用中产生的 废物的管理

安全导则

国际原子能机构
维也纳·2006年

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《万国版权公约》之条款的保护。自那时以来，世界知识产权组织（日内瓦）已经扩大了这一版权，以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原子能机构印刷形式和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。询问事宜应通过电子邮件地址 sales.publications@iaea.org 发至原子能机构出版科或按以下地址邮寄：

Sales and Promotion Unit, Publishing Section

International Atomic Energy Agency

Wagramer Strasse 5

P.O. Box 100

A-1400 Vienna

Austria

传真：+43 1 2600 29302

电话：+43 1 2600 22417

网址：<http://www.iaea.org/books>

© 国际原子能机构 • 2006 年

国际原子能机构印制

2006 年 3 月 • 奥地利

放射性物质在医疗、工业、农业、研究和 教学应用中产生的废物的管理

国际原子能机构，奥地利，2006 年 3 月

STI/PUB/1217

ISBN 92-0-502006-0

ISSN 1020-5853

序

总干事

穆罕默德·埃尔巴拉迪

国际原子能机构《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的安全标准。原子能机构必须使这些标准适用于其本身的工作，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这些标准。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实施这些安全标准已经成为全球安全体制的一个关键要素。

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标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。

诚然，只有对这些安全标准在实践中加以适当应用，它们才会是有效的。原子能机构的安全服务——其范围包括工程安全、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——协助成员国适用安全标准和评价其有效性。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。对于各种国际安全公约缔约国而言，原子能机构的安全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、制造者和运营者也适用这些标准，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。

原子能机构认真对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。

编者按

如果列入附录，该附录可被视为标准的一个不可分割的组成部分并具有与主文本相同的地位。如果列入附件、脚注和文献目录，它们可被用来为用户提供可能是有用的补充信息或实例。

英文文本系权威性文本。

援引其他组织的标准不应被解释为国际原子能机构认可这些标准。

国际原子能机构安全标准

通过国际标准实现安全

虽然安全是国家的责任，但是国际安全标准和安全方案可以促进协调一致，有助于确保核和辐射相关技术的安全使用，并有利于国际技术合作和贸易。

安全标准也为各国履行其国际义务提供支持。一项一般的国际义务是一国不得从事可对另一国造成损害的活动。在国际安全相关公约中为缔约国规定了更具体的义务。经国际商定的原子能机构安全标准为各国表明其本国正在履行这些义务提供了依据。

原子能机构的标准

原子能机构的安全标准享有原子能机构《规约》确定的地位。该《规约》授权原子能机构制定适合于核和辐射相关设施和活动的安全标准并规定适用这些标准。

安全标准反映了有关保护人类和环境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3类：

安全基本法则

- 阐述防护和安全的目标、概念和原则以及为安全要求提供依据。

安全要求

- 制定为确保当代和未来人类和环境受到保护所必须满足的要求。这些要求用“必须”来表述，并遵循安全基本法则中提出的目标、概念和原则。如果不能满足这些要求，则必须采取措施以达到或恢复必要的安全水平。安全要求使用监管性语言，以便能将其纳入国家法律和条例。

安全导则

- 就如何遵守安全要求提出建议和指导性意见。安全导则中的建议用“应当”来表述。建议采取规定措施或等效的可替代措施。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。每一安全要求出版物均以若干安全导则作为补充，在制定国家监管导则时可以利用这些安全导则。

原子能机构安全标准需要辅以工业标准，并且必须在适当的国家监管基础结构范围内加以实施，以期充分发挥有效作用。原子能机构印发了广泛的技术出版物，目的是帮助各国制订国家标准和发展国家基础结构。

标准的主要用户

除监管机构及政府部门、政府当局和政府机构外，还有以下单位使用这些标准：核工业当局和营运组织；设计、设备制造和应用核与辐射相关技术的组织，包括各种设施的营运组织；医学、工业、农业、研究和教育领域涉及辐射和放射性物质的用户和其他单位；以及工程师、科学家、技术人员和其他专家。原子能机构本身在其安全评审工作中以及为了编制教育和培训课程也要使用这些标准。

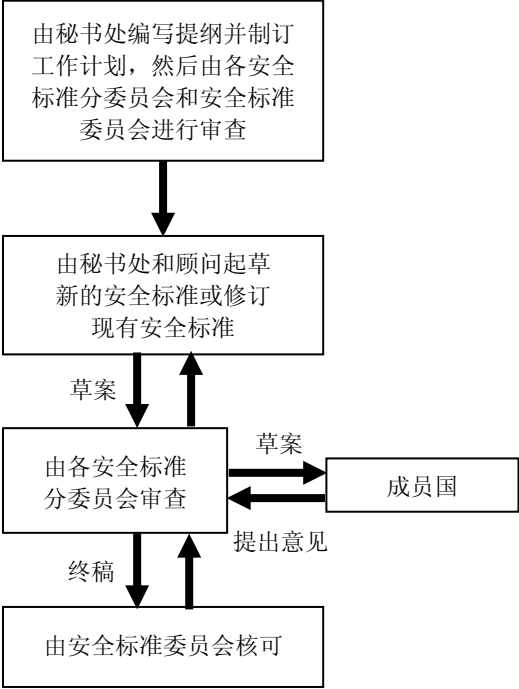
标准的制定过程

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核安全、辐射安全、放射性废物安全和放射性物质安全运输领域安全的 4 个安全标准委员会（核安全标准委员会、辐射安全标准委员会、废物安全标准委员会和运输安全标准委员会），和 1 个负责监督整个安全标准计划的安全标准委员会。原子能机构所有成员国均可指定专家参加 4 个安全标准委员会的工作，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。

就安全基本法则和安全要求而言，经安全标准委员会核可的草案须提交原子能机构理事会核准后方可出版。安全导则经总干事核准后出版。

在经历这一过程后，标准已经能够反映出原子能机构成员国的一致意见。在制定标准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、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。

为了不断更新安全标准，在标准出版 5 年后将对其进行审查，以确定是否有必要进行修订。



新安全标准的制定或现有安全标准的修订程序。

标准的适用和范围

原子能机构《规约》规定原子能机构在实施本身的工作方面安全标准对其有约束力，并且在实施由原子能机构援助的工作方面安全标准对国家有约束力。任何希望与原子能机构缔结有关任何形式的原子能机构援助协定的国家均须遵守安全标准中与协定所涵盖活动有关的要求。

国际公约中也载有与安全标准中所载相类似的要求，这些要求对缔约国有约束力。安全基本法则已被作为制定《核安全公约》和《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》的基础。《核或放射紧急情况准备和响应的安全要求》反映了各国按照《及早通报核事故公约》和《核事故或辐射紧急情况援助公约》应承担的义务。

纳入国家法律和条例并由国际公约和详细的国家要求作为补充的安全标准为保护人类和环境奠定了基础。然而，也将有一些需要在国家一级逐案加以评定的特殊安全问题。例如，有许多安全标准特别是那些涉及安全规划或设计的安全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和建议在按照早期标准建造的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。

文本的解释

安全标准在确定国际达成共识的要求、责任和义务时采用“必须”这一表述形式。许多要求并不针对某一特定方，但表明适当的一方或多方应当负责履行这些安全要求。建议则采用“应当”来表述，它表明这样一种国际共识，即为了遵守这些要求，有必要采取所建议的措施（或等效的可替代措施）。

将按照原子能机构《安全术语表》中所述对安全相关术语进行解释（<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）。在其他情况下，则采用最新版《简明牛津词典》中赋予明确拼写和意义的词语。就安全导则而言，英文文本系权威性文本。

安全标准丛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 1 节的引言中加以说明。

在主文本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；为支持主文本中的陈述而列入的资料；或叙述计算方法、实验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，该附录被视为标准一个不可分割的组成部分。附录中所列资料具有与主文本相同的地位，而且原子能机构承认其作者身份。主文本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信息或解释。附件不是主文本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；在标准中发表的列于其他作者名下的资料可以附件形式列出。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. 引言	1
背景 (1.1~1.7)	1
目的 (1.8)	2
范围 (1.9~1.19)	3
结构 (1.20)	4
2. 保护人类健康与环境	5
总则 (2.1)	5
剂量限制 (2.2)	5
防护与安全的优化 (2.3~2.4)	5
剂量约束值 (2.5)	6
排放控制和解控 (2.6~2.14)	7
建筑物和场址的解控 (2.15)	9
3. 职责和责任	9
总则 (3.1~3.7)	9
监管机构的责任 (3.8~3.10)	10
放射性废物产生者的责任和放射性废物管理 设施运营者的责任 (3.11~3.19)	12
4. 总体安全考虑	15
放射性废物管理战略 (4.1~4.11)	15
放射性废物产生设施和放射性废物管理设施 (4.12~4.25)	17
安全评价和环境影响评价 (4.26~4.31)	20
5. 放射性废物的处置前管理	21
总则 (5.1)	21
废物的处理 (5.2~5.29)	21
场内搬运 (5.30~5.32)	29
放射性废物贮存 (5.33~5.44)	29
废物处置前管理设施 (5.45~5.53)	32
废物的场外运输 (5.54~5.58)	36

具体方面（5.59~5.68）	37
6. 放射性废物进入处置设施前的验收（6.1~6.4）	39
7. 记录保持和报告（7.1~7.6）	40
8. 管理系统（8.1~8.5）	42
附录 I：用于医疗、工业、农业、研究和教学的 典型辐射源和相关的放射性废物	45
附录 II：安全和环境影响评价故障表	57
附录 III：固体放射性废物管理流程图	58
附录 IV：生物放射性废物管理流程图	59
附录 V：闲置密封辐射源管理流程图	60
附录 VI：闲置辐射源和废辐射源及其管理技术的确定	61
附录 VII：废密封辐射源和（或）闲置密封辐射源的鉴定和定位策略	65
参考文献	67
参与起草和审定的人员	69
安全标准核可机构	71

1. 引言

背景

1.1. 放射性物质在医疗、工业、农业、研究和教学应用的广泛活动中产生放射性废物。废物的体积和活度虽然数量常常是有限的，但是它们必须被作为放射性废物加以管理。

1.2. 虽然任何数量的放射性废物的管理原则 [1] 和安全要求 [2] 是一样的，但是在从事只有小量废物产生的活动的组织中，若干问题必须逐一加以考虑。在废密封放射源和闲置密封放射源方面，情况尤其如此¹。就涉及小量放射性废物的产生和管理的活动而言，所涉设施的类型和废物管理的安排变化很大。此外，放射性废物的类别在设施之间也有不同。因此，小量放射性废物的安全管理应当得到专门的考虑。

1.3. 在所考虑的各种活动中产生的放射性废物，其性质也有很大变化。它们可以是单个的密封辐射源或非密封辐射源，也可以是工艺过程材料或可消费材料。产生废物的活动有许多，包括：医疗中用放射性物质进行诊断、治疗和研究；工业中用放射性物质进行工艺过程控制和测量，以及放射性物质在农业、地质勘探、建筑和其他领域中的许多应用。所考虑的放射性废物可以是固体、液体和气体形式。固体废物可以包括：废密封源或闲置密封源；被污染的设备、玻璃器皿、手套和纸；以及动物尸体、排泄物和其他生物废物。液体废物可包括：来自研究和生产过程的水溶液和有机溶液；排泄物；来自实验室设备或设施去污的液体、以及来自活度测量系统（例如使用液体闪烁计数器的系统）的液体。气体废物在一些设施中产生于化学化合物和有机体的生产和放射标记中，以及固体和液体废物的处理中。在附录 I 中更广泛地概述了从这些应用中产生的废物。

¹ 废密封源或闲置密封源在一些国家中不被视为废物，但是对这类源的安全管理是通过遵守放射性废物的要求进行的，因此它们被包括在本安全导则中。

1.4. 鉴于所遇到的废物类别变化无常，以及废物产生和管理的方式存在各种变化的可能性，应该特别注意那些在废物的管理和监管控制中可能出现的安全问题。有关管理和监管控制的制度对这些因素应当是敏感的和响应的。

1.5. 在一些只有少量废物产生的设施中，工作人员对有关放射性废物管理的安全问题的了解可能有限。工作人员安全文化可能未将重点放在放射性废物管理上，这是因为这方面的知识有限和（或）是因为营运单位对相关的问题强调得不够。

1.6. 良好的运行实践能够显著地减少所产生的放射性废物数量，但是，这种废物一般不能完全被消除。放射性废物可能含有足够多的放射性核素，以至于如果得不到适当管理便可能给人类健康和环境带来严重的危险。经验已经表明，废密封辐射源或闲置密封辐射源的情况尤其如此。过去对这些源的不良管理实践已经导致运行人员和公众成员受到辐射照射，并且有时引起环境的广泛污染。有些情况，由于缺乏对这些源的控制，导致巨大经济损失、辐射照射的严重健康影响、甚至死亡 [3~5]。

1.7. 本安全导则就如何满足参考文献 [2] 规定的安全要求提供建议和指导。它涵盖放射性废物处置前管理和放射性物质搬运与处理中所涉及的不同实体的职责和责任。另一些国际原子能机构安全标准，尤其是有关《低、中放废物处置前管理》的安全导则 [6] 在有关场合也是适用的。

目 的

1.8. 本安全导则的目的是就如何满足参考文献 [1, 2] 为放射性物质在医疗、工业、研究、农业和教学中应用产生的放射性废物的管理安全所规定的目标、原则和要求提供建议和指导。本安全导则是为产生和管理放射性废物或集中管理这种废物的组织以及负责监管这些活动的监管机构编写的。

范 围

1.9. 本安全导则适用于一切涉及与放射性物质在医疗、工业、研究、农业和教学中应用有关的放射性废物的活动，包括废密封源和闲置密封源。本安全导则涵盖医院和研究中心的核医疗科之类中小型设施中产生的废物。在这些设施中，通常不会产生大批废物。这包括从放射性物质的使用中产生的废物和在这些设施中执行退役活动的组织所产生的废物。本安全导则涵盖与放射性废物的安全操作和管理有关的管理、行政和技术的措施，涉及从废物产生到废物在处置设施验收，或在适当的处置方案可利用之前在贮存设施验收，或通过解控机制被解除进一步的监管控制之前。它不具体地包括有关这种放射性废物处置的详细安排。放射性废物在近地表处置设施中处置的要求在参考文献 [7] 中规定。

1.10 废密封源和闲置密封源因为存在发生具有严重后果的事故的可能性，因此其管理是本安全导则的重点。

1.11 本安全导则涵盖在涉及医疗应用、工业应用和研究应用的各种设施以及可能代表若干废物产生者收集和管理放射性废物的集中化国家和（或）地区性的设施中产生的放射性废物的安全管理。

1.12 本安全导则适用于在工业活动和研究活动（例如在大学实验室中使用铀或利用镭射荧光）中产生的、含有天然存在的放射性核素的有限数量废物的管理。有关矿石开采和处理中产生的大量放射性废物的管理的建议和指导在参考文献 [8] 中给出。

1.13 已就小量放射性废物在其管理的不同阶段的贮存问题提供指导。进一步的细节将在有关放射性废物的安全贮存的安全导则中给出。

1.14 本安全导则提供有关放射性废物从废物产生者的房舍到放射性废物集中管理设施的转移的指导。有关放射性废物运输的要求在参考文献 [9] 中规定，相关的建议和咨询材料在参考文献 [10] 中提供。

1.15 本安全导则提及解除对放射性物质的监管控制，以及对流出物向环境的排放的控制。有关这类排放的进一步细节在参考文献 [11] 中给出。

1.16 在退役只产生小量废物的场合，本安全导则中提供的指导是适当的。有关医疗、工业和研究设施退役中产生的废物的管理的建议在参考文献 [12] 中提供。

1.17 本安全导则就属于其范围的放射性废物的管理的有关安全评价提供指导。

1.18 由于存在病原体或重金属之类其他危险物质，非放射性危险常常与放射性废物相伴随。本安全导则就这些危险在与辐射安全相关的场合要加以考虑的问题提供指导。在一些场合，这些危险将决定可利用的废物管理方案的选择。有关非放射性危险的建议不在本安全导则范围之内。

1.19. 家用烟雾探测器之类豁免于《基本安全标准》（BSS）[13] 要求的消费产品不在本安全导则范围之内。如果这类消费产品被收集起来作为放射性废物处理和处置，则本安全导则提供的建议和指导是适用的。

结 构

1.20. 第 2 节处理废物管理中人类健康和环境的保护问题。第 3 节描述监管机构的职责和责任，产生放射性废物的放射性物质用户的职责和责任，以及废物管理设施运营者的职责和责任。第 4 节涉及一般安全考虑。第 5 节简要说明设计和运行中的具体安全要点。第 6 节讨论废物处置问题。第 7 节和第 8 节讨论记录保持、报告和管理系统。附录 I 一般性地描述从密封源和非密封源的生产和使用中产生的废物，并且列出这些活动中所使用的主要放射性核素。在与辐射源的生产相关、有更大数量放射性废物产生的场合，参考文献 [6] 是适用的。附录 II 介绍一种形式为故障表的安全评价方法。附录 III、附录 IV 和附录 V 分别提供固体放射性废物、生物放射性废物以及废密封源和闲置密封源的典型管理流程图。附录 VI 给出废密封源和

闲置密封源及其管理方法的典型实例。附录 VII 介绍废密封源和闲置密封源的鉴定与定位的策略。

2. 保护人类健康与环境

总 则

2.1. 参考文献 [2] 第 2 节规定的有关保护人类健康和环境的安全要求，适用于在医疗、工业、农业、研究和教学应用以及其他小的应用中产生的放射性废物的管理。要求对放射性废物的管理，既要保护现在和未来的人类健康和环境，又不给后代人施加不适当的负担 [1, 2]。要求放射性废物管理所涉工作人员的辐射照射在正常运行中符合《基本安全要求》 [13] 中规定的剂量限值要求，要求工作人员的事故照射风险得到控制。为确保遵守有关公众成员的辐射剂量限制和优化原则，要求对以下方面实施控制：放射性物质从受控环境中移出，含有放射性核素的流出物的排放和可能引起事故释放的活动。

剂量限制

2.2. 要求工作人员和公众成员的个人正常照射得到限制，使包括本安全导则中所处理的废物管理在内的获准实践所引起的各种照射的可能组合对相关器官和组织造成的总的有效剂量或总的当量剂量不超过《基本安全要求》 [13] 附录 II 中所规定的任何相关剂量限值。

防护与安全的优化

2.3. 对于一种实践中的任何源，都要求优化防护与安全，使个人剂量的大小、受照射人员的数目以及受到照射的可能性，在考虑了经济和社会因

素后，并限制该源产生的个人剂量要在剂量约束值之内（参考文献 [13]，第 2.24~2.26 段），均是优化的。具体地说，特定废物管理方案（包括处理、废物最少化、包装和整备）的选择应当在考虑了对工作人员的任何额外照射 [6] 后加以优化。

2.4. 防护与安全的优化过程虽然可能从直观的定性分析变化到使用决策辅助方法的定量分析，但是这个过程要求是充分的，以连贯的方式考虑一切有关的因素，以便有助于实现以下目标：

- “(a) 在考虑了可利用的防护与安全方案以及照射的性质、大小和可能性之后，确定通常情况下的优化防护与安全措施；
- “(b) 根据优化的结果，制定通过采取预防事故和缓解其后果的措施限制照射大小及受照概率的准则”（参考文献 [13] 第 2.25 段）。

剂量约束值

2.5. 就本安全导则中考虑的任何特定源或设施而言，防护与安全的优化应当针对所论的整个实践系统化地进行，应当不只是在单个的活动范围内进行，而且应当涵盖包括废物管理在内的一切涉及放射性物质的活动。应该证明，个人剂量将仍低于所规定的剂量约束值。约束值应当得到监管机构认可。在规定剂量约束值时，监管机构应当考虑到：

- (a) 就作为放射性废物处置前管理中的一些活动的结果受到辐射照射的任何人而言，辐射防护要求是优化的，在剂量约束值之内，而且一切源和一切活动给个人造成的剂量保持在规定的剂量限值内（参考文献 [6]，第 2.2 段；参考文献 [13]，第 2 节）；
- (b) 应当规定这样的剂量约束值，以确保就关键组任何成员造成的剂量而言，来自一切这类活动的放射性释放所造成的累积剂量不超过相关的有效剂量限值。远离源的人和后代人也应当加以考虑。

排放控制和解控

放射性流出物向环境排放的控制

2.6. 虽然放射性废物的安全管理要求来自各种废物管理过程的释放是优化的，但是，流出物可以在许用限值范围内作为一种合法的实践释放到环境中 [1]。

2.7. 有关《放射性废物管理原则》的安全基本法则出版物（参考文献[1]，第 308 段）表明：

“放射性废物管理的优先方案是放射性核素的浓缩和包容，而不是稀释和分散到环境中。不过，作为放射性废物管理的一部分，放射性物质可以在许用限值范围内作为一种合法的实践，并且也通过材料的重新使用，释放到空气、水和土壤中。”

以受控制的方式将含有少量放射性物质的流出物释放到环境，可以是最合理的方案。监管机构应当根据参考文献 [11] 中提供的指导，规定这样的流出物向环境排放的限制。

2.8. 参考文献 [11] 向监管机构提供了有关规定这类限制的指导和指导。有关排放的限制应当确保个人剂量在监管机构为有关实践规定的剂量约束值之内。所强加的限制应当确保对任何公众成员的年剂量不大于从任何单一设施导出的 300 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ 。如果存在那种在同一地区有若干个放射性物质用户或若干个运行的废物管理设施的可能性，则监管机构可能不得不考虑减少对排放的限制，以确保不存在下述可能性：个人接受由若干个源而来的剂量，导致超过相关剂量限值的复合剂量。应当通过放射性评价证明，所建议的排放将不会导致对公众的剂量超过这些限值水平。

2.9. 对排放的特定监管限制可针对每个个别情况加以制订。另一方面，对排放的监管限制还可以通过做出保守的模拟假设，在一般性的基础上加以制订。一般性评价虽然很可能在个别情况下导致对放射后果估计过高，但可能更容易解释，更容易被用户和营运者遵守，因而更容易生效。监管机构能够向用户和营运者提供进行放射评价的帮助。不过，这需要监管机

构提供一种比帮助水平高得多的技术支持，在许多情况下这种支持可能是得不到保证的。

2.10. 用户和营运者应当通过排放监测和环境监测 [11] 或用计算的方法，证明自己遵守了排放限制方面的监管要求。这种监测或计算所用的程序和测量方法应当得到监管机构的认可。这种监测和计算结果的记录应当加以保存。

解控

2.11. 《基本安全要求》规定：

“已通知或已获准的实践中的源，包括物质、材料和物体（包括废物），如果已符合 [监管机构] 批准的解控水平，则今后可以从本 [基本安全] 标准的要求释放出来。除非监管机构另作批准，否则此解控水平必须考虑附录 I 中规定的准则 [第 I-3 段：一年内有效剂量约为 $10 \mu\text{Sv}$ 或更低；从事该实践一年所引起的待积集体有效剂量不大于 $1 \text{人} \cdot \text{Sv}$ ，或评价表明豁免是最佳选择]，并且不得高于附录 I 中规定的或 [监管机构] 根据附录 I 规定的准则所确定的豁免水平”。（参考文献 [13]，第 2.19 段）。

2.12. 用户或营运者应当建立一个正式机制，来证明在解控（将材料移出监管区）方面遵守了监管要求。此外，还应当遵守废物的任何其他危险方面（例如传染性或毒性）有关免除于监管控制的其他要求。

2.13. 应当除去不再适用监管控制的任何材料上的任何辐射标记。同样，对于包含不再适用监管控制的材料的容器，也应当除去其辐射标记；对于受监管控制的材料已被移出的容器，或一般用来装运或贮存放射性物质的空的干净容器，也应当除去或覆盖其辐射标记。

2.14. 有关已取消其监管控制的材料的信息应当记录和保持，以便必要时接受监管机构审查。

建筑物和场址的解控

2.15. 当建筑物和场址进行退役并且未解除监管控制时，如果适当，应当对任何残留的放射性废物进行妥善管理、移出和转移到一个获准的贮存或处置设施。应当按照监管机构所要求的水平对建筑物和场址去污。有关的建议和指导在参考文献 [12] 中提供。

3. 职责和责任

总 则

3.1. 要求一切放射性废物的管理在一个适当的国家法律基础结构中进行。这个国家法律基础结构应当提供明确的责任分工 [1] 和对有关设施与活动的有效监管控制（参考文献 [14]；参考文献 [2]，第 3.5~3.9 段），应当促进对其他的国家和国际法律的遵守。虽然法律通常具有普遍适用性，但国家的法律体系可以包含就特定活动中所产生的废物管理而制订的设施或场址特有的条例。参考文献 [2, 14] 规定了在建立这样一个基础结构的责任方面以及在监管机构确保废物管理安全的要求。

3.2. 放射性废物管理的国家战略应当根据安全目标和原则 [1] 来制订。为了确定放射性废物管理的国家基础结构和所要采取的手段，需要一个战略。这个战略的一个关键要素是开发国家或地区性的废物管理设施的进度，而不是管理若干废物产生场所的废物。从使用专门的国家或地区废物管理设施中可以得到显著的安全利益。不过，做这种决定时应当考虑所产生的废物数量和类别、可利用的专门知识及其在该地区或该国家的分布，以及其他因素。在为一个或多个国家或地区指定的放射性废物管理设施选址的过程中，适当的作法可能是利用可管理较大数量放射性废物的设施，例如有必要的专业知识的国家实验室。

3.3. 在本安全导则涵盖的许多情况中，采取了一种将现场废物管理与在地区或国家设施中的集中废物管理相结合的战略。这样，含有短寿命放射性核素的废物便可以在其产生的场地就地管理，而含有长寿命放射性核素的废物可以在国家和（或）地区设施中管理。

3.4. 这样，废物管理可能涉及只在废物产生的场地进行的操作，或它可能涉及放射性废物向一个专门的废物管理设施的转移。专门的废物管理设施，尤其是用于管理闲置密封源或废密封源的设施，可能设在另一个国家。

3.5. 放射性废物管理的一个目的应当是使废物产生最小化，并且产生废物的形式符合随后装卸、处理、运输和贮存的要求，或满足处置验收要求。所选定的废物管理方案也可能产生废物或材料，这些废物或材料适合于返回给放射性物质的制造者或供应者，适合于根据监管许可 [11] 作为液体或气体排放到环境中，或适合于解除对它们的个别监管控制。

3.6. 放射性废物的处置前管理可能涉及放射性废物从一个营运者向另一个营运者的转移，或废物在另一个国家中的处理。所建立的法律基础结构 [14] 应当包括用以确保在包括营运者间的转移在内的整个废物处置前管理过程中有明确的安全责任分工的规定。用于管理废物的任何设施的退役也应当考虑。应当利用监管机构给予的适当授权（例如，利用符合国家法律基础结构和废物跨界运输所涉国家间的协定的一份许可证或一系列许可证）来保证有关安全责任的连续性。

3.7. 放射性废物管理方面的监管责任和运营责任应当明确地加以划分并尽可能在功能上加以分离，以便确保对废物管理的不同阶段和所涉组织的有效和严格的监管控制。

监管机构的责任

3.8. 就放射性废物管理安全而言，监管机构的总的职责是制订安全标准，并且确保这些标准的遵守。参考文献 [14] 中规定的废物安全要求能够以

若干方式加以满足。监管机构的适当作法是就如何满足这些要求提供国家指导。为监管机构规定的与废物管理有关的具体责任是：

- (a) 审查并且评价用户和营运者为取得废物管理活动的许可而提出的申请，并且制订许可条件；
- (b) 发放、修改、中止或撤销许可证；
- (c) 从事遵章保证活动，包括检查产生和管理放射性废物的设施；
- (d) 确保如果发现不安全情况或潜在不安全情况采取纠正行动；
- (e) 在发生违犯监管要求的情况下采取必要的执法行动。

3.9. 为监管机构规定的进一步的具体责任 [2, 14] 包括：

- (a) 编写和更新废物管理条例、安全原则和要求；
- (b) 就法规的制订、解释和适用提供建议；
- (c) 确保在未对放射性废物的适当管理做好准备和没有可利用的足够和适当的贮存能力的条件下，不开始产生放射性废物的活动；
- (d) 确保建立一个适当的放射性废物分类办法，并适当考虑国家和国际安全标准；
- (e) 确保建立了与放射性废物管理设施、过程和作业（包括装卸、处理、运输、贮存和处置）的安全有关的标准和准则；这些标准和准则应当处理准备在现有和计划的设施中处置的废物包的验收问题；
- (f) 确保把责任指定给产生或管理放射性废物的适当方，以保证涵盖废物管理一切阶段的有关文件和记录的编写与保持，记录保持工作正确进行，因而记录能保持到适当的时候；
- (g) 为设施的退役制订安全标准，包括退役终态的条件；
- (h) 为从监管控制下的设施或活动中移出材料制订标准，并就含有放射性核素的液体和气体的获准排放取得适当的监管批准提供指导；
- (i) 确保其工作人员，以及用户和营运者的工作人员具备必要的专门知识和能力来完成其职能，并且在必要的场合确保提供适当的培训。

3.10. 监管机构应当要求用户和营运者提交安全文件，以支持对涉及放射性废物管理的许可证或其他形式的授权的申请。安全文件应当包括与所论设施的复杂性相一致的安全评价报告，以及与废物管理有关的下述细节：

- (a) 将产生的废物的化学性质、物理性质和生物性质；
- (b) 所建议的与废物产生（预期的废物数量、废物最少化和控制）和废物处理（预处理、处理、整备、贮存和运输）有关的放射性废物管理活动的描述，以及设施及其相关系统的描述；
- (c) 设施的安全评价，以及设施的完整性及相关的废物控制措施的证明；
- (d) 贮存安排；
- (e) 为在国家条例允许的情况下取消对材料、活动和设施的监管控制所做的安排；
- (f) 为从场地移出废物到某个另外的场地贮存、处理或处置所做的安排；
- (g) 排放建议（排放的点和方法，以及相关的控制）；
- (h) 排放和环境监测计划与安全评价建议；
- (i) 退役计划和程序；
- (j) 工作人员能力和培训准备；
- (k) 发生涉及放射性废物的事故时的应急计划。

放射性废物产生者的责任和放射性废物管理设施营运者的责任

3.11. 装卸、使用或处理放射性物质的设施的营运者对任何相关的放射性废物的安全管理承担主要责任。这应当包括处置，但在没有处置设施的情况下它应当涉及安全的长期贮存。下面各段就如何满足参考文献 [2, 14] 中规定的要求给出建议，而进一步细节可以由监管机构给出。

3.12. 在任何废物管理设施建造或重大改动开始之前，或可能产生放射性废物的活动开始之前，要求负责的营运者向监管机构提交一份包括第 3.10 段（参考文献 [14]，第 5 节）所规定的信息的申请。申请应当写明所要采取的废物管理步骤，包括为贮存和处置所做的安排；应当详细说明所建

议的设计和运行实践；并且应当包括将如何满足有关安全要求的说明（见参考文献 [6] 第 3.11 段）。

3.13. 在涉及放射性的工作开始之前，营运者应当进行监管机构所要求的试运行试验，以便证明满足设计要求和安全要求。

3.14. 营运者可以使用自己的设施以许可的方式装卸、处理、贮存和（或）处置废物，或可以将废物移交给一个获准的放射性废物管理设施的营运者。在移交中，营运者应当确保放射性废物只按照废物管理设施的营运者规定的废物验收准则移交，而且所移交的废物附带必要的废物盘存量信息。营运者应当确保废物是按照国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》[9, 10]（《运输条例》）的规定运输的。营运者应当对一切管理活动的安全负责，即使工作包给第三方也要承担这种责任，直到废物变为另一个获准的放射性废物管理设施的营运者的责任为止。营运者还应当全面负责确保废物包满足任何长期贮存或处置的要求，或满足监管机构认可或规定的要求。

3.15. 在为工作制订计划之初，营运者便应当编写退役活动的大纲计划。

3.16. 营运者应当保持有关所产生和所贮存的全部废物以及已经处置或已移交给另一个营运者负责的全部废物的记录。监管机构应当规定要求保持记录的必要时间。

3.17. 为履行其在放射性废物管理方面的总的责任，用户和营运者应当确保他们将在设施的整个寿期内有足够的资源，包括人力资源和财政资源。

3.18. 下列各项应当是营运者的责任：

- (a) 确保放射性废物的产生保持实际可能的最低限度；
- (b) 建立和实施一项适当的废物管理计划，并且有一个适当的管理系统，以确保符合许可条件；
- (c) 确保放射性废物通过提供适当的收集、分离、表征、分类、处理、整备、贮存和处置安排（包括废物管理不同步骤之间的及时过渡）得到管理；

- (d) 确保设备和设施可供用于安全地实施放射性废物管理活动；
- (e) 确保适当的工作人员得到适当培训，并且有可用于安全地完成其任务的运行程序；
- (f) 保持对废物管理中的实践的了解，并且保证有关运行经验的反馈；
- (g) 执行与设施的复杂性及其对人类健康和环境的潜在影响相适应的安全评价；
- (h) 建立和保持有关放射性废物产生、处理、贮存和处置的信息的记录，包括保持一份所贮存的放射性废物的最新清单；
- (i) 确保以足以证明遵守任何排放许可的详细度和准确度监测和记录排放，以及向监管机构报告排放；
- (j) 迅速向监管机构报告任何超过许可量的排放或释放；
- (k) 按照监管机构可能要求的时间间隔、形式和细节提供所持放射性废物、所做排放和从监管设施和活动中移出的放射性物料的清单；
- (l) 评价废物控制措施和设施的完整性，以确保其对故障的耐受性；
- (m) 建立应急计划和应急程序；
- (n) 将事件和事故报告给监管机构；
- (o) 提供监管机构所要求的有关放射性废物的任何其他信息。

3.19. 营运者应当指定一名适当合格的人员全面负责放射性废物管理的日常监督。这名人员也可以是辐射防护官员。这取决于营运单位的规模和复杂程度。被指定人员应当具有就放射性废物安全管理有关的一切事务向管理部门提出建议的专门责任。应当向这名被指定人员提供适当的权力和资源，以确保第 3.18 段中规定的营运者责任得到履行。

4. 总体安全考虑

放射性废物管理战略

优先方案的选择

4.1. 放射性废物管理可以在本地、在国家和（或）地区性的废物管理设施或以两者相结合的方式进行。关于是否进行就地废物管理还是建立国家和（或）地区性的废物管理设施的决定，应当作为国家放射性废物管理战略的一部分来做出。

4.2. 由用户或营运者进行就地废物处置的程度，将取决于在国家放射性废物管理战略方面可利用的方案、营运者的基础设施，以及与所产生的废物管理有关的可利用的技术能力。就地废物管理可以包括一系列作业，例如废物最少化、预处理（包括分离、表征、化学调节）、处理、整备和贮存。不过，作为一个最低限度要求，废物最少化、分离、基本表征和相关的贮存应当在就地进行。用户和营运者都应当确保向一个处置设施或另一个放射性废物管理设施转移任何废物都是与有关设施的废物验收要求相一致的。

4.3. 有关就地废物管理的这些考虑和随后的考虑适用于用户，它们同样适用于国家或地区性的废物管理设施。

废物产生控制

4.4. 作为一个首要优先事项，营运者应当采取任何可利用的措施来避免产生放射性废物，例如通过对有关设施的适当设计和运行，以及只要可能便使用将在短时间范围内衰变到无意义水平的相对短半衰期放射性核素。作为另一个优先事项，营运者应当考虑再循环和再利用放射性物质和设备，以便减小要管理和处置的放射性废物数量。废物最少化是废物管理和潜在风险控制中的重要步骤。废物产生最小化的意义应当作为安全评价的一部分加以评价。

4.5. 出于安全原因，不需要的物料（例如设备包装）不应当带入放射性控制的场所。这样做，能够减小放射性废物的潜在产生量、防止放射性污染的扩大，并且能够把废物量减到最小。

4.6. 废物最少化的另一个重要方面是使用与实现应用的目标相一致的最低限量度的放射性物质。对限制任何具体活动中使用的放射性物质数量的种种方案应当给予适当的考虑。

4.7. 只要有可能，当采购密封源时，合同安排应当允许源在使用后返回给制造者或预先确定的废物管理者。这一点对于高活度源（对高活度源的监管控制只有在衰变贮存很多年以后才可能被解除）或对含有长寿命放射性核素的源是特别重要的。

4.8. 如果情况允许的话，放射性物质的再利用和（或）再循环应当作为处置的一种替代办法来考虑。在开始再利用和（或）再循环之前，应当评价再利用和（或）再循环的安全性，而且在风险可能产生于许可的活动之外的场合，应当从监管机构获得必要的许可。再循环和再利用可以涉及下述活动：

- (a) 由密封源的所有者对密封源的再利用，或有适当的法定措施的新的所有者对密封源的再利用；
- (b) 由制造者对密封源的再循环；
- (c) 设备和防护服之类材料的去污和（或）再利用；
- (d) 满足监管机构规定的解除对材料控制条件的材料的再循环和再利用。

4.9. 废物的非放射性危险也应当减小到最低限度。如果可能，应当避免放射性废物与有毒或危险的材料的混合。例如，最好是利用热电偶而不是汞玻璃温度计进行温度测量，以避免含有污染汞的废物流的可能形成。

废物的表征和分类

4.10. 从废物产生到处置的废物管理的所有步骤的一个基本环节是废物的表征和分类。表征能够用于不同目的，例如确定与特定类别废物相关的潜

在危险，选定适合于作衰变贮存的废物，规定具体的处理、贮存或处置方案，以及规划和设计废物管理设施。分类使人能够选定最适当的废物管理方案，并且常常在很大程度上受放射性半衰期影响。含有短放射性半衰期放射性核素的废物应当被优先分离。这种废物可以通过安全贮存直到其衰变到无意义的水平来管理。在这方面，应当适当考虑放射性半衰期长的杂质。在短寿命废物的最初表征中，这类杂质并非总是可以探测到的。参考文献 [15] 提供了有关废物分类的指导。应当记录表征过程中产生的数据，而且记录应保持相当长的时间。

放射性废物管理诸阶段间的相互关系

4.11. 应当认识到放射性废物管理不同阶段间的相互关系，因为在一个阶段中管理或处理废物的方式能够对后续诸阶段产生不可忽视的影响。不能认识到不同阶段间的相互关系，可能有两种结果，或者可能导致这样一种废物形式：它不符合有关贮存或处置的安全技术要求，并且要把它再加工成符合安全技术要求的形式，在技术上可能是困难的和费用高的，或者可能引起不必要的辐射照射。例如，处理放射性废物而不考虑随后的废物处置接收要求，可能导致对额外整备作业的需要。

放射性废物产生设施和放射性废物管理设施

管理系统

4.12. 良好的管理是确保放射性废物管理安全和对人类健康与环境的保护的前提 [2]。在本安全导则中所考虑的活动类别（在该类别中，放射性物质的使用和放射性废物的管理可能不是核心活动之一）中，应当特别注意将好的管理实践应用于放射性废物管理中。应当通过建立一个定型的管理系统并在该系统内开展工作来实现好的管理和废物管理计划中的质量论证。在保证和确保该管理系统内的废物安全方面所花费的精力，应当与所进行的活动的复杂性、所产生的废物和废物管理计划相称。废物管理计划应当涉及管理结构、责任和培训需要、控制措施、效能标准，以及评价方法。

4.13. 管理系统应当由用户、营运者和监管机构建立和应用。

4.14. 管理系统的重要内容包括但不一定限于：

- (a) 管理结构和责任的规定；
- (b) 正式工作程序的制订；
- (c) 工作人员的培训和资格确认；
- (d) 设计控制；
- (e) 器材和服务的采购；
- (f) 文件控制和记录；
- (g) 检查、试验和维护；
- (h) 不符合性控制和纠正行动；
- (i) 评价（管理系统有效性——内部和外部审计）。

安全文化

4.15. 要求集中各方面精力确保在涉及放射性物质的使用、放射性废物产生与管理及其监管控制的一切组织中存在适宜的安全文化。这种安全文化的目的应当是在上述各种组织内的一切层面上建立一种对放射性废物适当管理需要的必要意识，并且应当防止在相关活动的任何方面产生自满情绪（参考文献 [1]；参考文献 [13]，第 2.28 段；参考文献 [16]）。

4.16. 所有有关各方都应当继续不断地探究放射性废物管理计划的适宜性和有效性，并且应当总是寻求在涉及安全的安排中做出改进。

财政资源和人力资源

4.17. 应当提供足够的财政资源和人力资源供用户与营运者使用，以确保放射性废物管理计划能够安全地并按照许可条件加以实施。

4.18. 对放射性废物管理负有责任的工作人员应当有适当的资格和经验水平，以便适当地履行其责任。他们应当有适当的科学技术知识。

辐射防护

4.19. 要求制订一份辐射防护大纲，以适当地确保辐射安全和对管理放射性废物的场所的出入控制。

4.20. 应当为达到以下目的做好一切必要的准备：将照射造成的剂量保持在规定限值以下，在考虑了经济因素和社会因素后 [13] 优化辐射防护和安全，以及在与运行活动的复杂性相适应的范围内，遵循适当的安全导则有关运行辐射安全的建议 [17~19]。

4.21. 应当实施对管理放射性废物的场所的适当辐射监测，而且应当为那些在放射性废物管理活动中可能受到辐射照射的工作人员提供辐射剂量测定手段。应当适当地监测将从控制区移出的材料。

环境监测

4.22. 虽然环境监测应当是任何大的放射性废物管理设施或其中有放射性废物产生的设施取得许可证的一个条件 [13]，但是，一些较小的、不太复杂的设施可能不需要进行环境监测。对监测的需要应当紧密地与一般公众受到不可忽视的辐射剂量的可能性联系起来。不过，为使公众安心，进行有限量的环境监测有时或许是必要的。

4.23. 环境监测计划如果要求，应当按照废物管理设施所具有的潜在风险以及周围区域的环境特性来建立。这种计划应当涉及环境样本（例如地下水、空气和灰尘的样本）的收集，以及辐射水平和污染水平的测量。当需要环境监测时，应当进行运行前环境监测，以确定当地的辐射本底水平和环境材料中的放射性核素浓度，这些水平和浓度会随着地理位置而变化。

应急准备

4.24. 要求用户或营运者确保制订应急计划，以响应辐射应急情况。应急计划应当与产生或管理放射性废物的设施可能发生的紧急情况的潜在严重性相称。作为最低限度要求，应急计划应当包括：对于要有能力识别和响应紧急情况的工作人员的培训，对有关各方的责任的指定，以及用于确保

应急工作人员防护的适当安排和设备。与应急准备和响应有关的要求载于参考文献 [20]。

保安

4.25. 应当在产生或管理放射性废物的设施建立保安安排，以确保废物在未经许可时不会被偶然或故意地从其适当的位置中移出。应当特别注意具有内在价值的材料或设备，或其失控可能对人类健康或环境造成严重威胁的材料或设备 [13]。

安全评价和环境影响评价

4.26. 要求进行安全评价，以证明放射性废物管理设施及所采用的过程的性能目标能够满足，以及整个放射性废物管理系统从许可或授权的角度看是可以接受的（参考文献 [2]，第 5.3 段）。安全评价的结果应当包括对工作人员、公众和环境的预计影响。应当确定和以文件记录可以从设施中安全排出的放射性物质或其他危险材料的数量和浓度。安全评价的范围取决于所建议的活动对工作人员、公众和环境造成的风险（有关危险可能引起的伤害的严重性和伤害发生的可能性）的倾向。

4.27. 应当论证一种系统化的和有条理的评价方法，并考虑废物管理过程中的一切步骤，把它们作为个别阶段和作为综合废物管理系统的一部分。这种评价过程应当包括废物管理的各步骤之间以及所涉及的组织之间的相互依赖关系。应当考虑正常和异常运行工况，并且应当按照监管机构的要求，为将所确定的风险降到可接受的水平建议行动。

4.28. 对于大多数小的用户和营运者来说，简化的安全评价方法应当是适当的。附录 II 给出了一个有关这种评价的故障表实例。该故障表的目的是确定对于营运者的危险，并且提出能够产生可接受的风险的专设的、行政的和应急的控制方法。风险应当从放射性角度和非放射性角度加以分类。

4.29. 对于更简单和更小的活动来说，综合放射性废物管理系统可能是相当直截了当的，因而是能够简单地评价的。对于管理小量放射性废物的用户和营运者而言，安全评价的重点应放在论证与监管要求的一致上。

4.30. 应当将安全评价结果编成报告。这份报告应当涉及在正常和异常工况下可能引起的放射性风险和非放射性风险，以及为将这些风险降至可接受的水平要采取的行动。为这种行动所作的安排，包括参考水平、条件，以及实践程序和行政程序，应当构成运行文件的基础。运行文件应当由用户和营运者执行。

4.31. 非放射性环境影响评价通常根据环境法的规定来进行，因而不属于本安全导则的范围。

5. 放射性废物的处置前管理

总 则

5.1. 放射性废物的处置前管理包括若干处理活动，这些活动涉及预处理、处理和整备。处置前管理还包括各种贮存和装卸活动，以及向一个集中的废物管理设施和（或）一个处置设施的运输。较小量放射性废物的管理可以在其产生的场地（例如医院、实验室或研究中心）完成和（或）在一个集中的废物管理设施完成。

废物的处理

5.2. 放射性废物的处理可以涉及预处理、处理和整备这些步骤，这些步骤可以涉及若干改变废物特性的作业。废物的处理可能出于安全、技术或财政的原因而成为必要的。为消除或减小与废物相关的危险（例如放射、物理、化学和生物方面的危险），需要进行处理。

5.3. 放射性废物应当只在其被仔细地表征后才进行处理。所选用的处理方法应当能够确保处理后的废物将满足随后贮存、处置和运输的验收要求，或监管机构认可的解除监管控制的验收要求。

5.4. 采用的处理方法应当根据废物的特性加以选择。从放射性物质的使用中产生的放射性废物一般可以分为下述 3 大类：固体废物、液体废物和气体废物。这 3 类废物可能由含有按活性（对 α ， β - γ 辐射体和中子辐射体而言）、按半衰期和按废物基体的物理、化学和生物特性区分的放射性核素的废物组成。

5.5. 在处理方法的选择过程中应当总是考虑二次放射性废物的产生问题。应当在安全评价和环境影响评价中考虑二次废物产生的影响。在为减小体积而对固体废物进行去污、锯或切割、切碎和压碎之类的作业中，尤其应当注意这一点。

5.6. 在为处理放射性废物选择方法时，要求适当考虑工作人员在正常作业中和为每种处理方法确定的可能事故中所受的照射。

废物的预处理

5.7. 放射性废物的预处理是在废物产生后进行的废物管理的初始步骤。预处理活动包括废物的收集、分拣、化学调节和去污。为完成这个初始步骤，应当对各种废物流在其产生源处进行分离，并且作为一个先决条件，应当按照既定的分类方法完成适当的废物鉴别和分类。接收放射性废物的废物管理设施的营运者应当通过例行测量或随机测量或其他手段核实废物的特征，以便证实用户提供的信息，并且促进适当的处理和整备方法的选择。作为管理系统的一部分应当保持废物特征的适时记录。

5.8. 通常，不同类别放射性废物的收集和分离应当根据规定的战略和可利用的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。废物分拣的目的是将与随后的废物管理步骤有关的废物量、管理费用、复杂性和风险减至最小。尤其是在退役过程中，应当特别注意较高活度废物的分离。这样做将促进一些材料在工艺过程内的再循环，或当废物中存在的放

放射性核素数量低到足以使其能从监管设施或监管活动中移出时，作为非放射性废物处置。

5.9. 放射性废物收集和分离过程中使用的容器应当在物理学上和化学上与所容纳的废物相容，应当保证对所容纳材料的充分包容，并且应当提供使工作人员免受化学、生物和物理危险或其他危险（例如被污染的尖锐物体伤害）的保护。所用的材料应当是牢固的，而且应当酌情（例如对于生物放射性废物）使用双层包装材料或适当的外层容器。容器应当经过适当鉴定和标记，并且分配到预计将产生放射性废物的工作场所。应当考虑废物容器的安全操作问题（例如通过提供带有脚踏开启机构的有盖金属废物桶），以及废物容器在以后的废物管理步骤中的使用问题。放射性废物一旦开始积累，用户就应当记录有关所收集的废物的性质的信息。应当记录每个废物容器的以下信息：

- (a) 识别编号；
- (b) 存在的放射性核素；
- (c) （测量或估算的）活度和测量日期；
- (d) 来源（例如房间和实验室）；
- (e) 现实的危险和（或）潜在的危险（例如化学危险和感染危险）；
- (f) 表面剂量率和测量日期；
- (g) 废物数量（质量或体积）；
- (h) 负责人。

5.10. 应当进行放射性废物的分离，并主要考虑下述因素：

- (a) 活度和存在的放射性核素；
- (b) 存在的放射性核素的半衰期：适合于衰变贮存的短寿命放射性核素（例如半衰期不超过 100 天的放射性核素）或长寿命放射性核素（例如半衰期越过 30 年的放射性核素）；
- (c) 废物的物理和化学形式，例如水溶液废物或有机废物，可燃废物或不可燃废物，可压缩废物或不可压缩废物，均相废物或非均相废物（含有残渣或悬浮固体的废物）；

- (d) 非放射性危险（毒性、致病性、传染性、遗传毒性、生物性质、药物性质或混合性质）；
- (e) 进一步的处理、贮存或处置活动。

5.11. 只有确保评价了以下方面后才应当实施去污作业：

- (a) 可移去层的存在；
- (b) 表面污染的范围和性质；
- (c) 估计产生的放射性废物数量、活度和特性；
- (d) 与所使用的去污方法有关的潜在危险。

5.12. 营运者应当以一种系统化的方式收集和记录与废物管理中的下一步骤有关的信息。在放射性废物容器被转移进行进一步管理之前，应当采取适当的预防措施（例如放射监测和去污）。

废物的处理

5.13. 放射性废物的处理包括那些打算通过改变废物的特性来保证安全性和经济性的作业。适用的基本处理是减小体积、去除放射性核素和改变组成。

固体放射性废物

5.14. 固体放射性废物的处理有各种不同的方案（见附录 III）。通常，除了整备外，它们不适用于废密封源和闲置密封源。固体废物处理的可能方案和主要安全考虑如下：

- (a) 只有确保以下情况，才应当进行压实：
 - 不存在可能损伤废物包的废物；
 - 有害的（例如传染性的）废物已被排除（或已被消毒过）；以避免发生有害释放（例如微生物释放）；
 - 加压容器已被排除，以避免气体不受控制的释放或污染；
 - 液体已被排除，以避免在压实过程中废物包发生泄漏；
 - 闲置密封源已被排除，以避免污染和照射的高风险；
 - 松散的活性粉末已被排除，以避免污染的风险；

- 化学反应性材料已被排除，以避免不受控制的化学反应。
- (b) 只有确保以下情况，才应当进行焚烧：
- 废源已被排除，以避免污染的高风险；
 - 加压容器已被排除，以避免气体和（或）污染物不受控制的释放和（或）污染；
 - 挥发性毒性材料已被排除，如果所用的焚烧器不是为其设计的话；
 - 高湿度材料已被控制，以确保完全燃烧；
 - 将有对放射性灰的随后管理；
 - 冻结材料已被控制，以确保完全燃烧；
 - 活性灰尘已被控制，尤其是对灰装卸作业中产生的活性灰尘的控制；
 - 所产生的废气已被处理和控制，并且气体流出物在许可排放限值内被排放。

液体放射性废物

5.15. 液体放射性废物的处理有各种不同的方案。液体放射性废物的最佳处理方法的选择取决于安全、技术和财政的考虑。液体处理方法的选择还取决于 pH 值和固体颗粒含量、盐含量、酸含量，以及这些颗粒、盐、酸被分离的可能性与容易程度。废物处理过程应当按照从安全评价中导出的并且通过正式批准的运行规程来实施的准则加以完成。还应当提供适当的监测。

5.16. 各种液体放射性废物流如果在化学组成或放射性核素组成上有很大差别的话，应当加以分离。例如，几种不同化学性质的溶液如果直接排放不可能的话，应当分开贮存。应当防止那些产生热、气溶胶或沉淀物的不受控制的化学反应。例如，有必要把酸性溶液与碱性溶液分离，因为 pH 值的变化或氧化还原条件的变化会导致例如碘之类挥发性放射性核素的释放。

5.17. 只有安全评价证明拟用的程序是可接受的，并且只有按照批准的运行规程加以记录，液体流的合并才应当进行。通常，应当避免不相似的废物流（例如水相废物和有机相废物，以及含短寿命和长寿命放射性核素的废物）的混合，除非有特别的目的（例如中和）。这样，废物流的复杂性和潜在危险会被降至最低。

5.18. 不同的方法可被用来处理水相废物流和有机相废物流。就小量水相放射性废物而言，监管机构可许可向正常排水系统直接排放或直接地排放给水接收部门。进一步的指导在第 2 节中给出。就其他水相废物而言，化学沉淀法、蒸发法、离子交换法和超过滤法均可采用。

5.19. 在采用化学沉淀法时，应当考虑：二次废物的产生，非均相废物流形成的可能性，以及对活性沉淀物随后整备的必要性。在采用蒸发法时，应当考虑：二次废物的产生，蒸发器的完整性（耐腐蚀性），存在挥发性有机物时可能的火灾风险，放射性喷射的包容，以及活性蒸残液的随后整备。当使用离子交换法时，要考虑的问题是：需要特殊整备的二次废物的产生，树脂与强氧化剂（例如浓硝酸）的反应性，树脂的辐射分解，以及所产生的需要特别整备的废树脂。当使用超过滤法时，需要考虑来自高压系统的、可能导致液体废物无意中弥散的泄漏，以及对放射性固体或残渣整备的随后需要。

5.20. 就有机相放射性废物而言，可以采用焚烧法（低闪点材料或挥发性有毒材料除外），固化法，以及吸收法。当使用焚烧法时，应当至少考虑气体和颗粒物以及放射性组分和非放射性组分的可能环境影响。同样，还应当考虑将在产生废物的设施内部，尤其装卸灰时，气载放射性物质的产生量减小到最低限度；并且考虑污染灰的随后管理。就固化法和吸收法而言，应当评价最终废物形式的长期稳定性。

5.21. 液体放射性废物处理中产生的浓缩物（二次废物）应当加以固化，以便形成一种稳定的固体废物形态。所形成的废物形态应当符合根据安全评价制订的准则，在安全评价中要考虑运输、贮存和最终处置方面的要求。

气载排放物

5.22. 就小量气体流出物而言，一般可以在规定的许可条件内向大气直接排放。在这类场合，可能不需要对气体流出物作进一步处理。在所用的放射性核素数量小而且放射性核素往往是短半衰期核素的医学实验室和小的研究实验室，往往是这种情况。

5.23. 含有颗粒状放射性物质的气载排放物流，必要时应在排放到大气以前用过滤器或其他手段加以净化。除非排放物流只被短寿命放射性核素污染，否则所用的过滤器或其他净化介质应当作为固体放射性废物处理。如果只是短寿命放射性核素沉积在过滤器或其他净化介质上，可以使它们衰变，无需作进一步处理，并且随后可以解除监管控制。

生物放射性废物

5.24. 生物性质的放射性废物应当通过考虑相关的放射性危险和非放射性危险（生物和（或）传染危险；物理、化学、可燃和（或）爆炸的危险）加以管理。就来自医疗应用的传染性生物放射性废物而言，应当进行预处理，以便在废物贮存和（或）处置以前去除一切传染媒介物。说明生物废物管理的流程图在附录 IV 中给出。

5.25. 用于放射性废物管理的实践通常不适合或不足以控制生物危险。同时，生物放射性废物也不能总是用与非放射性生物废物相同的方法加以处理。就生物放射性废物处理而言，的确存在若干个方案。它们涉及蒸汽灭菌、化学消毒、干热处理和辐照灭菌。焚烧、高压蒸汽处理、微波处理和干热处理之类热处理方法，主要用于破坏废物中存在的有机物和微生物。化学方法用于对生物废物消毒去污。

放射性废物的整备

5.26. 放射性废物的整备涉及那些将已处理过的废物转变成适合于装卸、运输、贮存和处置形式的作业。这类作业可能包括：将废物固定在一种基体中，将废物放入容器中，以及提供额外的包装。在许多情况下，预处理、处理和整备相互紧密配合地进行。放射性废物的整备应当确保：废物、基

体和容器之间有最大的相容性；废物有最大的均匀性；容器内自由空间最小；废物浸出性低；以及对络合剂与有机化合物的控制。这类作业可能包括将废物固定在一种基体中。有关的验收要求和验收准则应当得到监管机构的批准。

5.27. 在安全评价中，应当考虑要整备的材料，以及废物贮存和处置的有关验收要求和（或）验收准则。废物的贮存和处置应当得到监管机构的许可。

5.28. 在进行安全评价中，有益的作法是将放射性废物包看成是由两个主要组分构成的，也就是说，由废物和及其容器组成的。容器中的废物的性质对整个废物包的性质有不可忽视的影响，并且能够影响废物包在有关的验收准则方面的性能。

5.29. 每个废物包都应当配有一个牢固的识别编号标签。应当在管理系统下保持每个废物包的适当记录。在相当长的时期内，一切记录都应当是安全存储的、容易查询和检索的。就每个单独废物包而言，信息至少应当包括：

- (a) 废物的来源；
- (b) 废物包的识别编号；
- (c) 废物包的型式与详细设计和卸料记录；
- (d) 废物包的质量；
- (e) 废物包的外部尺寸和（或）体积；
- (f) 接触处和 1 m（运输指数）处的最大剂量率和测量日期；
- (g) 表面污染测量结果；
- (h) 放射性核素含量和活度含量；
- (i) 易裂变材料（例如 ^{239}Pu -Be 源）含量；
- (j) 物理性质；
- (k) 潜在的致病危险、化学危险和其他危险的存在。

场内搬运

5.30. 放射性废物的场内搬运包括从产生源到处理、贮存和（或）处置场所的一切转移（移动）作业。这可能包括实体搬运、工艺流程或场内运输（包括往车辆上装废物包和从车辆上卸废物包）。放射性废物的场内搬运应当满足以下条件：

- (a) 使用容易去污的容器或外包装；
- (b) 在适当的运行辐射防护控制下；
- (c) 对放射性废物包和运输工具加适当标记；
- (d) 按照场地辐射防护大纲、保安程序、安全运输和应急计划，以及由国家法律规定的标准。

5.31. 在放射性废物包搬运以前，应当进行非固定表面放射性污染检查。检查的目的是保护搬运废物包的工作人员，帮助防止污染的事故性扩大，并且提供对记录保持系统的独立核对。此外，还应当规定每个放射性废物包的表面处或距表面的规定距离处的最大允许辐射剂量率，作为废物包贮存验收要求的一部分。

5.32. 放射性废物包上放射性污染的意外存在，也许表明废物包本身或附近的一个废物包已被弄破或已经受到实体损坏。应当预先规划和制订一些程序，并且应当在这类事件中实施。作为最低限度的要求，应当封闭可疑废物包周围的区域，应当通知废物安全负责人员，并且应当执行旨在确定污染源和确保其被封隔的程序。封隔污染源的最简单方法是在可能的情况下，将污染源置入二次外包装容器中。

放射性废物贮存

5.33. 下述情况下，放射性废物贮存也许是必要的：

- (a) 衰变至解控前；
- (b) 在预处理、处理和整备前；

(c) 在处置或转移到另一个认可的设施前。

5.34. 放射性废物的贮存应当确保废物被隔离，工作人员、公众和环境受到保护，并且能够使废物的随后移动、搬运、运输或处置成为可能。在贮存的不同阶段中，应当维持以记录保持和适当加标记的方法实现的废物包的完全可追踪性。

5.35. 就任何放射性废物管理活动而言，应当确保贮存安排的安全性。场内贮存可以用来使放射性废物衰变到可解除监管控制的水平。出于运行原因，贮存可能是必要的（例如，未经整备的放射性废物在随后的整备或场外转移前，可能需要进行贮存）。通常，场内贮存时间应当保持尽可能短，以确保废物的长期安全。当废物要被转移到一个放射性废物集中贮存设施时，或当废物产生设施中可能没有最佳较长期贮存能力可利用时，尤其应当这样做。贮存设施可能是未处理的、已处理的和已整备的放射性废物所需要的。应当特别注意未整备的放射性废物的贮存，以便限制来自废物包的任何泄漏。

5.36. 在考虑放射性废物贮存安排时，应当仔细评价：

- (a) 放射性废物的类型和特性；
- (b) 废物包的原始完整性和表面污染的潜在水平；
- (c) 废物包的封闭和（或）密封，以及废物包在贮存条件下的持续完整性；
- (d) 预计的贮存时期和进一步延期的可能性；
- (e) 符合搬运、贮存和保安要求的能力；
- (f) 监测的必要性和型式，例如监测贮存设施中的气载放射性物质的必要性；
- (g) 对废物包潜在损伤的识别的可能性，以及促进采取纠正措施的可能性。

放射性废物排放或解控前的贮存

5.37. 许多放射性核素，尤其是在研究和医疗应用中使用的放射性核素，具有从几小时到几个月的半衰期。10 个半衰期的衰变贮存时期，能够将初始活度降低到原来活度的千分之一以下。实际经验表明，衰变贮存通常适合于含有半衰期不超过 100 天的放射性核素的一切类型的放射性废物，即固体、液体和气体放射性废物。不过，具有更长半衰期的废物也可安全地贮存，以便衰变到可忽略不计的水平。这类废物的贮存问题，应当在逐例的基础上加以考虑。

5.38. 在适当的情况下，衰变贮存从安全角度和技术与经济的角度考虑是首选的管理方案。应当收集被短寿命放射性核素污染的有适当放射性含量或放射性浓度的放射性废物，并安全地贮存足够长的时间，直到废物满足将材料移出监管设施和活动或进行许可排放的监管准则。可能有些例外，例如被污染的动物尸体，因为有致病或传染的危险可能必须处置掉。

5.39. 放射性废物的衰变贮存和随后的解除监管控制，需要严格的行政控制措施。在产生场所和当衰变贮存时期结束时，应当仔细测量活度，并且应当分离废物。在每批废物被解除监管控制前，应当进行有代表性的测量，或进行取样分析。在取样过程中，应当考虑保护工作人员免受放射性危险和非放射性危险的问题。

放射性废物处理前贮存

5.40. 应当对每个废物包进行贮存跟踪，以便于其取回作进一步处理。应当提供适当的辐射防护控制和保安措施。未经整备的废物的贮存时期应当是有限的，因为未经整备的放射性废物可能带来不可预期的危险。废物的贮存应当确保：

- (a) 废物包贮存于专门指定的场所、房舍或专门建造的设施（场内设施或集中设施）中；
- (b) 符合废物贮存接收准则；
- (c) 废物包一经收到便被检查（例如检查废物包的完整性、表面污染或与支持性文件的一致性）；

- (d) 不同类型的废物（包括混合废物）按照致病性、有机性、毒性或其他性质分开贮存；
- (e) 废物包加上可靠的标记；
- (f) 废物现状的跟踪和支持性文件的可利用性。

放射性废物处置前贮存

5.41. 经过处理和整备的放射性废物应当与未经整备的废物、非放射性原料以及维护用材料分开贮存。经处理和整备过的放射性废物包应当贮存在例如箱、支架、托盘或货盘中。贮存场所应当加以规划，以便尽可能减少搬运和运输。

5.42. 整备过的放射性废物应当在处理之后和转移到处置设施之前，以一种安全和保安的方式加以贮存。

5.43. 在安全评价和环境影响评价中应当考虑各种贮存建议，以证明所建议的设计和运行安排的可接受性。贮存期间的安全目标应当能够确保贮存的废物将继续被适当地包容，有适当的屏蔽防止来自所贮存废物的辐射，所贮存的废物包的性能不会下降和不会在搬运和处置中引发问题。

5.44. 在某些场合，专用的贮存或最终处置设施尚不存在。虽然对于放射治疗和其他医疗、工业和研究活动的需要继续存在，但是相关的放射性废物的最终处置目前尚不可能。在这些场合，这类活动也许不能完全符合本节中的建议。这项指导是为了帮助那些负责安全的人设计一个保证可实现的人类健康和环境保护的放射性废物管理计划。

废物处置前管理设施

5.45. 应当通过使用好的工程和管理实践确保处置前放射性废物管理设施的安全。尤其是应当采纳保证针对技术原因或人为差错所引起的故障的多层次保护的纵深防御原则。这应当包括：

- (a) 由放射性核素向环境迁移途径上若干实体屏障所组成的多重屏障系统；
- (b) 用于保护屏蔽的完整性和有效性的技术手段和组织手段；
- (c) 用于当发生故障或屏障损害时保护公众和环境的措施。

5.46. 在放射性废物管理设施的寿期的一切阶段（选址、设计、试运行、运行和关闭或退役），应当在下述 3 个方面提供适用纵深防御原则所需的技术手段和组织手段：

- (a) 用于防止非正常运行的措施；
- (b) 用于防止事故和缓解后果的措施；
- (c) 用于制订应急计划的措施。

废物处理和贮存设施的设计

5.47. 在设计放射性废物处理设施中，应当考虑：

- (a) 将放射性废物处理系统与其他系统以及与贮存有潜在危险的材料的房舍和设施分开；
- (b) 提供辅助系统，例如取样或去污系统；
- (c) 在各阶段实施放射性控制，包括对废物的接收和影响人员保护和工作环境保护的因素的控制；
- (d) 提供适当的包容（例如通风柜、滴液收集盘、密封和浸液的工作台）和屏蔽（例如铅块或混凝土块）；
- (e) 酌情按照工作房舍在区域和人员方面的级别，保证工作房舍的分界（例如用标记、绳子或其他屏障标示分界线）；
- (f) 保证辐射控制（剂量率和表面污染测量）；
- (g) 提供工艺技术控制，例如记录未经处理的废物的特性和控制最终产物（放射性废物体）的特性；
- (h) 以能够为正常运行、维护和控制提供便利的方式，安排设备和系统的位置和布置；

- (i) 通过采用适当的搬运设备和选择简单的路径，来保证废物的安全搬运；
- (j) 提供可容易去污的表面；
- (k) 提供适当的排水和通风系统（例如利用空气过滤、空气压差和流动考虑）；
- (l) 提供正常电源和应急电源；
- (m) 提供应急设备房舍；
- (n) 提供防火系统；
- (o) 提供保安。

5.48. 视所要处理和（或）贮存的放射性废物的数量，安全安排可以有很大的变化范围，从贮存在加屏蔽的小室到专门的单独房间或设施。具体的安排在很大程度上不仅取决于所涉放射性废物的活度和其他化学与物理特性，以及废物数量，还取决于可利用的工艺技术。对优化辐射防护的要求和对维持工作场所无含有长半衰期放射性核素的放射性废物的倾向，意味着应当考虑提供一个可按顺序贮存放射性废物的单独小房间。不过，在工作许多天只有很小量放射性废物产生的场合，也许最好是使用一个紧靠工作场所的就近库房或小室。

5.49. 通常，容器应当适合于具体放射性废物的安全管理，因而应当按照具体废物的化学和放射性质、数量，以及搬运和贮存的技术要求加以选择。应当避免容器由于液体的膨胀和气体与蒸气的产生（主要发生在有机液体管理中）而压力升高。

5.50. 贮存设施的设计应当使工作人员能够进行定期检查，包括进行旨在发现任何实体性能下降或泄漏的早期迹象的辐射控制（剂量率和表面污染测量）和对废物包的目视检查。设施建造材料的寿命应当与设想的贮存时期相当，并且应当确保贮存条件能够维持废物包的性质在整个设计贮存时期内不变。贮存设施的设计应当能够确保放射性废物可以从设施中移出作随后的处理或处置，并且确保设施将来如果必要可以扩大。

放射性废物处理和贮存设施的退役

5.51. 营运者应当在放射性废物处理和贮存设施的寿期的每个阶段考虑设施的退役方面。就设施设计和随后任何的改动而言，尤其应当如此。此外，当退役作业开始时，应当确保必要的行政和管理控制将依然存在或将被改变以适应新的情况。原则上，处理设施或贮存设施的拆除活动应当只在下述活动完成后开始：

- (a) 放射性废物和其他潜在的危险材料已被移出；
- (b) 要拆除的系统和部件已被去污。

不过，可以预计仍存在一些在去污和拆除活动开始前并非所有废物均被移出的可接受的安全情况。

5.52. 在退役安排中，有 6 个阶段应当加以考虑：

- 阶段 1：正当性和可行性研究，旨在规定退役目的和确定退役是否涉及全部放射性物料的移出；
- 阶段 2：源移出，涉及包容的放射性废物和放射性物料的源的移出；
- 阶段 3：去污，涉及移出或减少设施的材料、物项、建筑物和场所所受的污染；
- 阶段 4：拆除，主要是减小设施的物体和部件的尺寸，以便于对它们进行管理（去污，搬运）和随后将其从场地移出；
- 阶段 5：最终辐射调查，对所退役设施进行系统化的辐射调查，以确保辐射防护的目标都已达到；
- 阶段 6：视退役目的而定，所退役的设施或者可以留作无限制地使用，或者在有限制和（或）监督要求的情况下使用。

5.53. 应当记住，从退役活动中产生的废物可能有必要进行延长贮存。退役活动可以组合进行，如何组合取决于所要退役的处理或贮存设施的类型与规模，放射性废物的类别，国家的废物管理战略，以及集中的贮存和处置设施的可利用性。有关的建议和指导见参考文献 [12]。

废物的场外运输

5.54. 放射性废物的场外运输应遵守国家规定和国际原子能机构的“运输条例” [9, 10] 。

5.55. 在从放射性废物产生地运出放射性废物包之前，应当得到必要的确认，即该废物将在其预定目的地验收。将接收废物的设施的营运者应当向用户详细说明废物验收所需要的安全相关信息和正式文件。

5.56. 就每个单独的废物包而言，废物一旦转移需要提供的信息应当至少包括：

- (a) 产生者的详细名称；
- (b) 废物包的识别编号；
- (c) 废物包的型式与详细设计和卸料文件；
- (d) 废物包的质量；
- (e) 废物包的外部尺寸和（或）体积；
- (f) 接触处和 1 m（运输指数）处的最大剂量率和测量日期；
- (g) 表面污染测量结果；
- (h) 放射性核素含量和放射性含量；
- (i) 易裂变材料（例如 ^{239}Pu -Be 源）的含量，如果适用的话；
- (j) 物理性质；
- (k) 废物产生地；
- (l) 潜在的致病危险、化学危险和其他危险；
- (m) 运送中桶或容器的总数；
- (n) 运送的总质量。

5.57. 与废物包相应的所有文件在运输之前应当由 1 名指定人员核对，以确保其符合废物验收要求、国际原子能机构“运输条例” [9, 10]，以及相关国家运输条例。

5.58. 在密封源の場合，屏蔽装置通常是原来的贮存和（或）运输废物包的一个不可或缺的部分。屏蔽装置的尺寸和型式取决于所要运输的放射性核素的活度。如果可能，原来的制造商的包装应当被用于运输该废密封源或闲置密封源。不过，应当考虑原来的包装设计是否符合国际原子能机构“运输条例”，以及该废物包是否继续满足其设计标准。如果原来的包装已不可利用，则该废密封源或闲置密封源应当按照国际原子能机构“运输条例” [9, 10] 的要求重新包装。

具体方面

废密封源和闲置密封源

5.59. 密封放射源依据其原来的预定用途活度范围变化很大：从校准用源的几兆贝可到医用远距治疗法用源的无数太贝可。虽然废密封源或闲置密封源可能是某一特定运营者所产生的放射性废物量的一小份额，但它们可能在所产生的放射性废物的放射性含量方面占首要地位。需要注意到，虽然远距治疗源和其他大的闲置辐射源的辐射输出可能已经下降到为其初始目的设定的有用水平以下，但这类源造成辐射诱发损伤的潜力仍然相当大。应当注意到，铯-137 远距治疗源可能含有可弥散形式的铯化合物，如果这些源的主要包容物被破坏的话，它们能带来很大的危险。

5.60. 在废密封源和闲置密封源的安全管理方面，应当考虑以下方面（亦参见附录 V）：

- (a) 闲置密封源被某个其他的许可组织作进一步的许可利用；
- (b) 闲置密封源被返回给其供应者；
- (c) 在其原来的屏蔽装置中暂时贮存（例如，对于半衰期短于 100 天的放射性核素）；
- (d) 整备（例如加外包装）；
- (e) 长期贮存（例如在专用的贮存设施中）；
- (f) 处置。

5.61. 就管理闲置密封源而言，最适宜的方案是使它们再循环供进一步使用。如果这样做是不可能的，对于闲置密封源和在任何情况下对于废密封源，首选管理方案是将源返回给其供应者。不过，这个方案对许多老的源并非总是适用的，因为原来的供应者可能是不为人所知，或可能已不再存在。就半衰期短（不超过约 100 天）而且活度高（例如医疗应用和 γ 射线照相中使用的铯-192 源）的废密封源和闲置密封源而言，源的衰变贮存可能是首选管理方案。

5.62. 一切废密封源或闲置密封源都应当整备，除非它们所含的放射性核素的半衰期短得足以使它们在大约 2~3 年的时期内解控。长寿命源一般是通过封装到焊制的钢盒中进行整备，以便于未来的管理。整备方法应当经监管机构批准。

5.63. 在营运者未用封装法整备废密封源或闲置密封源的设施或专门知识，或没有适当的贮存设施的场合，应当做出将源转移给有适当设施的另一个持证组织的安排。应当为含有镭-226、镭-241 和其他长寿命放射性核素的废密封源和闲置密封源的长期安全贮存建立集中的设施。

5.64. 闲置密封源的管理可能涉及潜在的严重危险。密封源应当不受到压实、破碎或焚烧。作为一条一般原则，对首要的安全需要，意味着密封源应当不被从其一次容器中移出，一次容器在实体上应当不被改动。大的辐照装置的周边部件（不直接与源相联系的部件）应当被移去、监测，并且适当地加以处置。安全评价和环境影响评价应当在任何活动开始实施前完成。就有可能发生泄漏的源而言，在其搬运和贮存过程中，还应当采取特别的辐射预防措施，对表面污染和气载污染物的监测，应当给予特别注意。这些源应当贮存在有适当通风和设备的专用场所（见附录 VI）。

5.65. 密封源一旦不再有用，则其管理中的最重要考虑便是维持控制的连续性。营运者和监管机构应当为维持对这类装置和材料的控制以及定期检查控制状况做出规定。

孤儿源

5.66. 已经有许多这样的情况：一些密封源为特定目的（例如工业过程控制）而获得，后来因为营运单位停止源的运行和控制而丢失。许多便携式射线照相装置含有宝贵的重金属，因而在废金属目的方面变得有吸引力。这些是废密封源和（或）闲置密封源失去监管控制的原因中的一些。各国应当为管理这些“孤儿”源建立和实施适当的战略。附录 VII 介绍了废密封源和（或）废物密封源的鉴定与定位战略的一个实例。

5.67. 在一切涉及孤儿源的场合，这种战略都应当确保，无论什么时候孤儿源被鉴定，便采取适当的回收措施。这些措施应当包括：对负责单位的鉴定，以及在国家内为回收、搬运、整备、贮存和必要时处置孤儿源提供资金。

放射性废物的事故性产生

5.68. 放射性物质（例如密封源）的丢失和误用能够引起导致工作人员和公众成员受到辐射照射、工作房舍和土地受到污染的事故。这能够导致放射性废物的无计划和事故性的产生。用户和营运者都应当采取措施来确保，为处理和贮存任何这类事故性地产生的放射性废物所需的技术和组织手段，包括必要的应急安排已经就位。

6. 放射性废物进入处置设施前的验收

6.1. 放射性废物应当只处置在被许可接收所论类别废物的设施中。国家放射性废物处置设施应当作为国家放射性废物管理战略的一部分加以设计。

6.2. 放射性废物处置设施的营运者应当为不同类别的放射性废物和废物包制订具体的验收要求和程序，并使这些要求和程序得到监管部门批准，以及应当将这些要求和程序提供给用户使用。将进入处置设施的放射性废物应当满足废物验收要求。验收要求涉及：

- (a) 废物处理的程序（稳定的废物体和容器的耐腐蚀性）；
- (b) 最大的液体含量（通常至多为总放射性废物量的 1%）；
- (c) 废物体的机械、化学、结构、放射性和生物方面的稳定性；
- (d) 对活度的限制（例如每个废物包的活度）；
- (e) 不存在临界的可能性；
- (f) 废物的非自燃、非爆炸或非反应性程度；
- (g) 毒性气体产生的可能性；
- (h) 对热产生的限制。

6.3. 放射性废物处置设施的营运者还应当明确规定要由废物供应者提供的文件，以及有关的废物包记录。放射性废物包一旦在放射性废物处置设施接收，就应当以适当的方式加以检查。对将进入处置设施的每个废物包都应当仔细检查，因为有的废物包可能不符合所约定的验收要求和相关文件。检查应当包括核实：

- (a) 废物包的数目及其识别；
- (b) 废物包的实体完整性；
- (c) 表面污染水平；
- (d) 废物包的外部剂量率；
- (e) 文件的完全性。

6.4. 一旦收到废物包，就应当在不损害废物包完整性的情况下完成废物包内容物的充分证实。应当记录从用户得到的信息和作为接收检查的一部分得到的数据。

7. 记录保持和报告

7.1. 应当为放射性废物管理活动建立一种合适的综合记录系统。关于废物存量的信息应当妥善加以记录、更新（例如在处理过程中对废物特性的改变）、移交（废物管理阶段之间或向另一个负责组织移交）和保持，以

便能够确保有关的信息必要时在将来能被获得。对放射性废物管理安全负责的用户或营运者应当定期检查记录系统运行是否正常。作为废物考虑的闲置密封源的详细安全相关历史应当包括在存量清单中。记录系统应当考虑废物从收集点直到长期贮存和（或）处置的可追溯性。

7.2. 用户和营运者应当确保，针对以下方面适当进行与主要放射性废物特性有关的数据的记录保持：

- (a) 废物来源；
- (b) 废物数量（体积和（或）质量）；
- (c) 放射性质；
- (d) 物理性质和化学性质；
- (e) 按照国家废物分类法对废物的分类；
- (f) 热性质（当适用时）；
- (g) 与废物相联系的任何化学危险、致病危险或其他非放射危险，以及危险物质的浓度。

营运者在必要时应当提供手段，并且应当确保场地平面图、工程图纸、技术要求和过程描述以及运行程序和安全相关操作规程得到保持。还应当很好地记录为安全系统作准备并保证其正常运行的管理计划活动的结果，以及运行活动的结果。

7.3. 用户与营运者还应当保持与用于放射性废物处置前管理的设施在试运行、运行、升级改造或退役期间的安全有关的信息。

7.4. 监管机构可能要求提交定期报告。报告可以包括：

- (a) 已解除监管控制或已排放到环境中的物质的详细情况；
- (b) 已返回给供应者的废辐射源和（或）闲置辐射源的详细情况；
- (c) 放射性废物的现行存量清单，包括废物名称、来源、位置、物理性质和化学性质，并且酌情包括从设施移出的放射性废物的记录；
- (d) 使用的安全评价方法；

- (e) 安全评价的结果；
- (f) 流出物监测和环境监测的结果；
- (g) 有关放射性废物管理安全的内部审计结果和其他结论；
- (h) 在废物处理期间发生的紧急情况（如果有的话），处理紧急情况时使用的方法，以及汲取的经验教训。

7.5. 如果有放射性废物丢失、被盗或下落不明，或流出物已在高于规定限值的情况下排放，用户和（或）营运者应当迅速通知监管机构，并且应当就该问题和所采取的行动提交一份书面报告。

7.6. 监管部门还可能要求用户或营运者定期提交一份废物产生和废物管理状况概要。有关要求在参考文献 [2, 14] 中规定。

8. 管理系统

8.1. 用户和营运者应当建立和实施一个管理系统。该系统应当能够确保：

- (a) 对有关放射性废物管理的一切活动的有效组织，以及根据设计特性对废物管理各系统的运行、维护和控制；
- (b) 对与放射性废物管理和相关设施有关的记录的保持，以及对与放射性废物管理和相关设施有关的文件的控制和记录保持；
- (c) 在遵守辐射防护和安全要求方面，对废物管理中的活动的控制；
- (d) 对有关放射性废物管理的各项内部程序、规程和计划的精心制订和实施，以确保符合辐射防护和安全要求。

8.2. 通过建立一个具有监管机构认可的适合的质量保证要求的正式管理系统，并且按该系统开展工作，来实现质量的管理和证明。这些质量保证要求应当与所从事的活动的复杂性以及废物管理计划相适应。它们应当详细说明管理结构及其责任，以及必要的培训、控制措施、效能标准和评价方法。管理系统应当能够保证放射性废物管理中的活动和许可条件相一致，并且能够促进向监管机构提供信息。

- 8.3. 有关管理系统详细组成部分的指导在参考文献 [21]²中给出。
- 8.4. 用户和营运者应当定期审查其组织内的管理系统的实施情况。当发现偏差时，应当提出、采取并且记录适当的纠正行动。
- 8.5. 审查应当包括对程序的修订，以便去除任何无助于许可活动中的安全的不应有的复杂程序。

² 国际原子能机构目前正在修订 1996 年作为安全丛书 No.50-C/SG-Q 颁发的质量管理方面的安全标准。经修订的一份“安全要求”出版物将涵盖一切设施和活动中的防护与安全管理系统。在修订后的出版物中已经采用“管理系统”这个术语。这体现了确保质量的方法的进展，并且包含了设施管理的一切方面。它把安全、健康、环境、保安、质量和经济方面的目标集中在一个协调的系统中。这份“安全要求”出版物将由若干安全导则进行补充，包括有关管理系统、放射性废物处理、搬运和贮存安全的管理系统，以及有关放射性废物处置安全的管理系统的主题指导的安全导则。

附录 I

用于医疗、工业、农业、研究和教学的 典型辐射源和相关的放射性废物

总 则

I.1. 电离辐射源是为医疗、工业、农业、研究、教学和其他领域中的广泛应用而生产的。作为放射性物质初始生产及其多样化应用的一个结果，产生了各种形式的放射性废物。一般说来，这种废物包括：不再有用因而被视为废物的放射性物质；纸、塑料手套和覆盖物、计数管、玻璃器皿、洗液之类被污染的物件；以及被注入放射性核素的患者的排泄物。除这类常规废物外，还可能从涉及放射性物质的事件或事故中产生具有可变组成的废物。与这种废物相关的风险和因此应当采取的预防措施，依放射性物质的应用、所涉及的放射性核素，以及放射性核素数量的不同，变化范围很大。

I.2. 放射性物质通常以两种不同的形式加以使用。密封源是以一种放射性内容物分散概率很低的形式使用的。非密封源是可分散的，尽管其中的放射性物质是与一种化学介质相结合的。表 1 和表 2 提供了有关工业和研究中使用的主要密封源和非密封源类别的信息。

放射性核素生产

I.3. 粒子加速器和核反应堆用于放射性核素生产。这种生产导致废物的产生。在粒子加速器和核反应堆中产生的放射性核素是在靶中和辐照盒中生产的。靶和辐照盒将分别从加速器和反应堆中移出，以便进行处理和净

化。这样便会产生活度相对高的小体积液体废物和体积较大的低放固体废物。

医疗应用

I.4. 在医疗中，放射性物质用于诊断、治疗和研究，其中包括：

- (a) 用含有放射性核素的非密封源为临床诊断和研究而进行的体外放射测定；
- (b) 用含有放射性核素的非密封源为临床诊断、治疗和医疗研究而进行的放射性药物体内应用；
- (c) 用植入患者体内或用于外部装置的密封源进行的放射治疗。

I.5. 一些只含千贝可数量放射性核素的市售药盒用于体外放射测定。碘-125 是主要放射性核素，而每次测定通常涉及很小的活度。在每次个别测定之后以及在药盒有效期过后，相应的放射性物质和被污染的物项一般被视为废物。

I.6. 就主要的体内应用而言，所要研究或治疗的具体器官将决定要使用的放射性药物类别和患者的给入量。在用于显象工作的放射性核素中，锝-99m 使用最多，其放射性半衰期为 6 小时。锝-99m 在正常情况下，是从含有钼-99 核的商业供应的发生器中洗提到一个无菌环境中的。由于钼-99 的半衰期为 66 小时，发生器需要在大约 1 周的时间间隔内替换。从锝-99m 标记的试剂制备中产生的废物，例如报废的小瓶，注射器和棉拭，可能会受到锝-99m 这种放射性核素的污染。不过，由于锝-99m 的半衰期短，放射性很快衰变掉，因此可以解除监管控制，这种废物可以作为非放射性废物处置。

I.7. 碘-131、磷-32、钷-90 和锶-89 之类的放射性核素用于治疗时，将以 200 兆贝可到 11 吉贝可的活度给入患者。在治疗应用中，应当适当注意来自患者的废物（例如排泄物和被弄脏的布）中所含的放射性污染物。

I.8. 含有钴-60、铯-137 和铊-201 之类其他放射性核素的密封源用于患者治疗：作为暂时的植入物；用于外部束流治疗；以及用于血液产品辐照。

表 1. 用于医学和生物研究的典型非密封源

放射性核素	半衰期	主要应用	每次应用典型活度	废物特性
³ H	12.3 年	加放射标记， 生物研究，有机合成	至多 50 GBq	溶剂，固体， 液体
¹¹ C	20.4 月	正电子发射断层， 肺通气研究	至多 2 GBq	固体，液体
¹⁴ C	5730 年	医疗诊断 生物研究 加标记	低于 1 MBq 至多 50 GBq 至多 50 GBq	(呼出 CO ₂) 固体，液体 溶剂
¹⁵ O	122 秒	正电子发射断层， 肺通气研究	至多 2 GBq	固体，液体
¹⁸ F	1.8 小时	正电子发射断层	至多 500 MBq	固体，液体
²⁴ Na	15.0 小时	生物研究	至多 5 GBq	液体
³² P	14.3 天	治疗核医学	至多 200 MBq	固体，液体
³³ P	25.4 天	生物研究	至多 50 MBq	
³⁵ S	87.4 天	医学和生物研究	至多 5 GBq	固体，液体
³⁶ Cl	3.01 × 10 ⁵ 年	生物研究	至多 5 MBq	气体，固体， 液体
⁴⁵ Ca	163 天	生物研究	至多 100 MBq	主要是固体， 某种液体
⁴⁶ Sc	83.8 天	医学和生物研究	至多 500 MBq	固体，液体

续表 1. 用于医学和生物研究的典型非密封源

放射性核素	半衰期	主要应用	每次应用典型活度	废物特性
^{51}Cr	27.7 天	诊断核医学, 生物研究	至多 5 MBq 至多 100 MBq	固体 主要是液体流出物
^{57}Co	271.7 天	诊断核医学, 生物研究	至多 50 MBq	固体, 液体流出物
^{58}Co	70.8 天		—	
^{59}Fe	44.5 天	诊断核医学, 生物研究	至多 50 MBq	固体, 主要是液体
^{67}Ga	3.3 天	诊断核医学	至多 200 MBq	固体, 液体
^{68}Ga	68.2 月	正电子发电断层	至多 2 GBq	固体, 液体
^{75}Se	120 天	诊断核医学	至多 10 MBq	固体, 液体
$^{81\text{m}}\text{Kr}$	13.3 秒	肺通气研究	至多 6 GBq	气体
^{85}Sr	64.8 天	生物研究	至多 50 MBq	固体, 液体
^{86}Rb	18.7 天	医学和生物研究	至多 50 MBq	固体, 液体
$^{82\text{m}}\text{Rb}$	6.2 小时	诊断核医学	至多 50 MBq	固体, 液体
^{89}Sr	50.5 天	治疗核医学	至多 300 MBq	固体, 液体
^{90}Y	2.7 天	治疗核医学, 医学和生物研究	至多 300 MBq	固体, 液体
^{95}Nb	35.0 天	医学和生物研究	至多 50 MBq	固体, 液体
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.0 小时	诊断核医学, 生物研究, 核素发生器	至多 100 GBq	固体, 液体

续表 1. 用于医学和生物研究的典型非密封源

放射性核素	半衰期	主要应用	每次应用典型活度	废物特性
^{111}In	2.8 天	临床测量, 生物研究	至多 50 MBq	固体, 液体
^{123}I	13.2 小时	医学和生物研究,	至多 500 MBq	固体, 液体,
^{125}I	60.1 天	诊断核医学		偶尔蒸汽
^{131}I	8.0 天	治疗核医学	至多 11 GBq	
^{113}Sn	155.0 天	医学和生物研究	至多 50 GBq	固体, 液体
^{133}Xe	5.3 天	诊断核医学	至多 400 MBq	气体, 固体
^{153}Sm	1.9 天	治疗核医学	至多 8 GBq	固体, 液体
^{169}Er	9.3 天	治疗核医学, 诊断核医学	至多 500 MBq	固体, 液体
^{198}Au	2.7 天	治疗核医学, 诊断核医学	至多 500 MB	固体, 液体
^{201}Tl	3.0 天	诊断核医学	至多 200 MBq	固体, 液体
^{203}Hg	46.6 天	生物研究	至多 5 MBq	固体, 液体

表 2. 用于医疗、工业和研究的密封源

应 用	放射性核素	半衰期	源活度	说 明
骨密度测量	²⁴¹ Am	433.0 年	1~10 GBq	移动式装置
	¹⁵³ Gd	244.0 天	1~40 GBq	
	¹²⁵ I	60.1 天	1~10 GBq	
	²³⁹ Pu-Be	2.41×10 ⁴ 年		
手工近距离治疗	¹⁹⁸ Au	2.7 天	50~500 MBq	小的便携式源; 逐步被淘汰
	¹³⁷ Cs	30.0 年	30~300 MBq	
	²²⁶ Ra	1600 年	50~500 MBq	
	³² P	14.3 天		
	⁶⁰ Co	5.3 年	50~1500 MBq	
	⁹⁰ Sr	29.1 年	50~1500 MBq	
	¹⁰³ Pd	17.0 年	50~1500 MBq	
	¹²⁵ I	60.1 天	200~1500 MBq	
	¹⁹² Ir	74.0 天		
	¹⁰⁶ Ru	1.01 年		
遥控后装近距离治疗	¹³⁷ Cs	30.0 年	0.03~10 MBq	移动式装置
	¹⁹² Ir	74.0 天	200 TBq	
远距治疗	⁶⁰ Co	5.3 年	50~1000 TBq	固定式装置; 逐步淘汰, 但一些装置在贮存中等待处置
	¹³⁷ Cs	30.0 年	500 TBq	
全血辐照	⁶⁰ Co	5.3 年	50~1000 TBq	固定式装置
	¹³⁷ Cs	30.0 年	2~100 TBq	
研究	⁶⁰ Co	5.3 年	至多 750 TBq	固定式装置
	¹³⁷ Cs	30.0 年	至多 13 TBq	
灭菌	⁶⁰ Co	5.3 年	至多 40 PBq	固定式装置

续表 2. 用于医疗、工业和研究的密封源

应用	放射性核素	半衰期	源活度	说明
校准用源, 解剖学标记用作仪器中标准的源	^{63}Ni	100 年	<4MBq	仪器中的固定装置或移动式源
	^{137}Cs	30.0 年	<4MBq	
	^{57}Co	271.7 天	至多 400 MBq	
	^{226}Ra	1600 年	<10 MBq	
	^{147}Pm	2.62 年	<4 MBq	
	^{36}Cl	3.01×10^5 年	<4 MBq	
	^{129}I	1.57×10^7 年	<4 MBq	
厚度计, 密度计, 测井, 水分探测器 X 射线荧光	^{22}Na	2.6 年		移动式设备 固定在设备中
	^{55}Fe	2.6 年	至多 5 GBq	
	^{85}Kr	10.7 年	至多 100 GBq	
	^{90}Sr	28.1 年	至多 10 GBq	
	^{109}Cd	1.27 年		
	^{134}Cs	2.1 年	至多 20 GBq	
	^{137}Cs	30.0 年	至多 10 GBq	
	^{147}Pm	2.62 年	至多 2 GBq	
	$^{241}\text{Am-Be}$	433 年	至多 500 GBq	
	^{238}Pu	87.7 年	至多 5 GBq	
	^{252}Cf	2.6 年	至多 10 GBq	
静电消除器	^{210}Po	138 天	至多 20 GBq	移动式设备
电子俘获探测器	^3H	12.3 年	至多 10 TBq	移动式设备
	^{63}Ni	100 年	至多 50 GBq	
工业射线照相	^{169}Yb	32 天	至多 1 TBq	移动式设备
	^{160}Tm	128.6 天	至多 1 TBq	
	^{60}Co	5.3 年	至多 15 TBq	
	^{75}Se	120 天	至多 2 TBq	
	^{192}Ir	74.0 天	至多 5 TBq	

研究和教学中的应用

I.9. 使用放射性核素的研究可能涉及下述活动：

- (a) 化合物的生产和标记。这些活动导致含有 ^3H ， ^{125}I ， ^{14}C 或 ^{32}P 之类放射性核素的兆贝可活度的废物的产生。放射性核素的范围通常是相当窄的，被标记的化合物的放射性物质含量是低的。
- (b) 对于与大范围的化合物（例如药物、杀虫剂、肥料和矿物）相关的代谢、毒理或环境方面路径的研究。工作可能与新的药物制造、作物生产和环境研究等领域有关。还可能涉及到动物，导致放射性排泄物、尸体和被垫的产生。在许多化合物及其相关的代谢路径的研究中，最常使用的放射性核素是 ^{14}C 和氚，因为它们能够容易地引入到复杂的分子中，而 ^{33}P 被广泛用作遗传学研究中的示踪剂。
- (c) 为涉及人和动物的研究工作制备的化合物（例如药物）的临床方法和应用的开发。
- (d) 不在核燃料循环设施中进行的有关核燃料循环研究。这种研究通常在实验室中进行，使用小量易裂变材料（铀和钚）以及一些相对长寿命的裂变产物（主要是 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr ）。所产生的废物包括含有裂变产物和易裂变材料的固体废物与废液。
- (e) 物理学、材料科学和生物学领域中的基础研究。

工业和其他应用

I.10. 密封辐射源广泛用于各种工业应用，包括无损试验（射线照像和测量），以及食品和其他产品的灭菌。密封源也被用于工艺过程控制和实验室设备的校准。源中占支配地位的核素以很浓缩的形式存在；其总活度将取决于应用的需要和来自源的发射性质。密封源在衰变到不再可用于原来的目的时便被视为废物，这是因为装入这样的源的装置已经过时，或是因为例行试验已经表明密封源正在泄漏。

I.11. 非密封源作为示踪剂在工业中应用的一个实例是，设备和机械中的一些关键部件的磨损和腐蚀（例如发动机部件、炉衬和金属表面的磨损）的评价。非密封源还应用于污水处理工厂监测、填埋处置场地性能研究、地下水运动研究，以及冷却水或气体流出物分散和稀释研究中。在大多数场合，使用短寿命放射性示踪剂。放射性同位素示踪剂技术的工业应用，其规模一般大于在实验室中的应用。

I.12. 密封源和非密封源还用于应急规划和民防方面的教学和教育。所有这些应用都产生活度一般很低的废物。

废物类别

I.13. 放射性废物可以是固体废物、液体废物或气体废物。液体废物可以进一步细分为水溶液废物和有机废物，固体废物可以进一步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。

水性放射性废物

I.14. 在放射性同位素生产设施，水溶液废物来自化学处理过程，主要是靶材料的蚀刻和溶解过程。这种体积一般不大的废物通常被一些放射性核素杂质所污染。取决于所使用的化学工艺方法，水溶液废物在化学上可能是很有反应性的。

I.15. 在医院里，水性废物的类别将取决于治疗核医学和诊断核医学中所用的技术。用于诊断的放射性同位素，其大多数的半衰期是很短（半衰期短于 10 天）的。

I.16. 代谢路径的研究可能涉及实验室动物。实验室动物可能在工作的不同阶段涉及，产生放射性排泄物、血、尸体和垫草。这种材料中的一些可能成为水性废物流的一部分，引起潜在的生物危险。在一些场合，半衰期较长的放射性核素被用来标记在这些研究中的一些微球。这些微球虽然是固体的，但是它们容易悬浮在液体废物中。小的动物尸体也可能被浸解成为一种适合于作为水基废物排放的液体。

I.17. 水性废物也从放射化学中子活化分析活动中产生。这种废物虽然在化学组成上可能是极端可变的，但其中的放射性核素往往是相对短寿命的。在一些小的核研究中心，液体废物可能被短寿命放射性核素和 ^{14}C 与氚之类寿命较长的放射性核素所污染。个别用户产生的液体废物数量不大可能很大。但是，来自放射性标记过程的废物可能有相对高的放射性浓度，因而一般应当保持不与较低放射性浓度洗涤溶液相混合。将使用 α 发射放射性核素（铀化合物和钍化合物以外的化合物）或相对长寿命的 γ 发射放射性核素（例如 ^{137}Cs 和 ^{60}Co ）是不大可能的。

I.18. 工作现场、被污染的设备 and 设施都可能需要净化、去污和（或）灭菌，于是产生可能具有相关的生物危险的放射性水性废物。这种废物可能含有大量用来稳定放射性污染物的络合剂。

放射性有机废液

I.19. 液体有机放射性废物一般包括：来自分析实验室的真空泵油、润滑油和液压流体、闪烁溶液，来自溶剂萃取和铀纯化研究活动的溶剂，以及其他有机溶剂。大多这些类别的液体有机放射性废物产生于核研究中心的工作。视其来源，液体有机放射性废物含有相对小量的发射 β 和 γ 的放射性核素。从放射性核素的核应用中产生的液体有机废物数量，与其他类别的放射性废物数量相比一般较小。

I.20 有机闪烁液体一般源自含有芳香有机化合物的材料中的低能 β 和 γ 发射体的测量，以及所研究的样本。这种废物中所含的最常见放射性核素是氚和 ^{14}C ，而 ^{125}I 和 ^{35}S 则较少见。

I.21 若干种由非水混溶有机溶剂（包括四氯化碳、三氯乙烷和全氯乙烯）构成的废物可能从不同作业中产生。在使用小量水混溶有机溶剂（例如丙酮或醇）的场合，它们一般被作为水性废物处理。

I.22 在一些核研究中心，经常被用来萃取铀和钚的溶剂是磷酸三丁酯。为用于这种萃取过程，磷酸三丁酯要经过稀释（通常是用煤油之类的液体稀释）。包括三-和叔-胺-化合物在内的其他有机化合物可能被用来萃取重金属，尽管其用量与磷酸三丁酯的用量相比较通常很小。

固体放射性废物

I.23 在医学和研究实验室中产生的大部分固体废物属于可燃废物类别。这类废物包括机体组织、棉拭、纸、硬纸板、塑料、橡胶手套、防护服和面罩，以及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，以及放射性核素使用设施退役活动产生的废物。

I.25 应当注意，这些类别的废物并不是互相排斥的。应当用于固体废物分离的这种分类方法，是以可合理预期用压实或焚化的方法达到的体积减小程度为基础的。在医疗、工业、研究和教学活动中产生的废物主要是可燃废物，并且也可以在没有生物危险的情况下分类为可压缩废物。

I.26 固体废物的碎屑部分包括防护服、塑料布和塑料袋、橡胶手套和面罩、鞋套、揩布和毛巾。这些材料大部分只受到轻微污染。这些材料虽然可能显示为没有可测量的污染，但是起初被分类为放射性废物，纯粹是因为它产生在受控制的场所中。也许可能证明这种材料是清洁的，因而它有可能作为工业废物处置 [11]。不过，某些个别废物物项可能受到显著污染，尤其是如果它们直接涉入过高活度非密封源的程序或实验。

I.27 废物密封源视其原来的应用可能有很大的活度变化：从校准用源的几千贝可到远距治疗用源的无数太贝可。虽然闲置密封源通常为某一特定运营者产生的放射性废物数量的一小份额，但是它们可能在所产生废物的放射性含量方面占首要地位。应当注意，远距治疗用源和其他大的源的辐射输出可能已低于有用的水平，但是，这些源造成损伤的能力仍然相当大。尤其应当注意， ^{137}Cs 远距治疗用源一般含有可分散形式的铯化合物，如果它们的一次包容被破坏，可造成严重危险。

I.28 污染的材料和设备可能从医疗活动或研究活动中产生，并且可能成为被拆卸的实验装置或外科植入物的部件。它们可能由玻璃、金属或塑料做成。它们的活度随着用途的不同有很大变化（见表 1 和表 2）。

I.29 一些被活化的材料可能包括来自研究反应堆中同位素生产或材料试验的屏蔽材料和同位素罐。预期它们的活度可能取决于钢中的⁶⁰Co和其他被活化的杂质。就以回旋加速器为基础的同位素生产而言，起主要作用的核素将是由铜产生的⁶⁵Zn。活度是辐照和衰变时间的函数。这类物项不大可能是可燃的或可压缩的。

I.30 动物尸体的放射性浓度随动物种类和实验程序而变化。一些尸体如果在处置前被允许分解到任何显著的程度，可能带来生物危险和化学危险。被长寿命放射性核素污染的尸体需要特别仔细地考虑，尤其是在焚烧不是一种可供使用的处置方案的时候。

I.31 处置前废物管理设施的退役可能导致产生包含建筑材料、设备部件和土壤的固体废物。退役废物的主要典型特性是废物物项相对尺寸大和存在长寿命放射性核素。

气体或气载放射性废物

I.32 气体或气载放射性废物可能从一系列核应用中产生。为研究肺通气而进行的一种特定医疗应用涉及使用¹³³Xe或^{81m}Kr或^{99m}Tc之类的放射性气体和¹⁸F和¹¹C之类的短寿命正电子发射体。

附录 II

安全和环境影响评价故障表

表 3. 展示安全评价和环境影响评价简化方法的故障表

过程阶段	详细列出废物管理过程中的一切阶段和接口
危险	确定正常和异常工况下每个阶段和接口的危险
控制措施	
专设措施	提供有关专设控制措施的信息。实例包括但不限于：保护装置、包容、屏蔽、热绝缘和（或）电绝缘、保安装置和（或）系统
行政措施	提供有关行政控制措施的信息。实例包括但不限于：运行指令、程序、限值、条件、要求
被缓解的风险	量化一旦考虑了控制措施在正常和异常工况下每个阶段被缓解（控制）的风险
应急安排	提供有关应急措施的信息。实例包括但不限于：放射和个人防护设备、动力切断装置、外部支持性安全安排

附录 III

固体放射性废物管理流程图

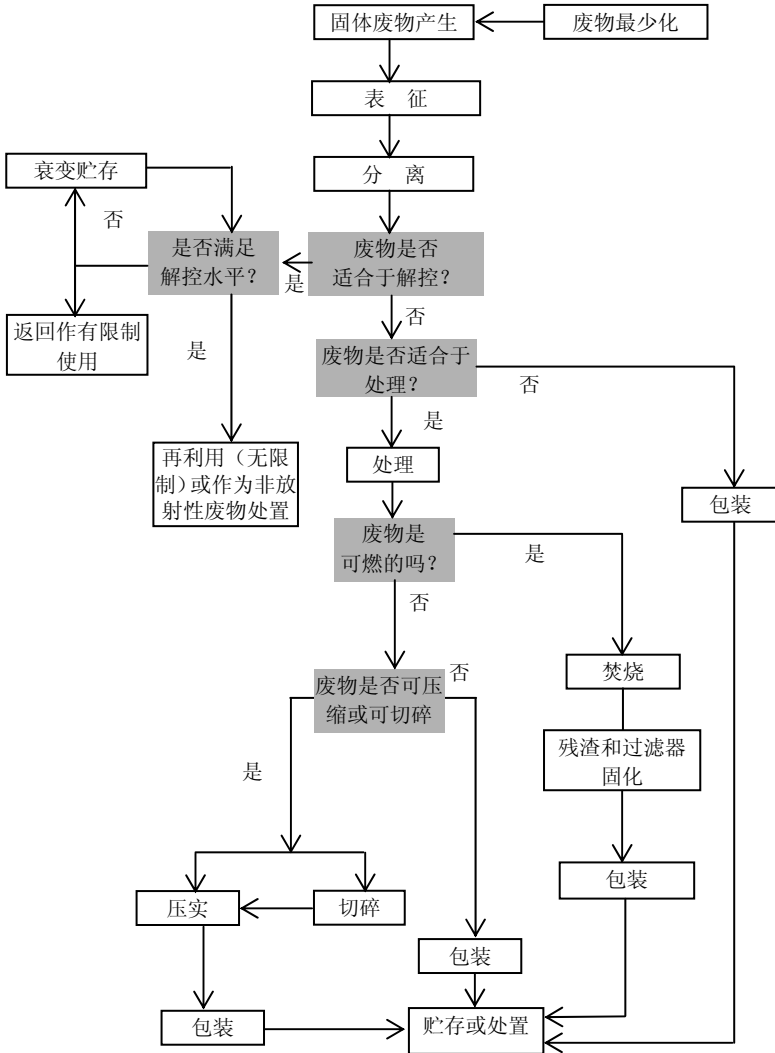


图 1 固体放射性废物管理各阶段流程图。

附录 IV

生物放射性废物管理流程图

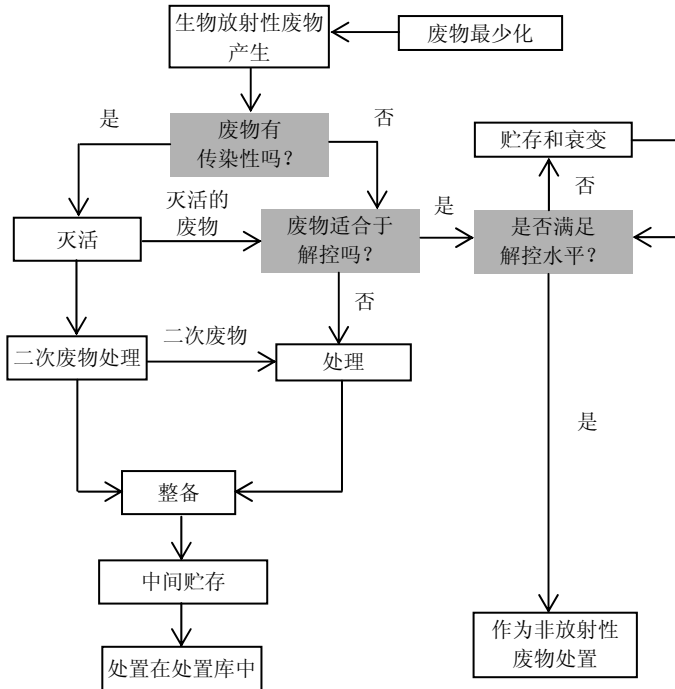


图 2 生物放射性废物管理主要阶段流程图。

附录 V

闲置密封辐射源管理流程图

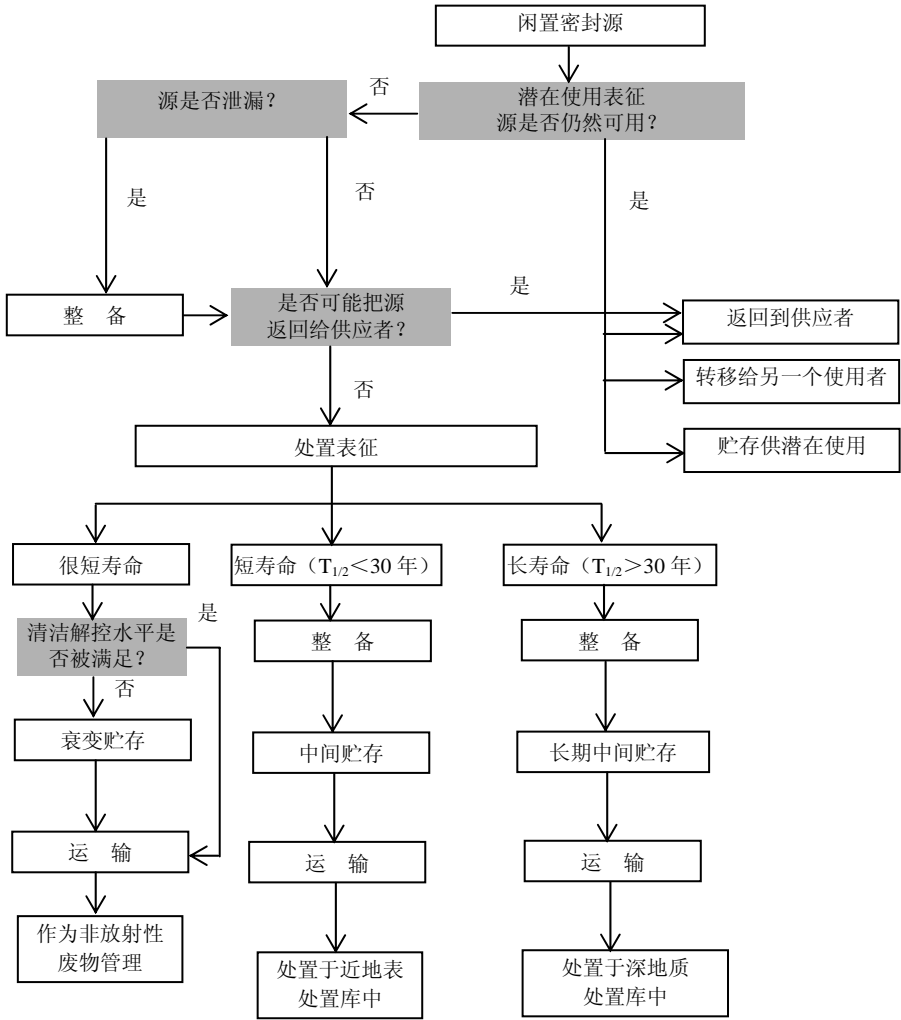


图 3 闲置密封源管理主要阶段流程图。

附录 VI

闲置辐射源和废辐射源及其管理技术的确定

表 4. 常见闲置密封源实例及其安全管理的技术与设备

源	同位素	半衰期	类别	应用	搬运设备	监测	包装	贮存容器
α	低活度							
	^{241}Am	432.2 年	烟探测器	避雷针 静电消除器	手套箱	α 探测	不锈钢内桶	带混凝土金属桶
	^{210}Po	138.38 天	静电消除器		乳胶手套	乳胶手套		
	^{238}Pu	87.74 年	X 射线荧光分析器		手套箱	α 探测	不漏容器	带混凝土金属桶
	^{239}Pu	24 181 年	烟雾探测器		手套箱		不漏容器	
β, γ	低活度							
				长或短半衰期				
	^{241}Am	432.2 年	测量仪器	X 射线荧光分析器 骨密度测量			不锈钢内桶	带混凝土金属桶
	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	28.2 年	测量仪器	近距测量			橡胶手套	

续表 4. 常见闲置密封源实例及其安全管理的技术与设备

源	同位素	半衰期	类别	应用	搬运设备	监测	包装	贮存容器
	^{147}Pm	2.6 年	测量仪器		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 射线荧光光析器		橡胶手套			
	^{60}Co	5.3 年	测量仪器	校准	屏蔽屏 抓手	β, γ 探测	铅屏蔽罐	带混凝土和铅的金属桶
	^{137}Cs	30.2 年	测量仪器	校准	屏蔽屏 抓手		铅屏蔽罐	带混凝土和铅的金属桶
β, γ	高活度		短半衰期					
	^{192}Ir	73.8 天	γ 射线照像法		铅热室 机械手	β, γ 探测	铅屏蔽罐	带混凝土金属桶

续表 4. 常见闲置密封源实例及其安全管理的技术与设备

源	同位素	半衰期	类别	应用	搬运设备	监测	包装	贮存容器
	^{170}Tm	134 天	γ 射线 照像法	屏蔽屏	抓手		不锈钢 篮	
	^{169}Yb	32 年	γ 射线 照像法	屏蔽屏	抓手			
	^{75}Se	120 天	γ 射线 照像法	屏蔽屏	抓手			
β, γ	高活度		长半 衰期					
	^{60}Co	5.3 年	γ 射线 照像法	铅热室	机械手	β, γ 探测	铅容器	带混凝土 的 400L 金 属桶
	^{60}Co	5.3 年	远距 治疗	混凝土 热室	机械手		铅容器	或混凝土 容器
	^{60}Co	5.3 年	辐照器	混凝土 热室	机械手		特种容 器, 待定	特种容 器, 待定
	^{137}Cs	30.2 年	辐照器	混凝土 热室	机械手		特种容 器, 待定	特种容 器, 待定

续表 4. 常见闲置密封源实例及其安全管理的技术与设备

源	同位素	半衰期	类别	应用	搬运设备	监测	包装	贮存容器
	^{226}Ra	1600 年	避雷针	静电消除器	手套箱	γ 探测	不漏容器	铅屏蔽容器
	^{85}Kr	10.7 年	测量仪器	避雷针	手套箱	空气控制		
	^3H	12.3 年	电子俘获探测器	X 射线荧光分析仪	手套箱	^3H 控制	不锈钢内桶	带混凝土的金属桶
中子								
中子	$^{241}\text{Am/Be}$	432.2 年	水分探测器	石油测井	中子防护	中子探测器		中子防护
中子	^{252}Cf	2.65 年	水分探测器	石油测井	中子防护	近距治疗		
中子	$^{226}\text{Ra/Be}$	1600 年	水分探测器	石油测井	中子防护			
中子	$^{238}\text{Pu/Be}$	87.74 年	水分探测器	校准仪器	中子防护			

附录 VII

废密封放射源和（或）闲置密封放射源的 鉴定和定位策略

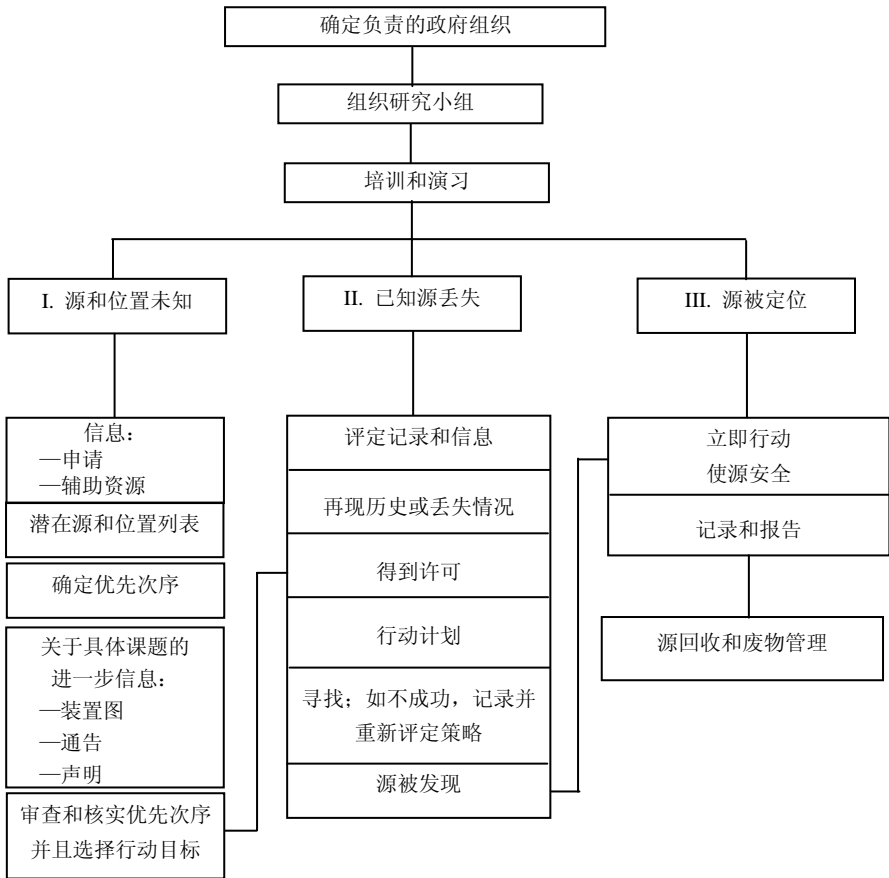


图4 废密封放射源和（或）闲置密封放射源的鉴定和定位策略实例。

参考文献

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Principles of Radioactive Waste Management, Safety Series No. 111-F, IAEA, Vienna (1995).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-2, IAEA, Vienna (2000).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Tammiku, IAEA, Vienna (1998).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Goiânia, IAEA, Vienna (1988).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities, IAEA, Vienna (1996).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Predisposal Management of Low and Intermediate Level Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.5, IAEA, Vienna (2003).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Near Surface Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-1, IAEA, Vienna (1999).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management of Radioactive Waste from the Mining and Milling of Ores, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-1.2, IAEA, Vienna (2002).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (1996 Edition, As Amended 2003), IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1, IAEA, Vienna (2004).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.1 (ST-2), IAEA, Vienna (2002).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.3, IAEA, Vienna (2000).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.2, IAEA, Vienna (1999).
- [13] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY,

INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-1, IAEA, Vienna (2000).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, Safety Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994).
- [16] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Safety Culture, INSAG Series No. 4, IAEA, Vienna (1999).
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.1, IAEA, Vienna (1999).
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.2, IAEA, Vienna (1999).
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.3, IAEA, Vienna (1999).
- [20] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, OFFICE FOR THE CO-ORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS OF THE UNITED NATIONS, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-2, IAEA, Vienna (2002).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations, Code and Safety Guides Q1–Q14, Safety Series No. 50-C/SG-Q, IAEA, Vienna (1996).

参与起草和审定的人员

Abe, M.	日本原子能研究所
Batandjieva, B.	国际原子能机构
Burcl, R.	国际原子能机构
Carlsson, S.	瑞典 Uddevalla 医院
Conlon, P.	加拿大原子能管理局
De Pahissa, M.	阿根廷国家原子能委员会
El-Sourougy, M.	埃及原子能管理局
Fitzpatrick, B.	国际原子能机构
Griffiths, C.	英国皇家哈勒姆郡医院
Holub, J.	捷克共和国放射性同位素研究生产应用研究所
Linsley, G.	国际原子能机构
Martens, B.R.	德国联邦辐射防护局
Metcalf, P.	国际原子能机构
Miaw, S. T. W.	国际原子能机构
Ojovan, M.	俄罗斯联邦“氦”科学和工业协会
Piccone, J.M.	美国核管理委员会
Risoluti, P.	意大利新技术能源环境部
Roberts, P.	英国 AEA 技术公司
Sjøeblom, K.L.	国际原子能机构
Tsyplenkov, V.S.	国际原子能机构
Weedon, C.J.	英国环境署

安全标准核可机构

带星号(*)者为通讯成员。通讯成员收到征求意见稿和其他文件,但一般不参加会议。

安全标准委员会

阿根廷: Oliveira, A.; 澳大利亚: Loy, J.; 巴西: Souza de Assis, A.; 加拿大: Pereira, J.K.; 中国: Li, G.; 捷克共和国: Drabova, D.; 丹麦: Ulbak, K.; 埃及: Abdel-Hamid, S.B.; 法国: Lacoste, A.-C.; 德国: Majer, D.; 印度: Sukhatme, S.P.; 日本: Abe, K.; 大韩民国: Eun, Y.-S.; 巴基斯坦: Hashimi, J.; 俄罗斯联邦: Malyshev, A.B.; 西班牙: Azuara, J.A.; 瑞典: Holm, L.-E.; 瑞士: Schmocker, U.; 英国: Williams, L.G. (主席); 美利坚合众国: Virgilio, M.; 国际原子能机构: Karbassioun, A.; 欧洲委员会: Waeterloos, C.; 国际放射防护委员会: Holm, L.-E.; 经合组织核能机构: Shimomura, K.

核安全标准委员会

阿根廷: Sajaroff, P.; 澳大利亚: MacNab, D.; *白俄罗斯: Sudakou, I.; 比利时: Govaerts, P.; 巴西: Salati de Almeida, I.P.; 保加利亚: Gantchev, T.; 加拿大: Hawley, P.; 中国: Wang, J.; 捷克共和国: Böhm, K.; *埃及: Hassib, G.; 芬兰: Reiman, L. (主席); 法国: Saint Raymond, P.; 德国: Feige, G.; 匈牙利: Vöröss, L.; 印度: Kushwaha, H.S.; 爱尔兰: Hone, C.; 以色列: Hirshfeld, H.; 日本: Yamamoto, T.; 大韩民国: Lee, J.-I.; 立陶宛: Demcenko, M.; *墨西哥: Delgado Guardado, J.L.; 荷兰: de Munk, P.; *巴基斯坦: Hashimi, J.A.; *秘鲁: Ramírez Quijada, R.; 俄罗斯联邦: Baklushin, R.P.; 南非: Bester, P.J.; 西班牙: Mellado, I.; 瑞典: Jende, E.; 瑞士: Aberli, W.; *泰国: Tanipanichskul, P.; 土耳其: Alten, S.; 英国: Hall, A.; 美利坚合众国: Mayfield, M.E.; 欧洲委员会: Schwartz, J.-C.; 国际原子能机构: Bevington, L. (协调员); 国际标准化组织: Nigon, J.L.; 经合组织核能机构: Hrehor, M.

辐射安全标准委员会

阿根廷: Rojkind, R.H.A.; 澳大利亚: Melbourne, A.; *白俄罗斯: Rydlevski, L.; 比利时: Smeesters, P.; 巴西: Amaral, E.; 加拿大: Bundy, K.; 中国: Yang, H.; 古巴: Betancourt Hernandez, A.; 捷克共和国: Drabova, D.; 丹麦: Ulbak, K.; *埃及: Hanna, M.; 芬兰: Markkanen, M.; 法国: Piechowski, J.; 德国: Landfermann, H.; 匈牙利: Koblinger, L.; 印度: Sharma, D.N.; 爱尔兰: Colgan, T.; 以色列: Laichter, Y.; 意大利: Sgrilli, E.; 日本: Yamaguchi, J.; 大韩民国: Kim, C.W.; *马达加斯加: Andriambololona, R.; *墨西哥: Delgado Guardado, J.L.; *荷兰: Zuur, C.; 挪威: Saxebol, G.; *秘鲁: Medina Gironzini, E.; 波兰: Merta, A.; 俄罗斯联邦: Kutkov, V.; 斯洛伐克: Jurina, V.; 南非: Olivier, J.H.I.; 西班牙: Amor, I.; 瑞典: Hofvander, P.; Moberg, L.; 瑞士: Pfeiffer, H.J.; *泰国: Pongpat, P.; 土耳其: Uslu, I.; 乌克兰: Likhtarev, I.A.; 英国: Robinson, I. (主席); 美利坚合众国: Paperiello, C.; 欧洲委员会: Janssens, A.; 国际原子能机构: Boal, T. (协调员); 国际放射防护委员会: Valentin, J.; 国际劳工局: Niu, S.; 国际标准化组织: Perrin, M.; 国际辐射防护协会: Webb, G.; 经合组织核能机构: Lazo, T.; 泛美卫生组织: Jimenez, P.; 联合国原子辐射效应科学委员会: Gentner, N.; 世界卫生组织: Carr, Z.

运输安全标准委员会

阿根廷: López Vietri, J.; 澳大利亚: Colgan, P.; *白俄罗斯: Zaitsev, S.; 比利时: Cottens, E.; 巴西: Mezrahi, A.; 保加利亚: Bakalova, A.; 加拿大: Viglasky, T.; 中国: Pu, Y.; *丹麦: Hannibal, L.; 埃及: El-Shinawy, R.M.K.; 法国: Aguilar, J.; 德国: Rein, H.; 匈牙利: Sáfár, J.; 印度: Nandakumar, A.N.; 爱尔兰: Duffy, J.; 以色列: Koch, J.; 意大利: Trivelloni, S.; 日本: Saito, T.; 大韩民国: Kwon, S.-G.; 荷兰: Van Halem, H.; 挪威: Hornkjøl, S.; *秘鲁: Regalado Campaña, S.; 罗马尼亚: Vieru, G.; 俄罗斯联邦: Ershov, V.N.; 南非: Jutle, K.; 西班牙: Zamora Martin, F.; 瑞典: Pettersson, B.G.; 瑞士: Knecht, B.; *泰国: Jerachanchai, S.; 土耳其: Köksal, M.E.; 英国: Young, C.N. (主席); 美利坚合众国: Brach, W.E.; McGuire, R.; 欧洲委员会: Rossi, L.; 国际空运协会: Abouchaar, J.; 国际原子能机构: Wangler, M.E. (协调员); 国际民用航空组织: Rooney, K.; 国际民航驾驶员协会联合会: Tisdall, A.; 国

际海事组织: Rahim, I.; 国际标准化组织: Malesys, P.; 联合国欧洲经济委员会: Kervella, O.; 世界核运输协会: Lesage, M.

废物安全标准委员会

阿根廷: Siraky, G.; 澳大利亚: Williams, G.; *白俄罗斯: Rozdyalovskaya, L.; 比利时: Baekelandt, L. (主席); 巴西: Xavier, A.; *保加利亚: Simeonov, G.; 加拿大: Ferch, R.; 中国: Fan, Z.; 古巴: Benitez, J.; *丹麦: Øhlenschlaeger, M.; *埃及: Al Adham, K.; Al Sorogi, M.; 芬兰: Ruokola, E.; 法国: Averous, J.; 德国: von Dobschütz, P.; 匈牙利: Czoch, I.; 印度: Raj, K.; 爱尔兰: Pollard, D.; 以色列: Avraham, D.; 意大利: Dionisi, M.; 日本: Irie, K.; 大韩民国: Song, W.; *马达加斯加: Andriambololona, R.; 墨西哥: Aguirre Gómez, J.; Delgado Guardado, J.; 荷兰: Selling, H.; *挪威: Sorlie, A.; 巴基斯坦: Hussain, M.; *秘鲁: Gutierrez, M.; 俄罗斯联邦: Poluektov, P.P.; 斯洛伐克: Konecny, L.; 南非: Pather, T.; 西班牙: López de la Higuera, J.; Ruiz López, C.; 瑞典: Wingefors, S.; 瑞士: Zurkinden, A.; *泰国: Wangcharoenroong, B.; 土耳其: Osmanlioglu, A.; 英国: Wilson, C.; 美利坚合众国: Greeves, J.; Wallo, A.; 欧洲委员会: Taylor, D.; 国际原子能机构: Hioki, K. (协调员); 国际放射防护委员会: Valentin, J.; 国际标准化组织: Hutson, G.; 经合组织核能机构: Riotte, H.

通过国际标准实现安全

“国际原子能机构的标准已经成为促进有益利用核和辐射相关技术全球安全机制中的一项重要内容。

“国际原子能机构安全标准正在适用于核电生产以及医学、工业、农业、研究和教育，以确保对人类和环境的适当保护。”

国际原子能机构
总干事
穆罕默德·埃尔巴拉迪

国际原子能机构
维也纳
ISBN 92-0-502006-0
ISSN 1020-5853