

IAEA BULLETIN

国际原子能机构通报

第55卷第3期 · 2014年9月 | www.iaea.org/bulletin



放射性废物：迎接挑战





放射性废物：迎接挑战



《国际原子能机构通报》

主办单位

国际原子能机构新闻和宣传办公室

地 址：P. O. Box 100,1400 维也纳，奥地利

电 话：(43-1) 2600-21270

传 真：(43-1) 2600-29610

电子信箱：iaebulletin@iaea.org

编 辑：Aabha Dixit

设计制作：Ritu Kenn

《国际原子能机构通报》可通过以下方式获得：

> 在 线：www.iaea.org/bulletin

> 应用程序：www.iaea.org/bulletinapp

《国际原子能机构通报》所载的原子能机构资料摘要可在别处自由使用，但使用时必须注明出处。非原子能机构工作人员的文章，必须征得作者或创作单位许可方能翻印，用于评论目的的除外。

《国际原子能机构通报》任何署名文章中表达的观点不一定代表原子能机构的观点，原子能机构不对其承担责任。

封面：核技术应用于人体健康、农业和发电等许多领域。已有用于管理这些活动所产生放射性废物的贮存和处置技术。

(图/国际原子能机构；法国国家放射性废物管理机构；芬兰Posiva Oy公司；图片库)

可在iPad上阅读本期



国际原子能机构（原子能机构）的使命是防止核武器扩散和帮助所有国家特别是发展中国家从核科学技术的和平、安全和可靠利用中获益。

1957年作为联合国内的一个自治机构成立的原子能机构是联合国系统内唯一拥有核技术专门知识的组织。原子能机构独特的专业实验室帮助向原子能机构成员国传播人体健康、粮食、水和环境等领域的知识和专门技术。

原子能机构也是加强核安保的全球平台。原子能机构建立了有关核安保国际协商一致导则和出版物的《核安保丛书》。原子能机构工作还侧重于协助最大限度地减少核材料和其他放射性物质落入恐怖分子手中或核设施遭受恶意行为的危险。

原子能机构安全标准提供一套基本安全原则，反映就构成保护人和环境免受电离辐射有害影响所需的高安全水平达成的国际共识。已针对服务于和平目的的各种核设施和核活动，以及减少现有辐射风险的防护行动，制订了原子能机构安全标准。

原子能机构还通过其视察体系核查成员国根据《不扩散核武器条约》以及其他防扩散协定履行其将核材料和核设施仅用于和平目的的承诺情况。

原子能机构的工作具有多面性，涉及国家、地区和国际各个层面的广泛伙伴的参与。原子能机构的计划和预算通过其决策机关——由35名理事组成的理事会和由所有成员国组成的大会——的决定来制订。

原子能机构总部设在维也纳国际中心。现场和联络办事处分别设在日内瓦、纽约、东京和多伦多。原子能机构运行着设在摩纳哥、塞伯斯多夫和维也纳的科学实验室。此外，原子能机构还向设在意大利的里雅斯特的阿布杜斯·萨拉姆国际理论物理中心提供支持和资金。

目 录

《国际原子能机构通报》第55卷第3期 | 2014年9月

| | |
|---|------|
| 支持安全和可持续的放射性废物管理的科学技术 国际原子能机构总干事天野之弥 | 第2页 |
| 什么是放射性废物？ 国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及 国际原子能机构核燃料循环和废物技术处 | 第3页 |
| 循序渐进：寿期循环内产生的放射性废物管理 国际原子能机构核燃料循环和废物技术处 | 第5页 |
| 国际原子能机构促进安全标准和最佳实践 在放射性废物管理方面的应用 国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及 国际原子能机构核燃料循环和废物技术处 | 第8页 |
| 放射性废物处置前管理 国际原子能机构核燃料循环和废物技术处 | 第10页 |
| 重大考虑：废物贮存和处置问题 国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及 国际原子能机构核燃料循环和废物技术处 | 第12页 |
| 从摇篮到坟墓：地中海地区废密封放射源的管理 国际原子能机构新闻和宣传办公室Sasha Henriques | 第16页 |
| 黑山共和国放射源的整备： 国际原子能机构跨地区培训班 国际原子能机构新闻和宣传办公室Louise Potterton和 该跨地区培训班国际顾问和讲师Vilmos Friedrich | 第18页 |
| 国际原子能机构促使国际社会参与放射性废物管理 国际原子能机构核安全和安保处以及国际原子能机构核燃料循环和废物技术处 | 第19页 |
| 未来：放射性废物处理和处置的创新技术 国际原子能机构核能司亚历山大·贝奇科夫 | 第22页 |
| 放射性废物管理的法律方面：相关国际法律文书 国际原子能机构法律事务办公室Anthony Wetherall 和 Isabelle Robin | 第24页 |
| 国家层面对放射性废物管理的监管 国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及 国际原子能机构新闻和宣传办公室Sasha Henriques | 第26页 |
| 发展放射性废物管理方面的能力 国际原子能机构技术合作司Omar Yusuf | 第27页 |

支持安全和可持续发展的放射性废物管理的科学技术

包括人体健康、农业和电力生产等许多领域从核技术应用中获得了巨大的利益。对这些领域和其他领域产生的放射性废物进行管理常常被视为一个难题。事实上，贮存技术长期以来取得了成功的效果，处置技术也可供使用。



可靠的科学技术是安全和可持续发展的废物管理的先决条件。包括高放废物和乏核燃料地质处置等领域中的技术一直在持续发展。

需要制订适当的法律、政府和监管框架。

但也有必要使公众充分知情。公众对核技术的安全性忧虑最少的国家也是开放和透明程度最高的国家，这并非巧合。

我决定2014年国际原子能机构“科学论坛”的重点放在放射性废物管理技术上，因为我想为世界各地的专家提供一个平台来考虑挑战和解决方案，并向更广泛的公众读者阐明该技术。

确保废物的安全管理和处置取决于利用核技术的每个国家。但各国可以从彼此的经验交流中受益匪浅。为经验和最佳实践交流提供论坛是国际原子能机构的主要任务之一。

国际原子能机构从成立伊始，一直积极地参与帮助成员国安全管理放射性废物，以期保护人和环境免受电离辐射的有害影响。我们制定安全标准和导则，出版技术报告，以及组织培训班、讲习班和技术会议，以协助国家放射性废物管理计划的安全和可持续实施。

题为“放射性废物：迎接挑战”的科学论坛将盘点与各种类型的放射性废物管理有关的技术发展，审议现有的解决方案和新兴技术。废物管理方面的知名专家和组织将共享专业知识。

本期《国际原子能机构通报》旨在让读者清晰了解不同类型的放射性废物和确保其安全管理和处置的必要措施以及国际原子能机构在支持成员国中的作用。

我希望本期通报将使您受益和增进知识。

国际原子能机构总干事天野之弥

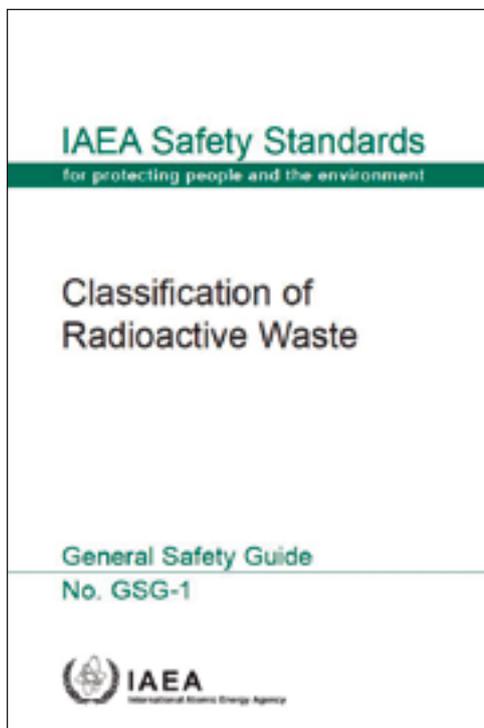
什么是放射性废物？

辐射和放射性物质在环境中天然存在，也可以人为产生。从发电到医疗、工业和农业中利用，它们具有广泛的有益应用。这些活动产生了各种气体、液体和固体形式的放射性废物。这些废物具有放射性，因为废物中的原子是不稳定的，在向稳定原子转变过程中自发释放电离辐射。这种电离辐射具有潜在的有害影响。因此对这种废物进行安全管理非常重要，以保护人和环境，防止废物成为子孙后代的负担。

放射性废物主要来自核电厂的电力生产以及诸如燃料制造等核燃料循环作业和核燃料循环中的其他活动，如铀、钍矿石开采和加工。在一些国家，乏核燃料因为预计不再进一步使用，因而被宣布为放射性废物。而在其他国家，乏核燃料则是一种资源，预计进行后处理。除了其他类型的放射性废物，例如在处理之前从燃料元件中移出的金属包壳，后处理本身还会产生高放射性释热废物，这些废物一般用玻璃基质进行整备。

放射性废物还来自工业、医疗、研发和农业中的各种活动。该类型的废物大多数是废密封放射源。密封放射源具有各种用途，例如，高活度钴源可用于癌症治疗。它们含有永久密封在小容器中的放射性物质。这些源如果不再使用或不再适合其最初目的，那么它们将被宣布为放射性废物。放射性废物也来自进行天然存在的放射性物质浓集的活动和过程。例如，燃料制造的副产品贫铀，当它预计不再使用时也可被宣布为废物。

核设施退役和污染场址清理也会产生放射性废物，这些废物必须得到管理和最



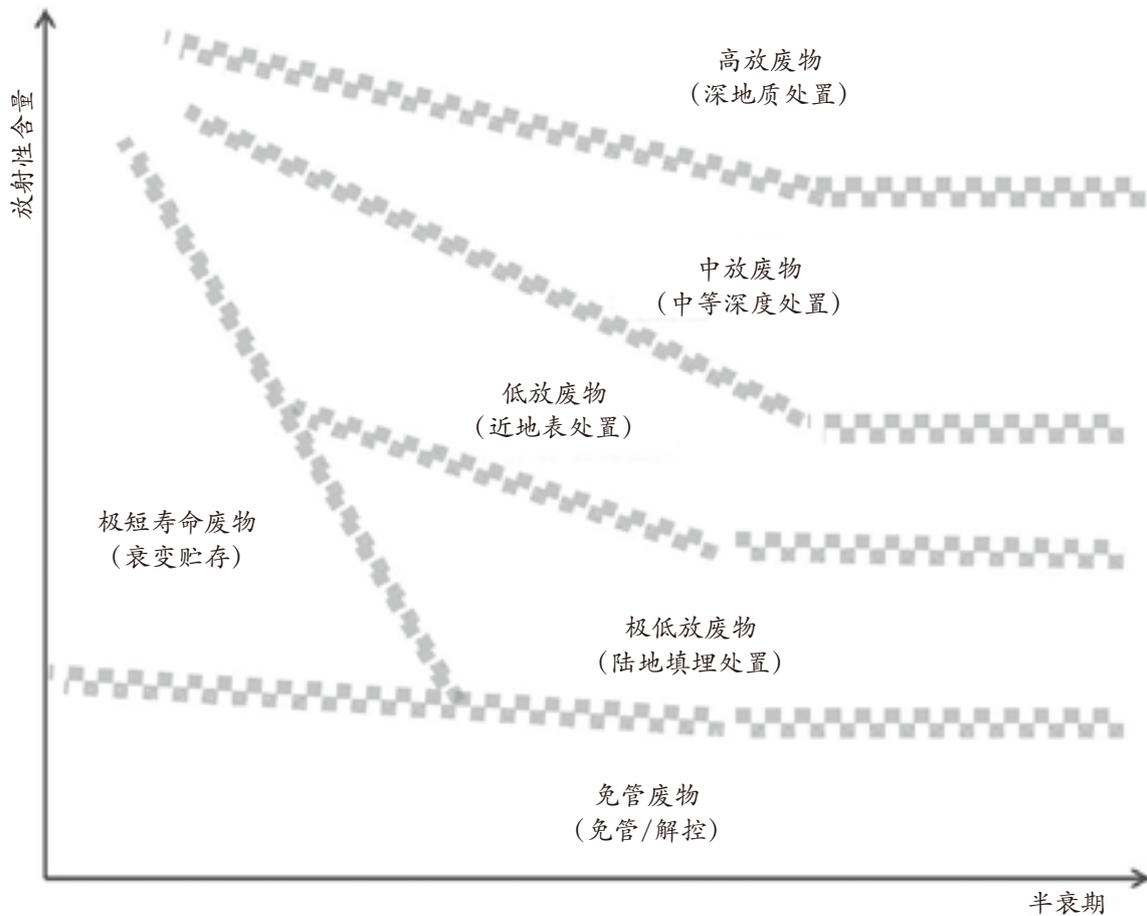
国际原子能机构致力于安全标准的制定，以促进放射性废物的适当管理。其中之一是涉及放射性废物分类一般标准的《安全导则》出版物——《放射性废物分类》。

终处置。这些活动采用许多不同技术以使放射性废物量最小化，但仍会产生不同数量的结构材料，如混凝土和金属物品。场址治理不可避免地需要清除被污染的土壤。

必须评估放射性废物可能对工作人员、公众和环境产生的辐射风险，并且必要时对其进行控制。放射性废物的性质多种多样，不仅是在放射性含量和活度浓度方面，而且在物理和化学性质方面。所有放射性废物的一个共同特征是有可能对人和环境产生危害。潜在的危害范围从微不足道到重大影响。

为了将这些危害的相关风险降至可接受的水平，放射性废物管理和处置方案必须考虑放射性废物的不同特征和特性以及潜在的危害范围。还必须考虑从废物产生到最终处置的整个放射性废物处理链条。这包括对废物流进行处理，形成稳定和固体废物形式，使废物体积

2009年国际原子能机构废物分类体系



减小和尽可能固定，然后放入容器中，以便于贮存、运输和处置。在某些情况下，放射性废物还可能带来安保威胁，在放射性废物管理中必须考虑并适当减轻这种威胁。

为确保适当的处理，国际原子能机构制定放射性废物管理安全标准，包括根据放射性废物的物理、化学和放射特性进行分类的导则。这些标准为适当管理方案的利用和放射性废物安全处置设施的选择提供了便利。

国际原子能机构制订安全标准，以促进放射性废物的适当管理。其中之一是涉及放射性废物分类一般标准的《安全导则》出版物——《放射性废物分类》（《安全标准丛书》第GSG-1号）。该分类体系主要侧重于长期安全，这就需要有解决不同类型

废物的适当处置和管理方案。该分类体系定义了六类废物：免管废物（EW）、极短寿命废物（VSLW）、极低放废物（VLLW）、低放废物（LLW）、中放废物（ILW）和高放废物（HLW）。

极低放废物、低放废物、中放废物和高放废物通过处置进行安全和可持续的管理。这些分类将不同类型的废物与原则上合适的处置方案联系起来。必须证明特定类型的废物在特定处置设施中进行处置是合适的。

国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及国际原子能机构核燃料循环和废物技术处

循序渐进： 寿期循环内产生的放射性废物管理

- 1 当核技术用于电力生产以及医学、农业、研究和工业方面的有益实践时，不可避免会产生放射性废物副产品。



(图 / Magdalena Ablanedo Alcalá)

当废物的放射性高于某一阈值时，需要使用特殊的处置方法对废物进行处置。通过广泛的研究，已为放射性废物处置的安全和可靠准备和管理制定了标准和方法。

放射性废物在从产生到处置的整个过程中经历若干处置前管理处理步骤，以便将其转变成适于运输、贮存和处置的安全、稳定和可管理的形式。



无源-有源中子微分衰减系统(PANDDA™)，废物桶监测高分辨率γ能谱系统
(图/美国Pajarito科学公司)



废物分离用的分拣手套箱
(图/敦雷场址恢复有限公司和英国核退役管理局)

2 表征

表征是一种提供废物物理、化学和放射性质信息的技术，以便确定适当的安全要求和可能的处理方案，并确保符合公认的贮存和处置标准。X射线和其他层析成像方法也可用于确认存在或寻找有害物质或违禁品。

3 预处理

预处理活动准备供处理的废物，可能包括对不同类型废物的分拣和分离以及减容或破碎，使后续处理和处置最优化。去污技术可减小需处理的废物体积，因而可使处置成本最小化。



固体废物桶超级压缩机
(图/芬兰发电公司)



塞拉菲尔德场址用水泥封装的镁诺克斯型燃料包壳
(图/英国塞拉菲尔德有限公司)

4 处理

处理活动侧重于废物减容、除去废物中的放射性核素，而且常常改变废物的物理和化学组成。目前已有液体废物和固体废物处理技术。

5 整备

整备是将废物转变成适于运输、贮存和处置的安全、稳定和可管理的形式。供处置的常见整备废物形式是将废物封装或固化在水泥、沥青或玻璃中。采用整备技术的目的是减缓处置废物包中的放射性核素释放到环境中。



低放废物长期贮存设施
(图/荷兰放射性废物中心组织)



法国奥布设施中心的低放废物处置
(图/法国国家放射性废物管理机构)



论证高放废物深地质处置可行性的地下试验研究
(图/芬兰Posiva Oy公司)

6 贮存

未经处理和处理后的废物的贮存必须是安全、可回取和有安全保证的。贮存要求取决于废物类型，可以短期贮存以利放射性衰变，也可以长期贮存至废物可转运至合适的处置场址。所有的废物贮存设施都需要有监测废物包装完整性的制度，以确保安全和保护环境。

7 处置

适当的处置方案和所需的隔离和包容程度取决于废物的性质和废物残留放射性持续的时间。在特定设施中处置废物的适宜性必须通过设施安全状况报告和相应的安全评定进行论证。

国际原子能机构促进安全标准和最佳实践在放射性废物管理方面的应用

国际原子能机构（原子能机构）在促进世界范围内和平利用核能的同时，努力促进高水平安全。原子能机构《规约》授权原子能机构为保护人体健康和尽可能减少对生命和财产的危险制订或通过安全标准，并为适用安全标准作出规定。《规约》还授权原子能机构促进科技信息交流，以推动原子能的和平利用。

为此，国际原子能机构制定不同主题的安全标准，包括放射性废物管理的安全标准。以原子能机构《安全标准丛书》发布的这些标准反映了就构成保护人类免受电离辐射有害影响和保护环境的高水平安全达成的国际共识。

国际原子能机构还推出原子能机构《核能丛书》，以促进和平利用核技术的最佳实践，尤其是放射性废物管理的最佳实践。两个丛书的目的相辅相成。

国际原子能机构《安全标准丛书》

国际原子能机构《安全标准丛书》规定了用于控制人员辐射照射和环境放射性释放的基本安全原则、要求和措施。这些标准涉及防止可能导致反应堆堆芯、核链式反应、放射源或任何其他辐射源失控的事件，以及这类事件如果发生应如何减轻其后果。安全标准旨在用于产生辐射风险的有关设施和活动，例如核装置、辐射和放射性物质的应用、放射性物质的运输以及放射性废物的管理。这些标准分三类发布：

安全基本法则（基本安全原则）提出防护和安全的基本安全目标和原则以及概念，并为安全要求提供基础。

安全要求建立确保在目前和未来保护人和环境而必须满足的条件，由“安全基本法则”的目标和原则决定。安全要求必须得到满足；否则必须采取措施来达到或恢复所要求的安全水平。

安全导则提供如何遵守“安全要求”的建议和指导。安全导则介绍国际良好实践，且越来越多地反映最佳实践，以帮助用户努力实现高水平安全。

国际原子能机构安全标准形成了国际原子能机构为成员国提供安全评审服务的基础。此外，国际原子能机构还利用安全标准支持能力建设，包括开发教育课程和培训班。

国际原子能机构《规约》要求国际原子能机构的活动遵守这些安全标准，并要求成员国在原子能机构援助的活动中同样遵守这些标准。原子能机构安全标准还支持各国履行其根据国际公约所承担的义务，这些公约确立了对缔约方具有约束力的要求。

国际原子能机构《核能丛书》

国际原子能机构《核能丛书》提供与核电、核燃料循环、放射性废物管理和设施退役有关的指导和信息，包括与所有这些领域相关的一般主题。本丛书中的信息

基于参加技术工作组的成员国代表的专门知识，旨在为正在实施或计划实施核活动的成员国提供帮助，由下列层次构成：

核能基本原则出版物描述和平利用核能的理论基础和愿景。

《**核能丛书**》**目标**解释在不同实施阶段各领域必须要满足的期望。

《**核能丛书**》**导则**提供如何实现与和平利用核能有关的各种目标的高水平指导。

《**核能丛书**》**技术报告**提供更多、更详细的信息，对原子能机构《核能丛书》其他地方所涉及的主题进行补充。

原子能机构《核能丛书》还协助成员国从事研究与发展以及为和平目的开展核能的实际应用。这包括公用事业公司、业主和设施运营者、技术支持组织、研究人员和政府官员等可使用的实例和经验教训。

国际原子能机构丛书：整体的要素

上述两个原子能机构丛书是法律文书、国际标准和导则、国家要求和行业标准的国际框架的组成要素，它们作为一个整体，提供了有效管理核能和放射性废物的综合体系，以保护人类免受电离辐射的有害影响和保护环境。

放射性废物管理有关的法律文书中，尤为突出的是《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》（联合公约）。

“联合公约”是缔约方之间在乏燃料管理安全和放射性废物管理安全领域唯一具有法律约束力的国际文书。国际原子能机构是“联合公约”的保存人，并为其提供科学秘书处。该公约的目标如下：

(1) 通过加强本国措施和国际合作，包括情况合适时与安全有关的技术合作，

在世界范围内达到和维持乏燃料管理和放射性废物管理方面的高安全水平；

(2) 在满足当代人的需要而又无损于后代满足其需要的能力的前提下，确保在乏燃料管理和放射性废物管理的一切阶段都有防止潜在危害的有效防御措施，以便保护个人、社会和环境免受电离辐射的有害影响；

(3) 防止在乏燃料管理或放射性废物管理的任何阶段有放射后果的事故发 生，和一旦发生事故时减轻事故后果。

国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及国际原子能机构核燃料循环和废物技术处

放射性废物处置前管理

认 识到放射性废物安全管理的重要性，意味着多年来开发了许多成熟和行之有效的技术，核工业和政府部门在该领域中积累了相当丰富的经验。

废物最小化是支撑所有核作业设计和运行以及废物再循环利用的基本原则。对于将产生的残余放射性废物，制定一项明确的计划（称为废物处理路线）是至关重要的，以确保放射性废物安全管理和最终安全处置，保证核技术可持续发展。

国家的核废物管理政策和国家法规将影响所选择的处理方案，但总的战略是对放射性废物进行浓缩和包容，并将其与人类和环境隔离。为了实施这一战略，废物产生者（核电厂营运者、采矿公司、医疗设施等）需要开展包括表征、预处理、处理、整备和贮存在内的处置前活动。

所有这些活动均由经过培训的人员按照既定的辐射防护、安全和安保导则

进行。国际原子能机构已制定严格的放射性废物管理条例，以确保所有操作满足严格的安全和安保标准。

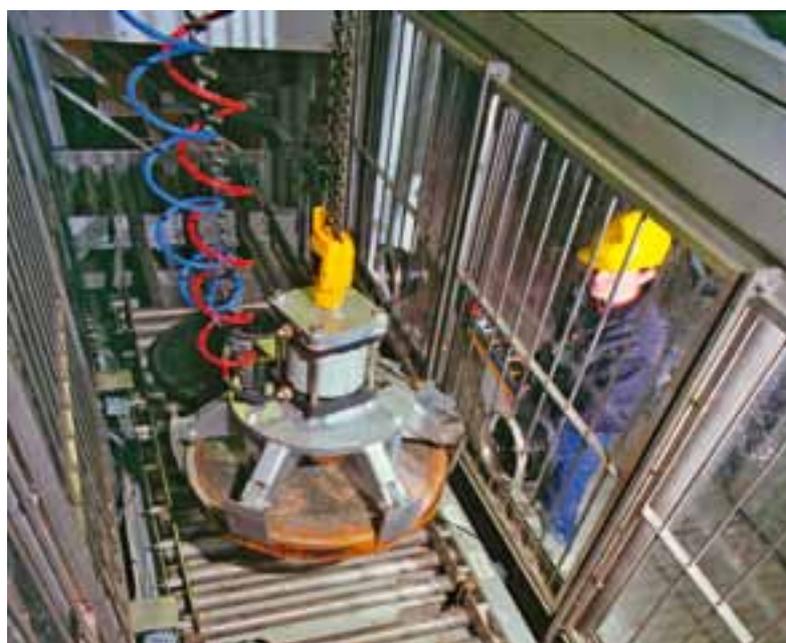
在选择废物管理战略或技术之前，认识和了解废物来源和产生速度及废物数量和特征是十分重要的。这样可以选择合适的处理战略，确保最终废物形式与选择的处置路线相匹配。

一旦了解了废物特征，需要将废物转变成适合处置的形式。第一阶段是准备待处理的废物，这可能包括对污染物与非污染物的分拣和分离、减容或化学性质（如pH值）调整，以便有助于后续处理。

预处理活动也可以使用去污方法，利用物理手段（如喷砂）或化学手段（如利用可选择性去除表面放射性核素的特殊溶液进行清洗）清除建筑物或部件表面的放射性核素。

左图：通常容量为200升的废物桶收集放射性废物
(图/美国能源部先进混合废物处理项目)

右图：强力超级压缩可将容量达200升的废物桶的高度压缩至10厘米以内
(图/英国敦雷场址恢复有限公司和核退役管理局)





玻璃固化是对放射性废物和危险化学品废物进行整备的实际和有效方案。
(图/美国西北太平洋国家实验室)

在放射性污染不均匀地分布于大的表面面积（如地面或管道系统）时，去污技术尤其有用，这些技术的应用将大大减小需要处理的废物体积。

一旦废物适当准备好，下一步便是处理。一般来说，处理过程的目的是减小放射性废物的体积，以提高其安全性或减少进一步管理阶段（如贮存或处置）的费用。

处理通常会产生两种废物流：含有大部分放射性核素的小体积废物流，需要进一步进行贮存和处置所需的整备；体积较大的净化废物流，可选择排放或作为非放射性废物处置。

根据废物的性质和选择的处置场址对废物形式的要求，已有各种废物处理工艺技术可供使用。

两个常见的例子是固体废物焚烧和液体废物蒸发。焚烧通过将放射性浓集在小体积的焚烧灰中而降低固体废物体积，废液蒸发产生小体积放射性浓缩液。在随后的整备步骤中，焚烧灰或浓缩液经进一步处理，转变成放射性得到有效固定的形式。这一步骤称为整备。



整备降低了废物的相关风险，并为之后的装卸、运输、贮存和处置做好了准备。大多数情况下，完成这一步骤的方法是将废物与粉状水泥和水混合，然后使混合物在合适的容器中凝结成实心块。

可供选择的整备技术包括放射性核素玻璃、沥青、聚合物或矿物基质固化。所有这些技术具有降低放射性核素迁移或扩散至环境的可能性。由容器中固化废物组成的放射性废物包是这种处理过程的最终产物。

国际原子能机构核燃料循环和废物技术处

重大考虑：废物贮存和处置问题



荷兰放射性废物中心组织HABOG贮存设施
(图/荷兰放射性废物中心组织)

当人们谈论核技术的采用和放射性物质的使用时，最具争议的问题之一是放射性废物的最终处置。

放射性废物和被宣布为废物的乏燃料对人体健康或环境不再产生潜在危害所需的时间长短不一。某些类型的放射性废物需要几个月到数年，高放废物需要千年，而乏燃料需要几十万年。因此，政府和公民自然对其短期和长期安全表示关切。

通过处置可提供长期安全，但在落实合适的处置设施前，要靠贮存确保安全管理。虽然世界范围内已实施或正在开发安全和可持续的解决方案，但在不同的场所简单地复制相同的解决方案是永远不够的。对于每一个设施，主管当局必须进行安全评定，审查基于安全状况报告的许可证申请。这样才能确保政府和公民的合理关切得到全面解决，并对保护人类和环境作出规定。对处置设施进行许可证审批往

往是一个漫长的过程，因此有必要在短期内对待处置废物进行安全贮存。

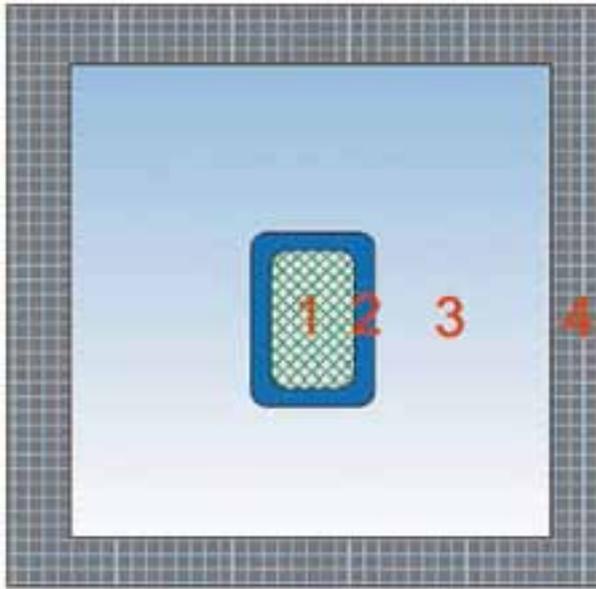
废物贮存

在废物管理过程的任何阶段都可能需要贮存，贮存可起到几个作用，如使短寿命放射性核素衰变、散热或有时间积存足够的废物便于高效的处理，或提供废物包容和隔离，直至落实合适的处置路线。

贮存的定义是将放射源、乏燃料或放射性废物存放在能对其包容的设施中并有意回取。因此，从定义看，贮存是一种临时措施。

为提供安全、可回取、可监控和妥善的废物贮存，以确保保护工作人员、公众和环境，贮存系统需要有两个主要部分：废物包和贮存设施本身。两个部分联系紧密，任何一部分的性质和行为都会对另一部分的设计产生强烈影响。两者需要妥善

贮存系统示意图



图片：2012年11月产业指南：高活度废物包临时贮存综合方案，英国核退役管理局

废物包贮存——实物保护和环境保护层

1. 整备后的废物体是主要屏障。
2. 废物容器是第二道屏障。
3. 在保持废物体和废物容器的完整性方面对贮存环境的控制十分重要。
4. 贮存结构是废物包气候/大气保护的最后一道屏障，也是废物实物安保的一个重要因素。

处理，以确保系统满足必要的安全和监管要求。上图提供了贮存系统的示意图。

废物包包括废物体和容器。首选废物体是稳定的固体产物，可利用合适的整备技术（如水泥固化或玻璃固化）生产。容器确保需要贮存和处置的放射性废物的安全包容，将包括贮存中的操作和堆叠特征。一些常用的容器如右图所示。

贮存设施提供了废物包贮存期间不会降解、可安全回取和运输至处置设施的环境。因此，这种贮存建筑物类型及其内部贮存布置与正在贮存的废物类型和分类有关。

通常贮存在200升钢桶或金属容器中并可能按选定的路线在很短的时间内送至处置的低放废物，由于不需要屏蔽，仅需要安排简单的贮存。合适的结构可以是工业型建筑物，可由当地气候

提供保护，有坚固的混凝土板、车辆和人员通道门以及监测和检查规定，湿度控制也可能是必要的。



左上起：
200升钢桶、
混凝土箱和
高放废物不
锈钢容器
(图(左上起)/
国际原子能
机构；英国
镁诺克斯有
限公司；英
国塞拉菲尔
德有限公司)



法国CIRES
处置设施的极低
放废物处置沟
(图/法国国家放射
性废物管理机构)

长寿命玻璃固化高放废物或乏核燃料的贮存需要精心设计、高度工程化的设施，以提供远程操作、屏蔽、冷却以及所需贮存期有保证的环境。这种设施必须还能提供足够的安保，并且在贮存乏核燃料的情况下，具有保护可裂变材料的措施。

近年来，主要由于缺乏许可处置设施，许多成员国正在考虑如果不能及时获得最终处置设施，则把长期贮存（如长达100年）作为风险缓解措施。这种长期贮存需要采取额外的措施，以确保对废物包和设施本身进行持续满意的控制和保护，并论证（包括考虑材料和结构的老化）设施的安全和安保在计划期间是有保证的，并给出相应的许可证。

荷兰HABOG设施是后处理高放玻璃固化废物和研究堆乏燃料当代长期贮存设施的一个例子。即使在这个例子中，贮存也只能被认为是一种临时解决方案，已计

划并需要最终回取废物作进一步管理。处置是能够提供非能动性长期安全的唯一永久性放射性废物管理方案。

废物处置

存在各种不同的处置方案，大致可以分为：

- 近地表处置设施，适于极低放废物和低放废物；
- 地质处置设施，适于中放废物、高放废物和宣布为废物的乏核燃料。

极低放废物和低放废物潜在危害持续时间不超过几百年。它们可以安全地包容在近地表处置设施中。世界范围内已对约140个近地表处置设施进行了选址，部分正在运行，部分甚至已经关闭。对于极低放废物，高效处置方案是利用有限屏障系统的陆地填埋型地表壕沟进行处置。低放废物的处置方案依赖于场址性质与工程屏

障的结合，如衬里、混凝土处置库和交替的非渗透性分水特征覆盖层，以提供所需的保护。

中放废物、高放废物和宣布为废物的乏燃料的危害持续时间可能超过几十万年。因此，它们需要在稳定的地质环境中进行处置，能够确保长期安全，同时数千年（对于中放废物而言）或数十万年（对于高放废物和乏燃料而言）无需人类干预。

对低放废物和中放废物的处置业已成熟，并且在世界范围内有几个低放废物和中放废物地质处置设施正在运行。

少数国家（瑞典、芬兰和法国）在高放废物（包括乏燃料）地质处置设施开发方面进展顺利，预计此类设施将在2025年投入使用。

尽管有这些成功的案例，但处置战略的实施仍然是许多成员国乏燃料和放射性废物管理中最大的持续挑战之一。

从技术和安全的角度看，地质处置是可行的。已发现了适于安全地质处置的不同类型的主岩，并且提出了在晶质岩（如芬兰、瑞典）、沉积岩（如粘土）（如法国）、蒸发岩（如岩盐）（如德国）中处置的安全状况报告。

最初，对地址适合性的评定方法例如包括评价地震活动、火山活动的风险或自然资源的存在是否妨碍地址作为地质处置设施安置之地。随着进一步的调查研究，对场址的表征进入到有把握地了解相关自然特性和过程的阶段，特别是认识到这些自然特性和过程如何有助于包容和隔离废物和乏燃料中的放射性核素并由此有助于长期安全。

除了场址的自然特性，工程特征（如废物体、废物包以及可能安置的任何缓冲层和密封层）也有助于包容及长期安全，也应分析和考虑安全。实际上，废物经处



理转变成废物体，限制了废物的长期释放（如从高放废物玻璃基质中释放）。将废物进一步整备成处置废物包，可在规定的时间内防止与水的接触（例如，在瑞典和芬兰地质处置设计中采用可使用几十万年的铜容器）。

国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及国际原子能机构核燃料循环和废物技术处

上图：瑞典核电厂运行废物SFR地质处置设施（图/瑞典核燃料和废物管理公司）

下图：芬兰库存乏核燃料深地质处置的宿主地层（图/芬兰Posiva Oy公司）

从摇篮到坟墓：地中海地



1 地中海地区一些国家缺乏适宜的放射性废物（如废放射源）安全管理或处置设施。废放射源可能会丢失、被盗或遗弃，从而脱离监管控制。



2 废源失去控制给公众和环境带来重大风险。



3 应地中海地区国家的请求，国际原子能机构技术合作司正在通过一个始于2012年的四年期项目帮助他们处理这一难题，降低危害的风险。欧洲委员会、西班牙和美国也为该项目提供了专门技术和资金支持。



4 密封放射源或“密封源”是已被隔离/密封在如图所示小金属容器中的放射性物质。密封源应用于许多领域，如医学诊断和治疗、工业过程控制、食品和医疗用品灭菌。

区废密封放射源的管理



5 不再使用的放射源由于会释放辐射仍然有害。因此寻找废源长期安全和妥善管理的解决方案是消除对公众的辐射危害的最重要步骤之一。



6 利用讲习班、一对一培训和实际源示范，这个国际原子能机构跨地区技术合作项目已帮助地中海地区15个国家制定和实施了密封源从分发到安装、使用、废弃直至最终处置（包括贮存和运输）的战略。这就是所谓的“从摇篮到坟墓”管理。



7 该项目还涉及对源管理的政府和监管问题，帮助这些国家按照国际原子能机构安全标准制订国家政策、法规和导则，并确保总的核和辐射安全作出贡献。



8 当2016年该项目结束时，它将促进加强地中海沿岸废密封放射源的控制，从而保护人和环境。

文/国际原子能机构新闻和宣传办公室Sasha Henriques

图/摩洛哥国家核能、科学和技术中心Mohamed Maalami

INT/9/176号项目“加强地中海地区放射源从摇篮到坟墓的控制”在欧盟和国际原子能机构的资助下实施。

黑山共和国放射源的整备：国际原子能机构跨地区培训班



1 2014年6月24日至26日，在黑山共和国波德戈里举办的跨地区培训班上，来自15个国家的26名参加者对三类至五类废密封放射源的安全管理方案获得了概括了解。培训班的主题包括源的寿命、分类和整备工艺方法。

2 培训的第二天，参加者在黑山国家放射性废物贮存设施亲身观看了真实整备操作。从全国各地收集的含有废密封放射源的装置贮存在该设施内，等待进一步管理。



3 在该设施，与国际原子能机构签约的克罗地亚放射性废物管理专家向参与其国家放射性废物管理计划的参加者演示了整备过程。

4 培训班还向参加者提供了向专家提问的机会，并分享了他们的经验。国际原子能机构通过技术合作计划在成员国定期组织这种培训班。

图文/国际原子能机构新闻和宣传办公室Louise Potterton；这次跨地区培训班国际顾问和讲师Vilmos Friedrich。

国际原子能机构促使国际社会参与放射性废物管理

放射性废物安全管理对保护人和环境的重要性早已被公认，并且已在确定目标、建立安全标准以及开发满足安全要求的技术和机制方面获得相当丰富的经验。这对于全球核工业以及增加核能利用至关重要。

国际原子能机构安全标准反映了就构成保护人类免受电离辐射有害影响和保护环境的高水平安全达成的国际共识。这一共识有助于确定和突出强调共同安全关切，还有助于各成员国在协商一致的基础上协调适用标准。

安全标准的制定集中了成员国组织的专家知识和经验。这一过程是国际原子能机构按照其《规约》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”的持续国际协作的一部分。

为确保放射性废物管理安全，国际核能界需要由若干要素组成的全球核安全框架的支持，这些要素包括加强核安全、促进安全标准的全球适用以及贯彻执行公约和行为准则等国际文书。

1995年，国际原子能机构设立了四个专题安全标准委员会以及监督安全标准制定和交流加强全球核安全框架经验的安全标准委员会。

安全标准委员会

作为四个安全标准委员会之一，废物安全标准委员会（WASSC）是由废物安全领域高级代表组成的常设国际咨询机构。该机构负责审查和核准将以原子能机构

《安全标准丛书》发布的标准的编写建议，并应邀对编写原子能机构《核安保丛书》出版物的相关建议提出意见。

在废物安全标准核准出版前，废物安全标准委员会负责审查和核准提交各成员国征求意见的草案。在废物安全标准委员会以及必要和适当时其他委员会的监督下，

国际原子能机构安全标准反映了就构成保护人类免受电离辐射有害影响和保护环境的高水平安全达成的国际共识。

通过各成员国的积极参与，制定了一系列国际商定的安全标准，为废物安全提供了支持。这些委员会还就指导和协助成员国执行这些标准提供建议。

安全标准委员会（CSS）是由高级政府官员组成的常设机构，负责核可提交原子能机构理事会核准的“安全基本法则”和“安全要求”文本，还就在原子能机构总干事授权下印发的“安全导则”的适宜性提出建议。

在安全标准委员会的协助下，国际原子能机构努力促进全球对其安全标准的接受和使用。根据原子能机构的授权，安全标准委员会协助阐明安全标准、政策和战略未来实施的愿景以及相应的职能和责任。

国际放射性废物技术委员会是由高级



在2012年11月于波兰华沙举办的原子能机构培训班上，参加者正在讨论有关利益相关者参与放射性废物处置的案例分析（图/国际原子能机构A. Izumo）

国际专家组成的工作组，就放射性废物管理计划的活动和方向向原子能机构提供建议，并为该计划的实施提供支持。它对选定的原子能机构《核能丛书》出版物进行编写和审查，评估差距，并就编写属于其责任范围内的新出版物提出建议。

网络——核领域合作

国际原子能机构是世界核领域合作的中心。自2001年以来，原子能机构一直倡导专业网络（实践社区）的概念和使用，以推进核知识管理、核技术实施、放射性废物管理、退役和环境治理方面的最佳实践。实践社区的目的是提高与核科学技术相关的实践和设施的安全和可持续性，并作为核知识管理应用方面学习和能力发展以及建立核教育网络的国际论坛。国际原子能机构为核领域科学家和专家更好的共享和利用现有的知识开发了各种工具和服务。

目前，有五个这种网络侧重于这些具体核相关专业领域：

1. 环境管理和治理网（ENVIRONET）

环境管理和治理网的范围涵盖加强治理行动的实施以及公众和环境保护和场址监测。在过去十年中，随着应对放射性污

染场址环境清理的若干治理方法的开发，奠定了该网络基础。

2. 国际退役网（IDN）

国际退役网旨在汇集国际原子能机构内外现有的退役举措，以加大合作和协调。它创立于2007年，目的是为成员国之间共享退役实际经验提供一个持续的论坛，以响应2006年在希腊雅典举行的“核设施退役经验教训和核活动安全终止国际会议”上表达的需求。

3. 核废物表征实验室国际网（LABONET）

核废物表征实验室国际网是以实验室为中心的网络，目的在于加强低、中放废物和废物包的表征方面成熟的质量保证实践应用的国际经验共享，并促进环境遗留物的风险降低和清理。

4. 国际低放废物处置网（DISPONET）

国际低放废物处置网旨在汇集那些希望改善低放废物管理国际实践和方案的处置设施规划人员、开发商和营运者。

5. 地下研究设施（URF）网

地下研究设施网为了解放射性废物地质处置提供一个平台。在国际原子能机构的主持下，各成员国正在提供本国开发的与放射性废物地质处置相关的地下研究设施和相关实验室供处置技术培训和演示使用。

放射性废物管理不同领域中的网络使成员国受益匪浅。这些网络为信息交流和传播提供了一个论坛，也加强了发达计划与欠发达计划方面专家之间的合作。通过这种交流，国际原子能机构能够为那些在

乏燃料管理和放射性废物管理领域寻求援助的成员提供帮助。

检验废物安全标准的适用和使用的国际项目

国际原子能机构制定了检验其废物安全标准适用和使用情况的比对和协调项目，以提高这些标准的有效性以及寻求有关放射性废物安全管理的协调方法。

放射性废物地质处置设施运行安全和长期安全论证国际项目（GEOSAF第二部分）

该项目为在编写和审查地质处置设施的安全案例（定义为论证设施和活动安全的各种论点的集合）方面进行观点和经验交流提供一个论坛。它还旨在提供一个知识共享的平台。随着越来越多的国家考虑启动核电以及拥有核电计划的国家寻求确定旨在涵盖核燃料循环所有环节的国家政策和战略，这种平台被认为不仅具有相关性，而且是适当的。同时也需要维持现有的知识库。

最初的项目（2008年—2011年）侧重于由运营者编写并由监管者审查地质处置设施的安全案例，最近在放射性废物管理领域对安全案例的概念给予了高度重视，并在若干废物安全标准中进行了讨论。

GEOSAF第二部分于2012年着手实施，目的是就放射性废物地质处置运行阶段和关闭后的安全观点和期望达成共同谅解并努力进行协调。

近地表处置管理安全案例概念的实际诠释和使用（PRISM）

该项目侧重于放射性废物近地表处置设施寿期内的安全案例性质和使用，目的

是共享在放射性废物安全处置方面促进良好实践的经验和专门知识。

该项目通过编写安全案例，为作为许可证审批过程的一部分做出发展近地表处置设施的决定提供安全论证方面的指导。后续项目“近地表处置项目管理安全案例概念的实际诠释和使用”将基于通过该项目建立的工具和方法制订安全案例范本。

放射性废物处置背景下人的闯入国际项目（HIDRA）

该项目是一个为期两年的项目，始于2012年，目的是为如何考虑放射性废物处置设施安全论证方面潜在的人的闯入问题提供指导。作为放射性处置设施发展的一部分，项目成果将促进优化选址、设计和废物接收标准。

国际原子能机构组织和管理各种网络和国际工作组来协助成员国利用和适用各种类型放射性废物安全管理的安全标准、技术导则和最佳实践，并通过其他工具辅助这些援助，如同行评审工作组访问、研讨会和讲习班以及教育和培训。

国际原子能机构核安全和安保处以及国际原子能机构核燃料循环和废物技术处

未来：放射性废物处理和处置的 创新技术

使 废物产生和环境影响最小化的安全、抗扩散和经济高效的核燃料循环是可持续核能的关键。创新方法和技术能够显著减少放射性物质的毒性或对人类的危害以及废物产生量。减少废物量、热负荷和废物需要与生物圈隔离的持续时间将大大简化废物处置概念。

再循环和再利用可使废物体积最小化。这一概念连同优化利用自然资源构成了“闭式燃料循环”的基础。在闭式燃料循环中，乏燃料可再利用部分进行再循环，不被视为废物。

通过对乏核燃料处理，将长寿命放射性元素分离和/或转变成短寿命、危害较小的形式。这一过程称为“分离和嬗变”，导致放射毒性显著降低的较小体积的废物。

再循环和再利用可使废物体积最小化。这一概念连同优化利用自然资源构成了“闭式燃料循环”的基础。在闭式燃料循环中，乏燃料可再利用部分进行再循环，不被视为废物。

分离和嬗变

从核反应堆卸出的乏核燃料具有高放射毒性，因为它含有三类元素：铀和钚主要锕系元素；镎、镅和锔等次锕系元素；裂变产物。由于存在长寿命锕系元素和释热裂变产物，乏燃料被认为是高放废物，

必须在深地质设施包容并与生物圈隔离数十万年。

长寿命锕系元素对长期放射毒性的贡献最大。裂变产物虽然释热，但为短寿命，仅在前100年对放射毒性有贡献。

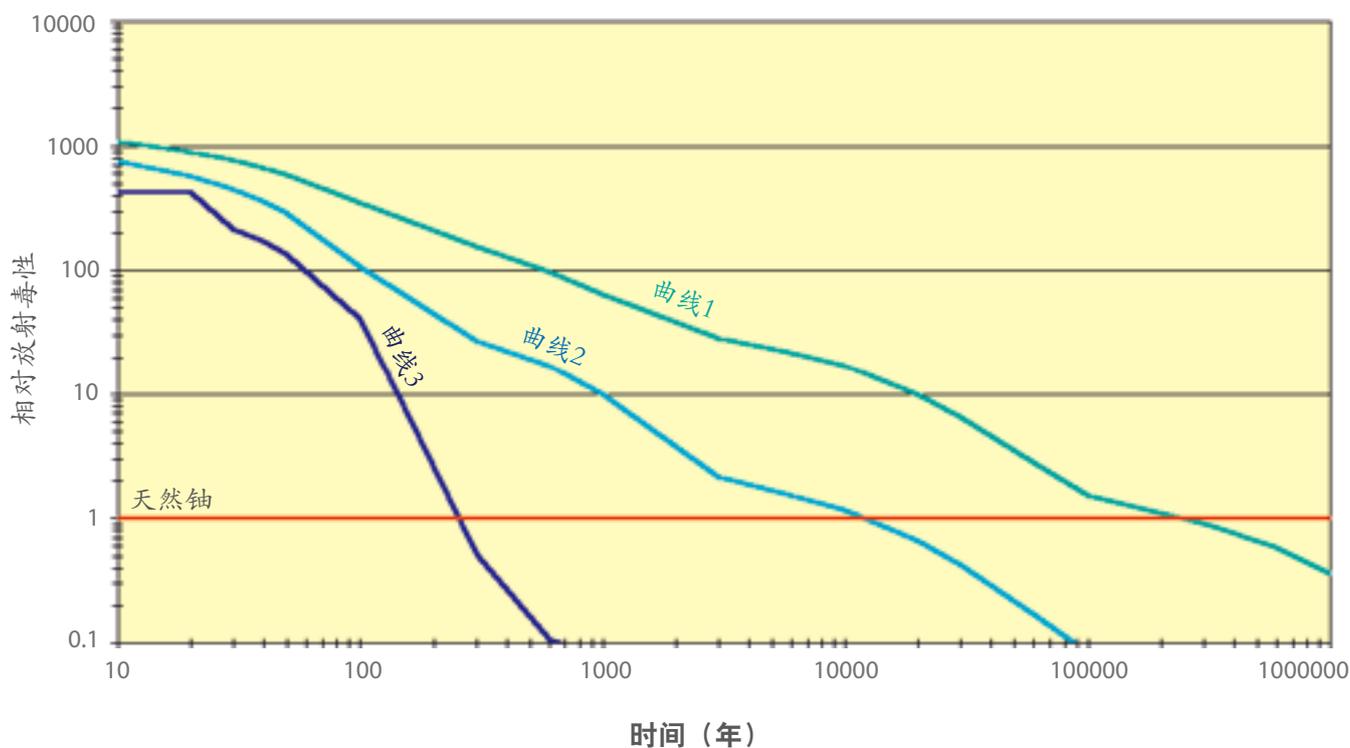
在分离和嬗变中，钚和次锕系元素通过化学分离从乏燃料中提取出来，然后进行嬗变，在专门设计的核反应堆通过裂变对超铀元素（镎、镅和锔）进行破坏。利用分离和嬗变方法可提高放射性废物管理效率，这是因为减小了废物体积，从而形成更具有成本效益的管理方案。

今天，快中子系统是研究最多的破坏长寿命锕系元素的嬗变技术。嬗变也可能在其他反应堆（如压水堆）中进行，但裂变效率较低。

分离和嬗变的一个明显优势是，当快堆与新燃料循环技术结合使用时，可以使主要锕系元素和次锕系元素再循环，而不需要高度提纯，就像在法国、印度、日本和俄罗斯联邦的现有后处理厂那样。该系统具有高度抗扩散性，因为不需要将钚与其他锕系元素分离。目前，印度、俄罗斯联邦和欧盟正在开发和论证快堆（或利用快中子谱）与乏燃料先进高温冶金工艺结合技术。

锕系元素在快堆中再循环可显著减小废物体积、热负荷以及放射毒性降至用作轻水堆燃料的天然铀矿水平所需的时间。当前的研发表明，“天然等效处置”概念是可行的。换句话说，产生在300年至400年

不同核燃料循环中核废物放射毒性随时间变化的关系



曲线1: 乏燃料直接处置废物包括钚、次锕系元素和裂变产物

曲线2: 钚再循环废物包括次锕系元素和裂变产物

曲线3: 钚和次锕系元素再循环废物包括裂变产物

快中子技术可将废物的放射毒性在约400年而不是数十万年降至天然铀水平。

内衰变至这种天然水平的放射性废物在技术上是可行的，而直接处置乏燃料将需要25万年衰变至这种水平。或者简单地说，现代核电厂的发展将大幅度减少后代的废物负担。

然而，这是一项复杂的任务，必须加强后处理和再循环技术，以提高锕系元素的分离效率，减少二次废物产生量，以及避免扩散问题。国际原子能机构在快堆开发和创新燃料循环领域的研究表明，这些问题可以得到解决，核工业可推进到更加可持续的新燃料循环。

还有一些重要研发努力侧重于利用钍代替铀，增加利用具有较高燃料燃耗的反应堆系统，如高温气冷堆和熔盐堆。这些努力的目标是在生产相同数量电力的同时减少超铀元素的数量。

国际原子能机构副总干事兼核能司司长亚历山大·贝奇科夫

放射性废物管理的法律方面：相关国际法律文书*

负 责任地利用核技术需要对放射性废物进行安全和环境无害管理，为此各国需要落实严格的技术、行政管理和法律措施。

放射性废物管理的法律方面可在各种具有法律约束力和不具法律约束力的国际文书中找到。本综述侧重于最相关的法律文书，尤其是核安全、核安保、核保障和核损害民事责任方面的国际文书，并确认了关于环境问题的相关地区文书，尤其是关于战略性环境评估、环境影响评估、公众获得信息和参与决策以及诉诸法律的地区文书。

放射性废物管理的法律方面可在各种具有法律约束力和不具法律约束力的国际文书中找到。本综述侧重于最相关的法律文书，尤其是核安全、核安保、核保障和核损害民事责任方面的国际文书。

在放射性废物管理领域，最相关的条约是1997年《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》（联合公约）。当放射性废物源自民用，包括废密封源、铀矿开采废物、选冶废物以及监管活动排放的废物，“联合公约”适用于这类废物的安全管理。例如，根据“联合公约”，参与放射性废物跨界运输的缔约方应采取适当措施确保这种运输按照其规定和其他相关有约束力的国际文书进行。还应注意的是，

核电厂运行产生的放射性废物也涵盖在“联合公约”和1994年《核安全公约》中。

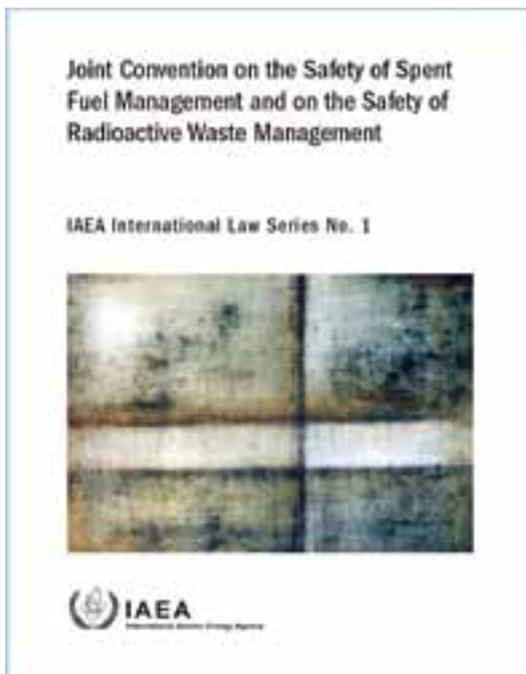
在核安全领域，不具法律约束力的2003年国际原子能机构《放射源安全和安保行为准则》的条款也与作为放射性废物管理的废密封源相关。

支撑这些法律文书的是相关国际原子能机构标准，尤其是《安全基本法则》以及涉及政府、法律和监管框架；放射性废物处置前管理；放射性废物处置；放射性物质安全运输；金属再循环和生产行业中无看管源和其他放射性材料控制的《安全要求》和《安全导则》。

在核安保领域，2005年修订的1980年《核材料实物保护公约》涉及处于国际核运输和国内使用、贮存和运输的用于和平目的的核材料（包括放射性废物）的实物保护。《核材料实物保护公约》是核材料实物保护领域唯一有法律约束力的国际文书。

此外，全面保障协定规定的国际原子能机构保障被应用于拥有生效的全面保障

* 亦应参考文章“不断扩大的国际法律制度：环境保护与放射性废物管理”，Wolfram Tonhauser（国际原子能机构法律事务办公室核和条约法律科科长）和 Gordon Linsley（国际原子能机构废物安全科前科长），《国际原子能机构通报》2000年第42卷第3期。



协定的国家领土范围内在其管辖或在其控制的任何地方进行的所有核材料。^{**} 这包括包含在保存废物中的核材料，以核实这种材料没有被转用于核武器或其他核爆炸装置。此外，根据全面保障协定国家缔结的附加议定书，国际原子能机构对各国提供的有关含钚、高浓铀或铀-233的高中放废物场所或进一步处理情况进行核查。

关于核责任的国际法律文书包括1963年《核损害民事责任维也纳公约》、1997年《修订〈核损害民事责任维也纳公约〉议定书》和1997年《核损害补充赔偿公约》。这些法律文书为就放射性废物运输期间或核装置（如放射性废物贮存设施、已关闭反应堆、正在退役装置或放射性废物处置设施）发生的核事故产生的核损害进行第三方赔偿提供了依据。

最后，与设计用于放射性废物处理、贮存和处置设施特别相关的是有关环境问题的地区文书。在联合国欧洲经济委员会

关于核责任的国际法律文书包括1963年《核损害民事责任维也纳公约》、1997年《修订〈核损害民事责任维也纳公约〉议定书》和1997年《核损害补充赔偿公约》。

主持下通过的这些条约涉及环境影响评估、战略性环境评估、公众获得信息、公众参与决策和公众诉诸法律。它们包括1991年《越境环境影响评价公约》（埃斯波公约）、2003年《〈越境环境影响评价公约〉战略性环境评定议定书》（基辅议定书）和1998年《在环境问题上获得信息、公众参与决策和诉诸法律的公约》（奥胡斯公约）。

国际原子能机构法律事务办公室
Anthony Christian Wetherall 和 Isabelle Robin

^{**} 依据全面保障协定接受保障的核材料包括铀、钚和钍。

国家层面对放射性废物管理的监管

1 国际原子能机构安全基本法则 1 国际原子能机构安保基本法则



“……安全和安保的主要责任在于运营者……”

2 国际原子能机构一般和具体安全要求



“……所有放射性废物都有可能给人和环境造成危害，必须安全和妥善地管理，以使相关风险降至可接受水平……”

21 国际原子能机构一般和具体安全导则



“必须对放射性废物进行管理，以避免给后代造成不应有的负担……”

2 国际原子能机构安保建议



“国家对确保核材料和其他放射性物质得到充分保护的责任扩大到放射性废物的妥善管理”。

国家和地方政府制订和执行有关放射性废物安全运输、处理、贮存、处置和分类的规则。这些规则旨在保护人和环境，并提供对放射性废物管理进行规划和安全实施的法律和法规框架。

放射性废物法规还涵盖在放射性废物管理过程的每一个阶段“谁”负责“什么”，并规定废物设施寿期内不同阶段的最佳决策过程，包括开发、运行和关闭或退役。

由独立的国家/地方政府实体建立和执行的法规还涉及如何使废物设施获得可靠的资金、如何雇佣员工、外部团体如何参与及参与的程度、可以建设废物设施的地方以及保护这些设施的工作人员必须采取的措施。

国际原子能机构的作用是根据要求提供建议和指导。

国际原子能机构162个成员国中，许多国家以国际原子能机构放射性废物安全标准作为模板来创建自己的具有法律约束力的法规。这些标准经过专家审查，并基于全球最佳实践。

每个国家的放射性废物管理法规均有所不同，这取决于成员国的国家法律架构，以及放射性废物管理设施、活动和库存的复杂性和程度。例如，就拥有全面燃料循环计划（包括反应堆）的国家而言，放射性废物管理法规不同于那些废放射源有限库存的国家。

国际原子能机构辐射安全、运输安全和废物安全处以及国际原子能机构新闻和宣传办公室Sasha Henriques

发展放射性废物管理方面的能力

国际原子能机构技术合作（技合）计划作为原子能机构的主要服务提供机制，在支持世界各地的放射性废物管理、帮助共享放射性废物管理信息和培训放射性废物适当处理和处置的人员方面发挥着重要作用。技合计划支持政策和战略的制订、现有设施的评定和升级（必要时）以及新的管理设施尤其是近地表处置设施的实施。该计划还帮助运营核电厂的成员国发展地质处置能力。本文仅介绍几个项目实例来说明该计划的范围。

在非洲，成员国面对的主要放射性废物挑战与缺乏适当的国家基础设施和适当培训的人员有关。通过技合计划，国际原子能机构正在帮助非洲成员国提高其放射性废物管理能力并通过全面的专门能力建设计划获取经验，以支持知识和技术的传播。

例如，坦桑尼亚原子能委员会运行的中心放射性废物管理设施便是在原子能机构技合计划的援助下建立的。废放射源从全国各地收集之后，放置在该设施长期安全贮存。坦桑尼亚联合共和国还在放射性废物临时贮存、管理、监测、控制和处理的技术和安全方面得到援助。因此，公众照射控制措施以及国家放射性废物管理战略和放射性废物法律框架到位。今天，坦桑尼亚联合共和国境内所有类型的放射性废物均利用适当的技术并按照国家安全标准得到了适当管理。

目前，坦桑尼亚联合共和国还正在参与一项有关改善非洲废物管理基础设施的地区技合项目。除其他主题外，该项目主要侧重于改善放射源库存、放射源“从摇篮到坟墓”管理以及废物管理和治理技术



在天然存在的放射性物质行业中的应用。

在亚洲及太平洋地区的另一个项目，来自22个成员国的90多名专家正在参与一项旨在建立放射性废物管理基础设施的地区技合项目。该项目侧重于少量低、中放废物（包括废密封源）处理和贮存设施的模块化设计，并对利用国际原子能机构钻孔处置概念进行废密封放射源管理和放射源“从摇篮到坟墓”管理以及含天然存在的放射性物质废物管理方面的培训提供支持。

放射性废物管理以国家政策和战略为指导，同时原子能机构提供重要支持。通过该项目，孟加拉国、阿曼、泰国和越南在制订放射性废物和废源管理的国家政策和战略方面得到了支持。印度尼西亚在固体放射性废物表征以及放射性废物和废密封放射源处置方案选择方面获得了援助。伊朗伊斯兰共和国在评定国家库存和国家能力以及制订废密封放射源管理行动计划草案方面得到了帮助。

坦桑尼亚废物
贮存中心
(图/坦桑尼亚原子
能委员会)

国际原子能机构技术合作计划为成员国提供了放射性废物管理的必要技能和能力。

以下是过去十年来有关援助的一些统计数字。

| | |
|-----------|------|
| 技术合作项目 | 122 |
| 进修人员 | 130 |
| 科学访问人员 | 397 |
| 非本地培训班参加者 | 740 |
| 与会人员 | 1567 |

在欧洲，通过技合计划为评定罗马尼亚放射性废物管理政策和战略提供了帮助，包括文件审查，提供有关放射性废物管理的国际原子能机构准则、国际最佳实践和监管指导建议。该项目促进了国家对话，大大加强了罗马尼亚核能和放射性废物机构解决核燃料和放射性废物管理问题的能力。

拥有不同水平的核科学技术经验的国家之间相互交流有利于更好的废物管理实践。

最后，在拉丁美洲，地区项目强化了该地区公众照射控制和放射性废物安全管理的国家基础结构和监管框架。各国在根据国际建议制订放射性废物管理的国家政策方面得到了援助，并为负责监管活动的人员和放射性废物管理人员提供了培训。

拥有不同水平的核科学技术经验的国家之间相互交流有利于更好的废物管理实践。国际原子能机构已在放射性废物管理不同领域建立了若干知识网络。“环境管理

和治理网”汇集了与环境治理有关的文件，而“国际低放废物处置网”提供了有关废物近地表处置的信息，“核废物表征实验室国际网”为放射性核素存量的准确和有质量保证的表征提供了援助，放射性核素存量的表征对放射性废物管理方案的决策是必不可少的。这种网络为原子能机构成员国之间的信息交流和传播提供了一个论坛，从而加强了成员国安全管理放射性废物的能力。

国际原子能机构技术合作司Omar Yusuf

主要撰稿人

天野之弥

Gerard Bruno

Alexander V. Bychkov

Eleanor Cody

Aabha Dixit

Ayhan Evrensel

Jiri Faltejsek

Denis Flory

Vilmos Friedrich

Pil-Soo Hahn

Sasha Henriques

Nicole Jawerth

Bruna Lecossois

Juan Carlos Lentijo

Susanna Loof

Stefan Joerg Mayer

Vladimir Michal

Stefano Monti

Ruth Ellen Morgart

Kai Moeller

Michael Ojovan

Peter Ormai

Louise Potterton

Rodolfo Quevenco

Isabelle Robin

Rebecca Ann Robbins

Susanta Kumar Samanta

Anthony Wetherall

Omar Yusuf

国际原子能机构科学论坛

放射性废物：迎接挑战

促进安全和可持续的解决方案的科学技术

2014年9月23—24日，奥地利维也纳

C楼4层理事会D会议室

