

国际原子能机构 安全标准

保护人类与环境

放射性废物处置

具体安全要求

第 SSR-5 号



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全相关出版物

国际原子能机构安全标准

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

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

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下因特网网站：

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

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（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。

其他安全相关出版物

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。

核活动的安全和防护报告以《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《放射防护评定报告》、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。安保相关出版物则以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

放射性废物处置

下列国家是国际原子能机构的成员国：

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

《国际原子能机构规约》于 1956 年 10 月 23 日经在纽约联合国总部举行的国际原子能机构规约大会核准，1957 年 7 月 29 日生效。国际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 SSR-5 号

放射性废物处置

具体安全要求

本出版物随附一张只读光盘,其中收录了 2007 年版《国际原子能机构安全术语》和 2006 年版《基本安全原则》,并分别提供了阿拉伯文、中文、英文、法文、俄文和西班牙文文本。亦可单独购买只读光盘。

见: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp>

国际原子能机构
2011 年·维也纳

版 权 说 明

国际原子能机构的所有科学和技术出版物均受 1952 年（伯尔尼）通过并于 1972 年（巴黎）修订的《世界版权公约》之条款的保护。自那时以来，世界知识产权组织（日内瓦）已将版权的范围扩大到包括电子形式和虚拟形式的知识产权。必须获得许可而且通常需要签订版税协议方能使用国际原子能机构印刷形式或电子形式出版物中所载全部或部分内容。欢迎有关非商业性翻印和翻译的建议并将在个案基础上予以考虑。垂询应按以下地址发至国际原子能机构出版科：

Sales and Promotion, Publishing Section

International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre

PO Box 100

1400 Vienna, Austria

传真：+43 1 2600 29302

电话：+43 1 2600 22417

电子信箱：sales.publications@iaea.org

<http://www.iaea.org/books>

© 国际原子能机构 • 2011 年
国际原子能机构印制
2011 年 7 月 • 奥地利

放射性废物处置

国际原子能机构 • 奥地利 • 2011 年 7 月

STI/PUB/1449

ISBN 978-92-0-519210-9

ISSN 1020-5853

序言

一 总干事天野之弥

国际原子能机构《规约》授权原子能机构“制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危险的的安全标准”。这些标准是原子能机构在其本身的工作中必须使用而且各国通过其对核安全和辐射安全的监管规定能够适用的标准。原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商进行这一工作。定期得到审查的一整套高质量标准是稳定和可持续的全球安全体制的一个关键要素，而原子能机构在这些标准的适用方面提供的援助亦是如此。

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

标准只有在实践中加以适当应用才能有效。原子能机构的安全服务涵盖设计安全、选址安全、工程安全、运行安全、辐射安全、放射性物质的安全运输和放射性废物的安全管理以及政府组织、监管事项和组织中的安全文化。这些安全服务有助于成员国适用这些标准，并有助于共享宝贵经验和真知灼见。

监管安全是一项国家责任。目前，许多国家已经决定采用原子能机构的标准，以便在其国家规章中使用。对于各种国际安全公约缔约国而言，原子能机构的标准提供了确保有效履行这些公约所规定之义务的一致和可靠的手段。世界各地的监管机构和营运者也适用这些标准，以加强核电生产领域的安全以及医学、工业、农业和研究领域核应用的安全。

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

免 责 声 明

原子能机构安全标准反映了有关保护人类与环境免受电离辐射的高水平安全在构成要素方面的国际共识。制订、审查和确定原子能机构标准的过程涉及原子能机构秘书处和所有成员国，而且许多成员国派代表参加了原子能机构的四个安全标准分委员会和原子能机构安全标准委员会。

秘书处、安全标准分委员会和安全标准委员会定期对作为全球安全制度之关键要素的原子能机构标准进行审查。秘书处收集在适用原子能机构标准方面的经验以及从对事件的后续行动中获得的资料，以确保这些标准能够继续满足用户的需要。本出版物反映直至 2010 年所积累的反馈和经验，并经过了对标准的严格审查过程。

必须对 2011 年 3 月 11 日的灾难性地震和海啸引发的日本福岛第一核电站事故和这一紧急情况对人类与环境造成的后果进行全面调查。日本、原子能机构和其他国家已经对它们进行了研究。应在核安全和辐射防护以及应急准备和响应方面吸取的经验教训将被反映在今后修订和印发的原子能机构安全标准中。

国际原子能机构安全标准

背景

放射性是一种自然现象，因而天然辐射源的存在是环境的特征。辐射和放射性物质具有许多有益的用途，从发电到医学、工业和农业应用不一而足。必须就这些应用可能对工作人员、公众和环境造成的辐射危险进行评定，并在必要时加以控制。

因此，辐射的医学应用、核装置的运行、放射性物质的生产、运输和使用以及放射性废物的管理等活动都必须服从安全标准的约束。

对安全实施监管是国家的一项责任。然而，辐射危险有可能超越国界，因此，国际合作的目的就是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况和减缓任何有害后果的能力来促进和加强全球安全。

各国负有勤勉管理义务和谨慎行事责任，而且理应履行其各自的国家和国际承诺与义务。

国际安全标准为各国履行一般国际法原则规定的义务例如与环境保护有关的义务提供支持。国际安全标准还促进和确保对安全建立信心，并为国际商业与贸易提供便利。

全球核安全制度已经建立，并且正在不断地加以改进。对实施有约束力的国际文书和国家安全基础结构提供支撑的原子能机构安全标准是这一全球性制度的一座基石。原子能机构安全标准是缔约国根据这些国际公约评价各缔约国履约情况的一个有用工具。

原子能机构安全标准

原子能机构安全标准的地位源于原子能机构《规约》，其中授权原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商并在适当领域与之合作，以制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并对其适用作出规定。

为了确保保护人类和环境免受电离辐射的有害影响，原子能机构安全标准制定了基本安全原则、安全要求和安全措施，以控制对人类的辐射照射和放射性物质向环境的释放，限制可能导致核反应堆堆芯、核链式反应、辐射源或任何其他辐射源失控的事件发生的可能性，并在发生这类事件时减轻其后果。这些标准适用于引起辐射危险的设施和活动，其中包括核装置、辐射和辐射源利用、放射性物质运输和放射性废物管理。

安全措施和安保措施¹具有保护生命和健康以及保护环境的目的。安全措施和安保措施的制订和执行必须统筹兼顾，以便安保措施不损害安全，以及安全措施不损害保安。

原子能机构安全标准反映了有关保护人类和环境免受电离辐射有害影响的高水平安全在构成要素方面的国际共识。这些安全标准以原子能机构《安全标准丛书》的形式印发，该丛书分以下三类（见图 1）。

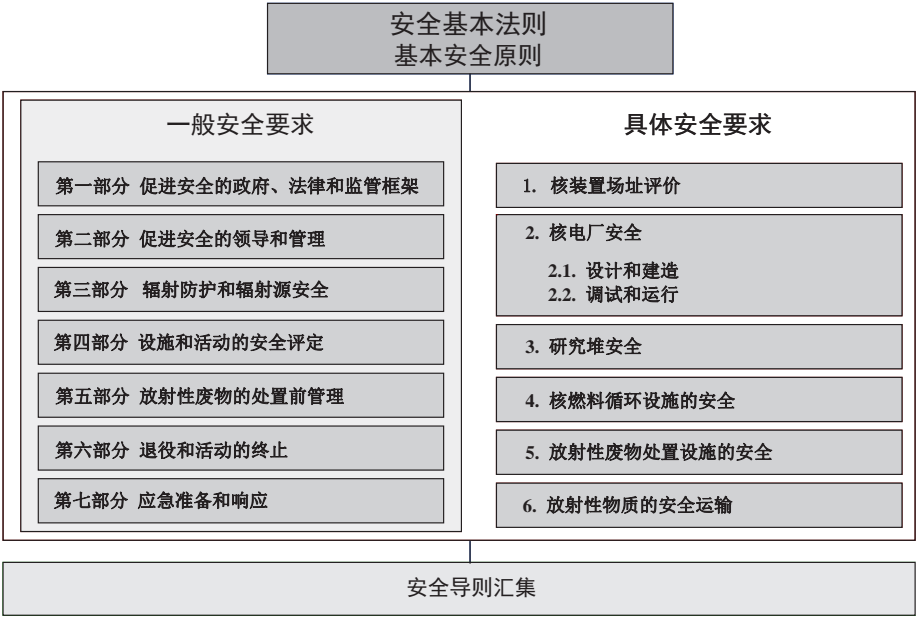


图 1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

¹ 另见以原子能机构《核安保丛书》形式印发的出版物。

安全基本法则

“安全基本法则”阐述防护和安全的基本安全目标和原则，以及为安全要求提供依据。

安全要求

一套统筹兼顾和协调一致的“安全要求”确定为确保现在和将来保护人类与环境所必须满足的各项要求。这些要求遵循“安全基本法则”提出的目标和原则。如果不能满足这些要求，则必须采取措施以达到或恢复所要求的安全水平。这些要求的格式和类型便于其用于以协调一致的方式制定国家监管框架。这些要求包括带编号的“总体”要求用“必须”来表述。许多要求并不针对某一特定方，暗示的是相关各方负责履行这些要求。

安全导则

“安全导则”就如何遵守安全要求提出建议和指导性意见，并表明需要采取建议的措施（或等效的可替代措施）的国际共识。“安全导则”介绍国际良好实践并且不断反映最佳实践，以帮助用户努力实现高水平安全。“安全导则”中的建议用“应当”来表述。

原子能机构安全标准的适用

原子能机构成员国中安全标准的使用者是监管机构和其他相关国家当局。共同发起组织及设计、建造和运行核设施的许多组织以及涉及利用辐射源和放射源的组织也使用原子能机构安全标准。

原子能机构安全标准在相关情况下适用于为和平目的利用的一切现有和新的设施和活动的整个寿期，并适用于为减轻现有辐射危险而采取的防护行动。各国可以将这些安全标准作为制订有关设施和活动的国家法规的参考。

原子能机构《规约》规定这些安全标准在原子能机构实施本身的工作方面对其有约束力，并且在实施由原子能机构援助的工作方面对国家也具有约束力。

原子能机构安全标准还是原子能机构安全评审服务的依据，原子能机构利用这些标准支持开展能力建设，包括编写教程和开设培训班。

国际公约中载有与原子能机构安全标准中所载相类似的要求，从而使其对缔约国有约束力。由国际公约、行业标准和详细的国家要求作为补充的原子能机构安全标准为保护人类和环境奠定了一致的基础。还会出现一些需要在国家一级加以评定的特殊安全问题。例如，有许多原子能机构安全标准特别是那些涉及规划或设计中的安全问题的标准意在主要适用于新设施和新活动。原子能机构安全标准中所规定的要求在一些按照早期标准建造的现有设施中可能没有得到充分满足。对这类设施如何适用安全标准应由各国自己作出决定。

原子能机构安全标准所依据的科学考虑因素为有关安全的决策提供了客观依据，但决策者还须做出明智的判断，并确定如何才能最好地权衡一项行动或活动所带来的好处与其所产生的相关辐射危险和任何其他不利影响。

原子能机构安全标准的制定过程

编写和审查安全标准的工作涉及原子能机构秘书处及分别负责核安全、辐射安全、放射性废物安全和放射性物质安全运输的四个安全标准分委员会（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）以及一个负责监督原子能机构安全标准计划的安全标准委员会（见图2）。

原子能机构所有成员国均可指定专家参加四个安全标准分委员会的工作，并可就标准草案提出意见。安全标准委员会的成员由总干事任命，并包括负责制订国家标准的政府高级官员。

已经为原子能机构安全标准的规划、制订、审查、修订和最终确立过程确定了一套管理系统。该系统阐明了原子能机构的任务；今后适用安全标准、政策和战略的思路以及相应的职责。

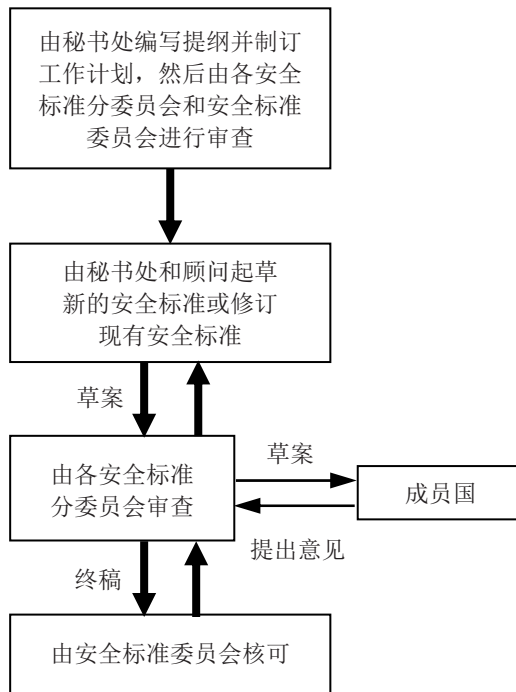


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

与其他国际组织的合作关系

在制定原子能机构安全标准的过程中考虑了联合国原子辐射效应科学委员会的结论和国际专家机构特别是国际放射防护委员会的建议。一些标准的制定是在联合国系统的其他机构或其他专门机构的合作下进行的，这些机构包括联合国粮食及农业组织、联合国环境规划署、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织和世界卫生组织。

文本的解释

安全相关术语应按照《国际原子能机构安全术语》(见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>) 中的定义进行解释。在

其他情况下，则按照最新版《简明牛津词典》中赋予的拼写和意义使用词语。就“安全导则”而言，英文文本系权威性文本。

原子能机构《安全标准丛书》中每一标准的背景和范畴及其目的、范围和结构均在每一出版物第一章“导言”中加以说明。

在正文中没有适当位置的资料（例如对正文起辅助作用或独立于正文的资料；为支持正文中的陈述而列入的资料；或叙述计算方法、程序或限值和条件的资料）以附录或附件的形式列出。

如列有附录，该附录被视为安全标准的一个不可分割的组成部分。附录中所列资料具有与正文相同的地位，而且原子能机构承认其作者身份。正文中如列有附件和脚注，这些附件和脚注则被用来提供实例或补充资料或解释。附件和脚注不是正文不可分割的组成部分。原子能机构发表的附件资料并不一定以作者身份印发；列于其他作者名下的资料可以安全标准附件的形式列出。必要时将摘录和改编附件中所列外来资料，以使其更具通用性。

目 录

1. 导言	1
背景 (1.1-1.26).....	1
目的 (1.27-1.28).....	7
范围 (1.29-1.32).....	8
结构 (1.38).....	8
2. 保护人类与环境	9
基本安全原则的适用 (2.1-2.6).....	9
运行期间的辐射防护 (2.7-2.14).....	10
关闭后期间的辐射防护 (2.15-2.19).....	11
环境关切和非放射性关切 (2.20-2.24).....	13
3. 对放射性废物处置规划的安全要求 (3.1-3.5).....	14
政府、法律和监管框架.....	15
要求 1: 政府的职责 (3.6-3.7)	15
要求 2: 监管机构的职责 (3.8-3.11).....	16
要求 3: 营运者的职责 (3.12-3.16).....	17
安全方案.....	18
要求 4: 安全在处置设施建造和运行过程中的 重要性 (3.17-3.20).....	18
要求 5: 处置设施的非能动安全手段 (3.21-3.25)	19
要求 6: 了解处置设施和安全置信度 (3.26-3.31)	20
安全设计概念 (3.32-3.34).....	21
要求 7: 多重安全功能 (3.35-3.38).....	21
要求 8: 放射性废物的包容 (3.39-3.42)	22
要求 9: 放射性废物的隔离 (3.43-3.47)	23
要求 10: 非能动安全特性的监视和控制 (3.48).....	24

4. 对处置设施的建造、运行和关闭的要求 (4.1).....25

放射性废物处置的框架.....25

 要求 11: 循序渐进地建造和评价处置设施 (4.2-4.5)25

安全论证文件和安全评定 (4.6-4.11)26

 要求 12: 处置设施安全论证文件和安全评定文件的编写、
 批准和使用 (4.12-4.14).....27

 要求 13: 安全论证文件和安全评定的范围 (4.15-4.22)28

 要求 14: 安全论证文件和安全评定文件的编制 (4.23-4.25)29

处置设施建造、运行和关闭的步骤.....30

 要求 15: 处置设施的场址表征 (4.26-4.29)30

 要求 16: 处置设施的设计 (4.30-4.32)31

 要求 17: 处置设施的建造 (4.33-4.34)32

 要求 18: 处置设施的运行 (4.35-4.37)32

 要求 19: 处置设施的关闭 (4.38-4.41)33

5. 安全保证34

 要求 20: 在处置设施接收废物 (5.1-5.3)34

 要求 21: 处置设施的监测计划 (5.4-5.5)34

 要求 22: 关闭后阶段和制度性控制 (5.6-5.14)35

 要求 23: 国家核材料衡算和控制系统的考虑 (5.15-5.19)37

 要求 24: 对核安保措施的要求 (5.20-5.21)38

 要求 25: 管理系统 (5.22-5.26)38

6. 现有处置设施 (6.1).....39

 要求 26: 现有处置设施 (6.2-6.3)39

附录 确保遵守安全目标和标准41

参考文献45

附件 放射性废物分类49

起草和审定人员51

国际原子能机构安全标准核可机构53

1. 导 言

背景

一般规定

1.1. 放射性废物产生于核电厂发电、核燃料循环活动以及使用放射性物质的其他活动。天然来源放射性物质在废材料中的浓集活动和过程也产生放射性废物，因此也需要考虑其管理安全。放射性废物可产生于一系列广泛的活动，例如在医院、核电厂、矿山和矿物加工设施的活动。

1.2. 放射性废物的性质同样各不相同，这种变化不仅表现在放射性含量和放射性浓度方面，而且也表现在其物理和化学性质上。其产生率也是各不相同的。所有放射性废物的一个共同特性是有可能给人类和环境带来危害，因此，必须对这类废物实施管理，以便将任何相关风险降低到可接受的水平。这种潜在危害可以十分巨大，也可以微不足道；这是反映在各类废物所需管理和处置方案中的一个变量。

1.3. 原子能机构“安全基本法则”出版物[1]确定了适用于所有放射性废物管理活动的安全原则。这些原则还构成了《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》[2]的道德和概念基础。《国际电离辐射防护和辐射源安全的基本安全标准》（辐防基本安全标准）[3]对辐射防护要求作了规定。这些标准和“联合公约”[2]中采用的许多安全要求和防护概念都来自国际放射防护委员会的建议[4至7]。

1.4. 本安全要求出版物确定了与各类放射性废物处置有关的安全要求。本出版物阐述了保护人类与环境免受由于运行中和关闭后的放射性废物处置设施引起的辐射危险的安全目标和标准。为了达到该标准，可能需要在处置设施的选址和评价以及设计、建造、运行和关闭过程中采取各种措施。这些要求从安全的角度来看是不可或缺的，未能满足其中任何一项要求都将需要采取行动。

1.5. 本安全要求出版物没有重复其他“安全要求”出版物中确定的有关政府、法律和监管框架、辐射防护和应急规划的所有安全要求。它所依据的前提是，通常必须作出适当的安排来确保这些相关要求得到满足。本安全要求出版物的确规定了与上述其它主题领域密切相关而且对放射性废物处置设施安全具有特别重要性的一些要求。本安全要求出版物所阐述的关于执行这些安全要求的导则载于专门针对不同类型的放射性废物处置设施的若干“安全导则”。

1.6. 管理放射性废物的优选战略是进行包容（即将放射性核素密封在废物基质、包装物和处置设施中），并使之与可接近的生物圈隔离。该战略并不排除排放（即有控制地释放）由于废物管理活动产生的含有放射性核素残留的流出物，也不排除对达到相关标准的材料进行解控。已经制订了涵盖这两种情况的国际安全标准[8、9]。

1.7. 放射性废物最初可能以各种气态、液态和固态出现。在废物管理活动中，一般是对废物进行处理，以产生稳定的固态，并尽实际可能地缩小其体积并加以固化，以便于对其进行贮存、运输和处置。本安全要求出版物涉及作为放射性废物管理过程最后步骤的固体或固化材料处置阶段。

与放射性废物处置（和贮存）有关的概念

1.8. “处置”一词系指将放射性废物安置在某个设施或场所中并无意回取¹。处置方案旨在通过非能动的工程设施和自然地貌对废物进行包容，并在相关危害所必需的范围之内使之与可接近的生物圈隔离。术语“处置”意味着不打算回取，但并不意味着不可能进行回取。

1.9. 相反，“贮存”一词系指将放射性废物存留在某个设施或场所中并有意回取。处置和贮存这两种方案都旨在对废物进行包容，并在必要范围内使之与可接近的生物圈隔离。重要的区别在于贮存是一种临时措施，在这种措施之后，对未来的某种行动已经作了规划。这可能包括对废物进行进

¹ 本出版物中使用的术语在《国际原子能机构安全术语》[10]中已有定义和解释（见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）。

一步整备或包装，乃至最终对其进行处置。参考文献[11]提供了有关放射性废物安全贮存的导则。

1.10. 已经制订了一些处置设施设计方案，各种处置设施已在许多国家建造并投入运行。这些设计方案具有与它们将接收的放射性废物相适应的不同程度的包容和隔离能力。处置的具体目标是：

- (a) 包容废物；
- (b) 将废物与可接近的生物圈隔离，并极大地降低非故意人为侵入²废物的可能性和一切可能的后果；
- (c) 抑制、减少和延缓废物中的放射性核素在任何时候迁移至可接近的生物圈；
- (d) 确保由于从处置设施开始的任何迁移而引起的抵达可接近的生物圈的放射性核素数量达到这种可能的放射后果始终处于可接受的低水平的程度。

1.11. 视废物特性和处置设施类型而定，上述每个目标的重要性与这些目标实现的程度和方式之间的平衡会有所不同。

1.12. 预计处置设施不会始终提供完全的废物包容和隔离。这既不切实际，也就与废物有关的危害而言，没有必要，因为这种危害会随着时间的推移而下降。

放射性废物处置设施的类型

1.13. 如第 1.10 段所示，已经制订了一些处置设施设计方案，各种处置设施已在世界各地建造并投入运行。

1.14. 在任何国家或地区范围内，可能需要有各种具有不同设计的处置设施才能适应各类放射性废物的需要。放射性废物分类在原子能机构的一份

² “人为侵入”系指影响处置设施完整性并可能引起放射后果的人的行为。仅考虑了导致对处置设施（即废物本身、受污染的近场或专设屏障材料）造成直接干扰的人的行为。

“安全导则”[12]中作了阐述，不同类别的放射性废物在“附件”中作了介绍。与得到认可的各类放射性废物相应的以下处置方案已在一个或多个国家得到采用：

- (a) 特殊填埋处置：在与传统的工业垃圾填埋设施类似的设施中处置，但可以采取覆盖措施覆盖废物。这种设施可以被指定作为放射性内容物的浓度或数量均较低的极低放废物处置设施[12]。在这种类型的设施中处置的典型废物可以包括退役活动产生的土壤和碎石。
- (b) 近地表处置：在由地表上或地平面下数十米处建造的工程加固管沟或拱顶组成的设施上进行处置。这种设施可以被指定作为低放废物处置设施[12]。
- (c) 中放废物处置：视其特性而定，中放废物可以在不同类型的设施中进行处置[12]。可以在地平面下至少数十米到数百米的洞窟、拱顶或竖井中建造的设施中通过放置方式进行处置。这可以包括专门建造的设施和现有矿山开发的设施。这还可以包括通过对山腰或山坡的平硐采矿所开发的设施，在这种情况下，其上覆盖层的厚度可以超过 100 米。
- (d) 地质处置：在地平面下至少数百米具有特殊地质构成（如就其长期稳定性及其水文地质性质而言）的隧道、拱顶或竖井中建造的设施中进行处置。可以将这种设施设计成能接纳高放废物[12]，包括拟作为废物处理的乏燃料。但地质处置设施经过适当设计后可以接纳所有类型的放射性废物。
- (e) 钻孔处置：在由深达几十米至几百米的一系列钻孔或单一钻孔组成的设施中进行处置。这种钻孔处置设施仅旨在处置体积相对较小的废物，特别是废密封放射源。已经为处置固体高放废物和乏燃料的目的审查了很深（有几个深达数公里）钻孔的设计方案，但该方案尚未被任何国家的处置设施所采用。
- (f) 采矿废物和矿物加工废物的处置：处置通常在地表上或近地表进行，但废物产生的方式和巨大体积、其物理化学形态及其天然来源长寿命放射性核素含量将其与其他放射性废物区别开来。这种废物一般就地进行固定，并用多层岩石和土壤加以覆盖。

1.15. 本安全要求出版物适用于上述所有类型的处置和处置设施。原子能机构“安全导则”提供了关于如何满足本安全要求出版物规定要求的全面指导，各导则分别对上述特定类型的处置作了阐述。

1.16. 根据“辐防基本安全标准”和其他标准[3、13、14]规定的分级方案，选定处置系统对废物进行包容并将其与人类和环境隔离的能力必须与该废物的潜在危害相称。本安全要求出版物规定的要求适用于所有类型的处置设施。但根据分级方案，满足这些要求所需条款的范围不尽相同。第 1.14 段所述针对不同类型设施的“安全导则”对此作了阐述。

处置设施的寿期

1.17. 大多数类型的处置设施的建设（即选址和评价，以及设施的设计和建造）可能历时很长的时间。处置设施关闭前的运行时间在大多数情况下也将延续数十年。在上述建设期间将开展不同的活动，如场址的选择和评价以及设施的设计和建造，同时还要就进行接下来的一系列设施建造活动或步骤做出决定。

1.18. 这种循序渐进的方案使得能够：有序地积累并评定必要的科学技术数据；评价可能的场址；发展处置概念；利用逐渐改进的数据对设计的发展和评价进行反复研究；进行技术和监管审查；与公众磋商；以及做出政治决策。但研究水平和过程将取决于具体设施情况以及国家的实践。

1.19. 这种循序渐进的方案加之对处置设施的设计和运行管理的一系列选择方案的考虑，可望为响应新技术信息以及推动废物管理和材料技术发展提供灵活性。该方案还能使处置设施的社会、经济和政治问题得到处理，从而确保采取了一切合理的措施来进一步预防、抑制或延缓向环境的释放。

1.20. 该方案可包括选择改变某一特定步骤，或者对大多数类型的设施而言，甚至可选择在废物放置之后回取废物，如果这样做被认为适当的话。

1.21. 处置设施的建设者可以确定与自己的计划需要有关的若干步骤。但在本安全要求出版物中，这种循序渐进的方案系指由监管机构并按政治决策程序所规定的步骤。

1.22. 可以方便地将与处置设施的建设、运行和关闭相关的三个阶段确定为：(1) 运行前阶段；(2) 运行阶段；(3) 关闭后阶段。在这些阶段将进行各种活动，一些活动可能会不同程度地贯穿于处置设施寿期的一部分或全寿期：

- (1) 运行前阶段包括概念定义、场址评价（选择、核实和确认）、安全评定和设计研究。它还包括编写安全论证文件中有关运行期间和关闭后安全的那些方面的内容，这些内容都是设定批准条件、取得批准和进行处置设施的建造和初始运行活动所必需的。通报运行管理决定所需的监测和试验计划应落实到位。
- (2) 运行阶段始于处置设施首次接收废物。从这时起，由于废物管理活动可能产生辐射照射，因此，必须按照防护和安全的要求对这种辐射照射进行控制。监测、监视和试验计划继续通报运行管理决定，并提供关于关闭设施或部分设施的决策依据。对运行阶段和关闭后阶段的安全评定和安全论证文件作必要的更新，以反映实际的经验教训和不断增多的知识。在运行阶段，建造活动可能与废物放入设施和关闭设施其他部分同时进行。这一阶段可能包括设施关闭之前的废物回取活动（如果认为必要）、废物放置完成之后的活动以及设施的最终关闭和密封。
- (3) 关闭后阶段在下列时刻开始：所有工程包容和隔离设施均已准备就绪，运行建筑物和辅助服务已经退役，设施处于最终配置。关闭后，处置设施尤其是近地表设施的安全由场址、设施和废物包的特性中所固有的非能动方式以及某些制度性控制手段提供。加上这种制度性控制手段是为了防止侵入设施，并通过监测和监视确认处置系统正在如预期的那样运行。还可以开展监测，以便向公众提供保证。许可证有效期将在有效的制度性控制期后在所有必要的技术、法律和财务要求都得到满足时终止。

1.23. 本安全要求出版物涉及保护人类与环境免遭与废物处置有关的废物管理活动所涉及的危害，包括在运行阶段和关闭后可能产生的危害。将通过实施运行前阶段和运行阶段以及在某些情况下关闭后阶段的法律和监管要求提供对这种保护的保证。

1.24. 处置系统（即处置设施及其所处场址的环境）将按照一系列步骤建设，对处置系统和处置设施设计的科学认识在这些步骤中逐步提高。安全评定是指导进行场址选择和评价以及辅助进行设施设计的一个重要手段。安全评定还用于评价对处置系统的普遍认识水平以及评定贯穿于设施建设各步骤中的相关不确定因素。这种评定的范围和复杂性将随设施的类型而变化，而且将与废物的潜在危害有关联。

1.25. 此外，若干国家废物管理计划还考虑建设纳入了促进可逆性包括可回取性的设计或运行规定的处置设施。在一些国家，关闭后的可回取性是一项法律要求，而且是对必须始终满足有关处置安全要求的可用方案的一项限制条件。不能允许以某项特殊规定可使废物回取成为可能或可便于废物回取为由而对安全标准或要求有任何放松。必须确保任何此类规定都不会对处置系统的安全或性能造成不可接受的不利影响。这一问题在本安全要求出版物中不作广泛论述。

1.26. 将在建设处置设施的同时编写设施安全论证文件（即收集能证明设施安全性的论点和论据）。该方案为有关设施建设、运行和关闭的决策提供依据。该方案还允许确定一些需要重点关注并存在不确定性的领域，以进一步增进对影响处置系统安全问题的认识。

目的

1.27. 本安全要求出版物的目的是规定处置所有类型放射性废物的安全目标和标准，并根据参考文献[1]中规定的有关原则，确定在放射性废物处置方面必须满足的要求。

1.28. 本安全要求出版物的预期使用人员是所有负责和参与放射性废物管理以及有关处置设施的建设、运行和关闭的决策人员，尤其是参与相关监管活动的人员。“安全导则”提供关于如何满足对不同类型处置设施要求的全面指导和国际最佳实践。

范围

1.29. 在对废物的处置以及设施的建设、运行和关闭实施必要的限制和控制的条件下，本安全要求出版物适用于通过将所有类型的放射性废物放置于已设计的处置设施中对其进行的处置。参考文献[12]论述了放射性废物的分类。

1.30. 本安全要求出版物确定了关于在处置设施运行过程中特别是在其关闭后提供放射性废物处置辐射安全保证的各项要求。基本安全目标是保护人类与环境免受电离辐射的有害影响。这一目标通过确定有关处置设施的场址选择和评价及设计及其建造、运行和关闭的要求包括组织和监管要求来实现。

1.31. 满足这些要求构成了选择和评价场址以及建设处置设施所涉及的广泛过程的一部分。在这一广泛的过程中还要考虑到广泛的规划、财政、经济和社会问题以及一般安全和环境影响问题。本安全要求出版物不涉及上述广泛的问题，也不论述废物向场址的运输问题或放射后果以外的环境影响问题。

1.32. 迄今在处置设施选址方面的经验表明，范围广泛的有关各方对处置设施的接受取决于若干因素。促使有关各方参与处置设施决策过程的极端重要性正在日益为人们所认识。但对这类过程的详尽考虑超出了本安全要求出版物的范围。

结构

1.33. 第 1 部分和第 2 部分论述了处置的背景、概念和安全目标。第 3 部分至第 6 部分提出了处置设施的安全要求。这些要求由以黑体字标出的 26 项带编号的“必须”表述组成。

2. 保护人类与环境

基本安全原则的适用

2.1. 原子能机构“安全基本法则”出版物《基本安全原则》[1]规定了适用于放射性废物管理中所有设施和活动包括放射性废物处置的基本安全目标和安全原则。如参考文献[1]所述，基本安全目标是保护人类与环境免受电离辐射的有害影响。

2.2. 目前为了在放射性废物处置方面实现这一基本安全目标所采取的战略是将废物进行包容，并在必要的范围内使之与可接近的生物圈隔离。生物圈是指有生命的生物体通常生长栖息的那部分环境，在本安全要求出版物中，一般认为“可接近的生物圈”包含人类所使用的或可接近的那些环境要素，包括地下水、地表水和海洋资源。因此，可接近的生物圈是本安全要求出版物中所述目标、标准和要求确定要保护的那部分环境。

2.3. 通过对废物采取包容和隔离的战略，不言而喻，如果废物经过在设施进行处置后受到干扰，就有可能产生辐射剂量。

2.4. 根据参考文献[1]，处置设施的建设必须促使人类和环境无论现在还是将来均能受到保护（参考文献[1]中的**原则 7**）。在此方面，主要的考虑是放射性废物所带来的放射性危害。国际放射防护委员会已制定了适用于所有设施和活动的放射防护体系，并且这一体系在“辐防基本安全标准”[3]中已被采纳。

2.5. 国际放射防护委员会在其第 77 号和第 81 号出版物[5、6]中对该体系适用于固体放射性废物处置作了详细阐述，并在第 103 号出版物[7]中再次作了确认。这为在此考虑有关处置设施的安全问题提供了一个出发点。在第 2 部分结尾讨论了环境关切和其他非放射性关切问题。

2.6. 本部分所确定的安全目标和标准的适用不考虑国界因素。跨境问题在现有公约、条约和双边协定的框架内处理。一些特别具体的义务适用于《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》[2]缔约方。

运行期间的辐射防护

2.7. 处置设施运行期间的辐射安全要求以及相关安全标准与涉及放射性物质的任何核设施或活动的辐射安全要求以及相关安全标准一样，并在“辐射基本安全标准”[3]中作了规定。接收核燃料循环设施所产废物的处置设施一般都会成为有许可证的核设施，而且必须按设施许可证的规定运行。少量废物处置设施如钻孔设施在一些国家不能被视为核设施，但必须受适当的监管程序的约束，而且必须取得相应的许可证。

2.8. 就辐射安全而言，处置设施被视为在计划照射情况下接受监管控制的辐射源。在运行期间可对任何放射性释放进行核实，对照射进行控制，并在必要时采取行动。实现安全的工程手段和实践手段是众所周知的，但在处置设施中使用这些手段需要考虑特定因素。主要目标是确保辐射剂量保持在可合理实现的尽量低的水平，并处在适用的剂量限制系统范围内。

2.9. 应在处置设施的设计和所有运行的规划中考虑防护优化问题（即确定防护和安全措施以使照射以及潜在照射的概率和量值“在考虑经济和社会因素的基础上保持可合理实现的尽量低”的过程）[3]。

2.10. 防护和安全措施优化方面的相关考虑因素包括：将挖掘和建造活动与废物放置活动分离；必要时使用遥控操作设备和屏蔽设备进行废物放置；控制工作环境以减少事故发生的可能性及其潜在后果；以及将监视区和控制区的维护需要降至最低水平。必须尽可能控制和防止污染[3]。

2.11. 在放射性废物处置设施正常运行期间，预计可能没有或仅有非常少量的放射性核素（如少量气态放射性核素）释放，因而不会对公众产生明显剂量。即使是在处置设施现场发生涉及废物包破裂的事故情况下，释放也不大可能对设施范围以外产生任何放射后果。

2.12. 将通过安全评定对设施外不存在任何重要放射后果加以证实（见有关安全论证文件和安全评定的要求；**要求 12 至要求 14**）。相关考虑因素包括废物形态（即废物的包装及放射性核素含量）、废物包及设备的污染控制以及在适用的情况下对处置设施的排水和地下处置设施排气的监测和控制。

2.13. 就处置设施而言，同任何其他在运核设施或装卸、使用、贮存或处理放射性物质的设施一样，必须制订与放射危害相称的运行辐射防护计划，以确保控制正常运行期间的工作人员剂量，并满足辐射剂量限值要求（见参考文献[3]第 2.24 段至第 2.26 段和参考文献[15]）。此外，还必须制订应急计划以处理事故和其他事件，并确保在适当考虑相关应急行动水平的情况下尽可能控制由此产生的任何辐射剂量[16]。

2.14. 必须按照管理与其他放射性物质运输有关的剂量和风险同样的方式管理与放射性废物通过公共区向处置设施运输有关的剂量和风险。放射性废物运输应遵守原子能机构《放射性物质安全运输条例》[17]的要求。

关闭后期间的辐射防护

2.15. 处置设施关闭后保护人类与环境的目标和标准如下：

安全目标

安全目标是对处置设施的选址、设计、建造、运行和关闭应做到在考虑社会和经济因素的情况下使关闭后阶段的防护达到最优化。还必须提供一项合理的保证，即对公众产生的剂量和风险从长远看将不会超过作为设计标准采用的剂量约束或风险约束水平。

标准

- (a) 公众接受所有计划照射的剂量限值为年有效剂量 1 毫希沃特[3]。这一限值及其风险当量被认为是今后不应超过的标准。

- (b) 为了满足这一剂量限值，处置设施（被视为单个源）应设计成使将来因涉及处置设施的自然过程³而可能受到照射的有代表性的个人所承受的估计剂量或风险不超过每年0.3毫希沃特的剂量约束，或每年 10^{-5} 量级的风险约束⁴。
- (c) 就关闭后出现的非故意人为侵入的影响而言，如果这种侵入预计会导致对生活在场址周围的人造成不足1毫希沃特的年剂量，就不必为减少侵入的可能性或限制其后果而做出努力。
- (d) 如果人为侵入预计可能导致对生活在场址周围的人造成20毫希沃特的年剂量（见参考文献[7]表8），则应当考虑替代废物处置方案，例如在地表下处置废物或对引起较高剂量的放射性核素含量进行分离。
- (e) 如果显示的年剂量在1—20毫希沃特之间（见参考文献[7]表8），则必须在设施建设阶段做出合理的努力，以便通过对设施的设计进行优化来减少侵入的可能性或限制其后果。
- (f) 在可能超出器官所承受的相关确定效应阈值的情况下也应做类似的考虑。

2.16. 一般认为，对未来的人员辐射剂量只能进行估计，并且对于越遥远的将来，与这些估计有关的不确定性就越大。在将标准适用于遥远的未来时需要谨慎从事。超出这种时限之后，与估计剂量有关的不确定性将会变得很大，以致于这些标准不可能再被用作决策的合理依据。

2.17. 放射性废物处置的主要目标是在处置设施关闭之后长期保护人类与环境。在这一期间，可能出现放射性核素向可接近的生物圈迁移、放射性核素散布到可接近的生物圈和人类随之受到照射的现象。这是自然过程导致专用部件缓慢降质和设施中的放射性核素缓慢迁移的结果。离散事件可能导致提前或大量释放。这种事件可能是自然出现的，也可能是人为的。

³ “自然过程”包括在设施寿期预期出现的各种工况和发生可能性较小的事件。但发生概率极低的事件将不在考虑范围之内。

⁴ 在此范围内由于处置设施引起的风险应被认为很可能导致致命癌症或严重遗传效应。

2.18. 约束下的最优化是为确保废物处置设施的安全而采用的主要方法[6]。在这方面，防护最优化是在考虑社会和经济因素基础上的一种判断过程。这种最优化以一种结构化但实际上是定性的方式进行，并辅之以定量分析。

2.19. 可以采用不同的方法对处置设施关闭后放射性废物处置的影响作出评定，并证明符合以剂量和（或）风险水平约束值表示的国家规章。有关处置问题安全论证文件和安全评定的“安全导则”⁵对此作了阐述。

环境关切和非放射性关切

2.20. 对处置设施建造和运行期间可能出现的常规环境影响如交通、噪声、视觉舒适性、对自然生活环境的干扰、对土地使用的限制以及各种社会和经济因素做出评定不属于本安全要求出版物的范围。本安全要求出版物涉及的是保护环境免受与处置设施中放射性物质有关的放射危害。如下文段落所述，在出现显著的非放射性毒性危害的情况下，对这种危害也必须做出评定。

2.21. 就国际放射防护委员会的当前建议[4]和“辐防基本安全标准”[3]的要求而言，可以设想在适当界定受照群体的情况下，保护人类免受与处置设施有关的放射性危害也将适用保护环境的原则[4 至 7]。国际上正在讨论保护环境免受电离辐射的有害影响并为此制订标准的问题[7]。

2.22. 对处置设施所产生的放射性核素的未来迁移所致可能的剂量和（或）风险的估计值是保护人类的指标。根据第 2.21 段提及的设想，已经可以考虑将顾及了一系列可能的环境迁移路径的剂量估计值视为环境保护的指标。

2.23. 其他指标和比较值，例如污染物浓度和流量的估计值及其与地圈或生物圈中天然来源放射性核素浓度和流量的比较，也可以证明在确定一种

⁵ “关于放射性废物处置问题安全论证文件和安全评定的安全导则”正在制订之中。

不依赖于对人类生活方式⁶之假定的全面环境保护水平方面具有重要意义。其他有待考虑的因素还可包括保护地下水资源的必要性和污染物可能释入其中环境的生态敏感性。

2.24. 处置设施中非放射性物质的影响必须根据国家规章或其他具体条例进行评定，这种影响在某些情况下可能十分显著，如就某些采矿废物以及放射性废物和毒性废物的混合物而言。如果非放射性物质可能对放射性废物所产生的放射性污染物的释放和迁移产生影响，那就必须在安全评定中考虑这种相互作用。

3. 对放射性废物处置规划的安全要求

3.1. 制订安全要求的目的是确保实现和满足第 2 部分所述处置设施的安全目标和标准。营运者承担对安全的主要责任[1]，因此，大多数安全要求对营运者都适用。但是，保证安全和建立更广泛的安全置信度还需要在规定的法律和监管框架内实施适用的监管过程以及对运行前活动进行责任分工。

3.2. 营运者⁷可能是单个组织，也可能是若干相关组织中的一个组织，这取决于国家所采取的方案。对处置设施规划的安全要求适用于在建设处置设施之前必须到位的那些要素，以确保运行期间和关闭后的安全。

3.3. 必须通过与装卸、使用、贮存或处理放射性物质的其他设施所采用的措施相似的各种工程控制和运行控制来实现放射性废物处置设施的运行

⁶ 国际原子能机构《放射性废物地下处置库安全评定在不同时间的安全指标》，国际原子能机构《技术文件》第 767 号，国际原子能机构，维也纳（1994 年）。

⁷ 在原子能机构安全标准中，“营运者”系指申请批准从事或授权从事活动或与任何核设施或电离辐射源有关的工作和（或）在其从事这些活动或与任何核设施或电离辐射源有关的工作时负责核安全、辐射安全、放射性废物安全或运输安全的任何组织或法人。这包括除其他外，特别是私营个体、政府部门、发货人或承运人、许可证持有者、医院和自营职业人员等。

安全。这包括包容和屏蔽放射性废物以及对受废物照射的时间和与废物的距离实行操作控制。应通过防止或控制设施的释放和通过控制对场址的接触对公众提供保护。运行监测计划提供关于此类各种控制的保证。

3.4. 关闭后的安全是通过建立一个各组成部分协同发挥作用以提供和确保达到所需安全水平的处置系统来实现的。这种方案为处置设施的设计单位提供了灵活性，使其能够修改设施布置和专设屏障，以在适用时利用场址的自然特征和主岩地质体潜在的屏障。安全置信度保证也颇为必要，这种保证可能要考虑一些复杂的问题，包括运行将对处置设施关闭后性能的潜在影响。

3.5. 关于放射性废物处置设施规划的要求将在政府、法律和监管框架以及安全方案和安全设计概念这三个标题下进行阐述。

政府、法律和监管框架

要求 1：政府的职责

政府需要制订和维持促进安全的适当政府、法律和监管框架，并须在此框架内就放射性废物处置设施的选址、设计、建造、运行和关闭进行明确的职责分工。这必须包括：在国家一级确认建造各种类型的处置设施的必要性；确定各种类型设施建造和许可证审批的步骤；以及进行明确的职责分工，确保财政和其他资源以及对计划建造的处置设施规定独立的监管职能。

3.6. 这一要求源于《基本安全原则》中规定的一项原则（参考文献[1]中的原则 2）。“联合公约”的有关条款也规定了这一要求[2]。参考文献[18]确定了关于建立国家放射性废物管理系统的要求。必须在这一基础结构的范围内对放射性废物处置项目特别是建设高放和长寿命放射性废物处置设施的项目给予专门考虑，因为建造这类设施所需的时间相对较长。

3.7. 必须考虑的事项包括：

- (a) 制定不同类型放射性废物长期管理的国家政策；
- (b) 确定参与建造放射性废物管理设施包括所有类型的处置设施的组织应承担的明确规定的法律、技术和财政责任；
- (c) 确保每个处置设施财政拨款的充足性和可靠性；
- (d) 确定处置设施建造、运行和关闭的整体过程，包括每一阶段的法律和监管要求（如许可证条件）以及决策过程和有关各方的参与过程；
- (e) 确保不断为营运者以及为支持独立监管审查和国家其他审查职能提供必要的科学技术专门知识；
- (f) 确定法律、技术和财政责任，如有必要，规定设想在关闭后实施的任何制度性安排，包括监测和确保不同类型的已处置废物的核安保。

要求 2：监管机构的职责

监管机构必须制定不同类型的放射性废物处置设施建设的监管要求，并须说明满足许可证审批过程各阶段要求的程序。监管机构还必须确定每个处置设施的建造、运行和关闭的条件，并须开展确保满足这些条件所需的活动。

3.8. 保护人类与环境的一般标准通常以国家政策或法律的形式颁布。监管机构必须根据国家政策并适当考虑第 2.15 段所述安全目标和标准制订针对每一类型包括所设想的每一类型放射性废物处置设施的监管要求。监管机构必须在必要时就国家法律和监管要求的解释提供指导，并就对每个处置设施的营运者的预期要求提供指导。

3.9. 监管机构必须与废物产生者、处置设施营运者和有关各方进行对话，以确保监管要求适当和切实可行。监管机构还必须拥有称职的工作人员、具备独立评定能力及开展必要的国际合作，以便履行其监管职能。

3.10. 监管机构必须以文件说明它用于评价每一类型处置设施安全的程序、要求营运者在许可证审批方面所应遵守的程序、许可证审批前的重要决定和许可证申请。监管机构还必须以文件说明它在审查营运者提交的报告以评定遵守监管要求情况时所遵守的程序。

3.11. 同样，对于每个处置设施，监管机构必须说明要求营运者在证明符合设施建造和运行的条件时所应遵守的程序。监管机构还必须说明它在设施建造、运行和关闭的所有阶段在评定是否符合条件时应遵守的程序。

要求 3：营运者的职责

放射性废物处置设施的营运者必须对设施安全负责。营运者必须开展安全评定并编写和保持安全论证文件，并须根据国家战略和遵照监管要求在法律和监管基础结构范围内开展有关场址选择和评价、设计、建造、运行、关闭及必要时进行关闭后监视的一切必要活动。

3.12. 营运者必须负责按照监管机构的要求建设实际和安全的处置设施，并负责证明其安全性。开展这项任务时须考虑待处置的放射性废物的特征和数量；可用场址；现有开采、挖掘、建造和工程技术；以及法律和监管基础结构和监管要求。营运者还须负责编写安全论证文件，并须在此基础上就处置设施的建造、运行和关闭作出决定（见**要求 17**至**要求 19**）。

3.13. 营运者必须开展或委托他人开展必要的研究与发展工作，以确保预定的技术作业能够切实和安全地完成，并必须提供这方面的证明。营运者同样必须开展或委托他人开展必要的研究工作，以调查、了解和支持对处置设施的安全性所依赖过程的了解。营运者还必须对场址和材料开展一切必要的调查，并须评定场址和材料的适宜性及获得开展安全评定所需的全部数据。

3.14. 营运者必须制定经安全评定证明合理的技术规范，以确保按照安全论证文件建造处置设施。这种技术规范必须包括在建造、运行和关闭阶段将适用的废物接收标准（见**要求 20**）以及其他控制和限制措施。

3.15. 营运者必须保存与处置设施安全论证文件和辅助安全评定有关的一切资料，并须保存证明遵守监管要求和营运者自身规范的视察记录。这类资料和记录须至少一直保存到表明这些资料将要被替代或对处置设施所负的责任被移交另一个组织时为止。例如，这种情况会发生在设施关闭时，因为在那时，所有相关资料和记录都须移交给对设施及其安全承担责任的组织。

3.16. 营运者必须与监管机构合作，并须提供监管机构可能需要的一切资料。在选择用于记录的格式和介质时，必须考虑长期保存记录的需要。

安全方案

要求 4：安全在处置设施建造和运行过程中的重要性

在放射性废物处置设施整个建造和运行过程中，营运者必须建立对现有设施方案的安全相关性和安全影响的了解。这是为了在运行阶段和关闭后提供最佳安全水平。

3.17. 放射性废物处置设施的建造和运行可能历时若干年或几十年。预期随着项目的进展将作出一些关键决定，如有关处置设施的场址选择和评价、设计、建造、运行和关闭的决定。在此过程中，作出决定的依据是届时可获得的可能是定量或定性的资料，以及能够对这些资料建立的置信度。

3.18. 有关设施建造、运行和关闭的决定受外部因素的限制。这些因素包括：国家政策和国家的优先选择；现有贮存和处置设施接收废物的容量和能力；以及是否具备容纳拟建新处置设施的适宜场址和地质建造。必须在作出决定前建立对每个处置设施安全的充分置信度。

3.19. 必须在每个重要的决策点上考虑和重视处置设施可用设计方案和运行方案的安全影响。确保运行阶段的安全和关闭后的安全是在每个决策点上均应考虑的最重要关切。如果能够提供所需安全水平的方案不止一个，则还须考虑其他因素。这些因素可包括公众接受度、成本、场址所有权以及现有基础设施和运输路线。

3.20. 必须考虑使设施所处位置远离已知重要的矿产资源、地热水和其他宝贵地下资源。这是为了减少有人侵入场址的风险和减少对周围地区的利用与设施发生冲突的可能性。在决策过程的每个阶段都必须考虑设施的安全性，以确保安全性在附录中所讨论的意义上达到最优化。

要求 5：处置设施的非能动安全手段

营运者必须对场址进行评价，对处置设施的设计、建造、运行和关闭应能够尽最大可能以非能动手段确保安全并将设施关闭后需采取的行动减至最少。

3.21. 在放射性废物处置设施的运行阶段，必须采取一些主动的控制措施。但是，如果非能动特性如包装材料提供的屏蔽和包容能够提供安全，则必须以这类非能动手段确保安全。

3.22. 处置设施的安全在某种程度上可依赖今后的一些行动，如维护工作或监视。但必须尽可能将这种依赖降至最低。这非常必要，因为依赖维护工作或监视等今后行动的那些安全措施存在着没有被采取或没有持续实施的可能性。这类安全措施未发挥作用的累积概率将逐渐增加。此外，根据《基本安全原则》[1]，放射性废物处置的目的是尽最大可能履行废物产生者和营运者对安全的责任，从而最大程度减少所保留的责任或转移给后继组织的责任。

3.23. 对于地质处置设施，可以通过非能动方式提供设施关闭后的安全。同样，由于主岩地质体的原因，也可以通过非能动方式提供钻孔处置设施在关闭后的安全。对于近地表处置设施，或许需要在设施关闭后的一定时期内采取维护、监测或监视等行动来确保安全。

3.24. 通过非能动方式提供处置设施关闭后的安全将需要妥善地关闭设施，并且不再需要对设施进行主动管理。停止管理意味着不再对具有相关放射危险的处置设施进行主动控制。提供关闭后安全的是自然屏障和专设屏障的性能，对于实行制度性控制的近地表处置设施，这两种屏障则能为此种设施共同发挥作用。

3.25. 在实践中，即使在以非能动方式作为提供合理安全保证的主要手段的情况下，在关闭后阶段可能也需要实行制度性控制，包括限制对土地の利用及实施监测计划。制度性控制和监测是要求 21 和要求 22 的主题。

要求 6：了解处置设施和安全置信度

处置设施的营运者必须建立对设施及其围岩环境特性以及在适当长时间内影响设施关闭后安全因素的充分了解，以便能够达到充分的安全置信水平。

3.26. 必须以处置设施的安全评定结果确保置信度。除了可能具有损害性的那些因素外，还必须确定可提供安全的设施特性及其围岩环境的特性。必须论证已对这些特性和因素进行了充分的表征和了解。在安全评定中必须考虑任何不确定因素。

3.27. 这种论证的目的是建立高水平的置信度，以便相信能够依靠处置设施及其围岩环境在所设想的时间跨度内提供所需的包容和隔离。处置设施及其环境的某些特性如场址位置偏远这一特性可能有助于安全，但可能不易量化。对这类因素的论证必须依据更多定性的论据，这类因素提供了安全裕度。

3.28. 需要了解处置设施的特性以及处置设施随着时间的推移将如何发挥功能，以便能够论证某些设计特性的可依赖度。如果这些设计特性非常可靠（即设计性能对可能的干扰性活动和过程具有低敏感性），则有利于进行这种论证。必须在建造活动开始之前获得有关这些特性的可行性和有效性的充分证据。

3.29. 就此而言，有关合理如此考虑可能的干扰性活动和过程的范围必须经监管机构同意并随后通过纳入安全论证文件加以核准。通过这些考虑因素，可对这类活动和过程是否会引起可能导致安全功能普遍丧失的干扰问题形成认识和理解。

3.30. 随着更多数据的积累和科学知识的发展，对处置系统的性能及其安全特性和过程的了解会不断深入。在建立有关概念之初，对获得的数据和认识水平必须确保充分的置信度，以便能够投入资源进行进一步调查。在开始建造之前、在废物放置期间和在设施关闭时，认识水平必须已足够为安全论证文件满足适用于项目特定阶段的监管要求提供支持。

3.31. 在制订这些监管要求时，必须认识到对复杂环境系统的模拟存在着各种类型和组成部分的固有不确定性。还必须认识到，随着时间的推移，对处置系统性能的预测不可避免地存在显著的不确定因素。

安全设计概念

3.32. 处置设施应设计得能够包容与放射性废物相关的放射性核素并使之与可接近的生物圈隔离。处置设施还应设计得能够阻滞放射性核素向地圈和生物圈的弥散，以及将废物与可能损害设施完整性的侵蚀现象隔离开来。处置系统的各个要素包括实体部件和控制程序都应在不同的时间以不同的方式促进实施安全功能。

3.33. 本部分确定了确保实施纵深防御所需的要求，以使安全不过度依赖处置设施的单个因素如废物包；也不过度依赖单项控制措施如废物包存量核实；也不过度依赖满足单个安全功能，如包容放射性核素或阻滞其迁移；也不过度依赖单个行政管理程序，如场址接触控制程序或设施维护程序。

3.34. 必须通过证明正如安全论证文件和辅助安全评定所设想的那样具备了多重安全功能、每个安全功能均得到了可靠落实并且处置系统各实体部分的性能及其所执行的安全功能可以依赖，以此来确保纵深防御。营运者的职责是通过证明满足了下述设计要求来使监管机构表示满意。

要求 7：多重安全功能

围岩环境的选择、处置设施专设屏障的设计以及设施的运行必须能够确保通过多重安全功能提供安全。必须通过处置系统的一些实体屏障对废物实施包容和隔离。这些实体屏障的性能必须通过将多种物理和化学工艺与各种运行控制相结合来实现。必须对各个屏障和控制以及整个处置系统如安全论证文件中所设想的那样发挥作用的能力作出证明。处置系统的总体性能不得过分依赖某个单一安全功能。

3.35. 构成处置系统的专设和实体屏障应为物质实体，如废物体、包装、回填材料及围岩环境和主岩地质建造。安全功能可通过某种有助于包容和

隔离的物理或化学性质或工艺提供，如防水渗透性；有限的腐蚀、分解、浸出率和溶解性；放射性核素滞留率；以及对放射性核素迁移的阻滞。

3.36. 主动控制也可履行安全功能或有助于提高自然屏障和专设屏障及安全功能的置信度。一些执行安全功能的实体要素和其他要素的存在提供了如下保证：即便例如由于某种意想不到的过程或不大可能的活动致使其中的任何要素不能按预期充分发挥功能，它们也将能够保持充分的安全裕度。

3.37. 实体要素及其安全功能可互为补充，并可结合发挥作用。因此，处置系统的性能取决于在不同时期内发挥作用的的不同实体要素和执行安全功能的其他要素。例如，废物包和地质处置设施的主岩地质建造的作用在不同时期可能有所不同。

3.38. 安全论证文件必须说明每个实体要素和其他特性所执行的功能并证明那些功能的合理性。它还必须确定实体部件和其他特性预期执行各种安全功能的时间段，以及在某个实体要素不能充分发挥作用或另一安全功能没有得到实现的情况下的替代或补充安全功能。

要求 8：放射性废物的包容

专设屏障包括废物体和包装的设计以及围岩环境的选择必须提供对与废物相关的放射性核素的包容。包容应提供至放射性衰变显著减少了废物造成的危险时为止。此外，对于产热废物，必须在废物仍产生其数量可能对处置系统的性能造成不利影响的热能期间一直提供包容。

3.39. 放射性废物包容意味着处置设施的设计目的是避免或最大程度减少放射性核素的释放。从一些类型的放射性废物中释放出少量气态放射性核素和少量其他移动性较强的核素可能是不可避免的。但是，必须通过安全评定来证明这些释放是可以接受的。废物体和包装的特征以及处置系统其他专设部件及围岩环境和主岩地质建造的特征均可提供包容。

3.40. 以废物体和包装对放射性核素进行规定时间的包容必须确保大多数短寿命放射性核素原地衰变。低放废物的这种规定时间约为数百年，高放废物的规定时间则为数千年。对于高放废物，还必须确保放射性核素向处

置系统以外的任何迁移将只发生在放射性衰变产生的热量已显著减少之后。

3.41. 采矿和矿物加工中产生的放射性废物中可能含有其半衰期极长的放射性核素。需要特别重视确保处置设施对这类废物的包容特性在相应时间跨度内的完整性。如果废物的活度水平可能超出了关于人员侵入这类设施的剂量和（或）危险标准（见第 2.15 段），则必须考虑替代处置方案。可能的替代方案包括，例如，根据处置设施的安全论证文件所确定的那样，在地表下处置废物或对引起较高剂量的放射性核素含量进行分离。

3.42. 包容对浓度更高的放射性废物如中放废物和燃料后处理产生的玻璃固化废物以及对乏核燃料最为重要。还必须重视废物体的耐久性。必须将浓度最高的废物置入所设计的能够保持足够长时间完整性的包容结构中，以使大多数较短寿命放射性核素得以衰变并使伴生热量大幅减少。这种包容对于低放废物可能不实际或不必要。必须通过安全评定证明废物包的包容能力是否适合于有关废物类型和整个处置系统。

要求 9：放射性废物的隔离

处置设施的选址、设计和运行必须提供旨在将放射性废物与人类和可接近的生物圈相隔离的特性。这些特性的目的应是对短寿命废物提供数百年的隔离，对中高放废物提供至少数千年的隔离。为此，对处置设施的自然演变以及对设施具有干扰性的活动均须加以考虑。

3.43. 对于近地表设施，必须通过处置设施的选址和设计以及通过运行控制和制度性控制来提供隔离。对于放射性废物的地质处置，应主要通过源于处置深度的主岩地质建造提供隔离。

3.44. 隔离意味着通过设计使废物及其相关危险与可接近的生物圈保持分离，还意味着通过设计将可能损害处置设施完整性之因素的影响降至最低。必须避免水文传导性较高的场址和地点。对于近地表处置，必须使得在例如不违反制度性控制的情况下接触场址变得困难。隔离还意味着使放射性核素的移动非常缓慢，以阻止它们迁移出处置设施。

3.45. 将处置设施建在稳定的地质建造中可保护其免受侵蚀和冰川作用等地形学过程的影响。处置设施的位置必须远离已知拥有重要地下矿产资源或其他宝贵资源的地区。这将减少设施受到非故意干扰的可能性和避免使资源变得无法开采。

3.46. 在一些情况下，由于台升、侵蚀和冰川作用等现象，可能无法充分保证与可接近的生物圈的隔离。在这些情况下，并且如果在这类现象发生时废物的剩余活度仍很显著，就必须在确定所提供的隔离程度时对人员侵入的可能性作出评价。

3.47. 在数千年或更长的时间内，少量长寿命和移动性较强的放射性核素从地质处置设施（或可能含有长寿命放射性核素的其他设施，如钻孔设施）内的废物中迁移可能是无法避免的。第 2.15 段阐述了在评定这类可能的释放时应适用的安全标准。在将标准适用于遥远的未来时需要谨慎从事。超出这种时限之后，与估计剂量有关的不确定性将变得很大，这使得这些标准可能不再适合作为决策的合理依据。在关闭后如此之长的时间里，估计剂量或个人风险以外的安全指标可能是适当的，因此，必须考虑使用这些指标。

要求 10：非能动安全特性的监视和控制

必须在必要的情况下实施适当水平的监视和控制，以保护和保持非能动安全特性，使之能够执行安全论证文件对在关闭后的安全所赋予它们的功能。

3.48. 对于地质处置和中放废物的处置，非能动安全特性（屏障）必须足够可靠，不需要维修或升级。放射性废物处置设施的长期安全不应依赖主动的制度性控制（见**要求 22**）。对近地表处置设施包括采矿和矿物加工产生的放射性废物的处置设施，可采取措施对其进行监视和控制。这些措施可包括限制人员和动物的进入、检查实体状况、保留适当的维护能力以及将监视和监测作为检查有关性能是否符合规定（即检查降质情况）的一个办法。监视和监测的目的不是测量放射性参数，而是确保持续执行安全功能。

4. 对处置设施的建造、运行和关闭的要求

4.1. 第 4 部分制订与循序渐进地实施前文所提及的规划措施有关的安全要求，这些规划措施对于安全是必要的，并且有助于建立对处置设施安全的置信度。这些要求将在以下三个标题下予以阐述：(1) 放射性废物处置的框架；(2) 安全论证文件和安全评定；(3) 处置设施建造、运行和关闭的步骤。

放射性废物处置的框架

要求 11：循序渐进地建造和评价处置设施

放射性废物处置设施必须按一系列步骤进行建造、运行和关闭。必要时，必须通过对场址；设计、建造、运行和管理选案；以及处置系统性能和安全进行反复评价来为建造、运行和关闭的每一步骤提供支持。

4.2. 放射性废物处置设施建造的循序渐进方案系指监管机构和政治决策过程所规定的步骤（见第 1.18 段）。采取这种方案是为了提供一个确保技术计划和相关决策质量的机会。对营运者而言，这种方案提供了一个框架，在此框架内能够在处置设施建造的每一步骤建立对设施的技术可行性和安全的充分置信度。

4.3. 必须通过随项目进展反复进行设计和安全研究来建立和完善置信度[19]。这一过程必须规定：收集、分析和解释相关的科学技术数据；制订设计和运行计划；以及提出有关运行阶段安全和关闭后安全的安全论证文件。这种循序渐进的方案为所有有关各方提供对处置设施安全依据的了解。这将促进相关决策过程，从而使营运者能够继续进行设施建设的下一个重要步骤，并直至设施运行和设施最终关闭。

4.4. 处置设施建设的这种循序渐进的方案还为进行独立技术审查、监管审查以及政治和公众参与该过程提供了机会。这些审查和参与的性质将取决于国家实践和所述设施。由营运者或代表营运者以及由监管机构进行的

技术审查可侧重于场址选择和评价及设计方案、科学依据和分析的充分性以及是否已满足安全标准和安全要求。

4.5. 例如，废物管理替代方案、场址选择和评价过程以及公众接受问题可在进一步开展的审查中考虑。技术审查必须在选择处置方案、选址、建造和运行之前进行。在设施运行期间和关闭之后还必须进行定期审查，直至设施许可证终止。

安全论证文件和安全评定

4.6. 编写安全论证文件和开展辅助安全评定以供监管机构和有关各方审查是放射性废物处置设施建造、运行和关闭的核心工作。安全论证文件使处置设施的安全具体化，并有助于建立对处置设施安全的置信度。安全论证文件是对处置设施相关所有重要决策的一项基本输入。安全论证文件必须为了解处置系统和处置系统随时间而表现的行为提供依据。安全论证文件必须涉及场址问题和工程问题，并为设计提供逻辑性和合理性依据，而且必须辅助以安全评定。安全论证文件还必须涉及已实施的管理系统，以确保所有安全重要问题的质量。

4.7. 在建造处置设施的任何步骤中，安全论证文件还必须确定和确认在该阶段存在的未决不定因素及其安全方面的意义和对其进行管理的方案。

4.8. 安全论证文件必须包括安全评定结果（见第 4.9 段至第 4.11 段）以及补充资料，其中包括关于设施坚固性和可靠性的辅助证据和论据、设施设计、设计逻辑以及安全评定的质量和基本假设。

4.9. 安全论证文件还可包括有关放射性废物处置的更一般性论据以及对安全评定结果进行剖析的资料。安全论证文件中必须确认设施建造或运行或关闭过程的任何步骤中存在的未决问题，并须就致力于解决这些问题提供指导。

4.10. 安全评定是系统分析与处置设施有关的危害以及评定场址能力和设施设计的过程，目的是执行安全功能和满足技术要求。安全评定必须包括

量化总体性能水平，分析有关的不确定因素以及与相关设计要求和安全标准进行比较。评定工作必须因场址而异，鉴于处置系统的围岩环境与专设系统不同，因此，不能使其标准化。

4.11. 随着场址调查和设计研究的进展，安全评定将越来越完善和对场址更有针对性。在场址调查结束时，必须获得可供进行全面评定的充分数据。安全评定中还必须确定在科学认识、数据或分析方面可能影响所得结果的任何重要缺陷。依设施建设的阶段而定，安全评定可用于重点开展的研究，且其结果可用于评定遵守有关安全目标和安全标准的情况。

要求 12：处置设施安全论证文件和安全评定文件的编写、批准和使用

营运者必须在必要时在处置设施建造、运行和关闭后的每一步骤编写和更新安全论证文件和辅助安全评定文件。安全论证文件和辅助安全评定文件必须提交监管机构批准。安全论证文件和辅助安全评定文件必须充分详细和全面，以便为在每一步骤通报监管机构和形成必要的决定提供所需的技术输入。

4.12. 在处置设施建设之初就必须编写设施的特定安全论证文件，以便为许可证审批决策提供依据，并指导研究与发展、场址选择和评价及设计方面的活动。安全论证文件必须随项目的进展逐步编写和完善。必须在建造处置设施的每一步骤向监管机构提交安全论证文件。监管机构可要求在能够采取确定的步骤之前对安全论证文件进行更新或修订，或这类更新或修订可能是获得对在处置设施建造中采取下一步骤或取得对其运行或关闭的政治支持或公众支持所必需的。安全论证文件的形式和技术详细程度将取决于项目的发展阶段、当时的决定、目标读者以及国家的具体要求。

4.13. 在处置设施整个建造和运行期间都必须开展安全评定以支持安全论证文件，并随着获得更完善的场址数据不断对其进行更新。安全评定必须为营运者进行中的决策提供输入。这类决策可能与研究主题、评定能力发展、资源分配和废物接收标准制订相关联。

4.14. 安全评定还必须确定与安全有关的关键过程，并促进建立对处置设施性能的理解和认识。安全评定必须支持对作为防护和安全最优化中的一个

要素的替代管理方案做出判断。这种认识必须为安全论证文件中提出的安全论据提供依据。营运者必须与监管机构磋商并经其批准后决定安全评定的时间安排和详细程度。

要求 13：安全论证文件和安全评定的范围

处置设施的安全论证文件必须描述场址、设施设计以及管理控制措施和监管控制的所有安全相关问题。安全论证文件和辅助安全评定必须证明所提供的对人员和环境的防护水平，并须向监管机构和其他有关各方提供将满足安全要求的保证。

4.15. 处置设施的安全论证文件必须涉及运行安全和关闭后安全。安全论证文件可能还要涉及运输安全，参考文献[17]确定了有关运输安全的要求。应考虑有关安全作业的各个方面，包括地表和地下土方工程、建造和挖掘作业、废物放置以及回填、封闭和关闭作业。必须对正常运行条件下所致职业照射和公众照射以及预期在处置设施运行寿期内发生的运行事件给予考虑。

4.16. 必须对发生频度较低但有显著放射后果的事故（即在短期内能够产生超出年剂量限值（见第 2 部分）的事故的可能性和辐射剂量的可能规模）予以考虑。还必须对设计和运行特性的充分性进行评价。

4.17. 关于关闭后的安全，在安全论证文件和辅助评定中必须通过以下措施考虑影响处置系统可能发展的预期范围，以及可能影响其性能的事件，包括那些低概率事件：

- (a) 提供能够说明已完全充分了解处置系统、其可能的演变和可能影响该系统的相关事件的证据；
- (b) 证明执行有关设计的可行性；
- (c) 对处置系统的性能提供令人信服的评价，并提供将遵守所有相关安全要求和辐射防护已达最优化的合理保证；
- (d) 确定相关的不确定因素并做出分析。

4.18. 安全论证文件可包括介绍例如基于类似天然物质研究和古水文地质学研究的多种论证路线、场址的适当特征、主岩地质建造的性质、工程考虑因素、运行程序和制度性保证。

4.19. 在安全评定中必须分析处置系统在预期演变以及可能性较小的演变和事件下的性能，这项工作可能超出处置设施的设计性能范围。对哪些情况可被认为是预期演变和可能性较小的演变的判断必须在监管机构和营运者之间进行讨论。必要时，应进行敏感性分析和不确定性分析，以便了解处置系统及其组成部分在各种演变和事件下的性能。

4.20. 可以探讨意外活动和过程的后果，以检验处置系统的可靠性。特别是，必须评定处置系统的恢复能力。至少在适用监管要求的时期内必须进行定量分析。但是，从用于安全评定目的的精细模型得出的结果对于直至遥远未来的时间跨度可能有较大的不确定性。

4.21. 对于直至遥远未来的时间跨度，可能需要一些论据，以便根据例如岩石圈和生物圈中天然起源的放射性核素的浓度和流动以及极限分析等补充安全指标来说明安全性。虽然这类评定不能产生精确的可能剂量或危险的水平，但其结果可以为说明安全水平和核实没有任何替代设计具有明显优势提供一种手段。

4.22. 在安全论证文件中必须涉及为提供这些设计特性和运行特性的质量保证而建立的管理系统。

要求 14：安全论证文件和安全评定文件的编制

必须以文件形式编制处置设施的安全论证文件和辅助安全评定文件，其详细程度和质量必须足以形成和支持在每一步骤将做出的决定，并使得能够对安全论证文件和辅助安全评定文件进行独立审查。

4.23. 安全论证文件和辅助安全评定文件的必要编制范围和结构将取决于处置设施项目所达到的阶段和国家要求。这包括对有关不同各方的信息需求加以考虑。以文件形式编制安全论证文件和辅助安全评定文件的重要考虑因素是合理性、可追溯性和清晰性。

4.24. 合理性涉及解释已做出选择的依据，以及赞同和反对有关决定特别是那些涉及主要安全论据的决定的理由。可追溯性涉及独立的合格人员追溯已完成工作的能力。可追溯性必须有助于进行技术审查和监管审查。合理性和可追溯性均要求以文件形式全面记录在处置设施的建造和运行期间做出的决定和假设，并记录在得出一套用于安全评定目的的具体结果过程中所使用的模型和数据。

4.25. 清晰性涉及结构良好，并以适当的详细程度进行表述，以使得能够理解安全论据。这就要求在文件中以资料内容所涉及的有关各方能够很好地理解安全论据及其依据的方式对工作结果进行表述。为了提供对不同各方有用的资料，可能需要以不同种类和格式编写文件。

处置设施建造、运行和关闭的步骤

要求 15：处置设施的场址表征

必须对处置设施的场址进行表征，其详细程度须足以支持总体了解场址的特征和场址将如何随时间演变的情况。这必须包括场址的当前状况、可能的自然演变和可能的自然事件，还有在其附近进行的可能在一段特定时间内影响设施安全的人类计划和行动。这项工作还须包括具体了解与场址和设施有关的特性、事件和过程对安全的影响。

4.26. 必须获得对处置设施场址的总体了解，以便对处置系统做出有说服力的科学描述，并能够以此作为安全评定中使用的更具概念性描述的基础。重点必须放在与场址有关、对安全可能有影响并在安全论证文件和辅助安全评定中所涉及的特性、事件和过程。特别是，这方面工作必须证明具有（适合于设施类型的）适当地质学、地形学或地貌学稳定性以及有助于安全的特性和过程；此外，还必须证明其他特性、事件和过程不会造成对安全论证文件的损害。

4.27. 地质方面的表征必须包括开展以下调查之类的活动：长期稳定性、主岩地质建造中断层作用和破裂的程度、地震活动、火山作用、适合建造

处置区的岩体规模、与设计有关的土工技术参数、地下水流动模式、地球化学状况和矿物学。所需的表征范围将取决于所述处置设施的类型和场址。

4.28. 必须根据脚注 5 所援引的导则，并视废物的可能危害以及场址和处置设施设计的复杂性，采取分级方案。反复进行的场址表征必须为安全论证文件提供输入，并进而必须以安全论证文件为指导。此外，例如对土壤、地下水和其他介质中天然本底辐射和放射性核素含量的调查可促进更好地了解处置设施场址的特征。这种调查还可提供用于今后进行比较的基准，从而有助于评价对环境的放射影响。

4.29. 地表环境特性的表征必须包括水文学和气象学问题以及植物群和动物群等自然方面。这种表征还必须涵盖在场址附近与正常居住区模式以及工业和农业活动有关的人类活动。必须对场址可能的自然演变包括侵蚀和气候变化的影响给予适当的考虑。

要求 16：处置设施的设计

处置设施及其专设屏障的设计必须能够包容废物及其相关危害，在物理学和化学上能够与主岩地质建造和（或）地表环境兼容，并提供能够补充围岩环境所具有的那些特性的关闭后安全特性。设施及其专设屏障的设计必须能够提供运行期间的安全。

4.30. 放射性废物处置设施的设计因取决于将处置的废物类型以及主岩地质建造和（或）地表环境而可能大不相同。一般而言，必须最佳利用围岩环境提供的安全特性。必须通过设计一个不给场址造成不可接受的长期干扰、设施本身受到场址保护并履行补充天然屏障之安全功能的处置设施来做到这一点。

4.31. 必须对布局进行设计，以便将废物置入最适合的场所。在废物中存在易裂变材料的情况下，必须将保持次临界构型作为设计考虑的一部分。必须适当地定位地质处置设施中的竖井和封闭等关键特性。设施中使用的材料必须在设施中普遍存在的条件（如化学和温度条件）下能够抗降质，且所选择的材料还能够限制对处置系统任何组成部分的安全功能造成任何不利的影响。

4.32. 预期处置设施特别是高放和中放废物处置设施执行功能的时间跨度要比工程应用中通常考虑的时间长的多。对类似的天然物质在自然地质建造中的行为方式以及古代人工制品和人造建筑如何随时间变化的情况进行调查，可有助于建立对进行长期性能评定的置信度。例如在地下实验室中，验证废物容器制造的可行性以及具有必要特性的专设屏障的建造对于评定和促进建立对能够达到适当性能水平的置信度都具有重要意义。

要求 17：处置设施的建造

必须按照已批准的安全论证文件和辅助安全评定中所描述的设计建造处置设施。处置设施必须以保持围岩环境的安全功能的方式进行建造，这些安全功能已经安全论证文件表明对于关闭后的安全至关重要。建造活动必须以确保运行期间安全的方式进行。

4.33. 处置设施的建造肯定是一项可能受到限制的复杂技术活动，特别是在地下进行建造的情况下，处置设施将受到主岩地质建造的状况和性质以及可用于地下挖掘和建造的技术的限制。在开始建造之前，必须完成适当程度的表征。挖掘和建造活动必须以避免对围岩环境造成不必要扰动的方式进行。在工程技术方面必须采取充分的灵活性，以考虑地下设施中的岩石状况或地下水状况变化等将遇到的各种变化。

4.34. 在部分设施开始运行和废物包置入以后可继续处置设施的挖掘和建造工作。必须制订并执行这种交迭性建造和运行活动的计划，以确保运行安全和关闭后安全。

要求 18：处置设施的运行

处置设施必须按照许可证条件和相关监管要求运行以保持运行期间的安全，并须以保持安全论证文件中所设想的对关闭后安全具有重要性的安全功能的方式运行。

4.35. 所有对处置设施的安全具有重要性的作业和活动均必须遵守各种限制和控制，并且必须落实应急计划。各种程序和计划必须形成文件，而且形成这些文件必须经过适当的控制程序[13]。安全论证文件必须涉及设计和

运行管理安排并证明其合理性，这些设计和安排用于确保满足第 2 部分所述的安全目标和标准。此外，监管机构或营运者还可制订设施的具体补充标准。

4.36. 安全论证文件还必须证明在正常运行工况和预计运行事件下对工作人员和公众的危害和其他辐射危险已降低到可合理实现的尽量低的程度。只要处置设施仍未封闭，就必须保持主动的安全控制，这种控制可涵盖在废物置入之后和设施最终关闭之前的一段延长期。

4.37. 在有易裂变材料存在的情况下，必须对易裂变材料进行管理，并须以能够保持次临界的构型将其置于处置设施中。这一点可通过多种方法实现，包括在废物整备期间对易裂变材料进行适当分配和进行适当的废物包装设计。必须对废物置入后包括关闭后临界危害的可能演变进行评定。

要求 19：处置设施的关闭

处置设施的关闭必须以能够提供安全论证文件已表明的对关闭后具有重要性的那些安全功能的方式进行。关闭计划包括从主动的设施管理过渡的计划必须充分确定并切实可行，以便能够在适当时安全地进行关闭。

4.38. 处置设施关闭后的安全将取决于一些活动和设计特性，其中可包括处置设施的回填和封闭或封盖。在设施初始设计期间必须考虑关闭问题，并随着设施设计的进展必须更新关闭计划以及封闭或封盖设计。在建造活动开始之前，必须有充分的证据证明回填、封闭和封盖的性能将起到所预期的满足设计要求的作用。

4.39. 必须根据监管机构在设施批准书中确定的关闭条件关闭处置设施，并特别考虑在这一阶段可能发生的任何职责变更情况。据此，封闭设施的安装可与废物置入作业同步进行。

4.40. 例如，为了能够进行监测以评定与关闭后安全有关的问题或出于公众接受方面的原因，回填、封闭或封盖可在废物置入完成后延迟一段时间进行。如果在废物置入完成后一段时间仍不能安装这类设施，则在安全论证文件中必须考虑对运行期间安全和关闭后安全的影响。

4.41. 必须按**要求 1**至**要求 3** 确保获得实现关闭所需的技术和财政资源。

5. 安全保证

要求 20：在处置设施接收废物

已接收供在处置设施放置的废物货包和未包装废物必须符合与运行中和关闭后处置设施安全论证文件完全一致的并从该文件中得出的标准。

5.1. 特定处置设施的废物接收要求和标准必须确保在正常运行和预计运行事件条件下安全处理废物货包和未包装废物。这些要求和标准还必须确保实现废物体和废物包在长期安全方面的安全功能。废物接收标准中可能的参数例子包括对待处置废物货包和未包装废物特征和性能的要求，如放射性核素的含量或活度限值、热产出量以及废物体和包装的性质。

5.2. 必须对废物体的行为进行模拟和（或）试验，以确保不同废物货包和未包装废物在预计的处置设施条件下的物理和化学稳定性，并确保它们在预计运行事件或事故情况下保持适当的性能。

5.3. 必须对拟处置的废物进行表征，以便为确保遵守废物接收要求和标准提供充分的资料。必须做出安排以便对已接收进行处置的废物和废物货包是否符合这些要求和标准进行核实，若不符合，则必须确认废物产生者或处置设施的营运者采取了纠正措施。必须对废物货包进行质量控制，并主要基于记录、预整备试验（如容器的预处理试验）和整备过程控制实现这种质量控制。必须尽实际可能限制整备后试验和对纠正措施的需求。

要求 21：处置设施的监测计划

如果监测计划是安全论证文件的一部分，则必须在处置设施建造和运行之前和期间以及设施关闭后执行该监测计划。该计划必须旨在收集和更新用于防护和安全目的所需的资料。必须取得有关资料，以确认在设施运

行期间保护工作人员和公众的安全以及保护环境所必需的条件。还必须进行监测，以确认不存在可能影响设施关闭后安全的任何条件。

5.4. 在处置设施建设和运行的每一阶段都必须进行监测。监测计划的目的包括：

- (a) 取得后续评定所需的资料；
- (b) 保证运行安全；
- (c) 保证设施的运行条件与安全评定的一致性；
- (d) 确认各项条件与关闭后安全要求相符合。

导则载于参考文献[20]。监测计划的设计和執行不得降低设施关闭后的总体安全水平。

5.5. 原子能机构的一份《技术文件》⁸ 论述了与地质处置设施关闭后安全有关的监测问题。必须在地质处置设施建造之前制订旨在提供关闭后安全保证的监测计划，以说明可能实施的监测战略。但该计划必须保持灵活性，并在设施的建设和运行期间对其作出必要的修订和更新。

要求 22：关闭后阶段和制度性控制

必须制订关闭后阶段的计划，以解决制度性控制和维持获得处置设施信息的安排问题。这种计划必须与非能动安全特性相一致，并须构成有关授权关闭设施所依据的安全论证文件的一部分。

5.6. 放射性废物处置设施的长期安全不得依赖主动的制度性控制。即使非能动安全特性遭到破坏也不能引起超出干预标准的情况。此外，处置设施的安全还不得完全依赖制度性控制。制度性控制不能成为近地表处置设施安全的惟一或主要组成部分。制度性控制对安全做出安全论证文件中所设想的贡献力必须在安全论证文件中得到验证和证明。

⁸ 国际原子能机构《高放废物地质处置库的监测》，国际原子能机构《技术文件》第1208号，国际原子能机构，维也纳（2001年）。

5.7. 通过利用非能动控制手段，如使用标志物和档案文件包括国际档案文件来保存资料，可以在比对主动控制所预见的更长的时间内降低放射性废物处置设施受到侵入的风险。

5.8. 对放射性废物处置设施的制度性控制必须为设施的安全和核安保提供额外的保证。例子包括规定防止侵入者进入场址和开展能在处置设施的放射性核素迁移至场址边界前提供早期预警的运行后监测。

5.9. 近地表处置设施一般根据制度性控制必须在一段期间内始终有效的假定而设计。就短寿命废物而言，该期间必须是关闭后数十年至数百年。这种控制或将具有主动性，或将具有非能动性。就采矿和矿物加工所产生的包括极长寿命放射性核素且体积一般很大的废物的近地表处置而言，必须对其放射性浓度进行限制，以不必将正在实施的主动制度性控制作为安全措施加以依赖。放射性浓度超出限值的废物必须在地表以下进行处置。

5.10. 超出主动制度性控制期的处置设施的情形不同于对退役后的核装置场址解除监管控制，因为一般并未设想将处置设施场址解控后供非限制使用。场址的位置和设施的设计必须减少遭受侵入的可能性。

5.11. 就近地表处置设施而言，即使在场址失去控制的情况下，废物接收标准也必须将人为侵入的后果限制在规定标准范围（见第 2.15 段）内。对公众接受剂量所采纳的剂量约束（见第 2.15 段）适用于场址在制度性控制期后预期的正常演变。

5.12. 地质处置设施不得依赖于作为关闭后安全措施长期制度性控制（见**要求 5**）。但制度性控制可以通过防止或减少可能无意与废物相互影响或使地质处置系统安全特性降质的人类行为的可能性来促进安全。制度性控制也可有助于增加公众对地质处置的接受。

5.13. 处置设施不可能在运行开始后数十年或更长的时间内关闭。有关未来可能实行控制的计划和计划将执行的时间一开始就具有灵活性和概念性，但随着设施接近关闭，就必须制定并完善各项计划。必须考虑：当地土地利用控制；场址限制或监视和监测；当地、国家和国际记录；以及使用经久耐用的地面标志和（或）地下标志。必须做出安排，以便能够向后

代传承有关处置设施的资料及其内容，使其今后能够就处置设施及其安全性做出任何决定。

5.14. 在设施仍持有许可证的情况下，营运者必须提供制度性控制。在许可证期满后，无论需要采取何种非能动的制度性控制措施，其责任预计都将必须重归某一级政府承担。

要求 23：国家核材料衡算和控制系统⁹的考虑

在受核材料衡算和控制协定支配的处置设施的设计和运行过程中，必须考虑确保安全不会由于核材料衡算和控制系统所要求的措施而受到损害[21 至 23]。

5.15. 核材料衡算和控制系统所适用的材料包括呈潜在可萃取形态的重要量易裂变材料[21 至 23]。这种材料如被宣布为废物，则有可能由于长期安全的原因需要在地质处置设施中进行处置。对在地质处置设施中进行这种放置还将提供长期非能动核安保，而且将符合原子能机构核保障的目标。因此，**要求 23** 特别适用于地质处置设施¹⁰。

5.16. 建立国家核材料衡算和控制系统的目的主要是提供核材料衡算，以探知中短期内擅自或目的不明的核材料转用情况。正如目前所安排的那样，原子能机构的核保障活动依靠实施主动的监视和控制。

5.17. 在含易裂变材料的废物的处置设施运行期间，适合于原子能机构保障目的的监视旨在确保对易裂变材料的持续了解，并确保在与这类材料相关的场址不存在任何未申报的活动。就乏核燃料等一些放射性废物而言，即便在废物被密封在地质处置设施中之后，也必须继续执行某些保障要求¹¹。

⁹ 国家核材料衡算和控制系统是原子能机构核保障协定提出的要求。

¹⁰ 国际原子能机构《放射性废物处置问题：放射性废物处置原则和标准工作组第二份报告》，国际原子能机构《技术文件》第 909 号，维也纳（1996 年）。

¹¹ 国际原子能机构有关废物和乏燃料中核材料最终处置的保障咨询组会议（AGM-660），《保障技术报告》第 STR-243 号（修订本），国际原子能机构，维也纳（1988 年）。

5.18. 对于已关闭的地质处置设施，实际上可借助远程手段（如卫星监测、空中照像、微震监视和行政安排）来实现原子能机构核保障。必须避免可能危及关闭后安全的侵入性方法。

5.19. 由于原子能机构核保障实行的是国际监督，因此，核保障的连续性可增加对长期实施行政控制的信任，而这种控制也将有助于防止对地质处置设施的无意干扰。因此，在地质处置设施关闭后继续对其进行保障视察和监测可有益于提高对关闭后安全的信心。原子能机构第 909 号《技术文件》¹⁰对核材料衡算和控制系统（以及原子能机构核保障）与放射性废物管理之间的衔接问题作了论述。

要求 24：对核安保措施的要求

必须执行各种措施，以确保采取综合性方案落实放射性废物处置中的安全措施和核安保措施。

5.20. 在需要采取核安保措施防止有人擅自接触和擅自转移放射性物质的情况下，必须采取综合方案落实安全措施和核安保措施[1、13]。

5.21. 核安保水平必须与废物的放射危害水平和性质相称[1、13、24、25]。

要求 25：管理系统

必须对贯穿于处置设施建设和运行中所有阶段的一切安全相关活动、系统和部件适用旨在提供质量保证的管理系统¹²。每一方面的保证水平必须与其安全重要性相称。

5.22. 纳入质量管理计划的适当管理系统将有助于使人相信，有关场址选择和评价、设计、建造、运行、关闭和关闭后安全的要求和标准均已得到满足。相关活动、系统和部件必须根据系统安全评定结果加以确定。对每一方面所给予的关注程度必须与其安全重要性相称。管理系统必须符合原子能机构的相关管理系统安全标准[13、14]。

¹² 术语“管理系统”包含质量控制（控制产品的质量）的所有初始概念及其贯穿质量保证（确保产品质量的系统）和质量管理的系统（对质量进行管理的系统）的发展过程。

5.23. 管理系统具体规定管理部门的作用和所有安全相关活动执行过程拟采用的组织结构。管理系统还具体规定参与管理和执行上述过程和评定所有安全相关工作质量的各种人员和组织的职责和权力。

5.24. 尽管处置设施的围岩环境对安全颇为重要，但却无法进行设计或制造，只能进行表征，而且只能在有限程度上进行表征。管理系统中提供相关安全程序质量保证的要素设计必须考虑到围岩环境的性质。

5.25. 处置设施的设计、表征和评定必须包括详细程度和准确度逐步增加的若干连续的且有时重叠的步骤。但通过任何措施都无法消除的在一定程度上均不能减少的不确定性可能始终存在。应在评价安全论证文件及其辅助评定的过程中对这种不确定性的意义进行安全评定。

5.26. 处置设施管理系统必须规定编写和保存文件证据，以说明：已经取得了所需质量的数据；已根据相关技术规范供应和使用有关部件；废物货包和未包装废物符合既定的要求和标准；并已将它们妥善地放置在处置设施中。管理系统还必须确保对具有安全重要性并在设施建设和运行的所有阶段记录的一切资料进行核对，并确保保存这些资料。这种资料对今后的设施再评定具有重要意义。

6. 现有处置设施

6.1. 在制订这些要求前已经建设和建造及投入运行的一些处置设施可能不符合所有的要求。这些设施可能正在运行或没有运行。有些处置设施可能已经废弃。这些可被视为“现有状况”，对这些状况下的设施，政府必须承担责任。在这些情况下，如果需要，必须将本安全要求出版物中确定的要求视为制订干预目标和开展规划活动时的导则。

要求 26：现有处置设施

必须定期评定现有处置设施的安全，直至许可证终止。在此期间，如果计划进行具有重要安全意义的更改或批准书的内容发生了变更，也必须

进行安全评定。如果本安全要求出版物中所述任何要求未得到满足，则须采取措施改进设施的安全，同时考虑到经济和社会因素。

6.2. 处置设施的定期安全评定的目的必须是对设施中的防护和安全状况作出总体评定。这必须包括对所获得的运行经验和可以进行的可能改进进行分析，同时考虑到现有状况和可能已出现的任何新技术发展或监管控制变化。定期安全评定不能替代在处置设施持续开展的分析、控制和监视活动。

6.3. 不是按照当前安全标准建造的处置设施可能不符合本安全要求出版物中确定的所有安全要求。在评定这类设施的安全时，可能有迹象表明它们将不能满足安全标准。在这种情况下，必须采取实际合理的措施改进处置设施的安全。可能的方案包括将部分或全部废物从设施中移出、进行工程改进或实施或加强制度性控制。对这些方案的评价必须包括更广泛的技术、社会和政治问题。

附 录

确保遵守安全目标和标准

A.1. 设计精良、地点适宜和建设适当的放射性废物处置设施能够高水平地保证关闭后阶段的放射性影响不但有较低的绝对值，而且与现有任何其他放射性废物管理方案预计所产生的影响相比也处于低水平。

A.2. 所确定的主岩地质建造和（或）围岩环境及场址必须能够为废物与可接近的生物圈隔离以及保护专设屏障提供有利条件（例如在很长时期内地下水流量较低且地球化学环境有利）。处置设施的设计必须考虑主岩地质建造和（或）围岩环境及场所所提供的各种特性，以使防护和安全达到最优化并且不超过剂量约束和（或）风险约束。然后必须根据经评定的设计建设处置设施，以实现对专设屏障和天然屏障所设想的安全特征。

A.3. 放射性废物处置设施防护和安全最优化是对进行设施设计时所作决定适用的一个判断过程。至关重要，在处置设施整个建设、运行和关闭期间都应采用可靠的工程设计和特性，并实施合理的管理原则。基于这些考虑因素，如果满足以下条件，即可认为实现了防护和安全最优化：

- (a) 在处置设施建设和运行的每一阶段都对各种设计方案的长期安全影响给予了适当注意；
- (b) 能够合理地保证，根据处置系统自然演变的通常预期范围获得的估定剂量和（或）风险不超过相关的约束值，而且在这种自然演变的整个时间范围内，不确定性不至大得妨碍对估定结果进行有意义的解释；
- (c) 通过场址选择与评价和（或）设计，已尽可能合理地降低了可能影响处置设施性能并由此导致产生更高剂量或更大风险之事件的可能性。

A.4. 应当认识到，计算得出的处置设施所致未来个人辐射剂量仅为估计数，并且对于将来越遥远的时间跨度，与这些估计有关的不确定性就越大。尽管如此，还是可以对较长时期内的可能剂量和风险进行估计，并将其用作与安全标准进行比较的指标。

A.5. 在估计处置设施所致未来的个人剂量时，应假设人们将居住在局部地区，并将利用一些可能含有处置设施中废物所产生的放射性核素的当地资源。确定无疑地预测未来人类行为是不可能的，因此，在评定模式中，有必要对未来有代表性的人类行为进行程式化处理¹³。原子能机构国际生物圈模化与评估项目[26]已经考虑了生物圈模型设计的依据和可能方案以及对废物处置设施所产生剂量的估计。

A.6. 存在着人类在未来进行的某种或多种活动导致放射性废物处置设施受到某种类型的侵入的可能性。由于未来人类行为的不可预测性，无法确切说明这种侵入将为何种形式或发生侵入事件的可能性将有多大。尽管如此，还是可以将建造工作、采矿或钻探等一些一般性侵入事件的影响作为参考假想情况予以评价。

A.7. 建造工作、采矿或钻探等一般性侵入事件有可能发生，但未必发生。据此，国际放射防护委员会提出了一个评价这类事件的安全影响的方案，该方案利用了第 2.15 段所述的标准类型。必须就何时适宜于采用这种方案及究竟如何使用这些标准与监管机构达成一致。对于预计将发生的哪些活动将被视为正常活动和哪些活动将被视为侵入性活动，或许只能作出任意决定。

A.8. 万一人类无意侵入处置设施，参加对设施的钻探或挖掘等活动的少量人员就会接受高辐射剂量，而且这种侵入还可能导致其他人受到照射。就此而言，无需对受权参加有意干扰处置设施或其废物之活动的任何个人所受的相关剂量和风险作出考虑，因为这类活动构成了有计划的照射情况。

A.9. 一般而言，由于地质处置设施的选择深度，人类无意侵入废物区的可能性将较小。对于近地表处置设施，由于制度性控制，而且由于有关设施场址远离已知重要矿产资源或其他宝贵资源的决定，发生这种侵入的可能性也将较小。这种无意侵入所导致的可能剂量可能很高。但是，由于无意侵入的可能性很小，废物处置较之其他战略所提供的更高水平的防护和安全可能将超过相关风险。

A.10. 处置设施可能受一系列可能的演变和事件的影响。可以判断，在所评定的阶段，有些演变和事件发生的可能性相对较大，而有些则不大可能发生或非常不可能发生。为了使防护和安全最优化，设计过程将侧重于确保处置系统能

¹³ 往往基于现代人类的习惯，对有任何代表性的行为进行假设。

够提供安全（例如，符合剂量约束和（或）风险约束）。在提供这种安全时，将考虑处置系统预计将发生的演变。还将考虑与评定阶段可能发生的演变和自然事件有关的不确定因素。

A.11. 达到使计算剂量少于剂量约束的防护和安全水平其本身还不足以使处置设施的安全论证文件获得认可，因为对防护还需要进行最优化[3]。相反，在一些不太可能发生的情况下，出现计算剂量可能超过剂量约束的迹象并不一定导致安全论证文件被否决。在很长的时间范围内，废物的放射性衰变将减少与处置设施相关的危害。然而，不确定性可能会变得非常之大，并且计算估计剂量可能会超过剂量约束。

A.12. 将这些剂量与天然来源放射性核素产生的剂量进行比较，有可能为这些情况的重要性提供有用的迹象。在将标准适用于遥远的未来时需要谨慎从事。超出这种时限之后，与估计剂量有关的不确定性将变得很大，以致于这些标准不可能再被用作决策的合理依据（见第 2.15 段所述标准）。

A.13. 评价处置设施的设计是否能够提供最优化防护和安全水平可能需要进行判断，其中需要考虑若干因素。例如，这些因素可能包括设施设计和安全评定的质量以及在计算长期照射量中存在的任何明显的定性或定量不确定性。

A.14. 一般而言，当不能减小的不确定性造成为安全评定目的进行计算的结果之可靠性降低时，就需要谨慎处理与剂量约束或风险约束的比较。对处置设施而言，不确定性意味着在考虑可能的人类侵入事件和极低频度的自然事件时必须谨慎从事。在考虑直至非常遥远的未来时间跨度的计算剂量时也需谨慎从事。然而，通过采取对作为极低频度自然事件之典型的参考事件进行评估的方法，则能够证明处置系统的坚固性。

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、经合组织核能机构、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] 《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》，INFCIR/546 号文件，国际原子能机构，维也纳（1997 年）。
- [3] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织、世界卫生组织《国际电离辐射防护和辐射源安全的基本安全标准》，《安全丛书》第 115 号，国际原子能机构，维也纳（1996 年）（修订中）。
- [4] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 1990 年建议书》，第 60 号出版物，培格曼出版公司，牛津和纽约（1991 年）。
- [5] 国际放射防护委员会《放射性废物处置的放射防护政策》，第 77 号出版物，培格曼出版公司，牛津和纽约（1997 年）。
- [6] 国际放射防护委员会《适用于长寿命固体放射性废物处置的辐射防护建议》，第 81 号出版物，培格曼出版公司，牛津和纽约（1998 年）。
- [7] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 2007 年建议书》，第 103 号出版物，爱思唯尔出版公司（2007 年）。
- [8] 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）。
- [9] 国际原子能机构《排除、豁免和解控概念的适用》，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）。
- [10] 国际原子能机构《国际原子能机构安全术语》（核安全和辐射防护系列），2007 年版，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。
- [11] 国际原子能机构《放射性废物贮存》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-6.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。

- [12] 国际原子能机构《放射性废物分类》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-1 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [13] 国际原子能机构《设施和活动的管理系统》，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）。
- [14] 国际原子能机构《放射性废物处置的管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.4 号，国际原子能机构，维也纳（2008 年）。
- [15] 国际原子能机构、国际劳工局《职业性辐射防护》，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）。
- [16] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织《核或放射紧急情况的应急准备与响应》，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）。
- [17] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》，2009 年版，国际原子能机构《安全标准丛书》第 TS-R-1 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [18] 国际原子能机构《促进安全的政府、法律和监管框架》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 1 号，国际原子能机构，维也纳（2010 年）。
- [19] 经合组织核能机构《深部地质处置库长期安全的置信度：交流与发展》，核能机构，巴黎（1999 年）。
- [20] 国际原子能机构《为辐射防护目的进行环境和源的监测》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.8 号），国际原子能机构，维也纳（2005 年）。
- [21] 《国际原子能机构的保障制度》，INFCIRC/66/Rev.2 号文件，国际原子能机构，维也纳（1968 年）。
- [22] 《各国和国际原子能机构关于实施保障的协定的附加议定书范本》，INFCIRC/540 号文件（更正本），国际原子能机构，维也纳（1997 年）。
- [23] 《根据〈不扩散核武器条约〉的要求国际原子能机构与各国之间的协定的结构和内容》，INFCIRC/153 号文件（修订本），国际原子能机构，维也纳（1972 年）。

- [24] 《放射源安全和保安行为准则》，国际原子能机构，维也纳（2004年）。
- [25] 《核材料和核设施的实物保护》，INFCIRC/225/Rev.4 号文件（更正本），国际原子能机构，维也纳（1999年）。
- [26] 国际原子能机构《固体放射性废物处置的参考生物圈》，IAEA-BIOMASS-6 号文件，国际原子能机构，维也纳（2003年）。

附 件

放射性废物分类

A-1. 根据参考文献附录[A-1]所概述的方案，将废物划分为六类，并以此作为分类方案的基础予以使用。

- (1) 免管放射性废物¹：符合参考文献[A-2]所述为了辐射防护的目的解除、豁免或排除监管控制标准的放射性废物。
- (2) 极短寿命放射性废物：经过最多几年时间的贮存衰变后，可以根据监管机构核准的安排解除监管控制，以供不受控制的处置、利用或排放的放射性废物。极短寿命放射性废物包括主要含有通常被用于研究和医学目的的极短寿命放射性核素的废物。
- (3) 极低水平放射性废物：不一定符合免管放射性废物标准但也无需高水平包容和隔离因而适宜在实行有限监管控制的近地表填埋设施中处置的废物。这种填埋设施可能还包含其他危险废物。这一类别的典型废物包括其放射性浓度很低的土壤和碎石。极低水平放射性废物中的较长寿命放射性核素的浓度一般非常有限。
- (4) 低放废物：高于解控水平但其含有的长寿命放射性核素数量有限的废物。这类废物需要多达几百年时间的可靠隔离和包容，适宜在专设近地表设施中处置。这一类别涵盖的废物非常广泛。低放废物可能含有放射性浓度水平较高的短寿命放射性核素和放射性浓度水平相对较低的长寿命放射性核素。
- (5) 中放废物：由于其含量特别是其长寿命放射性核素导致需要高于近地表处置提供的包容和隔离程度的废物。但中放废物在贮存和处置期间不需要提供或仅需要有限地提供散热。中放废物中可能含有在可以依赖制度性控制期间不会衰变到可以接受近地表处置的放射性浓度水

¹ 为保持一致起见，延用了以前的分类方案（详情见国际原子能机构《放射性废物分类》，《安全丛书》第 111-G-1.1 号，国际原子能机构，维也纳（1994 年））中的“免管放射性废物”一词；但此类废物一旦被解除监管控制，便不再被视为放射性废物。

平的长寿命放射性核素，特别是发射 α 粒子的放射性核素。因此，这一类别的废物需要进行约几十米至数百米深度的处置。

- (6) 高放废物：其放射性浓度水平足以通过放射性衰变过程产生重要量热的废物或含有在设计这类废物的处置设施时需要加以考虑的大量长寿命放射性核素的废物。在地表以下通常数百米深或更深的深部稳定地质建造中进行处置是普遍公认的高放废物处置方案。

附件参考文献

- [A-1] 国际原子能机构《放射性废物分类》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-1 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [A-2] 国际原子能机构《排除、豁免和清洁解控概念的适用》，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）。

起草和审定人员

Abu-Eid, R.	核管理委员会（美利坚合众国）
Avila, R.	Facilia AB 电力公司（瑞典）
Bennett, D.	TerraSalus 有限公司（英国）
Bernier, F.	联邦核管制机构（比利时）
Besnus, F.	辐射防护和核安全研究所（法国）
Blommaert, W.	联邦核管制机构（比利时）
Bruno, G.	欧洲委员会
Cooper, J.	健康保护署（英国）
Goldammer, W.	战略问题咨询公司（德国）
Jensen, M.	瑞典辐射防护管理局（瑞典）
Kawakami, H.	日本原子能安全组织（日本）
Louvat, D.	国际原子能机构
Metcalf, P.	国际原子能机构
Moeller, K.	联邦辐射防护办公室（德国）
Paltemaa, R.	辐射和核安全管理局（芬兰）
Pather, T.	国家核监管机构（南非）
Rana, D.	巴巴原子研究中心（印度）
Röhlig, K.	克劳斯塔尔理工大学（德国）
Rowat, J.	国际原子能机构
Serres, C.	辐射防护和核安全研究所（法国）
Siraky, G.	国际原子能机构

Sugier, A.	辐射防护和核安全研究所（法国）
Summerling, T.	安全评价管理有限公司（英国）
Weiss, W.	联邦辐射防护办公室（德国）

国际原子能机构安全标准核可机构

带星号(*)者为通讯成员。通讯成员接收征求意见稿和其他文件,但一般不参加会议。带两个星号(**)者为候补成员。

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: 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.; 大韩民国: Choul-Ho Yun; 立陶宛: Maksimovas, G.; 巴基斯坦: Rahman, M.S.; 俄罗斯联邦: 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.; 美利坚合众国: Virgilio, M.; 越南: Le-chi Dung; 国际原子能机构: Delattre, D. (协调员); 核保安咨询组: Hashmi, J.A.; 欧洲委员会: Faross, P.; 国际核安全组: Meserve, R.; 国际放射防护委员会: Holm, L.-E.; 经合组织核能机构: Yoshimura, U.; 安全标准分委员会主席: 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: Jingxi Li; 克罗地亚: Valčić, I.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克共和国: 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: Antariksawan, A.; 伊朗伊斯兰共和国: Asgharizadeh, F.; 以色列: Hirshfeld, H.; 意大利: Bava, G.; 日本: Kanda, T.; 大韩民国: Hyun Koon Kim; 阿拉伯利比亚民众国: 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.; 俄罗斯联邦: Baranaev, Y.; 斯洛伐克: Uhrik, 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); 美利坚合众国: Mayfield, M.; 乌拉圭: Nader, A.; 欧洲委员会: Vigne, S.; 欧洲原子工业公会: Fourest, B.; 国际原子能机构: Feige, G. (协调员); 国际电工技术委员会: Bouard, J.-P.; 国际标准化组织: Sevestre, B.; 经合组织核能机构: Reig, J.; *世界核协会: 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: Huating Yang; 克罗地亚: Kralik, I.; *古巴: Betancourt Hernandez, L.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克共和国: 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.; 伊朗伊斯兰共和国: Kardan, M.R.; 爱尔兰: Colgan, T.; 以色列: Koch, J.; 意大利: Bologna, L.; 日本: Kiryu, Y.; 大韩民国: Byung-Soo Lee; *拉脱维亚: Salmins, A.; 阿拉伯利比亚民众国: 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.; 俄罗斯联邦: 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.; 美利坚合众国: Lewis, R.; *乌拉圭: Nader, A.; 欧洲委员会:

Janssens, A.; 联合国粮食及农业组织: Byron, D.; 国际原子能机构: Boal, T. (协调员); 国际放射防护委员会: Valentin, J.; 国际电工技术委员会: Thompson, I.; 国际劳工局: Niu, S.; 国际标准化组织: Rannou, A.; 国际放射源供应商和生产商联合会: Fasten, W.; 经合组织核能机构: Lazo, T.E.; 泛美卫生组织: Jiménez, P.; 联合国原子辐射效应科学委员会: Crick, M.; 世界卫生组织: Carr, Z.; 世界核协会: 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: Kirchnaw, 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.; 捷克共和国: 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: Sáfár, J.; 印度: Agarwal, S.P.; 印度尼西亚: Wisnubroto, D.; 伊朗伊斯兰共和国: 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.; 大韩民国: Dae-Hyung Cho; 阿拉伯利比亚民众国: 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.; 俄罗斯联邦: 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.; 美利坚合众国: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (主席); 乌拉圭: Nader, A.; *Cabral, W.; 欧洲委员会: Binet, J.; 国际原子能机构: Stewart, J.T. (协调员); 国际航空运输协会: Brennan, D.; 国际民用航空组织: Rooney, K.; 国际民航驾驶员协会联合会: Tisdall, A.; **Gessl, M.; 国际海事组织: Rahim, I.; 国际标准化组织: Malesys, P.; 国际放射源供应商和生产商联合会: 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.; 世界核协会: Gorlin, S.; 世界核运输协会: 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.; 捷克共和国: 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.; 伊朗伊斯兰共和国: Assadi, M.; *Zarghami, R.; 伊拉克: Abbas, H.; 以色列: Dody, A.; 意大利: Dionisi, M.; 日本: Matsuo, H.; 大韩民国: Won-Jae Park; *拉脱维亚: Salmins, A.; 阿拉伯利比亚民众国: Elfawares, A.; 立陶宛: Paulikas, V.; 马来西亚: Sudin, M.; 墨西哥: Aguirre Gómez, J.; *摩洛哥: Barkouch, R.; 荷兰: van der 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.; 美利坚合众国: Camper, L.; *乌拉圭: Nader, A.; 欧洲委员会: Necheva, C.; 欧洲核装置安全标准: Lorenz, B.; *欧洲核装置安全标准: Zaiss, W.; 国际原子能机构: Siraky, G. (协调员); 国际标准化组织: Hutson, G.; 国际放射源供应商和生产商联合会: Fasten, W.; 经合组织核能机构: Riotte, H.; 世界核协会: Saint-Pierre, S.。

通过国际标准促进安全

“各国政府、监管机构和营运者都必须确保有益、安全和合乎道德地利用核材料和辐射源。国际原子能机构的安全标准即旨在促进实现这一要求，因此，我鼓励所有成员国都采用这些标准。”

总干事
天野之弥

国际原子能机构
维也纳

ISBN 978-92-0-519210-9
ISSN 1020-5853