

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

放射性废物处置前 管理的安全论证文件和 安全评定

一般安全导则

第 GSG-3 号



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全标准和相关出版物

国际原子能机构安全标准

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

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

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

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

该网站提供已出版安全标准和安全标准草案的英文文本。以阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文印发的安全标准文本；国际原子能机构安全术语以及正在制订中的安全标准状况报告也在该网站提供使用。欲求进一步的信息，请与国际原子能机构联系（Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria）。

敬请国际原子能机构安全标准的所有用户将使用这些安全标准的经验（例如作为国家监管、安全评审和培训班课程的依据）通知国际原子能机构，以确保这些安全标准继续满足用户需求。资料可以通过国际原子能机构因特网网站提供或按上述地址邮寄或通过电子邮件发至 Official.Mail@iaea.org。

相关出版物

国际原子能机构规定适用这些标准，并按照《国际原子能机构规约》第三条和第八条 C 款之规定，提供和促进有关和平核活动的信息交流并为此目的充任成员国的居间人。

核活动的安全报告以《安全报告》的形式印发，《安全报告》提供能够用以支持安全标准的实例和详细方法。

国际原子能机构其他安全相关出版物以《应急准备和响应》出版物、《放射学评定报告》、国际核安全组的《核安全组报告》、《技术报告》和《技术文件》的形式印发。国际原子能机构还印发放射性事故报告、培训手册和实用手册以及其他特别安全相关出版物。

安保相关出版物以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

国际原子能机构《核能丛书》由旨在鼓励和援助和平利用原子能的研究、发展和实际应用的资料性出版物组成。它包括关于核电、核燃料循环、放射性废物管理和退役领域技术状况和进展以及经验、良好实践和实例的报告和导则。

放射性废物处置前
管理的安全论证文件和
安全评定

国际原子能机构的成员国

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

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

国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-3 号

放射性废物处置前 管理的安全论证文件和 安全评定

一般安全导则

国际原子能机构
2022 年·维也纳

版权说明

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

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

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

放射性废物处置前管理的安全论证文件和安全评定

国际原子能机构，奥地利，2022 年 11 月
STI/PUB/1576
ISBN 978-92-0-502322-9（简装书：碱性纸）
978-92-0-502622-0（pdf 格式）
ISSN 1020-5853

前 言

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

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

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

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

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

秘书处的说明

国际原子能机构安全标准反映有关保护人类和环境免于电离辐射有害影响的高水平安全构成要素方面的国际共识。制定、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，其中许多成员国委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、各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。秘书处收集关于在适用原子能机构标准方面的经验信息以及从事件后续行动中获得的资料，以确保这些标准继续满足用户的需求。本出版物反映直至 2010 年所积累的反馈和经验，并经过了对标准而言的严格审查过程。

从研究 2011 年 3 月 11 日灾难性地震和海啸后日本福岛第一核电站事故中可能汲取的教训将在今后经修订和印发的这一原子能机构安全标准中予以反映。

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，国际合作的目的是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况和减缓任何有害后果的能力来促进和加强全球安全。

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

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

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

原子能机构安全标准

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

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

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

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

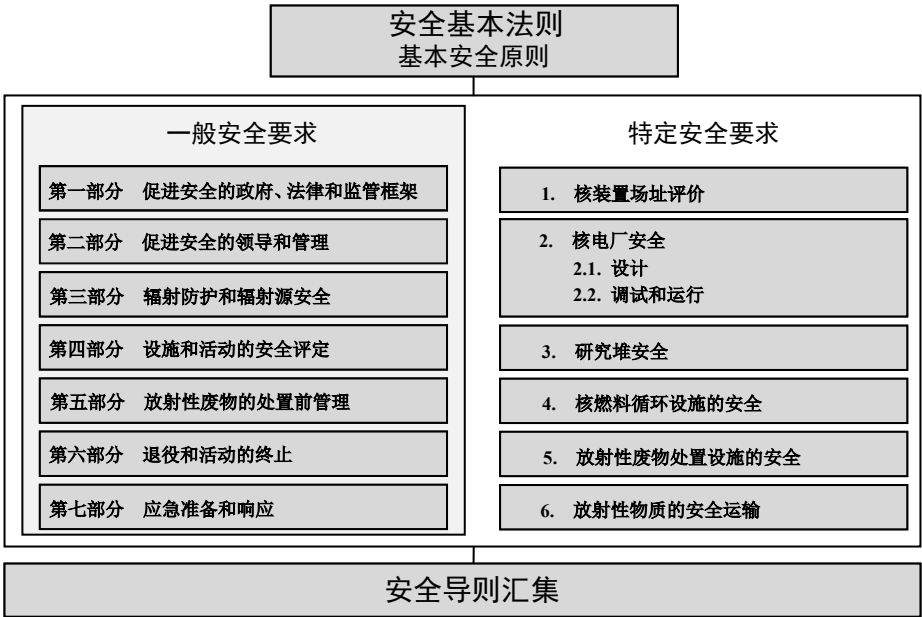


图 1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

¹ 另见以原子能机构《核安保丛书》印发的出版物。

安全基本法则

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

安全要求

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

安全导则

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

原子能机构安全标准的适用

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

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

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

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

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

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

原子能机构安全标准的制定过程

编写和审查安全标准的工作涉及原子能机构秘书处及分别负责应急准备和响应（应急准备和响应标准委员会）（从 2016 年起）、核安全（核安全标准委员会）、辐射安全（辐射安全标准委员会）、放射性废物安全（废物安全标准委员会）和放射性物质安全运输（运输安全标准委员会）的五个安全标准分委员会以及一个负责监督原子能机构安全标准计划的安全标准委员会（安全标准委员会）（见图 2）。

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

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

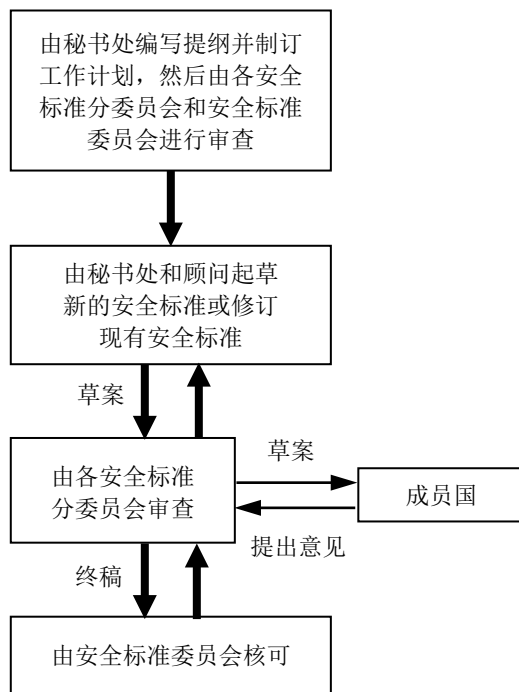


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

与其他国际组织的合作关系

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

文本的解释

安全相关术语应按照《国际原子能机构安全术语》（见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）中的定义进行解释。否则，则采用具有最新版《简明牛津词典》所赋予之拼写和含义的词语。就“安全导则”而言，英文文本系权威性文本。

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

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

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

目 录

1. 导言	1
背景 (1.1-1.3).....	1
目的 (1.4-1.5).....	2
范围 (1.6-1.18).....	2
结构 (1.19).....	4
2. 放射性废物处置前管理的安全论证 (2.1-2.4)	4
3. 安全原则与安全要求 (3.1)	5
安全原则 (3.2-3.3).....	5
安全论证文件和安全评定的要求 (3.4)	6
安全论证文件和安全评定编写的责任 (3.5-3.7)	6
安全论证文件和安全评定的内容 (3.8-3.10).....	7
安全论证文件和安全评定的保持 (3.11-3.14).....	8
安全论证文件和安全评定的文件 (3.15-3.16).....	9
安全论证文件和安全评定的应用 (3.17).....	10
4. 放射性废物处置前管理的安全论证文件 (4.1-4.5)	10
安全论证文件的作用与编写 (4.6-4.18).....	13
安全论证文件的组成部分 (4.19-4.93).....	16
相互作用过程 (4.94-4.105).....	30
5. 安全评定	33
概述 (5.1-5.3).....	33
总体方法 (5.4-5.5).....	33
评定背景 (5.6-5.21).....	34
废物设施或活动的描述 (5.22)	36
假想方案的开发与正当性 (5.23-5.63).....	37
评定模式的构建与执行 (5.64-5.67).....	44
计算执行与结果分析 (5.68-5.84).....	45
评定结果分析 (5.85-5.91).....	48
6. 特定问题 (6.1)	49
安全论证文件的演变 (6.2-6.31).....	50
分级方法 (6.32-6.40).....	54
纵深防御 (6.41-6.44).....	56

可靠性 (6.45-6.46).....	57
设施的预期寿命 (6.47-6.49).....	57
废物的长期贮存 (6.50-6.68).....	58
7. 安全论证文件的文件和使用 (7.1).....	61
安全论证文件的文件 (7.2-7.19).....	62
安全论证文件的使用 (7.20-7.27).....	68
8. 监管评审过程 (8.1).....	69
监管评审过程的目标与特性 (8.2-8.6).....	70
评审过程的管理 (8.7-8.12).....	73
监管机构对分级方法的使用 (8.13-8.14).....	75
评审的实施与评审结果的报告 (8.15-8.18).....	75
参考文献.....	79
附件 I 风险和始发事件的案例.....	83
附件 II 监管机构对安全论证文件的评审内容.....	93
附件 III 监管评审报告的模板.....	105
附件 IV 推动放射性废物管理解决的安全评定：总体过程的框架.....	107
参与起草和审订人员.....	131

1. 导言

背景

1.1. 《基本安全原则》[1]建立了放射性废物安全管理的通用原则。放射性废物处置前管理的安全要求规定针对每个设施¹或活动都应编写安全论证文件²并进行及必要的辅助安全评定[2]。

1.2. 安全论证文件就是收集并研究科学、技术、行政和管理方面的论点和证据以支撑废物管理设施或活动³的安全，包括场址及定址的适宜性，设施的设计、建造和运行，辐射危害的评定，以及与该设施或活动相关的所有安全相关工作的充分性和质量保证。安全评定，是安全论证文件不可或缺的一部分，是对辐射危害的系统性评定。为了与剂量和风险标准进行比较，后者主要关注对设施或活动可能产生的辐射剂量和辐射风险进行量化，并提供了解设施或活动在正常情况下和预期的运行情况下以及在发生事故时的行为。安全论证文件及其辅助安全评定为安全论证和许可证提供依据。它们将随着该设施或活动的开发而持续编写，并将帮助和指导选址、定址、设计和运行的决策。安全论证文件也将是与相关各方进行对话和提升该设施或活动安全置信度的主要依据。

1.3. 废物管理设施和活动随着性质、大小和复杂性而变化，且无论正常运行还是事故都具有与它们相关的不同危害。放射性存量的大小及成分也是变化的。此外，某个废物管理设施或活动可能是一个场址上多个设施或活动中的一个，可能会与其他设施是独立的，可能会与其他设施是相连的或可能是一个更大的设施整体的一部分。相应地，根据该设施或活动的不同，安全论证文件和辅助安全评定的内容和复杂程度将是不同的，且在其整个寿期

¹ 本“安全导则”中所用的术语“设施”表示某设施及其相关的土地、建筑物和设备，在该设施内以如此规模使用、加工、运行或贮存放射性物质，以至于考虑安全是必要的。

² 然而，关于废物管理设施和活动的“安全论证文件”概念，正如本“安全导则”导言所述，该专门术语在许多国家可能是不同的。在法国术语“档案(dossier)”用来描述该安全论证文件。在德国和瑞士，使用术语“安全文件(Sicherheitsnachweis)”，而在西班牙，使用术语“安全性研究(estudio de seguridad)”。

³ 如果乏燃料也将被视为废物时，术语“放射性废物管理设施和活动”也包括乏燃料管理设施和活动，也可能适用在乏燃料将被视为资源时的类似活动。

内（例如，建造、调试、运行）也将是不断演变发展的。鉴于这些考虑，要求把分级方法应用于安全论证文件和辅助安全评定的编写和评审[3]。本“安全导则”包含的建议对于最复杂和最危险的设施都是全面的和充分的。它们的分级使用将在一系列待开发的设施安全报告中举例说明。

目的

1.4. 本“安全导则”的目标是针对处理放射性废物处置前管理的设施和活动及乏燃料贮存设施，为安全论证文件和辅助安全评定的编写与评审提供建议。它概述在评定和论证设施和活动的安全中的最重要的考虑，以及用文件记录在编写安全论证文件和实施安全评定中应当遵守的那些步骤。

1.5. 本“安全导则”旨在应用分级方法编写和评审安全论证文件和辅助安全评定中向营运组织、监管机构和支持技术专家提供帮助。本“安全导则”为整个设施寿期内编写安全论证文件和进行安全评定的监管框架提供指导。无论在各个国家监管框架内如何解决安全论证文件和安全评定过程，本“安全导则”所包含的指南都是能够使用的。

范围

1.6. 本“安全导则”针对处置前废物管理设施或活动所准备的或执行的安全论证文件和辅助安全评定而进行编写和评审活动提供建议和指导。它覆盖安全论证文件和辅助安全评定的所有方面，包括分级方法的使用。

1.7. 本“安全导则”适用于该设施的规划，尤其是该设施的设计、建造、调试、运行和改造全过程。

1.8. 本“安全导则”为评定在处置前废物管理设施或相关活动中的废物管理安排，以及来自于计划活动和事故对工作人员、公众和环境所导致的放射性影响的充分性和可接受性的系统性方法学提供建议和指导。

1.9. 本“安全导则”和参考文献[4]一起取代原子能机构《安全丛书》第118号《乏燃料贮存设施的安全评定》⁴。

⁴ 国际原子能机构，国际原子能机构《安全丛书》第118号《乏燃料贮存设施的安全评定：安全实践》，国际原子能机构，维也纳（1995年）。

1.10. 核电厂及使用放射性物质设施退役和放射性废物处置的安全评定和论证，不包括在本“安全导则”中。读者请参阅相关安全导则[5-7]。

1.11. 本“安全导则”适用于所有类型放射性废物的处置前管理并覆盖放射性废物管理从其产生一直到处置的所有步骤，包括其处理工艺（预处理、处理和整备）、贮存和运输。参考文献[8]给出了放射性废物的分类方案及关于该方案应用于不同类型放射性废物的建议。

1.12. 管理放射性废物的运输采用与所有放射性物质运输相同的方法。为确保放射性废物的安全运输，可遵循参考文献[9]规定。

1.13. 本“安全导则”适用于单独存在的、专门用途的废物管理设施内的或为其他目的运行的更大设施内的放射性废物的处置前管理，例如核电厂或乏燃料后处理厂。在本“安全导则”中，术语“设施”用来指这两种可能性。

1.14. 本“安全导则”适用于放射性废物贮存设施，包括长期贮存设施，乏燃料贮存设施（见参考文献[4]）和放射源贮存设施。

1.15. 除废物的处理、贮存和运输外，废物管理处置前活动包括：

- 废物设施所在区域的治理；
- 废物的回取；
- 废物的特性调查；
- 废物从监管控制中的清洁解控；
- 流出物向环境的排放。

1.16. 废物可能产生于：

- 核设施调试、运行和退役；
- 放射性核素在医学、工业、农业、研究与教育中的使用；
- 含天然来源的放射性核素物质的处理；
- 污染区域的治理。

1.17. 在参考文献[10、11]中分别阐述了从监管控制中的清洁解控以及排放控制。

1.18. 涉及放射性物质的设施或活动既可能具有放射性也可能具有非放射性的影响，但是本“安全导则”的主要焦点是针对放射性的影响。然而，非放射性事件或危害例如火灾的辐射后果是涉及的。此外，尽管非辐射危害的评定超出了本“安全导则”的范围，但是，应按照国家法律的要求，适当考虑这种危害。

结构

1.19. 本“安全导则”的结构如下：第 2 部分讨论论证放射性废物管理设施或活动安全的整体过程；而第 3 部分概述安全论证文件准备中应满足的主要安全原则和安全要求。接下来各部分的整体目标是对如何满足这些原则和要求提供指导；第 4 部分详细说明安全论证文件概念；讨论了该安全论证文件的组成部分及其在废物管理设施或活动开发、运行和退役中的作用，以及为该安全论证文件建立置信度的可能性；第 5 部分阐述安全评定的方法学，它将构成在第 4 部分描述的安全论证文件的核心要素，概述了该过程的多步骤并进行了详细讨论。尤其是，关于该安全评定中的不确定性管理及使用安全评定结果与评定标准进行比较给出了指导和建议；第 6 部分讨论安全论证文件准备中的具体问题；而第 7 部分阐述安全论证文件，并表明安全论证文件在放射性废物管理设施或活动开发中的可能用途；第 8 部分提供关于安全论证文件监管评审的指导和建议。附件 I 给出危害和初因事件的实例；附件 II 给出该安全论证文件监管评审的典型问题清单；附件 III 提供监管评审报告的模板以及附件 IV 整体安全评定工作的框架。

2. 放射性废物处置前管理的安全论证

2.1. 放射性废物管理设施和活动的安全评定与论证过去已广泛开展。然而直到最近，为这类评定与论证的方法能达成国际共识所做的努力却是极为有限的。在 2001 年的《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》[12]中更多地将重点放在了安全论证和辅助安全评定上。因此，原子能机构设立了一个题为推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定（International Safety Assessment Driving Radioactive Waste Management Solutions, SADRWMS）的国际比对和协调项目。该项目极大地推动了安全论证与评定的方法学达成国际共识以及安全导则内容的确定。推动放射性

废物管理解决方案的国际安全评定项目于早期阶段建立了所开展工作的框架，并作为附件 IV 包含在本“安全导则”中。

2.2. 在安全论证更为广泛的背景下，使用了“安全论证文件”的概念。安全论证文件是用于支撑设施或活动的安全性而收集的论据和证据，这其中包括安全评定结果。安全论证文件通常包括安全评定的结果，连同对这些结果的置信水平、评定工作对于所作决策的充分性以及降低不确定性所需要的任何进一步工作的考虑。安全论证文件可为核设施的选址与定址、设计、建造、运行和退役的相关安全决策提供依据，包括对产生重大安全影响的变更的正当性。安全论证文件还可作为营运组织和监管机构之间的相互作用和对话的基础，因为它包含了根据国家法律进行核准的必要支撑性文件的主体。

2.3. 安全评定是为辅助安全论证文件而开展的，它应当采用系统的方法学来证明其符合适用的安全要求。在设施生命周期的不同阶段应当分别制订需满足的标准，这些标准应包括安全论证文件和辅助安全评定的定期安全评审。这将有助于保证相关各方对设施或活动安全性的信心。营运组织一经编写安全论证文件，监管方面会对其进行评审，以评审对于相关安全要求和标准的符合性。

2.4. 原子能机构已经制定了一些相关的“安全要求”和“安全导则”[2、3、13—19]对这些要求和导则的理解应当与本“安全导则”相结合。

3. 安全原则与安全要求

3.1. 本部分列出了开展废物处置前管理设施或活动的安全论证文件和辅助安全评定时需要满足的基本安全原则和主要要求。

安全原则

3.2. 原子能机构《基本安全原则》[1]中确立了应用于所有放射性废物管理设施和活动的安全原则：

原则 1：安全责任

原则 2：政府的职责

原则 3：对安全的领导和管理

原则 4：设施和活动的正当性

原则 5：防护的最优化

原则 6：对个人危险的限制

原则 7：当代和后代的保护

原则 8：事故的预防

原则 9：应急准备与响应

原则 10：减少现存或未监管辐射危险的防护行动

3.3. 参考文献[1]中确立的原则构成了《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》⁵ [12]技术依据。在原子能机构“一般安全要求”出版物《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》(BSS) [13]提出了辐射防护的相关要求。参考文献[13]和“联合公约”中采用的许多防护概念都来源于国际放射防护委员会[20—23]建议。

安全论证文件和安全评定的要求

3.4. 以下段落列出了参考文献[2、3]中与安全论证文件和辅助安全评定的准备、更新与维护以及应用相关的安全要求。对于满足参考文献[2、3]中其余要求的建议将在本“安全导则”的后续各部分中给出。对于补救情况，参考文献[13]中提出的要求是适用的。

安全论证文件和安全评定编写的责任

3.5. 对于废物处置前管理设施和活动：

“营运组织须编写安全论证文件和辅助安全评定。如果分步建造设施或开展活动，或如果对设施进行改造或对活动进行变更，则须对安全论证文件及其辅助安全评定进行必要的评审和更新”（参考文献[2]要求 13）。

⁵ “联合公约”使用了《放射性废物的管理系统》国际原子能机构《安全丛书》第 111-F 号（国际原子能机构，维也纳，1995 年）中确立的原则，该系统后来被整合到参考文献[1]中。

3.6. “责任法人须承担开展安全评定的责任，责任法人指对设施或活动负责任的人或组织”（参考文献[3]要求3）。这项责任与评定的开展和结果的质量是相关的。

3.7. “监管机构有责任清晰明确地制订监管决策过程所依据的标准并将其编写成文件。重要的是，监管机构提供的任何补充导则应考虑可能建造的广泛的废物处置前管理设施和这些设施可能开展的广泛活动”（参考文献[2]第5.2段）。

在进行安全评定和编写安全论证文件时，营运组织必须强调这些监管的要求和条件。

安全论证文件和安全评定的内容

3.8. 以下要求适用于要开展的废物处置前管理设施或活动的安全论证文件和辅助安全评定：

- “放射性废物处置前管理设施的安全论证文件应包含对设施的场址、设计、运行、关闭和退役的所有安全问题及管理控制如何满足监管要求所作出的说明。安全论证文件及其辅助安全评定应当论证所提供的防护水平，并应向监管机构提供将满足安全要求的保证”（参考文献[2]要求14）；
- “安全论证文件须考虑设施设计、运行管理安排和采用的系统和过程，并证明其正当性。这必须包括废物产生量的鉴别和最优废物管理计划的制定，以最大程度减少废物产生量和确定用于流出物处理、排放控制和清洁解控程序的设计基准和运行基准。安全论证文件的主要目的是确保满足监管机构规定的安全目标和标准”（参考文献[2]第5.5段）；
- “安全论证文件应当阐述运行安全及设施和活动的的所有安全方面。安全论证文件包括对于在正常运行期间和可能的事故条件下减小对工作人员、公众和环境造成危害的考虑。”（参考文献[2]第5.6段）。

3.9. 以下要求适用于包括废物管理设施和活动在内的所有设施和活动：“纵深防御评定中应确定是否对纵深防御的各个水平做出了适当的规定”（参考文献[3]要求 13）。以下陈述进一步扩展了此项要求：

“安全评定中须确定是否作出了充分的纵深防御，通过若干防护层次（即实体屏障、屏障保护系统和行政程序）的适当组合使危险在对人类或环境造成后果前得以阻止或者避开”（参考文献[3]第 4.12 段）。

3.10. 根据参考文献[3]要求开展足够安全水平的安全评定，以确保能述及所有辐射危险、保证采取适当措施并提供评定危险挑战的量化分析。具体要求见参考文献[3]第 4.5 段、第 4.6 段、第 4.9 段和第 4.10 段。

安全论证文件和安全评定的保持

3.11. 更具体地讲，对于废物处置前管理设施：

“营运组织应当在设施建造之初编写安全论证文件，以此作为监管决策和核准过程的依据。安全论证文件须随项目进展而逐步编写和完善。这样做可保证技术计划和相关决策的质量。对营运组织而言，安全论证文件提供了一个可在设施建造的每一阶段建立对设施技术可行性和安全的置信度的框架。随着项目的进展，这种信心将通过迭代设计研究和安全研究来加强和提高。循序渐进方法应当有助于收集、分析和解释相关技术数据，制定设计和运行计划，以及编写关于运行安全的安全论证文件”（参考文献[2]第 5.3 段）。

3.12. 此外：

“营运组织须开展定期安全评审，并且应当实施监管机构继此评审后所要求的任何安全改进。定期安全评审的结果须反映在设施安全论证文件的更新版本中”（参考文献[2]要求 16）。

3.13. 关于评审过程：

“须定期对安全评定加以评审，以确认需要遵守的任何输入假设仍然可在总体安全管理控制范围内得到适当控制”（参考文献[2]第 5.11 段）。

3.14. 评审的时间控制应由考虑以下问题：

“须根据监管要求按预先确定的时间间隔定期对安全评定和据以开展安全评定的管理系统进行评审。除了这种预先确定的定期评审以外，还应当以下列情况下对安全评定进行评审和更新：

- 在发生了可能影响设施或活动安全的任何重要变更时；
- 在对情况的了解和认识有了重要发展时（如通过研究或运行经验反馈实现的发展）；
- 由于监管关注或某一事件而出现新的安全问题时；
- 在评定技术如安全分析中使用的计算机程序或输入数据有重要改进时”（参考文献[2]第 5.12 段）。

安全论证文件和安全评定的文件

3.15. “须将安全评定的结果和结论编写成文件，文件的形式为能恰当地反映出设施或活动及其相关辐射危险复杂性的报告。这种安全报告应呈现已开展的以证明设施或活动符合参考文献[3]中提出的基本安全原则和要求以及国家法律法规中的所有其他安全要求为目的的评定和分析”（参考文献[3]第 4.62 段）。

3.16. 下列具体要求适用于安全论证文件的文件：

- “须编写安全论证文件及其辅助安全评定文件，文件的详细程度和质量应足以证明安全性、支持每一阶段的决策并有助于安全论证文件和安全评定的独立评审和核准。文件应条理清晰，并应包括以可追溯性资料为依据的对安全论证文件所用方法的正当性进行证明的论据”（参考文献[2]要求 15）。
- “正当性理由须包括解释作出特定选择的原因以及说明赞成或反对所作决策特别是安全论证文件所采用的主要方法的相关决策的理由”（参考文献[2]第 5.8 段）。
- “可追溯性系指对文件中提供的和用于编写安全论证文件的资料进行追踪的可能性。出于正当性和可追溯性的目的，将设施建造和运行中所作决策和假设以及安全论证文件中为得出成套结果而采用的模式和数据形成良好的文件化记录是必要的。良好的

可追溯性对于技术和监管评审以及建立公众信心都是重要的”(参考文献[2]第 5.9 段)。

- “条理清晰系指文件结构良好且表述的详细程度适当，能使人理解安全论证文件中所包含的论据。这要求文件对工作的表述能够使其针对的相关各方很好地理解这些安全论据及其依据。根据材料的预期受众，可能需要文件有不同的形式和详细程度”(参考文献[2]第 5.10 段)。

安全论证文件和安全评定的应用

- 3.17. “安全评定的结果须用详细说明维护、监视和检查计划，详细说明所有重要安全运行活动以及对预计运行事件和事故响应的实施程序，提出设施或活动所涉及的工作人员的必要能力，并用风险指引的综合方法作出决策”(参考文献[3]要求 23)。

4. 放射性废物处置前管理的安全论证文件

4.1. 本部分对安全论证文件的组成部分、其编写及其在废物处置前管理设施或活动的建造和运行期间的作用进行确定并提供建议。

4.2. 安全论证文件的组成部分如图 1 所示，应包括：背景、安全策略、设施描述、安全评定、限值、控制和条件、迭代和设计优化、不确定性管理，以及安全论据的集合。

4.3. 安全论证文件的编写应从设施的概念模式出发，并且应当在整个寿期内进行保持，直至退役和许可证终止。如图 2 所示，要求全过程应用确保所有安全相关工作质量的管理系统，并要求应用监管流程。应当做出适当的安排以便于所有相关各方参与安全论证文件的编写和使用。

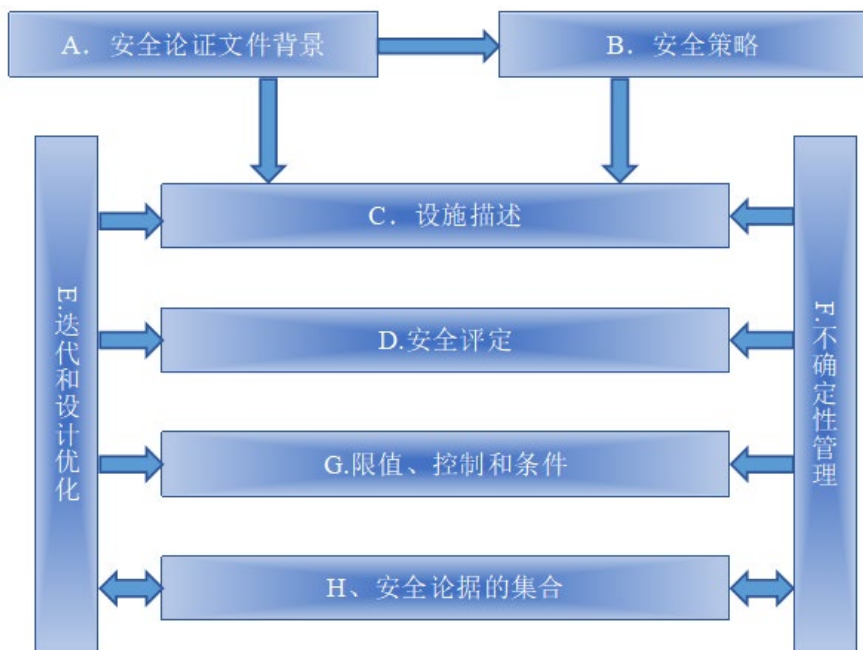


图1. 安全论证文件的组成部分。

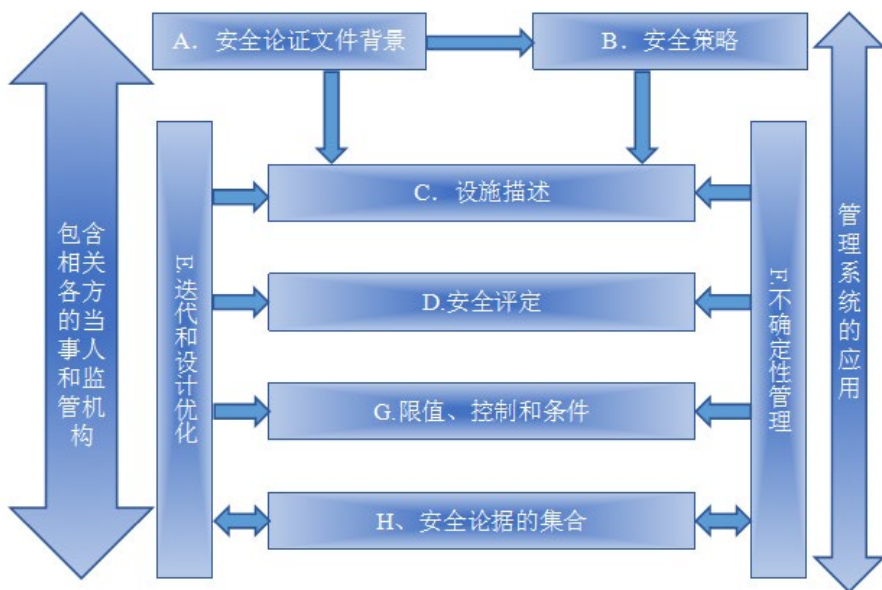


图2. 管理系统的应用及与监管机构和相关各方的相互作用过程。



图 3. 安全评定包含的方面。

4.4. 安全评定是安全论证文件的主要组成部分，它包括图 3 所示几个方面的评定。安全评定的基本要素是由辐射剂量和辐射危险来表示的对人类和环境的放射性影响评定。安全评定的其他重要方面有场址和工程方面、运行安全、非放射性影响以及管理系统。第 4.6—4.28 段将为安全论证文件的各个组成部分提供指导。

4.5. 安全论证文件对大型废物处置前管理设施是特别重要和有益的，比如有核电规划国家的放射性废物集中处理和贮存设施。对规模较小的设施而言，比如废弃密封源的贮存设施，本部分描述的安全论证文件的组成部分仍然是相关的，但要求安全评定的详细程度、复杂程度和深度应与潜在危险是相称的（参考文献[3]要求 1）。此外，对于某些类型和大小的设施，编写安全论证文件和安全评定的实际过程将适当降低要求，并且与以下讨论的几个方面的相关性则比较小，比如阶段性安全论证文件的编写。这就是第 4.6 段和第 6 部分中描述的分级方法的一种表现方式。有关介绍安全论证文件实例的原子能机构安全报告正在编写中，以便为较小型设施编写安全论证文件所要求的深度和详细程度提供补充指导。

安全论证文件的作用与编写

4.6. 废物处置前管理设施或活动的安全论证文件的作用是提供：

- 证明废物管理设施或活动安全性的所有安全论据和辅助证据；
- 对设施或活动的许可或其他核准过程中作出决策的依据和帮助；
- 以一种结构化的、可追溯的和透明的方式对相关科学（或其他）信息的整合，用于说明对设施或活动的预期行为和性能的认识；
- 已对从废物产生到处置的管理中所有步骤和整体相容性作出考虑的证明。应当考虑废物的短期、中期和长期管理方面的问题，还须考虑将来可能需要对这些废物进行管理和处理以及与这些活动相关的危险和剂量。应当证明废物货包和有处置方案的未包装废物的相容性；但如果在某一阶段尚未确定处置方案，须对可能的处置方案作出假设，并清晰地记录；
- 设施性能不确定性的鉴定、不确定性的重要性分析，以及重要不确定性管理方法的鉴定；
- 相关各方之间就设施或活动相关问题进行沟通的便利。

4.7. 安全论证文件可辅助处理方案决策的特定作用在于确保可产生合适的废物体。安全论证文件须对所有废物管理步骤的安全提供综合考虑，并且应当对单一设施的运行安全和与其他废物管理步骤间的相互依赖进行说明。应当以后续所有废物管理活动的废物可接受性标准为依据，对产生废物体的适当性进行判断，特别是废物的处理、贮存、运输和最终处置。与这些决策相关联的方面有很多，其中一些决策是以定量评定为依据的，而另外一些则较为定性。第 6 部分将提供就相关考虑及其对编写安全论证文件的影响的更为具体的讨论。

4.8. 安全论证文件应当从项目初期开始，并须持续编写，贯穿设施建设和运行的所有步骤，直至退役。安全论证文件也应当用于为场址选择、设施设计、建造、设施运行及其退役的所有步骤提供指导。安全论证文件应用于鉴别研究和开发需求，鉴别并制定各个步骤的限值、控制和条件，并作为监管决策和核准过程的依据。

4.9. 编写安全论证文件有不同的方式，其内容和结构在很大程度上受国家特定法律法规要求和当地关注的影响。尽管一些国家未使用“安全论证文件”这一术语，但是用于安全论证的方法和过程与安全论证文件的概念是一致的，在本质上是相似的。

4.10. 根据参考文献[2、3]要求，安全论证文件的编写应当涵盖设施寿期的所有阶段，就其本身而言，是一个随设施建造而逐步演变的迭代过程。安全论证文件的技术细节的形式和详细程度将取决于项目开发的阶段、正在进行的决策和特定国家要求。该方法可为安全论证文件的编写、设施的场址选择、设计、建造、运行和退役的相关决策提供依据，应当陈述鉴别那些需要进一步关注的问题，以便增进对影响设施或活动安全的问题的认识。

4.11. 编写安全论证文件时，应当鉴别并充分理解评审、使用和核准安全论证文件的各关键方（如政府、监管方和相关各方）的要求，这些要求取决于当地和国家的情况。编写安全论证文件，包括辅助安全评定，是设施营运组织的责任，它需要以满足不同相关各方需求的方式进行呈现。根据设施建造的各个步骤和设施或活动的相关危害水平而定，应尽可能通过与相关各方的沟通，就所包含评定和计算的内容事先达成协议。举例来说，随着许可决策意见的临近出台，相关各方对于安全评定结果的呈现和解释的预期可能会与日俱增。

4.12. 早期开发和确定安全策略是编写安全论证文件的一个关键点。安全策略应包含一项用于废物管理设施的计划、运行和退役所要求的各种活动的整体管理策略，包括选址和设计、安全论证文件的编写、安全评定、场址特性调查、废物形式表征，以及研究与开发。第 4.27—4.32 段将提供更多关于制订安全策略的建议。

4.13. 如第 3.11 段所述，废物处置前管理设施或活动可通过循序渐进的方式编写。采取的循序渐进方法应能够：

- 系统地收集、分析并解释必要的科学和技术数据；
- 对潜在场址、放射性废物管理计划选择、长期策略和可用技术进行评定；
- 制定设计和运行计划；
- 用逐渐完善的数据对设计和安全评定进行迭代研究；

- 融合技术和监管评审意见；
- 与关注特定决策意见的公众进行磋商；
- 政治参与。

根据设施类型和国家实践，确定所应遵循的精细过程。

4.14. 循序渐进方法与所考虑的一系列处置设施的设计和运行计划一起，应当能为对新的科学或技术信息以及废物管理和材料技术进步做出响应提供灵活性。它应当以一种能使社会、经济和政治方面的问题将得到考虑的方式进行。

4.15. 根据参考文献[2、3]要求，考虑到相关运行经验反馈或安全相关的其他方面，安全论证文件和辅助安全评定应进行必要的定期评审和更新，以反映实际经验以及与日俱增的知识和认识（比如通过科学研究获取的知识）。随着设施运行的开始，当作出可能影响设施或活动安全性的重要变更时，比如对运行实践、废物形式和设计的变更，应当编写安全论证文件和辅助安全评定的修订和更新。监管机构应考虑变更的类型和（或）范围以及需要更新的时间框架。考虑到诸如新资料的有效性、重要设计或运行的变更、知识的改进以及评定技术的进步等因素，典型周期范围为五到十年。

4.16. 在场址选择过程中，应作出关于场址具体特性和设施设计的假设，因此，安全评定将仅提供对设施如何运行的初步估计。这是可以接受的，因为安全论证文件在该阶段的作用仅仅是确定一个场址在原则上是否适宜于废物处置前管理设施。在某些情况下，将为与废物管理设施一起配置的其他设施选择场地，因此，定址和设计应与现行条件相兼容。在后面的阶段中，将需要更多场址特定数据，并提出建议的设计细节，这将容许对安全论证文件中运行问题进行较为详细的描述。纵观该过程，其中单一阶段的安全论证文件应提供足够深度的资料和支撑所需决策的评定。

4.17. 参考文献[3]原则 3 规定：“须依据分级方法评定所有设施和活动的安全性”（第 3.15 段）。这将通过对参考文献[1]原则 5 的以下确认得到进一步细化：

“受权方专用于安全的资源、规定及其应用的范围和严密性，须与辐射危险的大小及其可控性相称”（第 3.24 段）。

根据上述原则，参考文献[2、3]指出安全评定的范围和复杂程度应随不同的设施类型而不同，并且应与潜在危害相关。此外，设施建造和运行的每个步骤所编写安全评定报告的详细程度将依危险大小而有所不同。

4.18. 安全论证文件的编写使用迭代方法，因此安全论证文件所包含论据的相关重要性以及由监管机构和相关各方提出的相应评审水平会随时间而改变。第 6 部分将提供分级方法应用于安全论证文件编写的进一步指导。

安全论证文件的组成部分

安全论证文件的背景

安全论证文件的目的

4.19. 如第 4.10 段所述，安全论证文件须随项目进展而展，并且应当用作决策的依据，这包括监管决策和其他决策，比如关于设计、支撑性研究工作或场址特性调查活动等。应当清晰地描述每次修订安全论证文件的背景，并进行必要的更新以适宜于安全论证文件的后续修订。

4.20. 安全论证文件每次修订的目的将取决于很多因素，比如计划性框架、设施发展的阶段，以及是否将安全论证文件提交至监管机构作为正式许可证程序的一部分或用于获得监管机构的指导。对于安全论证文件的每次修订而言，营运组织须清晰地描述其目的，这取决于设施发展的阶段，应包括：

- 安全概念初步设想的检验；
- 场址或定址的选择；
- 设施或活动的安全论证；
- 设施设计或活动安排的优化；
- 清洁解控和排放活动的评定；
- 预期设施寿期的确定与正当性理由；
- 可接受废物最大贮量的评定（设施的“放射性容量”）；
- 限值、控制和条件的确定或修订；
- 监测和数据采集计划的输入；
- 法律法规要求的定期再评定；

- 设施或活动变更或配合新设施的应用；
- 设施的关闭和退役，包括设施寿期的计划性终止或是由于不符合法规导致的关闭；
- 补救行动是否必要的确定；
- 与处置方案兼容性的论证。

确定安全评定目的的过程在推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目中也进行了阐述，并且作为附件IV包含在本“安全导则”中。

安全论证文件的范围

4.21. 应明确界定安全论证文件的范围。应当辨别安全论证文件考虑的是一个完整设施还是大型设施的一项活动。还应当考虑场址的边界以及与相邻活动或设施的交界。

4.22. 如果循序渐进地建造设施，安全论证文件的范围应当提供在设施寿期中相关阶段的清晰定义、安全论证文件是如何从先前版本改造而来的，以及将如何为未来修订提供支撑。例如，应当解释如何从建造阶段安全论证文件过渡到调试阶段安全论证文件的，而在调试完成又将如何对设施运行的正当性进行证明。

安全论证

4.23. 安全论证编写方法指的是须应用的安全目标和安全原则以及必须满足的监管要求。安全目标和安全原则可能是由监管机构制定的。应当将对如何编写安全论证文件作出规定的监管框架编写成文件作为安全论证文件背景的一部分，安全论证文件的编写须符合这一框架。不同国家的安全标准可能有所不同，要求在安全论证文件的背景中详细说明[2]。

4.24. 除安全标准之外的安全要求及关于安全论证文件的其他要求也应在安全论证文件的背景中详细说明（例如工业安全标准、环境标准、清洁解控标准和监管控制中的场址释放标准）。

4.25. 安全论证的方法还应明确说明将如何在安全论证文件中对不确定性管理进行阐述。这至少应涵盖不确定性将如何鉴别、如何表示以及采用什么管理方法。关于不确定性管理的具体建议将在第5部分中提供。

分级方法

4.26. 要求采用分级方法来确定所编写安全论证文件和辅助安全评定的范围、广度和详细程度[3]。应对采用的分级方法进行解释和正当性分析，并且安全论证文件和辅助安全评定的范围、广度和详细程度应当与危害、设施或活动的复杂性以及所管理废物的特性相称。安全论证文件应提出安全论据和辅助安全评定的广度和深度的正当性理由。例如，由于采用了循序渐进方法，场址选择前所考虑的一般贮存概念的安全评定的详细程度可能不如设施调试的安全评定。参考文献[3]中给出了安全评定分级方法的相关因素。第 6 部分将提供对废物处置前管理设施或活动的安全评定分级方法的进一步建议。

安全策略

4.27. 安全策略系指为使场址选择、场址确定以及设施设计和运行符合安全目标、原则和标准以及监管要求而采取的方法，并确保采用了良好工程实践且安全和防护是最优化的。应在设施概念化阶段的初期制定该策略。在后续阶段中，策略会发展和成熟，但应尽早确定，以期在选择设施的场址和定址之前用于实施安全策略的设计概念足以为设施或活动的必要安全功能提供保障。随着项目的开展，安全策略应持续有效，还应对安全论证文件中任何改造的正当性进行分析。安全策略的任何改进应当详细记录，这些记录保存在将来备用。

4.28. 安全策略应述及许多关键要素，即多重安全功能和纵深防御规定、屏蔽和密封，以及选择合理的废物处理工艺方案。应论述如何使废物产生量最小化，如何使关于材料再利用、回收和清洁解控以及流出物排放的废物管理最优化，以及如何考虑与处置前管理的其他步骤之间以及与废物处置之间的相互依赖关系。还应说明需采用的不确定性管理方法，以确保其符合第 4.23—4.25 段中提出的安全论证方法。

4.29. 应考虑废物产生过程及随后废物管理过程间的相互依赖关系。还应考虑这些不同的活动可能会由不同监管机构来负责。

4.30. 参考文献[3]要求提供纵深防御，如此一来安全性不会过分依赖于任一层次的防护或任一实体屏障，并能确保如果一个屏障未按预期生效会有进一步的屏障予以补充。例如，如果在特定事故条件下废物货包的完整性被

破坏，设施建筑自身是负有密封功能的。安全策略应确定预期安全功能及其有效的时间框架。安全策略还应论证某一屏障性能退化时如何通过其他机制或部件来予以补充，或者证明即使存在性能退化的相关危险也可以满足相应的监管限值。安全策略还应说明如何对各种安全功能的充分性进行论证（比如通过评定、模拟和检验）。策略应当指出如何为纵深防御提供足够的水平。纵深防御的充分性可用定量和定性的术语来表示。

4.31. 安全策略应当包含用于证明所处理废物与处置设施可验收标准的兼容性所采取的方法。

4.32. 此外，安全策略应说明以下内容：

- 决策时行事的谨慎程度；
- 选择评定方法学及评定的时间框架和时间窗口的理论依据，包括对各种评定方法及验证、确定和比较评定结果所用工具的讨论；
- 如何开展同行评审；
- 如何证明与国际导则和实践的一致性；
- 其他合适的高水平论据。

设施或活动及废物的描述

4.33. 废物管理设施或活动的描述应当记录关于所建造设施或所开展活动的所有信息和知识，应为全部安全评定的编写提供依据。要获得的信息及关于设施和活动的知识应随着工程的进展和采用迭代方式评定的开展而发展和成熟。知识在不断发展，它应当用于确定未来对于从事设施和活动设计的相关信息的需求。依据设施类型，描述应当包含以下所概括的几方面信息。

场址条件

4.34. 应当识别并描述场址条件及相关事件（包括自然的和人为的）对安全性产生的影响，从而对设施或活动以及设施的设备和组件提出要求。场址特性构成了设计输入的一部分，并可能涉及设施运行或活动开展所需条件（诸如气象条件）的范围或设施可能面临的危害（诸如地震灾害）。因此，所有与此相关的场址条件、过程和事件应按照分级方法进行识别和考虑。应当确定正常或一般情况，并识别鉴别需要考虑的任何更极端但可信的事件。

系统描述（设施和活动及废物的描述）

4.35. 废物处置前管理设施安全与其他工程系统一样，在一定程度上依赖于稳健和可靠的设计和施工。最重要的设计特性是那些可保证放射性废物管理（处理、贮存、回取等）不会对工作人员、公众或环境产生过度危险的特性。

4.36. 因此，安全论证文件应深入论述设施设计和设计所依据的基本假设。安全论证文件应当包括：设施的结构、系统和部件及其安全重要性的全面描述，设施所处理的废物的量和特性，设施可能运行的条件范围，设施可能面临的危害，以及要求的执行标准。

4.37. 安全论证文件还应考虑所采用的基本设计要求以及最终设计是如何反映这些要求的。通常情况下，基本设计要求将涉及诸多考虑，比如需要保证适当的故障冗余度、多样性、可靠性和耐受性，还需要保证将任何可能发生的失效限制在一定范围内并且尽可能限制其后果。对于乏燃料，应对次临界核实和热量排出进行论述。设计还应贯彻纵深防御的概念[1]。

4.38. 应根据安全要求对设计进行相应的评审，以确定设计与设施运行是否包含了适当的措施来预防事故以及一旦发生事故可限制其后果。例如，对于处理易裂变材料的设施或活动，设计时应充分讨论临界相关问题。

4.39. 应评审设计的灵活性，以适应运行工况所用技术和退役计划的变化。

4.40. 如果国家和（或）国际的核材料核算和控制系统[24]适用于该设施或活动，应从安全角度评定所有相关规定，并解决所有冲突（比如区域或材料的准入限制）。

4.41. 除设计和建造的相关问题外，设施或活动安全还依赖于运行方面的问题，比如运行和维护程序、控制及监测。营运组织的组织结构和工作人员，特别是在安全文化、必要的人员能力、安全措施和培训质量方面，往往已经与人因事件的发生频率联系起来。

4.42. 尽管设施或活动的运行问题难以量化，但其相关考虑构成了安全论证文件的一个重要组成部分。由于运行问题对于设施或活动总体安全的重要性，要求在安全评定及设施或活动安全论证文件的广泛背景下对其作出适当的考虑。在阐述运行方面的背景时，还应涉及应急计划和安保措施。

4.43. 对于每一个运行相关的安全问题，安全论证文件应对营运组织计划如何阐述政策、程序、控制和监测中的特定问题（包括事故的预防和发生事故时的响应两个方面）作出解释。解释中应当证明营运组织对潜在安全相关问题做出了适当安排。

废物

4.44. 对于待处理（即预处理、处理和整备）或待贮存废物的类型及设施或活动中将要解控或排放物质，应当收集的数据包括以下方面：废物的体积和形态、关注的放射性核素、放射性成分、存在的易裂变材料，以及其他物理、化学和致病特性。应当包括废物处理可能产生的二次废物流。

4.45. 应考虑废物中可能存在或通过化学流程或其他方式引入的任何非放射性有害成分。这些非放射性有害成分可能属于其他法规的范畴，但它们与废物处理的潜在相互作用或对废物处理的潜在影响是需要考虑的。

4.46. 应考虑投料（给料、原料、收料等）预期特性的变化，特别是与设施的预计运行事件和设计基准事故的潜在影响相关的变化。

安全评定

一般要求

4.47. 本“安全导则”中所用术语“安全评定”指作为安全论证文件中的所有评定活动（见图3）。这包含与设施安全相关的所有方面。因此，安全评定也要涉及质量方面的问题（比如良好工程实践）以及非放射性问题管理（比如常规安全）。

4.48. 本“安全导则”中“安全评定”一词的使用出现了两点不同：

- (a) “安全评定”在早期出版物（比如参考文献[26]）中定义为开展放射性安全量化评定的全部过程。这包括评定背景的发展、设施及其环境的描述及结果的解释。然而，就如图1所示的安全论证文件的更广泛背景而言，上述要素是整体安全论证文件所考虑的一部分而不仅是量化安全评定部分。在如本“安全导则”这样的更广泛背景下对这些要素进行论述，并不代表开展量化安全评定（已在参考文献[26]中就处

置设施进行讨论)的实际方法发生了改变;现今这些出版物中提出的方法已整合到安全论证文件的更广泛背景中;

- (b) 除辐射危险的量化评定外,本“安全导则”中的“安全评定”还涉及安全相关的其他方面。对“安全评定”一词范畴的扩展,是采用安全论证文件更广泛概念作为本“安全导则”依据的逻辑结果。

4.49. 以下各部分提供了图 3 所示的安全评定的关键要素的概述。

放射性影响评定

4.50. 放射性影响评定构成了废物处置前管理设施或活动安全论证文件的核心。除定性评定外,还涉及对安全功能可能面临的挑战及其导致的潜在放射性影响的全面定量分析。在该方法中,假想方案用于描述设施内或活动期间可能的条件或事件,导致的辐射危险则需通过概念模式和数学模式来定量分析。第 5 部分中将对该方法进行详细描述。

场址和工程方面

4.51. 潜在放射性影响的定量评定应给出所选择或推荐的场址以及废物处置前设施或活动的预期设计是否适当的结论。由定量评定得出的结论应通过定性论据和评定予以补充。整套定性和定量评定结果应足以证明场址和工程方面的适宜性、这些方面与第 3 部分提出的相关安全要求的符合性,以及针对设施制定的安全策略得以实现。

工程分析

4.52. 工程分析应鉴别在设计中的何处变更可以排除危害或减小事件的发生频率或减轻事件后果。应运用防护最优化的原则对已确定变更的价值进行评价。

4.53. 安全评定应当用于鉴别赖以防止事故发生和减轻始发事件后果的安全功能及其相关结构、系统和部件。这应通过合适的工程程序和标准来实现,应与安全功能的重要性(例如未能成功执行安全功能的后果)相称。

4.54. 安全评定应当用于确定现有结构、系统和部件是否合适,在正常运行、预计运行事件和事故条件下是否能充分执行其功能,以及它们能否达到剂量和危险控制要求。安全评定还应当用于证实现有结构、系统和部件可按

设施寿期内阶段的要求持续执行其安全功能，应考虑老化、其他退化机制和侵扰性活动（例如支承墙体的拆除或尘土环境条件的出现）。

4.55. 安全评定应当用于鉴别要求更新工程结构、系统和部件的所有安全功能，应当验证这对于满足相关安全要求和标准将是合适且充分的。安全评定还应当用于鉴别运行期间需要应用的任何工程要求（例如与结构、系统和部件的检查、维护和试验相关的要求）和需要保持的服务，包括其他相关设施的服务。

非能动安全

4.56. 营运组织应证明非能动安全特性得到了最大程度的和尽快的应用，比如在涉及长期贮存的情况下。根据参考文献[2]，这对于废物贮存尤其相关。第6部分将更加详细地讨论这一话题。

纵深防御

4.57. “纵深防御”指多种设备和程序的分层部署，以保持正常运行和预计运行事件条件下置于放射性物质与工作人员、公众或环境之间的实体屏障以及一些用于设施事故条件下的屏障的有效性。根据参考文献[3]，要求对纵深防御进行评定，这应包含对设施或活动所提供防御水平的评定。

4.58. 废物处置前管理设施或活动中纵深防御概念的应用要求营运组织对已在设施设计中考虑的若干安全功能进行论证。这一概念的应用将确保安全性不只依赖于单一部件、单一控制程序或者单一安全功能的实现。第6部分中会进一步讨论这一话题。

科学和工程原则

4.59. 良好科学实践的要素包括观察、提出和检验假设、重复性评定、同行评审，以及其他方面。安全论证文件中良好科学原则的应用可通过对各项工作的考虑来说明，例如以认识所推荐化学废物处理活动的有效性为目的的工作。这项工作可能包括采取废物措施、提出关于添加物对废物物理和化学行为影响的假设、通过使用所收集数据的模式来检验这些假设、在建模工作中使用不止一种方案或一个团队来检查可选概念模式和重复性，以及将工作提交至独立的同行评审（见第4.97—4.99段）。

4.60. 应采用良好的技术和工程原则以避免出现复杂的或未充分表征的情况，并且应将程序落实到位以保证这些原则的应用以及对非预期条件的处理。安全论证文件应阐述如何应用良好实践的原则，营运组织应在安全论证文件中证明已经很好地认识设施或活动中可预见的材料、设备和过程，并且从类似应用中获得的知识证实了这些材料、设备和过程非常适用于预期用途。只要有可能，营运组织应使用广泛接受的技术，并且应给出采用这些技术得到的经验反馈的适当考虑。

场址特性调查的质量

4.61. 安全论证文件应当包含对场址选择所用方法和标准的清晰描述，应当证明所选场址是符合安全策略和任何已制订标准的。安全论证文件应整合对于场址及其周围环境、邻近的其他设施或居民点的信息，应采用模式来增进对设施或活动可能行为的认识。

4.62. 高质量的场址特性调查和安全评定计划会提高评定结果的置信度；就参数取值和所用测量方法学而言，营运组织所收集的场址数据应与其他现有数据相一致；基于科学原则，所开发安全评定模式与场址的性质和概念性认识相一致；场址概念性认识和安全评定模式应与关于可用场址的任何新资料持续匹配，并且通过较小改动便可适用。

运行安全方面

4.63. 非放射性运行安全评定在本“安全导则”范围之外，但是存在与运行安全（例如火灾、爆炸或出现有毒物质）评定的相互作用和可能的协同作用。如何应用非放射性危险的相关要求将取决于设施类型、法律法规框架和设施建造的阶段。因为辐射危险和非放射性危险的来源可能是相同的，所以这些危险及必要对策的整体评定可能是有益的。

非放射性环境影响

4.64. 废物处置前管理设施或活动（例如场址往来的材料运输、流出物的排放和噪声）的非放射性影响评定将受到环境保护法规、其相关规定和运输相关规定的要求和约束。这在本“安全导则”范围之外。然而，本“安全导则”所描述的评定方法也可用于废物的非放射性成分危害的评定、防护最优化和可抵御所有潜在危害的安全性。

4.65. 环境保护法规及其相关规定提出了关于废物处置前管理设施的建造、运行和退役或者废物管理活动开展的若干要求。比如交通或噪声污染方面的限制，其可能会限制设施的建造和运行；再比如在建设施的水管理所要求的限值、控制和条件。在设施设计中应当对这些来源于环境保护法规的要求给予充分考虑。因此，安全论据的集合（见图 3）还应考虑非放射性影响，应对设施或活动的总体安全性及其能完全符合所有相关法规和监管要求进行论证。

管理系统

4.66. 参考文献[2]要求 7 规定，“管理系统应当用于放射性废物处置前管理的所有步骤和要素。”参考文献[19]提出了对管理系统的一般要求，参考文献[27]就如何满足这些要求提出了建议。应当采用合适的安全管理系统来提高安全论证文件的置信度，并且应当就负责所有安全相关工作的管理系统的适当性展开评定。

4.67. 对于管理系统的要求会通过两种方式影响安全论证文件的编写。其一，用于设施建造各个阶段管理系统的描述应代表安全论证文件的一个重要元素，这将有助于提高满足用于选址、设计、建造、运行和退役安全的相关要求和标准的置信度。其二，应当制定计划以保证安全论证文件和安全评定的所有相关活动（诸如数据收集和模拟之类）的质量。这一方面将在第 4.100—4.105 段进行讨论。

不确定性管理

4.68. 参考文献[3]反映了论述安全评定不确定性的重要性，其规定“应采用定性方法和（或）专业判断对安全分析的不确定性就其来源、性质和程度描述其特性。”参考文献[3]进一步要求“可能对安全分析结果及基于这些结果所作决策产生影响的不确定性应在不确定性和敏感性分析中进行论述。”不确定性的管理方法将在第 5 部分中讨论。

迭代和设计最优化

4.69. 设计方案的决策过程是多层面的，应将多种多样的而有时又是竞争性的因素一并引入并相互协调以作出决策。决策过程将在一些最实际的情况中进行迭代。迭代次数将取决于设施建造的阶段、所作决策的性质以及数据和模式的有效性。

4.70. 决策过程的初期迭代应当从有效数据和评定能力着手。迭代需要持续进行，直到可以判定已充分达到评定目的。此外，要获取的其余知识仅需达到改进决策依据的必要程度。迭代可能只影响安全论证文件的某一特定方面（例如改进用于特定模式的数据要求）。较广泛的迭代则可能涉及安全论证文件的所有组成部分的改造，比如：

- 会对安全论证文件的背景进行调整，例如使不确定性更加实际或扩大所考虑的接受能力范围（见第 5.19 段）；
- 安全策略会得到改进和完善；
- 场址的新增数据会变得有效和（或）设计会得到进一步发展。

以上改变或其他因素（同行评审结果）可能会引起安全论证文件和辅助安全评定的组成部分的改造和进一步发展。

4.71. 废物处置前管理设施或活动的防护最优化是一个应用于设施设计开发中所作决策的判定过程。在设施的建造、运行和退役过程中，应采取良好的工程和技术方案并应采用质量管理原则。

4.72. 对于防护和安全最优化的某些决策，基于专家判断和利用现有的最佳技术的定性方法可能就足够了。一个问题越复杂，它与设施其他方面会有越多的相互联系，那么用以证明防护已经最优化的相应应用就会越严格。为了证明所作防护可视为最优化，应提供以下重要论据：

- 已对设施开发、建造和运行中各个阶段不同设计方案的安全影响给予了足够的关注；
- 发生干扰设施性能或活动开展而导致较高剂量或危险的事件的可能性已经通过选址或设计在合理范围内尽量降低。

4.73. 应当论证所选设计方案是通过一个明确规定的合理的程序来选取的。如果安全论证文件列出了备选设计方案及其利弊评定，并提出了首选方案的正当性理由，那么所选设计方案的可信度就会提高。在一些国家，对各种备选方案的考虑是一项监管要求（例如参考文献[29]）。

4.74. 在项目设计阶段，通常会考虑项目的不同选项。然而，在决策过程的每个阶段，应保持开放态度，考虑替代方法实施项目的可能性。安全论证文件应当以预先确定的一系列标准或考虑为依据，对最合适方案的选择过程

进行描述。除安全标准外，用于备选方案比较的标准还应包含环境和社会经济学因素（比如特定方案的代价、公众接受度）。

4.75. 对开展项目的备选方案的检查包括对以下三个问题的回答：

- (a) 备选方案是什么？
- (b) 与每个备选方案相关的影响是什么，尤其是优、缺点？
- (c) 选择首选方案的根本原因是什么？

4.76. 应确定备选方案并对其进行足够详细地描述，以期为这些问题提供清晰的答案。例如，如果考虑了备选设计方案，那么应对每个备选方案进行描述，并应确定每个备选方案的潜在放射性影响、代价和利益。接下来应当将不同备选方案的标准和分析全部编写成文件，用于支撑所推荐的设计。第 6 部分提供了对决策和评定备选方案的进一步建议。记录应包括设计演变和设计相关的决策依据，这些记录应保存在安全论证文件的演变过程中。

安全措施的确

4.77. 应证明安全评定结果在有效剂量（例如正常运行条件下的个人年有效剂量和单一事件（包括事故）条件下的个人有效剂量）或风险方面能符合监管要求和标准。为达到该目的，安全评定结果应当用与相关安全标准中相同的单位来表示。

4.78. 应开展敏感性分析，以确定并评定对评定结果影响最大的参数和取值。如果安全评定结果对于某一输入参数或假设特别敏感，营运组织应指明为降低不确定性和重新开展这部分安全评定所需的努力。

4.79. 安全论证文件应证明已将适当的安全措施落实到位，以满足安全标准且与发生每种事件的可能性和相关辐射后果相称。这些措施可能包括：

- 工程措施：运行期间的技术或实物措施到位，比如屏蔽措施。
- 程序性措施：如果工程措施不能完全排除危险，可能必须采取行政措施，比如高辐射水平区域的准入限制。

使用安全评定来论述设施设计和安全措施适当性的更深层次方面将在第 6 部分中描述。

限值、控制和条件

4.80. 安全论证文件应当用于促进设施或活动的许可证条件及其他控制和要求的制定。

4.81. 应鉴别能使设施安全运行或活动安全开展的规范，并应从该规范中推导出限值和运行限值。例如包括特定场址或特定过程对于废物类型、活动以及可接受或可处理量的限值，以确保运行安全及在长期贮存废物情况下的长期安全。

4.82. 安全运行规范还应当用作制定运行计划和程序的一项输入，包括维护、检查和检验要求。应建立一项正式的机制来将这些不同的运行计划和程序与安全评定联系起来，并且应当落实这一过程，以采取使这些联系生效的必要行动。

4.83. 对于设施或活动特别重要的限值和条件是可接受的废物贮量和（或）废物中特定核素的浓度水平。它们应当以安全评定结果为依据进行确定。

4.84. 可以将单一废物货包和设施视作一个整体来制定设施废物验收标准。可接受贮量的水平通常取决于对各种假想方案的评定以及排放、清洁解控和废物处置前管理活动的相关标准。此外，安全论证文件应当用于评定设施中可能导致关键安全特性退化的物质（比如化学物质）的性质和水平。

安全论据的集合

4.85. 安全论证文件应当对可用的证据、论据和分析进行集成。这一集成应当解释如何考虑相关数据和资料、如何检验模式以及如何遵循合理的和系统的评定程序。安全论证文件也应承认当前可用证据、论据和分析的任何局限性，并应强调用于可判定设施或活动的计划和建造仍可继续开展的主要根据。安全论证文件应包含用于论述并管理具有潜在安全破坏性的任何待解决问题和不确定性的方法。如果这些证据、论据和分析不能提供足够的证据来支撑一个明确的决策，那么可能需要对安全论证文件或者设施设计作出修改。

4.86. 通常来讲，设施计划和建造中各个阶段的安全论证文件将包含不同类别的用于有效支撑设施质量和性能评定的所有证据、论据和分析。还应

与安全论证文件中的论据和不确定性相冲突的结论进行讨论和分析。这需要以下问题的详细讨论：

- 安全论证文件和辅助安全评定不确定性的处理；
- 构成安全论证文件依据的科学和设计工作的质量和可靠性；
- 安全评定的质量和可靠性，包括假想方案开发、所考虑假想方案范围的适当性、假想方案可能性的评定，以及所用方法、模式、计算机程序和数据库的适当性；
- 开展安全评定计算的管理系统的要求，以保证计算的质量。

4.87. 在表述安全论证文件时，不同类别论据的侧重点可能不同，然而这取决于：

- 预期受众的关注和要求；
- 已证明安全的时间段和危害随时间的变化；
- 项目开发阶段；
- 设施或活动的可能演变；
- 相关不确定性及其对于设施安全性的影响。

4.88. 定量评定结果的一个重要用途是用于与安全标准的比较，尤其是剂量和风险限值或约束值。此外，补充性的安全和性能指标可用于计算结果的评价与评定。定量分析应通过考虑半定量和定性论据的其他推理方法予以补充。

与安全标准的比较

4.89. 需要对安全目标和标准与用于证明满足这些标准和实现这些目标的指标进行明确区分。安全目标可用一般性术语（针对这些目标的国际协定）来表示，与特定指标（例如剂量或危险指标）相关的安全标准（在国家法规中制订的）则常用目标值、约束值或限值来表示。各个国家的这些指标可能不尽相同。

4.90. 如果同一场址已存在或计划有多个设施或活动，在根据评定范围制订要考虑的标准以及将安全评定结果与这些标准进行比较时，应考虑所有设施和活动的影响。如果现有和新增设施或活动在一个场址同时出现时，或者在一个场址存在不同的废物处置前管理设施或发生不同类型的活动时，

这可能不会很容易。在此情况下，通常需要营运组织和监管机构之间的协调，以确定用于安全评定的标准。

4.91. 安全评定的目的之一是将安全评定的终点与安全标准进行比较。然而，算得的剂量或危险低于特定安全或危险约束值，这本身并不足以表明废物处置前管理设施安全论证文件的可接受性，因为还应满足其他要求，比如提供多重安全功能和防护最优化。

处理未解决问题的计划

4.92. 要求在设施或活动整个寿期内开展废物处置前管理活动或设施的安全论证文件并逐步更新[2]。如果安全论证文件的每次修订都包括进一步工作计划来对存留问题进行必要的处理，和（或）比如通过系统部件的设计变更来尽可能减少重要的剩余不确定性或减少其相关性或完全避免，那么任何阶段安全论证文件的置信度都将提高。

4.93. 在设施开发的早期阶段，可能存在许多待解决问题或不确定性，因而安全论证文件应包含用于将来处理这些问题和不确定性的明确计划（例如通过场址特性调查或通过系统设计最优化），应确定用于实现这些计划的策略。这一安全策略应当将这些未解决问题根据其重要性分组，以使得对于安全非常重要的未解决问题的解决获得最高优先级别。营运组织和监管机构应当判定是否应停止设施建造直至关键安全问题得到解决。在随后直至安全论证文件作为许可证申请的一部分来呈现时，应以适用于立即决策的方式来处理具有潜在安全破坏性的不确定性和待解决问题。所用方式应在安全论证文件中得以反映。

相互作用过程

4.94. 如图 3 所示，为保证编写安全论证文件的质量和充分性，有大量与其相互作用的外部过程。其中最重要的就是监管过程，通过该过程制定应遵守的标准，提供满足这些标准的监管指导。还包括一个相互交流和沟通的过程，以期保证监管机构对安全论证文件的所有期望得到满足，并保证需要解决的问题已得到确认和管理。第 8 部分提供了应当如何组织和实施监管评审过程，以提供安全论证文件的额外置信度。

4.95. 这些相互作用过程也应当包括独立的专家团队和相关各方的参与。此外，安全论证文件的编写应当采用一个可保证安全论证文件及其文件质量的全面管理系统。

相关各方的参与

4.96. 应当确保把相关各方的早期参与作为建立设施安全的置信度过程的一部分。关于相关各方参与的一系列不同的模式已经在不同国家得到应用，相关各方参与国家和国际研究计划的方法也已经进行了广泛的研究。一个关键的考虑是，相关各方的参与应当在一个公开和透明的咨询框架内进行，并且具有明确的议事规则。相关各方的参与过程应当在安全论证文件中予以陈述。

独立评审

4.97. 独立的同行评审应当在建立安全论证文件的可信度中发挥重要的作用。同行评审应当需要由未直接参与该安全论证文件的开发以及没有直接利益（例如，经济或政治利益）关系的具有合适资质的专家或专家组对工作的技术计划或工作的特定方面进行正式的文件检查。

4.98. 独立的同行评审应当是一项能动和持续进行的引领安全论证文件编写工作的一部分，且应当在项目的早期阶段就开始。同行评审应当完全文件化，包括授权评审范围及职责范围、选择评审人员的依据、同行评审的评审结果、营运组织对评审人员意见的答复和评审人员对这些答复的评定。

4.99. 在某些情况下，应当成立国际同行评审组，集中于一个或多个特定主题，或对整个安全论证文件和（或）辅助安全评定进行评价。

管理系统

4.100. 要求监管机构和营运组织各自建立适合的管理系统，以保证所有安全相关工作的质量[19]。管理系统的设计应为安全论证文件的编写和评审提供足够的依据，开发适合的管理系统时应考虑以下方面：

- 对于意义明确的、一致的和透明的标准要求，这些标准是评价安全论证文件和所作决策的依据；
- 对于内部和外部监察的要求，视情况而定，确定管理系统及其实施的充分性；

- 记录并提高评定人员和评审人员的资质、能力和信誉的要求，比如通过提出培训计划和参与国际项目；
- 对于安全论证文件的编写和评审过程中透明性和公众参与的要求；
- 确保对国际化视角（例如建议、安全目标、安全评定方法、时间框架和处置概念）的考虑的要求；
- 在项目整个时间框架内开发并保持营运组织和监管机构的能力和知识的要求。

4.101. 安全论证文件和辅助安全评定应在能够确保适当质量水平的管理系统内进行。管理系统应包括一套有计划、系统的程序，用于执行和记录过程中的各个步骤，以确保输入数据、模式和结果质量良好。由于需要对安全评定的结果建立信心，因此必须应用相关程序，以便从设施发展的最早阶段就确保评定的各种要素的质量。

4.102. 如果认识到安全论证文件未对相关问题进行处理，那么其置信度将会降低。完整性是监管机构在对安全论证文件评审（见第 8 部分）时可能要考虑的首要问题之一。其他相关各方也可能希望验证对它们重要的问题是否已得到解决。因此，建议用不同方法来证明安全论证文件已涉及所有相关问题，包括有关的不确定性问题。待处理问题的范围将取决于设施建造的阶段，其可能有若干来源，包括法律、法规和相关各方的关注。因此，证明完整性的方法可能包含结构化的相互参考的资料或绘图，以建立起这些原始资料和安全论证文件之间的联系。

4.103. 可追溯性要求对所作决策和假设以及用于获得给定的一组结果的模式、参数和数据作出清晰和完整的记录。可追溯性还包含追溯用于安全论证文件的数据和其他原始资料的可能性。因此，应当建立一个辅助安全论证文件的协调一致的参考体系。记录中应包括结构化信息，即关于各种决策和假设是何时做出的、依据是什么以及由谁做出的，这些决策和假设是如何实施的，采用什么样的模拟工具，以及数据的最终来源是什么。

4.104. 透明性要求公开、沟通和问责制。这意味着安全论证文件和安全评定应当以一种清楚、公开和公正的方式来文件化，例如既要认识到于设施安全有益的特性又要承认不确定性。目的是为了告知决策者，给出一幅关于评定中做了什么、结果和不确定性是什么、为什么是这样的结果以及关键问题是

什么的清晰构图。为了提高透明性，使公众可以获得安全论证文件的文件化资料并确保以适宜于预期受众的方式和详细程度编写这些资料。

4.105. 对于安全论证文件文件的进一步建议将在第 7 部分中提供。

5. 安全评定

概述

5.1. 安全评定是评定一个废物处置前管理设施或活动的安全及其对人类健康和环境潜在影响进行量化的系统的过程。安全评定应使用分级方法并以系统的方式进行，与危害、设施或活动的复杂性及废物特性相称。

5.2. 安全评定既包括设施或活动总体安全水平的量化，也包括相关不确定性的分析。安全评定中使用的方法学应当是系统的，且评定应当充分阐述与防护和安全相关的所有方面。

5.3. 在设施或活动生命周期的各个阶段，安全评定进行的详细程度将不必相同（例如在场址选择阶段可能缺少设计信息）。安全评定应当在适宜的时间间隔内进行更新（例如至少在每个阶段开始前，或监管机构要求时），充分考虑新的信息，例如从运行经验中得到的反馈。

总体方法

5.4. 推荐的安全评定方法包括以下关键部分：

- 评定背景说明；
- 废物处置前管理设施或活动和废物的描述；
- 假想方案开发和正当性；
- 模式建立与所需数据的鉴别；
- 进行计算与结果评定；
- 安全措施与工程方面的分析，以及与安全标准的比较；
- 结果的独立核实；
- 如果需要（即迭代），评定的评审与修改。

5.5. 一些组成部分（评定背景、设施或活动描述、结果评价）与第 4 部分中描述的安全论证文件的各组成部分重叠。这是将安全评价视为更广泛安全论证文件的一个自然结果。本部分中各种讨论与定量评定特别有关，这些组成部分的更通用陈述的补充见第 4 部分。本部分的各个讨论涉及特定的定量评定，并对这些组成部分在第 4 部分补充了更综合性的介绍。

评定背景

5.6. 评定背景包括以下关键方面：评定目的、评定的基本原则、监管框架、评定终点和评定的时间框架。除了在第 4 部分中讨论的一般特性外，以下指导与设施或活动的放射性安全定量评定有关。

评定的基本原则

5.7. 评定的基本原则，即评定方法的选择，已在第 4 部分中进行了一般性讨论。在定量评定方面，一些特定的内容是相关的。

不同评定方法的使用

5.8. 安全评定应使用适当的方法选择，当以补充的方式使用时，可以增加对设施或活动安全的信心。可以考虑的不同方法包括：推理论证、简单保守模式的使用、概率和确定性方法，以及更复杂和更现实的模式的使用。

概率和确定性方法

5.9. 参考文献[3]提出了使用概率和确定性方法的要求。复杂的或有危险的设施需要满足这些要求，但是简单的设施可能只需要定量的分析，这与分级方法一致。安全评定中概率和确定性方法的结合可以提高评定结果的可信度。然而，重要的是要意识到这两种方法的好处和局限性。

5.10. 确定性方法更容易执行且可能更容易向不同受众进行解释。确定性方法的局限性包括无法直接考虑概率和可变性，以及难以证明选择的参数是最佳估计值或保守值的正当性。

5.11. 概率方法的优势在于它能够更全面和明确地说明考虑中的设施或活动以及其余的不确定因素。这种方法还提供了更全面和系统的敏感性分析，并可用于推导风险评定。与概率方法相关的挑战包括难以获得参数或指定

参数的适当概率分布、所采用的统计抽样方法可能导致所选择的参数组合在抽样方法的有效范围之外、概率假设的沟通和结果的困难，以及额外的必要资源。

保守评定与现实评定

5.12. 参考文献[3]讨论了使用确定性和概率分析有关的保守性与现实性的作用。一个现实评定的目的是提供一个设施或活动最可能行为的指示。通常，这需要复杂概念的数学模式。另一方面，一个保守评定的目的在于简单，通过故意高估照射的可能性与大小和（或）低估提供保护的工程和安全措施能力。

5.13. 在安全评定中，保守的和现实的计算均可能是必需的，且两种方法均可被用于提高设施或活动安全的可信度。例如，尤其是评定的早期阶段，保守的模式能被用于快速评定部分设施或整个设施的性能。简单保守模式也可用于增加对更复杂模式所得结果的置信度。

5.14. 决定使用一个保守方法还是一个现实方法，或两种方法都使用将取决于许多因素，例如评定的性质和目标、监管要求、数据的有效性和可靠性、场址和设施或活动的复杂性、以及可利用资源。

5.15. 如果要用安全评定来优化设施的设计，或示范对其行为的详细了解，则考虑到可用数据来参数化模式，安全评定应尽可能切合实际。然而，进行实际的评定可能需要涉及大量参数的复杂计算，而且可能需要大量资源来证明所使用的数据和模式反应设施的实际表现。现实的评定需要使用相关和可靠的可利用数据，包括放射学和环境监测结果、运行经验和关于与安全有关的历史事件的资料（例如在设施内或在国内或其他国家的类似设施内）。

5.16. 如果将安全评定用于证明符合数字化量度或性能标准，则可以根据相对简单的模式进行保守分析。如果安全系数较大，这种方法是可行的。然而，需要谨慎，因为如果使用不当，由于设施或活动过于保守或最坏情况的表现，而评定结果与实际设施或活动几乎没有相似之处，可能导致基于评定结果的决策失误。

评定终点

5.17. 应提供与相关的法规安全要求和标准相对应的评定终点的明确描述和理由，并考虑到评定中使用的假设，如时间范围和使用的受体。评定的终点包括：

- 针对放射性影响（如剂量或风险）考虑的评定终点：这些终点通常与适用于设施或活动的法规有关，并且有必要证明选定的评定终点与评定目的以及相关法规要求和导则一致；
- 其他安全指标例如剂量率，放射性核素释放量，环境中放射性核素浓度，非放射污染物的浓度和释放量以及对非人类物种的影响；
- 有关如何使用评定终点的描述，例如，确定遵守放射性或环境标准。

5.18. 评定的时间框架是安全评定计算中考虑的最长周期。应解释和证明选择评定时间框架的理由，其理由应与监管框架一致。

受体

5.19. 与每个不同的终点关联的受体（接受来自设施的辐射剂量或照射危险的人或人群，或，在人类以外物种中，接受辐射剂量或照射危险的物种中的成员）应当加以明确和描述。应当考虑使用一系列潜在的受体，包括个人、群体和其他物种。

5.20. 国际放射防护委员会推荐使用“代表人”概念评定公众照射[20]。根据监管要求，潜在受照组中代表人的剂量或风险可被用作评定的终点。

5.21. 应考虑环境支撑或维持潜在照射群体的能力，其中代表人是该群体的成员。还应确保这一群体的假定特征与生物圈支持这一群体的能力相一致。例如，假设的环境条件（定址、气候、土地利用等）可能会限制合理预期存在的群体类型或规模。

废物设施或活动的描述

5.22. 第 4.33—4.46 段讨论了废物和设施或活动及其周围环境的描述，因为这在一定程度上对安全分析的所有要素都是必要的。风险的定量分析将

提出许多额外的数据需求。这些由定义的假想方案和使用的模式决定。定量分析所需的这些额外数据的收集应在迭代过程中进行，同时开发和完善假想方案和模式。

假想方案的开发与正当性

5.23. 术语“假想方案”是指一组能导致人类照射或环境污染的假定或假设的条件和（或）事件[3]。

5.24. 每种情况都可能代表或约束一系列广泛相似的情况，反映设施正常运行期间或特定事件导致偏离正常运行条件的结果产生的某些情形。选择适当范围的方案和相关评定案例的选择和理由是至关重要的，所选方案将对废物管理安全性的评定产生明显影响。

5.25. 安全评定假想方案的设置，应考虑设施或活动产生的现有和潜在危险，以及设施或活动在整个生命周期内的相互关系和演变。

5.26. 作为假想方案开发和正当性的基础，应在设施与活动描述的基础上采取一个系统的方法来鉴别和筛选危害。为鉴别能导致工作人员和公众照射或对环境造成不利影响的正常运行和预计运行事件以及事故条件下的假想方案，应当以迭代方式应用下面的步骤：

- (a) 危害和始发事件的鉴别：应当考虑废物和其他放射性物质的贮量、活度、物理条件和定址，连同在其管理活动或过程中出现的任何附加危害，也应当鉴别始发事件在哪里对人类健康和（或）环境造成潜在损害；
- (b) 危害的筛选：为指导设施或活动的所有重要的与危害和始发事件相关的工作，被鉴别的危害应当被量化和筛选；
- (c) 假想方案鉴别：安全分析应当鉴别在所有能够认识的所筛选的危害的过程或事故情况下出现的所有相关假想方案。

5.27. 鉴别和筛选危害的过程应当考虑设施或活动的复杂性，以及生命周期中危害和危险的演变，也应当与监管框架保持一致。

危害鉴别

5.28. 鉴别危害时，应当考虑在正常运行、维护和故障恢复期间的每个过程的性能。也应当考虑一个过程故障是如何影响相关过程的。例如，在鉴别用吊车放置废物的相关危害中，应当考虑在吊车正常运行中、在吊车维护期间与放置中出现故障后进行维护的恢复期间可能出现的错误，以及吊车故障对上游工序的影响。

5.29. 该被鉴别的危害组应当包括那些由于人的错误导致的危害。该范围可从不正确或不完整的维护作业到控制设备的不正确限值设置或错误的运行人员行为。该危害将未必与被鉴别的危害一样由设备故障引起，这是因为它们可能涉及除了始发事件以外的共因故障。

5.30. 许多遥控操作部件依靠计算机程序。软件可靠性应当涵盖在危害鉴别过程中。

5.31. 虽然安全导则关注的焦点在放射性安全，当在国家要求中规定或当非辐射危害可能影响放射性安全时（如火灾），非辐射危害（如化学毒的、工业的）也应当阐述。安全标准中的非辐射危害能与辐射危害一起被评定与建模。

5.32. 为指导设施或活动的所有重要的和相关的危害和始发事件的相关工作，被鉴别的危害应当被量化和筛选。不会对人类健康和（或）环境在一定程度上造成超过了相关安全要求或标准的潜在损害，或在被评定的设施或活动的给定范围内不能实现的危害，可从随后的危害分析中被筛选出去。在一个安全评定的再评定中，这样筛选的论据应被评审，以检查它们依然有效。

危害筛选

5.33. 应当在不考虑采取任何保护性或缓解性的安全措施的条件下量化风险。然而，应当信任未受始发事件影响的设施的固有（非能动）特性（如屏蔽墙，工程安全特性）。通过任何鉴别途径或与相关标准比较时有高发生概率事件引起潜在严重危害应当进一步考虑。

5.34. 安全评定范围和（或）目标之外的，或者在超过相关标准不会导致不良后果的危害应当被筛选出去。这将导致指导安全评定工作的危害清单的

精简。此外，通过对危害进行分组来简化安全评定是可能的，因此每一个组可采取对其后果的一个极限评定。

5.35. 在危害被排除或分组的地方，方法的正当性应当被包括在安全评定内。在安全评定的再评定或随后的迭代/开发中，该正当性应被评审，以检查它们仍然有效。

5.36. 危害筛选过程应当包括对工作人员和公众的所有相关照射途径。这方面的过程应当考虑正常运行和预计运行事件（当该释放和照射可能在一个相对长的时间间隔里连续发生）以及事故条件下（这些均是典型单一事件）的放射性物质释放和照射。

5.37. 筛选过程应当考虑所有被鉴别的危害对工作人员造成伤害的潜在照射途径，例如：

- 来自设施中污染物和（或）结构物、部件、建筑物、表面的活化等或来自放射性物质（例如密封源、放射性废物货包、来自发射 γ 射线核素的直接辐射）的外照射；
- 在设施运行或活动期间，或事故（例如火灾）后吸入或摄入气载释放物（尤其是烟、气溶胶和颗粒物）；
- 沉积在皮肤或衣物上的放射性物质引起的皮肤剂量；
- 污染物和机械伤害的结合（例如伤口污染）。

5.38. 无论如何，公众照射途径与向环境的释放应当考虑（例如包容的缺失或火灾可能导致超越场址的放射性物质的不当弥散）。除了上列对工作人员的途径以外，应考虑通过水，经由气载释放和（或）经由食物链的场址外照射途径的可能性。

假想方案鉴别

5.39. 被筛选的危害评定假想方案应当以一个系统的方式产生（例如通过鉴别假想始发事件）。

5.40. 应考虑可通过其造成危害的所有假想始发事件，具体是：

- 外部始发事件：(i) 自然事件，例如不利气象条件（如风、雪、雨、冰、温度异常、洪水、闪电）、地震或生物侵入；和 (ii) 人为事件，

例如空难（有或没有随后的火灾）、爆炸、火灾、失去电力或其他服务、以及未核准侵入；

- 设施或场址的内部始发事件，例如火灾、爆炸、结构物倒塌、泄漏或溢出、通风失效、重物坠落、保护措施失效（如屏蔽、个人防护设备）；
- 人为始发事件，例如运行人员失误和违规、错误识别以及执行不相容活动。应当考虑在事故演变期间由减轻事故后果的行为引起的潜在的新的始发事件。

5.41. 应尤其考虑人类因素和技术过程，因为这些常常代表假想方案产生的一个主要贡献者。

5.42. 始发事件的鉴别与它们的演变应当使用适当的技术（如危害和可操作性分析，事件树分析或故障树分析）与信息源来进行，例如检查清单、设施或活动的预期剂量率、放射性废物存量以及来自其他设施或活动的反馈。附件 I 包括一个假想始发事件清单与照射假想方案开发实例（在推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目中开发）。

5.43. 应当为正常运行（包括在适宜情形下启动和关闭）、预计运行事件和事故条件开发假想方案。安全分析应当阐述正常运行后果、与所有预计运行事件和事故条件有关的频度和后果。分析的详细程度取决于与设施或活动相关的辐射危险的大小，分析内容包括事件发生频度、设施或活动的复杂性与过程中内在的不确定性。

正常运行假想方案

5.44. 正常运行假想方案应阐述设施的系统和设备将按预期运行或开展活动的所有条件，不存在内部或外部挑战。这包括设施设计用于在设施寿命期内正常运行和维护过程中运行的所有运行方面，以及活动的所有阶段。应考虑输入材料（给料、原料、收料等）的变化对正常运行的影响。

5.45. 正常运行假想方案评定目标应当以评定在正常运行时，活动是否能安全进行或设施是否安全运行为目标来定义。这包括评定工作人员和公众所受辐射剂量是否将在规定限值和约束值之内，以及将维持在可合理达到的尽量低水平。它也包括核实纵深防御要素将一直维持以及将始终保持足够的安全裕度。

预计运行事件与设计基准事故假想方案

5.46. 设计基准评定中考虑的设施条件通常分为两类：预计运行事件和设计基准事故。两类假想方案的区分是基于来自于引起故障条件的始发事件的发生频度和安全受到的挑战的程度。

5.47. 预计运行事件是指运行过程偏离正常运行，预期在设施运行生命周期期间至少发生一次，但是，鉴于适宜的设计规定，对安全重要物项不会引起任何明显的损害或导致事故状态[30]。废物管理活动也应当考虑预计事件假想方案。

5.48. 设计基准事故是根据已建立的设计标准设计设施的事故条件，对于此情况对放射性废物贮存的损坏和对放射性物质的释放保持在核准限值之内[30]。设计基准事故频度低于预计运行事件。设计基准事故预期在设施生命周期期间不会发生，但是在设施设计中应当考虑。

5.49. 安全分析应当鉴别预计运行事件与事故条件。这应当包括所有内部和外部事件以及可能影响阻止放射性物质的物理屏障或使其他辐射危险增加。安全分析中考虑选择事件和过程应基于一个系统的、合逻辑的结构性的方法，且应当提供假想方案鉴别充分全面的正当性。分析应当基于一个适宜的分组与事件和过程边界，且应当考虑部件的部分故障或屏障的完全故障。

5.50. 预计运行事件与设计基准事故的评定应当证明设施设计或活动的程序规则是这样：

- 放射性物质的潜在释放或屏蔽损失被控制且安全要求将被满足；
- 运行中任何流出物的排放将保持在限值以下；
- 将满足设计基准事故条件的限制标准；
- 不超过规定的放射性限值；
- 为限制辐射照射和限制放射性物质从设施中释放而设置的一些或所有屏障将在所需的范围内保持其完整性。

5.51. 此外，设计基准评定目标应当提供工程设计的容错性以及安全特性与保护措施的有效性的充分证明。这应当通过充分考虑评定不确定性的保守评定来实现。而且，阐述设计基准事故的假想方案分析应当用作与易裂变

材料的反应性控制有关的设计规范、安全特性（例如密封边界、消防系统、通风系统、冷却系统）与电力系统（如果安全需要）的基础。

5.52. 对于新设施或活动，应当对全部设计基准事故进行综合鉴别与评定。对现有设施或活动的改造，评定应当聚焦在那些可能直接或间接影响改造的设计基准事故。

5.53. 对现有设施或活动的改造或再评定，原始设计中使用的方法学和假设可能需要改变，例如，由于：

- 原始设计基准与验收标准可能不再恰当；
- 以前使用的安全评定工具可能被更高级的方法取代；或者
- 原始设计基准可能不再满足要求。

5.54. 为预计运行事件与为设计基准事故进行的评定在本质上是一样的，也需要许多同样的保守假设，特别是那些与安全重要结构、系统和部件相关的。然而，在预计运行事件评定中，如果危害不会使这些系统不可用，假设所有非安全结构、系统和部件不可用与减轻始发事件影响的特性不可信则不是必需的。

超设计基准事故假想方案

5.55. 超设计基准事故是指那些没有作为设计基准事故考虑，但在依照最优估算方法学的工厂设计过程中考虑，且放射性物质释放在可接受限值[30]范围内的事故。设计扩展条件可考虑分为两个通用组：

- (a) 如果将发生的事故有足够高发生概率与足够严重后果，优先考虑可采取的可能的纠正或补救行动是明智的。即使发生概率低于设计基准事故，这也可能是适宜的；
- (b) 那些不能保证有足够低发生概率的事故，即使潜在后果严重。

5.56. 设计基准事故与超设计基准事故之间的区别是基于对发生概率和后果的考虑。此区别在很大程度上取决于设施、活动和场址。如果一个事故的发生概率被认为是高的不可接受的，设计应当能够适应事故使其没有显著后果。如果事故发生概率很低，但是后果明显，设计中应考虑这种特点以适应这种可能性。

5.57. 超设计基准事故可造成的一系列后果如下：

- (a) 那些在设计基准事故的保守验收标准范围内的（可能需要一个评定对其论证）；
- (b) 那些超过设计基准事故保守验收标准的，但不会导致明显的设施损坏或超排放限值的释放；
- (c) 那些有明显设施损坏、安全性能故障与部分放射性物质释放屏障失效或被旁路。

5.58. 上述第 5.57(c)段所述的事故为设施或活动范围内的严重事故。然而，术语“严重事故”（severe accident）具有与核反应堆事故中的堆芯损坏和其他影响有关的特殊含义。本“安全导则”中不使用该术语；为便于区分，下文将提及“严重事故”（serious accident）一词，以表示此类事故。

5.59. 在上面第 5.57(a) 和(b) 段描述的事故情况下，评定的目标应当是量化设施或活动的安全裕度与论证这类事故的纵深防御程度。这意味着在合理可行的地方，设施设计与运行包括下列内容：

- 阻止事件升级为严重事故的措施，通过提供附加的设备和事故管理程序以控制严重事故的发展和限制放射性物质的释放；
- 通过提供场内和场外应急响应方案，以减轻潜在辐射后果的措施。

5.60. 该套为超设计基准事故评定选择的典型故障序列应当通过设计基准事故假想方案中与源自概率评定的主导事故序列中的附加故障或运行人员错误响应来选择。应当使用概率和确定性方法以及合理的工程判断来鉴别可导致严重事故的主要事故序列。需要分析的严重事故序列的细节取决于设施的设计。

5.61. 通常应使用最优估计假设、数据、方法和决策标准来开展评定。在不可能这样做的地方，应做出合理保守的假设，该假设考虑了对被模式化的物理过程认识中的不确定性。这是重要的，由于过度保守假设可导致设计或运行规定过度保守或不必要且可误导营运组织试图诊断事故和跟踪它的原因。

5.62. 事故评定应当将广泛的可导致放射性物质向环境释放的物理过程模式化。

5.63. 超设计基准事故评定应当考虑设施的全面设计能力，包括使用超出它们最初预期功能的一些安全和非安全特性，使事故返回到一个可控状态和（或）减轻其后果。如果非正常使用某系统可信，应有一个合理的基础来假设这样的系统能且将被用于分析。

评定模式的构建与执行

5.64. 一旦假想方案开发完成，应进行相应的评定。这通常利用评定模式进行。一个评定模式将由以下几个部分开发而成：

- 概念模式，代表所关注的废物管理系统：在处置前废物管理设施或活动中，此模式能代表在正常运行期间（例如当评定屏蔽有效性时）或在事故及事故后期间（例如在火灾期间估算从废物中的释放）的一个特定的部件或过程。模式也能描述设施（例如作为屏障的结构物）或生物圈（例如如果建模用于评定通过大气或水生途径释放的后果）的其他部分。在所有这些情况中，概念模式描述了各部件以及这些部件之间的相互作用。它也包括关于设施或活动的几何学与化学、物理、生物和机械性能，与可用信息与知识一致的一组假设；
- 数学模式，使用数学方程描述概念模式中的特性与过程：数学模式能被用于进行定量分析；
- 计算机代码，是有助于评定计算的数学模式的软件实现：计算机代码可包括数学模式中求解方程的数值方法。

5.65. 对特殊过程和（或）系统部件，可能必须开发特殊模式。为安全评定目的，这些模式将需要以这样的方式连接起来，即总体上评定设施或活动的潜在放射性影响是可能的。用于辅助安全评定简化目的的模式连接与更详细模式的使用，应当根据相关质量保证措施进行管理。

5.66. 在开发评定模式过程中，应尽可能地确保：

- 考虑到评定的背景与废物管理系统现有知识的状况，建模过程中现实与保守之间的详细程度与平衡应适合目标；

- 概念模式是对所关注废物管理系统的合理展现，数学模式充分地表述概念模式；
- 为提供所选模式充分性的支撑证据，将已被考虑或评价的任何可替代的概念和数学模式文件化；
- 开展模式核实与确认的适宜练习并加以文件化，以建立用于其预期目的模式适用性的可信度。

5.67. 一旦模式开发完成，需要为不同的参数赋值，该过程被称为模式参数化。在这个过程中，应确保：

- 应对用作输入的参数值与评定计算中使用的计算机程序进行文件化。模式参数化过程应当可被追溯到源数据；
- 场址和系统的特殊特性数据是如何被用于导出评定计算中使用的参数值的记录应当保留；
- 在评定中使用概率方法的地方，应提供所选概率分布的正当性；
- 在应用确定性方法的地方，应提供计算中使用参数值的保守性或真实性的正当性。

计算执行与结果分析

5.68. 一旦模式已被参数化，该模式就能被用于进行对应不同假想方案的评定实例的确定性和（或）概率计算。

5.69. 评定实例应当使用概念模式、场址和设施或活动设计信息充分阐述适宜的假想方案。应进行足够范围的灵敏度和不确定性分析，有助于认识系统以及鉴别没有以适宜方式处理的相关参数。

5.70. 当展示安全评定计算的输出时，应提供充足的结果：那些需要与最终评定的终点和任何可替代方案或子系统安全或性能标准进行比较的结果。应对安全评定结果使用提供指导。例如，应当解释是否安全评定结果（终点）将被直接与监管标准比较（例如安全目标）或是否它们将被用于说明或其他目的。

不确定性管理

5.71. 鉴于某些废物管理系统的复杂性，评定中应努力理解不确定性的重要性和减少或限制不确定性。

5.72. 只要可能，不确定性分析应当作为剂量或风险计算过程的一个完整部分，报告的结果应当包括可能值的范围（包括每个范围描述什么）而不仅仅是单一点值。针对评定目的，不确定性分析应是充分的。

不确定性来源

5.73. 在设施或活动的安全评定中，有几个不确定性来源，可被概括地分类为：(i) 建模不确定性；与 (ii) 数据和（或）参数不确定性。

5.74. 建模不确定性起因于过程知识的缺乏，这将导致不完美的概念模式（例如在火灾期间估算从废物体中释放放射性物质的数量）。概念模式的数学展现可能是近似或过度简化的，也可能增加建模的不确定性。数学模式的数值解不精确是此类不确定性的另一个来源。

5.75. 数据和（或）参数的不确定性指安全评定模式中使用的参数值的不确定性。此类通常包括各组成部分固有特性的不确定性，例如：

- 废物特性，例如放射性核素存量，物理和化学形态，化学物质含量，如络合剂、危险物质；
- 废物货包特性，例如容器和基体的机械和化学性能，废物体的组成；
- 过程特性，例如处理期间的化学和物理特性，添加剂与废物比例；
- 测量程序，例如清除程序，排放测量程序；
- 受体特性，例如照射时间。

不确定性与灵敏度分析

5.76. 存在以随机方式出现的事件或现象，例如设备的随机故障（偶然不确定性），必须进行不确定性分析。这些是概率模式的逻辑结构中的内在不确定性。其他不确定性与对有关考虑问题的认识状态有关（认识的不确定性）。在任何物理现象的分析或分析模式中，都存在简化和假设。即使对相对简单的问题，一个模式可能不包括被认为对解决方案不重要的方面。此外，在科

学和工程学科范围内的知识可能不完整。在对特定问题的结果预测中，简化和知识缺乏会导致不确定性。

5.77. 不确定性分析是从输入数据和模式参数的不确定性中对评定终点的不确定性进行评定。灵敏度分析被用于鉴别每个评定结果的不确定输入参数的相对重要性。

5.78. 概率分布提供了一个描述参数值不确定性的方便的手段，并便于概率统计技术在不确定性与灵敏度分析中的应用。

5.79. 在定义处理不确定性的方法时，可以方便地区分假想方案不确定性、建模不确定性以及数据和/或参数不确定性。可能的处理方法概述如下。

建模不确定性与数据和参数不确定性的处理

5.80. 对于每个假想方案，需要对所使用模式和参数值中的不确定性进行处理。虽然能采取行动来减少一些不确定性，总是有剩余的不确定性必须以这样一个方式进行处理，即可从评定结果中得出结论并作出决定。

5.81. 阐述建模不确定性的常用的方法是对备选模式之间进行比较，且在一些情况下，也对模式预测与经验预测之间进行比较。

5.82. 有时是可能通过灵敏度和（或）不确定性分析来论证一个给定的不确定性对于设施或活动安全是不重要的。例如，灵敏度研究可能显示模式对一些参数不敏感，甚至这些参数在整个可能数值范围内变化。此外，不确定性分析可能显示一些参数，甚至那些高灵敏度的参数，对模式预测总体不确定性贡献较小。

5.83. 安全评定分级方法也用于处理不确定性。例如，处理不确定性的常用方法是使用保守的（谨慎的）假设（例如当对使用模式进行简化时，可采用保守的观点）。另一个例子是给模式参数分配保守的数值。此方法有几个优点，特别是对于证明遵守监管标准来说。然而，应当考虑在一些情况下该保守假设可能导致评定呈现的情况是非常不现实或不可能的，因此难以解释和交流。而且，当几个参数被赋予保守的数值时，由于误差的放大，计算结果可能过于保守，这将为决策提供不良基础。另一个重要的考虑是，一个假想方案中或对于一个核素是保守的一个假设，对于另一个就可能不是如此。应当给出假设对评定终点影响的保守性的正当性理由。

5.84. 概率安全评定能被用于对每个假想方案相关危险进行量化。概率评定应当避免出现不可能的参数组合或对应设施或活动不可能状态的参数组合。不可能的组合可能会产生，例如在蒙特卡洛模拟中，如果不考虑相关性，当从不同变量的概率分布中取样时。也应开展概率安全评定，以避免过度的“危险稀释”，即通过乘以事件发生概率，在危险总体评定中使其后果减轻，来掩饰一个在设施寿命中某些时间点的非常重要事件的影响。

评定结果分析

与评定标准比较

5.85. 安全评定的目标之一是将评定终点与明确指标进行比较。采取一个系统的方法对此是有帮助的，这在推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目中有反映（见附件 IV）。

5.86. 然而，由于防护也需要最优化，对于接受一个设施或活动的安全论证文件，实现一定程度的防护以致计算的剂量小于剂量约束，其本身是不够的。相反，在一些不太可能的情况下表明，计算的剂量超过了剂量约束，也不必拒绝安全论证文件。关于防护最优化的建议见第 4.69—4.76 段。

5.87. 如果安全评定结果表明不符合安全要求或标准，应根据图 2 中的框架对评定进行改造。经改造的评定结果应被用于鉴别对现有安全论证文件提出的改造方案，或鉴别活动、工程和防护安全措施，且在适宜之处，采取附加的安全措施以确保遵守相关要求和标准。应对安全评定中处理和减少不确定性进行评审，并在必要时进行修改。

评定模式的评审与修改

5.88. 在场址选择中，将必须做出关于设施或活动的设计与相关定址的假设，因此，安全评定将只提供设施或活动安全的初步评定。这是可接受的，因为在此阶段的安全评定的作用只是确定一个场址在原则上是否适合于一个处置前废物管理设施或活动。在后续阶段，将明确所提议设计的细节，允许更详细地阐述运行问题。在此过程中，为每个阶段准备的安全评定将提供足够的深度和广度以支撑所需的决定。

5.89. 根据分级方法，安全评定的范围和复杂性将随设施或活动的类型而不同，且需要与相关危害的大小相称[2、3]。此外，在设施或活动开发的不同阶段安全评定进行的深度将不同。

5.90. 模式开发的详细程度与所需相关数据的数量将取决于评定背景和评定过程的迭代阶段（见第 3 部分）。例如，在早期迭代中（如场址选择或初步调查中），为筛选目的采用相对简单模式就是足够了，这些能够用简单的计算机工具（如容易获取的电子表格和数据）执行的模式可能就足够了。在结果评审后，进一步收集数据、改进特定模式与使用更复杂的计算机程序执行可能是适宜的。尤其对于最终安全论证文件，后续迭代甚至可能需要更全面的模式和数据。

5.91. 在模式应用与结果解释中得到的任何经验教训应被用于重新考虑在模式开发期间作出的假设和决定。该信息可能通过鉴别特别重要的过程或特别敏感的参数被用于改进模式。

6. 特定问题

6.1. 本部分为在放射性废物处置前管理的设施或活动的安全评定中可能需要特别考虑的几个问题提供建议。所考虑的问题有：

- 安全论证文件的演变；
- 分级方法；
- 纵深防御；
- 可靠性；
- 设施或活动的寿期；
- 废物的长期贮存；
- 废物验收标准和相互依赖关系；
- 可选方案的比较。

安全论证文件的演变

6.2. 附件 IV 展示了推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目中为废物处置前管理评定的整个过程制定的框架。该框架可用于鉴别需要进行安全评定的设施和活动，并概述了安全评定的范围和目标。

6.3. 在运行之前的安全论证文件主要包括五个阶段：

- (a) 概念开发和选址；
- (b) 设计和建造；
- (c) 冷态调试和热态调试；
- (d) 运行；
- (e) 关闭和退役。

6.4. 本部分概述了安全论证文件在每个阶段的作用和内容。对于新的设施或活动，应在设计阶段进行安全评定；对于现存设施或活动，则应尽早进行安全评定，而且应在设施或活动寿期内的各阶段进行必要的更新。安全评定的更新应考虑任何情况的变化（如新标准的应用或科学和技术的发展），场址特性的变化，设计或运行的改进，以及老化的影响。对正在运行的设施或活动所做出的任何改进也应该进行安全论证文件，根据改进的范围和类型决定实施上述某个步骤甚至全部步骤。在推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目（附件 IV）中介绍了这种逐步分析法。

概念开发和选址

6.5. 对一个拟建造施，安全论证文件可能推断确保安全的可能性的置信度足够高，足以支持进行下一阶段的规划或实施的决策。这是安全论证文件的作者根据开展的分析和论证以及收集的证据给出的置信度说明。如果证据、论证和分析不足以支持作者给出正向决策，那么就需要改造安全评定或设施设计。

6.6. 在运行之前的第一步就是概念开发和设计。此步骤的安全论证文件应提出安全策略及实现该策略的方式。在此阶段，一般不太可能提供对该设施或活动的详细描述和评定。但是应说明与安全策略及设计概念描述相关的关键问题。在对所采用的安全策略缺乏任何定量论证的条件下，在安全论证文件中必须对所采用的安全策略提供定性的正当性理由。此外，应建立并

解释放射性影响评定的方法、管理系统和不确定性管理，尽管这些问题将在项目的后续步骤中发生重大的发展变化。

6.7. 按照应用于该设施或活动及其部件的安全策略，安全论证文件应详细地阐述这些部件，单独或组合在一起，将如何确保满足所有的安全要求。一般来讲，安全论证文件应包括对每个部件指定的安全功能的描述，还应提供对这些部件完成其给定功能的能力的评定。安全论证文件还应阐述建造的可行性和可靠性。在所有这些方面中，关于该设施或活动的性能均应给出正当性理由，且也应对该项目的具体步骤中遗留的不确定性进行鉴别。

6.8. 安全论证文件应说明各部件的特征和性能是如何满足为它们分配的安全功能的，以及这将是如何随时间发展变化的。这些说明应得到下述内容的支持：

- 对拟提出的设计方案的技术可行性的概述，鉴别依赖成熟技术的方面，以及鉴别那些新的和需要将来通过试验检验的方面；
- 对各部件在预期条件和已鉴别为可能的扰动的干扰事件下实现其预期功能的能力认知水平的概述；
- 对各部件将如何以互补的方式一起发挥作用以确保具有足够的纵深防御及安全不是过度地依赖单一的安全功能的评定。

6.9. 概念开发阶段的放射性影响评定只能是非常初步的。尽管如此，还是应该进行这样的初步评定，以便基于对该场址性能的一般考虑对可能的影响大小的量级给出一个大致的估算，并开始鉴别该设施和环境的特征，这些特征对安全可能是重要的。

6.10. 在项目这一阶段的最主要的考虑因素是设施或活动的选址。需要考虑该设施或活动对以下对象的影响：

- 该场址的其他活动；
- 所有周围的居民。

6.11. 考虑因素还应该包括：

- 其他活动或设施对拟建造设施或活动的影响；
- 对该场址其他活动或设施产生的一次废物和二次废物的管理，以及任何放射性物质的排放或清洁解控。

6.12. 安全论证文件还应包含管理系统的信息。在与管理系统相关的这些主题中,在这个早期阶段,该安全论证文件应说明该项目的组织结构和所需资源、项目规划的计划以及将落实到位的信息管理系统。在此阶段,应安排并实施与监管机构及各相关各方的沟通。

6.13. 在此阶段编写安全论证文件的预期成果是证明原则上讲建造该设施或开展该活动是合理的,而且该设施或活动安全可行。

设计和建造

6.14. 在设计和建造阶段,应进一步编写安全论证文件,以证明其满足以下条件:

- 该设施或活动是必要的;
- 所采用的设计将满足所有安全要求;
- 确保设施建造的安全性或活动实施的安全性。

6.15. 在安全论证文件中应证明某个部件的故障概率是很低的,即使发生劣化,该部件丧失安全功能并不会危及整个系统的安全。因此,安全论证文件应提供对工程方面和对该设施或活动的影响的成熟评定。

6.16. 在此阶段安全论证文件的成果是证明设施或活动能够按照设计安全地建造和运行的正当性。

调试

6.17. 在调试阶段,需要特别注意对安全起重要作用的结构、系统和部件的性能,安全论证文件应证明竣工设施满足最终设计方案提出的安全要求,包括在建造阶段已经落实的任何设计改造的影响。

6.18. 应准备一份调试日程表,详细说明将要进行的试验和预期结果,确保该设施中完整的试验对安全起重要作用的所有部分。

6.19. 安全论证文件应当提供管理系统的更新信息,特别强调以下内容:

- 将落实到位的组织和程序,以确保已实施的工作的质量;
- 设计与研究、开发活动和安全评定工作成果的关联;
- 基于在设计或运行阶段制定的决策的记录保持;

- 设计基本信息，包括设计修改的信息；
- 具备进行试验及设施或活动运行的专业技能。

6.20. 其他具有可比性的设施或活动的运行、事件和事故也可用于判别是否有必要再次核查安全论证文件、或者对安全起重要作用的结构、系统和部件。应当提供所有有助于支持决策的适当信息，包括其他项目的成果、试验结果和假设证明等参考文献。

6.21. 对冷态调试和热态调试可能需要编写独立的安全论证文件和试验日程。冷态调试的安全论证文件的目的是证明竣工设施可以安全运行的决策的正当性。热态调试的安全论证文件的目的是证明设施可以安全地接收放射性物质的决策的正当性。

运行

6.22. 在运行阶段初期的安全论证文件，应当提供该设施按照设计建造的证据，以及调试证明该设施可以安全运行的证据。调试阶段获取的资料应用于核实对前几个阶段特别是关于关键的假设和预测进行的安全评定的可靠性。该设施或活动的实际表现和预期性能之间的任何显著的差别都应当被鉴别，并研究出现差异的原因。应当对所有的差异进行解释。如果存在安全隐患，应对与安全密切相关的结构、系统和部件进行重新核查。

6.23. 安全论证文件应当提供管理系统的更新信息，特别强调以下内容：

- 落实到位的组织和程序，以确保运行安全；
- 记录保持及跟踪系统，它应涵盖所采取决策的数据、信息和记录；
- 具有运行该设施或活动的充分的专业技能；
- 相互依赖关系。

6.24. 对其他具有可比性的设施或活动的运行、事件和事故也应进行复查以鉴别在该厂运行前有必要采取的任何改进措施。安全论证文件应当足以证明竣工设施符合营运组织和监管机构的期望。

6.25. 安全论证文件应能够提供设施可以安全退役的证据。在开发一个用于处理所有退役废物的处理设施时，也应当考虑到该处理设施自身将来也会产生退役废物，需要采取某种适当的处理措施。

6.26. 运行阶段的安全论证文件的目的是证明该设施在一个特定的阶段内可以安全运行，并且可以安全退役。

关闭和退役

6.27. 每一个废物管理设施最终都将关闭并退役。从编写安全论证文件的初始阶段就应当论证其关于安全的决策的正当性。正当性应基于现有可利用的技术，并考虑到关闭的时候可能获取的资源的程度。

安全评定的评审

6.28. 在一个设施或活动的运行寿期内，可能需要改造设施的某一部分或活动的某一方面。如果这一改造会影响安全性，就需要进行适当的安全评定，或者在实施前更新现有评定，以确保能够继续满足既定安全要求。应将安全评定的结果与运行阶段的安全论证文件进行比较，相关论证文件应当增补到安全论证文件中。

6.29. 在设施或活动的内部和外部可能会存在一些与时间相关的过程和事件，因此需要修改一些假设、参数和边界条件。因为这些过程和事件可能是逐渐发生的，或在不可预见的时间内发生，因此有必要定期对运行的安全论证文件进行评审，以识别假设、参数和边界条件中的重大变化。如果必要，安全论证文件应相应地改造。定期检查应当是强制性的，并应根据监管部门确定的时间间隔执行。

6.30. 安全论证文件的定期评审也可以被要求证明延长设施超过初始设计寿命的决策的正当性，改变设施所有权或管理的正当性，改变监管的正当性。

6.31. 安全评定的更新应当考虑运行经验，包括该设施或活动自身或其他类似的设施或活动的预计运行事件、事故条件和事故前兆相关的数据。

分级方法

6.32. 本“安全导则”适用于许多各种不同类型的设施、活动和废物，这些可能构成不同水平的危害和风险。考虑到不同水平的危害和风险，需要对安全评定采用分级方法。因此，与小型低水平废物的贮存设施相比，可以预期应把更多的努力放在编写大型废物处理设施的安全论证文件和安全评定

上。应当首先编写一个相对简单的评定确定安全论证文件和评定所需的详细程度，该评定将提供与该设施或活动相关的可能危险的水平的指标。

6.33. 根据参考文献[3],在进行安全评定时,有必要确保评定是基于对设施或活动及其潜在行为的适当的理解水平,并且已考虑和阐述所有的安全相关因素。可以采用各种标准来确定对某个设施或活动进行安全论证文件和安全评定所应耗费的工作量。参考文献[3]鉴别了应用分级方法时将考虑以下标准:设施或活动的安全性、复杂性和成熟度。第 6.34—6.36 段讨论了这些标准在处置前废物管理设施或活动的安全评定中的应用。

6.34. 根据参考文献[3],安全重要性通常是需要考虑的最主要的标准。该标准的应用需要考虑设施或活动的性能,包括正常运行时放射性物质的排放量、预计运行事件或可合理预见的事实的潜在影响,可能发生严重后果的低概率事件的潜在重要性。

6.35. 复杂性也可以用于指导判断在评定或评审某特定设施或活动所需的工作量。某设施或活动的复杂设计可能会预示在安全评定中需要对该设计有一个相应复杂的描述。

6.36. 设施或活动以及所用技术的成熟度也可以用于评判在评定或评审某特定处置前废物管理设施或活动所需的工作量。在这个意义上,成熟度的考量要素包括:(1) 得到良好检验的实践、过程和设计的利用;(2) 类似设施或活动的运行性能(及相关不确定性)的知识的可获得性;(3) 富有经验的制造商和建造商的可获得性。推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目(见附件 IV)设定的系统分级结构促进了应用分级方法的过程。

6.37. 与分级方法相应的是,一个相对简单的废物管理设施(如医院的贮存设施)的安全论证文件只需要几个星期,可以通过清单法进行。另一方面,对一个大型集中的废物处理设施的安全论证文件则需要一个庞大的来自几个不同专业领域的专家团队花费几年的时间完成。

6.38. 分级方法概念应用的一个具体案例是决定何时开发与保守确定性评定相对的概率模拟,前者从理论上讲更简单。以下三个主要的决定性因素可用于确定是否有必要进行概率评定:

- 复杂条件下有很多影响因素可能导致工作人员或公众受到照射,通常需要对每个相关的部件的演变途径和每个内外影响因素进

行充分的处理。在大多数情况下，只有建立一个合适的概率模式才能足以阐述及整合各个单独的概率，得到可能后果的总的概率分布；

- 用于确定照射的可能性和（或）量级的参数值的变化范围较大时通常需要概率处理，因为保守的设定每个参数可能会导致过于高估剂量，因此不能得到对设施或活动和所要求的安全规定的适合的评定基准；
- 可能发生严重后果的事故通常需要全面的分析以得到置信度足够高的结果。

6.39. 以上是从分级方法的角度考虑进行概率评定的必要性，还有其他一些情况可能需要进行概率评定，如便利性的原因或因为安全评定者的偏好。

6.40. 概率评定的复杂性和详细程度千差万别。确定适合的复杂性和详细程度需要考虑第 6.36 段提到的因素，也取决于分级方法。

纵深防御

6.41. 根据参考文献[3]，需要进行纵深防御的评定，包括对设施或活动提供的不同防御级别的评定。纵深防御的概念基于几个防护层次的应用，包括防止放射性物料释放到环境中中和把照射降低到最低程度的相继的屏障和其他安全功能。这一概念也包括保护避免损伤设施的屏障以及屏障本身。它还包括采取进一步的措施以保护工作人员、公众和环境免受屏障出现意外故障或退化造成的危害。物理屏障和行政控制的使用应融入有效的纵深防御策略中。

6.42. 最重要的安全功能通常是由非能动屏障来实现的，包括受控废物的物理或化学特性、废物货包本身或工艺管道。能动控制也可以提供安全功能或提高非能动屏障和安全功能的可靠性，但不应完全依赖其确保纵深防御。

6.43. 安全评定应考虑到现存纵深防御水平，或应提供预期的纵深防御水平充分性的证据。可以通过以下步骤使其更加明确：

- (a) 鉴别屏障和其他安全功能；
- (b) 说明这些屏障和其他安全功能的多样性；

- (c) 说明这些屏障和其他安全功能在正常条件和异常条件的耐受力；
- (d) 适当时应定量评定其对安全边界的贡献；
- (e) 证明如果任何单一安全屏障失效，设施的安全性不会遭受无法接受的损害。

6.44. 在安全评定中，应当特别考虑可能会对多于一个的屏障产生不利影响的内部和外部危害。

可靠性

6.45. 在选择一个设施所用的部件时，了解其可靠性是非常重要的。安全论证文件应当提供证据说明对各个部件所要求的可靠性水平。必要的可靠性取决于对该部件的安全要求和系统内其他部件的防御能力（即冗余度）。

6.46. 在安全评定中，应当考虑部件在设施的整个寿期内的可靠性。部件的寿期应能满足对该部件的要求。各部件合理的设计应与适当的维护体系相结合以确保该部件的持续可靠性。除非能够得到很好的维护，否则较老的部件很有可能可靠性较低。

设施的预期寿命

6.47. 安全论证文件应提供证明设施的预期寿命的证据。设施的预期寿命应足以满足开发活动的需要。对于废物贮存，设施的预期寿命应考虑到一些意外情况，例如由于卸载废物或处置设施可用性推迟造成的延期。

6.48. 对于长寿命的设施或活动，有必要选择经核实可靠和记录良好的材料，以确保其能够在设施或活动的寿期内正常使用。特别应注意废物的长期贮存，相关建议见第 6.50—6.68 段。

6.49. 如果计划延长某设施的寿期超过其初始设计，安全论证文件（包括安全评定）应予以更新以说明其对安全性的潜在影响。更新中应考虑到屏障或部件的退化，并应在原许可证到期前完成更新以便于监管评审。

废物的长期贮存

6.50. 从定义上讲，废物的长期贮存是指使用时间超过了民用土木结构的设计寿命，包括短期贮存设施中所用的材料。这意味着在材料的选择、运行方法、质量保证和质量控制要求等方面都应当有所侧重。在废物长期贮存的安全论证文件中，特别需要考虑的问题包括贮存设施或活动评定的时间范围、非能动安全功能的重要性、可追溯性和管理系统。应制定老化管理计划以应对老化导致的退化问题。在该老化管理计划中应特别说明在监测中有必要开展对各种缺陷的早期检查。

6.51. 在本“安全导则”的语境下，长期贮存是指贮存时间超过五十年左右，并且有明确的结束时间。贮存的结束时间非常重要，因为它是设施设计寿命、包装要求和财务担保的基础，也是随后的处置设施的规划基础。长期贮存通常不超过一百年左右。时间范围取决于土木建筑方法和结构的技术经验。

时间框架

6.52. 评定的时间框架就是安全评定计算所涵盖的时间段。应解释和证明评定时间框架选择的理论依据。为了便于模拟或展示，应当根据长期贮存评定的目的把安全评定的总的时间框架分成具有不同终点的时间窗口。

6.53. 评定时间框架应通过考虑国家的法律法规和监管导则及该特定长期贮存设施或活动、该场址和待贮存的废物的特性进行界定。当决定评定的时间框架和时间窗口时应考虑的其他因素如下：

- 对于大多数长期贮存系统（包括废物货包、工程建筑和周围环境）和废物类型，对人和环境的影响在设施调试后的一段时间内都会增加。在更长的时期内，取决于废物的性质，影响可能有所下降，特别是通过贮存设施的放射性源项的衰变。通常，安全评定计算覆盖的时段需要足以确定与设施或活动有关的最大或峰值剂量或风险；
- 另一个影响选择评定时间框架或时间窗口的因素是天然外部灾害的重现期，如极端气象灾害或地震；但是设施抵御这些灾害的设计应足以应对这一问题；

- 还有一些显著影响评定结果的因素可能随时间变化。评定中需要考虑这些变化。作为评定长期贮存设施可能发生的演变的一种方法，评定应该假设一个或多个假想方案以反映不同的演变途径。应确定适当的评定时间框架和时间窗口以反映这些可能发生的影响贮存设施的变化；
- 受体组的习惯和特点以及它们居住的环境都可能随时间变化。因此，可以假定受体情况，但是未来的受体和人口应至少保持与现在要求的同等水平的防护[1]。为受体组设定的习惯和特点应基于合理保守和可信的假设，既考虑到现在的生活方式，又考虑到可获取的场址条件和区域环境条件的相关信息。

非能动安全

6.54. 营运组织应强调，在设施或活动的预期寿命内，设施的安全尽可能由非能动安全特性来保障。根据参考文献[2]，这一点对废物的贮存尤为重要。长期安全评定中应考虑到非能动屏障随时间而退化。

6.55. 应评定在不同时间段内多项安全功能的协作性能。每个安全功能都应尽可能与其他安全功能独立，以确保它们既能够相互协作，又不会因为个别的模块损坏而失效。安全论证文件应解释并提供证据证明每个屏障提供的安全功能，并鉴别这些屏障预计履行其多种安全功能的时间段。安全论证文件也应当鉴别在一个屏障不能按照预期运行时，替代或附加的安全功能将会运行。

可回取性

6.56. 从定义上讲，贮存是一种临时措施，但也可以持续几十年。贮存废物的目的是在此后的时间内废物可能会被清洁解控、处理、运输和（或）处置，流出物可能获得核准排放。

6.57. 在安全论证文件中应当考虑长期贮存后废物的安全处理方案，并应评定废物货包退化对回取和处理废物能力的潜在影响。

管理系统

6.58. 因为长期贮存是一种临时措施，因此安全论证文件应当阐述对废物和贮存设施进行定期监视、检查和维护的规定，以确保它们在设施预期寿命内连续地保持完整。

6.59. 由于长期贮存通常意味着长时间框架，因此在安全论证文件中需要制定一个确保在预计贮存时间框架内足以保持记录的方案。

6.60. 需要定期评审安全论证文件，根据在正常运行和可能发生的事故条件下预期增加的废物、贮存设施的预期寿命和处置方案的可获得性来确定后续恰当的贮存容量。

废物验收标准和相互依赖关系

6.61. 需要注意的是放射性废物管理的多个步骤之中和彼此之间存在相互依赖关系。一个步骤的决策可能影响后续的多个步骤，或妨碍可行的方案。在每个处置前废物管理活动的安全评定中都应当鉴别这种相互依赖关系，以确保不会出现可能危害安全的矛盾的要求。

6.62. 在考虑任何上游的放射性废物管理活动时，应把放射性废物管理的最后一步——废物处置也考虑在内。但是，在很多国家，一般还没有可用的处置设施，或只有针对特定类型废物的处置设施。如果不考虑这一点，所有产生的放射性废物都必须得到处理。这意味着可能需要在所有放射性废物管理活动完全建立前决定产生的废物形态。

6.63. 这种情况更加凸显了确定适当的废物形态规范的重要性，包括设施（如贮存设施）接收的废物形态和设施（如废物处理设施）产生的废物形态。废物形态规范必须考虑到各种不同类型废物的放射性、机械、物理、化学和生物的特性，也可能需要为某些特定废物类型制定规范。

6.64. 可接收的废物形态规范必须与该设施或活动的安全论证文件相一致。在制定规范时，需要特别关注对废物货包的放射性、机械、物理、化学和生物的特性的评定或控制，以使其在运输、贮存和处置中可接收。为了达到这一目的，规范就需要考虑到预定的贮存设施和原子能机构关于放射性物质安全运输条例[9]规定，并尽可能将废物可验收标准的所有相关参数纳入其中。

6.65. 处理不同类型放射性废物的方法有很多。应鉴别适合的方案并评定其适用性。在放射性废物处置前管理的整体方案中,根据待处理的放射性废物的数量、活度、物理和(或)化学特性、可用的技术、贮存容量和废物处置设施的可获得性来确定废物的处理程度。在确定了未包装的废物和废物货包的想法后,应当量化所有涉及废物货包生产的相关参数范围,从而确定每个参数的最大值,以及与安全相关的运输、贮存和处置因素(如安全系数)。

6.66. 在安全评定中制定废物形式规范时,可能会出现比较不同废物处置方案的情况,就需要在尽可能改善的安全性和更高的财政花费中寻找一个平衡。在这种情况下,就需要运用比较不同方案的方法学。

6.67. 另一个案例是在最终的废物处置验收标准还未确定时,需要在不同废物处置决策的相关各方案之间进行平衡。如果最终的废物处置设施的废物验收标准与预期不同,现存废物形态(如液态废物的处理)可能不再适宜。另一方面,为了避免受最终废物验收标准不可知的限制,以液态形式贮存废物可能不如以处理后的形态贮存废物那么安全。这种情况就只能基于不同方案的整体评定,依据现存或计划贮存设施、处置方法的发展状态(以及与最终废物验收标准留下的主要有关不确定性)进行决策。

6.68. 本部分讨论的所有决策都应被视为对考虑之中的设施或活动的安全论证文件不可缺少的一部分。如上所述,在安全论证文件中,也可能有必要考虑其他的设施和活动。在安全论证文件中应完整记录决策的依据并提出充分的正当性。面临的情况和相互依赖关系越复杂,就越需要在监管评审程序(第8部分)和其他内部和外部评审过程中对所提的假设和所用的论证进行全面的评审。

7. 安全论证文件的文件和使用

7.1. 本部分讨论如何编写和整合构成安全论证文件的各种不同信息。本部分详细阐述如何进行安全论证文件的文件编写并讨论其可能的用途。

安全论证文件的文件

7.2. 要满足安全论证文件的文件编写要求（见第 3 部分）将会面临诸多挑战，因为其目标受众是由宽泛范围的相关各方构成的，它们具有不同的需求、期望和关注点。另一个挑战是存在涉及多个具有不同监管过程的多个监管机构的复杂法律和监管要求，在这种情况下在该废物处置前管理的设施或活动编写的所有阶段需要多层级的文件编写。鉴于这些挑战，关于安全论证文件的文件没有统一格式。

7.3. 结构和文件编写过程受到目标受众的期望、正在考虑中的决策、该设施开发的阶段、拟定的设施或活动的类型和复杂度、以及相关的风险等诸多因素的影响。关于应用分级方法确定文件编写级别的更详细的建议参见第 5 部分。

7.4. 各国对设施或活动所要求的安全论证文件的内容可能有所区别，但是安全论证文件的编写需要至少包括安全评定、运行限值和条件。安全论证文件的结构和编写有许多可能的方式。然而，不管采用何种文件编写的结构或过程，都需要考虑很多共同的要素。对这些主要要素应当清楚地记录和展示，包括执行摘要、安全论证文件（或安全评定）的导言和背景、安全策略、安全评定（包括第 4 部分讨论的所有内容）、综述及结论、置信度说明、后续计划和行动的方案，以及在安全论证文件编写过程中公众参与的总结。下面简要介绍上述安全论证文件中一些组成部分的重要事项。

执行摘要

7.5. 在最高层次上，安全论证文件的文件应包括执行摘要，它简要地描述该项目、与该项目有关的主要安全问题、证据、论据和主要评定结果、提出的解决所鉴别安全问题的后续行动和缓解方案、任何不确定性和相关各方关心的问题。

7.6. 对于大多数相关各方来说，摘要将提供该项目的第一且是最持久的印象。这通常是所有单一相关各方都将会阅读的内容。因此，这一部分应当是清晰、完整和准确的。使用汇总表格、图形及流程图是清晰和准确地传达信息的有效方式。应当尽可能地避免使用复杂的技术术语。执行摘要可以用独立的封面呈现，且可以比该文件编写的其余部分在更广泛的范围内传播。它也可以用不同语言呈现以满足当地社区的需求。

安全论证文件的导言和背景

7.7. 安全论证文件的文件应清楚地介绍该安全论证文件的目的和背景，以便读者清楚地了解该项目、作出的决策和决策过程及拟考虑的各种问题。在导言中，应概述以下主要内容：

- 该项目的简要描述，给出其具体的目标、背景、所涉及各个阶段及其现状；
- 准备和提交安全论证文件所依据的政策和监管背景；
- 参与决策过程的各个组织的作用和职责，包括公众咨询和参与的框架；
- 清晰的决策过程的导则；
- 与（国内或国际上）其他类似项目的比较；
- 对将要使用的技术发展的现状和成熟度的探讨；
- 对该项目的需求和重要性的论述，以支持该安全论证文件并给出其正当性的理由；
- 对已考虑的替代方案和首选替代方案的理由的探讨；
- 在拟定项目过程中已经做出和将要做出的关键决策；
- 对与该项目相关的关键时间节点的考虑进行描述；
- 概述营运组织将如何确保遵守监管要求及监管机构将如何验证监管要求得到遵守；
- 概述营运组织的管理系统及其足以应对项目相关挑战的能力。

安全策略

7.8. 在陈述了安全论证文件的目的和背景之后，安全论证文件的文件应概述将用于实现安全的高水平途径。安全策略这一部分的目标是证明在设计、评定、建造、运行、关闭和退役该处置前废物管理设施或活动中所采用的总体方案和方法足以确保安全。本部分还应包括与安全策略有关的置信度构建的论据。将要考虑的主要方面包括如下内容：

- 管理该设施或活动开发不同阶段（如场址评价、建造、运行、关闭、退役）的策略和方法；
- 所采用的策略如何应用良好的工程原则和实践；

- 不确定性的管理和降低；
- 决策依据；
- 该设施设计中体现的安全特性及采用的纵深防御的水平；
- 选择评定方法以及评定的时间框架和时间窗口的理由，包括对用于证实、确认和比较评定研究结果的各种不同评定方法和工具的讨论；
- 所开展的同行评审及其与国际导则和实践的一致性；
- 其他适宜的高水平论据。

安全评定

7.9. 安全评定一部分应用文件详细记录所开展的安全评定工作，这是安全论证文件的科学和技术基础（包括本“安全导则”第4部分讨论的所有内容）。这就是技术评审者和监管机构将会评审的部分。对安全评定的文件编写包括对安全评定的背景、评定的每个步骤、评定研究结果及结论的详细描述。由于涉及到大量的细节，以附件或单独的支持性文件记载详细说明、模式和计算的方式可能会更加实用且更易于追溯。主文件应当关注评定中所采用的假设、方法和方法学，对影响安全的最具相关性的特征的讨论，评定结果及支持结论的论据。应当在安全评定的每个步骤和总体安全评定中用文件记录置信度构建的论据。

7.10. 应充分记录评定的所有相关假设和结论。包括没有可用的特定场址数据时产生的不确定性和所做的假设。特别是在文件编写中应明确依赖于提供新的安全措施或继续使用现有安全措施。如有必要，应鉴别评定结果或安全裕度的置信度水平以及未来的行动。

7.11. 定量和定性的安全评定结果是安全论证文件的基础。应补充安全评定及其假设的充分性和可靠性的支持性证据和理由，包括适当的提供单一系统部件的性能信息。

总结及结论

7.12. 在对该安全论证文件所有的支持性论据进行详述后，应单独设立一部分来陈述支持结论的证据及建议。总结及结论这一部分应当：

- 归纳安全评定的关键结论；

- 着重说明量化和支持该设施或活动是安全的这一观点的主要证据、分析和论据；
- 提出对不确定性和未解决问题的评定，并讨论解决它们的计划步骤；
- 提出对考虑到补充安全评定结果的附加证据和论据的置信度的陈述。

后续计划及行动

7.13. 特别是当采用逐步方法编写安全论证文件时，把安全论证文件的每次修订纳入总体开发过程的背景中是非常重要的。应当描述安全论证文件编写后续阶段的必要活动，例如收集补充数据或模式的有计划改进。如果仅当已实现决定点或里程碑后才能继续某些活动（如关于该设施或活动场址的决策）时，那么应当鉴别这些活动。

安全论证文件及安全评定文件的可追溯性及透明度

7.14. 无论采用何种文件编写结构，在整个文件编写的过程中都有应当考虑的关键属性和因素，这些包括以下方面：

- 在安全论证文件背景下产生的所有文件，不论是用于监管机构的审批，还是用于提供信息或宣传，均应传达有关安全问题的一致性信息。换言之，信息应保持相同，而不应为满足特定受众的期望而对其进行更改。附属文件和宣传材料中所包含的信息应与该安全论证文件的主文件一致；⁶
- 安全论证文件的主文件应提供关键安全论据和支撑它们的证据的充足信息，以使其清楚易懂；
- 该文件应表明安全论证文件是通过采用已证实的技术经验和分析以可靠的科学证据和论据为基础的；
- 该文件应清楚明了，并应说明其不确定性、限值条件及其对安全的影响；
- 该文件应是结构合理、透明和可追溯的；

⁶ 需要一致不排除根据听众而强调不同的论点，因为不同背景的人可能会接受不同的论点。

- 该文件应是透明的，以便该信息对相关各方是容易获取的、清晰易懂的，并清楚地阐述关键假设的正当性和理论基础；
- 该文件应是这样的以至于后续的程序、该设施或活动和安全论证文件编写过程中所做出的关键决策都是可追溯的。这应当包括表明在早期阶段为证实所做的假设是如何提出后续行动和计划的，或是如何处理未解决的不确定性和（或）将如何继续解决。也应当表明如何经包括一个清晰的引用体系书面证明和记录关键决策的；
- 该安全评定方法学应是结构合理、透明和可追溯的。它应使监管机构及其他技术评审者按照该方法学的逻辑并容易地理解评定中所用的假设，以及如有需要复现该评定结果。该评定应对所使用的实际方法提供一个完整的描述，以便鉴别并降低不确定性，并鉴别对安全影响最大的假设和不确定性。

7.15. 安全论证文件应根据一个系统的计划进行定期更新。营运组织应对该安全论证文件的核准过程及对安全论证文件所依据的和安全评定中使用的一套数据和参数值、模式、假想方案和计算机程序的更新实施适宜的控制。只有当它们达到必要的成熟度时，才能让文件进入正式评审程序。

7.16. 以下评论与安全评定的透明度和可追溯性是相关的：

- 评定方法学应是结构清晰和阐述清楚的，并应清楚地阐明假设及其依据。定义明确和文件化清楚的方法应当用于鉴别特征和过程、设计试验和实验、确定必要的仪器仪表、解释试验结果、创建概念模式以及分析和评定模式；
- 与这些假设是适宜的参数值范围的一致性一起，应当寻求假设之间的一致性；
- 应在安全评定的所有阶段实现一致性，且安全评定每个阶段的主要目标和方法也应是一致的；
- 该评定从一次迭代到下一次迭代的演变对相关各方应是透明的（例如，应对新数据或对改变概念模式或数学模式的组成部分的原因给出解释），以免造成为了获得更有利的结果而操纵该评定的印象；
- 应通过选择与国际经验和导则相一致的评定方法建立置信度；

- 应制定一套正式的管理系统程序，并应提供这些程序已经得到应用的证据；
- 作为管理系统程序的一部分，应建立并维持一个记录该设施或活动及其安全论证文件（包括安全评定）各方面详细信息的综合系统；
- 应提供适当文献的准确和直接引文。

7.17. 各相关各方都将有不同的利益，并将对安全论证文件中提供的与它们的利益和关注点更相关的论据进行仔细推敲。因此，可追溯性和透明度的必要程度取决于相关各方的期望。例如，技术评审者们将对安全论证文件阐述安全评定的问题给予密切关注，而一般公众可能对其他更定性的论据更感兴趣，如管理问题。因此，该安全评定的简本对公众来说可能就足够了，然而监管机构可能会预期得到更加完整的信息。

7.18. 可追溯性使得对所做的决策和假设及得出结果所用的模式、参数和数据有一个清晰与完整的记录成为必要。该记录应包括关于何时以及由谁来做出各种各样的决策和假设、如何实施这些决策和假设、使用何种版本的建模工具及数据的最终来源是什么的信息等。可追溯性使得质量保证的最高标准成为必要。可追溯性还意味着监管机构或其他技术评审者们应能够复现来自于该安全评定文件中的部分或所有的评定结果。通过一套分层次结构的文件展示该安全论证文件将大大提高可追溯性。

7.19. 为确保安全评定的可追溯性，以下问题应予以考虑：

- 构成安全论证文件和安全评定的所有信息均应可溯源其来源。此类信息的来源可能包括安全论证文件编写过程中的观测值、测量值、研究工作、模拟研究以及所做决策和假设的记录。这些决策和假设可能基于专家判断或专家启发过程，该过程也需要适当的程序和文件记录；
- 有关可追溯性的要求取决于使用安全论证文件的个人或组织。旨在交由监管机构进行评审的安全论证文件的可追溯性应比营运组织内部使用的文件中的可追溯性进行更加严格的描述；
- 如果安全评定是以迭代方式进行的，那么关于参考文献可能会有一种倾向，即简单地引用安全评定前次迭代中所做的决策（“自引”）。评审者可能需要通过一系列的文件溯源，才能找到最初的

假设、参数值或决策，这可能很耗时。而且，对包含在原始参考文献中对工作的附加说明和限值可能会随着后续的重复而丢失或淡化。这可以导致营运组织信心的降低，因而降低评审者对该设施或活动安全的信心。这种情况下应直接引用原始参考文献，文件的每次迭代都应允许对其可追溯性进行直接评审；

- 应避免参考来自“灰色文献”的报告或涉及版权的著作或保密文件。应避免自引，除非自引的是一篇可获取的主要的参考文献。如果评审者不能获得所参考的文件，那么把它们用作参考文献可能会打破可追溯性的链条；
- 保持可追溯链条的完整性直至信息的原始来源的需求往往会使文件越来越大并造成阅读困难。因此，可能需要在可追溯性和透明度之间做出取舍。两者之间的最佳平衡只能依据具体情况而定。

安全论证文件的使用

7.20. 安全论证文件可能用于若干目的，取决于设施或活动的设计、建造、运行、关闭和退役阶段。例如，在初期阶段，安全评定应用于对比和评定不同的备选方案的可行性；随后，安全论证文件应当用于为许可证申请过程提供支持，以及为建立适当的运行限值和条件做准备。安全论证文件应始终与设施在寿期中当前所处的阶段保持一致（见第 5 部分）。以下段落将更详细地探讨安全论证文件的主要应用。

许可证审批

7.21. 安全论证文件的一个主要功能是用于许可证的申请和审批过程。监管机构可能在许可证审批过程的各阶段，包括对设施的建造、运行和关闭的审批，以及设施或活动发生显著变化时，要求对该安全论证文件进行修订。此外，许可证应能够覆盖设施全生命周期的所有阶段。安全论证文件还应定期更新，以反映根据监督要求获取的最新信息。

7.22. 对位于其他设施内用于其他目的的处置前废物管理设施或活动，如核电站或乏燃料后处理厂，可在其他设施的许可证审批程序框架内颁发处置前废物管理设施或活动的许可证。

建造和调试

7.23. 在进行安全评定时，将会提出许多关于设施的设计、建造、调试、运行和退役的假设。确保这些假设在实践中实现是很重要的。场区应根据评定的设计进行建造，而对安全起重要作用的结构、系统和部件均应通过调试的试验以证明其按预期执行。

运行

7.24. 设施的运行程序应保证设施按照设计的条件运行。这些程序应作为总的评定过程的一部分评定其是否满足要求。

7.25. 应建立并维护一个正式的控制改造内容的程序，以确保对设施提出的改造和提议的运行活动都保持在评定的范围内。或者，应当开展补充评定以论证一项改造的可接受性。

监测

7.26. 安全论证文件可用于评定潜在照射途径、建立和评审场址及其周围地区的环境监测计划。应建立监视环境监测计划以确保设施或活动按照预期运行，每个部件都能实现其安全功能。

管理控制

7.27. 安全论证文件应当用于建立必要的管理控制的组合（包括，例如，质量保证、维护、监视试验、工作人员教育和培训、应急准备、辐射防护、保持记录和工业安全等），以确保设施的设计、建造、运行、关闭和退役是安全的，或活动的执行是安全的。管理控制也应当解决物料的清洁解控和排放问题。

8. 监管评审过程

8.1. 监管决策过程可能会涉及一个或几个监管机构，也可能会接受公众及其他相关各方的评审。如果监管机构采用一种协调的方式，从而使相关各方能够观察到监管决策是基于对营运组织准备并提交监管机构核准的安全论证文件进行一丝不苟和全面评审的，那么该决策过程的可信度就会得到提高。评审工作应当根据针对监管评审过程制定的计划实施，并应满足参考

文献[14]规定的要求以及参考文献[31]提出的建议。在以下各部分讨论处置前废物管理设施和活动的安全论证文件和安全评定的监管评审过程的一些重要要素。

监管评审过程的目标与特性

8.2. 在制定安全论证文件和安全评定的监管机构的评审目标时，应当考虑该设施的状态（如该设施是否拟建的、正在开发、在运行中、正在进行再评定或是已关闭）以及安全评定的相关背景。

8.3. 监管评审的总体目标是验证该设施或活动现在与未来均不会对人体健康或安全、或环境造成不可接受的不利影响。为实现这一目标，监管评审过程通常具有下述目标：

- 确定已制定的安全评定是否达到了一个可接受的水平（依据其所展现的质量以及认识的详细程度与深度）以及是否符合既定目的；
- 验证安全论证文件及其所依据的假设符合或遵守已接受的放射性废物管理原则以及监管要求与期望；
- 确定安全论证文件是否为论证拟建造将安全地运行或拟开展的活动将安全地执行提供一个恰当的基础，特别是要鉴别将用于支持设施安全运行或活动安全执行的限值、条件和控制；
- 验证是否已鉴别并提出用于缓解不太可能发生的潜在影响的相关措施，并为这些措施的实施制定了充分的后续计划；
- 确定是否已明确地鉴别监管机构要求营运组织解决的问题；
- 鉴别任何尚未解决的问题并验证已制定了解决这些问题的计划。

8.4. 根据监管评审的主要目标，为了便于安全论证文件的评定，通常会规定许多二级目标。应包括安全论证文件的评定是否：

- 是在适当的背景下制定的；
- 基于废物管理计划和正在考虑的设施或活动的状态，是足够完整的，并与计划的活动相一致；

- 在数据和信息的展现中是足够透明的，由能胜任的人员准备并应用了合适的管理系统，以确保营运组织的安全评定质量的置信度；
- 是基于适当的假设的，并使用了适当的评定技术与模式，并包含了支持采用这些假设和参数值以及使用这些模式的令人满意的论据；
- 证明对设施或活动有充分的了解，包括对危害与相关假想方案的鉴别与筛选，从而充分地阐述所有相关的安全功能和所有潜在的安全关注点；
- 清楚地描述（程序或工程的）安全措施、限值、控制以及条件的鉴别、建立、正当性和优化是如何进行的，并提供足够的纵深防御；
- 清楚地鉴别与对设施或活动的运行和性能的理解以及评定中使用的输入数据和模式相关的不确定性，并对其进行充分的论述；
- 提供充分的评定结果和支持的正当性，以证明防护最优化和风险可合理达到的尽量低，避免了事故的发生，鉴别了适当的防护措施，并将适当地缓减事故后果；
- 在适用的情况下，充分考虑了对现有设施的补救措施的正当性与优化；
- 对适用于设施或活动的安全论证文件的要求适当地采用了分级方法；
- 适当地阐述涉及应用于该设施的选址、建造、调试、运行和关闭的管理系统的所有相关要素（例如内部与外部监查、验证与核实、适当的合格且富有经验人员的使用、培训、对分包商的外包过程控制、结论与建议的执行等）；
- 提供充分的应急准备措施的计划；
- 提供充分的监视和维护措施的计划；
- 证明在设施或活动的设计开发过程中已使用了具有充分纵深防御的良好工程实践；
- 确定有关该设施或活动的安全论证文件未来编写的计划。

8.5. 在确定评审的目标与范围时，应当加以考虑的相关要点包括：

- 该场址的重要安全问题；
- 开发者或营运组织提供的安全信息的范围，以及可供监管机构用于评价这些信息的资源；
- 评审是否仅考虑了对人的放射性影响，还是也考虑了其他影响，例如与有害废物材料相关的影响；
- 除了该设施或活动对环境的总体影响之外，评审是否考虑了对公众、工作人员和非人类物种的影响；
- 安全论证文件的哪些部分应当是评审重点；
- 监管评审结论的使用，例如，对于设施的许可证审批及在现有设施建立条件，是否将把它们用于营运组织与其他相关各方之间就许可证审批问题进行交流的一部分内容。

8.6. 存在许多影响到监管评审的质量与成功的关键特性，包括：

- 监管机构的要求与预期以及判断安全的标准应在这一过程的初期明确地规定。安全论证文件和安全评定的完整性与质量通常取决于监管要求及监管机构的预期和方法的明确性。附件 II 提供了在监管评审过程中可能非常重要的内容清单示例；
- 监管评审过程应当不存在利益冲突。在评审过程中，评审成员组不应使它们自己受到评审的授权范围和条件之外的内部与外部因素的不适当影响。决策者应当在安全论证文件更广泛的背景下考虑这些问题，及监管评审的结果；
- 监管评审过程应当是结构化且可追溯的，并明确各方的作用与职责以及决策过程；
- 监管机构应当配备放射性废物管理设施安全评定方面具有专门知识和实践经验的人员，以及应当在此类评定所涉及的所有必要学科领域有自己的专家意见，或者有外部专家（见参考文献[14]）；
- 监管评审使用的资源水平应当与安全论证文件的复杂程度、正在考虑的设施或活动相关的潜在危险相一致；
- 营运组织与监管机构应在整个监管评审过程中保持沟通；

- 监管评审过程应包括一个用于与相关各方磋商的框架，包括明确规定的磋商步骤、议事规则与决策程序。通过在该框架内包括讨论该评审过程的进展及结果的措施，可以提高该评审过程的可信度；
- 在评审过程中，对于安全论证文件和安全评定给出的论据是否得到基础科学与技术的充分支持以及这些论据是否符合监管要求与预期，应确保理论依据和判断得到文件化记录。

评审过程的管理

8.7. 应当把安全论证文件的评监管理本身作为一个项目，并对它应用良好项目管理的标准原则（见第 3 部分）。根据该评审的规模，为开展评审的人员组建一支专门的团队可能会是必要的。监管评审由监管机构实施，有无外部组织的支持皆可，但是监管机构应对评审结果承担责任，并对结果拥有“所有权”。

8.8. 监管机构应当在评审过程的早期就针对安全评定建立明确和一致的监管要求、导则和预期。应确定包含适当的决策点的明确的监管过程，并保证监管评审过程的独立性。监管机构应当有良好建立和文件化的评审程序。

8.9. 评审过程的管理应当包含以下几个方面：

- 确定评审的目标与范围，及鉴别适用于安全论证文件编写的所有的国家与国际要求、导则和建议；
- 制定一个评监查划，鉴别评审任务并阐述其他相关主题；
- 组建一个由具备必要专门知识与经验的人员组成的评审团队以承担评审任务；
- 制定项目进度表，并为项目任务的实施配备资源，包括如果在后期阶段资源有限时，对评审实施的考虑；
- 鉴别评审团队成员的职责，并确保它们接受有关评审方法的充分培训和指导；
- 协调评审任务的实施，并确保评审团队成员之间有充分的交流；
- 在评审的早期阶段，鉴别监管导则中任何对监管决策起重要作用但是可能不明确或者可能以不同方式进行解释的领域；

- 建立一个用于鉴别须由营运组织解决的问题的正式流程，并建立一个用于跟踪进一步考虑和解决该问题的机制；
- 在评审过程中协调与设施营运组织和其他相关各方的交流；
- 评审与整合在评审过程中产生的文件；
- 评审结果的整合、文件化记录与交流。

8.10. 使用的评审程序应能让监管机构验证安全论证文件的评审是由能胜任的评审者实施的，且是以可追溯与监查的方式进行记录的。项目的具体程序应采用结构化的方法，包括评审意见的文件化，详细说明必备的能力，详细说明评审中的职责与任务，记录评审意见的状态，以及处理所产生的有关安全论证文件的不同或反对观点或评审意见。如果该评审包括由监管机构进行的监查或独立计算等工作，则可能需要进一步的程序。

8.11. 每个监管评审都必须有一份评审计划，以指导该评审的程序性或技术性问题。程序性指导应当包括评审结果文件化的方法。技术性指导应当包括用于判断该安全论证文件的具体问题的标准。该评监查划可以作为一个模板，用于制定一个项目的具体评监查划。

8.12. 在尽实际可行的情况下，监管评审团队应当具有以下特性：

- 开展评审工作所需的一系列专门知识，包括在对待评审的具体安全论证文件最为重要的领域的实践经验；
- 编写安全论证文件相关评审方面的经验；
- 了解即将开展的评审的背景（例如，它们应当了解该设施或活动并了解控制其核准的法规）；
- 对本国和其他国家的废物管理实践与计划有广泛的了解；
- 由其评审结果将被相关各方认为是由可信的那些人所作出的；
- 独立于营运组织；
- 由未参与待评审的安全论证文件的编写或任何支持性工作，并且未直接参与该设施或活动的管理、融资或运行的个人组成。

监管机构对分级方法的使用

8.13. 安全论证文件的详细评审程度以及监管评审的范围应当遵循分级方法。关于该评审过程的深度与范围的决策，应考虑以下因素：

- 工作人员和（或）公众可能因例行计划或预计运行事件或事故而增加照射的可能性和幅度；
- 提出的流程的复杂度、安全重要性和成熟度；
- 营运组织方面的因素（例如，营运组织的绩效记录及其在设施或活动或类似的设施或活动的设计或运行、安全论证文件编写方面的经验，以及组织的复杂度）；
- 来自类似设施或活动（本国或国际的）的相关经验；
- 待评定的设施或活动的范围（例如，较大项目的一个阶段，一个单独的大项目或一次改造）；
- 其他主管当局的技术或安全方面的考量。

8.14. 为了促进分级方法的应用，监管机构应当考虑根据第 8.13 段罗列的标准，建立一整套确定性的筛选标准对设施或活动按照其安全重要性进行分类。

评审的实施与评审结果的报告

8.15. 监管评审根据安全论证文件的复杂程度和已有条件最多分为四个阶段：

- (a) 开始阶段，在收到来自开发者或营运组织的任何文件之前应当进行该评审的初始规划：通常应包括与开发者或营运组织召开会议就将要提供的信息的程度达成共识；
- (b) 初步评审阶段，监管机构应当对提交的文件进行初步评审，以评审安全论证文件的完整性和支持性文件的可用性，并初步鉴别最主要的安全问题（即风险指引评论）：该安全论证文件完整性的评审应当包括核查所提交的信息阐述了监管机构对该安全论证文件的所有预期内容。应当用文件记录本次核查，并应当编写一系列详细的评审意见，有可

能需要附加说明。监管机构应当对开发者或营运组织针对评审意见提交的所有附加说明进行评审和评定；

- (c) 主要的技术评审阶段，有大量的工作需要开展：应包括研究详细的评审意见，并可能包括评审由开发者或营运组织针对评审意见提交的附加说明；
- (d) 完成阶段，应鉴别评审的主要结论，供决策过程使用。

8.16. 除了评审由营运组织提交的文件之外，如果设施或活动已存在，安全论证文件的监管评审可能需要对该设施或活动进行检查，以便验证安全论证文件中对设施及其运行特征的描述的准确性。

8.17. 评审的完成阶段需要编写最终评审报告。没有唯一的正确的方法组织和展示最终评审报告。每份报告不可避免地都需要根据开展的具体评审工作进行专门编写。在最终评审报告中，监管机构应考虑以下内容：

- 评审的背景，包括对场址信息的总结、评审实施的监管框架、评审的目的、评审的方法以及所遵循的评审流程；
- 高层次问题相关的关键评审结论，例如安全策略、安全论证文件和安全评定的背景、方法和结论，对（假想方案、模式和参数中的）不确定性的处理，危险管理与优化，适当的限值与条件，以及安全论证文件未来发展计划；
- 涉及到评审的主要技术领域的关键评审结论，例如考虑工程、化学、地质、水文地质、气候和生物圈的情况下对废物存项和废物流的表征与模拟；
- 判定是否符合主要监管标准和导则的关键评审结论；
- 在许可证审批或核准方面的评审结论，如开发者或营运组织提供进一步的信息，改进的安全评定的工作，对场址或废物的监测及其他控制，对废物存项的限制，危险管理和废物验收标准；
- 未解决问题与不确定性的列表；
- 参考文献列表，包括对评审中参考文献的引用，支持最终评审报告的基本评审报告；
- 适当的证明评审团队的个人信誉的信息。

附件 III 提供了监管评审报告的模板。

8.18. 在用文件记录评审意见和评定结果时，应确保：

- 应简要总结安全评定所采用的方法及使用该方法所得到的结论，
并应提供具体的参考信息；
- 应当使用标准格式清楚地陈述所有的重要意见以及这些意见的
依据，每条意见均应标以独特的标识符，以便于对照参考；
- 应当指出评审意见与安全、系统的和认识（或）该设施的控制的
相关性；
- 应当清楚地陈述解决评审意见中鉴别的问题所应采取的行动建
议，并说明每条建议的正当性。

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、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、联合国环境规划署、世界卫生组织，《基本安全原则》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [2] 国际原子能机构《放射性废物处置前管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 5 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [3] 国际原子能机构《设施和活动安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [4] 国际原子能机构《乏燃料的贮存》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-15 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [5] 国际原子能机构《核电厂的确定性安全分析》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-2 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [6] 国际原子能机构《使用放射性物质设施退役的安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-5.2 号，国际原子能机构，维也纳（2008 年）。
- [7] 国际原子能机构《放射性废物处置的安全论证文件与安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-23 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [8] 国际原子能机构《放射性废物的分类》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-1 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [9] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》（2012 年版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [10] 国际原子能机构《排除、豁免和解控概念的应用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.7 号，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。

- [11] 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）。
- [12] 《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》，国际原子能机构《情况通报》第 INFCIRC/546 号，国际原子能机构，维也纳（1991 年）。
- [13] 国际原子能机构《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》（临时版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号（临时），国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [14] 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）。
- [15] 国际原子能机构《核电厂安全：调试和运行》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-2/2 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [16] 国际原子能机构《放射性废物处置》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-5 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [17] 国际原子能机构《使用放射性物质设施退役》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-R-5 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [18] 国际原子能机构《解除终止实践后厂址的监管控制》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-5.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [19] 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）。
- [20] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 2007 年建议书》，国际放射防护委员会第 103 号出版物，爱思唯尔，牛津（2007 年）。
- [21] 国际放射防护委员会《放射性废物处置的放射防护方针》，国际放射防护委员会第 77 号出版物，培格曼出版社，牛津和纽约（1997 年）。

- [22] 国际放射防护委员会《用于长寿命固体放射性废物处置的辐射防护建议》，国际放射防护委员会第 81 号出版物，培格曼出版社，牛津和纽约（2000 年）。
- [23] 国际放射防护委员会《用于公众辐射防护目的的代表人的剂量评定与放射防护最优化》，国际放射防护委员会第 101 号出版物，培格曼出版社，牛津和纽约（2006 年）。
- [24] 《机构保障系统》，国际原子能机构《情况通报》第 INFCIRC/66/Rev.2 号，国际原子能机构，维也纳（1968 年）。
- [25] 《各国和国际原子能机构间实施保障协定的附加议定书范本》，国际原子能机构《情况通报》第 INFCIRC/540（更正本）号，国际原子能机构，维也纳（1997 年）。
- [26] 国际原子能机构《近地表处置设施安全评定改进法》，安全评定改进法，第一卷-《审查和改进安全评定方法和工具》第二卷—《实验案例》，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。
- [27] 国际原子能机构《设施和活动管理系统的适用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [28] 国际原子能机构《放射性废物的处理、操作和贮存管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.3 号，国际原子能机构，维也纳（2008 年）。
- [29] 环境局和苏格兰环境保护局《环境机构评定核厂址最佳可行环境选择研究指南》，英国（2004 年）。
- [30] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》（2007 年版），国际原子能机构，维也纳（2007 年）。
- [31] 国际原子能机构《监管机构对核设施的审查和评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-1.2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。

附件 I

风险和始发事件的案例

I-1. 本附件的目标是鉴别处置前废物管理设施的假想始发事件，通过两个案例说明如何设计照射假想方案。由于每个设施的独特性，以及运行条件和营运组织能力水平的差异，每个设施都需要设计照射假想方案。

在安全评定中假想始发事件的鉴别

I-2. 安全评定包括用于评价与设施运行相关危险的不同的过程步骤。需要鉴别在正常运行工况和事故工况下用于管理设施运行相关危险的多种控制手段，以说明对工作人员和公众采取的防护措施。

I-3. 正常运行时的安全评定需要说明系统和设施按预期运行的所有设施条件，包括设施设计在正常运行和设施寿期内维护的过程中的所有运行阶段，而且还包括正常运行的输入条件（如进料、原材料等）的偏差或变化所造成的影响。这种偏差或变化可能导致假想始发事件的发生，可以通过多种办法进行识别。假设分析（‘what if’ analysis）、危险与可操作性分析（HAZOP）、失效模式及后果分析（FMEA）等方法被广泛用于识别可能的事故后果。故障树分析、事件树分析、因果分析、人因可靠性分析则可用于对已采用上述其他方法进行识别的特定事故进行深度分析。

I-4. 对假想始发事件进行大致的分组，并对每一组假想始发事件进行评价以识别限制事件。由此得到用于进一步分析的事件，包括限制这一组中其他所有假想始发事件的具有潜在影响的事件。

I-5. 对于可能造成更大危险的设施，（设计和运行的）安全要求应更加严格，反之亦然。与这种分级方法相应的是，燃料循环设施和放射性废物处理设施不需要遵循与核电厂同等级别的纵深防御的要求。

定义

I-6. 外部事件：与设施的运行或活动的开展无关，但可能对设施或活动的安全产生影响的事件。对核设施而言，外部事件的典型实例包括地震、飓风、海啸和飞机坠毁 [I-1]。

I-7. 假想始发事件：在设计期间被确定为能够导致预计运行事件或事故工况的事件。假想始发事件的主要原因可能是（设施内和设施外）可信的设备故障和运行人员失误，以及人因事件或自然事件 [I-1]。

单独事件后果的评定

I-8. 需要提供每个选定的假想始发事件的具体信息，归纳总结如下：

- (a) 鉴别原因；
- (b) 事件的顺序和系统的运行；
- (c) 瞬态分析和事故分析；
- (d) 损伤状态的分类；
- (e) 源项的推导；
- (f) 放射性影响的评定。

I-9. 这些论题所需包含的定量信息的范围对于各种各样的始发事件是不同的，而且还取决于设施的情况。如果某一特定的假想始发事件并不是限制性的，那么只需要介绍导出结论的定性推理过程，作为限制性的假想始发事件的评定结果的参考文献。再者，对于需要定量分析的假想始发事件，也不需要每一个论题都进行定量分析，例如很多不产生放射性影响或影响很小的假想始发事件。

I-10. 对于每个评价的事件，导致所考虑的假想始发事件的描述需要包括在内。

范围

I-11. 科学文献已详细阐述了核电厂开展安全评定和识别假想始发事件的过程。核电厂可能的假想始发事件的识别在此附件不再赘述。本附件主要提供以下设施中可能发生的假想始发事件的案例：

- （液态和固态废物的）贮存设施；
- 处理或整备设施（例如水泥固化、固定、岩石固化、压实、焚烧、熔化等）；
- 长期贮存设施；
- 退役设施；
- 核燃料循环设施；
- 实验室；
- 处理天然来源的放射性物质的设施。

假想始发事件

I-12. 按照以下分组罗列假想始发事件：外部天然因素、外部人为因素和内部运行因素，包括与所有类型的设施相关的一般因素和针对某一设施的特定因素。

外部自然因素

(1) 极端气象条件

- (i) 强风、扬尘、沙尘暴（造成磨蚀效应、损害屋顶或结构）；
- (ii) 旋风（造成损毁或飞行物）；
- (iii) 龙卷风；
- (iv) 飓风；
- (v) 海啸；
- (vi) 闪电；
- (vii) 降雪；
- (viii) 降雨；
- (ix) 旱灾；

- (x) 极端温度（引起发热或冰冻）；
 - (xi) 洪水；
 - (xii) 极高潮或极低潮；
 - (xiii) 潮湿和高盐含量；
 - (xiv) 冰雹；
 - (xv) 霜冻；
 - (xvi) 大雾。
- (2) 地震；
 - (3) 地基不稳；
 - (4) 山崩（例如由冰雪融化引发的）
 - (5) 侵蚀；
 - (6) 自然灾害；
 - (7) 火山喷发；
 - (8) 生物现象（例如藻类或海洋生物生长，动物和植物侵入，或生物污染）。

外部人为因素

- (1) 爆炸；
- (2) 起火；
 - (i) 油船泄漏造成的海面火情；
 - (ii) 山林大火或草原火灾失控。
- (3) 采矿活动；
- (4) 抛射体，源自高能机械或飞行物；
- (5) 飞机失事和其他不可预料的移动源；
- (6) 蓄意破坏；
- (7) 偷窃；
- (8) 附近工业活动（有毒气体、腐蚀、烟雾）；
- (9) 交通基础设施；
- (10) 附近军事活动；

- (11) 内乱和战争；
- (12) 电磁干扰（例如由附近发电厂引起的）；
- (13) 溃坝造成的洪水。

一般和特定内部运行因素

对大多数设施或活动适用的一般因素

- (1) 停电；
- (2) 通风失效；
- (3) 包容失效；
- (4) 密封失效；
- (5) 仪器仪表失效；
- (6) 缺乏维护；
- (7) 应急设备故障（例如灭火器故障）；
- (8) 公用设施受损（例如冷却水、蒸汽、压缩空气）。

贮存设施（例如液态和固体废物贮存设施）

- (1) 接收的物料与废物验收标准或要求不一致。可能导致工作人员受到不可接受的水平的照射，不相容的物料邻近贮存引发意外的临界或化学反应。
- (2) 容器内废物的化学特性或其他特性测定错误或未测定，可能导致：
 - (i) 在只允许存放固态基质的地方出现了液体；
 - (ii) 容器的降解或腐蚀速度超过预期完整性的损失；
 - (iii) 有毒气体的产生和释放；
 - (iv) 气体的产生（水解）导致基质的损坏；
 - (v) 容器内部发生化学反应导致压力的变化；
 - (vi) 基质材料（如沥青）表面的蒸气引发火灾；
 - (vii) 生物污染。
- (3) 断电可能导致多种问题，如通风失效或容器运输的中断都会引发长时间照射；

- (4) 车辆碰撞（例如叉车损坏屏蔽设施、安全设备或容器）；
- (5) 仪器仪表的失效或故障，特别是贮存相关的仪表，可能导致温度控制失效，不能进行有效的空气监测；
- (6) 个人监测失效；
- (7) 安全监测故障或失效；
- (8) 校准仪器仪表故障，导致质量保证和安全问题；
- (9) 维护作业管理欠佳；
- (10) 起重设备故障导致废物货包的坠落或跌落；
- (11) 屏蔽失效（导致工作人员受到过量照射）；
- (12) 贮存安排违规导致临界；
- (13) 火灾（例如由火花、吸烟等导致的）；
- (14) 检查不到位或检查频度不当；
- (15) 应急设备故障（如灭火器故障）；
- (16) 物料自燃；
- (17) 自然现象控制失效，如地下水位升高；
- (18) 通风失效或通风不足，导致内部污染和表面污染。

处理或整备设施（例如水泥固化、固定、岩石固化、压实、焚烧或熔化设施）

- (1) 废物和整备物料混合不充分或不正确；
- (2) 对废物的分类或表征错误，可能导致：
 - (i) 采用错误的处理方法（如压实不可压缩的废物）；
 - (ii) 可压缩的废物中存在水分或液体；
 - (iii) 因熔炼物料里存在水分或液体而可能引发爆炸。
- (3) 待处理的废物中存在化学有害因素（如在处理前没有中和 pH 值）；
- (4) 水平或压力的测量有误，导致废物容器或设备过量灌装或超压；
- (5) 采用错误的处理方法（压缩不可压缩的物料）；
- (6) 工艺材料和结构材料不相容；

- (7) 化学品添加顺序错误，导致对设备的损坏（如形成热点或因腐蚀造成损坏）；
- (8) 加入错误的化学品（例如，导致 pH 值调节方向错误，产生错误的流动或化合物，去污、沉淀或分离无效）；
- (9) 易裂变材料累积在设备内（如沉积在蒸发器箱体底部），可能导致临界；
- (10) 在过程控制设备内误沉淀；
- (11) 仪器仪表或设备故障，导致：
 - (i) 容器过量灌装或未填满；
 - (ii) 无法监测。
- (12) 过程控制设备失效（如加热、冷却、压力控制）；
- (13) 废物选择有误（如待包装和整备的废物的错误识别）；
- (14) 原料或固化材料的成分有误，或混合物料之间关系有误；
- (15) 内部飞射物（如因爆炸、破裂、倒塌、负荷降低、高能旋转机械产生的）；
- (16) 安全系统、警报和早期警报系统失效；
- (17) 应急设备失效（如灭火器故障）；
- (18) 火灾；
- (19) 粉尘爆炸；
- (20) 运行设备产生火花；
- (21) 运输车辆相撞（如叉车）；
- (22) 关键过程设备失效（如熔炉的衬垫）；
- (23) 在设备操作时发生设备故障（如桥式吊车）；
- (24) 系统丧失供水；
- (25) 设备老化未得到有效监控或管理；
- (26) 由于管路破裂导致内部淹水，可能导致临界或其他设备故障；
- (27) 要熔化的金属管空隙在熔化时压力增加，进而引发爆炸。

长期贮存设施

- (1) 接收废物与设施验收标准不一致，导致工作人员和公众受到不正当的照射；
- (2) 在处理或减少内容物时，废物容器跌落或损坏，导致包容或屏蔽效果减弱；
- (3) 废物容器不符合要求；
- (4) 工程控制失效、减弱或劣化；
- (5) 检查被忽视；
- (6) 在卸载废物货包时，发生结构坍塌或损坏（如沟壕）；
- (7) 废物容器泄露；
- (8) 屏蔽失效（如运输时混凝土筒发生破损）；
- (9) 自然气象条件的影响未能得到有效控制（如暴雨后的侵蚀）；
- (10) 未控制兔子或老鼠等动物的侵入。

核燃料循环设施（例如铀转化、铀浓缩或燃料后处理设施）

- (1) 由于维护时重新安置易裂变材料，形成不安全的几何形状，从而发生临界；
- (2) 物料添加顺序错误导致设备压力过大或可能发生爆裂；
- (3) 在工艺管道中物料发生固化（如堵塞）；
- (4) 由于管路爆裂导致内部淹水，可能引发临界或其他设备故障；
- (5) 物料混合不充分或不正确；
- (6) 工艺材料和结构材料化学不相容；
- (7) 易裂变材料累积在设备内（如沉积在蒸发器箱体底部），可能导致临界；
- (8) 在过程控制设备内误沉淀；
- (9) 仪器仪表或设备故障，导致容器过量灌装或未填满，无法开展监测。
- (10) 过程控制设备失灵（如加热、冷却、压力控制）；
- (11) 内部飞射物（如爆炸、破裂、倒塌、负荷降低、高能旋转机械产生的）；
- (12) 安全系统、警报和早期警报系统失效；

- (13) 火灾；
- (14) 粉尘爆炸；
- (15) 运行设备起火花；
- (16) 运输车辆相撞（如叉车）；
- (17) 关键过程设备失效，产生不必要的废物；
- (18) 在设备操作时发生设备故障（如桥式吊车）；
- (19) 设备老化未得到有效监控或管理。

实验室

- (1) 通风失效，导致窒息或有毒气体增加；
- (2) 仪器仪表失效，导致无法进行控制分析或得出错误的结论；
- (3) 缺乏有效的校准，导致分析数据质量不高（如果将不准确的数据提供给设施，实验室的一个假想始发事件可能导致一个处理设施的事件发生）；
- (4) 由于管路爆裂导致内部淹水，可能引发临界或其他设备故障；
- (5) 密封失效或容器泄露；
- (6) 应急设备失效（如灭火器故障）。

退役设施

- (1) 废物表征错误，导致工作人员受到过量照射，个人防护设备使用不当；
- (2) 未探测到的潜在的辐射或污染源（如在罐底的高辐射源或沉积物）；
- (3) 监测设备故障；
- (4) 通风失效，导致污染扩散；
- (5) 在设备拆除时包容结构受损；
- (6) 内部飞射物（如爆炸、破裂、倒塌、负荷降低、旋转机械产生的）；
- (7) 采用错误的退役技术引发火灾（如对易燃物质的热切割）；
- (8) 由于管路爆裂导致内部淹水，可能引发临界或其他设备故障；
- (9) 设备正在退役时，特定装配组件受损导致临界；
- (10) 结构受损（可能导致坍塌）；
- (11) 未被识别的设备老化；

(12) 应急设施的失效或故障（如灭火器故障）。

处理天然来源的放射性物质的设施

- (1) 工程控制失效或受损（如尾矿坝衬里损坏）；
- (2) 仪器仪表失效或故障（如环境仪器仪表或监测仪器仪表故障）；
- (3) 控制环境条件的系统故障（如排水系统）；
- (4) 人为活动引发地面坍塌（如矿区基础设施的变化）；
- (5) 生物现象未能得到有效控制（如昆虫对工程控制的破坏或污染的传播）；
- (6) 自然气象条件的影响未能得到有效控制（如暴雨后的侵蚀）；
- (7) 应急设备失效（如灭火器故障）。

附件 I 参考文献

- [I-1] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》（2007年版），国际原子能机构，维也纳（2007年）。

附件 II

监管机构对安全论证文件的评审内容

法律和监管框架

II-1. 议题：

- (1) 是否清晰明确地划分了在放射性废物处置前管理的整个过程中的安全责任？在提交的文件中营运组织是否承担整个过程的主要安全责任？
- (2) 在放射性废物处置前管理中可能涉及到放射性废物从一个营运组织转移到另一个营运组织时，是否清晰地分配了整个过程的安全责任？
- (3) 在放射性废物跨国转移的过程中是否遵守了《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》 [II-1] 的相关条款？
- (4) 营运组织提出的放射性废物处置前管理策略是否符合放射性废物管理的国家政策和战略？是否是该政策中优先推荐的放射性废物管理计划？
- (5) 是否满足放射性废物管理设施或活动开发的所有安全要求？旨在满足许可证审批过程各个阶段要求的所有程序是否完备？
- (6) 监管机构需要在授权前和运行中定期评审和评审营运组织准备的处置前设施或活动的安全论证文件和环境影响。

监管过程

II-2. 议题：

- (1) 营运组织是否充分考虑了营运组织自身、设施许可证审批过程涉及的监管机构、放射性废物处置前管理安全要求制定和授权过程涉及的其他相关各方之间的关系？
- (2) 营运组织是否熟悉监管过程，特别是和营运组织自己的设施特点相关的内容？
- (3) 营运组织是否熟悉监管机构针对下述问题制定的具体要求和标准：

- (i) 放射性废物的操作和运输？
- (ii) 将进行处置的废物货包的接收？
- (iii) 与营运组织自己的设施相关的任何其他内容？

安全论证文件和安全评定的准备

II-3. 议题：

- (1) 在设施或活动许可证审批过程的每个步骤，是否准备并更新了安全论证文件和辅助安全评定？
- (2) 监管机构需要为营运组织提供指导，包括分析终点的定义和其他支持核准请求和作为决策、监管审批和控制过程基础的必要的相关输出信息。
- (3) 营运组织是否检查并考虑了作为监管决策和核准过程基础的在设施开发的早期阶段开发的安全论证文件制定的所有规定？
- (4) 随着该项目的推进，是否逐步编写和完善安全论证文件？
- (5) 营运组织是否承担将提交给监管机构进行分析的安全论证文件和安全评定编写的所有责任？

安全论证文件和安全评定的范围

II-4. 议题：

- (1) 在安全论证文件中，营运组织是否了解符合监管标准的该场址、设施设计和管理控制的所有安全问题？
- (2) 在现有的安全论证文件内，营运组织是否已证明满足所有的安全要求？
- (3) 营运组织是否说明如何将安全评定的结果用于开展适合于该设施或活动的安全相关的改进？
- (4) 营运组织是否说明安全论证文件如何阐述并论证所采用的设施设计、运行管理安排和系统进程可以保证达到监管要求提出的安全目标和标准？

- (5) 在现有的安全论证文件内，营运组织是否说明在正常运行条件、预计运行事件和设计基准事故发生时，如何减少对工作人员、公众和环境的风险？
- (6) 营运组织是否证明安全论证文件足够全面和详细地阐述了与设施或活动相关运行的复杂性和风险的大小？

安全论证文件和安全评定的文件

II-5. 议题：

- (1) 充分文件化的安全论证文件和辅助安全评定（在详细程度和质量方面）是否足以证明安全性，支持决策过程，并且可以进行独立评审，保证正当性、可追溯性和清晰度？
- (2) 从范围和结构上看，营运组织为许可证审批过程每个步骤分析所提交的文件是否足够清楚地表明安全论证文件和辅助安全评定足以支持监管审批流程，并考虑了正当性、可追溯性和清晰度？
- (3) 营运组织提交的用于分析的文件是否足以阐述正当性问题，也就是说，它是否解释了选择的依据，提供了支持和反对决策的论据，特别是与主要安全论据相关的决策？
- (4) 营运组织提交的用于分析的文件是否考虑了可追溯性，也就是说，该文件是否允许独立评审者根据文件的内容复现结果？
- (5) 营运组织提交的用于分析的文件是否足够清楚，也就是说，是否能够使人充分了解安全论据，是否足够清楚地说明了所做的工作？

安全论证文件循序渐进的发展与评定

II-6. 议题：

- (1) 营运组织是否描述了该设施开发的不同阶段，并说明在每个阶段开展的不同分析以支持论证整个系统的整体性能和安全性？
- (2) 营运组织是否论证了逐步逼近方法对安全分析中建立信任过程的影响，从而证明安全分析结果是正确的，例如：
 - (i) 相关科学和技术数据的收集、分析和解释？
 - (ii) 工程设计和运行计划的开发？

(iii) 为了保障运行安全的安全论证文件的编写？

放射性废物处置前管理相关的基本要素

II-7. 议题：

- (1) 营运组织是否对该设施的选址、设计、建造、调试、运行、关闭和退役开展了安全论证文件编写和必要的辅助安全评定？安全论证文件的编写需要遵循监管框架内的法律和监管要求；
- (2) 营运组织是否已说明高层管理人员对安全进行的承诺，并在该设施内建立和维护安全文化？
- (3) 营运组织是否说明将对该设施的安全和安保作为一个整体实施？
- (4) 营运组织是否考虑了放射性废物处置前管理中所有步骤之间的相互依赖关系，以及预期处置方案的影响？
- (5) 营运组织是否采用了一套有效的管理系统管理放射性废物处置前管理设施的所有步骤和要素？在安全论证文件和辅助安全评定中需要明确鉴别在管理系统中考虑的和对该设施或活动的安全运行起重要作用的所有特性；
- (6) 在安全论证文件和辅助安全评定中，营运组织是否充分考虑了健全的放射性废物处置前管理的基本要素，例如：
 - (i) 所有放射性废物流的识别和控制？
 - (ii) 采取措施使二次废物产生最小化？
 - (iii) 在达到防护目标的前提下，对物料进行再利用和再循环？
 - (iv) 根据现行的法规，获得核准进行流出物排放和物料的清洁解控？

放射性废物处置前管理的技术要求

废物表征和分类

II-8. 议题：

- (1) 在该设施内处置前管理过程的多个阶段，是否根据监管机构制定和核准的要求，对放射性废物进行适当的表征和分类？

放射性废物的预处理

II-9. 议题：

- (1) 该设施或活动的废物预处理是否恰当地考虑了废物的性质和特性，以及放射性废物处置前管理的后续步骤（处理、整备、运输、贮存和处置）的要求？
- (2) 在该设施或活动中是否充分实现了废物预处理的目标，即，(i)对需要进一步处理和处置的放射性废物进行减量；(ii)调节剩余的可能需要处理、整备和处置的放射性废物的特性，使其更适合于进一步处理和处置？
- (3) 在进行预处理操作（如废物收集、分离、化学调节、去污）时，是否对废物进行恰当的特征以有助于在处理和整备过程中适当的分配？

放射性废物的处理和整备

II-10. 议题：

- (1) 是否充分考虑了放射性废物处置前管理的基本步骤之间的相互依赖关系？
- (2) 是否选择了适合放射性废物的整备方法，以确保废物形态与选定的贮存方案和选定的或预期的处置方案相匹配？
- (3) 选定的整备流程产生的废物货包是否能够满足已确立的运输和处置的废物验收标准？
- (4) 包装好的固体废物形态是否与选定的或预期的处置方案相匹配？是否满足安全处理、运输和贮存的要求？

- (5) 为整备流程选定的材料和流程是否与放射性废物的形态相匹配？
- (6) 废物处理和容器的选择是否能够确保运行安全，废物、废物形态和容器之间足够的稳定性，废物货包与贮存和处置环境的相容性？

放射性废物的贮存

II-11. 议题：

- (1) 贮存设施的安全论证文件是否考虑了设施内正常运行方面和事故发生时的相应假想方案？
- (2) 在安全论证文件中是否考虑了贮存阶段？设施的设计是否考虑了在任何安全屏障自然退化时使用非能动安全特性用于废物的包容？
- (3) 安全论证文件是否考虑了自然场址特性（如地质、水利、气候）可能影响设施安全特性的实现，以确保不发生超过设定限值的放射性影响？
- (4) 设施是否整合了设计特性以便于对废物货包条件进行定期检查，开展维护活动，确保可追溯性、再整备和运输，必要时进行适当的放射性监管？
- (5) 是否对易裂变材料予以特别关注以避免：(i)临界的风险，即使是在自然现象下发生；(ii)超过设计安全限值的加热的风险？
- (6) 营运组织是否理解贮存设施在废物管理流程中所需完成的职责，其特性应允许：
 - (i) 在贮存阶段对废物的适当包容？
 - (ii) 按照要求对废物进行监测？
 - (iii) 推进完成废物管理流程的后续步骤，即，衰变直至清洁解控、获得核准进行排放或处置？
- (7) 设施的设计是否考虑了将要贮存的放射性废物的类型、特性及相应的危害、贮量和预计贮存时间，并具备合适的技术和工程特性？
- (8) 设施的设计是否考虑了废物贮存的目的，即，使废物具有可追溯的可能性以备在后期经核准排放、经核准使用或清洁解控、处理或处置？

- (9) 营运组织是否制定了对废物货包和贮存设施进行常规监测、检查和维护的规定，以确保废物持续完整性？
- (10) 是否已建立流程用于应对贮存容量的充分性问题（考虑到在事故条件下预计增加的废物量），贮存设施的预期寿命、处置方案的可用性？
- (11) 针对在贮存设施延长放射性废物的贮存时间的情况，是否已制定（技术和管理方面的）规定以确保对当代人及其后代的防护？
- (12) 设施的设计中是否已作出足以应对废物产生废液和废气的相关规定？

放射性废物的验收标准

II-12. 议题：

- (1) 该设施接收贮存的废物的实际特性（废物货包或未包装的废物）是否与进行安全论证文件时考虑到的废物特性一致？
- (2) 营运组织是否熟悉监管机构建立的放射性废物处置的分类系统和验收标准？是否将其应用于该设施？
- (3) 营运组织是否了解废物货包或未包装废物的放射性、机械、物理、化学和生物特性或者其他适用特性方面的废物验收标准？
- (4) 营运组织是否了解废物验收标准对确保废物货包和未包装的废物在正常和非正常条件下以及为处置进行的安全处理和贮存的作用？
- (5) 营运组织是否熟悉监管机构对废物验收标准的核准流程？营运组织是否了解并应用了为鉴别、评定和处理不符合工艺规格或处置标准的废物或废物货包而制定的规定？
- (6) 营运组织是否已制定适当的程序和操作指南用于判断贮存后为满足验收标准而对废物进行处理的需求？是否对工作人员进行适当的培训使其遵循这些程序？
- (7) 营运组织是否已确立适当的规则以鉴别、评定和应对监管机构建立的（放射性、机械、物理、化学和生物的）废物验收标准？
- (8) 营运组织是否已制定适当的程序和操作指南用于证明废物处理产生的最终产品满足监管机构指定的（放射性、机械、物理、化学和生物的）验收标准？

- (9) 监管机构应实施相关程序（现场监视、包裹检测）以确保废物或废物货包满足要求的贮存验收标准。
- (10) 营运组织是否熟悉国际原子能机构运输条例 [II-2] 和其他适用的国际或本国的标准？在适用的情况下，是否能够充分满足这些条款的要求？

设施选址和设计

II-13. 议题：

- (1) 通过在选址和设计阶段所做的分析，营运组织是否证明可以达到运行和退役阶段的安全标准？是否重点考虑了在设施的设计中运用纵深防御的概念？
- (2) 营运组织是否清楚地鉴别了那些需要整合到处置前废物管理设施的设计中的特性，以适用（在很大程度上取决于）放射性废物的特性、总贮量和潜在危害能力并满足监管机构的要求？
- (3) 从概念设计阶段开始的运行维护、试验、检验和检查的需求是否足以满足安全要求？
- (4) 营运组织是否了解放射性废物贮存设施选址的整个流程和需要考虑的问题，例如：
 - (i) 对拟建区域进行调查，评价其目前和可预见的未来的特征、人口分布以及目前和未来土地和水资源的利用？
 - (ii) 测量该区域大气放射性水平作为未来调查的基准？
 - (iii) 估算预期和潜在的通过直接和间接途径的放射性物质排放？
 - (iv) 设施运行状态和事故条件下对公众的照射？
 - (v) 评定自然和人为引起外部事件（如地震、气象灾害、岩土工程技术影响、飞机失事、爆炸）的潜在影响？
 - (vi) 可能的贮存时间，非能动安全特性的应用，在此期间退化的可能性以及对影响该设施性能的自然场址特性（如地质、水力和气候）的考虑？

设施建造和调试

II-14. 议题:

- (1) 营运组织是否建立了必要的技术和管理系统确保根据监管机构核准的设计和核准的安全论证文件和安全评定中的描述建造该设施？营运组织是否证明该设施的建造方式能够合理地保证运行阶段和退役时的安全？
- (2) 营运组织是否说明已清楚地分配营运组织建造该设施和开展必要的核实或试验（焊接点、地基等）的责任？营运组织是否也说明其担负起责任并熟悉监管机构要求的证明在建造期间履行责任的证据？
- (3) 营运组织是否了解并向监管机构说明在该设施内如何组织调试的流程？营运组织是否描述了该设施调试过程框架内要完成的各个阶段，即，适用假想方案包括完工、建造检查、设备试验、性能演示、冷态调试（无放射性物质）和热态调试（有放射性物质）？
- (4) 营运组织是否在最终调试报告中对其负责的废物处置前管理设施进行了适当的记录？
- (5) 该文件是否包括：
 - (i) 设施的竣工状态，该信息除提供设施运行资料外，对考虑该设施以后可能进行的改进、关闭和退役都是很重要的？
 - (ii) 调试期间完成的所有试验，证实其成功完工的证据，以及对该设施或流程作出的任何改造？
 - (iii) 确保满足所有核准条件的证据？
- (6) 营运组织是否向监管机构说明针对该报告所作的部署将由营运组织执行，并作为设施运行和退役方案开发的文件编写内容之一，在这个过程中定期向监管机构更新报告？
- (7) 营运组织提交的该文件是否提供了用于选择结构材料、制造和建造技术、试验程序的标准和标准的明确信息？
- (8) 营运组织是否明确考虑了对放射性废物、所有相关材料和环境条件对该设施所有安全相关特性发挥其特定能力的潜在影响（如避免对材料的高温腐蚀和减缓强辐射场照射的负面影响）？

设施运行

II-15. 议题：

- (1) 在运行和退役阶段，为该设施或活动制定的运行程序是否符合现行要求和监管机构核准的条件？营运组织是否根据运行经验对这些运行程序进行定期更新？
- (2) 营运组织是否：
 - (i) 确保所有对安全至关重要的运行和活动都符合文件记录的限值、条件和控制，并由受过培训的工作人员完成？
 - (ii) 说明如何记录以及在哪里记录针对该设施或活动运行的运行限值、条件和控制？
 - (iii) 确保负责安全的职位能够取得适当的资格并获得授权？
 - (iv) 阐述（营运组织）如何制定运行程序和应急方案，如何获得监管机构的核准？
 - (v) 确保记录的程序中包括了对安全运行至关重要的系统的定期维护、试验和检查方案？
- (3) 营运组织是否建立了技术或管理系统确保在该设施或活动处在监管控制下的尽可能长的时间段内，营运组织对安全的能动控制？
- (4) 营运组织在该设施的安全特性和安全评定中是否考虑到，在管理高水平废物时要避免临界并保证足够的散热？

设施关闭和退役

II-16. 议题：

- (1) 营运组织提供的申请许可证的文件中，是否已经考虑了该设施寿期从设计到关闭和退役的所有阶段？营运组织是否知道需要获得每一步的核准并定期更新关闭和退役的计划？
- (2) 营运组织是否知道在该设施的计划和设计阶段就需要考虑该设施的退役，并特别说明：
 - (i) 该退役计划开发的程序？
 - (ii) 论证该退役计划可以安全地完成？

- (iii) 在该设施的计划和建造阶段是如何考虑退役的需求的？
- (3) 该设施的关闭和退役是否按照监管机构提出的条件进行？
- (4) 营运组织是否意识到在这个过程中责任，并准备了完善的程序清楚地界定在该设施的所有权发生转移时的责任分配？
- (5) 营运组织是否向监管机构报告退役计划的更新情况？这次更新是否考虑了该设施或监管要求的变化、技术的进步和退役活动的需求？

核材料衡算和控制

II-17. 议题：

- (1) 营运组织是否在该设施或活动的设计和运行阶段适时地考虑了核材料衡算和控制的要求？
- (2) 营运组织是否论证了如何在不损害该设施或活动的安全性的前提下，确保满足核材料衡算和控制的要求？
- (3) 营运组织是否适时地在设施中建立了一个完善的核材料衡算和控制系统，并考虑以下因素：
 - (i) 从完成核材料衡算和控制的出发点，建立核材料的问责制，以确保短期或长期内在核材料进入未核准的渠道或用于未知目的时能够被迅速检测到？
 - (ii) 在该设施或活动中采取什么措施如何对核材料衡算和控制实施能动的监视和控制？
 - (iii) 在该设施内如何实施对含有易裂变材料的废物的监视措施，确保易裂变材料信息的连续性，不在该场址内出现任何有关这些材料的未申报的作业？

现存设施或活动

II-18. 议题：

- (1) 营运组织是否实施了所有的监管步骤确保现存设施或活动足够安全，并且符合监管机构确立的安全要求？

- (2) 该设施或活动是否经过监管过程中对现存的或计划开展的新的安全论证文件以及所有辅助安全评定的评审？这一过程应由监管机构提出，使该现存设施符合所有为处置前废物管理设施或活动设立的安全要求。
- (3) 营运组织是否指出在强制的监管过程基础之上，鉴别或落实了额外的运行限值、改进或决策？
- (4) 营运组织是否根据监管机构提出的要求，对在其负责的设施或活动开展定期的安全评审和安全升级？

附件 II 参考文献

- [II-1] 国际原子能机构《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》，国际原子能机构《国际法丛书》第 1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [II-2] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》（2012 年版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。

附件 III

监管评审报告的模板

1. 引言

简要描述该评审的目的与背景，评审文件的标题与编写者，有关参与评审的机构的信息等。

2. 评审范围和目标

介绍评审的文件，该评审的高层次目标（包括提及的适用监管要求），以及如果与该范围有关时，该评审过程的总体概述等。如果该评审报告是一份总结报告（例如发放许可证之前的最终报告）或是一份部分评审报告，有以前已完成的其他支持性评审报告，那么应在此处说明它们的通用范围和适用性。

3. 适用的监管要求

进行评审时应遵守的法规、既定的程序和（或）国际建议的清单。应包括对法规、程序和（或）国际建议的关键要点的概述。

4. 评审方法与过程

关于评审程序的描述，包括评监查划和可能的步骤（初步评审、主要评审、修订文件的评审），与安全论证文件编写者的互动，意见的分类，对意见格式和表述的要求，评审团队内部互动等，以及评审中用到的所有指导性文件。

5. 评审的主要结论

对每个评审领域的描述，并提及相关的特别领域（包括申请者的响应能够解决那些问题的程度）。

6. 关键意见

总结评审文件中存在的主要不足的一般性意见。

6.1. 具体意见

对评审文件的特定各节或调查领域的更为详细的意见。

6.2. 未解决的意见

尚未解决的意见。如果有必要的话，应指出其对安全的相对重要性，并提出为解决这些问题将采取的行动。应在此描述核准的任何条件，并给出其正当性的理由。

7. 结论与建议

评审的结论和有关核准条件的建议。

附件 IV

推动放射性废物管理解决的安全评定： 总体过程的框架

引言

IV-1. 本附件提出了处置前废物管理总体过程的框架，可以作为为应用现有的安全评定方法学和鉴别证明安全性正当性所需内容制定导则的基础。重点放在废物相关的活动，不考虑政治因素和工程因素等其他方面。

IV-2. 为便于开展该工作，为处置前废物管理的主要步骤都制作了流程图。在第 IV-4—IV-42 段介绍了每个单独要素的内容及其与整个框架的关系。

IV-3. 在第 IV-43—IV-46 段以及表 IV-1—IV-8，阐明了图 IV-1—IV-6 中的流程图中每个处置前活动的如下内容：

- (1) 鉴别必要的安全评定；
- (2) 整合了需要基于这些安全评定所作的决策，因此安全评定必提供其基础；
- (3) 安全评定的评定背景下的通用内容（更多细节将作为国际原子能机构推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目的后续活动的一部分提供）。

框架

IV-4. 图 IV-1—IV-6 展示了处置前废物管理活动的概况。图 IV-1 描述了总体过程。图 IV-2—IV-6 提供了图 IV-1 中定义的所有单独工序的详情。

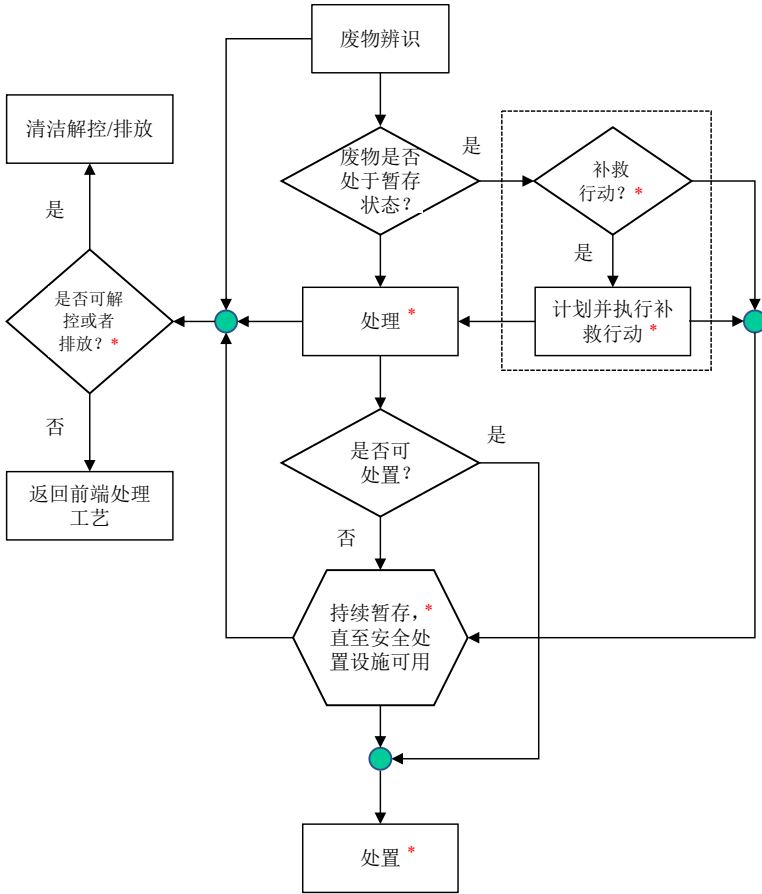


图 IV-1. 总体过程（星号代表需要进行决策及与之相关的安全评定的活动，如图 IV-2—IV-6 及第 115 页脚注 1 所示）。

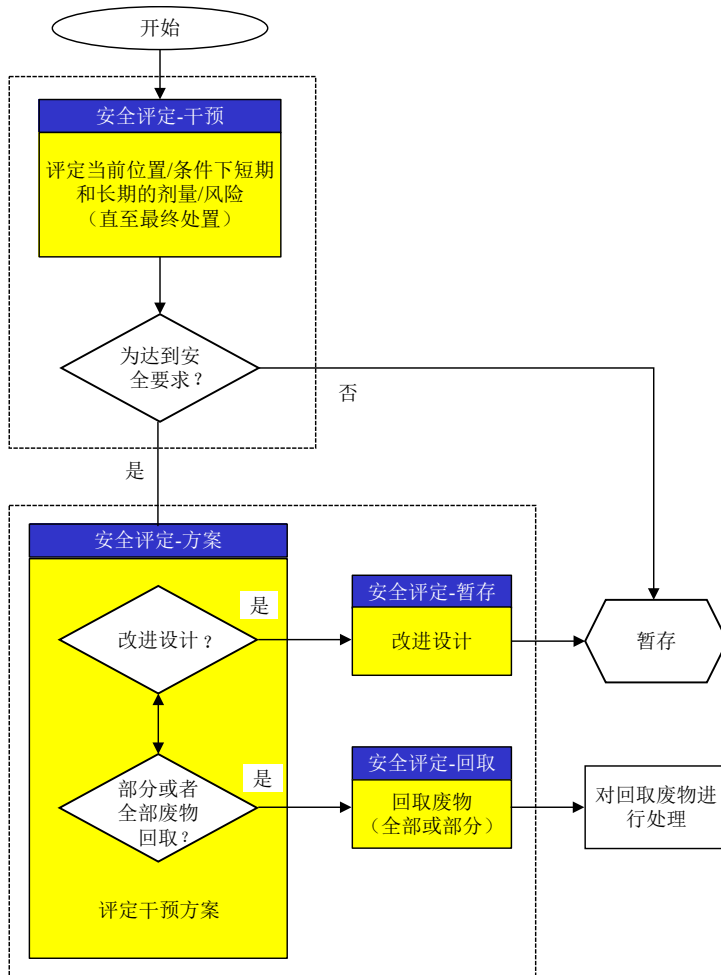


图 IV-2. 补救行动。

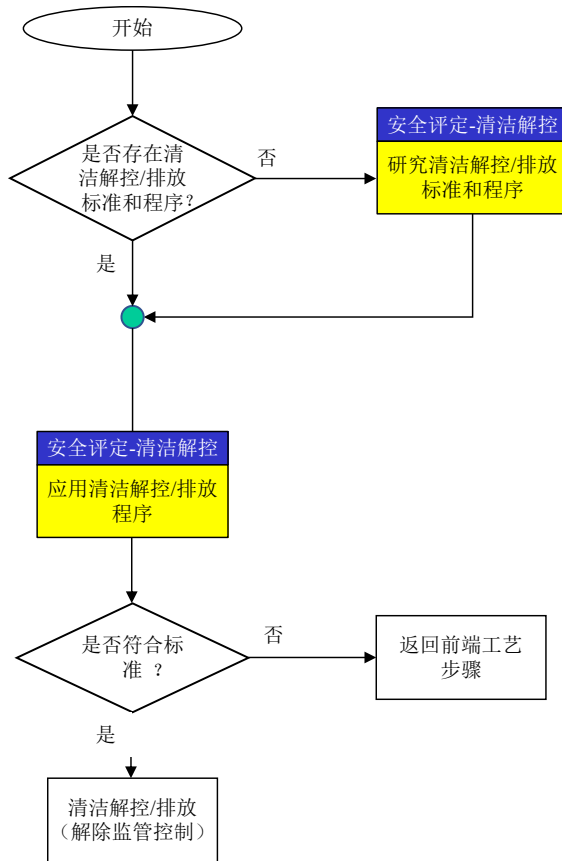


图 IV-3. 可能的清洁解控/排放。

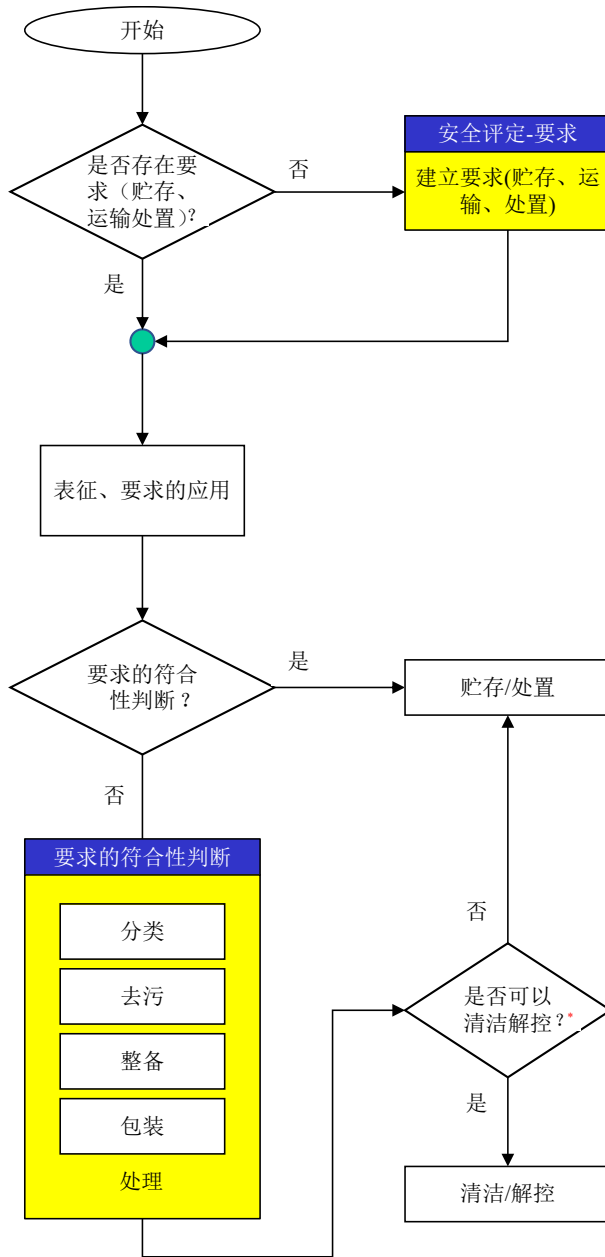


图 IV-4. 处理（星号代表需要作出决策并进行与之相关的安全评定的活动，参见第 126 页脚注 2）。

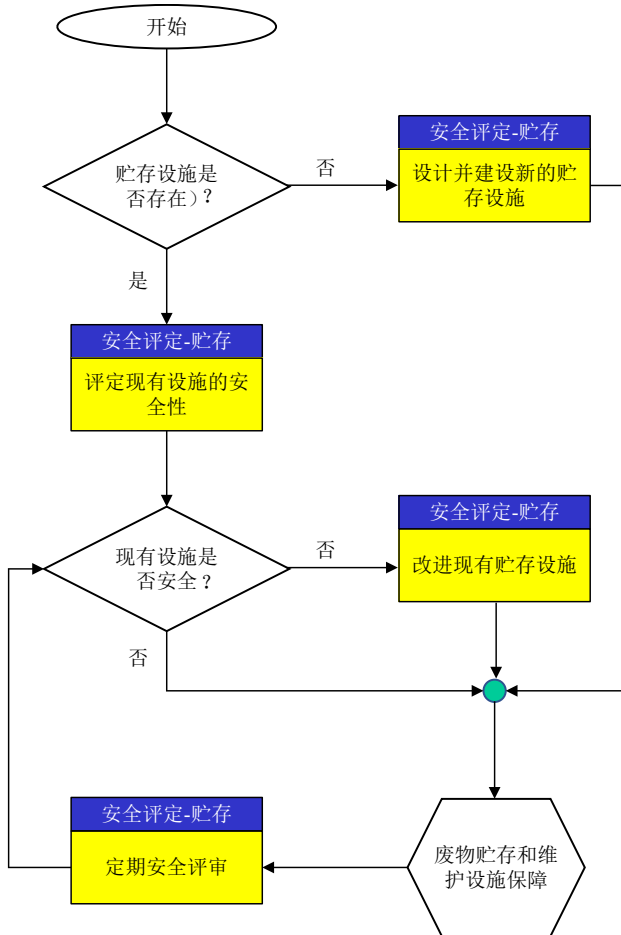


图 IV-5. 贮存。

IV-5. 图 IV-2—IV-6 通过有背景色的方框指出了需要进行安全评定的活动。在这些方框的顶部为需要进行安全评定的类型。

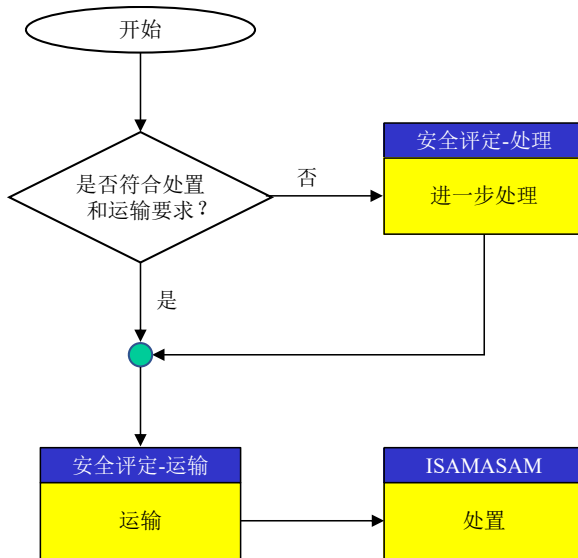


图 IV-6. 处置。

IV-6. 下面将具体介绍这些流程图中提到的活动。表 IV-1—IV-8 则描述了需要进行的安全评定的目的和范围。

总体过程

IV-7. 在图 IV-1 的总流程图指出要开展的第一项活动就是识别废物的类型。根据流程图，针对每个特定类型的废物给出确定分类所需的所有参数。

表 IV-1. 安全评定 — 干预的评定内容

现有设施内贮存的废物的安全评定	安全评定 — 干预
评定目的	<p>从安全和安保的角度判断现在的情况是否可接受或者是否有必要采取改进行动对安全和（或）安保措施进行升级。 备注：需要采取的改进行动的判定不属于本评定的内容（参见“安全评定—方案”）。</p>
评定终点	<p>根据设施的现状和可能发生的变化（如屏障退化、外部或内部事件）的影响进行评定，可能的评定终点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 贮存设施的放射性核素排放； — 周围环境的放射性核素浓度； — 维护和监视等活动对工作人员造成的剂量和风险； — 公众所受剂量（某个组的个人所受到的潜在照射或实际照射）； — 非人类物种所受剂量； — 设施的安保水平。
评定原则	<ul style="list-style-type: none"> — 采用谨慎的假设，但是在干预情况下，要尽可能真实；即真实描述现存假想方案，只在需要对评定终点有潜在影响的事件和过程进行评定时采用保守假设。 — 必要时尽可能采用实际数据；即根据数据对评定结果的重要性，只在场址特定数据不可获取时（例如关于潜在事件和过程的影响的数据，或在本阶段无法测量的废物货包的含量数据）或场址特定采样和测量无法保证的情况下采用一般数据。
评定时间框架	<p>预计建立处置设施和开始回取废物的时间框架。 备注：设置冗余时间来应对这方面通常存在的不确定性。</p>
附注	<p>该评定的目的只是判断是否有必要进行干预。如果需要干预，就会开展“安全评定—方案”对比可用的干预方案，并辨识需要实施的升级方案。</p>

IV-8. 已经存在并保存在贮存设施内的废物类型相对于新产生的废物有一个重要的差异。现存的废物是过去放入贮存设施的，这些贮存安排的安全和安保可能不能完全符合现在的标准。这就需要开展补救行动，对安全和安保措施进行升级，如改变废物的状态、改进贮存设施和（或）回取废物贮存到另一个设施内等。¹

IV-9. 对于新废物和从旧的贮存设施回取的废物，下一步要判断是否需要进行处理，如果需要的话，再判断应该采取何种类型的处理才能确保废物的满足安全和安保条件的贮存。理想情况下，计划和开展的废物处理也应使废物满足后面运输和处置的要求。

¹ 如图 IV-1 所示的对已经贮存的废物考虑补救行动（即干预）的决策不适用于在处置前废物管理活动中临时贮存等待处理的废物。但是，它适用于以废物目前已经形成的形态进行贮存的决策，任何改变应被视为干预。临时贮存的废物应被视为活动内新产生的废物进行处理，并在处理决策点决定是否需要进行处理。

表 IV-2. 安全评定 — 方案的评定内容

评定安全升级方案	安全评定 — 方案
评定目的	<p>— 辨识可选的方案：改善设施内贮存的废物的现有状况和（或）设施自身条件。如：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 改进该设施的设计；和（或） • 从该设施内回取部分或全部的废物。 <p>— 根据辨识的可选方案并考虑相关的具体因素（剂量、风险、成本等）以确定最佳方案。</p>
评定终点	<p>— 评定废物回取和（或）该设施的升级（在已考虑的方案范围内进行选择）。</p> <p>可能的评定终点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 由于回取和升级操作引起的放射性核素的排放； • 周围环境的放射性核素的浓度； • 由于废物回取和该设施升级导致工作人员所受剂量和危险； • 公众所受剂量（一组成员所受到的潜在照射）； • 非人类物种所受剂量。 <p>— 评定升级的设施（即改进设计和（或）部分废物回取）的影响。可能的评定终点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 贮存设施的放射性核素的排放； • 周围环境的放射性核素的浓度； • 维护或监视等活动中工作人员所受剂量和风险； • 公众所受剂量（一组成员所受到的潜在照射）； • 非人类物种所受剂量； • 设施的安保水平。 <p>— 评定回取废物的处理、贮存或处置（程度只到已考虑的方案范围内的废物回取）。</p> <p>备注：这部分评定的必要性和范围需要具体问题具体分析，取决于是否已经存在废物处理、贮存或处置的能力。在任何情况下，在比较干预的方案时考虑回取的废物的去向是很重要的（特别是管理产生的剂量、风险和成本）。</p>

表 IV-2. 安全评定 — 方案的评定内容（续）

评定安全升级方案	安全评定 — 方案
评定原则	<p>— 采用谨慎的假设，但是在干预情况下，要尽可能真实（见表 IV-1）。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 一般来说方案的对比要基于真实的假设； • 评定每个方案是否符合监管标准需要足够谨慎的假设。 <p>— 尽可能保证采用实际数据；即只在场址特定数据不可获取时采用一般数据（见表 IV-1）。</p>
评定时间框架	<p>— 评定废物回取和（或）设施升级：这些活动持续的时间。</p> <p>— 评定升级的设施的影响：预计建立处置设施和开始废物回取的时间框架（包括冗余时间，见表 IV-1）。</p> <p>— 评定回取的废物的处理、贮存和处置：根据具体情况而定（参见上文）。</p>
附注	<p>— 本评定仅在“安全评定 — 干预”的评定结果显示需要进行干预时开展。</p> <p>— 升级设施的措施的实际规划和（或）废物回取不属于本安全评定的内容（见“安全评定 — 贮存”和“安全评定 — 回取”）。因此，对这些活动的评定仅限于对比方案的范围和深度。只有在辨识该方案最佳的时候才有必要进行详细的规划（即，将要实施的方案）。</p>

表 IV-3. 安全评定 — 回取的评定内容

评定废物回取	安全评定 — 回取
<p>评定目的</p>	<p>— 对回取操作的安全性进行评定，以便于对其进行详细的规划。</p> <p>— 确立：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 限值（对该活动任何部分的定性或定量的限制，以确保符合安全原则和要求）； • 控制（现有的流程、程序或其他器具，以确保符合安全原则和要求）； • 回取操作的条件（前提、对功能的要求、必须存在的确保安全的设施或机构）。
<p>评定终点</p>	<p>评定回取操作。可能的评定终点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 由于回取和升级操作引起的放射性核素的排放； — 周围环境的放射性核素的浓度； — 由于废物回取和设施升级导致工作人员所受剂量和危险； — 公众所受剂量（一组成员所受到的潜在照射）； — 非人类物种所受剂量。
<p>评定原则</p>	<ul style="list-style-type: none"> — 采用谨慎的假设，但是在干预情况下，要尽可能真实（见表 IV-1）。 — 尽可能保证采用实际数据；即只在场址特定数据不可获取时采用一般数据（见表 IV-1）。
<p>评定时间框架</p>	<p>回取活动持续的时间。</p>
<p>附注</p>	<p>该安全评定不包括对回取的废物的去向的评定。其他相关安全评定将对此类废物的管理步骤进行评定，即清洁解控、排放、处理、贮存、运输和处置。</p>

表 IV-4. 安全评定 — 清洁解控的评定内容

推导清洁解控和 排放水平以及程序	安全评定 — 清洁解控
评定目的	<p>针对清洁解控：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 建立针对一般废物或特定废物类型的通用清洁解控水平，可能也包括一些特定的清洁解控要求（如用于冶炼的废金属的清洁解控水平）；或 — 确定是否可以对特定类型的废物进行无条件的或有条件的清洁解控（即这种特定的废物是否符合清洁解控标准）。 <p>针对排放：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 建立通用的或与设施有关的排放限值。 <p>针对清洁解控和排放：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 建立清洁解控或排放的程序（特别是要求的测量和监测的类型和范围）。
评定终点	<p>评定清洁解控或排放后的废物造成的照射。可能的评定终点包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 公众所受剂量（一组成员所受到的潜在照射）。 备注：对于清洁解控，通常根据物料的类型、可能的（对于无条件的清洁解控）或要求的（对于有条件的清洁解控）物料处置和再循环方案确定假想方案。
评定原则	<ul style="list-style-type: none"> — 一般采用谨慎的假设。但是在使用满足清洁解控标准的低剂量限值时，要避免过度保守假设（见参考文献 [IV-1]）。 — 在使用通用清洁解控水平和排放限值，以及对特定废物类型的无条件的清洁解控时，应采用必要的通用数据。仅在特定的有条件清洁解控的案例（如已知循环或处置途径并且有监管条款保证时）和特定设施排放标准时使用特定场址数据。

表 IV-4. 安全评定 — 清洁解控的评定内容（续）

推导清洁解控和排放水平以及程序	安全评定 — 清洁解控
评定时间框架	<ul style="list-style-type: none"> — 原则上讲，清洁解控的剂量评定没有时间框架。但是，在实践中，可根据相关放射性核素的半衰期和通常考虑的假想方案中清洁解控之后立即或短期内达到的最高照射量限定时间框架（水体途径例外）。 — 对于排放来说，照射通常发生在很短的时间内，环境中放射性核素沉积造成的剂量除外（例如通过河流沉积或气溶胶地面沉降造成的吸收）。后者可参照清洁解控进行处理。
附注	<ul style="list-style-type: none"> — 如图 IV-1 所示，清洁解控和排放是总体过程所有阶段的一个废物管理计划。推导通用的清洁解控水平和排放限值通常比确定某个特定工序的清洁解控更容易、更有效。 — 既然推导清洁解控水平的假想方案和剂量评定一般都是很通用的，对大多数案例来说，使用国际上得到的通用清洁解控水平就足够了（例如参考文献[IV-1]）。具体的评定只限于特定的废物类型或建立有条件的清洁解控水平。 — 制定清洁解控的一般程序需要考虑废物类型、关注的放射性核素，以便确定适合的采样和测量程序。

表 IV-5. 安全评定 — 要求的评定内容

推导（贮存、运输和处置的）要求	安全评定 — 要求
评定目的	推导不同的废物管理步骤的要求： <ul style="list-style-type: none"> — 贮存； — 运输； — 处置，以确定废物处理要求。
评定终点	评定终点取决于具体的活动（参见附注）。
评定原则	<ul style="list-style-type: none"> — 一般采用谨慎的假设。 — 数据可以是通用的（对于不针对特定设施的废物管理活动）或基于场址的（在推导针对特定设施的要求时）。
评定时间框架	评定时间框架取决于具体的活动（参见附注）。
附注	<ul style="list-style-type: none"> — 推导要求是对不同废物管理活动进行安全评定的一部分（参见安全评定—贮存、安全评定—运输、安全评定改进法[IV-4]和 ASAM）。评定终点和时间框架的确定也是这些评定的一部分。 — 得到的要求可以是通用的（如运输的情况）或基于具体贮存或处置设施的安全评定，因此后者只对特定废物管理途径有效。 — 得到的要求需要足够具体，以便于确定要求的废物处理的类型和范围。

IV-6. 安全评定 — 处理的评定内容

废物处理的评	安全评定 — 处理
评定目的	— 废物处理设施的选址的指导原则和（或）选址。 — 评定废物处理操作的安全评定，以便于对其进行详细的规划； — 确立： <ul style="list-style-type: none">• 限值；• 控制；• 废物处理运行的条件。
评定终点	评定废物处理操作。可能的评定终点包括： <ul style="list-style-type: none">— 废物处理操作造成的放射性核素的排放；— 周围环境的放射性核素的浓度；— 废物处理导致工作人员所受剂量和风险；— 公众所受剂量（一组成员所受到的潜在照射）；— 非人类物种所受剂量。
评定原则	— 一般采用谨慎的假设。 — 尽可能保证采用实际数据；即只在场址特定数据不可获取时（如受到潜在事件或过程影响的数据），或根据数据对评定结果的重要性，待处理的废物相关的数据收集可能无法保证时，采用通用数据。
评定时间框架	废物处理活动持续的时间。
附注	必要的废物处理类型和范围取决于为后续废物管理步骤推导的要求（见表 IV-5）。

表 IV-7. 安全评定 — 贮存的评定内容

废物贮存的评定	安全评定 — 贮存
<p>评定目的</p>	<p>— 废物处理设施的选址的指导原则和（或）选址。 — 评定废物贮存的安全性，以便于进行详细的规划； — 确立： • 限值； • 控制； • 废物贮存的条件。</p>
<p>评定终点</p>	<p>评定贮存设施。可能的评定终点包括： — 贮存操作和贮存的废物造成的放射性核素的排放； — 周围环境的放射性核素的浓度； — 废物贮存相关活动或维护和监视等活动导致工作人员所受剂量和危险； — 在贮存操作和贮存期间公众所受剂量（一组成员所受到的潜在照射）； — 非人类物种所受剂量； — 设施内的安保水平。</p>
<p>评定原则</p>	<p>— 一般采用谨慎的假设。 — 尽可能保证采用实际数据；即只在场址特定数据不可获取时（如受到潜在事件或过程影响的数据），或根据数据对评定结果的重要性，待贮存的废物相关的数据收集可能无法保证时，采用通用数据。</p>
<p>评定时间框架</p>	<p>预期建立处置设施的时间框架（包括冗余时间，见表 IV-1）。</p>
<p>附注</p>	<p>需要对废物贮存安全的控制和条件进行定期评审，如“安全评定 — 评审”所述（表 IV-8）。</p>

表 IV-8. 安全评定 — 评审的评定内容

贮存设施定期 安全评审的评定	安全评定 — 评审
评定目的	确定对废物贮存设施安全进行定期评审的频度和范围要求。
评定终点	在废物贮存期间, 评定终点和“安全评定 — 贮存”(表 IV-7) 相同。
评定原则	与“安全评定 — 贮存”相同。
评定时间框架	与“安全评定 — 贮存”相同。
附注	<ul style="list-style-type: none"> — 该安全评定考虑的事件和过程与“安全评定 — 贮存”相同。因此, 通常和“安全评定 — 贮存”结合或甚至作为“安全评定 — 贮存”的一部分进行。 — 在定期评审中, 基本的安全评定(“安全评定 — 贮存”、“安全评定 — 评审”)可能不足(如忽略了特定的事件或过程, 过于保守估计)。这就需要对这些安全评定进行更新, 并采取补充措施保持安全。

IV-10. 除非能直接处置, 废物在处理达到要求的程度后将放入贮存设施。该贮存设施是建立适当处置设施所需时间的一个控制点。

IV-11. 在这个过程的所有阶段, 可能会对废物进行清洁解控, 即, 解除监管控制, 并作为非放射性废物进行处置, 或者对废物进行循环再利用(如金属)。清洁解控是一种废物管理计划, 可能在该过程的最初阶段就进行, 即在废物识别后进行。另一种可能是, 清洁解控可能在这个过程的后期进行, 因为可能只有在废物处理后(分离、去污)或通过贮存放射性衰变后, 才能实行清洁解控废物这一方案。

IV-12. 对于液态或气态废物来说, 类似的废物管理计划是将其排放。正如上文清洁解控的内容所述, 排放可能是总体过程任一阶段的一个方案。废物后期排放的示例是在废物管理活动过程中(特别是处理)产生的液态或气态废物的排放, 以及贮存时放射性衰变后的液态排放。

废物的鉴别

IV-13. 为了确定适合废物的管理计划，需要了解废物的以下几个关键特性：

- (1) 液态、固态还是固液混合物？
- (2) 高剂量率还是低剂量率？
- (3) 主要的放射性同位素是长寿命的还是短寿命的？
- (4) 可燃的还是不可燃的？
- (5) 易爆的还是无爆炸性的？
- (6) 是否含有阿尔法粒子？
- (7) 是否具有腐蚀性？
- (8) 是否排放气体？
- (9) 易裂变还是不易裂变？
- (10) 被包容的还是未被包容的？
- (11) 包容的效果好不好？
- (12) 记录是否可以获取？
- (13) 废物的标签是否正确？

IV-14. 但是在这一阶段的废物特性描述只限于一般的特性，表征的程度只需要足以决定下一阶段的行动和可能有必要立即采取的措施（如完善安保或应急响应准备）即可。详细数据的收集作为安全评定准备的一部分在这一过程的后期进行，避免不必要的采样和测量（如后来被鉴别为可以清洁解控或排放的废物的化学和物理的详细表征）。

补救行动

IV-15. 对于在老旧贮存设施里（不是作为目前实践一部分的暂时贮存，如第 IV-8 段脚注 1 所述）的废物可能需要采取补救行动以升级其安全和安保水平（见表 IV-2）。

IV-16. 需要解决的第一个问题是从安全和安保的角度考虑现存情况是否可以接受，或者是否有必要采取纠正行动升级安全和安保水平。这意味着只需要回答是否有必要考虑纠正行动的问题，而不是应当采取什么样的纠正行动（在事件发生时才需要考虑这个问题）。本阶段要求的安全评定（“安全

评定 — 干预”)需要特别考虑的是废物现在所处的定址和条件造成的剂量和危险。考虑的时间范围是到预计出现可利用的废物处置设施为止。

IV-17. 如果本安全评定认为有必要进行干预, 那么就需要鉴别和评价改善现有条件的方案(“安全评定 — 方案”)。可能需要改进贮存设施的设计和(或)全部或部分回取废物。

IV-18. 在“安全评定 — 干预”的评定中发现有必要采取干预时, 在实践中, 就可能需要与“安全评定 — 方案”的评定相结合, 以确定干预的类型和程度。然而, 这两个安全评定的范围不同, 因此会按顺序进行。从方法学的角度考虑二者是要分开处理的。

IV-19. 在从目前的贮存设施回取废物的时候, 将会把回取的废物当做新产生的废物来处理, 即确定处理和安全贮存、处置(如果有的话)的方案。但是对废物回取还有一些特别的安全考虑。特别是在原来废物贮存时没有或者只进行了有限的处理, 其形态不适合的时候(如没有包装)。这种回取活动的计划和执行都需要基于“安全评定 — 回取”的评定。

IV-20. 在废物回取和处理后进行贮存时, 通常在采取措施升级安全和安保水平后, 可以利用现有的设施, 或者也可以贮存在另一个现有设施或一个新的设施。在这一阶段, 就需要开展“安全评定 — 贮存”, 原则上讲, 和对新产生废物贮存要求的安全评定相同, 如第 IV-34 — IV-38 段所述。

清洁解控或排放

IV-21. 清洁解控(主要针对固体废物)和排放(对液态和气态废物而言)是减少待贮存和最终处置的废物体积的重要方案, 实质上是处置。在某些情况下(如不锈钢), 废物的经济价值也是对其进行清洁解控的诱因之一。

IV-22. 图 IV-3 展示的第一个问题为是否存在适当的清洁解控或排放的标准和程序。如果不存在, 就需要制定相关标准和程序(“安全评定 — 清洁解控”²⁾。

²⁾ 为了简洁起见, 本安全评定的首字母缩写仅指清洁解控, 但排放的标准和程序也在适当的情况下进行解读。

IV-23. 对于清洁解控水平，可以应用参考文献 [IV-1] 中推荐的通用方法。或者，可以针对特定废物类型或特定处置或再循环方案制定具体的清洁解控标准和程序。对于后者，需要推导有条件清洁解控的标准，即，只能在废物产生者确保符合监管机构对废物处置或再循环制定的特定限制的时候才能解除监管控制。

IV-24. 参考文献 [IV-2] 给出了对制定排放标准和程序的指导。

IV-25. 在确定清洁解控和排放的标准和程序后，就需要对待定的废物进行研究，确定是否可以清洁解控或排放。作为发展采样和测量程序的一部分，“安全评定 — 清洁解控”的目的就是确定这一决策的要求。

IV-26. 如果废物符合这些标准，就可以被清洁解控或排放。否则的话，这些废物就需要继续纳入放射性废物管理的总体方案中，进入适合的处理环节，如图 IV-1 所示。

IV-27. 在无清洁解控的情况下，废物会被解除监管控制。对于一般的有条件清洁解控和排放，仍然存在一定的监管要求，例如确保按照特定的限制和规定的监测要求（特别是在排放的情况下）进行清洁解控和排放。

处理

IV-28. 废物的处理包括改变废物特性的所有操作，如预处理、处理和整备。处理的目的是根据需要改变废物的形态，使其符合贮存、运输和处置的要求（图 IV-4）。

IV-29. 如果不存在这方面的要求，就将需要在做出有关废物处理的决策前制定这些要求（“安全评定 — 要求”）。如前文所述，在这一阶段理想的情况是，将给出所有进一步的废物管理步骤的要求，包括运输和处置。这避免了后期对废物进行进一步处理的必要性，这可能会是经济上不利的，如果可以避免经济上的不利，那么这也可能会是与优化该过程的总体要求相冲突的。然而实际上在大多数情况下都是不可能的，经常存在的情况是并不存在一个处置设施或该处置设施的计划。

IV-30. 在确定这些要求后，或者如果这些要求已经存在，就需要对考虑中的废物进行更详细的表征，以确定是否符合这些要求。“安全评定 — 要求”的目的是提供所需表征的必要的规范。

IV-31. 如果废物现有的形态不符合要求,就需要进行处理。可能包括以下主要步骤:

- (1) 对废物类型进行分类,以便于进行不同类型的处理、清洁解控和(或)排放;
- (2) 贮存废物使其放射性衰变,以有利于处理或达到清洁解控或排放的要求;
- (3) 废物的整备和包装。

IV-32. 在处理处理后,废物会转入贮存或处置阶段。废物中被分离或去污的部分可能达到清洁解控或排放的水平,就会执行清洁解控或排放程序的操作(参见第 IV-21—IV-27 段)。

IV-33. 与废物处理相关的详细活动可能会非常复杂。它取决于废物的性质及其化学和物理形态所需发生的变化,还需要考虑对工作人员、公众和环境所造成的危险。在“安全评定 — 处理”中将会对废物处理设施和所有相关的活动进行评定。

贮存

IV-34. 如第 IV-7—IV-12 段所述,废物的贮存只是作为处置设施出现前的控制点。但是,由于在很多国家还没有可用的处置设施,短期内可能也无法建成,因此在安全和安保方面的贮存安排就在放射性废物的总体管理中发挥了重要的作用(图 IV-5)。

IV-35. 提出的第一个问题为是否已经存在贮存设施。如果是贮存设施存在的情况,就需要评定该贮存设施是否能够在安全和安保方面保障废物的贮存。如果不能,就需要对设施进行升级。这种情况就如图 IV-2 所示,需要对现有废物的贮存安排的充分性进行评定。

IV-36. 如果迄今为止不存在贮存设施,就需要设计或建造一个新的设施,并考虑到需要贮存的特定类型废物的安全和安保要求。

IV-37. 用于阐述贮存设施充分性的“安全评定 — 贮存”对这两种情况原则上都是相同的。主要的差别是,对于现有设施,评定是基于现有的情况和选择在现有设施上的改进方案,而对于新设施,拟定的设计构成了评定的基础。

IV-38. 在一个贮存设施进行调试后，需要开展定期安全评审，特别是在延长贮存时间时尤为必要。需要考虑的因素包括废物形态的改变或包容结构以及所有安全和安保相关系统的正常运转。要求的评审程序的细节将由“安全评定 — 评审”来确定，在大部分的实际案例中会与“安全评定 — 贮存”一起开展评定，或者甚至可能作为“安全评定 — 贮存”的一部分进行评定。

处置

IV-39. 放射性废物的最终目标是其安全处置。如果存在一个适合的处置设施，处理后或贮存一段时间后的废物就会被直接运输到该设施。

IV-40. 为了达到运输和处置的标准，也可能需要进一步的处理，尽管这种必要性应尽可能的避免（见第 IV-28—IV-33 段）。但是，如果确实需要额外的处理，此类活动和所需开展的“安全评定 — 处理”与第 IV-28—IV-33 段的内容相同。

IV-41. 对废物的运输，需要开展“安全评定 — 运输”。对没有问题的废物可能非常简单，只需要说明符合国际原子能机构运输条例 [IV-3] 中关于活度含量、剂量率等的标准。对存在问题的废物（特别是高水平废物），就需要进行更加详细的运输风险评定。

IV-42. 废物的最终处置需要一个完整的安全评定，包括处置场的运行状态及其长期安全。在安全评定改进法联合研究项目 [IV-4] 及其后续的 ASAM 项目中开发了相关的方法学。对这一阶段的放射性废物管理的考虑就超出了推动放射性废物管理解决方案的国际安全评定项目的范畴。

安全评定的目的与范围

IV-43. 基于相关废物管理步骤的描述，判定对各个单独过程步骤有必要开展的安全评定可以从以下几个方面进行表征：

- (1) 安全评定的目的，即需要阐述或回答的问题；
- (2) 每个评定的评定背景的一般特点。

IV-44. 不同的安全评定用已经定义的简称进行识别。对于每个安全评定，表中所述及的关键要素包括：

- (1) 目的；
- (2) 终点；
- (3) 原则；
- (4) 时间框架。

IV-45. 除此之外，还评论了每个安全评定的内容及其与其他安全评定的关系。

IV-46. 安全评定的一些通用内容就不在表 IV-1—IV-8 中赘述，例如作为安全评定背景一部分的监管框架，运用安全评定增强公众信心等。这主要取决于开展安全评定时具体情况。

附件 IV 参考文献

- [IV-1] 国际原子能机构《排除、豁免和解控概念的应用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.7 号，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。
- [IV-2] 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）。
- [IV-3] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》（2012 年版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [IV-4] 国际原子能机构《近地表处置设施安全评定改进法》，安全评定改进法，第一卷 — 《评审和改进安全评定方法和工具》第二卷 — 《实验案例》，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。

参与起草和审订人员

Avila, R.	瑞典 Facilia AB 电力公司
Fischer, C.	英国核退役管理局
François, P.	法国辐射防护与核安全研究所
Goldammer, W.	顾问（德国）
Grossman, C.	美国核管制委员会
Guskov, A.	俄罗斯联邦莫斯科拉丹国家统一企业
Keyser, P.	瑞典辐射防护局
Kinker, M.	国际原子能机构
Ledroit, F.	法国辐射防护与核安全研究所
McKenney, C.	美国核管制委员会
Metcalf, P.	国际原子能机构
Oppermann, U.	德国装置与反应堆安全公司
Raicevic, J.	国际原子能机构
Selling, H.	荷兰化学品、废物与辐射防护局

当地订购

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

北美

Bernan / Rowman & Littlefield

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

世界其他地区

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商:

Eurospan Group

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

交易订单和查询:

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

单个订单:

www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息:

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

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至:

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

通过国际标准促进安全

国际原子能机构
维也纳