

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

放射性废物处置设施的 监控和监视

特定安全导则

第 SSG-31 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。

放射性废物处置设施的监控和监视

国际原子能机构的成员国

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

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 SSG-31 号

放射性废物处置设施 的监控和监视

特定安全导则

国际原子能机构
2024 年·维也纳

版权说明

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

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，2024 年
国际原子能机构印刷
2024 年 2 月·奥地利

放射性废物处置设施的监控和监视

国际原子能机构，奥地利，2024 年 2 月
STI/PUB/1640
ISBN 978-92-0-502323-6（简装书：碱性纸）
978-92-0-502223-9（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。

国际原子能机构安全标准

背景

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

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

对安全实施监管是国家的一项责任。然而，辐射危险有可能超越国界，因此，国际合作的目的就是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况 and 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共同目的。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四个安全标准分委员会的工作，并可就标准草案提出意见。安全标准委员会的成员由总干事任命，并包括负责制订国家标准的政府高级官员。

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

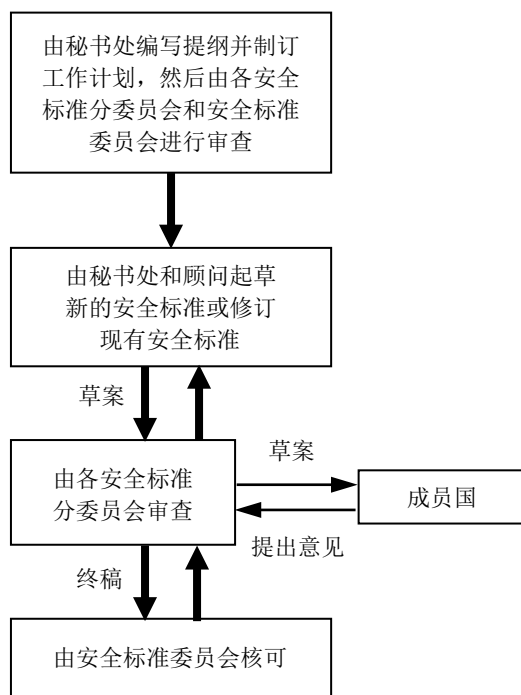


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

与其他国际组织的合作关系

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

文本的解释

安全相关术语应按照《国际原子能机构安全术语》（见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）中的定义进行解释。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 (1.1-1.8).....	1
目的 (1.9).....	3
范围 (1.10-1.16).....	4
结构 (1.17).....	5
2. 监控和监视概述 (2.1-2.10)	6
处置设施监控和监视的通用目标 (2.11-2.18).....	7
3. 营运者及监管机构的责任	8
营运者的责任 (3.1-3.2).....	8
监管机构的责任 (3.3-3.7).....	9
4. 监控计划的设计 (4.1-4.26)	10
5. 不同类型处置设施的监控 (5.1)	16
近地表处置设施 (5.2).....	16
地质处置设施 (5.3).....	17
采矿和矿物加工废物处置设施 (5.4-5.5).....	17
6. 处置设施寿期内不同时期的监控 (6.1-6.2)	18
运行前时期的监控 (6.3-6.6).....	18
运行时期的监控 (6.7-6.11).....	20
关闭后时期监控 (6.12-6.13).....	22
应急响应监控 (6.14-6.15).....	22
7. 监视计划的制定和实施 (7.1-7.2)	23
处置设施整个寿期的监视 (7.3-7.5).....	24
根据处置设施类型的监视 (7.6-7.9).....	24
视察的类型和频率 (7.10-7.13).....	25
例行视察 (7.14-7.16).....	25
专项视察 (7.17).....	26
8. 监控和监视信息的使用 (8.1-8.3)	26
主要目标的分析和响应 (8.4-8.10).....	27
与预期结果的偏差 (8.11-8.15).....	28
定期视察监控和监视计划 (8.16).....	29

9. 管理系统 (9.1-9.7).....	30
参考文献.....	33
附录 I 地质处置计划中监控和监视信息收集的示例.....	35
附录 II 近地表处置设施监控和监视计划的示例.....	51
参与起草和审订人员.....	63

1. 引言

背景

1.1. 放射性废物产生于核电厂发电、核燃料循环设施运行以及核燃料循环中的其他活动，如铀（钍）矿的开采和加工。放射性废物也产生于工业、医学、农业、教育和研发领域等广泛的活动。放射性废物也产生于废弃物料中天然来源的放射性物质被浓集且其管理中需要考虑安全的活动和过程。

1.2. 在核实一个获得许可证的放射性废物处置设施满足其特定性能和安全要求时，监控和监视计划是一个关键要素。《基本安全原则》[1]确定了将应用于所有放射性废物管理活动的安全原则。放射性废物处置的安全要求出版物[2]提出了与公认的如参考文献[3]所规定的与放射性废物分类相一致的处置计划。

1.3. 原子能机构已经制定了地质处置设施和近地表处置设施的安全导则[4、5]，并且正在准备采矿、矿物加工和涉及天然存在放射性物质（NORM）的其他活动中放射性残留物管理的安全导则。本“安全导则”为放射性废物处置设施监控和监视领域的安全标准提供支持。

1.4. 监控和监视计划是确保放射性废物处置设施在运行时期和关闭后时期执行所要求的安全水平的重要要素。废物的类型和相应的处置设施将影响到所采用的监控方法。对于近地表处置设施，由于废物所包含的放射性核素寿命相对较短，可以应用直接控制来确定是否满足安全目标。对于含有长寿命放射性核素的地质处置设施，关闭后的直接控制是不可行的。在此情况下，只能基于可获得的数据和现有知识进行预测来推断安全与防护目标。

1.5. 在放射性废物处置设施寿期内有必要在每个时期进行不同类型的监控活动。本“安全导则”涵盖了特殊填埋处置设施、近地表处置设施、地质处置设施以及铀和钍矿开采废物处置设施在运行前时期、运行时期、关闭时期和关闭后时期的监控和监视。参考文献[2]提出的运行前时期、运行时期和关闭后时期的定义，可以进一步描述如下：

- 运行前时期包括概念定义、场址评价（选择、核实和确认）、安全评定和设计研究。对于采矿废物，运行前时期相当于采矿设施、

尾矿库和废石堆的环境治理准备以及污染场址的废物清理（采矿废物的治理可以看作是处置采矿废物）。治理前的活动包括该矿周边场址的环境影响评定¹、治理计划的选择和设计以及执行环境监控计划，监控计划包括监控场址治理计划的影响和监控治理场址外环境背景条件的任何变化。运行前时期还包括为支持处置设施申请建造和初始运行许可证所需要的而制定的计划和程序。建立背景值条件所需要的监控和试验计划应当在此时期得到落实；

- 运行时期始于该处置设施首次接收废物。从这时起，由于废物管理活动可能产生辐射照射，并必须按照安全与防护要求对这些辐射照射进行控制。为了反映来自本场址或其他设施、本国和其他国家的实际经验和不断增多的认识，有必要更新运行时期的安全评定和安全论证文件。在运行时期，建造活动可能会与废物放置入该设施和该设施其他部分关闭或退役同时进行。若有必要，这一时期可能包括设施关闭之前的废物回取活动，废物放置完成之后的活动以及最终关闭，包含该设施的回填和密封。整个运行时期都应保持废物量清单；
- 许多原因可能导致关闭一个处置设施的决定。比如，可能已经达到处置设施的容量，或可能已找到了其他的处置计划，亦或可能是已做出政治决策决定关闭该设施。无论该决定的正当性是什么，除了在治理情况下，对近地表处置设施或者其他处理设施，决定关闭处置设施也就是决定在关闭后时期开始实施一段时间能动的有组织控制。该决定是与处置设施相关的，并对近地表处置设施非常重要。开始一段时间能动的有组织控制将会影响到废物放置完成之后进一步活动的决策，即设施的最终关闭和密封。此时，应按照潜在人类侵入所导致风险最小化方法确定能动的有组织控制时期的持续时间；
- 关闭后时期开始于下列时刻：所有工程包容和隔离特性均已准备就绪，运行厂房和辅助服务已经退役，该设施处于最终配置。关闭后，该处置设施的安全由该场址、该设施的特征以及废物货包

¹ “环境影响评定”术语在这里使用表示一种广泛的含义。在一些国家中，指评定项目可能产生的所有潜在影响的规定程序，其目的是为了获得所有相关监管机构的社会认可，这一过程常伴随有公众参与。

特征中所固有的非能动特征提供。监控和监视计划的落实到位，旨在确认该处置系统按预期运行。监控的落实到位可以增强该处置过程的信心并因此接受该处置过程。特别是对于近地表处置设施，落实有组织控制是为了防止对该设施的侵入。根据国家法律，处置设施运行的许可证将在能动的有组织控制期后当所有必要的技术、法律和财务要求都得到满足时可以终止。

1.6. 原子能机构的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》[6]和原子能机构安全导则《为辐射防护目的的环境和源的监控》[7]为监控所有的一般方面提供了一个框架。特别是参考文献[6]确定了公众照射监控的基本要求，同时参考文献[7]涵盖了运行前时期监控、运行时期监控和关闭后时期监控。参考文献还指出监控多种非放射性因素的需要。本“安全导则”提供了满足参考文献[6]要求的建议，并补充了参考文献[7]所提供的指导，特别是在处置设施建设情况下监控的作用。相关源和环境监控，本“安全导则”参考了参考文献[7]。

1.7. 参考文献[6]确定了相关公众照射和环境风险的监管控制与监控要求，也确定了放射性废物安全管理的要求。

1.8. 就处置设施的监控和监视，原子能机构出版了四个文件：《安全报告丛书》第 27 号《铀矿和钍矿采冶残留物的监控和监视》[8]、《安全报告丛书》第 35 号《放射性废物近地表处置设施的监控和监视》[9]、《安全报告丛书》第 64 号《源与环境辐射监控的计划和系统》[10]和原子能机构技术文件 1208 号《高放射性废物地质处置库的监控》[11]。本“安全导则”的范围比这些资料性出版物的范围更为广泛，这些出版物是编写本“安全导则”的参考文献。

目的

1.9. 本“安全导则”的目的是为放射性废物处置设施贯穿其整个寿期的监控和监视提供指导。它论述了处置设施在寿期不同时期，从候选场址的启动到该处置设施关闭后时期，监控和监视所有的不同目标。

范围

1.10. 本“安全导则”讨论了三种类型处置设施的监控和监视：

- 近地表处置设施；
- 地质处置设施；
- 采矿和矿物加工废物处置设施。

这三种类型的处置设施涵盖参考文献[2]认可的所有处置计划。由于特殊填埋处置设施包含与近地表处置设施相同的考虑，因而没有特别地提及。在本“安全导则”中对钻孔处置设施也没有特别的论述。但是，钻孔处置包含很多与放射性废物近地表处置和地质处置相似的考虑。参考文献[12]描述了可能适合于小规模钻孔处置设施的监控和监视计划。

1.11. 如参考文献[2]所描述的设施内中放废物的处置，必须通过结合天然屏障和工程屏障提供长期的、非能动的安全。这种情况下总体的监控方案类似于深地质处置所使用的监控系统。中放废物处置和深地质处置二者之间监控系统的相似性基于以下事实：废物均被处置于一个相当的深度，且监控系统将反映工程屏障和围岩构造相结合的长期影响。

1.12. 正如参考文献[3]所说明的那样，术语“近地表处置”通常是指在地面以下几十米处或几十米范围之内的处置。术语“地质处置”是指在深层稳定地质构造内的处置，通常在地面以下几百米处或更深处。采矿废物处置设施包含一系列的设计，包括从地面的废物堆到尾矿砂（一种在水中弥散的细粒尾矿）的地质处置，某些时候它们用于旧矿井的回填。废物处置类型取决于废物的特性和废物对环境的潜在危害[3]。在一个特定处置设施中处置废物的适宜性，要求经该设施的安全论证文件和辅助安全评定来证明[2]。专门的监控和监视计划是这种证明的一部分。

1.13. 本“安全导则”强调对建立并遵守安全论证文件所必需的监控和监视活动的整合。安全论证文件包括相关选址、建造、运行、关闭和关闭后时期为管理处置计划的辅助决策所必需的信息，以及相关各方如当地各收益团体和广泛的公众特别感兴趣的信息[2、13]。关于监视和监控方法的技术细节超出了本“安全导则”的范围，但是参考文献[8—11]包含这些信息，附录 I 和附录 II 提供了地质处置计划和近地表处置计划和监控计划的示例。

1.14. 处置设施监控和监视的核安保方面不在本出版物的范围之内。论述核安保方面的导则见原子能机构《核安保丛书》出版物（见参考文献[14、15]和相关支持导则）。在本“安全导则”中，术语“监视”严格使用于第 2.7 段中所表述的含义，因此，该术语不应理解为为了安保目的所包含的监视。尽管如此，当在设计为了安保目的的监视计划时，可能会考虑到对于处置设施安全措施监视也能够提供与安保问题相关的信息。

1.15. 本“安全导则”重点关注以确认处置系统的性能、公众的辐射防护和以环境保护为目的的监控。

1.16. 本“安全导则”不明确地论述以下目的所要求的监控：

- 职业辐射防护（比如通过剂量测量的方法），参考文献[16]涵盖该主题；
- 废物表征或废物跟踪；
- 对于将含有显著量核材料的设施采用的国家核材料衡算和控制系统，或原子能机构核保障；
- 社会经济条件（例如人口变化、工业现状、商品贸易以及社会秩序的变化）。

本“安全导则”也不对可能涉及到的非放射性污染物的监控提供建议。然而，处置设施的营运者应当在设计监控计划时考虑这些污染物。

结构

1.17. 第 2 部分提供对放射性废物处置设施监控和监视的概述，并描述了监控和监视计划的总体目标；第 3 部分阐述监管当局和营运者关于监控和监视的作用和责任；第 4 部分阐述监控计划的设计，并包含监控中策略问题的某些考虑；第 5 部分提供关于不同类型处置设施（地质处置设施、近地表处置设施，以及采矿和矿物加工废物设施）的监控导则；第 6 部分阐述在处置设施建造的不同阶段所必要的监控；第 7 部分提供了关于监视活动的特定导则；最后，第 8 部分涉及关于遵守法规和建立并完善安全论证文件方面中监控和监视的信息使用；以及第 9 部分简要描述相关处置设施管理系统的问题。附录 I 提供关于地质处置计划的监控和监视信息收集的示例。附录 II 描述关于近地表处置设施的监控和监视计划，特别是匈牙利国家放

射性废物管理公司（PURAM）在皮什珀克西拉吉（Püspökszilágy）运行的放射性废物处理和处置设施。

2. 监控和监视概述

2.1. 监控已在不同的原子能机构出版物中用不同的方式进行了定义[6—11]。在本“安全导则”的上下文中，术语“监控”是指有助于评价废物处置系统部件的行为和该废物处置系统对公众和环境的影响的连续或定期的观察和测量。它非常具体地包括辐射参数、环境参数和工程参数的测量。

2.2. 在确定监控计划时，可能也会考虑阐述公众关注和期望的需要。

2.3. 参考文献[2]第5.4段指出：“为了不降低设施关闭后的总体安全水平，必须设计并实施监控计划”。

2.4. 应按照分级方法设计监控计划。这意味着监控计划的深度和广度应与处置设施的危害水平相称。

2.5. 监控的持续时间和频率应与过程和被测量参数的自然变化时间尺度相一致，视监管要求而定，并应与处置设施的建造和运行相关的过程和参数的变化相一致。

2.6. 安全论证文件通常是由许多来源的数据支持的，包括场址相关的测量、区域数据和通用信息。在通常情况下，场址相关的数据是优先的。当这些数据缺项时，可以从其他来源获取相关的监控数据。

2.7. 在本“安全导则”的上下文中，术语“监视”是指为了核实安全屏障的完整性对废物处置设施进行实物视察。

2.8. 定期地使用监视是通过视察来核实结构、系统和部件如安全论证文件所描述的那样持续地发挥功能。在此方面，监视的作用是便于检测处置设施的工程结构和系统的变化，这些变化可能会影响到处置系统的性能。

2.9. “设施的监视计划应根据需要进行制定和实施，且应是可行的。它应包括为核实设施是在设计限值和条件范围内运行以及为检测可能会导致结构、系统和部件处于不安全状况的任何恶化而得到实施的计划活动”[17]。

2.10. 在某些国家，处置设施的监控和监视的概念是没有区别的。

处置设施监控和监视的通用目标

2.11. 需要监控是为了评价设施实际性能的任何变化，或者可能影响设施性能的过程或参数的任何变化。参考文献[4]要求 21 规定：

“如果监控计划是安全论证文件的一部分，则必须在处置设施建造和运行之前和期间以及设施关闭后执行该监控计划。该计划必须旨在收集和更新用于防护和安全目的所需的资料。必须取得相关资料，以确认在设施运行期间保护工作人员和公众的安全以及保护环境所必需的条件。还必须进行监控以确认不存在可能影响设施关闭后安全的任何条件。”

2.12. 此外，参考文献[4]要求 10 规定：

“必须应用适度水平的监视和控制以把非能动安全特性保护与维持到必要的程度，因此这些非能动安全特性就能够实现安全论证文件中关于关闭后安全所指定的功能。”

2.13. 放射性废物处置设施的监控和监视有 5 个一般性的目标：

- (i) 证明符合监管要求和许可证条件；
- (ii) 核实处置系统正在按照安全论证文件中所规定的那样运行。这表示处置系统的部件正在按照安全评定中所确定的它们的功能那样执行；
- (iii) 核实用于安全评定所做的关键假设和模式是与实际情况相符的；
- (iv) 建立处置设施、场址及其周围环境信息的数据库。该数据库用于支持从选址开始一直到建造、运行、关闭和关闭后时期的未来决策。该数据库也用于支持相关监控程序和概念更新升级的决策；
- (v) 为公众提供信息。

2.14. 一般情况下，监控和监视计划应以安全论证文件为导向，并且应为安全论证文件提供信息。这些计划的结果应当用于加强安全论证文件并建立安全信心。

2.15. 在决定建造一个废物处置设施和关闭设施期间，需要对相关如何、何时和是否发放许可证以及把该处置设施的建造按不同阶段进行实施做出决策。监控和监视以及数据分析的目标之一是为帮助做出这些决策提供信息。决策受到社会和政治考虑以及安全问题的强烈影响，且这一过程将固化在国家法律和监管系统中。决策过程应当得到适当的组织结构和相应的技术及行政措施的支持。

2.16. 监控和监视计划应当用于确认工程屏障和天然屏障的性能未受到运行活动的损害。

2.17. 除技术目标之外，监控和监视计划还是增强公众信心的适宜工具。在这层意义上，公众和社会收益的考虑以及相关各方的关注点可能为补充监控计划提供有用的信息。

2.18. 监控需要在从处置设施特定部件运行工况信息获得的收益和监控可能会引起的危害二者之间进行权衡。相关工程屏障运行工况和处置设施周围环境自然发展的许多调查的共同特征是这些测量能够会对处置系统造成不良影响。当废物在运行时期是可直接接触时，需要对监控的收益与运行人员的附加辐射照射和发生潜在常规事故的可能性进行权衡[18]。

3. 营运者及监管机构的责任

营运者的责任

3.1. 废物处置设施的营运者应负责执行第 3.2 段所列的活动。如果在运行期间或该设施关闭后责任发生了变化，那么新的营运者也应采取措施确保监控和监视计划以符合国家监管要求和政策的方式得以继续实施，包括关闭后时期。

3.2. 关于监控和监视的责任，营运者：

- (a) 应设计一个符合监管机构要求的监控和监视计划（包括记录的保持和建立档案）。应在设施的整个运行前时期、运行时期和关闭后时期对该计划进行设计和完善，并应针对每个时期适当地定制监控和监视计划；
- (b) 应根据监管机构的意见执行充分的监控和监视，如下：

- (i) 在建造前期间、建造期间和运行前期间背景值的监控；
 - (ii) 在运行期间和关闭后期间系统性能任何异常的及时检测。
- (c) 应制定应急计划以处理系统行为的意外或异常，并应使这些计划与核或辐射应急事件中所涉及到的包括场外响应者在内的责任部门协同一致；
- (d) 应定期向监管机构报告监控和监视计划的状态；应向监管机构提供废物处置设施得到恰当监控和控制的证据；并且应当一旦检测到意外的或危害的情况就立即向负责的监管机构、组织和团体报告，具体说明事件发生的时间和地点；
- (e) 应保留、存储、维护和管理通过监控和监视获取的数据；
- (f) 在运行前时期概念定义期间，应确保监控和监视的资金保障得到落实。

监管机构的责任

3.3. 监管机构应为处置设施的监控和监视计划的实施建立必要的要求，并且监管机构应负责实施第 3.4 段所列的活动。应为处置设施的营运者提供必要的导则，从而能够为处置过程的所有时期制定监控和监视计划。该导则应包括关闭后时期监控和监视持续时间的建议。监管框架应确保建立一个适当的机制，从而确保为实施监控和监视计划提供充分的经济手段。

3.4. 关于监控和监视的特定责任，监管机构：

- (a) 应定期评审监控和监视的现行法规，监控和监视的计划及报告的安排，包括在应急情况下的监控安排。考虑到相关领域科学和技术的进步和监管机构的需要所引起的变化，开展评审的时间应具有足够的灵活性；
- (b) 应对照既定的要求评审营运者所提供的监控和监视数据；
- (c) 应核实营运者正在对废物处置设施实施适当的监控与控制；这可能包括独立地进行监控和监视。在不影响其独立性的情况下，监管机构的监控计划在某种程度上将需要与营运者关于安全方面的监控策略（包括长期安全和运行安全）和相关处置过程的管理（包括监控仪器仪表的拆除）的实际考虑保持一致和相互匹配；
- (d) 应确保长期监控和监视所需的财务保障在运行前时期就已得到落实。

3.5. 相关源和环境监控以及监视的特定任务，可以由政府或监管机构采用一个透明的和可监查的过程委托给其他组织，该过程受到独立性评审。在决定把特定任务委托给其他组织时，监管机构应考虑其是否具备资格和有经验人员、适当的分析技术和设备以及适宜的管理系统。可能进行委托的任务示例如下：

- (a) 源和环境监控计划的设计和实施，例如，为评定多个或相关设施对同一地区相同人群的累积辐射影响所实施的计划；
- (b) 公众成员剂量的评定，核实这些剂量是低于许可证中规定的限值；
- (c) 与安全和应急响应相关的任务。

3.6. 也可以让其他组织负责涉及监控的其他领域，如：

- (a) 由营运者、国家机构和国际机构所提供数据的收集和保留；
- (b) 国家级的环境监控；
- (c) 标准的制定。

监管机构应视情况与这些组织保持联系。

3.7. 应为事故工况下快速和大规模监控建立规定。这样的监控可以由具有必要能力的指定组织来实施，或者由监管机构自己来实施。必要的监控可以包括源的监控（排放源处的监控）、环境监控（设施附近的监控）和个人监控（个人照射的监控）[7]。

4. 监控计划的设计

4.1. 处置设施监控计划的设计应满足第 2 部分所描述的目标。它应包括源和环境的监控计划，以评定公众照射和环境影响，以及评定潜在的排放途径。参考文献[7]描述了废物处置设施源和环境监控的一般方面。监控计划应包括对运行时期和关闭后时期该处置系统性能的评定。

4.2. 为了确认处置设施的性能，应当把安全论证文件用于制订监控计划。为了证明该场址表征数据的质量以及确认安全论证文件中所采取的假设和使用的模式，应当监控该处置系统的响应并应当把监控结果与安全评定中所作的预测进行比较。

4.3. 应当立即分析来自监控计划的数据，为营运者和决策者及时提供处置设施的管理信息。特别地，应定期向监管机构提供监控结果的总结及解释，并立即报告可能影响安全的任何非预期结果（比如，表明环境辐射水平显著上升的数据，或显示该处置系统可能未按预期运转的数据）。

4.4. 应按照分级方法设计监控计划。这意味着监控计划的范围应当与处置设施的危害水平相称。因此，监控重点应该放在部件失效或故障的后果可能会影响安全，或者处置设施的异常或意外行为等方面。

4.5. 应使用最优化过程设计监控计划，过程中要考虑监控的代价和收益。监控的广度和持续时间都会产生成本，包括直接成本（监控设备和监控活动的成本，以及减轻工作人员任何危害的成本）和间接成本（以允许监控活动的方式维护和运行设施的相关成本）。在确定监控成本时，应当对可能会导致性能丧失或废物回取故障的重要信息丢失行为的相关财务风险进行评价。监控的收益也必须减去任何监控可能导致的损害。

4.6. 逐步设计监控计划的重要过程是在一开始确定需要知道什么和如何获取这些信息。通常，监控计划的设计应包括如下内容：

- 对安全论证文件具有重要意义的性能、过程、现象和可观测量的选择的辨识和正当性分析；
- 建立监控计划的范围和目标；
- 建立独立评定监控计划的流程；
- 基于对安全论证文件具有重要意义的性能、过程、现象和可观测量使用方法的选择以及该监控计划的范围与目标和可用的监控技术及其特性选择的辨识和正当性分析；
- 建立一个核实设备供货商资格与资质证书的流程；
- 测量位置选择的识别和正当性；
- 监控持续时间和频率的选择和正当性，包括那些监控可能被相应缩减或终止的标准；
- 所使用仪器仪表的选择和正当性（基于它们的准确度和测量范围等）；
- 在相应测量时间期间内监控技术健稳性的评定；
- 对每种类型的监控，将如何使用和交流监控结果的详细说明；

- 在现行法规和安全论证文件中所使用的假设和模式的基础上，行动水平的制定；
- 在超过行动水平的事件下，采取何种行动的决定；
- 管理规范 and 监控结果报告规程的制定；
- 监控的收益与其成本或任何监控导致的损害之间的权衡(见第 4.5 段)；
- 监控结果可接受范围（可以容许的）的详细说明，以及在收集到超过这些范围的数据结果的事件下，制定一个明确的行动计划；
- 制定拆除监控仪器仪表的程序；
- 建立一个适宜的监控数据的文档和归档系统。

4.7. 下列关键技术因素影响监控计划的设计：

- 废物库存；
- 废物特征；
- 设施的类型和设计；
- 场址特征；
- 设施建造阶段。

4.8. 这些因素影响到放射性核素和其他污染物从处置库排放的预期排放途径、排放量以及排放时间周期。关于废物体和其他工程屏障的特定性能要求可能导致相关运行安全和关闭后安全的特定监控目标。监控计划的设计还应用于评价任何处置设施建造引起的环境变化是否减少了有利的环境特性。

4.9. 在运行前时期监控计划的一般目标是确定已存在污染物水平的背景值，以便能够评价废物处置系统的影响以及识别可能是指示关闭后时期性能的参数。场址表征计划（在运行前时期开展的）典型地确定发生在处置设施环境中的特性、事件和过程（如水位波动）的自然特性，这可能会显著地影响设施的设计以及随后的短期性能（即在运行时期）和长期性能（即在关闭后时期）。就这一点而言，监控计划应紧密地与安全论证文件、辅助安全评定和建造及运行程序相结合。应当制定背景值以便能够识别发展趋势。该背景值还应能使该设施随着时间的演化对设施的影响得到识别，然后这些信息能够用于更新安全论证文件。

4.10. 对排放途径的认识可能有助于具体说明监控计划能够检测放射性核素在可接近环境中的迁移。对短期现象的预测也是监控的重要输入，例如与处置设施开挖和运行相关的地下水抽出下降、与处置设施关闭相关的地下水恢复，以及与这两种短期现象相关的水化学变化。

4.11. 应当在疑似有长寿命放射性核素污染的区域开展监控[7]。此类监控的目的是为决定干预是否正当和进一步监控是否必要提供输入。如果监控结果表明，根据国家主管当局制定的干预水平和行动水平，补救措施可能是必要的，那么就应当开展充分的监控以帮助制定适宜的行动。为了评定这些行动的有效性，也应当在采取补救措施期间及之后开展监控。

4.12. 尽管监控计划应涉及处置项目建造的所有时期，考虑到与设施选址、建造、运行以及设施的某些部分或设施整体关闭相关的不同时间尺度，它们还应当保留灵活性。这种灵活性应能够整合以前时期的经验教训，适应新技术，以及对新的监管要求和设计变更作出响应等，与此同时，保持数据的连续性和可比性。当出现相关处置设施性能的关注时，监控计划还应能够实施附加的监控。此外，还应考虑相关监控活动的国际经验。第6部分提供处置设施建造三个主要时期的每个时期监控实施及其目标的特定指导。

4.13. 在处置设施整个寿期内的所有时期，技术的现实性将限制所能实现的监控的范围和稳健性。关于所能实现的监控的期望，也必然会受到不同类型设施的特定物理条件和局限特征的限制，比如监控设备和电源的必要寿命。

4.14. 监控计划的设计与实施应考虑到进行监控的技术背景和环境所带来的技术约束。实际上，监控将依靠现场仪器仪表或者远程仪器仪表（例如传感器）、外观视察、取样和样品分析以及数据的分析和解释，以确保从监控获取的信息是处置系统的运行状态或处置系统对公众健康和环境的影响的典型值。

4.15. 在许多情况下，不能直接测量关键参数或现象。相反，需要使用推理的方法。一个参数的监控可能来自在不同时期内许多独立监控活动的结果（例如地下水流动速率、土壤的水分含量和日降水量）。例如，从水头测量和单井测量推导得出区域地下水流动速度以及诸如渗透系数和导水系数等物性参数。需要在地表下更深的深度处、在高辐射场或其他更难以接近的情况下进行测量时将产生额外的挑战。类似地，监控温度梯度比监控膨胀性粘土

缓冲区或基岩的饱和度可能更容易。因而，能够通过测量温度梯度推导得到热导率和最终的相对饱和度。非侵入性监控的另一个示例是无线信号传输的应用，虽然这项技术在废物处置设施中的应用仍处于发展阶段。在具有相似特性的设施或者对一个示范或“试点”处置设施的监控可能也会提供有用的信息。

4.16. 监控的实施不应降低屏障的性能。因此，监控计划的设计应考虑后续拆除仪器仪表的需要。应特别关注移除可能会导致不利影响的设备和电缆的可行性（如把材料引入系统可能与该系统部件发生化学反应）及为了避免形成优先的排放途径恰当地密封监控穿孔的可行性。既应当证明任何剩余的物理连接（如电线）都遵守这个约束条件，也应当证明此类连接能够被移除，一旦监控完成，遗留下的是一个未受干扰的屏障。

4.17. 监控活动的其他可能不利影响可能包括[18]：

- 延迟的工程屏障掩埋所引起的屏障退化；
- 在屏障系统中通道的形成，导致处置设施内地下水流动增强；
- 由于地下工作区的开放延长，导致地球化学条件变化；
- 人类侵入可能性的增加，尤其是当地下结构仍保持开放和有组织控制不再继续进行时。

因此，监控是一个权衡信息获取所带来的收益与可能来自于监控的任何损害的问题。

4.18. 监控的位置应以这样一种方式进行选择，即把参数值空间相关性的不确定性降低到可以接受的水平，使流动和输运过程的模拟结果有一个高的置信度。这种安排能够通过不同的统计方法来确定。例如，地下水监控井通常位于以下位置：

- 在源处和紧邻该源的梯度下降位置；
- 在具有高导水系数或渗透系数的区域，或者最高污染物浓度的区域；
- 在边缘部分和羽流的边界；
- 在地球化学环境受到污染和未受污染的代表性区域；
- 在支撑场址水文地质监控的区域；

— 在符合监管机构要求的位置。

4.19. 根据所预测的污染物浓度水平将随着由于诸如地下水流动和自然衰减过程等现象的结果而变化的速率、对这种变化的原因的了解程度、所进行的评价类型、可能的受体位置和该场址补救的目标，能够确定监控的适宜频率。在水文学、地球化学和污染物变化趋势处于稳定以及通过现有监控数据能够核实该场址概念模式的情况下，减低监控的频率是可能的。在变化性很高的情况下，增加监控的频率可能是正当的。如果在几年时间期间内该数据的变化趋势趋于稳定，那么减少监控的频率可能是合理的。另一方面，尤其例如在建立背景值条件期间，为加强地下水流动模式的表征调查，对地下水位进行更频繁监控可能是正当的。确定适宜的监控频率的其他因素包括参数的相关性和信息的任何冗余度。如果一个特殊参数的监控预期不会显著地影响一个场址的性能评定，那么该参数的监控频率可以大大地降低甚至可以取消。

4.20. 监控计划应考虑设施寿期的所有阶段，应当在处置设施建造的早期阶段得到建立与评审，如果需要应得到监管机构批准，同时适应国家的社会需求。监控计划应尽可能早地在初始场址选择过程中开始，并以持续改进的方式在设施建造、运行和关闭整个期间如第 6 部分所述的那样不断地改进，并应当用于对设施的安全论证文件和辅助安全评定中所用数据进行通报和更新。与此同时，监控计划应由监管机构进行定期评审。应当在有可能且必要时对监控技术进行更新和升级。

4.21. 在设计监控计划时，应当考虑是否需要通过充分冗余的信息、独立核实数值、使用可靠的设备和设计以及尽可能使用天然类似物来验证监测数据的可信度。例如，天然类似物能够为认识天然系统的进化和大时间尺度下材料性能（如金属腐蚀有天然类似物可供比较）提供信息。这可能有助于对监控结果的解释，比如与被监控水体中腐蚀产物相关的监控结果。当考虑监控一个给定参数时，清楚地理解并与监管机构及相关各方交流什么类型的结果可能会是预期的，以及将如何解释这些监控结果也是重要的。应当提供期望值的范围以评价不确定性。

4.22. 该设施关闭后监控的范围和持续时间的决定应当基于以下内容：

(a) 处置设施的类型及随着时间推移其潜在危害，这将取决于长寿命放射性核素的存在；

- (b) 对处置设施性能的信心（依据过往性能监控的结果）；
- (c) 相关制度稳定性和“制度与社会记忆”持续时间的合理假定，并确保持续监控与维护的能力。

4.23. 目的确保在关闭后期间持续监控和维护设备为目标是可行的。由于不确定性将随时间而增长，尤其是相关制度的稳定性和知识的连续性，应当预计关闭后的监控将会有计划或非计划的方式缩减甚至被取消。

4.24. 关闭后，为了评定处置设施的整体性能和定期评定对公众和环境的潜在影响，监控可能会持续。然而，应当认识到一个适当设计的处置设施预计不会在短期内，即对于地表贮存库几百年内及对于地质处置设施几千年内对生物圈有显著排放，这已超出了任何可合理预计的持续监控时期。

4.25. 在监控计划的设计中应考虑如何将监控结果与公众进行交流以保证透明。透明包括有责任对测量结果和测量背景提供一个清晰的解释。

4.26. 监控数据也可以用来表明何时有必要调查设施安全的不充分或可能的不充分。如果监控表明有影响安全的非预期变化，那么可能需要重新修订安全论证文件和监控计划，并且可能需要采取适当的纠正行动。

5. 不同类型处置设施的监控

5.1. 监控计划的目标及本“安全导则”所提供的绝大部分建议，对于第1.10段列出的三种类型的处置设施是相同的，即近地表处置设施、地质处置设施、采矿和矿物加工废物处置设施。然而，分级方法的应用将导致监控计划在实际实施中存在差异。

近地表处置设施

5.2. 一般地讲，适合在近地表处置设施中处置的废物为低放废物（LLW）[3]。低放废物包含长寿命放射性核素的量非常有限，因此对健稳的包容和隔离要求的时间是有限的，典型的时间长达几百年。在这种情况下，管理策略是包容废物直至其活度衰变降低至足够低的水平，当设施最终退化时残留放射性核素迁移引起的危害被认为是可以接受的。在这一点上，近地表处置方法与含有大量长寿命放射性核素废物的地质处置是相似的，但涉及

的时间尺度可能更短。与含有低放废物的近地表处置设施相关的监控活动，旨在为系统数百年内的性能提供信心。实际上，对于近地表处置设施，能够通过监控活动检测的安全相关特性、事件和过程是任何排放到地下水或其中周围环境中的放射性核素以及人类或动物的侵入。

地质处置设施

5.3. 地质处置适宜于需要更高层次的包容及与周围环境的隔离废物以确保长期安全，如中放废物（ILW）和高放废物（HLW）。含有长寿命放射性核素的放射性废物或活度含量水平足够高使得放射性衰变产生大量热量的废物，诸如乏燃料（当被视作废物时）或后处理产生的高放废物，通常处置在具有工程屏障的深地质处置设施内，使得数千年以后污染物也不会迁移到周围岩石圈中。所采用的安全策略是包容放射性物质到足够长的时期，以确保向生物圈的任何排放都以一种缓慢和可控的方式发生。在这种情况下，监控着眼于提供包容系统的信心。如果监管机构有要求和规定，设施关闭后的监控，可能关注于检测在环境中出现的放射性核素。由于向环境的早期排放是极不可能的，通常实施这种监控是为了让公众放心而不是为了保证该处置系统的性能。实际上，对于深地质处置设施，能够通过监控活动检测的安全相关的特性、事件和过程是产生腐蚀气体、水流入和人类侵入。

采矿和矿物加工废物处置设施

5.4. 采矿和矿物加工废物通常采用地表处置或近地表处置，但废物产生的方式和庞大体积、物理化学形态及其天然来源长寿命放射性核素的含量使之与其他放射性废物区别开来。这种废物一般在原地是稳定的，并被多层岩石和土壤覆盖。不可能把此类处置系统设计成提供从始至终的绝对包容，因此，处置策略是控制任何放射性核素向环境的排放以至于不会发生不可接受的剂量。这类设施造成的危害可能是化学的和物理的危害占主导，诸如潜在有毒元素的长期排放和设施的结构失效。因此，更多的重点将会放在周围环境中出现放射性核素和相关化学物质，它们是检验处置系统性能的一项可靠的指标。

5.5. 天然存在放射性物质处置设施的监控计划与铀或钍开采废物处置设施的监控计划是类似的。

6. 处置设施寿期内不同时期的监控

6.1. 在处置设施整个寿期内（见图 1），出于不同目的对处置设施进行监控，例如：

- 建立背景值；
- 监控该处置系统屏障的性能及变化；
 - 废物货包的变化；
 - 处置设施建造以及由所用材料与地下水和围岩之间相互作用引起的近场化学和物理变化；
 - 周围岩石圈和大气圈的物理和化学变化；
 - 与缓冲和密封材料相关的变化。
- 监控放射性核素的运输和放射性核素向生物圈的排放；
- 建立周围环境信息的数据库。

6.2. 附录 I 提供分别对应上述每个目的的监控参数的示例，以及可能采取各类监控的处置设施开发的不同时期。根据处置设施的类型和相应危害，监控计划的技术复杂性将各不相同。对于近地表处置设施，监控参数清单通常比附录 I 中提供的示例更简单。附录 II 提供一个近地表处置设施监控计划的示例。

运行前时期的监控

6.3. 在建造之前，监控计划应当着重于建立场址的背景值。在建造期间（但在运行之前），监控应当用于评定建造活动对公众及环境的持续影响，建立“竣工”条件文档，帮助确保性能将符合监管要求并遵守安全要求。在运行前时期监控计划的目标如下：

- 协助评价场址的适宜性；
- 提供设施设计的输入数据；
- 提供运行和关闭后安全论证文件所必要的输入数据；
- 建立与后期监控结果进行比较的背景值条件；
- 帮助设计运行时期监控计划。

背景值监控—收集数据支持场址评价过程以及支持安全评定第一轮迭代中重要特征、事件和过程的识别。

竣工监控—评价与监管要求的一致性，以支持运行活动和后续许可证申请步骤的安全论证文件编写。这一步骤可能引入额外的测量。

运行监控—评价与监管要求的一致性，以支持后续许可证申请步骤的安全论证文件编写。

关闭监控—评价与监管要求的一致性，以支持关闭活动和后续关闭后监控。这一步骤可能引入额外的测量，而其他测量将会终止。

关闭后性能监控（若可行）—评价与监管要求的一致性，并支持后续决策（如缩减监控活动，解除场址的监管控制）

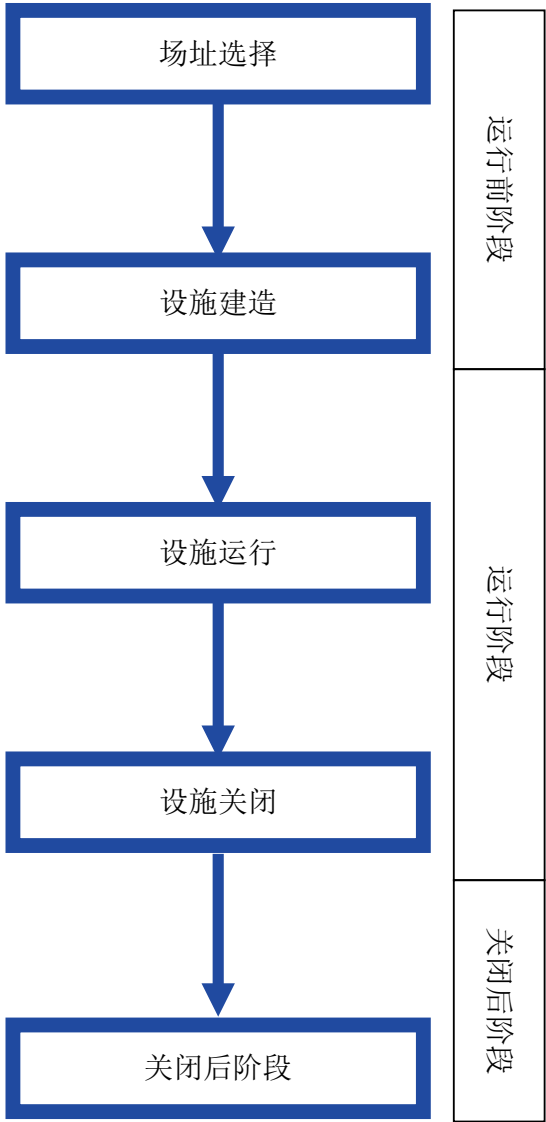


图 1. 在处置设施的整个寿期中的监控活动。

6.4. 安全论证文件和辅助安全评定以及环境影响评定，为逐渐增进对处置系统技术方面的理解以及为识别应收集的新监控数据提供了一个迭代的框架。当安全论证文件和安全评定通过连续的迭代得到发展，且关键问题得到识别和解决时，监控系统应当相应调整以满足安全评定的需求。相反地，

随着从监控数据中识别出新的信息，作为安全论证的一部分，假想方案、概念模式或参数可能需要更新。逐步适应的安全评定和相关监控都是针对减少不确定性的，是安全评定方法论方案的一个重要特征。

6.5. 背景值监控涉及到对参数初始值的测量，这些参数将通过连续或定期观测得到持续监控。背景值监控的范围包括确定对理解基础地球科学、工程和环境以及对处置设施的运行安全评定及关闭后安全评定可能有益的那些条件和参数。例如，背景值监控用于评价在建设和运行期间岩石和地下水系统发生的变化，以及在关闭后阶段用于评价处置设施的存在可能对自然过程和环境造成的任何显著影响。实际上，监控计划将开始于场址调查期间。对建立背景值条件更为全面的描述见参考文献[18]。

6.6. 应当对建立采矿和矿物加工废物处置设施的背景值给予特别的关注。这类设施是为处置环境中天然存在放射性核素而建造的，诸如来自铀和钍衰变链的放射性核素。因此，为了确定在环境介质中这些放射性核素浓度的变化，在设施寿期后期所做测量应当与背景值进行比较。相比之下，处置低放废物、中放废物或者高放废物及乏燃料的设施周围含有特征放射性核素，更容易与本底辐射水平区分开。例如，参考文献[9]指出，氡、铯-137 和碳-14 很可能以可检测水平出现在近地表处置设施的周围环境中。考虑到它们的低本底水平，这些放射性核素数量的递增可能会比采矿和矿物加工废物处置设施中放射性核素特征的情况更容易被检测到。采矿废物，如大量的尾矿渣、低品位矿或废石，在地表面最可能被检测到的放射性核素是天然存在的氡-222。

运行时期的监控

6.7. 监控计划在运行期间应有助于运行安全，应测量对公众及环境的潜在影响，并且应评定处置系统的性能。作为确认设施性能计划的一部分，监控应持续围绕对安全论证文件重要的特性、事件和过程进行评价。为改进运行和关闭后的安全论证文件，这将增强对处置系统运行工况的理解。监控计划也应着重于收集竣工处置系统短期（运行时期）性能的数据，以帮助预测关闭后时期系统的长期性能。运行时期监控计划的目标如下：

- 提供材料和结构竣工时的性能数据，以确认处置系统构成部件的性能，这可用于改造、改进关闭后时期安全论证文件以及建立对安全论证文件的信心；
- 提供检查流出物处理和控制系统是否正在正常运转的必要信息；
- 提供任何偏离正常运行的预警；
- 提供关于放射性核素排放到环境的数据，以用于估算环境中辐射水平和活度浓度及公众照射的预测模式（例如，排放速率和放射性核素组成）。

6.8. 为了确认处置设施的性能，对于运行和关闭后时期都感兴趣的关键技术参数应当进行监控。这可以视作安全论证文件逐步发展的一部分，在许可证发放之后的运行期间监控继续进行，以逐渐地改进运行时期和/或关闭后时期处置系统性能的可预测性。监控应当提供支持安全评定使用数据的补充数据，使安全评定在整个运行期内得以更新和改进。监管机构可能要求落实性能确认计划，作为运行许可证发放条件的一部分。这样营运者可能被强制只在运行期间解决技术问题，而不是作为发放运行许可证的条件。这种方法可以在发放建造许可证时用来管理技术问题遗留的不确定性，但是这不能替代适宜水平的监管评审以及对处置设施建造初期安全论证文件中不确定性的仔细考虑。

6.9. 监控计划应当考虑处置设施运行可能导致的放射性物质排放，并且这应当是运行安全论证文件的一部分。监控计划的这一要素是为了在运行期间保护公众和环境，以及监控在正常运行期间和事故工况下处置设施放射性物质的排放满足监管要求。作为运行安全论证文件的一部分而编写的应急准备和响应计划，应当包括一个把可能引发应急的突发性考虑在内的适宜监控策略。此类监控策略将取决于与假想事故工况相关的危害，包括广泛的空间范围的事件（如地震或龙卷风），它们可能会影响进入场址的道路和场外的支援。

6.10. 根据相关辐射安全的国家法规和国际建议，必须保证与运行安全论证文件相关的监控计划的独立性及处置设施的工作人员的保护。然而，工作人员的保护不在本“安全导则”的范围之内。

6.11. 除了放射性核素监控和性能确认目的的要求之外，国家规定还可能建立附加的要求。例如，可能存在监控地下水中有毒化学物质的要求。

关闭后时期监控

6.12. 如果这是关闭后时期安全论证文件的一部分，关闭后时期监控计划的一个目标是，检测环境中可能是处置设施导致的放射性物质和/或其他有毒物质。然而，这仅仅是关闭后监控计划的一部分，其重要性随处置设施的不同类型而不同。关闭后监控的范围、持续时间及重要性随处置设施和所处置废物的不同类型而各不相同。处置设施关闭后所采用的有组织控制可以是能动的，也可以是非能动的。能动的有组织控制，例如监控环境中放射性核素浓度和监控屏障的性能和完整性，对于近地表处置设施尤其重要。

6.13. 关闭后时期的监控应当包括告知相关各方从能动的有组织控制转为非能动的有组织控制（例如通过场址标识和维护“公司记忆”的方式得到建立）的决定。监控目标在处置设施的这一阶段是识别场址条件何时适合更新许可证，以准许终止该场址的监控活动、维护及能动控制。例如，对地表处置设施，当认为长期安全可以通过限制填埋场的使用得到保证时及当废物的放射性毒性降低使得与人类侵入相关的辐射风险达到合理可行尽量低水平时，才可以采取启动非能动的有组织控制的决定。这可以认为是一种逐步实现完整的长期非能动安全的方法。

应急响应监控

6.14. 应急响应监控与例行监控活动在几个关键的方面有所不同。例行监控是用于核实该处置设施的性能全过程系统分析与安全论证文件的一致性，然而应急响应监控的目的是为缓解事故对人类健康和环境的后果提供信息。参考文献[19]规定了为了及时启动设施并实施环境监控而做出安排的要求。

6.15. 废物处置设施的设计、建造和运行要求以非能动手段确保安全[2]，使突然故障发生的可能性低，保证需要立即采取行动的情况不易发生。然而，对于某些类型的现有处置设施（如某些尾矿坝的过去实践），紧急状况的发生可能是迅速的。例如，极端天气条件或地震事件可能导致矿尾坝破坏，使大量污染物迅速向环境排放。因此，应当针对全方位的假想事件做出应急安排，包括估计发生概率非常低的事件。这些安排应当包括诸如参考文献[7]所描述的和参考文献[19]所要求的监控安排、人员部署、程序制定、设备供应及其他安排，以便对应急事故和人类健康和环境的紧迫威胁作出通

报。监控安排应能及时提供数据，以便在超过预计运行干预水平²的事件中能够做出恰当的反应（该运行干预水平与地方行政人员进行协调[7、19]）。运行干预水平应能依据环境参数测量立即和直接地（不做进一步评定）决定适当的防护行动。

7. 监视计划的制定和实施

7.1. 监视计划的目的是提供对废物处置设施的监视，以核实非能动安全屏障的完整性，以及能迅速识别可能导致放射性核素或其他污染物向环境迁移或排放的工况。另外，监视包括对记录的评审或监查，以定期视察产品规范，核对此类视察的结果。监视计划主要适用于运行时期，并通常是通过已识别出对安全论证文件至关重要的废物处置设施部件的例行视察来实施。监视计划包括但不仅限于对废物处置设施这些部件的视察。

7.2. 一个场址相关的监视计划和执行程序，应当在处置设施寿期的初期制定，并与监管机构进行磋商，考虑到场址条件、设施的运行及技术方面的变化而进行定期更新。该计划应当表明监视结果是如何对监控计划和场址安全及性能要求作出补充的。计划应包括：

- (a) 对该场址和邻近区域的描述；
- (b) 对废物处置设施部件及其环境背景的描述；
- (c) 视察的类型和频率；
- (d) 视察程序；
- (e) 应急计划和维护行动；
- (f) 视察的报告要求；
- (g) 对管理系统的描述。

² 运行干预水平是一个计算水平，通过仪器仪表测量或实验室分析得到，对应干预或行动开展的水平。运行干预水平，典型地与排放放射性物质的剂量率或活度、空气浓度的时间累计、地表或表面浓度以及环境、食物和水样中的核素浓度相关[20]。

处置设施整个寿期的监视

7.3. 监视计划应取决于处置设施的类型从建造阶段就开始着手制定并应一直延续发展到关闭后时期。

7.4. 在设施的运行期间，监视计划应允许核实该非能动安全屏障的完整性是得到保护和保持的。只要该处置设施的保护部件位于可接近的区域，就应作为监视计划的一部分得到定期视察。这种定期视察通常仅限于可接近装置和工程屏障。

7.5. 在关闭后时期，废物处置区域或有废物和废物货包的单元通常是不能接近进行视察的。关闭后时期监视的持续时间应当根据处置设施的类型及所包括废物的类型来确定。关闭后时期监视的持续时间，同样也取决于在以前各阶段所取得的对该设施性能的信心。应当预计到设施关闭后的监视可能会在性质上发生改变，甚至由于制度稳定性改变而可能会被终止。

根据处置设施类型的监视

7.6. “在某种程度上，处置设施的安全可能依赖于某些未来行动，如维护工作或监视。然而，这种依赖性必须尽可能地减少到最低程度” [2]。“对于地质处置设施，通过非能动特征可以提供关闭后的安全……在近地表处置设施情况下，对于确保关闭后一定时期内的安全，诸如维护、监控或监视等行动可能是必要的” [2]。

7.7. 对于近地表处置设施，监视应当开始于运行前时期并应当持续到关闭后时期直到能动的有组织控制时期才结束。在关闭后时期通常应进行视察的屏障是该处置设施的表面覆盖。

7.8. 对于地质处置设施，监视应当开始于运行前时期并通常结束于该设施关闭时刻，关闭后不再可能接近工程屏障。

7.9. 对于采矿和矿物加工废物处置设施，监视应当开始于运行前时期并且应当在能动有组织控制时期或设施关闭时完成，这取决于处置系统的性质，例如如果不再可能接近工程屏障。关于制度稳定性的持续时间和知识连续性的假设，通常是确定关闭后监视持续时间的主要因素。参考文献[8]在附录 I 中提供了铀尾矿场址长期监视计划（关闭后时期）的示例。

视察的类型和频率

7.10. 视察计划应依据场址特定条件，人类潜在危害以及其他与废物处置设施故障相关的社会、社会经济、环境和监管的影响进行制定。监视计划通常将包含例行视察和专项视察。

7.11. 如果可行，应当对废物处置设施已辨识出对安全论证文件至关重要的部件采用视觉和实物视察，从而提供发现潜在故障异常现象的有效方法。

7.12. 监视计划中的视察应当包括对设施的表面状况和包容的观察，如果可以接近的话，还应包括对厂房和排水渠的完整性、植被状态和任何异常特性（如地表水冲击、表层覆盖物的侵蚀和动物或植物侵入设施的证据）的观察。

7.13. 这种视察应当由有相应资格的人员实施，它们能够确定是否需要专门的技术支持。

例行视察

7.14. 为确保废物处置设施所有部件的一般性状态是令人满意的，应当定期进行例行视察。通常由营运者中对设施具有恰当知识和经验的若干技术人员实施例行视察。

7.15. 例行视察的目的是确保废物处置系统正在按照设计规范和监管要求运行。在实施视察之前应当事先评审以前的视察报告，在评审中应当指出需要后续落实的任何事项，还应当事先评审自以前视察报告以来收集到的任何监视数据。

7.16. 在废物处置设施建造的整个时间期间、在任何重大改造期间及任何治理工作期间都应当定期进行例行视察。这是为了确保建造或改造按照批准计划进行且没有损害该处置设施部件的性能。例行视察的频率应当根据场址的特性来确定。

专项视察

7.17. 在重大火灾、严重地震、洪水、严重风暴、暴雨、飓风等极端自然事件发生后，应当立即进行专项视察。在偏离正常运行工况的事件中，也应当进行专项视察。专项视察的目的是为了确保废物处置系统部件没有被这些事件破坏并继续完全地执行其功能。

8. 监控和监视信息的使用

8.1. 如前面各部分所讨论的那样，收集监控和监视信息的目的是为了建立对处置设施安全的信心和减少危害或不确定性，当认为有必要时，为安全论证文件的更新提供支持。监控和监视信息的使用者应当包含所有的相关各方，包括如营运者、监管机构、地方相关各方和公众，或者任何其他相关各方。在监控和监视信息的使用中包含所有相关的团体将提高处置过程和运行性能的透明度，增加对处置设施演变、其周围环境和屏障性能的认识，以及增强对公众和环境的保护。放射性废物处置设施旨在提供长期的非能动安全。处置设施的设计使安全不需要长期的能动管理。

8.2. 监控信息总是会包含一定程度的不确定性。对于在测量中和在认识处置设施中存在的剩余不确定性的管理，是建立安全论证文件的主要功能。与监控信息使用相关的挑战包括解决时间和空间可变性的困难，不能直接测量感兴趣的特定参数，不能预测该处置系统的未来行为，以及缺乏对一些受关注过程的基本认识。

8.3. 在使用可获得的监控信息时应当谨慎。通过采取充分的冗余度（这应当是监控系统设计的一部分）、数值的独立核实、使用良好设计和耐用的设备以及尽可能地使用天然类似物等手段，应对监控数据的可信性进行核实。特别地，只有得到良好培训和具有经验的工作人员才能被允许承担监控及相关活动。超过一定时间框架的监控是不可行的。在遥远的未来，气候模式及人类行为和实践的相关转变将会有重大变化。基于当前监控信息预测遥远未来的处置系统行为总是不确定的。未来的变化可能会影响放射性核素从处置设施排放的可能性以及生物和代表性个人可能受到照射的照射途径。

主要目标的分析和响应

8.4. 在一个处置设施全寿期的所有时期，监控和监视应提供关于处置系统建立和改进安全论证文件以及核实遵守监管要求的数据。在某些情况下这两个目的将会部分重叠；例如，要求更加深入理解特性、事件和过程的许可证条件将导致安全论证文件的改进。

8.5. 监控和监视的结果应当有助于证明遵守监管约束和许可证条件。处置设施的营运者可以根据特定规定的监管要求制定监控和监视计划的某些部分。例如，监控有必要把地表水水质与标准进行比较，这些标准通常是由监管机构预先制定的。满足这种监管要求的不确定性将受到经测量所获得的数值的不确定性限制。

8.6. 核实性能指标的监管标准，例如剂量限值，将要求进行监控以提供对特性、事件、过程及系统性能的深刻理解。这也将提供支持安全论证文件和安全评定的信息。由于满足这种类型的监管要求的方法没有严格的规定，因而在监管机构、营运者和其他相关团体之间应当有良好的和早期的沟通。因为不确定性的范围和类型相比有特定监管要求规定的情况更大和更主观，所以这种沟通是必要的。这类不确定性的处理方法与处理监控数据以支持分析时采用的方法相同。

8.7. 在运行前时期也应收集和评价可比类型设施的现有监控和监视数据。这将有便于新设施监控和监视计划的制定。比较可比设施的运行记录也能提供这些设施所用技术的信息，这些信息能够帮助新处置设施建立恰当的安全功能和长期性能的要求。

8.8. 在运行前时期，重点应是确认竣工条件与安全评定中所做假设是一致的。此外，也应识别预期竣工条件的范围。

8.9. 随着设施进入到运行时期，为了提供运行性能方面的信息应继续监控和监视，该信息能够用于更新安全论证文件。在发放建造和运行许可证之前建立运行的安全论证文件。通常以保守估计其安全影响的方式管理剩余不确定性。建造前可获取的监控信息，它们对建立安全论证文件可能是足够的，作为用于确认处置设施性能的监控计划的一部分，在整个运行时期应继续得到更新。这个计划应逐步改进对处置系统的认识，反过来，这种认识应当用来改进运行方式、安全功能的界定、设施设计及监控计划的设计。例如，

作为为确认性能的监控计划的一部分而所收集的关于材料腐蚀速率的监控数据，可能导致对处置设施可接受贮量限值的修改。理想情况下，如果运行安全论证文件是基于保守估计的，那么认识的改变或改进将减少运行方式的限制和降低成本。

8.10. 在废物放置操作完成后但在处置设施最终关闭前，应当收集监控和监视数据以确认如在安全论证文件中所确认的关键安全功能的持续性能，既通过直接证据（即通过可测量的参数）也通过间接证据（即通过增强用于开发预测模式或通过收集来自试点/示范处置设施的数据的科学基础）。获得的数据应当用于核实处置系统正在按预期发挥作用。这意味着关键部件正在实现如安全论证文件确认的或如监管机构规定的它们的功能，以及实际状况是与关闭后为安全所做的关键假设相一致的。例如，通过核实该处置系统在特定的一段时间内已经保持了非能动的安全条件，获取的数据可能用于支持终止有组织控制的决定。

与预期结果的偏差

8.11. 如第 8.9 段所述的那样，为了管理设施开发各阶段的不确定性，运行的安全论证文件经常是建立在一组保守假设基础之上的。因此，为确认性能而进行的监控和监视预期会得到不同于安全论证文件且更加真实的数据。类似地，由于安全评定的保守性，全过程系统分析环境监测数据预期将保持在安全论证文件的预测水平内。但是，监控结果也可能提供显然的或实际的矛盾，比如参数的变化或安全评定中未预测到事件的发生。这些结果可能被标识为“非预期”的，因为它们没有证实先前的预期。应当在该过程的早期就开始与监管机构和其他相关各方交流监控结果及其相关的不确定性，因为通常在开始监控计划之前说明不确定性比在监控已经开始后试图提供解释更容易。

8.12. 监控到非预期的结果并不一定表明处置系统的安全已受到影响。一旦排除可能的测量误差，应仔细地分析这些信息以确定它在现有安全论证文件里的重要性。安全评定的复杂性意味着与监控结果比较可能得到与预期相反的结果。例如，在安全评定中引入保守偏差，地下水流动模式可能忽略或不再强调污染物羽流团前缘的重要性。尽管这在安全论证文件中已经

考虑到，但与模式结果不一致的污染物早期到达监控结果可能要求进行详细解释。

8.13. 非预期的结果也可能是在安全论证文件中未得到反映的新信息。这种新信息通常与没有得到良好理解或之前没有考虑到其重要性的特性、事件和过程相关。如果确定该非预期的结果属于这个类别，那么应当修订并实施监控和监视计划，进一步调查该问题。在某些情况下可能适宜启动新的研究，以更好地认识这些非预期的结果。应当更新安全论证文件以反映新知识。当发生非预期的结果时，它们将引起监管机构的关注，并可能影响到相关团体对处置设施安全的信心。就这一点而言，应当强调适宜、透明和真诚沟通的必要性以维持置信度。

8.14. 关于第 8.12 段提供示例的理由，性能标准的失效并不一定意味着补救措施或防护措施是必要的。比如，已放置废物的回取可能与一个不明显预示照射情况的因素相关（如腐蚀指标），且其他因素可能比性能指标更加重要（如废物回取期间的工作人员防护）。

8.15. 在对非预期的结果做出响应时应当采取分级方法。该响应可能包括不采取行动、为了识别和/或确认时间与空间趋势而增加取样频率、通过改变设计或程序、重大补救措施甚至废物回取。重点应放在识别趋势而不是过分关注单一测量量。诸如废物回取的行动在实施前应做仔细的研究和分析，包括补救措施相关风险的考虑。做出回取废物的决定应当根据处理、加工和贮存废物的适宜设施和基础设施条件的及时可用性以及考虑物的迁移废物时合适的处置场址的可用性。

定期视察监控和监视计划

8.16. 监控和监视计划的设计应当是一个迭代过程，允许对该计划进行定期修订。安全论证文件和辅助安全评定是有用的工具，它们应当用于评审监控和监视计划。监控和监视计划应当设计为具有灵活性，使它能够将新数据来源、新数据类型、新技术和新监管要求纳入到该计划内。研究和开发结果可能影响监控和监视计划的重点和性质。

9. 管理系统

9.1. 监控和监视计划应当满足参考文献[21]建立管理系统的要求和参考文献[17]提供的建议。管理系统对监控和监视应给予特别关注的要素有：

- 确保长期持续提供资源；
- 引领人员资格的程序、监控和监视计划的执行程序以及从监管过程中获得数据使用程序的建立和文件编写；
- 在整个处置设施项目期间内记录的控制。

9.2. 政府为确保数十年或数百年资源的持续可获得性制定特别规定既是不可行的也是不必要的。独立的企业实际上经常是确保废物处置设施资源的责任方。监管机构可能会要求把财务保证作为许可证发放条件。然而，政府拥有处置设施的最终所有权以及政府负责，认为是一个持久的有组织控制，并构成资源可获取性的必要条件。

9.3. 废物处置设施的监控和监视计划应当具备为在设施整个寿期内支持将做出的决策提供信息的能力。由于处置设施的寿期是很长的，因而接下来所建立的管理系统应当维持数据收集的连续性、数据管理的连续性以及对数据收集和解释新方法的适应性。某些类型的监控和监视要求一贯的、长期的资金供给将是有益的，管理系统应建立渠道以确保资金供给的必要连续性。例如，许多现场实验可能需要多年才可产生可信且有用的数据。这类实验对于建立一个可信的安全论证文件是重要的，但它们也可能会受到暂时的资金限制而过早地结束该实验，从而限制了它的有用性。必要时，管理系统应当附加建立规定以确保财务资源和合格人力资源的适宜计划。

9.4. 管理流程对建立数据的质量是必要的，当这些数据用于管理决策时，数据的合格条件应当由一组程序构成，这些程序允许该数据及其解释具有可追溯性和透明性。安全论证文件所使用的数据可能来自于以下几个来源之一：

- 在处置设施项目中收集到的且受到管理系统管理的数据；
- 作为研究计划的一部分而收集到的且不受管理系统管理的数据；
- 历史上收集到的数据，它们早于现有的管理系统；

- 来自参考文献的反映一般性知识、认识或测量的信息，这并不一定是与所考虑的处置设施项目相关的信息。

9.5. 管理系统应建立清晰的流程，使每个这些类型的信息都是合格的。例如，为了使历史数据成为合格的数据，可能需要建立管理流程评审原始数据以确保它们是正确和可追溯的。

9.6. 管理系统应当在整个处置设施项目期间建立数据管理、记录保持和归档的流程。参考文献[17]提供了关于管理系统的特定建议。由于处置设施的建造计划具有很长的使用期限以及由于为了在设施寿期后期做出决策将需要在处置设施整个寿期内收集的监视数据，因而管理系统应当提供监控和监视数据的长期可持续的可追溯性和透明性。

9.7. 应当规定预期在设施寿期后期监控和监视的需要以及为将来的计划和行动收集监控数据。

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》,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)。
- [3] 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)。
- [4] 国际原子能机构《放射性废物地质处置设施》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-14 号,国际原子能机构,维也纳(2011 年)。
- [5] 国际原子能机构《放射性废物近地表处置设施》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-29 号,国际原子能机构,维也纳(2014 年)。
- [6] 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)。
- [7] 国际原子能机构《辐射防护的环境和源监控》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.8 号,国际原子能机构,维也纳(2005 年)。
- [8] 国际原子能机构《铀和钍开采和碾磨残留物的监控与监控》,《安全报告丛书》第 27 号,国际原子能机构,维也纳(2002 年)。
- [9] 国际原子能机构《放射性废物近地表处置设施的监督和监控》,《安全报告丛书》第 35 号,国际原子能机构,维也纳(2004 年)。
- [10] 国际原子能机构《源和环境辐射监控计划和系统》,《安全报告丛书》第 64 号,国际原子能机构,维也纳(2010 年)。
- [11] 国际原子能机构《高放废物地质处置库的监控》,国际原子能机构《技术文件》第 1208 号,国际原子能机构,维也纳(2001 年)。
- [12] 国际原子能机构《放射性废物钻孔处置设施》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-1 号,国际原子能机构,维也纳(2009 年)。

- [13] 国际原子能机构《放射性废物的处置安全论证文件和安全评定》，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）。
- [14] 国际原子能机构《关于核材料和核设施实物保护的核安保建议》（《情况通报》第 INFCIRC/225/Revision 5）号，国际原子能机构《核安保丛书》第 13 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [15] 国际原子能机构《放射性物质和相关设施的核安保建议》，国际原子能机构《核安保丛书》第 14 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [16] 国际原子能机构《职业辐射防护》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.1 号，国际原子能机构，维也纳（1999 年）。
- [17] 国际原子能机构《放射性废物处置管理系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.4 号，国际原子能机构，维也纳（2008 年）。
- [18] 欧洲委员会《关于放射性废物分阶段地质处置法中监控作用的专题组》，最终报告，第 EUR2102EN 号报告，欧洲委员会，卢森堡（2004 年）。
- [19] 国际原子能机构《核或辐射应急准备与响应》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-R-2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [20] 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）。
- [21] 国际原子能机构《设施和活动管理系统》，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）。

附录 I

地质处置计划中监控和监视信息收集的示例

I-1. 必须在地质处置设施建造和运行之前及期间编写并执行监控计划。这个计划的目的是收集和更新必要信息，以确认在设施运行期间确保工作人员和公众的防护以及环境保护的必要条件，以及确认可能降低该设施关闭后安全的任何条件缺失。监控计划的先决条件是（非能动的）安全屏障的功能不会在监控期间受到损害。

I-2. 参考文献[I-1]指出，放射性废物处置设施的监控参数可以区分为不同的类别：

- 建立背景值趋势的必要参数；
- 废物货包及相关缓冲和密封材料的行为；
- 处置设施结构和工程屏障的退化；
- 处置设施的建造及引入材料、地下水与围岩之间相互作用所导致的近场化学与物理干扰；
- 周围岩石圈和大气中的化学与物理变化；
- 放射性污染物和其他污染物的水平。

I-3. 在环境数据库中记录监控参数。全过程系统分析强调对任何工程结构或天然屏障，若确认对安全论证文件重要，都必须监控其特性及过程。

建立背景趋势

I-4. 某些监控活动预期在处置设施建造计划最早可能的时间开始，早于处置设施建造和运行扰动积累。早期的信息非常重要，因为它能够帮助对处置系统天然的、“未受干扰的”环境的性质和特性的认识。

I-5. 背景监控关系到参数的初始值，这些参数将会通过连续的或定期的观测继续得到监控。背景监控的范围包括对基础地球科学、工程和环境以及处置设施运行和关闭后安全评定有潜在关系的参数和条件的确定。这个监控的范围需要十分地广泛，以便记录对调研有重要意义且因此在未来可能会成为一个问题而须得到调查的那些背景值[I-2]。例如，监控将会被用于评

价在建造和运行期间岩层和地下水系统的变化，在关闭后阶段，用于评价处置设施的存在可能会对天然过程和环境产生的所有影响。实际上，监控计划将开始于场址调查阶段。

I-6. 在建立背景值信息情况下主要关注的特征包括：

- 围岩和周围地质环境中地下水流场（材料特性、地下水水压分布、水力梯度、补给和排水区域，等）；
- 地下水的地球化学特征（氧化还原性、盐度、主要的和微量元素浓度、天然放射性核素含量等）；
- 构成处置设施一部分的围岩的矿物学；
- 有助于处置设施结构稳定的围岩的地质力学特性；
- 如果适用的话，构成处置设施的一部分围岩的运输和滞留特性；
- 构成处置设施的一部分的围岩的不连续体（包括裂隙）的表征；
- 地下水、地表水、空气、土壤、沉淀物，以及动物和植物中天然放射性本底水平；
- 气象条件和气候条件；
- 地表水系统水文学，包括排水模式和入渗率；
- 自然栖息地和生态系统的生态学。

需要建立背景数据。在发现重要的参数值伴有增长或降低的趋势时，背景监控将需要持续进行，直到在一定置信水平下建立了该趋势和充分地理解了该趋势变化的原因。建立地表环境指标的背景值相对简单，因为通常测量过程不会影响到正在测量的参数（例如与气候因素和地表水水文学相关的测量）。然而，侵入式调查本身会扰动天然地下水系统，扰动程度取决于场址特定条件。为了建立用于判断后期影响的背景条件，比如处置设施的建造引起的地下水压力和水化学条件的变化，需要在表面勘探阶段收集充分的信息来确信未受到干扰的条件在时间上和空间上都已经得到充分地调查与评定。

被放置的废物货包状况的监控

I-7. 废物货包的状况与废物的可回取性相关，因此检测指示废物货包的完整性或状态的参数尤其重要。被放置的废物货包的状况将依赖于退化现

象，如腐蚀和退化的影响，如废物堆码的稳定性、再饱和（如在缓冲材料和废物中），以及气体的产生。

I-8. 监控用于指示废物货包状况的参数分为两类：能够直接测量的参数（例如：腐蚀电流、应变、粘土缓冲区的膨胀压力）；及环境参数（例如：温度、湿度、再饱和压力）。在一些处置设施的设计中，尤其是对于低放废物和中放废物，在尽可能靠近该废物货包处对废物产生的气体的分析，为已建成的工程屏障的完整性和/或性能提供了有用的指示。

处置设施结构和工程屏障的监控

I-9. 由于自然过程和人为活动，处置设施的结构稳定性可能会发生变化。对周围地区进行持续的监控可能有助于评定其稳定性和检测处置设施结构或围岩的任何运动。

I-10. 监控的参数是：

- 机械性能；
- 应力；
- 应变；
- 借助地下工程开挖的常规观测：
 - 岩石应力；
 - 岩石支撑的变形和负载；
 - 墙体和内衬的变形；
 - 裂隙。

I-11. 工程屏障由放置在废物周围用于隔离和包容废物的所有材料组成，包括任何低渗透性或抗侵入的部件。工程屏障包括密封材料、部分回填材料和部分处置设施的结构。

处置设施引起的扰动

I-12. 处置设施的建造将干扰之前的自然系统。处置设施随后的运行阶段将引起进一步的变化。其中的一些变化可能需要许多年才能显现出来。因此，监控计划将关注由以下影响引起的处置设施环境的变化，例如：

- 机械扰动，挖掘活动导致的结果；
- 挖掘和排水导致的水力和水化学扰动；
- 由产热的废物放置导致的热力学效应；
- 由处置设施的建造及运行导致的化学反应引起的地球化学干扰（主要是空气的引入，也包括回填材料和加固材料的引入，比如：钢筋、水泥浆和喷浆混凝土、密封材料、废物本身和/或废物货包的部件）。

I-13. 围岩中监控的参数是：

- 围岩中的机械扰动：
 - 应力场；
 - 变形；
 - 裂隙。
- 水力学扰动：
 - 渗透性；
 - 水压；
 - 饱和度。
- 地球化学干扰：
 - 组成成分（孔隙水和矿物学）；
 - pH 值；
 - 氧化还原值；
 - 滞留性能；
 - 生物学变化。
- 热扰动：
 - 温度分布；
 - 导热系数，从温度分布获得。

放射性核素排放的监控

I-14. 在实践中，假设地质处置设施正常演变，监控从废物货包、工程屏障或处置洞室排放的放射性核素将是不可行的，原因是废物容器的预期寿命

长达几千年。仅在设施非正常演变的情况下放射性核素才可能在较短的时间范围内排放出来。为了获得背景条件用于比较所有污染物移动和排放的影响，通过测量工程屏障、围岩和岩石圈，获取以下参数的信息是有必要的：

- 渗滤液水平；
- 地下水中的放射性浓度；
- 潜在污染区内的水力梯度、水流速度和水流方向；
- 地下水位；
- 河流流量（可能影响到水文条件）；
- 含水层补给；
- 水的化学成分。

岩石圈的变化

I-15. 处置设施周围的岩石圈将会以很多不同的方式对处置设施的存在做出响应（如：机械的、水力的和化学的）。相关可测量的参数是温度、应力、地下水化学、地下水压力、溶质化学和矿物学。使用围岩的地面场址表征和地下调查的钻孔，这些参数常常是可测量的。处置设施通风引起的许多矿物学变化，可能会局限于处置设施的紧邻区。

I-16. 可运用的地球物理方法，如：

- 地面电磁地球物理测量，用于描绘电解质引起的高于地下水背景电导率的羽流；
- 氦射气测量法；
- 空气辐射测量法。

I-17. 特别关注可能对隔离系统长期性能有直接影响的岩石结构的水力学和机械行为的改变，比如主导水裂隙的连通性。此外，这些特性的调查可能通过围岩的地面场址表征和地下调查中的钻孔进行。

I-18. 对于位于饱和区域的处置设施，在处置设施保持敞开状态时，地下水将在处置设施周围流过或流经处置设施。然而，随着处置设施的再饱和（或者可能是处置设施部分再饱和），流过处置设施的地下水再次流回到岩石圈。

这将改变产生岩石圈的地球化学。对于一些处置设施概念，例如那些广泛使用水泥的处置设施，该变化可能是深远的。

环境数据库的建立

I-19. 几十年时间的环境数据的积累，有利于评定处置设施上方土地的其他使用方式的适宜性。

I-20. 可能相关的参数是：

- 气象学；
- 水文学，包括排水、水的用途和水质；
- 环境的不同部分中放射性核素和其他污染物的浓度，包括动植物、沉积物和水；
- 当地生态学；
- 地貌过程，如：剥蚀作用、局部侵蚀和边坡演变；
- 构造活动，如：垂直和横向地壳运动速率、地震事件和地热流；
- 周围地区的土地利用。

I-21. 所有这些参数可能从地表测量。数据的收集预期是连续的且延续许多年。

数据收集的其他方法

I-22. 如果没有监控方法能够满足所有的限值条件，那么将必须使用备选策略。在处置设施的界限内或在相同围岩附近，建造一个配置有大量机械装备的示范或试点设施的方案可能需要得到评价。这将避免实际隔离屏障的破坏。从逻辑上说，这种示范可能需要在核准处置设施运行前进行；然而，在某些地质处置计划中，已经对伴随处置设施的运行的示范的继续开展及相关的监控给出了建议。这种策略的优点是，它可能会为关于处置系统整体性能的假设可靠性提供额外的确认。

I-23. 表 I-1 总结了在一个地质处置设施建造不同时期需要监控的参数。

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
背景值 (初始值)			
围岩和周围地质环境中的地下水流场			
— 地下水水压分布			
— 水力梯度			
— 流向			
— 渗透性			
— 补给和排水区域			
地下水的地球化学特性			
— 氧化还原反应	×	×	×
— 盐度	×	×	×
— 主要元素和微量元素浓度	×	×	×
— 天然放射性物质/本底活度	×	×	×
作为处置设施构成部分的围岩的矿物学性质		×	
有助于处置设施结构稳定的围岩的地质力学特性		×	

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
作为处置设施构成部分的围岩的滞留特性和水力特性	×		
作为体(包括裂隙)的特性表征处置设施构成部分的围岩的不连续	×		
地下水、地表水、空气、土壤、沉积物以及动物和植物中天然放射性本底水平	×		
周围岩石圈和大气圈的物理化学变化	×		
气象条件和气候条件	×		
地表水系统水文学, 包括排水模式和入渗率	×		
自然栖息地和生态系统的生态学	×	×	
处置设施结构的力学特性			×

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
工程屏障的力学特性	×		
工程屏障的滞留特性和水力特性	×		(×)
背景参数的持续监控	×		×
废物货包的完整性			
可直接测量参数			
— 腐蚀		×	(×)
— 应变			
— 作用于废物货包的压力 (回填粘土的膨胀压)			
环境参数			
— 温度			
— 湿度			
— 再饱和		×	(×)
— 废物产生的气体的特性			

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
处置设施结构和工程屏障			
处置设施结构和工程屏障的结构稳定性			
— 力学特性			
— 应力			
— 应变			
— 借助地下工程开挖的常规观测		×	(×)
• 岩石应力			
• 岩石支撑的变形和负载			
• 墙体和内衬的变形			
• 裂隙			
工程屏障的行为 (即回填和密封)			
— 再饱和速率			
— 以下性质的变化:			
• 水力特性		×	(×)
• 力学特性 (包括膨胀)			
• 化学特性			
• 热特性			

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
防止水进入处置设施或防止水渗透过处置设施		×	(×)
处置设施造成的扰动 (建造、废物置入以及工程屏障)			
围岩力学扰动			
— 应力场			
— 变形	×	×	(×)
— 裂隙			
地球化学扰动:			
— 土质成分 (间隙水和矿物学)			
— pH 值			
— 氧化还原反应	×	×	(×)
— 滞留特性			
— 生物学改变			

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
水力扰动			
— 渗透性	×	×	(×)
— 水压			
— 饱和度			
热扰动			
— 温度分布		×	(×)
— 导热性			
监控放射性核素排放			
浸出水平		×	(×)
地下水放射性浓度		×	×
潜在污染区的范围		×	×
潜在污染区的水力梯度, 水流速度和水流方向		×	×

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
地下水位		×	×
地下水层的补水和排水		×	×
地下水化学成分		×	×
岩石圈变化			
力学特性			
— 压力		×	×
— 应力			
— 裂隙 (可能形成迁移路径的连通性)			
水力特性			
— 地下水压			×
化学性质			
— 溶质化学组成		×	×
— 矿物学			

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
热学特性 — 温度		×	×
环境数据库的建立			
气象学	×	×	×
水文学, 包括排水, 水的用途和水质	×	×	×
各环境组成部分中 (包括生物群、沉积物和水) 放射性核素及其他污染物的浓度	×	×	×
当地生态学	×	×	×
地貌过程, 如剥蚀作用, 局部侵蚀和边坡演变	×	×	×
构造运动, 如垂直和横向地壳运动速率, 地震事件和地热流	×	×	×

表 I-1. 在开发的各个阶段要监控地质处置设施的参数 (续)

监控参数/过程	运行前时期 (包括选址和设施建造)	运行时期 (包括关闭)	关闭后时期 ^a
周围地区的土地利用	x	x	x

^a 在运行时期监控的参数可能在关闭后时期继续监控, 但可能适当减少监控活动使其不影响长期安全。这类参数记为(x)

附录 I 参考文献

- [I-1] 国际原子能机构《高放废物地质处置库的监控》，国际原子能机构《技术文件》第 1208 号，国际原子能机构，维也纳（2001 年）。
- [I-2] 欧洲委员会《关于放射性废物分阶段地质处置法中监控作用的专题组》，最终报告，第 EUR2102EN 号报告，欧洲委员会，卢森堡（2004 年）。

附录 II

近地表处置设施监控和监视计划的示例

引言

II-1. 自 1998 年 7 月以来，位于皮什珀克西拉吉（Püspökszilágy）的放射性废物处理和处置设施，由匈牙利国家放射性废物管理公司（PURAM）运行。早在 1976 年，当该场址开始投入使用时，由国家公共卫生服务机构运行。该设施的任务是接收由匈牙利小型组织产生的公共机构性质的低放和中放废物。

II-2. 该场址坐落在一座小山的山脊上，海拔高于波罗地海平面 200—250 米，且位于地下水位以上大约 30 米厚不均匀的第四纪沉积物（淤泥和粘土，低渗透率）上。该设施西南方向以尼姆第（Nemedi）河流为界，东北方向以西拉吉（Szilagy）河流为界。该设施距离最近的村庄（皮什珀克西拉吉）1.5 公里。

II-3. 该设施是一个氡类型的近地表处置设施。钢筋混凝土地下贮存洞室（A 类和 C 类，见第 II-4 段和第 II-5 段）和碳钢/不锈钢贮存井（B 类和 D 类，见 II-6 和 II-7）供放射性废物的贮存和处置。

II-4. A 类处置系统，为钢筋混凝土结构（40 厘米厚的墙），用于处置固体放射性废物。有 4 个地下贮存洞室（AI—AIV），每个地下室由 70 立方米的单元格构成。在废物堆放期间，洞室上方覆盖了一个保护顶棚，然后用 2 米厚的粘土层进行临时密封和覆盖。最终的覆盖层设计还未确定。

II-5. C 类系统用于贮存经固化的有机溶剂和生物废物，但是不久前用于中子源的临时贮存。该系统共有 8 个单元格，每个 1.5 立方米，且由保护顶棚覆盖。

II-6. B 类系统用于贮存废弃密封源。该系统由 16 个直径 40 毫米的贮存井和 16 个位于整体式混凝土结构内，直径 100 毫米（6 米深）的贮存井构成。

II-7. D类系统用于贮存半衰期大于30年（镭-226和镭-241）的废弃密封源。该系统包含4个直径200毫米的贮存井和16个直径100毫米的贮存井（钢内衬，6米深）。

运行前监控和监视活动

II-8. 在1974—1976年间，在该处置设施开始运行前，就确认了该处置设施周围环境最重要的位置（即沿着水流动路线和地下水中）的参考水平（即运行前本底值）。

II-9. 取样点选择在附近的村庄，沿着两条环绕该设施所在的小山流过的小溪，位于该小山的斜坡上及该设施所在区域内。

II-10. 监控包括对不同环境样品中的铯-137的测量，及总 γ 和总 β 放射性浓度的测量。

早期运行的监控和监视活动

II-11. 在该处置设施运行的第一阶段，该监控计划在以下位置取样：

- 在10口地下水监控井（水）；
- 在沿地表水流的8个点（水和沉积物）；
- 在雨水收集器中（水和沉积物）；
- 在6个蔬菜取样点；
- 在2个气溶胶和落尘地点；
- 在2个食物样品地点（鱼和牛奶）。

II-12. 1991年，该场址从3360平方米扩展到5040平方米。相应地，实施了一个具有以下特征的扩展监控系统：

- 水文地质学（地下水）监控：建造了额外的18口井，总计28口井已用于地下水位变化的测量；
- 4个固定测量点的地表监控；
- 近地表辐射监控（处置洞周围的16口井，井深均为7米深，用以监控土壤中 γ 发射体同位素的活度）；

- 同位素水文学测量：地下水和地表水中氚、碳-14、锶-90 和化学组分；
- 沿着两条小溪的 2 个截面上的水流量测量；
- 新的雨水收集器的监控。

II-13. 利用两年（1990—1991 年）收集数据的平均值计算基本水平。

II-14. 新的结果被运用到运行监控计划中。

II-15. 在 1995 年完成了该系统的最初安全评定，并行地建立了一个气象系统，用于收集进一步的输入数据。

运行的监控和监视

II-16. 运行的放射性监控计划与运行前监控计划是大致相似的，但取样频率通常有所减少。基于监控结果的定期评审和关于取样及测量步骤的新建议，取样频率、核素测量的范围和使用的监控井会发生一些变化。

II-17. 取样操作要求测量扩展到覆盖该场址整个区域及沿着水流路线在 20 公里周界范围内。

II-18. 基于在 20 世纪 70 年代进行的地质调查和 1976—2000 年收集的监控数据，在 2000 年完成了第一次全面的安全评定。该安全评定提出了相关边坡稳定性的一些考虑，因此，监控计划中包括关于边坡侵蚀可能性的调查。

II-19. 后来，在该场址重新申请许可证期间，监管机构要求进行进一步的地质调查，这在 2006 年和 2007 年得到了实施。

II-20. 在 2000 年，在几个地下水监控井中测量到了升高的氚浓度水平。虽然这并未影响对当地人群的照射，但是为了进行详细调查，除为了运行监控而建造的井之外，对 6 口监控井实施了连续监控。识别了氚的源和主要排放途径，并进行了更深入的监控。

II-21. 在 2004 年，处理和贮存厂房整修之后安装了新的气溶胶和土壤取样点。

II-22. 在该设施正常运行期间，预计只在运行和贮存厂房中发生气态或液态放射性排放，这两种厂房均位于控制区内。产生的少量液态废物贮存在密封容器内，迄今为止这些容器没有排放。

II-23. 利用安装在通风烟囱内的取样单元，通过测量流出物实施气载排放的监控。在正常运行条件下，该排放是极少的，并且无法与本底值区分开来。由沿着主风向安装在不同位置处的监控装置对来自贮存厂房和运行厂房的排放进行监控。

II-24. 几个实验室开展了该设施的环境监控工作。最主要的基础测量是由该设施内部实验室进行。为在环境样品中测量同位素，其中有难度的特殊测量和检测是匈牙利其他实验室承担。为了使用 γ 谱仪和总 β 计数器进行测量，该设施的环境监控实验室定期采集蔬菜、动物、土壤、沉积物/淤泥、气溶胶、落下灰、地表水和地下水样品，通常样品来自 40 个不同的取样地点。

II-25. 也从另外 30 个地下水监控井取样。由外部研究机构对在该设施紧邻区域所采集的蔬菜、土壤和动物样品进行了高灵敏度测量。

II-26. 将该监控系统的数据与 1976 年和 1977 年确定的参考水平进行对比。

II-27. 每年从该设施周围环境采集约 600 个样品。近一千次的测试结果表明与天然本底值没有任何可检测到的偏离。主管当局和独立机构进行的对照试验也确认了该事实。

II-28. 从该设施周围环境收集的放射性相关的资料记录在国家数据库中。

II-29. 对监控系统的摘要信息见表 II-1。

关闭后监控计划

II-30. 目前还未确定关闭后监控的要求。最终，在对该处置场址和周围区域的物理、生物和地球化学特性进行适当考虑后，监管机构将具体说明关闭后监控要求。

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
空气	最近村庄的中心	环境	每周更换的空气过滤器 落尘取样皿	粗略的 β 计数和 γ 能谱分析	本底水平
空气	处置区域的下风区	环境/源	每周更换的空气过滤器 每周更换的落尘取样皿 每两个月吸附于硅胶的氡和吸附于氢氧化钡碳-14	粗略的 α 与 β 计数、 γ 能谱分析 氡、放射性碳和锶-90 的测量	本底水平
空气	处理和贮存厂房下风方向 100 米处	环境/源	定期送往实验室的过滤带 吸附于硅胶的氡和吸附于氢氧化钡碳-14	粗略的 α 计数 氡、放射性碳和锶-90 的测量	本底水平
空气	处理和贮存厂房的通风烟囪	源	每周更换的空气过滤器 每两个月吸附于硅胶的氡和吸附于氢氧化钡碳-14	粗略的 β 计数、 γ 能谱分析 氡、放射性碳和锶-90 的测量	排放限值

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述 (续)

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
空气	处理和处置设施的地下层和第一层	源	定期送往实验室的过滤带	持续测量 α 和 β 气溶胶放射性浓度	辐射防护限值
地表水	最近村庄中心上游的溪流 1	环境	一年两次手动取样	γ 能谱分析 粗略的 β 和氡测量	本底水平
地表水	场址上游的溪流 1	源	一年两次手动取样并抽水	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 氚、放射性碳、锶-90 以及感应耦合等离子体测量	本底水平
地表水	场址下游的溪流 1	环境	一年两次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 氡测量	本底水平
地表水	溪流 1 流经的鱼塘	环境	一年两次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述 (续)

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
地表水	最近村庄中心上游的溪流 2	环境	与溪流 1 相同	与溪流 1 相同	本地水平
地表水	场址上游的溪流 2	环境	与溪流 1 相同	与溪流 1 相同	本底水平
地表水	场址下游的溪流 2	环境	与溪流 1 相同	与溪流 1 相同	本底水平
地表水	集水河上下游	环境	一年一次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平
地表水	集水河 20 千米流径	环境	一年一次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平
雨水	90 立方米雨水收集器 (位于控制区)	水源	收集器满时手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 氚、放射性碳测量	排放限值

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述 (续)

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
雨水	60 立方米雨水收集器 (位于控制区)	源	收集器满时手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	排放限值
地下水	场址附近的边坡 (23 口监控井)	环境	一年两次手动取样	氡、碳-14, 粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 和 ICP 测量	本底水平
地下水	设施内部 (10 口监控井)	源	一年两次手动取样	氡、碳-14, 粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 和 ICP 测量	本底水平
地下水	设施上方的山脊处 (本底) (3 口监控井)	环境 (本底)	一年两次手动取样	氡、碳-14, 粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 和 ICP 测量	本底水平
地下水	在控制区内 (6 口监控井)	源	氡每月手动取样并抽水 其他核素一年两次手动取样	氡、碳-14, 粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 和 ICP 测量	本底水平
沉积物	沿泉水	环境	从水中淤泥取样, 除去底栖动植物	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 和 ICP 测量	本底水平

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述 (续)

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
土壤	场址内部 (11 处)	源	一年一次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平
土壤	场址内部 (6 处)	源	一年一次手动取样	铯-90、粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平
土壤	场址外部 (4 处)	环境	一年一次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平
植被	沿泉水	环境	一年两次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析	本底水平
植被	场址内部 (5 处)	环境	一年两次手动取样	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 测量	本底水平
动物	湖泊	环境	对本地鱼类全部取样 一年两次	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 测量	本底水平
动物	场址内部	环境	场址内的羊 一年一次	粗略的 β 计数 γ 能谱分析 铯-90 测量	本底水平

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述 (续)

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
水文地质学	26 口监控井	环境	手持设备测量 一年两次	井内水位	本底水平
水文地质学	8 口监控井	环境	安装检测器连续测量	井内水位	本底水平
水文地质学	两条溪流分别取 2 个流道截面	环境	手持设备测量 一年两次	监控场址上下游的溪流 流量	本底水平
辐射	6 处现场测量	环境	一年一次	现场 γ 能谱分析	本底水平
辐射	处置场址内的剂 量率表 (7 个)	剂源	安装检测器连续测量	连续 γ 剂量率测量	辐射防护限 值
辐射	建筑内的剂量率 表 (23 个)	剂源	安装检测器连续测量	连续 γ 剂量率测量	辐射防护限 值
气象学	邻近处置洞室	环境	自动气象站	风、气温、蒸发、降水	—
测地学	4 个固定测量点	环境	手持设备测量	监控地表运动	本底水平

表 II-1. 贮存和处置监控系统概述 (续)

取样的环境介质	监控位置	监控类型	取样方法	测量方法	比较对象
侵蚀	边坡	环境	安装检测器连续测量	监控降雨量以及受侵蚀的土壤量	—
排水	处置洞室下方	监视	手动取水样 一年两次	氡测量 γ能谱分析	—

参与起草和审订人员

Berkovskyy, V.	国际原子能机构
Bernier, F.	比利时联邦核管制局
Bruno, G.	国际原子能机构
Dupuis, C.	法国辐射防护与核安全研究所
Hart, J.	比利时联邦核管制局
Hioki, K.	日本原子能机构
Jakubick, A.	德国铀矿公司
Jova Sed, L.	国际原子能机构
Killey, R.W.D.	加拿大原子能有限公司
Kozak, M.W.	美国监控科学
Lush, D.	加拿大节能传感器公司
Mayer, S.	法国国家放射性废物管理机构
McEwen, T.T.	英国麦克尤恩咨询公司
Moeller, K.	国际原子能机构
Rendell, P.	英国核退役管理局
Rowat, J.H.	国际原子能机构
Ruhrmann, G.	德国鲁尔曼顾问公司

当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从我们的主要经销商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。

定价出版物订单

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商：

Eurospan

1 Bedford Row
London WC1R 4BU
United Kingdom

交易订单和查询：

电话：+44 (0) 1235 465576

电子信箱：trade.orders@marston.co.uk

个人订单：

电话：+44 (0) 1235 465577

电子信箱：direct.orders@marston.co.uk

网址：www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息：

电话：+44 (0) 207 240 0856

电子信箱：info@eurospan.co.uk

网址：www.eurospan.co.uk

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至：

Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100

1400 Vienna, Austria

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

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