



中华人民共和国国家标准

GB 13600—XXXX

低、中水平放射性固体废物岩洞处置 安全规定

Safety requirements for rock cavern disposal of low and medium level radioactive
solid waste

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 废物	3
6 场址选择	4
7 处置设施设计和建造	4
8 处置设施运行	6
9 处置设施关闭	7
10 处置系统监测和检查	8
11 安全评价与安全全过程系统分析	9
12 质量保证	9
13 中水平放射性固体废物岩洞处置特定要求	10
附 录 A（规范性附录）选址和评价准则及所需资料	11

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《中华人民共和国核安全法》，防治放射性废物污染，改善环境质量，制定本标准。

本标准规定了低、中水平放射性固体废物岩洞处置的总体要求，并对岩洞处置设施的选址、设计、建造、运行、关闭、监测和检查、安全全过程系统分析，以及质量保证提出了一般要求。

本标准是对《低中水平放射性固体废物的岩洞处置规定》（GB 13600-92）的修订。

本标准首次发布于1992年。本次为第一次修订。

本标准修订的主要内容：

- 标准名称改为《低、中水平放射性固体废物岩洞处置安全规定》；
- 在“3 术语和定义”中增加“监测”、“检查”、“安全全过程系统分析”等术语；
- 将“4 一般要求”改为“4 总则”，增加了岩洞处置无意闯入事故剂量要求；
- 补充完善了废物体和废物包要求，包括物理、化学性能要求、放射性核素活度浓度要求；
- 将“场址选择步骤”改为普选、初步可行性和可行性研究三个阶段；
- 将“10 处置场监督”改为“10 处置系统监测和检查”，并补充、完善了相关内容；
- 删除“11 管理”；
- 将“12 安全分析和环境影响评价”改为“11 安全评价与安全全过程系统分析”；
- 增加“中水平放射性固体废物岩洞处置特定要求”内容；
- 删除“附录A 废矿井调查内容”，增加“附录A（规范性附录）选址和评价准则及所需资料”。

自本标准实施之日起，《低中水平放射性固体废物的岩洞处置规定》（GB 13600-92）废止。

本标准的附录A为规范性附录。

本标准由生态环境部辐射源安全监管司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国核电工程有限公司、中广核工程有限公司、中国辐射防护研究院、长江勘测规划设计研究有限责任公司。

本标准生态环境部XXXX年XX月XX日批准。

本标准自XXXX年XX月XX日起实施。

本标准由生态环境部解释。

低、中水平放射性固体废物岩洞处置安全规定

1 适用范围

本标准规定了低、中水平放射性固体废物岩洞处置的总体要求，并对岩洞处置设施的选址、设计、建造、运行、关闭、监测和检查、安全评价与安全全过程系统分析，以及质量保证提出了一般要求。

本标准适用于专门为处置大量低水平放射性固体废物及不含超铀长寿命 α 核素的中水平放射性固体废物，而建造的岩洞处置设施；利用现有洞室的处置活动可参考使用，但需论证达到本标准要求的安全防护水平。处置中水平放射性固体废物，需要比低水平放射性固体废物采取更高层次的包容和隔离措施，且需满足安全评价的要求。

本标准不适用于专门为处置中等水平放射性废物而建造的中等深度处置设施。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其有效版本适用于本文件。

GB 9132-2018	低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定
GB 11806	放射性物品安全运输规程
GB 12711	低、中水平放射性固体废物包安全标准
GB 14569.1	低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体
GB 14569.3	低、中水平放射性废物固化体性能要求 沥青固化体
GB 18871	电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB 36900.1	低、中水平放射性废物高完整性容器—球墨铸铁容器
GB 36900.2	低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器
GB 36900.3	低、中水平放射性废物高完整性容器—交联高密度聚乙烯容器
EJ 914	低、中水平放射性固体废物混凝土容器
EJ 1042	低、中水平放射性固体废物包装容器—钢桶
EJ 1076	低、中水平放射性固体废物包装容器—钢箱
EJ 1186	放射性废物体和废物包的特性鉴定
HAD 401/09	放射性废物处置设施的监测和检查
NNSA-HAJ-0001-2020	放射性废物处置安全全过程系统分析
《放射性废物分类》	（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告2017第65号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

岩洞处置 rock cavern disposal

将放射性废物放置于地表以下几十米到几百米低渗透性岩土体的岩洞中，并对岩洞进行封闭的处置方式。

3.2

安全全过程系统分析 safety case

指支持和说明处置系统安全的科学、技术、行政和管理等方面论据和论证的文件集成，涵盖场址的适宜性，设施的设计、建造和运行的安全性，辐射风险评价的合理性，以及所有与处置设施安全相关工作的充分性和可靠性。

3.3

坚稳性 robustness

坚稳性包括处置系统部件的坚稳性、处置系统的坚稳性与安全评价的坚稳性。

处置系统部件的坚稳性是指在发生合理预期干扰的情况下，这些部件继续保持预期的一项或多项安全功能的特性。

处置系统的坚稳性则是指处置系统在各个部件结构、稳定性和安全特性等条件和参数变化情况下，维持其安全性能的特性。

安全评价的坚稳性是指在景象、模型和输入参数等条件合理变化的情况下，均能证明处置系统安全水平满足监管要求的特性，亦可以理解为安全评价结果对处置系统特定不确定性的受纳特性。

3.4

处置洞室 disposal cavity

指岩洞处置设施中为实现废物集中处置而建造的地下洞室。

3.5

监测 monitoring

指为了评估放射性废物处置设施系统部件性能和所处置的放射性废物对公众和环境影响，开展连续或定期测量，包括辐射参数、环境参数和工程参数等的测量。

3.6

检查 surveillance

指为了验证安全屏障的完整性对处置设施进行实物检验核查，确认设施的结构、系统和部件是否与安全评价中的描述一致。

3.7

填充 filling

指采用碎石、砂浆等材料对处置洞室中废物包之间及废物包与处置洞室之间空隙进行的填充。

3.8

关闭 closure

岩洞处置设施关闭指终止处置活动，对处置设施进行的封闭和退役，关闭作业一般包括处置洞室的封闭、剩余空间的封闭、辅助设施的退役等。

3.9

有组织控制 institutional control

由政府部门或其指定的单位对废物处置场址进行的控制。这种控制包括主动的（监测、检查和设施维护）或被动的（限制土地使用）控制。

4 总则

4.1 废物处置的基本安全要求

4.1.1 处置系统应具备包容放射性、隔离放射性废物和限制放射性核素向生物圈释放的固有安全特性（对低水平放射性固体废物的包容、隔离一般为300至500年）。

4.1.2 在选址、设计、建造、运行和关闭过程中，应采取有效措施确保处置系统及其安全评价的坚稳性。

4.1.3 应通过工程屏障和天然屏障组成的多重屏障系统有效防御放射性危害,保护人类和环境免于电离辐射的有害影响。

4.1.4 应通过多重屏障的安全功能为整个处置系统提供整体安全,其整体安全不得过分依赖某个单一屏障的安全功能。处置设施的多重屏障设计应依废物分类特性分区设置。处置设施与安全有关系统及组件的设计,应符合如下规定:可进行检查、维护与测试,防范可预期的自然灾害和外部人为事件,考虑应急要求和冗余设计。

4.1.5 在设计、建造、运行和关闭过程中,应尽可能采取被动安全措施确保处置系统的长期安全,并将关闭后需要持续进行主动维护的必要性减至最少。关闭后应对处置系统的被动安全措施进行监测和检查。

4.1.6 应采用循序渐进的方式开展选址、设计、建造、运行和关闭活动,并通过处置系统的迭代设计和安全全过程系统分析,为选址、建造、运行和关闭的每一步骤提供支持。

4.2 废物处置的辐射防护要求

4.2.1 处置设施在正常运行工况和事故工况下对工作人员和公众所造成的辐射照射应符合GB 18871的要求,并在考虑了技术、经济和社会因素之后应保持在可合理达到的尽量低水平。

4.2.2 通过各种途径向环境释放的放射性核素对公众中代表性个人造成的年有效剂量不得超过0.25mSv。

4.2.3 在处置系统的有组织控制解除后的任何时间内,对无意闯入处置设施或接触废物的个人提供保护,无意闯入者持续受照的年有效剂量不超过1mSv,单次急性受照的有效剂量不超过5mSv。

5 废物

5.1 废物体特性要求

5.1.1 岩洞处置的放射性固体废物活度浓度应符合《放射性废物分类》中放射性废物类别和限值规定。

5.1.2 废物体应具有足够的物理、化学、生物、热和辐照稳定性。

5.1.3 废物体内游离液体的体积应小于固体废物体积的1%。

5.1.4 废物体内不应含有以下物质:

- a) 易爆或在常温常压下易于发生剧烈反应,或者与水或空气接触能发生剧烈反应的物质;
- b) 自燃、易燃物质;
- c) 强腐蚀性物质;
- d) 未经处理的动物尸体和含病原体物质;
- e) 非放射性剧毒物质;
- f) 含有或可能产生对运输、装卸或处置工作人员带来有害影响的有毒气体、蒸汽或烟雾。

5.1.5 水泥固化体和沥青固化体的性能应分别满足GB 14569.1、GB 14569.3的要求。固定废物体的性能应符合EJ 1186的相关要求。

5.2 废物包特性要求

5.2.1 废物包装容器应符合GB 11806、GB 12711的规定;并根据包装容器的种类,相应满足GB 36900.1、GB 36900.2、GB 36900.3、EJ 914、EJ 1042、EJ 1076、EJ 1186的规定。废物包装容器应满足装卸和处置的要求。

5.2.2 废物包应具有机械稳定性,不会发生结构上的破坏。盛装的废物应密实和充满容器,并且不会因废物包塌陷、坍塌而影响处置设施的总体稳定性。废物包的机械稳定性可通过将废物包整备成稳定的形式或将废物装入高完整性容器等来实现。

5.2.3 标志和编号

- a) 每一个废物包都应有唯一的编号,便于处置废物和追溯相关的废物信息;

b) 废物包上的标志和编号的位置应便于观察。

5.3 废物接收准则

处置设施营运单位应根据5.1、5.2的要求、处置设施的环境特性和采取的工程措施，经过安全评价给出废物接收准则。废物接收准则至少应涵盖的内容见GB 9132-2018中5.3条的相关要求。

6 场址选择

6.1 一般要求

6.1.1 场址选择过程分为普选、初步可行性和可行性研究三个阶段。

6.1.2 通过对候选场址的筛选来确定合适的场址，也可以通过对某一指定的场址进行评价来确定，选址和评价准则及所需资料见附录A。

6.1.3 选址应符合国家相关政策和法规要求，综合考虑安全、技术、社会、经济和环境等因素。

6.1.4 选址应综合考虑废物特性和数量、场址天然屏障和工程屏障设计、施工和废物运输等因素。

6.2 场址选择阶段

6.2.1 普选阶段

a) 收集拟处置废物的类型和数量、适用法规标准、地质条件和社会经济等资料，并建立选址大纲；

b) 通过已有图件和资料，分析可能含有合适场址的地区，筛选出供进一步评价的可能场址；

c) 收集可能场址的地震地质、工程地质、水文地质、水文气象、环境和社会经济等资料，并进行现场踏勘，必要时可开展少量勘探工作；

d) 按照选址和评价准则，对可能场址进行初步的分析评估，确定候选场址。

6.2.2 初步可行性研究阶段

a) 对候选场址进行研究，初步给出候选场址的主要评价参数和主要场址特性；

b) 进行地震地质、工程地质、水文地质、水文气象和地球化学研究，包括进行现场地质调查、钻探、物探、采样以及现场试验和室内实验研究，对候选场址的容量和扩展前景作出评估；

c) 进行一般的生态学和社会学调查，包括：人口分布、动物、植物及濒危物种等；风景名胜、自然保护区、历史文物古迹等；土地利用管控要求及规划应用情况等；

d) 综合考虑安全、环境、经济、技术、社会等因素和处置设施的概念设计，对各候选场址进行对比评价，推荐优选候选场址。

6.2.3 可行性研究阶段

a) 在场址初步可行性研究阶段工作的基础上，对推荐的场址开展可行性研究，并开展有关的核素迁移试验及详细的生态学和社会学调查；

b) 根据所取得的资料，对推荐场址进行详细的研究，并为处置设施设计提供场址特征和基本特性参数。

7 处置设施设计和建造

7.1 一般要求

7.1.1 处置设施的总体设计应满足本标准第4章要求。

7.1.2 处置设施一般由接收区、处置区、其它辅助设施等组成，设计中应考虑放射性操作区与非放射性操作区的划分与控制，废物运输通道中人流和物流的合理组织以及地下建构筑物通风和排水系统的布置。

- 7.1.3 处置设施的处置容量应根据具体场址特性,通过安全全过程系统分析确定废物包的体积和总活度。
- 7.1.4 处置设施的布置应综合考虑处置容量、地形地质条件、废物运输条件、处置流程、施工条件、辐射防护要求、关闭等主要因素,进行安全可行的布局。
- 7.1.5 应充分考虑天然屏障并设置工程屏障来保证和提高处置设施的包容和隔离能力。
- 7.1.6 处置设施的辐射防护设计,应根据处置流程、辐射防护实践、预估的辐射照射情况和污染可能性,开展辐射防护最优化设计。
- 7.1.7 处置设施应根据辐射防护要求设置控制区出入监测、个人剂量监测设备和区域监测措施,对工作人员受到的辐射剂量和区域辐射水平进行监测。

7.2 接收区的设计

7.2.1 接收区可根据处置设施实际情况设置:

- a) 废物包表面剂量率、表面污染、核素活度、外观质量以及运输车辆和运输容器的检查装置;
- b) 废物包的装卸设备;
- c) 运输车辆出入辐射监测报警设备;
- d) 运行产生二次废物及处置时意外破损废物包的处理手段;
- e) 运输车辆的去污手段。

7.2.2 接收区可设有废物包暂存设施,设施的设计应与各种废物包、运输容器和运输车辆相适应。

7.3 处置区的设计

7.3.1 处置区设置独立通往地表的安全出口数量应不少于2个,地质条件复杂或地面安全出口的通道较长,不能快速疏散的区域,应在非放射性操作区适当位置设置应急避难场所和/或设施。

7.3.2 地表设置的处置区入口防洪标准一般视入口与处置洞室底板高程相对高差确定:

- a) 入口高程低于处置洞室底板高程时,处置洞室底板的地坪高程不应低于200年一遇洪水水位;
- b) 入口高程高于处置洞室底板高程时,入口路面高程不应低于200年一遇洪水水位。

7.3.3 处置区人员材料和废物宜设置分开的进出通道,当不适合设置分离式通道时,应采取人员材料和废物进出分流管控措施。

7.3.4 处置区应结合场址条件布置在场址区内岩体质量良好的部位,充分发挥天然屏障对废物的包容和隔离能力。

7.3.5 处置区内处置洞室的布置,应根据工程类比分析、围岩稳定分析和安全要求等确定处置洞室的纵轴线方位、洞室形态、洞室间距、上覆岩体厚度和谷坡侧岩体厚度。

7.3.6 处置区工程屏障材料的选择应充分考虑耐久性、兼容性和核素阻滞特性等方面的要求。

7.3.7 处置区内设置的混凝土结构应按乙类建构筑物进行抗震设防,并按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施。

7.3.8 对于接收表面剂量率高的废物包的处置区,应设置远距离或遥控转运及码放废物包的设备。

7.4 辅助设施的设计

7.4.1 处置设施可根据具体场址情况设置其它辅助设施和系统,如控制区出入、设备及仪表维修、设备及工具去污、去污废物包处理等设施,去污废水集中收集、监测、处理和排放系统,防排水、通排风、消防、照明系统,同时应设有安全保卫系统、行政管理系统等。

7.4.2 处置设施应设置可靠的系统防排水措施,对岩洞内裂隙发育段采用可靠的防渗固结灌浆措施,灌浆标准应根据处置安全要求确定。

7.4.3 处置设施应根据处置洞室与地表入口的相对高差、地质条件、地下水发育及补给情况,合理设置防止地下水上升并浸入处置洞室的工程措施。应设置专门管道收集处置洞室内的水体,管道应设置检修和取样设施,对水体进行收集、取样分析及处理达标后有序排放。

7.4.4 处置设施的通风系统应尽量利用已有的洞室作为风道，当仍不能满足通风要求时，可另设风道。通风设计应满足如下规定：

- a) 通风设计应分别针对正常工况和泄露、火灾等事故工况进行设计；
- b) 风道应保证地下洞室内气流有固定的流向：即由潜在低污染区流向潜在高污染区。风道应包含正常运行的机械排风通道与事故状态下的净化过滤机械排风通道；
- c) 处置区的入口同时作为进风口时，应设置在空气清洁的地点，朝向宜布置当地常年最大风频方向；
- d) 排风口的设计宜避开当地常年最大风频方向，且排风口应满足污染物高空排放的要求。

7.4.5 处置设施的消防设计应根据处置区的布置综合考虑划分防火分区。火灾报警系统设计宜考虑在处置洞室、施工洞室、设备洞室等划为独立的探测分区，在分区内设置不同功能的火灾探测设备。

7.4.4 处置设施内照明应采用手动控制和自动控制相结合的控制方式，地下洞室沿途应设置照明配电箱。

7.4.5 处置设施内照明应根据洞室长度等条件划分不同照明段。辐射环境下的灯具应具有耐辐照特性。

7.5 处置设施的建造

7.5.1 处置洞室可根据需要分期建造，分期建设规划应系统考虑分期建设对废物处置作业带来的安全影响，辅助设施可以一次性建成。

7.5.2 当处置设施的扩建和处置作业同时进行，应进行危险要素识别，并考虑辐射防护、地下洞室围岩稳定性等要求，对人流、物流进行合理组织，避免互相干扰，并采取优化的辐射防护方案。

7.5.3 处置设施的建造应尽可能减少对天然屏障的扰动，并根据开挖揭示的地质条件进行动态设计。

7.5.4 施工期间应根据处置设施的地质条件、结构特点和运行要求等进行监测，监测项目包括围岩变形、地下水渗流、支护结构应力应变监测等，以动态调整地下洞室的支护设计并评估地下洞室在施工期间的稳定性。

7.5.5 处置设施的建造应建立健全质量、环境、职业健康安全管理体系，对建设过程中安全管理、安全技术、安全作业进行管理和控制，满足地下工程安全建设的要求。

8 处置设施运行

8.1 一般要求

8.1.1 处置设施运行包括废物包的接收、废物包的码放、处置洞室的填充等。

8.1.2 处置设施运行应遵循运行许可证的规定和相关监管的要求。

8.1.3 处置设施营运单位应制定废物包接收准则，保证废物包能实现其预期的安全功能，并确保不会对处置设施运行、关闭和关闭后安全造成无法接受的不利影响。

8.1.4 处置设施运行应参考建筑和矿山井巷工程、水利水电工程等相关的安全要求。

8.1.5 应采取措施限制无关人员进入处置设施，只允许获得授权的人员进入处置操作区。

8.1.6 处置设施运行过程中的每一步骤均应形成符合要求和可追溯的记录文件，并应长期妥善保存。

8.1.7 处置设施扩建和运行同时进行，应确保相关建造活动不影响处置库的运行安全，并应补充安全评价。

8.1.8 处置设施运行前，应开展设施和设备试运行工作，验证工程设计、安全相关设备以及运行程序满足规定的性能要求。

8.2 废物包的接收

8.2.1 处置设施应遵守废物包接收的程序，对接收的废物包进行核查，确认废物包：

- a) 是否符合第5章的要求；

- b) 运输过程中有无损坏；
- c) 是否与废物包档案相符。

8.2.2 处置设施营运单位可对废物产生单位的废物处理、整备工艺实施质量监查，必要时还可对接收的废物包进行抽样检测，保证送到处置设施的废物包符合第5章的要求。对检查不合格的废物不予处置。

8.2.3 应对废物包外表面的辐射剂量率和放射性表面污染水平进行检测，保证废物包外表面任一点的辐射水平满足监管部门批准的限值，废物包外表面的放射性污染水平应低于表1所列限值。

表1 废物包外表面的放射性污染水平限值

核素发射体类型	废物包外表面的放射性污染水平限值，Bq/cm ²
β、γ发射体、低毒性α发射体	4
其它α发射体	0.4

8.3 废物包的码放

8.3.1 废物包在处置洞室内的码放方案应根据岩洞结构、废物的类型和尺寸、表面剂量率等实现废物包放置的最优化，以便充分利用处置空间和/或减少废物包的辐射影响。

8.3.2 为满足废物包的辐射防护要求和处置操作要求，处置设施可采用远距离识别和遥控操作设备。

8.4 处置洞室的填充

处置洞室填充前应对处置洞室和废物包的状态进行检查，满足条件后进行填充。

8.5 异常情况

8.5.1 处置设施营运单位应制定应急方案，采取应急措施和补救手段来处理非正常情况，如废物包不合格或破裂、废物散落、岩石塌方、地下水突水（节理裂隙水异常发育），以及发现放射性物质非正常的释放等，防止放射性污染的扩散。

8.5.2 一旦发生可能引起放射性污染的事故，应尽快确定放射性污染的地点、核素、水平、范围及其发生原因，并确定应采取的应急措施。

9 处置设施关闭

9.1 一般要求

9.1.1 处置设施关闭包括处置洞室封闭、剩余空间封闭、辅助设施的退役和所有必要的环境恢复等。

9.1.2 处置设施关闭应遵循关闭许可文件的规定和相关监管的要求。

9.1.3 处置设施关闭前的各项记录文件完备，并已妥善保存。

9.1.4 应对有组织控制无关的地表设施进行去污和（或）拆除，并进行必要的环境恢复。

9.1.5 应在处置设施附近的适当位置设立永久性标志，标明废物埋藏的位置和有关注意事项。

9.1.6 处置设施关闭过程中的每一步骤均应形成符合要求和可追溯的记录文件，并应长期妥善保存。

9.2 关闭类型

9.2.1 正常关闭

a) 设计预见的关闭：处置设施的处置容量已达到运行许可证规定的限值；

b) 设计允许的关闭：有证据表明，废物产生量少于原设计处置量，在较长时间内将没有废物可处置或已有更经济、更安全方便的处置方法；

c) 推迟关闭：原设计在运行期间经成功地修改，可增加废物处置量并得到监管机构的许可。

9.2.2 非正常关闭

当发现处置设施选址或设计有不可改正的严重错误,或发生严重事故,或发生不可预见的自然灾害,使得处置设施不再适合处置放射性废物时,处置设施应实行非正常关闭。实施非正常关闭应得到监管机构的批准。

9.3 关闭的主要步骤

9.3.1 处置洞室封闭

废物处置后应封闭处置洞室的剩余空间,以减少或延缓地下水侵入,阻滞放射性核素的迁移,并防止岩洞的坍塌。

9.3.2 剩余空间封闭

处置设施关闭期间的监测和检查结果表明,没有不可接受的放射性核素进入人类环境,即可封闭其它剩余空间;如果发现不可接受的放射性核素进入人类环境,则应查明原因,并采取工程补救措施,阻止放射性核素进入人类环境,在证明补救措施实际有效后再进行上述封闭工作。

9.3.3 辅助设施的退役

处置设施封闭活动结束后应对沾污的设施和设备进行去污,对长期不用的辅助设施进行退役和拆除。

10 处置系统监测和检查

10.1 一般要求

10.1.1 处置系统监测和检查应根据HAD 401/09制定处置系统各阶段的监测和检查计划。

10.1.2 处置系统监测和检查应证明处置系统是否符合监管要求和许可证条件。

10.1.3 处置系统监测和检查应验证处置系统安全评价所使用的主要假设和模型是否符合实际情况。

10.1.4 处置系统监测和检查应验证处置系统的运行状态是否与安全评价中的描述相一致。

10.1.5 处置系统监测和检查应为处置系统、场址和周围环境的数据库提供信息。

10.1.6 处置系统监测和检查应为工程屏障和天然屏障的维护和补救提供信息。

10.1.7 处置系统监测和检查应为公众提供信息。

10.2 运行前阶段的监测和检查

10.2.1 运行前阶段的监测主要包括地质、水文地质、地球化学、生态、气象等基本资料的监测,以及地下洞室开挖时地下水流场和围岩应力场变化等内容的监测,以收集场址特性的背景资料,并获得辐射环境本底水平。

10.2.2 运行前阶段的检查主要包括与处置系统性能和安全屏障完整性相关的设施和设备等检查。

10.3 运行阶段的监测和检查

10.3.1 运行阶段的监测主要包括操作区辐射剂量率、操作人员受照剂量、场区污染水平、放射性流出物、周围辐射环境水平及其变化趋势的监测,以及地下洞室开挖后地下水和围岩应力变化等的监测。运行阶段监测包括关闭监测。

10.3.2 运行阶段的检查主要包括围岩稳定性、给排水系统、采暖系统、通风系统等检查,以及处置设备和辅助系统的检查。正在进行处置作业且受条件限制不能接近的区域,可通过自动化和远程方法进行检查。

10.4 关闭后阶段的监测和检查

10.4.1 关闭后阶段应继续对辐射环境和处置设施的部分功能进行监测和检查。监测和检查的类型和频次应根据场址特征、核素迁移模型和景象分析等综合确定。

10.4.2 关闭后阶段的监测主要包括放射性流出物的监测和周围辐射环境水平的监测。

10.4.3 关闭后阶段的检查主要包括检查已封闭入口设施和永久性标牌的完好性、防止人类的无意挖掘、打井和其它破坏性活动等。

11 安全评价与安全全过程系统分析

11.1 一般要求

11.1.1 岩洞处置安全全过程系统分析，是处置设施选址、建造、运行、关闭和关闭后监测和检查整个过程中，每一阶段依法依规开展相关安全与环境分析论证产生的技术文件的集成。应根据处置系统外部环境、安全管理要求、科学技术条件以及人类认知水平的变化和发展，更新相关论据和论证。

11.1.2 安全全过程系统分析应包括对所有安全问题的分析评价，以证明处置系统的坚稳性、对人类和环境的辐射防护水平符合相关法规标准的要求，且辐射防护已达到最优化水平，重点关注关闭后的长期安全。处置系统各阶段安全全过程系统分析的内容应符合NNSA-HAJ-0001-2020的要求。

11.1.3 安全全过程系统分析的各类文件编制应符合相关法规标准的要求，并具有可追溯性。

11.2 关闭后的长期安全

11.2.1 应根据场址、设施和所处置废物的特性，确定关闭后的长期安全评价的时间范围，且应覆盖最大/峰值剂量或危险出现的时间。

11.2.2 关闭后的长期安全评价应包括：

- a) 处置系统及处置系统演变的描述；
- b) 评价景象的开发；
- c) 处置系统性能的评价；
- d) 处置设施满足设计要求的验证；
- e) 处置设施关闭后对人和环境的辐射影响评价；
- f) 人类无意闯入活动的评价；
- g) 不确定因素的分析；
- h) 质量保证的描述。

12 质量保证

12.1 一般要求

12.1.1 负责处置设施选址、设计、建造、运行和关闭的单位应按本标准和国家有关法规标准制订质量保证大纲，并组织实施，该大纲应对处置设施各个阶段（选址、设计、建造、运行、关闭和关闭后有组织控制）的质量保证作出规定，保证处置设施所有与安全有关的活动符合相关法规标准的要求。

12.1.2 质量保证大纲应考虑每个要素对处置设施安全性的潜在影响，应根据运行阶段和关闭后阶段的安全评价结果来确定对安全操作、处置重要的活动、构筑物、系统和设备的要求。质量保证大纲中还应对相关技术文件的更新和有效性作出规定。

12.1.3 处置设施营运单位应制定和实施质量保证总大纲，各分包商应根据总大纲制定和实施相应的分大纲，营运单位对总大纲的有效性负责。

12.2 选址

选址阶段的质量保证大纲应在选址初期制定，大纲应对选址有关的所有文件、证明资料的产生和保存作出规定。

12.3 设计、建造和运行

在处置设施的设计、建造和运行期间，应注意对关键工程屏障、废物特性和操作的控制，保证不会对处置设施的安全性能带来不利影响。当重要参数（例如场址特性参数）发生变化时，应及时更新安全评价。

12.4 关闭和关闭后控制

12.4.1 应制定处置设施关闭和关闭后有组织控制期的质量保证大纲。应特别规定收集和保存对处置设施长期安全性重要的所有资料。

12.4.2 应保存处置设施选址到关闭后的有组织控制期各阶段的资料，包括场址特性资料、工程设计图纸和说明书、建造过程记录、设计修改、废物资料、运行程序和记录、安全分析和环境影响报告书、环境监测结果和处置设施关闭程序等。

13 中水平放射性固体废物岩洞处置特定要求

13.0.1 中水平放射性固体废物应经过安全全过程系统分析，在满足处置安全要求后方可接收、处置。

13.0.2 对中水平放射性固体废物的包容、隔离至少为1000年，且应根据情况选择包容能力更强的处置容器形式，应考虑增加阻滞核素迁移的工程措施（如增加可吸附核素的粘土介质）的适用性。

13.0.3 中水平放射性固体废物应与低水平放射性固体废物分区处置，且应处置于地表50米以下低渗透性岩土体的岩洞中。

13.0.4 接收中水平放射性固体废物包的处置洞室，应设置远程码放废物包的设备，以满足运行阶段的辐射防护安全要求。

13.0.5 处置设施运行期间，应加强对中水平放射性固体废物包的质量控制措施，如增加监测频次、加强废物包信息的核实认定工作。

附 录 A
(规范性附录)
选址和评价准则及所需资料

A.1 地震地质

A.1.1 准则

- a) 地质环境稳定，断层、褶皱、地震或火山活动等不会危害处置系统的隔离性能；
- b) 应优先考虑设计基本地震加速度 \leq Ⅶ度的地区，避开设计基本地震加速度 \geq Ⅸ度的地区。

A.1.2 评价所需的资料

- a) 历史上发生的震级和烈度较大的地震；
- b) 活动断层、构造活动或岩浆侵入活动的近代和历史证据；
- c) 场区断层位置、长度和延伸，以及最新活动有关证据。

A.2 工程地质

A.2.1 准则

- a) 应避免难以治理的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害和不良地质作用的区域；
- b) 地形地貌条件和地下岩体特征应满足进行地面设施和地下岩洞建造的要求；
- c) 优先考虑岩性均一、构造欠发育的场址；
- d) 围岩有足够的厚度或体积，提供建造足够容纳废物处置量的地下岩洞，并能有效地阻滞放射性核素的迁移，防止其以不可接受的水平向环境释放；
- e) 围岩的力学性质能确保地下岩洞处置设施的安全建设、运行和关闭，并能确保处置设施周围地质屏障的长期稳定。

A.2.2 所需资料

- a) 地形地貌特征；
- b) 岩性分布和矿物学特征；
- c) 断层、节理、层理等地质构造特性；
- d) 地质灾害和不良地质作用；
- e) 岩土体的物理力学指标；
- f) 岩洞开挖工作中可能的不利条件（如高地温、有毒有害气体、天然放射性和高地应力）资料。

A.3 水文地质

A.3.1 准则

- a) 应避免岩溶发育区和能为地下水提供快速通道的规模较大的断层、节理等构造破碎带；
- b) 场址的水文地质特征（包括孔隙度、裂隙率、渗透性、地下水化学组成、酸碱度、氧化还原性、补给和排泄、地下水动力学特征等）应有利于阻滞放射性核素迁移释放；
- c) 场址应具备地下水含水量小、渗透系数低、径流途径长、水力梯度低等水文地质特征；
- d) 场址的水文地质隔离性能不应因地下洞室的开挖而受到破坏。

A.3.2 所需的资料

- a) 主要水文地质单元位置、规模、范围和相互关系；
- b) 主要水文地质单元水文地质特征（包括含水层和隔水层位置、范围和含水量、补给与排泄特征）；
- c) 围岩水文地质特性（包括孔隙度、裂隙率、渗透系数、导水系数和水力梯度）；
- d) 含水层地下水流场特征；
- e) 地下水位及其动态变化特征。

A.4 地球化学

A.4.1 准则

- a) 场址地质环境和水文地质环境的地球化学特性应有利于限制放射性核素从处置设施向环境的释放，且不应明显地降低工程屏障的寿命；
- b) 应优先考虑具有阻滞长寿命放射性核素迁移能力的地球化学环境的场址；
- c) 应优先选择岩石裂隙表面和基质中的矿物对放射性核素具有较好阻滞作用的围岩。应评价放射性核素在围岩及其裂隙中的迁移速度、迁移量及放射性核素的滞留或阻滞过程，包括弥散、扩散、吸附等能力。

A. 4.2 所需资料

- a) 围岩岩石类型、化学成分、矿物成分；
- b) 矿物和岩石对放射性核素的吸附能力；
- c) 地下水的化学组成、Eh、pH、TDS；
- d) 围岩的孔隙结构与矿物表面特性；
- e) 地下水对废物体的浸出能力和对工程屏障的侵蚀性。

A. 5 人类活动和其它自然特性

A. 5.1 准则

- a) 应避免或充分考虑场址或场址附近已经存在或可能存在的影响岩洞处置系统隔离能力的活动和自然特性，预期引起不可接受后果的可能性应降至最小；
- b) 应避免可能受洪水危害或局部受大雨造成水灾的地区；
- c) 应考虑和评价场址附近大型水库、水坝和操作危险物质的工厂对岩洞处置系统安全的长期影响；
- d) 应考虑和评价场址附近现有钻孔和洞穴与处置洞室实际存在或可能存在的水力联系。

A. 5.2 所需资料

- a) 场址附近已经存在的钻孔、矿井和洞穴等，和操作危险物质工厂资料；
- b) 场址附近现在或计划的地表水体的位置、水量、流速、流向和利用情况，以及可能影响处置设施的大型水库、水坝的资料；
- c) 极端气象及当地气象、洪水及其影响资料；
- d) 辐射环境本底。

A. 6 土地利用和资源

A. 6.1 准则

- a) 应确保处置设施的选址、设计、建造、运行、关闭活动不会给周围环境和自然资源带来不可接受的近期和长期影响；
- b) 场址的选择应充分考虑土地的使用和该区域未来的长期规划和发展；
- c) 应避免自然保护区、水源地、森林和地质公园等各类保护区域。

A. 6.2 所需资料

- a) 土地资源、用途和管辖权；
- b) 土地使用规划；
- c) 矿产资源的种类、数量、品位、埋藏条件；
- d) 地下水和地表水资源和管理；
- e) 野生动植物资源；
- f) 其它具有显著公共价值的资源。

A. 7 社会经济

A. 7.1 准则

- a) 选址应优先考虑由于处置设施的建设利于当地社会经济发展的地区；
- b) 应避免人口稠密的地区；
- c) 应避免难以获得水电供应、交通不便、筑路困难的地区。

A. 7.2 所需资料

- a) 人口密度、分布、人员构成和发展趋势；
 - b) 区域经济发展规划；
 - c) 废物运输通道、水电来源；
 - d) 公众态度。
-