



# 中华人民共和国国家标准

GB 13600—2024

代替 GB 13600—92

## 放射性固体废物岩洞处置安全规定

Safety requirements for rock cavern disposal of radioactive solid waste

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2024-12-01 发布

2025-01-01 实施

生态环境部  
国家市场监督管理总局 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 总体要求	3
5 废物	3
6 场址选择与评价	4
7 处置设施设计和建造	5
8 处置设施运行	7
9 处置设施关闭和关闭后监护	8
10 处置系统监测和检查	9
11 安全评价与安全全过程系统分析	9
12 质量保证	10
13 中水平放射性固体废物岩洞处置特定要求	11
附录 A (规范性附录) 选址和评价准则及所需资料	12

## 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。

本标准规定了低水平放射性固体废物岩洞处置设施的选址、设计、建造、运行、关闭、监护，以及监测和检查、安全评价与安全全过程系统分析、质量保证的一般要求。本标准还规定了在低水平放射性固体废物岩洞处置设施中处置少量中水平放射性固体废物的特定要求。

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《放射性固体废物岩洞处置安全规定》；
- 在“3 术语和定义”中增加了“安全全过程系统分析”、“监测”等术语；
- 将“4 一般要求”改为“4 总体要求”，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“场址选择过程”改为普选、初步可行性研究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；
- 删除了“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”；
- 增加了“13 中水平放射性固体废物岩洞处置特定要求”；
- 删除了“附录 A 废矿井调查内容”，增加了“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 2024 年 12 月 1 日批准。

本标准自 2025 年 1 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 放射性固体废物岩洞处置安全规定

## 1 适用范围

本标准规定了低水平放射性固体废物岩洞处置设施的选址、设计、建造、运行、关闭、监护,以及监测和检查、安全评价与安全全过程系统分析、质量保证的一般要求。

本标准还规定了在低水平放射性固体废物岩洞处置设施中处置少量中水平放射性固体废物的特定要求。

本标准适用于专门为处置放射性固体废物而建造的岩洞处置设施,利用现有人工洞室的处置活动可参考使用。

本标准不适用于铀(钍)矿开发利用过程中产生的放射性废物,以及其他人类活动产生的天然放射性废物的处置。

## 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标准必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本标准;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本标准。

- 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 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
  - GB 41930 低水平放射性废物包特性鉴定—水泥固化体
  - GB 50016 建筑设计防火规范
  - GB 50223 建筑工程抗震设防分类标准
  - 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容器 钢桶
  - EJ 1076 低、中水平放射性固体废物容器 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
- 《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 年第 65 号)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

**低水平放射性固体废物 low level radioactive solid waste**

废物中的短寿命放射性核素活度浓度较高,长寿命放射性核素含量有限,需要长达几百年时间的有效包容和隔离的放射性固体废物。

3.2

**中水平放射性固体废物 intermediate level radioactive solid waste**

废物中含有相当数量的长寿命核素,特别是发射 $\alpha$ 粒子的放射性核素,不能依靠监护措施确保废物的处置安全,处置深度通常为地下几十米到几百米的放射性固体废物。

3.3

**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深的岩洞中,并对岩洞进行安全封闭的处置。

3.4

**处置系统 disposal system**

包括生物圈、处置设施的天然屏障、处置设施的工程屏障和废物包等在内的整个处置环境。

3.5

**安全全过程系统分析 safety case**

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,内容涵盖场址的适宜性,处置设施的设计、建造和运行的安全性,辐射风险评价的合理性,以及所有与处置系统安全相关工作的充分性和可靠性。

3.6

**坚稳性 robustness**

在发生一定干扰的情况下,其关键性能依然满足安全要求的特性。

注:坚稳性包括处置系统部件的坚稳性、处置系统的坚稳性和安全评价的坚稳性。

——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。

——处置系统的坚稳性是指处置系统在各个部件结构的稳定性、安全特性等条件和参数变化的情况下,维持其安全性能的特性。

——安全评价的坚稳性是指在评价景象、评价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。

3.7

**处置洞室 disposal cavity**

岩洞处置设施中集中码放、处置放射性固体废物的洞室。

3.8

**监测 monitoring**

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。

3.9

**填充 filling**

采用天然材料、人工材料等对处置洞室中废物包之间、废物包与处置洞室之间的空隙进行充填。

3.10

**关闭 closure**

终止处置活动,对处置设施进行的封闭。

注1:关闭作业一般包括处置洞室的封闭、剩余空间的封闭、辅助设施的拆除和场址恢复等。



注2: 关闭分为达到设计预见或允许的正常关闭,以及处置设施选址设计存在严重错误、发生严重事故或发生不可预见自然灾害等情况下的非正常关闭。

### 3.11

#### 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、检查和维护)或被动的(限制土地使用)控制。

## 4 总体要求

### 4.1 基本安全要求

4.1.1 处置系统应具备包容、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、隔离时间一般为300年至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部件、处置系统和安全评价的坚稳性。

4.1.3 应通过天然屏障和工程屏障组成的多重屏障系统为整个处置系统提供整体安全,有效防御放射性危害。

4.1.4 处置设施多重屏障的设计应根据废物特性开展。处置设施与安全有关的系统和部件的设计,应符合如下规定:可进行检查、维护和测试,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。

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评价,为选址、设计、建造、运行和关闭的每一步骤提供支持。

4.1.7 应对处置设施选址、设计、建造、运行、关闭和关闭后的信息进行记录和管理,并开展妥善的文档保存工作。

### 4.2 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,并应综合考虑技术、经济和社会等因素,使其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关键人群组的成员造成的年有效剂量不得超过0.25 mSv。

4.2.3 在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得超过1 mSv,单次急性受照的有效剂量不得超过5 mSv。

## 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中核素的活度浓度应符合《放射性废物分类》中低、中水平放射性废物限值规定。

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：

- 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；
- 自燃、易燃物质；
- 强腐蚀性物质；
- 未经处理的动物尸体和含病原体物质；
- 非放射性剧毒物质；
- 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 水泥固化体的性能应满足 GB 14569.1、GB 41930 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 12711 的规定,直接用于运输的废物包装容器应同时符合 GB 11806 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 和 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,不应发生结构上的破坏。盛装的废物应尽量密实和充满容器,填充率应满足处置设施接收要求,并且不会因废物包失稳而影响处置设施的总体稳定性。废物包的机械稳定性应通过将废物整备成稳定的形式或增加外包装容器来实现。

5.2.3 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。

5.2.4 废物包上编号和标志的位置应便于观察和信息采集系统识别。

### 5.3 废物接收准则

废物处置单位应根据 5.1 和 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。废物接收准则应涵盖 GB 9132—2018 中 5.3 的相关要求。

## 6 场址选择与评价

### 6.1 一般要求

6.1.1 场址选择过程可分为普选、初步可行性研究和可行性研究三个阶段。通过各阶段的选址和评价,选择合适的放射性固体废物岩洞处置场址。

6.1.2 优先候选场址一般通过对两个以上候选场址的筛选或通过对某一指定场址进行评价来确定。

6.1.3 选址应符合国家相关政策和法规标准要求,综合考虑安全、技术、社会、经济 and 环境影响等因素。选址和评价准则及所需资料应符合附录 A 的规定。

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

### 6.2 普选阶段

6.2.1 收集拟处置废物的特性和数量、适用法规标准、地质条件和社会经济等资料,在这些资料的基础上开展处置设施的概念设计。

6.2.2 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。

6.2.3 收集可能场址的地震地质、工程地质、水文地质、气象条件、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。

6.2.4 根据选址和评价准则,对可能场址进行初步的分析评估,确定候选场址。

### 6.3 初步可行性研究阶段

6.3.1 对候选场址进行研究,给出候选场址的主要评价参数,初步评价候选场址特性。

6.3.2 进行地震地质、工程地质、水文地质、气象条件和地球化学研究,包括进行地质调查、钻探、物探、采样,以及原位测试和室内试验,对候选场址的容量和扩展前景作出评估。

6.3.3 进行一般的生态学和社会学调查,包括:人口分布、动物和植物等;自然保护区、历史文物古迹等;国土空间规划和用途管制要求等。

6.3.4 综合考虑安全、技术、社会、经济、环境影响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,推荐优先候选场址。

### 6.4 可行性研究阶段

6.4.1 在场址初步可行性研究阶段工作的基础上,对优先候选场址开展可行性研究,并开展代表性核素迁移试验及详细的生态学和社会学调查。

6.4.2 根据所取得的资料,对优先候选场址进行详细的研究,查明处置设施场址特性,并为处置设施设计提供基本特性参数。

## 7 处置设施设计和建造

### 7.1 一般要求

7.1.1 处置设施一般由接收区、处置区、其他辅助设施等组成,设计中应考虑放射性操作区和非放射性操作区的划分和控制,废物运输通道中人流和物流的合理组织,以及地下建(构)筑物通风和防排水系统等的布置。

7.1.2 处置设施的处置容量,包括废物包的体积和总活度,应根据具体场址特性,通过安全全过程系统分析确定。

7.1.3 处置设施的布置应综合考虑处置容量、处置流程、地形地质条件、废物运输条件、施工条件、辐射防护要求和关闭方案等主要因素,进行安全可行的布局,处置区应布置在场址区内岩体质量良好的部位。

7.1.4 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。

7.1.5 处置设施的辐射防护设计,应根据处置流程、辐射水平与放射性污染水平,以及处置洞室内易形成反散射等特点,开展辐射防护最优化设计。

7.1.6 处置设施应根据辐射防护要求设置控制区出入监测、个人剂量监测和区域监测设备,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 接收区应根据处置设施实际情况设置:

- 废物包表面剂量率、表面污染、核素种类及其活度浓度、放射性总活度、外观质量、编号、标志,以及运输车辆和运输容器的检测、检查装置;
- 废物包的识别和装卸设备;
- 转运设备出入的辐射监测报警设备;
- 运行产生二次废物和处置时意外破损废物包的处理手段;
- 转运设备的去污手段。

7.2.2 接收区应根据需要设置废物包暂存设施,暂存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。地质条件复杂或因地面安全出口的通道较长无法快速疏散的区域,应急避难场所应设置在非放射性操作区适当位置。

7.3.2 处置区防洪标准一般根据入口和处置洞室底板高程的相对高差确定:

——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应不低于 200 年一遇洪水水位;

——入口高程高于处置洞室底板高程时,入口路面高程应不低于 200 年一遇洪水水位。

7.3.3 处置区人员材料和废物包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包进出分流管控措施。

7.3.4 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区内处置洞室的尺寸、间距、埋深及围岩厚度等。

7.3.5 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。

7.3.6 处置区内设置的混凝土结构应按 GB 50223 规定的乙类建(构)筑物进行抗震设防。

7.3.7 应结合辐射防护优化目标,对处置区内废物包的堆码方式进行设计,对于接收表面剂量率高的废物包的处置区,应设置远距离或者遥控转运和码放废物包的设备。

### 7.4 辅助设施的设计

7.4.1 处置设施应根据具体场址情况设置其他辅助设施和系统,如控制区出入、设备和仪表维修、设备和工具去污、去污废物处理等设施,去污废水集中收集、检测、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,针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和地表入口的相对高差、地质条件、水文地质条件等合理设置防止地下水侵入处置洞室的工程措施。处置设施运行期间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,如超标应处理达标后受控排放。

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,应另设风道。通风设计满足如下规定:

——通风设计应分别针对正常工况和泄漏、火灾等事故工况进行设计;

——风道应保证地下洞室内各类工况下气流有固定的流向: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和事故状态下的净化过滤机械排风通道;

——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,布置条件允许时朝向宜布置当地常年最大风频方向;

——排风口在布置条件允许时宜避开当地常年最大风频方向。

7.4.5 处置设施的消防设计应根据 GB 50016 开展,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将处置洞室、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。

7.4.6 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,并应根据洞室长度等条件划分不同照明段。

### 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。

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且互相告知,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调整。

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 废物处置单位应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、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的监管要求。

8.1.3 废物处置单位应制定废物接收准则,保证废物包能实现预期的安全功能,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井巷工程、隧道工程、水利水电工程等相关的安全要求。

8.1.5 应采取限制无关人员进入处置设施,仅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性的记录文件,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设施的运行安全,并补充安全评价。

8.1.8 处置设施运行前,应开展设施和设备试运行工作,验证设施、设备以及运行程序满足设计等有关要求。处置设施运行中,应根据相关规程开展设施和设备的维护管理工作。

### 8.2 废物包的接收

8.2.1 废物处置单位应遵守废物包接收的程序,对接收的废物包进行核查,核实废物包:

- 是否符合第5章的要求;
- 运输过程中有无损坏;
- 是否与废物包档案相符。

8.2.2 废物处置单位应通过对废物产生或持有单位的废物体特性,废物处理、整备工艺的核实认定,确保接收的废物包满足废物接收准则,必要时还应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包不予处置,进行整备处理或回退处理。

8.2.3 废物处置单位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 <sup>2</sup> )
β、γ发射体、低毒性α发射体	4
其他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、废物包类型和尺寸、表面剂量率等实现废物包码放的最优化,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,废物处置可采用远距离识别和遥控操作设备。

### 8.4 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,满足洞室完整、废物包安全码放等条件后对废物包之间、废物包与处置洞室之间的空隙进行充填。

### 8.5 异常情况

8.5.1 废物处置单位应制定应急方案,采取应急措施或者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、突水(节理裂隙水异常发育)、火灾,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。如处置区氡浓度超标,应尽快启动通风系统进行吹扫,将氡浓度控制在合理范围内。

## 9 处置设施关闭和关闭后监护

### 9.1 一般要求

9.1.1 处置设施关闭应遵循关闭许可文件的规定和相关的监管要求,并得到监管机构的批准。

9.1.2 处置设施关闭前的各项记录文件应保持完备,并进行妥善保存。

9.1.3 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。

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

9.1.5 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 关闭的主要步骤

#### 9.2.1 处置洞室封闭

废物处置后应封闭处置洞室内的剩余空隙,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。

#### 9.2.2 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生物圈,方可封闭其他剩余空间;如果发现有超过安全限值的放射性核素进入生物圈,则应查明原因,并采取工程补救措施,阻滞放射性核素进入生物圈,在证明补救措施实际有效后再进行上述封闭工作。

#### 9.2.3 辅助设施的拆除

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,对关闭后不再使用的辅助设施进行拆除,并进行场址恢复。

### 9.3 处置设施关闭后监护

废物处置单位应根据处置设施布置类型和场址特性等,提出处置设施关闭后的监护计划,报监管部门批准后组织实施。

## 10 处置系统监测和检查

### 10.1 一般要求

- 10.1.1 应根据 HAD 401/09 制定各阶段的监测和检查计划。
- 10.1.2 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 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 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一致。
- 10.1.5 监测和检查应为处置设施、场址和周围环境的数据库提供信息。
- 10.1.6 监测和检查应为天然屏障、工程屏障和相关设备等的维护和补救提供信息。
- 10.1.7 监测和检查应产生可以提供给公众的信息。
- 10.1.8 监测和检查不应明显降低或破坏处置系统的坚稳性。

### 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、工程水文、气象和生态等条件的监测,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,以收集场址特性的基本信息数据,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、流出物、周围辐射环境水平及其变化趋势的监测,以及地下洞室围岩应力、洞室形变、地下水等的监测。运行阶段监测包括关闭过程中的监测。

10.3.2 运行阶段的检查主要包括围岩稳定性、工程屏障系统、防排水系统、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部分处置设施进行监测和检查。监测和检查的类型和频次应根据场址特性、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、打井和其他破坏性活动等。

## 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,贯穿处置设施选址、设计、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和环境分析论证,并集成产生技术文件。应根据处置系统外部环境、安全管理要求、科学技术条件,以及人类认知水平等的变化和发展,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,并重点关注关闭后长期安全,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。

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 关闭后长期安全评价

11.2.1 应根据场址、设施和所处置废物的特性,确定关闭后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 关闭后长期安全评价应包括:

- 处置系统和处置系统演变的描述;
- 评价景象的开发;
- 处置系统性能的评价;
- 处置设施满足设计要求的验证;
- 处置设施关闭后对人和环境的辐射影响评价;
- 不确定因素的分析;
- 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。质保大纲应按选址、设计、建造、运行和关闭等不同阶段特点要求独立制定质保大纲,对各个阶段的质量保证作出具体规定,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 废物处置单位应制定和实施质量保证大纲,并对质量保证大纲的有效性负责。

### 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产生不利影响。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 应永久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评价报告书、事故/事件处理记录、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

13.1 岩洞处置设施可处置少量中水平放射性固体废物,主要为核设施运行、退役产生的堆内构件、过滤器芯等,以及少量以超铀长寿命 $\alpha$ 核素为主的中水平放射性固体废物。如计划处置中水平放射性固体废物,应在安全评价中开展专题论证,确定满足处置安全要求后,方可进行接收、处置中水平放射性废物的活动。

13.2 处置系统对中水平放射性固体废物的包容、隔离时间应与处置的废物特征相适应,应根据情况选择包容能力更强的处置容器形式和(或)增强阻滞核素迁移的工程屏障系统。

13.3 接收中水平放射性固体废物包的处置洞室,应设置远距离或者遥控转运和码放废物包的设备,以满足运行阶段的辐射防护安全要求。

13.4 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.1.1.1 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包容和隔离能力。

A.1.1.2 应优先考虑地震基本烈度 $\leq$ Ⅶ度的地区,避开地震基本烈度 $\geq$ Ⅸ度的地区。

A.1.2 所需资料

地震地质评价所需资料一般包括:

- 历史上发生的震级和烈度较大的地震;
- 活动断层、构造活动或岩浆侵入活动的近代和历史证据;
- 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.2.1.1 应避开难以治理的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害和不良地质作用的区域。

A.2.1.2 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。

A.2.1.3 优先考虑岩性均一、构造欠发育的场址。

A.2.1.4 围岩有足够的厚度或体积,提供足够容纳废物处置量的空间,并能有效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。

A.2.1.5 围岩的力学性能确保地下岩洞处置设施的安全建造、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

工程地质评价所需资料一般包括:

- 地形地貌特征;
- 岩性分布和矿物学特征;
- 断层、节理、层理等地质构造特性;
- 地质灾害和不良地质作用;
- 岩土体的物理力学指标;
- 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.3.1.1 应避开岩溶发育区和能为地下水径流提供快速通道的规模较大的断层、节理等构造破碎带。

A.3.1.2 场址的水文地质特征(包括孔隙度/裂隙率、渗透性、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。

A.3.1.3 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。

A.3.1.4 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 所需资料

水文地质评价所需资料一般包括：

- 主要水文地质单元位置、规模、范围和相互关系；
- 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、补给和排泄特征)；
- 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)；
- 含水层地下水流动场特征；
- 地下水位动态变化特征。

## A.4 地球化学

### A.4.1 准则

A.4.1.1 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。

A.4.1.2 应优先考虑具有阻滞放射性核素迁移能力的地球化学环境的场址。

A.4.1.3 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良好阻滞作用的围岩。应评价放射性核素在围岩及其裂隙中的迁移速度、迁移量和放射性核素的阻滞过程,包括弥散、扩散、吸附等能力。

### A.4.2 所需资料

地球化学评价所需资料一般包括：

- 围岩岩石类型、化学成分、矿物成分；
- 矿物和岩石对放射性核素的吸附能力；
- 地下水的化学组成、酸碱度、氧化还原性和总溶解固体；
- 围岩的孔隙结构和矿物表面特性；
- 地下水对废物体的浸出能力和对工程屏障的侵蚀性。

## A.5 人类活动和其他自然特性

### A.5.1 准则

A.5.1.1 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。

A.5.1.2 应避免可能受洪水危害或局部受大雨造成水灾的地区。

A.5.1.3 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处置系统安全的长期影响。

A.5.1.4 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

人类活动和其他自然特性评价所需资料一般包括：

- 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；
- 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；
- 极端气象和当地气象、洪水及其影响资料；
- 辐射环境本底。

## A.6 土地利用和资源

### A.6.1 准则

A.6.1.1 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。

A.6.1.2 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。

A.6.1.3 地表和浅层地下空间选址应避开永久基本农田集中区域、自然保护地、水源地、生态保护红线等各类保护区,以及压覆矿等具有开采价值的矿产资源区。

### A.6.2 所需资料

土地利用和资源评价所需资料一般包括:

- 土地资源、用途和管辖权;
- 国土空间规划;
- 矿产资源的种类、数量、品位、埋藏条件;
- 地下水和地表水资源与管理;
- 自然保护地、历史文物古迹等;
- 野生动植物资源;
- 其他具有显著公共价值的资源。

## A.7 社会经济

### A.7.1 准则

A.7.1.1 选址应优先考虑避开人口稠密的地区。

A.7.1.2 处置设施的建设应优先选择有利于当地社会经济发展的地区。

A.7.1.3 应避开难以获得水电供应、交通不便、筑路困难的地区。

### A.7.2 所需资料

社会经济评价所需资料一般包括:

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