



# 中华人民共和国国家标准

GBXXXXX—XXXX

## 低水平放射性废物包的特性鉴定

Characterization of low level radioactive waste packages

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

生态环境部  
国家市场监督管理总局

发布

## 目 次

前言.....	6
1 范围.....	7
2 规范性引用文件.....	7
3 术语与定义.....	7
4 低水平放射性废物包的技术要求.....	8
5 低水平放射性废物包的检验要求.....	10
6 低水平放射性废物体性能检验方法.....	11
7 低水平放射性废物包的检验方法.....	13
8 质量保证.....	13
附 录 A（资料性附录） 水泥固化体主要性能及其检验方法.....	15
附 录 B（资料性附录） 取样.....	16

## 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，保证放射性废物安全，规范低水平放射性固体废物包的特性鉴定，制定本标准。

本标准规定了在近地表处置场处置的低水平放射性废物包的特性要求和鉴定方法。本标准为首次制定。

本标准的附录A、附录B为资料性附录。

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

本标准由生态环境部辐射源安全监管司和法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国工程物理研究院材料研究所、中核四川环保工程有限责任公司、中核四〇四有限公司、深圳中广核工程设计有限公司、中国辐射防护研究院。

本标准生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 低水平放射性废物包的特性鉴定

## 1 范围

本标准适用于待处置的低水平放射性废物包的特性要求和鉴定方法。  
本标准不适用于高完整性容器。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 2419	水泥胶砂流动度检验方法
GB 5085.1	危险废物鉴别标准腐蚀性鉴别
GB 5085.3	危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别
GB 5085.5	危险废物鉴别标准反应性鉴别
GB/T 5202	辐射防护仪器 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\alpha/\beta$ ( $\beta$ 能量大于60keV) 污染测量仪与监测仪
GB 9132	低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定
GB 11806	放射性物质安全运输规程
GB 12711	低、中水平放射性固体废物包装安全标准
GB/T 14056.2	表面污染测定第2部分：氡表面污染
GB 14500	放射性废物管理规定
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/T 17671	水泥胶砂强度检验方法 (ISO法)
GB 18871	电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB/T 50080	普通混凝土拌合物性能试验方法标准
GB/T 50081	普通混凝土力学性能试验方法标准
EJ/T 776	辐射防护用 $\beta$ 、 $x$ 和 $\gamma$ 辐射剂量当量仪和剂量当量率仪
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
HJ/T 20	工业固体废物采样制样技术规范

《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 术语与定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1 特性鉴定 characterization

通过调查、计算、分析和(或)测量确定废物体和废物包的物理、化学性能和放射特性。

### 3.2 废物体 waste form

通过处理和（或）整备后形成的具有一定物理和化学形态的固体废物。废物体是废物包的一部分。

### 3.3 废物包 waste package

按照搬运、运输、贮存和（或）处置要求整备后的产物，包括废物体、容器和容器之间的填充物。

### 3.4 固定废物体 immobilized waste form

用水泥砂浆、细石混凝土等固定介质把放射性固体废物团结成整体的废物体。

## 4 低水平放射性废物包的技术要求

### 4.1 低水平放射性废物体

#### 4.1.1 基本要求

低水平放射性废物体的性能应满足GB 9132和GB 14500的有关要求。

#### 4.1.2 水泥固化体

水泥固化体的性能应满足GB 14569.1中第5章规定的要求，参见附录A。

#### 4.1.3 固定废物体

4.1.3.1 被固定的放射性废物应是非流动态的、化学稳定性和辐照稳定性良好的废物。

4.1.3.2 待固定的放射性废物的装填量应不小于废物容器有效容积的 85%，且装填高度应不超过废物容器有效高度的 95%。

4.1.3.3 待固定的放射性废物应经过预处理，使其尽可能密实。

4.1.3.4 应采取措施（如减小尺寸、加隔离物、缓冲物等），防止内装的尖锐物损坏废物容器。

4.1.3.5 对于易产生弥散性粉尘的废物，固定前应采取防止粉尘扩散的手段。

4.1.3.6 废物中的可燃物质固定前应进行预处理，防止燃烧。

4.1.3.7 不同种类废物混合固定时，应考虑载荷的均匀分布。

4.1.3.8 固定废物体周围应有不小于 20mm 的固定介质保护层，以保证废物体的整体性和强度满足运输、贮存和处置的要求。

4.1.3.9 应采用与废物固结性能良好的固定介质，如水泥砂浆或细石混凝土。

4.1.3.10 用水泥砂浆或细石混凝土固定时，废物中不应含有能吸收砂浆或细石混凝土中水分的物质，并应满足以下要求：

#### a) 水泥砂浆

- 1) 28d 抗压强度不小于 60MPa；
- 2) 流动度不小于 310mm；
- 3) 抗渗性能 28d 氯离子迁移电量不大于 2500C。

#### b) 细石混凝土

- 1) 28d 抗压强度不小于 60MPa；
- 2) 塌落扩展度不小于 680mm；
- 3) 抗渗性能 28d 氯离子迁移电量不大于 2000C。

## 4.2 放射性废物容器

### 4.2.1 基本要求

4.2.1.1 放射性废物容器的结构材料、衬里材料、涂层材料和密封材料应与所盛装的废物特性和容器的工作环境条件（如温度、湿度、压力、腐蚀气氛、辐射场）相容。

4.2.1.2 在设计规定的条件和寿期内，放射性废物容器及其具有包容功能的附件应能保持其包容和屏蔽能力，并满足搬运、运输、贮存和处置的要求或接收准则。

4.2.1.3 放射性废物容器的设计应考虑最大限度的利用资源和存放空间，与贮存厂房、运输工具和处置设施相适应。

4.2.1.4 放射性废物容器应有足够的机械强度，能够承受搬运、运输、贮存和处置过程中正常情况下的负载、堆码、振动和冲击，以及设计基准事故（如下落、碰撞）下的破坏。

### 4.2.2 钢制容器

4.2.2.1 桶形钢制容器应满足 EJ 1042 规定的要求。

4.2.2.2 集装箱型钢制容器应满足 EJ 1076 规定的要求。

4.2.2.3 其他形式的非标废物容器应满足 4.2.1 规定的要求。

### 4.2.3 混凝土容器

混凝土容器应满足 EJ914 规定的要求。

### 4.2.4 氚废物容器

4.2.4.1 氚废物容器应选用经试验证实、阻氚性能好的材料，并根据内装氚量，选用一层或多层包容材料，且玻璃不能作为最外层包装容器。

4.2.4.2 氚废物容器应具有良好的密封性，并应考虑由于温度升高和氚衰变产生氦气而形成增压的影响。

4.2.4.3 对于含氚量大的废物体，其容器内可设置氚吸收装置。

## 4.3 低水平放射性废物包

### 4.3.1 基本要求

4.3.1.1 废物包应满足 GB 9132 规定的要求。

4.3.1.2 废物包的类型、型号、规格、尺寸和额定载荷，以及废物包中装载的放射性物质种类、数量和放射性活度，应符合相关标准和相应设计的要求。

4.3.1.3 废物包的整备、包装、搬运、贮存、运输与处置过程中应遵守 GB 18871 和相关标准的要求，并形成符合要求和可追踪的记录文件。

4.3.1.4 废物包应备有所装废物的技术特性说明书和单个废物包中废物体的特征和特性数据表，包括废物的物理、化学和放射性特性，以及废物容器的检验合格证明。

4.3.1.5 废物包应标有与其记录文件一致并符合规定的识别标志和标记。

### 4.3.2 放射性

4.3.2.1 废物包内放射性核素的活度浓度应符合《放射性废物分类》中低水平放射性废物的限值要求。

4.3.2.2 废物包的剂量率与表面污染水平应满足 GB 12711 规定的要求。

### 4.3.3 物理特性

4.3.3.1 废物包内包覆或固化的废物应呈密实的、非流动的固体形态，并尽可能地充满废物包。

4.3.3.2 废物包中游离液体的体积应小于固体废物体积的 1%。

### 4.3.4 机械和结构性能

4.3.4.1 废物包的机械和结构性能应符合相关标准或 GB 11806 的规定，能够承受搬运、贮存、运输和处置过程中各种正常情况下的负荷应力。

4.3.4.2 废物包应是密封、防水的，且应考虑废物包内可能的压力和废物体尺寸变化（膨胀或收缩）的影响。

### 4.3.5 含氚废物包

单个含氚放射性废物包中氚的总活度应不超过 $1.3 \times 10^{13} \text{Bq}$ ，且氚释放率每月不得大于总活度的 $10^{-5}$ 。

## 5 低水平放射性废物包的检验要求

5.1 应根据废物来源、废物流特征，对废物包产生过程（包括废物分类收集、处理、整备、贮存和处置）中的特性数据进行调查、记录、分析，作为废物包性能评价的依据。

5.2 废物包的放射性核素组成和浓度表征是废物包特性鉴定中的核心内容。应在废物体形成前、废物的产生、处理（整备）阶段进行测量；在废物体形成后，主要是对其放射性特性进行验证。根据废物来源途径、废物体中放射性核素是否均匀分布，可以建立测量方法。类似来源的废物可以通过测试-模型-验证的途径，建立表征方法。使用的各类参数、模型以及方法，应该是可信的，并经过验证或证明。

5.3 在废物包形成的过程中，对应的检验项目和检验方法见表 1。

表 1 低水平放射性废物包的检验项目与方法

检验项目与方法		废物体检测(包括废物处理、整备过程中的检测)	废物容器检测	废物包检测
放射性		6.1		6.1、7.1、7.5
化学性能	化学组成	6.2.1		
	浸出性	6.2.2		
	抗浸泡性	6.2.3		
	腐蚀性	6.2.4		
	化学反应性	6.2.5		
物理性能	均匀性	6.3.1		
	游离液体	6.3.2		
	固定介质的抗渗性能	6.3.3		
	流动度	6.3.4		
机械性能		6.4		
辐照稳定性		6.5		
热稳定性		6.6		
堆码性能			7.2	

检验项目与方法	废物体检测(包括废物处理、整备过程中的检测)	废物容器检测	废物包检测
喷水试验		7.3	
自由下落试验		7.3	
贯穿试验		7.3	
附加试验		7.4	
含氟废物包的氟释放			7.5.2
实物检查			7.6

## 6 低水平放射性废物体性能检验方法

### 6.1 放射性

#### 6.1.1 直接测量法

采用附录B推荐的取样方法,使用能谱分析和/或放射化学分析手段,测定废物的放射性核素组成及活度。

#### 6.1.2 关键核素推算法

如果已知废物中不同放射性核素之间的定量关系,并且其中至少有一个容易测量的关键核素,可以通过对该关键核素的测量,用换算因子或核素间的平衡关系计算出其他核素的量和废物体中的放射性活度。

#### 6.1.3 计算法

通过废物中放射性核素的组成和/或工艺过程及其关键参数(如中子注量率、辐照时间、平均燃料、冷却衰变时间、物料与放射性平衡计算、过程中的核素迁移计算参数和固化体中废物包容量等),采用经过验证的程序,计算或估算废物体中的放射性核素及其比活度。

#### 6.1.4 非破坏性测量

6.1.4.1 使用 $\gamma$ 能谱分析、中子分析等非破坏性测量专用设备,采用经过验证合格的模型、程序,根据废物源项资料和废物体产生工艺、废物容器屏蔽参数、核素在废物体中的分布情况等参数,推算废物体中放射性核素的组成和活度。

6.1.4.2 非破坏性测量方法在建立阶段需要验证,并进行不确定性分析;在向不同场景下拓展使用范围时也需要证明和合理的验证;在使用阶段,模型使用的重要参数,也需要定期验证。

### 6.2 化学性能

#### 6.2.1 化学组成

采用附录B推荐的取样方法,对样品进行化学分析和/或放化分析。

#### 6.2.2 浸出率

6.2.2.1 水泥固化体中放射性核素的浸出率采用 GB 14569.1 中 6.3.1 规定的方法测定。



6.2.2.2 废物体中危险化学物质的浸出性能检验按 GB 5085.3 规定的方法进行。

### 6.2.3 抗浸泡性

水泥固化体抗浸泡性采用GB 14569.1中6.3.2规定的方法测定。

### 6.2.4 腐蚀性

废物体的腐蚀性检验按GB 5085.1规定的方法进行。

### 6.2.5 化学反应性

6.2.5.1 废物体的化学反应性检验按 GB 5085.5 规定的方法进行。

6.2.5.2 对含有辐解时会产生氢气或甲烷的废物体，或者易挥发有机化合物的废物体，应根据废物中含氢物质的量和所含放射性核素的量，估算氢气和甲烷的生成速率，并用气体质谱法测定形成的废物包的顶部空间中氢气、甲烷和易挥发有机化合物的浓度。

## 6.3 物理性能

### 6.3.1 均匀性

6.3.1.1 废物体中放射性核素分布的均匀性可用分段 $\gamma$ 扫描或层析 $\gamma$ 扫描测定。

6.3.1.2 废物体结构方面的均匀性可用层析 X 射线照相法测定。

### 6.3.2 游离液体

6.3.2.1 水泥固化体中游离液体按 GB 14569.1 中 6.1 的规定检查。

6.3.2.2 固定废物体中游离液体可采用射线照相、层析 X 射线照相或超声波测定。

### 6.3.3 固定介质的抗渗性能

水泥砂浆和细石混凝土的抗渗性能检验方法按EJ 914中附录C的规定进行。

### 6.3.4 流动度

6.3.4.1 水泥砂浆流动度的测定方法按 GB/T 2419 的规定进行。

6.3.4.2 细石混凝土塌落扩展度的测定方法按 GB/T 50080 的规定进行。

## 6.4 机械性能

6.4.1 水泥固化体的抗压强度、抗冲击性按 GB 14569.1 中 6.2 规定的方法进行检验。

6.4.2 水泥砂浆的抗压强度检验方法按 GB/T 17671 的规定进行。

6.4.3 细石混凝土的抗压强度检验方法按 GB/T 50081 的规定进行。

## 6.5 辐照稳定性

水泥固化体耐 $\gamma$ 辐照性按GB 14569.1中6.5规定的方法进行测试，固定介质的耐 $\gamma$ 辐照性测试可参照执行。

## 6.6 热性能

水泥固化体的抗冻融性按GB 14569.1中6.4规定的方法进行测试。

## 7 低水平放射性废物包的检验方法

### 7.1 放射性

#### 7.1.1 剂量率测量

7.1.1.1 应采用符合 EJ/T 776 规定的剂量率仪进行测量。

7.1.1.2 应考虑环境辐射本底的影响，并设法加以避免或扣除。

#### 7.1.2 表面污染测量

7.1.2.1 废物包表面总污染应采用符合 GB/T 5202 规定的表面污染测量仪进行测量。

7.1.2.2 废物包表面的非固定污染测量应采用擦拭法。擦拭面积应根据废物包的大小和置信度的要求决定，通常不应小于 300cm<sup>2</sup>；擦拭取样应有代表性，擦拭样品的测量应使用屏蔽良好的固定式计数装置，同时扣除本底。

### 7.2 堆码试验

7.2.1 废物包的堆码试验按 GB 11806 规定的方法进行。

7.2.2 采用低、中放废物钢箱容器的废物包的负载试验按 EJ 1076 规定的方法进行。

7.2.3 采用低、中放废物混凝土容器的废物包的负载试验按 EJ 914 规定的方法进行。

### 7.3 用作运输的废物包的试验

用作运输的废物包还应按 GB 11806 的规定进行喷水试验、自由下落试验和贯穿试验。

### 7.4 附加试验

混凝土容器的渗水试验按 EJ 914 规定的方法进行。

### 7.5 含氡废物包

7.5.1 废物包表面的氡污染测量按 GB/T 14056.2 规定的方法进行。

7.5.2 含氡废物包的释氡率采用全氡取样、液体闪烁谱仪测量的方法，测算释氡率。

### 7.6 废物包的实物检查

废物包应根据废物源项和/或产生批次，按不大于 2%（至少 2 件）的比例进行抽查。抽查检验以非破坏性检验为主，必要时可按附录 B 的规定进行取样分析，包括以下部分或全部内容：

- a) 废物包外观质量；
- b) 废物包质量；
- c) 废物包的表面污染水平；
- d) 废物包的表面辐射剂量水平；
- e) 废物包内放射性核素种类及活度；
- f) 废物包的空隙及填充率。

## 8 质量保证

### 8.1 总则

8.1.1 与废物体和废物包特性鉴定有关的单位应编制特性鉴定的质量保证大纲或质量计划，从组织机构、人员和设备配置、管理程序、技术等方面保证特性鉴定的质量满足本标准及有关标准规定的要求。

8.1.2 质量保证大纲应规定要进行的各项活动的技术方面的要求，以及保证满足这些要求的措施。

## 8.2 过程控制

8.2.1 废物产生单位在加工处理废物时，应对各工艺过程、工艺设备和仪表进行质量控制和评定，确保生产过程处于受控状态。

8.2.2 应按照相关规范、标准和准则的要求对废物体、废物包产生的工艺过程进行控制，确保这些工艺过程由合格的人员，按照认可的程序、使用合格的设备，按现有标准来完成。

8.2.3 应制定必要的程序和操作手册对特性鉴定过程中的采样、制样、分析、测量、数据处理和评审、接口管理进行控制，保证特性鉴定结果的可靠性和具有足够的置信度。

8.2.4 应采取措施对使用的仪器和设备进行妥善维护、保管和定期标定，保证其合适的准确度和精度。

8.2.5 应按照相关标准、规范的要求，编制废物包特性技术说明书，并对文件的真实性负责。

## 8.3 人员配备与培训

应建立特性鉴定人员的聘用、培训和考核制度，保证工作人员能可靠地完成所承担的任务，并保持其应有的水平和能力。

## 8.4 质量保证记录

应建立并执行质量保证记录制度。按规定的程序对特性鉴定的记录和质量保证记录进行审查、批准、发放、保存和销毁，以保证在合理时间内能提供所有的证据。

附 录 A  
(资料性附录)  
水泥固化体主要性能及其检验方法

表 A.1 水泥固化体主要性能及其检验方法

检验项目	性能要求	检验方法
游离液体	无泌出的游离液体	GB 14569.1 中 6.1
抗压强度	$\geq 7\text{MPa}$	GB 14569.1 中 6.2.2
抗冲击性能	9m 高处竖直自由下落到混凝土地面无明显破碎	GB 14569.1 中 6.2.3
抗浸出性	<p>核素第 42 天的浸出率应低于下列限值：</p> $^{60}\text{Co}$ : $2 \times 10^{-3}\text{cm/d}$ ; $^{137}\text{Cs}$ : $4 \times 10^{-3}\text{cm/d}$ ; $^{90}\text{Sr}$ : $1 \times 10^{-3}\text{cm/d}$ ; $^{239}\text{Pu}$ : $1 \times 10^{-5}\text{cm/d}$ ; 其他 $\beta$ 、 $\gamma$ 放射性核素 (不包括 $^3\text{H}$ ): $4 \times 10^{-3}\text{cm/d}$ ; 其他 $\alpha$ 核素: $1 \times 10^{-5}\text{cm/d}$ 。 <p>核素 42 天的累积浸出分数应低于下列限值：</p> $^{137}\text{Cs}$ : 0.26 cm; 其他放射性核素 (不包括 $^3\text{H}$ ): 0.17 cm。	GB 14569.1 中 6.3.1
抗浸泡性	抗压强度损失不超过 25%	GB 14569.1 中 6.3.2
抗冻融性	抗压强度损失不超过 25%	GB 14569.1 中 6.4
耐 $\gamma$ 辐照性	抗压强度损失不超过 25%	GB 14569.1 中 6.5

**附 录 B**  
**(资料性附录)**  
**取 样**

**B.1 基本要求**

- B.1.1 应根据废物源项、处理工艺的稳定性、废物体的均匀性和取样目的，制定取样方案。
- B.1.2 选用的取样方法和设备应适合被取样物的特性和取样点设计的要求。
- B.1.3 必要时可采用实验室模拟手段制样，也可在废物的处理、整备过程中采样。
- B.1.4 为满足数据的置信度和准确度要求，必须有足够的样品量和合适的平行样数。
- B.1.5 应满足GB 18871规定的要求，尽量减少取样造成的辐射危害和环境污染。

**B.2 均匀废物取样**

**B.2.1 工艺过程取样**

均匀废物应采用在线、定时定点取样。

**B.2.2 废物包中取样**

应采用抽样或等分取样方式，对废物包进行钻芯取样、压芯取样或切割取样。

**B.3 非均匀废物取样**

- B.3.1 应在不同废物产生地或在混合之前，分别对不同废物的代表性样品进行随机取样。
- B.3.2 应尽可能将非匀质废物切碎、混合后，按HJ/T 20规定的方法进行。
- B.3.3 对于不易切碎的非匀质废物，宜压实后“钻芯”取样。
- B.3.4 对非匀质的金属废物，宜熔融处理后再取样。

**B.4 取样频度与取样量**

- B.4.1 根据废物处理工艺的稳定性、废物体的均匀性和取样目的，参照HJ/T 20规定的方法进行设定取样频度和取样量。
- B.4.2 当测定结果不满足所规定的置信度或准确度要求时，需要再次取样。