

# 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1422—2025

## 放射性物品运输容器耐热试验指南

Guidelines for the thermal test of packaging for radioactive material

本电子版为正式标准文件，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2025-12-13发布

2026-01-01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 试验目的 ..... 1

5 试验方法 ..... 2

6 试验条件 ..... 2

7 试验装置及试验用仪器仪表 ..... 3

8 试验过程 ..... 5

9 验收准则 ..... 7

10 试验大纲、程序和报告 ..... 8

## 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》《中华人民共和国核安全法》和《放射性物品运输安全管理条例》，防治放射性污染，保障人体健康，保护生态环境，规范放射性物品运输容器设计验证活动中的耐热试验，制定本标准。

本标准规定了放射性物品运输容器耐热试验的试验方法、试验条件、试验装置及仪器仪表、试验过程以及验收准则等技术要求，是对《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）标准有关要求的细化。

本标准为首次发布。

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：中机生产力促进中心有限公司。

本标准由生态环境部 2025 年 12 月 13 日批准。

本标准自 2026 年 1 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 放射性物品运输容器耐热试验指南

## 1 适用范围

本标准提供了放射性物品运输容器（以下简称“容器”）耐热试验指南，规定了容器耐热试验的试验方法、试验条件、试验装置及试验用仪器仪表、试验过程、验收准则等技术要求。

本标准适用于全尺寸放射性物品运输容器的耐热试验。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB 11806 放射性物品安全运输规程

GB/T 17230 放射性物质安全运输货包的泄漏检验

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**吸收率 absorptivity**

外界投射到物体表面上的热辐射总能量  $Q$  中，包括吸收、反射以及穿透能量，其中吸收的那部分能量  $Q_a$  与总能量  $Q$  之比，称为吸收率，用  $\alpha$  表示。对于漫反射的灰体而言，吸收率等于发射率。

### 3.2

**发射率 emissivity**

实际物体的辐射力与同温度下黑体辐射力的比值，称为实际物体的黑度，亦称发射率，用  $\varepsilon$  表示。

### 3.3

**火焰发射率 flame emissivity**

一个大型高温灰体的表面发射率，该灰体表面既发射能量又反射能量，而且完全包围试验容器，用  $\varepsilon_f$  表示。

## 4 试验目的

耐热试验的目的是验证放射性物品运输容器经受《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）规定的运输事故条件下耐热试验后的安全性能。

## 5 试验方法

### 5.1 方法分类

耐热试验通常采用池火方法和炉式方法。设计单位可根据实际情况选用合适的试验方法。

### 5.2 池火耐热试验

在试验中，将试验容器放置在油池上方，当大气处于稳定状态时，点燃油池中的燃料，使火焰吞没试验容器。当火焰平均温度达到 800℃ 后开始计时，持续供油，以保证池火稳定燃烧，加热规定时间（如耐热试验 30 min；强化耐热试验 60 min）后，停止供油，火焰自然熄灭，试验容器原位自然冷却，直至趋于常温。

### 5.3 炉式耐热试验

使用加热炉对试验容器进行加热，为试验容器提供等效总热输入，并提供不低于 800℃ 的平均环境温度，持续加热规定的时间（如耐热试验 30 min；强化耐热试验 60 min）。加热规定的时间后，关闭供油（气）系统，随后打开炉门，将台车或类似传送装置开出加热炉，将试验容器吊运至室内与试验前相同的环境中自然冷却，并趋于常温。

## 6 试验条件

### 6.1 气象条件

池火耐热试验前，应测试风速，风速应不大于 2 m/s，可不考虑短时阵风的影响。池火耐热试验应避免在雨、雪或冰雹的情况下完成。

### 6.2 试验容器要求

试验容器必须能够代表运输容器的设计特性。若该运输容器带减震器，则进行耐热试验的试验容器应是带减震器的运输容器。耐热试验前，试验容器应以一定的姿态放置，以保证满足 GB 11806 的相关要求。耐热试验前，应在同一试验容器上完成 GB 11806 规定的力学试验。

### 6.3 初始条件

#### 6.3.1 总体要求

试验容器的初始条件（包括温度、内压、内容物等）对耐热试验结果将会产生显著影响。因此，应满足 GB 11806 规定的初始条件。

#### 6.3.2 试验容器温度

试验容器初始温度分布应为稳定状态。耐热试验温度初始条件应考虑试验容器放射性内容物在货包内所产生的最大设计内释热率和在 GB 11806 所规定的太阳曝晒条件下，在环境温度为 +38℃ 时处于热平衡状态。环境温度、太阳曝晒量等参数试验前和试验期间应保持相对稳定，如果这些参数在试验前和试验期间有不同的值，设计单位应在货包响应评定中考虑这些差异的影响。



### 6.3.3 内压

试验容器的初始压力应是最大正常工作压力，包括但不限于容器内回充惰性气体的压力，容器温度变化以及内容物所有气体的泄漏或释放。此外，对于内压小于大气压力的设计，可能存在较低的压力导致较大的泄漏情况，应予以综合考虑，如果这些参数在试验前和试验期间有不同的值，设计单位应在货包响应评定中考虑这些差异的影响。

### 6.3.4 内容物

- a) 试验容器不必装载放射性或危险物品，在保证试验容器力学效应、热效应与目标产品对应效应基本一致的前提下，内容物可以用合适的无毒物品替代，并应对替代物与原内容物之间质量、平均比热、导热系数、内压等方面差异的影响进行分析与评价。如果运输容器运输多种内容物，必须选择对运输容器产生最严苛初始条件的内容物。
- b) 在试验容器所有设计验证试验中，不要求采用单一模拟内容物来模拟真实内容物的所有特性。

## 6.4 热输入条件

使试验容器在热环境中暴露 30 min（强化耐热试验中持续 60 min），该热环境提供的热流密度应至少相当于在静风条件下烃类燃料/空气火焰的热流密度。该热环境提供的最低热流密度按照以下条件计算：最小平均火焰发射率为 0.9，火焰平均温度至少为 800℃，试验容器完全被火焰吞没，试验容器表面吸收率为 0.8，或当试验容器暴露在所规定的火焰中时，其实际具有的表面吸收率（取二者中的较大值）。

## 6.5 其他条件

6.5.1 在油池内加热试验容器后，试验容器应原位自然冷却；为预防自然冷却期间出现雨、雪、冰雹等形式的降水，应提前搭建临时防护罩或类似设施，以保护试验容器并防止容器结构材料（如用作减震材料的木材等）自然燃烧时意外熄灭，但应注意不要限制货包热量的自然散失。在加热炉内加热试验容器后，应将试验容器移到与试验前相同环境中自然冷却。必要时，自然冷却期间应进行保护，以防止风吹雨淋。

6.5.2 试验容器从加热炉中移出时，应缓慢移动，以确保试验容器的运动不产生人为冷却。

6.5.3 需强调，试验后，试验容器应自然冷却，不得人为冷却（例如不得喷水或者用电风扇吹），并应允许试验容器的部件材料（如减震材料木头之类的可燃材料）自然燃烧，直至熄灭。

6.5.4 试验容器冷却过程应持续到容器内所有温度实际上都处于稳态为止。对于大型货包，这可能需要几天时间。在此期间，容器包容系统的温度开始下降前可能会继续升高。

## 7 试验装置及试验用仪器仪表

### 7.1 试验装置

7.1.1 试验装置可选用池火或炉式耐热试验装置，具体选择应考虑试验容器的结构与尺寸、运输规程要求、环保要求以及可用的试验设备等因素。

#### 7.1.2 池火耐热试验装置

池火耐热试验装置使用煤油或煤油与汽油 1:1 混合物等烃类燃料露天式燃烧来营造热环境，一般由油库、供油系统、油池、点火装置以及控制系统等组成。其基本要求为：

- a) 油池的大小应至少超出运输容器任意外表面 1 m，通常不宜超过 3 m；

- b) 固定运输容器的钢支架应保证运输容器底部比燃料液面高 0.6 m 至 1 m 之间, 以确保火焰在运输容器位置充分燃烧, 并有足够的空间供空气从侧面流入。在不影响热通量的情况下改善火焰温度的均匀性;
- c) 油池周围宜放置挡风围栏, 以便最大限度地减少风的影响。

### 7.1.3 炉式耐热试验装置

炉式耐热试验装置应满足以下要求:

- a) 炉式耐热试验装置使用柴油、天然气或液化石油气等烃类燃料加热炉来模拟热环境, 一般由供油(气)系统、炉膛、排烟系统、点火与燃烧系统、控制系统以及台车或类似传送装置等组成, 烧嘴的布置应避免火焰对试验容器的直接喷射;
- b) 炉式耐热试验装置的内表面积应远大于试验容器的表面积, 若炉膛内表面积至少为试验容器表面积的 10 倍时, 可免除炉膛表面发射率的测试; 否则应进行测试, 以证明满足本标准 6.4 条规定的要求。

## 7.2 试验用仪器仪表

### 7.2.1 热环境温度测量设备

热环境温度测量设备应满足以下要求:

#### a) 池火温度

采用热电偶测温。试验容器周围上下前后左右 6 个方向上至少布置 1 个测点, 测点距试验容器外表面约 100 mm。热电偶产生的电信号由数据采集系统采集并显示。

#### b) 加热炉炉膛温度

采用热电偶测温。测温热电偶数量应足够, 以保证炉膛内温度分布相对均匀。热电偶产生的电信号由数据采集系统采集并显示。

#### c) 热通量传感器或热流计

热通量传感器(也称热流传感器)宜采用薄膜式热流传感器。池火耐热试验和炉式耐热试验宜采用辐射-对流式热流计(也称全热流计)。

### 7.2.2 风速计

池火耐热试验用风速计宜采用螺旋桨式风速计。

### 7.2.3 试验容器温度测量设备

试验容器温度测量设备应满足如下要求:

#### a) 试验容器表面温度测量

采用热电偶测温。热电偶产生的电信号由数据采集系统采集并显示。试验容器表面温度测点应布置在阀门(若有)、堵头(若有)、包容系统中的法兰用紧固件、密封件以及包容系统边缘或附近。应根据传热设计特点和热工分析情况来布置测点。

#### b) 试验容器内部温度测量

采用与被测温度范围相适应的热电偶。热电偶应安装在试验容器内部选定部位, 其测量端至少有 50 mm 处于温度梯度较小的区域, 但不能因此影响试验容器的性能。在试验容器允许穿孔的情况下, 宜采用 K 型或其他高温型耐热合金铠装绝缘热电偶, 热电偶产生的电信号由数据采集系统采集并显示。也可采用多温度显示测温试纸等来测量选定部位可达的最高温度。试验容器内部可能发生相变的物质(如屏蔽材料、临界相关材料、密封材料或元件、减震材料等)相邻部件表面或者其包覆钢制壳体外表面上应布置测点, 其他关注的部位也应布置测点。

## 8 试验过程

### 8.1 池火耐热试验过程

#### 8.1.1 装配

将试验容器按产品图样和技术文件要求进行装配。按照试验规程依次完成出厂试验、正常运输条件和运输事故条件下的相关力学试验后，在试验容器表面预定位置安装热电偶；在适当时机，在试验容器内部预定位置粘贴测温试纸。必要时，在试验容器内部安装热电偶。

#### 8.1.2 安装

耐热试验前安装试验容器时，应确保其底部距燃料液面或燃烧器高度为 0.6 m 至 1 m 之间。

#### 8.1.3 试验系统安装联试

安装热环境温度测量设备，将所有热环境温度测量设备接入试验系统，检查确认该试验系统可正常工作。

#### 8.1.4 风速监测

试验前，监测试验场地周围风速，确认风速满足试验要求。

#### 8.1.5 试验

若进行预热，则在预热后移除预热装置。开启供料系统，向油池内注入燃油（若为煤油等烃类燃料，则需先向油池内加注一定量的水，然后根据燃油燃烧速度加入预定体积的燃油），采用自动点火装置点火，待试验容器周围平均火焰温度达到 800℃ 时开始计时，持续供油，以保证池火稳定燃烧，直至完成规定的试验时间。试验过程中，观察和记录火焰形态及试验容器状态变化，并按试验要求采集相关数据。当容器自身发生燃烧时，若未满足试验时间要求，应保证试验容器在油池中继续自燃，不得人为干涉。

#### 8.1.6 后处理

试验后，试验容器自然冷却过程中，试验测试系统应继续采集数据，直至试验容器监测点的峰值温度出现，然后再继续采集一段时间的数据。若试验容器发生燃烧，应允许其自然燃烧，直至熄灭。观察并记录试验容器试验后状态。

#### 8.1.7 试验后检查

待油池内燃油自然熄灭且所有受热部件自然冷却至趋于常温后，观察试验用传感器状态、试验容器状态，并详细记录检测结果，以证明保持了足够的安全裕量。进行包容系统的泄漏检测、变形测量（用于临界分析）等工作。

#### 8.1.8 试验容器拆解

待现场测量工作以及后续相关试验完成后，进行试验容器拆解，完成内部温度数据读取和试验容器状态分析。必要时需拆解运输容器或切割部分部件。

#### 8.1.9 试验过程中异常情况处理

在试验过程中，如出现没有预料到的异常情况，应按照应急预案处理，并详细记录，应在试验报告



中针对异常情况对运输容器的安全影响进行分析评价。

## 8.2 炉式耐热试验过程

### 8.2.1 装配

按照 8.1.1 条执行。

### 8.2.2 安装

耐热试验前，应在加热炉台车或类似传送装置上安放支座，支座位置与结构设计应保证使试验容器试验时大体位于加热炉试验区域的中心。对于油（气）加热炉，应避免火焰直射试验容器。

### 8.2.3 试验系统安装联试

检查加热炉炉膛内壁热电偶是否正常，是否已接入试验系统，确认试验系统工作正常。

### 8.2.4 试验

试验应按照以下步骤实施：

- a) 若对试验容器进行预热，则移除预热装置后，安装好起吊装置；
- b) 在台车或类似传送装置上标记安装点，使加热炉加热到预定温度，并保温预定时间；
- c) 打开炉门，将台车或类似传送装置开出；
- d) 将试验容器吊装到台车或类似传送装置的支座上，使试验容器处于预定位置；
- e) 将台车或类似传送装置开入炉内，关闭炉门；
- f) 将炉温上升至 800℃ 以上，待炉温稳定时，开始计时，直至完成规定的试验时间。试验过程中，通过温控系统观察炉膛内温度变化情况，并按试验要求采集相关数据；当容器自身发生燃烧时，若未达到规定时间，应保证试验容器在加热炉中继续自燃，不得人为干涉；
- g) 关闭供油（气）系统，随后打开炉门；
- h) 将台车或类似传送装置开出加热炉；
- i) 将试验容器吊离台车或类似传送装置。

### 8.2.5 后处理

按照 8.1.6 条执行。

### 8.2.6 试验后检查

按照 8.1.7 条执行。

### 8.2.7 试验容器拆解

按照 8.1.8 条执行。

### 8.2.8 试验过程中异常情况处理

按照 8.1.9 条执行。

## 9 验收准则

### 9.1 基本考虑

9.1.1 验收准则由两部分组成，为试验验收准则和标准。

9.1.2 试验验收准则是容器安全性能限值（如：温度、损坏和泄漏等）。标准是为控制试验各个环节而规定的标准，包括试验容器的制造和检验、试验结果的测量、测量仪器的校准等相关标准。标准不直接决定试验结论的可接受性，但会影响试验的质量、可靠性，并最终影响试验结论的可接受性。

### 9.2 试验验收准则

#### 9.2.1 包容功能的验收准则

包容功能的验收准则为实际泄漏率低于允许的最大泄漏率，应通过试验来证实包容系统的泄漏率是否满足 GB 11806 规定的要求。设计人员可参照 GB/T 17230，选择适合于运输容器设计和试验的泄漏检验方法。对于内容物自身具备包容能力的运输容器（如装载特殊形式放射性物品运输容器），可制定其他适用的能证明运输容器包容条件的验收准则。

#### 9.2.2 屏蔽功能的验收准则

9.2.2.1 耐热试验后容器应进行屏蔽试验（若需要），其中对于 B 型和 C 型货包应保证在货包内装的放射性内容物达到所设计的最大数量时，距货包表面 1 m 处的辐射水平不会超过 10 mSv/h。

9.2.2.2 设计单位应针对运输容器特点、所用材料性能等因素提出更具体的屏蔽功能的验收要求。

#### 9.2.3 次临界功能的验收准则

9.2.3.1 含有易裂变材料内容物的次临界不得由于假想事故试验的后果而降质。在耐热试验结束时，应检查试验容器的变形和其它促使内容物次临界降质的变化，临界安全相关因素的变化应不超出设计单位拟申请取证的运输容器安全分析报告中临界评价计算假设。对有些试验容器，必须拆卸运输容器部件。如有临界安全相关因素的变化超出计算假设，则应重新对容器进行临界分析，并应采用成熟且被广泛应用验证过的计算机程序进行分析计算。

9.2.3.2 设计单位应针对运输容器特点、所用材料性能、有限元分析或理论分析结果等方面提出更具体的次临界功能的验收要求。

#### 9.2.4 容器各部件最高温度验收准则

容器各部件[包括铅屏蔽（若有）、中子屏蔽（若有）、密封材料或元件等]在耐热试验中测得最高温度应不高于其允许值。

### 9.3 标准

应规定以下试验相关环节的执行标准和限值：

- a) 试验容器制造；
- b) 试验容器检查/检验；
- c) 测量仪器校准。

试验容器应和产品容器使用相同的公差、规范和标准。

## 10 试验大纲、程序和报告

### 10.1 试验大纲

设计单位应在试验前编制试验大纲，试验大纲的主要内容包括但不限于：

- a) 总则：简要介绍试验大纲的使用范围和试验目的；
- b) 试验依据：列出试验依据的法规、标准和技术文件；
- c) 试验容器概述：介绍试验容器的结构、主要技术参数和模拟内容物情况；
- d) 试验项目：介绍容器耐热试验的试验方法（如池火或者炉式）；
- e) 测试要求：明确试验的场地和设备要求；
- f) 试验要求：明确具体试验要求和测点布置情况；
- g) 验收准则：明确试验容器的具体验收准则。

### 10.2 试验程序

试验单位试验前应依据试验大纲编制试验程序，试验程序的主要内容包括但不限于：

- a) 总则：简要介绍试验程序的使用范围和试验目的；
- b) 试验依据：列出试验依据的法规、标准和技术文件；
- c) 试验容器状态：详细介绍试验容器和模拟内容物情况；
- d) 试验项目：明确具体试验项目；
- e) 试验条件：明确试验条件及其选取原则；
- f) 测试项目及要求：明确试验需要测试的具体数据，以及测试要求；
- g) 试验场地和设备：明确试验场地和设备要求，以及试验设备和仪器的配置和校准情况；
- h) 试验程序：详细介绍试验的工作流程和步骤，包括传感器等的布置，试验的具体操作过程，试验前后的测量和检查，测量记录，试验后的性能试验，试验记录的保存，试验数据的处理和分析；
- i) 试验中断处理：明确试验中断条件及中断处理方法；
- j) 验收准则：根据试验类型和试验目的，给出详细的试验结果验收准则。

### 10.3 试验报告

试验单位应在试验后编制试验报告，试验报告的内容包括但不限于：

- a) 试验目的和试验依据；
- b) 内容物的名称、规格、型号、数量、质量等；
- c) 试验容器的数量；
- d) 试验容器的名称、结构、尺寸、质量和状态；
- e) 试验容器的试验项目；
- f) 详细说明试验容器的温度测点布置等；
- g) 试验场地和所用设备；
- h) 试验结果的记录，以及在试验中观察到的任何有助于正确解释试验结果的现象；
- i) 根据试验程序验收准则，给出试验结论；
- j) 试验日期、试验人员签字、试验单位盖章。