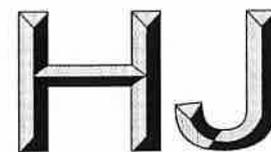


附件 2



# 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ□□□-202□

---

## 钢制乏燃料运输容器制造 通用技术要求

General Technical Requirements for Fabrication of Steel Spent Fuel Transport  
Cask  
(征求意见稿)

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

---

生 态 环 境 部

发布

---

# 目 次

前 言.....	11
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.....	1
5. 材料.....	2
6. 成形与组装.....	4
7. 焊接与无损检验.....	5
8. 验收试验.....	6
9. 容器出厂要求.....	8

---

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》，防治放射性物质污染，保障人体健康，保护环境，规范乏燃料运输容器的制造工作，制定本标准。

本标准规定了钢制乏燃料运输容器制造的材料、成形与组装、焊接与无损检验、验收试验、容器出厂的要求。

本标准首次发布。

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：中国核电工程有限公司。

本文件主要起草人：XX XX XX

本标准生态环境部 2000年00月00日批准。

本标准自 2000年00月00日起实施。

本标准由生态环境部解释。

---

# 钢制乏燃料运输容器制造通用技术要求

## 1. 适用范围

本标准规定了钢制乏燃料运输容器（以下简称“容器”）制造的材料、成形与组装、焊接与无损检验、验收试验、容器出厂的要求。

本标准适用于钢制乏燃料运输容器。

## 2. 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 11806 放射性物品安全运输规程

GB/T 1804 一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 17230 放射性物质安全运输货包的泄漏检验

GB/T 25778 焊接材料采购指南

## 3. 术语和定义

### 3.1 包容边界 containment boundary

在运输过程中，用于包容放射性物品的包装部件的组合物，是防止放射性物品漏失或弥散的物理屏障。

### 3.2 临界安全相关部件 criticality related components

在运输过程中，除包容边界以外的对容器临界安全可能产生影响的部件。

### 3.3 其他安全相关部件 other safety components

除包容边界和临界安全相关部件以外，实现容器其他安全相关功能的所有结构部件。

## 4. 总则

### 4.1 总则

容器在材料准备、加工以及验收试验过程中的相关活动，均应满足本文件的要求。

### 4.2 资质

容器的制造单位必须根据国务院562号令及HAF701的规定取得一类放射性物品运输容器制造许可证后，方可从事许可证规定范围内的制造活动。

### 4.3 设计变更申请和材料代用

制造单位对原设计的变更申请以及对所有零部件的材料代用申请，应事先取得原设计单位的书面批准，并在竣工图上做详细记录。

---

#### 4.4 质量保证

4.4.1 应制定符合 HAF003 的质量保证大纲并有效实施。

4.4.2 容器制造前，制造厂应提交容器质量计划，指明质量控制点、质量检查控制方法和需完成的试验。该质量计划经采购方和设计单位批准后方可实施。

4.4.3 制造厂应为所有不符合项编制书面报告，并按规定程序进行处理。

4.4.4 制造厂应按国务院 562 号令相关要求对每台容器进行编码。

#### 5. 材料

##### 5.1 一般原则

容器主要组成材料包括结构材料和功能材料两部分。材料的选取应满足设计文件的规定，与设计文件要求的任何偏离应提交容器设计单位批准。

##### 5.2 结构材料

###### 5.2.1 通用要求

对于包容边界和临界安全相关部件材料，除满足设计文件及相应标准要求外，还应满足 5.2 的补充要求；对于其他部件用材料，应满足设计文件的要求。

###### 5.2.2 热处理和交货状态

材料应按相应标准的规定以性能热处理状态交货。

对于奥氏体不锈钢材料，应在固溶处理后进行酸洗、钝化处理。在制造过程中，除焊接操作外，材料不得加热至 427°C 以上。

对于碳钢和合金钢部件，如果在后续加工制造过程中可能经受消除应力热处理，还应考核模拟焊后热处理后的性能，模拟焊后热处理保温时间至少是制造过程中可能进行的各个热处理保温时间总和的 80%。

###### 5.2.3 化学成分

材料的化学成分应符合相应标准的规定。每炉进行熔炼分析，每批进行成品分析。

熔炼分析和成品分析结果应符合相应标准的规定。

###### 5.2.4 力学性能

材料的力学性能应按批进行检查和验收。同一批材料至少应满足以下要求：相同牌号、相同冶炼炉号、相同规格及同炉热处理（或在连续式炉中进行连续热处理）。

当订货合同有要求时，材料按规定温度进行拉伸试验。

当材料需进行冲击试验时，应在规定的温度下进行冲击试验，冲击试验每批进行一次，冲击试验方法和验收要求应符合订货合同中的规定。

###### 5.2.5 重新热处理

如果一批材料的一项或几项力学性能不合格，可进行重新热处理，重新热处理的条件应在交工文件中注明。

重新热处理后应重新进行除化学成分和非金属夹杂物检验外的所有检验和试验。

重新热处理只允许一次。

###### 5.2.6 金相检验

当订货合同有要求时，材料应进行晶粒度和非金属夹杂物的检验。

---

金相检验数量、试验方法和验收准则应满足经容器设计单位批准的技术文件的要求。

### 5.2.7 表面质量检查

在制造和加工的各个阶段都应对材料表面进行检查。材料表面不允许存在有害缺陷。当对表面缺陷存在疑义时，可按5.2.8.2进行渗透或磁粉检验。

### 5.2.8 无损检验

#### 5.2.8.1 一般要求

对于包容边界和临界安全相关部件材料，应按5.2.8.2和5.2.8.3的规定进行无损检验。

#### 5.2.8.2 渗透检验或磁粉检验

除钢板外，应对加工到最终成品尺寸的零件进行渗透或磁粉检验，检测方法和验收准则等按NB/T 20328或其他等效标准的规定执行。

#### 5.2.8.3 超声检测

材料应按设计文件的要求在交货状态进行超声检测，检测方法和验收准则等除按NB/T 20328或其他等效标准的规定执行外，还应满足如下补充要求：

- (1) 对于所有锻件应进行100%超声检验；
- (2) 对于所有直径大于等于50mm的棒材需逐根进行100%超声检验；
- (3) 对于厚度大于等于12mm的钢板应进行100%超声检验，相邻探头的重叠部分应不小于10%。

## 5.3 功能材料

### 5.3.1 中子吸收材料

中子吸收材料应经过鉴定或具有良好的使用经验，证明其在容器运行条件下具有良好的物理和化学稳定性。

中子吸收性能应根据设计文件的要求采用中子衰减法或化学分析法进行测定。

### 5.3.2 屏蔽材料

$\gamma$ 射线屏蔽用铅的纯度应至少为99.97%。

中子屏蔽材料应经过鉴定具有良好的成形性能、耐辐照性能和耐热性能，材料中硼、氢等主要化学元素及材料的密度应满足设计文件的要求。

### 5.3.3 O型密封圈

O型密封圈在工作温度范围内应具有良好的稳定性，此外，密封圈还应具有良好的耐辐照性能和密封性能。

O型密封圈不得对容器其他部分产生不良影响。

### 5.3.4 减震材料

减震材料应采用经证明能够在GB11806中规定的正常及事故条件所涉及的相关冲击载荷下确保容器安全的材料。

## 5.4 材料复验

材料的复验应满足设计文件的要求。

---

## 6. 成形与组装

### 6.1 成形

制造单位应根据制造工艺确定加工余量，以确保容器重要零部件成形后的实际厚度不小于设计图样标注的最小成形厚度。

制造单位应按照设计文件规定的尺寸和公差进行加工制造。

在加工成形过程中采取措施防止对不锈钢材料产生污染。奥氏体不锈钢零件表面进行酸洗、钝化，需要焊接的零件，在焊接后对其焊缝及周围区域进行局部酸洗、钝化。

应对加工完成的零部件进行妥善保护，以免机加工表面产生划伤、碰伤等表面损伤。

湿法装料的容器所有外露表面的表面粗糙度不应大于Ra3.2，碳钢、低合金钢等表面涂漆的容器，其表面涂层应满足核电站中长期耐液体涂层的相关要求。

### 6.2 组装及其他

容器零部件的组装过程中不得强力进行对中、找平等。

如果任何明确标记在装配或机械加工过程中有可能被破坏，则应在此操作进行之后重新标记。

对于图纸上未注公差的线性尺寸的极限偏差，机加工尺寸按照GB/T 1804的m级精度，非机加工尺寸按c级精度。

### 6.3 屏蔽层制造

容器主要屏蔽层的制造应单独编制工艺文件对其加工过程和方法进行规定，应至少考虑以下内容：

- (1) 保证屏蔽层的致密性和均匀性；
- (2) 温度控制要求和测量；
- (3) 工艺顺序；
- (4) 通风系统等其他辅助设备；
- (5) 如采用灌铅方式制造 $\gamma$ 屏蔽层，还应满足第6.4中的规定。

### 6.4 灌铅程序

容器铅屏蔽层浇注前，制造厂需编制详细的浇注工艺，并应至少考虑以下内容：

- (1) 应确保容器主要零部件温度在灌铅全过程中不超过设计单位所规定的限值；
- (2) 防止内、外筒体不均匀变形的措施与操作程序；
- (3) 铅的等级和纯度的检查；
- (4) 加热、浇注和冷却装置的规定；
- (5) 操作顺序；
- (6) 预清洗工序；
- (7) 浇注方法和速度；
- (8) 预热和控制冷却方法；
- (9) 铅液及内、外筒体温度控制要求和监测；
- (10) 浇注和通风连接系统的详图等有关资料；
- (11) 铅的浇注过程为一次连续操作；
- (12) 当采用先搪铅后灌铅的工艺时，搪铅后应对贴紧面积进行超声波检查，贴紧面积

---

应不小于80%。

## 7. 焊接与无损检验

### 7.1 总体要求

容器的焊接和无损检验要求总体上应满足图纸和设计规格书的要求。

### 7.2 焊接要求

焊接方法推荐氩弧焊、焊条电弧焊、埋弧自动焊工艺方法进行焊接，使用其他焊接方法应事先报设计单位同意。不得使用药芯焊丝电弧焊。

### 7.3 焊接与无损检测人员

焊工和焊接操作工必须按照 HAF603 的规定取得相应资格证书，并按照 NNSA-HAJ-002-2019 进行技能评定。

无损检验人员必须依据 HAF602 的规定取得相应资格证书。

### 7.4 焊接材料

焊接材料的批次应满足 GB/T 25778 标准，其中焊条至少应满足 C3 级，焊芯应来自同一炉号。光焊丝应满足 S3 级。埋弧焊焊丝应满足 S3 级，焊剂应满足 F2 级，一批焊剂应与一批焊丝组合，在焊材制造和验收中组成不可分开的一组焊接材料。

对于碳钢、低合金钢、马氏体不锈钢或其他易产生延迟裂纹的钢种的焊接，应采用超低氢焊接材料。

当母材有要求时，焊接材料应进行相应的熔敷金属高温拉伸试验、冲击性能试验、腐蚀试验等，试验方法和验收准则应满足设计文件要求，在采购技术要求中应补充上述要求。

### 7.5 焊接工艺评定

焊接工艺评定的母材应进行验收，满足母材采购技术要求。

对于有硬度要求的母材，工艺评定焊接热输入覆盖范围的下限为试件热输入最小值。对于有冲击韧性要求的母材，工艺评定热输入覆盖范围的上限为试件热输入最大值。试验方法和验收准则应满足设计文件要求。

当母材有要求时，焊接工艺评定的试验项目应包括相应的高温拉伸试验、冲击性能试验、腐蚀试验等，试验方法和验收准则应满足设计文件要求。

定位焊缝若构成产品焊缝的一部分，则焊接工艺评定焊缝应包括定位焊缝。

焊接工艺评定试件应经过产品接头规定的无损检验，1级合格。

### 7.6 焊接

焊件应避免强行组对，允许的对口错边量应符合 NB/T20450 中 A 类焊接接头的规定。

奥氏体不锈钢的最高道间温度为 150℃。

对于奥氏体不锈钢，应对熔池和母材背面进行氩气保护以防止氧化。所有焊接工艺的背面气体保护应保持至获得至少 5mm 的金属厚度。根据焊接工艺不同，这个厚度可能增加，如埋弧焊。

定位焊缝焊接的所有要求均应与正式产品焊缝相同，定位焊缝头尾应打磨，使其圆滑均匀地过渡，以便于重新起弧，并保证接头根部完全焊透。若定位焊缝不构成焊接接头的一部分，在焊接之前或在焊接过程中应将定位焊缝清除掉，并保证全部清除干净。

---

在焊接和可能的热处理过程中，应保证不会超过容器制造过程中使用的任何材料的临界温度。不允许采用回火焊道技术。

在同一焊缝相同位置的返修不得超过2次。

对于埋弧焊，不允许焊剂循环使用。

### 7.7 无损检测

无损检测应满足NB/T20450.5的要求。

所有焊缝均应进行目视检查。不允许有毛刺、结疤、裂缝、气泡、刮痕、夹杂及缩孔痕迹等缺陷存在。

目视和尺寸检验、焊缝表面、错边量、焊缝的余高、角焊缝的形状应符合设计文件的要求，焊缝尺寸检验报告及各类无损检测报告应包含在完工报告中。

返修焊缝按照原焊缝相应要求验收。

当对奥氏体不锈钢焊接接头进行超声检测时，应制作对比试块。试块应与被检工件为同一炉材料、同样形状尺寸，采用相同的焊接材料和焊接工艺，并由焊接产品焊缝的焊工或焊接操作工进行，试块设计与超声检测工艺应报设计单位同意方可实施。

### 7.8 焊接见证件

应根据设计文件要求设置焊接见证件。

见证件一般应设置在产品纵缝延长段，要求同产品焊缝保持一致。见证件的力学性能取样、试验项目和方法与焊接工艺评定要求一致。见证件的无损检测要求和验收标准与相应产品焊缝相同。

焊接见证件的焊接记录、见证件试样取样位置图、无损检验报告、各项试验报告应汇集在一起形成一份《焊接见证件报告》，作为出厂资料提交。

## 8. 验收试验

### 8.1 总体要求

容器在组装、检验合格后，应按设计文件在制造厂内进行验收试验。试验应严格按照设计单位及采购方批准后的程序执行。

### 8.2 $\gamma$ 屏蔽试验

应采取扫描或逐点测量的方式验证容器 $\gamma$ 屏蔽性能是否满足设计要求。性能测试规程应至少包含以下内容：

- (1) 灌铅空间的尺寸控制；
- (2) 测量技术（包括电子元器件）；
- (3) 试验用源的类型和强度信息；
- (4) 用于校准源、传感器和其他相关设备的标准和方法；
- (5) 用于屏蔽检测的网格类型信息；
- (6)  $\gamma$ 传感器类型信息；
- (7) 测试要求；
- (8) 测试方法；
- (9) 验收准则。

---

### 8.3 提升装置载荷试验

每一对提升装置都应按照如下方法分别进行载荷试验。

(1) 配对使用的提升装置共同承受3倍的最大提升载荷，载荷应平均分布在提升装置与试验工装接触面上；

(2) 试验时容器盖应用螺栓紧固在容器上，载荷应保持10分钟；

(3) 目视检查不允许有变形，试验前、后均应对提升装置及其接合部位按7.7进行相应的无损检测。

### 8.4 翻转装置载荷试验

每一对翻转装置都应按照如下方法分别进行载荷试验。

(1) 配对使用的翻转装置共同承受1.5倍的最大翻转载荷，载荷应平均分布在翻转装置与试验工装接触面上；

(2) 试验时容器盖应用螺栓紧固在容器上，载荷应保持10分钟；

(3) 目视检查不允许有变形，试验前、后均应对提升装置及其接合部位按7.7进行相应的无损检测。

### 8.5 压力试验

容器包容边界及容器整体全部制造完成后，应分别进行压力试验。如采用水压试验，其试验压力应不小于设计压力的1.25倍；如采用气压试验，其试验压力应不小于设计压力的1.15倍。压力保持30分钟。

压力试验的压力表量程应约为试验压力的2倍，不应低于1.5倍且不高于3倍，精度不得低于1.6级，表盘直径不得小于100mm。

### 8.6 排水试验

采用湿法装卸料的容器，应进行排水试验。

将容器竖直放置并充满水，盖上容器盖，拧紧连接螺栓。使用容器配套的进气排水装置进行排水操作。整个排水过程应流畅，并满足设计文件要求。

### 8.7 真空干燥试验

如8.6节所述完成排水试验后，按设计要求进行真空干燥试验。试验应能在设计文件中规定的时间内完成真空干燥试验，达到规定的真空度。

### 8.8 密封性能试验

密封性能试验应按照GB/T 17230进行。

包容边界焊接完成后，应对容器包容边界焊缝按7.7进行无损检测，合格后应对包容边界进行氦检漏试验。

容器整体制造完成后，应对容器整体进行氦检漏试验。测试范围应至少包括：容器包容焊接件、容器内盖及其内道密封圈、进气排水口等其他包容边界贯穿件密封盖及其内道密封圈。

测量仪器的精度应与验收准则匹配。

如有泄漏，应确认发生泄漏的部位，制造厂应编制处理方案并经设计单位书面同意后方可进行处理，处理后需重新进行试验。

---

## 8.9 热传导试验

每批次相同制造工艺的容器中应选择至少一台容器进行热传导试验。该试验应考虑以下内容：

(1) 试验实际环境温度低于设计最高环境温度时，应将测量值修正至最高环境温度时的结果；

(2) 加热装置的功率控制应使该试验能模拟容器正常运输状态下的设计基准参数进行；

(3) 温度测量装置的布置；

(4) 各测点的温度限值设定应满足设计文件要求。

如该台容器试验不合格，则该批容器应逐台进行热传导试验。

## 8.10 模拟燃料组件在贮腔中的抽插试验

装入容器的吊篮，应采用模拟燃料组件对所有贮腔进行抽插试验（100%检查）。模拟燃料组件应能顺利无阻碍地通过贮腔全长。模拟燃料组件的截面以及长度均应不小于所要装载的燃料组件尺寸。模拟燃料组件的截面以及长度均应不小于所要装载的燃料组件尺寸，并适当考虑乏燃料组件的肿胀变形。

## 8.11 部件功能试验

### 8.11.1 阀

应对泄压阀进行动作试验，用以确保阀在指定压力下可以正常工作。

### 8.11.2 可拆卸零部件

容器上所有可拆卸零部件应进行装卸试验，以确保功能正常。

### 8.11.3 减震部件

减震部件在正常条件下应妥善密封以确保减震材料的性能，如为焊接密封结构，则其焊缝应按设计文件要求进行气密性试验，用以验证其焊接完整性。

## 9. 容器出厂要求

### 9.1 出厂资料

制造单位应向采购方提供以下出厂资料：

(1) 质量保证大纲和质量计划；

(2) 材料质量证明及入厂复验相关文件（包括母材、焊材、其它材料及外购件）；

(3) 焊接过程相关文件：

a. 母材质量合格证书及验收报告；

b. 焊接材料质量合格证书；

c. 焊接材料验收报告；

d. 焊接数据包；

e. 焊接工艺评定报告及相应的焊接工艺规程编号；

f. 焊工或焊接操作人员资质；

g. 无损检验人员资质；

h. 产品焊接记录；

i. 焊接接头热处理报告（若有）；

- 
- j.焊接接头无损检验报告;
  - k.产品焊接见证件报告 (若有);
  - l.焊缝返修记录和检验结果报告 (若有);
  - m.不符合项处理报告 (若有)。

- (4) 无损检测相关报告及人员资质证明;
- (5) 容器所有过程试验及验收试验报告;
- (6) 设备最终尺寸检查报告;
- (7) 设计变更申请单;
- (8) 设计变更通知单及签署的有效技术联系单;
- (9) 竣工图;
- (10) 灌铅工艺评定报告 (采用灌铅工艺的容器);
- (11) 灌铅记录 (采用灌铅工艺的容器);
- (12) 装箱清单。

## 9.2 产品铭牌

容器的铭牌应固定于明显的位置, 铭牌应包括如下内容:

- (1) 容器名称、型号;
- (2) 所有者;
- (3) 容器编号;
- (4) 设计许可证编号;
- (5) 制造许可证编号;
- (6) 制造厂;
- (7) 制造日期;
- (8) 设计单位;
- (9) 容器质量;
- (10) 外形尺寸;
- (11) 货包类型;
- (12) 内容物;
- (13) 最大放射性活度。

## 9.3 清洁、包装和运输

设备内、外表面按照NB/T20001《压水堆核电站核岛机械设备制造规范》A1级清洁表面进行清洗、包装, 并按订货合同的要求进行运输。