

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1202—2021

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

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。

2021-11-13 发布

2021-12-01 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 总则	1
5 材料复验、分割与标志移植.....	2
6 成形与组装	2
7 焊接	3
8 试验	5
9 容器出厂要求.....	7
附录 A（资料性附录） 典型钢制乏燃料运输容器.....	9



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》，防治放射性物质污染，保障人体健康，保护生态环境，规范乏燃料运输容器的制造活动，制定本标准。

本标准规定了钢制乏燃料运输容器材料、成形与组装、焊接与无损检验、试验，以及容器出厂等制造要求。

本标准的附录 A 为资料性附录。

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：中机生产力促进中心、中国核电工程有限公司。

本标准生态环境部 2021 年 11 月 13 日批准。

本标准自 2021 年 12 月 1 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”）材料、成形与组装、焊接与无损检验、试验，以及容器出厂等制造要求。

本标准适用于钢制乏燃料运输容器的制造。

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文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 1184—1996	形状和位置公差未注公差值
GB/T 1804—2000	一般公差未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 15219	放射性物质运输包装质量保证
GB/T 17230	放射性物质安全运输货包的泄漏检验
GB/T 25778—2010	焊接材料采购指南
NB/T 20001—2010	压水堆核电站核岛机械设备制造规范
NB/T 20450—2017	压水堆核电站核岛机械设备焊接另一规范
HAF602	民用核安全设备无损检验人员资格管理规定
HAF603	民用核安全设备焊接人员资格管理规定
NNSA-HAJ-0002-2019	民用核安全设备焊工焊接操作工技能评定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

包容边界 containment boundary

设计者指定的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 safety components

设计者指定的对容器临界安全可能产生影响的部件。

4 总则

4.1 总体要求

制造单位应在制造活动开始前，依据容器设计文件及相关标准要求编制制造工艺文件，并严格执行。制造过程涉及的特种工艺（如灌铅、中子屏蔽灌装等），应进行工艺试验或工艺评定。典型容器结构参

HJ 1202—2021

见附录 A。

4.2 变更申请和材料代用

制造单位对原设计文件的变更以及对所有零部件的材料代用均应书面提出，取得原设计单位的书面许可，并在竣工图上做详细记录。

4.3 质量保证

4.3.1 容器的质量保证相关内容应满足 GB/T 15219 的相关要求。

4.3.2 应制定质量保证大纲并有效实施。

4.3.3 容器制造前，制造单位应编制容器质量计划，质量计划应包括质量控制点、质量检查控制方法和需完成的试验。

4.3.4 制造单位应对所有不符合项进行分级分类管理，并按经设计单位审查通过的不符合项处理程序进行处理。

4.3.5 制造单位应对每台容器进行编码。

5 材料复验、分割与标志移植

5.1 材料复验

5.1.1 对于下列材料应进行复验：

- 1) 包容边界部件用材料；
- 2) 临界安全相关部件用结构材料；
- 3) 设计文件中要求进行复验的其他材料。

5.1.2 材料的复验要求及结果应符合设计文件的要求（如钢材、中子吸收、中子屏蔽材料等）。

5.2 材料分割

材料分割可采用冷切割或热切割方法。当采用热切割方法分割材料时，应清除表面熔渣和影响制造质量的表面层。

5.3 材料标志移植

对于设计文件中有可追溯要求的部件用材料，在制造过程中，如原标志被裁掉或材料分成几块时，制造单位应规定标志的表达方式，并在材料分割前完成标志的移植。

对于不锈钢板，不应采用硬印标记。

6 成形与组装

6.1 冷、热加工成形

6.1.1 应采用经过试验或评定的冷、热加工成形工艺。

6.1.2 制造单位应根据制造工艺确定加工余量，并按照设计文件规定的尺寸和公差（包括形位公差）进行加工制造，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。

6.1.3 未注公差的线性尺寸的极限偏差：机加工尺寸按照 GB/T 1804—2000 的 m 级精度执行，非机加工尺寸按 c 级精度执行。未注形位公差按照 GB/T 1184—1996 规定，机加工按 K 级精度，焊接按 L 级

精度。

6.1.4 对于筒体、封头（端部、底部）等主要零部件的主体形状、焊接坡口、焊缝等的加工成形应满足设计文件的相关要求。

6.1.5 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，在焊接后进行酸洗、钝化。

6.1.6 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。

6.1.7 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，其表面涂层应满足相关核设施中长期耐腐蚀涂层的相关要求。

6.2 零部件组装

6.2.1 容器零部件的组装过程中不得强力进行对中、找平等。

6.2.2 如果任何明确的标识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进行标识。

6.3 屏蔽层制造

制造单位应单独编制容器主要屏蔽层的工艺文件用以对其加工过程和方法进行规定和控制，工艺文件应至少考虑以下内容：

- a) 保证屏蔽层的致密性和均匀性；
- b) 工艺顺序；
- c) 对于需要浇注的屏蔽材料，应按设计图纸的要求浇注等尺寸模拟件，浇注过程中应考虑液体粘度和密度的控制，浇注后应检验材料的致密性，以确保在材料中不会形成开裂和空穴等缺陷；
- d) 如采用灌铅方式制造 γ 屏蔽层，其工艺至少考虑以下内容：
 - 1) 应对温度进行有效控制，确保在灌铅全过程中所有零部件的温度升高不会影响其材料的安全性能（如奥氏体不锈钢的温度不得超过其敏化温度）；
 - 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，铅液及内、外筒体温度控制要求和测量；
 - 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) 浇注和通风连接系统的详图等有关资料；
 - 10) 铅的浇注过程为一次连续操作；
 - 11) 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

7.1 一般规定

容器的焊接和无损检验要求应满足图纸和设计规格书的要求。

7.2 焊接要求

推荐采用氩弧焊、焊条电弧焊、埋弧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 人员资质

7.3.1 焊工和焊接操作工应按照 HAF603 的规定取得相应资格证书，并按照 NNSA-HAJ-0002-2019 进行技能评定。

7.3.2 无损检验人员应依据 HAF602 的规定取得相应资格证书。

7.4 焊接材料

7.4.1 焊接材料应按批验收，批次应满足 GB/T 25778—2010 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，在焊接材料制造和验收中组成不可分开的一组焊接材料。

7.4.2 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。

7.4.3 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

7.5.1 焊接工艺评定的母材应进行验收，满足产品母材采购技术要求。

7.5.2 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。

7.5.3 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。

7.5.4 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。

7.5.5 焊接工艺评定试件应经过产品接头规定的无损检验并验收合格。

7.5.6 焊接工艺评定可参照 NB/T 20450—2017 系列标准或其他等效标准执行。

7.6 产品焊接

7.6.1 焊件应避免强行组对，允许的对口错边量应符合 NB/T 20450—2017 中 A 类焊接接头的规定。

7.6.2 奥氏体不锈钢的最高道间温度为 150 ℃。

7.6.3 对于奥氏体不锈钢，应对熔池以及母材背面进行氩气保护，直至获得至少 5 mm 金属厚度。根据焊接方法不同，这个厚度可能增加。

7.6.4 定位焊缝焊接的所有要求均应和正式产品焊缝相同。应在完成其功能后完全清除定位焊缝，或采用打磨或其他合适的方法对定位焊缝两端进行适当修整，以使其能良好地熔入最终焊缝。对于熔入最终焊缝的定位焊缝，应进行目视检查，对有缺陷的定位焊缝应去除。

7.6.5 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。

7.6.6 在同一焊缝相同位置的返修不得超过 2 次。对于超过上述规定次数的焊缝返修，应事先取得设计单位的认可。

7.6.7 对于埋弧焊，不允许焊剂循环使用。

7.7 外观、尺寸检查及无损检验

7.7.1 所有焊缝均应进行外观、尺寸检验。焊缝表面质量、错边量、余高、角焊缝的形状应符合设计文件的要求，焊缝不允许有咬边。

7.7.2 无损检验项目和验收要求应满足设计文件以及 NB/T 20450—2017 或其他等效标准的要求。

7.7.3 当对奥氏体不锈钢焊接接头进行超声检验时，应制作对比试块，试块设计与超声检验工艺应经设计单位同意方可实施。

7.7.4 返修焊缝按照原焊缝相应要求验收。

7.8 焊接见证件

7.8.1 应根据设计文件要求设置焊接见证件。

7.8.2 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、试验项目和方法与产品焊接工艺评定标准要求一致。见证件的无损检验要求和验收标准与相应产品焊缝相同。

7.8.3 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 试验

8.1 一般规定

应通过在制造过程中和组装、检验合格后的相关试验对容器的功能及安全性能进行验证。具体的试验内容应由设计单位及采购方进行规定，且应严格按照设计单位及采购方批准后的程序执行。如试验包括以下相关内容，制造单位可参照执行。

8.2 γ 屏蔽试验

应采取扫描或逐点测量的方式验证容器 γ 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：

- a) 灌铅空间的尺寸控制（当采用灌铅工艺时）；
- b) 测量技术（包括电子元器件）；
- c) 放射源的类型和强度信息；
- d) 用于校准源、传感器和其他相关设备的标准和方法；
- e) 用于屏蔽检验的网格类型信息；
- f) γ 传感器类型信息；
- g) 测试要求；
- h) 测试方法；
- i) 验收准则。

8.3 提升装置静载试验

每一对提升装置均应按照如下方法分别进行静载试验：

- a) 试验时容器盖应用螺栓紧固在容器上，配对使用的提升装置共同承受 3 倍的最大提升载荷，载荷应平均分布在各提升装置与试验工装接触面上；
- b) 载荷应保持 10 分钟；

HJ 1202—2021

- c) 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 节的要求进行相应的表面无损检验。

8.4 翻转装置静载试验

每一对翻转装置均应按照如下方法分别进行静载试验:

- a) 试验时容器盖应用螺栓紧固在容器上, 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;
- b) 载荷应保持 10 分钟;
- c) 目视检查不允许有变形, 试验前、后均应对翻转装置及其接合部位按 7.7 节的要求进行相应的表面无损检验。

8.5 压力试验

8.5.1 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。

8.5.2 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 100 mm。

8.5.3 不允许容器盖和孔盖出现渗漏。试验完成后, 将容器主要包容边界烘干, 并做目视检查, 所有与内腔有关的焊缝按 7.7 节的要求进行表面无损检验并满足设计文件要求。

8.6 排水试验

8.6.1 采用湿法装卸料的容器, 应进行排水试验。

8.6.2 将容器竖直放置并充水(建议将内腔充满水), 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

按 8.6 节所述完成排水试验后, 按设计文件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

8.8.1 密封性能试验应按照 GB/T 17230 进行。

8.8.2 包容边界焊接完成后, 应对容器包容边界焊缝按 7.7 节的要求进行表面无损检验, 合格后应对包容边界进行氦检漏试验。

8.8.3 容器整体制造完成后, 应对容器全面进行氦检漏试验。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。

8.8.4 测量仪器的精度应与验收准则匹配。

8.8.5 如有泄漏, 应确认发生泄漏的部位, 制造单位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。

8.8.6 非包容边界的密封性能试验应根据设计文件进行。

8.9 热传导试验

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

- a) 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;

- b) 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；
- c) 温度测量装置的布置；
- d) 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不应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：

- a) 质量保证大纲和质量计划；
- b) 材料质量证明及入厂复验相关文件（包括母材、焊接材料、中子吸收材料、中子屏蔽材料、其它材料及外购件）；
- c) 焊接过程相关文件：
 - 1) 母材质量合格证书及验收报告；
 - 2) 焊接材料质量合格证书及验收报告；
 - 3) 焊接数据包；
 - 4) 焊接工艺评定报告及相应的焊接工艺规程编号；
 - 5) 焊工或焊接操作人员资质及技能评定记录；
 - 6) 产品焊接记录；
 - 7) 焊接接头热处理报告（若有）；
 - 8) 焊接接头外观、尺寸、无损检验报告；
 - 9) 产品焊接见证报告（若有）；
 - 10) 焊缝返修记录和检验结果报告（若有）。
- d) 容器所有过程试验及验收试验报告；
- e) 设备最终尺寸检查报告；

HJ 1202—2021

- f) 变更申请单及相应的批复文件；
- g) 不符合项处理报告（若有）；
- h) 竣工图；
- i) 灌铅工艺评定报告（采用灌铅工艺的容器）；
- j) 灌铅记录（采用灌铅工艺的容器）；
- k) 其他特殊工艺评定报告（若有）；
- l) 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：

- a) 容器名称、型号；
- b) 所有者；
- c) 容器编码；
- d) 制造单位；
- e) 制造日期；
- f) 设计单位；
- g) 容器质量；
- h) 外形尺寸；
- i) 货包类型；
- j) 内容物；
- k) 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/T 20001—2010 中 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。

附录 A
(资料性附录)
典型钢制乏燃料运输容器

典型钢制乏燃料运输容器由容器本体及两端的减震器组成（见图 A.1），容器本体主要由容器盖、筒体、吊篮、提升装置、翻转装置组成（见图 A.2）。主要结构的材料及试验内容见表 A.1。

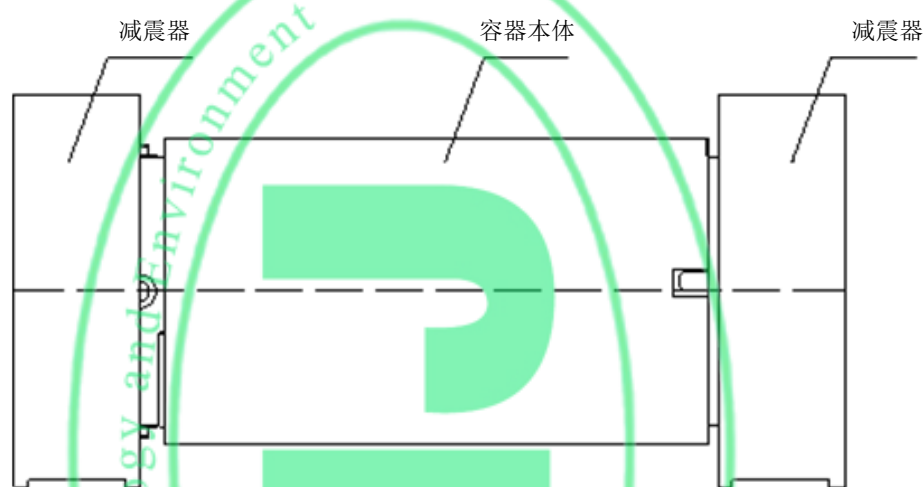


图 A.1 典型钢制乏燃料运输容器示意图

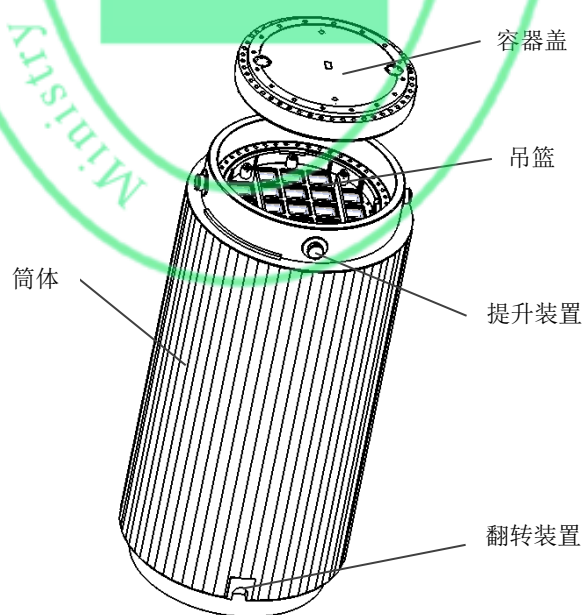


图 A.2 典型钢制乏燃料运输容器容器本体示意图

表 A.1 典型乏燃料运输容器主体结构材料及试验内容

部件名称	主要组成材料	所需试验内容	
筒体	钢、铅等	γ 屏蔽试验 (8.2) 压力试验 (8.5) 密封性能试验 (8.8)	排水试验 (8.6) 真空干燥试验 (8.7) 热传导试验 (8.9)
吊篮	不锈钢、中子吸收材料等	抽插试验 (8.10)	
减震器	木材、蜂窝铝等	功能试验 (8.11.3)	
提升装置	高强钢材	提升装置静载试验 (8.3)	
翻转装置	高强钢材	翻转装置静载试验 (8.4)	

