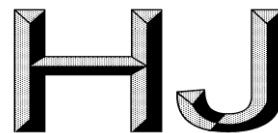


附件



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ□□□□—202□

放射性物品运输容器提升和栓系 装置安全要求

Safety requirements of lifting and retention devices for shipping cask
used to transport radioactive material
(征求意见稿)

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

生 态 环 境 部 发 布

目 次

前 言 III

1 适用范围..... 2

2 规范性引用文件..... 2

3 术语和定义..... 2

4 设计 3

 4.1 总则..... 3

 4.2 设计要求..... 3

 4.3 设计分析方法..... 4

 4.4 材料要求..... 4

 4.5 设计载荷..... 5

5 制造 6

 5.1 制造和装配..... 6

 5.2 制造和装配过程中的检验..... 6

 5.3 验收试验..... 7

6 维修维护..... 7

 6.1 概述..... 7

 6.2 定期检查..... 7

 6.3 定期试验..... 8

 6.4 更换部件和维修..... 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》，防治放射性物质污染，保障人体健康，保护生态环境，规范放射性物品运输容器提升和栓系装置的安全要求，制定本标准。

本标准是与《放射性物品安全运输规程》（GB 11806）配套的标准，规定了放射性物品运输容器提升和栓系装置的设计、制造、验收和维修维护等安全要求。

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、中广核铀业发展有限公司

本标准由生态环境部 20xx 年 x 月 x 日批准。

本标准自 20xx 年 x 月 x 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求

1 适用范围

本标准规定了放射性物品运输容器（以下简称容器）提升和栓系装置的设计、制造、验收和维修维护等安全要求。

本标准适用于容器提升和栓系装置的安全设计与评价。

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，仅限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 11806	放射性物品安全运输规程
HJ 1187	放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容
HJ 1201	放射性物品运输容器防脆性断裂的安全设计指南
NB/T 20450	压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范
GB/T 3811	起重机设计规范

3 术语和定义

下列术语、符号和定义适用于本标准。

3.1

提升装置 lifting devices

容器上专门设计用于搬运容器的承载装置，如：耳轴系统。

3.2

栓系装置 retention devices

和货包本体连接的用于将货包固定在运输工具上的装置。

3.3

承载部件 load-bearing member

容器提升装置承载时，应力状态发生变化的部件。

3.4

双承载路径提升系统 dual-load-path hoisting system

提升装置提升容器的两条不同承载路径，每条路径都能够提升容器，两条路径同时工作时，容器不会因单个部件失效导致其发生不受控制的移动。

3.5

最大提升质量 maximum lifting mass

提升过程中由提升装置承载的容器最大质量。

3.6

运输总质量 total transporting mass

运输过程中由栓系装置承载的货包最大质量。

3.7

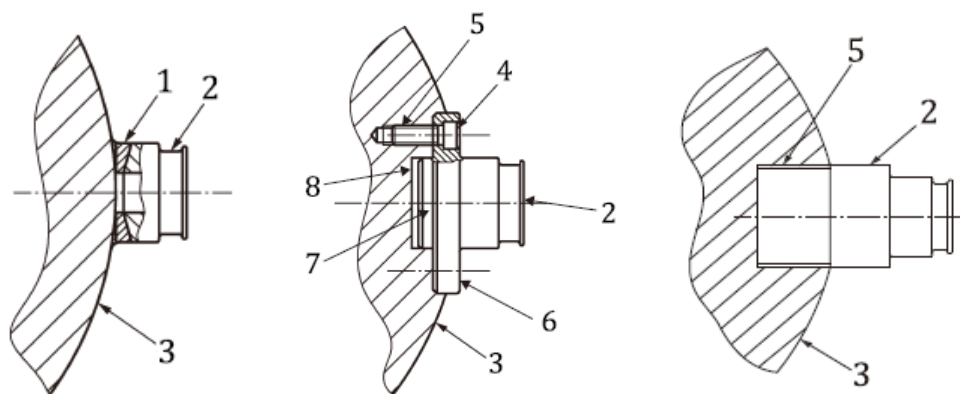
应力设计系数 stress design factor

材料的许用应力与实际承受应力之比。

4 设计

4.1 总则

4.1.1 提升和栓系装置可通过焊接、过盈配合、螺栓连接、螺纹连接或这些方法的组合与容器本体固定。



a) 焊接耳轴

b) 可拆卸耳轴（螺栓连接）

c) 可拆卸耳轴（螺纹连接）

1-焊缝；2-耳轴；3-容器本体；4-连接螺栓；

5-容器本体螺纹；6-可拆卸耳轴底板；7-可拆卸耳轴的承剪段；8-容器外壳

图 4.1.1-1 提升和栓系装置示例

4.1.2 设计单位应根据需要确定提升和栓系装置表面粗糙度要求，除非必要，否则结构应避免孔洞、空腔，保证截面连续性，便于去污冲洗。

4.1.3 提升和栓系装置的设计应保证在 GB 11806 规定的温度范围内使用，应特别考虑热应力的影响。

4.1.4 设计的提升装置应确保将容器重量均匀分布在所有承载连接点上。

4.1.5 容器栓系装置应满足 GB 11806 第 7.3.2 条的要求。

4.1.6 有色金属或合金钢，如铝、不锈钢或镍合金，除非采购方指定，否则不得涂装。

4.1.7 在与采购方指定的去污材料兼容的情况下，经采购方同意时，设计单位可指定镀锌、镉、铬或镍层。

4.1.8 对于螺栓固定的提升和栓系装置，需要规定螺栓拧紧顺序和拧紧力矩，直至最终拧紧。

4.2 设计要求

4.2.1 非乏燃料容器提升装置

非乏燃料容器提升装置应对每条承载路径的承载能力进行评价，每条承载路径承载部件承受最大提升质量的三倍载荷时，不应导致总剪应力或最大拉应力超过其结构材料的屈服强度；承受最大提升质量的五倍载荷时，不应导致总剪应力或最大拉应力超过其结构材料的抗拉强度。

当使用屈服强度超过其抗拉强度 80%的材料时，每种提升工况都应特殊考虑，在这种

情况下，设计单位应确保材料具有足够的断裂韧性。

4.2.2 乏燃料容器提升装置

4.2.2.1 采用增大应力设计系数的单承载路径提升装置，其承载部件的设计至少应为非乏燃料容器单承载路径提升装置正常应力设计系数的两倍。即：单承载路径承载部件承受最大提升质量的六倍载荷时，不应导致总剪应力或最大拉应力超过其结构材料的屈服强度；承受最大提升质量的十倍载荷时，不应导致总剪应力或最大拉应力超过其结构材料的抗拉强度。

4.2.2.2 双承载路径提升系统应提供两条独立且不同的承载路径，如果一条路径失效，第二条路径应继续保持将容器搬运至指定区域。

4.2.2.3 双承载路径提升系统的设计应使每条承载路径承载部件支撑三倍最大提升质量时，不导致总剪应力或最大拉应力超过其结构材料的屈服强度；承受最大提升质量的五倍载荷时，不导致总剪应力或最大拉应力超过其结构材料的抗拉强度。同时考虑由于一条承载路径失效而造成冲击载荷的情况下，应力也不超过材料的屈服强度。

4.2.2.4 如果双承载路径之一失效，容器的重量会从一条承载路径转移到另一条承载路径，任何预期的应力增加都应在所有部件应力设计限制范围内。

4.2.3 栓系装置

栓系装置必须能够承受常规运输条件下的最大力，并且在货包任何材料上产生的应力不超过其屈服强度。

4.2.4 脆性断裂

除非免除评价，否则当材料、焊缝、热影响区在低温下易发生脆性断裂时，应按照 HJ 1201 进行防脆性断裂评价。

4.2.5 疲劳强度

4.2.5.1 寿期内需要多次提升、运输的容器，应考虑循环应力引起的疲劳效应。

4.2.5.2 疲劳分析时应考虑峰值应力、局部结构不连续等造成的疲劳强度减弱，以及所用材料的设计疲劳曲线。

4.2.5.3 在假定可能疲劳失效的情况下，设计时应考虑定期对提升和栓系装置进行无损检验的可行性，并在容器维修大纲中规定适当的检验试验方法。

4.3 设计分析方法

4.3.1 提升和栓系装置的设计分析应包括强度分析和疲劳分析。如有必要，应考虑脆性断裂和结构稳定性等问题。

4.3.2 设计分析方法有以下几种：

- a) 解析法；
- b) 有限元分析；
- c) 二者的结合。

4.4 材料要求

4.4.1 提升和栓系装置的材料应避免腐蚀，包括应力腐蚀开裂，需要注意包括但不限于以下事项：

- a) 装载环境;
 - b) 运输或贮存期间的环境条件;
 - c) 螺栓润滑脂、密封剂;
 - d) 原电池反应;
 - e) 和易受应力腐蚀开裂材料(如不锈钢)的接触材料(胶带、记号笔、液体渗透剂等)
- 中所含总氯化物应少于 250ppm。

4.4.2 建议提升和栓系装置采用耐腐蚀钢。如果采用碳钢为基体的不锈钢堆焊层,堆焊层不承担结构强度。

4.4.3 如果提升和栓系装置使用铁素体钢,必须确保材料具有足够的延展性和韧性。

4.4.4 应考虑提升和栓系装置与容器接口配合和材料的兼容性,最大程度减小零部件装配引起的表面不相容,如咬死。

4.4.5 如果需要对提升和栓系装置材料进行断裂力学分析,应规定材料的断裂韧度,如 K_{IC} 。

4.4.6 如果需要对提升和栓系装置材料进行晶间腐蚀试验,设计单位应规定试验相关要求。

4.5 设计载荷

4.5.1 提升装置载荷

设计单位可以考虑在容器上使用不同数量的承载部件,以满足不同的提升要求。当四个(或更多)承载部件共同受力时,在没有正当理由的情况下,应认为载荷仅由两个对角的承载部件承担。

设计单位应确定所有可能允许的提升工况,并对工况进行定义,包括:

- a) 最大载荷;
- b) 载荷方向;
- c) 部件承载面积;
- d) 承载部件数量。

4.5.2 栓系装置载荷

设计单位可以考虑在容器上使用不同数量的承载部件,以满足不同的运输要求。

设计单位应考虑运输过程中所有合理可预见的容器装载方向,以确定最严苛的载荷组合,并应对每个载荷工况进行定义,包括:

- a) 最大载荷;
- b) 载荷方向;
- c) 部件承载面积;
- d) 承载部件数量。

施加的最大载荷应为货包最大质量乘以 HJ 1187 附录 A 表 A.1 中的加速度因子。在充分论证的条件下,也可使用其它加速度因子,同时也需要考虑重力加速度的影响。

4.5.3 疲劳分析的载荷循环

设计单位应考虑到,由于运输、提升或两者结合时的循环应力引起的疲劳效应,疲劳分析应考虑提升和栓系装置的使用寿命以及运输、提升操作的载荷组合。

由于不可能规定通用的有效载荷周期,因此必须根据所要求的运输方式以及预计运输周

期和次数来确定。除了实验测定运输周期外，还可参考已公布的测量数据。

4.5.4 螺栓预应力

如果提升和栓系装置含有螺栓，应根据螺栓连接类型和受力方式，考虑螺栓的最小预紧力，以避免在操作过程中螺栓的松动和滑动。螺栓的预紧力会因装配方法、温度变化等因素不同。

5 制造

5.1 制造和装配

5.1.1 在研磨、切割或用钢丝刷刷不锈钢时，应注意工具是兼容性材料，不携带可能附着或嵌入不锈钢表面的外来金属。

5.1.2 不锈钢热切割时，禁止使用铁粉，以防止不锈钢成分被污染。

5.1.3 对于焊接的提升和栓系装置，应规定所有基体材料和填充金属，焊接工艺评定可参照 NB/T 20450 系列标准或其他等效标准执行。

5.1.4 初始制造后不进行定期检查或拆卸的机械接头四周应进行密封焊接。

5.1.5 提升和栓系装置表面涂层应满足设计单位规定的设计制造要求。

5.1.6 必须标记的材料应采用不会导致有害污染或明显不连续的方法进行标记。如果设计规范不禁止冲压，则应通过钝头连续点或钝头间断点模具冲压完成。

5.2 制造和装配过程中的检验

5.2.1 尺寸和外观检查

应对提升和栓系装置进行检查，以确保符合设计图纸要求，包括但不限于以下内容：

- a) 特征尺寸和公差；
- b) 表面粗糙度；
- c) 螺栓和螺纹孔的螺纹测量。

5.2.2 无损检验

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

5.2.2.2 在进行任何重要制造之前，应对所有材料进行内部缺陷检验。如果在制造过程中进行热处理，则应在之后进行无损检验。

5.2.2.3 如果需要，应在最终机加工后对栓系和提升装置组件进行进一步的 PT 或 MT 检验。

5.2.2.4 对于通过焊接连接的提升和栓系装置，在焊接过程中应进行分层 PT 检验，在完成焊接或任何涉及热的后续处理工艺（如：消除应力、灌铅）后，应对焊缝和热影响区进行 UT 检验，如果无法进行 UT 检验，连接焊缝和热影响区表面都应进行 PT 或 MT 检验。

5.3 验收试验

5.3.1 非乏燃料容器提升装置验收试验

5.3.1.1 静载试验

- a) 每一条承载路径应承受至少 1.5 倍的最大提升质量。
- b) 将容器提升到规定位置后载荷保持时间不低于 10 分钟。
- 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照 5.2.2.1 节进行相应的表面 PT 或 MT 检验。
- d) 对于螺栓连接的提升装置，应在静态载荷试验后重新检查螺栓的拧紧力矩。

5.3.1.2 动载试验

- a) 根据 GB/T 3811 的要求，每一条提升路径应承受至少 1.1 倍的最大提升质量。将容器往复提升 3 次，每次提升行程不小于 2.5m，提升速度不小于 12m/min。
- b) 目视检查时不允许有变形，试验前、后均应对提升装置及其接合部位按照 5.2.2.1 节进行 PT 或 MT 检验。

5.3.2 乏燃料容器提升装置验收试验

乏燃料容器验收试验应按照下列之一进行：

- a) 如设计单位按照 4.2.2.1 节进行设计，验收试验应按照 5.3.1.1 节进行，但试验载荷应为最大提升质量的 3 倍。
- b) 如设计单位按照 4.2.2.2 节进行设计，验收试验应按照 5.3.1.1 节进行，其中，双承载路径提升系统中的每条路径均应单独进行试验，试验载荷等于最大提升质量的 1.5 倍。

6 维修维护

6.1 概述

- 6.1.1 维护应包括定期检查、定期试验、零部件更换或维修。
- 6.1.2 设计单位应编制维修大纲，并按照维修大纲对提升和栓系装置进行维护。
- 6.1.3 设计单位应确保环境、材料和应力组合不会造成提升和栓系装置应力腐蚀开裂，如无法避免，设计单位应规定检查和维修要求。

6.2 定期检查

- 6.2.1 应检查提升和栓系装置表面，以确保其满足设计要求，且不存在导致疲劳失效或脆性断裂的损坏和腐蚀。
- 6.2.2 应检查与连接螺栓配合的容器本体内螺纹以及重复使用的连接螺纹，以确保能够将提升和栓系装置固定在运输容器预定位置。
- 6.2.3 应检查提升和栓系装置主要特征尺寸，以确保符合使用限制。
- 6.2.4 如果提升和栓系装置设计中包括密封区域，则应对这些区域进行检查，以确保密封区域的完整性。如果可行，应考虑对密封件进行功能试验。

6.3 定期试验

6.3.1 容器提升装置的每条承载路径，原则上需要每年进行一次静载试验，周期最长不超过 14 个月，试验按照 5.3.1.1 节的要求进行；如表面清洁度和条件允许，也可对承载焊缝和危险区域进行尺寸检查、目视检验和无损检验来代替载荷试验。

6.3.2 如提升和栓系装置未使用时间超过一年，则无需进行定期试验，在使用之前进行试验即可。

6.4 更换部件和维修

6.4.1 应考虑在特定周期内更换在用部件（耳轴或连接螺栓）。

6.4.2 应拆除并更换已损坏的部件，更换部件后的提升和栓系装置性能应满足设计要求，当更换主要部件时，应进行 5.3 节规定的验收试验。螺栓的更换应按照维修大纲实施。

6.4.3 提升和栓系装置的所有维修应进行设计、实施、试验和验证，以确保满足设计标准的所有要求。

6.4.4 容器在重大维修或设计变更后、再次使用前应进行 5.3 节规定的验收试验。重大维修或变更是指其中承载构件在经受 150℃ 以上的加热条件下进行的维修或设计变更，如更换或去除大量金属、除表面修复以外的焊接和金属的塑性变形等。