

附件

**《放射性物品运输容器提升和栓系装置
安全要求（征求意见稿）》编制说明**

目 录

1.项目背景	2
1.1 任务来源	2
1.2 工作过程	2
2.标准制订的必要性分析	3
3.国内外相关标准情况	4
3.1 IAEA 发布的运输容器提升和栓系装置安全要求	4
3.2 ISO 发布的运输容器提升和栓系装置安全要求	5
3.3 美国发布的运输容器提升和栓系装置安全要求	5
3.4 我国发布的运输容器提升和栓系装置安全要求	5
4.目前国内外运输容器提升和栓系装置依据标准	5
4.1 ISO 10276-2019	6
4.2 NUREG 0612 和 ANSI N14.6	6
4.3 标准 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6 的异同	6
5.标准制订的基本原则和技术路线	7
6.标准主要技术内容	7
6.1 整体框架编制说明	7
6.2 标准技术内容编制说明	8
7.与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析	11
8. 实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议	11

1.项目背景

1.1 任务来源

根据生态环境部辐射源安全监管司工作任务安排以及标准制修订工作安排，中国机械总院中机生产力促进中心有限公司和中广核铀业发展有限公司组织相关技术人员成立项目组，承担《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求》标准编制任务。

1.2 工作过程

(1) 2021年5月，收到生态环境部《2021年核与辐射安全监管项目承担单位公示》，成立项目组对放射性物品运输容器的提升和栓系装置安全要求进行研究。

(2) 2021年12月，项目组完成了对放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求研究项目，并形成了研究报告。

(3) 2022年初，成立联合项目组，结合多式联运栓系设计经验，联合申请制定《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求》标准。

(4) 2022年3月，国家核安全局下达工作任务。

(5) 2022年4月初，课题组根据工作安排，整理调研结果，形成标准草案及相关编制说明，即：

《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求（草案）》

《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求（草案）》编制说明

(6) 2022年4月至5月，项目组对《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求》标准草案进行了2次内部征求意见，并根据组外专家意见对标准草案进行了修改，形成标准初稿。

(7) 2022年6-7月，课题组委托多名业内专家对标准初稿内容进行了审查，专家对标准内容给出了宝贵意见，课题组根据专家意见对标准初稿进行了调整和修改，形成的研究成果如下：

《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求（征求意见稿）》

《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求（征求意见稿）》编制说明

2.标准制订的必要性分析

放射性物品运输是国际原子能机构（IAEA）“核安全、辐射安全、运输安全和废物安全”四个领域之一，在核能开发和核电发展、放射性同位素和辐射技术的应用中均涉及放射性物品运输，放射性物品运输安全直接关系到运输工作人员和公众的健康、财产和环境的安全。早在 20 世纪 60 年代初，在安全科学理论的推动下，形成了以西方工业国家为主的放射性物品运输安全体系，包括相应的法规和标准。其中 ISO 10276《核能 - 燃料技术 - 放射性物质运输货包的耳轴》规定了放射性物品运输容器耳轴系统的要求；IAEA SSG26 附录 4：货包运输过程中的堆放和保存，对栓系装置提出了具体要求。

为保证放射性物品特别是乏燃料和高放废物运输的安全，美国开展了大量的科学研究和试验工作。在总结研究和试验成果、并结合有关运输实践经验的基础上，美国制定了大量的有关放射性物品运输（主要是乏燃料和核材料）的法规、标准和技术报告，成为世界上放射性物品运输法规和标准最全面、最完善的国家。其中美国的 NUREG-0612、ANSI N14.6 对运输容器的提升装置提出了要求。

随着我国核电事业的发展以及核技术在工业、农业、军事、医学、科研等领域日益广泛的应用，放射性物品的运输越来越频繁。一方面对放射性物品运输的需求不断扩大，另一方面运输放射性物品的品种和数量不断增加。为了保障放射性物品运输的安全，我国先后颁布实施了多项法规标准文件。如：《放射性污染防治法》、《核安全法》、《放射性物品运输安全管理条例》和《放射性物品安全运输规程》（GB11806）等，在我国与《放射性物品安全运输规程》（GB11806）配套的标准体系中，还缺少一个相配套的关于运输容器提升和栓系装置安全要求的标准。目前在对放射性物品运输容器提升和栓系装置进行安全评价时，我国主要参考美国标准《核电厂重负载控制》（NUREG 0612）、《提升重量达 10000 磅（4500 千克）及以上运输容器的专用提升装置》（ANSI N14.6）以及国际标准《核能—燃料技术—放射性物品运输货包的耳轴系统》（ISO10276-2019）、IAEA SSG-26、10 CFR 71.45（b）。为了逐步完善我国放射性物品运输及其相关领域的法律法规标准规范体系，为放射性物品运输容器提升和栓系装置的设计、制造、检验、试验和维修维护提供技术指导，为监管部门评价放射性物品运输容

器提升和栓系装置是否满足安全要求提供技术支持，制定《放射性物品运输容器提升和栓系装置安全要求》是十分必要的。

3.国内外相关标准情况

3.1 IAEA 发布的运输容器提升和栓系装置安全要求

国际现行的放射性物质运输条例为 2018 年修订的《放射性物质安全运输条例》(SSR-6) IAEA 系列标准丛书，作为国际放射性物质运输的法律准则来使用，用以规范和保障放射性物质运输。如 No.TS-G-1.1(ST-2)、No.TS-G-1.2(ST-3)、安全丛书 No.112 等。

(1) SSR-6 中对提升装置的要求

608.这种设计必须使货包上的任何提升附加装置在按预期的方式使用时不会失效，而且，即使在提升附加装置失效时，也不会削弱货包满足本条例其他要求的能力。这种设计必须考虑相应的安全因素，以适应抓扣起吊。

609.必须依据第 608 条的要求把货包外表面上的可能用于提升货包的附加装置和任何其他部件设计成能够承受货包的质量，或必须将其设计成可拆卸的或在运输期间变成不能再使用的附加装置和任何其他部件。

503.任何货包在每次装运前，必须确保本条例的有关条款和可适用批准证书中规定的各项要求均已得到满足。在适用的情况下，还必须满足下述要求：

(a) 必须确保已按照第 609 条的规定拆除那些不符合第 608 条要求的提升附加装置或使其不能用于提升货包。

(2) SSR-6 中对栓系装置的要求

607.在设计货包时，必须考虑其质量、体积和形状，以便方便和安全地运输货包。此外，还必须把货包设计成在运输期间能合适地固定在运输工具内或运输工具上。

613.货包必须能经受住在常规运输条件下可能产生的任何加速度、振动或共振的影响，并且不损害容器包容系统的有效性或货包的结构完整性。尤其必须把螺栓、螺母和其他紧固件设计成即使经多次使用后也不会意外地松动或脱落。

638.必须把该货包上的任何栓系附件设计成在正常和事故运输条件下所受的力不会降低货包满足本条例要求的能力。

(3) SSG-26 中对栓系装置的要求为:

106.2 在常规运输条件（无事故）下进行的日常/常规操作中使用和运输的货包（即在运输条件下没有小事故或货包损坏事件），包括其内部和外部约束系统，必须能够承受第 613.1 段所述的运输加速度的影响。（附录四（表 IV.1 和 IV.2）详细说明了可能应用的典型加速度。）

3.2 ISO 发布的运输容器提升和栓系装置安全要求

国际标准化组织 ISO 发布的与放射性物品运输容器提升和栓系装置相关的技术标准 ISO 10276-2019，该标准主要从设计、制造、维护、维修和质量管理体系等方面对用于栓系、倾斜和/或提升放射性物品运输容器的耳轴系统提出了要求。

3.3 美国发布的运输容器提升和栓系装置安全要求

美国与放射性物质运输容器提升和栓系装置有关的法律层面的标准主要是 49 CFR 173 和 10 CFR 71，其内容与 IAEA 的《放射性物质安全运输条例》（TS-R-1）的总体设计要求基本一致。

美国与放射性物质运输容器提升装置相关的技术标准 NUREG 0612 和 ANSIN14.6，其中对运输容器的提升和栓系装置设计、制造和检验试验提出了具体要求；与栓系装置相关的常规运输条件下的加速度和评定准则参考依据为 10 CFR 71.45（b）。

3.4 我国发布的运输容器提升和栓系装置安全要求

我国现行国家标准《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)等同采用了 IAEA 安全标准丛书《Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material》（No.TS-R-1(2012 版)）。其管理规定与所采用的 IAEA 国际标准完全一致。

4.目前国内外运输容器提升和栓系装置依据标准

目前国内外放射性物品运输容器提升和栓系装置设计、制造、检验、试验和维修维护依据的主要文件为 ISO 10276-2019、NUREG 0612、ANSI N14.6、SSG-26 和 10 CFR 71.45（b）。

4.1 ISO 10276-2019

该标准主要是对用于提升和栓系的耳轴系统的设计、制造、验收和维修维护进行规定，在设计部分，主要是对耳轴系统设计时的设计方法、材料要求、设计载荷和设计标准进行了规定。

其中对于提升和栓系耳轴系统进行安全评价时，主要是从应力设计系数，脆性断裂和疲劳等方面进行评价。作为提升装置进行评价时，提升载荷为最大提升质量的 1.8 倍，应力强度评定准则为等效应力不得超过结构材料的屈服强度 $S_y/1.5$ 和抗拉强度 $S_m/2$ ；作为栓系装置进行评价时，按照 SSG-26 附录 IV 的加速度要求进行评价。

4.2 NUREG 0612 和 ANSI N14.6

NUREG 0612 标准主要是针对核电厂内的压力容器顶盖、乏燃料运输容器等的提升装置，乏燃料容器提升装置相关规定只是其中的一部分，主要在标准的第 5 节对设计安全系数进行了规定，明确提出乏燃料容器提升装置要 6 倍不屈服，10 倍不断裂，关于制造、维修维护、质保等要求直接参考 ANSI N14.6。

ANSI N14.6 标准主要是针对质量大于 4500kg 的放射性物品运输容器提升装置，并不单指乏燃料运输容器提升装置。该标准在设计部分对提升装置进行安全评价时，也主要是对应力设计系数进行评价，标准中根据放射性物品运输容器发生事故后果严重性的不同，提出了不同的设计要求：

(1) 对于由于提升装置失效不会对系统安全性造成重要影响的，应确保每条负载路径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最小屈服强度；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最小抗拉强度。

(2) 对于由于提升装置失效可能在某些提升工况下对安全相关系统造成影响的，应采用增加设计应力系数或者双负载路径提升系统的设计方法。

两个标准在设计安全系数的规定方面是一致的，NUREG 0612 中的规定和 ANSI N14.6 中对影响系统安全性能的放射性物品运输容器提升装置的要求是契合的。

4.3 标准 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6 的异同

(1) 安全评价内容相同

标准 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6 都从设计、制造、验收和维护等四个方面对放射性物品运输容器提升装置的安全评价进行了规定，并且在制造、验收和维护方面的规定基本一致。

(2) 标准规定的范围不同

标准 ISO 10276-2019 的范围主要是针对耳轴系统，标准 ANSI N14.6 主要是针对质量大于等于 4500kg 的放射性物品运输容器的提升装置。

(3) 设计应力安全系数不同

标准 ISO 10276-2019 中规定，当提升载荷为最大提升质量的 1.8 倍时，等效应力不得超过结构材料 1.5 倍的屈服强度和 2 倍的抗拉强度；标准 ANSI N14.6 中规定，当提升载荷为最大提升质量的 3 倍时，等效应力不得超过结构材料的屈服强度，提升载荷为最大提升质量的 5 倍时，等效应力不得超过结构材料的抗拉强度，并且对于由于提升装置失效会对安全系统造成影响的，有更高的设计准则。

5.标准制订的基本原则和技术路线

本次制定时遵循如下原则及技术路线：

(1) 本标准的制定遵循《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写规则》(GB/T 1.1-2020)、《国家生态环境标准制修订工作规则》及其它标准的相关要求。

(2) 遵循我国《放射性物品运输安全管理条例》及其配套法规文件关于放射性物品运输的行政许可和管理要求。

(3) 本标准制定相关条款与现已生效的其他相关标准之间保持一致。

(4) 具有普遍性和可操作性，易于推广使用。

6.标准主要技术内容

6.1 整体框架编制说明

本标准的正文共包括六个章节，分别为：适用范围、规范性引用文件、术语和定义、设计、制造、维修维护，各章节参照 GB/T 1.1-2020 与《国家生态环境标准制修订工作规则》的格式要求，各章节内容主要参照了 ISO 10276-2019 的总体框架体系。

该标准结构框架参考 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6，内容模块和两个标准完全一致，具体设计、制造和维修维护规定条款根据目前容器设计情况和标准使用情况，以及对国外标准的调研解读，将 ISO 10276-2019、NUREG 0612 和 ANSI N14.6 中的相关要求融合，编制本标准。

6.2 标准技术内容编制说明

6.2.1 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、验收和维修维护等的安全要求。

本标准适用于容器提升和栓系装置的安全设计与评价。

6.2.2 规范性引用文件

(1) GB 11806 放射性物品安全运输规程：该标准于 2019 年 2 月 15 日发布，2019 年 4 月 1 日实施，同时老版本废止。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，改善环境质量，规范放射性物品运输管理工作，制定该标准。本标准中制定准则的依据来自 GB11806。

(2) 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：本标准中用于容器栓系装置评价的运输过程中的加速度依据来自此文件。

(3) HJ 1201 放射性物品运输容器防脆性断裂的安全设计指南：本标准中用于提升和栓系装置材料的断裂韧性安全评价来自此文件。

(4) NB/T 20450 压水堆核电厂岛机械设备焊接另一规范：本标准中针对提升和栓系装置的焊接和无损检验依据此文件。

(5) GB/T 3811 起重机设计规范：本标准中关于容器动载提升的相关要求依据此文件。

6.2.3 术语和定义

本标准中给出了提升装置、栓系装置、承载部件、双负载路径提升系统、最大提升质量、运输总质量、设计应力系数等术语的定义。

“提升装置”，本标准等同采用了 NUREG-0612 的定义内容，并进行了适应性修改。

“栓系装置”，本标准等同采用了 ISO 10276-2019 的定义内容，并进行了适应

性修改。

“承载部件”，本标准等同采用了 ANSI N14.6 的定义内容，并进行了适应性修改。

“双负载路径提升系统”，本标准等同采用了 ANSI N14.6 的定义内容，并进行了适应性修改。

“最大提升质量”，本标准等同采用了 ISO 10276-2019 的定义内容，并进行了适应性修改。

“运输总质量”，本标准等同采用了 ISO 10276-2019 的定义内容，并进行了适应性修改。

“设计应力系数”，本标准等同采用了 ANSI N14.6 的定义内容，并进行了适应性修改。

6.2.4 设计

本部分从容器提升和栓系装置设计过程中需要考虑的设计安全系数、设计分析方法、材料选择和设计评定载荷等方面提出要求。

6.2.4.1 总则

设计总则等同转化 ISO 10276 中的条款，同时补充 ANSI N14.6 中的部分条款。

6.2.4.2 设计要求

在对国内外放射性物品运输容器提升和栓系装置设计相关法规标准调研的基础上，同时结合目前国内外放射性物品运输容器提升和栓系装置采用的设计标准，将 NUREG 0612 和 ANSI N14.6 进行融合，将运输容器分为非乏燃料和乏燃料两类，对这两类容器提出了不同的设计安全系数：

(1) 对于非乏燃料运输容器，应确保每条负载路径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最小屈服强度；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最小抗拉强度。

(2) 对于乏燃料运输容器，应采用增加设计应力系数或者双负载路径提升系统的设计方法。

(3) 对于栓系装置的评价，主要还是根据 SSG-26 的要求进行评价，现有

的国内外标准评价准则是一致的，本报告中规定可以采用根据 SSG-26 进行转化后的 HJ-1187 中的加速度进行评价。

由于标准 ISO 10276-2019 中对提升装置的应力设计系数较为保守，并且目前国内外运输容器提升装置的应力设计系数主要还是以 3 倍不屈服、5 倍不断裂为主，大型乏燃料运输容器采用 6 倍不屈服，10 倍不断裂的要求进行评价。因此，选择采用 ANSI N14.6 和 NUREG 0612 标准中的安全系数，对非乏燃料容器提升装置要求 3 倍不屈服、5 倍不断裂，同时考虑乏燃料运输容器在乏燃料池、核电厂内提升过程中不会因为提升装置失效对核电厂安全系统造成影响的基础上，对乏燃料放射性物品运输容器的提升装置提出了更高的设计要求。

本标准中并没有对提升装置的具体形式以及容器的质量范围进行规定，主要是目前国内设计的放射性物品运输容器包括：新燃料运输容器、放射源运输容器等也都是按照 3 倍不屈服、5 倍不断裂进行设计验证，因此，本标准的涵盖范围与国外标准相比范围较大，但也符合国内容器提升装置设计实际情况。

栓系装置的设计要求等同转化 IAEA TS-G-1.1 和 10 CFR 71.45 (b)。

脆性断裂和疲劳强度等同转化 ISO 10276-2019。

6.2.4.3 设计分析方法

设计分析方法等同转化 ISO 10276-2019。

6.2.4.4 材料要求

材料要求等同转化 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6。

6.2.4.5 设计载荷

设计载荷等同转化 ISO 10276-2019。

6.2.5 制造

这部分内容是将 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6 两个标准中的相关内容进行融合并根据国内容器实际制造情况形成的，两个标准在制造、装配、检验和验收试验等方面的规定基本是一致的，不同的主要是 ANSI N14.6 对于会对安全系统造成影响的单负载路径提升装置需要进行 3 倍最大提升质量试验，本标准中对乏燃料运输容器也对应性要求单负载路径提升装置需要进行 3 倍负载试验来验证设计。同时根据对国内容器验收试验的调研，非乏燃料容器提升装置一般会进行动载试验，以验证提升装置承受动载的能力，该部分要求也在标准中进行了规定。

6.2.6 维修维护

这部分内容是将 ISO 10276-2019 和 ANSI N14.6 两个标准中的相关内容进行融合并根据对国内容器实际维护情况调研形成的，两个标准在定期检查、定期试验、更换部件和维修等方面的规定基本是一致的。

7.与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析

本文件是与《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）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、制造和维修维护等技术要求。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国核安全法》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，规范放射性物品运输容器提升和栓系装置的设计、制造和维修维护工作，制定本文件。

目前国内没有放射性物品运输容器提升和栓系装置技术要求的相关标准，该标准的制定可以规范提升和栓系装置在设计、制造、验收和维修维护中的具体要求。

8. 实施本标准的管理措施、技术措施、实施方案建议

本标准的制定，是为了贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国核安全法》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，保护环境的要求，规范放射性物品运输容器提升和栓系装置的设计、制造和维修维护，以更好地满足法规和标准的要求。