

# 国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

## 放射性物质运输货包设计 安全报告的格式和内容

特定安全导则

第 SSG-66 号



**IAEA**

国际原子能机构

# 国际原子能机构安全标准和相关出版物

## 国际原子能机构安全标准

根据《国际原子能机构规约》第三条的规定，国际原子能机构授权制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并规定适用这些标准。

国际原子能机构借以制定标准的出版物以国际原子能机构《安全标准丛书》的形式印发。该丛书涵盖核安全、辐射安全、运输安全和废物安全。该丛书出版物的分类是安全基本法则、安全要求和安全导则。

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

[www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun](http://www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun)

该网站提供已出版安全标准和安全标准草案的英文文本。以阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文印发的安全标准文本；国际原子能机构安全术语以及正在制订中的安全标准状况报告也在该网站提供使用。欲求进一步的信息，请与国际原子能机构联系（Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria）。

敬请国际原子能机构安全标准的所有用户将使用这些安全标准的经验（例如作为国家监管、安全评审和培训班课程的依据）通知国际原子能机构，以确保这些安全标准继续满足用户需求。资料可以通过国际原子能机构因特网网站提供或按上述地址邮寄或通过电子邮件发至 [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org)。

## 相关出版物

国际原子能机构规定适用这些标准，并按照《国际原子能机构规约》第三条和第八条 C 款之规定，提供和促进有关和平核活动的信息交流并为此目的充任成员国的居间人。

核活动的安全报告以《安全报告》的形式印发，《安全报告》提供能够用以支持安全标准的实例和详细方法。

国际原子能机构其他安全相关出版物以《应急准备和响应》出版物、《放射学评定报告》、国际核安全组的《核安全组报告》、《技术报告》和《技术文件》的形式印发。国际原子能机构还印发放射性事故报告、培训手册和实用手册以及其他特别安全相关出版物。

安保相关出版物以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

国际原子能机构《核能丛书》由旨在鼓励和援助和平利用原子能的研究、发展和实际应用的资料性出版物组成。它包括关于核电、核燃料循环、放射性废物管理和退役领域技术状况和进展以及经验、良好实践和实例的报告和导则。

# 放射性物质运输货包设计 安全报告的格式和内容

## 国际原子能机构成员国

阿富汗	格鲁吉亚	挪威
阿尔巴尼亚	德国	阿曼
阿尔及利亚	加纳	巴基斯坦
安哥拉	希腊	帕劳
安提瓜和巴布达	格林纳达	巴拿马
阿根廷	危地马拉	巴布亚新几内亚
亚美尼亚	几内亚	巴拉圭
澳大利亚	圭亚那	秘鲁
奥地利	海地	菲律宾
阿塞拜疆	教廷	波兰
巴哈马	洪都拉斯	葡萄牙
巴林	匈牙利	卡塔尔
孟加拉国	冰岛	摩尔多瓦共和国
巴巴多斯	印度	罗马尼亚
白罗斯	印度尼西亚	俄罗斯联邦
比利时	伊朗伊斯兰共和国	卢旺达
伯利兹	伊拉克	圣基茨和尼维斯
贝宁	爱尔兰	圣卢西亚
多民族玻利维亚国	以色列	圣文森特和格林纳丁斯
波斯尼亚和黑塞哥维那	意大利	萨摩亚
博茨瓦纳	牙买加	圣马力诺
巴西	日本	沙特阿拉伯
文莱达鲁萨兰国	约旦	塞内加尔
保加利亚	哈萨克斯坦	塞尔维亚
布基纳法索	肯尼亚	塞舌尔
布隆迪	大韩民国	塞拉利昂
佛得角	科威特	新加坡
柬埔寨	吉尔吉斯斯坦	斯洛伐克
喀麦隆	老挝人民民主共和国	斯洛文尼亚
加拿大	拉脱维亚	南非
中非共和国	黎巴嫩	西班牙
乍得	莱索托	斯里兰卡
智利	利比里亚	苏丹
中国	利比亚	瑞典
哥伦比亚	列支敦士登	瑞士
科摩罗	立陶宛	阿拉伯叙利亚共和国
刚果	卢森堡	塔吉克斯坦
哥斯达黎加	马达加斯加	泰国
科特迪瓦	马拉维	多哥
克罗地亚	马来西亚	汤加
古巴	马里	特立尼达和多巴哥
塞浦路斯	马耳他	突尼斯
捷克共和国	马绍尔群岛	土耳其
刚果民主共和国	毛里塔尼亚	土库曼斯坦
丹麦	毛里求斯	乌干达
吉布提	墨西哥	乌克兰
多米尼克	摩纳哥	阿拉伯联合酋长国
多米尼加共和国	蒙古	大不列颠及北爱尔兰联合王国
厄瓜多尔	黑山	坦桑尼亚联合共和国
埃及	摩洛哥	美利坚合众国
萨尔瓦多	莫桑比克	乌拉圭
厄立特里亚	缅甸	乌兹别克斯坦
爱沙尼亚	纳米比亚	瓦努阿图
科威特	尼泊尔	委内瑞拉玻利瓦尔共和国
芬兰	荷兰王国	越南
法国	新西兰	也门
加蓬	尼加拉瓜	赞比亚
冈比亚	尼日尔	津巴布韦
	尼日利亚	
	北马其顿	

国际原子能机构的《规约》于1956年10月23日经在纽约联合国总部举行的原子能机构《规约》会议核准，并于1957年7月29日生效。原子能机构总部设在维也纳，其主要目标是“加速和扩大原子能对全世界和平、健康及繁荣的贡献”。

国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-66 号

# 放射性物质运输货包设计 安全报告的格式和内容

特定安全导则

国际原子能机构  
2024 年·维也纳

## 版权说明

国际原子能机构的所有科学和技术出版物均受 1952 年（日内瓦）通过并于 1971 年（巴黎）修订的《世界版权公约》之条款的保护。自那时以来，世界知识产权组织（日内瓦）已将版权的范围扩大到包括电子形式和虚拟形式的知识产权。可以获得许可使用国际原子能机构印刷形式或电子形式出版物中所载全部或部分內容。请见 [www.iaea.org/publications/rights-and-permissions](http://www.iaea.org/publications/rights-and-permissions) 了解详情。垂询可致函：

**Publishing Section**  
**International Atomic Energy Agency**  
**Vienna International Centre**  
**PO Box 100**  
**1400 Vienna, Austria**  
电话：+43 1 2600 22529 或 22530  
电子信箱： [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
网址： <https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

© 国际原子能机构，2024 年  
国际原子能机构印刷  
2024 年 8 月 · 奥地利

## 放射性物质运输货包设计安全报告的格式和内容

国际原子能机构，奥地利，2024 年 8 月  
STI/PUB/1980  
ISBN 978-92-0-524723-6（简装书：碱性纸）  
978-92-0-524523-2（pdf 格式）  
EPUB 978-92-0-524623-9  
ISSN 1020-5853

# 前 言

## 拉斐尔·马利亚诺·格罗西总干事

国际原子能机构（原子能机构）《规约》授权原子能机构“制定……旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危險的安全标准”。这些是原子能机构必须适用于其自身业务而且各国可以通过其国家法规来适用的标准。

原子能机构于 1958 年开始实施其安全标准计划，此后有了许多发展。作为总干事，我致力于确保原子能机构维护和改进这套具有综合性、全面性和一致性的、与时俱进的、用户友好的和适合目的的高质量安全标准。在利用核科学和技术的过程中正确地适用这些标准将为全世界的人和环境提供高水平的保护，并为持续利用核技术造福于所有人提供必要的信心。

安全是得到许多国际公约支持的一项国家责任。原子能机构的安全标准奠定了这些法律文书的基础，而且是有助于各方履行各自义务的全球基准。虽然安全标准对成员国没有法律约束力，但它们被广泛适用。对已在国家法规中采用这些标准以加强核能发电、研究堆和燃料循环设施中以及医学、工业、农业和研究领域核应用中的安全的绝大多数成员国而言，它们已成为不可或缺的基准点和共同标准。

原子能机构的安全标准以原子能机构成员国的实际经验为基础，并通过国际协商一致产生。各安全标准分委员会、核安保导则委员会和安全标准委员会成员的参与尤其重要，我向所有为这项工作贡献自己的知识和专长的人表示感谢。

原子能机构在通过评审工作组访问和咨询服务向成员国提供援助时，也使用这些安全标准。这有助于成员国适用这些标准，并使得能够共享宝贵经验和真知灼见。在安全标准的定期修订过程中，会考虑到这些工作组访问和服务的反馈，以及从使用和适用安全标准的事件和经历中汲取的教训。

我相信，原子能机构安全标准及其适用将为确保在使用核技术时实现高水平安全作出宝贵的贡献。我鼓励所有成员国宣传和适用这些安全标准，并与原子能机构合作，在现在和将来维护其质量。





# 国际原子能机构安全标准

## 背景

放射性是一种自然现象，因而天然辐射源的存在是环境的特征。辐射和放射性物质具有许多有益的用途，从发电到医学、工业和农业应用不一而足。必须就这些应用可能对工作人员、公众和环境造成的辐射危险进行评定，并在必要时加以控制。

因此，辐射的医学应用、核装置的运行、放射性物质的生产、运输和使用以及放射性废物的管理等活动都必须服从安全标准的约束。

对安全实施监管是国家的一项责任。然而，辐射危险有可能超越国界，因此，国际合作的目的就是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况和减缓任何有害后果的能力来促进和加强全球安全。

各国负有勤勉管理义务和谨慎行事责任，而且理应履行其各自的国家和国际承诺与义务。

国际安全标准为各国履行一般国际法原则规定的义务例如与环境保护有关的义务提供支持。国际安全标准还促进和确保对安全建立信心，并为国际商业与贸易提供便利。

全球核安全制度已经建立，并且正在不断地加以改进。对实施有约束力的国际文书和国家安全基础结构提供支撑的原子能机构安全标准是这一全球性制度的一座基石。原子能机构安全标准是缔约国根据这些国际公约评价各缔约国履约情况的一个有用工具。

## 原子能机构安全标准

原子能机构安全标准的地位源于原子能机构《规约》，其中授权原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商并在适当领域与之合作，以制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并对其适用作出规定。

为了确保保护人类和环境免受电离辐射的有害影响，原子能机构安全标准制定了基本安全原则、安全要求和安全措施，以控制对人类的辐射照射和放射性物质向环境的释放，限制可能导致核反应堆堆芯、核链式反应、辐射源或任何其他辐射源失控的事件发生的可能性，并在发生这类事件时减轻其后果。这些标准适用于引起辐射危险的设施和活动，其中包括核装置、辐射和辐射源利用、放射性物质运输和放射性废物管理。

安全措施和安保措施<sup>1</sup>具有保护生命和健康以及保护环境的目的。安全措施和安保措施的制订和执行必须统筹兼顾，以便安保措施不损害安全，以及安全措施不损害安保。

原子能机构安全标准反映了有关保护人类和环境免受电离辐射有害影响的高水平安全在构成要素方面的国际共识。这些安全标准以原子能机构《安全标准丛书》的形式印发，该丛书分以下三类（见图1）。



图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

<sup>1</sup> 另见以原子能机构《核安保丛书》印发的出版物。

## 安全基本法则

“安全基本法则”阐述防护和安全的基本安全目标和原则，以及为安全要求提供依据。

## 安全要求

一套统筹兼顾和协调一致的“安全要求”确定为确保现在和将来保护人类与环境所必须满足的各项要求。这些要求遵循“安全基本法则”提出的目标和原则。如果不能满足这些要求，则必须采取措施以达到或恢复所要求的安全水平。这些要求的格式和类型便于其用于以协调一致的方式制定国家监管框架。这些要求包括带编号的“总体”要求用“必须”来表述。许多要求并不针对某一特定方，暗示的是相关各方负责履行这些要求。

## 安全导则

“安全导则”就如何遵守安全要求提出建议和指导性意见，并表明需要采取建议的措施（或等效的可替代措施）的国际共识。“安全导则”介绍国际良好实践并且不断反映最佳实践，以帮助用户努力实现高水平安全。“安全导则”中的建议用“应当”来表述。

## 原子能机构安全标准的适用

原子能机构成员国中安全标准的使用者是监管机构和其他相关国家当局。共同发起组织及设计、建造和运行核设施的许多组织以及涉及利用辐射源和放射源的组织也使用原子能机构安全标准。

原子能机构安全标准在相关情况下适用于为和平目的利用的一切现有和新的设施和活动的整个寿期，并适用于为减轻现有辐射危险而采取的防护行动。各国可以将这些安全标准作为制订有关设施和活动的国家法规的参考。

原子能机构《规约》规定这些安全标准在原子能机构实施本身的工作方面对其有约束力，并且在实施由原子能机构援助的工作方面对国家也具有约束力。

原子能机构安全标准还是原子能机构安全评审服务的依据，原子能机构利用这些标准支持开展能力建设，包括编写教程和开设培训班。

国际公约中载有与原子能机构安全标准中所载相类似的要求，从而使其对缔约国有约束力。由国际公约、行业标准和详细的国家要求作为补充的原子能机构安全标准为保护人类和环境奠定了一致的基础。还会出现一些需要在国家一级加以评定的特殊安全问题。例如，有许多原子能机构安全标准特别是那些涉及规划或设计中的安全问题的标准意在主要适用于新设施和新活动。原子能机构安全标准中所规定的要求在一些按照早期标准建造的现有设施中可能没有得到充分满足。对这类设施如何适用安全标准应由各国自己作出决定。

原子能机构安全标准所依据的科学考虑因素为有关安全的决策提供了客观依据，但决策者还须做出明智的判断，并确定如何才能最好地权衡一项行动或活动所带来的好处与其所产生的相关辐射危险和任何其他不利影响。

## 原子能机构安全标准的制定过程

编写和审查安全标准的工作涉及原子能机构秘书处及分别负责应急准备和响应（应急准备和响应标准委员会）、核安全（核安全标准委员会）、辐射安全（辐射安全标准委员会）、放射性废物安全（废物安全标准委员会）和放射性物质安全运输（运输安全标准委员会）的五个安全标准分委员会以及一个负责监督原子能机构安全标准计划的安全标准委员会（安全标准委员会）（见图 2）。

原子能机构所有成员国均可指定专家参加安全标准分委员会的工作，并可就标准草案提出意见。安全标准委员会的成员由总干事任命，并包括负责制订国家标准的政府高级官员。

已经为原子能机构安全标准的规划、制订、审查、修订和最终确立过程确定了一套管理系统。该系统阐明了原子能机构的任务；今后适用安全标准、政策和战略的思路以及相应的职责。

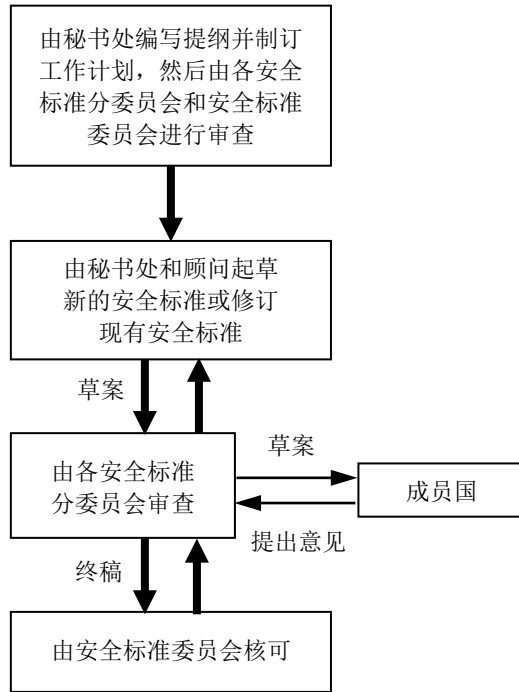


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

## 与其他国际组织的合作关系

在制定原子能机构安全标准的过程中考虑了联合国原子辐射效应科学委员会的结论和国际专家机构特别是国际放射防护委员会的建议。一些标准的制定是在联合国系统的其他机构或其他专门机构的合作下进行的，这些机构包括联合国粮食及农业组织、联合国环境规划署、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织和世界卫生组织。

## 文本的解释

安全和核安保相关术语应理解为《国际原子能机构核安全和核安保术语》（见 <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>）中的术语。就“安全导则”而言，英文文本系权威性文本。

原子能机构《安全标准丛书》中每一标准的背景和范畴及其目的、范围和结构均在每一出版物第一章“导言”中加以说明。

在正文中没有适当位置的资料（例如对正文起辅助作用或独立于正文的资料；为支持正文中的陈述而列入的资料；或叙述计算方法、程序或限值和条件的资料）以附录或附件的形式列出。

如列有附录，该附录被视为安全标准的一个不可分割的组成部分。附录中所列资料具有与正文相同的地位，而且原子能机构承认其作者身份。正文中如列有附件和脚注，这些附件和脚注则被用来提供实例或补充资料或解释。附件和脚注不是正文不可分割的组成部分。原子能机构发表的附件资料并不一定以作者身份印发；列于其他作者名下的资料可以安全标准附件的形式列出。必要时将摘录和改编附件中所列外来资料，以使其更具通用性。

# 目 录

<b>1. 导言 .....</b>	<b>1</b>
背景 (1.1-1.8).....	1
目的 (1.9-1.13).....	2
范围 (1.14-1.16).....	2
结构 (1.17).....	3
<b>2. 货包设计安全报告的一般建议 (2.1-2.10) .....</b>	<b>3</b>
<b>附录 I 例外货包 .....</b>	<b>7</b>
<b>附录 II 工业货包 .....</b>	<b>13</b>
<b>附录 III A 型货包 .....</b>	<b>23</b>
<b>附录 IV B (U) 型、B (M) 型和 C 型货包 .....</b>	<b>33</b>
<b>附录 V 含有裂变核素货包的附加资料 .....</b>	<b>49</b>
<b>附录 VI 货包内容物包含 0.1 公斤或以上六氟化铀的其他信息 .....</b>	<b>64</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>73</b>
<b>附件 I “运输条例” 对不同货包类型和附加规定的适用要求汇总表....</b>	<b>75</b>
<b>附件 II 主管当局用于技术评定的参考出版物 .....</b>	<b>85</b>
<b>附件 III 附录 I-VI 货包设计安全报告的结构 .....</b>	<b>88</b>
<b>参与起草和审订人员 .....</b>	<b>93</b>





# 1. 引言

## 背景

1.1. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 (Rev.1) 号《放射性物质安全运输条例》(2018 年版) [1] (以下称“运输条例”)规定了放射性物质安全运输的要求。

1.2. 用于运输放射性物质货包的设计必须符合适用的国家和国际条例, 因此, 要求提供货包设计符合适用条例的书面证据。

1.3. 对于需要主管当局核准的货包设计, 货包设计安全报告 (PDSR) 是向主管当局申请核准该设计的基准。

1.4. 对于不需要主管当局核准的货包设计, 要求提供货包设计符合所有适用要求的书面证据以满足“运输条例”第 801 段规定。此外, 对于不需要主管当局核准的货包, 可能需要适用某种形式的符合“运输条例”所有适用要求的“符合证明”(见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-26 (Rev.1) 号《国际原子能机构<放射性物质安全运输条例>咨询材料》(2018 年版) [2]第 801.3 段), 而货包设计安全报告将是符合“运输条例”适当形式的书面证据。

1.5. 在本“安全导则”, 无论货包设计是否需要主管当局的核准, 所有证明货包设计符合“运输条例”的书面证据都将被称为货包设计安全报告。

1.6. 本“安全导则”是根据“运输条例”制定的。“运输条例”也是《联合国关于危险货物运输的建议书》[3]以及所有运输方式的其他相关国际、区域和国家条例的基础。

1.7. 本“安全导则”的格式以《欧洲放射性物质运输货包设计安全报告技术导则》[4]为基准。

1.8. “运输条例”的定义以及原子能机构《安全术语》[5]定义和解释的术语适用于本“安全导则”。

## 目的

1.9. 本“安全导则”的目的是提供关于准备货包设计安全报告的建议，以证明放射性物质运输的货包设计符合“运输条例”。

1.10. 本“安全导则”供申请核准货包设计（当货包设计须经主管当局核准时）以及货包设计人员和/或托运人（当货包设计不需主管当局核准时）使用，以证明符合适用于相应货包类型“运输条例”的要求。

1.11. 本“安全导则”还可用于证明是否符合与货包设计相关的任何国家或国际法规，如果国家或国际法规是以“运输条例”为基础的。本“安全导则”不取代“运输条例”或限制其应用。此外，遵循本“安全导则”的建议并不免除货包设计人员对主管当局要求特定货包设计的任何额外分析的需要。

1.12. 本“安全导则”提供了一个货包设计安全报告结构和格式的示例，但并不打算取代任何现有的货包设计安全报告格式，这些格式可能由国家法规或标准确定，仅用于国内使用的货包。

1.13. 如果“运输条例”的规定与本“安全导则”的规定发生冲突或非正常，则适用“运输条例”的要求。为监管目的，应参考“运输条例”的详细规定。

## 范围

1.14. 本“安全导则”涵盖需要主管当局核准的货包设计。“运输条例”第 802 段指出下列类型货包：

- B (U) 型货包；
- B (M) 型货包；
- C 型货包；
- 载有“运输条例”第 417 段、第 674 段或第 675 段非例外易裂变材料的货包；
- 设计为含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包。

1.15. 本“安全导则”还包括下列类型货包不需要主管当局核准的货包设计：

- 例外货包；

- 工业货包 1 型 (IP-1 型);
- 工业货包 2 型 (IP-2 型);
- 工业货包 3 型 (IP-3 型);
- A 型货包。

1.16. 特殊形状放射性物质的设计、低弥散放射性物质的设计、未包装的低比活度物质 (LSA-I 物质) 和未包装的表面污染物体 (SCO-I 和 SCO-III) 不在本“安全导则”的范围内。

## 结构

1.17. 本“安全导则”第 2 部分提供了关于货包设计安全报告的一般建议; 附录 I—IV 分别说明了货包设计安全报告中应为例外货包提供的信息; 工业货包、A 型货包以及 B (U) 型和 B (M) 型和 C 型货包; 附录 V 说明了应在货包设计安全报告中为装有易裂变材料货包提供的补充资料; 附录 VI 描述了对含有 0.1 公斤或以上六氟化铀货包应提供的补充资料。附件 I 提供了一份表格, 列出了“运输条例”可列入每种货包类型遵守情况的适用条款, 以及关于含有裂变核素的货包和含有 0.1 公斤或以上六氟化铀货包的附加规定; 附件 II 提供了下列机构使用的参考出版物一览表; 不同的主管部门对货包设计进行技术评定; 附件 III 提供了关于附录 I—IV 所述一揽子计划的货包设计安全报告结构的资料。

## 2. 货包设计安全报告的一般建议

2.1. 货包设计人员是负责整个货包设计的人员或组织。对于每个货包设计, 应该只有一个货包设计人员, 他也应该发出货包设计安全报告。

2.2. 根据“运输条例”第 306 段要求货包设计有一个管理系统。货包设计安全报告应该是一个受控文件<sup>1</sup>, 根据货包设计人员的管理系统核准发行。它应该具有签名和日期, 并应该表明它的修订编号或发行状态。货包设计安全报告应包括一份内容清单, 并注明货包设计安全报告的总页数和附件。货包设计安全报告修订之间的任何变化都应清楚地记录在案。货包设计安全

---

<sup>1</sup> “受控文件”是指在管理系统中得到核准和维护的文件。

报告应包括其生产、评审和货包设计人员核准的记录。关于运输管理系统的进一步建议见原子能机构《安全标准丛书》第 TS-G-1.4 号《放射性物质安全运输管理系统》[6]。货包设计安全报告通常分为两个部分，货包设计安全报告的第一部分应包含支持证明遵守“运输条例”的信息，货包设计安全报告的第二部分应包含支持这一信息的详细技术分析。图 1 显示了适用于所有货包类型货包设计安全报告的一般结构和推荐内容。

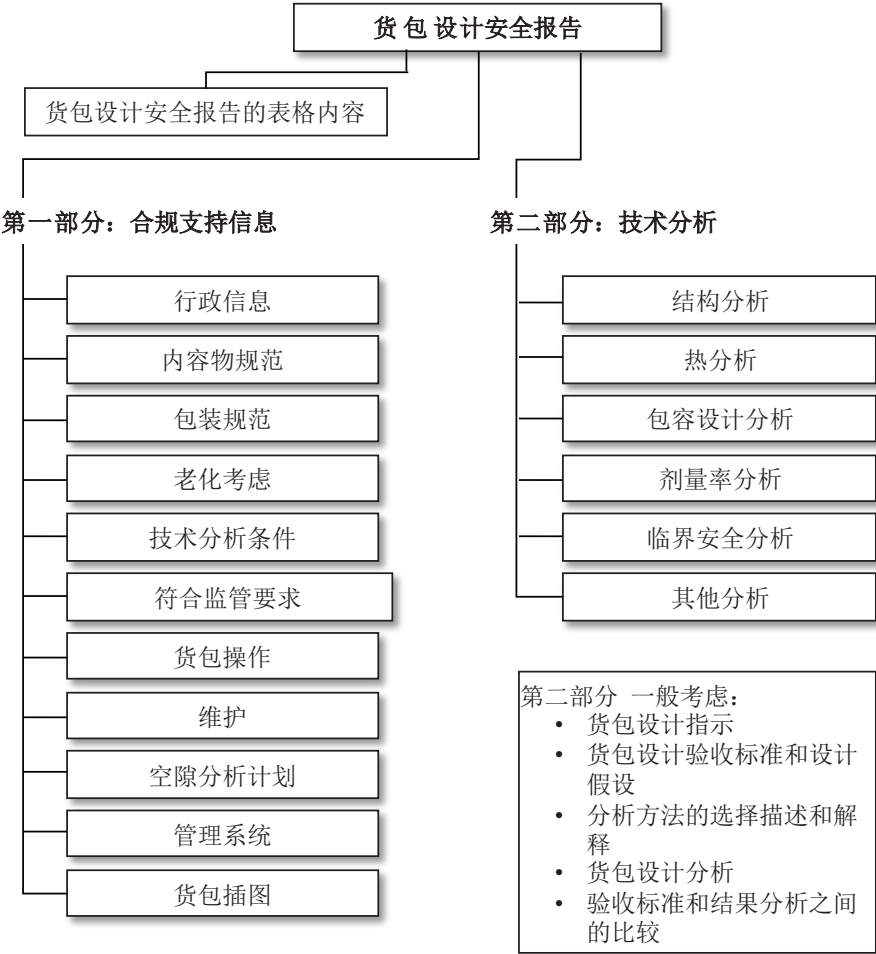


图 1. 货包设计安全报告的结构和内容。

2.3. 货包设计安全报告的结构应该如下所示，如图 1 所示：

- 货包设计安全报告目录。

— 第一部分：支持证明遵守“运输条例”的资料：

- 行政信息；
- 内容物说明；
- 包装规范；
- 老化考虑；
- 技术分析条件；
- 遵守监管要求；
- 货包操作；
- 维护；
- 空隙分析计划；
- 管理系统；
- 货包插图。

— 第二部分：技术分析：

- 结构分析；
- 热分析；
- 包容设计分析；
- 剂量率分析；
- 临界安全分析；
- 其他分析。

2.4. 附件 III 载有货包设计安全报告附录 I—VI 的结构表。

2.5. 货包设计安全报告第二部分的所有技术分析均应考虑以下一般因素：

- (a) 货包设计说明；
- (b) 货包设计验收标准<sup>2</sup> 和设计假设；
- (c) 对分析方法选择的描述和说明；
- (d) 货包设计分析；
- (e) 验收标准与分析结果的比较。

---

<sup>2</sup> 在本“安全导则”，“验收标准”是由监管机构规定的，用于评定货包按照设计执行其功能能力的指标值（即放射性内容物剂量率损失、温度、次临界）的限值。

2.6. 货包设计安全报告可以被编译为单独文件或单独文件集。货包设计安全报告第一部分和第二部分的每个单独文件也应该是受控文件。货包设计安全报告第二部分的每一份文件都应由所评定技术领域的专家制作和核实。

2.7. 货包设计安全报告的范围和技术内容应按照“运输条例”第 104 段指出，采用分级方法为每种类型货包确定适当的水平。根据货包类型，不需要第 2.3 段货包设计安全报告中包括的一些物项。关于每种货包类型货包设计安全报告内容的更详细信息见附录 I—VI。

2.8. 货包设计安全报告应包含受控制的工程图纸，这些图纸显示了用于证明合规的细节。对于复杂的货包，这可能涉及几张大型图纸，这些图纸是建模和评定货包所必须的，用于计算与机械强度、热传递、剂量率和临界相关的数据；这些通常被称为“设计图”。对于简单的货包，如例外货包，不需要与复杂货包相同的详细程度来证明符合性，这些图纸可能很简单，通常被称为“示意图”。

2.9. 货包设计安全报告第一部分的末尾应包括可复制的货包说明。根据“运输条例”第 809 (i) 段，请求将一幅不大于 21 厘米×30 厘米的可复制图纸作为核准申请的一部分，该图纸显示货包的组成。这个图纸不需要非常详细，但应该提供货包的概述并应该放于一页之内。

2.10. 整个货包设计安全报告应采用国际单位制。

# 附录 I

## 例外货包

- I.1. 本附录就货包设计安全报告第一部分和第二部分中应包括例外货包的信息提供了特定建议。表 1 列出了货包设计安全报告的每一项，以及适用的信息和指导。关于例外货包的进一步建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]。
- I.2. 根据“运输条例”第 801 段，例外货包需要货包设计安全报告。根据分级方法并考虑到例外货包所带来的较低风险，它们的货包设计安全报告可能比其他类型货包的货包设计安全报告更广泛。
- I.3. 对于作为例外货包运输的装有易裂变材料的货包，“运输条例”第 417 段规定之一是必须适用的。
- I.4. 含有小于 0.1 公斤六氟化铀的货包可归类为 UN 3507，并根据“运输条例”第 425 段规定作为例外货包运输。关于 UN 3507 运输适用条例的更多信息见参考文献[3]第 3.2 章。
- I.5. 对于技术分析，货包设计人员应直接在货包设计安全报告第 1.4 项中或在必要时在货包设计安全报告第二部分中证明货包符合“运输条例”。
- I.6. 对于货包设计安全报告第二部分的每一项技术分析，均须考虑以下因素：
- (a) 被评价的货包设计应通过精确地标明货包的示意图（见货包设计安全报告第 1.3 项），包括其修订编号，以及内容的规范（见货包设计安全报告第 1.2 项），包括其修订编号来自唯一地识别。
  - (b) 技术分析的验收标准、几何构型与性能特征相关的货包设计假设应在必要时加以确定和证明。验收标准应由设计人员规定，并应从监管机构制定的标准和为满足监管要求而制定的其他适用标准中推导出来。设计假设是指设计货包设计安全报告第 1.2—1.3 项所提供的规范，或由设计规范引出并在技术分析中使用的其他假设。
  - (c) 技术分析的结果应与验收标准和货包设计假设进行比较，并应相应地证明合规的正当性。

## 附录 I

I.7. 图 1 和第 2.3 段列出的下列物项。本“安全导则”的与例外货包无关也不需要例外货包，因此不包括在表 1 中：

- 第一部分：
  - 老化考虑；
  - 技术分析的条件；
  - 空隙分析计划；
  - 货包插图。
- 第二部分：
  - 热分析；
  - 包容设计分析；
  - 临界安全分析；
  - 其他分析。

## 附录 I

### 表 1. 例外货包的货包设计安全报告

---

#### 货包设计安全报告目录

---

货包设计安全报告第一部分和第二部分的内容应在此列出，包括货包设计安全报告所包含的每个单独文件的修订编号。

## 第一部分

---

### 1.1. 行政信息

---

应提供下列行政资料：

- (a) 货包设计人员的身份证明（即姓名、地址、联系方式）；
- (b) 货包的联合国编号（视情况而定）；
- (c) 货包所设计的运输方式，以及与任何运输方式相关的任何操作限制；
- (d) 参考特定货包设计的适用法规，包括货包设计所参考的“运输条例”版本。



## 附录 I

---

### 1.2. 内容说明

---

应提供货包允许内容物的详细说明，并至少说明一适用时一以下信息：

- (a) 内容物的一般性质（如物品、仪器仪表、冶金样品、货包内部污染）；
- (b) 核素和/或核素组成，包括子代放射性核素；
- (c) 货包内所载放射性核素的  $A_1$  和/或  $A_2$  值。“运输条例”表 2 中未列出放射性核素的  $A_1$  和/或  $A_2$  值须根据“运输条例”第 403—407 段确定，并可根据“运输条例”第 403 段经多边核准；
- (d) 内容物的物理和化学状态；
- (e) 货包内容物所发出辐射的类型和特征；
- (f) 对活度、质量和活度限值，以及核素分布的不均一性。按照表 4 第 423 (e) 段和第 424 (c) 段（邮递运输）对例外货包的活度限值的遵守情况。“运输条例”第 425 段（用于六氟化铀）和第 427 段（空货包）（如适用）是必须的；
- (g) 当货包中含有特殊形状放射性物质或低弥散放射性物质时，需含有有效证书；
- (h) 易裂变材料的质量、核素和富集度，但“运输条例”第 417 段规定的包含在货包易裂变材料除外；
- (i) 内容物的其他危险属性。根据“运输条例”第 618 段指出，货包内容物的任何其他危险属性（附属危害）必须在货包设计中考虑，以符合相关危险货物运输条例。关于危险货物按照主要附属危害的分类和设计要求的补充资料见参考文献[3]第 3.3 章特别规定 290。关于含有小于 0.1 公斤六氟化铀的货包，根据“运输条例”第 425 段以及被归类为 UN 3507 的其他信息见参考文献[3]第 3.2 章（或在“运输条例”适用的危险货物中）。
- (j) 对内容物的其他限制。

---

### 1.3. 包装规范

---

包装设计的定义应达到证明符合“运输条例”所必须的程度；应酌情包括下列资料：

- (a) 示意图；
- (b) 货包的外形尺寸和满载时的最大质量；

## 附录 I

- (c) 所有安全重要货包部件及其材料的清单；
- (d) 最大正常工作压力（在空运的情况下）。

对于具有其他危险属性的放射性物质，适用于该放射性物质其他危险属性的货包说明见参考文献[3]第 4.1.9.1.5 章（或危险货物运输的适用条例）。对于六氟化铀含量小于 0.1 公斤的货包，适用参考文献[3]第 4.1 章包装说明 P603。

---

### 1.4. 符合监管要求

---

货包设计安全报告应包括“运输条例”和适用于货包设计的其他国际或国家条例所有段落完整清单。

货包设计符合这些规定应在货包设计安全报告中证明。可以用一个表格（或任何其他书面格式）来证明这一点，该表格将货包设计安全报告的适当物项（如果证明合规）与条例的适用段落联系起来。

“运输条例”对例外货包的适用条款见附件 I 的汇总表。

---

### 1.5. 货包操作

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 货包部件的组装；
- (b) 装卸货包内容物；
- (c) 每次装运前的控制；
- (d) 装卸和栓系。

如果有详细描述这些活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.6. 维护

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 每次装运前的维护和视察；
- (b) 在整个包装和/或货包的使用寿命周期内定期进行维护和视察。

在制定将列入货包设计安全报告这一部分的维护规范时，应考虑以下各点：

- (1) 对于例外货包，在装运前对货包进行视察可能就足够了。

## 附录 I

- (2) 一次性使用的货包不需要考虑定期维护。
- (3) 如果有详细说明维护活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.7. 管理系统

货包设计安全报告应规定由货包设计人员根据“运输条例”第 306 段建立和实施的\*\*管理系统\*\*，遵守“运输条例”相关规定。

管理系统应与货包设计的复杂性相称，并应包括可靠的文件控制系统。

关于运输管理系统的进一步建议见 TS-G-1.4[6]。

## 第二部分

---

### 2.1. 结构分析

常规运输工况下的力学性能评定结果（如适用，包括疲劳、脆性断裂和蠕变分析）应包括在货包设计安全报告的这一项中。

机械性能的评定应证明符合下列要求：

- (a) “运输条例”第 608 段和第 609 段对起重附件的要求；
- (b) 运输过程中用于将货包限制在运载范围内的包装附件要求；
- (c) 对于空运的货包，“运输条例”第 619—621 段对包容系统货包部件的附件要求。

如果货包要空运，包容系统的结构分析应考虑到在常规运输工况下可能遇到的环境温度和压力，以及空运的特定温度和压力要求。

应注意确保螺母、螺栓和其他固定设备在常规运输工况下，即使在反复使用后仍能保持其安全功能。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 607.1—621.3 段。

---

### 2.2. 剂量率分析

应评定常规运输工况下货包外表面的剂量率，以证明符合“运输条例”第 516 段和第 423 (a) 段（如适用）规定例外货包的要求。

## 附录 I

剂量率分析应以假设货包的最大放射性内容物或例外货包内容物为基础，以产生货包表面的最大剂量率。

剂量率分析应考虑到国际放射防护委员会关于剂量计算的核衰变数据的最新建议（例如见参考文献[7]）。

SSG-26 (Rev.1) [2]第 516.5 段指出：

“最大剂量率的确定应考虑到潜在的显著放大现象，如放射性内容物的移动，或在装有液体货包的情况下内容物状态的变化，包括放射性核素的分离和/或沉淀。”

如果在分析中使用剂量率测量，用于测量的源应代表货包设计中规定的放射性内容物。

## 附录 II

### 工业货包

II.1. 本附录提供了关于工业货包的货包设计安全报告第一部分和第二部分应包括的信息的特定建议。表 2 列出了货包设计安全报告的每一项，并附有适用的信息和指导。关于工业货包的进一步建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]。

II.2. 根据“运输条例”第 801 段指出，IP-1 型、IP-2 型和 IP-3 型货包需要货包设计安全报告。根据分级方法并考虑到 IP-1 型货包所带来的较低风险，IP-1 型货包的货包设计安全报告可能比其他类型货包的货包设计安全报告编写得更少。

II.3. 对于含有裂变核素的工业货包，除本附录的建议外，另见附录 V。

II.4. 对于含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包，除本附录的建议外，另见附录 VI。

II.5. 对于技术分析，货包设计人员应直接在货包设计安全报告第 1.5 项或在必要时在货包设计安全报告第二部分中证明货包符合“运输条例”。

II.6. 对于货包设计安全报告第二部分的每一项技术分析，均须考虑以下因素：

- (a) 被评价的货包设计应通过精确地标明货包图纸（见货包设计安全报告第 1.3 项），包括其修订编号和内容物规范（见货包设计安全报告第 1.2 项），包括其修订编号。
- (b) 技术分析的验收标准应与与几何构型或性能特征相关的货包设计假设应在必要时加以定义和证明。验收标准应由设计人员规定，并应从监管机构制定的标准和为满足监管要求而制定的其他适用标准中推导出来。设计假设是指货包设计安全报告第 1.2 项及第 1.3 项所提供的设计规范，或由该设计规范引申而来，并在货包设计安全报告中使用的其他假设技术分析。货包每个部件的所有机械、热和屏蔽特征以及技术分析中使用的验收标准都应确定。

## 附录 II

- (c) IP-2 型或 IP-3 型货包设计符合性的证明必须按照第 701 段规定完成，通过下列任何一种方法或其组合：
- (i) 适当比例的原型或模型的实物试验结果。
  - (ii) 提及以前性质足够相似的令人满意的证明，如果可以通过正当性和验证充分证明相似性，则允许对与所考虑的设计相似的设计进行试验。
  - (iii) 计算或合理论证，当计算程序通常被认为是合适和保守的。假设应明确说明并充分正当，如适用，包括通过实物试验。
- 进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 701.1—701.25 段。IP-1 型货包不需要监管试验。
- 货包设计安全报告第 2.1—2.5 项规定的每项分析中使用的方法或标准应包括所用分析技术的说明、该技术的局限性和准确性，以及正确应用该技术进行货包设计分析的证明。
- 如果使用计算机代码进行安全分析，则应在货包设计安全报告中包括额外的信息，以证明代码是针对特定使用领域进行核实和验证的。适用这些代码的正当性应包括说明与所使用的操作平台（计算机）的影响相关的误差和/或不确定性的可能来源、建模假设和简化以及影响计算结果的任何其他参数和灵敏度分析；
- (d) 应评定货包设计的性能特征。可能需要考虑一个以上的试验序列，以确保货包设计的不同组成部分所要实现的各种安全功能合规要求。其他危害（例如腐蚀、燃烧、自燃或其他化学反应，如果辐解、相变）对货包的安全功能有相应影响，则应在必要时进行分析。
  - (e) 技术分析的结果应与验收标准进行比较，并相应地证明货包设计假设和法规遵守的正当性。

II.7. 本“安全导则”图 1 和第 2.3 段列出的下列物项与工业货包无关也不需要工业货包，因此不包括在表 2 中：

- 第一部分
  - 技术分析的条件；
  - 货包插图。
- 第二部分
  - 其他分析。

## 附录 II

### 附录 II

**表 2. 工业货包的货包设计安全报告**

---

#### 货包设计安全报告目录

---

货包设计安全报告第一部分和第二部分的内容应在此列出，包括货包设计安全报告所包含的每个单独文件的修订编号。

### 第一部分

---

#### 1.1. 行政信息

---

应提供下列行政资料：

- (a) 货包的口语名称（如适用）；
  - (b) 货包设计人员的身份证明（如姓名、地址、联系方式）；
  - (c) 工业货包类型（即 IP-1 型、IP-2 型或 IP-3 型）；
  - (d) 对于货包类型 IP-2 型和 IP-3 型，包装和/或货包设计标识以及对包装序号的限制（如果适用）；
  - (e) 货包所设计的运输方式，以及与任何运输方式相关的任何操作限制；
  - (f) 参考特定货包设计的适用法规，包括货包设计所参考的“运输条例”版本。
- 

#### 1.2. 内容说明

---

应提供货包设计允许内容的详细说明，在适用时至少说明以下信息：

- (a) 内容物的一般性质（如新燃料、受污染的工具、废物）。
- (b) 核素和/或核素组成，包括子代放射性核素。
- (c) 货包内要携带放射性核素的  $A_1$  和  $A_2$  值。未列入“运输条例”表 2 的放射性核素的  $A_1$  和  $A_2$  值须根据“运输条例”第 403—407 段确定，并根据“运输条例”第 403 段进行多边核准。
- (d) 物理和化学状态、几何构型、排列和材料规范。对于工业货包，内容物的限制取决于放射性内容物的实物状态。
- (e) 货包内容物所发出的辐射类型和特征。

## 附录 II

- (f) 对活度、质量和活度浓度的限值，以及核素分布的不均一性。根据“运输条例”第 409 段和第 413 段，应酌情将所含物质适当归类为低比活度材料或表面污染物体类别之一。可能需要对比活度（贝可/克）和表面污染（贝可/平方厘米）进行限制。如果适用，还应考虑“运输条例”表 6 规定的运输活度限值，以限制单一货包的活度。
- (g) 易裂变材料的质量、核素和富集度（另见附录 V）。
- (h) 内容物的其他危险属性。根据“运输条例”第 618 段指出，货包内容物的任何其他危险属性（附属危害）必须在货包设计中考虑，以符合相关危险货物的运输条例。关于危险货物与附属危害相关的设计要求的补充资料，见参考文献[3]第 3.3 章第 172 段特别规定。
- (i) 对内容物的其他限值（如水分、酸的存在）。应说明非放射性物质的安全相关限值——例如，材料成分、密度、形式、货包内位置方面的限值，或对材料相对数量的限值。

---

### 1.3. 包装规范

---

包装设计的定义应达到证明符合“运输条例”所必须的程度，应酌情包括下列资料：

- (a) 设计图纸；
- (b) 货包的外形尺寸、满载时的最大质量和空货包的质量；
- (c) 所有安全重要货包部件及其材料的清单。对于 IP-2 型和 IP-3 型货包，还应包括货包部件的材料规范；
- (d) 最大正常工作压力（特别是在空运的情况下）。

对于 IP-3 型货包，包装规范应包括以下说明：

- (1) 包装本体、盖板（例如，关闭机构和干预指示功能）、内部布置以及用于提升和栓系的部件；
- (2) 防腐蚀的保护；
- (3) 防污染的保护；
- (4) 屏蔽所需的货包部件；
- (5) 减震器；



## 附录 II

- (6) 在首次用于运输放射性物质之前试验规范和控制。这确保了符合设计的制造和允许验收样品前第一次使用，另见“运输条例”第 501 段。

关于具有其他危险属性的放射性物质，见参考文献[3]第 4.1.9.1.5 段。参考文献[3]规定的货包说明或储罐说明（或在适用的危险货物运输条例中）应符合放射性物质的其他危险属性，但含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的工业货包除外。

---

### 1.4. 老化考虑

根据货包设计，货包设计人员也可以直接在第 1.5 项所述的表中提供相关老化考虑的信息。

对于一次运输使用一次的货包，并不打算在存储后装运，货包设计安全报告的这一项应该留空。

对于所有其他货包，货包设计安全报告的这一项应包括以下信息：

- (a) 可能影响老化的货包的预期使用条件；
- (b) 与货包设计相关的潜在老化机制，同时考虑到货包的预期使用条件；
- (c) 监控和限制老化影响的操作措施（包括装运前的维护和视察活动）；
- (d) 分析货包及内容物的老化对显示合规的设计假设影响，包括在货包设计安全报告第二部分的技术分析，并考虑指定的预期使用条件、老化机制及操作措施。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.1—613A.5 段。

---

### 1.5. 符合监管要求

货包设计安全报告应包括“运输条例”和适用于货包设计的其他国际或国家条例所有段落完整清单。

货包设计符合这些规定应在货包设计安全报告中证明。可以使用一个表格（或任何其他书面格式），将货包设计安全报告的适当物项与条例的适用段落联系起来，在证明合规的情况下，遵守条例的适用段落。

工业货包“运输条例”的适用条款见附件 I 的汇总表。

## 附录 II

---

### 1.6. 货包操作

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 货包部件的装配。此信息不应包含在 IP-1 型货包中，IP-3 型货包必须符合“运输条例”第 637 段要求。
- (b) 货包内容物的装载和卸载。
- (c) 每次装运前的试验和控制。
- (d) 装卸和栓系。如果适用，应包括每种运输方式的螺栓扭转和运输循环次数（用于疲劳分析）的规范。
- (e) 任何拟议补充设备和操作控制措施，包括可能影响老化机制的设备和操作控制措施。

除放射性特性外，还必须考虑货包内容物的任何其他危险属性（见“运输条例”第 507 段）。

如果有详细描述这些活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.7. 维护

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 每次装运前的维护和视察；
- (b) 在整个包装和/或货包的使用寿命周期内定期进行维护和视察。

在制定将列入货包设计安全报告这一部分的维护规范时，应考虑以下各点：

- (1) 在适用的情况下，应考虑存储过程的老化机制；
- (2) 一次性使用的货包不需要考虑定期维护；
- (3) 如果有详细说明维护活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.8. 空隙分析计划

---

对于存储后用于装运的货包，货包设计安全报告应包括一个空隙分析计划，说明在存储期间定期评价条例变化、技术知识变化和货包设计状态变化的系统程序（另见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.5 段、第 809.3 段和第 809.4 段和参考文献[8]）。

## 附录 II

---

### 1.9. 管理系统

货包设计安全报告应规定由货包设计人员根据“运输条例”第 306 段建立和实施的<sup>1</sup>管理系统，遵守“运输条例”相关规定。

管理系统应与货包设计的复杂性相称，并应包括可靠的文件控制系统。

关于运输管理系统的进一步建议见 TS-G-1.4[6]。

## 第二部分

---

### 2.1. 结构分析

所有工业货包的常规运输工况和 IP-2 型和 IP-3 型货包的正常运输工况下的机械性能评定（如适用，包括疲劳、脆性断裂和蠕变分析）应包括以下内容：

- (a) 包容系统部件。IP-1 型货包只有在空运时才需要这样做（见“运输条例”第 619—621 段）。
- (b) 提供辐射屏蔽的货包部件。IP-1 型货包不需要这样做；
- (c) 任何其他货包部件（例如减震器），其性能可能对上述 (a) 和 (b) 有相应影响。这不适用于 IP-1 型货包。
- (d) 起重附件（见“运输条例”第 608 段和第 609 段）。
- (e) 在常规运输工况下，在运输过程中用于限定货包的包装附件。

如果货包采用空运（见“运输条例”第 619—621 段），包容系统的结构分析应考虑到在常规运输工况下可能遇到的环境温度和压力，以及空运的特定温度和压力要求。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 621.2 段和第 621.3 段。

应注意确保螺母、螺栓和其他固定设备在常规运输工况下，即使在反复使用后仍能保持其安全功能。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613.1 段。

在对工业货包进行结构分析时，除符合“运输条例”第 626—630 段备选要求的 IP-2 或 IP-3 型货包外，应考虑以下几点：

- (1) 一般考虑：

## 附录 II

- (i) 安全论证中考虑的材料机械性能应代表货包部件的机械性能范围，并考虑到在常规运输工况下可能遇到的温度（见“运输条例”第 616 段）。
  - (ii) 应分析减震器材料（如木材、聚合物、灰泥、混凝土）的减震性能随在常规运输工况下可能遇到的温度变化对货包性能的影响。
  - (iii) 必要时，应分析包容系统由潜在脆性材料（如铁素体钢、铸铁）构成的部件在常规运输工况下可能遇到的温度下的脆性断裂安全性。
  - (iv) 应核实所有跌落方向上盖板螺栓的强度。
  - (v) 内部部件（如内容物、篮、笼）应进行评定，以核实它们不会损坏包容系统。
  - (vi) 应评定包容系统的状况，以证明符合货包设计安全报告第 2.3 项中关于在常规运输工况下可能遇到的温度范围的规范。
  - (vii) 分析最大压力时，应考虑辐解、内压升高、内部起火或爆炸、物理变化和化学反应等现象。
- (2) 实验机械试验的注意事项：
- (i) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 722.4 段确定货包的方向。在考虑到不同的货包部件（如筒体、盖系统、减震器）和保护目标（如包容和屏蔽）的情况下，应使货包负载方向最大化（就应力、应变、加速度和变形而言）。
  - (ii) 对于缩比模式，应该使用与原始设计相似的几何构型和材料特性，或者保守的几何构型和材料特性。
  - (iii) 用缩比模式进行跌落试验的结果应进行评定，以保证它们覆盖或可转移到原始设计。
  - (iv) 用缩比模式进行跌落试验的代表性应该得到证明。
  - (v) 机械试验应按照管理系统进行并报告。试验报告应说明试验前对货包的核实、试验地点的描述、测量所用设备及其校准数据，以及所进行的测量结果。该报告还应包含图片，显示和解释进行试验的条件及其结果。
- (3) 计算的注意事项：
- (i) 见上文第 (2) (i) 点。

## 附录 II

- (ii) 应使用经过验证的计算机代码。输入参数（如材料规律、特征值、边界条件）应充分和准确地描述实际的技术和/或物理问题，并应说明使用这些参数的正当性。
- (iii) 如果重要的输入参数（如材料规律）存在不确定性，则应进行保守的设计计算，包括材料特性的可能范围。
- (iv) 所用数据（如材料规律、边界条件、负载假设）和计算结果应全面记录在案。

---

### 2.2. 热分析

---

为证明符合性而考虑的货包部件的温度范围是在常规运输工况下 IP-1 型和 IP-2 型货包可能遇到的温度范围。对于 IP-3 型货包，应考虑的温度范围在“运输条例”第 639 段规定。

---

### 2.3. 包容设计分析

---

包容设计分析应证明符合所有工业货包常规运输工况下防止放射性物质损失或扩散的要求，符合 IP-2 型和 IP-3 型货包正常运输工况下的要求。

如果结构分析已证明包容边界的完整性，则不需要包容设计分析。“运输条例”第 645 段关于降低环境压力的和第 621 段运输规定增加压差。

---

### 2.4. 剂量率分析

---

在进行剂量率分析时，应考虑以下几点：

- (a) 应评定所有类型工业货包在常规运输工况下的剂量率和 IP-2 型和 IP-3 型货包在正常运输工况下的剂量率增加系数，以表明符合“运输条例”的要求。
- (b) 剂量率分析应以假定货包的最大放射性内容物或工业货包内容物为基础，该内容物可在货包表面和离货包表面特定距离处产生最大剂量率，如“运输条例”所规定。
- (c) 剂量率分析应考虑到国际放射防护委员会关于剂量计算的核衰变数据的最新建议（例如见参考文献[7]）。
- (d) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 523.6 段和第 624.4 段，酌情确定正常运输工况下的最大剂量率和剂量率增加系数，同时考虑到潜在的放大现象，如内容物的内部移动（例如，在运输受污染工具的情况下，由于

## 附录 II

货包内部保留系统的缺陷), 或者一在装有液体货包的情况下一内容物状态的变化, 包括放射性核素的分离和沉淀。

在分析上述各点时, 应考虑到以下几点:

- (1) 剂量率分析应以货包设计的最大放射性内容物为基础, 并应通过各种方法和参数来定义, 如核素比活度和  $\gamma$  和中子放射源项。
- (2) 剂量率限值可以通过计算或测量得到满足。如果使用计算方法, 源项的计算应考虑相互作用、次生发射和中子增殖因子。如果使用剂量率测量, 用于测量的源应代表货包设计中规定的放射性内容物。
- (3) 所有用于剂量率分析的计算方法都应根据它们所应用的货包设计的特定条件进行核实和验证。

---

### 2.5. 临界安全分析

---

见附录 V。

## 附录 III

### A 型货包

III.1. 本附录为 A 型货包的货包设计安全报告第一部分和第二部分中应包括的信息提供了特定建议。表 3 列出了货包设计安全报告的每一项，并附有适用的信息和指导。关于 A 型货包的进一步建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]。

III.2. 根据“运输条例”第 801 段，A 型货包要求有货包设计安全报告。

III.3. 对于装有易裂变核素的货包，除本附录的建议外，另见附录 V。

III.4. 对于含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包，除本附录的建议外，另见附录 VI。

III.5. 对于技术分析，货包设计人员应直接在货包设计安全报告第 1.5 项中或在必要时在货包设计安全报告第二部分中证明货包符合“运输条例”。

III.6. 对于货包设计安全报告第二部分的每一项技术分析，均须考虑以下因素：

- (a) 被评价的货包设计应通过精确地标明包装图纸（见货包设计安全报告第 1.3 项），包括其修订编号和内容物规范（见货包设计安全报告第 3 项），来唯一地识别见货包设计安全报告第 1.2 项），包括其修订编号。
- (b) 技术分析的验收标准和与几何构型或性能特征相关的货包设计假设应在必要时加以定义和证明。验收标准应由设计人员规定，并应从监管机构制定的标准和为满足监管要求而制定的其他适用标准中推导出来。设计假设是指货包设计安全报告第 1.2 项及第 1.3 项所提供的设计规范，或由设计规范引出并在技术分析中使用的其他假设。货包每个部件的所有机械、热和屏蔽特征以及技术分析中使用的验收标准都应确定。
- (c) A 型货包设计符合性的证明必须按照第 701 段规定完成，通过下列任何一种方法或其组合：
  - (i) 适当比例的原型或模型的实物试验结果。

## 附录 III

- (ii) 提及以前性质足够相似的令人满意的证明。试验结果与正在考虑的设计相似，如果相似性能通过证明和验证得到充分的证明，则是允许的。
- (iii) 计算或有理由的论证，当计算程序被普遍认为是合适的和保守的。假设应明确说明并充分说明正当性，如适用，包括通过实物试验。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 701.1—701.25 段。

第 2.1—2.5 项规定的每项分析中使用的方法或标准货包设计安全报告应包括对所用分析技术的描述、该技术的局限性和准确性，以及对货包设计分析中正确应用该技术的示范。

如果使用计算机代码进行安全分析，则应在货包设计安全报告中包括额外的信息，以证明代码是针对特定使用领域进行核实和验证的。适用这些代码的正当性应包括说明与所使用的操作平台（计算机）的影响相关的误差和/或不确定性的可能来源、建模假设和简化以及影响计算结果的任何其他参数和灵敏度分析；

- (d) 应评定货包设计的性能特征。可能需要考虑一个以上的试验序列，以确保货包设计的不同组成部分所要实现的各种安全功能合规要求。如果其他危害（如腐蚀、燃烧、自燃或其他化学反应、辐解、相变）对货包的安全功能有相应影响，则应在必要时进行分析。
- (e) 技术分析的结果应与验收标准进行比较，并相应地证明货包设计假设和法规遵守的正当性。

III.7. 图 1 和第 2.3 段列出的下列物项。本“安全导则”的与 A 型货包无关也不需要 A 型货包，因此不包括在表 3 中：

- 第一部分：
  - 技术分析的条件。
- 第二部分：
  - 其他分析。



## 附录 III

### 附录 III

表 3. A 型货包的货包设计安全报告

---

#### 货包设计安全报告目录

---

货包设计安全报告第一部分和第二部分的内容应在此列出，包括货包设计安全报告所包含的每个单独文件的修订编号

### 第一部分

---

#### 1.1. 行政信息

---

应提供下列行政资料：

- (a) 货包的口语名称（如适用）；
- (b) 货包设计人员的身份证明（如姓名、地址、联系方式）；
- (c) 货包类型；
- (d) 包装和/或货包设计标识和对包装序号的限制（如果适用）；
- (e) 货包所设计的运输方式，以及与任何运输方式相关的任何操作限制；
- (f) 参考特定货包设计的适用法规，包括货包设计所参考的“运输条例”版本。

---

#### 1.2. 内容说明

---

应提供货包设计允许内容的详细说明，在适用时至少说明以下信息：

- (a) 内容物的一般性质（例如，辐照燃料、冶金样品、射线源）。
- (b) 核素和/或核素组成，包括子代放射性核素。
- (c) 货包内要携带的放射性核素的  $A_1$  和  $A_2$  值。未列入“运输条例”表 2 的放射性核素的  $A_1$  和  $A_2$  值须根据“运输条例”第 403—407 段确定，并可根据“运输条例”第 403 段经多边核准。
- (d) 物理和化学状态（附加设计规范适用于液态和气态内容物）、几何构型、排列方式、辐照参数和材料规范。
- (e) 货包内容物所发出的辐射的类型和特征。

## 附录 III

- (f) 对活度、质量和活度浓度的限值，以及核素分布的不均一性。根据“运输条例”第 429 段和第 430 段规定，必须遵守 A 型货包的活度限值。
- (g) 当货包中含有特殊形状放射性物质或低弥散放射性物质时，需含有有效证书。
- (h) 易裂变材料的质量、核素和富集度（另见附录 V）。
- (i) 内容物的其他危险属性。根据“运输条例”第 618 段规定，货包内容物的任何其他危险属性（附属危害）必须在货包设计中考虑，以符合相关危险货物的运输条例。关于危险货物按照附属危害的设计要求的补充资料，见参考文献[3]第 3.3 章第 172 段特别规定。
- (j) 对内容物的其他限值（如水分、酸的存在）。应说明非放射性物质（例如，易发生辐解的材料）的安全相关限值—例如，材料成分、密度、形式或货包内位置方面的限值，或对材料相对数量的限值。

---

### 1.3. 包装规范

---

包装设计的定义应达到证明符合“运输条例”所必须的程度，应酌情包括下列资料：

- (a) 设计图纸。
- (b) 货包的外形尺寸、满载时的最大质量和空货包的质量。
- (c) 所有安全重要货包部件及其材料的清单，包括货包部件的材料规范。
- (d) 最大正常工作压力（特别是在空运的情况下）。
- (e) 对包装体、盖子（例如，关闭机构和干预指示功能）、内部布置以及用于提升和栓系部件的描述。
- (f) 防腐蚀说明。
- (g) 防污染说明。
- (h) 包容系统货包部件的说明，包括包容边界的定义和液体的特殊特点（见“运输条例”第 650 段）。特殊形状的放射性物质可以是第 642 段规定的包容系统的组成部分。（如适用）（另见货包设计安全报告第 1.2 (g) 项）。
- (i) 屏蔽所需货包部件的说明。
- (j) 减震器的说明。

## 附录 III

(k) 在首次用于运输放射性物质之前试验规范和控制。这确保了制造符合设计，并允许在第一次使用前接受样品。另见“运输条例”第 501 段。

关于具有其他危险属性的放射性物质，见参考文献[3]第 4.1.9.1.5 段。参考文献[3]规定的货包说明。（或在适用的危险货物运输条例中）应符合放射性物质的其他危险属性，但含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包除外。

---

### 1.4. 老化考虑

根据货包设计，货包设计人员也可以直接在第 1.5 项所述的表中提供相关老化考虑的信息。

对于一次运输使用一次的货包，并不打算在存储后装运，货包设计安全报告的这一项应该留空。

对于所有其他货包，货包设计安全报告的这一项应包括以下信息：

- (a) 可能影响老化货包的预期使用条件；
- (b) 与货包设计相关的潜在老化机制，同时考虑到货包的预期使用条件；
- (c) 监控和限制老化影响的操作措施（包括装运前的维护和视察活动）；
- (d) 分析货包及内容物的老化对显示合规设计假设的影响，包括在货包设计安全报告第二部分的技术分析，并考虑指定的预期使用条件、老化机制及操作措施。

进一步的建议是 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.1—613A.5 段

---

### 1.5. 符合监管要求

货包设计安全报告应包括“运输条例”和适用于货包设计的其他国际或国家条例的所有段落完整清单。

货包设计符合这些规定应在货包设计安全报告中证明。可以使用一个表格（或任何其他书面格式），将货包设计安全报告的适当物项与条例的适用段落联系起来，在证明合规的情况下，遵守条例的适用段落。

A 型货包“运输条例”的适用条款见附件 I 的汇总表。

---

### 1.6. 货包操作

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

## 附录 III

- (a) 货包部件的组装，包括符合“运输条例”第 637 段规定的证明。
- (b) 货包内容物的装载和卸载。
- (c) 每次装运前的试验和控制。用于操作控制和试验的方法，特别是根据“运输条例”第 502 段、第 503 (a) 段、第 508 段、第 523 段和第 526—528 段所要求的方法，应该详细说明。
- (d) 装卸和栓系。如果适用，应包括每种运输方式的螺栓扭转和运输循环次数（用于疲劳分析）的规范。
- (e) 在运输过程中应用的任何拟议补充设备和操作控制。

除放射性特性外，还必须考虑货包内容物的任何其他危险属性（见“运输条例”第 507 段）。

如果有详细描述这些活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.7. 维护

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 每次装运前的维护和视察；
- (b) 在整个包装和/或货包的使用寿命周期内定期进行维护和视察。

在制定将列入货包设计安全报告这一部分的维护规范时，应考虑以下各点：

- (1) 在适用的情况下，应考虑存储过程的老化机制。
- (2) 一次性使用的货包不需要考虑定期维护。
- (3) 如果有详细的货包维护的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.8. 空隙分析计划

---

对于存储后用于装运的货包，货包设计安全报告应包括一个空隙分析计划，说明在存储期间定期评价条例变化、技术知识变化和货包设计状态变化的系统程序（另见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.5 段、第 809.3 段和第 809.4 段和参考文献[8]）。

---

### 1.9. 管理系统

---

货包设计安全报告应规定由货包设计人员根据“运输条例”第 306 段建立和实施的系统，以表明遵守“运输条例”相关规定。

## 附录 III

管理系统应与货包设计的复杂性相称，并应包括可靠的文件控制系统。

关于运输管理系统的进一步建议见 TS-G-1.4[6]。

---

### 1.10. 货包插图

应提供一个可复制的插图，显示货包的组成，包括减震器和内部安排，如适用。

插图应至少说明货包的总体外部尺寸和空装时的质量。

## 第二部分

---

### 2.1. 结构分析

对常规和正常运输工况下的机械性能评定（如适用，包括疲劳、脆性断裂和蠕变分析）应包括以下内容：

- (a) 包容系统部件。如适用，这可包括“运输条例”第 642 段所规定的特殊形状放射性物质。
- (b) 提供辐射屏蔽的货包部件。
- (c) 任何其他货包部件（例如减震器），其性能可能会对 (a) 或 (b) 产生相应影响。
- (d) 起重附件（见“运输条例”第 608 段和第 609 段）。
- (e) 在常规运输工况下，在运输过程中用于限定货包的包装附件。

如果货包采用空运（见“运输条例”第 619—621 段），包容系统的结构分析应考虑到常规运输工况下可能遇到的环境温度和压力，以及空运的特定温度和压力要求。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 621.2 段和第 621.3 段。

应注意确保螺母、螺栓和其他固定设备在常规运输工况下，即使在反复使用后仍能保持其安全功能。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613.1 段。

在执行 A 型货包的结构分析时，应考虑以下几点：

- (1) 一般考虑：

### 附录 III

- (i) 安全论证中考虑材料的机械性能应代表货包部件的机械性能范围，并考虑到在常规运输工况下可能遇到的温度（见“运输条例”第 639 段）。
  - (ii) 应分析减震器材料（如木材、聚合物、灰泥、混凝土）的减震性能随在常规运输工况下可能遇到的温度变化对货包性能的影响。
  - (iii) 必要时，应分析包容系统由潜在脆性材料（如铁素体钢、铸铁）构成的部件在常规运输工况下可能遇到的温度下的脆性断裂安全性。
  - (iv) 应核实所有跌落方向上的盖板螺栓强度。
  - (v) 内部部件（如内容物、篮、笼）应进行评定，以核实它们不会损坏包容系统。
  - (vi) 应评定包容系统的状况，以证明符合货包设计安全报告第 2.3 项中关于在常规运输工况下可能遇到温度范围的规范。
  - (vii) 分析最大压力时，应考虑辐解、内压升高、内部起火或爆炸、物理变化和化学反应等现象。
- (2) 实验机械试验的注意事项：
- (i) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 722.4 段确定货包的方向，在考虑到不同的货包部件（如筒体、盖系统、减震器）和保护目标（如包容和屏蔽）的情况下，方向应使货包的负载最大化（就应力、应变、加速度和变形而言）。
  - (ii) 对于缩比模式，应该使用与原始设计相似的几何构型和材料特性，或者保守的几何构型和材料特性。
  - (iii) 用缩比模式进行跌落试验的结果应进行评定，以保证它们覆盖或可转移到原始设计。
  - (iv) 用缩比模式进行跌落试验的代表性应该得到证明。
  - (v) 机械试验应按照管理系统进行并报告。试验报告应说明试验前对货包的验证、试验地点的描述、测量所用设备及其校准数据，以及所进行的测量结果。该报告还应包含图片，显示和解释进行试验的条件及其结果。
- (3) 计算的注意事项：
- (i) 见上文第 (2) (i) 点。

## 附录 III

- (ii) 应使用经过验证的计算机代码。输入参数（如材料规律、特征值、边界条件）应充分和准确地描述实际的技术和/或物理问题，并应说明使用这些参数的正当性。
- (iii) 如果重要的输入参数（如材料规律）存在不确定性，则应进行保守的设计计算，包括材料特性的可能范围。
- (iv) 所用数据（如材料规律、边界条件、负载假设）和计算结果应全面记录在案。

---

### 2.2. 热分析

---

为证明符合性而考虑货包部件的温度范围为“运输条例”第 639 段规定的温度范围。

---

### 2.3. 包容设计分析

---

对包容设计的分析应证明符合所有 A 型货包在常规和正常运输工况下防止放射性物质丢失或扩散的要求。对于装有液体或气体的 A 型货包，根据“运输条例”第 650 段和第 651 段，需要进行额外的跌落试验。

应注意准确地定义货包内容物，因为包容设计分析的假设和演示可能因内容而异。

如果特殊形状放射性物质构成包容系统的一部分，则应考虑特殊形状放射性物质在常规和正常运输工况下的适当性能。

如果结构分析已经证明了包容边界的完整性，则不需要包容分析。关于降低环境压力的“运输条例”第 645 段和第 621 段运输规定增加压差。

---

### 2.4. 剂量率分析

---

在进行剂量率分析时，应考虑以下几点：

- (a) 应评定常规运输工况下的剂量率和正常运输工况下的剂量率增加系数，以表明符合“运输条例”要求。
- (b) 剂量率分析应以假定货包的最大放射性内容物或 A 型货包内容物为基础，该内容物可在货包表面和离货包表面特定距离处产生最大剂量率，如“运输条例”所规定。
- (c) 剂量率分析应考虑到国际放射防护委员会关于剂量计算的核衰变数据的最新建议（例如见参考文献[7]）。

## 附录 III

- (d) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 523.6 段和第 624.4 段确定正常运输工况下的最大剂量率和剂量率增加系数 (如适用),同时考虑到潜在的放大现象,如内容物的内部移动 (例如,在运输受污染工具的情况下,由于货包内部保留系统的缺陷),或一在货包含有液体一内容物状态的变化,包括放射性核素的分离和沉淀。

在分析上述各点时,应考虑到以下几点:

- (1) 剂量率分析应以货包设计的最大放射性内容物为基础,并应通过各种方法和参数来定义,如核素比活度和  $\gamma$  和中子放射源项。
- (2) 剂量率限值可以通过计算或测量得到满足。如果使用计算方法,源项的计算应考虑相互作用、次生发射和中子增殖因子。如果使用剂量率测量,用于测量的源应代表货包设计中规定的放射性内容物。
- (3) 剂量率分析应以这样一种方式进行,即货包表面具有最大剂量率的区域被识别和分析。这些区域包括耳轴区域、包含允许辐射通过而不被衰减的空隙区域,以及由于货包设计而有可能增加剂量率的其他区域。
- (4) 所有用于剂量率分析的计算方法都应根据它们所应用的货包设计的特定条件进行核实和验证。
- (5) 应在装运前指定并检查峰值剂量率的预期区域。
- (6) 如果适用,应在结构分析中提供证据,证明源在其存储位置 (如辐照器中) 在跌落试验序列条件下保持安全。

---

### 2.5. 临界安全分析

---

见附录 V。



## 附录 IV

### B (U) 型、B (M) 型和 C 型货包

IV.1. 本附录就 B (U) 型、B (M) 型和 C 型货包的货包设计安全报告第一部分和第二部分应包括的信息提供了特定建议。表 4 列出了货包设计安全报告的每个物项，并附有适用的信息和指导。关于 B (U) 型、B (M) 型和 C 型货包的进一步建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]。

IV.2. 对于装有易裂变核素的货包，除本附录的建议外，另见附录 V。

IV.3. 对于含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包，除本附录的建议外，另见附录 VI。

IV.4. 对于技术分析，货包设计人员应直接在货包设计安全报告第 1.6 项中或在必要时在货包设计安全报告第二部分中证明货包符合“运输条例”。

IV.5. 对于货包设计安全报告第二部分的每一项技术分析，均须考虑以下因素：

- (a) 被评价的货包设计应通过精确地标明包装图纸（见货包设计安全报告第 1.3 项），包括其修订编号和内容物规范（见货包设计安全报告第 1.2 项），包括其修订编号。
- (b) 技术分析的验收标准和与几何构型或性能特征相关的货包设计假设应在必要时加以定义和证明。验收标准应由设计人员规定，并应从监管机构制定的标准和为满足监管要求而制定的其他适用标准中推导出来。设计假设是指货包设计安全报告第 1.2 项及第 1.3 项所提供的设计规范，或由设计规范引出并在技术分析中使用的其他假设。货包每个部件的所有机械、热和屏蔽特征以及技术分析中使用的验收标准都应确定。必要时，设计假设应考虑到老化机制。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.1—613A.4 段。
- (c) B (U) 型、B (M) 型或 C 型货包设计符合性的证明必须按照第 701 段规定完成，通过下列任何一种方法或其组合：

## 附录 IV

- (i) 适当比例的原型或模型的实物试验结果。如果为主管当局核准的特定货包设计实施了适当规模的原型或模型的实物试验方案，则应在试验前将该方案通知主管当局，并应允许其见证试验。
- (ii) 提及以前性质足够相似的令人满意的证明。试验结果与正在考虑的设计相似，如果相似性能通过证明和验证得到充分的证明，则是允许的。
- (iii) 计算或有理由的论证，当计算程序被普遍认为是合适的和保守的。假设应明确说明并充分说明正当性，如适用，包括通过实物试验。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 701.1—701.25 段。

第 2.1—2.6 项规定的每项分析中使用的方法或标准货包设计安全报告应包括对所用分析技术的描述、该技术的局限性和准确性，以及对货包设计分析中正确应用该技术的示范。

如果使用计算机代码进行安全分析，则应在货包设计安全报告中包括额外的信息，以证明代码是针对特定使用领域进行核实和验证的。适用这些代码的正当性应包括说明与所使用的操作平台（计算机）的影响相关的误差和/或不确定性的可能来源、建模假设和简化以及影响计算结果的任何其他参数和灵敏度分析。

- (d) 应评定货包设计的性能特征。可能需要考虑一个以上的试验序列，以确保货包设计的不同组成部分所要实现的各种安全功能合规要求。其他危害（例如腐蚀、燃烧、自燃或其他化学反应，如果辐解、相变）对货包的安全功能有相应影响，则应在必要时进行分析。
- (e) 技术分析的结果应与验收标准进行比较，并相应地证明货包设计假设和法规遵守的正当性。

## 附录 IV

### 附录 IV

**表 4. B (U) 型、B (M) 型和 C 型货包的货包设计安全报告**

---

#### 货包设计安全报告目录

---

货包设计安全报告第一部分和第二部分的内容应在此列出，包括货包设计安全报告所包含的每个单独文件的修订编号。

### 第一部分

---

#### 1.1. 行政信息

---

应提供下列行政资料：

- (a) 货包的口语名称（如适用）；
- (b) 货包设计人员的身份证明（如姓名、地址、联系方式）；
- (c) 货包类型；
- (d) 联合国编号；
- (e) 包装和/或货包设计标识和对包装序号的限值（如果适用）；
- (f) 货包所设计的运输方式，以及与任何运输方式相关的任何操作限制；
- (g) 参考特定货包设计的适用法规，包括货包设计所参考的“运输条例”版本。

---

#### 1.2. 内容说明

---

对内容物及其物理和化学形式和放射性核素的描述应足够精确，以证明遵守了关于遏制放射性内容物、控制外部剂量率和保护热造成损害的要求。

说明应包括用于证明所需安全性能的所有尺寸（图纸）、材料特征和机械性能。

应给出温度范围为-40°C（或 B (M) 型货包的另一温度，根据“运输条例”第 667 段）至正常运输工况下最高温度的材料性能。应给出在热试验期间可达到的温度范围内，预期在热试验下保持其安全功能的部件材料的性能。

该描述可以包括内容中 A<sub>1</sub> 或 A<sub>2</sub> 的总数。

## 附录 IV

根据活度的不同，还有额外的设计要求（例如，见“运输条例”第 660 段）。

符合 B (U) 型和 B (M) 型货包的活度限值，如果是空运的，则按照“运输条例”第 433 段，应予以考虑。

应提供货包设计允许内容的详细说明，在适用时至少说明以下信息：

- (a) 内容物的一般性质（例如，辐照燃料、冶金样品、射线源）。
- (b) 核素和/或核素组成，包括子代放射性核素。
- (c) 货包内要携带的放射性核素的  $A_1$  和  $A_2$  值。未列入“运输条例”表 2 的放射性核素的  $A_1$  和  $A_2$  值须根据“运输条例”第 403—407 段确定，并可根据“运输条例”第 403 段经多边核准。
- (d) 物理和化学状态、几何构型、排列、辐照参数（如适用，最大燃耗和最小冷却时间）、含水率和材料规范。
- (e) 货包内容物所发出辐射的类型和特征。
- (f) 对活性、质量和浓度的限值，以及核素分布的不均一性。
- (g) 当货包中含有特殊形状放射性物质或低弥散放射性物质时，需含有有效证书。
- (h) 内容物产热率的限值。
- (i) 易裂变材料的质量、核素和富集度（另见附录 V）。
- (j) 内容物的其他危险属性。根据“运输条例”第 618 段指出，货包内容物的任何其他危险属性（附属危害）必须在货包设计中考虑，以符合相关危险货物的运输条例。关于危险货物与附属危害相关的设计要求的补充资料，见参考文献[3]第 3.3 章第 172 段特别规定。
- (k) 对内容物的其他限值（如水分、酸的存在）。应说明非放射性物质（例如，易发生辐解的材料）的安全相关限值——例如，材料成分、密度、形式或货包内位置方面的限值，或对材料相对数量的限制。

---

### 1.3. 包装规范

---

包装设计的定义应达到证明符合“运输条例”所必须的程度，应酌情包括下列资料：

- (a) 设计图纸。

## 附录 IV

- (b) 外型尺寸、货包满载时的最大质量和空货包的质量（根据操作条件，可能包括其他配置）。
- (c) 安全重要货包部件及其材料的清单，包括部件的规范和制造方法，材料采购、焊接、其他特殊流程的规范，以及无损检验和试验。应给出在热试验期间可达到的温度范围内，预期在热试验下保持其安全功能的部件材料的性能。
- (d) 最大正常工作压力。
- (e) 对包装体、盖子（例如，关闭机构和干预指示功能）、内部布置以及用于提升和栓系部件的描述。
- (f) 防腐蚀说明。
- (g) 防污染说明。
- (h) 用于散热的货包部件的描述。
- (i) 包容系统货包部件的说明，包括包容边界的定义。特殊形状放射性物质可以是包容系统的组成部分，符合“运输条例”第 642 段（如适用）（另见第 1.2 (g) 项）。
- (j) 屏蔽所需货包部件的说明。
- (k) 减震器的说明。
- (l) 热保护货包部件的说明。
- (m) 在首次用于运输放射性物质之前试验规范和控制。这确保了制造符合设计，并允许在第一次使用前接受样品，另见“运输条例”第 501 段。

---

### 1.4. 老化考虑

---

根据货包设计，货包设计人员也可以直接在第 1.6 项所述的表中提供相关老化考虑的信息。

对于一次运输使用一次的货包，并不打算在存储后装运，货包设计安全报告的这一项应该留空。

对于所有其他货包，货包设计安全报告的这一项应包括以下信息：

- (a) 可能影响老化的货包的预期使用条件；
- (b) 与货包设计相关的潜在老化机制，同时考虑到货包的预期使用条件；
- (c) 监控和限制老化影响的操作措施（包括装运前的维护和视察活动）；

## 附录 IV

- (d) 分析货包及内容物的老化对显示合规的设计假设影响，包括在货包设计安全报告第二部分的技术分析，并考虑指定的预期使用条件、老化机制及操作措施。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.1—613A.5 段，关于老化问题的补充资料见参考文献[8]。

---

### 1.5. 技术分析条件

---

货包设计安全报告的这一项应描述货包设计的主要设计原则和性能特征，以满足“运输条例”的安全要求（如包容、散热、剂量率）。

本项应概述货包设计安全报告第二部分中进行的分析，并说明用于安全分析的分析假设和数据—特别是关于放射性物质排放和剂量率—是如何从常规、正常和事故运输工况下货包的设计和性能中得出的，同时考虑到老化机制（见货包设计安全报告第 1.4 项）。

本项将有助于确保货包设计和安全演示的各个部分相互兼容。

---

### 1.6. 符合监管要求

---

货包设计安全报告应包括“运输条例”和适用于货包设计的其他国际或国家条例的所有段落完整清单。

货包设计符合这些规定应在货包设计安全报告中证明。可以使用一个表格（或任何其他书面格式），将货包设计安全报告的适当物项与条例的适用段落联系起来，在证明合规的情况下，遵守条例的适用段落。

B(U) 型、B(M) 型和 C 型货包的“运输条例”适用段落。见附件 I 的汇总表。

---

### 1.7. 货包操作

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 货包部件的组装，包括符合“运输条例”第 637 段规定的证明。
- (b) 货包内容物的装载和卸载。
- (c) 每次装运前的试验和控制：
  - (i) 应详细说明用于操作控制和试验的方法，特别是“运输条例”第 502 段、第 503 段、第 508 段、第 523 段和第 526—528 段所要求的方法。

## 附录 IV

- (ii) 应界定旨在防止货包内存在未经授权的物体（如工具、小塑料片、磨损的垫圈）的措施。
  - (iii) 货包所有空隙空间（即空腔和其他空间）的控制，特别是关于水渗透的控制，应具体说明。
  - (iv) 对于干燥操作，所使用的方法应防止结冰。
  - (v) 对于密封性试验，应采用经鉴定的方法（见货包设计安全报告第 2.3 项）。对于与水接触或已经与水接触的货包，应通过密封泄漏路径来证明水的存在不会损害泄漏密封性试验的有效性。
  - (vi) 缺陷的不存在应通过已适当鉴定的特定检验程序来确保。
  - (vii) 螺栓拧紧力矩和盖子正确位置的控制，以及内部气氛和压力的调节都应加以规定。
- (d) 装卸和栓系。如果适用，应包括每种运输方式的螺栓扭转和运输循环次数（用于疲劳分析）的规范；
  - (e) 估计适用于剂量率和运输指数的校正系数，以考虑到任何放大现象（SSG-26（Rev.1）[2]第 523.6 段和第 624.4 段）；
  - (f) 任何拟议补充设备和操作控制措施，包括可能影响老化机制的设备和操作控制措施。

除放射性特性外，还必须考虑货包内容物的任何其他危险属性（见“运输条例”第 507 段）。

如果有详细描述这些活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.8. 维护

---

应酌情充分界定下列活动的最低规范：

- (a) 每次装运前的维护和视察。
- (b) 在整个包装和/或货包的使用寿命周期内定期进行维护和视察。

定期维护和视察活动应详细说明，并可包括以下活动和试验，具体取决于货包的设计：

- (1) 目视视察和测量（包括系带和装卸附件）；
- (2) 货包的所有空隙（即空腔和其他空间）的控制，特别是关于水的渗透；

## 附录 IV

- (3) 焊缝检验；
- (4) 结构试验（包括系杆和装卸附件）和压力试验；
- (5) 渗漏试验；
- (6) 部件和材料试验（如螺钉、螺栓、焊缝、垫片、密封件、木材、泡沫、树脂）；
- (7) 屏蔽试验；
- (8) 热核实试验。

货包部件更换的规定周期应考虑到由于磨损、腐蚀、老化或密封压缩随时间变化而导致的效率降低。

必要时，活动周期的正当性应列入货包设计安全报告的这一部分。

如果有详细说明维护活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.9. 空隙分析计划

---

对于存储后用于装运的货包，货包设计安全报告应包括一个空隙分析计划，说明在存储期间定期评价条例变化、技术知识变化和货包设计状态变化的系统程序（另见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.5 段、第 809.3 段和第 809.4 段和参考文献[8]）。

---

### 1.10. 管理系统

---

货包设计安全报告应规定由货包设计人员根据“运输条例”第 306 段建立和实施的系统，以表明遵守“运输条例”相关规定。

管理系统应涵盖以下活动：

- (a) 货包设计、货包设计安全报告、文件、记录和计算机代码的使用；
- (b) 货包的制造和试验；
- (c) 操作（即准备、装载、运输、在途存储、存储后装运、卸货和收货）；
- (d) 货包的维护、维修和视察。

管理系统应与货包设计的复杂性相称，并应包括可靠的文件控制系统。



## 附录 IV

管理系统应包括为检查与货包操作相关的文件（例如制造、操作或维护手册）是否符合货包设计安全报告而采取的行动的说明，还应包括在任何运输活动框架内检测到的偏差的管理。

对于所有安全重要部件，货包设计安全报告应定义要保证的参数，以确保符合货包设计从而确保安全，以及在制造和维护期间所需的控制水平。

关于运输管理系统的进一步建议见 TS-G-1.4[6]。

---

### 1.11. 货包插图

---

应提供可复制的插图，显示货包的组成，包括减震器、热保护设备和内部布置（如果适用）。

插图应至少说明货包的总体外部尺寸和空装时的质量。

## 第二部分

---

### 2.1. 结构分析

---

在常规、正常和事故运输工况下的机械性能评定（如适用，包括热应力、疲劳、脆性断裂和蠕变分析）应包括以下内容：

- (a) 包容系统部件。如适用，这可包括“运输条例”第 642 段规定的特殊形状放射性物质。
- (b) 提供辐射屏蔽的货包部件。
- (c) 任何其他货包部件（例如，减震器、提供散热的货包部件），其性能可能对 (a) 或 (b) 有相应影响。
- (d) 起重附件（见“运输条例”第 608 段和第 609 段）。
- (e) 在常规运输工况下，在运输过程中用于限定货包的包装附件。

如果货包采用空运（见“运输条例”第 619—621 段），包容系统的结构分析应考虑到常规运输工况下可能遇到的环境温度和压力，以及空运的特定温度和压力要求。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 621.2 段和第 621.3 段。

应注意确保螺母、螺栓和其他固定设备在常规运输工况下，即使在反复使用后仍能保持其安全功能。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613.1 段。

## 附录 IV

在对 B(U) 型、B(M) 型和 C 型货包进行结构分析时，应考虑以下几点：

(1) 一般考虑：

- (i) 安全论证中考虑的材料机械性能应代表货包的机械性能范围。分析还应考虑-40℃（或根据“运输条例”第 667 段规定的 B(M) 型货包的另一特定温度）至+70℃（见“运输条例”第 639 段）的温度范围，以及正常运输工况下货包部件的温度范围（见“运输条例”第 653 段）。
- (ii) 应分析减震器材料（例如木材、聚合物、灰泥、混凝土）减震性能变化对货包性能的影响，范围为-40℃（或根据“运输条例”第 667 段规定的 B(M) 型货包的另一特定温度）至正常运输工况下的最高温度范围，以及运输过程中可能遇到的潮湿条件范围。
- (iii) 这些部件的脆性断裂安全应在-40℃（或 B(M) 型货包根据“运输条例”第 667 段规定的另一温度）下进行分析由潜在脆性材料（如铁素体钢、铸铁）制成的包容系统。
- (iv) 应核实所有跌落方向上盖板螺栓的强度。
- (v) 对于包容系统部件，如螺栓和垫片座，应尽可能避免应力向塑性区偏移，这些部件需要额外的复杂证明，说明断裂的机理或保持足够的垫片座。
- (vi) 由于盖子的振动或滑动，金属密封在跌落后可能发生的任何损坏都应进行评价。
- (vii) 内部部件（如内容物、篮、笼）应进行评定，以核实它们不会损坏包容系统。为了评价内部部件对货包盖的影响，应该考虑这些部件在跌落前与盖之间可能存在的最大空隙。
- (viii) 应对包容系统的状况进行评定，以证明符合货包设计安全报告第 2.3 项相关温度范围的规范，即从-40℃（或 B(M) 型货包的另一特定温度，根据“运输条例”第 667 段）到运输事故工况下的最高温度。
- (ix) 在对运输事故工况进行机械试验后，应证明保持足够的热保护，以保证包容或其他部件在热试验期间的安全功能。
- (x) 应考虑热试验对货包机械性能的影响（如热应力和应变、货包部件之间的热机械相互作用、货包部件与内容物的相互作用）。

## 附录 IV

- (xi) 如果屏蔽包括由铅制成的部件，则应确定 9 米跌落试验后铅的固结高度（铅坍落度），同时考虑到“运输条例”第 656 段和第 657 段所述的环境条件。
- (xii) 分析最大压力时，应考虑辐射分解、内部压力升高、内部起火或爆炸、物理变化和化学反应以及运输事故工况（包括热试验）等现象。
- (xiii) 根据货包内容物活度，应考虑进行适当的水浸试验。

### (2) 实验机械试验的注意事项：

- (i) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 722.4 段和第 727.5 段规定货包的方向。在考虑到不同的货包部件（如筒体、盖系统、减震器）和保护目标（如包容、屏蔽）的情况下，方向应使货包的负载最大化（就应力、应变、加速度和变形而言）。

对于货包的方向，应考虑以下试验：

- 使应力和加速度最大化的试验（例如，平放、拍打）。在单位面积刚度不变的假设下，撞击面积越大，撞击越猛烈。
  - 使变形最大化的试验（例如，在角上、边缘上）。撞击面积越小，破碎越大。
  - 最大限度地破坏孔口的试验，特别是通过穿刺棒。孔口的包容部件通常很薄，比包装体更容易被棒损坏。
  - 最大限度地提高穿刺棒穿孔风险的试验，可能是斜的。如果受冲击的货包表面相对于穿刺棒倾斜，则初始冲击发生在穿刺棒的边缘，穿孔的风险要高得多。
- (ii) 对于缩比模式，应该使用与原始设计相似的几何构型和材料特性，或者保守的几何构型和材料特性。
  - (iii) 用缩比模式进行跌落试验的结果应进行评定，以保证它们覆盖或可转移到原始设计。
  - (iv) 用缩比模式进行的跌落试验应证明具有下列参数和部件的代表性：
    - 跌落高度：在试验期间可能需要增加跌落高度，以模拟货包在满量程时接收的总势能。对于与落差高度相比，结构的特征变形不可忽略的落差试验，应考虑到这一点。

## 附录 IV

- 对所有部件（如盖子、螺母和螺栓、密封槽）进行适当的几何缩放。
  - 金属垫片：应选择相同的设计、相同的材料和相同的弹性回复变换。
  - O 型圈：选择应基于有用弹性回复的相似性，同时考虑压缩集。考虑材料性能随温度条件的变化。
  - 缩比模式螺栓拧紧力矩的缩放应考虑摩擦条件的分散性、力矩的精度以及包容系统部件精确几何构型和物理缩放的技术限制。
  - 焊缝在缩比模式和货包设计中应相似。
  - 对于减震器有明显变形的缩比模式跌落试验，应仔细证明原始货包的性能。
- (v) 机械试验应按照管理系统进行并报告。试验报告应说明试验前对货包的核实、试验地点的描述、测量所用设备及其校准数据，以及所进行的测量结果。该报告还应包含图片，显示和解释进行试验的条件及其结果。
- (3) 计算的注意事项：
- (i) 见上文第 (2) (i) 点。
  - (ii) 应使用经过验证的计算机代码。输入参数（如材料规律、特征值、边界条件）应充分和准确地描述实际的技术和/或物理问题，并应说明使用这些参数的正当性。
  - (iii) 如果重要的输入参数（如材料规律）存在不确定性，则应进行保守的设计计算，包括材料特性的可能范围。
  - (iv) 所用数据（如材料规律、边界条件、负载假设）和计算结果应全面记录在案。

---

### 2.2. 热分析

---

在第 654 段或第 655 段所定义条件下，货包可接触表面的温度。应确定的运输规定。

## 附录 IV

应在正常运输工况下（见“运输条例”第 653 段）和事故运输工况下（见“运输条例”第 659 (b) 段）评定货包部件的温度。热分析应包括下列部件的热行为：

- (a) 包容系统的部件；
- (b) 辐射屏蔽的组成部分；
- (c) 其性能将对 (a) 或 (b) 产生相应影响的货包部件。

应考虑以下方面：

- (1) 根据“运输条例”第 657 段规定，曝晒 12 小时的影响。
- (2) 在正常运输工况下有防止散热的保护系统。应考虑的保护系统包括适用的防水布、遮篷、附加屏蔽和外包装（如容器、箱子）。
- (3) 热试验前和热试验后的太阳曝晒量，如“运输条例”第 728 段所定义。
- (4) 简化在运输正常及意外工况下计算时所使用的假设（例如没有耳轴）的正当性。
- (5) 分析货包在运输事故工况下的位置（即水平或垂直）最不耐热试验。
- (6) 货包表面吸收系数的值。在热试验期间和之后，表面吸收系数不应低于 0.8（见“运输条例”第 728 (a) 段），以说明货包表面的沉积物。表面吸收系数也不应低于常规运输工况下发射率系数的可能最大值。
- (7) 评定货包各部件的最低和最高温度，同时考虑到放射性内容物的所有可能位置。
- (8) 基于辐照燃料燃耗分布的热功率分布。
- (9) 当对“运输条例”第 654 段和第 655 段规定的条件进行热分析时，温度测量是在热平衡状态下进行的，这一正当性是基于试验结果的。
- (10) 在炉膛内进行热试验，并注意到以下情况时，炉膛内的氧浓度得到控制，并与碳氢化合物燃料—空气火灾中得到的氧浓度一致的正当性一些货包部件会烧毁。另外，对热输入的控制也要考虑周全。
- (11) 产生附加热输入并影响超出热试验的火灾持续时间的可燃物的影响。
- (12) 使用数值模式导出的温度结果的安全裕度与数值模式相关的不确定性相称。
- (13) 证明垫片槽的备用体积允许垫片在第 653 段规定的条件下热膨胀。“运输条例”和运输事故工况，除非提供适当的正当性。

---

### 2.3. 包容设计分析

---

所有可能通过泄漏或渗透以气态、液态、固态或气溶胶形式排放的物质，都应包括在包容设计分析中。

包容设计的技术评定应证明符合运输正常和事故工况下的放行标准，并应考虑以下几点：

- (a) 辐照燃料部件相对于内部压力的机械阻力应在货包设计安全报告第 2.1 项中进行评定。应结合自由跌落试验，考虑燃料包壳在正常运输工况下的温度条件和辐照燃料部件的燃耗情况下的机械性能，评定在内压作用下由于棒蠕变而破裂的风险。
- (b) 如有必要，应在货包设计安全报告第 2.1 项中包括对运输事故工况下辐照燃料部件状态的分析（燃料棒两端有开裂或断裂的危害），以进行安全论证。
- (c) 从燃料材料中排放的裂变气体的比例应该是正当的。
- (d) 应考虑辐照燃料货包腔内由于棒的剪切而破裂时碎片和气溶胶的存在。
- (e) 对于由粉末形式的材料组成的内容物，在运输事故工况下应考虑气溶胶的形成。
- (f) 应考虑垫片材料的长期性能（见第 1.4 项）。
- (g) 应考虑将环境压力降低到 60 千帕，以评定活度排放。

---

### 2.4. 剂量率分析

---

在进行剂量率分析时，应考虑以下几点：

- (a) 应评定常规和事故运输工况下的剂量率和正常运输工况下的剂量率增加系数，以表明符合“运输条例”的要求。
- (b) 剂量率分析应以假定货包的最大放射性内容物或 B (U) 型、B (M) 型或 C 型货包的最大放射性内容物为基础，以便在货包表面和离货包表面特定距离处产生最大剂量率，如“运输条例”所规定。
- (c) 剂量率分析应考虑到国际放射防护委员会关于剂量计算的核衰变数据的最新建议（例如见参考文献[7]）。
- (d) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 523.6 段和第 624.4 段规定正常运输工况下的最大剂量率和剂量率增加系数（如适用），同时考虑到潜在的放大

## 附录 IV

现象，如内容物的内部移动，或在装有液体货包的情况下，内容物状态的变化，包括放射性核素的分离和沉淀。

在分析上述各点时，应考虑到以下几点：

- (1) 剂量率分析应以货包设计的最大放射性内容物为基础，并应通过各种方法和参数来定义，如核素比活度和 $\gamma$ 和中子放射源项。
- (2) 剂量率限值可以通过计算或测量得到满足。如果使用计算方法，源项的计算应考虑相互作用、次生发射和中子增殖因子。如果使用剂量率测量，用于测量的源应代表货包设计中规定的放射性内容物，适当的剂量率测量技术应适用于 $\gamma$ 和中子辐射。
- (3) 剂量率分析应以这样一种方式进行，即货包表面具有最大剂量率的区域被识别和分析。这些区域包括耳轴区域，包含允许辐射通过而不被衰减空隙的区域，以及由于货包设计可能增加剂量率的其他区域。
- (4) 所有用于剂量率分析的计算方法都应根据它们所应用的货包设计的特定条件进行核实和验证。
- (5) 应在装运前指定并检查峰值剂量率的预期区域。
- (6) 如果适用，应在结构分析中提供证据，证明源在其存储位置（如辐照器中）在跌落试验序列条件下保持安全。
- (7) 对于提供辐射屏蔽的材料，应考虑热试验的局部熔化或燃烧，这是由热分析确定的，热分析应考虑机械试验中棒材对构件的渗透或变形的影响。

---

### 2.5. 临界安全分析

---

见附录 V。

---

### 2.6. 其他分析

---

辐解和热解现象可以影响结构分析、热分析、包容设计分析和剂量率分析。

如果货包含有湿内容物，则应评价货包内部累积的内压，并根据规定的运输工况加以考虑。

为了评定辐射分解和/或热解对货包设计性能特性的影响（例如，内部压力升高、内部点火或爆炸），应考虑以下几点：

## 附录 IV

- (a) 如果货包内存在水或碳氢化合物材料（如纤维素、聚合物、水溶液或有机溶液、吸收的湿度），则应证明不存在积聚超过可燃性限值浓度的可燃气体的危害。
- (b) 当辐解现象限制了运输的最大安全持续时间时，任何规定的运输持续时间限制都应包括事故和应急响应操作的裕度。
- (c) 如果允许燃料棒泄漏，因为内容物和无水性尚未得到证明，则应考虑所含的水。

如适用，应评定与水或氧反应的材料（如钠、六氟化铀、铀、金属铀）发生化学或物理反应的风险。此外，还应考虑相的潜在变化（即冻结、熔化、沸腾）、沉淀或偏析。



## 附录 V

### 含有裂变核素货包的附加资料

V.1. 本附录就“运输条例”第 222 段规定的含有裂变核素的货包应在货包设计安全报告第一部分和第二部分中提供的资料提出了特定补充建议。表 5 列出了货包设计安全报告的每个物项，并附有适用的信息和指导。

V.2. 本附录中提供的建议除适用于由内容物的放射性特性定义的和与货包类型相关的物项外（见附录 I—IV）。

V.3. 进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]，进一步的指导见参考文献[9]。

V.4. 对于装有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包，另见附录 VI。

“运输条例”包括运输含有裂变核素的放射性物质的以下 4 组规定，也见图 2 的下一行：

- 第 1 组：根据易裂变材料的定义，材料未被归类为易裂变的运输；
- 第 2 组：不受联合国“易裂变”危险货物分类和临界安全指数(CSI)控制的运输；
- 第 3 组：受联合国“易裂变”危险货物分类和临界安全指数控制的运输，但未经主管当局核准的易裂变材料货包设计除外；
- 第 4 组：货包运输，其设计经主管当局核可，可容纳易裂变材料。

V.5. 相同的货包设计可能被分配到不同组为不同的托运。这一点应反映在货包设计安全报告中。对于每一组应在货包设计安全报告中提供完整的信息，如表 5 所示。

V.6. 对于第 1 组，在货包设计安全报告中不需要额外的信息。

## 附录 V

可采用未经CA批准的设计用于易裂变材料货包运输 (或在某些情况下可无包装运输)				应是运输在一个CA核准易裂变的包装设计	
非易裂变或易裂变例外联合国编号			易裂变联合国编号		
第222段	第417 (a) - (e) 段	第417 (f) 段	第674段和第 675段	其他	
定义裂变核素，并将易裂变材料定义为含有这些核素的材料  排除某些材料被定义为易裂变材料	定义裂变核素的质量、形式和同位素组成的限制，不包括进一步临界安全考虑的货包或材料	确保CA的“FE”证书规定次临界所需的材料规范（第802 (a) (iii) 段）	确定货包中裂变核素的质量和同位素组成的限值，以及允许作为易裂变货包运输的货包设计要求	CA易裂变“F”证书（第802 (a) (v)段）规定的货包设计（包括特殊安排）	
第1组：不定义为易裂变材料	第2组：来自联合国易裂变例外分类和控制累积易裂变的材料的CSI		第3组：CSI控制与主管当局核准的例外货包设计	第4组：CSI控制与主管当局核准的货包设计	

图 2. 易裂变材料运输规定概述（改编自参考文献[9]，其中 AC-主管当局；CSI-临界安全指数；FE-裂变例外；F-易裂变）。来自“运输条例” [1]段落编号。

V.7. 对于技术分析，货包设计人员应直接在货包设计安全报告第 1.6 项中或在必要时在货包设计安全报告第二部分中证明货包符合“运输条例”。

V.8. 对于货包设计安全报告第二部分的每一项技术分析，均须考虑以下因素：

- (a) 被评定的货包设计应通过精确地标明货包图纸来唯一地标识（见货包设计安全报告第 1.3 项），包括修订编号和内容说明（见货包设计安全报告第 1.2 项），包括其修订编号。
- (b) 技术分析的验收标准和与几何构型或性能特征相关的货包设计假设应在必要时加以定义和证明。验收标准应由设计人员规定，并应从监管机构制定的标准和为满足监管要求而制定的其他适用标准中推导出来。设计假设是指货包设计安全报告第 1.2 项及第 1.3 项所提供的设计规范，或由设计规范引出并在技术分析中使用的其他假设。货包每个部件的所有机械和热特性以及技术分析中使用的验收标准都应确定。必要时，设计假设应考虑到老化机制。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.1—613A.4 段。

## 附录 V

- (c) 根据第 701 段，必须证明易裂变材料的货包设计合规。通过下列任何一种方法或其组合：
- (i) 适当比例的原型或模型的实物试验结果。如果为主管当局核准的特定货包设计实施了适当规模的原型或模型的实物试验方案，则应在试验前将该方案通知主管当局，并应允许其见证试验。如果这种试验方案未经主管当局核准而进行，但属于安全分析的一部分，其有效性应由主管当局确定。
  - (ii) 提及以前性质足够相似的令人满意的证明。试验结果与正在考虑的设计相似，如果相似性能通过正当性和验证得到充分的证明，则是允许的。
  - (iii) 计算或有理由的论证，当计算程序被普遍认为是合适的和保守的。假设应明确说明并充分说明正当性，如适用，包括通过实物试验。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 701.1—701.25 段。

货包设计安全报告第 2.1—2.4 项规定的每项分析所用的方法或标准应包括所用分析技术的说明该技术的局限性和准确性，并对货包设计分析技术的正确应用进行了演示。

如果使用计算机代码进行安全分析，则应在货包设计安全报告中包括额外的信息，以证明代码是针对特定使用领域进行核实和验证的。适用这些代码的正当性应包括说明与所使用的操作平台（计算机）的影响相关的误差和/或不确定性的可能来源、建模假设和简化以及影响计算结果的任何其他参数和灵敏度分析。

- (d) 应评定货包设计的性能特征。可能需要考虑一个以上的试验序列，以确保货包设计的不同组成部分所要实现的各种安全功能合规要求。如果其他危害（如腐蚀、燃烧、自燃或其他化学反应、辐解、相变）对货包的安全功能有相应影响，则应在必要时进行分析；
- (e) 技术分析的结果应与验收标准进行比较，并相应地证明货包设计假设和法规遵守的正当性。

V.9. 本“安全导则”的图 1 和第 2.3 段列出的下列物项与含有裂变核素的货包无关也不需要，因此不包括在表 5 中：

## 附录 V

- 第二部分：
  - 剂量率分析；
  - 其他分析。

### 附录 V

表 5. 含有裂变核素的货包的货包设计安全报告，附加信息

#### 第一部分

---

##### 1.1. 行政信息

---

第 2 组：当“运输条例”第 417(a) — (f) 段规定之一适用于货包，则应添加对该条款的引用。尤其是当第 417(f) 段适用时，例外内容需要多边核准。

第 3 组：第 674(a) — (c) 段或第 675 段规定之一适用于货包内容物，则应添加该条款的引用。如适用，应加上货包的口语名称。

第 4 组：必要时应添加以下行政信息：货包类型。

---

##### 1.2. 内容说明

---

对其内容物及其物理和化学形式和放射性核素的描述应足够精确，以证明遵守了防止临界性的要求。

必要时应添加以下信息：

第 2 组：裂变核素的质量和富集度，如适用。

第 3 组：

- (a) 可裂变核素的质量和富集度（如适用）。
- (b) 对内容物的其他限制，如“运输条例”第 674(d) 段或第 675(c) 段所述。
- (c) 根据“运输条例”第 674 段或第 675 段计算临界安全指数的公式。

## 附录 V

第 4 组:

- (a) 可裂变核素的质量和富集度（如适用）。说明未界定为裂变但能维持链式反应的核素数量（例如，如果某些铀系元素的数量或浓度足以增加中子倍增系数，则应界定其浓度和/或数量）。
- (b) “运输条例”第 684 段和第 685 段定义的临界安全指数和数字 N 的值。
- (c) 非放射性物质（如慢化剂、反射器）的安全相关限值，例如对材料成分、密度、形式或货包内位置的限值，或对材料相对数量的限值。

临界安全可能对易裂变材料的存在和几何排列（例如晶格排列的可能性和大小）、慢化剂（例如水、石墨、铍、其他轻元素）和反射体非常敏感。在描述允许和不允许的内容物时应考虑到这一点。

---

### 1.3. 包装规范

---

第 2 组不需要额外的信息。

必要时，应添加以下信息：

第 3 组：在首次用于运输放射性物质之前试验规范和控制。这确保了制造符合设计，并允许在第一次使用前接受样品。另见“运输条例”第 501 段。

第 4 组:

- (a) 外型尺寸、货包满载时的最大质量和空货包的质量（根据操作条件，可能包括其他配置）。
- (b) 安全重要货包部件及其材料的清单，包括部件的规范和制造方法，材料采购、焊接、其他特殊工艺的规范，以及无损检验和试验。应给出在热试验期间可达到的温度范围内，预期在热试验下保持其安全功能的部件材料的性能。
- (c) 限制系统的货包部件（例如中子毒剂、慢化剂、通量阱、间隔物）的说明。
- (d) 用于散热的包装部件描述。
- (e) 热保护包装部件的说明。
- (f) 在首次用于运输放射性物质之前试验规范和控制。这确保了制造符合设计，并允许在第一次使用前接受样品。另见“运输条例”第 501 段。

## 附录 V

---

### 1.4. 老化考虑

---

根据货包设计，货包设计人员也可以直接在第 1.6 项所述的表中提供老化考虑相关的信息。

对于一次运输使用一次的货包，并不打算在存储后装运，货包设计安全报告的这一项应该留空。

对于所有其他货包，货包设计安全报告的这一项应包括以下信息：

- (a) 可能影响老化货包的预期使用条件；
- (b) 与货包设计相关的潜在老化机制，同时考虑到货包的预期使用条件；
- (c) 监控和限制老化影响的操作措施（包括装运前的维护和视察活动）；
- (d) 分析货包及内容物的老化对显示合规的设计假设影响，包括在货包设计安全报告第二部分的技术分析，并考虑指定的预期使用条件、老化机制及操作措施。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.1—613A.5 段。

---

### 1.5. 技术分析的条件

---

第 2 组和第 3 组不需要额外的信息。

第 4 组：货包设计安全报告的这一项应描述货包设计的主要设计原则和性能特征，以满足“运输条例”的临界安全要求。

本项应概述货包设计安全报告第二部分中进行的分析，并描述用于临界安全分析的分析假设和数据是如何从常规、正常和事故运输工况下货包的设计和性能中推导出来的，同时考虑到老化机制（见货包设计安全报告第 1.4 项）。

本项将有助于确保货包设计和安全演示的各个部分相互兼容。

在正常和事故运输工况下的临界安全评定中使用的所关于货包状态的假设都应列出并证明是正当的。密封系统部件在正常和事故工况下的状态应从设计和试验条件下货包的性能中得出。否则，应采取保守假设并论证其保守性。

## 附录 V

通常，在活度排放或剂量率增加方面导致最大损害的试验条件并不导致最大中子增殖。因此，对于临界安全评定，可能必须考虑额外的试验。对于任何不正当的参数，应确定导致最大中子增殖的值，并在临界安全评定中使用。对于空腔的完全或部分充水对临界安全重要的情况，应描述并说明所考虑的充水状态和评定中排除的充水状态。

---

### 1.6. 符合监管要求

---

货包设计安全报告应包括适用于含有裂变核素货包的“运输条例”和其他国际或国家条例的所有段落完整清单。

货包设计符合这些规定应在货包设计安全报告中证明。可以用一个表格（或任何其他书面格式）来证明这一点，该表格将货包设计安全报告的适当项（如果证明合规）与条例的适用段落联系起来。

“运输条例”对装有裂变核素的货包适用的段落见附件 I 的矩阵中。

---

### 1.7. 货包操作

---

必要时，应添加以下信息：

第 2 组：在运输过程中实施的任何操作控制，包括托运和运输限制。

第 3 组：货包部件的装配规范，包括符合“运输条例”第 637 段要求。

第 4 组：

(a) 每次装运前试验规范和控制：

(i) 应详细说明用于操作控制和试验的方法，特别是“运输条例”第 502 段和第 503 段所要求的方法。

(ii) 对于干燥操作，所使用的方法应防止结冰。

(iii) 对于密封试验，应采用经鉴定方法（见货包设计安全报告第 2.3 项）。对于与水接触或已经与水接触的货包，应通过密封泄漏路径来证明水的存在不会损害泄漏密封性试验的有效性。

(iv) 如果适用，应具体说明是否存在吸收棒或是否选择具有正确中子吸收内容物的内部设备。

(v) 螺栓拧紧力矩的控制和盖子的正确位置应加以规定。

(b) 货包部件的装配规范，包括符合“运输条例”第 637 段要求。

## 附录 V

如果有详细描述这些活动的书面程序，则应参考这些程序。

---

### 1.8. 维护

---

第 2 组和第 3 组不需要额外的信息。

第 4 组：如有必要，应增加下列信息：

- (a) 定期维护和视察活动应详细说明，并可包括以下活动和试验，具体取决于货包的设计：
  - (i) 目视视察和测量（包括系带和装卸附件）；
  - (ii) 货包的所有空隙（即空腔和其他空间）的控制，特别是关于水的渗透；
  - (iii) 焊缝检验；
  - (iv) 结构（包括内部外壳、栓系和装卸附件）和压力试验；
  - (v) 部件和材料试验（如螺钉、螺栓、焊缝、中子吸收器、篮子）。
- (b) 货包部件更换的规定周期应考虑到由于磨损、腐蚀或老化而导致的效率降低。
- (c) 必要时，活动周期的正当性也应列入货包设计安全报告的这一部分。

---

### 1.9. 空隙分析计划

---

第 2 组和第 3 组不需要额外的信息。

第 4 组：如有必要，应提供关于定期评价技术知识变化的系统程序的补充资料。

---

### 1.10. 管理系统

---

第 2 组和第 3 组不需要额外的信息。

第 4 组：管理系统应该包括下列活动，如有必要：

- (a) 货包设计、货包设计安全报告、文件和记录；
- (b) 货包的制造和试验；
- (c) 操作（即准备、装载、运输、在途存储、存储后装运、卸货和收货）；
- (d) 货包的维护、维修和视察。



## 附录 V

管理系统应包括为检查与货包操作相关文件的符合性而执行操作的描述（例如制造、操作或维护手册），并应包括在任何运输活动框架内发现的偏差的管理。

对于所有安全重要部件，货包设计安全报告应定义要保证的参数，以确保符合货包设计从而确保安全，以及在制造和维护期间所需的控制水平。

---

### 1.11. 货包插图

---

第 2 组不需要额外的信息。

第 3 组：应提供一个可复制的插图，显示货包的组成，包括减震器和内部安排，如适用。

插图应至少说明货包的总体外部尺寸和空装时的质量。

第 4 组：应提供可复制的插图，说明货包的组成，包括减震器、热保护设备和内部布置（如果适用）。

插图应至少说明货包的总体外部尺寸和空装时的质量。

## 第二部分

---

### 2.1. 结构分析

---

不需要对第 2 组进行额外的结构分析。

额外的结构分析应该在以下条件下运行：

- 对于第 3 组，如果证明符合第 3 组规定，则应包括对工业货包的额外结构分析。“运输条例”第 674 (b) 或 (c) 段依赖于货包在正常运输工况下的性能，而不是对货包设计进行其他评定。
- 对于第 4 组，如果临界安全评定依赖于货包在正常或事故运输工况下的性能，并且没有对货包设计进行其他评定，则应包括额外的结构分析。

对常规、正常和事故运输工况下的机械性能进行的附加评定（如适用，包括热应力、疲劳、脆性断裂和蠕变分析）应包括以下内容：

## 附录 V

- (a) 密封系统的组成部分。
- (b) 任何其他货包部件（例如，减震器、提供散热的货包部件），其性能可能对 (a) 产生相应影响。
- (c) 易裂变材料的机械稳定性，以及必要时用于维持其几何构型的任何结构，以便进行临界安全评定。应考虑的其他重要的临界安全相关项是（全部或部分）水渗入或渗出货包、易裂变材料的重新排列和中子阱的退化。

另见货包设计安全报告第 1.5 项的备注。

在进行结构分析时，应考虑以下几点：

- (1) 一般考虑：
  - (i) 安全论证中考虑的材料机械性能应代表货包部件的机械性能范围，分析还应考虑-40℃至+38℃的环境温度范围或主管当局根据“运输条例”第 679 段规定的其他温度范围内的货包组件的温度范围。
  - (ii) 应在-40℃至+38℃的环境温度范围内或主管当局根据“运输条例”第 679 段规定的其他温度范围内，分析减震器材料（如木材、聚合物、石膏、混凝土）的减震性能变化对货包性能的影响，以及运输过程中可能遇到的湿度范围。
  - (iii) 应在-40℃或主管当局根据“运输条例”第 679 段规定的其他温度下对脆性断裂的安全性进行分析，适用于由潜在脆性材料（如铁素体钢、铸铁）制成的密封系统部件。
  - (iv) 应核实所有跌落方向上的盖板螺栓强度。
  - (v) 对于密封系统部件，如螺栓和垫片座，应尽可能避免应力向塑性区域偏移，这将需要额外的复杂证据来证明断裂的力学或保持足够的垫片座。
  - (vi) 由于盖子的振动或滑动，金属密封在跌落后可能发生的任何损坏都应进行评价。
  - (vii) 内部部件（如内容物、篮子、笼）应进行评定，以核实它们不会损坏密封系统。为了评定货包盖板上内部部件的影响，应该考虑这些部件在跌落前与盖之间可能存在的最大空隙。

## 附录 V

- (viii) 在环境温度范围为-40℃至+38℃或主管当局根据“运输条例”第 679 段规定的另一温度范围内，应确定密封系统的条件，以证明符合货包设计安全报告第 2.3 项的规范。
  - (ix) 在对运输事故工况进行机械试验后，应证明保持足够的热保护，以确保在热试验期间的密封系统。
  - (x) 应考虑热试验对货包机械性能的影响（如热应力和应变、货包部件之间的热机械相互作用、货包部件与内容物的相互作用）。
  - (xi) 应考虑进行适当的水浸试验。
- (2) 实验机械试验的注意事项：
- (i) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 722.4 段和第 727.5 段规定的货包方向。在考虑到不同的货包部件（如筒体、盖系统、减震器）和保护目标（即临界安全）情况下，方向应使货包的负载最大化（就应力、应变、加速度和变形而言）。货包的方向应考虑以下试验：
    - 使应力和加速度最大化的试验（例如，平放、拍打）。在单位面积刚度不变的假设下，撞击面积越大，撞击越猛烈。
    - 使变形最大化的试验（例如，角上、边缘上）。撞击面积越小，破碎越大。
    - 最大限度地破坏孔口的试验，特别是通过穿刺棒。孔口的包容部件通常很薄，比包装体更容易被棒损坏。
    - 最大限度地提高穿刺棒穿孔风险的试验，也可能是斜的。如果受冲击的货包表面相对于穿刺棒倾斜，则初始冲击发生在穿刺棒的边缘，穿孔的风险要高得多。
  - (ii) 对于缩比模式，应该使用与原始设计相似的几何构型和材料特性，或者保守的几何构型和材料特性。
  - (iii) 用缩比模式进行跌落试验的结果应进行评定，以保证它们覆盖或可转移到原始设计。
  - (iv) 用缩比模式进行的跌落试验应证明具有下列参数和部件的代表性：
    - 跌落高度：在试验期间可能需要增加跌落高度，以模拟货包在满量程时接收的总势能。对于与落差高度相比，结构的特征变形不可忽略的落差试验，应考虑到这一点。

## 附录 V

- 对所有部件（如盖子、螺母和螺栓、密封槽）进行适当的几何缩放。
  - 金属垫片：应选择相同的设计、相同的材料和相同的弹性回复变换。
  - O 型圈：选择应基于有用弹性恢复的相似性，并考虑压缩变形。应考虑材料性能随温度条件的变化。
  - 缩比模式螺栓拧紧力矩的比例应考虑摩擦条件的分散性、力矩的精度以及包容系统和密封系统部件的精确几何构型和物理缩放的技术限制。
  - 焊缝在缩比模式和货包设计中应相似。
  - 对于减震器有明显变形的缩比模式跌落试验，应仔细证明原始货包的性能。
- (v) 机械试验应按照管理系统进行并报告。试验报告应说明试验前对货包的核实、试验地点的描述、测量所用设备及其校准数据，以及所进行的测量结果。该报告还应包含图片，显示和解释进行试验的条件及其结果。
- (3) 计算的注意事项：
- (i) 见上文第 (2) (i) 点。
  - (ii) 应使用经过验证的计算机代码。输入参数（如材料规律、特征值、边界条件）应充分和准确地描述实际的技术和/或物理问题，并应说明使用这些参数的正当性。
  - (iii) 如果重要的输入参数（如材料规律）存在不确定性，则应进行保守的设计计算，包括材料特性的可能范围。
  - (iv) 所用数据（如材料规律、边界条件、负载假设）和计算结果应全面记录在案。

---

### 2.2. 热分析

---

应在运输事故工况下评定货包部件的温度（见“运输条例”第 659 (b) 段）。热分析应包括下列部件的热行为：

- (a) 密封系统的组成部分；
- (b) 其性能将对 (a) 产生相应影响的货包部件。

## 附录 V

应考虑以下方面：

- (1) 根据“运输条例”第 657 段曝晒 12 小时的影响。
- (2) 热试验前和热试验后的太阳曝晒量，如“运输条例”第 728 段所定义。
- (3) 简化在运输正常及意外工况下计算时所使用的假设（例如没有耳轴）的正当性。
- (4) 分析货包在运输事故工况下的位置（即水平或垂直）最不耐热试验。
- (5) 货包表面吸收系数的值。在热试验期间和之后，表面吸收系数不应低于 0.8（见“运输条例”第 728(a) 段），以说明货包表面的沉积物。表面吸收系数也不应低于常规运输工况下发射率系数的可能最大值。
- (6) 评价货包各部件的最低和最高温度，同时考虑到放射性内容物的所有可能位置。
- (7) 基于辐照燃料燃耗分布的热功率分布。
- (8) 当在炉子中进行热试验时，当注意到一些货包部件燃烧时，炉子中存在的氧浓度得到控制，并与碳氢化合物燃料—空气火灾中获得的氧浓度一致的正当性。另外，对热输入的控制也要考虑周全。
- (9) 产生附加热输入并影响超出热试验的火灾持续时间可燃物的影响。
- (10) 使用数值模式导出的温度结果的安全裕度与数值模式相关的不确定性相称。
- (11) 证明垫片槽的备用体积允许垫片在运输事故工况下热膨胀，除非提供适当的正当性。

---

### 2.3. 包容设计分析

---

在包容设计分析中要考虑的补充资料的范围取决于用于证明从货包逸出的易裂变材料的临界、安全假设（见“运输条例”第 685(c) 段）以及进出货包所有空隙的水量（见“运输条例”第 680 段）。

---

### 2.4. 临界安全分析

---

对于旨在运输“运输条例”第 417 段、第 674 段或第 675 段所列易裂变材料的货包（即第 4 组货包），必须对孤立货包和成组货包进行常规、正常和事故运输工况下的临界安全评定。

如果适用，在临界安全分析中应考虑以下因素：

## 附录 V

### (a) 内容:

- (i) 任何可能的几何构型和物理特征（例如尺寸公差、部件位置、粉末在正常或事故运输工况下的密度）在内容物和货包描述所设定的范围内的所有可能的配置（见货包设计安全报告第 1.3—1.6 项）。
- (ii) 货包中可能存在的氢浓度大于水浓度的材料。
- (iii) 货包中可能存在的天然或贫化铀，并对数量和定位作出适当假设。

### (b) 需要分析的配置:

- (i) 如果孤立地对货包进行临界安全分析时考虑了防止漏水的特殊特征（见“运输条例”第 680 (a) 段），则应在货包设计安全报告中给出并说明由货包设计人员确定并由主管当局接受的水密性标准。该标准的设定方式应排除可能影响临界安全评定水量的进入。应该考虑到“运输条例”第 680 段规定的试验条件。
- (ii) 对于空运的货包，应在与 C 型货包试验一致的条件下评定隔离货包的次临界，假设至少有 20 厘米的水反射，但没有水渗漏。如果未评定货包在这些条件下的性能，则应考虑典型的货包结构，例如：
  - 一个货包（不考虑货包外的水进入）中所含的被 20 厘米水反射的球形易裂变材料。
  - 一个货包（不考虑货包外的水）中所含的易裂变材料，纯的或与货包的全部或部分慢化材料混合的，呈球形，被货包的反射材料（如钢、铅）包围，并被 20 厘米的水反射。
- (iii) 在模拟中，结构中所有能增加中子倍增的元素都应考虑在内。
- (iv) 货包设计人员应检查临界计算工具的鉴定，并应指定用于计算工具基准试验的临界试验，这些试验应具有代表性单独的单独货包和适用的货包数组。应特别注意鉴定基础没有真正扩大的系统（例如，低慢化系统、燃料组件），对这些系统宜使用计算假设保守的计算模式，并在适用时提供差额以弥补鉴定不足。
- (v) 在适当的时候，正当性应该考虑到所有可能的集结和慢化的范围。应考虑可能导致货包优先（非均质）淹没、增加中子倍增的可靠运输工况。

## 附录 V

- (vi) 对于相互作用可能占主导地位的某些构型,应研究裂变介质密度变化的影响。
- (vii) 应考虑易裂变材料在运输过程的不均匀性。
- (viii) 关于沸水反应堆部件的均相富集度等于二氧化铀平均富集度的假设应被证明是保守的,特别是如果部件的几何构型在“运输条例”规定的试验条件下可能发生变化。
- (ix) 对于最初含有钚的乏燃料,应考虑到辐照期间反应性可能演变的保守辐射水平。

关于临界安全评定的进一步建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]附录 VI。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-27 (Rev.1) 号《易裂变材料的操作中临界安全》[10]提供了关于在乏燃料的临界安全评定中应用燃耗信用的进一步建议。其他资料见 ISO 27468 : 2011[11]和经济合作与发展组织核能机构燃耗信用临界安全专家组的出版物。<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> 见 <https://www.oecd-nea.org/science/wpncs/buc/index.html>

## 附录 VI

### 货包内容物包含 0.1 公斤或以上六氟化铀的其他信息

VI.1. 本附录提供了关于货包设计安全报告第一部分和第二部分所提供的资料的特定额外建议，这些资料包括 0.1 公斤或以上六氟化铀。表 6 列出了货包设计安全报告的每个项，并附有适用的信息和指导。

VI.2. 本附录中提供的建议除适用于与内容物的放射性特性所界定的货包类型相关的建议外（见附录 II—IV）。

VI.3. 进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]。

VI.4. 对于装有易裂变核素的货包，另见附录 V。

VI.5. 对于技术分析，货包设计人员应直接在货包设计安全报告第 1.6 项中或在必要时在货包设计安全报告第二部分中证明货包符合“运输条例”。

VI.6. 对于货包设计安全报告第二部分的每一项技术分析，均须考虑以下因素：

- (a) 被评价的货包设计应通过精确地标明货包图纸（见货包设计安全报告第 1.3 项），包括其修订编号和内容物规范（货包设计安全报告第 1.2 项），包括其修订编号。
- (b) 技术分析的验收标准和与几何构型或性能特征相关的货包设计假设应在必要时加以定义和证明。验收标准应由设计人员规定，并应从监管机构制定的标准和为满足监管要求而制定的其他适用标准中推导出来。设计假设指的是货包设计安全报告第 1.2 项和第 1.3 项所提供的设计规范，以及由设计规范引出并在技术分析中使用的其他假设。货包每个部件的所有机械和热特性以及技术分析中使用的验收标准都应确定。设计假设应视需要考虑到老化机制。进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.5 段和第 613A.6 段。
- (c) 根据“运输条例”第 701 段，必须使含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包设计符合要求。通过下列任何一种方法或其组合：



## 附录 VI

- (i) 适当比例的原型或模型的实物试验结果。如果为主管当局核准的特定货包设计实施了适当规模的原型或模型的实物试验方案，则应在试验前将该方案通知主管当局，并应允许其见证试验。如果这种试验方案未经主管当局核准而进行，但属于安全分析的一部分，其有效性应由主管当局确定。
- (ii) 提及以前性质足够相似的令人满意的证明。试验结果与正在考虑的设计相似，如果相似性能通过证明和验证得到充分的证明，则是允许的。
- (iii) 计算或有理由的论证，当计算程序被普遍认为是合适的和保守的。

假设应明确说明并充分说明正当性，如适用，包括通过实物试验。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 701.1—701.25 段。

货包设计安全报告第 2.1—2.3 项规定的每项分析中使用的方法或标准应包括所用分析技术的说明、该技术的局限性和准确性，以及正确应用该技术进行货包设计分析的证明。

如果使用计算机代码进行安全分析，则应在货包设计安全报告中包括额外的信息，以证明代码是针对特定使用领域进行核实和验证的。适用这些代码的正当性应包括说明与所使用的操作平台（计算机）的影响相关的误差和/或不确定性的可能来源、建模假设和简化以及影响计算结果的任何其他参数和灵敏度分析。

- (d) 应评定货包设计的性能特征。可能需要考虑一个以上的试验序列，以确保货包设计的不同组成部分应履行的各种安全功能合规要求。如果其他危害（如腐蚀、燃烧、自燃或其他化学反应、辐解、相变）对货包的安全功能有相应影响，则应在必要时进行分析。
- (e) 技术分析的结果应与验收标准进行比较，并相应地证明货包设计假设和法规遵守的正当性。

VI.7. 本“安全导则”的图 1 和第 2.3 段列出的下列各项，与含有 0.1 公斤或更多六氟化铀的货包无关也不需要，因此不包括在表 6 中：

- 第二部分：
  - 剂量率分析；
  - 临界安全分析；
  - 其他分析。

## 附录 VI

### 附录 VI

表 6. 含 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包设计安全报告，附加信息

#### 第一部分

---

##### 1.1. 行政信息

---

如适用，应加上货包的口语名称。

---

##### 1.2. 内容说明

---

根据“运输条例”第 420 段规定的对装有六氟化铀货包的要求，对允许内容物的详细说明。

---

##### 1.3. 包装规范

---

必要时，应添加以下信息：

- (a) 安全重要货包部件及其材料的清单，包括部件的规范和制造方法，材料采购、焊接、其他特殊流程的规范，以及无损检验和试验。应给出在热试验期间可达到的温度范围内，预期在热试验下保持其安全功能部件材料的性能。
- (b) 包装体和密闭结构的描述。
- (c) 热保护货包部件的说明。
- (d) 在首次用于运输六氟化铀之前试验规范和控制。确保制造符合设计，并允许在第一次使用前接受样品。另见“运输条例”第 501 段。

---

##### 1.4. 老化考虑

---

根据货包设计，货包设计人员也可以直接在第 1.6 项所述的表中提供老化相关考虑的信息。

对于一次运输使用一次的货包，并不打算在存储后装运，货包设计安全报告的这一项应该留空。

对于所有其他货包，货包设计安全报告的这一项应包括以下信息：

- (a) 可能影响老化的货包的预期使用条件；
- (b) 与货包设计相关的潜在老化机制，同时考虑到货包的预期使用条件；

## 附录 VI

- (c) 监控和限制老化影响的操作措施（包括装运前的维护和视察）；
- (d) 分析货包及内容物的老化对显示合规的设计假设影响，包括在货包设计安全报告第二部分的技术分析，并考虑指定的预期使用条件、老化机制及操作措施。

进一步的建议见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.5 段和第 613A.6 段。

---

### 1.5. 技术分析条件

---

货包设计安全报告的这一项应描述货包设计的主要原则和性能特点，以满足“运输条例”的安全要求（如泄漏、应力、破裂）。

本项应概述货包设计安全报告第二部分中进行的分析，并描述用于安全分析的分析假设和数据—特别是关于泄漏、应力和破裂—是如何从常规、正常和事故运输工况下货包的设计和性能中推导出来的，同时考虑到老化机制（见货包设计安全报告第 1.4 项）。

本项将有助于确保货包设计和安全演示的各个部分相互兼容。

---

### 1.6. 符合监管要求

---

货包设计安全报告应包括适用于含有 0.1 公斤或以上六氟化铀货包的“运输条例”和其他国际或国家条例的所有段落完整清单。

货包设计符合这些规定应在货包设计安全报告中证明。可以用一个表格（或任何其他书面格式）来证明这一点，该表格将货包设计安全报告的适当物项（如果证明合规）与条例的适用段落联系起来。

“运输条例”对装有下列货物货包的适用条款 0.1 公斤或更多的六氟化铀见附件 I 的矩阵中。

---

### 1.7. 货包操作

---

货包设计安全报告应包括为确保遵守“运输条例”第 420 段规定而采取的措施。

---

### 1.8. 维护

---

货包设计安全报告应包括为确保符合 ISO 7195:2020[12]而采取的措施。见“运输条例”第 631 段。

## 附录 VI

---

### 1.9. 空隙分析计划

---

对于存储后用于装运的货包，货包设计安全报告应包括一个空隙分析计划，说明在存储期间定期评价条例变化、技术知识变化和货包设计状态变化的系统程序（另见 SSG-26 (Rev.1) [2]第 613A.5 段、第 809.3 段和第 809.4 段）。

---

### 1.10. 管理系统

---

货包设计安全报告应规定由货包设计人员根据“运输条例”第 306 段建立和实施的管理系统，遵守“运输条例”相关规定。

管理系统应涵盖以下活动：

- (a) 货包设计、货包设计安全报告、文件和记录；
- (b) 货包的制造和试验；
- (c) 操作（即准备、装载、运输、在途存储、存储后装运、卸货和收货）；
- (d) 货包的维护、维修和视察。

管理系统应与货包设计的复杂性相称，并应包括可靠的文件控制系统。

管理系统应包括为检查与货包操作相关的文件（例如制造、操作或维护手册）是否符合货包设计安全报告而采取的行动的说明，还应包括在任何运输活动框架内检测到偏差的管理。

对于所有安全重要部件，货包设计安全报告应定义在制造和维护过程中需要保证的参数和控制水平。

关于运输管理系统的进一步建议见 TS-G-1.4[6]。

---

### 1.11. 货包插图

---

应提供一个可复制的插图，显示货包的组成，包括减震器和热保护设备，如适用。

插图应至少说明货包的总体外部尺寸和空装时的质量。

### 第二部分

#### 2.1. 结构分析

在进行结构分析时，应考虑到所有技术分析的一般考虑，以证明符合“运输条例”第 632 (a) 和 (b) 段规定。

在常规、正常和事故运输工况下的机械性能评定（如适用，包括热应力、疲劳、脆性断裂和蠕变分析）应包括以下内容：

- (a) 包容系统的部件；
- (b) 任何其他货包部件（例如，减震器、提供热保护的货包部件），其性能可能对 (a) 产生相应影响。

在对含有 0.1 公斤或以上六氟化铀的货包进行结构分析时，应考虑以下几点：

- (1) 一般考虑：
  - (i) 安全论证中考虑的材料机械性能应代表货包部件的机械性能范围，并考虑适用于货包类型的温度范围。
  - (ii) 应分析减震器材料减震性能变化对货包性能的影响，考虑适用于货包类型的温度范围和运输过程中可能遇到的潮湿条件范围。
  - (iii) 应考虑适用于该类型货包的温度范围，分析其抗脆性断裂的安全性。
  - (iv) 应核实该内容不会损坏包容系统。
  - (v) 应评定包容系统的状况，以证明符合货包设计安全报告第 2.3 项中适用于该类型货包的温度范围的规范。
  - (vi) 应证明在热试验（六氟化铀压力升高）期间承受最大压力的能力。
- (2) 实验机械试验的注意事项：
  - (i) 应根据 SSG-26 (Rev.1) [2]第 722.4 段确定货包的方向，在考虑到不同的货包部件（如储罐、减震器）和保护目标（如内容物）的情况下，方向应最大限度地增加货包的负载（应力、应变、加速度和变形）。对于货包的方向，应酌情考虑下列试验：
    - 使应力和加速度最大化的试验（例如，平放、拍打）。在单位面积刚度不变的假设下，撞击面积越大，撞击越猛烈。

## 附录 VI

- 使变形最大化的试验（例如，角上、边缘上）。撞击面积越小，破碎越大。
  - 最大限度地破坏瓣膜的试验，特别是通过穿刺棒。
  - 最大限度地提高穿刺棒穿孔风险的试验，也可能是斜的。如果受冲击的货包表面相对于穿刺棒倾斜，则初始冲击发生在穿刺棒的边缘，穿孔的风险要高得多。
- (ii) 对于缩比模式，应该使用与原始设计相似的几何构型和材料特性，或者保守的几何构型和材料特性。
- (iii) 用缩比模式进行跌落试验的结果应进行评定，以保证它们覆盖或可转移到原始设计。
- (iv) 用缩比模式进行的跌落试验应证明具有下列参数和部件的代表性：
- 跌落高度：在试验期间可能需要增加跌落高度，以模拟货包在满量程时接收的总势能。对于与落差高度相比，结构的特征变形不可忽略的落差试验，应考虑到这一点。
  - 对所有部件（如盖、螺母和螺栓、密封槽、阀门、塞）进行适当的几何缩放。
  - 缩比模式螺栓拧紧力矩的缩放应考虑摩擦条件的分散性、力矩的精度以及包容系统部件精确几何构型和物理缩放的技术限制。
  - 焊缝应相似的缩比模式和货包设计。
  - 对于减震器有明显变形的缩比模式跌落试验，应仔细证明原始货包的性能。
- (v) 机械试验应按照管理系统进行并报告。试验报告应说明试验前对货包的核实、试验地点的描述、测量所用设备及其校准数据，以及所进行的测量结果。该报告还应包含图片，显示和解释进行试验的条件及其结果。
- (3) 计算的注意事项：
- (i) 见上文第 (2) (i) 点。

## 附录 VI

- (ii) 应使用经过验证的计算机代码。输入参数（如材料规律、特征值、边界条件）应充分和准确地描述实际的技术和/或物理问题，并应说明使用这些参数的正当性。
- (iii) 如果重要的输入参数（如材料规律）存在不确定性，则应进行保守的设计计算，包括材料特性的可能范围。
- (iv) 所用数据（如材料规律、边界条件、负载假设）和计算结果应全面记录在案。

---

### 2.2. 热分析

---

应在运输事故工况下评定货包部件的温度（见“运输条例”第 659 (b) 段）。热分析应包括下列部件的热行为：

- (a) 包容系统的部件；
- (b) 其性能将对 (a) 产生相应影响的货包部件。

对遵守情况的证明应限于表明遵守“运输条例”第 632 (c) 段。

应考虑以下方面：

- (1) 根据“运输条例”第 657 段规定曝晒 12 小时的影响。
- (2) 热试验前和热试验后的太阳曝晒量，如“运输条例”第 728 段定义。
- (3) 简化在运输正常及意外工况下计算时所使用的假设（例如没有耳轴）的正当性。
- (4) 分析货包在事故工况下运输时最不耐热的位置（即水平或垂直）。
- (5) 货包表面吸收系数的值。在热试验期间和之后，表面吸收系数不应低于 0.8（见“运输条例”第 728 (a) 段），以说明货包表面的沉积物。表面吸收系数也不应低于常规运输工况下发射率系数的可能最大值。
- (6) 评定货包各部件的最低和最高温度，同时考虑到放射性内容物的所有可能位置。
- (7) 当在炉子中进行热试验时，当注意到一些货包部件燃烧时，炉子中存在的氧浓度得到控制，并与碳氢化合物燃料—空气火灾中获得的氧浓度一致的正当性。另外，对热输入的控制也要考虑周全。
- (8) 产生附加热输入并影响超出热试验的火灾持续时间的可燃物的影响。

## 附录 VI

- (9) 使用数值模式导出的温度结果的安全裕度与数值模式相关的不确定性相称。

---

### 2.2. 包容设计分析

---

遵守“运输条例”第 632 (a) 和 (b) 段的规定应在结构分析中加以论证；遵守“运输条例”第 632 (c) 段的规定应在热分析中得到证明。



## 参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》(2018年版),国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 (Rev.1) 号,国际原子能机构,维也纳(2018年)。
- [2] 国际原子能机构《国际原子能机构<放射性物质安全运输条例>咨询材料》(2018年版),国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-26 (Rev.1) 号,国际原子能机构,维也纳(编写中)。
- [3] 联合国,《关于危险货物运输的建议:条例范本》(第 21 次修订版),ST/SG/AC.10/1/Rev.21,第二卷,联合国,纽约和日内瓦(2019年)。
- [4] 欧洲主管当局协会《放射性物质运输货包设计安全报告》,欧洲 PDSR 导则第 3 期(2014年12月),欧洲主管当局协会(2014年)。
- [5] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》(2018年版),国际原子能机构,维也纳(2019年)。
- [6] 国际原子能机构《放射性物质安全运输管理系统》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 TS-G-1.4 号,国际原子能机构,维也纳(2008年)。
- [7] 国际放射防护委员会《剂量学计算用核衰变数据》国际放射防护委员会出版物第 107 号,国际放射环境委员会第 38(3)年报,爱思维尔(2008年)。
- [8] 国际原子能机构《用于贮存和运输乏燃料两用容器的安全论证文件方法》,国际原子能机构《技术文件》第 1938 号,国际原子能机构,维也纳(2020)。
- [9] 国际原子能机构《国际原子能机构放射性物质安全运输条例中易裂变材料运输修订规定的应用》(2012年版),国际原子能机构《技术文件》第 1768 号,国际原子能机构,维也纳(2015年)。
- [10] 国际原子能机构《易裂变材料的操作中临界安全》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-27 (Rev.1) 号,国际原子能机构,维也纳(编写中)。

- [11] 国际标准化组织《核临界安全-含压水堆 UOX 燃料系统的评价-边界燃料耗信用法》(ISO 27468:2011), 国际标准化组织, 日内瓦(2011年)。
- [12] 国际标准化组织《核能—六氟化铀运输包装》(ISO 7195:2020), 国际标准化组织, 日内瓦(2020年)。

## 附件 I

### “运输条例”对不同货包类型和附加规定的 适用要求汇总表

I-1. 表 I-1 显示了“运输条例”应列入每种货包类型遵守情况的适用条款,以及对含有易裂变材料的货包和含有 0.1 公斤或以上六氟化铀货包的附加规定。

表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文

段落	货包类型						附加条文		备注
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C	易裂 变 UF <sub>6</sub>	
SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>									
活度限值 and 分类									
408-411		X	X	X					低比活度分类和活度限值 第 410 段：空运
412-414		X	X	X					表面污染物体分类和活度限值
415、416	X				X		X		如果特殊形状的放射性物质或低 存在可分散的放射性物质，添加 对核准证书的引用
417、418							X		分类为易裂变材料，例外和限制
419、420								X	六氟化铀和限制条件
422-427	X								分类为例外货包

表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落	货包类型						附加条文			备注
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C	易裂变	UF <sub>6</sub>	
SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>										
429、430					X					A 型货包活度限值
431、432							X			C 型货包活度限值
433						X				B(U) 型和空运 B(M) 型货包活度 限值
运输要求和控制										
501		X	X	X	X	X	X	X		首次装运前要求
502、503		X	X	X	X	X	X	X		每次装运前要求
504		X	X	X	X	X	X	X		货包附加物项
507		X	X	X	X	X	X	X		其他危害属性
515、516	X									例外货包要求

表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落 SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>	货包类型						附加条文		备注
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B (U)、 B (M)	C	易裂变 UF <sub>6</sub>	
517		X	X	X	X				未屏蔽 LSA 或 SCO 剂量率
521		X	X	X	X				LSA 物质与 SCO 货包
522		X	X	X	X				LSA 和 SCO 活度限值
526		X	X	X	X	X	X	X	运输指数和临界安全指数 (CSI) 限值
527、528		X	X	X	X	X	X	X	货包接触剂量率
533	X	X	X	X	X	X	X	X	标记
534		X	X	X	X				海运
535、536						X	X	X	空运 B (M) 型货包
575		X	X	X	X	X	X	X	
578								X	

表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落	货包类型						附加条文			备注
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C	易裂变	UF <sub>6</sub>	
SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>										
放射性物质和货包的要求										
606	X	X	X	X	X	X	X	X		裂变例外分类要求
607—618	X	X	X	X	X	X	X	X		一般条文
619—621	X	X	X	X	X	X	X	X		空运
622	X									例外货包
623		X								IP-1 型
624			X							IP-2 型
625					X					IP-3 型
626			X							IP-2 型的替代方案

表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落 SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>	货包类型					附加条文			备注	
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C	易裂变		UF <sub>6</sub>
627—630			X		X					替代要求
631—634									X	六氟化铀
636		X	X	X	X	X	X	X		最小尺寸
637				X	X	X	X	X		密封
638—647				X	X	X	X			A 型
648				X	X	仅第 648 (b) 段	仅第 648 (a) 段			A 型, 排放标准
649				X	X	X	X			A 型, 液体
650					X					A 型, 液体
651					X					A 型, 气体



表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落	货包类型						附加条文		备注
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C	易裂变 UF <sub>6</sub>	
SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>									
652						X			B(U) 型
653—657						X	X		B(U) 型
658—660						X			B(U) 型
661—666						X	X		B(U) 型
667、668						X			仅 B(M) 型
669—672							X		C 型
673								X	易裂变材料
674、675								X	CSI 控制, 但主管当局批准 易裂变材料货包设计的情 况除外
676—686								X	货包包含易裂变的材料



表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落 SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>	货包类型					附加条文			备注	
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C	易裂变		UF <sub>6</sub>
722			X	X	X	X	X	X	X	自由跌落试验
723		X	X	X	X	X	X	X		堆叠试验
724				X	X	X	X	X		穿透试验
725					X					A 型货包附加试验 (液体和 气体)
726						X	X	X		事故工况试验的一般规定
727 (a)						X	X	X		9 米跌落试验
727 (b)						X		X		跌落到条状图面的试验
727 (c)						X	X	X		动态压碎试验
728						X		X	X	热试验

表 I-1. 适用要求矩阵不同的“运输条例”货包类型和附加条文 (续)

段落 SSR-6 (Rev.1) <sup>a</sup>	货包类型					附加条文		备注		
	例外	IP-1	IP-2	IP-3	A	B(U)、 B(M)	C		易裂变	UF <sub>6</sub>
729						X			X	水浸没试验
730						X		X		强化水浸没试验
731—733									X	水渗漏试验
734								X		C型货包试验的 一般规定
735								X		穿刺-撕裂试验
736								X		强化热试验
737								X		撞击试验

<sup>a</sup> 国际原子能机构《放射性物质安全运输条例》(2019年版), 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 (Rev.1) 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2018年)。

## 附件 II

### 主管当局用于技术评定的参考出版物

II-1. 表 II-1 提供了不同主管当局用于货包设计技术评定的参考文献清单。

**表 II-1. 主管当局用于技术评定的参考出版物**

---

<b>加拿大</b>	ISO 2919, 放射防护—密封放射源—一般要求和分类 ISO 9978, 辐射防护—密封源—泄漏试验方法 ISO 7195, 核能—六氟化铀运输包装 ANSI N14.1, 六氟化铀—运输包装 ISO 12807, 放射性物质的安全运输—货包的泄漏试验 ANSI N14.5, 装运的货包泄漏试验 ANSI N14.7, A 型货包放射性物质量化包装导则 RD-364, 加拿大—美国 B(U) 型和易裂变材料货包运输批准联合导则 ISO 9001, 质量管理体系—要求
<b>法国</b>	ASN 导则第 7 号, 运输—与通过公路、水路或铁路运输民用放射性物质的装运核准和货包设计证书申请相关的申请人导则 ISO2919, 放射性防护—密封放射源—一般要求和分类 ISO 9978, 辐射防护—密封源—泄漏试验方法 ISO 7195, 核能—六氟化铀运输包装 ANSI N14.1, 六氟化铀—运输包装 ISO 12807, 放射性物质的安全运输—货包的泄漏试验 ISO 10276, 核能—用于运输放射性物质货包的燃料技术 NF EN 25-030-1, 紧固件—螺钉—第 1 部分: 安装计算的一般设计规则 (2014) VDI 2230, 高强度螺栓连接系统计算

---

表 II-1. 主管当局用于技术评定的参考出版物 (续)

<p>法国 (续)</p>	<p>YOUNG,W.C.,BUOYNAS,R.E.,“ROARK 的应力和应变公式”, 第 7 版, McGraw-Hill, 纽约 (1984 年) 法国可替代能源和原子能委员会, PMDS 目录, 第一册, 电离辐射防护屏 NF EN 10228-3, 钢锻件无损检测—铁素体和马氏体钢锻件的超声波检测</p>
<p>德国</p>	<p>ANSI N14.1, 六氟化铀—运输包装 BAM-GGR 007, 放射性物质运输和存储容器用球形石墨铸件的使用导则 BAM-GGR 008, 放射性物质运输和存储容器设计试验中数字引导安全证明导则 BAM-GGR 011, 放射性物质运输用经主管当局核准的货包设计的货包质量保证措施 BAM-GGR 012, 放射性物质运输容器盖系统和装载阻止系统的计算导则 DIN 25415, 第一部分, 放射性污染表面—试验和评定易去污性的方法 FKM 导则, “工程构件强度的断裂力学证明” FKM 指令, “机器部件强度的计算证明” ISO 2919, 放射性防护—密封放射源—一般要求和分类 ISO 7195, 核能—六氟化铀运输包装 ISO 9978, 辐射防护—密封源—泄漏试验方法 ISO12807, 放射性物质的安全运输—货包的泄漏试验 KTA 3905, 核电厂负载上的负载连接点 英国能源发电 R6—含缺陷结构的完整性评定 VDI 2230, 高强度螺栓连接系统计算 DIN 25712, 用于桶中运输和存储辐照轻水反应堆燃料部件考虑燃料燃耗的临界安全 放射防护委员会第 103 号出版物, 《国际放射防护委员会 2007 年建议》</p>

放射防护委员会第 74 号出版物,《外照射放射防护用的剂量转换因子》

---

**表 II-1. 主管当局用于技术评定的参考出版物 (续)**

美国	ASME 锅炉和压力容器规范, 第三节, 第 3 部分—乏核燃料和高放射性废物的包容系统和运输容器(2015 年或更高版本)
	ASME 锅炉和压力容器规则, 第三节, 第一部分—乏核燃料和高放射性废物的包容系统和运输容器(2015 年或更高版本)
	ANSI/ANS 6.1.1, 中子和 $\gamma$ 射线通量剂量因子美国国家标准(1977 年)
	ANSI N14.5-2014, 美国国家标准放射性物质—装运货包的泄漏试验
	ANSI N14.1-2019, 六氟化铀包装运输
	NRC 监管问题摘要草案, NRC-2015-0047, 在干式贮存和运输中发放高燃耗乏燃料许可证的考虑因素
	NRC 监管导则 7.9, 第 71 部分, 放射性物质货包核准申请的标准格式和内容, 第 2 版(2005 年)
	NRC 临时工作人员导则 8, 运输和存储桶中压水堆乏燃料临界安全分析的燃耗信用, 第 3 版
	NUREG-2216, 乏燃料和放射性物质运输货包标准评审计划
	NUREG/CR-5661, 准备运输货包临界安全评价的建议
	NUREG/CR-6361, 运输和存储货包中轻水反应堆燃料临界基准导则
	NUREG/CR-6802, 运输和存储货包的屏蔽评价建议
	NUREG/CR-6487, 用于运输各种内容物的 B 型货包的包容分析

## 附件 III

### 附录 I-VI 货包设计安全报告的结构

表 III-1 显示了本“安全导则”附录 I-VI 中所述货包的货包设计安全报告结构。



**表 III-1. 货包设计安全报告附录 I—VI 结构**

附录 I 表 1: 例外货包	附录 II 表 2: 工业货包	附录 III 表 3: A 型货包	附录 IV 表 4: 类型 B (U)、B (M) 型和 C 型货包	附录 V 表 5: 包含易裂变核 素, 附加信息	附录 VI 表 6: 包含六氟化铀, 附加信息
第一部分	第一部分	第一部分	第一部分	第一部分	第一部分
1.1. 行政信息	1.1. 行政信息	1.1. 行政信息	1.1. 行政信息	1.1. 行政信息	1.1. 行政信息
1.2. 规范说明 的内容	1.2. 规范说明 的内容	1.2. 规范说明 的内容	1.2. 规范说明 的内容	1.2. 规范说明 的内容	1.2. 规范说明 的内容
1.3. 规范说明 的货包	1.3. 规范说明 的货包	1.3. 规范说明 的货包	1.3. 规范说明 的货包	1.3. 规范说明 的货包	1.3. 规范说明 的货包
1.4. 老化考虑	1.4. 老化考虑	1.4. 老化考虑	1.4. 老化考虑	1.4. 老化考虑	1.4. 老化考虑
	1.5. 条件对于 技术性的 分析	1.5. 条件对于 技术性的 分析	1.5. 条件对于 技术性的 分析	1.5. 条件对于 技术性的 分析	1.5. 条件对于 技术性的 分析

表 III-1. 货包设计安全报告附录 I—VI 结构 (续)

附录 I 表 1: 例外货包	附录 II 表 2: 工业货包	附录 III 表 3: A 型货包	附录 IV 表 4: 类型 B (U)、B (M) 型和 C 型货包	附录 V 表 5: 包含易裂变核素, 附加信息	附录 VI 表 6: 包含六氟化铀, 附加信息
1.4. 遵守监管 要求	1.5. 遵守监管 要求	1.5. 遵守监管 要求	1.6. 遵守监管 要求	1.6. 遵守监管 要求	1.6. 遵守监管 要求
1.5. 货包操作	1.6. 货包操作	1.6. 货包操作	1.7. 货包操作	1.7. 货包操作	1.7. 货包操作
1.6. 维护	1.7. 维护	1.7. 维护	1.8. 维护	1.8. 维护	1.8. 维护
	1.8. 空隙分析 计划	1.8. 空隙分析 计划	1.9. 空隙分析 计划	1.9. 空隙分析 计划	1.9. 空隙分析 计划
1.7. 管理系统	1.9. 管理系统	1.9. 管理系统	1.10. 管理系统	1.10. 管理系统	1.10. 管理系统
		1.10. 货包插图	1.11. 货包插图	1.11. 货包插图	1.11. 货包插图

表 III-1. 货包设计安全报告附录 I—VI 结构 (续)

附录 I 表 1: 例外货包	附录 II 表 2: 工业货包	附录 III 表 3: A 型货包	附录 IV 表 4: 类型 B(U)、B(M) 型和 C 型货包	附录 V 表 5: 包含易裂变核 素, 附加信息	附录 VI 表 6: 包含六氟化铀, 附加信息
<b>第 2 部分</b>	<b>第 2 部分</b>	<b>第 2 部分</b>	<b>第 2 部分</b>	<b>第 2 部分</b>	<b>第 2 部分</b>
2.1. 结构性分析	2.1. 结构性分析	2.1. 结构性分析	2.1. 结构性分析	2.1. 结构性分析	2.1. 结构性分析
	2.2. 热学分析	2.2. 热学分析	2.2. 热学分析	2.2. 热学分析	2.2. 热学分析
	2.3. 包容设计分析	2.3. 包容设计分析	2.3. 包容设计分析	2.3. 包容设计分析	2.3. 包容设计分析
2.2. 剂量费率分析	2.4. 剂量费率分析	2.4. 剂量费率分析	2.4. 剂量费率分析		
	2.5. 临界安全分析	2.5. 临界安全分析	2.5. 临界安全分析	2.4. 临界安全分析	
			2.6. 其他分析		



## 参与起草和审订人员

Boyle, R.	美国运输部, 美利坚合众国
Capadona, N.	国际原子能机构
Chrupek, T.	法国核安全局
Dejean, C.	法国辐射防护与核安全研究所
Edwards, W.	世界核运输研究所
Elechosa, C.	阿根廷核监管机构
Ferran, G.	法国核安全局
Fiaccabrino, V.	法国核安全局
Fukuda, T.	日本核监管局
Garg, R.	加拿大核安全委员会
Gauthier, F.	法国辐射防护与核安全研究所
Hirose, M.	日本核监管局
Katona, T.	匈牙利原子能机构
Komann, S.	德国材料研究与试验研究所
Konnai, A.	日本国家海洋研究所
Krochmaluk, J.	法国辐射防护与核安全研究所
Lizot, M.T.	法国辐射防护与核安全研究所
Malesys, P.	世界核运输研究所
Moutarde, M.	法国辐射防护与核安全研究所
Nöring, R.	世界核运输研究所
Pilecki, L.	加拿大核安全委员会
Pstrak, D.	美国核管制委员会

Ramsay, J.	加拿大核安全委员会
Reiche, I.	德国联邦辐射防护办公室
Sampson, M.	美国核管制委员会
Sarkar, S.	澳大利亚辐射防护与核安全局
Sert, G.	法国辐射防护与核安全研究所
Vaclav, J.	斯洛伐克核监管局
Yagihashi, H.	日本核监管局

## 当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从我们的主要经销商或当地主要书商处购买。  
未定价出版物应直接向国际原子能机构发订单。

### 定价出版物订单

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商：

#### **Eurospan**

1 Bedford Row  
London WC1R 4BU  
United Kingdom

交易订单和查询：

电话：+44 (0) 1235 465576

电子信箱：[trade.orders@marston.co.uk](mailto:trade.orders@marston.co.uk)

个人订单：

电话：+44 (0) 1235 465577

电子信箱：[direct.orders@marston.co.uk](mailto:direct.orders@marston.co.uk)

网址：[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

欲了解更多信息：

电话：+44 (0) 207 240 0856

电子信箱：[info@eurospan.co.uk](mailto:info@eurospan.co.uk)

网址：[www.eurospan.co.uk](http://www.eurospan.co.uk)

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至：

Publishing Section  
International Atomic Energy Agency  
Vienna International Centre  
PO Box 100

1400 Vienna, Austria

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

电子信箱：[sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)

网址：<https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>







通过国际标准促进安全

国际原子能机构  
维也纳