



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全标准

第 SSG-86 号

保护人类与环境

放射性物质运输 辐射防护计划

特定安全导则

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

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。

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。

放射性物质运输辐射防护计划

国际原子能机构成员国

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

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-86 号

放射性物质运输辐射防护计划

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 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

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 11 月 · 奥地利

放射性物质运输辐射防护计划

国际原子能机构，奥地利，2024 年 11 月
STI/PUB/2052
ISBN 978-92-0-513124-5（简装书：碱性纸）
978-92-0-513324-9（pdf 格式）
EPUB 978-92-0-513224-2
ISSN 1020-5853

前 言

拉斐尔·马里亚诺·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险的的安全标准”。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¹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。

¹ 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。

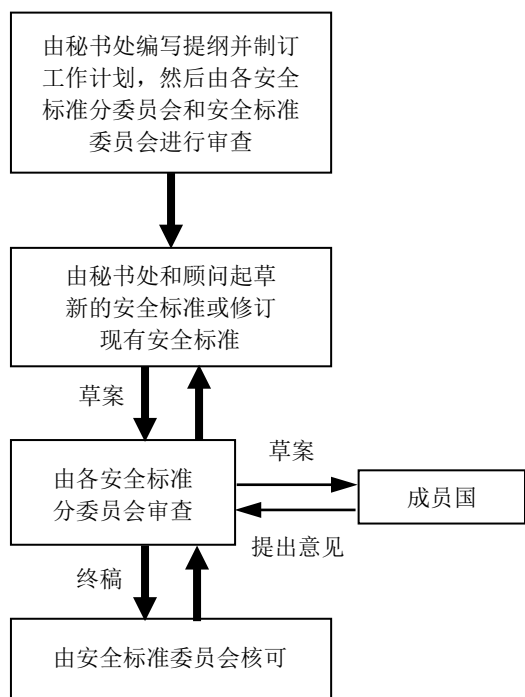


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

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

1. 导言	1
背景 (1.1-1.3).....	1
目的 (1.4).....	1
范围 (1.5).....	2
结构 (1.6, 1.7).....	2
2. 放射性物质的运输辐射防护计划	2
放射性物质的运输辐射防护计划的目标 (2.1-2.6).....	2
放射性物质的运输辐射防护计划的要素的概述 (2.7).....	3
放射性物质的运输辐射防护计划分级方法的应用 (2.8-2.11).....	4
3. 放射性物质的运输辐射防护计划的范围 (3.1-3.6)	4
4. 放射性物质的运输辐射防护计划角色和责任的分配 (4.1)	6
运输组织在辐射防护计划方面的责任 (4.2-4.12).....	6
主管当局在辐射防护计划方面的责任 (4.13-4.15).....	8
5. 放射性物质的运输的剂量评定和防护最优化	8
放射性物质的运输事先放射性评价 (5.1-5.3).....	8
放射性物质的运输中辐射监控 (5.4-5.17).....	10
放射性物质的运输外部照射估计方法 (5.18-5.26).....	13
放射性物质的运输中的剂量限值与防护最优化 (5.27-5.33).....	16
6. 运输辐射防护计划中表面污染考虑因素 (6.1-6.7)	18
7. 运输辐射防护计划中隔离和其他防护措施 (7.1).....	19
运输辐射防护计划中隔离措施 (7.2-7.6).....	19
运输辐射防护计划中照射时间的限制 (7.7).....	20
运输辐射防护计划中屏蔽的使用 (7.8, 7.9).....	20
运输辐射防护计划中控制区和监督区 (7.10-7.13).....	20
8. 作为运输辐射防护计划一部分的应急准备和响应 (8.1-8.6).....	21
作为运输辐射防护计划的一部分应急准备 (8.7-8.9).....	22
作为运输辐射防护计划的一部分应急响应 (8.10, 8.11).....	23
作为运输辐射防护计划的一部分应急工作人员和助手的保护 (8.12).24	
9. 作为运输辐射防护计划的一部分培训 (9.1-9.9).....	24
10. 放射性物质的运输安全管理系统 (10.1, 10.2).....	26

参考文献.....27

附件 I 放射性物质的运输辐射防护计划的一般示例31

附录 II 医用放射性同位素的运输辐射防护计划的示例.....40

附录 III 航空货运公司辐射防护计划的示例.....45

附录 IV 工业射线照相公司放射性物质的运输辐射防护计划的示例.....51

附录 V 港口经营者放射性物质的运输辐射防护计划的示例55

附录 VI 船舶辐射防护计划的示例58

附录 VII 评价辐射防护计划的有效性调查表.....63

附录 VIII 《国际海运危险货物规则》对装有放射性物质的货包隔离的要求64

参与起草和审订人员.....67

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] (以下简称“运输条例”) 为所有类型放射性物质 (如天然存在放射性物质) 的安全运输提供了监管框架, 学术、工业和医疗应用中使用的放射源、核燃料和放射性废物。“运输条例”通过一套技术和行政安全要求涵盖安全运输的所有方面, 包括运输组织和主管当局的行为。

1.2. 辐射防护的基本要求见“运输条例”第 301 段。“运输条例”第 302 段指出:

“必须为放射性物质的运输制定辐射防护计划。计划中拟采取措施的性质和范围必须与辐射照射的程度和可能性相关。”

“运输条例”第 234 段将辐射防护计划定义为“旨在充分考虑辐射防护措施的系统安排”。

1.3. 原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》[2]确立了计划照射情况下的辐射防护要求, 包括放射性物质的运输。关于满足 GSR Part 3[2]职业辐射防护要求的建议, 包括辐射防护计划的开发, 见原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[3]。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-8 号《公众和环境的辐射防护》[4]提供了关于满足 GSR Part 3[2]公众照射要求的建议。

目的

1.4. 本“安全导则”提供了满足“运输条例”第 302 段放射性物质的运输辐射防护计划要求的建议。“安全导则”的目标受众包括主管当局、托运人、

¹ 在本“安全导则”, “运输组织”是指准备、托运、装载、搬运 (包括在途存储) 存储后装运、卸载、接收或以其他方式使用与运输放射性物质相关的货包与运输放射性物质相关的个人或组织。

承运人、收货人和港口（如港口、海港、机场）经营者。公共当局（如海关当局、港口当局、港务局、运输当局）的雇员也会对涉及辐射照射的放射性物质运输活动感兴趣。

范围

1.5. 本“安全导则”的范围与“运输条例”第 106 段相同，在陆地、水上或空中以各种方式运输放射性物质，包括使用放射性物质附带的运输。

结构

1.6. 本“安全导则”由 10 个部分组成。第 2 部分讨论了辐射防护计划分级方法的目标和应用；第 3 部分讨论了辐射防护计划的范围并概述了其基本要素；第 4—10 部分提供了关于辐射防护计划要素的建议，即相关的角色和责任、剂量评定和最优化、表面污染控制、隔离和其他防护措施、应急准备和响应、培训和管理系统。

1.7. 本“安全导则”包括 8 个附件。其中包括支持辐射防护计划开发的示例，可用于评价辐射防护计划的有效性的问题以及《国际海运危险货物规则》[5]关于隔离距离的摘录。

2. 放射性物质的运输辐射防护计划

放射性物质的运输辐射防护计划的目标

2.1. GSG-7[3]第 3.49 段指出：

“辐射防护计划的总目标是通过采用与风险的性质和程度相称的管理结构、政策、程序和组织安排，履行管理部门的防护和安全责任。辐射防护计划必须涵盖有助于防护和安全的所有主要内容。”

2.2. 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》(Rev.1) [6]第 302.1 段指出：

“放射性物质的运输辐射防护计划的目标是：

- (a) 规定充分考虑运输中的辐射防护措施；
- (b) 确保辐射防护系统得到充分应用；
- (c) 加强放射性物质运输方面的安全文化；
- (d) 为实现这些目标提供切实可行的措施。”

辐射防护计划的主要目的必须是放射性物质运输中的辐射防护最优化[2、3]。

2.3. “运输条例”第 302 段要求辐射防护计划符合“运输条例”第 301 段、第 303—305 段、第 311 段和第 562 段的要求。相关的国家要求也应当纳入辐射防护计划。

2.4. 辐射防护计划可以记录在一个或多个文件中（可以是一个单独的计划，也可以是设施辐射防护计划的一部分，见第 3.6 段），并应当纳入运输组织的管理系统（见第 10 部分）。

2.5. 对安全领导和管理的一般要求，包括建立、维持和持续改进有效的管理系统，在原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号《安全的领导和管理》[7]。原子能机构《安全标准丛书》第 TS-G-1.4 号《放射性物质的运输安全管理系统》[8]给出了放射性物质的运输安全管理系统导则。

2.6. 辐射防护计划通常不涉及临界安全安排。关于这种安排的建议见 SSG-26 (Rev.1) [6]和原子能机构《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》[9]。

放射性物质的运输辐射防护计划的要素的概述

2.7. SSG-26 (Rev.1) [6]第 302.2 段指出：

“辐射防护计划必须在适当范围内包括以下要素：

- (a) 计划的范围（见 SSG-26 (Rev.1) [6]第 302.3—302.5 段）；
- (b) 执行计划的角色和责任（见 SSG-26 (Rev.1) [6]第 302.6 段）；
- (c) 剂量评定和最优化（见“运输条例”第 303 段）；
- (d) 表面污染评定（见“运输条例”第 508 段、第 513 段和第 514 段）；
- (e) 隔离和其他防护措施（见 SSG-26 (Rev.1) [6]第 562.1—562.13 段）；
- (f) 应急安排（见“运输条例”第 304 段和第 305 段）；

- (g) 培训（见“运输条例”第 311—315 段）；
- (h) 管理系统（见“运输条例”第 306 段）。”

放射性物质的运输辐射防护计划分级方法的应用

2.8. 纳入辐射防护计划的辐射防护规定可能多种多样，例如，可能反映出放射性物质运输中辐射防护的监管要求、管理和操作标准等。“运输条例”第 302 段指出：“计划采取措施的性质和范围必须与辐射照射的程度和可能性相关”。

2.9. “运输条例”第 303 段指出了职业照射评定的分级方法，特定如下：

“运输活动引起的职业照射，经评定有效剂量：

- (a) 可能在每年 1—6 毫希沃特之间，必须通过工作场所监控或个人监控进行剂量评定计划；或
- (b) 可能超过每年 6 毫希沃特，必须进行个人监控。”

在运输活动的职业照射可能低于每年 1 毫希沃特的情况下，应当考虑在适当的期间进行初始确认监控和重复确认监控。

2.10. 仅涉及少量运输较低潜在放射性危害货包的运输操作应当至少有一个评定职业照射的基本计划，而较显著的操作（例如涉及不同类型放射性物质的运输操作和有可能发生显著照射的运输操作）应当有一个更全面的计划。

2.11. 根据“运输条例”第 302 段，导致低职业照射的运输操作或那些只是偶尔运输放射性物质的组织仍然需要辐射防护计划。

3. 放射性物质的运输辐射防护计划的范围

3.1. 辐射防护计划应当涵盖“运输条例”第 106 段所述运输的所有方面，包括：

- (a) 日常运输工况（无事故）；
- (b) 正常运输工况（轻微事故）；

(c) 运输事故工况。

3.2. 辐射防护计划应当包括满足“运输条例”辐射防护要求所需的措施，包括监控规定。GSR Part 3[2]要求 24 要求建立职业照射辐射防护计划。然而，如 GSG-7[3]第 3.52 段指出：“辐射防护计划可包括对工作人员和公众的防护”，与“运输条例”第 302 段指出一致。放射性物质的运输辐射防护计划除其他外应当包括人员剂量限值和最优化（“运输条例”第 301 段）、应急响应（“运输条例”第 304 段和第 305 段）和隔离（“运输条例”第 562 段）的要求，所有这些都可能涉及公众照射，放射性物质的运输辐射防护计划应当包括对工作人员和公众的防护。

3.3. 放射性物质运输辐射防护计划的重点通常应当放在有可能导致辐射照射或污染人员、财产或环境的运输和装卸操作上。这些操作包括放射性物质货包的包装、准备、装载、装卸、在途存储、运输、多式联运、交付和卸载，以及视察和维护包装（如果被污染或含有残留放射性物质）。

3.4. 辐射防护计划应当界定并记录运输组织适用的系统化控制框架，主要目的是放射性物质运输中的辐射防护最优化。辐射防护计划应当在放射性物质的运输操作前阶段制定和实施，例如在选择适当的货包类型以及安排和准备含有放射性物质的货包等运输操作中。即使辐射防护已经最优化，在操作前阶段，仍然需要在运输操作的各个阶段进行辐射防护安排及其最优化。

3.5. 不涉及职业照射或公共照射的运输相关操作（如行政工作、包装设计和制造、不涉及任何辐射照射的包装修理）不需要包含在运输辐射防护计划中。

3.6. 运输操作，如包装、准备、装载、装卸、交付和卸载含有放射性物质的货包，通常发生在受监管要求约束的设施中，例如核电厂、核燃料循环设施（包括铀矿开采和加工设施）、同位素生产设施、医院核医学部门和使用放射源的工业设施。此类设施需要有自己的适合其操作的辐射防护计划（见 GSR Part 3[2]要求 24），包括放射性物质的场内转移。与这些设施相关的运输操作通常属于设施辐射防护计划的范围，在这种情况下，设施辐射防护计划应当规定装卸在该设施进行的运输活动。但是，在某些情况下，此类运输操作可能包含在运输专用辐射防护计划中，另见第 4.2—4.5 段。

4. 放射性物质的运输辐射防护计划角色和责任的分配

4.1. “运输条例”规定了运输组织和主管当局的特定角色和责任。本部分就建立和实施放射性物质运输辐射防护计划方面的这些角色和责任提出建议。

运输组织在辐射防护计划方面的责任

4.2. GSR Part 3[2]要求 4 规定：“对引起放射性危害的设施和活动负责的个人或组织必须对防护和安全负首要责任。”因此，涉及放射性物质的运输每个运输组织的活动（例如，托运人、承运人、港口、海港和机场的经营者、收货人）都必须由辐射防护计划涵盖。这些活动应当在本组织辐射防护计划的范围内特定说明。直接参与放射性物质运输链的运输组织管理层有责任为其操作建立和实施辐射防护计划。将建立额外辐射防护计划的责任分配给一个运输组织（如托运人）是不合理的，因为它对一项运输活动没有直接控制（即不涉及工作人员），而随后的运输组织（如承运人）对该运输活动适用辐射防护规定。

4.3. 运输组织应当开展合作，以实现其区域伙伴关系计划的目标。在更复杂的运输操作中（如通过公路、铁路、空运和海运跨境运输放射性物质），这可能涉及许多独立的承运人，其中每一方都在自己的管理系统下操作（见第 10 部分），或几个运输组织在同一地点（如港口、机场）开展操作，涉及相同的个人，导致对这些个人的剂量累积。

4.4. 辐射防护计划应当解决不同运输组织之间的接口问题。一个专门的承运人可能只由托运人或收货人承包运输操作，在这种情况下，托运人或收货人可能有一个涵盖承运人操作的辐射防护计划。在这种情况下，如果相关托运人或收货人确保承运人应当遵循的辐射防护措施包含在托运人或收货人的辐射防护措施中，主管当局可以不要要求承运人单独为运输准备一份辐射防护措施。在运输专用运输工具或大型货运集装箱的情况下（“运输条例”第 221 段），托运人或收货人酌情负责确保辐射防护计划中包含装载、卸载和装运指示。

4.5. 在某些情况下，一个运输组织可能在另一个组织操作的设施准备货物。运输组织通常应当有自己的辐射防护计划（即运输），设施也应当有自己的辐射防护计划（即设施内开展的活动）。两个辐射防护计划的范围和它们之间的接口应当事先确定并记录下来。

4.6. 主管当局可要求托运人、承运人或收货人评价参与运输其放射性物质托运分包商的辐射防护计划是否足够。托运人或其他个人及具有相关经验和专门知识的组织，如专门组织放射性物质的运输运输公司，也可以协助分包商制定自己的辐射防护计划。

4.7. 运输组织的管理层需要建立安全政策、管理系统和组织安排，并提供足够的资源，以确保辐射防护计划的目标能够实现（见 GSR Part 2[7]要求 3 和 6—9）。每个运输组织的管理层还应当确定并记录辐射防护计划的目标。

4.8. 管理系统必须通过书面政策声明（见 GSR Part 2[7]第 4.16 段）和对辐射防护责任人的明确支持（见 GSR Part 2[7]第 3.3 段）来反映管理层对辐射防护的承诺。组织安排包括特定规定和记录所涉个人的角色和责任以及他们将履行的职能（见 GSR Part 2[7]第 4.16 段）。

4.9. 实现辐射防护计划目标可能需要的基础设施、安排和资源包括设施、适当合格人员、设备、培训、反馈机制以及授权个人采取行动，以确保符合监管要求以及管理和操作程序。应当明确指定负责管理辐射防护计划和其中规定措施的个人，并应当给予必要的权力来执行该计划和这些措施。

4.10. 关于辐射防护计划，“运输条例”第 302 段指出：“计划文件必须根据要求提供，供相关主管当局视察”。

4.11. GSR Part 3[2]要求 22 规定：“**工作人员必须履行其防护和安全的义务和责任。**”这一要求反映了这样一个事实，即工作人员通过自己的行动为保护自己和工作中的他人做出了贡献[3]。此外，GSR Part 3[2]第 3.83(a)段指出，工作人员“必须遵循雇主、注册人或许可证持有人规定的任何适用的防护和安全规则和程序”。

4.12. 与辐射防护计划的开发或实施相关的一些任务可由具有相关专业知识的合格专家² 执行（如辐射防护、质量管理）。然而，确保辐射防护和遵守监管要求的总体责任仍由运输组织的管理层承担。

主管当局在辐射防护计划方面的责任

4.13. “运输条例”第 307 段指出：“主管当局必须确保遵守本条例。”以确保符合“运输条例”第 302 段要求中的辐射防护计划，主管当局应当开展各种活动，例如制定关于辐射防护计划的条例和导则，视察管理系统和运输操作，酌情实施执法行动，参加培训（即提供培训材料、举办培训班和让主管当局的人员在培训班上发言）和信息的传播。

4.14. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-78 号《放射性物质的安全运输合规保证》[10]提供了关于制定和维护合规保证计划的建议。此外，SSG-78[10]附件 III—VII 和 IX 提供了主管当局在视察管理系统、托运人、承运人和维护操作（包括辐射防护计划）时可能使用的导则、程序和清单。这一信息可适用于从事放射性物质的运输其他组织。

4.15. “运输条例”第 308 段指出：“相关主管当局必须安排定期评定因运输放射性物质而对人员造成的辐射剂量，以确保防护和安全系统符合 GSR Part 3[2]。”这种评定的示例见参考文献[11]（公路和铁路运输），参考文献[12]（海运）和参考文献[13]（空运）。

5. 放射性物质的运输的剂量评定和防护最优化

放射性物质的运输事先放射性评价

5.1. 建立辐射防护计划的第一步是对将要进行的运输操作进行事先放射性评价。GSG-7[3]第 3.55 段指出：

² 合格专家是指通过适当委员会或协会的认证、专业执照或学术资格和经验，被正式承认在相关专业领域（如保健物理学、辐射防护、职业健康、消防安全、质量管理、任何相关工程或安全专业）具有专门知识的个人。

“事先放射性评价必须确定操作各方面的以下内容：

- (a) 常规照射源和可合理预见的潜在照射源，如表面污染、空气传播污染和外部辐射源；
- (b) 正常操作中的照射性质和程度；
- (c) 潜在照射的性质、可能性和程度；
- (d) 实施最优化流程所需的防护和安全措施；
- (e) 适当的监控系统。”

5.2. GSG-7[3]第 3.56 段指出：

“在事先放射性评价中，可采用下列一种或多种方法评定照射情况：

- (a) 使用工作场所监控。这种方法可以很好地评定工作人员将接受的剂量，前提是工作场所的放射性条件在很长一段时间内（至少几个月）是可以合理预测的。工作场所监控应当在适当的时间间隔重复进行，尤其是在工作工况发生重大变化时；
- (b) 使用来自科学文献的数据和来自可比设施的信息。参考文献中给出了各种工作场所情况下的一些剂量值。这些原则上可以用来判断是否需要监控；
- (c) 使用模拟。数值模拟可以是强大的，可以立即提供关于在给定照射情况下影响剂量的参数的信息。模拟结果应当通过测量来核实；
- (d) 确认性测量的使用。使用个人剂量计进行确认性测量有助于确定是否需要进行个人监控。”

5.3. 关于运输操作，事先放射性评价应当考虑到以下信息：

- (a) 放射性核素、放射性物质的活度水平、物理和化学形状、运输的货包类型和类别，以及货包周围和车辆内及车辆周围的剂量率；
- (b) 日常（无事故）、正常（小事故）和事故运输工况引起的职业照射和公共照射的程度和可能性，同时考虑到以下因素：外包装或货运集装箱的使用，陆路运输期间因交通状况造成的临时停车、停靠和延误，运输途中存储的必要性，使用不同的运输方式或运输工具以及运输工具内的负载，以及特定的装卸程序（例如，对于小货包或远程装卸的货

包)。如果适用，这也可能包括考虑因未能正确组装和使用包装而产生的潜在照射；

- (c) 所涉工作人员人数及其可能涉及辐射照射的活动；
- (d) 操作的持续时间和频率；
- (e) 工作人员与货包或未包装的放射性物质之间的距离；
- (f) 公众与货包或未包装的放射性物质之间的距离；
- (g) 为辐射防护最优化而实施的屏蔽和其他防护措施。

放射性物质的运输中辐射监控

5.4. GSG-7[3]第 3.98 段指出辐射监控计划将是任何辐射防护计划的基本组成部分：

“监控计划可用于各种目的，取决于实践的性质和程度。这些目的可包括以下几点：

- (a) 评定工作人员的照射并表明符合监管要求；
- (b) 确认工作实践的有效性（例如监督和培训的充分性）和工程标准；
- (c) 确认工作场所的放射性条件，这些条件是否得到充分控制，操作变化是改善了还是恶化了；
- (d) 通过评审收集到的个人和团体监控数据，评价和改进操作程序。
此类数据可用于识别操作程序和设计特征的好的和坏的特点，从而有助于制定与辐射相关的更安全的工作实践；
- (e) 提供可用于使工作人员了解其照射方式、时间和地点的信息，并激励他们采取措施减少照射；
- (f) 在发生意外照射的情况下，提供评价剂量的信息。”

5.5. 所有运输组织，包括托运人、承运人和收货人，都有一些工作场所、货包和个人监控的责任，这取决于它们所从事运输操作的放射性特征。

工作场所监控和货包监控

5.6. 工作场所监控包括在适合运输组织的工作环境中进行的测量以及对这些测量的解释。可以在工作场所进行常规监控，以证明工作工况仍然令人

满意并满足监管要求。此外，监控结果可用于评定工作人员的辐射照射。测量可在进行运输操作的任何地方进行，例如进行放射性物质包装、准备、装载、装卸、运输、在途存储、多式联运转运、交付、卸载和视察以及放射性物质包装维护的区域（包括运输工具）。这种测量包括监控外部辐射、表面污染，以及在极少数情况下（如在桶中装载氧化铀浓缩物）的空气污染。

5.7. 如 2.9 段所述，工作场所监控可用于对职业照射可能在每年 1—6 毫希沃特之间的工作人员剂量评定计划。

5.8. 工作场所监控的性质和频率应当首先根据事先放射性评价确定，并应当在辐射防护计划中规定，然后在必要时更新以考虑到工作场所监控的实际结果。辐射防护计划应当包括根据工作场所监控结果为工作人员分配剂量的程序。

5.9. 辐射防护计划应当规定在装有放射性物质的货包表面和一定距离处进行例行监控。这种监控应当确认符合“运输条例”规定的剂量率和表面污染限值，并应当确认剂量率和污染水平与事先放射性评价中的假设一致。应当特定说明监控的性质和频率，监控应当基于事先放射性评价。

5.10. 用于工作场所监控和货包监控的设备应当适合所遇到的辐射类型，并应当定期校准。这种校准应当可追溯到公认的国家标准。GSG-7[3]提供了关于建立工作场所监控计划的进一步建议。

放射性物质的运输参与工作人员的个人监控

5.11. 个人监控的基础是使用工作人员个人佩戴的设备进行测量，如用于外部照射的个人剂量计或用于评定内部照射罕见情况的个人空气采样器（例如，在包装、准备、装载和卸载含有与采矿和加工相关的天然存在放射性物质的托运货物期间，在涉及潜在空气活度的紧急情况下）。个人监控有助于确保辐射照射尽可能低，并证明符合剂量限值。个人监控允许将外部或内部剂量值分配给个人。如果需要一个人监视计划，它应当是辐射防护计划的一部分。

5.12. 如 2.9 段所述，在工作人员的剂量评定计划中可采用个人监控，因为导致工作人员的职业照射可能会在每年 1—6 毫希沃特之间。除非不可行，

否则应当使用个人监控来评定该范围内的职业剂量。如果职业照射可能超过每年 6 毫希沃特则需要进行个人监控（见“运输条例”第 303(b)段）。

5.13. 用于个人监控的个人剂量计应当适合所遇到的辐射类型（大多数情况下是 γ 辐射，有时是中子辐射），并应当进行校准以符合适当的性能标准。个人剂量计的放置应当考虑到存在的辐射场（例如，应当考虑在车辆驾驶员身上放置剂量计，以确保可靠地评定个人因其身后放射性物质发出的辐射而受到的照射）。在可能发生超过规定水平外部照射的情况下，应当考虑补充使用直读或声音警报个人剂量计。GSG-7[3]提供了关于建立个人监控计划的进一步建议。

5.14. 关于空气中放射性物质和表面污染的数据可用于估计可能的内部剂量。可以通过测量全身放射性核素、测量生物样品中的放射性核素或测量使用工作人员佩戴的个人空气采样器收集的空气样品中的放射性浓度等方法来评定内部照射。GSG-7[3]提供了关于内部职业照射评定的进一步建议。

工作场所监控和个人监控的记录

5.15. “运输条例”第 303 段指出：“在进行工作场所监控或个人监控时，必须保留适当的记录。” GSR Part 3[2]第 3.103—3.107 段指出了保存职业照射记录的要求，GSG-7[3]第 7.251—7.273 段提供了建议。

5.16. GSR Part 3[2]第 3.105 段指出：

“职业照射记录必须包括：

- (a) 关于工作人员职业照射工作一般性质的资料；
- (b) 关于达到或超过监管机构规定的相关记录水平的剂量评定、照射和摄入量的信息，以及剂量评定所依据的数据；
- (c) 当工作人员在受雇于一个以上雇主期间受到或曾经受到照射时，提供关于受雇于每个雇主的日期以及在每个此类雇用中的剂量、照射量和摄入量的资料；
- (d) 对因紧急情况下采取的行动或因事故或其他事件而产生的剂量、照射和摄入量所作的任何评定的记录，该记录必须有别于对因正常工作条件而产生的剂量、照射和摄入量所作的评定，并必须包括提及任何相关调查的报告。”

5.17. GSG-7[3]第 7.252 段指出：

“除了用于表明遵守法律要求之外，保存记录还可用于其他几个目的，例如：

- (a) 表明最优化进程的有效性；
- (b) 为汇编剂量分布提供数据；
- (c) 评价辐照趋势，从而为评价辐射防护计划提供必要的信息；
- (d) 制定有效的监控程序和计划；
- (e) 提供来自新医疗程序的照射数据以及计划；
- (f) 为流行病学和研究提供数据；
- (g) 提供与诉讼相关的目的或工作人员赔偿要求可能需要的信息，这些信息可能发生在实际照射或声称照射数年后。”

放射性物质的运输外部照射估计方法

5.18. 工作场所监控和/或个人监控被要求构成接受每年 1 毫希沃特以上职业照射的工作人员剂量评定计划的基础（见“运输条例”第 303 段）。然而，需要其他估计外部照射的方法（如第 5.19—5.26 段所述），例如低于每年 1 毫希沃特的职业照射和公共照射。此外，这些方法可以用作事先放射性评价，在工作场所监控或个人监控结果可用之前进行。

表 1. 货包剂量率和运输指数

货包的类型或类别	最大表面剂量率 (毫希沃特/小时)	运输指数
例外货包	不超过 0.005	0
I 类-白色	不超过 0.005	0
II 类-黄色	大于 0.005 但不超过 0.5	大于但不超过 1
III 类-黄色	0.5 以上但不超过 2	1 以上但不超过 10
III 类-黄色+专用 ^a	2 以上但不超过 10	10 以上

^a 在专用情况下，这些限值适用于“运输条例”第 573 段的要求。

5.19. SSG-26 (Rev.1) [6]第 302.5 段指出：“例外货包和 I 类-白色货包的外部剂量率足够低，可以不受限制地安全装卸，因此没有必要进行剂量评定。”其他货包在估计外部剂量时，一个基本的考虑因素是与货包和运输工具相关的剂量率，根据运输工况剂量率可能高达规定的最大值。表 1 显示了“运输条例”规定的不同货包类型和类别的剂量率和运输指数（TI）的相关值，这些值也适用于外包装和货运集装箱。

使用已公布数据估计放射性物质的运输照射量

5.20. 现有的各种出版物提供了对不同运输方式和不同类型放射性物质进行剂量评定的结果，例如：

- (a) 一些出版物给出了通过特定运输方式运输放射性物质对工作人员和公众的剂量评定结果，例如参考文献[11—14]；
- (b) 一个协调研究项目的结果，包括对运输天然存在放射性物质对工作人员和公众造成的剂量评定记录在参考文献[15]；
- (c) 对工作人员和公众从钼-99 生产设施运输放射性废物的剂量评定记录在参考文献[16]；
- (d) 核燃料循环材料（包括新燃料、乏燃料和高放废物）对工作人员和公众的剂量评定，以及对各种运输方式的剂量评定见参考文献[17]；
- (e) 与乏核燃料运输相关的剂量评定资料见参考文献[18]。参考文献[19]提供了关于参与通过铁路运输乏核燃料和高放废物工作人员的剂量评定信息；
- (f) 关于运输和装卸大量医疗和工业用货包对工作人员造成剂量的数据见参考文献[20]。

所有这些信息来源都有助于制定事先放射评价，但应当注意确保结果在任何特定辐射防护计划的范围内具有代表性和适用性。

使用运输指数估计放射性物质的运输照射量

5.21. 由从事特定运输操作的工作人员装卸货包的运输指数总和和可用作外部照射的一般指标，示例如下：

- (a) 确定运输货包的运输指数总和与受到的外部照射之间的关系；

- (b) 确定与运输货包相关的外部照射，其单位运输指数是某一特定运输操作中良好实践的代表；
- (c) 为每年装卸货包的运输指数总和界定一个阈值，低于该阈值，职业照射可能低于每年 1 毫希沃特。

5.22. 来自几项研究的信息表明，所装卸货包的运输指数总和与职业照射之间存在普遍相关性，运输指数越高工作人员的剂量越高[11、14、21]。在能够证实特定运输操作的运输指数和职业照射之间存在可再现相关性的情况下，可以使用这种相关性根据所装卸货包的运输指数总和，建立一个筛选水平，低于该水平就没有必要进行工作场所监控或个人监控。当运输操作的特征发生变化可能导致职业照射增加时，应当重新评定筛选水平。

表 2. 每年可装卸不同类别货包的数量，职业照射不超过每年 1 毫希沃特

货包类别	估计每年装卸的货包数量	
	假想方案：对于每个货包，工作人员与货包保持 1 米的距离 30 分钟	假想方案：对于每个货包，工作人员与货包接触 5 分钟，并与货包保持 1 米的距离 25 分钟
I 类-白色	4000	1600
II 类-黄色	200	40 ^a
III 类-黄色	20	6 ^b
III 类-黄色+专用	0	0

^a 平均剂量率为 0.25 毫希沃特/小时的 40 个货包的照射和运输指数=1。

^b 平均剂量率为 1.25 毫希沃特/小时的 6 个货包的照射和运输指数=10。

5.23. 通过考虑不同货包类别的剂量率限值（见表 1），有可能计算出在职业照射可能超过每年 1 毫希沃特之前，在正常运输工况下可以运输的货包数量。表 2 提供了在工作人员接受超过每年 1 毫希沃特的外部照射之前，每年可以装卸的每一类货包的估计数量。除表 2 脚注 a 和 b 规定的表面剂量率外，这些数字是根据每一类货包的预期最大剂量率计算的。

5.24. 在使用表 2 结果时，应当考虑到不可预见事件的发生，即根据表 2 所述的假想方案（例如，更长的照射时间、更短的距离），接受的剂量超过预期。在这种情况下，应当评价所接受的照射量以确定继续使用表 2 的数字是否合适。

5.25. 例外货包的外部剂量率非常低，在常规运输工况下职业照射量预计不会超过每年 1 毫希沃特。

使用计算机代码分析估算放射性物质的运输照射量

5.26. 在某些情况下，职业照射和公共照射可以使用计算机代码进行估计，如 RADTRAN[22]、Intertran[23]、RISKIND[24]、MicroShield[25]、MCNP[26]、SCALE 代码系统[27]或热点保健物理代码[28]。使用的任何计算机代码都应当经过验证，以便在此类应用中使用。

放射性物质的运输中的剂量限值与防护最优化

5.27. “运输条例”第 301 段指出：“人体剂量必须低于相关剂量限值。”GSR Part 3[2]附表 III 规定了职业照射和公众照射的剂量限值。

5.28. GSR Part 3[2]第 1.15 段指出：

“当应用于工作人员和公众成员的照射时，防护和安全最优化……是一个确保照射的可能性和程度以及照射的个人数量尽可能低的过程，同时考虑到经济、社会和环境因素。这意味着在当前情况下防护水平将是最好的。”

参考文献[29]提供了防护最优化的实用导则。

5.29. 根据分级方法的应用，对于导致低水平职业照射的运输操作，可能只需要基本实施最优化原则。

5.30. 运输组织为防护最优化所作的努力可能涉及在使用、装卸、运输和运输过程中采取各种辐射防护措施运送含有放射性物质的货包。此类安排可包括以下内容：

(a) 评审个人和集体剂量，并与结果进行比较以识别任何问题区域；

- (b) 适当隔离距离的应用；
- (c) 充分的屏蔽安排；
- (d) 对装有高运输指数货包的特定堆垛、装载、卸载和栓系指示；
- (e) 限制进入剂量率高的区域；
- (f) 实施旨在职业照射最优化的工作计划；
- (g) 使用移动和提升货包的设备，以减少照射时间和/或增加工作人员与货包之间的距离；
- (h) 实施驾驶和路线限制（视路况和天气而定）。

5.31. GSR Part 3[2]第 3.93 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人必须根据下列预防措施层级，通过提供精心设计的控制措施和令人满意的工作条件，尽量减少依赖行政控制和个人防护设备进行防护和安全的需要：

- (1) 工程控制；
- (2) 行政控制；
- (3) 个人防护装备。”

5.32. 剂量约束是防护最优化的一个重要特点。工作人员的剂量约束是与操作相关的个人剂量值，应当反映应用良好实践可实现的目标。剂量约束应当设定在剂量限值的某个部分。适当剂量约束的基准是在管理良好的运输操作中可能发生的个人剂量水平。运输组织需要制定和使用工作人员的剂量约束（见 GSR Part 3[2]第 3.25 段）。公众照射的剂量约束由主管当局制定或批准。在设定公众照射的剂量约束时，应当考虑其他源的照射。可以为特定的任务制定剂量约束。如果操作已经产生微不足道的剂量，则不需要建立剂量约束。操作限值和条件（即应当不将旨在有助于控制辐射照射的参数）与剂量约束相混淆。

5.33. GSR Part 3[2]第 1.15 段指出：“最优化是一个前瞻性的迭代过程，要求做出定性和定量判断。”因此，作为建立或修订辐射防护计划的一部分，应当分析关于运输操作、辐射测量和剂量评定的信息，以确保防护得到最优化。除常规和正常运输工况外，还应当评审事故工况提供的信息。任何大于预计剂量、剂量率或表面或空气污染水平都应当进行分析，以确定其原因，并应当酌情采取纠正措施。

6. 运输辐射防护计划中表面污染考虑因素

6.1. “运输条例”第 508 段指出：

“任何货包外表面的非固定污染必须尽量保持在低水平，在常规运输工况下，应当不超过下列限值：

- (a) 用于 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体为 4 贝可/平方厘米；
- (b) 所有其他 α 发射体为 0.4 贝可/平方厘米。

这些限值适用于表面任何部分 300 平方厘米的任何面积的平均值。”

6.2. 许多装有放射性物质的货包外表面没有污染，对于其他货包，需要清除污染以确保污染水平尽可能低，并且不超过“运输条例”第 508 段规定的限值。管理表面污染的策略包括设计防止货包外表面被污染的设施和活动、货包污染监控、去污和应用其他防护措施。

6.3. 在水下装载的货包，如运输乏核燃料的货包，比其他货包更容易受到表面污染。因此，与大多数其他装有放射性物质的货包相比，需要对乏核燃料桶的表面污染进行更严格的监控。

6.4. “运输条例”第 512 段指出：

“定期用于运输放射性物质的运输工具和设备必须定期检查，以确定污染程度。这种检查的频率必须与污染的可能性和放射性物质的运输程度相关。”

6.5. 还应当酌情对货包（包括空货包）、外包装、货运集装箱、部件、设备、运输工具和工作人员的表面污染进行定期监控。表面污染的监控计划有助于检测包容的丧失或对良好操作程序的偏离，并可为可能的内部照射的监控计划提供信息。监控频率应当按照分级方法实施，并考虑到运输操作中潜在的表面污染。

6.6. 辐射防护计划应当描述运输组织内控制货包、运输工具和设备表面污染（栓系和非栓系）的安排和标准，并应当提供污染监控计划的类型和范围的计划。

6.7. GSG-7[3]第 9.34—9.41 段提供了关于建立污染监控计划的进一步建议，包括监控技术和监控设备的选择。

7. 运输辐射防护计划中隔离和其他防护措施

7.1. 放射性物质运输过程中的职业照射和公共照射可以通过将货包与人员隔离和采取其他防护措施来减少。辐射防护计划中应当包括关于货包与人员隔离的安排和其他防护措施的说明。关于货包隔离、照射时间限值、屏蔽的使用以及控制区和监督区概念的建议在以下段落中提供。

运输辐射防护计划中隔离措施

7.2. “运输条例”规定了货包隔离的要求，其中包括用于计算隔离距离的剂量标准。“运输条例”第 562 段特定指出：

“装有放射性物质和未包装放射性物质的货包、外包装和货运集装箱，在运输和运输途中存储时必须加以隔离：

- (a) 按使用每年 5 毫希沃特剂量标准和保守模式参数计算的距离，从经常有人居留的工作区工作人员中得出；
- (b) 来自公众经常进入地区的公众成员，其距离按剂量标准每年 1 毫希沃特和保守模式参数计算。”

7.3. “运输条例”第 563 段指出：

“II 类-黄色或 III 类-黄色货包或外包装必须不放在乘客居留的车厢内，但专门留给经特别授权携带此类货包或外包装的邮递员车厢除外。”

7.4. SSG-26 (Rev.1) [6]附录 III 提供了确定最小隔离距离的计算示例。国际海事组织制定了两种方法来满足海上运输的隔离要求，如本“安全导则”附件 VIII 所示，该导则摘自参考文献[5]。

7.5. 历史上，对应当于托运货物总运输指数的隔离距离在为不同运输方式制定的隔离表中给出（参见 SSG-26 (Rev.1) [6]附录 III 和本“安全导则”附件 VIII）。对空运[13、14]和海运[12]过程中的照射评定表明，使用此类隔

离表导致公众照射远低于剂量限值，未参与直接装卸的工作人员剂量低于每年 1 毫希沃特。然而，使用隔离距离本身并不能确保防护得到最优化（见第 5.28—5.33 段）。

7.6. 关于将隔离措施纳入辐射防护计划，还应当考虑与未冲洗的照相胶片和其他危险货物隔离（见“运输条例”第 562(c)和(d)段）。如适用，还应当考虑到载有易裂变材料的货包之间的间距要求（见“运输条例”第 568 段和第 569 段）（另见本“安全导则”附件 I 第 I-22 段）。

运输辐射防护计划中照射时间的限制

7.7. 应当评价和调整工作流程，以减少工作人员在辐射场的时间，从而减少他们的辐射照射。调整工作流程的示例如下：

- (a) 在低剂量率区域而不是在货包附近准备运输单证；
- (b) 通过远程手段在货包表面和距离货包表面 1 米处进行剂量率测量；
- (c) 使用手推车或手拉车等机械工具将货包运进或运出运输工具，而不是将单一货包靠在车身上；
- (d) 计划工作流程，以便在最短时间内装卸运输工具。

运输辐射防护计划中屏蔽的使用

7.8. 在某些情况下，通过安装屏蔽来减少工作人员的照射可能是合理可行的，例如在运输工具上的驾驶员和货物区之间，或者在设施中的工作区和货包存储或装卸区之间。

7.9. 在可能的情况下，应当在存储区和运输设备中安排货包组，使产生较高剂量率的货包离工作人员最远，以增加隔离距离（见第 7.2—7.6 段），并使用发射较低剂量率的货包提供额外的屏蔽。基于辐射防护最优化的货包布置应当不损害运输安全中非辐射相关的方面。

运输辐射防护计划中控制区和监督区

7.10. 在 GSR Part 3[2]，控制区被定义为“在正常工作工况下，需要或可能要求特定的防护措施和安全规定来控制照射或防止污染扩散，以及防止或

限制潜在照射范围的特定区域。” GSR Part 3[2]监督区被定义为“未被指定为控制区,但职业照射条件受到评审的规定区域,即使通常不需要特定的防护措施或安全规定。” GSR Part 3[2]第 3.88—3.92 段指出了控制区和监督区的要求, GSG-7[3]提供了相关建议。

7.11. 移动运输工具周围的区域通常不被指定为控制区或监督区,但运输工具内的区域可通过适用于控制区或监督区的类似措施被视为控制区或监督区。对于运输中的存储,通常指定控制区和监督区。但是,对于公路运输期间的定期和非定期停靠站以及夜间停靠站,通常不会指定这些区域。相反,应当采取其他措施,例如将载有放射性物质货包的车辆停放在远离公众经常居留的地方。如果防止发生在经批准的设施(例如核设施),则应当符合该设施的适用要求。

7.12. “运输条例”第 566(b)段指出:

“在常规运输工况下,在车辆或货运集装箱外表面的任何一点,剂量率必须不超过 2 毫希沃特/小时,在距离车辆或货运集装箱外表面 2 米处,剂量率不得超过 0.1 毫希沃特/小时,但专用公路或铁路运输的托运货物除外,车辆周围的辐射限值已在“运输条例”第 573(b)段和第 573(c)段规定。”

7.13. 辐射防护计划可以基于驾驶员将出场的估计时间量来指定驾驶员舱的最大剂量率。辐射防护计划还应当考虑到任何相关的国家要求(例如,在一些国家,规定驾驶舱的最大剂量率为 20 微希沃特/小时)。

8. 作为运输辐射防护计划一部分的应急准备和响应

8.1. 符合“运输条例”规定的要求可确保放射性物质的运输高度安全。然而,可能会发生涉及运输放射性物质的紧急情况。“运输条例”第 304 段认识到提前计划和准备的重要性,以便对任何此类紧急情况做出充分和安全的响应。为此,所有运输组织和相关国家或国际组织都必须制定与其自身活动和责任相关的适当应急计划和程序,在发生涉及放射性物质的运输紧急情况时,必须符合这些计划和程序。因此,辐射防护计划中应当包括关于应急准备和响应的适用安排和指示的说明。

8.2. 对核或辐射紧急情况的充分准备和响应水平的要求³，包括涉及原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 7 号《核或辐射应急准备与响应》[30]规定了放射性物质的运输（应急准备第 IV 级）。

8.3. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-65 号《涉及放射性物质的运输核或辐射紧急情况准备和响应》[31]第 1.4 段指出：

“用于运输放射性物质的货包采用分级方法设计以满足要求，包括考虑规定的运输事故工况对货包的影响。因此，运输过程中的大多数紧急情况具有有限的放射性后果，可以在相对较短的时间内解决。应急响应可能只持续几个小时或几天。然而，本“安全导则”考虑了一系列可能的紧急情况，包括那些与可能产生显著放射性后果的极低概率事件相关的紧急情况。”

8.4. 根据“运输条例”第 302 段，辐射防护计划要求纳入“运输条例”第 304 段和第 305 段规定的应急响应要求。“运输条例”第 305 段指出：

“应急响应安排必须以分级方法为基础，并必须考虑到已识别的危害及其潜在后果，包括在发生核或辐射紧急情况时，托运货物的内容物与环境反应可能导致的其他危害物质的形成。”

8.5. “运输条例”第 304 段指出：

“托运人和承运人必须根据国家和/或国际要求，并以与国家或国际应急安排和应急管理系统一致和协调的方式，事先建立准备和响应安排。”

8.6. SSG-65[31]提供了关于涉及放射性物质的运输核或辐射紧急情况准备和响应的建议。

作为运输辐射防护计划的一部分应急准备

8.7. GSR Part 7[30]第 3.1 段指出：

³ 核或辐射紧急情况是指由于 (a) 核链式反应或链式反应产物衰变产生的能量；或 (b) 辐射照射而存在或被认为存在危害的紧急情况[30]。

“应急准备的目标是确保在营运组织内以及在本地、区域和国家各级，并酌情在国际一级，具备对核或辐射紧急情况作出有效响应的充分能力。这种能力涉及一套综合的基础设施要素，包括但不限于：权力和责任，组织和人员配备，协调，计划和程序，工具、设备和设施，培训、演习和演练，以及一套管理系统。”

8.8. SSG-65[31]第 2.17 段指出：

“托运人负有主要责任，确保为特定放射性物质运输制定适当的应急安排，并确保这些安排符合与装运相关的所有国家的国家应急安排。这一责任的某些方面可以分配给承运人。”

8.9. GSR Part 7[30]第 6.18 段指出：

“相关主管当局必须确保：

- (a) 在准备阶段开始时制定应急响应的“行动概念”³⁷；
- (b) 为可能引起需要采取防护行动和其他响应行动的紧急情况的任何设施或活动、地区或地点制定并酌情批准应急计划和程序。

³⁷ 行动概念是对假想的核或辐射紧急情况理想响应的简要描述，用于确保参与制定应急响应能力的所有人员和组织有共同的理解。”

作为运输辐射防护计划的一部分应急响应

8.10. GSR Part 7[30]第 3.2 段指出：

“在核或辐射紧急情况下，应急响应的目标是：

- (a) 重新控制局势并缓解后果；
- (b) 拯救生命；
- (c) 避免或尽量减少严重的确定性影响；
- (d) 提供急救、提供关键医疗和管理辐射损伤的治疗；
- (e) 减少随机效应的风险；
- (f) 让公众了解情况并保持公众信任；
- (g) 在切实可行的范围内缓解非放射性后果；

- (h) 在切实可行的范围内保护财产和环境；
- (i) 在切实可行的范围内为恢复正常的社会和经济活动作好准备。”

8.11. “运输条例”第 304 段指出：

“在运输放射性物质过程中发生核或辐射紧急情况时，必须遵守相关国家和/或国际组织制定的保护人员、财产和环境的规定。”

作为运输辐射防护计划的一部分应急工作人员和助手的保护

8.12. 应急工作人员可能包括第一响应者、放射性评定员⁴以及和承运人和托运人相关的工作人员。GSR Part 7[30]第 5.49—5.61 段指出了保护应急工作人员和助手的要求。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-2 号《核或辐射紧急情况准备和响应标准》[32]提供了工作人员和助手关于紧急情况保护的指导建议，SSG-65[31]提供了与放射性物质运输相关应急工作人员的特定建议。

9. 作为运输辐射防护计划的一部分培训

9.1. “运输条例”的成功实施只能通过对参与放射性物质的运输所有个人进行适当计划和实施初始培训和定期复训计划来实现。这些培训计划应当在辐射防护计划中说明。

9.2. 根据“运输条例”第 302 段规定，辐射防护计划必须满足“运输条例”第 311 段的要求：

“工作人员必须接受辐射防护方面的适当培训，包括必须符合预防措施，以限制其职业照射和可能受其行为影响的其他人员的照射。”

⁴ 放射性评定员是指在发生核或辐射紧急情况时，通过进行放射性调查、进行剂量评定、控制污染、确保应急工作人员的辐射防护以及制定防护行动和其他响应行动建议来协助营运组织或场外响应组织的个人或团队[30]。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-2 号《核或辐射紧急情况准备和响应使用标准》[32]提供了工作人员和助手，SSG-65[31]提供了针对与放射性物质运输相关的紧急情况工作人员的建议。

9.3. SSG-26 (Rev.1) [6]第 311.1 段指出：

“规定信息和培训是任何辐射防护系统的组成部分。所提供的指导水平必须与所从事工作的性质和类型相适应。从事放射性物质的运输工作人员需要接受培训，了解其工作中的放射性风险以及如何在所有情况下将这些风险降至最低。”

9.4. SSG-26 (Rev.1) [6]第 311.2 段指出：

“培训必须涉及特定工作和责任、在发生事故时必须采取的特定防护措施或特定设备的使用。它必须酌情包括与辐射风险性质相关的一般信息和关于电离辐射性质、其影响和测量的知识。培训必须是在整个就业过程中提供的持续承诺，包括初始培训和适当时间间隔的复训。必须定期检查培训的有效性。”

9.5. 如“运输条例”第 313 段指出，直接参与放射性物质的运输人员必须接受以下三类培训：

“(a) 一般认识/熟悉培训：

- (i) 每个人都必须接受旨在使其熟悉本条例一般规定的培训；
- (ii) 一般认识/熟悉培训必须包括放射性物质类别的说明，标签、标记、标牌、包装和隔离要求，放射性物质运输单证的目的和内容，以及可用的应急响应文件。

(b) 功能特定培训：每个人都必须接受适用于其所履行功能的关于特定放射性物质运输要求的详细培训；

(c) 安全培训：与排放时的照射风险相称，并与履行的功能相称，每个人都必须接受以下方面的培训：

- (i) 避免运输过程中出现事故工况的方法和程序，例如妥善使用货包装卸设备和适当的放射性物质堆垛方法；
- (ii) 现有的应急响应信息和如何使用这些信息；
- (iii) 各类放射性物质以及如何防止受这些危害照射，包括在适当的情况下使用个人防护服和设备；
- (iv) 在发生意外排放放射性物质时必须立即遵循的程序，包括该人员负责的任何应急程序和必须遵循的人身保护程序。”

9.6. “运输条例”第 314 段指出：“雇主必须保存所有安全培训的记录并在要求时提供给雇员”。

9.7. 一些参与运输放射性物质的工作人员可能因为运输放射性物质以外的原因接受过辐射防护培训（例如，作为核电厂工作人员或同位素实验室员工）。在这种情况下，这种培训中的一些可能被认为足以满足构成放射性物质运输辐射防护计划一部分培训的需求。

9.8. 承运人通常需要根据适用的示范条例的要求提供特定的培训。

9.9. 放射性物质运输工作人员的培训应当以其工作职能和工作环境为导向。应当采用分级方法，培训的数量、类型、详细程度和频率应当与危害的性质以及与运输放射性物质相关的工作人员责任的类型和复杂性相称。

10. 放射性物质的运输安全管理系统

10.1. “运输条例”第 228 段将管理系统定义为“一套相互关联或相互作用的要素，用于制定政策和目标并使这些目标能够以高效和有效的方式实现。”管理系统适用于“运输条例”范围内的所有活动，因此，辐射防护计划，包括其开发和实施是管理系统的一部分。管理系统的所有要素都适用于辐射防护计划，例如其组织、控制文件和记录的程序、人力资源和培训考虑因素、过程控制、设计控制、采购程序（包括可追溯性）、检验程序、测量和试验控制、设备维护流程、自评定和独立评定的执行、识别不符合项的流程以及纠正和预防措施。

10.2. 建立、应用和持续改进管理系统的要求在 GSR Part 2[7]和相关建议中有所规定在原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号《设施和活动管理系统的适用》[33]提供。TS-G-1.4[8]提供了针对放射性物质运输管理系统的特定建议，SSG-26（Rev.1）[6]第 306.1—306.5 段提供了进一步的建议。

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] 欧洲委员会、联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、联合国环境规划署、世界卫生组织,《国际辐射防护和辐射源安全基本安全标准》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2014 年)。
- [3] 国际原子能机构、国际劳工组织,《职业辐射防护》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2018 年)。
- [4] 国际原子能机构、联合国环境规划署,《公众和环境的辐射防护》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-8 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2018 年)。
- [5] 国际海事组织《国际海事危险货物 (IMDG) 规则》(纳入修订 41-22), 国际海事组织, 伦敦 (2022 年)。
- [6] 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 (2022 年)。
- [7] 国际原子能机构《安全的领导和管理》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2016 年)。
- [8] 国际原子能机构《放射性物质运输的安全管理系统》, 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)。
- [9] 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 (2022 年)。
- [10] 国际原子能机构《放射性物质安全运输的遵章保证》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-78 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2023 年)。

- [11] JONES, A.L., CABANCA, T., “英国公路和铁路正常运输放射性物质的放射性影响调查”, 第 PHE-CRCE-035 号报告, 英国公共卫生, 伦敦 (2017 年)。
- [12] HUGHES, J.S., HARVEY, M.P., “放射性物质正常海上运输的放射性影响调查”, 第 HPA-RPD-050 号报告, 英格兰公共卫生, 伦敦 (2009 年)。
- [13] HARVEY, M.P., JONES, A.L., CABANCA, T., POTTER, M., “放射性物质正常空运的放射性影响调查”, 第 PHE-CRCE-006 号报告, 英格兰公共卫生, 伦敦 (2014 年)。
- [14] SHAPIRO, J., “机场工作人员暴露于放射性物质运输的辐射: 六大机场研究综述”, 第 NUREG-0154 号报告, 核管会, 华盛顿特区 (1977 年)。
- [15] 国际原子能机构《天然存在放射性物质 (NORM) 安全运输的监管控制》, 国际原子能机构《技术文件》第 1728 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2013 年)。
- [16] ABDELHADY, A., “与钼-99 生产产生的液态废物运输相关的辐射风险”, 《环境废物管理与回收杂志》第 11 期 (2018 年) 第 1—4 页。
- [17] WILKINSON, W., “核燃料循环物质运输的辐射剂量评定”, 信息文件, 世界核运输机构, 伦敦 (2006 年)。
- [18] 美国核管制委员会《乏燃料运输风险评定 — 最终报告》, 第 NUREG-2125 号报告, 核材料安全和保障办公室, 华盛顿特区 (2014 年)。
- [19] 铁路安全办公室《铁路承运人员工辐射照射 — 提交国会的报告》, USDOT, 华盛顿特区 (2010 年)。
- [20] SCHWARZ, G., FETT, H.-J., LANGE, F., “放射性物质正常运输引起的职业和公众照射: 德国的经验”, 国际放射性物质运输安全会议论文集, 维也纳, 2003 年), 国际原子能机构。
- [21] WATSON, S.J., OATWAY, W.B., JONES, A.L., HUGHES, J.S., “英国公路和铁路正常运输放射性物质的辐射影响调查”, 第 NRPB-W66 号报告, 国家辐射防护委员会, 英国奇尔顿 (2005 年)。

- [22] WEINER, R.F., HINOJOSA, D., HEAMES, T.J., FARNUM, C.O., KALININA, E.A., “RADTRAN 6/RadCat 6 用户指南”, 第 SAND2013-8095 号报告, 桑迪亚国家实验室, 阿尔伯克基, 新墨西哥州 (2013 年)。
- [23] ERICSON, A.M., JAERNRY, C., “INTERTRAN2 货包运输风险评定”, <http://www.amckonsult.se>
- [24] YUAN, Y.C., CHEN, S.Y., LEPOIRE, D.J., ROTHMAN, R., RISKIND, “计算乏核燃料运输辐射后果和健康风险的计算机程序”, 第 ANL/EAIS-6 号报告, 阿贡国家实验室, 伊利诺伊州 (1993 年)。
- [25] GROVE ENGINEERING, INC., MicroShield 13 版 (2023 年), <https://radiationsoftware.com/microshield>
- [26] KULESZA, J.A. (编), 《MCNP 代码第 6.3.0 版, 理论和用户手册》, LA-UR-22-30006, 第 1 版, 洛斯阿拉莫斯国家实验室, 新墨西哥州 (2022 年)。
- [27] REARDEN, B.T., JESSEE, M.A. (编), 《SCALE 代码系统》, ORNL/TM-2005/39, 第 6.2.3 版, 田纳西州橡树岭国家实验室 (2018 年)。
- [28] HOMANN, S.G., ALUZZI, F., “热点保健物理代码第 3.0 版, 用户导则”, 第 LLNL-SM-636474 号, 加利福尼亚州劳伦斯利弗莫尔国家实验室 (2014 年)。
- [29] 国际原子能机构《职业照射控制的辐射防护最优化》, 《安全报告丛书》第 21 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2002 年)。
- [30] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际民用航空组织、国际劳工组织、国际海事组织、国际刑警组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、全面禁止核试验条约组织筹备委员会、联合国环境规划署、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织、世界气象组织, 《核或辐射应急准备与响应》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 7 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2015 年)。
- [31] 国际原子能机构、国际民航组织、国际海事组织, 《涉及放射性物质运输的核或辐射紧急情况准备和响应》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-65 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2022 年)。

- [32] 联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、泛美卫生组织、世界卫生组织,《核或辐射应急准备和响应中使用的标准》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-2 号,国际原子能机构,维也纳(2011 年)。
- [33] 国际原子能机构《设施和活动管理系统的适用》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号,国际原子能机构,维也纳(2006 年)。

附件 I

放射性物质的运输辐射防护计划的一般示例

I-1. 本附件提供了一个通用辐射防护计划（RPP）内容概要示例。对于每个要素提供了可用于开发特定辐射防护计划的信息和示例文本。

范围

I-2. 将包括辐射防护计划所涵盖的工作范围，例如，“本辐射防护计划的范围涵盖放射性物质的运输和存储，但不包括临界状态方面。”范围还可能包括操作的简要描述，例如“本辐射防护计划涵盖射线照相源的运输。”关于运输操作范围的进一步细节可酌情包括在内。

角色及责任

I-3. 例如，组织内的角色及责任可特定规定如下：

‘辐射防护计划由[个人姓名]管理，他是一名合适的人员。[个人姓名]将确保执行辐射防护计划的所有要素，包括：

- (a) 培训工作人员和执行适当的工作程序；
- (b) 如有必要，按个人对工作人员的照射情况进行评价监控或工作场所监控；
- (c) 应急程序。’

‘派遣人员的责任是准备运输货包，包括以下任务：

- (a) 完整的运输单据；
- (b) 测量剂量率和污染并确定运输指数；
- (c) 填写并贴上货包标签；
- (d) 将货包装上车辆；
- (e) 隔离货包；
- (f) 酌情执行应急程序。

下列调度人员负责上述任务：

[负责人姓名]

.....’

剂量评定与防护的最优化

I-4. 有必要事先进行放射性评价（见第 5.1—5.3 段），以确定个人照射水平（包括潜在照射）并确定监视计划。下面给出了工作示例。事先放射性评价需要基于以下几点：

- (a) 货包的数量和类型；
- (b) 货包的类别和运输指数（TI）；
- (c) 装运的放射性核素；
- (d) 装运频率；
- (e) 存储和运输期限；
- (f) 个人执行的涉及辐射照射的任务。

I-5. 第 5 部分提供的信息，例如表 2 的信息，可以对该评价提供一些初始指导。

例 1

I-6. 一家公司每周将运输大约三个 III 类-黄色货包，每个货包的平均运输指数为 3。每周运输的货包数量可能会有所不同，但每年的装运量预计有大约 150 个货包。在这家公司驾驶员和装载车辆的货包装卸员的任务是分开。

货包装卸员的照射

I-7. 表 2 的脚注 b 表明，如果每年装卸 6 个运输指数为 10 的货包，预计剂量可能低于每年 1 毫希沃特。对于运输指数为 3 的货包，如果假设与表 2 第 3 栏中规定的装卸计划相同，则约每年 1 毫希沃特的剂量相当于约 20 个货包的年剂量。在本示例中，预期运输的货包数量是该数量的 7 倍以上（150 个货包），因此将对货包装卸员进行个人监控的剂量评定。

驾驶员的照射

I-8. 驾驶员预计每周进行一次 4 小时的行驶，将 3 个货包送到收货人手中，每年的驾驶时间约为 200 小时。货包距离驾驶员 3 米，卡车上没有明显的屏蔽。因此，在距离为 3 米的情况下，应用平方反比定律，来自每个运输指数为 3 的 3 个货包驾驶员位置的剂量率大约为：

$$3 \times 30/3^2 \text{ 微希沃特/小时} \approx 10 \text{ 微希沃特/小时}$$

因此，对于 200 小时的照射时间，预计驾驶员将接受每年 2 毫希沃特的剂量，并且需要通过个人监控或工作场所监控来评定个人剂量。前者比工作场所监控更容易实施，因为照射条件的预期可变性。

例 2

I-9. 一名驾驶员将把一个工业仪器仪表运送到公司的现场，供这些现场的技术人员使用。所有装卸操作都由技术人员执行。预计每年的驾驶时间约为 200 小时。仪器仪表装在运输指数为 0.1 的 II 类-黄色货包中，位于车内距离驾驶员 2 米处。驾驶员位置的剂量率从运输指数为 0.1 的一个货包中，应用平方反比定律，距离为 2 米，大约为：

$$1/22 \text{ 微希沃特/小时} \approx 0.25 \text{ 微希沃特/小时}$$

I-10. 此驾驶员的剂量预计约为每年 0.05 毫希沃特，无需剂量评定计划。但是，将在有限的时间内进行个人监控以确认这一评定。

例 3

I-11. 货包存放在距离办公室 10 米的 40 厘米厚混凝土墙的存储室里。货包每天最多存储 1 小时，存储区域的最大累积运输指数限定为 10。如果对货包的存储设置了这些限值，并且不考虑壁屏蔽的影响，10 米处的剂量率将为 1 微希沃特/小时，年剂量为 0.25 毫希沃特。然而，40 厘米厚的混凝土存储室墙壁提供了超过 100 的剂量率降低系数，因此预计年剂量可以忽略不计。此外，办公室墙壁提供了一些额外的屏蔽，存储货包的平均运输指数通常不会达到最大值，因此，这将是办公室工作人员估计接受的剂量上限。

辐射防护最优化

I-12. 在一些运输组织中，全面的最优化研究可能是合适的。对于中小型运输组织，可能有多种方法来照射最优化，根据工作环境，可以在辐射防护计划中规定切实可行的措施；例如：

‘在运输和存储过程中，在可能的情况下，必须通过增加隔离距离，将照射量保持在合理可达尽量低水平。’

‘要用手推车把货包从库房运到装货区。’

‘在存储室里，货包要放在有遮蔽的隔间里，直到装货前尽可能晚的时候。’

‘工作人员和货包之间的距离将被最大化，例如，在填写运输文件和休息时。’

‘辐射防护最优化的进一步措施在以下章节中给出。’

表面污染

I-13. 例如，本部分可包括：

‘运输的放射性物质分为特殊形状或非特殊形状，以完整货包运输。可能会出现涉及货包损坏的情况，在这些情况下，负责管理辐射防护计划的人员将根据组织书面的特定指示，使用适合所遇到的辐射类型、水平和能量的仪器仪表和技术（如对货包表面和周围区域进行擦拭）进行污染检查。对工作区域和运输工具进行定期污染检查。’

I-14. 视组织的程序而定，还可规定其他条件，例如以下一个示例，或这些示例的组合：

‘必要时，公司的合格专家将被请来进行污染检查。’

‘用于运输放射性物质的运输工具（或运输工具区域）在用于其他目的之前，必须检查是否有污染。’

‘定期检查的结果将根据管理系统进行记录和保存。’

隔离和其他防护措施

I-15. 货包隔离和其他防护措施的需要将取决于货包的剂量率或运输指数以及所执行的操作类型。如果 II 类-黄色或 III 类-黄色货包存储或装载在运输工具上，或者如果托运货物被专用，可以使用特定或特殊的存储、装载、卸载和栓系程序。这些指示或程序将由合格人员负责发布。

I-16. 例如，在单一射线照相容器或仪器仪表的情况下，可以使用以下内容：

‘容器不用的时候要放在存储室里。在运输过程中，容器必须放置在车辆货舱的后部。’

I-17. 对于涉及运输和存储大量含有医用放射性同位素的货包，特别是钼-99/锝-99m 或铷-81/氙-81m 发生器或碘-131 的货包，通常需要货包隔离。

I-18. 在确定货包与有人居留工作区域的隔离时，需要考虑许多因素，可能有必要咨询合格辐射防护专家。例如，辐射防护计划可以规定以下在途存储安排：

‘货包存放在一个 40 厘米厚的混凝土墙的存储室里，距离办公室 10 米。货包每天最多存储 1 小时，存储区域的最大累积运输指数限值为 10。’

I-19. 与货包装卸操作隔离的另一种情况是在空运货棚接收和发送医用放射性同位素，例如，每周有 4 个工作日，在货棚从一个大的托运人那里收到一批装有医用放射性同位素的货包。货包在远离其他工作人员通常居留的最近区域的货棚区域从卡车上卸下。根据各自的目的地，货包被分类并放置在托盘上。准备好的货盘被立即移动到一个屏蔽的存储室，当它们被装载到货机上时，从那里它们被取出。执行这项工作的货物装卸员受到个人监控，通常接受每年 2—3 毫希沃特范围内的剂量。分拣过程大约需要 15 分钟。在距离托运货包 3 米处，剂量率约为 20 微希沃特/小时。在该距离居留 15 分钟将产生每天 5 微希沃特和约每年 1 毫希沃特的剂量。虽然附近通常没有其他人，但在大约这个距离处会放置警告标志和胶带屏障，以划定工程期间受监督区域的界限。

I-20. 还必须考虑减少剂量的其他方法，例如，对于公路运输：

‘在可能的情况下，所有货包，尤其是运输指数高的货包都必须放在货舱的后部。在驾驶室后面的车辆中提供约 3 毫米的铅屏蔽。’

这将减少驾驶员的照射。此外，辐射防护计划可以规定驾驶室的最大剂量率，尽管这不是原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 (Rev.1) 号《放射性物质安全运输条例》(2019 年版) [I-1] (“运输条例”) 的要求。

I-21. 以下措施将减少装卸人员的剂量：

‘运输指数高的货包必须尽可能长时间地存放在存储室，并在最后装载。’

I-22. 虽然它不是一般辐射防护计划的一部分，但如果临界安全是一个问题，那么出于临界控制的目的，需要考虑存储隔离和运输工具临界安全指数的限值。

应急响应

I-23. 需要作出应急准备和响应安排（见“运输条例”第 304—305 段），这种安排包括由托运人发出指示。对于涉及存储区或通过公路或铁路运输放射性物质的事故，应当遵循的程序通常在国家法律中特定规定，各国的程序可能略有不同。同样，对于涉及在空运中心装卸货包的事故，可在国家法律中特定规定程序。这些程序将需要反映在辐射防护计划中。

I-24. 以下是公路运输应急程序的一个示例：

‘如果在放射性物质的道路运输过程中发生事故，车辆驾驶员将：

- (a) 执行救生措施和实施急救；
- (b) 评价火灾的风险或发生情况，并在适当情况下使用灭火器；
- (c) 酌情联系第一响应者（如消防服务、应急医疗服务、响应部队）；
- (d) 与辐射防护方面的合格专家联系并征求意见；
- (e) 通知（承运人）主要办事处的“负责人”；
- (f) 保持通过电话、无线电和/或互联网进行电子通信的能力。

这些说明都包含在所有车辆的信息卡上。然而，驾驶员可能会受伤或无法采取行动，因此，载有放射性物质的车辆在驾驶室内设有通知，以提醒警方车辆上可能有放射性物质。’

I-25. 在向总部发出紧急情况通知后（见示例第 I-24 段(e)点），总部将采取适当行动，例如：

‘责任人将把事故通知托运人和/或收货人以及主管当局。’

I-26. 可能包括后续的恢复和清理程序，但这些程序因国家而异。示例如下：

‘根据第 I-3 段指定的负责人，将与托运人和主管当局一起安排回收任何损坏的货包，进行去污并处理任何废物或碎片。’

I-27. 实际上，通常会包括更特定细节，例如姓名、24 小时电话号码和处理去污和废物处置的确切程序。可以为存储区和其他运输方式规定类似的程序。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-65 号《涉及放射性物质的运输核或辐射紧急情况的准备和响应》[I-2]提供了关于此类特定应急行动和程序的更多指导和示例。

培训

I-28. 需要特定规定相关工作人员的培训，并有必要采取分级方法来涵盖所涉及的任务范围。通常，会有管理或监督级别的任务（负责官员）和对执行特定任务工作人员的其他培训；例如：

‘下列负责人接受过培训，并获得了履行职责所需的适当证书：

.....
.....’

I-29. 托运人辐射防护计划的一个示例可以包括：

‘下列人员接受过专门的工作培训：

.....
.....

‘这次培训证实，他们能够履行以下职责：

- (a) 完成运输单证；
- (b) 准备成套材料；
- (c) 测量剂量率和污染，并确定运输指数；
- (d) 货包标签的填写和应用；
- (e) 将货包装入车辆；
- (f) [酌情执行进一步的任务]。’

辐射防护计划可包括根据主管当局的要求和运输组织的政策重新验证证书的声明。

放射性物质的运输管理系统

I-30. 辐射防护计划和相关程序是运输组织管理系统的一部分，并受管理系统流程的约束，如文件和版本控制、文件评审、指令和程序的发布和评审以及不符合项的跟进。辐射防护计划将由运输组织内的适当人员批准，如果国家法律要求，还将由主管当局批准。因此，辐射防护计划的这一部分可以说明，例如：

‘本文件所述的辐射防护计划已获批准。

签名.....日期：

（名称和名称）’

附件 I 参考文献

[I-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）。

[I-2] 国际原子能机构、国际民航组织、国际海事组织,《涉及放射性物质运输的核或辐射紧急情况准备和响应》,国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-65 号,国际原子能机构,维也纳(2022 年)。

附录 II

医用放射性同位素的运输辐射防护计划的示例

范围

II-1. 该辐射防护计划（RPP）涵盖含有医用放射性同位素货包的准备、存储和运输，包括放射性碘和钨发生器。ABC 放射性药物通常每年向世界各地的用户提供 500 00 货包。除少数例外货包外，所用货包均为 A 型。约 10% 的货包为 III 类-黄色，30% 为 II 类-黄色，55% 为 I 类-白色，5% 为例外货包。遇到的最大运输指数（TI）是 3.5，具有该运输指数的货包将是 III 类-黄色货包的一小部分。ABC 放射性药物拥有送货车将货包运货给最终用户和航空货运公司。

角色及责任

II-2. 辐射防护计划由[个人姓名]管理，他是一名合格人员。[个人姓名]将确保执行辐射防护计划的所有要素，包括：

- (a) 培训工作人员和执行适当的工作程序；
- (b) 如有必要，通过个人监控或工作场所监控；
- (c) 应急程序。

II-3. 调度人员的作用是准备运输货包，包括以下任务：

- (a) 完整的运输单据；
- (b) 测量剂量率和污染，并确定运输指数；
- (c) 填写和应用货包标签和标记；
- (d) 将货包装载上车辆；
- (e) 隔离货包；
- (f) 酌情执行应急程序。

II-4. 送货车驾驶员的角色是运送货包，包括以下任务：

- (a) 获取关于以下方面的信息：

- (i) 应急程序;
 - (ii) 贮存、装卸货包及将货包栓系运输;
 - (iii) 该运输工具的标语牌;
 - (iv) 测量装载的运输工具周围的剂量率。
- (b) 递送货包, 包括驾驶货车和放下货包。
- (c) 酌情执行应急程序。

剂量评定与防护最优化

II-5. ABC 放射性药物使用合格辐射防护专家的服务来评价个人照射的可能水平, 并确定监控计划。这一评价是根据以下各项作出的:

- (a) 装卸和运输的货包的数量和类型;
- (b) 货包的类别及运输服务;
- (c) 货包中的放射性核素;
- (d) 装运频率;
- (e) 运输前的存储期限。

II-6. 这项研究 (RRR 号文件) 显示, 在目前的工作量下, 调度人员接受的最大辐射剂量约为每年 3 毫希沃特, 而驾驶员的估计年剂量为 2 毫希沃特。工作场所监控和个人监控将由合格的专家决定进行, 将保留剂量记录。

II-7. 合格专家推荐的剂量率监控器和表面污染监控器已经采购, ABC 放射性药物可定期使用。这些监视器按照合格专家的建议进行校准。货包、运输工具和工作场所由[个人姓名]监控, 以验证初始评价结果的持续有效性。

II-8. 通过以下方法将职业照射保持在合理可达尽量低水平:

- (a) 尽可能增加隔离距离, 使其超过最低要求;
- (b) 尽量减少货包 5 米范围内的工作人员, 并在有可能发生高水平辐射照射而又没有其他切实可行的控制照射手段的情况下, 在派遣工作人员之间实行轮岗;
- (c) 在装货前尽可能晚地将货包存放在库房的屏蔽隔间内;
- (d) 使用手推车将货包从库房运送到装货区。

表面污染

II-9. 要运输的放射性物质不是特殊形状，而是以适当的货包完好地运输。如果怀疑货包有损坏，[个人姓名]将通过对货包表面和周围区域进行擦拭检查，并酌情使用 ABC 放射性药物提供的污染监控器进行表面污染检查。对工作区域和送货车进行定期（基于分级方法的频率）污染检查。用于运输放射性物质的货车在用于其他目的之前也要检查是否有污染。污染检查的结果将被记录和保留。

隔离和其他防护措施

II-10. 货包存放在距离办公室 10 米的 40 厘米厚混凝土墙的存储室里。货包每天最多存储 1 小时，存储室中的最大总运输指数限值为 20。

II-11. 办公室工作人员应当得到与公众同等水平的保护。由于对货包的存储和存储室墙壁提供的屏蔽设置了限值，办公室工作人员收到的剂量预计可以忽略不计。

II-12. 在可能的情况下，当将货包装载到车辆上时，所有货包，尤其是具有高运输指数的货包，都被放置在货舱的后部。这将最大限度地减少驾驶员的照射。

II-13. 运输指数高的货包将尽可能长时间地存放在存储室，并将在最后装载。这将减少对调度工作人员的剂量。3 毫米厚的铅屏蔽在送货车的驾驶室后面。

应急响应

II-14. 如果在存储或向车辆装载放射性货物期间发生事故（如跌落、挤压、起火），[个人姓名]将采取下列行动：

- (a) 执行救生措施和实施急救；
- (b) 评价火灾的风险或发生情况，并在适当情况下使用灭火器；
- (c) 酌情联系第一响应者（如消防服务、应急医疗服务、响应部队）；
- (d) 联系辐射防护方面的合格专家并请求指导；

- (e) 保持通过电话、无线电和/或互联网进行电子通信的能力；
- (f) 在合格辐射防护专家的帮助和指导下，清理受影响地区，收集损坏的货包和放射性物质（如有）；
- (g) 从辐射防护方面的合格专家处取得文件，以确认受影响地区可以再次安全地正常使用；
- (h) 按照合格辐射防护专家的建议，安排将事故中涉及的放射性物质运送给经授权的收货人；
- (i) 根据主管当局制定的适用规则，将事件通知主管当局。

II-15. 这些指示在存储区、车辆装载区和车辆的显著位置展示，以便在没有[个人姓名]情况下，任何其他负责人都能够采取这些行动。

II-16. 紧急联络详情如下：

- (a) 负责该辐射防护计划的人员（[个人姓名]）：
.....
- (b) 辐射防护方面的合格专家：
- (c) 其他联系人：

培训

II-17. 下列人员是 ABC 放射性药物从事医用放射性同位素货包的制备和运输的雇员，他们接受了与其职责相称的培训：

- (a) [个人姓名]（调度人员/驾驶员）
- (b) [个人姓名]（调度人员/驾驶员）
- (c) [个人姓名]（调度人员/驾驶员）

II-18. 他们接受的培训符合主管当局的适用要求和 ABC 放射性药物公司的政策。这些人员将每 3 年或按主管当局规定的时间间隔接受复训。

程序和实践管理系统

II-19. 辐射防护计划和相关程序是 ABC 放射性药物管理系统的一部分，受管理系统流程的约束，如文件和版本控制、文件评审、指令和程序的发布和评审，以及不符合项的跟进。

II-20. 如本文件所述，辐射防护计划获得批准。

签名：日期：

（姓名和签名）

附录 III

航空货运公司辐射防护计划的示例

范围

III-1. 该辐射防护计划（RPP）涵盖 XYZ 航空公司（一家航空货运公司）运营的飞机从 ABC 机场出发或抵达 ABC 机场¹时携带的含有放射性物质货包的接收、在途存储、装卸和运输。XYZ 航空公司每年从 ABC 机场向世界各地的收货人（用户）运送大约 5000 个含第 7 类货物的货包。携带所有类型的货包（即例外货包、A 型和 B(U)/(M)型货包）。大约 10%的货包是 III 类-黄色，30%是 II 类-黄色，55%是 I 类-白色，5%是例外货包。最大运输指数（TI）是 3.0，这些货包是 III 类-黄色货包的一小部分。

角色及责任

III-2. 辐射防护计划由[个人姓名]管理，他是一名合格人员。[个人姓名]将确保执行辐射防护计划的所有要素，包括：

- (a) 培训工作人员和执行适当的工作程序；
- (b) 通过工作场所监控评价工作人员的照射情况；
- (c) 应急程序。

III-3. 含有放射性物质的货包由公路承运人运送到 XYZ 航空公司的机场货运站或从机场货运站收取。收货人的职责是，对每件货包或每批货物，核实下列各项为了遵守适用的国际民用航空组织（ICAO）/国际航空运输协会（IATA）的要求：

- (a) 运输单据；

¹ 本附件提供了 XYZ 航空公司雇员从事所有这些活动的一个示例。如果航空运营商与地面服务提供商签订合同来执行部分或全部这些活动，地面服务提供商负责开发、实施和维护自己的辐射防护计划。在这种情况下，XYZ 航空公司将监查适用的地面服务提供商，以核实辐射防护计划已实施。

- (b) 货包或外包装的标签和标记；
- (c) 适合货包或装运的应急程序。

III-4. 货物装卸人员的角色是装卸和移动货包，包括以下任务：

- (a) 将货包装载到/从单位负载设备²和/或手推车上装载/卸载，所述单位负载设备和/或手推车被运送到/从飞机上装载/卸载。所有货包都按照国际民用航空组织/国际航空运输协会对货包隔离和安全的要求。装载到单位负载设备的底板上和手推车的底板上；
- (b) 在仓库或贮存处内驱动驾驶装卸设备及/或手推车区域和往返飞机区域；
- (c) 根据装载计划将货包及单位负载设备装载到飞机货舱中/从飞机货舱中卸载；
- (d) 酌情执行应急程序。

剂量评定与防护最优化

III-5. XYZ 航空公司聘请了一名合格辐射防护专家来评价个人可能受到的辐射程度，并确定监视计划。评价的依据是：

- (a) 所装卸货包的数目和种类；
- (b) 货包的类别及运输服务；
- (c) 货包中的放射性核素；
- (d) 装运频率；
- (e) 货包在空运之前或之后的存储时间。

III-6. 这项研究（RRR 号文件）表明，在目前的工作负荷下，XYZ 航空公司任何一名员工接受的最大辐射剂量低于每年 1 毫希沃特。合格专家建议，剂量评定计划（使用个人监控或工作场所监控）没有必要。然而，合格的专

² 单位负载设备是任何类型的货运集装箱、飞机集装箱、带网的飞机托盘或在“冰屋”上带网的飞机托盘，用于将货物装载到飞机上。冰屋是连接到飞机托盘上的轮廓外壳，以方便装载并为其内容物提供保护，但增加了托盘网以提供约束能力。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) [III-1] 第 223 段定义的“货运集装箱”不是单位负载设备。

家建议使用剂量率监控器对剂量率进行常规核实。这些监视器已经采购，可供 XYZ 航空公司定期使用。这些监视器按照合格专家的建议进行校准。货包和工作场所由[个人姓名]监控，以核实初始评价结果的持续有效性。

III-7. 通过以下方法将职业照射保持在合理可达尽量低水平：

- (a) 对于尚未装入单位负载设备的货包，使用手推车在不同地点之间移动它们（例如，从机场货物接收区到存储区，从存储区到装载区，从装载区到飞机）；
- (b) 将货包保存在有遮蔽隔间（如有）的存储室内，直至有必要装卸货包为止；
- (c) 在将含有放射性物质的货包装入单位负载设备之前，确保在将货包从存储区运出之前，在单位负载设备上放置必要的设备，例如支撑材料和栓系带；
- (d) 尽可能增加隔离距离，使其超过国际民航组织/国际空运协会的最低要求；
- (e) 尽量减少货包 5 米范围内的工作人员；
- (f) 当携带单位负载设备的手推车和手拉车串联在一起运输时，确保装有放射性物质货包的单位负载设备放在离驾驶员最远的位置；
- (g) 在切实可行的情况下，将载有放射性物质的货包及/或单位负载设备最后装入飞机货舱，并先卸下。

进一步辐射防护最优化的措施见以下部分。

表面污染

III-8. 要运输的放射性物质用状况良好的适当包装运输。如果怀疑货包受损，将联系适当的应急专家机构。受损货包周围的区域将被隔离至适合货包类型及其内容的距离。货包将由适当的机构进行评价，并根据适用的程序进行装卸。将对可能被货包污染的区域进行调查，以确保不存在污染，如果存在污染，将对其进行去污。

III-9. XYZ 航空公司的[操作或其他适当的]手册描述了在由于货包损坏而可能污染飞机货舱的情况下应当采取的行动。合格人员将尽快评价污染程度和剂量率。调查范围亦将包括任何可能受污染的区域，例如飞机、飞机设

备、邻近的装卸区，以及（如有必要）飞机上运输的所有其他物质。该飞机将继续停止使用，直至确定非栓系污染不超过：

- (a) α 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体为 4 贝可/平方厘米；
- (b) 所有其他 α 发射体为 0.4 贝可/平方厘米。

隔离和其他防护措施

III-10. 货包存放在货运站的等候区，距离机场货运办公室 20 米。货包，包括装载到单位负载设备上的货包，在运输到飞机上装载之前，可以在等待区存储最多 72 小时。存储区货包的最大预期运输指数总和为 10。

III-11. 办公室工作人员应当得到与公众同等水平的保护。由于对货包的存储和办公室与存储区之间的距离有所限制，办公室工作人员受到的剂量预计可以忽略不计。

III-12. 飞机上的所有人员，包括机组人员和货仓人员，都被视为公众成员，因此预计接受的剂量不会超过每年 1 毫希沃特。

III-13. 货包在货舱中的位置基于《国际民航组织危险货物航空安全运输技术说明》(ICAO-TI) [III-2] (表 7-3 和表 7-4) 和《国际航空运输协会危险货物条例》[III-3] (表 10.9.C 和表 10.9.D) 适用的隔离表。由飞机运输的货包的装载地点由 XYZ 航空公司确定，并以书面形式规定并提供给机长，负责装载飞机的人员核实并确认是否符合装载位置。

应急响应

III-14. 如果在 ABC 机场发生影响装有放射性物质货包的事件或事故，XYZ 航空公司将立即通知机场救援消防服务和适当的应急专家机构。货包周围的区域将被隔离至适合货包类型及其运输指数的距离，直到适当机构对货包进行评定，并确定没有放射性物质排放或该区域已被去污。

III-15. 在下列情况下：

- (a) 如果飞机发生事故或严重事件，如果该航班载有放射性物质，XYZ 航空公司将立即向应对事故或严重事件的应急服务部门提供相关机上放

射性物质的信息，如给机长的信息所示。XYZ 航空公司还将尽快向 XYZ 航空公司主要营业地所在国家以及事故或严重事件发生地所在国家的相关当局提供这些信息；

- (b) 如果飞机发生事故或涉及运输放射性物质的飞机发生严重事故，XYZ 航空公司将启动公司应急计划，其中包括以下指示：
 - (i) 支持 ABC 机场应急计划的活动；
 - (ii) 事故指挥官提供相关飞行的资料。

III-16. 这些指示包含在 XYZ 航空公司的应急响应计划中，在与地面运输相关的存储区和货包交付和提取区域的显著位置展示，以便 XYZ 航空公司管理层的负责成员能够执行这些措施。

III-17. 应急联络详情如下：

- (a) 该辐射防护计划的负责人（[个人姓名]）：.....
- (b) 辐射防护方面的合格专家：
- (c) 其他联系人：

培训

III-18. 下列人员是 XYZ 航空公司负责装卸运输用放射性物质货包的雇员，他们接受了与其职责相称的培训：

- (a) [个人姓名]（验收人员/货物装卸员）
- (b) [个人姓名]（验收人员/货物装卸员）
- (c) [个人姓名]（验收人员/货物装卸员）

III-19. 他们接受的培训符合主管当局和国际民航组织/国际航空运输协会条例以及 XYZ 航空公司政策的适用要求。这些人员将每两年接受一次复训。

程序和实践管理系统

III-20. 辐射防护计划和相关程序是 XYZ 航空公司管理系统的一部分，受管理系统流程的约束，如文件和版本控制、文件评审、指令和程序的发布和评审，以及不符合项的跟进。

III-21. 如本文件所述，辐射防护计划获得批准。

签名：日期：

（姓名和签名）

附件 III 参考文献

[III-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）。

[III-2] 国际民用航空组织《危险货物航空安全运输技术指引》（2023—2024 年版），国际民用航空组织，蒙特利尔（2022 年）。

[III-3] 国际航空运输协会《危险货物条例》，国际航空运输协会，蒙特利尔（2022 年）。

附录 IV

工业射线照相公司放射性物质的运输辐射防护计划的示例

范围

IV-1. 该辐射防护计划（RPP）涵盖 γ 射线照相源在屏蔽装置中的运输和过境存储。LMN 工业 γ 射线技师在大多数工作日运输这些 γ 射线照相设备。使用的都是 A 型货包或 B(U)型货包，几乎都是 II 类-黄色。遇到的最大运输指数（TI）为 1.0。LMN 工业 γ 放射技师有一辆货车将货包运送到放射照相现场或从放射照相现场运出。

角色及责任

IV-2. 辐射防护计划由[个人姓名]管理，他是一名合格人员。[个人姓名]将确保执行辐射防护计划的所有要素，包括：

- (a) 培训工作人员和执行适当的工作程序；
- (b) 按个人监控或工作场所对工作人员照射情况的评价监控；
- (c) 应急程序。

IV-3. 放射技师的职责是准备用于运输的货包（即装有密封源的放射照相设备）并运输这些货包，包括以下任务：

- (a) 完整的运输单据；
- (b) 测量剂量率并确定运输指数；
- (c) 填写并贴上货包标签和标记；
- (d) 将货包装载上车辆；
- (e) 隔离和保护货包；
- (f) 酌情执行应急程序。

IV-4. 放射技师也是车辆的驾驶员，并执行以下任务：

- (a) 获得关于在紧急情况下应当采取行动的信息，并酌情实施这些行动；
- (b) 获取关于装载车辆周围剂量率的信息；

(c) 标示车辆。

剂量评定与防护最优化

IV-5. LMN 工业 γ 射线技师部署了一名合格辐射防护专家的服务，以评价个人照射的可能水平，并确定监视计划。评价的依据是：

- (a) 所装卸货包的数目和种类；
- (b) 货包的类别及运输指数；
- (c) 货包中的放射性核素；
- (d) 装运频率；
- (e) 运输前的存储期限。

IV-6. 这项研究（RRR 号文件）表明，在目前的工作量下，放射技师从运输活动和放射照相操作中获得的个人辐射剂量可能超过每年 6 毫希沃特。通过个人监控进行的剂量评定将由合格专家决定，将保留剂量记录。

IV-7. 合格专家推荐的剂量率监控器和个人剂量计可用。剂量率监控器按照合格专家的建议进行校准。射线照相设备、货车和工作场所由[个人姓名]监控，以核实初始评价结果的持续有效性。

IV-8. 通过以下方法将职业照射保持在合理可达尽量低水平：

- (a) 使用手推车将射线照相装置从贮存室运送至装货区；
- (b) 将射线照相设备存放在屏蔽舱内的存储室中，直至装货前尽可能晚；
- (c) 尽可能增加隔离距离，使其超过最低要求；
- (d) 尽量减少货包 5 米范围内的工作人员。

进一步辐射防护最优化的措施见以下部分。

表面污染

IV-9. 要运输的放射性物质是特殊形状，并以适当的包装完好地运输。如果怀疑包装损坏，将由[个人姓名]进行污染检查。对工作区域和运输工具进行定期（每周）辐射防护调查，这些检查的结果将被记录和保留。

隔离和其他防护措施

IV-10. 存储区距离办公室 10 米，货包每天最多存储 8 小时，该区域存放的货包不超过 5 个。存储总是在地坑中，并提供足够的屏蔽以确保坑外的剂量率不超过 0.1 微希沃特/小时。紧邻坑的地区偶尔被居留，由于这些措施，办公室工作人员的辐射照射预计可以忽略不计。

IV-11. 在可能的情况下，当将货包装载到车辆上时，所有货包，尤其是那些具有高运输指数的货包，都被放置在货舱的后部。这将最大限度地减少驾驶员的照射。

IV-12. 对于道路运输过程中的预定和非预定停靠站，车辆应当停放在远离公众经常居留的区域。

应急响应

IV-13. 如果在放射性货物存储或装载到车辆上的过程中发生事故（如坠落、挤压、火灾），[个人姓名]将采取下列行动：

- (a) 执行救生措施和实施急救；
- (b) 评价火灾的风险或发生情况，并在适当情况下使用灭火器；
- (c) 酌情联系第一响应者（如消防服务、应急医疗服务、响应部队）；
- (d) 联系辐射防护方面的合格专家并请求指导；
- (e) 保持通过电话、无线电和/或互联网进行电子通信的能力；
- (f) 在合格辐射防护专家的帮助和指导下，清理受影响地区，收集损坏的货包和放射性物质（如有）；
- (g) 从辐射防护方面的合格专家处取得文件，以确认受影响地区可以再次安全地正常使用；
- (h) 按照合格辐射防护专家建议，安排将事故中涉及的放射性物质运送给经授权的收货人；
- (i) 根据主管当局制定的适用规则，将事件通知主管当局。

IV-14. 这些说明在存储区、车辆装载区和车辆的显著位置展示，以便在没有 [个人姓名] 情况下，任何其他负责人都能够采取这些行动。

IV-15. 应急联络详情如下:

- (a) 该辐射防护计划的负责人 ([个人姓名]):
- (b) 辐射防护方面的合格专家:
- (c) 其他联系人:

培训

IV-16. 下列人士为 LMN 工业 γ 射线技师的雇员, 从事制备含有 γ 射线的货包运输用射线照相源已接受与其职责相称的培训:

- (a) [个人姓名] (放射技师)
- (b) [个人姓名] (放射技师)
- (c) [个人姓名] (放射技师)

IV-17. 他们接受的培训符合主管当局的适用要求和 LMN 工业 γ 射线技师的政策。这些人员将每 3 年或按主管当局规定的时间间隔接受复训。

程序和实践管理系统

IV-18. 辐射防护计划和相关程序是 LMN 工业 γ 射线技师管理系统的一部分, 并受管理系统流程的约束, 如文件和版本控制、文件评审、指令和程序的发布和评审, 以及不符合项的跟进。

IV-19. 如本文件所述, 辐射防护计划获得批准。

签名: 日期:

(姓名和签名)

附录 V

港口经营者放射性物质的运输辐射防护计划的示例

范围

V-1. 本辐射防护计划（RPP）适用于经营港口、海港或机场的组织。它涵盖了含有放射性物质货包的运输和过境存储：例外货包，工业货包，IP-1、IP-2 和 IP-3 类型货包，A 型货包，以及 B(U)型和 B(M)型货包。

角色及责任

V-2. 辐射防护计划由[个人姓名]管理，他是一名合格人员。[个人姓名]将确保执行辐射防护计划的所有要素，包括：

- (a) 培训工作人员和执行适当的工作程序；
- (b) 定期评审工作量，以确定可能导致需要为工作人员制定剂量评定计划；
- (c) 应急程序。

V-3. 装卸货包的工作人员的角色是在港口区域内移动货包，包括以下任务：

- (a) 获取关于以下方面的信息：
 - (i) 应急程序；
 - (ii) 运输途中的存储条件；
 - (iii) 在运输工具上装载和栓系货包；
 - (iv) 从运输工具上卸下货包。
- (b) 从运输工具上卸下货包并将货包装载到运输工具上；
- (c) 在港口内移动货包，包括将货包从它们临时存储位置放入和移走；
- (d) 酌情执行应急程序。

便利放射性货物的运输

V-4. [个人姓名]将确保通过避免不必要的停顿或延误放射性货物的运输，为放射性货物的装卸提供便利，以有助于减少工作人员的剂量，前提是此类货物的运输符合放射性物质安全运输的适用条例。

剂量评定

V-5. 对工作人员可能接受的剂量评定（第 ABC 号文件）表明，在目前的工作量下，这些剂量远低于每年 1 毫希沃特，这是由于预先确定的装有放射性物质货包的隔离以及照射这些货包的限值。因此，剂量评定计划是不必要的。[个人姓名]定期评审工作量，以确定任何潜在变化以及对工作人员剂量评定计划的需求。

表面污染

V-6. 放射性物质以适当的和状况良好的货包运输，表面污染不超过允许限值，因此，不需要定期调查污染情况。如果货包看起来已经损坏，将按照[个人姓名]指示进行污染检查并采取适当的措施。

应急响应

V-7. [个人姓名]将确保应急准备和响应安排：

- (a) 与将要运输的放射性物质的危害相称；
- (b) 遵守相关的国际和国家应急要求；
- (c) 根据(a)和(b)定期更新。

V-8. 所有适用的应急准备和响应说明都列在 XYZ 号文件中。

培训

V-9. 装卸货包的工作人员：

- (a) 接受过与危险货物，包括放射性物质（第 7 类）相关的基本培训；

- (b) 了解基本的监管要求，包括关于在途存储的要求；
- (c) 能够识别不同类型危险货物的标签，报告事故，并在紧急情况下根据应急指示和专家的指示采取行动。

这些人员将每 3 年或按主管当局规定的时间间隔接受复训。

程序和实践管理系统

V-10. 本辐射防护计划和相关程序是管理系统文件的一部分，受管理系统流程的约束，如文件和版本控制、文件评审、指令和程序的发布和评审，以及不符合项的跟进。

V-11. 如本文件所述，辐射防护计划获得批准。

签名： 日期：

（姓名和签名）

附录 VI

船舶辐射防护计划的示例¹

范围

VI-1. 该辐射防护计划（RPP）涵盖工业辐照器中使用的装有氧化铀浓缩物的货包和装有钴-60 密封源货包的运输和过境存储。X 号船运输工业辐照器中使用的氧化铀浓缩物和含有钴-60 的特殊形状放射性物质。

VI-2. 氧化铀浓缩物：每年运输 12 批货物，每批货物由 960 个钢桶组成，装入 20 个 20 英尺的货运集装箱。钢桶是 IP-1 型工业货包。铀矿石精矿被归类为 LSA-I 组的低比活度物质（LSA 物质）。每个装有 48 个钢桶的 20 英尺集装箱具有以下剂量率：照射时为 0.06 毫希沃特/小时，1 米时为 0.02 毫希沃特/小时。每个 20 英尺的货运集装箱都贴有 III 类-黄色标签，运输指数（TI）为 6.0。

VI-3. 钴-60 密封源：每年运输 12 批货物，由两个含有钴-60 密封源的 B(U) 型货包组成，放置在一个 20 英尺的集装箱中。每个集装箱的剂量率如下：接触时为 0.9 毫希沃特/小时，距离 1 米时为 0.03 毫希沃特/小时。每个 20 英尺的货运集装箱都贴有 III 类-黄色标签，运输指数为 9.0。

VI-4. 本辐射防护计划的范围适用于从在始发港设施将托运货物装载 X 号船至在目的港设施卸载托运货物。

角色及责任

VI-5. 辐射防护计划由[个人姓名]管理，他是一名合格人员。[个人姓名]将确保执行辐射防护计划的所有要素，包括：

¹ 关于特殊用途船舶辐射防护计划的指导（见原子能机构《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）[VI-1]第 576 段和第 802(d)段）由原子能机构《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（2018 年版）咨询材料》[VI-2]第 576.1—576.7 段提供。

- (a) 培训工作人员和执行适当的工作程序；
- (b) 如有必要，通过个人监控或工作场所监控评定工作人员照射；
- (c) 应急程序。

VI-6. 船员和船长的角色是：

- (a) 获取以下方面的信息：
 - (i) 在每批货物发生紧急情况时采取的行动；
 - (ii) 每批货物的存储、装载和栓系条件。
- (b) 将运输集装箱装载到船舶上；
- (c) 隔离和保护集装箱；
- (d) 采取行动减少给工作人员的剂量；
- (e) 酌情执行应急程序。

剂量评定与防护最优化

VI-7. X 号船的船主或经营 X 号船的海运公司安排了一名合格辐射防护专家，由该专家评价个人可能受到的照射程度，并确定监视计划。评价的依据是：

- (a) 运输货包的数目和类型；
- (b) 货包分类及运输指数；
- (c) 货包中的放射性核素；
- (d) 装运频率。

VI-8. 这项研究（RRR 号文件）表明，在目前的工作量下，X 号船任何船员受到最大辐射剂量将大大低于每年 1 毫希沃特。合格专家建议，剂量评定计划（使用个人监控或工作场所监控）没有必要。

VI-9. 通过以下措施将职业照射保持在合理可达尽量低水平：

- (a) 将所有 20 英尺的货柜装载在船体内的甲板下；
- (b) 将所有 20 英尺集装箱门对门放置，以减少由于某种外部事件导致集装箱在运输过程中受到显著冲击或压力而门打开的可能性；
- (c) 尽量减少船员在集装箱附近的活动；

(d) 尽可能增加隔离距离，使其超过最低要求。

进一步辐射防护最优化的措施见以下部分。

表面污染

VI-10. 在正常情况下，准备运输的 20 英尺集装箱没有任何超过允许限值的外部污染。如果集装箱似乎因事故而受损，将由合格人员进行污染检查，并在检测到污染时采取适当措施。

隔离和其他防护措施

VI-11. 所有 20 英尺集装箱都按照《国际海运危险货物规则》（IMDG 规则）[VI-3]隔离要求装载。如果可能，20 英尺的集装箱将以超过最小隔离距离被装载。

应急响应

VI-12. 如果发生事故，将采取以下行动：

- (a) 在处理火灾和溢油（泄漏）时，执行见《运输危险货物船舶应急程序》（EmS 规则）[VI-4]建议；
- (b) 执行救生措施和实施急救；
- (c) 评定火灾的风险或发生情况，并在适当情况下使用灭火器；
- (d) 酌情联系第一响应人员（如消防服务、应急医疗服务、响应部队）；
- (e) 联系辐射防护方面的合格专家并请求指导；
- (f) 保持通过电话、无线电和/或互联网进行电子通信的能力；
- (g) 在合格辐射防护专家的帮助和指导下，清理受影响地区，收集损坏的货包和放射性物质（如有）；
- (h) 从辐射防护方面的合格专家处取得文件，以确认受影响地区可以再次安全地正常使用；
- (i) 按照合格辐射防护专家的建议，安排将事故中涉及的放射性物质运送给经授权的收货人；

(j) 根据主管当局制定的适用规则，将事件通知主管当局。

VI-13. 发生事故时，船员和应急响应人员可获得这些说明（例如，存储在指定位置的文件、通知或标语牌中）。

VI-14. 紧急联络详情如下：

- (a) 该辐射防护计划的负责人（[个人姓名]）：.....
- (b) 辐射防护方面的合格专家：
- (c) 其他联系人：

培训

VI-15. 下列人员是从事运输装有放射性物质货包的 X 号船船长和船员，他们接受了与其职责相称的培训：

- (a) [个人姓名]（船长）
- (b) [个人姓名]（船员）
- (c) [个人姓名]（船员）
- (d) [个人姓名]（船员）

VI-16. 他们接受的培训符合主管当局的适用要求。这些人员将每 3 年或按主管当局规定的时间间隔接受复训。

程序和实践管理系统

VI-17. 辐射防护计划和相关程序是 X 号船管理系统的一部分，受管理系统流程的约束，如文件和版本控制、文件评审、指令和程序的发布和评审，以及不符合项的跟进。

VI-18. 如本文件所述，辐射防护计划获得批准。

签名：日期：

（姓名和签名）

附件 VI 参考文献

- [VI-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)。
- [VI-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 (2022 年)。
- [VI-3] 国际海事组织《国际海事危险货物 (IMDG) 规则》(纳入修订 41-22), 国际海事组织, 伦敦 (2022 年)。
- [VI-4] 国际海事组织《经修订的载运危险货物船舶应急响应程序 (Em S 导则) 》, MSC.1/Circ.1588/Rev.2, 国际海事组织, 伦敦 (2022 年)。

附录 VII

评价辐射防护计划的有效性调查表

VII-1. 下列问题可用于评价辐射防护计划的有效性：

- (a) 辐射防护计划如何与运输组织的管理系统相适应？
- (b) 辐射防护计划的范围是否完全和准确地反映了辐射防护计划需要涵盖的内容？
- (c) 管理层的承诺是否得到充分证明？
- (d) 是否有资源（人力和技术）可用于实现区域计划的目标？
- (e) 是否充分描述和全面概述了所有相关工作人员的角色及责任？
- (f) 事先对不同工作场所工作人员的预期剂量进行的放射性评价是否正确？而基于工作场所监控和个人监控的结果，它还有效吗？
- (g) 参与不同行动的人员是否经过充分和正确的培训，是否熟悉设备和仪器仪表（包括不经常使用的设备和仪器仪表）？
- (h) 培训记录是否正确（如证书、截止日期）？
- (i) 如适用（例如对托运人）：关于分类（例如联合国编号、适当的运输名称）、包装（即使用正确和优化的货包设计）和标签的决定是否由足够合格人员作出，这些决定是否得到核实并适当记录在案？
- (j) 是否有必要的批准并证书有效？
- (k) 工作人员是否执行了提供明确和充分指导的指示和程序，以确保防护最优化？
- (l) 指示和程序是否是最新的，是否符合辐射防护计划的目标？
- (m) 指示和程序是否涵盖所有方面，包括应急计划和程序？
- (n) 测量设备（酌情用于剂量率、污染和空气监控）是否适于日常使用或在紧急情况下酌情使用？
- (o) 是否有与将要进行的测量相关的监控设备的有效校准证书？
- (p) 监控设备的用户使用说明是否得到遵守？
- (q) 是否记录、报告和评审测量结果？

附录 VIII

《国际海运危险货物规则》对装有放射性物质的货包隔离的要求

VIII-1. 本附件的内容经《国际海运危险货物规则》(IMDG 规则) [VIII-1] 许可¹ 转载。本导则的适用版本是 IMDG 规则的当前版本, 该版本每两年修订一次。

7.1.4.5.13 放射性物质必须与船员和乘客充分隔离。以下剂量值必须用于计算隔离距离或辐射水平:

- .1** 对于经常有人居留工作区的船员, 剂量为每年 5 毫希沃特;
- .2** 就乘客而言, 在乘客经常进出的区域, 剂量为每年 1 毫希沃特, 并考虑到所有其他相关来源和受控制的实践预期产生的照射量。

7.1.4.5.14 II 类-黄色或 III 类-黄色货包或外包装必须不在乘客居留的空间内运输, 但保留给特别授权伴随此类货包或外包装的邮递员专用空间除外。

7.1.4.5.15 任何一组装有易裂变材料的货包、外包装和货运集装箱在运输途中存储于任何一个贮存区的物质必须受限制, 以致该组的临界安全指数总和不超过 50。每组的存储必须与其他此类组保持至少 6 米的间距。

7.1.4.5.16 凡运输工具上的临界安全指数总和或在表 7.1.4.5.3.4 允许超过 50 的货运集装箱中, 存储必须与装有易裂变材料的其他货包、外包装或货运集装箱或其他运输放射性物质的运输工具保持至少 6 米的间距。

7.1.4.5.17 任何偏离 7.1.4.5.15 和 7.1.4.5.16 规定的情况必须为经行政批准, 并在每个停靠港的主管当局提出要求时批准。

¹ 经国际海事组织 (IMO) 许可转载, 国际海事组织对复制材料的正确性不承担责任: 如有疑问, 以国际海事组织的原文为准。读者必须向他们的国家海事局查询任何进一步的修订或最新的建议。

7.1.4.5.18 7.1.4.5.13 规定的隔离要求可在以下两种方式之一：

- 按照人员隔离表（表 7.1.4.5.18）确定人员经常居留的居留区或空间；
- 通过证明，在下列指定的照射时间内对经常居留的空间和生活区放射性水平的直接测量小于：

对于船员：

0.0070 毫希沃特/小时—每年 700 小时；或

0.0018 毫希沃特/小时—每年 2750 小时；和

对于乘客：

0.0018 毫希沃特/小时—每年 550 小时，

考虑到航程中货物的任何转移。在所有情况下，放射性水平的测量须要由合适的合格人员进行。

表 7.1.4.5.18 — 第 7 类 — 放射性物质
人员隔离表

运输指数总和 (TI)	放射性物质与乘客和船员的隔离距离			
	普通货船 ¹		渡轮等 ²	离岸支援 船舶 ³
	散货 (m)	集装箱 (TEUs) ⁴		
最多 10	6	1	在船首或最远离生活区及经常有人居留的工作区	装载在船尾或平台中点
10 以上但不超过 20	8	1	如上	如上
20 以上但不超过 50	13	2	如上	不适用
50 以上但不超过 100	18	3	如上	不适用
100 以上但不超过 200	26	4	如上	不适用
200 以上但不超过 400	36	6	如上	不适用

¹ 艘最小长度为 150 米的普通货物、散装货物或滚装集装箱船。

² 艘最小长度为 100 米的渡轮或跨海峡、沿海和岛屿间船舶。

³ 艘最小长度为 50 米的海上支援船（在这种情况下，实际携带的最大运输指数总和为 20）。

⁴ 标准箱是指“20 英尺当量单位”（相当于标称长度为 6 米的标准货运集装箱）。

附件 VIII 参考文献

- [VIII-1] 国际海事组织《国际海事危险货物（IMDG）规则》（纳入修订 41-22），国际海事组织，伦敦（2022 年）。

参与起草和审订人员

Cabianca, T.	英国公共卫生署
Fulford, G.	加拿大诺迪安公司
Fuller, M.	美国无损检测公司
Harris, F.	澳大利亚力拓铀公司
Johnson, S.	美国源生产设备公司
Miller, J.	美国国际同位素公司
Nitsche, F.	顾问（德国）
Reber, E.	国际原子能机构
Rooney, K.	国际民航组织
Shaw, P.	国际原子能机构
Song, B.	国际海事组织
Stewart, J.	顾问（英国）

通过国际标准促进安全