

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

研究和教育中辐射源 的使用中辐射安全

特定安全导则

第 SSG-87 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，国际原子能机构受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。

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。

研究和教育中辐射源的使用中辐射安全

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	南非
乍得	黎巴嫩	西班牙
智利	莱索托	斯里兰卡
中国	利比里亚	苏丹
哥伦比亚	利比亚	瑞典
科摩罗	列支敦士登	瑞士
刚果	立陶宛	阿拉伯叙利亚共和国
库克群岛	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
埃塞俄比亚	荷兰王国	越南
斐济	新西兰	也门
芬兰	尼加拉瓜	赞比亚
法国	尼日尔	津巴布韦
加蓬	尼日利亚	

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-87 号

研究和教育中辐射源 的使用中辐射安全

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内容。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

研究和教育中辐射源的使用中辐射安全

国际原子能机构，奥地利，2024 年 11 月

STI/PUB/2059

ISBN 978-92-0-514024-7（简装书：碱性纸）

978-92-0-514124-4（pdf 格式）

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，国际合作的目的是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况 and 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共同目的。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。

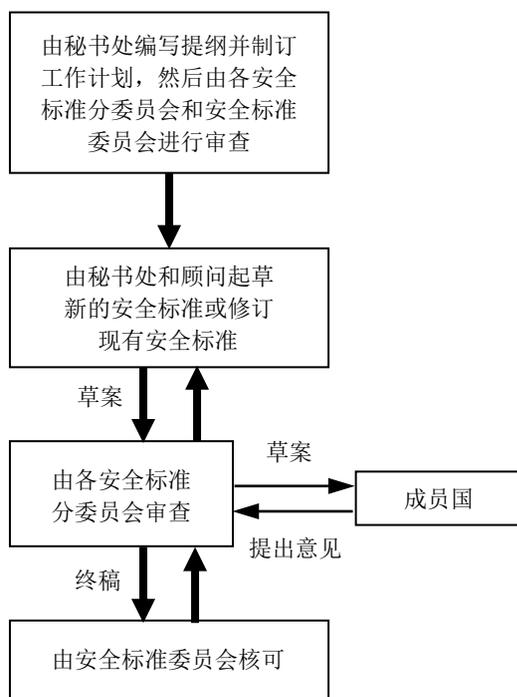


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

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

1. 导言	1
背景 (1.1-1.7).....	1
目的 (1.8, 1.9).....	2
范围 (1.10-1.14).....	2
结构 (1.15, 1.16).....	3
2. 研究和教育中使用源辐射防护原则 (2.1)	4
研究和教育中使用源的正当性 (2.2-2.4).....	4
研究和教育中防护与安全的最优化 (2.5-2.21).....	4
剂量限值 (2.22-2.28).....	8
3. 研究和教育中使用辐射源的类型 (3.1)	9
研究和教育中使用密封源 (3.2-3.8).....	9
研究和教育中使用非密封源 (3.9-3.16).....	11
研究和教育中使用电沉积源 (3.17).....	13
研究和教育中使用辐射发生器 (3.18-3.23).....	13
4. 研究和教育中使用辐射源组织安排 (4.1, 4.2)	14
研究和教育中使用源辐射安全分级方法 (4.3-4.5).....	15
研究和教育中营运组织、注册人和许可证持有人的责任 (4.6-4.10).....	15
研究和教育中辐射安全管理系统、组织机构和政策 (4.11-4.16).....	16
研究和教育中使用辐射源辐射防护计划 (4.17-4.22).....	18
辐射安全委员会 (4.23-4.26).....	20
研究和教育中辐射防护官员 (4.27-4.30).....	21
研究和教育中实验室辐射防护官员 (4.31).....	22
合格专家 (4.32, 4.33).....	22
研究和教育中使用辐射源工作人员和其他人员 (4.34-4.41).....	23
研究和教育中放射源的控制 (4.42-4.53).....	24
安全文化 (4.54-4.56).....	26
人因 (4.57).....	27
流程改进 (4.58-4.62).....	28
5. 研究和教育中使用辐射源安全评定 (5.1-5.9)	28
安全评定的方法 (5.10).....	30
安全评定的结果 (5.11).....	30
安全评定的评审 (5.12-5.14).....	31
安全评定的记录 (5.15, 5.16).....	31

6. 研究和教育中设施、设备和辐射源的设计 (6.1-6.5)	32
研究和教育中使用辐射源实验室和其他设施的设计 (6.6-6.17).....	32
研究和教育中使用存放辐射源设备的设计 (6.18-6.23).....	35
密封放射源的设计 (6.24-6.28).....	36
在临时位置中使用辐射源 (6.29).....	37
7. 研究和教育中源的使用职业辐射防护 (7.1)	37
研究和教育中控制区和监督区的指定 (7.2-7.11).....	37
研究和教育中使用辐射源的本地规则 (7.12-7.19).....	39
研究和教育中工作场所监控 (7.20-7.27).....	42
研究和教育中个人照射的监控和评定 (7.28-7.41).....	44
个人照射的记录 (7.42-7.45).....	47
调查水平 (7.46).....	48
研究和教育中使用源人员防护设备 (7.47-7.51).....	48
健康监视计划 (7.52-7.57).....	50
研究和教育中使用源的信息、指导和培训 (7.58-7.67).....	50
服务和特殊安排条件 (7.68-7.73).....	52
8. 研究和教育中放射性废物管理和退役	53
研究和教育中放射性排放的管理 (8.1-8.9).....	53
研究和教育中放射性废物的管理 (8.10-8.24).....	55
研究和教育设施的退役 (8.25, 8.26).....	59
9. 研究和教育中源的使用公众的辐射防护 (9.1-9.6)	60
10. 研究和教育中使用放射源的运输和移动 (10.1-10.6)	60
11. 研究和教育中辐射源使用应急准备和响应 (11.1-11.7)	62
研究和教育中源应急计划和程序 (11.8-11.16).....	63
研究和教育中源应急设备 (11.17, 11.18).....	65
涉及辐射源紧急情况培训和演习 (11.19-11.22).....	66
涉及辐射源紧急情况的分析 (11.23, 11.24).....	67
参考文献	69
附录 I 研究和教育中天然存在放射性物质的使用	75
附录 II 中学中辐射源的使用	80
附录 III 医学与护理教育中学生的辐射防护	83
附录 IV 研究和教育中特定类型的辐射源的使用	86

附录 V 研究和教育中使用辐射源应急计划和程序中
应当考虑行动示例.....89

参与起草和审订的人员93

1. 导言

背景

1.1. 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》[1]规定了保护人类和环境免受电离辐射有害影响以及辐射源安全的基本要求。执行这些要求和原子能机构制定的所有其他相关安全要求有助于确保在考虑到经济、社会和环境因素的情况下，将照射的可能性和程度以及照射的人数保持在合理可达尽量低水平。它还有助于防止涉及辐射源的事故，并在发生此类事故时缓解其后果。本“安全导则”为实施 GSR Part 3[1]关于在研究和教育中使用辐射源的要求提供了建议。

1.2. 许多类型的辐射源用于研究和教育。包括粒子加速器；密封放射源，例如辐照器中的低活度校验源和高活度密封放射源；在野外工作和实验室工作中用作示踪剂的非密封放射源；天然存在放射性物质；以及 X 射线发生器，例如衍射设备和荧光分析仪。

1.3. 辐射源的使用者包括中学生、本科生、研究生、技术人员、研究人员和学术人员。研究生、研究人员和学术人员经常在一个以上的校园工作，也可能在其他国家从事研究工作。

1.4. 放射源的使用会导致放射性废物的产生，需要由教育或研究设施或活动来管理。放射性物质和放射性废物可能需要在校园内的实验室之间或校园之间运输。一些放射性废物需要贮存起来，让它在被转移到废物管理组织进行处理和处置之前衰变。

1.5. 本“安全导则”是一套安全导则的一部分，该安全导则涵盖了工业辐照器、工业射线照相术、视察和非医学成像、测井、核测量仪和基于加速器的同位素生产设施[2-7]。

1.6. 关于职业辐射防护的详细建议可见原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[8]。关于保护公众和环境的建议见原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-8 号《公众和环境的辐射防护》[9]，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》[10]提供了

应急照射情况下的辐射防护要求和建议，第 GSG-2 号《核或辐射应急准备和响应中使用的标准》[11]，第 GS-G-2.1 号《核或辐射应急准备的安排》[12]和第 GSG-11 号《终止核或辐射应急的安排》[13]。

1.7. 本“安全导则”假定国家拥有有效的辐射安全政府、法律和监管基础设施，涵盖研究和教育设施及活动中辐射源的使用。原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 1 (Rev.1) 号《促进安全的政府、法律和监管框架》[14]规定了此类基础设施的要求，参考文献[15—17]提供了关于实施这些要求的建议。

目的

1.8. 本“安全导则”目的是就如何满足 GSR Part 3[1]在研究和教育中使用辐射源的相关要求提供建议。这包括关于控制职业照射和计划照射情况下的公众照射以及在适当情况下应急照射情况下的公众照射的建议，以及关于特定安全措施的建议。

1.9. 本“安全导则”的建议主要针对授权在学术课程中使用辐射源的教育和研究机构（包括学校、学院、大学和技术学院）等营运组织及其员工、学生、教师和辐射防护官员。监管机构和参与研究和教育用辐射源及相关设备的设计、制造、供应和服务的其他相关组织也将对这些建议感兴趣。

范围

1.10. 本“安全导则”涉及研究和教育中使用放射源和辐射发生器的辐射防护和安全方面。

1.11. 本“安全导则”涉及在研究和教育中使用辐射源的学生和工作人员的照射。它还包括在使用此类源时可能无意中暴露的公众成员照射。

1.12. 志愿者出于生物医学研究目的的照射被视为医学照射。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-46 号《医用电离辐射的辐射防护与安全》[18]提供了关于此类照射的建议。

1.13. 原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-3 号《研究堆的安全》[19]规定了与保护在研究堆进行研究的学生和研究人员相关的要求，原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-85 号《研究堆设计和运行中的辐射防护和放射性废物管理》[20]提供了相关建议。此类设施和活动不在本“安全导则”的范围内。

1.14. 本“安全导则”还提供了关于适当核安保措施的必要性及其与安全措施的接口的信息，但没有提供关于这些核安保方面的特定指导。其他安保导则可见原子能机构《核安保丛书》。

结构

1.15. 第 2 部分描述了辐射防护的基本原则及其在保护学生、研究人员和公众研究和教育中的应用；研究和教育中使用辐射源的类型在第 3 部分中描述；第 4 部分提供了关于营运组织、辐射安全委员会、辐射防护官员和合格专家的职责和责任以及辐射防护计划内容的建议；第 5 部分提供了关于安全评定准备的建议；第 6 部分提供了关于设施、实验室、设备和源设计的建议；第 7 部分提供关于职业辐射防护安排的建议，包括区域分类、本地规则、监控工作场所、职业照射评定、健康监视和培训；第 8 部分就实验室放射性物质的排放以及放射性废物的管理和退役提出了建议；第 9 部分提供了关于保护公众成员的建议；第 10 部分就放射性物质在一个现场内的移动以及放射性物质进入不同现场的运输提出了建议；第 11 部分就预防事故和缓解其后果的安排以及制定应急计划和程序提出了建议。

1.16. 附件 I 提供了在研究和教育中使用天然放射性物质的实用导则。在中学使用辐射源引起了特定问题，例如与学生年龄相关的问题；因此，附件 II 为中学使用辐射源提供了实际指导；附件 III 提供了医学和护理医学教育学生辐射防护的案例研究和实用导则；附件 IV 提供了关于在研究和教育中安全使用特定类型辐射源的信息；附件 V 提供了与研究和教育中使用源相关的某些紧急情况的应急计划和程序中应当考虑的特定现场行动的示例。

2. 研究和教育中使用源辐射防护原则

2.1. GSR Part 3[1]要求 1 规定，要求负责处理辐射源设施中的防护和安全人员确保应用辐射防护原则。这些原则是实践的正当性、防护和安全最优化以及剂量限值，如 GSR Part 3[1]要求 10—12 所规定的。

研究和教育中使用源的正当性

2.2. GSR Part 3[1]第 3.16 段指出（脚注略）：

“政府或监管机构必须酌情确保为任何类型的实践提供正当性和评审作出规定并必须确保只准许正当的实践。”

这意味着，除非这种实践对受辐射的个人或社会产生足够的收益，以抵消受辐射可能造成的任何伤害，否则不得批准这种实践。

2.3. 确定一种实践是否正当的过程包括全面描述将使用的辐射源和为确保安全将采取的措施，并从正常使用辐射源的预计照射量和事故潜在照射量的大小和可能性方面评定放射性危害。本“安全导则”的假设是，证明过程已经发生。证明过程应当特定说明辐射源的类型和实践的类型，例如允许在中学使用辐射源的类型和活动。必要时，应当评审实践和源的正当性。

2.4. 原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-5 号《包括非医学人体成像在内实践的正当性》[21]提供了关于正当性原则应用的建议。对于开发涉及使用辐射源新技术的研究组织，GSG-5[21]规定了在确定引入特定类型的实践是否正当时应当考虑的要素和应用的程序。

研究和教育中防护与安全的最优化

2.5. GSR Part 3[1]第 3.23 段指出：“注册人和许可证持有人必须确保防护和安全得到最优化。”这意味着已经应用了防护和安全最优化过程，并且该过程的结果已经实施。关于在职业照射控制中应用防护和安全最优化原则的导则可见参考文献[22]。防护和安全最优化的预计结果是，所有照射都被控制在合理可达尽量低水平，并考虑到经济、社会和环境因素。

2.6. 在设施和活动寿命的所有阶段，都需要考虑防护和安全最优化运行和潜在风险。因此，在最优化过程中应当考虑所有情况——从设计、运行到退役、运输和废物管理。

2.7. 在实践中，为了研究和教育中使用源的防护和安全最优化，需要采取一种应当包括以下内容的方法：

- (a) 考虑工作人员和学生可能采取的所有涉及源的行动；
- (b) 按以下顺序实施“目的管理”流程：计划、设定目的、监控、测量绩效、评定和分析绩效以确定纠正措施、记录保存和设定新目的；
- (c) 能够考虑到技术和当前社会环境的任何重大变化；
- (d) 问责制，即所有各方对消除不必要风险的过程采取负责任的态度。

2.8. 防护和安全的最优化过程应当考虑以下内容：

- (a) 可用于防护和安全的源；
- (b) 个人和集体照射在不同工作人员和学生群体中的分布；
- (c) 潜在风险的概率和程度；
- (d) 防护计划对工作人员或公众的其他（非放射性）风险水平的潜在影响；
- (e) 相关部门的良好实践；
- (f) 社会和经济方面。

2.9. 应当在实验室等设备和设施的设计阶段考虑研究和教育中使用辐射源的防护和安全最优化，此时仍有一定程度的灵活度，并可采用与辐射风险相称的分级方法。在定义防护选项时，应当在此阶段仔细检验工程控制的使用。在设计阶段做出的决定包括屏蔽、实验室通风系统和通风柜以及包括安全系统在内的仪器仪表设计。

2.10. 最优化进程的内容和规模将取决于涉及辐射源的设施和活动的类型和性质。例如，对于低活度密封放射源或装有有效工程控制设备的 X 射线设备，最优化过程可能非常简单，涉及本地规则和对用户的适当培训。对于使用复杂设备的实验室，或涉及复杂源处理程序的活动，应当采用结构化方法，包括在适当的情况下使用决策辅助技术。

2.11. 在工作人员防护和安全最优化时考虑的一些选项可能会导致其他人的照射增加，如学生、在设施中工作的一般工作人员和访客。在最优化过程中应当考虑到这种影响，特别是在考虑建立行政控制和使用个人防护设备时。

2.12. 一般来说，在减少剂量方面获得的增量利益随着相关支出的增加而逐渐减少。与要实现的利益相比，甚至考虑减少风险的方法的成本也可能变得很大。在某些阶段，对于研究和教育中使用的辐射风险较低的源，这种努力可能不值得。

2.13. 即使在设计阶段已经防护最优化，仍然需要在设施运行或活动进行期间防护和安全最优化。运行中防护和安全的最优化是一个始于计划阶段并贯穿调度、准备、实施和反馈阶段的过程。这种通过工作管理进行最优化的过程应用于不断评审风险，并确保风险尽可能低。制定辐射防护计划（见第 4.17—4.22 段）是工作管理的一个基本要素。

2.14. 营运组织应当记录关于研究和教育中使用的辐射源的防护和安全最优化实施方式的信息，并应当酌情传播这一信息。这一信息可包括以下内容：

- (a) 拟议的运行、维护和行政程序的正当性，包括采购、运输、存储和处置放射源的正当性，以及所考虑的其他备选办法和拒绝这些办法的正当性；
- (b) 定期评审和分析个人风险的趋势和其他绩效指标；
- (c) 内部监查和同行评审的结果；
- (d) 事故报告和教训。

剂量约束

2.15. 需要使用剂量约束来防护和安全最优化（见 GSR Part 3[1]第 1.22 和 3.25 段）。剂量约束适用于职业照射和计划照射情况下的公众照射。对于职业照射，剂量约束是个人剂量的来源相关值，用于限制最优化过程中考虑的选项范围，并且始终是剂量约束的一小部分。剂量约束是为每个受控制的源单独设定的，并作为边界条件，用于确定最优化目的的选项范围。

剂量约束不是剂量限值，超过剂量约束并不代表不符合监管要求，但可能会导致后续行动。

2.16. 虽然使用剂量约束来控制职业照射和公众照射的目的相似，但剂量约束的应用方式不同。对于职业照射，剂量约束是负责辐射源的许可证持有人在防护和安全最优化方面建立和使用的工具。剂量约束的设定需要与其他健康和安全管理规定以及现有技术一起考虑。对于公众照射，相关剂量约束是由政府或监管机构确定或批准的与源相关的值，并考虑了所有受控制源的计划操作剂量。单一源的剂量约束旨在确保所有受控制源的计划操作剂量总和保持在剂量限值范围内（见 GSR Part 3[1]脚注 25）。

2.17. 剂量约束的目的是对来自某一源、某一设施中的一组源、某一实践、某项任务或某一特定类型行业中的一组操作的个人剂量值设定一个上限，在对这些源、实践或任务的防护最优化过程中，该上限可被视为可接受的。根据特定情况，约束可以表示为个人剂量或给定时间段内的剂量。剂量约束的设定应当确保当工作人员遭受来自多种源或任务的接受照射，职业照射的剂量限值得到遵守。

2.18. 为了应用最优化原则，应当在设计和计划阶段估计个人剂量，并且应当将各种选项的这些预测的个人剂量与适当的剂量约束进行比较。应当进一步考虑预计剂量低于剂量约束的选项，那些预计给出的剂量超过剂量约束的药物通常会被拒绝。在辐射防护最优化、计划和执行活动以及设计设施或设备时，应当前瞻性地使用剂量约束。因此，剂量约束应当根据接触源的特定特征循序渐进来确定。

2.19. 由于剂量约束与源相关，因此应当指定其相关源。剂量约束应当与设施或活动相关人员协商设定。对于学生来说，剂量约束应当考虑学生使用辐射源的小时数。对于研究人员来说，剂量约束需要考虑他们在“家”园区使用辐射源的时间，以及他们在其他设施使用其他辐射源的时间。

2.20. 对于公众来说，剂量约束是公众剂量限值的一小部分，将用于设计屏蔽（例如辐射源和相关设备、实验室以及放射源和放射性废物仓库）和确定排放限值。

2.21. 应当不追溯使用剂量约束来检查是否符合防护和安全管理要求。然而，GSR Part 3[1]第 1.23 段指出：

“在发生照射后，剂量约束可用作评定已实施的防护和安全最优化策略（称为防护策略）的适宜性和作出必要调整的基准。”

剂量限值

2.22. GSR Part 3[1]附表 III 规定了计划照射情况下的剂量限值，为方便起见，在本“安全导则”的第 2.23—2.26 段进行了复制。GSR Part 3[1]第 3.26—3.28 段指出了相关要求。

2.23. 对于 18 岁以上工作人员的职业照射，剂量限值如下：

- (a) 连续 5 年平均每年 20 毫希沃特的有效剂量（5 年 100 毫希沃特）和任何每年 50 毫希沃特的有效剂量；
- (b) 连续 5 年平均每年 20 毫希沃特（5 年 100 毫希沃特）和任何每年 50 毫希沃特的眼睛晶状体等效剂量；
- (c) 相当于四肢（手和脚）或皮肤每年 500 毫希沃特的剂量。

额外的限值适用于通知雇主他们怀孕或哺乳的工作人员职业照射（见 GSR Part 3[1]第 3.114 段和 GSG-7[8]第 6.2—6.20 段）。

2.24. 对于正在接受辐射就业培训的 16—18 岁学徒的职业照射，以及在学习过程中使用辐射源的 16—18 岁学生的照射，剂量限值如下：

- (a) 每年 6 毫希沃特的有效剂量；
- (b) 对眼睛晶状体的当量剂量为每年 20 毫希沃特；
- (c) 相当于四肢（手和脚）或皮肤每年 150 毫希沃特的剂量。

2.25. 就公众照射而言，剂量限值如下：

- (a) 每年 1 毫希沃特的有效剂量；
- (b) 在特殊情况下，如果连续 5 年的平均有效剂量不超过每年 1 毫希沃特，则可以适用每年中更高的有效剂量值；
- (c) 相当于每年 15 毫希沃特的晶状体剂量；
- (d) 相当于每年 50 毫希沃特的皮肤剂量。

2.26. 第 2.23—2.25 段规定的皮肤等效剂量限值适用于超过 1 平方厘米的皮肤最高辐照面积的平均剂量。对皮肤的剂量也对有效剂量有贡献，该贡献是对整个皮肤的平均剂量乘以皮肤的组织加权因子。

2.27. 剂量限值适用于辐射源的所有使用者，包括短期承包商、研究人员和学生。尽管有剂量限值专为第 2.24 段的学生设计。理想情况下，中学生（通常不超过 17 岁或 18 岁）和本科生（通常不超过 21 岁或 22 岁）应当获得与公众同等水平的防护和安全。人们普遍期望为年龄较小的学生提供高水平的保护。遵守公众照射的剂量限值通常很简单，因为这些学生可能每年只使用辐射源几个小时。

2.28. 长期使用辐射源进行研究的本科生和研究生（通常年龄在 22 岁以上）应当获得与工作人员同等水平的防护和安全。注册人和许可证持有人应当建立一个制度，确保研究人员和本科学生的年度总辐照量，包括他们在其他研究机构使用辐射源时受到的任何辐照量，不超过职业辐照的剂量限值。此外，注册人和许可证持有人应当为怀孕或哺乳的研究人员或本科生做出安排，以满足 GSR Part 3[1]第 3.114 段的要求。

3. 研究和教育中使用辐射源的类型

3.1. 研究和教育中使用了各种各样的辐射源。这些源包括密封放射源、非密封放射性物质和辐射发生器，如 X 射线设备、加速器和中子发生器。放射源可用于中学基础科学原理的教学，也可用于大学本科生的教学。这些源可用于试验辐射监控仪器仪表（例如用于研究实验室和中学演示的仪器仪表）。研究活动中的辐射源可供本科生、研究生和研究科学家使用。

研究和教育中使用密封源

3.2. 各种各样的密封源被用于研究和教育。密封源是一种放射源，其中放射性物质 (a) 永久密封在胶囊中；或 (b) 紧密结合并以固态形状存在 [23]。在研究和教育，密封源通常是半衰期较长的放射性物质，牢固地包容或限制在合适的胶囊或室内。因此，密封辐射源是一种可能的外部辐射危害：这种辐射源只有在被破坏或泄漏时才会有内部辐射照射的风险（即

由于污染)。这种的放射性核素和活度因应用而异，密封源可用作样品辐照器或校准源，或用于科学设备。

3.3. 密封源应当符合以下标准：

- (a) 密封源的设计、制造和试验应当符合相应的国际标准化组织（ISO）标准[24]或同等国家标准的要求。这些标准规定了密封源应当承受的正常运行工况和事故工况；
- (b) 密封源应当根据适当的国际标准化组织标准[25]或同等国家标准定期进行泄漏试验，并应当颁发可追溯到标准实验室的有效泄漏试验证书；
- (c) 在适当的情况下，密封源应当被证明符合原子能机构《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）[26]规定的“特殊形状放射性物质”的要求。

3.4. 原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.9 号《放射源的分类》[27]提供了一个分类系统，用于根据放射源对人类健康造成危害的可能性对放射源进行排序，并对放射源及其使用方法进行分组。这种分类有助于建立监管要求，以确保对每个授权源进行适当的安全和安保控制。

3.5. 密封源可用于校准辐射测量设备（如区域辐射监控器、光谱仪、污染测量仪器仪表、分析辐射测量设备）。根据要校准的仪器仪表，可以使用发射 α 、 β 、 γ 或中子辐射的各种放射性核素（如钴-60、铯-137、镅-241-铍、钋-210、锶-90）。源的活度取决于应用，范围从检查源的几千贝克勒尔到校准中使用的一些源的几太贝克勒尔。一些检查源可能因其活度性低而豁免监管授权。然而，即使有这些小的源，也应采用辐射防护的最佳实践导则，以尽量减少工作人员、学生、公众和环境照射的风险。校准源（如锆-68、钴-57、钠-22）也常用于试验 microPET（微型正电子发射断层扫描）和 microSPECT（微型单光子发射计算机断层扫描）成像技术中使用的设备。

3.6. 样品辐照器用于辐照不同类型的样品，如金属、塑料、细胞、组织样品、植物或小动物，以研究辐射照射的影响。通常使用的放射性核素是 γ 射线发射体（如钴-60、铯-137）。然而，一些样品辐照器被专门设计成使用电镀或层压源将材料暴露于 α 或 β 辐射。应当特别小心地拆卸这些放

射源，以尽量减少导致放射性物质排放的风险（另见第 3.17 段）。辐照器中使用源的活度从几千贝克勒尔到几兆贝克勒尔不等。

3.7. 密封源可用于科学或测量设备，如液体闪烁计数器。在学术和研究环境中，这些源可以是商业密封源，也可以是集成到商业仪器仪表或其他设备中的特殊构造源，这取决于应用。商业仪器仪表用户的辐射照射量一般很低，应当确保“内部”设计的仪器仪表达到类似的防护和安全水平。这些源的主要照射风险是由于处理不当、源完整性丧失、源或包含源的仪器仪表丢失或不受控制地排放。由于活度低，其中一些源可能豁免监管。尽管如此，仪器仪表和辐射源应当标有辐射符号（三叶形）[28]、“放射性”术语和辐射源说明，包括序列号。

3.8. 中子源用于仪器仪表校准、实验反应堆裂变反应的产生、核物理研究（如中子测井、中子衍射分析）、物理原理演示和中子活化分析。中子源中常见的核素有镭-252（自发裂变）、镅-241-铍（ α, n 反应）和镅-124-铍（ γ, n 反应）。中子源的安全通常包括屏蔽中子和光子辐射。

研究和教育中使用非密封源

3.9. 非密封源是指放射性物质既不是 (a) 永久密封在胶囊内；也不是 (b) 紧密结合在胶囊内的放射源固态形状[23]。这些材料广泛用于研究和教育。应用包括物理实验、生物医学或环境研究中的示踪剂，以及放射化学实验室中的各种用途。放射性物质可以是不同的实物形状，例如用于环境转移研究的液体、用于大气研究的气体或用于物理研究的活化固体样品。研究设施中使用了各种活度非常广泛的放射性核素。例如，实验室中使用的放射性液体的活度可以从几贝克勒尔到几千兆贝克勒尔不等，具有高比活度，通常被稀释以供实验室进一步使用。还可以进行涉及在动物实验中使用非密封源的研究工作。

3.10. 在实验或实验室工作期间，或由于导致放射性扩散从而污染人员、工作场所、设备或环境的事件，使用非密封源会导致内部和外部照射。根据非密封源的物理特征和所涉及的活动，放射性可以以气态、液态或固态形状排放。因此，污染风险的性质、扩散和程度取决于放射性核素和活度、所涉材料的化学和实物形状以及扩散方法。

3.11. 非密封的 α 发射体（如天然铀、天然钍、钷-239、镅-241）用于放射生态学或辐射防护研究、环境监控（如氡测量）、基础科学研究以及生物医学和医学研究。这种源可以以颗粒或液态形状使用。所用的活度通常很小（几贝克勒尔到兆贝克勒尔），然而，摄入和（尤其是）吸入仍有可能导致显著的内部照射。 α 发射体很难被探测到，除非该源也发射更容易测量的辐射，如 γ 射线。在人工源中，放射性物质可能以液态或粉末的形状存在，天然来源可能包括氡和钍射气。

3.12. β 发射体（如氚、碳-14、磷-32）通常在生物或环境研究中用作分子标记或示踪剂。所使用的活动从几千贝克勒尔到兆贝克勒尔不等。 β 发射体通常分为两类：低能（ $E_{\max} < 150$ 千电子伏特）和高能（ $E_{\max} > 150$ 千电子伏特）。一般来说，与 β 发射体相关的辐射风险低于 α 发射体，但应当注意保护皮肤和眼睛晶状体免受高能 β 发射体的外部照射。对于低能 β 发射体（如氚、碳-14），实验中通常使用较高的活度。因此，照射于这些低能量 β 发射体是通过最大限度地减少污染和使用个人防护设备。氚（ ^3H ）广泛用于研究，在加速器环境中作为污染物存在，它也可以通过皮肤吸收入体内，例如由于皮肤污染或接触金属和塑料等污染材料。

3.13. 非密封 γ 发射体（例如碘-125、碘-131、氙-133、钴-60、铯-137）可用于环境研究应用，并且广泛用于从事涉及正电子发射体（例如氟-18、碳-11）的生物和医学研究的实验室。在核医学应用中，希望使用半衰期短的放射性核素。然而，一些研究工作可以使用半衰期长的放射性核素来研究材料的生物特性。非密封的 γ 发射体也可能存在外部照射风险。当装卸材料时，例如在烧瓶或注射器中，可能有必要考虑全身和手的照射。

3.14. 环境研究可能涉及使用放射性示踪剂形状的非密封放射源来研究过程和相互作用，如沉积物迁移、水流或污水分布。这种研究包括故意和有控制地向环境中排放非密封源。详细的安全评定（见第 5 部分），包括预计的环境影响评定是必要的。

3.15. 天然存在放射性物质¹ 用于教育和研究机构，包括在中学的课堂演示中展示或使用含有天然存在放射性物质的矿物，以及在大学或研究中心

¹ 标准定义为除天然存在放射性核素外，不含显著放射性核素的放射性物质。天然存在放射性核素的活度浓度因过程而改变的材料包括在天然存在放射性物质（NORM）[23]中。

涉及天然存在放射性物质的研究项目。可能涉及规范的实验室活动包括原材料、产品和残留物的分析，过程相关研究，研究标准残留物的回收或再使用、废物处理和管理以及加工设施和设备的去污，以及示范工厂的建设和运行。在许多情况下，使用天然存在放射性物质的研究是工业活动的一部分，可以在工业场所的特定实验室或单独的场外实验室进行。研究也可以在大学实验室或技术支持组织进行。附件 I 提供了关于使用天然存在放射性物质的实验室的进一步信息。

3.16. 为测量氦提供校准和设备试验服务的实验室有各种大小的氦室，从小于 1 立方米到几十立方米不等。这些房间里含有氦气源。

研究和教育中使用电沉积源

3.17. 在非放射性表面电沉积一薄层放射性物质的电镀放射源也用于研究和教育中的一些应用。它们比相同数量的密封源材料具有更大的潜在污染危害，但比相同数量的非密封形状的材料具有更小的潜在污染危害。电沉积源（例如钚、锶-90、镍-63、镭-226、钴-57）用于气相色谱设备中的电子捕获检测器和一些 α 闪烁检测仪器仪表的效率测定。

研究和教育中使用辐射发生器

3.18. 低能 X 射线用于衍射和光谱学应用，以研究材料的结构。虽然这些光束的能量意味着可以容易地提供屏蔽，但是如果可能接近光束，则存在显著危害。在涉及接触这种 X 射线束的实验中，应当小心避免极端剂量。

3.19. X 射线也可以通过一种设备产生，在这种设备中，高速电子在（部分）真空中撞击靶。一些示例，如克鲁克斯管和其他冷阴极放电管，见附件 II。在电子显微镜中，产生的任何 X 射线通常都被显微镜和相关外壳很好地屏蔽。

3.20. 手持式 X 射线设备用于根据材料的 X 射线特征来识别材料。这些手持设备可以产生非常强烈但狭窄的 X 射线束。如果用户修改屏蔽或将身体的一部分放入光束中，可能会导致严重的照射。

3.21. X 射线也用于研究和教育，以产生图像（如材料、物体、人或动物的图像）。使用的设备范围从手持 X 射线发生器到屏蔽柜或房间中的固定设备，这些设备结合了屏蔽和安全系统以保护用户和其他人员。计算机断层扫描使用窄的高强度 X 射线束产生横截面和三维图像，它用于生物医学研究、材料分析和人类学等应用。荧光透视使用 X 射线产生实时图像，它在研究中用于观察被研究系统的运动和功能。附件 III 提供了医疗和护理教育计划学生辐射防护措施的示例。

3.22. X 射线也被用来照射材料和其他物体，例如为了研究目的故意制造辐射损伤。需要高水平的辐射，并且 X 射线束是在包含屏蔽和安全系统以保护用户和其他人员的屏蔽柜或房间中产生的。

3.23. 加速器可用于医疗目的以及物理和材料科学研究。与这些设备相关的放射性危害包括操作过程中产生的一次和次生辐射（如 X 射线、电子、中子）。应当使用低原子序数的屏蔽材料，以最大限度地减少次生 X 射线（韧致辐射）的产生。这些设施中的许多产生足够能量的辐射场，使加速器的结构部件具有放射性，并且在操作期间和之后可能需要控制进入设备周围区域。应当考虑放射性物质排放到空气中的可能性，以及激活空气和/或设施部件的可能性。还应当考虑管理已激活部件和设施退役的安排。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-59《基于加速器放射性同位素生产设施的辐射安全》[7]提供了关于基于加速器的同位素生产设施的特定建议。

4. 研究和教育中使用辐射源组织安排

4.1. GSR Part 3[1]规定了与辐射源使用相关的义务和责任要求。本部分就相关各方在研究和教育中使用辐射源方面的义务和责任提出建议。

4.2. 在研究和教育中使用辐射源将在国家的法律和监管框架内进行。政府将有建立了一个法律框架，其中包括建立一个监管机构。监管机构的职责包括制定法规和用户导则、豁免或授权实践、评审和评定授权申请、视察设施和活动以及执行与辐射安全相关的法规和法律。

研究和教育中使用源辐射安全分级方法

4.3. GSR Part 3[1]第 2.12 段指出：“防护和安全系统要求的应用必须与照射情况相关的辐射风险相称。”

4.4. GSR Part 3[1]将分级方法的责任放在政府、监管机构、注册人和许可证持有人以及雇主身上。要求政府和监管机构在建立和执行监管要求时使用分级方法，如证明和授权流程（见 GSR Part 3[1]第 2.18 段和第 2.31 段）。

4.5. 注册人和许可证持有人以及雇主需要在采取防护和安全措施时使用分级方法（见 GSR Part 3[1]要求 6）。例如，拥有加速器或研究辐照器的大学院系，以及使用产生放射性废物的非密封放射性物质的实验室，应当比拥有几个检查源的系或拥有数量非常有限的低放射性源的中学有更详细的安全评定（见本“安全导则”第 5 部分）和更广泛的本地规则（见第 7.12—7.19 段）。

研究和教育中营运组织、注册人和许可证持有人的责任

4.6. 营运组织是申请授权或被授权运行设施并对其安全负责的组织 [23]。授权可以采取注册或许可的形式（见 GSR Part 3[1]第 3.8 段）。因此，“营运组织”术语包括注册人和许可证持有人，在适当情况下包括个人。

4.7. GSR Part 3[1]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主要责任。其他缔约方必须承担特定的防护和安全责任。”

4.8. 原子能机构《安全标准丛书》Part 3[1]第 2.39 段指出：“对引起辐射风险的任何设施或活动负责的个人或组织必须承担防护和安全的主要责任，这一责任不能委托。”

4.9. 负责在研究或教育中使用辐射源的防护和安全的主要当事人如下：

(a) 负责存储或使用辐射源的设施或活动的教育或研究实体；

(b) 对辐射源进行直接操作监督的雇主和/或学术或研究管理者。对于大多数学术和研究人员来说，雇主是（或是）营运组织的一部分。一些学术人员和研究人员在不只一个组织进行研究。因此，这些人可能有一个雇主，但使用一个以上营运组织拥有的辐射源。研究人员在受教育期间接受学生（即没有就业的学生）的帮助也很常见。

4.10. 其他各方规定了防护和安全责任，以支持营运组织的责任（见 GSR Part 3[1]第 2.41 段）。关于在研究或教育中使用辐射源，这些相关方包括：

- (a) 辐射防护官员（见第 4.27—4.31 段）；
- (b) 合格专家（见第 4.32 段和第 4.33 段）；
- (c) 辐射源使用者，如学术人员、研究人员和学生；
- (d) 外部服务提供者，如供应商（如密封源、非密封放射性物质和辐射发生器）、剂量测定服务以及为运输放射性物质和处置放射性废物提供支持的组织。

研究和教育中辐射安全管理系统、组织机构和政策

4.11. GSR Part 3[1]要求 5 规定：“**主要当事人必须确保防护和安全有效地纳入其负责组织的总体管理系统。**”原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号《安全的领导和管理》[29]规定了管理系统的要求。

4.12. GSR Part 3[1]第 2.47 段指出：“主要当事人必须在其负责的组织内的最高级别上展示对防护和安全的承诺。”

4.13. GSR Part 3[1]第 2.48 段指出（脚注略）：

“主要当事人必须确保管理系统的设计和应用通过以下方式加强防护和安全：

- (a) 将防护和安全要求与包括操作绩效要求在内的其他要求协调一致地适用，并与安保导则协调一致；
- (b) 描述为提供足够的信心以满足防护和安全要求所必须的计划的和系统化行动；
- (c) 确保防护和安全不受其他要求的影响；

- (d) 规定定期评定防护和安全方面的绩效，并必须从经验中吸取的教训；
- (e) 推广安全文化。”

4.14. GSR Part 3[1]第 2.50 段指出：“主要各方必须能够证明有效满足管理系统中的防护和安全要求。”

4.15. 管理系统必须包括与辐射安全相关的组织机构说明（见 GSR Part 2[29]第 4.11 段和第 4.16 段）。该结构可采用组织机构图的形式，应当显示相关辐射防护官员或单位（见本“安全导则”第 4.27—4.31 段）、辐射安全委员会（见第 4.23—4.26 段）及其成员的姓名，以及与其他机构的联系方式研究或教育机构内的相关各方。图表应当清楚地显示报告的路径。图 1 展示出了一个大型研究或教育机构的组织机构图示例，该机构具有使用辐射源的多个部门和实验室，这些辐射源可能分布在一个以上的地点。对于较小的研究或教育设施，图表可以更简单，但仍应当显示相关负责人，例如必要时一名辐射防护官员和一名或多名合格专家。

4.16. 在使用辐射源的研究机构中，来自多个组织的人员可以一起工作，同样，来自一个组织的人员可能在许多不同的组织使用辐射源。在这些条件下，管理系统应当明确规定每个位置负责工作人员和其他人安全的人员。如果责任是分担的，责任的划分应当在管理系统中定义。这些扩展组织的示例包括以下案例：

- (a) 营运组织有多个运行位置；
- (b) 几个营运组织共享相同的运行位置；
- (c) 工作人员受雇于几个不同的组织；
- (d) 工作人员不受雇于或不隶属于营运组织；
- (e) 工作人员从事的实验涉及不受雇主控制的源。

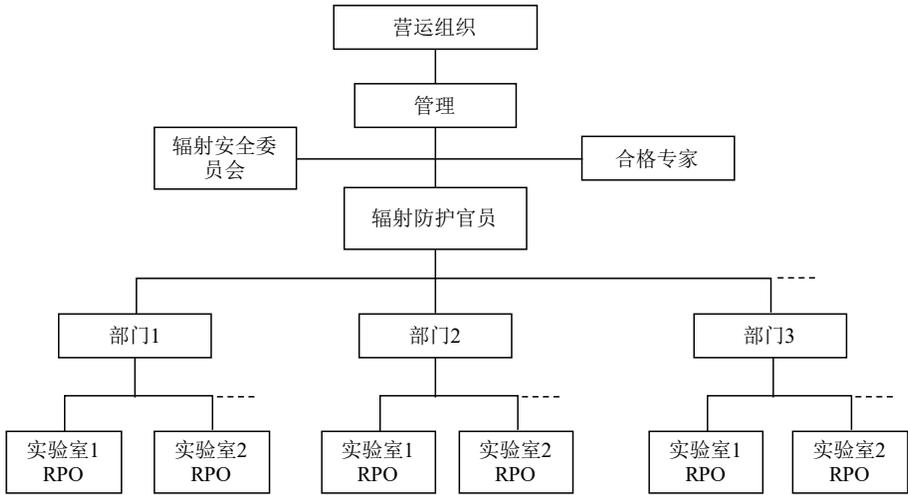


图 1. 大型研究或教育机构辐射安全组织图示例。RPO—辐射防护官员。

研究和教育中使用辐射源辐射防护计划

4.17. GSR Part 3[1]要求 24 规定：

“雇主、注册人和许可证持有人必须建立和维持组织、程序和技术安排，以指定职业照射辐射防护计划中的控制区和监督区、本地规则和工作场所监控。”

4.18. 营运组织应当确保在实施辐射防护计划时处理下列问题：

- (a) 实现防护和安全目的所需的措施和源已经确定并适当提供；
- (b) 定期评审该计划，通过考虑和纳入从操作经验和吸取的教训中得到的反馈，评定其有效性和持续适用性；
- (c) 识别和纠正防护和安全方面的任何故障或缺陷，并采取措施防止其再次发生；
- (d) 安排与相关各方协商；
- (e) 保留适当的记录。

4.19. 辐射防护官员和辐射安全委员会的作用应当在辐射防护计划中明确界定。辐射防护官员和辐射安全委员会应当监督辐射防护计划的有效性，并酌情通知设施管理层。

4.20. 辐射防护计划应当根据营运组织的需要进行定制和调整。该计划应当反映与辐射源相关的复杂性和危害以及将要开展的教育和研究活动。该计划应当以营运组织的安全评定为基础（见第 5 部分），并应当解决辐射源的正常使用和事故问题。

4.21. GSG-7[8]第 3.49—3.158 段提供了关于辐射防护计划内容的建议。用于研究和教育，辐射防护计划应当涵盖有助于防护和安全的主要内容，包括：

- (a) 参考管理系统，包括管理结构和政策以及辐射安全方面的个人责任分配；
- (b) 参考安全评定的结果（见第 5 部分）；
- (c) 控制辐射源的安排；
- (d) 保护可能使用辐射源的工作人员和其他人（如学生）的安排。此类安排包括本地规则，指定控制区或监督区，监控人员、工作场所和环境的安排，并酌情实施健康监视计划（见第 7.52—7.57 段）；
- (e) 关于放射性危害的性质、所涉及的放射性核素以及防护和安全措施的教育和培训计划。这种培训应当适应所进行的实验和活动，并应当根据需要进行经常修订和重复；
- (f) 保护公众的安排。这些安排包括控制放射性物质向环境的排放、管理放射性废物，以及证明符合剂量限值和公众照射限值；
- (g) 预防事故和缓解其后果以及应急准备和响应的安排；
- (h) 定期评审和监查辐射防护计划的表现以及在适当情况下实施改进的安排。

要点应当在发给可能暴露于辐射源的工作人员和学生的传单上进行总结，并应当在重要位置显著展示。

4.22. 应当适当记录辐射防护计划的要素，同时考虑到操作的规模和复杂性。辐射防护计划应当包括管理层承诺将辐射剂量保持在合理可达尽量低水平，并培养积极的安全文化（见 GSR Part 2[29]要求 2 和 12）。

辐射安全委员会

4.23. 在进行涉及各种辐射源的教育或研究的组织中，营运组织建立一个辐射安全委员会来监督辐射防护计划可能是适当的。营运组织应当向辐射安全委员会任命在所用辐射源方面具有专门知识的工作人员（并酌情任命外部专家）。此外，辐射安全委员会应当包括营运组织高级管理层的代表，辐射防护官员，健康、安全和环境官员，实验室经理，和其他相关工作人员。

4.24. 辐射安全委员会的主要任务应当是定期评价和评审辐射防护计划的运行结构和有效性（例如辐射监控的范围、培训、工程控制的应用、行政控制、个人防护设备）。

4.25. 辐射安全委员会应当负责以下事项：

- (a) 制定政策、批准程序并提出建议，以根据监管要求提高辐射防护计划的有效性；
- (b) 根据辐射防护官员的建议，评审并酌情批准关于使用辐射源及其使用条件的建议；
- (c) 定期评审辐射防护计划的所有方面，包括计划文件、指导、培训和相关信息；
- (d) 为辐射防护官员履行职责提供指导；
- (e) 向教职员和学生传达相关的辐射安全问题；
- (f) 为工作人员和学生的培训计划提供指导；
- (g) 对辐射防护计划进行监查，以符合监管要求和组织政策；
- (h) 检查辐射防护计划的符合情况，包括建议纠正不符合情况的行动；
- (i) 履行应急计划中分配的任何角色；
- (j) 评审异常事件、事件和事故的报告，并提出建议以避免其再次发生。

4.26. 在引入新的辐射源之前，应当获得辐射安全委员会的批准。在使用新的源之前，委员会应当采取以下措施：

- (a) 评审案例，就该新的源或实践的正当性作出结论；
- (b) 评审工作人员、学生和公众在正常使用和事故情况下的预测照射和潜在照射，并考虑相关的监控方面；

- (c) 评审与每个拟议的新的辐射源相关的设计标准和设计特点，并就拟议的辐射源工作提出建议和设定条件。

研究和教育中辐射防护官员

4.27. GSR Part 3[1]第 3.94(c)段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人必须与工作人员协商，或酌情通过他们的代表：……必须根据监管机构制定的标准，酌情指定一名辐射防护官员。”

4.28. 辐射防护官员是指在与特定实践类型相关的辐射防护事务方面具有技术能力的人员，由注册人、许可证持有人或雇主指定监督相关要求的应用[23]。在研究和教育的背景下，此人还应当具备实验室实践、一般健康、安全和环境原则以及与营运组织活动相关机构文化的工作知识。辐射防护官员应当与本组织的其他健康、安全和安保官员建立牢固的工作关系，以便在还存在生物、化学和实物安全考虑的设施和活动中实施有效的辐射防护计划。

4.29. 辐射防护官员应当获得足够的权力、资源和组织自由，以有效监督辐射防护计划，并在必要时阻止不安全的活动。

4.30. 辐射防护官员的任命应当以书面形式进行，职责应当纳入工作说明，为辐射防护官员分配有效执行辐射防护计划的组织责任和权力。辐射防护官员的职责如下：

- (a) 监督监管要求的应用和符合情况；
- (b) 确保所有使用辐射源的工作人员和学生都接受安全操作规范的指导并遵守安全操作规范；
- (c) 识别和控制进入控制区和监督区；
- (d) 评定使用辐射源的建议，并向辐射安全委员会提出建议；
- (e) 控制辐射源照射最优化的措施，包括安装和适当维护有助于控制人员和环境照射的工程设施和其他设备；
- (f) 开展和定期评定辐射防护计划，包括监控和记录个人剂量、例行辐射调查和环境监控；

- (g) 维护放射源库存以及相关的培训和安全记录；
- (h) 根据参考文献[25]，安排密封源放射性物质泄漏的监管试验；
- (i) 对安全系统、警告信号和警报以及设施的一般情况进行定期安全检查；
- (j) 确保妥善管理放射性废物，包括收集、包装、存储和处置；
- (k) 就辐射防护事宜和设施实物或操作方面的重大变化，与实验室主任、系主任、实验室经理、医疗服务、承包商、设计人员和供应商联络；
- (l) 确保安全评定、本地规则、应急计划以及应急计划和程序的充分性；
- (m) 参与调查和分析设施内的任何事故或事件，例如：
 - (i) 任何操作参数超出为正常操作而确定的正常范围；
 - (ii) 导致或有可能导致超过剂量约束或剂量限值照射的任何设备故障、操作错误、异常事件或情况（例如放射源未能返回屏蔽位置）。
- (n) 识别与使用放射源相关的辐射防护问题，并建议和启动纠正措施；
- (o) 中断不安全或不符合活动以维护辐射安全，并酌情通知其他相关部门，如卫生、安全或安保部门。

研究和教育中实验室辐射防护官员

4.31. 实验室辐射防护官员（或同等人员）负责确保辐射防护计划在特定实验室的日常基础上得到实施。每个实验室辐射防护官员（或同等人员）应当在营运组织指定的辐射防护官员的全面指导下工作。

合格专家

4.32. 合格的专家是指通过适当的委员会或协会的认证、专业许可证或学术资格和经验，被正式承认在相关专业领域具有专业知识的个人，例如医疗物理学、辐射防护、职业健康、消防安全、质量管理或任何相关的工程或安全专业[23]。

4.33. 如果需要一名或多名合格专家的专门知识，营运组织应当就与辐射安全相关的事项咨询这些专家。该咨询的目的是帮助组织满足监管要求，并开发或改善防护和安全。

研究和教育中使用辐射源工作人员和其他人员

4.34. 工作人员被定义为雇主工作的任何人，无论是全职、兼职还是临时工作，并且在职业辐射防护方面拥有公认的权利和职责[23]。在本“安全导则”，“工作人员”术语应当包括研究或教育机构雇用的行政、学术和研究人员（如博士后研究员）。它还包括合同清洁工以及访问学者和其他大学雇用的从事合作研究的研究人员。除了公认的与职业辐射防护相关的权利和义务之外，GSR Part 3[1]要求 28 规定了对女工和接受培训的 18 岁以下人员的防护和安全的特殊安排。

4.35. GSR Part 3[1]第 3.83 段和第 3.84 段指出了工作人员在防护和安全方面的符合性要求，包括以下规则和程序，使用监控设备和个人防护设备，在工作人员健康监视计划和剂量评定计划方面进行合作，接受指导和培训。还要求工作人员提供相关信息（例如向其雇主），并在防护和安全方面以负责任的方式行事。

4.36. GSR Part 3[1]第 4 部分和 GSR Part 7[10]规定了应急照射情况下工作人员的防护和安全要求。GSG-7[8]第 4 部分提供了在核或辐射紧急情况下保护工作人员的相关建议。

未被营运组织雇用工作人员

4.37. 非组织员工（如学术任命人员、研究人员）使用辐射源的营运组织应当确保这些员工获得与全职员工同等水平的防护和安全。营运组织和任何此类工作人员雇主的相关责任应当在合同安排中明确规定。

4.38. 如果工作人员未被营运组织雇用，应当签订协议，确保雇主与营运组织在以下方面进行合作：

- (a) 对从事辐射源工作但受雇于另一组织的工作人员的防护和安全，其防护和安全应当至少相当于营运组织雇员的防护和安全；
- (b) 遵守营运组织的辐射防护计划，并保证提供适当的联系信息（如辐射防护官员的联系信息）。

GSG-7[8]第 6.21—6.100 段提供了关于流动工作人员的其他建议。

4.39. GSR Part 3[1]第 3.87 段指出：

“作为当事人之间合作的一部分，酌情对源或照射负责的注册人或许可证持有人：

- (a) 必须从雇主（包括个体经营者）处获得第 GSR Part 3[1]第 3.103 段规定的工作人员以前的职业照射史，以及任何其他必要的资料；
- (b) 必须向雇主提供适当的信息，包括雇主要求的与符合 GSR Part 3[1]要求相关的任何可用信息；
- (c) 必须向工作人员和雇主提供相关的照射记录。”

4.40. 营运组织应当向工作人员的雇主澄清下列事项的责任分配：

- (a) 本地规则；
- (b) 工作场所监控；
- (c) 提供辐射防护设备和个人防护设备；
- (d) 个人剂量测定和剂量记录保存；
- (e) 关于辐射安全的培训，特别是在工作人员以前没有使用过辐射源和相关设备的情况下；
- (f) 必要时的健康监视安排（见第 7.52—7.57 段）。

4.41. 营运组织应当核实使用放射源的人员具有适当的资格，并在辐射安全和放射源处理技术方面接受过充分的培训。如有必要，营运组织应当提供关于放射源使用和相关辐射防护措施的特定制培训。营运组织应当核实所有程序和其他相关文件是否以使用放射源的人员所知的语言提供。

研究和教育中放射源的控制

4.42. 营运组织必须确保放射源从首次获得之时起一直处于适当的控制之下，直至将其退回原供应商或作为废物处置（见 GSR Part 3[1]要求 17）。关于放射源安全和安保的建议见《放射源安全和安保行为准则》[30]。

4.43. 营运组织应当确保仅从授权供应商处获得放射源。应当特别注意不再日常使用的源。废弃密封源必须退回原供应商或转让给另一个授权机构（见第 3.55 段和第 3.55 段）放射源的进出口应当符合《放射源安全和安保行为准则》[30]及其《进出口补充导则》[31]的建议。

4.44. 在涉及非密封源动物实验的研究和教育设施中，营运组织应当确保在没有事先进行适当安全评定的情况下，不放出含有放射性核素的动物。

4.45. 要求营运组织保持其负责的辐射源库存并定期检查，以确认辐射源在其指定的位置（见 GSR Part 3[1]第 3.53 段和第 3.55(d)段）。只能由经过授权和培训的工作人员从源存储中移动源并将其移动到另一个位置。对于密封辐射源和移动辐射源，用户应当记录其姓名、日期和时间、辐射源或辐射源被带到的位置以及返回安全仓库的日期和时间。对于非密封放射性物质，用户应当记录其姓名、日期和时间以及提取源的数量。当不再需要非密封源（或其一部分）时，应当将其作为放射性废物处置并记录在案。这些记录应当由辐射防护官员至少每月监查一次，以确认所有辐射源都在营运组织的控制之下。

4.46. 不同研究设施联合使用放射源应当是正当的，放射源应当按照 SSR-6 (Rev.1) [26]规定的要求在设施之间运输。应当确保对任何此类的授权允许这种使用。不同设施之间的责任转移以及任何相关情况都应当记录在案。

4.47. 营运组织应当迅速调查任何疑似放射源失控的情况。如辐射物的遗失、损坏或失窃得到确认后，营运组织必须立即通知监管机构（见 GSR Part 3[1]第 3.55(b)段）。

放射性物质的安保及其与安全接口

4.48. 核安保的目的是防止、发现、延缓和应对任何企图或实际未经授权为恶意目的获取放射性物质的行为。一些用于研究和教育的放射源会造成严重伤害，如果这些放射源被用于恶意目的，可能会产生重大影响。原子能机构《核安保丛书》出版物详细介绍了需要解决的安保问题。特别是，原子能机构《核安保丛书》第 20 号《国家核安保制度的目标和基本要素》[32]规定了国家核安保制度的目标和基本要素。原子能机构《核安保丛书》第 14 号《放射性物质和相关设施的核安保建议》[33]就如何制定、实施和维持放射性物质、相关设施和相关活动的核安保制度向各国和主管当局提出了建议。原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号《使用和贮存中的放射性物质及相关设施的安保》[34]载有更特定的导则，以协助各国制定放射源安保的监管要求。原子能机构《核安保丛书》第 9-G

(Rev.1)号《放射性物质运输中的安保》[35]为运输中放射性物质的安保提供了指导。

4.49. 安全措施和安保措施的共同目的是保护人类生命、健康和环境。安全措施和安保措施应当以协调的方式设计和实施，以便安保措施不损害安全，安全措施不损害安保。营运组织中的管理人员必须倡导和支持安全文化和安保文化之间的思想交流和结合（见 GSR Part 2[29]第 5.2(h)段）。

4.50. 为确保以协调一致的方式实施安全和安保，政府可能指定了一个负责机构，负责管理与放射源相关的安全和安保之间的接口。如果该机构同时负责监管基础设施内放射源的安全和安保，则该机构可以是监管机构。

4.51. 在获取信息方面，安保和安全措施之间有一个接口。为安全起见，相关位置及放射源的特征和实施的安全措施可能需要易于获取。然而，该信息也可能对对手具有潜在价值，因此出于安保考虑，可能需要保护某些敏感信息的机密性。原子能机构《核安保丛书》第 23-G 号《核信息安保》[36]提供了核安保中敏感信息的保护和保密导则。

4.52. 与研究和教育中使用的放射源相关的主要安保关切是未经授权移除放射源或进行破坏的可能性。有效的安保措施还将有助于防止辐射源意外失控或未经授权使用，从而提供一些固有的安全效益。然而，恶意行为中涉及的意图要素意味着适用额外的考虑因素，特别是对于较高的活度源，并且可能需要额外的安保措施来防止未经授权的移动或破坏。

4.53. 原子能机构的《核安保丛书》就如何根据威胁、放射源的性质和材料用于恶意行为的相对吸引力等因素，采用分级方法实施放射源安保措施提供了指导。原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号[34]建议使用 RS-G-1.9[27]描述的放射源分级系统，为放射源指定特定的安保级别，并帮助确定必要的安保措施。如果用于研究和教育目的的放射源属于第 1、2 或 3 类，则应对这些放射源适用原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号[34]描述的安保措施。

安全文化

4.54. GSR Part 3[1]第 2.51 段指出：

“主要当事人必须通过以下方式促进和维护安全文化：

- (a) 促进组织各级对防护和安全的个人和集体承诺；
- (b) 确保对组织内安全文化的关键方面有共同的理解；
- (c) 提供组织支持个人和团队安全和成功地执行任务的手段，包括考虑到个人、技术和组织之间的相互作用；
- (d) 鼓励工作人员及其代表和其他相关人员参与制定和执行相关防护和安全的政策、规则和程序；
- (e) 确保组织和各级个人对防护和安全负责；
- (f) 鼓励在组织内部并酌情与相关各方就防护和安全问题进行公开交流；
- (g) 在防护和安全方面，鼓励质疑和学习的态度，不鼓励自满；
- (h) 提供组织不断寻求发展和加强其安全文化的手段。”

4.55. 营运组织中的高级管理人员和其他管理人员需要在营运组织内促进和维护强大的安全文化（见 GSR Part 2[29]第 5.2 段）。这应当包括在组织内促进相关的安全期望和遵守监管要求的重要性。

4.56. 根据 GSR Part 2[29]规定的要求，安全管理还包括定期评价规则和程序的有效性，与相关管理人员、工作人员和学生就防护和安全安排的整体有效性进行接触，实施适当的培训计划以正确遵守规则和程序，传播事故和事件的反馈，从事故和事件的发生中吸取教训并改善安全文化，维持一种环境让个人可以自由提出关切而不用担心遭到报复，并通过激励系统从工作人员和学生个人那里获得与安全相关的建议。

人因

4.57. GSR Part 3[1]第 2.52 段指出：

“主要当事人和在防护和安全方面负有特定责任的其他当事人必须酌情考虑到人因，并必须支持良好绩效和良好实践，以防止人为和组织方面的失误”。

根据 GSR Part 3[1]第 2.52 段要求营运组织通过设备设计、安全运行程序的开发和安全系统的使用来解决这些人因，以缓解人为错误的后果。

流程改进

4.58. 作为营运组织管理系统的一个组成部分，辐射防护计划及其实施应当定期评定（见 GSG-7[8]第 3.157 段和第 3.158 段）。这一定期评审应当查明辐射防护计划执行中的任何问题，并提出可提高计划效力的修改建议。总体目的是确保在正常运行、预计运行事件和事故工况下的防护和安全得到最优化。

4.59. 这种定期评审的一个关键部分是工作场所监查。营运组织应当决定将进行监查人员的指定和资格、监查的频率、监查小组的期望、报告结果的方法及其后续行动。

4.60. 在研究和教育中使用辐射源需要按照营运组织的管理系统进行（见 GSR Part 3[1]要求 5 和 GSR Part 2[29]要求 6—8）。GSR Part 2[29]第 6.2 段指出：“必须定期评定所有流程的有效性及其确保安全的能力。”为了确保辐射防护计划满足不断变化的计划需求，必须与研究人员和安全负责人合作制定流程改进计划。

4.61. 管理系统应当包括旨在确保所有设备和安全系统的适用性评定和定期检查和试验的流程，确保符合正确的运行程序，并确保任何故障或缺陷都提请管理层注意并及时补救。

4.62. 管理系统必须包括收集、分析和传播来自事件和事故（包括其他相关研究和教育机构报告的事件和事故）的数据和信息的流程，以及吸取经验教训以加强安全的流程（见 GSR Part 3[1]第 2.48(d)段和要求 16）。

5. 研究和教育中使用辐射源安全评定

5.1. GSR Part 3[1]要求 13 规定：

“监管机构必须制定和执行安全评定要求，负责造成辐射风险的设施或活动的个人或组织必须对该设施或活动进行适当的安全评定。”

原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 (Rev.1) 号《设施和活动安全评定》[37]规定了安全评定的详细要求。

5.2. 安全评定的主要目的是确定设施或活动是否达到了足够的安全水平，以及是否达到了设计人员、营运组织和监管机构制定的基本安全目的和安全标准。

5.3. GSR Part 3[1]第 3.30 段指出了两种类型的安全评定：一般或特定于实践或源的。GSR Part 3[1]脚注 29 指出：

“对于设计高度一致的各类源，一般安全评定通常就足够了。在其他情况下，通常需要进行特定的安全评定，但是，如果已经对这类源进行了一般安全评定，则特定安全评定不必包括一般安全评定所涵盖的那些方面。”

研究和教育中使用的辐射源所需的安全评定的复杂性各不相同，但即使辐射源本身包含在一般安全评定中，其在研究和教育设施中的使用几乎总是涉及某种形式的特定安全评定。

5.4. 在确定安全评定的范围和详细程度时，需要使用分级方法（见 GSR Part 4 (Rev.1) [37]要求 1）。目的是确保安全要求的应用与设施和活动或污染源的表征以及照射的程度和可能性相称[23]。因此，对于因其固有的安全特点而仅造成低放射性危害的放射源和辐射发生器，应当进行直接的安全评定。

5.5. 营运组织应对研究和教育中使用的每种辐射源进行安全评定并记录在案。要求考虑日常使用辐射源产生的辐射风险以及潜在照射的概率和程度（见 GSR Part 3[1]第 3.31(a)和(b)段）。

5.6. 在现场接收辐射源或首次使用辐射源之前，应当准备并记录安全评定。安全评定还应当考虑任何可能对防护和安全产生影响的未来改造。营运组织应当提前计划，以确保有足够的时间实施安全评定确定为必要的任何防护和安全控制措施。对于用相同的源替换相同用途的源，可能不需要新的安全评定。

5.7. 如果在没有安全评定的情况下使用辐射源，营运组织应当尽快准备并记录一份回顾性安全评定。回顾性安全评定应当确认所有相关的控制措施已经实施，或者确定需要实施的额外控制措施。此外，营运组织应当调查为何在使用前没有进行安全评定，并在必要时更新其管理系统或辐射防护计划。

5.8. 辐射防护安全评定应当辅之以可能影响总体安全的其他相关风险评定（如生物、化学、药理或实物危害）。

5.9. 安全评定应当与适当的个人协商进行，如首席科学家、辐射防护官员、合格专家、系主任或首席科学教师，以及其他安全领域的专家（如有必要）。

安全评定的方法

5.10. 安全评定是对与防护和安全相关实践的所有方面的评定，包括（如适用）选址、设计和设施的操作和活动的开展。研究和教育中使用的的安全评定应当包括以下内容：

- (a) 说明辐射源的使用方式和地点、使用条件以及使用辐射源的设施设计；
- (b) 说明在可能对人类或环境造成放射性后果之前可能失效或旁路的纵深防御规定（即实物屏障、防护屏障的系统和行政程序）；
- (c) 与防护和安全相关的结构、系统和部件（包括软件）和程序可能失效（单独或组合）或可能导致照射方式的描述，以及此类事件的后果；
- (d) 事先放射性价，包括对正常操作和发生事故时照射（职业和公共）的预计可能性和程度的评定，以及必要的工作场所监控和个人监控；
- (f) 对可能影响防护和安全的实验或设备设计的任何拟议修改的影响进行评价；
- (g) 评价与源相关的任何安全措施对防护和安全的影响；
- (h) 关于管理所产生的放射性废物的拟议安排的说明，包括与放射性废物相关的任何潜在生物和化学危害；
- (i) 评定放射性物质计划排放对环境的影响（如放射性示踪剂研究或放射性废水排放）。

安全评定的结果

5.11. 安全评定的结果应当为作出与源、设施或活动相关的防护和安全决定提供依据，例如关于培训工作人员和相关学生、个人监控（外部照射和内部照射）、指定控制区和监督区以及保护公众和环境的决定。此外，评

定需要考虑工程方面（见 GSR Part 4 (Rev.1) [37]要求 10），并应当提供任何额外的规范安全所需的工程控制措施，如屏蔽、通风、通风橱和手套箱。

安全评定的评审

5.12. GSR Part 4 (Rev.1) [37]第 5.10 段指出：

“安全评定必须根据监管要求定期评审并按预定间隔更新。可能需要更频繁地进行定期评审，以考虑到：

- (a) 可能显著影响设施或活动安全的任何变化；
- (b) 知识和理解的显著发展（如研究或运行经验产生的发展）；
- (c) 由于监管问题或显著事件而出现的安全问题；
- (d) 对计算机代码的显著修改，或在安全分析中使用的输入数据的变化。”

可能对安全产生显著影响的变化包括对设施或程序的修改，或获得具有不同辐射特征（如不同的辐射源类型、活度或辐射输出）的新辐射源。任何表明当前安全措施无效或不完全有效的故障或错误分析结果也应当用于触发安全评定的评审。

5.13. 安全评定的定期评审应当确保当前的工作实践得到反映，并且变化没有被忽视。营运组织应当根据放射性危害的性质以及研究和教育活动的动态性质来考虑评审频率。

5.14. GSR Part 4 (Rev.1) [37]要求 21 规定：“**在安全评定被营运组织使用或提交给监管机构之前，营运组织必须对其进行独立核实。**”安全评定的独立评审应当成为营运组织管理系统的一部分。安全评定的改版和修改应当经批准，例如由合格的专家或辐射安全委员会提交，并在需要时提交给监管机构。

安全评定的记录

5.15. 安全评定的结果需要记录在案（见 GSR Part 4 (Rev.1) [37]要求 20）。安全评定报告应当构成辐射防护计划文件的组成部分。

5.16. 要求保存安全评定报告，直到设施完全退役或活动终止并脱离监管控制（见 GSR Part 4 (Rev.1) [37]第 4.65 段）。如果在此之前营运组织已不复存在，则应当将报告移交给新的营运组织。

6. 研究和教育中设施、设备和辐射源的设计

6.1. GSR Part 3[1]第 3.51 段指出了选择使用或存储辐射源位置的要求，以及在设计存储设施时要考虑的因素。

6.2. 在设施中纳入辐射安全特点的规定最好在设计阶段就做出。选址和布局应当考虑到辐射源的类型、活度（或辐射发生器的输出）、辐射源的使用和存储、使用频率和目的，以及设备周围和设施内及设施周围的放射性水平，包括贮存放射性废物的任何设施。

6.3. 在设计中应当结合与外部照射控制相关的三个因素—时间、距离和屏蔽—职业辐射防护和公众辐射防护最优化。

6.4. 辐射源用于研究和教育的位置各不相同。辐射源可用于特别控制进入的设施、由其他工作人员或学生同时使用的实验室或开放环境。在所有情况下，营运组织有责任确保设施（如实验室）、含有辐射源的设备和辐射源的设计、制造和使用方式尽可能正当地最大限度地减少工作人员和公众的照射。

6.5. 关于中学使用辐射源的资料见附件 II。

研究和教育中使用辐射源实验室和其他设施的设计

研究和教育设施的一般设计要求

6.6. 在研究和教育中使用辐射源的设施的设计应当包括以下内容：

- (a) 处理源的房间最好位于要进行研究建筑的一端。该区域应当专门用于预计的研究目的，与活动无关的人员应当不经常光顾。该区域应当远离房屋的主入口；
- (b) 应当提供充足的照明和通风；

- (c) 如果使用个人剂量计（见第 7.32—7.36 段），应当提供一个本底放射性水平低的适当位置，以便在不使用时存放剂量计；
- (d) 应当提供足够的空间来开展源工作，并存储源和相关记录（例如，与放射源库存、泄漏试验结果和调试试验相关的记录）。还应当为放射性废物和流出物的管理、废源的存储和处置、辐射监控器的校准、设备的服务和维护、日常辐射监控和控制以及事故和紧急情况报告、个人剂量记录和其他相关报告的存储提供足够的空间；
- (e) 屏蔽的设计应当符合监管要求，同时考虑预计的工作量和要承担的工作类型。这个如果设计中的任何因素发生变化，例如相邻房间的占用情况发生变化，则应当评审屏蔽的充分性。对于能够引起活化的辐射源，应当首选具有低活化横截面的屏蔽材料（例如，在密封源胶囊、局部屏蔽和房间结构中）；
- (f) 如果使用个人防护设备，如实验室外套或工作服、手套、防护眼镜和套鞋，应当提供指定区域存放和作为更衣区。

6.7. 墙壁（以及门窗）、地板和天花板的屏蔽设计需要工作人员和公众的防护和安全最优化。必要的屏蔽取决于源的特征（即辐射类型、辐射能量和强度）、设施内区域的分类、要做的工作的性质以及相关的剂量约束。最好在污染源周围提供局部屏蔽，而不是屏蔽房间或通过使用个人防护设备（如铅围裙）提供屏蔽。应当在必要的范围内实施屏蔽措施，并适当考虑其他工作安全方面（如适当的可及性）。

6.8. 放射源的存储和放射源装卸操作可能需要局部屏蔽（如铅砖、铅罐）。用于运输放射性物质的货包应当提供足够的屏蔽，以确保符合 SSR-6（Rev.1）[26]规定的剂量率限值。

6.9. 应当注意避免保守假设的积累，这可能导致过度高估所需的屏蔽。例如，工作量、源使用和占用因子往往被高估。因此，需要实现一种现实的方法来避免过于保守的设计。屏蔽的规范，包括计算，应当由合格的辐射防护专家与辐射防护官员合作进行，并应当符合监管要求。

6.10. 设施中是否需要结构屏蔽取决于各种因素，如含有辐射源的设备外部的放射性水平、设备周围区域的居留情况以及设备的使用时间。在仅使用放射性极低的放射源或放射性水平极低的辐射发生器的设施中，可能不需要结构屏蔽。应当通过测量辐射源周围的剂量率来再次确认这一点。

研究和教育设施特殊设计要求

6.11. 装卸放射源设施的设计应当包括以下内容：

- (a) 放射源和设施中产生的放射性废物的单独贮存区；
- (b) 指定用于源装卸的一个或多个区域；
- (c) 敏感计数设备（如果使用）的位置，在没有放射性污染的房间内。计数室的本底放射性水平应当很低；
- (d) 必要时，个人去污设施和设备，以及安装辐射监控和污染监控系统。

6.12. 使用非密封源的实验室应当具有无孔表面。潜在污染区域的地板需要用可清洗且耐化学损伤的不透水材料完成。地板表面也应当在墙壁与地板相接的所有接缝处弯曲，并应当密封和粘合到地板上。在某些情况下，可以考虑使用设计用于吸收溢出物的一次性地板覆盖物。此外，在入口和出口可以使用粘性垫子，以限制污染在鞋子上的传播。墙壁应当有一个光滑和可清洗的表面。可以使用可剥离的油漆，这样如果部分表面被污染，可以很容易地去除并用新的油漆替换。去除的油漆层应当作为放射性废物处理，并进行相应的管理（见第 8 部分）。

6.13. 使用或存储非密封放射性物质的所有表面，如长凳、桌子、座椅、门和抽屉把手，应当光滑且不吸水，以便于去污。使用非密封源的实验室应当配备特定设备，如去污设备和材料，以及用于存放受污染物项的专用废物容器。

6.14. 使用非密封源的实验室应当提供足够的通风。应当规定控制挥发性放射性物质，如放射性碘，这些物质在排放到大气之前，应当在通过适当过滤器通风的通风橱中处理（如碘用活性炭）。

6.15. 在使用辐射源进行研究和教育的实验室和其他房间，应当提供适当的进入控制。辐射警告标志和三叶形符号[28]应当展示在此类房间的入口处。

6.16. 用于研究和教育的放射源应当存储在一个安全的柜子或房间里，为放射源提供适当的屏蔽和进入控制。存储位置应当防火，应当远离腐蚀性物质，并应当防止化学危害。存储设施的建筑材料应当提供足够的屏蔽，以将外表面的剂量率降低到监管机构规定的相关水平以下。在适当情况

下，应当根据 GSR Part 3[1]要求 24 将存储设施指定为控制区或监督区。存储设施应当保持上锁，钥匙只能由授权人员持有。钥匙的设计应当不容易复制。还应当考虑其他安全要求（如果有的话）。应当在门上展示包含辐射三叶形符号[28]和区域指定信息的警告通知。

6.17. 需要在使用非密封放射源的每个设施中提供临时贮存放射性废物的房间或适当的存储位置。贮存设施应当上锁、适当标记并通风。包含辐射三叶形符号[28]警告通知应当显示在房间的门上。第 8 部分提供了关于放射性废物管理的进一步建议。

研究和教育中使用存放辐射源设备的设计

6.18. 专用辐照设施或自屏蔽辐照器涉及详细的设计和操作考虑[2]。自屏蔽辐照器通常被设计成在设备的整个运行寿命期间容纳放射源。源外壳应当由制造商按照适当的标准设计[2]。此类源和设备应当从具有既定质量管理体系的授权制造商处获得，如 ISO 9001[38]、GSR Part 2[29]或同等国家标准中所述，以确保设计安全特点一致。

6.19. 源容器应当被设计成健稳的，并且应当很难获得对源的未经授权的访问。

6.20. 营运组织应当确保制造商或供应商提供相关设备安全使用的信息。营运组织还应当确保这些信息以设备用户能够理解的语言提供给他们。

6.21. 营运组织应当确保在未事先评定对原始设计的拟议修改的安全影响的情况下，不对设备进行改造。初始评定应当由合格的专家和/或供应商进行评审，以确认其符合监管要求，并确定是否需要额外的授权或批准。

6.22. 包含第 1、2 或 3 类密封源的的设备的设计[27]可包括相关当局规定的强化安全和安保规定。

6.23. 关于 X 射线分析设备和中子发生器设计的资料见附件 IV。

密封放射源的设计

6.24. 密封源的设计、制造和试验应当确保符合 ISO 2919[24]或同等国家标准的要求。

6.25. 每个放射源都应当永久和清楚地标明以下细节：

- (a) 三叶形符号[28]；
- (b) “放射性”术语；
- (c) 放射性核素的化学符号和质量数（如铯-137、镅-241）；
- (d) 每种放射性核素的活度和参考日期；
- (e) 密封源的标识（型号和序列号）和制造商。

对于某些类型的源，由于源胶囊的尺寸较小，包含上述所有信息可能并不总是可行的，在这种情况下，应当将其包含在源容器中。

6.26. 应当提供源存储容器，以便在不使用时安全存储密封源。虽然存储容器没有特定的标准，但在可能的情况下，它们应当符合 ISO 3999[39]或 IEC 62598[40]适用章节，或同等的国家标准，涉及标签和设备外的剂量率。源存储容器应当包括一把锁，或应当具有一个外部上锁的容器，以防止未经授权或意外地将密封源从其屏蔽位置移走。

6.27. 一些制造商规定了密封源的推荐工作寿命。建议的工作寿命基于许多因素，包括放射性同位素的半衰期、源封装的结构以及源寿命期间的的环境条件。工作寿命是源应当保持其设计完整性的一段时间的指示。密封源应当在制造商建议的工作寿命结束时更换。或者，可以由有适当经验的机构或专家对源的状况进行实物评定，以支持其继续使用。监管机构可能会建议在污染源达到建议的工作寿命后进行某些试验，以延长其使用寿命，例如增加泄漏试验的频率或由能够使用适当设施的合格专家进行评定。

6.28. 特殊形状放射性物质的证书（见 SSR-6（Rev.1）[26]第 803 段和第 804 段）应当由营运组织保留。辐射防护官员应当不断评审特别表格证书的有效期，并在必要时获得替换证书。

在临时位置中使用辐射源

6.29. 在包括室外场所在内的临时位置使用辐射源，应当按照安全评定和管理系统的相关规定进行。这种使用只能由授权用户在辐射防护官员的监督下进行，并适当考虑安全要求。应当设置适当的标志和边界标记，以警告个人并控制进入该区域。在装卸辐射源的整个过程中，应当遵守本地规则。

7. 研究和教育中源的使用职业辐射防护

7.1. GSR Part 3[1]第 3.68—3.116 段确立了与职业照射相关的要求，包括保护工作人员的责任，工作人员守则，监控和记录职业照射，雇主和许可证持有人之间的合作，辐射防护计划下的安排，职业照射评定，工作人员健康监视，信息、指导和培训，服务条件，以及对怀孕或哺乳的工作人员和 18 岁以下正在接受培训人员的特殊安排。GSG-7[8]提供了关于职业辐射防护的建议。本部分的重点是在研究和教育设施和活动中使用源时对工作人员的防护和安全。保护工作人员的辐射防护计划的一些内容也为公众提供了保护（例如，指定控制区和监督区，以及进入这些区域）。

研究和教育中控制区和监督区的指定

7.2. 根据 GSR Part 3[1]第 3.88—3.92 段，教育和研究设施中的各种实验室、房间和房间内的区域可能需要被指定为控制区或监督区。一旦指定，这些区域必须符合 GSR Part 3[1]第 3.88—3.90 段（控制区）和第 3.91 段和 3.92 段（监督区），包括区域划定要求，警告标志，防护和安全措施，访问控制，以及提供个人防护设备、个人监控和工作场所监控设备、污染监控设备和个人去污设施。

7.3. 未被指定为控制区或监督区的所有其他实验室、房间和区域应当被视为公共领域，这些区域的放射性水平应当在当地天然本底放射性水平的范围内。

7.4. 研究和教育设施内区域的分类应当基于合格的辐射防护专家或辐射防护官员的建议。

7.5. GSR Part 3[1]第 3.89 段指出：

“在界定任何控制区的边界时，注册人和许可证持有人必须考虑到正常操作中预计的照射量、预计运行事件和事故工况下照射的可能性和程度，以及防护和安全所需程序的类型和范围。”

为避免控制区或监督区范围的不确定性，此类区域的边界应当尽可能为墙和门或其他实物屏障，并明确标明或用警告标志标识。

7.6. 控制区的指定应当基于安全评定。通常被指定为控制区设施的示例有加速器设施、使用第 1、2 或 3 类密封源的设施，以及使用大量非密封放射性物质并需要小心防止污染的实验室。

7.7. 辐射防护计划应当说明如何为研究和教育活动指定控制区，张贴什么标志，以及如何监控这些区域。为了限制控制区的范围，在可行的情况下，应当在辐射发生器和放射源周围使用屏蔽。如果合适，应当提供额外的局部屏蔽（如铅板）。应当有访问控制，以防止未经授权进入控制区。

7.8. 辐射防护计划应当说明进入控制区和监督区的规则，包括监控的必要性、个人防护设备的使用和任何特定指示。

7.9. GSR Part 3[1]第 3.91 段指出：

“注册人和许可证持有人必须将尚未指定为控制区但需要不断评审其职业照射条件的任何地区指定为监督区，即使通常不需要特定的防护和安全措施。”

许多涉及低水平放射性物质的研究工作可以在受监督的区域进行。

7.10. 在确定指定区域的边界时，考虑所有危害是很重要的。与辐射源相比，设施中的其他危害可能会带来更大的风险，并涉及更严格的控制。

7.11. 对于不对使用者造成照射危害的低水平放射性物质的使用，教学或研究活动可以在未被指定为控制区或监督区的房间或区域进行。或者，这些活动可以在教学或研究活动期间临时指定的区域进行。

研究和教育中使用辐射源的本地规则

7.12. GSR Part 3[1]第 3.94 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人与工作人员协商，或酌情通过他们的代表：

- (a) 应当以书面形式制定保护工作人员和其他人的安全所必须的本地规则和程序；
- (b) 必须在本地规则和程序中包括任何相关的调查水平或授权级别，以及在超过任何此类级别时必须遵循的程序；
- (c) 必须向其适用的工作人员和可能受其影响的其他人宣传本地规则和程序以及防护和安全措施；
- (d) 必须确保工作人员受到或可能受到职业照射的任何工作受到充分监督，并必须采取一切正当措施确保遵守防护和安全的规则、程序和措施；
- (e) 必须根据监管机构制定的标准，酌情指定一名辐射防护官员。”

7.13. 本地规则应当描述在指定区域使用辐射源的特定程序。本地规则和程序应当包括足够的信息和指导，以使工作人员安全地履行职责并符合监管要求，并应当涵盖所有可能发生辐射照射的情况，包括日常操作、废物管理、应急响应以及运输和移动放射性物质。GSG-7[8]第 3.87—3.92 段提供了关于本地规则的进一步建议。

非密封放射性物质的本地规则

7.14. 在研究和教育的许多情况下，用于防止摄入放射性物质的防护措施类似于处理其他危害化学品时使用的措施，并且符合良好的实验室规范（例如，见参考文献[41]）。在研究和教育中安全装卸非密封源的典型本地规则可能包括以下说明：

- (a) 非密封放射源应当在特别指定的区域使用，远离其他人经常光顾的区域。所使用的区域应当适合所使用的放射性物质，并应当在安全评定的基础上确定。应当张贴适当的辐射警告标志，放射性物质容器应当贴上清晰的标签；

- (b) 用户应当使用提供的屏蔽材料和其他防护设备；
- (c) 处理非密封放射性物质时，应当穿戴个人防护设备，如实验室外套、手套（适用于与所用材料相关的放射性、生物和化学危害）、防护眼镜和闭趾鞋；
- (d) 应当使用适当的辐射监控器来监控使用非密封辐射源的区域。当安全评定指示时，用户应当佩戴个人剂量计；
- (e) 有可能排放蒸汽、气体或气溶胶的非密封源应当在通风橱中处理。如果可能产生空气中的灰尘，可能需要在手套箱中处理该材料，该手套箱被批准用于防止空气中的排放和污染的传播；
- (f) 在适当的情况下，应当使用远程装卸工具；
- (g) 在离开该区域之前，人员应当使用适当的仪器仪表检查工作区域和自己是否存在放射性污染；
- (h) 人员在离开工作区域前应当脱下个人防护设备并洗手；
- (i) 在使用非密封放射性物质工作期间，人员应当避免吸烟、饮酒、存储食物、进食、咀嚼（如口香糖）、使用化妆品（包括医用或屏障霜）、触摸面部（嘴、鼻子和眼睛）、舔标签或任何其他可能增加放射性物质转移到身体风险的行为；
- (j) 应当不进行口腔吸液；
- (k) 应当保持良好的内务管理实践；
- (l) 非密封放射性物质的容器在不使用时应当保持封闭；
- (m) 应当尽可能减少放射性废物的产生，产生的任何废物都应当贮存在适当的、贴有明确标签的容器中；
- (n) 放射性废物管理应当记录在案，以确保在安全排放或处置之前对废物（固态、液态或气态）进行充分控制。液态放射性废物只能在指定的经批准的水槽中并根据监管机构颁发的授权进行处置。此类处置应当记录在案；
- (o) 所有工作都要提前计划并按计划执行。如果工作计划发生变化，应当适当调整相应的辐射安全和防护措施；
- (p) 任何观察到的异常情况应当立即报告给主管和辐射防护官员。

7.15. 研究生、研究生和其他学生也应当遵守本地规则，这些规则是为了保护他们。

7.16. 附件 I 提供了关于在研究和教育设施中安全装卸天然存在放射性物质的信息。

密封源的本地规则

7.17. 在研究和教育中安全装卸密封源的典型本地规则可能包括以下说明：

- (a) 应当使用适当的屏蔽。对于中子源，可能需要屏蔽来防止暴露于中子和光子辐射；
- (b) 当使用密封源时，应当使用适当的辐射监控器来监控该区域。当安全评定指示时，用户应当佩戴个人剂量计；
- (c) 人们应当与辐射源保持足够的距离，注意放射性水平与距离的平方成反比；
- (d) 应当使用远程装卸工具；
- (e) 应当尽量减少人员接触污染源的时间；
- (f) 源应当不无人看管；
- (g) 所有工作都要提前计划，按计划执行。如果工作计划发生变化，应当适当调整相应的辐射安全和防护措施；
- (h) 任何可疑的源丢失或损坏应当立即报告给主管和辐射防护官员。

电沉积源本地规则

7.18. 需要特别小心，以尽量减少磨损电沉积源的风险，从而导致放射性物质的排放以及对人员和工作场所的污染。电沉积源应当不通过直接擦拭该层来试验泄漏。相反，可以通过检查存储容器的污染、检查气相色谱设备的排气口或试验用于清洁源的溶液来评定电沉积的完整性。

辐射发生器本地规则

7.19. 关于在研究和教育中安全使用辐射发生器的典型本地规则可包括以下说明：

- (a) 屏蔽或联锁不得被篡改；
- (b) 人们应当不将身体的任何部分暴露在主光束中；

- (c) 每当使用 X 射线发生器时，应当使用适当的辐射监控器。当安全评定指示时，用户应当佩戴个人剂量计；
- (d) 每次使用 X 射线发生器时，都应当检查安全系统、警示灯和声音信号，以确认它们是否正常工作；
- (e) 只有经过授权的人员才允许使用 X 射线发生器；
- (f) 离开 X 射线发生器室时，应当取下辐射发生器钥匙；
- (g) 有故障的设备应当立即停止使用。只有在确认所有安全和警告系统正常工作后，才能使用维修过的设备；
- (h) X 射线发生器的任何损坏或可疑故障应当立即报告给辐射防护官员。

研究和教育中工作场所监控

7.20. GSR Part 3[1]第 3.96—3.98 段指出了工作场所监控要求，作为营运组织辐射防护计划的一部分。工作场所监控包括在工作环境中进行的测量和对结果的解释。工作场所监控可用于核实仅暴露于可预测的低水平辐射人员的照射情况。这对于没有被个人监控的学生和研究人员特别有用。

7.21. 在研究和教育设施中，工作场所监控需要包括剂量率和/或污染测量，这取决于所使用的辐射源。要求在控制区和监督区进行定期剂量率监控和污染调查（见 GSR Part 3[1]第 3.90(h)段、第 3.92(c)段和第 3.97(a)(iii)段）。应当考虑在源存储和装卸区域进行连续区域监控，尤其是在可能存在显著放射性危害的地方。GSG-7[8]提供了关于工作场所监控的进一步建议，包括工作场所监控工具的选择。

7.22. 对于研究和教育中使用的辐射源，工作场所监控计划可包括在下列位置测量剂量率：

- (a) 在源存储设施周围，确保提供足够水平的屏蔽；
- (b) 在使用辐射源或辐射发生器时，在屏障周围，以确保剂量率保持在营运组织或监管机构规定的水平以下；
- (c) 在使用放射源或辐射发生器时，在使用者的位置上确认放射性水平是可以接受的；
- (d) 在每次放射源使用结束时，核实放射源已被屏蔽，或在辐射发生器的情况下，核实辐射发射已停止；

- (e) 在运行周期结束时，在加速器周围，核实由于活化而产生的放射性水平低于营运组织或监管机构规定的水平；
- (f) 在产生或存储放射性废物的实验室或室内及其周围，包括污水存储室；
- (g) 在辐射源附近的房间，核实放射性水平符合保护公众的监管要求；
- (h) 在运输放射性物质之前，在运输货包和车辆周围，确认符合 SSR-6 (Rev.1) [26]规定的剂量率要求。

7.23. 营运组织应当确保在设施中提供足够数量的合适工作场所监控仪器仪表和用户导则。如果使用连续监控系统，辐射防护官员应当设定音频和视频警报级别。

7.24. 用于剂量率监控的仪器仪表应当酌情根据环境剂量当量或方向剂量当量进行校准。校准应当是最新的，并且应当可以追溯到标准剂量测定实验室。对于全身外部辐射的估计，量是环境剂量当量 $H^*(10)$ ，单位是希沃特及其子倍数。GSG-7[8]第 2.27—2.72 段提供了关于剂量量的更详细建议。

7.25. 在使用非密封放射性物质的实验室中，工作场所监控计划应当包括测量下列放射性污染：

- (a) 所有工作表面（包括外壳内部）、工具、设备和设备、地板以及任何要从非密封放射性物质处理区移走的物项；
- (b) 非密封放射性物质的存储容器和存储设施的内表面；
- (c) 工作场所空气（视情况而定）；
- (d) 放射性废物和流出物贮存室；
- (e) 与处理非密封放射性物质的区域相邻的区域；
- (f) 运输货包的外表面，以确认符合 SSR-6 (Rev.1) [26]规定的表面污染要求。

7.26. 处理非密封放射性物质的人员在离开该区域时，应当检查是否有个人污染（包括手、脚、脸、身体和衣服，视情况而定）。

7.27. 如果装有放射源的运输货包在抵达时受损，应当进行可清除污染和外部剂量率调查。如果发现剂量率和/或污染水平超过 SSR-6 (Rev.1) [26]

规定的限值，则要求托运人、承运人和运输过程中可能受到影响的任何组织通知，并要求采取适当措施缓解后果，调查事故并向监管机构和运输主管当局报告调查结果（见 SSR-6（Rev.1）[26]第 309 段）。

研究和教育中个人照射的监控和评定

7.28. “监控”术语是指为了评定或控制辐射照射或放射性物质照射以及解释结果而对剂量、剂量率或放射性活度进行的测量[23]。监控和评定个人照射有助于确保防护和安全的最优化以及符合剂量限值。

7.29. 视涉及辐射源活度的性质和范围而定，个人照射监控计划的目的可包括以下几点：

- (a) 评定工作人员和其他人的照射情况，并证明符合监管要求；
- (b) 确认研究和教育实践的有效性（例如监督和培训的充分性）和工程控制；
- (c) 确定放射性条件是否得到充分控制，操作变化是改善了还是恶化了这种情况；
- (d) 通过评审个人和团体的监控数据，定期评价操作程序。这种数据可用于识别操作程序和设计特征的好的和坏的特点，从而有助于开发更安全的程序；
- (e) 提供工作人员和其他人可以用来了解他们如何、何时、何地照射的信息，并鼓励他们优化他们的照射；
- (f) 为发生事故时剂量的评价提供信息。

7.30. 监控计划应当由营运组织与辐射防护官员协商，并酌情与合格专家协商，在安全评定的基础上设计，同时考虑到监管要求。

7.31. 监控计划可以是常规的、特殊的或确认性的，视监控目的而定，特定如下：

- (a) 常规监控与持续经营相关，旨在满足监管要求，并证明工作条件（包括个人剂量水平）仍然令人满意；

- (b) 特别监控具有调查性质，通常涵盖特定场合、活动或任务。通常应当在新设施的调试阶段、对设施或程序进行重大修改后，或在异常工况下（如事故）开展活动时进行；
- (c) 进行确认性监控以检查关于照射条件的假设。

这些类型的监控计划中的每一种都可能涉及外部照射评定、皮肤污染评定和/或因摄入放射性核素而导致的内部照射评定（酌情使用工作场所监控或个人监控）以及结果解释。

使用个人剂量计外部照射的评定

7.32. 辐射防护计划应当规定需要佩戴个人剂量计的人员、佩戴的剂量计类型、监控期以及剂量计评定和剂量记录保存的安排。所有经常进入根据外部照射指定的控制区或监管机构要求使用个人剂量计的人员（包括研究生和研究人员、教师、研究人员和实验室助理）都应当佩戴个人剂量计。GSG-7[8]第 7.1—7.132 段提供了关于外部照射评定的更详细建议。

7.33. 为确保个人剂量计能准确评定个人剂量，营运组织应当作出下列规定：

- (a) 在安全评定中确定辐射源的所有活动中，应当佩戴剂量计；
- (b) 剂量计只能由专门发给剂量计的人佩戴。剂量计旨在评定在研究和教育中使用辐射源的个人照射，在医疗照射期间应当不佩戴；
- (c) 应当根据剂量测定服务提供者的建议佩戴剂量计。剂量计应当佩戴在为其设计的身体部位，并佩戴在代表照射的位置。例如，当监控台式辐射实验的辐射照射时，“全身”剂量计应当放置在腰部高度，而指环剂量计应当放置在可能受到最高照射的手指上，测量元件朝向辐射源；
- (d) 应当注意避免损坏剂量计（剂量计可能被水、高温、高压和实物撞击损坏）；
- (e) 不使用时，剂量计应当存放在指定的低本底位置。控制剂量计应当放置在该位置；
- (f) 剂量计应当在佩戴期结束时立即归还给剂量测定服务部门。当个人可能接受了意外的高剂量时，剂量计应当立即返还进行紧急处理，以评定个人的剂量；

(g) 如果怀疑剂量计已经损坏或在未佩戴时受到辐射，应当通知剂量测定服务部门。

7.34. 为了评定工作人员的照射，营运组织需要从经批准的剂量测定服务机构获得剂量计（见 GSR Part 3[1]第 3.99 段）。GSG-7[8]第 7 部分提供了关于批准的剂量测定服务的建议。营运组织可以要求监管机构提供一份经批准的剂量测定服务清单。

7.35. 可以酌情使用个人剂量计，如热释光剂量计、光学激发发光剂量计、放射性发光剂量计、电子剂量计和中子监控徽章来评定个人外部剂量。剂量计的选择应当由辐射防护官员做出，可能与个人剂量测定方面的合格专家一起做出。剂量计应当适合所用辐射源的类型。除了需要满足各种技术要求之外，剂量计的选择还可能受到可用性、成本和坚固性以及监管要求等因素的影响。

7.36. 能动个人剂量计（即电子剂量计）给出接收剂量的即时读数。这种剂量计可以是一种非常有用的工具，用于涉及较高辐射剂量率的活动中的照射最优化，或用于评定特定任务（如源装载和卸载、服务和维护）中的照射。电子剂量计的剂量和/或剂量率警报功能也有助于将辐射剂量保持在合理可达尽量低水平以及预防事故和/或缓解事故后果。在适当情况下，电子剂量计应当补充（而不是替代）非能动剂量计的使用。

使用工作场所监控外部照射的评定

7.37. 可以根据工作场所监控的结果来估计个人照射量。这对不受个人监控的工作人员特别有用。为工作场所监控选择的位置应代表个人的居留模式。有效剂量可以从测量的环境剂量当量 $H^*(10)$ 推断出来。参考文献[42]提供了不同类型辐射和能量的环境剂量当量与有效剂量的转换系数。除极低能光子外，其他光子的转换系数均接近 1。GSG-7[8]提供了进一步的建议。

内部照射评定

7.38. 对于某些研究活动，某些工作人员或其他人可能会受到内部照射（通过摄入、吸入或吸收放射性物质）。安全评定应当说明是否有必要进行内剂量评定，以及需要为评定此类剂量做出哪些安排。

7.39. 对放射性核素摄入剂量的评定可基于涉及下列一种或多种测量方法的个人监控结果：

- (a) 测量全身或甲状腺或肺等特定器官中的放射性核素；
- (b) 测量排泄物或呼吸等生物样品中的放射性核素；
- (c) 使用个人空气取样设备采集的空气样品中活度浓度的测量。

7.40. 个人内部照射评定计划应当酌情在适当服务提供者的协助下进行。必要时，应当在合格专家的协助下进行内部剂量评定，以根据测量数据确定有效剂量。

7.41. 在某些情况下，可以根据工作场所监控结果正当估计吸入引起的内部照射。在这种情况下，监控计划应当考虑到详细信息工作人员的居留情况以及工作场所空气浓度的时间和空间变化。在可能的情况下，关于工作场所表征的特定数据应当优先于使用默认值。测量值应当包括在剂量记录中，以记录已进行的测量，并提供信息支持未来可能对剂量进行的任何再评定。

个人照射的记录

7.42. 根据 GSR Part 3[1]第 3.103 段规定，营运组织应当保存每个需要进行职业照射评定的工作人员的个人照射记录。记录应当包含工作人员接受的外部剂量和内部剂量的详细信息，以及 GSR Part 3[1]第 3.105 段规定的其他信息。这包括明确识别在事故或紧急情况下接受的任何剂量，以区别于在日常工作中接受的剂量。GSG-7[8]提供了进一步的建议。

7.43. GSR Part 3[1]第 3.106 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人：

- (a) 必须向工作人员提供其自身职业照射的记录；
- (b) 必须向工作人员健康监视计划主管、监管机构和相关雇主提供查阅工作人员职业照射记录的途径；
- (c) 当工作人员改变工作时，必须促进向新雇主提供工作人员接触记录的副本；

- (d) 必须酌情安排雇主、注册人或许可证持有人保留前工作人员的照射记录；
- (e) 在遵守上文(a)至(d)项的规定时，必须适当注意保持记录的保密性。”

当受监控人员不再从事辐射源工作或停止在辐射设施工作时，应当向他们提供剂量记录摘要。

7.44. 要求保留记录，直到工作人员达到或将达到 75 岁，并在辐射工作停止后至少保留 30 年（见 GSR Part 3[1]第 3.104 段）。

7.45. GSR Part 3[1]第 3.107 段指出：

“如果雇主、注册人和许可证持有人停止从事使工作人员受到职业照射的活动，他们必须作出安排，由监管机构或国家登记处，或酌情由相关雇主、注册人或许可证持有人保留工作人员的职业照射记录。”

调查水平

7.46. 调查水平是一个量值，如单位面积或体积的有效剂量、摄入量或污染，达到或超过该值将进行调查[23]。应当设定调查水平，以便发出警告，说明需要评审程序和业绩，调查哪些工作没有按预计进行，并及时采取纠正措施。例如，可以调查超过年度剂量限值某一部分的月剂量。应当以防护和安全最优化为目的进行调查并记录调查结果。GSG-7[8]第 3.122 – 3.128 段提供了关于调查水平的更详细建议。

研究和教育中使用源人员防护设备

7.47. 安全评定应当确定使用辐射源工作所需的个人防护设备。在提供工程控制和行政控制后，需要考虑个人防护设备（见 GSR Part 3[1]第 3.93 段）。

7.48. GSR Part 3[1]第 3.95 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人必须确保：

- (a) 向工作人员提供符合相关标准或规范的适当和充分的个人防护设备，包括：
 - (i) 防护服；
 - (ii) 其特征为使用者所知的呼吸防护设备；
 - (iii) 防护围裙、防护手套和器官防护罩。
- (b) 在适当的情况下，工作人员接受适当使用呼吸防护设备的充分指导，包括试验是否合适；
- (c) 需要使用某些个人防护设备的任务只分配给那些根据医疗建议能够安全地维持必要的额外努力的工作人员；
- (d) 所有个人防护设备，包括在紧急情况下使用的设备，都保持在适当的状态，并在适当的情况下定期进行试验；
- (e) 如果考虑在任何特定任务中使用个人防护设备，必须考虑到由于额外时间或不便而可能导致的任何额外照射，以及在执行任务时使用个人防护设备可能带来的任何非放射性风险。”

对于研究和教育中使用源，最常见的个人防护设备是旨在将污染风险降至最低的设备，如实验室外套或工作服、手套、防护眼镜和套鞋。在某些情况下，防护眼镜也可用于防止外部照射，例如 β 辐射。根据特定情况，可能需要其他防护设备，如铅围裙。

7.49. 如果提供实验服，营运组织应当提醒个人做以下事情：

- (a) 使用非密封放射源后，监控实验室外套；
- (b) 不要在指定的工作区域外穿实验室外套；
- (c) 将实验室外套存放在指定工作区域内的挂钩或储物柜中；
- (d) 洗涤前监控实验室外套的污染情况。

7.50. 必要的个人防护设备应当在本地规则和程序中明确规定，并应当在实验室入口处张贴标志，提醒个人潜在的危害和个人防护设备的必要性。此类标志应当使用该地区所有人都能理解的语言，并应当包含易于理解的标志或符号。

7.51. 当对污染控制的需求增加时，考虑在控制区和其他区之间设置实物屏障是合适的。这些进入控制点是控制区和进入不受控制区之间的明确分

界线。进入的安排取决于工作场所的潜在危害和条件。例如，个人防护设备可以简单到套鞋和实验室外套，也可以复杂到工作服、靴子、手套、呼吸防护设备、头部防护和眼睛防护。在进入控制区之前，应当在入口处穿戴个人防护装备，并在离开控制区之前立即脱下。

健康监视计划

7.52. 健康监视计划的主要目的是评定工作人员对其预计任务的初始和持续健康状况。GSR Part 3[1]第 3.108 段和第 3.109 段指出了此类计划的要求。

7.53. 对于在研究和教育设施中使用辐射源的工作人员来说，健康监视计划可能没有必要。然而，在极少数过度照射人员的情况下（即照射于远高于剂量限值的剂量），有必要进行涉及生物剂量测定和进一步扩展诊断和药物治疗的特殊调查[8]。在内部污染的情况下，可能需要进行额外的调查，以确定放射性核素在体内的摄入和滞留。

7.54. 应当向担心辐射照射的学生和工作人员提供咨询。咨询应当在有适当经验和合格的职业医生的建议下进行。GSG-7[8]第 10 部分提供了进一步的建议。

7.55. 对职业照射工作人员的任何医疗检查都应当在执业医师的指导下遵循职业医学的一般原则。检查应当在辐射源工作开始前完成，此后定期进行。作为事故跟进的一部分，额外的检查也可能是必要的。

7.56. 如果流动工作人员接触到其工作设施控制下的污染源，该设施的营运组织必须与工作人员的雇主作出特殊安排，以确保向他们提供必要的工作人员健康监视（见 GSR Part 3[1]第 3.109 段）。

7.57. 健康监视记录应当保密，并以监管机构批准的方式保存。记录应当在工作人员的一生中保存。

研究和教育中使用源的信息、指导和培训

7.58. GSR Part 3[1]第 3.110 段指出：

“雇主与注册人和许可证持有人合作：

- (a) 必须向所有工作人员提供关于其在正常操作中的职业照射所造成的健康风险、预计运行事件和事故工况的充分信息，在防护和安全方面的充分指导和培训以及定期复训，以及关于其防护和安全行动的重要性的充分信息；
- (b) 必须向可能参与应急响应或受其影响的工作人员提供适当的信息、充分的指导和培训以及定期的再培训，以防护和安全；
- (c) 必须保存向工作人员个人提供培训的记录。”

7.59. 使用辐射源的研究和教育设施及活动的营运组织负责确保辐射源的安全使用，并符合监管要求和本地规则。因此，营运组织应当确保研究和教育设施中使用辐射源的所有人员都具有适当的资格和能力，并在与其职责和活动相适应的水平上接受过防护和安全方面的培训。

7.60. 辐射防护计划应当说明为所有直接参与涉及使用辐射源和相关材料的研究或教育活动的工作人员和学生提供的防护和安全培训计划活动。培训应当针对所使用的辐射源。辐射防护计划应当包括一个“辐射意识”计划，酌情针对支持辐射源工作但没有直接参与的其他人，如经理、一般维护人员和行政人员。

7.61. 就中学而言，辐射防护官员通常是科学教学人员中的一员。辐射防护官员应当确保所有使用辐射源的人遵守本地规则和相关程序。辐射防护官员应当向在以下领域使用辐射源的工作人员和学生提供适当的书面指示和培训：辐射源存储的安全和安保，安全装卸各类辐射源，正确使用相关设备，正确使用监控设备，在发生涉及辐射源的事件或事故时应当采取的行动，记录保存，以及何时向辐射防护官员寻求建议。

7.62. 对于使用辐射源进行实验的本科生或研究生，辐射防护官员应当就辐射防护的基本概念、本地规则以及学生将使用的辐射源的安保和安全装卸提供简短的讲座和书面说明。讲座可以预先录制，在每学期开始时播放，并可以在大学网站上获得，条件是学生在使用辐射源进行实验之前观看视频。

7.63. 对于研究生和从事辐射源工作的研究人员，辐射防护官员应当确保提供适合所用辐射源的培训。培训应当包括辐射防护的基本概念、辐射源

的安全装卸、本地规则，以及适当时放射性废物的管理以及放射性物质的运输和移动。在成功完成基本辐射安全培训后，研究生和研究人员应当接受关于他们将使用的辐射源、放射性核素及其活度（或辐射发生器的输出）、放射源的实物形状以及与其工作相关的其他危害（如生物、化学、物理）的特定培训。该培训应当由熟悉所用实验和程序的人员提供。培训还应当涵盖应急准备和响应专题，包括应急计划和程序，以及实施缓解行动和防护行动的程序演练。安保方面的培训应当是培训的一个组成部分。

7.64. 应当通过复训计划更新知识和技能。这种培训应当包括评审辐射防护的基本概念，关于设备、政策和程序变化的信息，从设施过去事件中获得的经验以及监管要求的变化（如有）。复训的频率应当符合监管要求。复训通常每隔两年或更短时间进行一次。这种培训可以与实验技术的其他复习培训相结合。法规的修订或安全问题的通知应当尽快以书面指示的形式发布，然后纳入复训。

7.65. 应当评定受训人员安全开展培训活动的的能力。在学员成功展示必要技能之前，应当不允许他们独立开展辐射源活动。培训计划应当规定完成培训的标准，如通过笔试和实际练习所需的最低分数，以及受训人员不及格时应当遵循的程序。考试应当酌情包括评定与处理辐射源相关的理论知识和实践技能。成功完成培训应当记录在案，并附有证明。那些没有成功展示足够技能的人应当接受再培训，或者不允许与源一起工作。

7.66. 应当酌情在培训计划中列入关于适用于18岁以下受培训人员和怀孕或哺乳人员额外要求的信息（见第7.68—7.73段）。

7.67. 培训记录应当符合监管要求和监管机构的任何建议。相关培训的更多信息见参考文献[43]。

服务和特殊安排条件

7.68. GSR Part 3[1]要求27规定“雇主、注册人和许可证持有人必须不提供福利作为防护和安全措施的替代品。”

7.69. GSR Part 3[1]要求28规定：

“雇主、注册人和许可证持有人必须在必要时为女工作出特殊安排，以保护胚胎或胎儿和母乳喂养的婴儿。雇主、注册人和许可证持有人必须为正在接受培训的 18 岁以下人员的防护和安全作出特殊安排。”

怀孕或哺乳工作人员

7.70. GSR Part 3[1]没有明确要求工作人员将疑似怀孕或哺乳通知雇主。但是，工作人员有必要了解发出此类通知的重要性，以便根据 GSR Part 3[1]要求 28 改变她们的工作条件。GSR Part 3[1]第 3.113(b)段指出了雇主与注册人和许可证持有人合作向工作人员提供这方面适当信息的要求。

7.71. 接到疑似怀孕通知的雇主必须调整职业照射方面的工作条件，以确保胚胎或胎儿获得与公众成员相同的广泛保护（见 GSR Part 3[1]第 3.114 段）。对胚胎或胎儿剂量的限制并不意味着怀孕工作人员应当避免辐射工作，但它确实意味着雇主应当仔细评审她们的照射条件。

7.72. 应当向怀孕工作人员提供信息、建议，并在需要时提供咨询（另见第 7.54 段）。GSG-7[8]提供了进一步的建议。

正在接受培训的 18 岁以下人员

7.73. GSR Part 3[1]第 3.116 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人必须确保 18 岁以下的人员只能在监督下进入控制区，并且只能用于他们正在或可能遭受职业照射的就业培训，或用于使用源的研究。”

8. 研究和教育中放射性废物管理和退役

研究和教育中放射性排放的管理

8.1. GSR Part 3[1]第 3.132—3.134 段确立了关于放射性物质排放的要求。计划向环境排放液体或空气中放射性物质的研究和教育设施必须向监管机构申请授权。

8.2. GSR Part 3[1]第 3.131(a)段要求产生的任何放射性废物在活度和体积方面保持在最低可行水平。向环境的排放也应当保持在可行的最低限度，并应当在可行的情况下进行放射性核素衰变的临时存储。监管机构必须建立或批准授权的排放限值（见 GSR Part 3[1]第 3.123 段）。

8.3. 原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-9 号《放射性流出物排入环境的监管控制》[44]提供了关于排放的授权和控制的建议。它包括对设施申请排放授权的建议，以及对监管机构处理排放申请的建议。

8.4. 在申请排放许可时，研究或教育设施的营运组织应当特定说明要排放的放射性物质的特征和活度，以及从设施排放的可能位置和方法。

8.5. 授权申请应当包括适当的环境放射性影响评定，其中应当考虑排放的放射性核素可能导致公众成员照射的所有重要照射途径，并估计公众照射水平（即代表人的剂量）。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-10 号《设施和活动的预计放射性环境影响评定》[45]提供了进行此类评定的建议。

8.6. 申请还应当特定说明用于确保排放符合监管要求的控制措施。这些措施应当定期评审，并在实践发生变化时进行评审，以确保保持对排放的有效控制。营运组织应当致力于在源实施控制措施，以减少放射性排放。例如，应当使用工程控制设备（如装有木炭过滤器以去除放射性碘的通风柜）来减少排放到大气中的放射性物质，应当确认此类控制措施的有效性。任何此类工程控制（如通风系统、管道、过滤器、排水系统、机械手、屏蔽、溢出控制系统）应当定期维护和试验。

8.7. 一些计划仅排放少量放射性物质的研究或教育设施（如使用放射性示踪剂的实验室）可能符合豁免排放授权要求的标准。此类豁免可由监管机构逐案批准，也可在法规中规定。豁免授权应当考虑现场所有设施（如校园内的所有实验室）的排放。

8.8. 根据监管机构制定的报告标准（见 GSR Part 3[1]第 3.137(d)段），营运组织必须及时向监管机构报告任何超过授权限值的排放。作为授权的一部分，监管机构可指定排放监控计划。GSG-9[44]提供了关于排放监管控制的进一步建议。

8.9. 在向环境排放的情况下，辐射监控计划应当在必要时包括使用能够探测放射性水平远低于授权限值的相关放射性核素的仪器仪表对此类排放进行测量（酌情定期或连续）。监控设备可用于测量在规定时间内排放到大气中的综合辐射，或提供即时测量。

研究和教育中放射性废物的管理

8.10. GSR Part 3[1]第3.131段和原子能机构《安全标准丛书》第GSR Part 5号《放射性废物的处置前管理》[46]确立了放射性废物管理的要求。原子能机构《安全标准丛书》SSG-45《医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质产生的放射性废物的处置前管理》[47]提供了如何满足这些要求的建议。

8.11. 除了废弃密封源²，研究和教育设施主要产生放射性废物，包括不再需要的非密封放射性物质以及受污染的材料和物项。

8.12. 未使用或不再使用的密封放射源应当考虑回收和再使用，作为处置的替代办法，并获得监管机构的适当授权。这些的再循环和再使用可包括以下方面[47]：

- (a) 所有人或经适当授权的新所有人重新使用密封放射源；
- (b) 制造商或从事回收工作的另一授权组织回收密封放射源；
- (c) 设备和防护服等材料的去污和/或再使用；
- (d) 符合监管机构规定的取消监管控制条件的材料的回收和再使用。

当不再需要密封源时，它们就会被废弃，应当归还给原来的供应商或制造商。如果这是不可能的，废弃密封源应当转移到一个集中的废物管理设施，或通过监管机构授权的途径进行处置。等待返还给供应商或转移到授权废物管理设施的废弃密封源应当安全可靠地存储在研究或教育设施的放射性废物贮存室。应当继续监控某些设备（如 γ 辐照器）中无法转移到废物贮存室的废弃密封源，并应当安排尽快将其返还给供应商或制造商。废弃密封源应当记录在密封源库存中或包括在放射性废物库存中。

² 废弃密封源是指由永久密封在胶囊中或紧密结合的固态形状（不包括反应堆燃料元件）的放射性物质组成的放射源，不再用于也不打算用于已获授权的实践[23]。

8.13. 应当提供废物贮存室或厂房，未研究教育设施产生的放射性废物（液态和/或固态，视情况而定）提供空间。辐射警告标志和三叶形符号[28]应当展示在此类房间的入口处。房间或厂房应当特别设计以满足所产生的放射性废物贮存需要。设计应当考虑到与废物相关的其他危害，如化学或生物危害，并应当符合此类废物贮存的监管要求。废物仓库可以在产生废物的同一厂房内，也可以在设施场地内的不同厂房内。只有经过适当培训并经辐射防护官员批准的人员才能进入废物贮存库。

8.14. 放射性废物贮存库应当配备通风系统和消防系统。贮存库应当具有易于清洁的无孔地板和墙壁，在适当进行屏蔽以实现职业照射和公共照射最优化。还应当提供适当的辐射监控器。如有必要，放射性流出物储罐应当配备液位测量和警报系统、防溢容器、围衬和屏蔽。

8.15. 作为放射性废物管理的一部分，营运组织需要根据监管机构制定或批准的要求对废物进行表征和分类（见 GSR Part 5[46]要求 9）。这种分类需要考虑到废物的物理、机械、化学、放射性和生物特性（见 GSR Part 5[46]第 4.10 段）。来自研究和教育设施和活动的不同形状的放射性废物的示例包括含有残留放射性的小瓶、可分解的生物废物、需要消毒的传染性废物、破碎的玻璃器皿、被污染的衣服和液体有机化学物质（例如液体闪烁溶液）。如果焚烧含有放射性同位素的动物尸体，应当充分注意确保焚烧产生的放射性废物得到安全处置。应当在产生废物的区域提供容器，以便分离不同类型的放射性废物。容器必须适合其用途（例如，在容积、屏蔽和密封性方面）。这些容器的内表面应当光滑，便于去污，或衬有可移除的坚固聚乙烯片或袋子，可作为放射性废物处置，并用新的替代。

8.16. 要求尽量减少研究或教育设施产生废物的体积和活度（见 GSR Part 3[1]第 3.131(a)段）。为满足这一要求，应当采取以下措施：

- (a) 应当尽量减少用于清洗实验室物项的水或溶剂的体积；
- (b) 非放射性废物应当不与放射性废物混合；
- (c) 废物应当按实物形状分类（例如塑料和金属固体废物、有机和含水液态废物）；
- (d) 固体废物应当与液体、粉末和气态废物分开，并应当分为废弃密封源和受污染的固态物体；
- (e) 短半衰期废物应当与长半衰期废物分开；

(f) 应当为废物提供适当的容器，以确保在贮存过程中不会发生污染。考虑到废物的物理和化学特性，密封可包括滴水或溢出物托盘或堤坎。

8.17. 应当对每个废物容器进行管理，以控制容器内的总活度，并确保包装适合满足废物处理服务部门规定的废物验收标准，以及如果适用，满足相关运输货包要求。营运组织还应当实施程序，确保容器外部的剂量率和污染水平保持在尽可能低的水平。应当在每个废物容器的外部记录每个废物容器中的库存（放射性核素和总活度），同时记录日期、所用任何辐射监控设备的详细情况以及负责产生废物和管理废物人员的姓名。

8.18. 含有短半衰期放射性核素的固体废物应当贮存在废物贮存设施的指定部分（并在必要时进行屏蔽），直到放射性衰变到低于 GSR Part 3[1]附表 I 或同等国家标准中规定的解控水平。当达到解控水平时，废物可作为非放射性废物处理。

8.19. 含有长半衰期核素的固体废物应当转移到经授权管理这类废物的设施。废物应当迅速到这种设施处置，以限制放射性废物的积累，从而减少研究或教育设施的放射性危害。如废物容器适于再使用，则可由废物退回符合 SSR-6 (Rev.1) [26]关于空包装安全运输要求的研究或教育设施的管理设施。

8.20. 一些使用含天然存在放射性物质材料的研究实验室（如加工天然存在放射性物质的示范工厂）可能会产生大量含天然存在放射性物质的残留物和废物。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-60 号《铀生产和其他活动产生含有天然存在放射性物质残留物的管理》[48]提供了关于标准残留物和废物管理的建议。

8.21. 根据授权条款和条件不能排放的含有长半衰期放射性核素的液态流出物应当存储在特定的储罐或容器中（酌情屏蔽），并转移到经授权接收此类废物的废物管理设施。在某些情况下，液态废物可以在研究或教育机构进行处理，产生的固体废物可以根据监管要求进行处置。

8.22. 要求营运组织保持一份产生、贮存、转移或处置的所有放射性废物的表格（见 GSR Part 3[1]第 3.131(e)段）。记录应当确定存储的所有放射性废物和已处置的所有放射性废物的来源。这些记录需要保留监管机构规定

的一段时间（见 GSR Part 5[46]第 3.11 段）。每个废物容器的记录应当包括以下内容：

- (a) 容器识别号；
- (b) 产生废物的人员和实验室的名称；
- (c) 容器放入存储室的日期；
- (d) 容器关闭并转移至仓库时的内容物和辐射监控结果：
 - (i) 总活度（对于液体废物，活度浓度）；
 - (ii) 剂量率；
 - (iii) 外表面污染。
- (e) 估计衰变期（用于解控含有半衰期短的放射性核素的废物；见第 8.18 段）；
- (f) 与废物相关的任何其他危害，如生物或化学危害；
- (g) 当容器被批准作为非放射性废物处置或转移到授权的外部废物管理设施时，其内容和辐射监控结果：
 - (i) 总活度（以及为解控目的和为液体废物，活度浓度）；
 - (ii) 剂量率；
 - (iii) 外表面污染。
- (h) 作为非放射性废物处置的解控日期，或转移到授权的外部放射性废物管理设施的日期；
- (i) 转移废物的废物管理设施的详情；
- (j) 最终授权处置的确认记录。

8.23. 如果不同的研究实验室在同一设施中贮存放射性废物，营运组织应当制定规则，说明每个实验室人员的责任和每个实验室的废物验收标准。每个实验室都应当保存一份该实验室产生的放射性废物库存的表格。当来自几个实验室的放射性废物合并时，对放射性废物的责任可移交给该设施的辐射防护官员。

8.24. 不再使用的辐射发生器应当在处置前使其无法操作（例如切断电源或销毁 X 射线管）。对于加速器，应当进行测量以核实没有因活化而产生的残留放射性。如果放射性仍然存在，受污染或活化的材料应当作为放射性废物处理。如果辐射发生器用于非密封源的实验，应当进行测量以确认

表面污染在监管范围内。一旦无法操作和任何残留放射性被清除，辐射发生器可以被送去再使用，用于材料的回收或适当的处理设施。X 射线管通常含有有害物质，可能需要按照其他适用法规作为危险废物进行处置，例如对于陈旧的电气设备。

研究和教育设施的退役

8.25. 原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 6 号《设施退役》[49]规定了设施退役的要求。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-49 号《医疗、工业和研究设施的退役》[50]提供了相关建议。

8.26. 如果在研究或教育设施或活动中停止使用辐射源，并且在可预见的将来没有恢复的计划，则该设施应当退役。示例包括不再使用设备、研究计划完成或实验室关闭的情况。退役过程应当包括以下内容：

- (a) 密封源应当移交给经授权的组织（见第 8.12 段）；
- (b) 非密封放射源应当按照授权排放到环境中（见第 8.1—8.9 段），或转移到经授权的放射性废物处置设施（见第 8.21 段）；
- (c) 应当使辐射发生器无法工作，并移除任何放射性成分（见第 8.24 段）；
- (d) 营运组织应当保存放射源和放射性废物的所有接收、贮存、转移或处置记录（包括经授权的放射性废物处置设施提供的接收和处置确认书）；
- (e) 应当进行全面的工作场所监控调查，以确认设施中没有放射源、放射性废物或污染物。这项调查应当结合直接监控、对表面和地板的擦拭物进行分析，并酌情对其他材料进行取样和分析；
- (f) 所有辐射三叶形和警告通知应当从设施中移除；
- (g) 需要准备一份最终退役报告（见 GSR Part 6[49]第 9.1 段）。该报告应当包括最后的辐射调查和辐射源存储、转移或处置的详细情况。最终退役报告还需要提交监管机构评审和批准。

9. 研究和教育中源的使用公众的辐射防护

9.1. 在研究和教育中使用辐射源的设施内和周围的人可能会受到公众照射。这包括在学术研究中使用辐射源的中学生、大学本科生和研究生。在这类设施中工作但不直接参与使用辐射的人员，例如行政支助人员必须获得与公众同等水平的防护（见 GSR Part 3[1]第 3.78 段）。

9.2. 作为安全评定的一部分，需要对公众照射的风险进行评定（见 GSR Part 4（Rev.1）[37]第 4.19 段）。需要进行这一评定，以表明是否采取了适当的措施来控制公众照射（见 GSR Part 4（Rev.1）[37]第 4.25 段）。

9.3. 本“安全导则”第 8.1—8.9 段提供了相关保护公众免受研究和教育设施放射性物质排放的建议。

9.4. 保护公众免受来自研究和教育设施的直接外部照射的主要手段是确保含有辐射源的设备得到充分屏蔽。屏蔽，包括辐射源周围的屏蔽、结构屏蔽（必要时）和为放射性废物贮存位置提供的屏蔽，必须足以确保防护得到最优化（见 GSR Part 3[1]第 3.49(d)段）。

9.5. 限制进入控制区（见 GSR Part 3[1]第 3.90 (c) 段），并在适当的情况下进入受监督的区域，是控制公众成员以及不直接接触辐射源的人员照射的重要手段。每个控制区应当有数量有限的入口，并应当在每个入口放置标志，明确说明谁可以进入该区域。

9.6. 要求 32 和 GSR Part 3[1]第 3.137 段规定了设施和活动在监控和报告公众照射方面应当满足的要求。

10. 研究和教育中使用放射源的运输和移动

10.1. SSR-6（Rev.1）[26]将责任分配给托运人（准备运输放射性物质的个人、组织或政府），承运人（从事放射性物质运输的个人、组织或政府），和收货人（接收放射性物质货物的个人、组织或政府）。

10.2. 放射性物质的运输是一项复杂的活动，对 SSR-6（Rev.1）[26]规定相关要求的全面概述超出了本“安全导则”的范围。关于如何满足 SSR-6

(Rev.1) [26]规定的要求的建议见原子能机构《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) [51]。

10.3. 根据 GSR Part 7[10]和 SSR-6 (Rev.1) [26], 放射性物质运输需要应急准备和响应安排。关于这些安排的特定建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-65 号《涉及放射性物质运输的核或辐射紧急情况准备和响应》[52]。还应当遵守放射性物质运输安保导则[35], 同时考虑到放射源在运输过程中可能更容易被盗。

10.4. 研究或教育设施的营运组织在设施发送放射性物质托运货物时负有托运人的责任, 在设施接收放射性物质托运货物时负有收货人的责任。在某些情况下, 营运组织也可能负有承运人的责任, 例如在使用移动辐射源进行实地工作时。对于一些研究和教育机构来说, 接收放射性物质可能是经常发生的事情。当研究或教育机构将废弃的放射源返还给供应商时, 当放射性废物被转移到有许可证的废物管理设施时, 或者当放射性样品被转移到另一个有许可证的设施时, 也将进行装运。辐射防护官员或其他受过适当培训的人员应当根据 SSR-6 (Rev.1) [26]酌情准备放射性物质的托运、运输和接收程序。

10.5. 用于研究工作或研究的放射性物质和含有放射源的设备的运输应当遵守关于放射性物质运输的国家(和相关的国际)条例。如果发现装有放射性物质的货包在收到时受损, 则需要评定任何污染的程度和外部剂量率, 并采取适当行动对其进行安全管理(见 SSR-6 (Rev.1) [26]第 510 段和第 511 段)。

10.6. 在研究或教育设施中使用放射性物质的人员有时可能需要在设施或场所内移动放射源。放射源只能在研究或教育领域内移动容器中的设施, 提供源的安全以及对工作人员和公众的防护。可分散源(如放射性液体)应当存放在密封容器中, 该容器应当包含足够的吸收材料, 以将任何溢出物保持在密封系统内。容器还应当提供足够的屏蔽, 并应当在授权人员的直接监督下用手拉车或手推车移动。此外, 应当向辐射防护官员通报放射源的移动情况。应当维护被转移的放射源的安保。辐射防护官员应当准备在同一地点的厂房之间移动放射性物质的程序。

11. 研究和教育中辐射源使用应急准备和响应

11.1. GSR Part 7[10]对紧急情况定义如下：

“需要迅速采取行动的非常规情况或事件，主要是为了缓解对人类生命、健康、财产或环境的危害或不利后果。

“这包括核或辐射紧急情况以及火灾、危害化学品排放、风暴或地震等常规紧急情况。

“这包括需要迅速采取行动以缓解感知到危害影响的情况。”

11.2. GSR Part 7[10]对核或辐射紧急情况的定义如下：

“由于下列原因而存在或被认为存在危害的紧急情况：

- (a) 核链式反应或链式反应产物衰变产生的能量；
- (b) 辐射照射。”

11.3. 人为错误、设备故障或外部事件都可能导致辐射紧急情况。它可以由其他类型引起或与其他类型合并紧急情况（如地震、洪水）或核安全事件。研究和教育中使用的放射源的放射性紧急情况的示例包括：

- (a) 非密封放射源的溢出或泄漏；
- (b) 密封源堵塞在 γ 辐照器中；
- (c) 密封源在运行过程中断开或损坏；
- (d) 工程控制措施（如联锁、警告信号）失效；
- (e) 涉及放射源或放射性废物的火灾或爆炸；
- (f) 装有放射源的容器在存储、使用或运输过程中失去密封或屏蔽；
- (g) 不正确地将装有密封源的容器作为废料处置；
- (h) 未经许可向环境排放放射性物质；
- (i) 核安保事件造成的对放射源或设施的失控，如放射源被盗或设施遭到破坏。

11.4. 与研究和教育设施中使用辐射源相关的放射性紧急情况的可能性需要被视为营运组织进行的安全评定的一部分（见GSR Part 3[1]第3.43段）。

应当在安全评定中确定任何可能影响工作人员、学生、公众或环境的紧急情况的可能性，并保证采取应急响应措施。这为制定应急安排提供了基础。

11.5. 根据安全评定和放射性紧急情况的潜在后果，需要根据 GSR Part 7[10]做出应急准备和响应安排。GSG-2[11]、GS-G-2.1[12]、GSG-11[13]和原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-14 号《核或辐射应急准备和响应公众沟通的安排》[53]提供了关于这些安排的建议。

11.6. 研究和教育中使用的许多辐射源危害较低，不太可能引起重大的放射性紧急情况。如 GSR Part 7[10]表 1 所示，一些较高活度源（即归类为危害源³）属于应急准备级别 IV，非常高活度源甚至可能属于应急准备级别 III。GSR Part 7[10]规定的要求对应急准备级别 III 和 IV 中的设施和活动的适用性在 GSR Part 7[10]附件规定，这应当在建立应急安排和编写应急计划和程序时使用。

11.7. 要求营运组织建立与确定的应急准备级别相对应的应急安排（见 GSR Part 7[10]第 4.16 段和第 4.17 段）。如果研究或教育机构计划使用移动危害源（应急准备级别 IV），则需要安排在不可预见的位置处理紧急情况（例如，见 GSR Part 7[10]第 5.13 段和第 5.29 段）。在建立应急安排时，应当采用分级方法。还应当建立应对任何感知危害和非辐射相关危害的安排。

研究和教育中源应急计划和程序

11.8. 预防事故是避免潜在照射的最佳手段。GSR Part 3[1]要求 15 建立了基于良好工程实践、纵深防御和基于设施安排的要求，以实现这一目的。

11.9. 尽管预防事故是第一要务，但仍可能发生需要采取防护措施或其他应对措施的事件。为了实现应急响应的目的并使应急响应有效，营运组织必须事先准备好应急计划和程序（见 GSR Part 3[1]第 3.42 段和 GSR Part

³ 危害源是指如果不加以控制，可能产生足以造成严重确定性影响的照射量的源。这一分类用于确定应急安排的必要性，应当不与用于其他目的的分类相混淆。这是基于放射性物质的危害量（D 值），如参考文献[54]所述。

7[10]要求 23)。GS-G-2.1[12]提供了关于应急计划中应当考虑因素的建议。

11.10. 应当在可能需要的位置清楚、明显地张贴概述紧急情况通知和启动应急响应程序的通知，并对人员进行这些程序的培训。

11.11. 应急程序应当酌情包括以下方面的指示：

- (a) 启动紧急情况通知并激活所述紧急情况响应；
- (b) 采取防护措施，包括疏散；
- (c) 与响应组织沟通和协调；
- (d) 确定外部支持的性质和范围，请求和获得场外支持（例如，从应急服务、卫生官员和辐射防护专家那里，见第 11.12 段）；
- (e) 获取紧急情况的放射性特征、相关的非放射性方面（如相关）的详细信息，以及紧急情况发展的预测，包括场内和场外后果；
- (f) 建立封锁区和进入控制；
- (g) 根据应急预案实施保护现场人员和应急人员的措施；
- (h) 确定与公众沟通的细节；
- (i) 为受影响的个人提供适当的医疗护理或治疗。

研究和教育设施或活动的营运组织在制定应急计划和程序时，应当咨询相关专家（如合格的辐射防护专家）和组织。

11.12. 应急计划和程序的实施可能涉及场外支持（如场外响应组织、应急服务和放射性评定员⁴）。研究或教育机构的应急计划应当规定获得此类场外支持的详细安排。当场外响应组织（即消防队员、救援队和救护车服务等应急服务）在现场提供支持时，应当告知他们放射性物质的存在，并在适当的情况下告知放射性废物的存在。进入疏散区域应当由辐射防护官员评定，或在适当情况下由辐射评定员评定。无论放射性情况如何，救生行动都应当优先考虑并迅速实施。

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人或场外响应组织的个人或团队[10]。

11.13. 根据根据 GSR Part 7[10]第 6.19 段，营运组织应当将其应急计划提交监管机构批准。在申请授权和修订应急计划时都应当这样做。

11.14. GSR Part 7[10]第 6.36 段指出：

“必须作出安排，维持、评审和更新应急计划、程序和其他安排，并纳入从研究、运行经验（例如在必须对紧急情况方面）和应急演练中获得的教训。”

11.15. GSG-7[8]第 4 部分提供了关于保护急救人员的建议，包括限制照射的指导值。

11.16. 如果怀疑密封放射源可能已经损坏，应当确保迅速检测到任何放射性物质的排放，评定污染的程度，并采取措施防止任何进一步扩散。本“安全导则”附件 V 提供了在涉及研究和教育设施密封源的紧急情况下应当立即采取的现场行动示例。

研究和教育中源应急设备

11.17. 根据 GSR Part 7[10]第 6.22 段和第 6.23 段，要求营运组织确保所有应对紧急情况所需的工具、仪器仪表、用品、设备、通信系统、设施和文件的维护方式确保它们在紧急情况下随时可用并能正常使用。要求营运组织制定一项计划，确保此类供应品、设备、系统、设施和文件的可得性和可靠性，包括库存控制、再补充、试验和校准安排（见 GSR Part 7[10]第 6.34 段）。

11.18. 在研究或教育设施的辐射紧急情况下部署的设备将取决于源的类型和辐射的性质紧急情况。对于涉及放射源的紧急情况，可能需要以下部分或全部设备：

- (a) 合适的功能和校准监控仪器仪表，用于测量剂量率（高和低）和/或污染；
- (b) 足够数量的个人剂量计（无源剂量计（如光激发光剂量计、热释光剂量计或胶片徽章）或有源剂量计（如电子剂量计））；
- (c) 合适的个人防护设备；
- (d) 屏障材料和通知；

- (e) 适用于源的铅砖、铅片、铅弹或其他屏蔽材料；
- (f) 用于源装卸和其他操作的合适工具（如长柄钳、钳子、螺丝刀、断线钳、活动扳手、火炬）；
- (g) 用于去污的材料和药剂；
- (h) 备用的空屏蔽容器；
- (i) 放射性废物的塑料片和塑料袋、气体源的密封袋、擦拭试验包和卷尺；
- (j) 包括基本联系方式的通信设备（如移动电话）；
- (k) 辐射监控仪器仪表、电子个人剂量计、移动电话和手电筒的备用电池；
- (l) 文具（如笔、纸、计算器）。

应当提供使用应急设备的程序和说明。

涉及辐射源紧急情况培训和演习

11.19. 被指派负责实施研究和教育中使用的辐射源应急计划的人员应当具备充分的资格并接受过有效履行其职责的培训（见 GSR Part 7[10]第 6.9 段和第 6.28 段）。这应当包括熟悉应急计划以及关于实施应急程序和酌情使用应急设备的特定培训。应当定期评审应急培训规定，以确保人员在实施应急行动方面持续熟练。

11.20. 人员应当仅执行应急计划和程序中他们接受过培训的部分。

11.21. 需要制定和实施演习计划，以确保在适当的时间间隔试验应急响应的所有指定功能以及组织接口（见 GSR Part 7[10]第 6.30—6.33 段）。关于演习的准备、实施和评定的建议（包括各种演习及其目的的导则），以及第 III 类设施的假想方案示例，见参考文献[55]。

11.22. 针对研究和教育中使用辐射源的紧急情况培训应当酌情包括以下内容：

- (a) 确认预示紧急情况的情况；
- (b) 紧急情况通知和紧急响应的启动，包括在必要时请求和获得场外应急服务的援助；

- (c) 实施必要的现场缓解措施和防护措施，以及其他响应措施，包括提供即时急救和从设施中疏散非必要人员；
- (d) 紧急情况评定；
- (e) 使用应急设备（如消防设备）；
- (f) 个人防护设备的使用；
- (g) 工作场所监控设备的使用；
- (h) 实施恢复行动、去污、屏蔽评定，并在必要时提供额外屏蔽；
- (i) 收集放射性废物进行处置；
- (j) 与场外响应组织和公众的沟通。

涉及辐射源紧急情况分析

11.23. 需要做出安排，对放射性紧急情况和应急响应进行及时和全面的分析（见 GSR Part 7[10]要求 19）。如果紧急情况是由设备故障引起的，应当及时通知供应商，以便他们可以通知其他用户并对设备进行评定，采取适当的措施，避免类似的紧急情况。

11.24. 辐射防护官员应与相关各方协商，并在必要时与合格专家协商，编写一份关于紧急情况分析结果和应对措施的综合报告。该报告应当提交给研究或教育机构的高级管理层，以及监管机构，并酌情提交给地方、区域或国家一级的其他相关当局。报告应当包括以下内容：

- (a) 紧急情况的详细说明，包括所涉及的设备 and 辐射源的规范；
- (b) 紧急情况发生时的环境和工作条件，特别是这些条件是否在造成紧急情况或影响结果方面发挥了任何重要作用；
- (c) 紧急情况的根本原因，以及确定事件是由于设备故障、人为错误、恶意行为或其他原因造成的；
- (d) 实施的应急响应行动的详细描述，任何偏离应急计划或程序的细节，以及这些偏离的原因和后果；
- (e) 参与应急响应的人员、他们的资格和培训，以及他们采取的行动；
- (f) 对所有受影响个人接受的剂量进行评定和总结；
- (g) 确定的纠正行动，目的是防止今后发生类似的紧急情况，改善总体辐射安全、核安保和应急安排；

- (h) 实施已确定的纠正措施的拟议方法和时限，以及负责实施这些措施的人员；
- (i) 紧急情况下产生的放射性废物及其管理的详细情况。

关于紧急情况分析结果和响应的报告应当在监管机构规定的期限内保存。

参考文献

- [1] 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），<https://doi.org/10.61092/iaea.u2pu-60vm>
- [2] 国际原子能机构《 γ 、电子和 X 射线辐照设施的辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-8 号，国际原子能机构，维也纳（2010 年）。
- [3] 国际原子能机构《工业射线照相中辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-11 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [4] 国际原子能机构《用于检查目的和非医学人体成像的 X 射线发生器和其他辐射源的辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-55 号，国际原子能机构，维也纳（2020 年）。
- [5] 国际原子能机构《测井中辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-57 号，国际原子能机构，维也纳（2020 年）。
- [6] 国际原子能机构《核测量仪使用中辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-58 号，国际原子能机构，维也纳（2020 年）。
- [7] 国际原子能机构《加速器放射性同位素生产设施的辐射安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-59 号，国际原子能机构，维也纳（2020 年）。
- [8] 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）。
- [9] 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）。
- [10] 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）。

- [11] 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）。
- [12] 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、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织，《核或辐射应急准备的安排》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。（修订版编写中）
- [13] 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、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织、世界气象组织，《终止核或辐射应急的安排》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-11 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [14] 国际原子能机构《促进安全的政府、法律和监管框架》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 1 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [15] 国际原子能机构《建立辐射安全基础结构》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-44 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [16] 国际原子能机构《核安全监管机构的组织、管理和人员配备》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-12 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [17] 国际原子能机构《核安全监管机构的职能和程序》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-13 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。

- [18] 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，《医用电离辐射的辐射防护与安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-46 号，国际原子能机构，维也纳（2018 年）。
- [19] 国际原子能机构《研究堆的安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-3 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [20] 国际原子能机构《研究堆设计与运行中的辐射防护与放射性废物管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-85 号，国际原子能机构，维也纳（2023 年）。
- [21] 国际原子能机构《包括非医学人体成像在内实践的正当性》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-5 号，国际原子能机构，维也纳（2014 年）。
- [22] 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）。
- [23] 国际原子能机构《核安全与安保术语：用于核安全、核安保、辐射防护、应急准备与响应》（2022 年暂定版），国际原子能机构，维也纳（2022 年），<https://doi.org/10.61092/iaea.rrxi-t56z>
- [24] 国际标准化组织《辐射防护 — 密封放射源 — 一般要求和分类》（ISO 2919:2012），国际标准化组织，日内瓦（2012 年）。
- [25] 国际标准化组织《密封源防护：泄漏试验方法》（ISO 9978:2020），国际标准化组织，日内瓦（2020 年）。
- [26] 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），<https://doi.org/10.61092/iaea.ur52-my9o>
- [27] 国际原子能机构《放射源的分类》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.9 号，国际原子能机构，维也纳（2005 年）。
- [28] 国际标准化组织《基本电离辐射符号》（ISO 361:1975），国际标准化组织，日内瓦（1975 年）。

- [29] 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），<https://doi.org/10.61092/iaea.cq1k-j5z3>
- [30] 国际原子能机构《放射源安全和安保行为准则》，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。
- [31] 国际原子能机构《放射源的进出口导则》（2012 年版），国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [32] 国际原子能机构《国家核安保制度的目标和基本要素》，国际原子能机构《核安保丛书》第 20 号，国际原子能机构，维也纳（2013 年），<https://doi.org/10.61092/iaea.ajrj-ymul>
- [33] 国际原子能机构《放射性物质和相关设施的核安保建议》，国际原子能机构《核安保丛书》第 14 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [34] 国际原子能机构《使用和贮存中的放射性物质及相关设施的安保》，国际原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2019 年）。
- [35] 国际原子能机构《放射性物质运输中的安保》，国际原子能机构《核安保丛书》第 9-G (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2020 年）。
- [36] 国际原子能机构《核信息的安保》，国际原子能机构《核安保丛书》第 23-G 号，国际原子能机构，维也纳（2015 年）。
- [37] 国际原子能机构《设施和活动安全评定》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（2016 年）。
- [38] 国际标准化组织《质量管理体系 — 基础和词汇》（ISO 9000:2015），国际标准化组织，日内瓦（2015 年）。
- [39] 国际标准化组织《辐射防护 — 工业 γ 射线照相器 — 性能、设计和试验规范》（ISO 3999:2004），国际标准化组织，日内瓦（2004 年）。

- [40] 国际电工委员会《核仪器仪表 — 辐射计的结构要求和分类》(IEC 62598:2011), 国际电工委员会, 日内瓦(2011)。
- [41] 国家研究委员会《实验室谨慎实践: 化学危害的处理和管理》(更新版), 美国国家科学院出版社, 华盛顿特区(2011年)。
- [42] 国际放射防护委员会《外部照射放射防护量的转化系数》, 国际放射防护委员会第 116 号出版物, 爱思唯尔(2010年)。
- [43] 国际原子能机构《辐射防护及安全使用放辐射源的培训》, 《安全报告丛书》第 20 号, 国际原子能机构, 维也纳(2001年)。
- [44] 国际原子能机构、联合国环境规划署, 《放射性流出物排入环境的监管控制》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-9 号, 国际原子能机构, 维也纳(2018年)。
- [45] 国际原子能机构、联合国环境规划署, 《设施和活动的预期放射性环境影响评定》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-10 号, 国际原子能机构, 维也纳(2018年)。
- [46] 国际原子能机构《放射性废物处置前管理》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 5 号, 国际原子能机构, 维也纳(2009年)。
- [47] 国际原子能机构《医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质产生的放射性废物处置前管理》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-45 号, 国际原子能机构, 维也纳(2019年)。
- [48] 国际原子能机构《铀生产和其他活动产生含天然存在放射性物质残留物的管理》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-60 号, 国际原子能机构, 维也纳(2021年)。
- [49] 国际原子能机构《设施退役》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 6 号, 国际原子能机构, 维也纳(2014年)。
- [50] 国际原子能机构《医学、工业和研究设施退役》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-49 号, 国际原子能机构, 维也纳(2019年)。
- [51] 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 (Re

v.1) 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2022 年), <https://doi.org/10.61092/iaea.qz7d-jjym>

- [52] 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)。
- [53] 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、国际刑警组织、全面禁止核试验条约组织筹备委员会、联合国外太空事务办公室, 《核或辐射应急准备和响应公众沟通的安排》, 国际原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-14 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2020 年)。
- [54] 国际原子能机构《放射性物质的危险量 (D 值) — 应急准备和响应》, EPR-D 值 (2006 年), 国际原子能机构, 维也纳 (2006 年)。
- [55] 国际原子能机构《核或辐射应急准备试验演习的准备、实施和评价》, EPR-演习, 2005 年, 国际原子能机构, 维也纳 (2005 年)。

附录 I

研究和教育中天然存在放射性物质的使用

I-1. 天然存在放射性物质（NORM）被定义为除天然存在放射性核素[I-1]之外不含显著放射性核素的放射性物质。它包括处于自然状态的材料，以及天然存在放射性核素的活度浓度可能被人工过程改变的材料，包括这些过程产生的残留物。

I-2. 天然存在放射性物质可用于教育机构，范围从学校科学实验室展示的矿物到涉及大学学生天然存在放射性物质的研究项目。使用天然存在放射性物质的研究活动多种多样，包括原材料、产品和残留物的样品分析，过程相关研究，研究残留物的回收或再使用、废物管理以及加工设备和工厂安装部件的去污，以及示范工厂的建设和运行。在许多情况下，使用天然存在放射性物质的研究实验室是工业活动的一部分（例如，见参考文献[I-2]），此类活动可在工业场所的特定实验室或场所外的单独实验室进行。研究也可以在大学实验室或技术支持组织进行。

研究和教育中天然存在放射性物质的使用安全评定

I-3. 安全评定的范围和程度预计将与天然存在放射性物质的拟议用途相称。在学校、分析实验室和小型研究项目中，天然存在放射性物质的数量通常很少，活度和/或活度浓度低于原子能机构《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》[I-3]附表 I 规定的豁免值。因此，通过应用分级方法，此类应用的安全评定将变得简单明了。

I-4. 在选址和设计实验室或使用天然存在放射性物质的其他位置时，应当考虑初始安全评定的结果。评定需要考虑所有途径学生、研究人员、公众和环境都可能受到影响。不同项目使用的天然存在放射性物质质量可能有显著差异，从样品分析的少量到示范工厂的数百吨不等。然而，由于实验室或示范加工厂装卸的天然存在放射性物质质量总是比全面运行的工业现场小得多，因此安全评定通常不太详细。当在天然存在放射性物质工业场所

的实验室中进行研究时，安全评定可能是工业设施整体安全评定的一部分。

研究和教育中使用天然存在放射性物质照射途径和工程控制

I-5. 在大多数情况下，研究和教育中使用的天然存在放射性物质不太可能导致显著的外部照射。在大多数情况下，研究和教育中使用的常规外剂量率很低，因此不需要常规剂量率监控和防护措施（如屏蔽）。

I-6. 在一些研究设施中，可能存在显著的局部剂量率，例如来自镭-226 活度浓度升高的沉积物（例如在容器、管道或其他设备中）。在这种情况下，可能需要采取以下一项或多项措施：

- (a) 最大限度地减少在剂量率高的区域逗留的时间；
- (b) 确保天然存在放射性物质和照射人员之间保持最佳距离；
- (c) 在天然存在放射性物质和潜在照射人员之间提供屏蔽。

前两项措施通常涉及指定限制进入的监督区或控制区（见 GSR Part 3[I-3] 要求 24）。使用屏蔽是降低辐射源周围剂量率的有效手段，但对于示范工厂中天然存在放射性物质的批量积累可能不可行。然而，通过确保天然存在放射性物质沉积物在处置前保持封闭在工厂结构内（例如容器中），可以部分应用该原则。如果贮存具有高活度浓度的标准废物，由低活度浓度废物提供的屏蔽可用于降低废物贮存设施外部的 γ 剂量率。

I-7. 在示范工厂加工天然存在放射性物质中，含有天然放射性核素的原材料、产品、残渣和废物的库存可能会积累。在某些情况下，这可能导致职业照射，需要进行辐射监控。在处理高品位铀或钍矿石时，或在工厂某些部分放射性核素的活度浓度显著增加时（例如，管道中的水垢、桶和容器中的沉积物以及废物储罐中的沉积物可能会发生这种情况），可能会发生显著的外部照射。工作场所的 γ 剂量率可以用便携式仪器仪表常规测量，个人照射可以用各种剂量计（能动或非能动）评定。

I-8. 天然存在放射性物质的装卸很容易导致粉尘的形成，在装卸大量天然存在放射性物质的示范工厂或实验室中可能需要粉尘控制措施。为了确保这些措施是充分的，可能需要监控灰尘取样和分析的计划。控制空气污染物的主要方法是通过工程控制（即包容）、充分的通风和灰尘控制系统

或使用手套箱。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[I-4]提供了关于粉尘控制措施和天然存在放射性物质职业照射控制的建议。

I-9. 含有天然存在放射性物质的灰尘会导致地板、墙壁以及工厂和设备外部部件的表面污染。良好的内务管理和材料控制通常是必要的，以控制表面天然存在放射性物质的积聚和扩散，并减少再悬浮和空气传播的污染。可能需要对表面污染进行例行监控，例如评定控制措施的效率，并监控设备和材料是否符合监管机构制定的解控标准。

I-10. 加工操作可能会导致受污染的废料和其他材料被排放到公共领域。可能需要对这些材料的移动、使用和排放实施行政控制。

I-11. 可能还需要通风来控制氡的照射。需要使用合适的仪器仪表密切监控此类系统的性能。

通过行政控制和个人防护装备控制研究和教育中的天然存在放射性物质照射

I-12. 除了工程控制外，还可能需要行政控制（包括人员培训和指导）和个人防护设备（见 GSR Part 3[I-3]第 3.93 段）。

I-13. 营运组织可能需要制定本地区规则和书面程序（见 GSR Part 3[I-3]第 3.94 段），包括适当时清理天然存在放射性物质泄漏的程序。这些程序可包括以下指示：

- (a) 以正确的方式使用防护服，以减少转移污染的风险；
- (b) 避免吸烟、饮酒、进食、咀嚼（如口香糖）、使用化妆品（包括医用或防护霜）、用受污染的手触摸面部（嘴、鼻子或眼睛）、舔标签或任何其他增加工作期间将天然存在放射性物质转移到面部风险的行为；
- (c) 使用适当的呼吸防护设备（如有）；
- (d) 在可行的情况下，采用保持可分散形状的天然放射性物质含量或湿润的方法，以防止空气污染；
- (e) 实施良好的内务管理实践，以防止规范污染的传播；

(f) 遵守工业卫生规则，如仔细洗手。

I-14. 个人防护设备必须合适和充分（即在适当考虑所涉及危害的情况下选择）（见 GSR Part 3[I-3]第 3.95 段）。设备还需要使用方便舒适。对于涉及大量规范的研究活动，工作服、头套、手套、工作服、不透水的鞋子和围裙可能是合适的。

I-15. 在相关工厂或设备上装卸天然存在放射性物质或进行维修和维护活动的人员可能需要穿戴呼吸防护设备。为了确保工作人员的舒适，动力空气呼吸器通常比其他类型的呼吸防护设备更可取。配备此类设备的人员必须接受适当的使用培训（见 GSR Part 3[I-3]第 3.95(b)段）。

I-16. 监控空气中的尘埃可能是适当的，例如在有可能因吸入尘埃而受到大量剂量的研究设施或活动中。

研究和教育中天然存在放射性物质残留物和废物

I-17. 涉及天然存在放射性物质的材料和设备在从研究机构放行之前，可能需要根据监管要求进行去污。去污操作会产生可能需要控制的放射性危害。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-60 号《铀生产和其他活动中含有天然放射性物质残留物的管理》[I-5]提供了关于标准残留物和废物管理的建议。如果研究设施或示范工厂与运行中的天然存在放射性物质工业设施位于同一位置，则来自研究设施或示范工厂的天然存在放射性物质残留物和废物的管理可能会受到用于该地址其他天然存在放射性物质设施的相同废物管理安排的控制。

附件 I 参考文献

[I-1] 国际原子能机构《核安全与安保术语：用于核安全、核安保、辐射防护、应急准备与响应》（2022 年暂定版），国际原子能机构，维也纳（2022 年），<https://doi.org/10.61092/iaea.rxi-t56z>

- [I-2] 国际原子能机构《评定涉及矿物和原材料工作中辐射防护措施的必要性》，《安全报告丛书》第 49 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [I-3] 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），<https://doi.org/10.61092/iaea.u2pu-60vm>
- [I-4] 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）。
- [I-5] 国际原子能机构《铀生产和其他活动产生含天然存在放射性物质残留物的管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-60 号，国际原子能机构，维也纳（2021 年）。

附录 II

中学中辐射源的使用

II-1. 以下标准通常适用于中学中辐射源的使用：

- (a) 只有当辐射源的使用具有明显的教育效益时，才使用辐射源（正当性原则）；
- (b) 密封放射源优先于非密封放射源使用，除非只有非密封放射源才能达到预计的教育目的。所使用源的设计和类型适合学校科学；
- (c) 使用能够达到预计教学目的的活度最低的放射源，豁免源是首选。

学校使用的密封源示例（摘自参考文献[II-1]）以及原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 3 号《国际辐射防护和放射源安全基本安全标准》[II-2] 表 I.1 的相关豁免值见表 II-1。

II-2. 密封源通常经过设计、制造和试验，以确保它们符合 ISO 2919[II-3] 或同等国家标准的要求。

表 II-1. 中学使用密封源示例[II-1]

放射性核素	学校使用的最大活度量 (千贝可)	GSR Part 3[II-2]豁免值 (千贝可)
钴-60	200	100
锶-90	80	10
铯-137	200	10
镅-241	40	10

II-3. 中学使用的非密封源的示例包括：

- (a) 用于半衰期实验的氦-220（钍）发生器、钍气罩和钍钨惰性气体焊条；
- (b) 使用铯-137 进行半衰期实验的小型发电机；
- (c) 含有天然放射性核素的岩石和其他地质样品。

II-4. 科学部门使用的某些设备可能是偶然辐射源。例如，高速电子在（部分）真空中撞击目的的设备可以产生 X 射线。这些条件通常存在于加速电压在 10 千伏或更大范围内的真空管中。克鲁克斯管和其他冷阴极放电管是常见的示例[II-4]。为了避免暴露于不需要的 X 射线，优选将这种放电管中的电子加速电压限制在 5 千伏。产生附带 X 射线的其他类型的设备是阴极射线管—如电视接收器和视觉显示单元（通常不受监管控制）—和电子显微镜。

II-5. 学校应对辐射源的使用和存储进行适当的风险评定、装卸程序和应急计划。学校科学部的一名工作人员可被指定负责放射源的安全、安保和正确使用的日常监督。只有合格和受过培训的工作人员才能接触到这些源。

II-6. 装卸中学辐射源的方式尽量减少教职员和学生的接触。例如，放射源大多由具有适当资格和培训有素的工作人员装卸，只有某些活动由学生进行（通常在工作人员的直接监督下）。装卸一些含有天然放射性核素的地质标本会产生粉尘，需要小心避免污染。有机会接触放射源的人必须了解任何控制措施、装卸程序和应急计划。

II-7. 应当特别注意工作人员之间的知识传递，特别是当他们退休或离开本组织时，以确保维持一定程度的防护和安全。

II-8. 使用放射源对 16 岁以下的学生进行教学通常仅限于教师演示，学生必须与放射源保持至少 2 米的距离。允许对含有低活度放射源的设备进行更仔细的视察，只要这些放射源是完全封闭的。应当避免身体任何部位的污染，例如将放射性岩石保存在合适的透明容器中。

II-9. 16 岁及以上的学生可被允许操作密封放射源，以便对电离辐射的特性进行标准实验。在这种情况下，负责的老师将确保学生有足够的责任感，接受了适当的指导，并了解适当的处理程序。老师也将密切监督所有这样的实验。

II-10. 中学只使用低放射性危害的辐射源。因此，预计中学教师和学生的照射量将远低于 GSR Part 3[II-2]附表 III 规定的公众照射剂量限值，即：

- (a) 每年 1 毫希沃特的有效剂量；
- (b) 对眼睛晶状体的当量剂量为每年 15 毫希沃特；

(c) 相当于每年 50 毫希沃特的皮肤剂量。

II-11. 学校里所有辐射源的记录通常都被保存下来。这些记录包括每个的详细信息，以及每个源的获取时间、使用时间和使用人，以及如何根据监管要求处置每个源。定期检查污染源，以确保它们保持良好状态，包括至少每两年进行一次泄漏试验。

II-12. 辐射源不使用时存放在学校适当的（即安全可靠的）存储设施中，远离学生经常光顾的地方。

附件 II 参考文献

- [II-1] 澳大利亚辐射防护和核安全局《学校里辐射使用安全导则》，《辐射防护丛书》第 18 号，澳大利亚辐射防护和核安全局，墨尔本（2012 年）。
- [II-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），<https://doi.org/10.61092/iaea.u2pu-60vm>
- [II-3] 国际标准化组织《辐射防护 — 密封放射源 — 一般要求和分类》（ISO 2919:2012），国际标准化组织，日内瓦（2012 年）。
- [II-4] KHIEM, D.D., ANDO, H., MATSUURA, H., AKIYOSHI, M., “放射教育中使用的克鲁克斯管辐射的低能量 X 射线特征研究”，《辐射安全管理》第 18 期（2019 年）第 9 页，<https://doi.org/10.12950/rsm.190201>

附录 III

医学与护理教育中学生的辐射防护

III-1. 本附件提供了医学和护理医学教育课程本科生辐射防护措施的例子。本科生在医学和护理医学教育过程中的教育计划通常包括临床培培培训和演示。

III-2. 在卫生保健环境的实际培训中，医疗和护理教育计划的学生可能会受到与医务工作者类似的辐射照射，尽管时间要短得多。一项关于本科生在临床培训期间照射的研究[III-1]显示，接受的剂量低于 1 毫希沃特。

III-3. 涉及辐射源的医疗和护理教育计划的示例见表 III-1。

表 III-1. 医学和护理医学教育学生教育计划示例

教育机构类型	涉及辐射照射的教育计划
大学	涉及科学研究（如辐射生物效应实验）和医学研究技术方法（如使用放射性同位素示踪技术的实验）的实践计划
大学或其他护理培训机构	为接受诊断性或治疗性医疗照射（如核医学或放射疗法）的病人提供护理的临床培训计划
大学（医学院）或其他放射从业人员和技术人员的教育机构 护理专业学生教育机构	针对各类医疗照射（如诊断和介入放射学、核医学和放射疗法）的临床培训计划与急救医学相关的医疗照射专门培训计划
大学或其他牙科医生教育机构	牙科放射学培训计划
兽医大学或其他教育机构	兽医使用电离辐射的培训计划

III-4. 临床培训在医疗和护理专业人员的教育中尤为重要。在此培训期间，学生应当遵守实践中典型的各种医疗程序，并展示根据这些程序操作医疗照射设备的能力，同时防护和安全最优化。当临床培训包括患者时，重要的是遵守工作场所特有的本地规则和程序，并在适当的监督下进行医疗照射。

医学和护理医学教育学生辐射防护良好规范

临床培训前的辐射防护教育与培训

III-5. 参考文献[III-2—III-5]提供了医学和护理医学学生教育和培训计划的重要专题。初级培训员和讲师应当具备辐射防护方面的相关专门知识和实践中使用的辐射源方面的知识。

III-6. 在某些情况下，医学和护理医学专业的学生可以从专门提供这种培训的独立研究所或大学接受必要的辐射防护培训（例如，见参考文献[III-6]）。

III-7. 为参与医疗照射的护士提供的典型辐射防护培训计划包括以下科目：

- (a) 辐射原理，包括放射性衰变、辐射发射和单位；
- (b) 辐射照射的影响；
- (c) 示范（例如使用辐射监控仪器仪表）；
- (d) 辐射防护要求和建议（如辐射防护原则、国际放射防护委员会建议、原子能机构安全标准和监管要求）；
- (e) 病人和医务人员的辐射防护。

医学生临床培训中的辐射防护

III-8. 每个医疗程序所采取的辐射防护措施是医学生教育和培训中的重要课题。除了在真实的临床环境中进行研究之外，还可以使用其他教育工具，例如使学生能够在医疗照射期间调查医疗设施中辐射的空间分布。例如，可视化方法可用于使医务人员更容易理解散射辐射和剂量[III-7]。这些工具还可以调查铅围裙等个人防护设备的效果，并有助于促进教育计划中学生辐射防护的最优化。

III-9. 诊断放射学的学生将需要接受正确定位患者的指导，以获得准确的诊断信息，同时最大限度地减少患者和医务人员的照射。在培训过程中，学生可以使用幻影，也称为定位布偶，来练习定位技能[III-8]。

附件 III 参考文献

- [III-1] ABUZAIID, M.M., ELSHAMI, W., STEELMAN, C., “射线照相专业学生在临床培训期间使用热致发光剂量测定的辐射照射测量”, 《辐射防护计量》第 179 3 期 (2018 年) 第 244 页, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncx261>
- [III-2] 国际放射防护委员会《关于诊断和介入程序的放射防护教育和培训》, 国际放射防护委员会第 113 号出版物, 爱思唯尔 (2009 年)。
- [III-3] 国际原子能机构《辐射防护及安全使用放射源的培训》, 《安全报告丛书》第 20 号, 国际原子能机构, 维也纳 (2001 年)。
- [III-4] 国际原子能机构《辐射防护和放射源安全研究生教育课程: 标准教学大纲》, 《培训课程丛书》第 18 期 (第 1 版), 国际原子能机构, 维也纳 (2019 年)。
- [III-5] 欧洲委员会《欧洲联盟关于辐射防护教育和培训医疗专业人员导则》, 《辐射防护》第 175 号, 欧盟出版办公室, 卢森堡 (2014 年)。
- [III-6] SHIMIZU, Y., IIDA, H., NENOI, M., “福岛第一核电站事故后在国家量子与辐射科学技术研究所人力资源开发中心进行的培训课程趋势”, 《保健物理》第 113 1 期 (2017 年) 第 66 页, <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000000669>
- [III-7] NISHI, K., FUJIBUCHI, T., YOSHINAGA, T., “使用增强现实可视化射线照相术中散射辐射扩散的应用程序开发”, 《辐射防护杂志》, 第 40 期 (2020 年) 第 1299 页, <https://doi.org/10.1088/1361-6498/abc14b>
- [III-8] MATSUBARA, K.等, “放射线摄影定位玩偶的有效性: 通过作为射线照相培训实践的表现和针对放射技术专家的问卷调查”, 《日本辐射技术杂志》第 65 12 期 (2009 年) 第 1650 页, <https://doi.org/10.6009/jjrt.65.1650>

附录 IV

研究和教育中特定类型的辐射源的使用

X 射线分析设备

IV-1. 大学、科学机构和研究实验室使用各种 X 射线设备来分析材料。该设备利用 X 射线衍射、吸收或荧光现象。

IV-2. X 射线分析设备产生强烈的 X 射线束，使用不当会导致非常高的局部辐射照射，尤其是眼睛、手指和手。通过结合工程安全功能、安全工作程序（本地规则）、辐射监控和其他安全检查，防止暴露于 X 射线分析设备的主光束。

IV-3. 现代 X 射线分析设备设计有联锁屏障，以最大限度地减少放射性危害的方式包络所有系统部件。对于这种设备，系统中存在的各种安全联锁设备和识别任何故障的方法可以在本地规则中描述。

IV-4. X 射线设备供应商必须提供关于辐射安全的信息（见原子能机构《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》[IV-1]第 3.49 段）。在使用设备之前，也可以向合格的专家寻求辐射安全方面的建议。

IV-5. 一些手持式 X 射线荧光分析仪包含电池供电的 X 射线管，该 X 射线管向前发射辐射束。放射性水平在设备前部的光束孔径处最强，并且随着距离的增加强度降低。如果没有屏蔽，主光束中的辐射可以在离设备几米远的地方测量到。照射时间因被分析的材料而异，但通常不到一分钟。对于小部件的分析，预计将使用封闭的联锁试验台。

IV-6. X 射线分析设备的外壳应当提供足够的屏蔽和安全系统，以防止意外外部照射。典型的安全特点包括：

- (a) 设备上的明确警告，表明它能够发射 X 射线；
- (b) 按键操作或密码保护，防止未经授权的操作；
- (c) 为防止 X 射线泄漏而设计的管状外壳；

- (d) 当 X 射线产生时指示的警示灯；
- (e) 手持式 X 光设备：
 - (i) 必须连续按下才能产生 X 射线的曝光控制开关。手持设备通常设计用于双手操作（即防止手在光束中）；
 - (ii) 一种接近传感器，除非样品靠着孔径放置，否则不会产生 X 射线。如果这不可行，可以安装低计数（反向散射）联锁设备。理想情况下，两个安全系统都安装好了。

所有安全功能都需要定期试验和维护。

IV-7. X 射线分析设备辐射照射的更大风险通常发生在维护期间（即维护人员可能暴露于主光束或高水平散射辐射的情况下）。因此，必须由经过适当培训和授权的人员遵循制造商推荐的维护程序。

IV-8. X 射线分析设备操作的典型本地规则如下：

- (a) X 射线分析设备的使用者应当避免将身体的任何部位暴露在主光束下；
- (b) 在使用设备之前，必须确认所有警示灯的正确操作；
- (c) 在 X 射线管通电时，不得以任何方式更换、调整或装卸样品、准直器或分析晶体，除非在辐射防护官员的批准下，从屏蔽外壳外通过远程方式进行；
- (d) 如果怀疑 X 射线设备损坏或任何安全和警告系统不起作用，应立即停止使用。在设备得到维护并进行辐射监控以确认设备得到充分屏蔽之前，不允许恢复使用 X 射线设备；
- (e) 当 X 射线管通电时，不得对 X 射线束进行视觉对准或调整，除非使用屏蔽的观察系统，该系统旨在防止眼睛或身体其他部位暴露在主束下。
- (f) 除非得到辐射防护官员的批准，否则不得在任何联锁设备未激活或外壳（或其一部分）已拆除的情况下操作 X 射线分析设备。

中子发生器

IV-9. 中子发生器是一种小型氘原子核加速器，产生 14 兆电子伏特中子。其部件包括加速器管（中子管）、含氘或氚的靶、高压电源和测量模块。需要考虑以下辐射安全方面：

- (a) 在标称功率下运行期间，距离中子发生器 1 米处的剂量率（中子和 γ 辐射）；
- (b) 在标称功率下运行 1 小时后，距离中子发生器规定距离处的剂量率（ γ 辐射）；
- (c) 靶中的氚活度。

IV-10. 辐射在中子产生期间（来自高能中子的非弹性相互作用）和发生器关闭后的一段时间内（来自热中子的捕获和中子活化产物的放射性衰变）都会发出。监管机构可在关闭发生器后立即指定最大剂量率的值，低于该值时，允许无限制地装卸设备（或仅由授权人员装卸）。否则，可以建立保持时间以允许活化产物的衰变。

IV-11. 中子发生器会在外表面造成一些放射性污染。在这种情况下，穿戴适当的个人防护设备，并进行适当的 β 污染检查。

IV-12. 当不使用时，带有氚靶的中子发生器管应与密封源相同的方式处理。

附件 IV 参考文献

[IV-1] 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），<https://doi.org/10.61092/iaca.u2pu-60vm>

附录 V

研究和教育中使用辐射源应急计划 和程序中应当考虑行动示例

V-1. 本附件简要描述了在研究和教育设施中发生涉及 X 射线发生器和放射源的事故或紧急情况时应当立即采取的现场行动的示例。原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号《核或辐射应急准备的安排》[V-1]提供了关于应急计划和程序的建议。

X 射线发生器

V-2. 对于 X 射线发生器，关闭电源（例如，使用位置适当且有明显标记的应急断电按钮）会立即停止产生任何辐射。所有相关人员通常都接受过培训，能够识别包含 X 射线发生器的设备何时运行不正常。

自屏蔽 γ 辐照器

V-3. 自屏蔽 γ 辐照器通常包含 1 类或 2 类密封放射源[V-2]。辐射紧急情况可能是由于源泄漏、安全系统故障、设备未能按设计运行或发生核安全事件而发生的。应急计划可包括以下现场行动：

- (a) 如果出现可疑故障，人员应当立即离开辐照室；
- (b) 应当防止进入辐照室（如锁门）；
- (c) 应当立即将情况通知主管和辐射防护官员。营运组织应当与辐照器制造商联系，并听取辐射防护官员的建议，如有必要，还应当听取合格专家的建议以确定进一步的行动。营运组织也要通知监管机构；
- (d) 辐射防护官员将监控辐照室外的区域，以确定是否需要采取措施保护工作人员和公众。

安装在其他设备中密封放射源

V-4. 密封放射源应急计划需要处理诸如设备损坏导致剂量率增加、源损坏导致污染和安全系统故障导致人员照射等情况。在发生这种紧急情况时，可采取以下行动：

- (a) 人员应当远离放射源，并确保附近的任何其他人被疏散，并被告知可能会有紧急情况；
- (b) 将通知辐射防护官员。辐射防护官员将测量辐射剂量率，并记录通过直读个人剂量计测量的任何剂量；
- (c) 辐射防护官员将根据监控结果和任何预先制定的标准（如应急计划中的可观察值）建立一个封锁区（或确认该区域的适当性）。行动组织将防止未经授权进入封锁区，并对该区进行监视；
- (d) 营运组织应当通知监管机构，并寻求应急计划中所述的援助；
- (e) 辐射防护官员应当采取下列行动：
 - (i) 实施预先制定的应急计划和程序；
 - (ii) 移动到远离封锁区域的位置，并在进入该区域实施应急计划之前，使用计划中描述的人员、应急设备和个人防护设备，排练计划的行动过程；
 - (iii) 根据应急计划，必要时向合格专家或源和/或设备制造商寻求技术援助；
 - (iv) 实施计划的行动过程，重新获得对源的控制。在任何情况下，源都不能接触到手或身体的其他部位。如果采取的行动不成功，人员将离开封锁区，并保持对该地区的监视；
 - (v) 当情况得到控制且安全时，将个人剂量计送回剂量测定处进行快速评定，进行调查并估计受到的任何剂量，准备事故报告，并根据监管要求通知监管机构。

非密封放射性物质的溢出

V-5. 非密封放射性物质溢出后，应当采取下列行动：

- (a) 如果溢出物是液体，应当在溢出物上放置吸收垫，以防止污染进一步扩散；
- (b) 人员应当从溢出的直接区域撤离，采取预防措施避免污染扩散。所有从受影响区域撤离的人员在离开该区域时都要接受污染监控（特别是他们的鞋子，如果泄漏物在地板上）；
- (c) 应当立即通知辐射防护官员，并在辐射防护官员的直接监督下安排受影响区域的去污；
- (d) 如果内部照射是可能的，辐射防护官员将考虑是否需要进行全身计数（或在放射性碘照射的情况下进行甲状腺监控）或生物测定取样和分析；
- (e) 如果衣服被污染，将被脱下并放入标有“放射性”的塑料袋中；
- (f) 如果皮肤受到污染，应当立即清洗皮肤。如果污染物进入眼睛，就要用大量的无菌水冲洗；
- (g) 当污染得到控制时，应当遵循清洁少量溢出物的程序，特别注意将受污染的废物放入贴有适当标签的塑料袋中存储。必须穿戴防护服，包括一次性手套；
- (h) 该区域将被去污并监控残留活度，例如使用污染监控器或进行擦拭试验；
- (i) 清洁和监控将被重复，直到测量表明溢出已经被清除，试图保持污染废物的体积尽可能小（在某些情况下，例如对于寿命短的放射性核素，最好是在足够长的时间内阻止进入该区域，以允许放射性衰变。）；
- (j) 进入受污染区域将受到限制，直到去污工作完成，辐射防护官员宣布该区域适合重新使用；
- (k) 任何产生的放射性废物，例如去污活动产生的液态废物，都应当得到适当管理。

附件 V 参考文献

- [V-1] 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、联合国人道主义事务协调厅、世界卫生组织，《核或辐射应急准备的安排》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号，国际原子能机构，维也纳（2007 年）。（修订版准备中）
- [V-2] 国际原子能机构《放射源的分类》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.9 号，国际原子能机构，维也纳（2005 年）。

参与起草和审订的人员

Boal, T.	国际原子能机构
García-Tenorio, R.	西班牙塞维利亚大学国家教育中心
Haridasan, P.P.	国际原子能机构
Harrison, D.	澳大利亚辐射防护和核安全局
Kouts, K.	国际原子能机构
Nandakumar, A.	顾问（印度）
Provencs, H.	法国替代能源与原子能委员会
Ring, J.P.	美国哈佛大学以色列女执事医疗中心
Shaw, P.	国际原子能机构
Yonehara, H.	日本核安全研究协会

通过国际标准促进安全

ISBN 978-92-0-514024-7



9 789205 140247

国际原子能机构
维也纳