

# 国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

## 核测量仪使用中 辐射安全

特定安全导则

第 SSG-58 号



**IAEA**

国际原子能机构

# 国际原子能机构安全标准和相关出版物

## 国际原子能机构安全标准

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

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

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

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

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

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

## 相关出版物

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

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

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

安保相关出版物以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

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

# 核测量仪使用中辐射安全

## 国际原子能机构成员国

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

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

国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-58 号

# 核测量仪使用中辐射安全

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內容。请见 [www.iaea.org/publications/rights-and-permissions](http://www.iaea.org/publications/rights-and-permissions) 了解详情。垂询可致函：

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

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

## 核测量仪使用中辐射安全

国际原子能机构，奥地利，2024 年 8 月  
STI/PUB/1881  
ISBN 978-92-0-513823-7（简装书：碱性纸）  
978-92-0-513623-3（pdf 格式）  
EPUB 978-92-0-513723-0  
ISSN 1020-5853

# 前 言

原子能机构的《规约》授权原子能机构“制定或通过……保护健康和最大限度地减少生命和财产危险的安全标准”，这些标准是原子能机构在其自身行动中必须使用的，各国可以通过其核安全和辐射安全的监管规定加以适用。原子能机构是在与联合国主管机关和有关专门机构协商后这样做的。定期审查的一套全面的高质量标准是稳定和可持续的全球安全制度的关键要素，原子能机构在实施这些标准方面的援助也是如此。

原子能机构于 1958 年开始其安全标准方案。对质量、适用性和持续改进的重视导致原子能机构标准在世界各地得到广泛使用。《安全标准系列》现在包括统一的基本安全原则，这些原则代表了关于什么必须构成高水平的保护和安全的国际共识。在安全标准委员会的大力支持下，原子能机构正在努力促进全球接受和使用其标准。

只有在实践中正确应用了标准，标准才会有效。原子能机构的安全服务包括设计、选址和工程安全、操作安全、辐射安全、放射性材料的安全运输和放射性废物的安全管理，以及政府组织、监管事项和各组织的安全文化。这些安全服务有助于会员国应用这些标准，并使宝贵的经验和见解得以分享。

监管安全是一项国家责任，许多国家已决定在其国家法规中采用原子能机构的标准。对于各项国际安全公约的缔约方来说，原子能机构的标准为确保有效履行公约规定的义务提供了一致、可靠的手段。世界各地的监管机构和运营商也应用这些标准，以提高核能发电以及医学、工业、农业和研究中的核应用的安全性。

安全本身不是目的，而是保护各国人民和环境的先决条件，无论是现在还是将来。必须在不过度限制核能对公平和可持续发展的贡献的情况下，评估和控制与电离辐射有关的风险。各国政府、监管机构和运营商必须确保核材料和辐射源得到有益、安全和合乎道德的使用。原子能机构的安全标准旨在促进这一点，我鼓励所有会员国利用这些标准。





# 国际原子能机构安全标准

## 背景

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

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

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

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

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

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

## 原子能机构安全标准

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

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

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

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

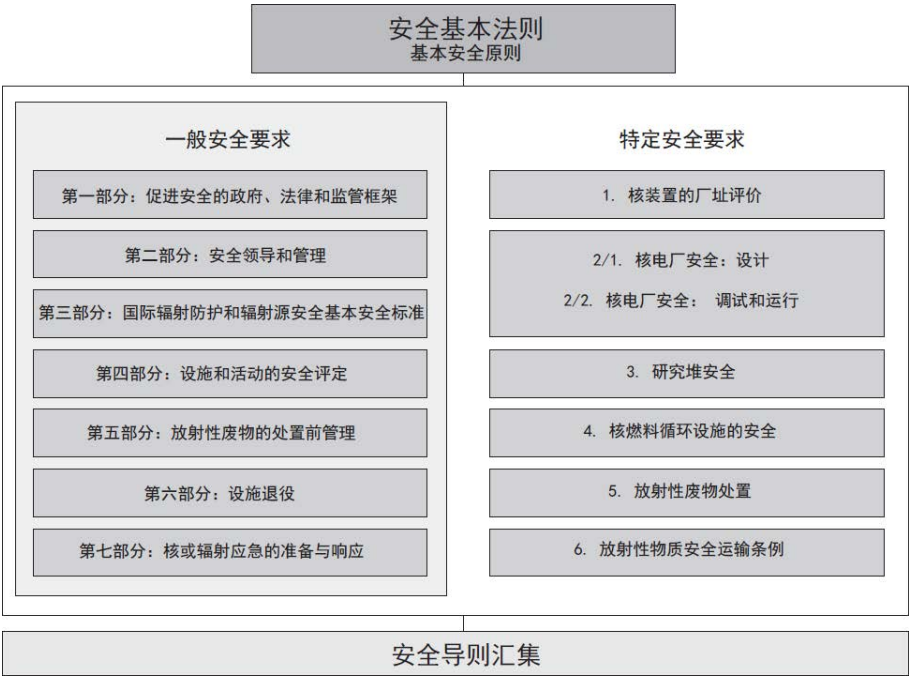


图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

<sup>1</sup> 另见以原子能机构《核安保丛书》印发的出版物。

## 安全基本法则

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

## 安全要求

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

## 安全导则

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

## 原子能机构安全标准的适用

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

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

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

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

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

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

## 原子能机构安全标准的制定过程

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

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

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

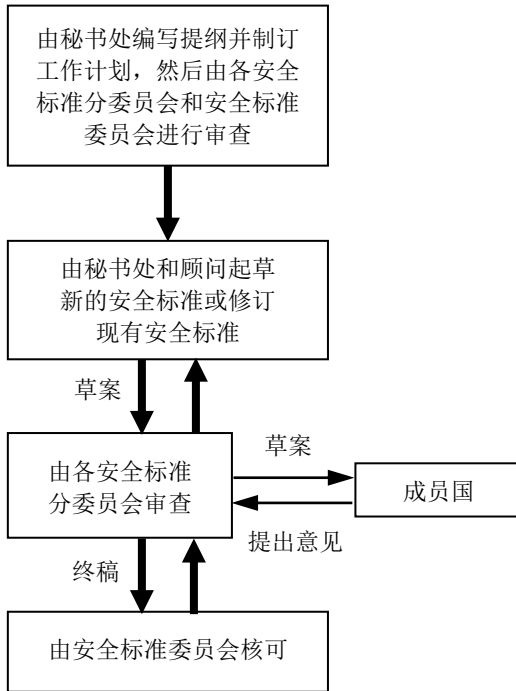


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

## 与其他国际组织的合作关系

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

## 文本的解释

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

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

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

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

# 目 录

<b>1. 导言</b> .....	<b>1</b>
背景 (1.1-1.8).....	1
目的 (1.9, 1.10).....	2
范围 (1.11-1.13).....	2
结构 (1.14, 1.15).....	3
<b>2. 职责和责任</b> .....	<b>3</b>
概述 (2.1).....	3
政府和监管机构 (2.2-2.22).....	4
营运组织 (2.23-2.37).....	8
辐射防护主管 (2.38-2.40).....	11
合格专家 (2.41-2.45).....	12
工作人员 (2.46-2.48).....	13
雇主与注册人和许可证持有人之间的合作 (2.49-2.52).....	13
短期合同工作人员（流动工作人员） (2.53-2.56).....	14
客户 (2.57-2.62).....	15
<b>3. 安全评定</b> .....	<b>16</b>
概述 (3.1-3.6).....	16
安全评定方法 (3.7).....	17
安全评定结果 (3.8).....	18
安全评定评审 (3.9, 3.10).....	18
安全评定记录 (3.11).....	19
分级方法 (3.12, 3.13).....	19
防护和安全的最优化 (3.14, 3.15).....	19
<b>4. 辐射防护程序</b> .....	<b>20</b>
目标和范围 (4.1-4.5).....	20
结构和内容 (4.6, 4.7).....	21
管理系统和政策 (4.8, 4.9).....	21
教育和培训程序 (4.10, 4.11).....	22
本地规则和监督 (4.12-4.18).....	22
辐射安全委员会 (4.19).....	23
指定控制区和监督区 (4.20-4.26).....	24
工作现场监控程序 (4.27-4.30).....	26
个人监控的安排 (4.31).....	26

健康监视计划 (4.32-4.37).....	26
定期评审和监查辐射防护程序的执行情况 (4.38, 4.39).....	27
管理系统和流程改进 (4.40-4.43).....	28
<b>5. 核测量仪工作人员的培训和资格认证 .....</b>	<b>28</b>
概述 (5.1, 5.2).....	28
培训程序的设计 (5.3, 5.4).....	28
培训课程的结构和内容 (5.5-5.8).....	29
复训 (5.9, 5.10).....	30
培训评定和认证 (5.11).....	31
<b>6. 对工作人员的个人监控 .....</b>	<b>31</b>
概述 (6.1-6.4).....	31
职业辐射防护剂量限值 (6.5-6.10).....	32
使用非能动剂量计进行个人剂量评定 (6.11-6.13).....	33
能动式个人剂量计 (6.14-6.16).....	34
记录保存 (6.17-6.22).....	35
对超过剂量限值的剂量调查 (6.23, 6.24).....	36
剂量测量设备检测和校准 (6.25).....	36
<b>7. 工作现场监控 .....</b>	<b>36</b>
监控程序 (7.1-7.4).....	36
工作现场监控仪器仪表的选择、维护和校准 (7.5-7.10).....	37
<b>8. 放射源监管 (8.1-8.10) .....</b>	<b>38</b>
<b>9. 核安保考虑 (9.1, 9.2).....</b>	<b>39</b>
安全与核安保之间的关系 (9.3-9.5).....	40
安保措施 (9.6-9.9).....	40
<b>10. 放射源和辐射发生器的安全装卸 .....</b>	<b>41</b>
概述 (10.1-10.9).....	41
密封放射源 (10.10-10.13).....	42
含有放射源的核测量仪的标记和标签 (10.14, 10.15).....	43
用于已安装核测量仪中的中子辐射发生器 (10.16-10.20).....	44
用于已安装核测量仪中的 X 射线发生器 (10.21-10.25).....	45
源转换器和装运集装箱 (10.26, 10.27).....	45
核测量仪中放射源的存储 (10.28, 10.29).....	46
核测量仪的维护 (10.30).....	46
核测量仪中放射源的泄漏试验 (10.31).....	47



停止使用和拆除核测量仪 (10.32-10.35).....	47
<b>11. 便携式核测量仪的使用 .....</b>	<b>48</b>
为其他现场的工作做准备 (11.1-11.5).....	48
指定现场控制区和监督区 (11.6-11.10).....	49
便携式测量仪用户培训 (11.11).....	50
便携式核测量仪的临时存储 (11.12-11.15).....	50
完成工作并从现场清除污染源 (11.16, 11.17).....	50
<b>12. 放射源的运输 (12.1-12.3) .....</b>	<b>51</b>
现场内移动便携式测量仪 (12.4, 12.5).....	51
运输至另一现场 (12.6-12.10).....	52
<b>13. 应急准备和响应 .....</b>	<b>52</b>
概述 (13.1-13.4).....	52
制定应急计划和程序 (13.5-13.12).....	54
应急设备 (13.13-13.15).....	55
涉及核测量仪事故的响应程序示例 (13.16-13.20).....	56
培训和演习 (13.21-13.24).....	58
定期评审应急计划 (13.25).....	58
报告 (13.26-13.28).....	58
与公众的沟通 (13.29).....	59
<b>参考文献 .....</b>	<b>61</b>
<b>附件 I 核测量仪概述 .....</b>	<b>65</b>
<b>附件 II 核测量仪安全评定和本地规则参考 .....</b>	<b>73</b>
<b>附件 III 涉及核测量仪的事故示例 .....</b>	<b>78</b>
<b>参与起草及审订成员 .....</b>	<b>83</b>



# 1. 引言

## 背景

1.1. 如原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号《基本安全原则》[1]所述：“基本安全目标是保护人类和环境免受电离辐射的有害影响。”SF-1[1]第 2.1 段指出：

“必须在不过度限制设施运行或导致辐射风险活动的情况下，实现保护个人、集体以及环境的基本安全目标。”

1.2. SF-1[1]第 2.2 段指出：

“基本安全目标适用于所有设施和活动，适用于设施或辐射源寿期的所有阶段，包括计划、选址、设计、制造、建造、调试和运行，以及退役和关闭。这包括放射性物质的运输和放射性废物的相关管理。”

1.3. 全世界在运的装有放射源或辐射发生器的核测量仪达几十万个，已被广泛应用于各种行业[2]，以提高产品质量、优化流程、节约能源和材料。其经济利益已得到充分证明，而且有证据表明核测量仪技术可以安全使用，并将在广泛的工业领域继续发挥重要作用。

1.4. 工业上使用的核测量仪主要有三大类[2]：

- (a) 透射测量仪，用于测量材料的密度、厚度和水平：源套和辐射探测器位于被试验材料的相对两侧，在穿透材料时辐射衰减。这类测量仪传统上通常使用放射源（ $\beta$  和  $\gamma$ ）；然而，正越来越多地使用 X 射线发生器，现在已是透射测量仪常用的辐射源。
- (b) 反向散射计，用于测量涂层厚度：探测器和源套在材料的同一侧，因此探测器必须屏蔽初级辐射。辐射进入材料与之相互作用并散射回来。这类测量仪通常使用放射源（ $\beta$ 、 $\gamma$ ，偶尔还有中子）。由辐射探测器测量后向散射辐射，与涂层厚度相关。
- (c) 反应性测量仪，例如用于元素分析的测量仪：一些特定的辐射源（X 射线和中子）可在被分析材料中产生 X 射线荧光射线。一些反应性测量仪使用 X 射线发生器和中子源（放射源或辐射发生器）。

附件 I 概述了不同用途的核测量仪所使用的主要辐射源。

1.5. 原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.9 号《放射源的分类》[3] 根据放射源造成确定性严重影响的潜力（即如果被误用，放射源的潜在危害程度），对放射源进行了相对排序。RS-G-1.9 规定的分类制度有五个类别，其中第 1 类的源被认为是最“危险”源。用于核测量仪的放射源通常属于第 3 类或第 4 类。

1.6. 本“安全导则”是关于电离辐射工业用途的若干安全导则之一，包括工业辐照器、工业射线照相术、测井和放射性同位素生产设施的安全导则[4—7]。

1.7. 除非另有说明，本“安全导则”使用的术语具有原子能机构《安全术语》[8]规定的含义。

1.8. 本“安全导则”假定，国家已在使用核测量仪方面建立有效的政府、法律和监管基础设施，以保障辐射安全。

## 目的

1.9. 本“安全导则”的目的是就如何满足原子能机构《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》[9]与使用核测量仪相关的要求提供建议。

1.10. 本出版物的建议主要针对获准使用核测量仪的营运组织及其雇员和辐射防护主管。相关监管机构、核测量仪的设计者、制造商、供应商以及维护和服务组织也将会关注本导则。

## 范围

1.11. 本“安全导则”提供了关于固定式（即安装式）核测量仪和便携式（移动式）核测量仪的设计、制造和使用的建议。本“安全导则”特定考虑：相关各方的责任，核测量仪的安装、使用、维护和退役，制定安全评定和本地规则，辐射监控，放射性物质的运输，事故的准备和响应安排。

1.12. 本“安全导则”还提供了关于需要采取相应核安保措施的信息，并就这些措施与安保措施的接口提出了建议，但没有为核安保的各个方面提供特定指导。可在原子能机构《核安保丛书》中找到关于核安保的更多指导。

1.13. 为安保目的而使用辐射源（例如对行李进行危险物品的 X 射线视察）不在本“安全导则”的范围之内。

## 结构

1.14. 第 2 部分说明组织和个人在核测量仪方面的义务和责任。第 3 部分和第 4 部分分别说明了核测量仪安全评定和辐射防护计划的准备工作。关于人员培训的建议见第 5 部分。第 6 部分和第 7 部分分别就工作人员个人监控和工作环境监控提出了建议。随后各部分就放射源的监管（第 8 部分）、放射源的安全（第 9 部分）、固定式核测量仪和便携式核测量仪的安全使用（分别为第 10 部分和第 11 部分）以及放射源的安全运输（第 12 部分）提出了建议。第 13 部分描述了对涉及测量仪用放射源紧急情况的准备和响应。

1.15. 附件 I 概述了核测量仪的辐射源和应用情况。附件 II 提供了核测量仪安全评定和核测量仪本地规则的考虑因素。附件 III 列举了一些涉及核测量仪的事件示例。

## 2. 职责和责任

### 概述

2.1. 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》[10]出于对涉及使用核测量仪相关设施和活动的安全考虑，对政府、法律及监管基础设施制定了相关要求，并向相关各方分配了义务和责任。GSR Part 3[9]规定了这些义务和责任的一般框架，本部分就核测量仪方面的各种义务和责任提出了建议。

## 政府和监管机构

2.2. GSR Part 3[9]第 2.15 段指出：

“政府应制定法律，其中：

- (a) 为所有照射情况下的防护和安全要求提供法律基础；
- (b) 规定防护和安全的主要责任在于负责产生辐射风险的设施、活动的个人或组织；
- (c) 规定其适用范围；
- (d) 设立并维持一个独立监管机构的运营，明确该机构的监管防护和安全的职能和责任；
- (e) 负责所有照射情况下防护和安全相关当局之间关系的协调。”

健全的法律和政府基础设施（包括有明确责任和职能的国家监管机构）对于实现和维持在核测量仪中使用辐射源的高度安全至关重要。

2.3. GSR Part 3[9]第 2.16 段指出：

“政府应确保监管机构是独立运营的，独立于任何使用或推广辐射和放射性物质的个人和组织，可独立做出防护和安全相关决策。该机构不应受相关各方的任何不当影响，不存在任何利益冲突，并确保其职能与任何相关责任或相关各方不存在交叉或重叠，从而决策时不受外界干扰。”

监管机构不应与其所管理技术的开发和利用存在有任何利害关系。

2.4. GSR Part 3[9]第 2.17 段指出：政府应确保监管机构具备所必需的法律权威、权限和资源，可履行其法定职能和责任。

2.5. GSR Part 3[9]要求 3 规定：“**监管机构应制定或采用相关防护和安全的法规和导则，并应建立相应制度以确保它们的实施。**”许多国家已决定在其国家法规中采用原子能机构标准。

2.6. GSR Part 3[9]第 2.30 段指出：

“监管机构应建立防护和安全监管系统，包括（详见参考文献[10]）：

- (a) 通知和授权；
- (b) 评审和评定设施及活动；
- (c) 视察设施和活动；
- (d) 执行监管要求；
- (e) 与应急照射情况和现存照射情况相关的监管职能；
- (f) 向受其决定影响的缔约方（并酌情向公众和其他相关缔约方）提供信息和咨询。”

2.7. GSR Part 3[9]第 2.31 段指出：

“监管机构应采取分级方法执行防护和安全系统，采取的监管要求与照射情况所产生的相应辐射风险相匹配。”

分级方法应在有效核实监管合规性的同时，确保监管资源的优化利用。

2.8. GSR Part 3[9]第 2.32 段指出：监管机构应确保对所有从事与防护和安全相关活动的人员符合关于防护和安全的教育、培训、资格和能力的要求。

2.9. GSR Part 3[9]第 2.33 段指出：

“监管机构应建立机制，及时向相关各方（如源的供应商和用户）传播管理经验和运行经验、事件和事故以及相关调查结果中获得的防护和安全的经验教训。所建立的机制应酌情在国家 and 国际范围内向其他相关组织提供相关信息。”

在许多国家，监管机构定期与相关各方（如放射源的供应商和用户）通过专题信息（关于安全实践和在本国或其他地方发生的涉及放射源的事件细节等）进行沟通，以便将吸取的经验教训用于改进防护和安全。

2.10. GSR Part 3[9]第 2.34 段指出：

“对于任何生产或制造的源、装置、设备或设施，如果在使用时对防护和安全有影响，则监管机构应与相关当局一起根据现行的监管标准对上述物项进行管理。”

2.11. 用于核测量仪的放射源应具有相关特征，并符合 ISO 2919[11]。IEC 62598[12]提供了一个针对永久安装核测量仪的监管许可证标准示例。监管

机构应针对经授权经销和使用的核测量仪和相关辐射源，制定相关监管和许可证标准。

2.12. GSR Part 3[9]第 2.35 段指出（脚注略）：

“监管机构应针对相关设施和活动，建立完整的档案记录，并维护以确保其可查询。这些记录应包括：

- 密封源和辐射发生器的备案登记；
- 职业照射剂量记录；
- 相关设施和活动的安全记录；
- 停机、退役或设施关闭可能需要的记录；
- 事件记录，包括放射性物质向环境的非常规排放；
- 放射性废物清单……”

与核测量仪安全相关的记录还应包括正在使用的辐射源和废弃源的清单。

2.13. 监管机构还应规定建立、充分维护和检索以下记录：

- (a) 放射源的运输；
- (b) 放射源的位置；
- (c) 涉及辐射源的事件，如放射源丢失、放射源损坏和放射源或辐射发生器被盗。

2.14. 监管机构应视察与使用核测量仪相关的活动[13]。这些视察应核实营运组织，是否符合监管要求和授权规定的所有条件。定期视察相关设施和活动，应成为监管机构制定的时间表的一部分。此外，应根据营运组织的要求或在事故发生后进行反应性视察。监管机构可酌情考虑是否公布该视察结果。应采取分级监管制度，以确保视察的频率和复杂程度与设施或活动相关的辐射风险相匹配。

2.15. 视察应确认安全使用核测量仪相关的一系列问题，并应包括以下方面：

- (a) 评审拥有和使用核测量仪的授权条件的合规情况。例如，检查并确认被检查单位所持有的测量仪和辐射源都在授权范围内，且测量仪只在授权地点用于授权用途。在客户的相关现场和设施临时使用测量仪时，



应遵守与测量仪临时存储、操作和运输相关的特定授权条件。如果任何授权源丢失，或发现任何源未得到适当授权，应进行调查并采取相应措施（应立即搜索遗失源，并监管控制任何未经授权的源）。

- (b) 确认辐射源和核测量仪符合监管机构制定的性能和许可证标准。
- (c) 测量核测量仪周围的放射性水平并确认该水平符合授权标准。
- (d) 监查营运组织的工作现场监控和安全评定记录，以确认在不同条件下的个人剂量值是否符合要求。
- (e) 观察核测量仪的使用情况，包括安全使用程序和源的操作程序。
- (f) 在测量仪安装之前、使用期间以及在辐射源的使用寿命结束之后，检查每个源的相关安全和安保防护措施。
- (g) 评审监管措施（例如：进行定期源库存检查，确保源仅由经授权的人员使用，实施相应的工程控制）检查便携式测量仪和废弃源的存储条件以及应急程序。
- (h) 评审放射性物质运输法规相关要求的合规情况（见第 12 部分），特别是在客户相关设施及现场使用便携式测量仪的情况。
- (i) 情况允许时，在使用便携式测量仪的客户设施及现场进行现场视察。

2.16. GSR Part 3[9]第 2.38 段指出：监管机构应建立一套符合且有助于实现监管机构管理目标的管理系统，并落实该系统的执行。此外，应持续对系统进行评定并努力加以完善。

2.17. GSR Part 3[9]要求 19 规定：

**“政府或监管机构应制定并执行监管要求，以确保防护和安全最优化，监管机构应执行职业照射剂量限值相关规定。”**

监管机构应核实营运组织切实执行了相关监管措施，以确保不超过职业照射和公共照射的剂量限值。通常对核测量仪的设计要求很严格，核测量仪周围的放射性水平很低。因此，尽管遵守剂量限值是一项重要要求，但主要重点应是实现防护和安全最优化。

2.18. GSR Part 3[9]第 3.69 段指出：政府或监管机构应对雇主、注册人及许可证持有人建立责任机制，以确保上述人员在计划内的照射情况下，遵守职业照射的相关要求。

2.19. 按照 GSR Part 3[9]第 3.72 段指出，在批准涉及新核测量仪或经修改的操作开展之前，监管机构应评审在所有操作状态和事故工况下，与工作人员的照射和潜在照射相关的设计基准和设计特点，应只允许使用符合监管机构规定设计基准的核测量仪。由于核测量仪的设计基准很严格，个人监控应仅限于特定工作人员和特定类型的测量仪（见第 6 部分）。但是，在所有情况下，监管机构都应核实营运组织在涉及核测量仪的所有设施和活动中均遵守工作现场监控要求（见 GSR Part 3[9]第 3.96 段、第 3.98 段）。

2.20. 监管机构应要求提供放射源的相关安全和安保措施，包括酌情为已废弃源提供财政经费。具体来说，监管机构在授权时应根据《放射源安全和安保行为守则》[14]，要求营运组织对废弃放射源进行安全可靠的管理，包括在适用情况下将废弃源归还供应商的相关协议等。

2.21. 监管机构应要求营运组织定期对核测量仪中的放射源进行盘存检查，并在必要时向监管机构提供相关信息，列入国家放射源登记管理系统 [14]。

2.22. 涉及核测量仪的特定活动一如测量仪的安装、拆除以及维护维保—涉及或可能影响与测量仪安全的部件（例如，源、源壳、源驱动设备、快门、快门控制或屏蔽）。这些活动需要专门的培训，使用专用设备才能安全地进行。因此，这些活动通常由测量仪制造商、源供应商或其他相关服务商执行。监管机构应制定开展此类活动的相关要求，其中可包括开展这些活动授权的特定要求。

## 营运组织

2.23. 关于核测量仪，营运组织通常是用于安装核测量仪工业设施的所有方，或使用便携式核测量仪开展活动的公司。营运组织对辐射防护和安全负有主要责任（见 GSR Part 3[9]要求 4 和 9），且应确保防护和安全实现最优化（GSR Part 3[9]要求 11）。含放射源核测量仪的制造商和供应商也属营运组织范畴，应对防护和安全负有自身的责任。

2.24. 营运组织必须履行最高级别的辐射安全防护承诺（GSR Part 3[9]第 2.47 段）。

2.25. 营运组织在运行一个涉核设施或进行一项相关活动前，必须向监管机构提交申请以获准（GSR Part 3[9]要求 7）。因此，对于经授权的设施，营运组织通常也是 GSR Part 3[9]所定义的许可证持有人或注册人。

2.26. 如 GSR Part 3[9]第 2.42 段指出，营运组织：

“应制定并执行适用于照射情况的防护和安全程序。防护和安全程序：

- (a) 应根据[GSR Part 3]相关要求制定安全防护法规；
- (b) 应根据照射情况所引起的辐射风险等级，采取相匹配的防护和安全措施，并确保上述措施符合[GSR Part 3]要求。”

2.27. 如 GSR Part 3[9]第 2.43 段指出，营运组织：

“在实施防护和安全程序时应确保：

- (a) 已确定并提供实现防护和安全目标所需的措施和资源；
- (b) 定期评审该程序，以评定其效力并确认是否仍能继续适用；
- (c) 识别并修正防护和安全方面的任何故障或缺陷，并采取适当措施防止其再次发生；
- (d) 筹备与相关各方磋商的相关事宜；
- (e) 保存应有的记录。”

本“安全导则”第 4 部分提出了关于建立核测量仪辐射防护程序的建议。

2.28. GSR Part 3[9]第 2.44 段指出：

“主要当事方和负有明确防护和安全责任的其他当事方应确保，所有从事防护和安全相关活动的人员都接受适当的教育、培训和资格认证，确保了解自己的责任，并能够按照程序凭借适当的判断力充分地履行职责。”

本“安全导则”第 5 部分给出了相关核测量仪工作人员的培训和资质的建议。

2.29. 营运组织应允许监管机构的授权代表视察设施、活动及其防护和安全记录，并应在视察过程中给予配合（GSR Part 3[9]第 2.45 段）。

2.30. 营运组织在执行 GSR Part 3[9]规定的要求（GSR Part 3[9]第 2.46 段）过程中，在必要时应咨询相关的专家（见 GSR Part 3[9]第 2.41—2.45 段）。

2.31. 营运组织应确保防护和安全有效地融入整体管理系统（GSR Part 3[9]要求 5），其系统应与营运组织核测量仪的数量及其类型的辐射风险相匹配（GSR Part 3[9]第 2.49 段）。

2.32. 如 GSR Part 3[9]第 2.48 段指出，营运组织（脚注略）：

“应确保能通过以下方式，加强管理系统的设计和应用的防护和安全：

- (a) 应一致应用防护、安全要求与其他要求（包括操作性能要求）以及安全标准；
- (b) 详细描述为一套有计划、有系统的相应措施，保障防护和安全；
- (c) 确保防护和安全不受其他要求的影响；
- (d) 定期开展安全防护工作实效评定，并检验从实践中获取的经验；
- (e) 推广安全文化。”

2.33. 如第 2.50 段指出，营运组织应能证明其有效地满足了管理系统中的防护和安全要求。

2.34. 如 GSR Part 3[9]第 3.60 段指出，营运组织应确保一旦决定停止使用辐射发生器和放射源时，立即对辐射发生器和放射源进行安全管理和控制安排，包括提供相应的资金。本“安全导则”第 10 部分提供了满足与核测量仪中的辐射发生器和放射源相关要求。

## 安全文化

2.35. 由于核测量仪的设计包含了工程安全特点，因此对安全工作程序的依赖程度相对较低。因此，在使用核测量仪的设施中，安全可能被视为理所当然，安全文化可能没有得到应有的重视。根据 GSR Part 3[9]第 2.51 段的规定，营运组织应通过以下措施推广和维护安全文化：

- (a) 加强组织各级个人和集体的安全防护责任，包括负责行政、安保和存储设施的工作人员以及参与操作和维护核测量仪的工作人员。
- (b) 确保在组织内部对安全文化达成共识。

- (c) 支持个人和团队安全成功执行任务，同时考虑到个人、核测量仪技术和组织之间的相互作用。例如，如果是在测量仪安装附近进行维护工作，维护人员、测量仪操作人员和辐射防护主管必须进行协调。
- (d) 鼓励测量仪操作人员、辐射防护主管和设施内其他工作人员公开交流，并参与制定和执行与核测量仪相关的防护和安全政策、程序。
- (e) 确保本组织、各级个人对源的采购、存储、安装、操作、维护、装卸和安全管理负责，直至其使用寿命结束后得到安全处置。
- (f) 鼓励质疑和学习的态度，避免在防护和安全方面的自满情绪，组织提供不断寻求发展和加强其安全文化的方法。

2.36. 营运组织还应确保，人员可以自由地提出安全担忧，而不必担心遭到报复、恐吓、骚扰或歧视。

## 人为因素

2.37. GSR Part 3[9]第 2.52 段指出：

“在防护和安全方面负有特定责任的相关方和主要当事方应酌情考虑到人为因素，并应支持良好的行为和表现，以防止人为和组织方面的失误，除此之外，还应确保：

- (a) 在设计设备和制定操作程序时，遵循健全的人体工程学原则，有利于设备的安全操作和使用，尽量减少操作人员失误导致事故的可能性，并减少错误理解正常工况和异常工况指示的可能性。
- (b) 提供相应的设备、安全系统和程序要求，并作出其他必要的规定：
  - (i) 在切实可行的范围内，尽量减少人为错误或疏忽行为可能导致事故，或导致任何人员被照射的其他可能性；
  - (ii) 提供发现人为错误并加以纠正或补偿的方法；
  - (iii) 在安全系统故障或防护和安全措施失效的情况下，应采取防护和纠错措施。”

## 辐射防护主管

2.38. GSR Part 3[9]第 3.94 (e) 段指出：

“根据监管机构制定的标准，雇主、注册人和许可证持有人，在适当情况下通过其代表，应与测量仪操作人员磋商，酌情指定一名辐射防护主管。”

应确保任何被指定为辐射防护主管的人员，具备相应资格和受过适当的培训（见第 5 部分）。

2.39. GSR Part 3[9]第 3.96 段指出：

“注册人和许可证持有人应酌情与雇主合作，在辐射防护主管或合格专家的监督下，建立、维持工作现场监控计划并持续评审。”

2.40. 辐射防护主管应具备在使用核测量仪时的辐射防护相关技术能力，并由运营单位制定负责监督相关规定的实施情况。辐射防护主管的任命应以书面形式进行，辐射防护主管的作用和责任应纳入职务说明。

## 合格专家

2.41. GSR Part 3[9]第 2.46 段指出，营运组织遵守 GSR Part 3[9]并执行过程中，必要情况下应征求相关专家的意见。合格专家是指通过相应委员会或协会的认证、获取了专业执照或学术资格并具备经验、相关专业领域被正式承认的个人，例如，在辐射防护和核测量仪的安全操作方面[8]。

2.42. 政府应制定正式认证专家资质的相关要求（GSR Part 3[9]第 2.21 段）。正式认证是指相关当局以书面形式承认，认可某人具有他或她可承担核测量仪相关责任所需的资格、培训、教育、经验和专门知识[9]。专家资质认证的程序可能因国别而异。

2.43. 与辐射安全相关的事项（如核测量仪和相关设施的设计、辐射屏蔽计算、工作现场监控仪器仪表的试验和维护等），营运组织可与一名或多名专家进行咨询。由营运组织始终承担遵守法规的责任不能委托给专家，

2.44. 合格专家不一定必须是营运组织的雇员，可以非全职，也可以为特定的时期或目的任用。专家应具备所在国家的所有核测量仪使用资格要求或认证标准，并有相应的经验（即在涉及核测量仪的设施和活动方面的经验）。

2.45. 专家应与辐射防护主管密切合作，履行所有必要的职责和任务。

## 工作人员

2.46. 工作人员是指为雇主全职、非全职或临时工作，并在职业辐射防护方面享有公认权利和义务的任何人员[8]。

2.47. 要求工作人员履行其义务，履行其防护和安全职责（GSR Part 3[9]要求 22）。特别是 GSR Part 3[9]第 3.83 段指出：

“工作人员：

- (a) 应遵守雇主、注册人或许可证持有人规定适用的任何防护和安全规则和程序；
- (b) 应正确使用配备的监控设备和个人防护用品；
- (c) 应与雇主、注册人或许可证持有人就防护和安全、工作人员健康监视计划和剂量评定程序进行合作；
- (d) 应向雇主、注册人或许可证持有人提供其过去和现在工作相关信息，以确保其本人和他人得到有效、全面的防护和安全；
- (e) 应避免任何可能使自己或他人违反[GSR Part 3]行为；
- (f) 应接受防护和安全方面的信息、指导和培训，使其能够按照[GSR Part 3]要求开展工作。”

2.48. GSR Part 3[9]第 3.84 段指出：如果工作人员发现出现对防护和安全产生不利影响的情况，应尽快向雇主、注册人或许可证持有人报告。雇主不应对报告人员采取不利或惩罚行动。

## 雇主与注册人和许可证持有人之间的合作

2.49. GSR Part 3[9]要求 23：雇主、注册人和许可证持有人应在必要方面开展必要程度的合作，以确保所有责任方都能够符合防护和安全要求。例如：在使用便携式测量仪的营运组织和客户（即核测量仪工作现场的所有人，见第 2.56 段、第 2.61 段）之间的预期合作。

2.50. GSR Part 3[9]第 3.85 段指出：

“如果工作人员从事的工作涉及，或可能涉及不在其雇主控制之下的源，负责该源的注册人或许可证持有人应和雇主在必要方面开展相应程度的合作，确保双方都遵守[GSR Part 3]相关要求。”

例如，这一要求将适用于在已安装的核测量仪周边（但不直接涉及核测量仪相关操作）从事相关工作的承包商，还将适用于在现存其他放射源的工作现场使用便携式核测量仪的情况。

#### 2.51. GSR Part 3[9]第 3.86 段指出：

“雇主与注册人或许可证持有人之间的合作应酌情包括：

- (a) 制定关于照射情况的特定规定及其他相关措施并实施，以确保工作人员在从事涉及或可能涉及不在其雇主控制之下的源时，防护和安全措施与对注册人或许可证持有人雇员的程度保持一致；
- (b) 对工作人员辐射剂量的特定评定如 (a) 所述；
- (c) 应明确分配雇主和注册人或许可证持有人防护和安全责任，并进行文件记录。

#### 2.52. GSR Part 3[9]第 3.87 段指出：

“作为双方合作的一部分，负责源或照射的注册人或许可证持有人：

- (a) 应从雇主（包括自营职业者）处获取工作人员以往的职业照射史和任何其他必要信息；
- (b) 应向雇主提供适当的信息，包括雇主要求的与遵守[GSR Part 3]要求相关的任何可用信息；
- (c) 应向操作人员和用人单位提供相关的照射记录。”

### 短期合同工作人员（流动工作人员）

2.53. 短期雇用工作人员（例如在道路、桥梁建设中使用密度计）的营运组织应确保，这些工作人员享有与长期雇用工作人员同等防护和安全水平。这种短期工作人员（有时被称为流动工作人员）通常在营运组织工作相对较短的时间（例如几周），然后离开去为另一个雇主工作。应确保此类工作实践符合监管要求。



2.54. 应在合同条款中明确规定，营运组织和流动工作人员的相关责任。营运组织应要求，流动工作人员提供全部职业照射相关的信息，以及开始工作之前任何健康监视的详细情况。

2.55. 营运组织和流动人员应当按照规定履行各自的职责。营运组织应与流动工作人员明确下列事项的责任分配：

- (a) 必要时，提供个人剂量测定和剂量记录保存（见第 6 部分）；
- (b) 如有需要，安排健康监视（见第 4 部分）；
- (c) 工作现场监控相关措施（见第 7 部分）；
- (d) 本地规则（见第 4 部分）。

2.56. 营运组织应核实流动工作人员具有相应的资格，并为其提供相应的辐射安全、常规操作以及将核测量仪的任何特别程序充分的培训。营运组织应确保，提供的所有程序和其他相关文件语言都是流动工作人员所能理解的。

## 客户

2.57. 关于便携式核测量仪，客户是指雇用营运组织在客户现场使用核测量仪进行活动的组织或个人。就已安装的核测量仪而言，工作现场或设施的所有人通常也是营运组织。然而，在某些情况下，工作现场或设施的所有人也可以是客户，例如，当由专业核测量仪承包商负责设施的安装或维护工作。

2.58. 客户应始终使用获得监管机构核测量仪管理要求授权的营运组织。营运组织应坚持有足够的时间来计划工作和安全地执行，并根据相关要求在开展工作之前通知监管机构。

2.59. 营运组织应拒绝妨碍其以安全方式开展涉及核测量仪活动的条件或限值。客户应确保此类活动与现场的其他工作相协调，以最大限度地减少现场特定危害的风险，并最大限度地减少对其他工作人员的辐射照射。如果一次性有超过一个以上的营运组织在客户现场工作，则应作出协调安排。建立一个“工作许可证”系统，加强同一工作现场中不同活动间的沟通和协调。

2.60. 在可能需要使用便携式测量仪的工作现场，客户有责任确保工作环境的安全。客户还负责将现场特定的安全问题通知营运组织的工作人员，并根据法规要求向来访的工作人员提供任何必要的培训。

2.61. 如果放射源要临时存储在客户现场，客户和营运组织都应确保存储安全可靠，并取得监管机构的任何必要授权。监管机构应向客户和营运组织明确说明获取放射源相关许可证的流程手续。客户和营运组织应遵守上述流程手续（另见第 8 部分）。

2.62. 如果发生涉及测量仪的事故（包括可能使个人受到辐射的事故），客户应向营运组织进行所有必要的合作，以便按照法规要求（见第 13 部分）处理事故。

## 3. 安全评定

### 概述

3.1. GSR Part 3[9]要求 13 规定：

**“监管机构应制定和执行安全评定要求，相关责任人或组织应对相关设施和活动所产生的辐射风险进行充分的安全评定。”**

安全评定的要求见原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 4 (Rev.1) 号《设施和活动安全评定》[15]。

3.2. 核测量仪中使用的某些辐射源可能产生高剂量率，因此，应进行全面的安全评定。含有低放射性物质（但高于监管机构规定的豁免水平）的核测量仪也应进行安全评定。但在这种情况下，应采用与风险量级相匹配的方式，进行更直接的安全评定。对于同一类型的核测量仪采用同一种安全评定是可行的。

3.3. 初始评定（有时称为事前放射性评价）是确定应采取哪些控制措施的主要工具，也是确认对防护和安全有影响的所有因素已纳入考虑的主要工具。根据 GSR Part 3[9]要求 13，必须将安全评定记录在案，并在相应情况下，在营运组织的管理系统内进行独立评审。

3.4. 核测量仪的潜在使用者在申请授权时，应向监管机构提交安全评定报告。因此，应在营运组织接收核测量仪之前，准备好安全评定文件。核测量仪的供应商在一个国家销售前应根据该国的管理要求申请相应的授权。

3.5. 营运组织应提前做好相关计划，以确保有足够的时间建立防护和安全控制措施并实施。如果核测量仪中的一个源已被相同类型源替换，则并无必要进行新的安全评定。除非工作安排发生变化，例如测量仪装置周围的空间占用显著增加，则有必要进行新的安全评定。

3.6. 如果正在开展的工作没有事先进行安全评定，营运组织应进行可溯源安全评定并将其记录在案。在可溯源安全评定的基础上，要么确认所有必要的控制措施都已到位，要么确定并实施额外的控制措施。

## 安全评定方法

3.7. 对于核测量仪，安全评定应包括考虑下列事项：

- (a) 屏蔽和非屏蔽放射源以及辐射发生器（X 射线和中子）的剂量率（视情况而定）；
- (b) 因正常操作核测量仪而受到的照射，或因可合理预见事故（包括由于核测量仪设计中的辐射屏蔽丧失或减少、由于受损放射源的污染以及其他情况，包括极低概率事件造成的照射），工作人员和公众接受的照射；
- (c) 核测量仪的限值和技术条件；
- (d) 结构、系统、部件以及与防护和安全相关的程序可能失效或可能导致潜在照射的方式，以及上述方式所带来的潜在后果；
- (e) 外部因素、操作失误和人因可能影响防护和安全的方式；
- (f) 任何拟议改造对防护和安全的影响；
- (g) 任何不确定性或假设及其对防护和安全的影响。

附件 II 提供了核测量仪安全评定的进一步考虑因素。

## 安全评定结果

3.8. 安全评定应由营运组织用于提供与下列事项相关的决策依据：

- (a) 安全所必需的工程控制措施，例如防止接近核测量仪的主束；
- (b) 安全所需的行政控制，例如管理进入装有水平仪容器所需的程序，特别是在闸口打开时；
- (c) 对于现有库存中放射源的存储、操作、维护，以及废弃源的管理和维护制定相关安全工作程序；
- (d) 指定控制区和监督区（永久和临时）的程序；
- (e) 为保护公众而采取的任何必要措施；
- (f) 职业照射的评定（见第 6 部分）；
- (g) 测量仪用户和其他人的培训程序（见第 5 部分）；
- (h) 有效的应急准备和响应程序，以管理可合理预见的事件（包括极低概率事件）。这应包括关于可合理预见事件的信息，防止或尽可能降低发生的必要措施以及所需的应急响应安排（包括应急响应计划、程序以及应急响应设备）（见第 13 部分）；
- (i) 固定测量仪和便携式测量仪中放射源的安全，目的是防止、监控、延迟和应对放射源失窃（见第 9 部分）。

## 安全评定评审

3.9. 安全评定应每年评审一次，并在下列情况适用时进行评审：

- (a) 设施或活动的变更可能危及或影响安全；
- (b) 计划获取新的辐射源或不同特征的源；
- (c) 当操作经验或对事故、故障或错误的调查，表明当前的安全措施无效或不完全有效时；
- (d) 已对相关标准、法规或导则作出或假设作出重大修改时。

3.10. 营运组织应确保安全评定反映当前的工作实践，并确保没有忽略任何变化。

## 安全评定记录

3.11. 安全评定应记录在案，并在营运组织的管理系统内进行独立评审。监管机构应监查安全评定的修订和修改。

## 分级方法

3.12. 与监管系统和安全系统相关的分级管理方法是一种流程/方法，在这种分级管理方法中所应用的控制措施和条件的严格程度，应尽可能与失控的可能性及由此可能引起的后果相匹配，并与相应的辐射风险级别一致[8]。监管机构应采取分级方法执行防护和安全制度，以确保所执行的管理要求与照射产生的相应辐射风险相匹配。

3.13. 对于固定的核测量仪，可能有大量的工作人员经常在邻近地区工作；然而，辐射风险通常很低。相比之下，当使用便携式核测量仪时，在场的工作人员人数通常较少，但接受职业照射的可能性较高。在制定和执行安全评定时应考虑到这些因素。

## 防护和安全的最优化

3.14. 安全评定应考虑到个人剂量、受照射的人数以及发生潜在照射的可能性，应将上述指标保持在尽可能低的水平，同时考虑到经济和社会因素，应考虑到这些不同因素之间的任何相互作用。如果只能通过部署与预期利益不相称的资源来降低相关危害，那么这种部署可能是不合适的，但无论如何，个人安全应得到充分保障。最优化是一个迭代的过程，在对现有程序进行评审时也可以应用这个流程[16]。

3.15. 由于屏蔽和其他安全特点，与使用核测量仪相关的辐射照射预计量较低，特别是对固定测量仪而言。在许多情况下，没有必要提供额外的工程安全设施，因为这将需要额外的支出，然而辐射风险并不会因此而显著降低。

## 4. 辐射防护程序

### 目标和范围

4.1. GSR Part 3[9]要求 24 规定：

“雇主、注册人和许可证持有人应在职业照射辐射防护计划中制定并维护组织、程序和技术相关法规制度，以便妥善安排控制区和监督区的管理工作，并制定本地规则和工作现场相关监控规定。”

4.2. GSR Part 3[9]第 3.93 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人应根据以下预防措施分级，通过提供精心设计的控制系统和令人满意的工作条件，最大限度地减少对行政安全防护控制和个人防护设备的依赖：

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

4.3. 辐射防护程序是一个在组织内部发展和维护安全文化的关键因素。辐射防护计划应包括，营运组织的管理机构、政策、责任、程序和组织相关安排。所有这些都应该由营运组织落实到位，以控制辐射危害，防护和安全最优化相关工作。关于制定和维护辐射防护计划以保护工作人员的详细建议见原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[17]。

4.4. 辐射防护计划应根据营运组织的需要进行增减和调整。该程序应反映与核测量仪设施和活动的复杂性和相关危害性。该计划应以营运组织的安全评定为基础（见第 3 部分），并应能够处理在计划内的照射情况，并在相应情况下处理应急照射情况（见第 13 部分）。

4.5. 营运组织应考虑到，处理工作现场其他危害所需的任何额外措施和程序，这些措施和程序可包括下列一项或几项：

- (a) 化学品危害；
- (b) 火灾和爆炸；

- (c) 噪声和振动；
- (d) 机械危害（如起重设备、滚轮）；
- (e) 加热（如炉子、烤箱）；
- (f) 与压力容器相关的危害。

## 结构和内容

4.6. 辐射防护程序应包括有助于防护和安全的主要因素。应相应加以详细记录辐射防护程序的结构和内容，并应涉及下列基本要素：

- (a) 与防护和安全相关的管理系统和政策；
- (b) 分派个人的防护和安全责任；
- (c) 关于辐射危害的性质，防护和安全所需措施的培训；
- (d) 核测量仪所在地本地规则和监控相关工作；
- (e) 酌情指定控制区和监督区；
- (f) 放射源的安全和安保，包括废弃源的管理；
- (g) 应急准备和响应；
- (h) 评定职业照射（如有需要）和监控工作现场的安排，包括获取、试验和维护工作现场监控仪器仪表；
- (i) 工作人员健康监视计划（如有需要）；
- (j) 用于记录和报告相关照射控制、职业辐射防护、安全措施决策以及个人监控和工作现场监控相关信息的系统；
- (k) 定期评审和监查辐射防护程序执行情况的方法；
- (l) 质量保证的要求和过程改进的程序。

4.7. 辐射防护计划的这些要素在以下各部分中有更全面的描述，根据操作的规模和复杂性，这些要素可以合并为一份文件或一系列文件。辐射防护计划或其摘要应提供给工作人员。

## 管理系统和政策

4.8. 辐射防护程序应说明与防护和安全相关的管理系统，这一结构可以以组织图的形式表示。这一图表应清楚地列明从工作人员到负有全面责任

高级管理人员的报告关系，并应列出具体负责防护和安全的人员姓名和详细联系方式（如辐射防护主管，见第 2 部分）。如果营运组织有一个以上的经营地点，管理系统应明确规定每个地点的职责范围和负责人。

4.9. 辐射防护程序应包括营运组织关于辐射防护和安全的政策，并应包括管理层的承诺，将使辐射剂量保持在尽可能低的水平并培养积极的安全文化。

## 教育和培训程序

4.10. 辐射防护程序应说明，直接使用核测量仪所有工作人员的防护和安全培训程序范围，包括任何相关的应急行动，还应酌情包括对其他工作人员的辐射意识程序。这类工作人员包括管理人员和一般工作人员（即不直接从事核测量仪工作的个人）。辐射防护程序还应规定相关工作人员（特别是辐射防护主管和参与测量仪安装和维护的人员）按照监管要求获得所需具备的最低教育学历和专业资格。第 5 部分提供了关于人员培训和资格的更多细节。

4.11. 营运组织应保存相应的培训记录与法规要求保持一致。应在辐射防护程序中特定说明保存记录的安排。

## 本地规则和监督

4.12. GSR Part 3[9]第 3.94 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人与工作人员磋商，或酌情通过其代表：

- (a) 应以书面形式制定保护工作人员和其他人的安全所必需的本地规则和程序；
- (b) 应在本地规则和程序中包含任何相关的调查级别或授权级别，以及在超过任何此类级别时应遵循的程序；
- (c) 在将本地规则和程序以及防护和安全措施适用的情况下将这些信息告知工作人员和其他可能受其影响的人；



(d) 在进行产生或可能产生照射的工作时，应确保工作人员得到充分监督并应采取一切合理步骤，确保保护和安全的规则、程序和措施的实施；

(e) 应根据监管机构制定的标准，酌情指定一名辐射防护主管。”

4.13. 描述核测量仪相关操作程序的本地规则，应以工作人员所能理解的语言编写，而相关人员应遵守上述规则。这些本地规则应涵盖所有可能产生照射的核测量仪相关操作程序，例如安装、例行操作、源交换、放射源运输、维护操作、停止使用和处置，以及应急响应程序（见第 8、11、12 和 13 部分）。局部规则是限制辐射剂量的重要工具应包括足够的信息，以便工作人员能够安全地履行职责并符合监管要求。

4.14. 应向从事核测量仪工作的工作人员和其他相关人员提供本地规则的副本；工作区应酌情展示其他相关文件的副本。管理人员应确保所有相关人员已阅读并理解本地规则。

4.15. 在组织内拥有少量相似类型的测量仪，也许应该有一套涵盖所有程序的本地规则。对于较大的组织，特别是拥有一系列不同类型核测量仪的组织，可能更需要几套针对性管理的本地规则。

4.16. 应针对特定的操作程序制定相应的本地规则，例如使用便携式核测量仪、更换固定测量仪中放射源等操作程序。一些客户组织还可能要求制定针对在其工作现场进行核测量仪操作的规则。

4.17. 营运组织须指定一名辐射防护主管（见第 2 部分），并可委任多于一名合格雇员担任辐射防护主管，以监督本地规则的日常执行情况，并履行辐射防护程序所规定的其他职责。

4.18. 附件 II 表 II-2 提供了本地规则的目录样本。

## 辐射安全委员会

4.19. 应在拥有大量核测量仪或相关应用的较大组织中，设立一个辐射安全委员会，定期评审辐射防护程序的执行情况。该委员会可能专门负责辐射安全，也可能负有其他（常规）与安全相关的责任。辐射安全委员会应包括辐射防护主管，健康、安全和环境主管，服务和维护工程师和警卫。

委员会还应包括负责辐射安全的高级管理人员和工作人员的代表。辐射安全委员会的职责应包括以下方面：

- (a) 定期评审辐射防护程序；
- (b) 对职业辐射剂量、工作现场监控程序结果和评审辐射防护主管编写的任何事故报告；
- (c) 评审辐射防护程序执行情况监查结果；
- (d) 向高级管理层提出改进辐射防护计划的建议；
- (e) 向辐射防护主管提供工作指导和指示；
- (f) 监控对任何可能发生的计划外辐射的事件调查情况；
- (g) 编写相关辐射安全问题的报告，并酌情分发给管理人员和工作人员。

## 指定控制区和监督区

4.20. GSR Part 3[9]第 3.88 段指出（脚注略）：

“注册人和许可证持有人应将需要或可能需要采取特定防护和安全措施的任何区域指定为控制区：

- (a) 在正常操作中控制照射或防止污染扩散；
- (b) 防止或限制在预计操作工况下和事故工况下照射的可能性及程度。”

4.21. GSR Part 3[9]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应考虑到正常运行中预计照射程度、预计操作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。”

关于核测量仪，其安装地点（或使用移动式测量仪的区域）以及存储测量仪或源的任何封闭空间可能需要指定为控制区。

4.22. GSR Part 3[9]第 3.90 段指出：

“注册人和许可证持有人：

- (a) 须以实物方法划定控制区，或（在实物方法不可行的情况下）以其他适当方法划定控制区；
  - (b) 如光源只是间歇性地投入运行，或通电，或从一个地方移动到另一个地方，则须在当时情况下相应的方法划定控制区，并须明确照射时间；
  - (c) 应提供国际标准化组织建议的相关标识[18]，应在通往控制区的接入点和控制区内的适当地点提供相关指示；
  - (d) 应制定防护和安全措施，包括适当时控制污染扩散的实物措施以及针对控制区的本地规则和程序；
  - (e) 应通过使用工作许可证等行政程序以及屏障（可包括锁或联锁），限制控制区入口。措施的程度应与照射的可能性和程度相匹配；
- .....
- (h) 应定期评审相关条件及设施，以评定是否有必要修改防护和措施或控制区的界限[；]
  - (i) 应为在控制区工作的人员提供相应的信息、指导和培训。”

4.23. 如 GSR Part 3[9]第 3.91 段指出：

“注册人和许可证持有人应将尚未被指定为控制区，但需要对其职业照射工况进行评审的任何区域划分为监督区，即便这些区域通常不需要采取特定防护和措施。”

4.24. 辐射防护程序应详细说明指定控制区和监督区的方法及依据，还应说明划定和限制进入指定地区的相关规定、措施、警告标志和使用的辐射监控程序。

4.25. 控制区和监督区的指定应基于安全评定（见第 3 部分），特别是工作现场的剂量率。核测量仪主束的剂量率可能很高，有可能受到主束照射的区域通常应指定为控制区。

4.26. 固定式核测量仪的设计应满足 IEC 62598[12]规定的性能标准。应以妥善方式获取并安装核测量仪，应确保在安装过程中无需指定外部控制区。根据剂量率的不同，周围区域可能被指定为监督区。

## 工作现场监控程序

4.27. 辐射防护程序应说明，营运组织为了测量核测量仪周围的剂量率而选择、校准、维护、试验和使用工作现场监控设备的相关安排。辐射防护程序应具体说明，在固定式测量仪和便携式测量仪周围进行剂量率测量的地点以及测量的频率。计划还应说明记录监控结果的相关安排，以及按照管理要求保留记录的时间长度。

4.28. 辐射防护程序应特定规定需使用的辐射监控器种类及其数量。当使用便携式测量仪进行现场工作时，应始终配备有辐射监控器。对于有固定测量仪的现场，通常使用一个监控器即可，另一个作为备用。

4.29. 辐射防护程序应包括 GSG-7[17]所建议的剂量率调查水平。这些调查水平应指出安装测量仪时周围的最大可接受剂量率，以及在执行特定任务期间的最大可接受剂量率。此类剂量率调查水平应符合监管要求和指导。

4.30. 第 7 部分更详细地介绍了核测量仪的工作现场监控安排。

## 个人监控的安排

4.31. 安全评定（见第 3 部分）应确定是否需要通过个人剂量监控（见第 6 部分）对职业照射进行评定。如有需要，辐射防护程序应列明哪些工作人员须接受个人监控，及并明确所使用的剂量计种类、佩戴剂量计的时间、评定剂量计和保存剂量纪录的相关安排。辐射防护程序还应规定，剂量测定服务提供商应得到相应的批准或认可。辐射防护程序应指导辐射防护主管定期评审剂量记录，以便识别高于常规的剂量，并确保剂量达到尽可能低的水平。

## 健康监视计划

4.32. 安全评定（见第 3 部分）应根据 GSR Part 3[9]要求 25 和其他相关监管要求来确定是否需要从事核测量仪相关工作的人员采取健康监视措施。如需要，则辐射防护程序应详细说明所有相关规定及措施（应包括评定工作人员对其预定任务的初始适应能力和持续适应能力。应咨询具备相应资质的专家和/或职业医生，以制定符合监管要求的健康监视计划。

4.33. 接触核辐射相关工作人员的体检应遵循职业医学的一般原则，并应由职业医师安排进行。需要进行健康监视的所有工作人员，在开始进行辐射照射相关工作前均须按照相关法规规定进行体检，并后续按规定的时间进行常规性体检。

4.34. 初始体检应评定工作人员的健康状况及其是否适合从事预定的工作，还应识别哪些工作人员患有疾病，可能需要在工作期间采取特别预防措施。

4.35. 定期医疗检查应着力于确保，工作人员在涉及职业健康危害（包括辐射）的地区工作时，不会出现可能损害其健康的临床状况[17]。定期体检的性质和频率应取决于所从事的工作类型、年龄和健康状况，可能还有工作人员的习惯（例如吸烟）以及法规中可能涉及的其他考虑因素。定期体检的频率应根据工作人员的健康状况及其从事的工作类型来确定，但通常应为每年一次。

4.36. 与健康监视计划相关的医疗记录应保密，并应以监管机构批准的方式保存。通常这类纪录应终身保留。

4.37. 健康监视还可以给特定危害意外照射或职业疾病的情况提供信息，并向工作人员提供相关正经历或可能遭受的任何辐射风险的咨询。

### **定期评审和监查辐射防护程序的执行情况**

4.38. 辐射防护程序作为营运组织管理系统的一个组成部分，应每年评审其执行情况。这种定期评审应旨在查明问题并提出建议，以提高辐射防护程序的效力。

4.39. 工作现场的一系列监查是定期评审程序的一个关键部分。营运组织应具体说明，将进行这些监查人员的资格和任命、监查的频率、监查小组的期望、报告结果及其后续行动的相关程序。

## 管理系统和流程改进

4.40. 应按照既定的管理系统进行核测量仪的工作。这种管理系统的设计应确保，所有设备和安全系统都得到定期检查和试验，并确保当任何故障或问题出现时，管理人员可以及时发现并迅速采取补救措施。

4.41. 管理层应确保遵循正确的操作程序和本地规则，并确保管理系统规定了要进行的相关检查和监查以及要保存的记录；应考虑到相关的监管要求，并在管理系统中体现出来。

4.42. 管理系统应包括收集和反馈事故教训（包括组织内部和其他组织报告的教训）的机制，以及如何利用这些教训来加强安全。

4.43. 管理系统本身应根据预先确定的指标，进行评审和必要的更新。

## 5. 核测量仪工作人员的培训和资格认证

### 概述

5.1. 营运组织负责确保安全进行核测量仪相关工作，并遵守所有相关的法规和安全标准。因此，营运组织应确保，此类工作只能由具有相应资质或认证的工作人员进行，且这些工作人员在使用核测量仪以及防护和安全方面具有能力并接受过培训。

5.2. 核测量仪工作人员的培训和资格认证程序的范围和细节各不相同。在某些情况下，可能只包括数量有限的辐射安全培训。在这种情况下，培训程序应包括专门针对相关人员核测量仪防护和安全方面的额外培训。这种额外的培训可以由营运组织自行开展，也可由专门的培训组织提供。防护和安全方面的培训课程可由专门的培训方提供，包括学院、大学、辐射防护机构和培训顾问[19]。

### 培训程序的设计

5.3. 可根据辐射防护和安全方面具备的能力，将核测量仪操作人员进行如下分级：

- 第 1 级：在监督区内工作的人员；
- 第 2 级：与辐射源一起工作的人员（例如从事装卸、运输、校准、装配和安装核测量仪）和/或在控制区工作的人员。

5.4. 应为不同级别的能力制定培训程序程序，并应与工作人员的职责对应。培训程序应包括笔试和实践考试的标准（如适用），以及在申请人未通过考试的情况下后续的相关程序。培训程序的细节应纳入辐射防护程序。

## 培训课程的结构和内容

5.5. 每个培训课程都应有特定目的和目标，并应根据目标对象的需要加以调整[19]。表 1 概述了对第 2 级核测量仪操作人员进行辐射安全基本培训的要素。

5.6. 在本培训中不应使用真实的放射源。如有必要，可提供模拟放射源和相关辐射监控设备的培训设备。另一种选择（例如，对于组装量表的人员）是使用非放射性的假源。

**表 1. 二级核测量仪操作人员安全防护培训要素总述**

---

基本概念和测量	电离辐射的基本概念 源输出，时间、距离和屏蔽辐射量及单位的影响 电离辐射的生物效应
辐射防护原理	辐射防护系统： 实践的正当性 防护和安全的最优化 剂量限值
辐射防护实践	监管要求 辐射防护管理 安全评定和工程控制措施 辐射防护程序 控制区和监管区的指定 本地规则 防护和安全最优化的工作实践 个人监控 工作现场监控 放射源的存储 测量仪设备的正确操作与维护 放射源的运输 废弃放射源的处置 核测量仪相关事故、其后果及教训 放射性物质的安全 一般安保措施和安保计划 应急准备和响应

---

5.7. 应急准备和响应的相关培训和演习的建议请详见第 13 部分。

5.8. 放射性物质的安保应成为含源测量仪操作人员培训程序的组成部分。

## 复训

5.9. 营运组织应为核测量仪操作人员安排复训程序，以确保他们的知识和技能不断更新。这类培训应包括检查防护安全的基本知识，以及关于安全标准、设备、政策和程序的任何变化以及监管要求的任何更新信息。



5.10. 复训的频率应与监管要求一致。这种复训可与其他与相同工作人员相关的培训程序结合起来。通常复训的频率为每 3—5 年；然而，应尽快以书面形式传达法规的重大变化或安全问题的发生，并列入下一次定期复训的内容。

## 培训评定和认证

5.11. 应对 2 级含源测量仪操作人员开展辐射源操作相关的笔试和实践培训（见第 5.3 段）。

# 6. 对工作人员的个人监控

## 概述

6.1. GSR Part 3[9]第 3.99 段指出：

“雇主、自营职业者、注册人和许可证持有人应负责作出安排，在适当情况下，根据个人监控评定工作人员所受的职业照射量，并确保安排剂量测定服务商提供服务，该服务商已获得质量管理授权或核准。”

6.2. GSR Part 3[9]第 3.100 段指出（脚注略）：

“对于通常在控制区工作的任何工作人员，或偶尔在控制区工作并可能受到大剂量职业照射的工作人员，应在适当、充分和可行的情况下进行个人监控。如果对工作人员的单独监控不适当、不充分或不可行，则应根据工作现场监控的结果以及关于工作人员照射地点和持续时间信息评定职业照射量。”

应由辐射防护主管或合格专家进行工作现场监控的剂量评定。

6.3. 工作现场监控的结果可用于间接估算工作人员所受的辐射剂量，而这对于在安装了核测量仪的设施中的许多工作人员来说往往将是正确的。然而，在某些情况下，工作人员佩戴个人剂量计直接评定其个人剂量更为准确，这可能适用于对核测量仪进行维护的工作人员或日常使用便携式测量仪的工作人员。

6.4. 如果认为个人监控量是正确的，营运组织应评定指定核测量仪人员的辐射剂量，以确保剂量保持在合理可行尽量低水平，并低于剂量限值（见第 6.5—6.10 段）。剂量评定的结果还可以表明工作实践的好坏、设备是否故障，或屏蔽或其他工程安全系统是否出现退化。

## 职业辐射防护剂量限值

6.5. GSR Part 3[9]第 3.26 段指出：“政府或监管机构应制定，并由监管机构强制执行[GSR Part 3]附表 III 规定，在计划照射情况下的职业照射和公众照射的剂量限值。”

6.6. GSR Part 3[9]第 3.27 段指出：

“政府或监管机构应确定要求注册人和许可证持有人遵守的额外限（如有），以确保不会出现由于不同授权实践导致的照射剂量组合超过[GSR Part 3]附表 III 规定的剂量限值。”

6.7. GSR Part 3[9]第 3.28 段指出（脚注略）：

“注册人和许可证持有人应确保，注册人和许可证持有人的实践和个人照射是获得了授权并被限制，以便有效剂量或对组织或器官的等效剂量均不超过[GSR Part 3]附表 III 规定的任何相关剂量限值。”

6.8. GSR Part 3[9]第 III.1 段指出：

“对于 18 岁以上工作人员所受的职业照射，剂量限值为：

- (a) 有效剂量为连续 5 年平均每年 20 毫希沃特<sup>66</sup>（5 年 100 毫希沃特），任何一年为 50 毫希沃特；
- (b) 眼晶状体的等效剂量为连续 5 年平均每年 20 毫希沃特（5 年 100 毫希沃特），任何一年 50 毫希沃特；
- (c) 四肢（手和脚）或皮肤的等效剂量<sup>67</sup>一年 500 毫希沃特。

对已通知怀孕或正在哺乳女工的职业照射适用其他限值（见 GSG-7[17]第 6 部分。

<sup>66</sup> 平均期的开始应与[GSR Part 3]生效之日后相关年度期的第一天一致，不追溯平均。

“<sup>67</sup>皮肤的等效剂量限值适用于皮肤最高照射面积1平方厘米以上的平均剂量。皮肤的剂量也是有效剂量的因数之一，即整个皮肤的平均剂量乘以皮肤的组织加权因子。”

6.9. GSR Part 3[9]第 III.2 段指出：

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

- (a) 一年有效剂量为6毫希沃特；
- (b) 眼晶状体一年的等效剂量为20毫希沃特；
- (c) 四肢（手和脚）或皮肤<sup>67</sup>的一年等效剂量为150毫希沃特。”

“<sup>67</sup>皮肤的等效剂量限值适用于皮肤最高照射面积1平方厘米以上的平均剂量。皮肤的剂量也是有效剂量的因数之一，即整个皮肤的平均剂量乘以皮肤的组织加权因子。”

6.10. 短期合同工受与长期雇用工作人员剂量限值相同。

## 使用非能动剂量计进行个人剂量评定

6.11. 营运组织应与剂量测量服务机构协作，为需要进行个人剂量测量的工作人员提供相应的剂量计，以便进行剂量评定并保存记录。所有被要求定期进入控制区（以及国家法规要求的监督区）的工作人员都应佩戴剂量计。

6.12. 应由辐射防护主管评定所选用剂量计类型，可能应与一名合格的辐射剂量测定专家共同评价。除了需要满足各种技术要求外，剂量计的选择还可能受到可用性、成本、持久性以及监管要求等考虑因素的影响。

6.13. 为确保剂量计能准确评定工作人员的有效剂量，应遵循以下导则。

- (a) 在进行有辐射源的工作时，相关人员应时刻佩戴剂量计；
- (b) 应根据剂量测量服务商的建议佩戴剂量计；
- (c) 对于非能动剂量计（例如热释光、光激发光和胶片剂量计），测量元件应正确安置于剂量计支架中；
- (d) 剂量计只应由被给予剂量计的人员佩戴；
- (e) 应避免损坏剂量计的测量元件（剂量计可因水、高温、高压或物理冲击被损坏）；

- (f) 工作人员未佩戴剂量计时，剂量计不应受辐射照射（不使用时剂量计应存放在远离放射源的地方）；
- (g) 非能动式剂量计应在磨损期结束时，由剂量测量服务部门及时处理，应紧急处理因怀疑异常照射而提前归还的剂量计；
- (h) 如果营运组织怀疑被指派给工作人员的剂量计，在未佩戴时被损坏或受到辐射，则应通知剂量测量服务部门，以便确保正确分配；
- (i) 因使用含有中子源或中子发生器的核测量仪而受到职业照射的人员，应佩戴具有相应中子能量响应的中子剂量计。

## 能动式个人剂量计

6.14. 能动式个人剂量计是一种小型电子辐射探测器，当超过预先设定的剂量率或剂量警报水平时会发出警告信号。这些设备大多还会显示个人剂量累积数。警告信号通常是声响警报，这可能辅以振动或视觉信号，因为可用于环境噪音水平较高或佩戴听力保护设备。

6.15. 能动式个人剂量计是高剂量率警告或防止过度照射的有用工具，可以帮助工作人员立即注意问题，从而防止事故发生或缓解其后果。营运组织应考虑提供能动式个人剂量计，特别是在需要执行直接处理源的程序时（如测量仪组装或维护）。

6.16. 使用能动式个人剂量计的重要考虑因素包括：

- (a) 能动式个人剂量计不应用作工作现场监控仪器仪表（如剂量率计）的替代品；
- (b) 应根据国家建议和制造商的指导定期进行试验能动式个人剂量计；
- (c) 应根据工作现场可能遇到的辐射场进行校准能动式个人剂量计；
- (d) 能动式个人剂量计的警报设置应反映适当的剂量水平和/或剂量率，且应在设备操作期间可见警报水平；
- (e) 未经允许不得更改能动式个人剂量计，但具备相应职责的人员除外。

## 记录保存

6.17. GSR Part 3[9]第 3.103 段指出（脚注略）：“雇主、注册人和许可证持有人应为每个需要进行职业照射评定的工作人员保存职业照射记录……”

6.18. 营运组织应保存定期进入控制区（以及国家法规要求的监督区）核计量工作人员所受剂量的记录。这些记录应包含所佩戴剂量计的剂量详细情况。如有可能，记录应清楚地识别事故或在执行应急程序时的任何剂量，以区别于常规工作期间接收的剂量。

6.19. 这些记录应反映工作人员主要个人剂量计的剂量，而不是由其他设备如能动式个人剂量计所测量的剂量。

6.20. GSR Part 3[9]第 3.106 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人：

- (a) 工作人员可查阅其自身职业照射记录；
- (b) 工作人员职业照射记录可供监督员、监管机构和相关雇主提供查询；
- (c) 在工作人员换工作时，应助于向新雇主提供工作人员照射记录的副本；
- (d) 雇主、注册人或许可证持有人应酌情为保留前工作人员的照射记录；
- (e) 在遵守上述 (a) — (d) 的规定时，应谨慎和注意记录的保密性。”

6.21. GSR Part 3[9]第 3.104 段指出：

“每名工作人员的职业照射记录应在其工作期间及之后保存，至少应保存至原工作人员年满或年满 75 岁，并保存至接受职业照射停止后 30 年及以上。”

6.22. GSR Part 3[9]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，应作出安排，由监管机构或国家登记处，或由相关雇主、注册人或许可证持有人酌情保留工作人员的职业照射记录。”

## 对超过剂量限值的剂量调查

6.23. 如工作人员或公众人士所受的辐射剂量超逾任何剂量限值，或监管机构或营运组织规定的调查级别（GSR Part 3[9]要求 16）。调查应侧重于导致照射的原因，以及程序或安全系统中任何促成故障的原因。调查报告应识别程序或设施中，任何关于防护和安全最优化的改进措施，以减少类似事件发生的可能性并缓解后果。

6.24. 关于通知和报告事件的建议见第 13 部分。

## 剂量测量设备检测和校准

6.25. 剂量计的类型通过审批，并应定期进行质量试验。个人剂量测定系统应定期校准（通常每一年或两年校准一次），并对系统的性能进行更频繁的检查。国家法规要求的校准频率可不同。关于剂量计和剂量测量设备的检测和校准的建议在 GSG-7[17]提供。

# 7. 工作现场监控

## 监控程序

7.1. GSR Part 3[9]第 3.96 段指出：“注册人和许可证持有人……应在辐射防护主管或合格专家的监督下建立、维持和不断评审工作现场监控程序。”

7.2. 工作现场监控程序的设计应旨在，评定为涉及核测量仪的设施和活动的防护和安全安排是否充分。该程序应包括在下列位置测量剂量：

- (a) 确保在测量仪和源的存储设施周围提供足够的屏蔽；
- (b) 在常规操作过程中，在测量仪周围进行测量，确认剂量率保持在国家法规或导则以及营运组织规定之下；
- (c) 在维护操作期间，在测量仪周围进行测量，确认测量仪快门关闭或辐射发生器关闭；
- (d) 在操作人员使用便携式测量仪时进行测量，确认放射性水平是可接受的；
- (e) 在源装卸操作过程中的操作人员位置进行测量；

- (f) 在测量仪外壳的入口处进行测量，确认测量仪快门已关闭或辐射发生器已停止发射辐射；
- (g) 在将便携式测量仪运送到现场和从现场运出之前，在运输货包周围进行测量，以确认源的存在；
- (h) 在运送便携式测量仪的车辆周围，离开和离开现场之前进行测量。

7.3. 通常测量放射性污染不是必须的；但是，如有理由怀疑密封源封装已经损坏或正在泄漏，则可能需要进行测量。

7.4. 工作现场监控程序应说明要监控的地点、监控的频率和需保存的记录。这些信息应列入本地规则，并应在辐射防护程序中加以说明。应规定每个测量地点的剂量率调查水平（见第 4.29 段），并应规定若超过这些值应采取的行动。要求将工作现场监控计划的记录提供给相应人员，包括工作人员和监管机构（见 GSR Part 3[9]第 2.45 段和第 3.98 段）。

## 工作现场监控仪器仪表的选择、维护和校准

7.5. 营运组织应确保，提供足够数量的剂量率监控器。虽然有许多种用于测量  $\gamma$  放射性水平的监控器，但有些可能不适合精确测量低能光子（例如来自 X 射线计量器），这可能导致严重低估剂量率。应根据工作现场可能遇到的辐射场对监控器进行校准，测量  $\beta$  辐射和测量中子辐射都需要专门的监控仪器仪表，应从制造商和合格专家处获得，关于监控器适用性的信息和指导。

7.6. 营运组织应定期安排由专业试验实验室进行正式检测，或校准工作现场监控仪器仪表。在这些检测或校准中，应评定工作现场监控仪器仪表的若干操作特征。这些操作特征包括在特定能量下对已知剂量率的响应、响应的线性度以及监控器在低剂量率和极高剂量率下的表现。检测或校准的频率和类型以及相关的记录保存应符合监管要求，否则应按照相应的国际标准或导则的建议进行，工作现场监控仪器仪表制造商的建议也应纳入考虑。

7.7. 营运组织应制定工作现场监控仪器仪表例行检查的操作程序。这些检查可能包括物理检查（即仪器仪表是否损坏），电池检查以及（如适用）调零刻度。使用前应检查监视器对辐射的响应。例如，这可以通过使用其

特征已知的低活度试验源来实现，或者通过当源处于其屏蔽位置时，将监视器靠近核测量仪外壳的表面来实现。监管机构可要求按照正式程序进行此类检查并记录检查结果。

7.8. 还应考虑到使用工作现场监控仪器仪表的环境条件。有些仪器不适合在非常潮湿或非常炎热的地点使用，有些仪器不够坚固，不适合在工业现场使用。在某些现场，可能需要使用特殊类型的监控仪器仪表。例如，在一些石油化工场地，只允许使用专门设计的监控仪器仪表（本质安全监控仪器仪表，尽量减少可燃烟雾或蒸汽意外引燃可能性的）。

7.9. 一些工作现场的监控仪器仪表受到射频传输的影响。如果要在高水平射频辐射的设备的周围进行辐射监控，那么应考虑使用专门设计的射频屏蔽仪器仪表。

7.10. 此外，亦应考虑工作现场的噪音水平。工作现场监控仪器仪表发出的可听信号应足够响亮，并应酌情辅以振动或可视信号。

## 8. 放射源监管

8.1. 《放射源安全和安保行为准则》[14]适用于所有可能对个人、社会和环境构成重大放射性危害的放射源，并作为各国关于第 1、2 和 3 类放射源安全和安保的指导。

8.2. 核测量仪中使用的源一般被认为是 RS-G-1.9[3]定义的第 3 类或第 4 类源。

8.3. 营运组织必须确保放射源处于适当控制之下（见 GSR Part 3[9]第 3.55 段）。这应适用于从首次获得源的时间，直到最终返回其原始供应商或以其他方式在其寿命结束时得到安全装卸。

8.4. 营运组织应确保，其仅从授权供应商处获得放射源，并确保废弃源按照监管要求，归还原供应商或转移到另一授权机构。放射源的进出口应符合《放射源安全和安保行为准则》[14]和《进出口管制补充指南》[20]建议。

8.5. GSR Part 3[9]第 3.53 段指出：



“注册人和许可证持有人应保留一份清单，其中应包括下列记录：

- (a) 其负责的每个辐射发生器或放射源的位置和说明；
- (b) 其负责的每个放射源的活度和形状。”

8.6. 保存第 8.5 段指出的盘存记录，营运组织应定期对源进行衡算检查，以确认源在指定的地点安全安置，有可视的警告标志，并清晰记录源的详细情况。国家法规可特定规定需要进行会计检查的频率，但一般而言，可适用下列规定：

- (a) 应至少每月对已安装的测量仪中的源进行一次核算；
- (b) 便携式测量仪中的源应在出库的每天和在库中的每周进行一次核算。

8.7. 只能由获得营运组织授权且通过培训的工作人员将源从源库移走或移至另一地点。工作人员应该记录人员姓名、日期和时间以及源的新位置。辐射防护官员应至少每月监督一次上述记录，以确保所有辐射源都在正确的位置。装有中子发生器（即含有氚）的核测量仪应列入放射源和辐射发生器的会计核算范围。

8.8. 每个放射源容器应设计有锁（或外部锁住的容器或外壳），以防止未经授权或意外移走放射源。在装有放射源时，存储设施必须保持上锁，但在操作人员的直接监视下除外（见 GSR Part 3[9]第 3.59 段）。

8.9. 含有废弃源的计量器不应进行废品处理，而应根据监管要求，将其转交至经授权机构处理。在进行转让之前，应将废弃源列入设施的源清单，并按第 8.6 段规定进行衡算检查。

8.10. 在怀疑核测量仪中的辐射源失去控制时，应由营运组织立即进行调查。应按照监管要求以及相关应急计划和程序的规定通知监管机构（以及任何其他相关机构）。

## 9. 核安保考虑

9.1. 放射源安保措施的目的是阻止、探测、延迟和应对未经授权接触放射源的行为。核测量仪中使用的放射源曾发生一些事故（见附件 III）。因此，如果这类源曾被用于恶意目的，可能会产生重大的辐射影响。

9.2. 以下各段旨在提高人们的认识，重视待处理的安保问题，原子能机构的《核安保丛书》出版物详细论述了这些问题。特别是，原子能机构《核安保丛书》第 14 号[21]就如何发展或加强、执行和维护放射性物质，向各国和主管当局提出了相关设施和相关活动的核安保制度的建议。原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号[22]记载了更特定的指导方针，以协助各国制定放射源安保的法规要求。原子能机构《核安保丛书》第 9-G (Rev.1) 号[23]为放射性物质运输的安保提供了指导。

## 安全与核安保之间的关系

9.3. 安全措施和安保措施的共同目的是保护人的生命和健康、社会和环境。应统筹设计和应用安全措施和安保措施，并尽可能相辅相成，做到安保措施不减损安全，安全措施不减损安保。

9.4. 为确保安全措施和安保措施相辅相成，政府可指定一个机构负责管理放射源安全和安保之间的交接。或者，可以在国家管理框架下指定单一的监管机构负责放射源的安全和安保。

9.5. 在核测量仪中使用放射源时，安保措施和安全措施在获取信息可能有接口。为安全起见，可能需要易于获取关于放射源的位置、特征以及现有安全措施的资料。然而，这些信息也可能对竞争对手具有潜在价值，安全考虑可能表明需要保护某些敏感信息的机密性。关于敏感资料的保护和保密的指导意见见原子能机构《核安保丛书》第 23-G 号[24]。在出于安保原因的信息可用性和出于安全原因保护敏感信息的必要性之间，保持适当的平衡。

## 安保措施

9.6. 核测量仪所用放射源的意外丢失，可能对安保和安全产生影响，通过第 8 部分所述的控制措施加以处理。主要的安保问题是放射源可能遭到盗窃和破坏。有效的安保措施将解决这些问题，还将有助于防止意外失控。

9.7. 旨在防止放射源丢失或为一般辐射防护目的而采取的安全措施，也可在某种程度上防止放射源被盗。然而，涉及的意图意味着可能需要采取额外的安保措施来防止偷窃。

9.8. 原子能机构《核安保丛书》出版物提供指导，说明如何根据放射源本身的特性、危害性以及其被用于恶意破坏行为的可能性，采用分级方法确定放射源的安保要求。原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号[22]建议使用 RS-G-1.9[3]规定的原子能机构分级系统，以便为源指定特定的安保级别，并帮助确定必要的安保措施。核计量源通常属于 C 级安保级别。C 级安保级别的每项安全功能（即威慑、探测、延迟、响应、安全管理）所需的安保措施详见原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号[22]。

9.9. 鉴于便携式量表的便携性以及可能在安保设施之外使用的情况，便携式测量仪可能需要额外的安保措施或程序，以确保在运输期间、使用期间和非使用期间（即存储期间）保持相应的保护和控制。这类额外措施的特定细节将取决于对威胁的评定。原子能机构《核安保丛书》第 11-G (Rev.1) 号[22]也载有说明性安保措施，包括在适用于固定设施的措施不可行的情况下，适用于移动操作的安保措施。

## 10. 放射源和辐射发生器的安全装卸

### 概述

10.1. GSR Part 3[9]要求 17 阐述了核测量仪的辐射发生器和放射源的制造商和供应商的责任。

10.2. 在核测量仪中广泛使用了辐射源，包括放射源（发射  $\beta$ 、 $\gamma$  或中子辐射），以及 X 射线和中子发生器。详情见附件 I 和附件 II。源、核测量仪和辅助设备均应从获得质量管理授权的制造商或供应商处购入，如 ISO 9001[25]或原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 2 号《安全的领导和管理》[26]或同等国家标准中所述的系统，以确保设计安全特点保持一致。

10.3. 核测量仪通常由组成计量系统或装置的几个子部件组成。这些各种部件的设计和操作是相互关联的，不应因不符合原始设计规范的元件而损害安全。

10.4. 放射源和辐射发生器的制造商和供应商必须确保向营运组织提供相关设备安全使用的信息。该信息必须以用户可理解的相应语言提供（GSR Part 3[9]第 3.49 (c) 段）

10.5. 在未事先评定改造对防护和安全影响的情况下，营运组织应确保不改造核测量仪和辅助设备。安全评定应由合格专家或供应商进行评审，并应核实设备是否符合监管机构的要求，还应确定是否需要额外授权或批准。

10.6. 永久安装的核测量仪应符合 IEC 62598[12]要求。如果这些要求没有得到满足（例如，由于特殊设计或不寻常的应用），营运组织应确保在 (a) 由合格专家进行安全评定，以确定是否应实施任何额外的安全措施；和 (b) 获得使用该测量仪的监管许可之前，不得使用该测量仪。

10.7. 可用于确保限制辐射照射的主要要素是：时间、距离、屏蔽和防止接近辐射束。应指示工作人员不要在放射性水平高的地区逗留，并应以切实可行的方式进行放射源附近计划内的工作，并在最短时间内完成。应尽可能增加与放射源的距离，以降低剂量率。符合监管要求的核测量仪将包括足够的屏蔽，由辐射的类型和能量以及源的活度决定所需的屏蔽量。例如，在容器液位计中的  $\gamma$  源周围可能需要几厘米的铅，或者在厚度计中的  $\beta$  源周围需要几毫米的铝。在决定设计规定的屏蔽材料时，还应考虑测量仪的使用环境（例如，高温或腐蚀性化学物质可能会显著影响某些类型的屏蔽）。

10.8. 核测量仪是通过产生一束辐射来运行的。因此，有必要远离该束，例如通过使用快门（手动或自动）、机械防护和/或联锁系统。在某些情况下，例如在维护操作期间，可能需要指定控制区以防止未经授权的人进入。

10.9. 就便携式测量仪的设计而言，沉重的屏蔽通常是不切实际的，而且也不总是能够利用联锁快门来屏蔽光束。因此，应注意确保人员不暴露在主束下。通过使用实物屏障来防止进入并非总是可行的，应使用其他手段，例如确保控制区处于持续监视之下（例如由测量仪操作人员）和/或使用便携式屏障和适当的警告通知。

## 密封放射源

10.10.  $\beta$ 、 $\gamma$  和中子源核测量仪包含一个装在屏蔽容器中的密封放射源。放射源通常放置于屏蔽容器中，并通过打开屏蔽快门外露。用于核测量仪中的放射源通常装在一个密封的源盒内。这些源盒应与测量仪和任何使用的相关附属设备相容，并且还应符合国际或同等国家标准，例如：

- (a) 源盒的设计、制造和试验应确保其符合 ISO 2919[11]或同等国家标准规定的相关要求；
- (b) 就  $\gamma$  和中子源而言，源盒应经核证符合原子能机构《安全标准丛书》第 SSR-6 (Rev.1) 号《放射性物质安全运输条例》(2018 年版) [27] 规定对特殊形状放射性物质的要求；
- (c) 源盒应按照 ISO 9978[28]或同等国家标准规定的要求进行泄漏试验，并每个源应有可追溯到的有效泄漏试验证书（另见第 10.31 段）；
- (d) 源盒应按照 ISO 2919[11]或同等国家标准的要求进行标记。至少应该用放射性符号（三叶形）[18]和“RADIOACTIVE”（放射性）一词标记源，还应被持久地标记上制造商的序列号。

10.11. 有些制造商规定了密封放射源的建议工作寿命。建议的工作寿命是根据若干因素确定的，包括源的半衰期、源的制造和使用源的环境影响，建议的工作寿命是指期望源保持其完整性的一段时间。

10.12. 制造商通常建议在源达到推荐使用寿命期限时进行更换。但是，如果源按照 ISO 9978[28]规定，进行更频繁的擦拭试验或更详细的泄漏试验，则监管机构可同意将源延长到其建议的工作寿命之后。或者，可由符合资质的机构或专家对源的状况进行实物评定，以确定是否可继续使用。

10.13. 应至少每 5 年或按国家法规要求修订和更新一次特殊形状源证书(如见参考文献[13、29])。更新的特殊形状证书通常由源制造商签发。但是，营运组织（作为托运人）有责任确保按照 SSR-6 (Rev.1) [27]要求，所有要运输的放射源都需有效的特殊形状证书。

## 含有放射源的核测量仪的标记和标签

10.14. 放射源容器或测量仪的每次组装应永久和清楚地标明以下细节：

- (a) 国际电离放射性符号（三叶形）[18]；
- (b) “RADIOACTIVE”（放射性）一词，字母高度不少于 10 毫米，并用使用相应的国家或地区的语言作简短警告；
- (c) 该装置适用的放射性核素（例如铯-137 或镅-241）的化学符号和质量数；
- (d) 源在指定日期的活度；

- (e) 设备品牌、型号和序列号；
- (f) 源的制造商和/或分销商的名称。

10.15. 对于便携式测量仪，运输过程中使用的包装应显示耐久防火标签，标签上应说明关于所装放射源的信息，包括以下内容：

- (a) 放射性核素的化学符号和质量数；
- (b) 源在指定日期的活度；
- (c) 密封源的标识号；
- (d) 制造商的名称。

## 用于已安装核测量仪中的中子辐射发生器

10.16. 中子发生器是氘核的紧凑型直线加速器，产生 14 兆电子伏特中子。部件包括加速器管（中子管）、一个通常含有氘的靶、一个高压电源和一个测量模块。

10.17. 中子发生器用于确定，通过不同的中子技术（非弹性散射、热俘获、中子活化）激发的若干元素的浓度，该技术用于煤炭工业和水泥工业。

10.18. 通常，低原子序数的屏蔽材料是降低中子发生器剂量率的最经济、实用的方法。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-57 号《测井中辐射安全》[6]提供了中子发生器的屏蔽计算示例。屏蔽的几何构型应设计成限制校准的工作人员接受散射中子辐射的照射。屏蔽中子发生器外部的最大剂量率应在监管机构规定的限值内。

10.19. 在中子产生期间（来自高能中子的非弹性相互作用）和在发生器关闭后的一段时间内（来自捕获热中子和随后中子活化产物的放射性衰变），都会发出  $\gamma$  辐射。如果在发生器关闭后仍有显著的剂量率，则必须保持一段时间以给予活化产物的衰变。

10.20. 在某些情况下，由于中子管外表面松散材料的中子活化，中子发生器会累积放射性污染。在这种情况下，工作人员在操作发生器时应穿戴适当的个人防护装备。在接收和运出中子发生器时以及修理中子发生器之前，应定期（至少每年一次）进行污染检查。

## 用于已安装核测量仪中的 X 射线发生器

10.21. 使用 X 射线发生器的核测量仪的一个优点是，当测量仪被关闭时，辐射的发射立即停止。然而，在许多核测量仪中，X 射线发生器通常保持开启状态，X 射线束由快门控制。该快门应联锁，任何试图接触 X 射线束的行为（例如通过打开进入门）将导致 X 射线管自动并立即关闭。快门应配备安全功能，以免无意中打开。

10.22. 当快门关闭时，靠近管壳可接近位置的最大剂量率，应在监管机构规定的限值范围内。

10.23. 测量仪上应装有一个发光的警告标志，当 X 射线设备通电时，该标志将被激活。快门的状态（即打开或关闭）也应该使用一个发光的标志来标识。这些标志应清晰易读，并在 X 射线设备的所有可触及面都能轻易辨认。

10.24. 在正常操作工况下，操作 X 射线设备的工作人员不应将身体的任何部分暴露在初级 X 射线束下。如果怀疑已发生此类照射，应立即启动适当的应急响应措施（见第 13 部分）。同时，还应注意任何散射辐射。

10.25. 除非实施了防止眼睛或身体其他部位暴露于主束流的措施，否则不应执行特殊维护程序，如束流准直或其他调整。如果必须在关闭安全联锁的情况下操作 X 射线设备，则此程序应得到监管机构的批准。所有这类特别程序都应由受过相应培训的人员，在辐射防护主管的监督下进行。此外，在 X 射线设备通电时，使用 X 射线设备的人数应为安全执行程序所必需的最低人数。在此过程中，当 X 射线设备通电时应通过实物屏障阻止非必要人员进入 X 射线设备所在位置。应在进入该地区的各接入点处放置一个标志，告知设备正在运行。

## 源转换器和装运集装箱

10.26. 换源器应用于新旧放射源的安全交换。通常，这些是货源供应商或测量仪维护公司在将新货源发送给运营商时使用，方便交换并将旧货源退回供应商或另一授权组织的海运集装箱。在不使用时，密封源应安全地存放在存储容器中，并防止任何人在未经授权下接触源容器。当源转换器用作运输集装箱时，托运人应确保源转换器的运输符合 SSR-6 (Rev.1) [27] 要求。

10.27. 用于存储或交换核测量仪放射源的容器设计应符合适用的国家安全标准。这种容器应包括一个锁，或应有一个锁上的外部容器，应防止未经授权或意外地将密封源从其屏蔽位置移走。存储容器和源更换器在装有密封源时应保持上锁（随时取下钥匙），除非正处于经授权工作人员的直接监视之下。

## 核测量仪中放射源的存储

10.28. 用于存储核测量仪中的放射源的情况。例如：便携式测量仪不在使用状态中，在维护过程中从生产线上拆下的测量仪，新测量仪等待安装，旧测量仪等待处置时。

10.29. 为确保放射源的安全和安保，存储设施应：

- (a) 提供足够的屏蔽；
- (b) 保持实物安保（如不使用时上锁）；
- (c) 位于专门存储核测量仪和相关放射源的现场，而不是用作其他货物的一般存储区；
- (d) 防火，不含其他危害物质（如易燃、易爆、有毒或腐蚀性物质）。此类危害物质不应存储在放射源存储设施附近；
- (e) 保护其免受可能对测量仪完整性产生不利影响的环境条件的影响；
- (f) 贴有适当标签（例如用本地语言标明放射性符号[18]和警告通知）。

## 核测量仪的维护

10.30. 有些核测量仪安装或使用在环境条件可能导致测量仪的防护和安全受到不利影响的地点。例如，屏蔽性能可能会下降，快门可能会被卡住或警告可能会变得难以辨认。核测量仪应遵守例行的预防性维护计划。从事维护工作的人员应了解放射性危害，并对其进行适当的培训。在靠近核测量仪工作时，应始终使用辐射监控器，以确认任何快门都已完全关闭并且源已被充分屏蔽。



## 核测量仪中放射源的泄漏试验

10.31. 在购买新的放射源时，确认已提供无放射性物质泄漏的证书。应由经过相应培训的合格人员按照 ISO 9978[28]规定的程序进行定期试验，以确保源的结构保持完整。泄漏试验的间隔通常不应超过两年，并且通常将由监管机构规定。在恶劣的工业条件下（例如高温、腐蚀性化学品、高水平振动）使用测量仪中的放射源，可能需要更频繁地进行试验。

## 停止使用和拆除核测量仪

10.32. 如 GSR Part 3[9]第 3.60 段指出，营运组织：“一旦决定停止使用辐射发生器和放射源，应确保立即作出安全管理和控制的安排，包括提供相应的资金。”

10.33. 如果不再使用核测量仪，而且在可预见的将来也没有计划重新启用，则应正式停止使用该测量仪，并安排将其从现场移走。所有不再使用的辐射源管理方式应符合国家监管框架，必要时须经监管机构批准。这应包括以下内容：

- (a) 经监管机构批准后，放射源（包括校准源，视情况而定）和辐射发生器应转移到经授权的机构进行安全处置。如有可能，营运组织应将源或发生器归还供应方，或者，营运组织可以根据监管机构的授权，采取另外的行动措施。营运组织应保留全面记录，转移或处置放射源的所有授权（包括接受者或放射性废物处置设施提供的任何证书）。应按照国家监管机构的规定保存相关记录。
- (b) 营运组织应将不再使用的中子发生器归还供应商。否则，应确保发生器不能被操作，经监管机构批准后，转移到授权组织进行安全处置（即氡源）。
- (c) 如果要从设施中移走所有辐射源，则应从设施中移走所有辐射标志（三叶形）和其他相关通知，并应由辐射防护主管或合格专家进行工作现场监控调查（见第 7 部分），提供关于已从现场移走放射源的补充确认信息。应事先编写最后的退役计划，其中包括最后的辐射调查以及放射源的存储、转移或处置的细节。最终退役计划需提交监管机构评审和批准（见原子能机构《安全标准丛书》第 GSR Part 6 号《设施退役》）。

[30]要求 11。进一步的建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-49 号《医疗、工业和研究设施的退役》[31]）。

- (d) 当所有放射源已从现场移走时，营运组织应通知相关当局。
- (e) 应按照原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-45 号《医学、工业、农业、研究和教育中使用放射性物质产生放射性废物的处置前管理》[32] 或同等国家标准中的建议，实施放射性废物的管理，并按照监管要求进行。
- (f) 处置核测量仪中密封源的一个备选办法是钻孔处置。关于钻孔处置设施的建议见原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-1 号《放射性废物钻孔处置设施》[33]。关于废弃密封源的钻孔处理的技术手册见参考文献[34]。

10.34. 如果是旧的核测量仪系统，则制造商和/或原供应商可能已不再运营。如果是这种情况，则应按照监管机构规定的要求，安排旧源的退役和处置。

10.35. 在退役期间（或甚至在核测量仪设施的操作期间），如果营运组织发现，其拥有的源没有任何记录来证实，该源获得监管机构的授权，则该源应被视作不受监管控制。如果是这种情况，营运组织应检查源的状况是安全的（即遵循自定的应急计划，见第 13 部分），并通知监管机构。原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-19 号《恢复对无看管源控制和改进对易受攻击源控制国家战略》[35]提供了关于管理此类源的国家战略指导、重新控制无看管源和易受攻击源控制的改进策略。

## 11. 便携式核测量仪的使用

### 为其他现场的工作做准备

11.1. 如果便携式核测量仪是在客户现场，而不是在营运组织现场使用，则应就工作的准备和计划咨询客户，这应包括与测量仪商定工作的地点和时间。双方应讨论现场人员防护和安全的任何特定措施，以避免现场可能出现的混乱，同时与监管要求保持一致。

11.2. 测量仪使用者应了解，拟计划开展工作现场的任何危害。应遵守客户实施的任何许可证操作系统或其他现场安全程序。应向客户提供营运组织的本地规则、应急计划及程序的副本。

11.3. 营运组织和客户应就计划的工作时间和核测量仪工作的持续时间达成一致，客户应留出足够的时间安全进行核计量。

11.4. 营运组织应将计划在现场使用的辐射源及相关危害告知客户，应确保已事先安排相应的存储设施，可将任何核测量仪设备在现场过夜存储（这可能得到监管机构的单独授权）（另见第 11.12—11.15 段）。

11.5. 只有在测量仪和任何必要的辅助设备处于良好工作状态时，才能在现场进行工作。如果发现任何故障，在提供相应更换或进行修理之前不应使用设备。

## **指定现场控制区和监督区**

11.6. 应根据第 4 部分所述标准，在指定为受控区或监督区的区域内使用移动式核测量仪进行工作。其他工作人员通常不应进入这一区域。

11.7. 监管机构可以规定使用移动式核测量仪区域的最大允许剂量率，典型值在 2.5—20 微希沃特/小时范围内。在边界处实现低于 1 微希沃特/小时的剂量率通常是可行的。

## **警告通知**

11.8. 应酌情在控制区边界的位置贴上告示，告示应以现场工作人员理解的语言标明放射性符号[18]、警告和相应说明。

## **监督并监控该区域**

11.9. 便携式核测量仪周围的紧邻区域（控制区）应禁止除测量仪操作人员以外的所有人员进入。在使用测量仪之前，操作人员应确认紧邻区域内无未经授权的人员。

11.10. 在试验照射期间（或第一次照射期间，视情况而定），应在测量仪周围测量剂量率，确认剂量率正确且任何屏障都已到位。

## 便携式测量仪用户培训

11.11. 操作便携式核测量仪的工作人员应受过相应培训并熟悉的操作方式及其潜在问题。工作人员还应了解辐射源、辐射安全、操作方式，以及在任何源装卸或测量仪维护程序（如快门清洁）期间的必要预防措施。

## 便携式核测量仪的临时存储

11.12. 如有必要，在进行操作时，可将装有放射源的便携式核测量仪存放在现场过夜存储。应在计划阶段确定存储的需要，并应与客户安排提供符合监管要求的相应存储设施。

11.13. 现场存储设施应包括一个可上锁的房间、专门建造的存储库或可控制出入的存储坑。现场存储设施应提供与营运组织主要基地存储设施同等的防护和安全保障水平。适当的存储设施可提供保护，使其不受当前环境条件的影响，并提供适当的安全和安保水平。存储设施应防风雨及具备耐火性，应位于远离任何其他危害物质（如爆炸物）的地方。

11.14. 存储设施的建筑材料应有足够的屏蔽（如需），将存储设施外的剂量率降低到监管机构规定的水平，并应酌情将存储设施指定为控制区或监督区。

11.15. 存储设施的门应保持上锁，应仅由授权人员持有钥匙。按键应采用不易复制的特定设计，门上应张贴包含放射性符号[18]和应急联系电话的警告。其中一种良好实践是在通往存储设施的门上，设置两个带有不同钥匙的独立锁，由两个不同的人保管这两把钥匙。

## 完成工作并从现场清除污染源

11.16. 在用便携式核测量仪完成工作后，工作人员应使用工作现场监控仪器仪表，以确认每个测量仪可安全地运出现场。

11.17. 离开现场前，工作人员应进行目视检查，以确保设备没有被损坏。便携式测量仪应放置在相应的运输容器中，以备运输之用（见第 12 部分）。容器应安全地存放在车辆中，以避免在运输过程中受损。

## 12. 放射源的运输

12.1. 装有放射源的核测量仪将需要在下列情况下运输：

- (a) 从测量仪供应商到营运组织的设施现场；
- (b) 对于便携式测量仪，从营运组织的设施现场到经批准的操作地点；
- (c) 在源的使用寿命结束时，若由于其他原因或在涉及源的事故发生后，该设施已被废弃，则从营运组织的设施现场转移到供应商或其他获得授权的设施现场。

核测量仪中使用的放射源也可能需要在营运组织的设施现场内移动，例如从存储室移动到将安装放射源的现场。

12.2. 核测量仪所用放射源的运输应符合国家规定和 SSR-6 (Rev.1) [27] 要求。

12.3. 在适用的情况下，还应考虑对特定运输方式具有约束力的国际文书，例如国际民用航空组织《危险货物航空安全运输技术说明》[36]和国际海事组织《国际海运危险货物守则》[37]。区域协定也可酌情适用，如《欧洲国际公路运输危险货物协定》[38]，阿根廷、巴西、巴拉圭和乌拉圭政府签署的《便利危险货物运输部分协定》[39]和《欧洲国际内陆水道运输危险货物协定》[40]。

### 现场内移动便携式测量仪

12.4. 当便携式核测量仪要在现场内移动时，应将其保存在存储设施中，直到移至新的地点。

12.5. 测量仪只能在制造商提供的容器中移动，容器应上锁，钥匙应取下。容器在现场移动期间应受到监视，容器钥匙应由经授权的测量仪操作人员保管。

## 运输至另一现场

12.6. 当便携式核测量仪（或自行安装的测量仪内的便携式源）要运输至另一现场时，应将其保存在存储设施后再将其移动。

12.7. 测量仪（或便携式源）仅可装在制造商提供的运输容器中进行移动，容器应上锁，钥匙应取下。

12.8. SSR-6 (Rev.1) [27]将运输放射性物质的责任分配给下列人员：

- (a) 托运人（为运输准备托运货物的个人或组织）；
- (b) 承运人（从事放射性物质运输的个人或组织）；
- (c) 收货人（接收货物的个人或组织）。

在使用便携式核测量仪的情况下，营运组织通常需履行上述三种职能并承担与每种职能相关的责任。

12.9. 放射性物质的运输是一项复杂的活动，SSR-6 (Rev.1) 的全面概述要求不在本“安全导则”的范围之内。关于如何满足这些要求的导则见原子能机构《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>的咨询材料》（2018 年版）[41]。

12.10. 原子能机构《核安保丛书》第 9-G (Rev.1) 号[23]提供了关于运输放射性物质核安保的全面导则。

## 13. 应急准备和响应

### 概述

13.1. 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》[42]规定了对核或辐射紧急情况充分准备和响应水平的要求。紧急情况指：

“一种非常规的情况或事件，需要迅速采取行动，主要是为了缓解对人的生命、健康、财产和环境的危害或不利后果。

① 这包括核和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。

① 这包括需要迅速采取行动，缓解所察觉到的危害影响[8]。”

13.2. 核或辐射紧急情况是：

“由于以下原因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；或
- (b) 辐射照射”[8]。

13.3. 由于操作人员失误或设备故障而发生的核测量仪事故；附件 III 提供了一些示例。涉及核测量仪的事件包括：

- 快门卡住或坏了；
- 测量仪的其他机械损坏（如压碎）；
- 剂量率异常（即高于预期）；
- 源丢失；
- 由于机械冲击，火灾或腐蚀导致源泄漏；
- 恶意行为，如盗窃核测量仪（特别是便携式测量仪）。

13.4. 在许多情况下，如果采取以下预防措施，可防止核测量仪的事故或缓解其后果：

- (a) 核测量仪及相关设备应符合现行监管标准；
- (b) 工作人员：
  - (i) 应受过相应的培训并获得资质，有能力胜任工作；
  - (ii) 应遵守本地规则和其他相关程序；
  - (iii) 应按照辐射防护程序（见第 4 部分），使用经校准的工作现场监控仪器仪表，并在每次使用放射源之前、期间和之后，酌情佩戴合适的个人剂量计；
  - (iv) 应在使用设备前对其进行定期及相应的视察；
  - (v) 应正确使用应急设备。

## 制定应急计划和程序

13.5. 虽然预防事故是第一要务，但仍可能发生需要采取保护行动或其他响应措施的事件。为了达到应急响应的目标和有效进行应急响应，营运组织必须事先准备一个应急计划和程序（见 GSR Part 7[42]要求 23）。

13.6. 需要根据 GSR Part 7[42]要求 4，评定与核测量仪所用源相关的危害和紧急情况的潜在后果，以便为建立应急准备和响应安排。应在营运组织的危害评定中确定，可能影响工作人员、公众成员或环境的潜在紧急情况。

13.7. 应急准备 IV 级，如 GSR Part 7[42]表 1 所述，一般适用于含有放射源的核测量仪。需要建立相应于这一级别的相应应急安排（包括计划、程序、设备、培训、演习、演练和质量管理程序）。进一步的建议见原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-2.1 号《核或辐射应急准备的安排》[43]，以及 GSG-2《核或辐射应急准备和响应中使用的标准》[44]。

13.8. 核测量仪应急计划应处理以下情况：如源失踪或丢失、源失窃、测量仪损坏导致剂量率增加、源损坏导致污染以及安全系统故障导致人员照射。应急程序应包括以下内容：

- 清晰的角色及责任说明；
- 操作要点；
- 沟通及协调安排；
- 紧急情况通知协议；
- 对现场人员的指示；
- 划定受影响区域和出入控制的指示；
- 保护急救人员的措施。

在制定应急计划和程序时，应尽可能征求合格专家的意见。

13.9. GS-G-2.1[43]提供了关于在组织、地方和国家各级逐步制定充分应急安排的建议，包括应急计划模板。关于辐射紧急情况期间评定和响应一般程序的实用指导，请进一步参见参考文献[45]。处理辐射紧急情况的行动导则见参考文献[46]。



13.10. 应急安排可被视为包括几项任务,根据 GS-G-2.1[43]关于应急准备第 IV 级设施和活动的建议, 都应由营运组织和相关响应组织处理各项任务。

13.11. 如 GSR Part 7[42]和 GS-G-2.1[43]所述, 现场应急计划和程序的实施可能需要场外支持(如场外响应组织、应急服务、辐射防护专家、发生源盗窃时的执法当局)。现场应急计划应提供任何非现场支持的详细信息, 并确保应急人员意识到并承担其责任。特别是, 现场应急计划应明确规定, 所有参与方之间进行即时、有效沟通的安排。

13.12. 在申请授权时, 营运组织必须将其应急计划提交给监管机构批准(GSR Part 7[42]第 6.19 段)。营运组织还应将应急计划和相关程序提供给相应的场外主管部门。

## 应急设备

13.13. 营运组织必须确保, 所有应急响应必要的工具、仪器仪表、供应品、设备、通信系统、设施和文件可供使用, 并符合质量监管控制的要求, 该程序包括库存控制、试验和校准(见 GSR Part 7[42]第 6.34 段)。

13.14. 对于涉及核测量仪的紧急情况, 应酌情考虑对下列设备:

- (a) 相应的工作现场监控仪器仪表, 以测量高剂量率及低剂量率;
- (b) 能动式个人剂量计;
- (c) 临时指定控制区的障碍物和警告告示;
- (d) 如适用, 使用相应的局部屏蔽, 例如在快门卡在打开位置设置屏蔽主光束的消隐板;
- (e) 钳子或遥控操作钳, 以及一个有足够屏蔽的备用源容器;
- (f) 擦拭试验工具包, 用于泄漏试验源和其他表面污染检查;
- (g) 沟通设备(如手提电话);
- (h) 备用电池和电筒。

13.15. 如果怀疑密封的源壳可能已被损坏, 则应格外小心, 因为放射性物质可能从源泄漏出来, 并有可能污染附近的人员和物体。探测和测量泄漏源的放射性污染, 需要专门的监控设备和专业知识。如果已知或怀疑源壳破裂, 营运组织应及时向合格专家寻求建议和协助。在这种情况下, 应当

考虑对人员和设备进行去污处理。此外，营运组织可寻求制造商或供应商的协助。

## 涉及核测量仪事故的响应程序示例

13.16. 第 13.17—13.20 段就发生涉及核测量仪的事故时，对工作人员和辐射防护主管应立即采取的行动提供实际指导。虽然这些行动是按预期执行的顺序列出，但可能有必要根据事故的实际情况改变执行的顺序。营运组织应考虑本部分中提供的建议和基于危害评定假想事故的假想方案，制定应急程序，与任何辐射紧急情况一样，应急响应的优先首要事项应是保护人员。

### 事件涉及含放射源的核测量仪时应采取的行动

13.17. 如果发生涉及含放射源的核测量仪事件，工作人员应采取下列行动：

- (a) 迅速发现可能构成紧急情况的异常工况，并实施相应的应急程序；
- (b) 保持镇静，远离测量仪，确保疏散附近的其他工作人员，并通知其可能发生紧急情况；
- (c) 通知营运组织的辐射防护主管；
- (d) 如果已使用个人剂量计，测量剂量率并记录能动式个人剂量计测量的任何剂量值；
- (e) 根据符合监管要求以及应急计划和程序的剂量率参考水平，确认、建立或重新建立控制区屏障；
- (f) 阻止进入控制区；
- (g) 使用必要的个人防护装备；
- (h) 保持对控制区的监视；
- (i) 通知相关部门（如果紧急情况发生在客户现场，则通知客户），并按照应急计划和程序的规定寻求帮助。

13.18. 如果发生涉及含放射源的核测量仪事件，辐射防护主管应采取下列行动：

- (a) 在事先制定应急计划和程序的基础上，实施特定的行动程序，尽量减少该行动程序可能接受的剂量；

- (b) 移动到远离控制区的位置，在进入控制区实施应急计划之前，演练计划好的行动路线；
- (c) 在培训、设备、实际情况和授权允许的范围内，执行计划的行动方针；在任何情况下，源都不应与手或身体其他部位照射；
- (d) 若所采取的行动程序不成功，则离开控制区，并考虑下一个行动，同时保持对控制区的监视；
- (e) 必要时，酌情请合格专家或源和/或测量仪设备制造商提供技术援助。这种援助可构成应急计划和程序的一部分，在这种情况下，应事先计划并由各方商定；
- (f) 当情况得到控制且源是安全时，调查事件并估算所接受的任何剂量；
- (g) 如果佩戴了个人剂量计，请将其送回剂量计服务处进行快速评定；
- (h) 在重新使用之前，安排制造商或合格专家修理任何损坏或故障设备；
- (i) 根据监管要求，编写报告并通知监管机构。

### **事件涉及含辐射发生器的核测量仪时应采取的行动**

13.19. 如果事件涉及含辐射发生器的核测量仪，工作人员应采取下列行动：

- (a) 迅速识别可能构成紧急情况的异常工况；
- (b) 关闭发生器的电源；
- (c) 将所发生的情况通知辐射防护主管；
- (d) 进行辐射调查，以确定是否存在任何残留辐射危害；
- (e) 在记录位置、光束方向和曝光设置（管电压、电流和时间）等细节之前，不得移动任何设备；
- (f) 在制造商或合格专家检查和修理之前，不得使用测量仪。

13.20. 如果发生事件涉及含辐射发生器的核测量仪，辐射防护主管应采取下列行动：

- (a) 估算可能接受到的剂量；
- (b) 如果佩戴了个人剂量计，请将其交还给剂量计服务部门以进行快速评定；
- (c) 根据监管要求，编写报告并通知监管机构。

## 培训和演习

13.21. 根据 GSR Part 7[42]第 5.44 段指出，所有参与实施应急响应行动的人员都必须具备相应资格并接受培训，以便有效地履行其职责。这应包括熟悉和理解应急计划，以及实施应急程序和使用应急设备的专项培训。这还需要包括指导和培训，说明最先开始采取应急保护行动的任何内部警戒线的大致半径区，以及根据观察到的或评定的现场条件来调整这一区域。

13.22. 个别工作人员只应执行应急计划中已获得授权，且培训并拥有相应设备的部分行动。应定期评审培训规定，以确保工作人员对此内容不生疏。

13.23. 应举行应急演习，以试验应急计划的关键组成部分，间隔时间应与潜在危害程度相匹配。应经常举行小规模演习，确保持续更新负责应急响应的人员和机构的联络资料。

13.24. 从演习中发现的任何教训都必须反馈到应急计划和程序的评审中，必要时，反馈到应急计划和程序的修订中（见 GSR Part 7[42]第 6.36 段）。

## 定期评审应急计划

13.25. 应定期对应急计划进行正式评审，这种评审应规定通过重复演习或紧急情况的经验教训来更新应急计划。

## 报告

13.26. 应急准备和响应的首要目标，是缓解紧急情况的后果。为做到这一点，应对已发生的事件进行批判性评审，以便利用所查明的教训，为改进设备、维护程序、操作程序和应急安排提供反馈。应编写一份综合报告，其中包括对紧急情况的分析和应急措施。

13.27. 应由辐射防护主管编写相关涉及核测量仪事故的报告，并在必要时由合格专家协助。此类报告应提交给高级管理层、监管机构和地方、区域或国家级别的其他相关当局。如果事故可能是由设备故障引起的，则应通知供应商和监管机构对设备进行评价并采取相应的措施。

13.28. 紧急情况报告应包括以下内容：

- (a) 对紧急情况的描述，并尽可能详细地说明所涉及的设备。在可能的情况下，详细信息应包括型号和序列号；
- (b) 紧急情况发生时的环境条件，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) 紧急情况的特定原因；
- (d) 为重新控制局势和恢复正常工况而采取的行动的详细情况，特别是任何明显的有益或有害行动；
- (e) 所涉人员及其职责、任务和资格；
- (f) 对所有受影响个人所受剂量的评定和总结；
- (g) 为防止今后发生类似紧急情况而建议的纠正行动；
- (h) 管理紧急情况的经验教训。

## 与公众的沟通

13.29. 就涉及核测量仪的紧急情况（例如，在测量仪丢失或被盗的情况下），与公众进行沟通，应由相应的营运组织部门、监管机构、应急计划和程序规定的其他相关各方进行讨论。GSR Part 7[42]要求 10 和 13 涉及与公众沟通的安排，GS-G-2.1[43]提供了关于向公众通报情况的进一步建议。



## 参 考 文 献

- [1] 欧洲原子能联营、联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、国际海事组织、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，《基本安全原则》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [2] 国际原子能机构《核子计量器技术数据》，国际原子能机构《技术文件》第 1459 号，国际原子能机构，维也纳（2005 年）。
- [3] 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）。
- [4] 国际原子能机构《 $\gamma$ 、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）。
- [5] 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）。
- [6] 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）。
- [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《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》（2018 年版），国际原子能机构，维也纳（2019 年）。
- [9] 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）。
- [10] 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）。

- [11] 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）。
- [12] 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年）。
- [13] 国际原子能机构《辐射源检查和监管执法》，国际原子能机构《技术文件》第 1526 号，国际原子能机构，维也纳（2007年）。
- [14] 国际原子能机构《放射源安全和安保行为准则》，IAEA/CODEOC/2004，国际原子能机构，维也纳（2004年）。
- [15] 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）。
- [16] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 2007 年建议书》，国际放射防护委员会第 103 号出版物，爱思唯尔，牛津（2007年）。
- [17] 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）。
- [18] 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）。
- [19] 国际原子能机构《辐射防护和安全使用辐射源的培训》，《安全报告丛书》第 20 号，国际原子能机构，维也纳（2001年）。
- [20] 国际原子能机构《放射源的进出口导则》，国际原子能机构，维也纳（2012年）。
- [21] 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）。
- [22] 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）。
- [23] 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）。



- [24] 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）。
- [25] 国际标准化组织《质量管理体系：要求》（ISO 9001：2015），国际标准化组织，日内瓦（2015 年）。
- [26] 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）。
- [27] 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）。
- [28] 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）。
- [29] 美国核管制委员会《特殊形状放射性物质的鉴定》，联邦法规第 10 篇第 71.75 部分，美国政府印刷局，华盛顿特区（2015 年）。
- [30] 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）。
- [31] 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）。
- [32] 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）。
- [33] 国际原子能机构《放射性废物钻孔处置设施》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-1 号，国际原子能机构，维也纳（2009 年）。
- [34] 国际原子能机构《BOSS：钻孔处置废弃密封源-技术手册》，国际原子能机构《技术文件》第 1644 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [35] 国际原子能机构《恢复对无看管源控制和改进对易受攻击源控制国家战略》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-19 号，国际原子能机构，维也纳（2011 年）。
- [36] 国际民用航空组织《危险货物航空安全运输技术规程》（2017—2018 年版），国际民用航空组织，蒙特利尔（2017 年）。

- [37] 国际海事组织《国际海运危险品规范：国际海运危险货物规则》（2018年版），国际海事组织，伦敦（2018年）。
- [38] 联合国欧洲经济委员会、内陆运输委员会，《欧洲国际道路运输危险货物协定》（2021年版），联合国欧洲经济委员会，日内瓦（2020年）。
- [39] 南方共同市场《南方共同市场促进危险货物运输便利的部分协议》（1994年）。
- [40] 联合国欧洲经济委员会、内陆运输委员会，《欧洲国际内陆水道运输危险货物协定》（2021年版），联合国欧洲经济委员会，日内瓦（2020年）。
- [41] 国际原子能机构《国际原子能机构<放射性物质安全运输条例>咨询材料》（2018年版），国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-26 (Rev.1) 号，国际原子能机构，维也纳（编写中）。
- [42] 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）。
- [43] 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）。
- [44] 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）。
- [45] 国际原子能机构《辐射紧急情况期间评定和响应的一般程序》，国际原子能机构《技术文件》第 1162 号，国际原子能机构，维也纳（2000年）。
- [46] 国际原子能机构《制定应对核或辐射应急安排方法》，EPR 一方法（2003年），国际原子能机构，维也纳（2003年）。

# 附件 I

## 核测量仪概述

I-1. 核测量仪包括一枚放射源或一个辐射发生器。表 I-1 根据原子能机构《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-1]列出了用于各种核测量仪的应用示例，包括典型源，其活度和相应的 D 值，表 I-2 列出了核测量仪系统的制造业示例。

**表 I-1. 核测量仪：应用、辐射源和 D 值**

类型	应用	典型辐射源	D 值 (太贝可) [I-1]
液位计	便携式 $\gamma$ 液位计	铯-137 或钴-60 (7—20 兆贝可)	0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60)
	已安装的 $\gamma$ 液位计	铯-137 或钴-60 (1—2 吉贝可), X 射线发生器	0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60)
	继电器 $\gamma$ 液位计	铯-137 或钴-60 (1—2 吉贝可)	0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60)
	$\gamma$ 透射液位计	铯-137 (1-2 吉贝可)	0.1
	液位和界面探测用 中子背散射计	镅-241/铍 (10—37 吉贝可) 或 镅-252 (10—20 吉贝可)	0.06 (镅-241); 0.02 (镅-252)
密度、浓度及 厚度测量计	在线液体密度计	镅-241 (最高 4 吉贝可)	0.06
	$\gamma$ 高性能密度计	铯-137 或钴-60 (750 兆贝可)	0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60)
	在线煤泥密度 $\gamma$ 吸收计	大部分是铯-137, 但也有钴-60 及镅-241	0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60); 0.06 (镅-241)
	定量和厚度	氩-85	30
	定量和水分的 $\gamma$ 反向散射和微波 组合计	镅-241 (3 吉贝可)	0.06
	$\beta$ 透射式空气 粉尘监控仪	钷-147 (100 兆贝可)	40
	在线测量硫酸 浓度的中子计	钷-238/铍或 镅-241/铍, (24 吉贝可)	0.06

**表 I-1. 核测量仪：应用、辐射源和 D 值（续）**

类型	应用	典型辐射源	D 值 (太贝可) [I-1]
	油中硫铅的 $\gamma$ 中子联合测定	镅-244、铯-137 及镅-241/铍	0.05 (镅-244); 0.1 (铯-137); 0.06 (镅-241)
	腰椎 $\gamma$ 密度计	镅-241 (每个测量头 11 吉贝可)	0.06
	$\gamma$ 后向散射密度计	铯-137 (19 兆贝可)	0.1
	用于沉积物密度测量的 $\gamma$ 核计	镅-241 或铯-137 (200 兆贝可)	0.06 (镅-241); 0.1 (铯-137)
	$\gamma$ 密度计	铯-137 (200 兆贝可)	0.1 (铯-137)
	用于在线流体密度测量的 $\gamma$ 透射计	镅-241、铯-137、钴-60	0.06 (镅-241); 0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60)
	用于河流含沙量测量的 $\gamma$ 透射计	镅-241、铯-137 (10—30 兆贝可)	0.06 (镅-241); 0.1 (铯-137)
	$\gamma$ 测厚仪	铯-137 (0.2—1.5 太贝可)	0.1
	$\beta$ 测厚仪	钷-147、氩-85、铯-90	40 (钷-147); 30 (氩-85); 1 (铯-90)
	$\beta$ 测厚仪 (铝用)	铯-90 (3.7 吉贝可)	1
	$\gamma$ 输送带秤	镅-241 (高达 3.7 吉贝可)、铯-137 (高达 1.2 吉贝可)	0.06 (镅-241); 0.1 (铯-137)
	纸张加工用定量计 ( $\beta$ 或 X 射线)	铯-90、氩-85、X 射线发生器	30 (氩-85); 1 (铯-90)
	便携式包壳管外腐蚀测量仪	镅-241 (成对)	0.06 (镅-241)

**表 I-1. 核测量仪：应用、辐射源和 D 值（续）**

类型	应用	典型辐射源	D 值 (太贝可) [I-1]
双能 $\gamma$ 射线透射计	煤灰在线监控	铯-137 (0.4—1.1 吉贝可), 镅-241 (3.7—11 吉贝可)	0.1 (铯-137); 0.06 (镅-241)
瞬时 $\gamma$ 中子活化分析 (PGNAA) 联机批量处理用计量器	PGNAA 在线煤分析仪	铟-252 (400 兆贝可)	0.02
	PGNAA 水泥分析用交叉带分析仪	铟-252 (400 兆贝可)	0.02
	水泥生料带式元素中子 $\gamma$ 分析仪	镅-241/铍 (2 x 370 吉贝可)	0.06
	PGNAA 煤灰监控仪	铯-137 和铟-252	0.1 (铯-137); 0.02 (铟-252)
元素分析用 X 射线荧光仪 (XRF)	XRF 流内分析仪	X 射线发生器	n.a. <sup>a</sup>
	XRF 现场及实验室分析仪	镅-109, 镅-241 (1—3 吉贝可), X 射线发生器	20 (镅-109); 0.06 (镅-241)
	低能 $\gamma$ 仪	镅-241 (20 吉贝可)	0.06
	便携式 X 射线荧光元素分析仪	镅-244 (1.1 吉贝可), X 射线发生器	0.05
组合核子常规计量器	结合微波传感器的背散射 $\gamma$ 仪在线监控煤质	镅-241 (3.7 吉贝可)	0.06
	$\gamma$ 后向散射法测定灰分, 微波法测定水分	镅-241 (1.9 吉贝可)	0.06
便携式密度/湿度计	道路建设、堆填区	铯-137 (370 兆贝可), 镅-241 (1.9 吉贝可)	0.1 (铯-137); 0.06 (镅-241)
低活度表	便携式工作面和堆放煤灰分析仪	钷-133 (1.1 兆贝可) 和铯-137 (37 千贝可或 370 千贝可)	0.02 (钷-133); 0.1 (铯-137)

**表 I-1. 核测量仪：应用、辐射源和 D 值（续）**

类型	应用	典型辐射源	D 值 (太贝可) [I-1]
	低 $\gamma$ 活度测井探头	铯-137(0.37—1.1兆贝可) 及钡-133 (1.9 兆贝可)	0.1 (铯-137); 0.02 (钡-133)
	土壤表面水分和密度的 中子和 $\gamma$ 联合仪	钴-60 (2.6 兆贝可) 及 镅-252 (1.1 兆贝可)	0.03 (钴-60); 0.02 (镅-252)
	低活度 $\gamma$ 透射计	钴-60 (3.7 兆贝可)	0.03
	用于水分和密度的 $\gamma$ 及 中子组合计	钴-60 (2.6 兆贝可) 及 镅-252 (1.1 兆贝可)	0.03 (钴-60); 0.02 (镅-252)
	地下 $\gamma$ 背向散射体密度计	钴-60 (3.7 兆贝可)	0.03
	土壤 $\gamma$ 密度计	铯-137 (3.3 兆贝可), 钴-60 (3.3 兆贝可)	0.1 (铯-137); 0.03 (钴-60)
	密度和水分 $\gamma$ 中子计 (低活度)	钴-60 (2.6 兆贝可) 及 镅-252 (1.1 兆贝可)	0.03 (钴-60); 0.02 (镅-252)
	在线流动混凝土密度和 水分 $\gamma$ 中子计 (低活度)	钴-60 (1.9 兆贝可) 及 镅-252 (1.9 兆贝可)	0.03 (钴-60); 0.02 (镅-252)
	井眼密度和水分的 $\gamma$ 和中 子联合测量仪 (低活度)	铯-137 (3.7 兆贝可) 及 镅-252 (1.1 兆贝可)	0.1 (铯-137); 0.02 (镅-252)
	地下密度和水分的 $\gamma$ 中子联合计 (低活度)	铯-137 (3.7 兆贝可) 及 镅-252 (1.1 兆贝可)	0.1 (铯-137); 0.02 (镅-252)
	$\gamma$ 电平计量器	钴-60 (3.7 兆贝可)	0.03
	在线液体密度监控 $\gamma$ 传输密度测量仪	铯-137, 钡-133 (3.7 兆 贝可)	0.1 (铯-137); 0.02 (钡-133)

**表 I-1. 核测量仪：应用、辐射源和 D 值（续）**

类型	应用	典型辐射源	D 值 (太贝可) [I-1]
便携式 $\gamma$ 体层 摄影机	杆视察	镅-241 (11 吉贝可)	0.06

<sup>a</sup> n.a: 不适用



**表 I-2. 制造业用核测量仪**

应用	工艺	适用领域						
		土木工程	包装	塑料、纸 张及纸浆	金属加工	化学及石 油化工	安全	其他
水平/ 填充	$\gamma$ 透射		X	X	X	X		X
	中子后向散射			X		X		
厚度 及面积 重量	$\gamma$ 透射				X			
	$\beta$ 透射			X	X		X	
	$\gamma$ 后向散射			X				
	$\beta$ 后向散射			X	X			X
	XRF <sup>a</sup>				X			X
密度	$\gamma$ 透射	X	X	X				X
	$\gamma$ 后向散射	X						X
散装重量	$\gamma$ 透射	X						
流体流动	$\gamma$ 透射(单个及 多能)源					X		X
水分	$\gamma$ 透射	X						
	中子透射	X						X
	中子适度性	X						X
分析	PGNAA <sup>b</sup>	X						X
	$\gamma$ 透射	X					X	X
	XRF <sup>a</sup>				X	X	X	X
	电离作用						X	

<sup>a</sup> XRF: X 射线荧光。

<sup>b</sup> PGNAA: 瞬发  $\gamma$  中子活化分析。

## 附件 I 参考文献

- [I-1] 欧盟委员会、联合国粮食与农业组织、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）。

## 附件 II

### 核测量仪安全评定和本地规则参考

#### 安全评定

II-1. 为准备正常运行工况及可预见事故假想方案的安全评定，需要考虑并记录相关的危害和控制措施。

#### 正常运行工况

II-2. 对于核测量仪，正常操作工况包括如下：

- 测量仪安装；
- 测量仪操作；
- 便携式计量器具的运输；
- 在客户现场使用便携式测量仪工作；
- 测量仪的维护；
- 废弃源和测量仪的处理。

II-3. 对于上述每种操作工况，都需要识别所涉及的危害和必要的控制措施。

#### 可合理预见的事件

II-4. 一组合理可预见的事故将被用作安全评定中考虑的假想方案，并将针对这些假想方案确定和实施相应的安全措施。可合理预见的核测量仪事故清单包括如下：

- (a) 中子发生器或 X 射线发生器在终止运行时未断电；
- (b) 屏蔽丧失导致剂量率增加；
- (c) 造成放射性污染扩散的受损源；
- (d) 放射源失踪、丢失或被盗；
- (e) 源泄漏（如通过例行泄漏试验检测到的）；

- (f) 安全系统故障（如警示灯、快门结构）；
- (g) 火灾或爆炸（工作区、存储区、运输过程中）；
- (h) 特殊程序（安装、维护、校准、拆卸）过程中的事故；
- (i) 损坏的运输容器（用于便携式量表）；
- (j) 在移动或运输装有放射性物质的便携式测量仪时发生事故。

II-5. 下文讨论了每种情况进行安全评定时应考虑的因素。

## 危害

### 外部辐射危害

II-6. 测量仪中辐射源所发射的辐射类型决定了外部辐射危害的性质和相关的控制措施，如表 II-1 所示。

II-7. 就表 II-1 所列源而言：

- $\beta$  源会引起韧致辐射；
- 一些镅-241  $\gamma$  源产生中子辐射；
- 中子源会引起  $\gamma$  辐射。

II-8. 含有辐射发生器的测量仪会因 X 射线或中子辐射而产生一种外部辐射危害，中子发生器也会引起  $\gamma$  射线。

### 内部辐射危害

II-9. 如果密封源受到损害，则有可能发生内部照射。特别是  $\beta$  源很容易被破坏。由于使用特殊形状的放射性物质， $\gamma$  和中子源损害的可能性要小得多。然而，这些源在严重事故中或恶劣的环境条件下甚至可能破裂，导致潜在的内部照射。

**表 II-1. 用于核测量仪的主要同位素**

放射性核素	辐射类型
钷-147	$\beta$
铊-204	$\beta$
氩-85	$\beta$
铯-90/钇-90	$\beta$
镅-241	$\gamma$
铯-137	$\gamma$
钴-60	$\gamma$
镅-241/铍	中子
钷-252	中子
铁-55	X 射线
镉-109	X 射线

谁会暴露于危害之中？

II-10. 应考虑下列人员：

- (a) 工作人员：测量仪操作人员/测量仪维护人员及其他在场人员；
- (b) 公众成员，包括现场来访者。

### **控制措施**

工程控制

II-11. 应考虑以下工程控制：

- (a) 将安全纳入密封源、测量仪和测量仪系统的整体设计中；
- (b) 测量仪和任何相关容器提供的屏蔽；
- (c) 用障碍物和警告标志划定测量仪区域；

- (d) 安全和警告系统（快门、联锁、警示灯及其他信号）；
- (e) 特殊处理工具的设计（用于安装、维护和应急程序）。

## 行政监管

II-12. 将考虑下列行政监管：

- (a) 安全工作程序，包括本地规则及许可证工作制度；
- (b) 员工培训；
- (c) 任命辐射防护主管；
- (d) 获得合格专家的建议；
- (e) 制定辐射防护程序，包括指定控制区和监督区，以及工作现场监控和个人监控；
- (f) 定期维护和保养核测量仪；
- (g) 定期检查安全系统的运行和有效性；
- (h) 定期对操作进行安全监查；
- (i) 建立剂量调查水平；
- (j) 放射源泄漏试验程序；
- (k) 放射源和辐射发生器的库存，辅之以定期的会计核算及记录，并记录辐射源移动。

## 本地规则

II-13. 营运组织制定的本地规则应具体说明应采取的行动和责任人。表 II-2 提供了本地规则的示例结构，并列出了一些重要元素。

**表 II-2. 核测量仪的本地规则：建议目录**

项	内容
引言	本地规则适用于谁？ 它们覆盖哪些测量仪或区域？ 适用哪些规定？
含有以下放射源（如适用）的测量仪运输程序	放射源托运准备 运输包装要求 标记、标签及其他监管措施 包括应急程序的运输文件 运输管理系统 放射源接收安排
存储和源核算程序	放射源存储设施和存储容器的说明 安全方面（例如密钥控制） 指定存储区和警告标志 定期源实物盘点检查 源会计记录保存 源移动记录保存
照射控制程序	控制区和监管区的说明 工作现场监控程序 个人剂量测定及健康监视安排（如适用） 剂量调查水平
校准、试验及维护	工作现场监控仪器仪表年度试验 测量仪预防维护计划 警报和安全系统试验程序 放射源泄漏试验
角色和职责，以及联系人详细信息	相关管理人员 测量仪操作工作人员 辐射防护主管 合格专家 监管机构 测量仪供应商和维护组织 安全官员
应急程序	角色和职责 应采取的立即行动 紧急联系人详细信息

## 附件 III

### 涉及核测量仪的事故示例

#### 例 1：源从料位计中掉出<sup>1</sup> [III-1]

##### 事故描述

III-1. 该事件涉及一枚含有 1.85 吉贝可铯-137 源的位计。源从屏蔽外壳掉到地面上。随后，一名工作人员捡起了毒气源，并将其带到一个控制室并停留了近两天。

III-2. 一名监督人员在调查测量仪的非工作情况时，最终确认了无屏蔽源的存在。他立即把源扔出窗外，之后他把源埋在一个软泥滩里，周围他设立了一个相应的禁区。

III-3. 随后，一名合格专家回收了源，并将其置于一个屏蔽容器中。

##### 对工作人员的剂量

III-4. 工作人员们没有佩戴个人剂量计。使用剂量率测量和事件重建来估计工作人员和监督人员吸收的剂量。结果见表 III-1，其吸收的剂量可能会高得多。

表 III-1. 对工作人员的剂量

人员	全身估计有效剂量	手指估计等效剂量
工作人员	2—3 毫希沃特	300 毫希沃特（最大值）
监管人员	0.05 毫希沃特	0.04 毫希沃特（最大值）

<sup>1</sup> 欧洲 ALARA 网络的网址 ([www.eualara.net/index.php](http://www.eualara.net/index.php)) 的链接，本附件所述事件的报告就是从网站上摘录。该网站还包括一个直接链接 ([www.eualara.net/index.php/incidentslessonslearnedmainmenu45.html](http://www.eualara.net/index.php/incidentslessonslearnedmainmenu45.html))，链接到 OTHEA 数据库 ([www.OTHEA.net](http://www.OTHEA.net))，该数据库收集了大量涉及核测量仪的辐射事故。这些事件报告是匿名的，这些报告是为了提供感兴趣、实用的经验教训，防止今后发生类似事件，并在发生此类事件时缓解其后果。



## 积累的经验教训

III-5. 核测量仪是一种非常常见的应用，在正常运行工况下，源脱落的情况极为罕见。在这种情况下，源套受到持续的振动，是导致固定螺栓松动的主要因素。这个问题可以在设计阶段解决，例如通过增加锁销。营运组织还需要定期检查源套的完整性，特别是在存在恶劣环境因素的地方。

III-6. 测量仪系统本身的故障是源丢失的早期迹象。测量仪操作人员需要意识到这一点并制定程序，以便在发生此类故障时立即检查源的位置。

III-7. 向工作人员提供相应的信息、指导和培训，即使是那些不直接从事辐射源工作的人员也需要获悉。在这种情况下，简单的辐射意识培训（包括源在现场的位置、源在容器内外的外观描述、基本预防措施以及接触者）可以帮助工作人员避免任何辐射照射。

## 例 2：从液位计上移走时源损坏，导致污染[III-2]

### 事故描述

III-8. 啤酒厂整修过程中，4 个液位计（每个含有 3.7 吉贝可镅-241 源）被从一条生产线上移走，并在处置前放在一个仓库内。这些消息源超出了工作寿命，被证明已不是特殊形状放射性物质，并且需要 B 型容器从现场运输。

III-9. 每个测量仪的镅-241 源组件被夹在不锈钢板之间，其上附有快门结构和安装支架。放射性物质被装入一个薄壁不锈钢管中。

III-10. 约定处理这些源的公司只带了一个 B 型容器到现场。承包方打算拆除现场的计量器，并将所有 4 个镅-241 源同一批运输。承包方发现，每个约 2 厘米长的源组件用粘合剂固定住了。承包商的雇员用螺丝刀将其从外壳中强弄出来，并将放入 B 型容器中。源在这个过程中被损坏了。

III-11. 过程是在啤酒厂停车场的一辆汽车后部进行的，司机在其后前往约 200 公里外的另一地点，在前往处理公司之前，收集更多需要处理的源。

III-12. 几天后，发现集装箱及车辆被镅-241 污染。随后的监控显示污染范围更广，包括其他车辆和其他现场（包括住宅）。该公司上报了这一事故并展开了详细的调查。调查结果表明：

- (a) 承包人没有与啤酒厂或承包方的合格专家讨论这项工作，而且关于测量仪尺寸及源的信息不准确；
- (b) 没有考虑其他工作方法；
- (c) 有人怀疑现有的工作现场监控工具是否有效，当几天后检查仪器的电池时，发现电池已完全放电。

## 放射性后果

III-13. 所接受的剂量主要是由于摄入镭-241，发生的有效剂量等效估计为 20 毫希沃特，处置承包商的两名工作人员为 2 毫希沃特，第一名工作人员的妻子低于 1 毫希沃特。

## 积累的经验教训

III-14. 从这一事件中确定了以下教训：

- (a) 在拆除装有放射源的设备之前，应尽可能与放射源一起不受干扰地运送到相应设施。
- (b) 如果无法避免在现场清除源，所有相关营运组织（及其各自的合格专家）之间必须保持密切联系，以确保设施可安全进行该项工作。
- (c) 该地法规必须明确无误地说明，如果工作期间条件发生变化，说明需要进行的或严厉禁止的行为。
- (d) 应急程序需要纳入本地规则，让相关人员了解并付诸实施。
- (e) 在源处理之后，需要进行适当的监控。在这种情况下，必须始终考虑污染的可能性。不仅是由于处理程序，也是由于使用环境造成源的退化。
- (f) 每次使用前，都需要检查工作现场监控仪器仪表的运行情况（例如使用检查源）。必须随仪器仪表一并携带备用电池。

## 例 3：失去快门导致公众成员照射[III-3]

III-15. 一个营运组织报告，一个耐火材料冲天炉内测量仪上的快门脱落，导致公众成员受到照射。该测量仪包含 300 吉贝可铯-137 源。

III-16. 监管机构的视察员访问了该现场，确定共有 10 人受到辐射，初始估计的有效剂量为 0.5—13 毫希沃特。最后的剂量估计证实，有 4 人受到的剂量超过 10 毫希沃特。

III-17. 将测量仪拆下，将屏蔽快门焊回原位，测量仪送回厂家进行故障分析。分析发现，快门严重腐蚀生锈，但使用期仅为 5 年，此结果是出乎意料的。

III-18. 造成故障的是在维护冲天炉时，测量仪仍连接在冲天炉上。营运组织使用气动碎块锤从冲天炉内部移走一层耐火砖。据信，振动导致严重锈蚀的防护罩脱落。通过目视进行检查确定测量仪的位置。

III-19. 为了防止再次发生这种事件，营运组织购置一个新的测量仪，该测量仪装在不锈钢内带有不锈钢快门。

III-20. 如果冲天炉的操作需要气动锤或其他振动工作，则营运组织应安排由有许可证的服务提供商移走测量仪。当源被移走时，服务提供商将视察测量仪是否有腐蚀迹象，或其他损坏，或潜在故障的迹象。

III-21. 测量仪被放置同一的位置难以进行目视视察。因此，如果从最后一次视察起 3 年内，没有发生需要移走测量仪的工作，则营运组织已安排服务提供商视察设施，以便移走测量仪并进行彻底的目视视察。

## 附件 III 参考文献

[III - 1] 欧盟委员会《欧洲 ALARA 通讯》，第 17 期（2005 年），

[www.eu-alara.net/images/stories/Newsletters/alaranewsletter17.pdf](http://www.eu-alara.net/images/stories/Newsletters/alaranewsletter17.pdf)

[III - 2] 欧盟委员会《欧洲 ALARA 通讯》，第 14 期（2004 年），

[www.eu-alara.net/images/stories/Newsletters/alara%20newsletter14.pdf](http://www.eu-alara.net/images/stories/Newsletters/alara%20newsletter14.pdf)

[III - 3] 国际原子能机构《成员国公众的过度照射》（2013 年），

[www.news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=3b5b672f-1a47-418f-8f4e-90b540ae5b8f](http://www.news.iaea.org/ErfView.aspx?mId=3b5b672f-1a47-418f-8f4e-90b540ae5b8f)



## 参与起草及审订成员

Badruzzaman, A.	美国雪佛龙公司
Boal, T.	国际原子能机构
Colgan, P.A.	国际原子能机构
Foster, D.	国际原子能机构
George, C.	国际原子能机构
Gusev, I.	国际原子能机构
Haridasan, P.P.	国际原子能机构
Jova Sed, L.	国际原子能机构
Mats, N.	俄罗斯联邦杰洛加兹韦德卡国家研究所
Nandakumar, A.	顾问（印度）
Nestoroska Madjunarova, S.	国际原子能机构
Robertson, S.	英国卫生保护局
Rustamova, S.	阿塞拜疆国家核与辐射活动管制局
Saenger, R.	法国斯伦贝谢公司
Shaw, P.	国际原子能机构
Stewart, J.	国际原子能机构
Varley, K.	国际原子能机构



## 当地订购

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

### 定价出版物订单

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商：

#### **Eurospan**

1 Bedford Row  
London WC1R 4BU  
United Kingdom

交易订单和查询：

电话：+44 (0) 1235 465576

电子信箱：trade.orders@marston.co.uk

个人订单：

电话：+44 (0) 1235 465577

电子信箱：direct.orders@marston.co.uk

网址：www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息：

电话：+44 (0) 207 240 0856

电子信箱：info@eurospan.co.uk

网址：www.eurospan.co.uk

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至：

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

1400 Vienna, Austria

电话：+43 1 2600 22529 或 22530

电子信箱：sales.publications@iaea.org

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







通过国际标准促进安全

国际原子能机构  
维也纳