

# 国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

## 测井中辐射安全

### 特定安全导则

### 第 SSG-57 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。

# 测井中辐射安全

## 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	巴巴亚新几内亚
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-57 号

# 测井中辐射安全

## 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](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

## 测井中辐射安全

国际原子能机构，奥地利，2024 年 8 月

STI/PUB/1879

ISBN 978-92-0-513523-6（简装书：碱性纸）

978-92-0-513323-2（pdf 格式）

EPUB 978-92-0-513423-9

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）。

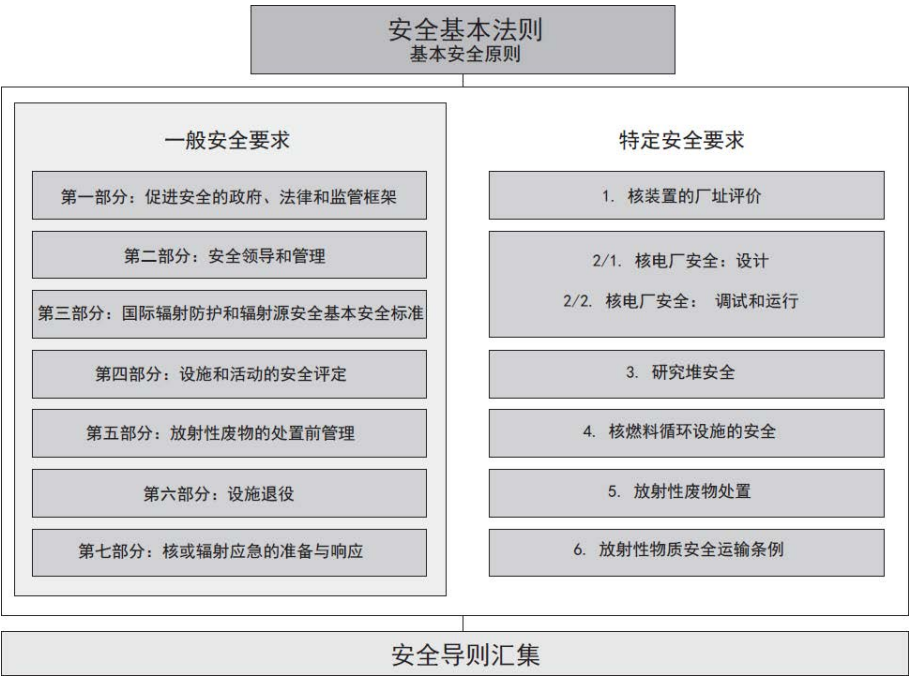


图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

<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保护行动。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。

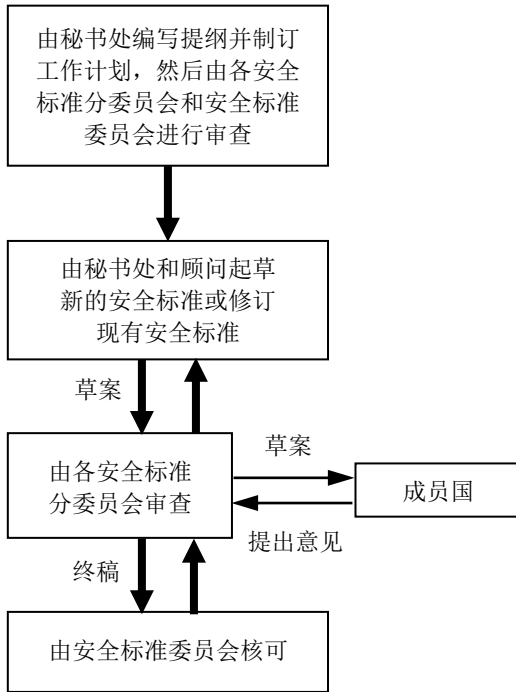


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

## 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 (1.11-1.14).....	2
结构 (1.15, 1.16).....	3
<b>2. 职责和责任 .....</b>	<b>3</b>
概述 (2.1).....	3
政府和监管机构 (2.2-2.21).....	4
营运组织 (2.22-2.38).....	8
辐射防护主管 (2.39-2.42).....	11
合格专家 (2.43-2.47).....	12
工作人员 (2.48-2.50).....	13
雇主与营运组织之间的合作 (2.51-2.54).....	13
短期合同工作人员（流动工作人员） (2.55-2.58).....	15
客户 (2.59-2.64).....	15
<b>3. 安全评定 .....</b>	<b>16</b>
概述 (3.1-3.7).....	16
安全评定方法 (3.8).....	17
安全评定结果 (3.9).....	18
安全评定的评审 (3.10).....	18
安全评定记录 (3.11).....	18
防护和安全的最优化 (3.12, 3.13).....	19
<b>4. 辐射防护计划 .....</b>	<b>19</b>
目标和范围 (4.1-4.5).....	19
结构和内容 (4.6, 4.7).....	20
管理结构和政策 (4.8, 4.9).....	21
教育和培训计划 (4.10, 4.11).....	21
本地规则和监督 (4.12-4.17).....	22
辐射安全委员会 (4.18, 4.19).....	23
划分控制区和监督区 (4.20-4.27).....	23
工作场所监控计划 (4.28-4.30).....	25
个人监控的安排 (4.31).....	25
健康监视计划 (4.32-4.37).....	26

辐射防护计划执行情况的定期评审和监查 (4.38, 4.39).....	27
管理系统和流程改进 (4.40-4.43).....	27
<b>5. 培训和资质 .....</b>	<b>27</b>
概述 (5.1, 5.2).....	27
培训计划设计 (5.3, 5.4).....	28
培训课程的结构和内容 (5.5-5.9).....	28
复训 (5.10, 5.11).....	29
培训评定和认证 (5.12).....	30
<b>6. 对工作人员的个人监控 .....</b>	<b>30</b>
概述 (6.1-6.3).....	30
职业辐射防护剂量限值 (6.4-6.9).....	31
使用非能动式剂量计进行个人剂量评定 (6.10-6.14).....	32
能动式个人剂量计 (6.15-6.17).....	33
记录保存 (6.18-6.23).....	34
对超过剂量限值的剂量调查 (6.24, 6.25).....	35
剂量测量设备的试验和校准 (6.26).....	35
<b>7. 工作场所监控 .....</b>	<b>36</b>
监控计划 (7.1-7.5).....	36
工作场所监控仪器仪表的选择、维护和校准 (7.6-7.11).....	37
<b>8. 放射源控制 (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).....	39
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 (10.1-10.5).....	41
测井用密封放射源 (10.6-10.10).....	41
含有密封放射源测井设备的标记和标签 (10.11, 10.12).....	42
测井用中子发生器 (10.13-10.17).....	43
放射源换源器和运输容器 (10.18, 10.19).....	43
中子发生器在校准操作中的安全 (10.20-10.22).....	44
停止使用和移出放射源 (10.23, 10.24).....	44
<b>11. 现场操作 .....</b>	<b>46</b>
概述 (11.1).....	46



操作准备 (11.2-11.5).....	46
指定工作场所上的控制区 (11.6-11.14).....	46
中子发生器在现场的使用 (11.15, 11.16).....	48
剂量率监控 (11.17-11.19).....	48
对工作人员的个别监控 (11.20).....	48
测井工具 (11.21-11.24).....	49
安全检查 (11.25, 11.26).....	49
放射源在现场的临时存储 (11.27-11.30).....	50
完成工作并将放射源移出现场 (11.31, 11.32).....	50
<b>12. 放射源的运输 (12.1, 12.2).....</b>	<b>50</b>
工作场所内的移动 (12.3, 12.4).....	51
运输到另一个现场 (12.5-12.8).....	51
<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).....	53
应急设备 (13.13-13.15).....	55
测井中涉及辐射源事故响应的程序示例 (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 测井用放射源概述.....</b>	<b>67</b>
<b>附件 II 测井安全评定的几点思考.....</b>	<b>69</b>
<b>附件 III 测井用中子发生器辐射安全信息.....</b>	<b>72</b>
<b>附件 IV 辐射屏蔽计算.....</b>	<b>73</b>
<b>附件 V 测井本地规则的建议结构.....</b>	<b>76</b>
<b>附件 VI 测井中涉及辐射源事故示例.....</b>	<b>78</b>
<b>参与起草和审订人员.....</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和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命的所有阶段，包括计划、选址、设计、制造、建造、调试、运行，以及退役和关闭。这包括放射性物质的相关运输和放射性废物管理。”

1.3. 采矿、地面工程和水工业以及石油和天然气勘探和生产（常规和非常规（如水力压裂））广泛使用放射源，在某些情况下使用辐射发生器，以确定和评定地质构造、井眼和井建造的表征。本“安全导则”使用的术语“测井”包括所有此类实践。

1.4. 测井工作可以使用包含一个或多个密封  $\gamma$  放射源和/或中子源或中子发生器的设备（通常称为“测井工具”）进行。测井工作的地点通常是在客户公司的所在地（例如在矿场，或在海上石油和天然气勘探平台）。全世界测井中使用的放射源和辐射发生器数以千计[2]。

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]根据放射源潜在可能造成确定性效应的严重程度（即它们丢失的“危险性”有多大）对放射源进行了分类。该分类办法由五类组成，其中第 1、2、3 类源是最危害的。测井源一般归入第 3、4 类。然而，某一特定测井源的组合可能归入第 2 类。

1.6. 本“安全导则”是与电离辐射的工业用途安全相关主题的若干安全导则之一，例如辐射发生器和密封源、工业射线成像术、工业辐照器和核计量器（见参考文献[4-7]）。

1.7. 除非另有说明，术语的使用应符合原子能机构《安全术语》[8]所赋予的含义。

1.8. 本“安全导则”假定，在包括利用辐射源进行测井实践（见第 2 部分）的辐射安全方面已经建立了有效的政府、法律和监管基础结构。如果测井活动是在辐射防护法规尚未制定或不符合相关国际标准的国家进行，本“安全导则”的建议将为确保测井中辐射安全提供一般指导。

## 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]关于在测井中使用放射源和辐射发生器的相关要求提供建议。

1.10. 本“安全导则”主要针对被授权使用辐射源进行测井的营运组织及其雇员和辐射防护主管。该导则还可供监管机构和使用辐射源测井设备的设计人员、制造商、供应商以及维护和服务组织使用。

## 范围

1.11. 本“安全导则”提供了关于在测井中使用放射源和辐射发生器的建议，包括在测井工具的制造、校准和维护中使用放射源和辐射发生器的建议。它就存储、使用和运输这类辐射源的辐射防护和安全提出了建议。

1.12. 本“安全导则”为辐射安全事宜相关，不涉及与测井相关的非辐射相关风险。

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

1.14. 天然来源放射性核素的辐射防护和安全以及采矿和石油工业使用放射性示踪剂的辐射防护和安全不在本“安全导则”的范围之内。关于天然来源放射性核素防护和安全的建议见原子能机构《安全标准丛书》第

WS-G-1.2 号《矿石开采和冶炼中放射性废物的管理》[10]。放射性示踪技术见参考文献[11]。

## 结构

1.15. 第 2 部分说明了组织和个人的各种义务和责任；关于编写安全评定和关于辐射防护计划的建议分别见第 3 部分和第 4 部分；关于人员培训和资格的建议见第 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场所监控提出了建议；第 8 部分提供了关于控制  $\gamma$  和中子源的建议；第 9 部分介绍了  $\gamma$  和中子源的安保考虑；第 10 部分和第 11 部分提供了关于在测井设施<sup>1</sup> 和现场安全使用中子和  $\gamma$  源的建议；第 12 部分提供了关于放射源安全运输的建议；第 13 部分描述了对涉及测井源的应急准备和响应。

1.16. 附件 I 概述了测井资料来源和设备；附件 II 提供了测井安全评定的内容；附件 III 提供了关于中子发生器安全的资料；附件 IV 提供了关于  $\gamma$  和中子辐射屏蔽的资料；附件 V 提供了关于测井本地规则的建议结构；附件 VI 提供了与测井源相关典型事件的说明示例，包括对成功回收井下卡住源的说明。

## 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》[12]为设施和安全活动的安全，包括与放射源测井相关的设施和安全活动的安全规定了政府、法律和管理基础结构的要求，并规定了所有相关各方的义务和责任。GSR Part 3[9]为这些义务和责任提供了一般框架，本部分为测井使用辐射源和辐射发生器的职责和责任进行测井提供了进一步的指导。

<sup>1</sup> 在本“安全导则”，测井设施包括保存或使用测井设备的任何区域。

## 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，除其他外：

- (a) 为所有照射情况下的防护和安全要求提供法定依据；
- (b) 明确规定防护和安全的主要责任属于对产生辐射风险的设施和活动负有责任的人员或组织；
- (c) 明确规定法律的适用范围；
- (d) 建立并规定维持一个防护和安全监管职能和责任明确的独立的监管机构；
- (e) 对负有与所有照射情况下的防护和安全相关责任的主管部门之间的协调做出规定。”

健全的法律和政府基础结构，包括责任和只能具有明确界定的国家监管机构，对于在测井中实现和维持辐射源使用的高安全水平至关重要。

2.3. GSR Part 3[9]第 2.16 段指出：

“政府必须确保监管机构在做出与防护和安全相关的决定时有效地独立于利用或促进利用辐射和放射性物质的人员和组织，以便其不受各相关方的不适当影响，并且必须确保与拥有可能不适当地影响其决策的责任或利益的实体在职能上相互分离。”

监管机构不应与它所管理技术的开发和利用有任何利害关系。

2.4. GSR Part 3[9]第 2.17 段指出：“政府必须确保监管机构拥有履行法定职能和责任所需的法定授权、能力和资源。”

2.5. GSR Part 3[9]要求 3 规定：“**监管机构必须制定或通过防护和安全法规和导则，并且必须建立确保其得到执行的制度。**”许多国家已决定采用原子能机构的标准，供其国家按法规使用。

2.6. GSR Part 3[9]第 2.30 段指出：

“监管机构应建立防护和安全管理系统，包括见参考文献[12]：

- (a) 通报和批准；
- (b) 设施和活动的评审和评定；
- (c) 设施和活动的视察；
- (d) 监管要求的执行；
- (e) 与应急照射情况和现存照射情况相关的监管职能；
- (f) 向受其决定影响的各方并视情况向公众和其他各相关方提供资料并与之进行协商。”

2.7. GSR Part 3[9]第 2.31 段指出：

“监管机构必须对实施防护和安全制度采取分级方法，以便监管要求的适用与照射情况相关的辐射风险相称”

分级方法应在有效核实监管合规性的同时，确保监管资源的应用得到优化。

2.8. GSR Part 3[9]第 2.32 段指出：“监管机构必须确保实施相关参与防护和安全相关活动的所有人员在防护和安全方面的教育、培训、资质和能力的要求。”

2.9. GSR Part 3[9]第 2.34 段指出：

“监管机构会同其他相关主管部门，必须通过监管或通过适用已公布的标准特定规定对使用时具有防护和安全方面影响的任何已制造或建造的源、装置、设备或设施的验收要求和性能要求。”

2.10. GSR Part 3[9]第 2.35 段指出（脚注略）：

“监管机构必须对建立、维护和检索与设施和活动相关的适当记录做出规定。这些记录必须包括：

- 密封源和辐射发生器的登记；
- 职业照射的剂量记录；
- 与设施和活动的安全相关的记录；
- 对于设施的停运和退役或关闭可能必要的记录；
- 事件包括放射性物质向环境的非例行排放的记录；
- 放射性废物清单……”

与测井设施和活动的安全相关记录应包括正在使用的源和废弃源的清单。

2.11. 监管机构还应规定建立、维护和检索下列各项的适当记录：

- 放射源的运输；
- 放射源的位置；
- 涉及放射源事件，如放射源丢失、放射源损坏和放射源或辐射发生器被盗。

2.12. 监管机构应开展与使用带辐射源测井设备相关的视察活动[13]。视察应评审与安全使用这类设备相关的一系列问题，并应包括以下方面：

- (a) 评审是否符合持有和使用测井辐射源的授权条件：例如，检查库存是否包括所有授权的辐射源和设备，以及测井设备是否只用于授权地点的授权目的。如果任何授权源丢失或发现任何源未得到适当授权，应调查此事并采取适当行动（应立即搜索丢失的源，并将任何未经授权的源置于监管控制之下）。
- (b) 确认辐射源和测井设备符合监管机构制定验收标准和性能标准。
- (c) 测量测井设备周围的放射性水平，评估工作人员和公众的受射剂量。
- (d) 评审工作场所监控和个人监控的记录。
- (e) 观察测井设备的使用情况，包括安全装卸辐射源的程序。
- (f) 评审控制措施，如定期进行源库存检查，控制以确保源仅由经授权的个人使用，使用适当的工程控制、存储辐射源（包括废弃源）及应急计划和程序。
- (g) 评审遵守放射性物质运输条例要求的情况（见第 12 部分）。
- (h) 对正在使用测井工具的客户设施进行现场视察，观察涉及测井设备的操作，包括安全使用程序和每个源的安全和安保安排。

2.13. GSR Part 3[9]第 2.38 段指出：“监管机构必须建立、实施、评定并力争不断改进与监管机构的目标相一致并有助于实现这些目标的管理系统。”

2.14. GSR Part 3[9]要求 19 规定：

**“政府或监管机构必须制定并强制执行确保防护和安全达到最优化的要求，并且监管机构必须强制遵守职业照射的剂量限值。”**



2.15. GSR Part 3[9]第 3.69 段指出：“政府或监管机构必须制定雇主、注册人和许可证持有人关于适用计划照射情况下职业照射要求的责任。”

2.16. GSR Part 3[9]第 3.72 段指出，在授权测井设施或活动之前，监管机构必须评审在所有操作状态和事故工况下职业照射和潜在照射相关的设计标准和设计特点。只有符合监管机构规定的设计标准的测井工具才允许使用。个人监控、合理配置以评估中子剂量和  $\gamma$  剂量，应是测井工作人员的强制性措施。此外，监管机构应核实营运组织是否符合所有测井设施和活动的工作场所监控要求（见 GSR Part 3[9]第 3.96—3.98 段）。

2.17. 监管机构应制定相关在客户设施中使用测井设备的要求。在客户设施中使用测井设备应得到特别授权，例如通过许可证条件。

2.18. 监管机构应要求营运组织定期检查其拥有的放射源库存，并酌情向监管机构提供资料，以便按照原子能机构《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》[14]建议，列入国家放射源登记册。

2.19. 监管机构应确保为放射源的安全和安保作出安排，包括酌情为废弃放射源的处置提供资金。具体地说，监管机构应根据《放射源安全和安保行为标准》[15]，在授权书中附加条件，要求营运组织对废弃源进行安全和有保障的管理作出安排，包括在适用情况下就供应商回收废弃源达成协议。

## 沟通和报告机制

2.20. GSR Part 3[9]第 2.33 段指出：

“监管机构必须确保建立机制，及时向源供应方和源用户等相关各方传播关于从监管经验和运行经验中以及从事件和事故及相关调查中汲取的防护和安全方面教训的资料。所建立的机制必须酌情用于向国家和国际一级的其他相关组织提供相关资料。”

在许多国家的监管机构定期与相关各方，如放射源的供应商和用户通过通信方式进行沟通，通信提供关于安全工作实践和在本国或其他地方发生的涉及辐射源事件细节等专题的信息，以便将汲取的经验教训用于改进防护和安全。

2.21. GSR Part 3[9]第 2.36 段指出：“监管机构必须建立涉及与相关各方就所有防护和安全相关问题开展专业性和建设性互动的交流和讨论机制。”

## 营运组织

2.22. 负责测井设施和活动的营运组织对安全负有首要责任（见 GSR Part 3[9]要求 4 和 9）。要求营运组织确保防护和安全得到最优化（GSR Part 3[9]要求 11）。对于测井而言，营运组织通常是测井公司，即雇用工作人员（或合同自营工作人员）承担涉及辐射源和（或）辐射发生器测井活动的公司。带辐射源测井设备的制造商和供应商也是营运组织，有自己的防护和安全责任。

2.23. 营运组织必须证明对防护和安全最高级别的承诺（GSR Part 3[9]第 2.47 段）。

2.24. 营运组织必须向监管机构提交申请，要求授权操作涉及测井放射源的设施或进行涉及测井放射源的活动（GSR Part 3[9]要求 7）。因此，对于经授权的测井设施或测井活动，营运组织通常也是 GSR Part 3[9]所定义的注册人或许可证持有人。

2.25. GSR Part 3[9]第 2.42 段指出，营运组织：

“主要相关方必须制定和实施与照射情况适合的防护和安全计划。该防护和安全计划必须：

- (a) 采用符合[GSR Part 3]要求的防护和安全目标；
- (b) 实施与照射情况相关的辐射风险相称且足以确保[GSR Part 3]要求得到遵守的防护和安全措施。”

2.26. 测井公司应在其主要基地设有源存储设施，并在必要时设有符合监管要求的现场存储设施。

2.27. GSR Part 3[9]第 2.43 段指出，营运组织：

“主要相关方必须确保在执行防护和安全计划的过程中：

- (a) 确定并适当提供为达到防护和安全目标所需的措施和资源；

- (b) 对计划定期进行评审，以评定其有效性及其对目的的继续适合性；
- (c) 确定并纠正防护和安全方面的任何不足或缺陷，并采取步骤防止其再次发生；
- (d) 就与相关各方磋商作出安排；
- (e) 保存适当的记录。”

关于建立测井辐射防护计划的建议见本“安全导则”第4部分。

2.28. GSR Part 3[9]第2.44段指出：

“主要相关方和对防护和安全负有明文规定责任的其他各方必须确保参与防护和安全相关活动的所有人员受过适当的教育和培训并拥有适当的资质，以便其理解各自的责任，并能够经过合理的判断后按照程序胜任地履行职责。”

本“安全导则”第5部分对从事带有辐射源测井工作人员的培训和资格提出了建议。

2.29. 营运组织必须允许监管机构的授权代表进入，以便对其测井设施和活动及其防护和安全记录进行视察，并必须在进行视察时给予合作（GSR Part 3[9]第2.45段）。

2.30. 营运组织必须确保确定合格专家（见第2.43—2.47段），并在必要时就恰当遵守GSR Part 3[9]规定的要求（GSR Part 3[9]第2.46段）进行咨询。

2.31. 要求营运组织确保防护和安全有效地融入其整体管理系统（GSR Part 3[9]要求5）。

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

“必须确保管理系统的设计和旨在通过以下方式加强防护和安全：

- (a) 将防护和安全要求与其它要求包括对运行绩效的要求协调一致地适用，并与安保标准协调一致地适用；
- (b) 对必要的计划和系统化行动作出说明，以提供防护和安全要求得到满足的充分信心；

- (c) 确保防护和安全不因其他要求而受到损害；
- (d) 对定期评定防护和安全效能以及适用汲取的经验教训作出规定；
- (e) 促进安全文化。”

2.33. 营运组织必须确保管理系统的防护和安全要素与其所拥有的测井工具中辐射源的数量和类型以及这些源的使用方式相关的辐射风险相称（GSR Part 3[9]第 2.49 段）。

2.34. GSR Part 3[9]第 2.50 段指出，营运组织“应能够证明有效地满足了管理系统中的防护和安全要求。”

2.35.GSR Part 3[9]第 3.60 段指出，营运组织“一旦决定辐射发生器和放射源不再使用，注册人和许可证持有人必须确保迅速作出对它们进行安全管理和控制的安排，包括作出适当的财务。”本“安全导则”第 10 部分提供了关于满足测井中辐射发生器和放射源相关要求的建议。

## 安全文化

2.36. 虽然测井中使用的辐射源和相关设备具有安全特点，但仍高度依赖安全工作程序来确保防护和安全。根据 GSR Part 3[9]第 2.51 段，营运组织应通过以下措施促进和维护安全文化：

- (a) 促进本组织各级，包括负责管理、安保、存储设施、操作、运输、组装和维护测井工具的工作人员对防护和安全做出恰当的个人和集体承诺；
- (b) 确保在组织范围内对重要的安全文化问题达成共识；
- (c) 考虑到个人、测井设备、测井公司和客户之间的相互作用，支持个人和团队安全，成功地开展测井活动；
- (d) 鼓励设施的操作人员、辐射防护人员和其他工作人员开放交流和参与制定和执行相关测井防护和安全的政策、规则和程序；
- (e) 确保本组织和组织各级个人对测井源的采购、存储、安装、操作、维护、处理和安全管理方面的防护和安全负责，直至其使用寿命结束后得到安全处置；
- (f) 在防护和安全方面鼓励质疑和学习的态度，劝阻自满情绪，并提供组织不断寻求发展和加强其安全文化的手段。

2.37. 营运组织还应确保人员感到可以自由地提出安全关切，而不必担心遭到报复、恐吓、骚扰或歧视。

## 人为因素

2.38. GSR Part 3[9]第 2.52 段指出：

“主要方以及适当时对防护和安全负有明文规定责任的其他各方必须考虑人为因素，并且必须支持良好实绩及防止人为失误和组织失误的良好实践，方法是除其它外，特别确保：

- (a) 在设计设备和制定运行程序时遵循合理的人机工程学原理，以利于设备的安全运行和使用，最大程度地减少操作者失误可能导致事故的可能性，并减少对正常工况和异常工况迹象可能产生误解的可能性；
- (b) 提供适当的设备、安全系统和程序要求和作出其他必要的规定，以便：
  - (i) 尽实际可能减少人为失误或疏忽行为可能引发事故或导致任何人受到照射的其他事件的可能性；
  - (ii) 提供探知人为失误和纠正人为失误或对这种失误作出赔偿的手段；
  - (iii) 利于在安全系统故障或防护和安全措施故障时采取防护行动和纠正行动。”

## 辐射防护主管

2.39. GSR Part 3[9]第 3.94 (e) 段指出：

“雇主、注册人和许可证持有人在与工作人员协商或酌情通过其代表：……应根据监管机构制定的标准，酌情指定一名辐射防护主管。”

2.40. GSR Part 3[9]第 3.96 段指出：

“注册人和许可证持有人在适当情况下与雇主合作，必须在辐射防护负责人或合格专家的监督下制定、维护并经常评审工作场所的监控计划。”

2.41. 辐射防护主管是一名技术上胜任与有辐射源测井操作相关的辐射防护事务的人员，由测井公司指定负责监督监管要求的实施[8]。辐射防护主管的任命应采用书面形式，其作用和职责应纳入职务说明。

2.42. 辐射防护主管应监督安全要求的适用情况，并应有权进行干预，制止不安全或不符合规定的操作。

## 合格专家

2.43. 如 GSR Part 3[9]第 2.46 段指出，营运组织“应确保确定合格专家，并在适当遵守[GSR Part 3]必要时进行咨询。”

2.44. 合格专家是指通过适当的委员会或协会的认证，专业执照或学术资格和经验，被正式认可在相关的专业领域[8]，例如在辐射防护和带辐射源测井工具的安全操作方面具有专门知识的个人。

2.45. 要求政府制定正式认可合格专家的要求（GSR Part 3[9]第 2.21 段）。“正式认可”是指由相关当局书面确认或认可某人具备从事测井活动所需的资格、培训、教育、经验和专门知识。正式认可的程序可能因国而异。

2.46. 营运组织可就与辐射安全相关的事项，如测井设施的设计、辐射屏蔽计算、工作场所监控仪器仪表的试验和维护等，与一名或多名合格专家进行咨询。遵守监管要求的责任不能转移给合格专家，始终由营运组织承担。

2.47. 合格专家不必是营运组织的员工，他们可以被任命为兼职，也可以为涉及测井的特定时期或项目工作。例如，设在一个国家的测井公司可能会在其业务正在进行的另一个国家任命一名合格专家。在这种情况下，合格专家应符合测井操作所在国所有适当的国家资格或认证标准。合格专家应具有适当的经验（即具有涉及放射源和辐射发生器测井的设施和活动）。合格专家应与辐射防护主管密切合作，确保所有必要的职责和任务都由工作人员履行。

## 工作人员

2.48. 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[8]。

2.49. 要求工作人员为防护和安全履行其义务和职责（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) 必须遵守雇主、注册人或许可证持有人规定的任何适用的防护和安全规则和程序；
- (b) 必须正确使用所提供的监控设备和个人防护装备；
- (c) 必须与雇主、注册人或许可证持有人在防护和安全、工作人员的健康监视计划和剂量评定计划方面进行合作；
- (d) 须向雇主、注册人或许可证持有人提供关于其过去和现在所从事的相关工作的信息，以确保其自身和其他人有效而全面的防护和安全；
- (e) 必须避免采取任何可能使其自身或其他人处于不符合[GSR Part 3]要求状况的故意行为；
- (f) 必须接受将使其能够按照[GSR Part 3]的要求进行工作的防护和安全方面的信息、指导和培训。”

2.50. GSR Part 3[9]第 3.84 段指出：“工作人员如发现可能对防护和安全造成不利影响的情形，必须尽快向雇主、注册人或许可证持有人报告这类情形。

## 雇主与营运组织之间的合作

2.51. GSR Part 3[9]要求 23 规定：“**雇主与注册人和许可证持有人必须进行必要程度的合作，以使所有责任方遵守防护和安全要求。**”在测井方面，这种合作的主要示例预计发生在测井公司（营运组织）和客户（即进行测井场地的所有者，见第 2.59—2.64 段）之间。

2.52. 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，对这种源负责的注册人或许可证持有人与雇主必须进行必要程度的合作，以使双方遵守[GSR Part 3]要求。”

例如，可以在已经存在其他辐射照射源的地点进行测井。在这种情况下，应采取必要的防护措施，同时考虑到客户（现场的营运组织）对与现场相关的放射性危害负有防护和安全责任，测井公司对测井源负有防护和安全责任。

2.53. 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在适当情况下必须包括：

- (a) 制定和采用特定辐照限值和其他手段，以此确保对从事的工作涉及或可能涉及不在雇主控制之下源的工作人员采取的防护和安全措施至少与为注册人或许可证持有人的雇员所采取那些措施一样好；
- (b) 按照上述 (a) 项的规定，对工作人员所接受的剂量进行特定评定；
- (c) 明确划分雇主的和注册人或许可证持有人的防护和安全责任并编写成文件。”

2.54. GSR Part 3[9]第 3.87 段指出：

“作为双方之间合作的一部分，对源或照射负责的注册人或许可证持有人在适当时：

- (a) 应从雇主（包括自营职业者）处获取工作人员以前的职业照射史……以及任何其他必要信息；
- (b) 必须向雇主提供适当的资料，包括雇主要求的与遵守[GSR Part 3]要求相关的任何可得资料；
- (c) 必须向工作人员和雇主提供相关的照射记录。



## 短期合同工作人员（流动工作人员）

2.55. 营运组织如以短期形式聘用自雇工作人员，应确保他们享有与长期聘用工作人员同等水平的防护和安全。这类短期工作人员（有时被称为流动工作人员）通常为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。

2.56. 应在合同安排中明确规定营运组织和流动工作人员的相关责任。营运组织应在流动工作人员到营运组织开始工作之前要求提供其所受年有效剂量记录的副本。

2.57. 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以下事项的责任分配：

- (a) 个人剂量监控和剂量记录保存（见第 6 部分）；
- (b) 健康监视安排（见第 4 部分）；
- (c) 工作场所监控安排（见第 7 部分）；
- (d) 本地规则（见第 4 部分）。

2.58. 营运组织应核实流动工作人员具有适当的资质，并在带辐射源测井工具的辐射安全及安全装卸和操作两方面接受过充分的培训。营运组织应核实所有程序和其他相关文件都是以流动工作人员所能理解的语言提供的。

## 客户

2.59. 客户是负责雇用营运组织（测井公司）进行测井工作的组织或人员。客户通常是负责井或钻井现场或设施的组织或人员。客户方应始终按照带辐射源测井监管要求，使用经监管机构授权的营运组织。

2.60. 营运组织应坚持有足够的时间来计划工作和安全地执行工作，并能够遵守任何在工作之前需通知监管机构的要求。

2.61. 营运组织不应接受妨碍其安全开展测井工作的条件或限值。客户应确保测井工作与现场其他工作相协调，最大限度地减少现场特定危害对工作人员的风险，并最大限度地减少现场其他工作人员的辐射照射。如果一

次有一个以上的营运组织在客户现场工作，应该进行特殊的协调。“工作许可证”制度可促进同一现场不同活动的沟通和协调。

2.62. 客户有责任确保测井公司可能需要进入的地点有一个安全的工作环境。客户还负责告知来访工作人员现场特有的安全问题，并应根据监管要求向来访工作人员提供任何必要的培训。

2.63. 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设施安全可靠，并获得监管机构的任何必要授权。应为客户和营运组织明确规定并遵守获准进入源存储设施的程序。（另见第 8 部分）

2.64. 如果发生涉及测井工具的事件，可能使个人受到辐射，客户应向营运组织提供所有必要的合作，以便按照监管要求（见第 13 部分）管理事件。

## 3. 安全评定

### 概述

3.1. GSR Part 3[9]要求 13 规定：

**“监管机构必须制定并强制执行安全评定要求，对产生辐射风险的设施或活动负有责任的人员或组织必须对该设施或活动进行适当的安全评定。”**

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》[16]。

3.2. 测井中使用的许多辐射源可产生高剂量率，因此应进行全面的安全评定。对于同一类型的源和测井工具，进行通用的安全评定可能是可以接受的。

3.3. 初始安全评定有时被称为“事先放射性评价”，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都已考虑在内的主要工具。根据 GSR Part 3[9]要求 13，安全评定必须记录在案，并在适当的情况下在营运组织的管理系统下进行独立评审。

3.4. 测井源的潜在用户在申请授权时应向监管机构提交安全评定，因此，在营运组织接收到任何辐射源之前，应准备好安全评定并将其记录在案。测井源的供应商在向一国出售或交付此类源之前，应根据该国的管理要求，寻求适当的授权。

3.5. 营运组织应提前计划，确保有足够的时间建立和应用所需的防护和安全控制措施。当测井中使用的辐射源被替换为相同类型和源强的源时，可能没有必要进行新的安全评定，除非工作安排发生变化。

3.6. 安全评定要求在作为授权过程的一部分提交给监管机构之前进行独立核实（见 GSR Part 4 (Rev.1) [16]要求 21）。

3.7. 如果正在进行的测井工作没有进行安全评定，营运组织应进行回顾性安全评定并将其记录在案。在回顾性安全评定的基础上，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

3.8. 在安全评定中应考虑到使用每一辐射源所产生的辐射风险，以及因事件而可能受到潜在照射的概率和程度。安全评定应包括以下方面的考虑：

- (a) 合理地考虑屏蔽和未屏蔽放射源的剂量率以及中子发生器的剂量率；
- (b) 测井工程师、其他工作人员和公众因正常测井操作而受到的照射，以及因可合理预见的事件而受到的潜在照射（包括由于屏蔽丧失，由于受损放射源的污染而受到的照射，以及由于其他情况，包括极低概率事件而受到的照射）；
- (c) 测井源操作范围和技术条件；
- (d) 结构、系统和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，以及此种失效或潜在照射的后果；
- (e) 外部因素可能影响防护和安全的方式；
- (f) 操作失误和人为因素可能影响防护和安全的方式；
- (g) 评价任何拟议的改造对防护和安全的影响；
- (h) 任何不确定性或假设，及其对防护和安全的影响。

测井安全评定的内容见附件 II。

## 安全评定结果

3.9. 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。
- (b) 安全所必需的行政控制，例如制定安全工作程序（本地规则），用于存储、操作、源库存的维护，维护和保养，以及废弃源的管理。
- (c) 指定控制区和监督区的程序（见第 4 部分和第 11 部分）。
- (d) 为保护公众而采取的任何必要措施。
- (e) 职业照射（ $\gamma$  和中子辐射，视情况而定）的评定（见第 6 部分）。
- (f) 测井工程师和其他工作人员培训计划（见第 5 部分）。
- (g) 有效的应急准备和响应计划，以管理可合理预见的事件（包括极低概率的事件）。这应包括以下方面的信息：可合理预见的事件，为尽量减少此类事件发生的可能性而采取的 necessary 措施，以及必要的应急安排（包括应急计划和程序，以及应急设备）（见第 13 部分）。
- (h) 测井中使用的辐射源安保，目的是阻止、延迟、发现和应对源的失窃（见第 9 部分）。

## 安全评定的评审

3.10. 安全评定应每年评审一次，并在下列任何因素发生时进行评审：

- (a) 因设施或活动的改造而可能危及或影响安全；
- (b) 计划获取新的辐射源或具有不同特征的源时；
- (c) 当操作经验或对事件、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、法规或导则作出或预期作出重大修改时。

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。安全评定的修订和修改应接受监管机构的监查。

## 防护和安全的最优化

3.12. 安全评定应考虑到个人剂量的大小，受照射的人数和发生潜在照射的可能性都应保持在合理可达尽量低的水平，应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。如果减少危害的下一个步骤只能通过配置与由此减少危害不成比例的资源来实现，则采取这一步骤可能是不适当的，由此证明个人得到了充分的防护。这样，在考虑到了经济和社会因素的情况下，防护和安全就可以说达到最优化，辐射照射实现了合理可达尽量低水平。在评审现行实践时也应适用这种程序[17]。

3.13. 当防护和安全达到最优化时，由于工程控制（例如在测井工具容器中安装屏蔽设备）和行政控制（例如培训、分区、源处理程序、监控）相结合，测井引起的职业照射和公众照射预计会很低。

## 4. 辐射防护计划

### 目标和范围

4.1. GSR Part 3[9]要求 24 规定：

“雇主、注册人、许可证持有人应在职业照射辐射防护计划中建立和维持用于划分控制区和监督区，制定本地规则和监控工作场所的组织的、程序的和技术的安排。”

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下列预防措施等级，提供精心设计的控制和令人满意的工作条件，尽量减少对行政控制和个人防护设备的防护和安全需求：

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

4.3. 辐射防护计划是一个组织内发展和维持安全文化的关键因素[18]。辐射防护计划应涵盖营运组织的管理结构、政策、责任、程序和组织安排。

所有这些都应由营运组织落实到位，以控制放射性危害、防护和安全最优化。原子能机构《安全标准丛书》第 GSG-7 号《职业辐射防护》[19]提供了关于建立和维持用于保护工作人员辐射防护计划的详细建议。

4.4. 辐射防护计划应根据业务组织的需求进行定制和调整。该计划应反映与测井设施和涉及辐射源活动相关的复杂性和危害性。该计划应以营运组织的安全评定为基础（见第 3 部分），并应处理计划照射情况和适当时的紧急照射情况（见第 13 部分）。

4.5. 营运组织应考虑到为解决其他工作场所危害所必需的任何额外的工业安全措施，这些危害可能包括：

- (a) 化学危害；
- (b) 火灾和爆炸；
- (c) 噪声和振动；
- (d) 机械危害（例如起重设备、桥式起重机）；
- (e) 与压力容器相关的危害；
- (f) 其他辐射源（如核设施场址上的放射源，或工业射线成像中使用的源）。

## 结构和内容

4.6. 辐射防护计划应包括有助于防护和安全的主要要素。辐射防护计划的结构和内容应以适当的详细程度加以记录。辐射防护计划应包括下列基本要素：

- (a) 与防护和安全相关的管理结构和政策；
- (b) 防护和安全个人责任的分配；
- (c) 关于与测井相关的放射性危害的性质以及防护和安全所需措施的教育和培训计划；
- (d) 本地规则和监督工作的安排；
- (e) 酌情控制区和监督区的划分；
- (f) 放射源的安全和安保，包括废弃放射源的管理；
- (g) 应急准备和响应；

- (h) 评定职业照射和监控工作场所的安排，包括获取、试验和维护工作场所监控仪器仪表；
- (i) 工作人员健康监视计划；
- (j) 记录和报告相关照射控制、职业辐射防护和安全措施的决定以及个人监控和工作场所监控结果信息的系统；
- (k) 定期评审和监查辐射防护计划执行情况的方法；
- (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将在以下各部分中作更充分的说明，可根据操作的规模和复杂程度，将其纳入单一文件或一系列文件。辐射防护计划或其摘要应提供给工作人员。

## 管理结构和政策

4.8. 辐射防护计划应说明与防护和安全相关的管理结构。这一结构可以以组织图的形式表示。这张图表应清楚地显示从工作人员到全面负责高级管理人员的报告线，并应说明特定负责防护和安全人员的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操作地点，管理结构应明确规定每个地点的责任线和负责人。

4.9. 辐射防护计划应包括本组织关于辐射安全的政策，同时应包括管理层关于将辐射剂量保持在合理可达尽量低水平的承诺，并培养积极的安全文化。

## 教育和培训计划

4.10. 辐射防护计划应说明直接参与测井活动和相关应急响应行动的所有工作人员的防护和安全培训计划范围。在适当情况下，还应包括针对其他工作人员的“辐射意识”计划。这些工作人员可能包括管理人员、受训人员、不直接参与测井工作的工作人员（如清洁工和维护人员）以及承包商。辐射防护计划还应根据监管要求规定相关工作人员，特别是辐射防护主管和测井人员的最低教育和专业资格。第 5 部分提供了关于人员培训和资格的更多细节。

4.11. 营运组织应保存合适的培训记录，这些记录应与监管要求一致。应在辐射防护计划中具体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或其代表协商：

- (a) 应以书面形式制定对工作人员和其他人的防护和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括任何相关的调查水平或授权水平，以及在超出任何此类级别时应遵循的程序；
- (c) 应将本地规则和程序以及防护和安全措施告知适用这些规则和程序的工作人员和其他可能受其影响的人；
- (d) 应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，并应采取一切合理步骤，确保防护和安全的规则、程序和措施得到遵守；
- (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. 描述执行测井工作程序的本地规则应用预期遵守规则的工作人员所能理解的语言编写。这些本地规则应涵盖与有潜在辐射照射测井工作相关的所有程序，如常规操作、放射源装卸、放射源运输和应急响应等（见第 10—13 部分）。本地规则是限制辐射照射的重要工具，它们应包括足够的信息，使测井人员和其他工作人员能够安全地履行职责，并符合监管要求。

4.14. 应向参与测井工作的工作人员和其他相关人员提供一份本地规则的副本，工作区应酌情展示其他副本。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. 在测井源有限的组织中，可适当采用一套涵盖所有程序的本地规则。在较大的组织中，有几套特定的本地规则可能较为合适。这些可包括用于组装和校准测井工具的程序、用于在现场执行测井工作的程序以及用于装卸测井源的程序。一些客户还可能要求制定特定本地规则，以涵盖在其所在地进行的测井工作。



4.16. 营运组织必须指定一名辐射防护主管（见第 2.39—2.42 段），并可任命一名以上的雇员担任辐射防护主管监督本地规则的日常执行情况，并履行计划要求的其他职责。

4.17. 附件 V 提供了测井本地规则的结构建议。

## 辐射安全委员会

4.18. 在拥有大量测井工具和测井应用的大型测井公司（雇员约 100 人或以上），应设立辐射安全委员会，定期评审辐射防护计划的执行情况。该委员会可专门负责辐射安全，也可承担额外的（常规）安全相关责任。辐射安全委员会应包括辐射防护主管，钻井经理，健康、安全和环境主管，和测井工程师。委员会还可包括一名安保主管，因为可能发生源丢失或失窃可引起的紧急情况。委员会应包括负责辐射安全的高级主管和员工的代表。

4.19. 辐射安全委员会的主要工作是评审和评价辐射防护计划的应用和成效。辐射安全委员会的职责应包括以下方面：

- (a) 定期评审辐射防护计划；
- (b) 评审职业辐射剂量、工作场所监控计划结果和辐射防护主管编写的任何事故报告；
- (c) 评审辐射防护计划执行情况的监查结果；
- (d) 向高层管理者提出辐射防护计划的改进建议；
- (e) 就辐射防护主管履行职责提供指导和指示；
- (f) 监督对任何可能造成计划外辐射照射事件的调查；
- (g) 编写相关辐射安全问题的报告，并视情况分发给管理人员和工作人员。

## 划分控制区和监督区

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划分为控制区：

- (a) 在正常操作中控制照射或防止污染扩散；

(b) 防止或限制在预计运行事件和事故工况下照射的可能性和程度。”

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期的照射程度、预计运行事件和事故工况下的照射可能性和照射程度，以及防护和安全所需程序的类型和范围。”

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，或在此并非合理切实可行的情况下，以其他适当方法划定控制区。
- (b) 如放射源只是间歇性地投入运作或使用，或从一个地方移动到另一个地方，则须在当时情况下适当的方法划定适当的控制区，并须指明照射时间。
- (c) 应采用国际标准化组织推荐的符号（见参考文献[20]），并应在通往控制区的入口和控制区内的适当位置展示指示。
- (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及实物屏障（可包括锁或联锁），限制进入控制区，限制的程度应与接触的可能性和程度相称。

.....

- (h) 应定期评审条件，以评定是否有必要修改防护和安全措施或控制区的边界[.]
- (i) 应为在控制区工作的人员提供适当的信息、指导和培训。”

4.23. GSR Part 3[9] 第 3.91 段指出：

“注册人和许可证持有人应将尚未划分为控制区，但需要对其职业照射条件进行评审的任何区域划分为监督区，即使通常不需要采取特定防护和安全措施。”

4.24. 辐射防护计划应说明如何划分控制区和监督区。还应说明划分和限制进入指定地区的安排，警告标志的使用以及指定地区的辐射监控计划。

4.25. 应使用控制区来限制测井工作中的照射，特别是在放射源未被屏蔽的情况下，例如在测井工具进出井眼的过程中、在测井工具中装卸放射源的过程中以及在仪器仪表校准过程中。

4.26. 控制区和监督区的划分应以安全评定（见第 3 部分）和工作场所测量的剂量率为依据。在测井工作期间，操作区内的剂量率可能很高，通常应将操作区临时（即在工作期间）划分为控制区。所采取的特定办法将取决于国家或地方的法规和要求。关于在现场测井期间划分控制区的进一步建议见第 11 部分。

4.27. 测井工作的安排应做到操作区以外不需划分为控制区。根据操作区以外的剂量率，周围地区可能被划分为监督区。

## 工作场所监控计划

4.28. 辐射防护计划应说明营运组织为选择、校准、维护、试验和使用工作场所监控设备以测量测井活动期间的剂量率而作出的安排。辐射防护计划应特定规定在校准期间和进行现场工作时，在固定设施（例如源存储设施）周围进行剂量率测量的地点。辐射防护计划还应特定规定这种测量的频率。

4.29. 辐射防护计划应说明记录监控结果的安排以及记录应保留的时间长度。关于记录保存期限的详细建议见 GSG-7[19]。辐射防护计划应具体说明需要向工作人员提供的适当工作场所监控仪器仪表的数量和类型。

4.30. 辐射防护计划应包括 GSG-7[19]所建议的剂量率调查水平。这些调查水平应代表在执行以下特定活动和/或特定地点操作期间可接受的最大剂量率，如现场工作期间的控制区边界和操作人员位置。此类剂量率调查水平应符合监管要求和指导。

## 个人监控的安排

4.31. 辐射防护计划应酌情规定用于记录测井工作人员从中子和  $\gamma$  源接收剂量的个人剂量计。该计划还应规定何时佩戴剂量计、剂量计的佩戴位置、佩戴时长，以及在剂量计不使用时妥善存放剂量计、评定剂量计和保存剂

量记录的安排。辐射防护计划应特定规定，剂量测定服务提供商应得到相应的批准或认证。辐射防护计划还应为辐射防护主管定期评审剂量记录提供指导，以识别高于一般水平的剂量，并确定剂量是否达到合理可达尽量低的水平。

## 健康监视计划

4.32. 辐射防护计划应包括根据 GSR Part 3[9]要求 25 和管理要求对测井工作人员进行定期健康监视的程序细节。健康监视计划的目的是评定工作人员完成其预定的任务时初始和持续的健康状况。应就制定符合监管要求的健康监视计划征求有资质的专家和/或有相应资质的职业医生(见 GSG-7[19])意见。

4.33. 职业照射工作人员的体检应遵循职业医学的一般原则，并应由职业医师进行。健康监视计划所涵盖的每名工作人员，在开始进行辐射工作前，均须接受体检，其后，须按规定的时间间隔，按照法规规定进行体检。

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，还应查明哪些工作人员患有可能需要在工作期间采取特别预防措施的疾病。

4.35. 定期体检的重点应是确认在涉及职业健康危害，包括放射性危害的地区工作期间，没有出现可能损害工作人员健康的临床状况[19]。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）以及法规中可能规定的其他考虑因素。定期体检的频率应取决于工作人员的健康状况和工作类型，但通常为每年一次。

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进行保存。医疗记录至少应保留至相关工作人员有生之年。

4.37. 健康监视还可为受特定有害物质意外照射或职业病提供一个基准信息，并为工作人员提供关于他们所面临或可能面临任何辐射风险的咨询。

## 辐射防护计划执行情况的定期评审和监查

4.38. 作为营运组织管理系统的一个组成部分，辐射防护计划及其执行情况应每年进行评审。定期评审可以查明执行方面的问题并提出建议，以提高辐射防护计划的效力。

4.39. 定期评审过程的一个关键部分是一系列工作场所监查。营运组织应明确将进行这些监查的人员的确定和资质、监查的频率、监查小组的期望，以及报告结果及其后续行动的程序。

## 管理系统和流程改进

4.40. 测井工作及其相关活动应按照制定的管理系统进行。管理系统应包括质量保证计划，以确保定期检查和试验所有设备和安全系统，及时将任何故障或缺陷提请管理部门注意并迅速加以补救。

4.41. 管理应确保遵循正确的运行程序，并在管理系统中规定了应进行的相关检查和监查以及应保存的记录。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反馈）的机制，以及如何利用这些教训加强安全。

4.43. 管理系统本身应根据预先确定的绩效指标进行评审和必要的更新。

# 5. 培训和资质

## 概述

5.1. 营运组织负责确保使用辐射源测井工作安全进行，并符合所有相关规定和安全标准。因此，营运组织应确保此类工作只能由测井工程师和其他具合格和/或证书的工作人员进行，这些工作人员应在测井技术以及防护和安全方面受过培训并具有能力。

5.2. 测井人员的培训和资格认证计划因公司而异。如果培训计划只包括有限的辐射安全培训，营运组织应安排适当的额外的防护和安全培训以及

满足监管要求的培训。这种额外的培训可以由专门的培训组织而不是营运组织提供。防护和安全方面的培训课程可由一系列培训提供者提供，包括学院、大学、辐射防护机构和培训顾问[21]。

## 培训计划设计

5.3. 测井人员应根据其受过的训练和经验分为不同的能力等级。根据培训目的，可确定以下两个级别的人员：

- 第 1 级：在监督区工作的人员；
- 第 2 级：装卸辐射源的人员（包括参与运输、校准和装配含有源测井设备的人员）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计划，并应与工作人员的责任相对应。培训计划应规定通过笔试和实际操作的标准，以及如果申请人考试不及格应遵循的程序。培训计划的细节应纳入辐射防护计划。

## 培训课程的结构和内容

5.5. 每一个培训课程都应围绕特定目的和目标进行安排，并应根据目标对象的需要加以调整[21]。

5.6. 表 1 提供了第 2 级测井人员辐射安全基本培训的基本内容。

5.7. 培训应包括实际操作，包括取回卡住或脱落的含有放射源工具的程序。在这种培训中不应使用实际的放射源，可使用用于培训目的的模拟放射源的设备和相关的工作场所监控设备。另一种选择是使用空载（即空的）测井工具或无放射性的“假”源。

5.8. 第 13 部分提供了关于应急准备方面的培训和演习的建议。

5.9. 测井操作中使用放射源的安保问题应作为培训的一个组成部分。

**表 1. 第 2 级测井人员辐射安全基本培训总结**

---

基本概念和测量	电离辐射的基本概念 辐射量和单位 电离辐射探测仪器仪表 电离辐射生物效应
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
实用辐射防护	监管要求 控制区和监督区的划分 工作人员剂量调查水平和规定地点的剂量率调查水平 危害评定与控制 放射源的输出 时间、距离和屏蔽的效果 工作场所监控 个人监控和健康监视 剂量限值并将其维持在合理可达尽量低水平的工作实践 放射源的存储 测井设备的正确操作与维护 辐射防护计划 本地规则 放射源运输辐射防护 设施退役和放射源处置 放射源衰变后的报废考虑 事故和涉及测井源的其他事件，其后果和经验教训 放射性物质的安保 应急准备和响应

---

## 复训

5.10. 营运组织应为测井人员安排一个复训计划，以确保他们的知识和技能不断更新。这种培训应包括基本知识防护和安全的回顾，还应包含安全标准、设备、政策和程序的变化以及监管要求任何变化的信息。

5.11. 复训的频率应与监管要求一致。与防护和安全相关的复训可与其他关于测井技术的复训结合起来。复训的典型频率是每 3—5 年；然而，规章的变化或安全问题的发生应在切实可行的情况下尽快作为书面指示传播，然后通过列入下一次预定的复训进行跟进。

## 培训评定和认证

5.12. 对第 2 级测井人员进行测井辐射源装卸的笔试和实操。第 1 级人员只需有测井公司的内部能力认证即可。

# 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安排根据个人监控对工作人员的职业照射进行评定，并确保安排由经授权或批准的剂量测定服务提供商在质量管理体系下运作。”

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且可能受到较大剂量职业照射的任何工作人员，应在适当、充分和可行的情况下进行个人监控。如果个人监控的结果不合适、不充分或者不可行，应根据工作场所监控的结果，结合工作人员照射地点和照射时间的信息，对职业照射进行评定。”

6.3. 工作场所监控的结果可用于间接评定工作人员所受的辐射剂量，这往往适用于那些没有直接参与有辐射源测井工作的工作人员。至于涉及装配、校正和使用带辐射源测井工具的工作，工作人员通常宜佩戴个人剂量计，以直接评定他们因职业照射而受到的个人剂量。



## 职业辐射防护剂量限值

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

6.5. GSR Part 3[9]第 3.27 段指出：

“政府或监管机构应确定注册人和许可证持有人被要求遵守的额外限值（如有），以确保不因不同授权实践可能导致的照射剂量组合而超过 GSR Part 3 附表 III 规定的剂量限值。”

6.6. 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限制因其被授权的实践而引起的个人照射，以确保有效剂量或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。”

6.7. GSR Part 3[9]第 III.1 段指出：

“对于 18 岁以上工作人员的职业照射，剂量限值为：

- (a) 连续 5 年的年平均有效剂量为 20 毫希沃特<sup>66</sup>（5 年为 100 毫希沃特），任何一年为 50 毫希沃特；
- (b) 眼晶体的年等效剂量为连续 5 年平均每年 20 毫希沃特（5 年为 100 毫希沃特），任何一年为 50 毫希沃特；
- (c) 四肢（手和足）或皮肤的年等效剂量<sup>67</sup>一年 500 毫希沃特。”

对已知怀孕或正在哺乳女工的职业照射适用其他限制”（见 GSG-7[19] 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，不可作追溯性平均。”

“<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。对皮肤的剂量也是有效剂量的组成部分，由对整个皮肤的平均剂量乘以皮肤的组织加权因子得出。”

6.8. 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，以及对于在学习过程中需使用放射源的 16—18 岁学生的照射，剂量限值为：

- (a) 年有效剂量为 6 毫希沃特；
- (b) 眼晶体的年等效剂量为 20 毫希沃特；
- (c) 四肢（手和足）或皮肤<sup>67</sup>的年等效剂量为 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组成部分，由对整个皮肤的平均剂量乘以皮肤的组织加权因子得出。”

6.9. 短期合同工与长期雇用工作人员剂量限值相同。

## 使用非能动式剂量计进行个人剂量评定

6.10. 营运组织应确保对使用辐射源工作的测井人员的辐射剂量进行例行评定，以确保剂量保持在合理可达尽量低的水平，并低于剂量限值。对剂量评定还可以反应好的或坏的工作实践、有缺陷的设备、或屏蔽或其他安全系统的退化。

6.11. 营运组织应与剂量测定服务机构作出安排，提供适当的剂量计，并按姓名分配给工作人员，以便进行正式的剂量记录保存。所有测井人员和任何其他被要求定期进入控制区（以及国家监管要求的监督区）的工作人员都应佩戴剂量计。

6.12. 有各种类型的非能动式剂量计可用于测量来自  $\gamma$  测井源的个人剂量。其中包括热释光剂量计、光激发光剂量计和胶片剂量计。其中一些剂量计还提供中子剂量测量能力。或者，可以佩戴单独的中子剂量计（例如，径迹蚀刻探测器）。所有这些类型的剂量计都包括一个或多个无源元件来记录辐射照射。剂量计由提供专门剂量测量服务的认可机构提供并返还，该机构随后对剂量计进行处理以评定剂量。

6.13. 测井人员使用的剂量计类型的选择应由辐射防护主管评定，可能时应与一名合格的辐射剂量测定专家一起评定。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、成本和可靠性等因素以及监管要求的影响。

6.14. 为确保剂量计能准确评定工作人员的有效剂量，应遵循以下指导：

- (a) 测井工作人员在进行有辐射源的工作时，应始终佩戴剂量计。
- (b) 应根据剂量测量服务提供商的建议佩戴剂量计。
- (c) 测量元件应正确定位在剂量计支架中。
- (d) 剂量计只应由被发给剂量计的人佩戴。
- (e) 应注意避免损坏剂量计的测量元件（剂量计可因水、高温、高压或物理冲击而损坏）。
- (f) 工作人员不佩戴剂量计时，剂量计不应暴露于辐射中（即剂量计不使用时应远离放射源）。
- (g) 在磨损期结束时，剂量计应立即送回剂量测量服务部门进行处理。因怀疑异常照射而提前归还的剂量计应紧急处理。
- (h) 如果营运组织怀疑剂量计在被指派的工作人员未佩戴时被损坏或受到辐射，则应通知剂量测量服务部门，以便确定给工作人员分配的正确剂量。
- (i) 进行涉及放射性中子源或中子发生器操作的人员应佩戴具有适当中子能量响应的中子剂量计。

## 能动式个人剂量计

6.15. 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。这些设备大多还提供累积个人剂量当量的数字显示。警告信号通常是声响警报，但也可以辅以振动或视觉信号（在环境噪声水平较高或佩戴了听力保护设备时，这种类型信号很有用）。

6.16. 能动式个人剂量计是警告高剂量率或防止过度照射的有效工具。它们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。营运组织应为定期承担带辐射源测井工作的测井人员配备能动式个人剂量计。

6.17. 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取代非能动式剂量计，除非已为此目的特别批准（例如经监管机构批准）。在大多数情况下，能动式个人剂量计作为测井人员佩戴非能动式剂量计的补充。
- (b) 能动式个人剂量计不应用作工作场所监控仪器仪表（如剂量率计）的替代品。
- (c) 能动式个人剂量计应根据国家建议和制造商的指导定期进行试验。
- (d) 能动式个人剂量计应根据工作场所可能遇到的辐射场进行校准。
- (e) 能动式个人剂量计的警报设置应反映适当的剂量和/或剂量率水平，且警报水平应在设备操作期间可见。
- (f) 不允许更改能动式个人剂量计，具有适当角色和职责的人员除外。

## 记录保存

6.18. 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一个需要进行职业照射评定的工作人员保存职业照射记录”。

6.19. 营运组织应保存测井人员和任何其他定期进入控制区（以及国家监管要求的监督区）的人员所受剂量的记录。这些记录应包含工作人员佩戴的剂量计所记录的剂量的详细情况。如有可能，记录应清楚地识别由于事故或在执行应急程序时接收的任何剂量，以区别于常规工作期间接收的剂量。

6.20. 记录应反映由剂量测量服务机构发放的工作人员主要个人剂量计记录的剂量，而不是由能动式个人剂量计等附加设备测量的剂量。

6.21. GSR Part 3[9]第 3.106 段指出：

“雇主、注册人及许可证持有人：

- (a) 应向工作人员提供查阅其自身职业照射记录的机会；
- (b) 应向工作人员健康监视计划的监督员、监管机构和相关雇主提供查阅工作人员职业照射记录的机会；

- (c) 在工作人员转业时，应为向新雇主提供工作人员照射记录的副本提供便利；
- (d) 应安排雇主、注册人或许可证持有人视情况保留前工作人员的照射记录；
- (e) 在遵守上述 (a) — (d) 的规定时，应适当注意保持记录的机密性。”

6.22. 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和之后保存，至少保存到原工作人员年满 75 岁或本应年满 75 岁为止，并保存至工作人员遭受职业照射的工作停止后不少于 30 年。”

6.23. 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，它们应安排由监管机构或国家注册处，或由相关雇主、注册人或许可证持有人视情况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

6.24. 如果测井工作人员、其他工作人员或公众受到的剂量超过监管机构或营运组织规定的任何剂量限值或调查水平，营运组织必须进行调查（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的任何故障。调查报告应确定对设施、设备或程序的任何改进，以防护和安全最优化、减少发生类似事件的可能性及缓解后果。

6.25. 关于通知和报告事件的建议见第 13 部分。

## 剂量测量设备的试验和校准

6.26. 剂量计应为经批准的类型，并应定期进行质量保证试验。个人剂量测定系统应定期校准（通常每年或两年校准一次），并对系统的性能进行更频繁的检查。国家法规可能要求不同的校准频率。关于剂量计和剂量测定设备试验和校准的建议见 GSG-7[19]。

## 7. 工作场所监控

### 监控计划

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，制定、维持和评审工作场所监控计划。”

7.2. 工作场所监控计划的设计应旨在评定利用辐射源进行测井工作时的防护和安全安排是否充分。该计划应包括在下列位置测量剂量率：

- (a) 在测井公司主要基地的源存储设施周围，并酌情在测井现场确保提供了适当水平的屏蔽；
- (b) 在测井操作期间，在边界周围，确认剂量率保持在国家法规或导则或营运组织规定的任何数值以下；
- (c) 在装卸测井工具或终止中子发生器操作期间，在操作人员的位置，以确认放射性水平是可接受的；
- (d) 在测井工作完成后的现场，以确认现场没有遗留放射源；
- (e) 在运送放射源进出现场之前，在运输货包周围进行检查，以确认放射源的存在，并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》(2018 年版) [22] (见第 12 部分)；
- (f) 在出发前往和离开现场前的运输放射源的车辆周围，包括在驾驶座。

7.3. 可能有必要按照监管机构规定的时间间隔定期检查测井工具或放射源可接触表面的放射性污染。测井操作区域内、运输货包表面或测井工作人员身上的放射性污染监控通常没有必要。

7.4. 营运组织应考虑监控测井工具是否有天然放射性物质造成的放射性污染的必要性。如果监控到天然放射性物质造成的污染，营运组织应确保对工具进行去污，并对由此产生的废物进行处置。关于天然放射性物质的辐射安全和废物管理方面的实用导则见参考文献[23]。如果知道在进行测井操作的区域存在天然放射性物质，营运组织应与客户密切合作，商定适当的安排，以防止放射性污染的扩散，并处理产生的任何废物。

7.5. 工作场所监控计划应说明要监控的地点、监控的频率和要保存的记录。这些资料应列入本地规则，并应在辐射防护计划中加以说明。应规定

每个测量点的剂量率调查水平（见第 4.30 段），并应规定如果超过这些值应采取的行动。要求将工作场所监控计划的记录提供给适当的人员，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）。

## 工作场所监控仪器仪表的选择、维护和校准

7.6. 营运组织应确保提供足够数量的合适的剂量率监控器。虽然有许多类型的用于测量  $\gamma$  放射性水平的监控器，有些可能不适于精确测量低能光子（例如来自镅-241），这可能导致低估剂量率。应根据工作场所可能遇到的辐射场对监控器进行校准。为了测量中子辐射，必须有专门的监控仪器仪表。应从制造商和合格专家那里获得关于监控器适用性的信息和指导。

7.7. 营运组织应安排工作场所监控仪器仪表定期由专业试验实验室进行正规试验或校准。在这些试验或校准中，应评定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非常高剂量率下的表现。试验或校准的频率和方法以及相关的记录保存应符合监管要求，否则应按照适当国际标准的建议进行。营运组织还应遵循工作场所监控仪器仪表制造商的建议。

7.8. 营运组织应制定工作场所监控仪器仪表例行操作检查的程序。这些检查可能包括仪器仪表是否损坏的实物检查、电池检查以及必要时调零刻度。还应检查监控器对辐射的响应。例如，使用低活度试验源，或将仪器仪表靠近装有放射源的运输货包表面。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。

7.9. 应考虑到使用工作场所监控工具的条件。有些仪器仪表不适合在非常潮湿或非常热的地方使用，有些仪器仪表在测井现场使用时不够精确。在一些进行测井工作的现场，可能需要使用特殊类型的工作场所监控仪器仪表。例如，在许多石油和天然气设施中，只允许使用旨在尽量减少可燃烟雾或蒸汽意外点燃可能性的监控仪器仪表（“本质安全监控仪器仪表”）。

7.10. 一些工作场所的监控仪器仪表受到射频传输的影响。如果要在产生高水平的射频辐射设备的附近进行测井工作，则应考虑使用采用了射频干扰屏蔽的特殊设计的仪器仪表。

7.11. 此外，亦应考虑工作场所的噪音水平。工作场所监控仪器仪表发出的声响警报信号应足够响亮，并应酌情辅以振动或视觉信号。

## 8. 放射源控制

8.1. 《放射源安全和安保行为准则》[15]适用于可能对个人、社会和环境构成重大危害的所有放射源，并作为各国关于 1、2 和 3 类放射源安全和安保的导则。

8.2. 测井中使用的放射源一般被认为是 3 类，如 RS-G-1.9[3]所定义。然而，如附件 I 所示，测井源根据其活动情况也可划归 2 类或 4 类。

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）。从其首次获得的时间起，直到它们最终返回其原供应商或在其寿命结束时以其他方式得到安全装卸。

8.4. 营运组织应确保其仅从授权供应商处获得放射源，并确保废弃的放射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》[15]和《进出口管制补充指南》[24]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当保持一份清单，其中包括下列记录：

- (a) 其负责的每个辐射发生器或放射源的位置和说明；
- (b) 其负责的每一放射源的活度和类型。”

8.6. 除维持第 8.5 段指出的记录之外，营运组织还应定期对其来源进行评审，以确认这些源在其指定的地点并且是安全的。

8.7. 放射源只能由营运组织授权训练有素的工作人员从一个放射源仓库移走或移到另一个地点。工作人员应该记录他们的姓名、日期和时间，以及源的新位置。辐射防护主管应至少每月监查这些记录一次，以确保所有放射源都在正确的位置。中子发生器的测井工具应包括在这类衡算程序中。



8.8. 放射源的每个容器都应有一个锁（或外部锁住的容器或外壳），旨在防止未经授权或意外地移走放射源。存储设施在装有放射源时必须保持上锁，但在操作人员直接监视下除外（见 GSR Part 3[9]第 3.59 段）。

8.9. 没有进一步确定用途的测井源应被视为废弃源，并应作出安排，按照管理要求将此类源转移到经授权的设施进行处置。在进行此种转让之前，应将废弃的源列入设施的源清单，并按第 8.6 段的规定进行衡算检查。

8.10. 任何怀疑对放射源或中子发生器失去控制的情况都应由营运组织迅速调查。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威慑、探测、延迟和应对未经授权接触放射源的行为。用于测井的放射源曾发生过附件 VI 的事件，应当假定如果这些放射源被用于恶意目的，可能会产生重大辐射影响。

9.2. 以下各段旨在提高人们对需要处理安保问题的认识，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[25]就如何发展或加强、执行和维持放射性物质、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[26]包含更特定指导方针，以协助各国制定放射源安保的规章要求。原子能机构《核安保丛书》第 9-G (Rev.1) 号[27]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类的生命和健康、社会和环境。安全措施和安保措施应统筹设计和应用，并尽可能相辅相成，做到安保措施不损害安全，安全措施不损害安保。

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接口。或者，可以在国家监管基础结构下指定一个单一的监管机构负责放射源的安全和安保。

9.5. 在使用放射源进行测井时，在获取信息方面，安全措施和安保措施之间可能有一个接口。为安全起见，关于放射源的位置和特征以及现有安全措施的资料可能需要易于获取。然而，这些信息对于对手也可能具有潜在价值，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[28]提供了核安保敏感信息的保护和保密导则。需要在出于安全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. 测井源的意外丢失可能产生安保和安全影响，需通过第 8 部分所述的控制措施加以解决。主要的安保问题是放射源可能遭到盗窃和破坏。有效的安保措施可解决这些问题，并通过有助于防止意外失控而提供一些固有的好处。

9.7. 安全措施的目的是防止放射源丢失或出于一般辐射防护考虑，同时也可为防止放射源被盗提供一些好处。然而，偷窃涉及的故意要素意味着需要额外的考虑因素，特别是对于活度较高的源，可能需要额外的安保措施来防止偷窃。

9.8. 原子能机构的《核安保丛书》提供了指导，说明如何根据威胁、放射源的性质和用于恶意行为的材料的相对吸引力等考虑因素，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[26]建议使用 RS-G-1.9[3]规定的分级系统，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。测井源通常被指定为 C 级安保级别，不被指定为高于 B 级的安保级别。B 级和 C 级安保级别的每项安保功能（威慑、探测、延迟、响应、安保管理）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[26]。

9.9. 由于测井设备体积小、便于携带、且通常在远离安保设施的地方使用，因此可能需要额外的安保措施或程序，以确保在使用、运输和不使用（即存储）时得到充分的保护和控制。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[26]给出了说明性安保措施，包括适用于当固定装置的措施不可行时采用可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. 关于测井中使用的各种放射源和中子发生器的资料见附件 I。
- 10.2. 商业上有一系列放射源，中子发生器和辅助设备用于测井工作。用于测井的放射源和其他设备应从具有确立了如 ISO 9001[29]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》[30]所述的系统或等效国家标准的质量管理系统的授权制造商处获得，以确保拥有一致的设计安全特点得到一致复制。
- 10.3. 用于测井的设备通常由几个子部件组成，这些子部件组成一个测井工具。这些各种部件的设计和操作是相互关联的。不应因使用不符合原始设计规范的元件而影响安全性。
- 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适当语言提供（GSR Part 3[9]第 3.49 (c) 段）。
- 10.5. 营运组织应确保在未事先定价改造设备对防护和安全的影响的情况下，不得改造用于测井目的的设备。安全评定应由合格专家或供应商评审，并应核实设备符合监管机构的要求。还应确定是否需要监管机构的额外授权或批准。

### 测井用密封放射源

- 10.6. 测井设备利用  $\gamma$  辐射或中子辐射的密封放射源（见附件 I）。密封放射源使用专用的发射源处理工具安装到测井工具中。放射源（或在某些情况下，预装测井工具）在不使用时被安置在屏蔽容器中。含有放射源的仪器仪表部分连接到主要测井工具管柱上（如有需要，可使用适当的搬运工具），以便转移到井眼或井（或校准设施）。
- 10.7. 用于测井目的的密封放射源（ $\gamma$  和中子）应与工具和使用它们的任何辅助设备（如搬运工具）兼容。这类放射源还应符合国际或等效的国家标准，例如：

- (a) 源应符合 ISO 2919[31]规定的相关要求。
- (b) 应证明放射源符合 SSR-6 (Rev.1) [22]规定的特殊形状放射性物质的要求。
- (c) 应按照 ISO 9978[32]或等价的国家标准对源进行泄漏试验，并应有可追溯到每一个源的有效泄漏试验证书。
- (d) 源应按照 ISO 2919[31]或等价的国家标准加以标记，或至少标记辐射符号（三叶形）[20]和“放射性”一词。

10.8. 有些制造商给出了密封放射源的推荐工作寿命。建议的工作寿命是根据若干因素确定的，包括源的半衰期、源封装的构造和使用源的环境。建议的工作寿命是指在这段时间内期望放射源能够保持其完整性。

10.9. 制造商通常建议在放射源达到推荐使用寿命时进行更换。如果源按照 ISO 9978[32]规定进行更频繁的擦拭试验或更详细的泄漏试验，则监管机构可酌情批准将源的使用延长到其建议的工作寿命之后。或者，可以由一个有适当资质的机构或专家对源的状况进行实物评定，就其继续使用提出建议。

10.10. 对于要运输的测井源，应至少每 5 年或按国家规定要求修订和更新专用表格证书。特殊形状放射性物质的鉴定记录应可供监管视察时核实[13、33]。更新的特殊表格证书通常由源制造商签发。但是，营运组织（作为托运人）有责任根据 SSR-6 (Rev.1) [22]要求，确保所有要运输的测井源都有有效的专用表格证书。

## 含有密封放射源测井设备的标记和标签

10.11. 每个带放射源测井工具部件都应永久和清楚地标明以下细节：

- (a) 国际电离辐射符号（三叶形）[20]；
- (b) “放射性”一词，字母高度不少于 10 毫米，并使用国家或地区的语言作简短警告；
- (c) 设备所使用的放射性核素（例如铯-137 或镅-241）的化学符号和质量数；
- (d) 为设备适用的每种放射性核素列出放射源的活度及源的校准日期；

- (e) 设备的牌号、型号、编号；
- (f) 设备的制造日期。

10.12. 装带辐射源测井工具的屏蔽容器应具备耐久的防火标签，上面载有关于其目前所装放射源信息的标签，标签应包括以下内容：

- (a) 放射性核素的化学符号和质量数；
- (b) 在规定日期进行的活动；
- (c) 密封源的识别号；
- (d) 放射源制造商的名称。

## 测井用中子发生器

10.13. 用于测井应用的中子发生器是一个产生 14 兆电子伏中子的氘核紧凑型直线加速器，其部件包括加速器管（中子管），含有氘或氚的靶、高压电源和测量模块。关于中子发生器辐射安全方面的资料见附件 III。

10.14. 中子发生器外部的剂量率应在监管机构规定的限值内。

10.15.  $\gamma$  辐射在中子产生期间（来自高能中子的非弹性碰撞）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。

10.16. 如果中子发生器关闭后，来自该发生器的剂量率是可接受的（由营运组织在安全评定中确定，见第 3 部分），可允许授权人员处理该发生器。否则，需要一段时间以允许中子发生器中产生活化产物的衰变。

10.17. 在某些情况下，放射性污染会在中子发生器外表面积聚。在这种情况下，工作人员在操作中子发生器时应穿戴适当的个人防护装备。在接收、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）进行放射性污染检查。

## 放射源换源器和运输容器

10.18. 新旧测井源的安全交换应采用源更换器。通常，这些是放射源供应商用来向使用者发放新放射源、交换和将旧放射源退还给供应商时所使用

的运输容器。存储容器应允许在不使用时安全存储密封源，并应防止未经授权的接近。

10.19. 源更换器或存储容器应在剂量率和标签方面符合所有适用的国家标准。这种容器应包括一个锁，或应有一个带锁的外部容器，其设计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应保持上锁状态（且保持取下钥匙的状态），除非它们是在授权工作人员的直接监视下。通常源更换器被用作运输容器，因此，托运人应确保源更换器的运输符合 SSR-6 (Rev.1) [22]要求）。

## 中子发生器在校准操作中的安全

10.20. 低原子序数的屏蔽材料通常是在校准操作期间降低中子发生器周围剂量率的最经济有效和最实用的方法。关于中子辐射屏蔽计算的资料见附件 IV。屏蔽的几何构型应设计成能够限制进行校准工作人员照射的样式，并适当考虑到散射中子的辐射。

10.21. 中子通量可以通过集成在发生器中的中子探测器来测量。中子的脉冲发射会显著影响这种探测器的读数，因此，应对读数进行必要的修正。

10.22. 如果在校准辐射发生器时使用放射源，则应按照为密封源制定的规章使用放射源，并对低活度校准源采用安全分级方法。

## 停止使用和移出放射源

10.23. 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，立即作出安全管理和控制的安排，包括提供适当的资金。

10.24. 当测井设施或放射源不再使用，而且在可预见的将来也没有计划再次使用时，应正式使该设施退役并对放射源进行处理。所有废弃放射源的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)  $\gamma$  和中子放射源（包括校准源，视情况而定）和中子发生器，经监管机构批准后，应转让给另一授权组织。如有可能，营运组织应将放射

源或发生器归还供应商。或者，营运组织可以根据监管机构的授权采取另一种行动。营运组织应对接收、存储、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）进行全面记录。应按照监管机构的规定保存相关记录。

- (b) 营运组织应将废弃的中子发生器归还供应商。否则，应使中子发生器无法使用，并经监管机构批准，将其转移到一个授权的组织进行安全处置（即氡源的处置）。
- (c) 如果要从设施中移出所有放射源，则应从设施中移出所有放射性标志（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场所监控调查（见第 7 部分），以提供进一步的确认，证明放射源已从现场移出。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。最后的退役计划必须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》[34]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》[35]。在制造商或原供应商不再营业的情况下，应按照监管机构规定的要求安排旧测井源的退役和处置。SSG-19[14]提供了关于管理无看管源的进一步建议；
- (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) 放射性废物应按照原子能机构《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的放射性废物的处置前管理》[36]建议进行管理，或按照一个同等的国家标准并符合监管要求。
- (f) 测井工具中使用的密封源的一种处理方法是钻孔处置。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》[37]。关于废弃密封源的钻孔处置的技术手册见参考文献[38]。

## 11. 现场操作

### 概述

11.1. 进行现场测井工作的营运组织应确保在进行涉及测井源的操作时，有一名或多名经过适当培训的工作人员在场。如果这些工作人员都不是辐射防护主管（见第 2.39—2.42 段），他们应能在任何时候获得辐射防护主管的支持，该主管能在接到通知后立即前往操作现场，例如监督放射源的回收。

### 操作准备

11.2. 由于测井工作一般是在客户所在地而不是在营运组织所在地进行的，因此在准备和计划时应征求客户的意见。这应包括商定进行测井工作的地点和时间。双方应就测井工作中的区域分类和告示，警告信号和警报的使用进行讨论，以避免现场可能出现的混乱，同时保持与监管要求一致。在营运组织和客户之间准备一份书面协议，明确规定计划和准备的结果，以及各方的相关角色和责任，这通常是一种有用的方法。

11.3. 在计划操作的地点，应使测井人员了解现场的任何危害。应遵守客户实施的任何工作许可证制度或其他现场安全程序。应向客户提供营运组织的本地规则和应急计划及程序的副本。

11.4. 营运组织和客户应就计划的工作时间和测井工作的持续时间达成一致。委托人应给予测井人员足够的时间安全地进行测井工作。

11.5. 营运组织应将计划在现场使用的辐射源及其相关风险通知客户。应确保准备在场址过夜存储的任何放射源都有适当的存储设施（这可能需要得到监管机构的单独授权）。

### 指定工作场所上的控制区

11.6. 现场测井工作应在划分为控制区的区域内进行。在测井工作完成，控制区解除之前，不允许在本区进行其他工作。



11.7. 应设定控制区的边界，以确保控制区以外的人所受到的辐射照射低于任何相关的剂量限值。监管机构可在现场测井工作期间规定控制区边界处的最大许可剂量率。这一最大剂量率的典型值在 2.5—20 微希沃特/小时之间。在边界处达到小于 1 微希沃特/小时的剂量率通常是可行的。

11.8. 为了限制控制区的范围，应在可行的情况下使用额外的屏蔽。

11.9. 在控制区边界外，在放射源装载和卸载过程中的瞬态剂量率将远远高于实际测井过程中源在井中时的剂量率。在这些操作过程中，应格外小心，以确保有效地装载和装卸放射源，并确保站在控制区边界的人员不会有重大照射风险。

11.10. 应当划定控制区的边界。在合理可行的情况下，这应通过实物手段进行。这应包括使用现有结构（如墙壁），使用临时屏障或用胶带将该区域围起来。应注意确保防止未经授权进入控制区。

### **警告通知**

11.11. 应在控制区边界的适当位置显示告示。告示应标明放射性标志[20]以及现场工作人员理解的语言标明警告和适当说明。在某些情况下，可以在现场入口处张贴额外的通知，通知进入现场的人员即将进行测井工作。

### **监督和监控控制区边界**

11.12. 测井操作开始前，控制区域内除正在操作的测井人员外，其他人员应全部撤离。测井人员进行测井工作前，应确认控制区内没有未经授权的人员，并禁止人员进入该区域。

11.13. 控制区的边界应清晰可见，并在测井工作期间一直受到监督，以确保没有未经授权的人进入该区域。边界面积较大或单人无法有效监管的，应由多人监管。

11.14. 在放射源试验期间（或在放射源首次使用期间，视情况而定），应在控制区边界周围测量剂量率，以确认屏障位置正确。如有必要，应调整控制区的边界和标界。

## 中子发生器在现场的使用

11.15. 在现场使用中子发生器的注意事项包括：

- (a) 海上测井可能涉及两个或多个中子发生器。在这种情况下，应该实施额外的预防措施（包括进口控制的双重身份验证）。
- (b) 应按照 SSR-6（Rev.1）[22]规定运输含有氚的中子发生器。
- (c) 处理测井工具时应遵守安全操作程序（见第 11.16 段）。

11.16. 中子发生器应保持关闭直到测井工具下井：在典型的工业实践中，发生器保持开关状态直到测井工具下到 20—50 米深。应执行安全系统和操作程序，防止电池驱动的中子发生器过早开启。从井中升起中子发生器时，应关闭发生器，并在一段制造商规定的时间内将其留在井下 20—50 米深的地方，以允许短寿命活化产物衰变。

## 剂量率监控

11.17. 对测井操作，每种类型的测井源在现场至少应有一台合适的工作场所监控仪器仪表可用。在开始测井工作之前，每个仪器仪表都应接受第 7.8 段指出的操作检查。

11.18. 应测量用于运输放射性物质的任何货包周围的剂量率，以确认放射源的存在，并检查是否符合 SSR-6（Rev.1）[22]。

11.19. 在测井工作中，监控的一个主要目标是确定测井源是否被正确屏蔽，或者在每次操作后，辐射发生器的辐射发射是否已经停止。在接近测井工具时，应始终打开工作场所监控仪器仪表，以检查仪器仪表中是否存在源和/或确认安全放射性水平。

## 对工作人员的个别监控

11.20. 测井人员在有辐射源的现场操作时，应始终佩戴无源个人剂量计和有源个人剂量计（见第 6 部分）。工作人员应定期检查能动式个人剂量计，以评审工作期间接受的剂量。

## 测井工具

11.21. 只有专门为测井制造的设备才能用于测井操作。工作人员应熟悉设备，并接受培训以了解其操作方式，正确使用和潜在的问题。工作人员还应了解源组件，其外观和操作方式，以及与不当处理相关的风险。

11.22. 只要可行，应使用活度较低的放射源，条件是活度足以达到可接受的测井结果。使用较低活度源可以有以下几个好处：

- (a) 设置较小且较容易管理的控制区；
- (b) 屏蔽处和操作者所处位置处的剂量率较低；
- (c) 在发生事故时，例如，如果测井工具卡住，放射性危害较低。

11.23. 测井工作应在工具和所有必要的设备可用且工作状态良好的情况下进行。这些物项应包括以下内容：

- (a) 工作场所监控仪器仪表（包括备用电池）和个人剂量计；
- (b) 放射源装卸工具和局部屏蔽（如有需要）；
- (c) 酌情为划定控制区而设置的临时障碍物、胶带、警告通知和警告信号；
- (d) 应急设备，包括远距离源装卸工具和一个备用屏蔽容器以供应急使用。

11.24. 放射源容器的特性（即物理特性、标签、屏蔽、操作容器和放射源的特点以及安全装卸测井工具的特点）应符合监管要求。

## 安全检查

11.25. 测井设备使用前应进行以下检查，并在操作程序中进行说明：

- (a) 测量剂量率以确认放射源被屏蔽。
- (b) 检查包含放射源详细信息的警告标签和牌匾或标签是否易读。
- (c) 检查放射源处理工具的功能。为了避免在这些检查过程中人员受到照射，可以使用假源（假源的直径应与工具相匹配）。
- (d) 检查测井仪的所有固定和保持功能是否正常。
- (e) 检查源运输容器是否处于良好的状态，并固定所有屏蔽塞以减少源丢失的可能性。

11.26. 如果发现任何故障，在提供更换或进行修理之前，不应使用该设备。

## 放射源在现场的临时存储

11.27. 如果需要在现场过夜或在操作之间存储放射源，则应将放射源保存在适当存储设施的防篡改密封容器中。应在计划阶段确定对此类存储的需要，并应给客户安排提供符合监管要求的适当存储设施。

11.28. 现场存储设施应包括一个可上锁的房间，或一个可控制出入的专用存储库或存储坑。现场存储设施应提供与营运组织主要基地存储设施同等水平的防护和安全保障。存储设施应保护测井设备不受当前环境条件的影响，并提供足够的安全水平。存储设施应具有耐气候性和耐火性。存储设施应位于远离任何腐蚀性和爆炸性材料的地方。

11.29. 存储设施应由提供足够屏蔽的材料建造，以将存储设施外的剂量率降低到监管机构规定的水平。存储设施内部应酌情指定为控制区或监督区。

11.30. 存储设施的门应保持上锁，钥匙应仅由授权人员持有。钥匙应采用不易复制的特定设计。应在门上显示包含放射性标志[20]和紧急联系电话的警告通知。在通往存储设施的门上有带有不同钥匙的两个独立锁是一种良好实践，这两把钥匙由不同的人保管。

## 完成工作并将放射源移出现场

11.31. 测井工作完成后，工作人员应使用工作场所监控仪器仪表确认每个源已被放入屏蔽容器中，并且没有源已脱离。这种检查的结果应该被记录下来。

11.32. 离开现场前，工作人员应进行目视检查以确保设备没有损坏。装带辐射源测井工具应通过锁定和固定在适当的容器和运输货包内做好运输准备。运输货包应牢固地存放在车辆中，以避免在运输过程中损坏。

# 12. 放射源的运输

12.1. 测井中使用的放射源需要运输：

- (a) 从放射源供应商到营运组织设施；
- (b) 从营运组织设施到操作现场；
- (c) 当由于其他原因被废弃或在涉及源事故之后导致放射源使用寿命结束时，从营运组织的设施转移到供应商或其他适当授权的设施。

测井中使用的放射源也需要在营运组织的设施内移动，例如从存储室移动到校准室。

12.2. 测井所用放射源（包括含氚中子发生器）的运输应符合国家规定和SSR-6（Rev.1）[22]要求。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》[39]和国际海事组织《国际海运危险货物守则》[40]。区域协定，例如《欧洲国际公路运输危险货物协定》[41]，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达成协定》[42]和欧洲联盟《国际内陆水道运输危险货物协定》[43]也可适用。

## 工作场所内的移动

12.3. 当辐射源要在测井工作场所内移动时，应将其保存在存储设施中，直到准备好将它们移动到新的场所。

12.4. 放射源只能装在有适当屏蔽的容器中进行移动，这些容器应上锁，钥匙只能由经授权的人员取下和持有。这些容器在工作场所移动期间应受到监视。

## 运输到另一个现场

12.5. 当测井源要运到另一个现场时，应将其保存在存储设施中，直到准备好移到新现场为止。放射源只能用屏蔽容器运输，这些容器应上锁，钥匙应取下。

12.6. SSR-6（Rev.1）[22]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（接收托运货物的个人或组织）。

在许多情况下，对于现场测井工作，营运组织履行了所有这三种职能。因此，营运组织必须确保测井所用放射源的运输符合 SSR-6 (Rev.1) [22]或等效国家法规的要求，包括运输货包的设计和标签要求、车辆要求和运输过程中的控制要求。

12.7. 放射性物质的运输是一项复杂的活动，关于 SSR-6 (Rev.1) [22]要求的全面概述在不在本“安全导则”的范围。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>咨询材料》（2018年版）[44]。

12.8. 原子能机构《核安保丛书》第 9-G (Rev.1) 号[27]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《核或辐射应急准备和响应》[45]规定了对核或辐射紧急情况进行充分准备和响应的要求。紧急情况是：

“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的生命、健康、财产或环境的危害或不利后果。

- ① 这包括核应急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；
- ② 这包括需要迅速采取行动的情况，缓解已察觉到的危害的影响” [45]。

13.2. 核应急或辐射紧急情况是：

“由于下列原因造成或被认为造成危害的紧急情况：

- (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” [45]。

13.3. 测井中涉及辐射源事件主要是由于操作人员失误或设备故障造成的，附件 VI 提供了一些示例。涉及测井源事件包括：

- 测井设备的机械损坏；
- 屏蔽丧失导致剂量率高于预期；
- 放射源丢失（或遗忘）；
- 源掉落或分离；
- 源卡在测井或井孔中；
- 因机械冲击、腐蚀或火灾导致放射源泄漏；
- 自然灾害（如飓风）；
- 盗窃源等恶意行为。

13.4. 在许多情况下，如果采取以下预防措施，可以防止涉及测井源事件发生或缓解其后果：

- (a) 测井设备应符合现行法规标准。
- (b) 工作人员：
  - 应该经过适当的培训和授权，且能具备相应能力；
  - 应遵循本地规则等相关程序；
  - 应使用经校准的工作场所监控仪器仪表，并在每次使用源之前、期间和之后佩戴合适的个人剂量计；
  - 应在使用测井设备之前对其进行定期和适当的视察；
  - 应正确使用应急设备；
  - 应在离开现场前对工作区域进行最后的检查。

## 制定应急计划和程序

13.5. 虽然预防事件和事故是第一优先事项，但仍可能发生需要采取保护行动或其他应对行动的事件。营运组织必须有一个事先准备好的应急计划和程序，以便达到应急响应的目标和使应急响应有效（见 GSR Part 7[45]要求 23）。当测井工作要在客户所在地进行时，应与客户讨论应急计划和程序。

13.6. 需要评定与测井中使用的辐射源相关的危害和紧急情况的潜在后果，以便为制定符合 GSR Part 7[45]要求 4 的应急准备和响应提供基础。可

能影响工作人员、公众成员或环境的潜在紧急情况应在营运组织的危害评定中确定。

13.7. 应急准备第4类—如 GSR Part 7[45]表1所述—一般适用于带辐射源测井。需要建立相应于这一类别的适当应急安排（包括计划、程序、设备、培训、演习、演练和质量管理计划）。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》[46]和原子能机构《安全标准丛书》第GSG-2号《核或辐射应急准备和响应中使用的标准》[47]。

13.8. 测井设施的应急计划应处理以下情况：放射源丢失或遗忘、放射源被盗、测井设备损坏导致污染和/或剂量率增加。应急程序应包括以下内容：

- 明确说明角色和责任；
- 操作概念；
- 沟通和协调安排；
- 拟定应急通告；
- 对现场人员的指示；
- 划定受影响区域和出入控制的指示；
- 酌情采取措施保护应急救援人员。

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[46]提供了关于在组织、地方和国家各级逐步制定适当应急安排的建议，包括应急计划模板。关于辐射紧急情况期间评定和响应的一般程序的进一步实用指导见参考文献[48]。处理辐射紧急情况的行动导则见参考文献[49]。

13.10. 应急安排可被视为包括几项任务，每项任务都应由营运组织和相关响应组织根据GS-G-2.1[46]关于应急准备第4类设施和活动的建议来处理。

13.11. 如GSR Part 7[45]和GS-G-2.1 [46]所述，实施现场应急计划和程序可能需要场外支持（例如，场外应急组织、应急服务、辐射防护专家）。现场应急计划应提供任何非现场支持的细节，应确保响应者充分意识到并接受其责任。特别是，现场应急计划应具体说明相关各方之间及时和有效沟通的安排。



13.12. 营运组织在申请授权时，必须将其现场应急计划提交监管机构批准（GSR Part 7[45]第 6.19 段）。营运组织还应将应急计划和相关程序提供给适当的非现场主管部门。

## 应急设备

13.13. 营运组织必须确保提供所有必要的工具、仪器仪表、用品、设备、通信系统、设施和文件，以应对紧急情况，并在质量管理计划的控制之下，包括库存控制、试验和校准（见 GSR Part 7[45]第 6.34 段）。

13.14. 如果怀疑密封的放射源可能已被损坏，则应格外小心，因为放射性物质可能从放射源泄漏出来，并有可能污染附近的人和物体。需要专门的监控设备和专门知识来探测和测量来自泄漏的放射源的放射性污染。如果知道或怀疑密封源已经破裂，营运组织如果缺乏应对此类事件的必要能力，应立即征求合格专家的意见。在这种情况下，应适当考虑对人员和设备进行适当的去污。

13.15. 对于涉及测井源的紧急情况，应酌情考虑下列设备的需求：

- (a) 适当的工作场所监控仪器仪表，以测量高剂量率和低剂量率；
- (b) 能动式个人警报剂量计；
- (c) 额外的个人剂量计；
- (d) 临时控制区指示需要的障碍物和警告通知；
- (e) 局部屏蔽，如成袋的铅粒或铅片；
- (f) 合适的工具包和放射源回收设备（长柄钳、钳子、螺丝刀、螺栓刀、可调扳手）；
- (g) 备用的屏蔽容器；
- (h) 擦拭试验工具包，用于放射源泄漏试验和其他表面污染检查；
- (i) 通信设备（如移动电话、无线电发射机和接收机）；
- (j) 备用电池和手电筒；
- (k) 必要的个人防护装备。

## 测井中涉及辐射源事故响应的程序示例

13.16. 第 13.17—13.20 段就工作人员和辐射防护主管在紧急情况下应立即采取的行动提供了实际指导。虽然这些操作是按预期执行的顺序列出的，但可能有必要根据实际情况按另一顺序执行这些操作。营运组织应制定应急程序和指示，考虑本部分中提供建议和基于危害评定假想事故的假想方案。与任何辐射紧急情况一样，应急响应的第一优先事项应是保护人员。

### 对涉及 $\gamma$ 和中子放射源事件应采取的行动

13.17. 如果发生涉及  $\gamma$  或中子放射源事件，工作人员应采取下列行动：

- (a) 迅速认识到可能构成紧急情况的异常工况，并执行适当的应急程序；
- (b) 保持镇静，远离放射源，并确保疏散附近的任何其他工作人员和告知可能发生紧急情况；
- (c) 通知营运组织的辐射防护主管；
- (d) 测量中子和/或  $\gamma$  辐射剂量率，并记录能动式个人剂量计测量的任何剂量；
- (e) 在剂量率参考水平的基础上，根据监管要求以及应急计划和程序，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) 通知相关当局（以及客户，如果紧急情况发生在客户现场），并按照应急计划和程序的规定寻求协助。

13.18. 在涉及  $\gamma$  或中子放射源事件中，辐射防护主管应采取下列行动：

- (a) 在先前制定的应急计划和程序的基础上，计划和实施一个特定行动计划，注意尽量减少由于该行动计划而可能受到的剂量。
- (b) 在进入控制区实施应急计划之前，移动到远离控制区的位置及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，执行计划的行动计划。在任何情况下，放射源都不应与手或身体其他部位接触。

- (d) 如果所采取的行动计划不成功则离开控制区，并考虑下一个行动计划，同时保持对控制区的监视。
- (e) 如有必要，请合格专家或放射源和/或测井设备制造商酌情提供技术援助。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) 当情况已经得到控制并且放射源是安全时，调查紧急情况并评估所接受的剂量。
- (g) 将个人剂量计交回剂量测量服务处进行快速评定。
- (h) 安排制造商修理任何损坏或故障设备，或安排合格专家在重新使用前进行详细检查和修理。
- (i) 根据监管要求，编写报告并通知监管机构。

### **对涉及中子发生器的事件应采取的行动**

13.19. 如果发生涉及中子发生器的事件，工作人员应采取下列行动：

- (a) 迅速认识到可能构成紧急情况的异常工况，并执行适当的应急程序；
- (b) 关闭中子发生器的电源；
- (c) 将所发生的情况通知辐射防护主管；
- (d) 进行辐射测量，确认是否有残留放射性危害；
- (e) 在记录完测井设备的位置、射线方向、辐射设置（管电压、电流、时间）等细节后，方可移动测井设备；
- (f) 中子发生器未经制造商或合格专家检查和修理后方可使用；
- (g) 使用必要的个人防护装备。

13.20. 如果发生涉及中子发生器的事件，辐射防护主管应采取下列行动：

- (a) 估算已接受的剂量；
- (b) 将个人剂量计交回剂量测量服务处进行快速评定；
- (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. GSR Part 7[45]第 5.44 段指出，所有将参与实施应急计划的人员都必须具备授权并接受培训，以便有效地履行其职责。这应包括熟悉和理解应急计划，以及关于应用应急程序和使用应急设备的特定培训。这还需要通过指导和培训，说明开始将采取应急保护行动的内部警戒线隔离区的大致半径，以及根据观察到的或评定的现场条件调整这一区域。

13.22. 个别工作人员只应执行应急计划中他们已获得授权和培训的部分，以及他们具有对应的设备的部分。应定期评审培训规定以确保工作人员保持熟练的状态。

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相称。应经常组织小规模演习，以确保所有在应急响应中负有责任的人员和组织的联系方式都是最新的。

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[45]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。这种定期评审应包括根据演习或紧急情况的经验教训更新应急计划的规定。

## 报告

13.26. 应急准备和响应的主要目标是缓解紧急情况的后果。要做到这一点，应严格评审已发生的事件，以便利用所查明的经验教训进行设备改进，以及为维护程序、运行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和应急响应的分析。

13.27. 涉及测井中使用的辐射源事件的报告应由辐射防护主管编写在必要时请合格专家协助编写。此类报告应提交给高层管理者、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，以便对设备进行评价并采取适当的措施。

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状况而采取的行动的详细情况，特别是任何明显有益或有害的行动。
- (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计量评定和总结。
- (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. 与公众沟通涉及测井源的紧急情况（例如，在放射源被盗的情况下），应由营运组织与监管机构和其他相关当局如应急计划和程序中规定的讨论后进行。GSR Part 7[45]要求 10 和 13 涉及与公众沟通的安排，GS-G-2.1[46]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] BADRUZZAMAN, A., BARNES, S., BAIR, F.J., GRICE, K.J., “石油工业中放射源：应用、关切和替代办法”，亚太健康、安全、安保和环境会议和展览论文集，雅加达，2009 年，石油工程师学会，德克萨斯州理查森（2009 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《辐射发生器和密封放射源的安全》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.10 号，国际原子能机构，维也纳（2006 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《 $\gamma$ 、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）。
- [7] 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）。
- [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《矿石开采和冶炼中放射性废物的管理》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 WS-G-1.2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。（修订版编写中）
- [11] 国际原子能机构《放射性示踪技术在井间研究中的应用》，国际原子能机构《辐射技术丛书》第 3 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [12] 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）。
- [13] 国际原子能机构《放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《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）。
- [15] 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）。
- [16] 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）。
- [17] 国际放射防护委员会《国际放射防护委员会 2007 建议书》，第 103 号出版物，爱思维尔科学，牛津（2007 年）。
- [18] 国际原子能机构《发展核活动中的安全文化：协助进展的实际建议》，《安全报告丛书》第 11 号，国际原子能机构，维也纳（1998 年）。
- [19] 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）。
- [20] 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）。
- [21] 国际原子能机构《辐射防护和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）。



- [22] 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）。
- [23] 国际原子能机构《石油和天然气工业放射性废物管理和辐射防护》，《安全报告丛书》第 34 号，国际原子能机构，维也纳（2003年）。
- [24] 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）。
- [25] 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）。
- [26] 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）。
- [27] 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）。
- [28] 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）。
- [29] 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）。
- [30] 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）。
- [31] 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）。
- [32] 国际标准化组织《辐射防护—密封放射源—泄漏试验方法》（ISO 9978:1992），国际标准化组织，日内瓦（1992年）。
- [33] 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）。
- [34] 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）。

- [35] 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）。
- [36] 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）。
- [37] 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）。
- [38] 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）。
- [39] 国际民用航空组织《危险货物航空安全运输技术程序》（2017—2018 年版），国际民用航空组织，蒙特利尔（2017 年）。
- [40] 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）。
- [41] 联合国欧洲经济委员会、内陆运输委员会，《欧洲内河危险货物国际运输协定（2019 年版）》（ADN），联合国欧洲经济委员会，日内瓦（2019 年）。
- [42] 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）。
- [43] 联合国欧洲经济委员会、内陆运输委员会，《欧洲内河危险货物国际运输协定（2017 年版）》（ADN），联合国欧洲经济委员会，日内瓦（2016 年）。
- [44] 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）。
- [45] 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、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，

《核或辐射应急准备和响应》，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）。

- [46] 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）。
- [47] 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）。
- [48] 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）。
- [49] 国际原子能机构《制定应对核或辐射应急安排方法》，EPR-方法（2003 年），国际原子能机构，维也纳（2003 年）。



## 附件 I

### 测井用放射源概述

I-1. 放射源广泛应用于各种测井技术中。表 I-1 提供了石油工业测井应用中通常使用的放射源和中子发生器的示例[I-1]，包括根据原子能机构《安全标准丛书》第 RS-G-1.9 号《放射源的分类》[I-2]对这些源进行的分类。

### 附件 I 参考文献

- [I-1] BADRUZZAMAN, A., BARNES, S., BAIR, F.J., GRICE, K. J., “石油工业中放射源：应用、关切和替代办法”，亚太健康、安全、安保和环境会议和展览论文集，雅加达，2009 年，石油工程师学会，德克萨斯州理查森（2009 年）。
- [I-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）。

表 I-1. 石油工业应用中使用的选定源[II-1]

应用	放射性同位素	半衰期 (年)	典型活度(A) (TBq <sup>a</sup> )	D 值 (TBq <sup>a</sup> )	A/D 比	类别 (基于 A/D)	推荐类别
测井: 中子孔隙度或俘获光刻	镅-241/铍	433	0.02~0.8	0.06	0.33~13	2、3 或 4	3
测井: 密度	铯-137	30.2	0.037~0.074	0.1	0.37~0.74	4	3
测井: 中子孔隙度	镭-252	2.65	0.001~0.004	0.02	0.05~0.02	4	3
氡气中子发生器测井	氡	12.33	0.11~1.1	2000	$5 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-4}$	5	5

<sup>a</sup> 在一些国家的测井工业中, 源活度是按居里数提供的。就换算而言, 1 TBq 等于 27 居里。附件 II 测井安全评定的几点思考

## 附件 II

### 测井安全评定的几点思考

II-1. 为准备正常操作工况和可预见事件假想方案的安全评定，需要考虑并记录关联的危害和控制措施。下面介绍测井安全评定的一些重要内容。

#### 正常操作工况

II-2. 正常操作工况包括：

- 测井源存储；
- 测井工具的校准与操作；
- 源的运输；
- 测井工具的现场使用；
- 测井工具的维护；
- 废源的处置。

II-3. 对于上述每一种情况，都应确定所涉及的危害和必要的控制措施。

#### 可合理预见的事件

II-4. 下文列出了可合理预见的涉及测井中使用辐射源事件清单。这份清单绝非详尽无遗。

- (a) 源从测井工具分离（井下或其他）；
- (b) 源卡在工具或容器中；
- (c) 工具卡在测井或井眼；
- (d) 中子发生器无法断电；
- (e) 未划分为控制区的区域存在高剂量率；
- (f) 个人受到  $\gamma$  和/或中子辐射的疑似或实际过度照射；
- (g) 源的失踪、丢失或被盗；
- (h) 源损坏或泄漏，例如由于工作区或存储区的机械损坏、火灾或爆炸；

- (i) 涉及测井源破裂的事件，包括在试图恢复已经卡在井下的测井源期间的破裂；
- (j) 放射源运输过程中发生的事故。

II-5. 下文讨论了在对每一种情况进行安全评定时应考虑的要害。

## 危害

### 外部放射性危害

II-6. 在安全评定中应考虑到以下外部放射性危害：

- (a) 放射源：测井源在存储、使用（屏蔽和未屏蔽）和运输期间以及在发生事故时产生  $\gamma$  剂量率和中子剂量率；
- (b) 中子发生器：中子发生器在正常使用和事故工况下产生的中子和  $\gamma$  剂量率；
- (c) 任何中子活化产物发出的  $\gamma$  辐射。

### 内部放射性危害

II-7. 在进行安全评定时，应考虑到与内部放射性危害相关的下列方面：

- (a) 天然放射性物质对测井工具的潜在污染（这不在本出版物的范围内）；
- (b) 如果密封的放射源损坏，可能受到内照射。

### 谁会暴露于危害之中？

II-8. 应酌情考虑下列人员：

- (a) 工作人员：测井人员和现场其他工作人员（如吊车操作人员）；
- (b) 公众成员，包括现场的参观人员。

## 控制措施

### 工程控制

II-9. 应考虑以下工程控制：



- (a) 对存储设施、测井工具容器、运输货包和外包装（适用于 $\gamma$ 发射体和中子发射体的放射性核素）屏蔽；
- (b) 运输货包的设计；
- (c) 使用适当的操作工具（即与源保持距离）；
- (d) 测井工具的设计，例如尽量减少源分离的可能性；
- (e) 事故发生后使用的临时源容器。

## 管理控制

II-10. 将考虑下列管理控制：

- (a) 安全工作程序，包括本地规则；
- (b) 运输货包标签和文件；
- (c) 划分控制区，并用屏障和警告标志加以划定；
- (d) 工作人员培训和任命一名辐射防护主管；
- (e) 合格专家的咨询意见；
- (f) 工作场所监控和个人监控（ $\gamma$ 和中子辐射），以及健康监视；
- (g) 预防性维护计划和测井设备状况的定期检查；
- (h) 定期对操作进行安全检查；
- (i) 密封放射源的泄漏试验；
- (j) 源台账和源移动的记录。

## 附件 III

### 测井用中子发生器辐射安全信息

III-1. 测井中使用中子发生器类型是氘核的紧凑型加速器。其部件包括加速器管（中子管）、含有氘或氚的靶、高压电源和测量模块。

III-2. 下列特征对使用中子发生器的辐射安全很重要：

- 中子发生器以额定功率运行时，距中子发生器 1.0 米处的周围剂量当量率（中子和  $\gamma$  辐射）；
- 中子发生器中子管在额定功率下运行最多 1 小时后距靶 0.1 米处的周围剂量当量率（ $\gamma$  辐射）；
- 靶中的氚活度。

III-3. 距离管靶 0.1 米处的剂量率通常应低于 1 微希沃特/小时，或低于监管机构规定的值，方可允许人员直接操作发生器。否则，需要保持一段时间以允许活化产物在管中衰减。中子活化的主要问题是中子发生器盖中的铁-56 和锰-55 产生的锰-56（半衰期 2.6 小时）发射出的  $\gamma$  辐射：相关反应是铁-56 ( $n, p$ ) 锰-56（用于 14 兆电子伏特快中子）和锰-55 ( $n, r$ ) 锰-56（用于热中子）。如第 11.16 段指出，当从井中升起发生器时关掉发生器，留在井下 20—50 米深的地方，以使短寿命的活化产物衰变。

## 附件 IV

### 辐射屏蔽计算

IV-1. 本附件提供了测井工业中使用的  $\gamma$  源和中子源屏蔽计算的一些简单示例。

#### $\gamma$ 辐射源的屏蔽

IV-2. 当  $\gamma$  射线穿过介质时被吸收。这种吸收的表征是介质对特定能量  $\gamma$  射线的线衰减系数。线衰减系数随吸收体的密度而变化，即使对于相同的吸收体材料也是如此。衰减定律为：

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu t} \quad (\text{IV-1})$$

其中

$I$  是通过吸收体传输的光子的强度；

$I_0$  是光子的初始强度；

$\mu$  是线衰减系数 ( $\text{cm}^{-1}$ )；

$t$  是吸收材料的厚度 ( $\text{cm}$ )。

IV-3. 对于  $\gamma$  射线辐射，考虑给定吸收材料对于感兴趣  $\gamma$  射线能量的半厚度值 (HVT) 是有用的。HVT 是将入射辐射衰减一半时的屏蔽材料厚度。HVT 由线衰减系数确定，如下所示：

$$1\text{HVT} = 0.693 / \mu \quad (\text{IV-2})$$

类似地，TVT 是将入射辐射衰减至其十分之一的屏蔽材料的厚度 (1 TVT 大约等于 3.3HVT)。

IV-4. 铯-137 的 HVT 如下：

- 钢：1.6 厘米；
- 铅：0.7 厘米。

IV-5. 作为一个示例,距离装有 1 吉贝可铯-137 屏蔽厚度为 3.2 厘米的铅容器中心 50 厘米处的剂量率可计算如下:

- (1) 未屏蔽的 1 吉贝可铯-137 源在 1 米处的剂量率为 80 微戈瑞/小时。
- (2) 距离未屏蔽源 50 厘米处的剂量率为 320 微戈瑞/小时。
- (3) 屏蔽厚度为 32 毫米, 等于 1 TVT+2 HVT。
- (4) 目标位置的剂量率为 8 微戈瑞/小时。

## 中子辐射源的屏蔽

### 镅-241/铍源

IV-6. 中子屏蔽计算最好用数字计算。然而, 可以使用移出截面的概念进行近似计算, 使用以下公式:

$$D(t) = D(0)e^{-\Sigma t} \quad (\text{IV-3})$$

其中

$D(t)$  为屏蔽后剂量率;

$D(0)$  为无屏蔽的剂量率;

$t$  为屏蔽厚度 (cm);

$\Sigma$  为中子分出截面 ( $\text{cm}^{-1}$ )。例如, 水的分出截面为  $0.103 \text{ cm}^{-1}$ 。

利用分出截面和屏蔽厚度的值, 可以计算屏蔽容器外部的剂量率。

### 中子发生器

IV-7. 运行中的发生器(测井外运行时)中子辐射所需的屏蔽厚度  $d$  可按下式[IV-1]:

$$d = \lambda \cdot \ln \left( \frac{C \cdot Q \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H_{np}} \right) \quad (\text{IV-4})$$

其中

$\lambda$  为中子通量的张弛长度 (cm);

$C$  为无量纲修正因子;

$Q$  为所产生的中子的平均通量 ( $s^{-1}$ );

$h$  为剂量因子 ( $\mu Sv cm^2$ );

$R$  为井外运行的发生器从发生器管到发生器屏蔽或限制进入屏障外表面的距离 (cm);

$H_{np}$  为目标剂量率 ( $\mu Sv/h$ )。

IV-8. 表 IV-1 提供了 14 兆电子伏特中子和各种屏蔽材料的  $\lambda$ 、 $C$  和  $h$  值。

**表 IV-1. 14 兆电子伏特的  $\lambda$ 、 $C$  和  $h$  值中子**

屏蔽材料	$\lambda$ (cm)	$C$	$h$ ( $\mu Sv cm^2$ )
混凝土	19.7	1.2	$4.96 \times 10^{-4}$
石蜡	17.5	1.3	$4.96 \times 10^{-4}$
水	16.9	1.3	$4.96 \times 10^{-4}$

## 附件 IV 参考文献

[IV-1] Aleynikov, V. E., BESKROVNAJA, L. G., KRYLOV, A.R., “中子有效能量达 100 兆电子伏特的电荷粒子加速器混凝土屏蔽后的剂量计算”, IRPA 地区会议论文集, 中欧辐射防护问题, 布拉迪斯拉发, 2003 年, 斯洛伐克共和国核管制局, 布拉迪斯拉发 (2003 年)。

## 附件 V

### 测井本地规则的建议结构

V-1. 营运组织制定的本地规则应具体描述为确保防护和安全而实施的行动，以及这些行动的责任人。表 V-1 提供了测井本地规则的建议结构。

**表 V-1. 测井操作本地规则：建议结构**

节	内容
导言	本地规则适用于谁？ 它们覆盖哪些测井工具或场地？ 哪些规定适用？
带放射源测井工具的运输程序（如适用）	托运放射源的准备 运输货包的要求 标记、标签和其他操作控制措施 运输文件要求，包括应急准备和响应安排 运输管理系统 接收放射源的安排
存储和源核算程序	放射源存储设施的说明 安保方面（例如关键控制） 存储区和警告标志的指定 源定期实物盘存检查 源台账记录 源移动记录
照射控制程序	控制区和监督区的说明 工作场所监控计划 个人剂量测量的配置 剂量调查水平 健康监视的安排
校准、试验和维护	工作场所监控仪器仪表年度试验 测井工具预防性维护程序 放射源泄漏试验

**表 V-1. 测井操作本地规则：建议结构（续）**

节	内容
角色和职责， 以及联系人详细信息	相关管理人员 操作测井工具的工作人员 辐射防护主管 合格专家 监管机构 职业医师 测井工具供应商和维护机构 安全主管
应急程序	角色和职责 立即采取的行动 应急联系人详细信息

## 附件 VI

### 测井中涉及辐射源事故示例

#### 示例 1：测井源损坏[VI-1]

VI-1. 铯-137（63 吉贝可）和镅-241/铍（592 吉贝可）两种源的测井工具卡在井底附近。在“打捞”了两天后，测井公司通过扭转卡住的管子，将测井工具从抓钩上解开来，成功地回收了镅-241/铍源。它完好无损地找回来了。

VI-2. 该公司就这一事件联系了监管机构，并请求批准如果在未来两天内未能回收源则放弃回收铯-137 源。监管机构批准了这一请求，并为该公司提供了一个应急联系电话，以防在回收操作期间出现任何健康和安全问题。

VI-3. 第二天，该公司报告称，在回收操作期间，土壤返回的剂量率测量结果显示，从 4 微希沃特/小时显著增加到 70 微希沃特/小时。这归因于钻孔内部的源破裂。因此，钻井平台和周围地区被拉起警戒线并撤离。

VI-4. 在确定进一步的行动计划之前，该公司对该地区进行了进一步的辐射调查，并对所有人员进行了监控。

#### 示例 2：放弃测井源[VI-2]

VI-5. 监管机构收到一家测井公司的通知，一台测井工具卡在一口井中，其中有三个源，一个镅-241/铍源（166.5 吉贝可）和两个铯-137 源（74 吉贝可和 29.6 吉贝可）。在多次尝试回收源未果后，该公司决定将其弃于井下。该公司承诺用至少 30 米的红色染色水泥覆盖源，在源管柱上方放置一个偏转设备，并在井口安装一块标牌。

#### 示例 3：钻孔测井源的暂时掉落[VI-3]

VI-6. 一个 55 吉贝可源（铯-137）在海上装置上移动时从容器上掉落。源掉到了一个平台上，这个平台低于运载它的高度。一名员工拿起源并将其替换到容器中，这一过程大约需要 45 秒。



VI-7. 剂量计算表明, 该员工接受的有效剂量约为 0.8 毫希沃特。辐射咨询委员会建议对拾起放射源的人员进行血液染色体畸变试验。血液淋巴细胞试验结果显示水平正常。

VI-8. 在这一事件中, 有几项基本规则被打破, 具体如下:

- (a) 事件发生时没有报告。
- (b) 没有可用的恢复工具 (发生事故的装置上没有任何恢复工具)。
- (c) 恢复计划没有到位。
- (d) 一名员工佩戴的个人监控设备未经该国的批准使用。

#### **示例 4: 铯-137 测井源的失控导致辐射照射[VI-4]**

VI-9. 这起事故发生于 2002 年 5 月 21 日在蒙大拿州的一个钻机上, 于 2002 年 5 月 23 日呈报美国核管制委员会。核管制委员会对通报的初始响应是派遣一个响应性视察组前往现场, 以确定事件的细节。然而, 对其中一名工作人员进行的血液试验 (细胞遗传学) 表明, 该工作人员受到了大约 2 戈瑞的辐射剂量, 因此视察升级为“强化视察”。

VI-10. 源组件由金属屏蔽内的密封源胶囊(AEA Technology X2170/2)组成, 金属屏蔽又包含在源壳体 (DH604538) 内。源胶囊含有 48 吉贝可铯-137。围绕源胶囊的屏蔽件在除了朝向壳体的前部和一侧之外的所有方向上提供了实质上的屏蔽, 在哪里屏蔽较轻, 辐射从哪里发出, 供测井操作时使用。源外壳组件长约 10 厘米, 直径约 3 厘米。震源组件的一端呈喇叭状 (鸽尾), 设计成适合测井工具, 还用于用特殊的搬运工具拾取源组件。当不使用时, 源组件安装在屏蔽存储容器内, 该容器用于安全存储源并将源运输到测井现场。

VI-11. 2002 年 5 月 23 日, 营运组织的辐射防护主管接到外地办事处的通知, 在一个临时工作地点发生了一起事件, 涉及一个含有 48 吉贝可铯-137 的测井源失控。核管制委员会业务中心于 2002 年 5 月 23 日 16 时 35 分收到辐射防护主管关于这一事件的通知。

VI-12. 营运组织报告说, 在 2002 年 5 月 21 日进行测井操作之后, 测井工程师未能将密封源从测井工具正确地转移到其屏蔽运输容器中。因此, 在

两天后发现其失踪并被找回之前，源未加屏蔽地留在钻井平台上。据信，一些钻机工作人员受到了这种无屏蔽源的照射。这类钻机工作人员在正常工作中不会受到辐射，预计将得到与公众成员相同水平的保护。

VI-13. 调查确定，这一事件的直接原因是测井工程师在从测井仪上移走铯-137 源后，没有立即将其正确地转移到存储容器中。这直接导致了源的失控。造成这种情况的原因有很多，例如没有进行辐射测量，插头组件的错误指示以及没有提供插头组件的设计规范。事件的一个可能的根本原因是营运组织未能充分调查早期事件以确定其根本原因。

### 示例 5：回收卡在井下的放射源

VI-14. 在一口井进行试压时，遇到了装有密封放射源的工具管柱差动卡钻的情况。监管机构收到了一个被卡住的放射源的通知，并作出了一项决定用于开始反向切削和螺纹操作，以便恢复被卡住的工具。

VI-15. 操作人员继续将钻杆拧到一根电缆上，在管柱末端有一个过冲打捞部件。当钻杆和超钻接近工具管柱时，在测井电缆上看到很高的张力，表明电缆可能在井下损坏。然后决定拉电缆头中的薄弱部位，并仅用管子和过冲头回收工具管柱。这是恢复源和工具的唯一方法。操作手拉回两根钻杆，准备用吊卡和电缆卡拉薄弱部位。薄弱部位被成功地拉住了。将钻杆下放到鱼的正上方，并循环泥浆以确保与工具管柱形成干净的连接。钻杆成功地锁定在工具上。在回收操作期间，观察到约 130 千帕的过拉。

VI-16. 包括放射源在内的工具管柱被打捞上来。经初始视察，源似乎没有损坏，工具管柱的损坏也很小。这些源被运回基地进行泄漏试验，以确定其完整性并被隔离，直到试验结果返回。最终证实没有放射性物质从源泄漏。

## 附件 VI 参考文献

- [VI-1] 美国核管制委员会, “第 42891 号事件通知报告 (2006 年)”,  
[www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/Event/2006/20061011en.html](http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/Event/2006/20061011en.html)
- [VI-2] 美国核管制委员会, “第 40365 号事件通知报告 (2003 年)”,  
[www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2003/20031204en.html](http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2003/20031204en.html)
- [VI-3] 维多利亚州卫生部《澳大利亚辐射咨询委员会 1999 年年度报告》, 卫生部, 墨尔本 (1999 年)。
- [VI-4] 美国核管制委员会《铯-137 测井源失控导致公众受到辐射照射》, 第 NUREG-1794 号报告, 美国核管制委员会, 阿灵顿, 德克萨斯州 (2004 年)。



## 参与起草和审订人员

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.	英国健康保护署
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