

IAEA BULLETIN

国际原子能机构通报

2016年6月 • www.iaea.org/bulletin



国际原子能机构保障
防止核武器扩散



国际原子能机构保障 防止核武器扩散

《国际原子能机构通报》

主办单位

国际原子能机构新闻和宣传办公室

地址：P. O. Box 100, 1400 Vienna, Austria

电话：(43-1) 2600-21270

传真：(43-1) 2600-29610

电子信箱：iaebulletin@iaea.org

编辑：Miklos Gaspar

常务编辑：Aabha Dixit

特约编辑：Nicole Jawerth, Laura Gil Martinez

设计制作：Ritu Kenn

《国际原子能机构通报》可通过以下网址获得：

www.iaea.org/bulletin

《国际原子能机构通报》所载的原子能机构资料摘录可在别处自由使用，但使用时必须注明出处。非原子能机构工作人员的作品，必须征得作者或创作单位许可方能翻印，用于评论目的的除外。

《国际原子能机构通报》任何署名文章中表达的观点不一定代表原子能机构的观点，原子能机构不对其承担责任。

封面：国际原子能机构



国际原子能机构（原子能机构）的使命是防止核武器扩散和帮助所有国家特别是发展中国家从核科学技术的和平、安全和可靠利用中获益。

1957年作为联合国内的一个自治机构成立的原子能机构是联合国系统内唯一拥有核技术专门知识的组织。原子能机构独特的专业实验室帮助向原子能机构成员国传播人体健康、粮食、水和环境等领域的知识和专门技术。

原子能机构还作为加强核安保的全球平台。原子能机构创办了有关核安保的国际协商一致指导性出版物《核安保丛书》。原子能机构工作还注重协助最大限度地减少核材料和其他放射性物质落入恐怖分子手中或核设施遭受恶意行为的危险。

原子能机构安全标准提供一套基本安全原则，反映就构成保护人和环境免受电离辐射有害影响所需的高安全水平达成的国际共识。已针对服务于和平目的的各种核设施和核活动，以及减少现有辐射风险的防护行动，制订了原子能机构安全标准。

原子能机构还通过其视察体系核查成员国根据《不扩散核武器条约》以及其他防扩散协定履行其将核材料和核设施仅用于和平目的的承诺情况。

原子能机构的工作具有多面性，涉及国家、地区和国际各个层面的广泛伙伴的参与。原子能机构的计划和预算通过其决策机关——由35名理事组成的理事会和由所有成员国组成的大会——的决定来制订。

原子能机构总部设在维也纳国际中心。现场和联络办事处分别设在日内瓦、纽约、东京和多伦多。原子能机构运行着设在摩纳哥、塞伯斯多夫和维也纳的科学实验室。此外，原子能机构还向设在意大利的里雅斯特的阿布杜斯·萨拉姆国际理论物理中心提供支持和资金。

国际原子能机构保障： 对国际和平与安全的重要贡献

文/天野之弥

防 防止核武器扩散是一项复杂的任务。核武器的破坏力在广岛和长崎被证明70年之后，防止核武器扩散的一些国际政治和法律机制现在已经到位。这些机制中，最重要的是国际原子能机构保障。

国际原子能机构经常被称为世界的“核监督机构”。我们有技术能力、独立性和客观性，提供各国正在履行其将核材料仅用于和平目的的国际义务的可信保证。通过及早探查核材料的任何转用或核技术的滥用，国际原子能机构能够提醒世界注意潜在的扩散。这构成对国际和平与安全的重要贡献。

正如第18页和第22页上我们的文章所表明的，国际原子能机构保障是技术的保障，基于科学的保障，并利用多种现代技术。保障的实施基于法律协定，即国际条约和国际原子能机构与国家间的双边协定（见第4页文章）。因此，实施国际原子能机构保障是国际原子能机构的一项法定义务。我们独立得出我们的保障结论。

跟上变化的步伐

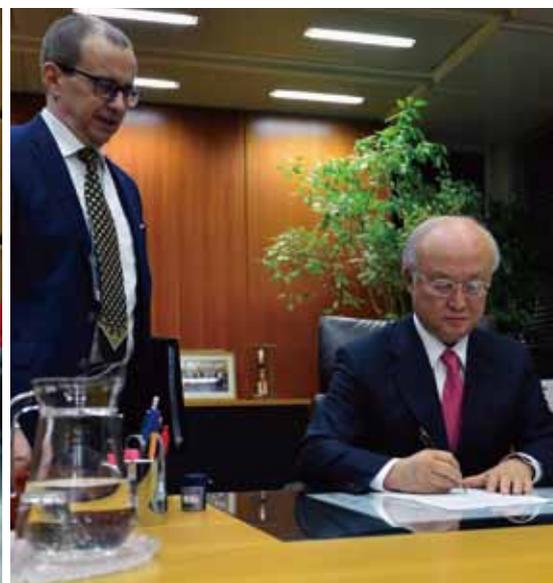
我们今天实施保障的世界与1957年国际原子能机构成立之时的世界大不相同。为了应对不断变化的挑战，我们需要保持灵活性，要有适应能力。我们还需要充分利用现代技术，例如，通过使用远程监测和卫星图像。我们通过使我们的保障实验室完全现代化，显著提高了我们的分析能力。我们的保障视察员天天行走，在世界开展现场核查活动。

本期《国际原子能机构通报》提供这些幕后情况。您可以跟随一位保障视察员在一座核电厂一天，看环境取样是如何进行的。我们还向您展示我们的许多类型的保障设备的一些样本，并解释定期采集小的核材料样本如何帮助我们查验一个都没有少。

我希望本期《国际原子能机构通报》将有助于增进我们的利益相关者和广大公众对原子能机构的保障活动的认识。



“通过及早探查核材料的任何转用或核技术的滥用，国际原子能机构能够提醒世界注意潜在的扩散。”
—国际原子能机构总干事天野之弥

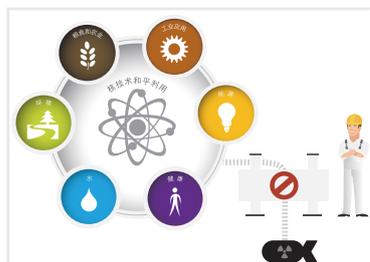


(图/国际原子能机构 D. Calma)

《国际原子能机构通报》，2016年6月 | 1



1 国际原子能机构保障：对国际和平与安全的重要贡献



4 国际原子能机构保障：服务于防核扩散



8 保障视察员生涯中的一天



12 视察员的行李箱中有什么？



16 不分昼夜调查受保障材料



20 通过核核查科学揭示事实



22 擦拭检查：收集和分析环境样品

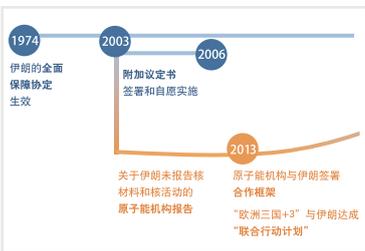


24 完善保障图画：利用卫星图像增加国际原子能机构保障能力



25 优化国际原子能机构保障

— 副总干事兼保障司司长 Tero Varjoranta



26 伊朗与国际原子能机构：《联合全面行动计划》下的核查和监测

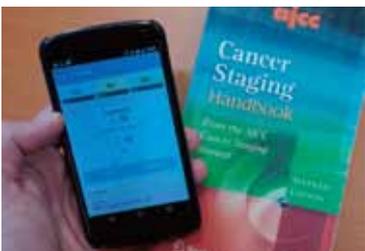
国际原子能机构新闻



28 国际原子能机构如何为可持续发展目标做贡献

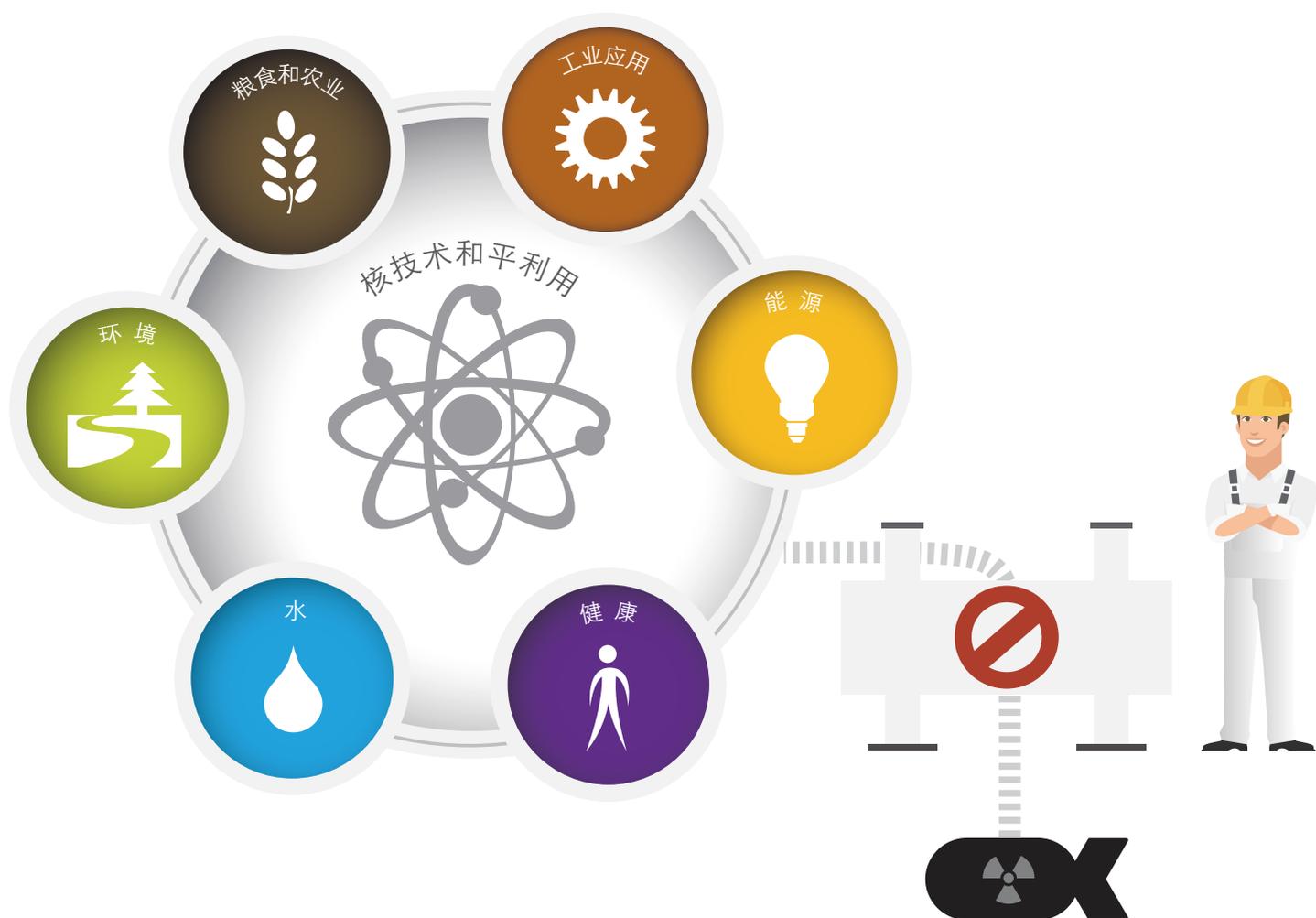


31 核衍生技术提高喀麦隆牛的生产率和牛奶质量



32 实现癌症最佳治疗：国际原子能机构针对癌症分期研发的新智能手机应用程序

国际原子能机构保障：



通过保障，国际原子能机构提供各国正在履行其将核材料和核技术仅用于和平目的的国际义务的可信保证。

(资料图表/国际原子能机构R.Kenn)

服务于防核扩散

原子能机构保障的目标是，通过及早探查核材料的转用或核技术的滥用，以及向国际社会提供各国正在履行其将核材料及其他受保障的核相关物项仅用于和平目的的国际义务的可信保证，来阻止核武器的扩散。

核设施的数量和核材料的使用继续增加。随着新核动力堆的开工建设和核科学技术应用的稳步增长，核材料数量和接受原子能机构保障的设施数量也在不断增加。2015年，原子能机构对1286个核设施和设施外场所（例如，大学和工业场址）实施了保障。原子能机构视察员开展了2118次现场视察。

本文概述原子能机构保障的法律架构、实施情况和原子能机构得出的保障结论。

保障协定网络

《不扩散核武器条约》要求该条约无核武器缔约国与原子能机构签署有法律约束力的协定，即全面保障协定。像《不扩散核武器条约》一样，地区无核武器区条约也要求其缔约国与原子能机构签署全面保障协定。根据全面保障协定，国家承诺接受原子能机构对其所有和平活动中的核材料实施保障，原子能机构实施保障，以核实核材料没有被转用于核武器或其他核爆炸装置。

在《不扩散核武器条约》下，还有五个核武器国家，即中国、法国、俄罗斯、英国和美国，这些国家每个都与原子能机构签署了“自愿提交保障协定”。根据“自愿提交保障协定”，原子能机构对核武器国家已“提交”保障并且已被原子能机构为此选中的设施中的核材料实施保障。

第三个类型保障协定被称为“特定物项保障协定”，根据该协定，原子能机构对

保障数字 (2015年)



* 该数字包括在原子能机构保障司工作的工作人员和承包人员。

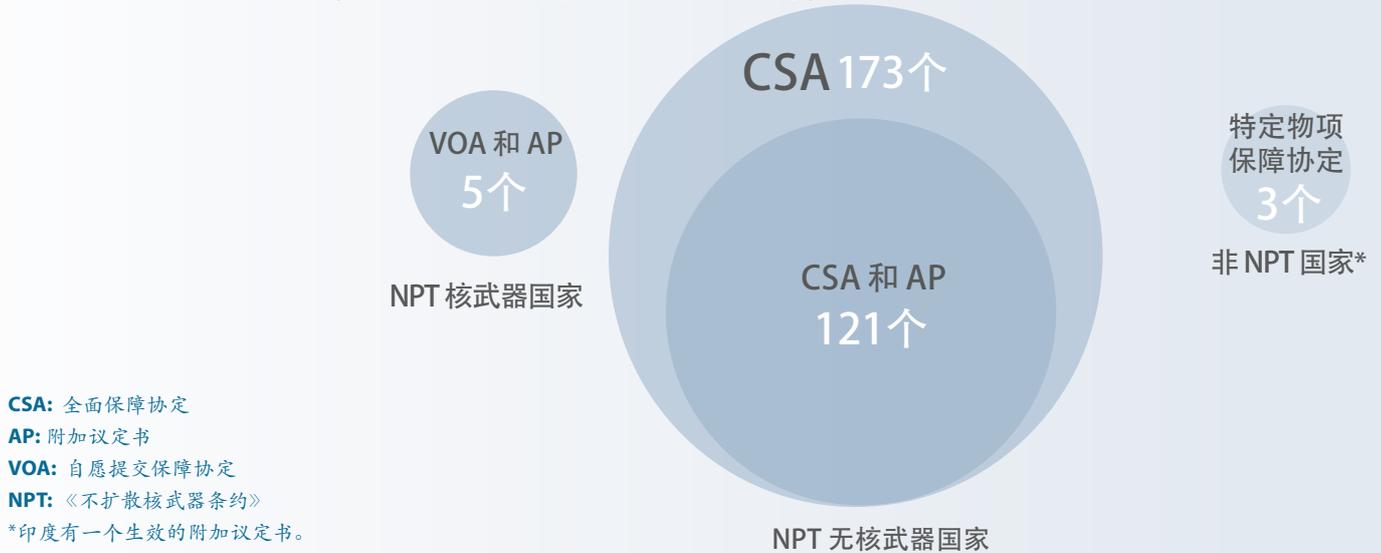
该协定中规定的核材料、设施和其他物项实施保障。特定物项保障协定目前正在由原子能机构在三个国家实施，它们是印度、以色列和巴基斯坦三个非《不扩散核武器条约》缔约国。

实施原子能机构保障的绝大多数国家为《不扩散核武器条约》无核武器缔约国。对于这些国家，根据其全面保障协定实施保障。2015年，有174个无核武器国家有生效的原子能机构全面保障协定。2015年，12个《不扩散核武器条约》缔约国尚需根据该条约要求将全面保障协定付诸生效（见第6页图示说明）。

在有生效的全面保障协定的国家中，121个国家还有与其全面保障协定有关的生效的附加议定书。附加议定书赋予原子能机构更广泛地接触一国的资料和场所的权限，从而提高原子能机构核实该国和平

执行的保障协定

(按国家计，截至2015年12月)



利用所有核材料的能力。可以缔结有关所有类型保障协定的附加议定书。

实施保障

以保障协定为实施保障，是一个持续的过程，涉及四个步骤：

1. 收集和评价有关一国的保障相关资料，以核实其与该国有关核计划的声明的一致性。
2. 制订国家一级保障方案，其中包括建立识别可能获取适合用于核武器或核爆炸装置的核材料的可信途径的关键目标，和选定达到这类目标的适用保障措施。
3. 通过年度执行计划来规划、实施和评价在现场和原子能机构总部的保障活动。
4. 对原子能机构已实施保障的每个国家得出保障结论。

虽然对原子能机构保障的需求在不断增加并且变得更加复杂，原子能机构用于执行保障的预算在很大程度上仍然没变。在这一背景下，至关重要是，保障的实施应具有成本效益、高产、高效，同时不损害保障结论的可信性和质量。利用现代技术、在总部和现场智能和高效的工作，以及增加各国对实施保障的支持和合作，是原子能机构旨在保持和加强保障的有效性的三个途径。

保障结论

原子能机构每年都对被实施保障的每个国家得出保障结论。这些结论基于原子能机构独立的核查和发现结果，每年通过《保障执行情况报告》提交给原子能机构理事会。

原子能机构能够对一国得出的结论类型因该国与原子能机构缔结的保障协定类型的不同而异。保障协定规定了该国的承诺与原子能机构的权利和义务，包括接触核材料和资料的程度（见第7页图示说明）。

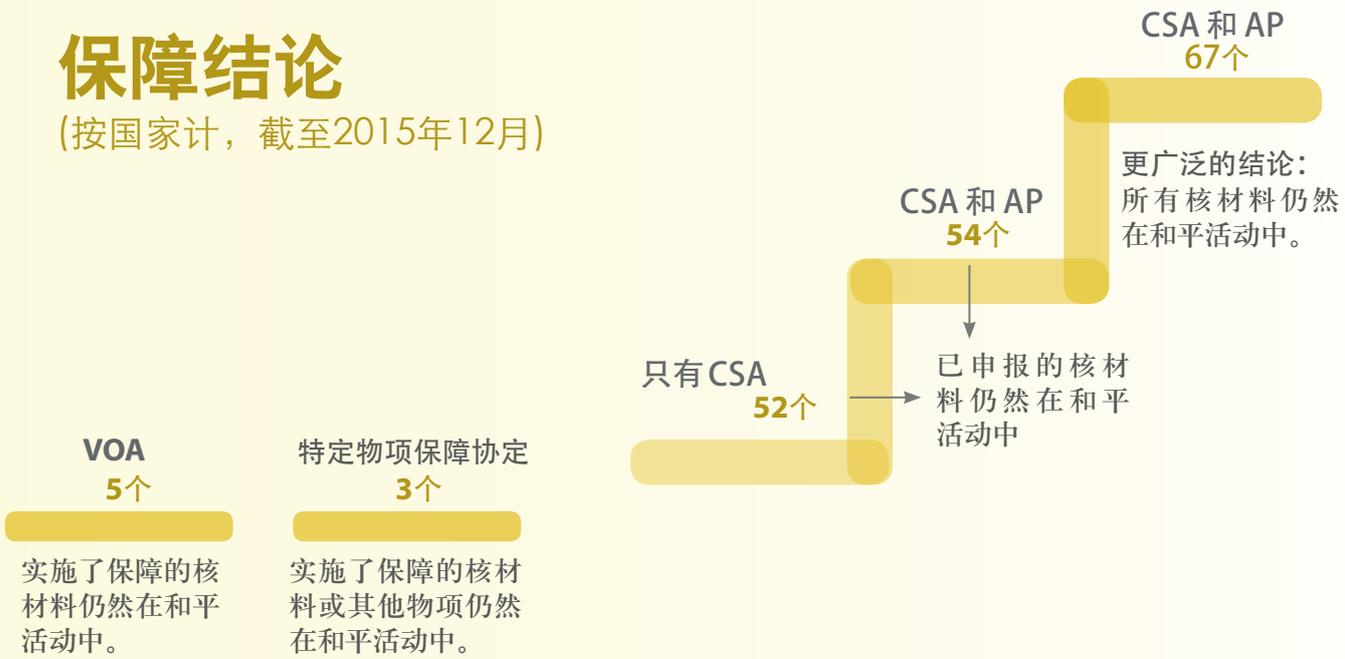
全面保障协定和附加议定书均生效的国家

2015年，对于121个全面保障协定和附加议定书均生效的国家中的67个国家及中国台湾，原子能机构整体上未发现当事国申报的核材料被从和平核活动转用的迹象，也没有发现当事国存在未申报核材料的迹象，因而得出结论认为这些国家的所有核材料仍然在和平活动中。这被称作“更广泛的结论”。通常是在根据全面保障协定和附加议定书开展多年核查活动之后，原子能机构才能够对该国得出这样的广泛结论。

在原子能机构对其得出了更广泛的结论的国家，原子能机构实施“一体化保障”，这使核查工作量得到优化和在可能

保障结论

(按国家计，截至2015年12月)



的情况下，减少了现场核查工作量。这种合作性和相互信任的关系能够有助于降低视察费用，同时也减少对核设施运行的干扰。在2015年已对其得出更广泛的结论的67个国家中，54个国家和中国台湾已接受一体化保障。

对于54个有生效的附加议定书但对其尚未得出更广泛的结论的全面保障协定国家，原子能机构未发现申报的核材料被从和平核活动转用的迹象，同时有关不存在未申报的核材料和核活动的评价仍在进行中。对于这些国家，原子能机构得出的结论是，已申报的核材料仍然在和平活动中。

有全面保障协定但无附加议定书的国家

截至2015年底，有52个有生效的全面保障协定但无生效的附加议定书的国家。对于这些国家，原子能机构没有发现申报的核材料被从和平核活动转用的迹象。这是因为，只是对于既有生效的全面保障协定又有生效的附加议定书的国家，原子能机构才有更广泛地接触资料和场所的充分手段，从而提供所有核材料仍然在和平核活动中的可信保证。

无全面保障协定的《不扩散核武器条约》缔约国

2015年，对于12个尚需将全面保障协定付诸生效的《不扩散核武器条约》缔约国，原子能机构没有实施保障，因而不能得出任何保障结论。

核武器国家和缔结有特定物项保障协定的国家

对于五个核武器国家，2015年，原子能机构的结论是，在选定设施实施了保障的核材料仍然在和平利用中，或者已按照协定中的规定已经从保障中退出。

对于三个缔结有特定物项保障协定的国家，原子能机构没有发现核材料被转用或者已对其实施保障的设施或其他物项被滥用的迹象，并在此基础上得出结论认为这些物项仍然在和平活动中。

注：本文所用称谓和材料介绍，包括援引的数字，并不意味着原子能机构或其成员国对任何国家或领土或其当局的法律地位，或对其边界划定发表任何意见。引用的《不扩散核武器条约》缔约国数量基于已交存的批准书、加入书或继承书的数目。

保障视察员生涯中的一天

文/Sasha Henriques

身着防护服，背着沉重的设备，往往被核设施操作人员陪同穿过其设施内的蜿蜒曲折的狭窄走廊，走几英里，是国际原子能机构保障视察员生涯中的常事。

保障视察员是全球防核扩散机制的必不可少的组成部分。他们开展核查活动，使国际原子能机构能向世界各国保证其他国

家没有将核材料从和平用途转为军事用途，或确保不滥用核技术。一项重要活动就是对申报的核材料库存进行视察：国际原子能机构是世界上唯一被赋予对核材料和核技术的应用进行全球核查的组织。

2015年，在181个国家有709座核设施和577个设施外场所处于原子能机构保障之

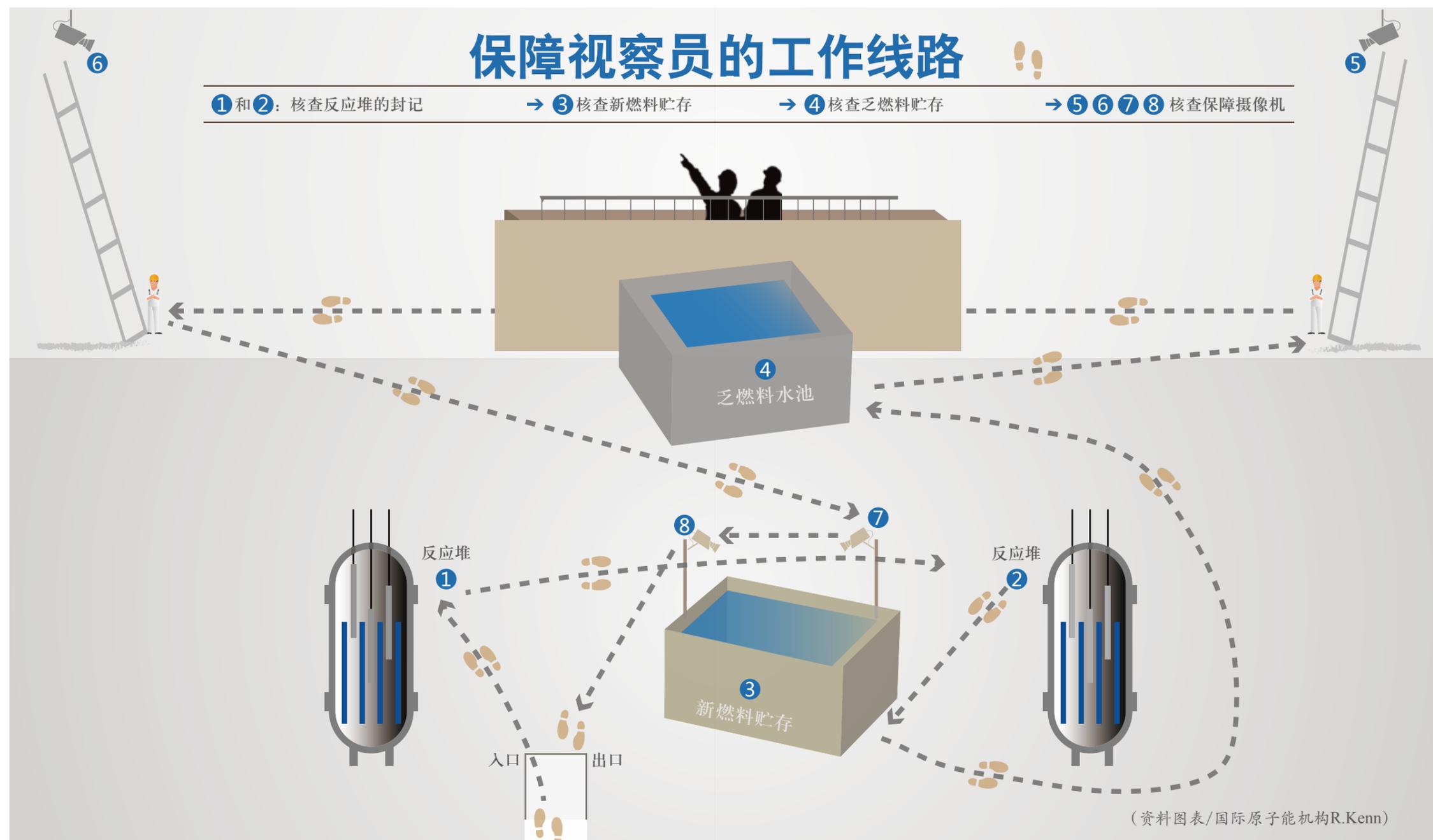
下，接受由原子能机构视察员进行的核查。原子能机构视察员完成了2118次视察，总共耗时13248个现场核查日历。

保障视察员平均每年约有100天在视察途中，然而，他们要去的地方并不是令人垂涎的旅游景点，而是通常位于有时难于抵达的偏远地区的核电厂、铀矿山、核燃料制造厂、铀富集设施、研究堆和核废物设施。有些地方，视察员还得当心安保问题。

攀上爬下

每视察一座核电厂，一位视察员要脚穿钢头安全靴、头戴安全帽和身着防护服，连续行走和攀爬约5千米。“那是一项十足的体力活。”干了16年视察员的Abdellah Chahid说。“你真的需要强健的体魄，也需要毅力。”

有时天不作美，也增大了工作对体力的需求。Chahid忆起在一个特别寒冷的冬季在哈萨克斯坦进行的视察，温度低至零





保障视察员在工作。
(图/国际原子能机构
D. Calma)

下30℃，他为保护γ测量仪而将其裹在自己的外套中。如果放在露天，γ测量仪的液晶显示屏就会爆裂，这样，整个仪器就会报废。

无论在哪儿，对核电厂的视察，顺利的话需要4个小时；如果遇到麻烦，甚至需要10个小时。如果视察其他类型的设施，例如，涉及燃料制造的设施，则需要大约一

周的时间才能完成。

危险的状态

在核电厂的反应堆大厅里面，保障视察员要开展的关键活动之一，就是核查乏燃料水池中的内容物。视察员使用经改进的切伦科夫观测装置来判断水池中贮存的乏核燃料组件的存在情况，确定核电厂营

运者拥有的燃料与报告的相符。视反应堆的功率和服役年限，乏燃料组件的总数可能达数千个。视察员核查时要搜寻校准的切伦科夫辐射——自乏燃料组件发出的蓝色辉光（见第18页文章）。为此，视察员手持切伦科夫观测设备，从16米深的乏燃料水池上方探身出去。一些核电厂要求视察员将自己牢固地固定在行车轨道上对乏燃料水池进行视察。这个工作要求体魄、耐心和适应能力。

成为一名视察员

在每年收到的约250份申请中，仅15名到25名视察员受到雇用。新的视察员要经过5个或6个月的培训，经测试合格后才能被派往各种设施执行任务。通常，他们首次任务要在更有经验的视察员的监督下进行，满足要求后才能自己独立开展工作。在第一年，所有的新视察员都有一名导师。国际原子能机构从大约80个国家雇佣约385名指定视察员。

由于从事这一工作要求专业技能，大多数情况下，招募物理学家、化学家和工程师为视察员，理想的是有核物理或相关领域的专业背景。“保障视察员需要一定的

适应能力和良好的判断力。他们需要快速学习，注重细节。”从事了8年半现场视察员工作并担任培训新视察员工作五年的Hilario Munyaradzi说到。他们还需要保持小心谨慎，因为他们所做的许多工作和他们进行的取样都是高度保密的。

核查活动有很多不同的类型：计划或例行的视察、不通知的视察、补充接触、设计资料核实（确保未对设施进行修改，并且设施正在按申报的那样进行使用）、实物存量核实（核查设施中已申报的核材料例如燃料的存量的存在情况）。

大型设施的实物存量核实既复杂又耗时，也许需要10个视察员工作7天到14天才能完成。进行设计资料核实时，视察员要将有关国家已提交原子能机构的设施设计资料与现场观察结果进行比较，以确认所提供的资料是正确而完整的，并且设施没有被滥用过。

在世界范围内接受原子能机构保障的几乎1300座核设施和设施外场所中，大多数每年都要进行设计资料核实和实物存量核实。视察员还需出席重要活动，例如，核电厂反应堆换料，并且需要使用各种复杂的仪器进行工作（见第18页文章）。

保障视察员着“套鞋”行走1英里

平均每座核电厂完成例行视察的时间表类似如下：



前一天晚上飞到要核查的国家，大约抵达时间是下午7时



次日上午6时

离开旅馆。驱车3小时到达核电厂（往往位于人烟稀少的偏远地区）。

上午9时

到达核电厂。等待厂方的陪同人员。

30分钟到1小时

核材料衡算：视察员查看设施所采购、贮存和使用的核燃料的数量以及设施正在运行的容量，以查看是否所有这些信息都加起来。



15分钟

会见国家保障当局的代表和核电厂的营运者，讨论视察情况，并商定“活动计划”，详述营运者有关设施未来的计划。

1小时

进行全身辐射扫描；接受剂量计，以追踪在各场所接受的辐射剂量；然后，穿上专用服装并佩戴防护装备，进入反应堆大厅。

2到4小时

在反应堆大厅进行核查活动。

1小时

午餐
与国家保障当局和核电厂营运者讨论后续行动。

2到4小时

返回反应堆大厅或到核电厂其他部位进行其他核查活动，或继续审计核材料衡算。

下午4时

视察员离开核电厂，驱车3小时返回旅馆。

下午7时

到达旅馆。



视察员的行李箱中有什么？ 保障设备综述

文/Vincent Fournier

现场视察是国际原子能机构核核查活动的核心，给视察员装备适当的工具是实现有效核保障的关键。原子能机构视察员使用逾100种设备来核查核材料的形式、同位素组分和量。

通常，视察员每次视察时选用3至5件手持设备。“没有典型的视察这样的事。”为视察员提供监测工具的原子能机构无损分析科科长Alain Lebrun说。“设备是由视察员根据具体情况选择的。”

技术人员对视察员要带的设备进行准备、校准和包装。如果体积太大，还要提前将设备运到目的地。应用最广的手持设备是无损分析仪。无损分析仪用于检测核材

料（铀、钚和钍）的存在及其具体特性。核材料的物理特性（温度、重量、体积、厚度、光发射/光吸收）采用专用仪器进行评价。

“设备需要技术先进、多功能、坚固，方便用户。”Lebrun说。设备专家不断地审查和优化仪器，紧跟技术创新，简化用户界面。

有时，可以采用商用设备，以最大程度地减少定制，同时，国际原子能机构也需要专门委托研制设备或自行研制设备。“有些工具的费用远高于跑车。”Lebrun说。



辐射探测仪

最常用的设备之一是HM-5型设备。这是一种为保障核查用途定制的商用仪器。视察员携带这种仪器检测放射性材料的存在情况。如果辐射超过一定的水平，仪器就会发出“哗哗”声，并识别发出辐射的核素。这种仪器也可用于测量铀的富集度。鉴于这种多功能性，HM-5型辐射探测仪在实际中被用于原子能机构的各种视察。



富集度问题

维持核链式反应需要富集铀-235的铀。但是，浓缩厂中的核材料和技术也可以用于生产武器级的铀。在处理或/或贮存铀的设施中，视察员通过测量铀的重量和富集率来计算裂变材料的总量。

视察员用一种大的**负荷传感器**——悬浮式秤来称量钢瓶，得出其装载的材料（例如铀）的量。这种传感器有5000千克和20 000千克两种称量范围。

视察员往往使用高技术的 γ 能谱探测仪来核查富集度。 γ 能谱法是一种对放射源释放的 γ 辐射进行监测和评价（即测量）的技术。例如，**电冷锗系统**是一种紧凑的便携式高分辨率探测仪。这种仪器利用有源的锗晶体在冷却到零下140℃时，可检测铀发出的 γ 辐射。电冷锗系统可用于非实验室环境，因为与常规的锗探测器不同，它可以采用电池供电来实施冷却，而不用液氮冷却。液氮既不便于搬运，也不随处拥有。

从图中可见，分析的材料有时装在一个大的圆桶内。为确保电冷锗系统或其他工具能精确地评估和分析数据，根据圆桶壁的不同厚度而透过的 γ 辐射有所差异的特点，视察员借助**超声厚度仪**来调整探测仪的灵敏度。





水下应用设备

视察员采用不同类型的探测系统来测量核设施中的乏燃料、过滤器和废物的特性。

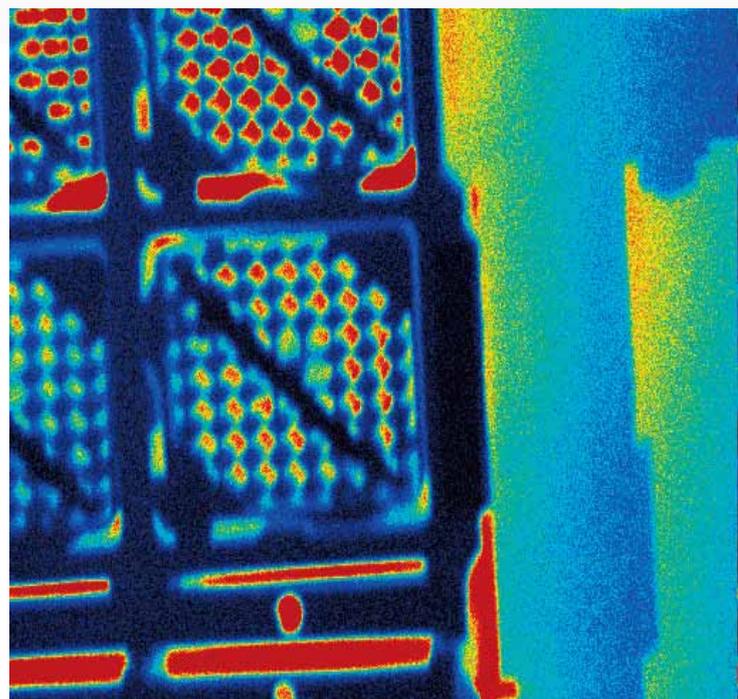
例如，辐照物项属性测试仪含有一个装在保护管内、大小与小的宝石差不多的高灵敏度 γ 射线探测器。保护管伸入乏燃料水池，对其中贮存的物项进行测量。探测器通过电缆与乏燃料水池侧的分析设备连接。

辐照物项属性测试仪用来测量在不同能量水平下的 γ 辐射强度。每种原子的每一种同位素都会发出其特有的 γ 射线，通过 γ 能谱就能核查各种物项在乏燃料水池中的量。如果水池中的乏燃料发生转移或替换，视察员通过质谱分析即可获悉。



观察乏燃料水池不被浸湿的设备

采用数字式切伦科夫观察装置可以替代辐照物项属性测试仪对乏燃料进行核查。数字式切伦科夫观察装置利用超灵敏照相机来检测紫外光。将这种照相机与计算机相连，通过专门的软件来进行图像分析。这种照相机是为国际原子能机构专门研制的天文设备。但它不是用来观察星星，而是采用专用镜头和传感器来捕捉乏燃料组件发出的紫外光。紫外光的图案可以揭示乏燃料组件的关键细节。数字式切伦科夫观察装置被用来核查乏燃料水池，确保乏燃料不被转移或被非燃料组件替换。重要的是，数字式切伦科夫观察装置不用浸入燃料水池中，不会受到放射性元素的污染。



实施中的附加议定书

附加议定书赋予国际原子能机构接触资料和场所的扩大权力，有助于进一步提供已实施全面保障协定的国家中不存在未申报的核材料和核活动的保证（见第4页文章）。

为根据附加议定书评价各国申报的完整性，视察员可以利用**补充接触工具箱**进行补充接触访问。补充接触工具箱为视察员提供多种工具来收集信息和核查申报。这些工具包括照相机、激光测距仪、全球定位系统工具、录音设备、手电筒、通用辐射测量系统（例如，HM-5型辐射探测仪）和环境取样盒（见第14页文章）。这些工具帮助国际原子能机构确认这些国家不存在未申报的核材料和核活动。



规划未来

技术进步不断给监测和核查工作带来新的机会和提高效率。装备的平均寿命约为10年。10年后，其可靠性将降低。在一些成员国的重要支持下，国际原子能机构正在为跟上新技术的发展步伐而努力。

“提高视察效率是国际原子能机构的一个优先事项。我们的目标是更快、更好地做我们今天做的事，且干扰现有的工作流程。”国际原子能机构技术预见专家Dimitri Finker说。“我们正在通过增加变革、对市场现有的工具和技术进行定制来这样做。”

例如，对补充接触工具箱的改进将允许视察员在不久的将来能更快、更准确地工作，在回到维也纳后只用较少的精力便可写出核查报告。

视察员将在现场用**电子笔**作记录，利用固定在视察员腿上基于惯性测量单元的**自动定位系统**跟踪其行走路线，利用不同的照相机，包括与测距仪与新的**小型化辐射探测器**相结合的**红外照相机**来探测和识别不同的辐射源。在现场采集的数据被上传到软件，进行信息组合，形成整个视察期内包含时间、辐射值、取样照片和精确位置的高精度定位检测报告。

“除了使视察员在采集信息编写报告方面节省一半的时间，我们还向他们提供技术解决方案，使他们腾出最多的时间进行分析。”Finker说。

国际原子能机构还正在评价利用三维激光技术进行核查的好处，该技术在视察员手持工具绕厂房行走一周时，就可迅速绘出厂房图。利用由此得到的三维图来核查国家的设施申报比利用标准照片的效率高得多。



图/国际原子能机构

不分昼夜调查受保障材料

文/Vincent Fournier

虽然视察是国际原子能机构核查活动的核心，但愈来愈多地被不分昼夜地工作的监视技术所补充。这使得原子能机构能够既提高保障的效率又加强保障的有效性。

对核材料和核设施的这种监测提供了解的连续性，即核材料没有从和平利用中被转用的最终保证。用摄像机和辐射探测器代替视察员到现场，记录长时间的运行情况，例如，可能历时数周的轻水堆换料操作。记录的数据要么实时妥善地传送到国际原子能机构，要么视察员在视察期间就地审查数据，检查所进行的活动是否与申报的一致。

全世界有1400多台监视摄像机和400多台辐射探测器与其他探头，采集的加密保障数据愈百万。安装在核设施上的2.3万多个封记确保对材料和设备的封隔。



警惕之眼

国际原子能机构的下一代监视系统（NGSS）包括若干台装在篡改指示容器中并配备有无外部电源情况下仍能长时间供电的长效电池的摄像机。下一代监视系统采集的监视数据采用三层不同的加密数据保护和多层物理、无源和有源篡改指示技术来保持其真实性和保密性。下一代监视系统摄像机的核心是采用一种可靠的核心监视部件来保护关键电子器件和光学探头，并通过有源篡改指示机理来保护加密的机密。

摄像机安装于乏燃料贮存区、乏燃料水池中及其周围和核材料可能经过的所有转运点。摄像机可能装有“鱼眼”光学镜头，可进行全景拍照。摄像机根据核查需要，按事先确定的时间间隔（1秒、10分钟或更长）拍照。譬如，在一座铀浓缩设施中，摄像机会更频繁地记录活动情况，而在贮存区，摄像机进行拍照的时间间隔会长一些。“如果你需要安装起吊设备来吊运贮存设施内的材料，我们会发现可疑的活动，尽管拍照的间隔较大。”国际原子能机构保障监视组组长Gabor Hadfi说。

Hadfi解释说，照相比连续摄影有优势，因为：可以延长电池的寿命，图像比电影胶片更容易处理和分析。

监视数据经过预处理后，借助专门的移动探测软件进行审查。视察员检查数据，评价其是否与设施正常运行和所报告的运行相一致。



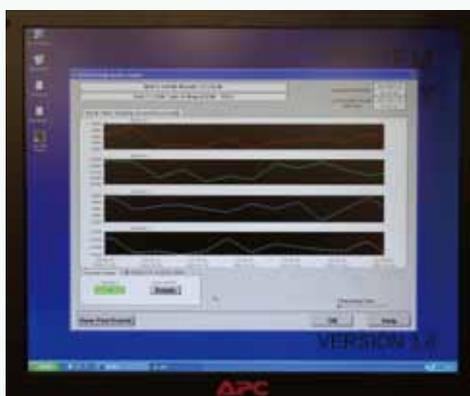
远程辐射检查

监视摄像机可以看见移动情况，但无法检测辐射水平。为此，国际原子能机构采用无人值守的无损分析监测系统，其中包括测量中子和 γ 辐射的辐射探测器和多种监测温度、流量和其他参数的探头。“这些设备安装于特定位置，对核材料进行表征和核查，监测乏燃料的移动情况，全天候地采集和传输加密数据。”国际原子能机构无人值守监测系统组组长Thierry Pochet说。

这些系统可以安装在视察员因大量辐射而难以接近的区域采集数据。有大约160套系统安装在40多个国家，其中包含有总共700个辐射探测器和探头。Pochet说。例如，一座典型的CANDU加压重水动力堆就安装有大约20个探头。

从浓缩厂到反应堆、乏燃料贮存设施和后处理设施，不同类型的无人值守系统被用于各种设施。从辐射监测收集的数据常常要结合视频监视进行分析，以追踪设施中的核材料移动情况：照片使视察员能远距离地观察引起辐射水平变化的情况。

VXI一体化燃料监测器用来追踪和计算从加压重水堆（包括CANDU堆）堆芯中卸出的燃料。在这些类型的反应堆中，燃料棒束需要在一天中更换若干次。监测系统利用许多中子探测器和 γ 辐射探测器追踪装入堆芯、在堆芯中搬移和卸入乏燃料水池中的燃料棒束。



乏燃料在乏燃料水池中冷却大约5年后，就准备运到通常离反应堆场址几公里的贮存点。运输时，乏燃料被转入装有移动单元中子探测器的专用罐中。移动单元中子探测器用于测量辐射水平，确保罐中所装的乏燃料不会在运输过程中被替换。这种设备基于中子探测系统，可采用电池供电进行数据采集和存储，连续工作时间高达8周而不用维护。



到达贮存点后，移动单元中子探测器被从转运罐上取下，罐中的乏燃料被转到竖井内。转运前，安装竖井入口 γ 监测器，其 γ 监测器用于监测装运过程。该设备与数据存储柜连接。竖井入口 γ 监测器同摄像机监视结合使用，记录转运过程的所有动作。





监测研究堆的功率

一些专门的系统被用于监测核研究堆的功率。先进热工水力功率监测器通过测量反应堆冷却回路中温度和水的流量来监测研究堆的功率输出。如果根据监测计算出的功率超过某个阈值，视察员就能调查判断反应堆运行是否与申报一致。高于申报的热输出功率，可能表明可能进行了钚生产，构成扩散风险。



后处理

在对铀乏燃料后处理期间，从辐照后的核燃料中回收可裂变钚。这种后处理后获得的钚又制成混合氧化物燃料（MOX）在热堆中再循环。占乏燃料材料主体部分的后处理铀，也可以再用作燃料。钚的存在代表了特定的扩散风险，后处理厂应用的不同工艺采用无人值守设备监测。例如，为日本的六所村后处理厂设计了20多个专门监测系统，其中包括数百台中子和 γ 辐射探测器。这座作为一座世界上最大的后处理厂，具有每年转换获得800吨铀或8吨钚的能力。采集的所有监测数据均通过专用安全网络实时传送到国际原子能机构设在厂内的视察中心。



追踪浓缩厂中的铀-235

2015年，国际原子能机构开发了一种在线富集度监测系统，专用于测量气体离心浓缩设施中的铀富集度。气体离心浓缩设施是通过逐步提高能维持链式裂变反应的铀-235同位素的比例来实现铀浓缩的。

该富集度监测系统测量从浓缩厂离心机级联流经处理管道的气态铀——六氟化铀（ UF_6 ）的特性。在管道的主接头装有一种采用碘化钠晶体的 γ 射线探测器，用于测量管道中的铀-235量，同时，温度和压力传感器能使机器测定气态铀的总量。据此就可以通过计算，实时将富集度存储或传送到国际原子能机构总部。该系统可以作为监测进出气体浓缩离心机级联的材料富集度的一个配置进行安装。

所有部件都装在通过特殊管道连接的密封箱内，所有外壳都是密封的。使用特殊油漆，确保一旦篡改就会知晓。

继2016年1月在伊朗纳坦兹燃料浓缩厂首次亮相后，国际原子能机构打算逐步在其他国家的气体离心浓缩厂推出在线富集度监测设备。由于新技术能够提供连续测量，因此取样和环境取样将会减少，从而提高效率和节省费用。

国际原子能机构的核准封记

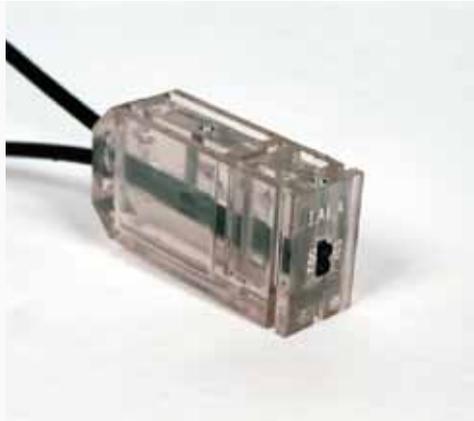
国际原子能机构的封记是最著名、也是最频繁使用的保障设备。尽管简单，这些篡改指示装置对威慑非授权接触受保障材料和国际原子能机构的保障设备十分有效。它们也为识别固定容器提供了一种独特的手段。封记核查包括仔细检查物项的包封以及封记的标识和完整性，从而发现篡改的迹象。

国际原子能机构视情况使用若干种封记。有些设计用于水下或极端环境。

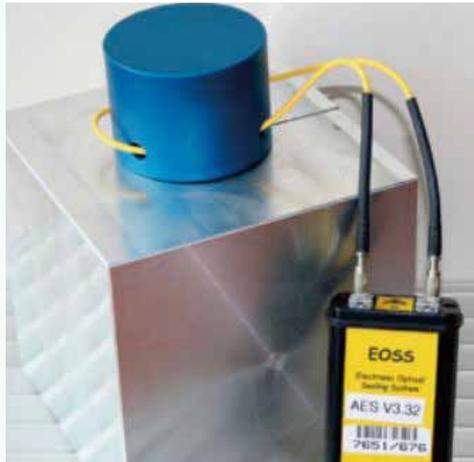
一次性使用的**金属盒盖封记**已经采用了30多年。每年要发放和核查约16 000个这样的封记。为便于识别，每个封记都作了编号，并在其内表面有独特的标记。在发放到视察员手上之前，这些编号和标记都作了记录。视察期间，封记要进行更换并带回原子能机构总部，通过检查标记是否与原有的相同来核实其有效性和真实性。



其他类型的封记由原子能机构视察员就地完成核查。例如，“眼镜蛇”封记包括一根多芯光缆，其两端封装在封记主体内。关闭封记时，一些光缆芯被随机切割，形成一个独特的光学图案。用摄像机摄下经过电缆的光，记录下该独特的识别标志。核查时，将视察图像与安装图像进行比较，确保该封记的标识和连续完整性。每年部署约2000个“眼镜蛇”封记，通常与金属盒盖封记结合使用，以进一步加强可靠性。



原子能机构还使用电子封记，例如，**电子光学封记系统**，可以由视察员远程查看，并连接到视频监视系统。这种封记包括一个光纤环和一个电子单元。它以很短的间隔通过光纤发送一个光脉冲来保持对环状况的监测。光纤环的开关时间、数据和持续时间被记录在一个加密的内部存储单元中。有源电子封记使得与国家当局和运营者的合作成为可能。国家当局和运营者被允许安装和拆除封记。这些修改要作记录，视察员可以将记录同申报的活动进行比较。



封隔核查激光测绘系统是在用的最新封记技术。该系统的扫描仪利用激光表面测绘技术，在容器置于使用中时生成容器封闭焊缝的高分辨率图。通过对焊缝再次扫描，将所得的新图同相应的参照图比较，就可进行识别和篡改检查。



图（除非另有说明）/国际原子能机构

通过核核查科学揭示事实

文/Nicole Jawerth

“我们利用高灵敏度设备分析保障视察员采集的样品，有时，样品甚至小到纳克级。”

—国际原子能机构核材料实验室主任Steven Balsley

保持对事实的跟踪是核核查的重要组成部分。国际原子能机构保障实验室的工作人员每年接收数百份样品，通过对核材料样品中铀和钚含量进行抽检和分析来核实数据。

“我们利用高灵敏度设备分析保障视察员采集的样品，有时，样品甚至小到纳克级。”国际原子能机构核材料实验室主任Steven Balsley说。“这是一个高度准确的过程，在国际原子能机构核查核材料和核设施是否被和平利用的工作中起着重要作用。”

实验室的科学家分析保障视察员在对核设施进行实物视察期间从核燃料循环不同点采集的核材料样品和环境擦拭样品。经过筛选和处理后，这些样品被分发到国际原子能机构实验室网，由设在奥地利塞伯斯多夫的原子能机构实验室的科学家进行分析和归档。这些实验室包括两个现代化的设施：处理核材料样品的核材料实验室和接收与筛选痕量核材料的所有环境擦拭样品的环境样品实验室。（见第14页文章）。

一旦样品被记录和分发到原子能机构实验室网，科学家就使用仪器，例如，一些 γ 能谱仪和一些质谱仪（见第15页科学资料框）来确定所采集样品中的铀或钚的种类与含量。

“铀和钚是核动力堆中用于发电的两种主要可裂变元素，但也是制造核武器最通用的可裂变元素。”Balsley解释说。“我们最感兴趣的是盯住这两种元素的可裂变同位素在核燃料循环中的移动情况。”

国际原子能机构平均每年接收和分析600多个核材料样品。这些样品保存在很小的容器中，贴有匿名的条形码标签，以确保在整个评价过程中的保密性。样品可能小到一根眼睫毛，大到几克重。其包含的信息帮助揭示取样点在过去和现在活动的线索。

“虽然保障视察员采集的样品可能仅为设施中数吨材料的一丁点，但我们就能够观察所采集样品中的原子的某些特征并评价其总体特性。”Balsley说。“根据对小样品的分析推断数据，科学家就能确定数吨材料中的成分，改进核材料衡算的精度。”

核查取样

采集核样品的主要目的是核查施以保障的设施中所申报的材料的量和同位素成分。然后，国际原子能机构将申报值与其独立测得的值进行比较。

“在任何领域同大量库存打交道，存在微小的差异是正常的，无论在银行、杂货店或核设施都是如此。将账面值与实际值比较，不是过剩就是不足。”Balsley解释说。他说，保障的一个主要目标是确保差异相对于所谓的“重要量”即发展核爆炸装置所需的量是微小的。

申报值与独立测得的值存在明显差异就被称为缺陷。缺陷分三种类型：总缺陷，即一批或多批核材料物项无法查明；部分缺陷，即一批核材料物项的重要部分被抽走；偏差缺陷，即随着时间的推

移，一批核材料物项的一小部分被周期性地去除。

总缺陷和部分缺陷因涉及量大在设施上很容易被视察员发现。与这两种缺陷不同，偏差缺陷因其量小而需要高精度的化学和物理测量来提高核材料的核算。

例如，均匀的散装材料（象桶装二氧化铀）就需要用称为负荷传感器（见第18页有关该设备和其他设备知识）的专用系统首先仔细和精确称量最初随机挑选的一批物项。然后，在国际原子能机构视察员的严密监视下，操作人员从散装物项中采集克级样品若干份。这些克级样品也在设施上就地仔细称量。

样品提交核材料实验室后进行再次称量并分析，得出其中铀的含量百分比及其同位素成分。通过对样品中铀含量百分比的测量和对样品与原有物项的称量，国际原子能机构专家就能精确地计算出散装物项中的铀质量。随后，他们将发现的情况与来自设施的申报信息进行比较，也同从核材料的量受到监视的相同物理区（称为材料平衡区）的取样分析结果的历史记录比较。

对有些不易取样的产物或无法提取有代表性的样品的非均质材料，使用其他方法来核查其化学成分或同位素成分。

准确度、质量、信心

质量控制是保持对保障核查所用分析结果的信心所必不可少的。作为一个经过国际认证的实验室的一部分，工作人员采用经验证的分析方法来进行分析。采用经认证的基准材料来检测实验室的测量质量，参与实验室间的比对计划，确保测量标准和仪器校准正确。实验室工作人员也对保障视察员进行规程培训，以对样品进行恰当



地采集和操作，从如何避免样品的交叉污染到以何种方式采集核材料物项才能获得代表性的样品。

与最新技术发展保持同步，也有助于提高准确度和精度，确保质量。这些实验室通过与该领域专家的频繁咨询、成员国的支持和方法的不断地改进及仪器仪表升级来跟上发展的步伐。

现代化的设施

在塞伯斯多夫实验室耗资约8000万欧元的大型现代化项目已在2015年底按预算准时完成。该“加强保障分析服务的能力”项目包括为环境样品实验室扩建一个新的清洁实验室，新建一个核材料实验室，替代上世纪70年代建设的保障分析实验室。

该项目除其他以外，尤其增加了实验室的样本容量，改善了分析方法灵敏度，为培训视察员和成员国实验室工作人员提供了更多基础设施。

“该项目的成功完成加强了国际原子能机构应对日益增加的保障工作负荷的准备。”Balsley说。“保持先进和现代化，将使国际原子能机构能持续地满足今后几十年的保障分析需求。”

核材料实验室的专家采用专用工具仔细分析核材料样品，作为保障核查过程的一部分。

（图/国际原子能机构
D. Calma）

擦拭检查：收集和分析环境样品

文/Aabha Dixit

“无论你怎么清洁厨房，总会留下一点材料灰尘。在核设施同样如此。这样就可以进行环境样品擦拭分析来检测使用了什么元素。”

—国际原子能机构环境样品实验室主任Stephan Vogt

实 实验室风淋用空气被加压、精心过滤和密切监测。科学家和技术人员经过风淋后方可进入。欢迎来到国际原子能机构的奥地利塞伯斯多夫环境样品实验室，或“清洁实验室”。在这里，每年要分析超过300个样品，以核实核设施一直如申报的那样使用。

清洁实验室条件很重要，这样才能识别视察员在研究堆、浓缩厂和其他核设施采集的分析用擦拭样品中最小痕量的铀和/或钚。所用机器非常灵敏，能够在样品中挑出不到 10^{-12} 克重的铀和钚。

“无论你怎么清洁厨房，总会留下一点材料灰尘。在核设施同样如此。这样就可以进行环境样品擦拭分析来检测使用了什么元素。”国际原子能机构环境样品实验室主任Stephan Vogt说。

原子能机构擦拭取样如何开始

20世纪90年代，伊拉克的一座核设施遭到轰炸，原子能机构视察人员无法对摧毁的场址进行常规的核查活动。因此，视察员进行了创新。他们用棉布对损坏的设施中的物项进行“擦拭”，并加以分析，确定设施在销毁前使用了哪些元素。从贫铀到高浓铀，整个范围的铀都得到确定。被污染的棉布能够揭示关于破坏的核设施历史记录的重要信息。使用擦拭取样作为原子能机构核查活动的一部分的概念由此诞生。

环境取样现在是原子能机构标准流程的一部分。用于视察目的的环境样品试剂盒均是在实验室的“洁净室”制备的。密封包装的擦拭工具只在视察的指定区域打开。箱包中有两对乳胶手套、6至10个棉制擦布，还有一个拉链包用于放置擦拭样品。这些东西然后被放置在一个外密封袋中，直到送达原子能机构。

在核设施或相关设施不同位置的表面擦拭多次。这些擦拭获得的样品送回到实验室后，须采用先进技术（见资料框）进行高度复杂的分析。

样品在原子能机构实验室以及在八个原子能机构成员国和欧洲原子能联营的19个认证的实验室进行分析。在澳大利亚、巴西、法国、德国、日本、俄罗斯、韩国、英国和美国的实验室是隶属于原子能机构实验室网络的一部分。

为了保持过程的保密性，所有收集的擦拭样品经受严格的标记系统，去除国家身份和收集地点。Vogt说，匿名样品经过放射性特征和主要元素成分的初步调查筛



视察员在核设施采取擦拭样品。

（图/国际原子能机构保障司）

虽然许多保障核查方法的目的是检查和确认一国申报的核材料的种类和数量，但环境取样用于核实不存在未申报的核材料。

选，然后发送到成员国的指定实验室。为了保持过程的保密性，所有收集的擦拭样品经受严格的标记系统，去除国家身份和收集地点。Vogt说，匿名样品经过放射性特征和主要元素成分的初步调查筛选，然后发送到成员国的指定实验室。在原子能机构发送的样品中还包括盲质量控制样品，以便对照原子能机构制定的标准对测量结果进行评价和保持一贯的高质量。

认真收集和透彻分析环境样品是目前原子能机构保障工作的一个重要组成部分。

“这些活动使原子能机构能够核实核设施一直如申报那样使用，并建立对核技术和和平利用的信心。”原子能机构副总干事兼保障司司长Tero Varjoranta说。



用于环境取样的样本工具箱。
(图/国际原子能机构保障司)

科学

跟踪标志性元素和同位素

所有擦拭样品使用 γ 射线和X射线能谱测定法通过检测存在的元素和放射性同位素的类型进行筛选。“用于擦拭筛选的方法是无损的，这意味着这些样品在筛选之前不被破坏或分解，不会在整个检测过程受到损害。”Vogt说。

质谱仪被用于测定包含在擦拭样品中的铀或钚的同位素成分。该方法是如此灵敏，它能够识别比头发丝宽度小100倍的单个粒子。

大型几何形状次级离子质谱仪能够测量微米大小颗粒的铀同位素成分。它为单独的铀粒子“同位素指纹识别”提供一个强大的分析工具。分析样品的另一种方法是整体分析，检查擦拭样品上的铀和钚含量和综合材料的同位素成分。Vogt补充说，通常，样品被同时送去进行整体分析和颗粒分析。



正在原子能机构的奥地利塞伯斯多夫环境样品实验室进行擦拭样品分析。
(图/国际原子能机构D. Calma)

完善保障图画：利用卫星图像增加国际原子能机构保障能力

文/Rodolfo Quevenco

卫星图像被用来创建场址平面图，收集场址上有关建筑物及构筑物的信息。图中分析人员正在讨论场址平面图。

(图/国际原子能机构 D. Calma)



通过实施保障，国际原子能机构收集并评价广泛的保障相关信息，以核实各国将核材料和核技术仅用于和平目的的国际义务。这包括从包括商业卫星图像在内的公开来源收集的信息。

“图像分析补充了各国提供的信息，可以成为对一国申报进行核实的重要组成部分。”国际原子能机构国家基础结构分析

科科长Karen Steinmaus说。“商业卫星图像已经成为原子能机构保障司的一个非常重要的信息来源，对原子能机构无法进入的地方尤其如此。”Steinmaus补充说。

卫星图像分析经常被用于以下保障活动中：

- 核实各国提供的信息的准确性和完整性；

福岛核事故期间的卫星图像

卫星图像的重要性超越了简单地核查各国的申报、规划和支持核查活动、探知和调查未申报的活动。它还在监测核燃料循环活动中发挥重要作用。福岛核电站事故就是一个实例。

当2011年3月11日9.0级地震袭击日本东北部海岸时，它引发了一系列事件，最终导致核事故。当天下午，原子能机构保障司开始收集卫星图像，以评估在广泛的日本核场址可能遭受的损坏。

原子能机构能够每日接收和分析图像。在当年3月11日到5月底期间，原子能机构获得了日本的157个商业卫星图像，其中130个是通过危机事件服务局捐赠的。

卫星图像的初步评估发现若干核场址受损，但很快变得明显的是，危机集中在福岛第一核电站。因此，商业卫星图像在支持原子能机构事件和应急中心在事故发生后的几天和几个月内向成员国通报情况以及与更广泛的公众沟通起到了关键作用。

- 协助规划现场活动和视察活动；
- 对核燃料循环相关场址进行变更探知和活动监测；
- 找出可能的未申报的活动。

卫星图像对于保障的价值：朝鲜案例

卫星图像有助于国际原子能机构随时了解朝鲜的核计划，即使它无法在朝鲜开展实际核查活动。监测宁边场址的发展情况尤为重要。

卫星图像的使用使得原子能机构能够准备和更新一旦视察员重返朝鲜在朝鲜实施监测和核查活动的详细计划。

未来的挑战和机会

近年来，卫星图像分析面临的挑战和机会急剧扩大。具有显著改善“重新审查时间”功能的新的空间分辨率的传感器为监测场址和活动提供了前所未有的机会。

除了光学图像，商业成像雷达、新红外传感器和基于卫星的视频具有提高分析过程的潜力。这些能力为分析人员获得支持原子能机构操作核查要求的其他信息提供了不同的技术。

“商业卫星图像已经成为原子能机构保障司的一个非常重要的信息来源，对原子能机构无法进入的地方尤其如此。”

—国际原子能机构国家基础设施分析科科长
Karen Steinmaus

优化国际原子能机构保障

文/副总干事兼保障司司长Tero Varjoranta

国际原子能机构保障为国际安全做出重要贡献。通过保障，国际原子能机构阻止核武器的扩散，并提供各国正在履行其将核材料仅用于和平目的的国际义务的可信保证。其独立的核查工作使得原子能机构能够促进建立国际信心和加强对所有人的集体安全。

核技术领域不是静止的。在过去的五年中，7个新的保障协定和23个新的附加议定书生效。置于保障下的核材料数量增加了17%，置于保障下的核设施数量增加了5%。随着民用核计划继续扩大，这些趋势会持续下去。

虽然在我们的法定核查义务的驱使下对保障司的需求不断增加，但我们的预算却没有按比例增加。如果我们要继续加强我们的有效性，我们的工作效率就必须提高。换句话说，要实现更高的生产率。

我们正在采取三种方式这样做：首先，我们正在充分利用现有的现代技术。第二，我们正在简化我们的内部流程。第三，我们正在鼓励各国在必要时加强与我们的实施保障合作。

此外，2015年7月伊朗与主要大国之间的核协议已显示出保障司能够有效和迅速响应原子能机构成员国新的核查要求的重要性。

我看好原子能机构保障的未来及其对全球安全的贡献。我们有强大的法律授权、广泛的政治支持和技术能力，使我们能够向世界提供所有核材料处于和平利用的保证。

我对保障的构想是：各国和核工业界把原子能机构看作是增值的；我们继续得出独立和可信的保障结论；任何保障关切问题都继续得到坚定地处理。



副总干事兼保障司司长
Tero Varjoranta。
(图/国际原子能机构)

伊朗与国际原子能机构：《联合全面行动计划》下的核查和监测

2016年1月16日，国际原子能机构总干事天野之弥宣布，伊朗已经完成了启动实施《联合全面行动计划》（“行动计划”，JCPOA）的必要准备步骤。这开创了国际原子能机构与伊朗之间关系的一个新阶段，并代表加强国际原子能机构在伊朗的核查和监测活动努力的开始。

该“行动计划”于去年7月在伊朗与中国、法国、德国、俄罗斯、英国、美国和欧盟（所谓的欧洲三国/欧盟+3）之间达成。作为非“行动计划”一方的国际原子能机构，正在对该文件中规定的核相关承诺进行广泛核查和监测。

在“行动计划”中，伊朗承诺将其浓缩离心机的数量减少约三分之二，不把铀浓缩到铀-235富集度高于3.67%的程度。它还同意在申报的核设施和核材料之外临时执行附加议定书，即准许国际原子能机构更广泛

地接触一国资料和场所的法律协定。这增加了国际原子能机构核查在该国和平利用所有核材料的能力。

根据“行动计划”，伊朗还同意实施自愿核相关承诺，即所谓的“透明措施”，包括加强国际原子能机构视察人员接触铀矿和选冶厂，以及连续监视离心机制造和贮存场所（参见下面伊朗根据“行动计划”的关键核承诺及其时间表概述图）。这些措施超出了附加议定书的范围，将有助于原子能机构更好地了解伊朗的核活动。

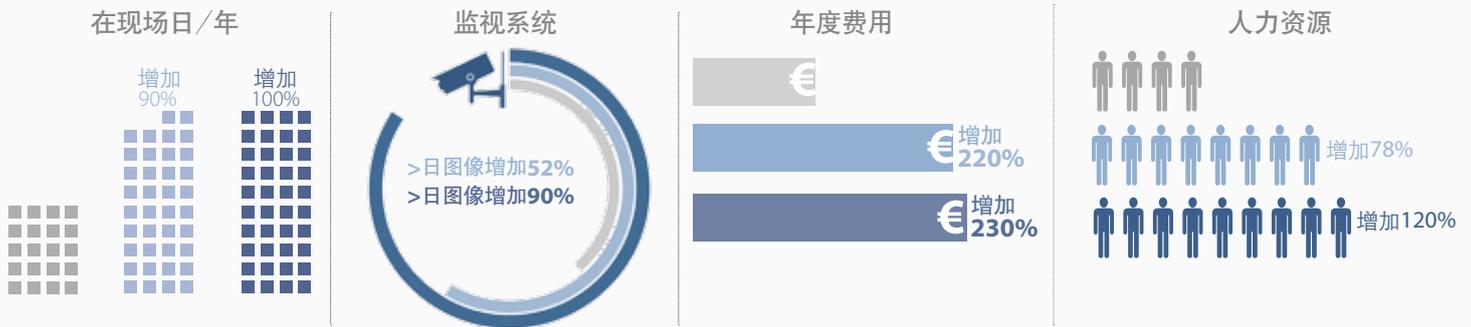
更高的承诺

作为实施“行动计划”的结果，原子能机构致力于伊朗核查和监测的资源大量增加（见上图）。例如，远程监视系统（见第22页文章）现在每天向原子能机构传输的图像和核数据比实施“行动计划”前多

伊朗根据“行动计划”的关键承诺



所需资源的增加

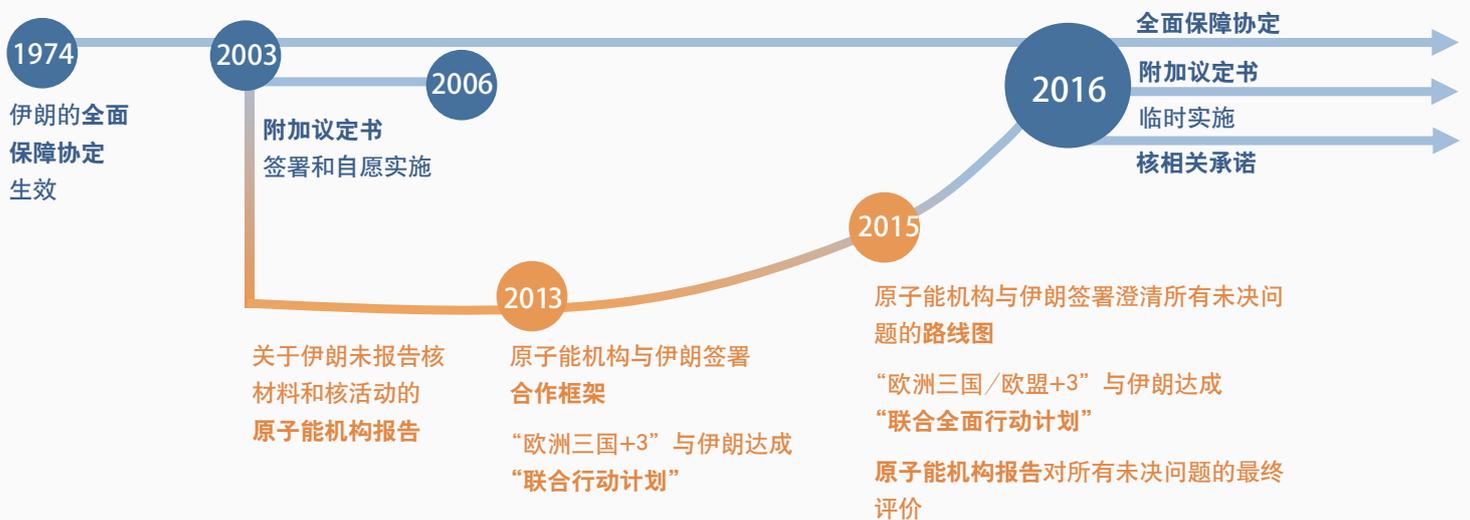


25%，比2014年国际原子能机构开始核查和监测临时框架即2013年伊朗与“欧洲三国+3”达成的“联合行动计划”之前几乎多一倍。

由原子能机构根据“行动计划”实施核查和监测，每年将需要920万欧元的额外开支。国际原子能机构用于这些活动的预算比实施“联合行动计划”（JPA）之前增加了2.3倍。

“虽然今后有很多工作要做，但国际原子能机构拥有专业知识和经验开展这项工作。”副总干事兼保障司负责人Tero Varjoranta说。伊朗的全面保障协定、附加议定书和根据“行动计划”的核相关承诺结合起来，能够为核查带来明显的净收益。

伊朗与国际原子能机构保障：关键日期



国际原子能机构如何为可持续发展目标做贡献

文/Nicole Jawerth 和 Miklos Gaspar

17 个可持续发展目标 (SDG) 是联合国大会于2015年9月商定的一系列目标。这些目标旨在未来15年里激励在对人类和地球至关重要的领域采取行动。它们平衡可持续发展的三个维度：经济维度、社会维度和环境维度。

国际原子能机构使其成员国可获得包括能源、人体健康、粮食生产、水资源管理和环境保护等许多领域即在可持续发展目标下所确认的所有重要领域的和平核技术。

为阐明核科学技术乃至原子能机构在可持续发展目标所涵盖的一些领域中的作用，本文将关注原子能机构在利用核技术和同位素技术方面如何向各国提供支持。这项工作预计会在可持续发展目标的背景下加强，并将有助于使世界更接近实现相关目标。



饥饿和营养不良的根源往往是粮食不安全和农业挑战，引起福祉受损

和经济增长紧张。通过原子能机构及其与联合国粮食及农业组织的合作，世界各地的一些国家正在通过利用核技术和同位素技术预防虫害以及培育具有高产、抗病性和/或耐旱特性的新农物品种来改善粮食安全和农业。还有一些国家使用这些技术保护牲畜健康和提高牲畜繁殖。例如，原子能机构帮助塞内加尔等国利用昆虫不育技术根除采采蝇。采采蝇过去经常造成牲畜死亡。

由于食品是为消费准备的，辐照有助于确保质量和安全。在原子能机构的协助下，一些国家利用辐照技术消除潜在有害的细菌和害虫，而其他国家则受益于辐照在延长粮食保存期方面的应用。

粮食不安全和农业挑战常常导致饥饿和营养不良。利用稳定同位素技术，保健专业人员能够监测身体组分和食物的摄入和吸收，以更好地了解营养不良的复杂性以及治疗和预防措施是否有效。



如果使人衰弱的疾病和卫生条件导致健康受损，实现可持续发展便是不可能的。

为帮助实现将非传染病死亡人数减少三分之一这一可持续发展目标，通过帮助各国制定全面的癌症防控计划，建立核医学、放射肿瘤学和放射学设施以及为专门的保健专业人员提供教育和培训支持，原子能机构可以很好地帮助国家应对癌症。原子能机构的工作有助于全球范围内改善癌症管理和获得保健。

原子能机构还致力于提高设施的利用率和可靠性，包括可用于生产救命的放射性同位素的研究堆，并在限制患者医疗过程的过度照射方面向各国提供支持。

随着更多地获得辐射和核医学技术，各国还能够更加准确地诊断和管理疾病（如心血管病），以及监测和评价健康状况（如结核病和



(图/国际原子能机构)



(图/IUCNweb/flickr.com/CC BY 2.0)



(图/Philipp P Egli/CC BY 3.0)

其他感染)。

例如，借助核技术，危地马拉的科学家和医务工作者现在能够找出该国儿童营养不良的原因和后果，使决策者能够制定对抗肥胖和发育迟缓的策略。原子能机构还支持一些国家发展早期发现从动物传播到人类的疾病（如埃博拉病毒病）的能力。



水是生命的必需品。随着人口增长和经济扩张，获得清洁安全的水已成当务之急。用同位素技术可以揭示水体的年龄和质量。例如巴西一些国家利用该技术制定水资源综合管理计划，以可持续地使用资源并保护水资源和水相关生态系统，而另一些国家利用这些数据应对水资源稀缺并改善淡水供应。

原子能机构的工作包括帮助非洲农民通过核技术和同位素技术有效地使用他们稀缺的水资源、在中东建立研究地下水资源的同位素实验室，以及协助萨赫勒地区制订水资源利用和管理政策。

随着社会留下其印记，水污染

也是一项挑战。在原子能机构的支持下，一些国家现正转向利用辐射技术处理工业污水，减少污染物和改善水质，使水更安全地适于再利用。



使用清洁、可靠且负担得起的能源的权利和机会，是经济可持续增长和提高人类福祉的前提，也影响着健康、教育和就业机会。原子能机构通过支持全球已有的和新的核电计划，推动能源规划、分析以及核信息和知识管理方面的创新和能力建设，促进核能的高效和安全使用。原子能机构帮助各国满足发展带来的日益增长的能源需求，同时提高能源安全，减少环境和健康影响，并减缓气候变化。

原子能机构支持各国考虑和规划引入或扩大核发电能力，为实现核能的安全和可靠利用在这一过程的所有阶段向他们提供援助和指导。



无论在发达国家还是在发展中国家，前沿的工业技术是成功实现强大

的经济体的基础。核科学技术尤其能够为经济增长做出重大贡献，并在支持可持续发展方面发挥重要作用。

在原子能机构的帮助下，一些国家通过利用这些技术进行安全和质量无损检测，以及在从汽车轮胎到管道和医疗设备再到电缆方面利用辐照技术提高产品耐久性，提高了产业的竞争力。

例如，利用核技术进行工业检测已对马来西亚制造业的竞争力做出贡献。该国已在东南亚打造出自己的利基，为邻国制造商提供使用核装置进行无损检测服务。

通过处理燃煤电厂的烟道气以及鉴定空气中的污染途径帮助降低环境影响，辐照也提高了产业的可持续性。



核科学，包括核动力，在减缓和适应气候变化方面能起到显著作用。核电与风电水电一样，是可用于发电的最低碳技术之一。原子能机构致力于提高全球对核电在气



(图/迈达尼无损检验培训中心A. Nassir Ibrahim)



(图/粮农组织/国际原子能机构)



(大勒核研究所P.S. Hai)

候变化方面的作用的认识，特别是努力确保核电在协助各国减少温室气体排放方面起到的作用能被正确认识。

核电是许多国家减缓气候变化策略的重要支柱，越来越多的国家正在考虑将核电纳入其国家能源结构。

核科学技术可以在协助各国适应气候变化后果方面发挥至关重要的作用。在原子能机构的支持下，菲律宾利用核技术实现了更好的防洪，肯尼亚利用核技术在日益干旱的地区开发了新型灌溉技术，阿富汗利用核技术培育出能在恶劣环境条件下茁壮成长的新的的小麦品种。



海洋有许多充满海洋生物的巨大生态系统，是靠海为生或每日依赖海洋获得营养或两者皆是的人的重要资源。为可持续管理和保护海洋，继而支持沿海社区，许多国家在原子能机构的支持下利用核和同位素技术更好地理解 and 监控海洋环境和海洋现象，如海洋酸化和有害藻华。

原子能机构协助成员国利用核技术测量海洋酸化程度，为科学家、经济学家和决策者提供客观信息，以做出明智决策。

通过原子能机构协调建立的国家、地区及国际实验室网络，也为若干国家提供了科学合作途径，也是分析和监测海洋污染物关键资源。



荒漠化、土地退化和土壤侵蚀会危及生命和生计。同位素技术可对土壤侵蚀提供准确评估，并帮助识别和追踪侵蚀热点地区，提供重要工具扭转土地退化并恢复土壤。这些技术包括使用散落的放射性核素和特定化合物稳定同位素分析，前者有助于评估土壤侵蚀速率，后者过去多用来识别土壤侵蚀的起源地。此外，原子能机构还支持成员国履行其防治荒漠化的义务。

原子能机构在这些领域的支持帮助许多国家利用这些技术收集信息，形成更加可持续地使用土地的农业实践。这有助于提高收入，同时也能改善对资源、生态系统以及生物多样性的维护方法和保护。

越南等发展中国家的农民使用这些工具确定影响他们种植园的土壤侵蚀的来源。这使他们能够拯救农田并赚取额外收入。



与成员国建立伙伴关系是原子能机构活动的中心。原子能机构、联合国组织以及其他国际组织和民间社会组织之间的密切合作，也有助于将原子能机构对实现成员国发展优先项目的支持影响最大化。

2014年，原子能机构通过其技术

合作计划为131个国家和地区提供了支持。与其伙伴合作，包括与一个区域性资源机构和合作中心的全球网络合作，原子能机构促进以科学为基础的决策和获取技术和创新。

如同与联合国粮食及农业组织和世界卫生组织的关系，长期的伙伴关系使国际组织能够结合他们在各自专业领域及任务中的技能和资源，为成员国提供支持。

为确保原子能机构的援助适合其受益者的具体需要和优先事项，并且是长期可持续的，这些活动基于与成员国的磋商。超过90个成员国已建立“国家计划框架”，在其中确定与原子能机构的合作领域，以支持其国家发展优先事项。

原子能机构成员国也通过地区技术合作项目（包括地区/合作协议）、协调研究项目以及涉及原子能机构专门实验室的项目，分享他们的知识、技术以及最佳实践。原子能机构推动和促进双边合作、南南合作、次地区合作以及国家、监管部门和研究机构之间的专题合作。

核衍生技术提高喀麦隆牛的生产率和牛奶质量

文/Aabha Dixit

提 高农业产量和改善奶和肉的质量是非洲消除贫困和加强粮食安全的关键。喀麦隆等国正越来越多地采用创新的核及核衍生技术，来控制 and 预防牲畜疾病，增加牛和牛奶的产量。

“当目标是提高对经济至关重要的家畜的生产率和健康状况时，核技术几乎是所有动物科学领域的重要工具。”喀麦隆国家兽医实验室(LANAVET)主任Abel Wade说。

“如果我们不使用一切可用的科学工具来确保优良育种并增加健康奶牛的数量，我们的国家将面临前所未有的动物产品供应危机。”奶牛是喀麦隆的主要家畜：该国有580万头牛，相比之下，山羊的数量为460万只，绵羊为400万只。牛也被视为财富的象征。

自20世纪90年代初以来，原子能机构已通过其技术合作计划协助喀麦隆将核及核衍生程序如放射免疫分析和酶联免疫吸附测定、分子诊断及遗传筛查用于牲畜的繁殖和饲养、人工授精和疾病防治计划。喀麦隆在八年前开始利用核技术进行人工授精。

“如果我们没有健康的奶牛，我们就不会有优质的肉吃或者营养丰富的牛奶喝。”Wade说。

关注生产率

与原子能机构和联合国粮食及农业组织合作，喀麦隆国家兽医实验

室和国家农业发展研究所培训对兽医、兽医推广服务机构和饲养员进行疾病防控和人工授精方面的培训，以提高牛的生产率、饲养管理和动物健康管理。粮农组织/原子能机构粮农核技术联合处Mario García Podesta称，人工授精能够使科学家改善后代的基因组成，使每头奶牛的产奶量提高4倍。

该方法有助于技术人员加强奶牛场的繁殖管理，与传统农场管理相比可获得更多的小牛、肉和牛奶。在人工授精中应用孕激素放免分析有助于识别养殖奶牛，数量比使用包括观察行为征兆在内的传统方法增加20%~40%。García Podesta称，该方法随后还能使受孕率提高5%~50%，这取决于先前使用的传统方法和管理的

的有效性。提高牲畜质量还包括跟踪和预防疾病，如传染性牛胸膜肺炎、布鲁氏杆菌病、结核病、小反刍兽疫和非洲猪瘟。喀麦隆国家兽医实验室正在对喀麦隆北部地区进行监测，以防出现传染病，该地区人和牲畜在夏季和冬季牧场间的季节性移动给牲畜带来疾病风险，Wade解释道。使用同位素、核及核衍生技术的移动实验室同样有助于尽早尽快识别这些风险，因而做出有效的反应。

伸出援手

为使依赖传统方法养牛的乡村农



喀麦隆奶农场的杂交奶牛。

(图/国际原子能机构M. García Podesta)

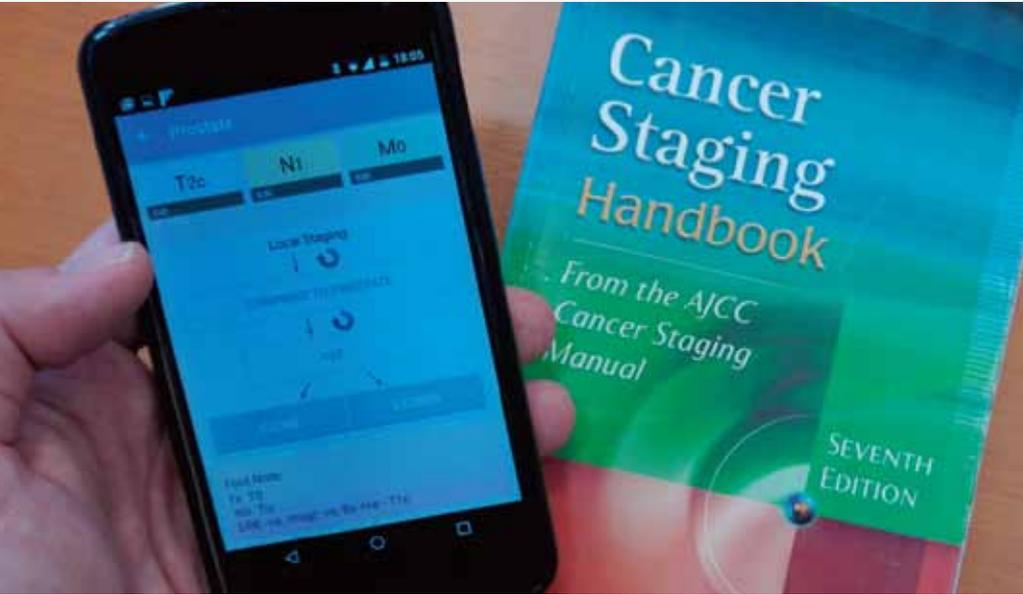
民扩大对人工授精益处的认识，农业发展研究所班布伊地区中心直接向他们传播此信息，并提供使用人工授精所需工具的机会。班布伊农业发展研究所动物生产和健康部门主管Victorine Nsongka说：“研究所为成功说服我们的农民而做出的积极努力将有助于满足对日增的肉和牛奶生产的需求。”

Nsongka说，目前正处于筹备阶段的一个相关项目将使喀麦隆西北部7万头牛在今后六年接受人工授精。她补充说，这一积极行动由伊斯兰发展银行赞助，也将使用原子能机构支持的技术，并将使该地区人工授精和繁殖网络得到发展。

喀麦隆政府正伸出援手将支持扩大到贝宁、布基纳法索、中非共和国和乍得的繁育中心，使用基因优良的动物精液进行人工授精，以增加乳畜数量。

实现癌症最佳治疗：国际原子机构针对癌症分期研发的新智能手机应用程序

文/Miklos Gaspar and Omar Yusuf



(图/国际原子能机构)

得 益于2015年9月在国际原子能机构第五十九届大会期间推出的一个原子能机构研发的智能手机应用程序，发展中国家医疗保健专业人员更容易快速、准确地识别癌症阶段。

癌症分期是一个复杂的过程，涉及对一系列检查结果的综合考虑。主治医师基于此诊断，决定手术、放疗、化疗或任何其他治疗方式是否是最合适的。

这个可用于iPhone 和Android 设备的新智能手机应用程序反映了原子能机构对建设人体健康方面能力的承诺，将“使癌症分期更方便实现且易于使用，并将完全免费。”原子能机构技术合作司亚太处处长 Najat Mokhtar说。

癌症分期系统通常用一到四阶段表示，还有几个子阶段，为医生提供一种共同语言，并便于制订治疗

方案。

分期系统被称为TNM，使用肿瘤的大小和位置（T）、癌细胞是否已扩散到淋巴结（N）以及肿瘤是否已扩散到身体其他部位（转移灶或M）。有一个复杂的系统可用于确定这些变量的每一个，特别是在评估主要肿瘤及其在全身的扩散时。

原子能机构的一位诊断放射学家Ravi Kashyap说：“这个信息现在就在他们的指尖，而且通过这个交互式应用程序更易于使用。”他还补充道，这个应用程序也将能在线下运行，因此医生将能够在没有网络连接的偏远地区使用。

尽管发达国家的医生在多年前就已能够使用手册并且有时可使用计算机化的分期工具，但是许多发展中国家的医疗保健人员至今仍必须借助于手册。“这是一个小的贡献，但却是在获得高质量癌症护理方面

缩小全球差距的重要一步。” Mokhtar说。

从通过分期诊断到治疗规划：国际原子能机构的作用

原子能机构通过帮助成员国制定全面的癌症防控计划，实际应用核医学、放射肿瘤学和放射设施，以及支持对医务人员的教育和培训，为改进全球癌症防治做出贡献。

通过核医学和放射成像，如正电子发射计算机断层扫描（PET）/计算机断层扫描（CT），可获得癌症扩散程度的宝贵信息。基于这些结果得到的对癌症分期的认识，使得医生能够制定合适的治疗方案。

原子能机构人体健康处处长 May Abdel Wahab说，新的分期应用程序是使用技术促进信息传播以支持全球癌症防治的一种体现。他还补充说，将放射医学运用于早期发现、诊断和治疗是迈向癌症管理的关键一步。癌症管理是原子能机构在其中发挥关键性作用的一个领域。

这个应用程序是由原子能机构与印度原子能部领导下的塔塔纪念中心合作研发的，并得到原子能机构技术合作项目“通过强化计算机断层癌症分期程序改善癌症防治”的支持。



Android



iPhone

International Conference on **NUCLEAR SECURITY:** *Commitments and Actions*

5–9 December 2016
Vienna, Austria

Ministerial Segment
5 December 2016



Organized by the



IAEA

International Atomic Energy Agency



CN-244