

IAEA BULLETIN

国际原子能机构通报

国际原子能机构旗舰出版物 | 2022年10月 | www.iaea.org/bulletin

保障

核保障视察员生活的一天，第4页

信息图表：样品的流转过程，第12页

事件年表：国际原子能机构保障里程碑，第16页



《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： 维也纳国际中心

PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

电话： (43-1) 2600-0

电子信箱： iaebulletin@iaea.org

执行编辑： Joanne Liou

设计制作： Ritu Kenn

信息图表： Adriana Vargas Terrones

《国际原子能机构通报》可通过以下网址在线获得：

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：

国际原子能机构保障视察员收集环境样品。

(图/国际原子能机构)

请关注我们



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

1957年作为联合国下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、工业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。原子能机构编制了有关核安保的国际协商一致导则出版物《核安保丛书》。原子能机构的工作还侧重于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和犯罪分子手中或核设施遭受恶意行为的风险。

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。这些原子能机构安全标准的制定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。

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。外地和联络办事处设在日内瓦、纽约、东京和多伦多。原子能机构在摩纳哥、塞伯斯多夫和维也纳运营着科学实验室。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促进国际和平与安全

文/国际原子能机构总干事拉斐尔·马利亚诺·格罗西

作为对物理学家15年前创造的首次自持核链式反应所释放的核能力的回应，国际原子能机构（原子能机构）于1957年成立。原子能机构肩负着促进和控制原子能利用的双重使命。

原子能机构最为公众所熟知是作为“核监督机构”，在防止核武器扩散方面发挥了关键作用。我们的现场视察作为强有力的保障体系的一部分，确保为和平目的而设计的核材料不被转用于军事用途。

原子能机构保障以科学为基础，并采用最先进的技术。本期《通报》使读者一睹这项工作。例如，它描述了用于收集和处理信息的手段如何随着卫星图像和人工智能等技术发展得到加强。

来自近100个国家的约870名工作人员组成了原子能机构保障部，其中约275名视察员组成的核心小组定期部署在现场进行核查活动。在本期《通报》中，视察员分享了他们的现场经验，并提供对他们工具箱的一瞥。

原子能机构继续面临视察越来越多的核材料和越来越多的设施的挑战。在全球范围内，有1300多个设施和其他场所处于原子能机构保障之下。仅在2021年，原子能机构视察员就核查了约27 900个用于封隔核材料或关键设备的封记。

《不扩散核武器条约》和地区无核武器区条约要求无核武器国家将与原子能机构缔结的全面保障协定付诸生效。今年是首个全面保障协定生效50周年，也是附加议定书生效25周年。从同行评审工作组访问到培训和咨询服务，原子能机构向各国提供支持，使它们能够履行其保障义务。

作为世界核视察机构，原子能机构努力履行其在每一个有人居住的大陆执行保障的职责。我们的独立、客观和技术性核查工作，为国际不扩散制度作出了重要贡献，无论面临何种挑战，都将继续帮助促进全球和平与安全。

原子能机构继续面临视察越来越多的核材料和越来越多的设施的挑战。

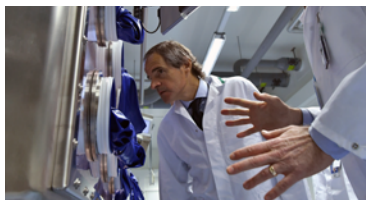


原子能机构继续面临视察越来越多的核材料和越来越多的设施的挑战。

—国际原子能机构总干事拉斐尔·马利亚诺·格罗西



（图/国际原子能机构）



1 国际原子能机构保障促进国际和平与安全



4 核保障视察员生活的一天



6 信息图表：原子能机构保障活动使用哪些设备？



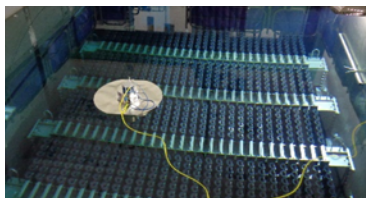
8 小设备，大效用
现场可核查的非能动封记



10 检测比大头针还小的核材料



12 信息图表：样品的流转过程



14 保障技术的演变发展



16 事件年表：国际原子能机构保障里程碑



21 支持未来的核保障专业人员



22 保障始于设计
在设计核设施时就考虑保障



24 2019冠状病毒病期间的国际原子能机构保障



26 在国际原子能机构的援助下履行保障义务



28 具有法律约束力的
保障协定和议定书



30 行业参与
在不断变化的核环境中实施保障

世界观点

- 31 国际原子能机构保障**
反思过去，展望未来
文/国际原子能机构副总干事兼保障部部长马西莫·阿帕罗

国际原子能机构最新动态

- 32 新闻**
36 出版物

核保障视察员生活的一天

文/Patricia Musoke-Zawedde 和 Teodor Nicula-Golovei

核保障视察员在世界各地出差，经常前往核电厂、铀矿、核燃料制造厂、浓缩设施、研究堆和核废物处置场等地方。视察员有时在接到通知后会立即前往核设施和其他场所，对一国的核材料和核技术进行现场核查。“我们的工作非常明确，即核查核材料处于和平利用中，”原子能机构核保障视察员Helly Diaz Marcano说。

原子能机构是唯一被授权核查全世界和平利用核材料和核技术的组织。为了履行这一职责，原子能机构实施保障，即用于核查各国履行其国际不扩散义务的一系列技术措施。

2021年，约280名原子能机构视察员在现场工作时间总共超过14 600天。这些差旅通常对后勤要求很高。视察员遵循严格的过程和程序，但也必须适应意外情况。

小组成员通常依据设施类型，包括2至10名，在技能和能力上彼此互补，借鉴之前访问过该设施人员的知识和经验。

以下是原子能机构视察员在现场一天中可能经历的事情一瞥。

上午

视察员确保所有必要的文件资料准备就绪，并将视察设备装入小组车辆。经过可能持续数小时的车程，原子能机构小组抵达目的地。首先，在设施工作人员的协助下，原子能机构小组必须通过安检，通常需要大约半小时。然后，视察员与营运者、设施经理和其他国家代表开会讨论安全和安保条例，并确定当天的议程。会后，小组开始审查设施核材料衡算记录。

下午

在操作员的陪同下，小组进入设施。为此，小组必须穿上个人防护设备，摘下手表、珠宝或其他配饰，存好手机、钥匙和钱包，以避免污染的风险。根据设施类型，视察员可以穿上防护服或实验室外套，头发罩在网兜、头罩或安全帽中。视察员还在脖



子上戴上剂量计，用于监测辐射水平并确保个人安全。

然后，视察员们准备进行工作中比较辛苦的那部分：在接下来的四到六个小时里，携带重达15公斤的仪器、工具和其他设备进行工作。在大部分的视察期间，视察员必须手拿着这些设备和箱子，以避免污染风险。

“进入核设施是一种特权；可以亲眼看到核科学和技术的奇迹。”原子能机构核保障视察员Dinesh Sharma说：“然而，这也是一项充满意外的工作。每次视察都是独一无二的，并伴随着其自身的挑战。”

为了对照国家的申报和衡算记录核查核材料，现场设施视察可包括多种活动，包括检查作为远程和无人值守监测系统一部分的原子能机构监视摄像机；检查原子能机构封记是否被篡改；或在容器、舱口或核材料容器上贴上新的封记。

另一项任务可能需要对乏燃料水池中的乏核燃料组件进行计数。视察员站在横跨水池的桥上，使用特制摄像机核查乏燃料存在情况。当一名视察员通过摄像机识别乏燃料组件时，另一名团队成员帮助确保所识别的内

容与所报告的内容相符。原子能机构小组可要求设施运营者在操纵员和设施工作人员的帮助下调换乏燃料组件位置，供进一步核查。

还可能进行环境取样，在此期间，视察员将使用棉花擦拭物收集设施表面的灰尘颗粒物。收集的样品经匿名处理后被送往位于奥地利塞伯斯多夫的原子能机构实验室和其他指定实验室，以寻找核材料的蛛丝马迹（见第12页）。

晚上

原子能机构小组与设施人员会面，回顾当天的工作，讨论下一步工作，其中可能包括计划在第二天开展的活动，并交流将送往原子能机构总部的文件资料。会议结束后，负责协调的视察员要求其他视察员提供当天的总结，并将撰写视察报告各部分的任务分配下去。

尽管工作要求很高，但保障视察员们一致认为，他们的工作很重要，也很有价值。原子能机构核保障视察员Amina Agbab Uthman表示：“我觉得自己是一名肩负和平与安全使命的世界公民。”

核保障视察员在世界各地出差，对一国的核材料和核技术进行现场核查。
（图/国际原子能机构）



原子能机构保障活动使用哪些设备？

为视察员和设施配备适当的工具是开展有效核保障活动的关键。原子能机构视察员使用100多种设备来核查核材料。以下是供原子能机构视察员开展核查活动使用的一些工具和设备。

个人防护设备包括为防止放射性污染和应对恶劣环境条件而穿戴的服装和设备。此类设备包括：



1



2



3



大多数设备由原子能机构工作人员放在防震箱内进行运输，或者作为货物运输。

① 无人值守监测系统：记录来自辐照、温度或压力探测器的数据，以提供核设施的活动日志。数据被收集在一台工业计算机中，该计算机放置在一个防震改指示柜中。这些数据可以由原子能机构远程收集，也可以存储在本地，直到原子能机构视察员取回。

② 便携式表面辐照监测仪：通过测量 α 、 β 和 γ 辐射水平，来检查辐射污染情况。大多数设施以及原子能机构总部都可以使用表面污染监测仪，检查从核设施返回的设备和个人物品。

③ 监视摄像机：提供两次视察之间对核材料和核设施运行了解的连续性。这些摄像机配有数据安全系统和长效电池，防止在运行中出现任何中断。



④ 环境擦拭取样工具箱：可用于采集灰尘样品，揭示核材料颗粒物的存在。如果发现颗粒物，则可以表明是否已发生未申报的核活动（见第10页）。



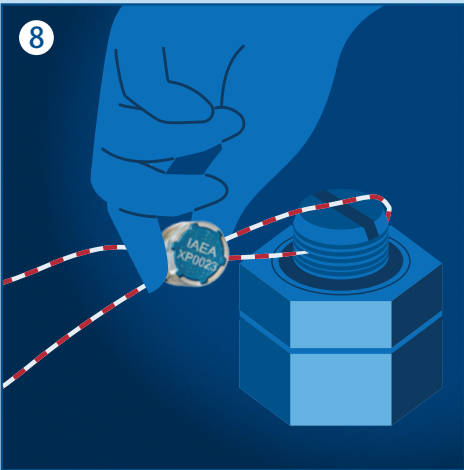
⑤ 破坏性分析瓶：视察员利用该设备从现场收集样品，并将其运回原子能机构保障实验室。通过对这些样品进行分析，原子能机构能够从数量和质量上确定核材料的特征。



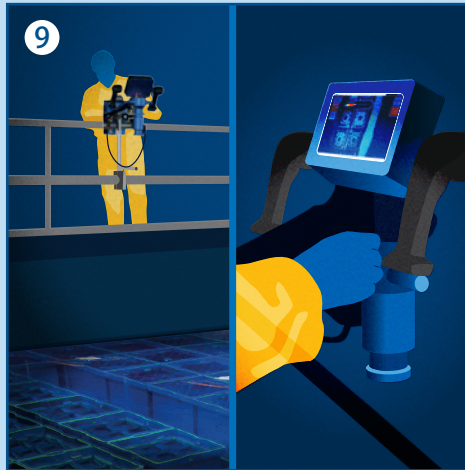
⑥ 数码相机或激光系统：大多数视察员利用该设备收集图像，然后同申报的核活动进行比较。这样做有助于保持对核设施内了解的连续性。



⑦ 光谱伽马手持式监测仪：测量 γ 射线源，以确定放射性核素或铀富集度。



⑧ 封记：用于核实装有核材料的容器、设施关键设备或原子能机构监测设备和其他设备未被打开。封记可以是非能动性的，例如金属盖和金属丝封记；也可以是能动性的，即以电子方式记录封记是否被篡改。



⑨ 下一代切伦科夫观察装置：在视觉上强化了贮存在乏燃料池中的乏核燃料冷却过程中发出的切伦科夫辉光的特征。该装置使视察员能够在湿法贮存期间核实乏燃料的申报存量。

小设备，大效用

现场可核查的非能动封记

文/Jennifer Wagman

原子能机构视察员用来检测核材料和核技术被转用和滥用的一个主要工具，是一枚硬币大小的装置。这种小而强大的工具称为非能动封记。有了它，原子能机构保障视察员可以关闭一个容器、一个房间的舱口或一个核材料容器，并在几年后返回，核实它是否被打开。2021年，原子能机构共核查了17 000多个用于核材料、设施关键设备、原子能机构部署在核设施的监测设备和其他设备的非能动封记。

原子能机构封记现代化项目负责人、资深项目工程师Joel Hoyt表示：“封记是满足重要核查需求的一种简单而有效的手段。在世界各地使用的金属封记是视察员在核查核材料和核设施仍处于和平用途时所使用工具箱的一个重要组成部分。”

非能动封记确保对核材料了解的连续性。如果封记没有被篡改，视察

员便知道其所封的设备或材料的完整性仍然完好无损。非能动封记也用于确保原子能机构现场核查工具和设备（如监视摄像机）的完整性。

20世纪60年代以来使用的传统非能动封记是一种用铜和黄铜材料制成的装置，称为E-CAP金属封记（CAPS）。CAPS是一种通用、不可重复使用的非能动环路封记。闭合封记时，将双铜盖扣在底座上。盖子和底座的内表面都有独特的标识，以确保封记的真实性。金属底座及其盖子作为闭合点，中间穿有一根多股金属线。金属线环绕着要封记的物项。在视察员确认金属线和封记外壳没有被篡改后，他们切断金属线，并将封记、底座和金属线带到原子能机构总部进行核查。

非能动封记现代化

为了确定下一代非能动封记，原

在1967年8月原子能机构首次对核动力反应堆乏燃料处理流程进行保障视察期间，原子能机构视察员Georges Rubinstein在纽约西谷核燃料服务厂的一个阀门上施加原子能机构封记。

（图/国际原子能机构）



原子能机构考虑了材料、现代技术和加工技术方面的进步，以设计和解决有效封记的要求。对新封记原型进行了现场条件和极端情况测试，以确认该设计是否能满足所有要求。结果是采用了现场可核查的非能动封记（FVPS）。该封记由铝和聚碳酸酯制成，安装时无需使用工具，部署期间无需维护，也无需电池或电子设备供电。

CAPS封记和下一代FVPS封记都在其表面蚀刻有独特的图案设计，以确保其无法被复制或替换，除此之外还有其他防篡改指示设计特征。更重要的是，新的FVPS封记的主要优势之一是可以现场进行核查。

用于核实封记的装置采用定制软件、专用透镜以及装在定制外壳中的光源。当视察员施加新封记时，他们使用专用软件输入有关封记安装位置的信息，并拍摄三张基准照片。这些照片和相关的设施信息将被传回原子能机构总部，从而简化了视察报告程序。当视察员之后返回设施时，再使用核查设备拍摄照片，与基准照片进行比较，使得视察员能确认封记的完整性以及是否被篡改过。



“拥有封记的现场核查技术意味着我们能够更快地获得核查结果，减轻行政负担。”原子能机构新封记实施项目组成员、信息安全官员Nicolette Seyffert表示，“通过定制的现场读取器，可以即刻发现封记是否被篡改，无需将封记带回维也纳原子能机构总部。”

原子能机构已生产新型FVPS封记供试点使用，并计划从2023年开始扩大部署。最终，新型FVPS封记将取代所有的传统CAPS封记。

金属封记适用于核材料、设施关键设备、原子能机构部署在核设施的监测设备和其他设备。

（图/国际原子能机构）

在部署新的现场可核查非能动封记时，无需任何工具来安装或维护。

（图/国际原子能机构）



检测比大头针还小的核材料

文/Jennifer Wagman

国际原子能机构将分析员和专家聚集一堂，核查核材料和核技术仅用于和平目的。原子能机构根据国家正式申报、现场核查活动收集的信息以及其他保障相关信息，提供可信的保证。原子能机构视察员在现场可能开展的一项活动是从核设施和其他相关场址收集和分析样品，主要是核材料样品和环境样品。

自20世纪70年代以来，收集核材料样品是为了核材料衡算。样品通常含有克量级的铀和毫克至微克量级的钚。这些样品被装在特殊的小瓶和保护性容器中，经安全密封后运往位于奥地利塞伯斯多夫的原子能机构核材料实验室进行分析。2021，原子能机构收集了700多个核材料样品。

原子能机构保障分析服务办公室主任Steven Balsley表示：“从原子能机构视察员收集样品到原子能机构实验室进行分析，然后在维也纳总部对结果进行最终评价，严格的质量检查过程确保了结果的正确性，并得出适当的结论。”

20世纪90年代，原子能机构视察

员开始进行环境取样，这已被证明是用于检测未申报核材料或核活动的最重要工具之一。环境样品包括一块10厘米×10厘米的棉布，原子能机构保障视察员用该棉布擦拭表面，收集数百万个微小的灰尘颗粒物。这些尘埃所包含的信息不仅能够表明是否存在核材料，还能够揭示核材料类型（例如分离的钚或高浓铀）、核材料年龄以及是否存在其他物质。

原子能机构环境取样保障信息分析员Todd Mock表示：“通过分析视察员在现场收集的棉布擦拭样品，原子能机构可以检测出低于1万亿分之一克重的核材料。”

2021年，原子能机构收集了470多个环境样品。约80%的环境样品由属于分析实验室网络的16个外部实验室进行分析，其余的样品则在塞伯斯多夫的原子能机构环境样品实验室进行分析。经原子能机构认证，分析实验室网络由原子能机构成员国和欧盟委员会的外部实验室组成，这些实验室是对原子能机构在塞伯斯多夫的自有实验室所做工作的补充。



环境取样是如何进行的

分析环境样品需要仔细处理和使用高灵敏度的仪器，不仅要检测出微量的核材料，还要确保样品中只含有来自指定场所的颗粒物。在采集样品之前，视察员要进行视察前的检查，擦拭一下自己的衣服，以便将取样过程中源于取样视察员的痕量颗粒物列入衡算。

视察员以两人一组的方式收集环境样品，以尽可能减少污染。一名视察员负责处理“脏的”擦拭物，另一名视察员负责操作取样设备。

样品到达实验室后，通过对每个样品重新标记，进行匿名处理，以确保分析的独立性。然后对样品进行是否存在放射性核素筛查。筛查结果被发送给信息分析员，他们至少指定两个实验室按照具体说明对样品进行更详细的分析。

分析基本包括两种类型：整体分析和颗粒分析。

整体分析技术可以检测到极少量的核材料，并用于确定擦拭物上的铀和钚的数量，以及平均同位素组成。自20世纪90年代中期以来，原子能机构一直在使用整体分析技术，它是检测微量核材料存在的最佳方法。这种类型的分析需要将整个擦拭物溶解在溶液中，这可能需要几天时间。然后，使用高度精密的设备对擦拭物溶液的液滴进行分析。平均而言，每份样品的整体分析需要三到四周的时间。

颗粒分析通常需要几天时间，用于确定单个颗粒中铀和钚的同位素组成，从而揭示不同的材料和工艺。具体方式是对擦拭样品中的微观颗粒进行真空处理，并将其放在一个圆盘上，用精密仪器进行分析，确定同位素信息。自1999年以来，环境样品实验室一直利用质谱仪进行颗粒分析，并且在2022年，原子能机构部署了一台新的大型几何二次离子质谱仪，以将其颗粒分析能力保持在最高水平。

经分析后，结果被上传到一个安全的数据库，由原子能机构信息管理专家进行进一步评价和分析。然后，这些结果与所有其他相关信息一起被用来支持得出保障结论。

原子能机构保障视察员在收集环境样品。

（图/国际原子能机构）



样品的流转过程

文/Jennifer Wagman

环境擦拭取样是国际原子能机构用来核查一国核材料申报的正确性和完整性及核材料使用情况的一种方法。

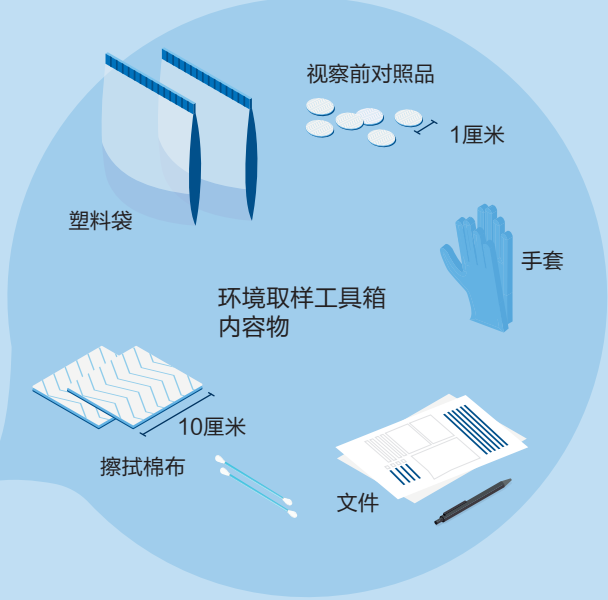


核查活动规划

每年，视察员、分析员、行业专家和其他技术专家就核查一国遵守其保障义务情况开展的活动进行规划。

设备收集

视察员领取包装好的环境取样工具箱，并领取其他设备，如涂铅的小瓶和其他专门设计的工具和设备。



样品采集

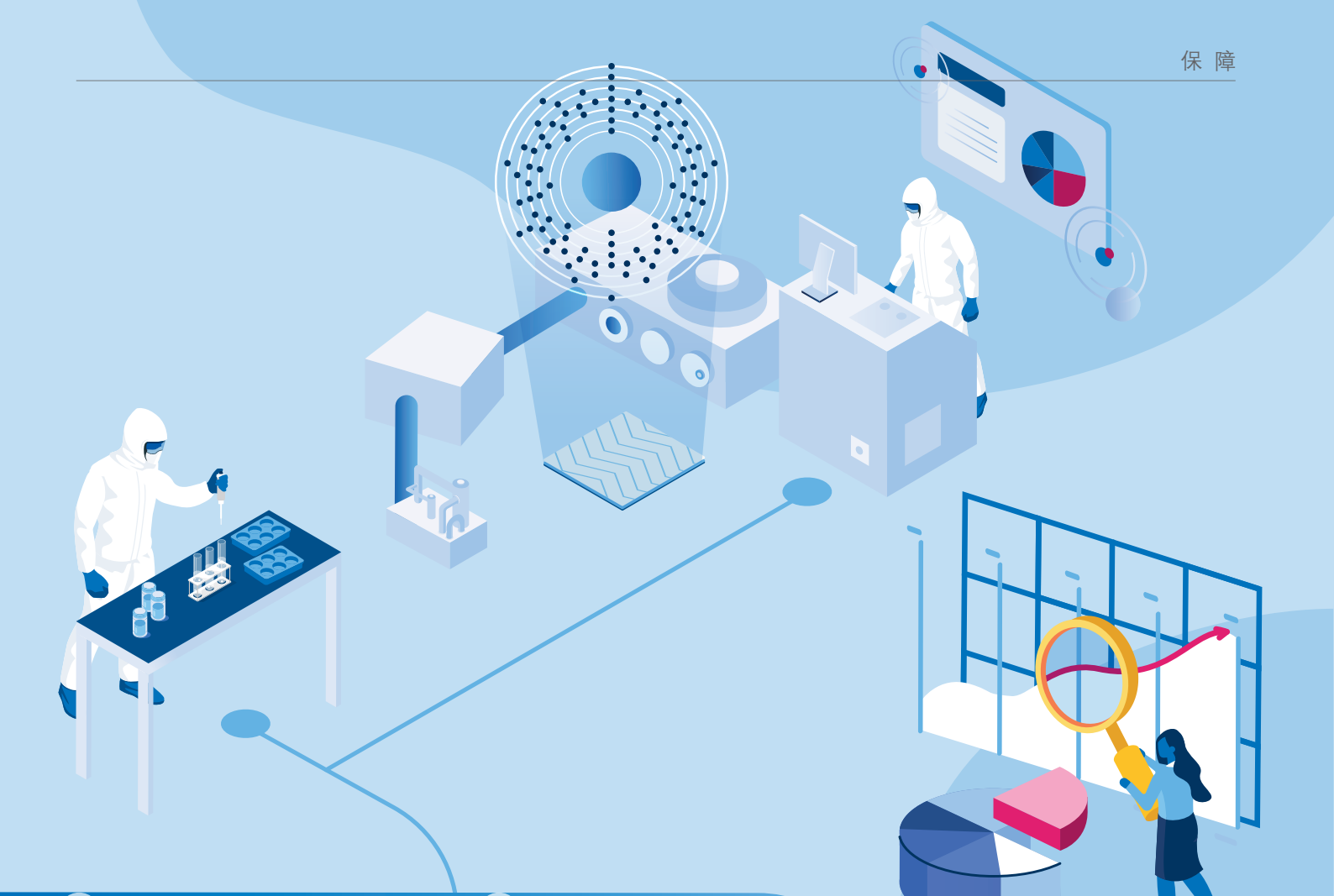
到达取样地点后，视察员用布擦拭表面来收集样品。擦拭布可以收集到微量的颗粒物。



样品运输

擦拭布被单独放在一个塑料袋中。然后将所有单独装袋的擦拭布样品和文件材料一起存放在一个较大的塑料袋中，由专人送至原子能机构实验室，或采用安全运输程序进行运输。





样品接收

原子能机构实验室收到样品后，对样品进行放射性筛查，并使用特殊代码对样品进行匿名处理。然后，将其送至位于奥地利塞伯斯多夫的原子能机构环境样品实验室和全世界16个有资格进行环境取样分析的实验室。

样品分析

通过使用各种分析技术，实验室确定样品的不同特征，如铀和钚的同位素组成。然后将信息上传到一个安全的电子数据库。

数据评价

分析员对数据进行处理和解释，编制评价报告。分析员将这些结果与当事国的核材料申报进行比较。

保障结论

国家评价小组审查评价报告和原子能机构获得的所有其他保障相关信息。这些小组由视察员、分析员、行业专家和其他专家组成，对一国履行保障义务情况进行评定。这些结论在年度《保障执行情况报告》中发布。



保障技术的演变发展

文/Teodor Nicula-Golovei 和 Jennifer Wagman

国际原子能机构保障基于各国提供的信息资料、原子能机构保障视察员开展的视察以及其他保障相关信息资料。在技术进步的推动下，用于收集和处理这些信息资料的工具有不断发展。60多年来，国际上为发展这些技术所做的努力使核保障视察员和分析员能够核查核材料和核技术仍处于和平利用中。

“人工智能、机器人技术以及辐射探测和卫星图像领域的技术进步，已开始对国际保障的执行产生积极的影响，”原子能机构保障外联协调官员 Carrie Mathews 说，“技术进步使视察员能够更好地利用他们在现场的时间，专注于视察，而不是编写报告或执行其他重复性任务。”

技术进步可以提高原子能机构实施执行的有效性和效率，以下是技术进步的一些实例。

卫星图像

为了执行保障，原子能机构收集和评价广泛的保障相关信息资料，以核查各国履行核不扩散义务情况。这

包括从公开来源收集的信息，如商业卫星图像。原子能机构国家基础结构分析处处长 Marc Lafitte 表示，“商业卫星图像分析补充了各国提供的信息，已成为核查各国申报情况的重要手段。”卫星图像分析通常用于以下保障活动：

- 核查各国所提供的信息的正确性和完整性；
- 协助规划现场活动；
- 检测核燃料循环相关场所的变化并监测其活动；
- 确定可能存在的未申报活动。

近年来，卫星图像分析能力已显著提高。除了越来越多的地球观测卫星提供光学图像外，商业成像雷达、新型红外传感器和卫星视频都加强了分析过程。这些与新技术相关的图像来源使分析员能够对核相关设施进行深入评价，从而支持国家评价过程和更有效地满足原子能机构的核查要求。

机器人技术

2019年，原子能机构组织了一次机器人挑战赛，促进了机器人式切伦

左图：1980年8月举行的《不扩散核武器条约》缔约国第二次审议会议期间展出的原子能机构保障设备。

（图/国际原子能机构）

右图：下一代切伦科夫观察装置。

（图/国际原子能机构 D. Calma）



科夫观察装置（RCVD）的发展。机器人式切伦科夫观察装置是一种用于核查乏燃料水池中所贮存的乏核燃料棒的自动化水面工具。2022年，原子能机构宣布已圆满完成对机器人式切伦科夫观察装置的首次现场测试。这种浮动式机器人一旦获准用于保障核查，将能够推动自身穿过乏燃料水池表面，并提供乏燃料产生的切伦科夫辉光的高质量图像。机器人式切伦科夫观察装置将减少核查乏燃料水池中乏核燃料所需的时间，更易于核查难以进入的区域。

原子能机构技术预见专家Dimitri Finker表示：“我们希望这一解决方案不仅能提高测量的准确性，而且能提高核查的效率，对原子能机构和核设施营运者都是如此。”

人工智能与机器学习

原子能机构运用新技术的一个最新实例是基于学习的算法，即所谓的神经网络，或更通俗的名称，人工智能和机器学习。

人工智能和机器学习的使用，可以将日常流程自动化，支持人为决策，以及通过识别错误确保数据的质量和真实性，从而使分析员和视察员专注于最高价值的活动。

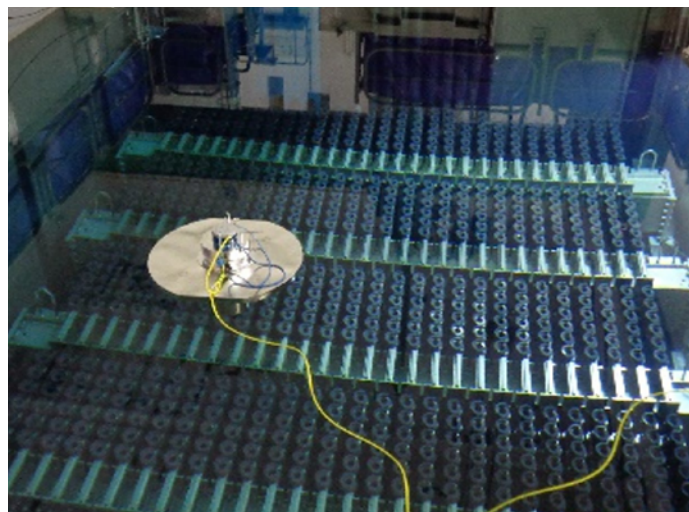
原子能机构分析员审查通过多种来源收集的大量数据。其中一个来源是视频监视。2021年，原子能机构在世界各地的核设施中部署了1300多台监视摄像机。这些摄像机全天候工作，提供对核材料和核设施了解的连续性，使保障视察员能够核实是否有未经申报获取核材料情况和核设施被滥用情况。在大多数情况下，多个监视摄像机系统在运行，产生大量的数据，需要视察员进行审查。人工智能为下一代监视审查软件提供了基础，能够对这些数据进行有效的分析。

除了监视数据审查，人工智能和机器学习能够加强对多个信息源的收集、整合和分析。借助人工智能，关于设施设计和核材料衡算的国家申报信息、视察期间收集的信息以及与保障相关的开源信息可以得到更高效的分析。人工智能还可以检测和应对信息安全事件。原子能机构使用集成了人工智能的商用工具来应对网络威胁、设备篡改，以及对敏感信息进行认证和加密。

随着核技术的进步，保障技术也在不断发展。新技术的发展即将到来，原子能机构正在积极探索创新型技术如何助力其核查任务。

左图：卫星图像分析。
（图/国际原子能机构D. Calma）

右图：在乏核燃料水池中对机器人式切伦科夫观察装置进行测试。
（图/国际原子能机构）





全面保障协定

60年

原子能机构 核查活动



附加议定书



国际原子能机构保障里程碑

20世纪50年代

1953年

原子用于和平



美国总统德怀特·艾森豪威尔发表“原子用于和平”演讲，呼吁创建国际原子能机构。

1957年

国际原子能机构建立

《国际原子能机构规约》生效，确立国际原子能机构为一个自治国际组织，有权“制定并执行保障”。

1959年

首次实施保障



原子能机构理事会核准对加拿大向日本供应的三吨天然铀首次实施保障。

20世纪60年代

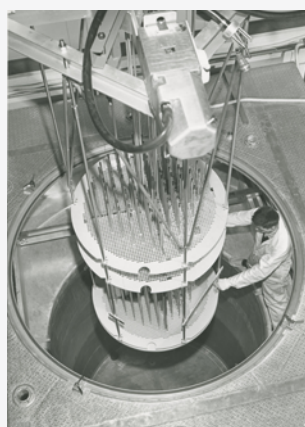
1961年

对研究堆实施保障

原子能机构理事会核准关于对研究堆实施保障的第一个示范协定（INFCIRC/26号文件）。

1962年

原子能机构首次核查



原子能机构在挪威的一座研究堆开展有史以来第一次现场核查活动。

1968年

无核武器区第一份保障协定

在拉丁美洲和加勒比地区建立第一个地区无核武器区方面，墨西哥成为第一个接受原子能机构对其所有核材料实施保障的国家。

20世纪70年代

1970年

《不扩散核武器条约》核查任务

《不扩散核武器条约》生效，根据第三条规定，赋予原子能机构主要核查责任，以核实条约无核武器缔约国履行义务情况。

1972年

首个与《不扩散核武器条约》有关的保障协定生效

原子能机构与芬兰就《不扩散核武器条约》缔结的首个全面保障协定生效，为原子能机构在随后几十年里大幅扩展保障活动铺平道路。



全面保障协定

1974年

保障分析实验室

专门用于分析核材料样品的保障分析实验室在奥地利塞伯斯多夫启用。

20世纪90年代

1991年

发现未申报的核材料和核活动

伊拉克秘密核武器计划的发现凸显了保障执行的局限性，即保障执行仅集中在一国所申报的核材料和核设施上。

1991年

确认拆除

在南非加入《不扩散核武器条约》后，原子能机构在确认该国前核武器计划拆除方面发挥了关键作用；这一经验表明一国与原子能机构之间高度合作的好处。

1993年

国家申报的正确性和完整性

在原子能机构发现朝鲜民主主义人民共和国（朝鲜）的核材料报告中存在不一致之处后，理事会确认了原子能机构根据全面保障协定核实国家申报的正确性和完整性的重要性。

1993年

加强保障



继20世纪90年代初伊拉克未申报的核材料和核活动被披露后，原子能机构开始实施“93+2计划”，以进一步加强保障的有效性。

1996年

首次环境取样

原子能机构引入环境取样作为保障措施，以探知未申报的核材料或核活动的迹象。

1997年

附加议定书

理事会核准《附加议定书范本》，使原子能机构有更多的权限接触信息资料和场所进行核查；澳大利亚成为首个将附加议定书付诸生效的国家。



附加议定书

21世纪00年代

2001年

首个“国家一级保障方案”

原子能机构对澳大利亚实施首个“国家一级保障方案”，通过整合原子能机构根据该国全面保障协定和附加议定书可利用的保障措施，优化保障执行。

2002年

卫星图像分析



原子能机构设立一个卫星图像分析部门，以加强探知未申报的核材料和核活动的能力。

2003年

非法核供应网络

利比亚披露未申报的核武器相关研究，使原子能机构更加关注非法供应网络和全球化可能带来的核扩散影响。

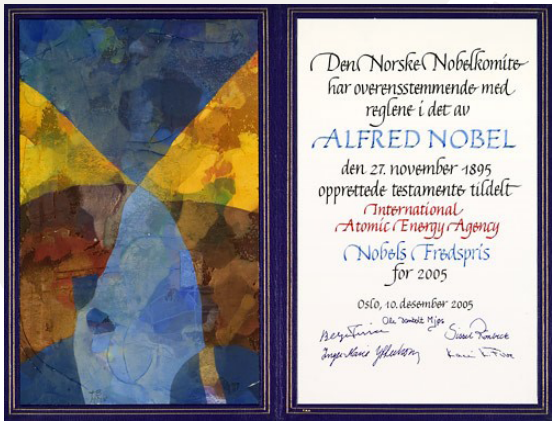
2005年

经修订的“小数量议定书”

理事会通过核准“小数量议定书”经修订的文本和修改后的资格标准，解决了原子能机构保障体系中的一个薄弱环节；新的“小数量议定书”重申了国家报告要求和原子能机构执行视察的权利。

2005年

诺贝尔和平奖



原子能机构及其总干事被授予诺贝尔和平奖，“以表彰其为防止核能被用于军事目的和确保为和平目的尽可能安全地利用核能所作的努力”。

2006年

原子能机构、伊朗和联合国安理会

继2005年理事会发现伊朗伊斯兰共和国未履行其保障义务后，总干事向联合国安全理事会递交了关于该国核计划的报告。

21世纪10年代

2016年

《联合全面行动计划》下扩大的核查范围

原子能机构开始对伊朗在《联合全面行动计划》下的核相关承诺进行监测和核查，同时继续核查该国根据其全面保障协定所承担的《不扩散核武器条约》相关义务。

21世纪20年代

2020年

加强国家核材料衡控系统

总干事发起一项称为“COMPASS”的能力建设倡议，以协助各国加强其国家主管部门及其国家核材料衡控系统的效能。

2020年

2019冠状病毒病大流行与保障

尽管2019冠状病毒病大流行带来了前所未有的挑战，但保障执行仍在继续；原子能机构开展了所有必要的现场活动，并为有生效保障协定的所有国家得出了保障结论。



支持未来的核保障专业人员

文/Teodor Nicula-Golovei 和 Farnaz Lyla Alimehri

为了支持下一代防核扩散专业人员，原子能机构通过举办青年竞赛让学生参与进来，提供进修和实习机会，以及在初级专业人员开始核核查等领域的职业生涯时就聘用他们。

原子能机构总干事拉斐尔·马利亚诺·格罗西在2022年8月举行的《不扩散核武器条约》缔约国第十次审议会议“推进‘青年、防扩散和裁军’”议程会外活动上说：“下一代必须在加强防扩散和促进和平利用核能方面发挥不可或缺的作用。”

青年竞赛

2022年，原子能机构邀请学生参加与10月31日至11月4日在原子能机构总部举行的第14届国际保障专题讨论会同时举行的竞赛。学生们的任务是就与保障迄今的演变有关的主题撰写论文。其中包括应对当代挑战；预测并准备应对不断变化的形势；利用创新促进保障实施；以及确定让人们参与和扩大伙伴关系的方式。原子能机构收到来自世界各地约40份论文。经过原子能机构遴选委员会的审查，来自澳大利亚、罗马尼亚和美国的三名参加者获奖。获奖论文的作者得到原子能机构的支持，亲自出席专题讨论会，介绍他们的论文，以及参与关于国际核保障过去、现在和未来的对话。

保障战略规划组组长兼专题讨论会科学秘书Jenni Rissanen说：“通过今年的专题讨论会，我们还希望除了能听到经验丰富的保障工作者的声音，还能听到新的和以前未曾听到的声音。”

进修计划和实习机会

2020年，原子能机构启动了玛丽·斯克洛多夫斯卡-居里进修计划（玛丽·居里进修计划），旨在帮助增加核领域的妇女人数，从而支持建立一支包容性的工作队伍。根据资金的可用性，进修每年授予一次，每年最多选定150名女学生。

玛丽·居里进修计划通过奖学金和实习机会为新入职的专业人员提供支持，并为年轻女性提供进入原子能机构和更广泛的核领域的机会、知识和洞察力。每批学员多样化，为学习、交流和支持持续参与的群体创造更多的机会。

玛丽·居里进修计划学员Inna Rodina已完成防扩散和恐怖主义研究硕士计划，并先后在俄罗斯国家原子能公司技术学院、莫斯科能源与安全研究中心以及维也纳裁军和防扩散中心工作。

作为玛丽·居里进修计划的一部分，Rodina正在原子能机构保障战略规划小组实习。“我的专业经历意味着我一直在密切关注原子能机构的工作，”她说，“通过加入原子能机构，我亲眼目睹了原子能机构如何利用技术措施核查核材料和核技术仍然用于和平用途，从而阻止核武器的扩散。”

原子能机构为在校学生和应届毕业生提供实习机会，使他们有机会获得与其学业或兴趣相符的实际工作经验，并了解原子能机构的工作。此外，根据成员国和原子能机构之间的协议，初级专业官员计划为年轻专业人员提供了获得在职专业经验的机会。



“下一代必须在加强防扩散和促进和平利用核能方面发挥不可或缺的作用。”

—国际原子能机构总干事拉斐尔·马利亚诺·格罗西

保障始于设计

在设计核设施时就考虑保障

文/Jeremy Whitlock

随着最新的创新和技术不断带来新的可能性，经验表明，从一开始设计核设施时就考虑保障是最有效的。所谓“保障始于设计”的概念在规划阶段，即在开始建造或改造核设施之前，就考虑保障要求。

原子能机构资深保障分析员Traci Newton说：“在设计和建造过程初期就确认保障措施，有利于利益相关方就设施运行与适用的保障措施进行对话。”“保障始于设计”的目的是便利制定核查方法，以尽量减少对运营者的影响，同时不降低保障活动的有效性和原子能机构为核查目的对设施的访问。Newton说：“‘保障始于设计’通过帮助原子能机构优化保障的实施，提高保障措施的效率。”通过对预期的核查活动进行规划，可以将设施设计成最大限度地减少视察员可能受到的辐射照射，加强对保障设备的维

护接触，确保现场远程数据传输的能力，以及缓解可能破坏设施正常运行的事件的影响。

例如，在设计乏燃料贮存设施时，必须考虑实施原子能机构封记措施，以便在开展保障活动时对接受视察设施未来几年的运行干扰最小。此外，早期规划可以将灵活性纳入设施基础结构中，以支持未来的技术创新，这对运营者和原子能机构实施保障都有利。

“保障始于设计”要求设施设计者对保障措施要求有详细的了解。因此，原子能机构实施“保障始于设计”的关键目标之一是提高核监管机构 and 研发界对此类要求的认识。

未来反应堆的“保障始于设计”

原子能机构已出版一套由七部分组成的导则丛书，以反映“保障始于

设计”概念在从初始规划和设计到建造、运行、乏燃料管理和退役等核燃料循环所有方面的应用。这套丛书为决策者、设计者、设备供应商和潜在采购者提供建议，同时还考虑与设计核设施有关的经济、运行、安全和安保因素。

小型模块堆提出了新的反应堆设计、燃料工艺和供应安排，为应用“保障始于设计”概念提供了新的机会。小型模块堆由于建造时间较短，适应性较强，且具有固有的安全特性，因此为扩大核能提供了巨大的潜力。在这些新反应堆的整个开发过程中，都要考虑保障规定，从而无需在建设完成后再进行逐步修改。

“根据与原子能机构签订的全面保障协定，一国所有核反应堆，包括小型模块堆，无论其规模或技术如何，都需要接受保障。”Newton说，“通过在反应堆设计早期阶段与原子能机构合作，可以将保障考虑因素嵌入反应堆的设计和规划中，这样就可以最有效和高效地进行核核查，给运营者带来最小的负担。”

原子能机构通过其“成员国支助计划”参与“保障始于设计”讨论。“成员国支助计划”使有关国家、反应堆设计者和原子能机构之间能够公开交流设计信息。原子能机构还通过小型模块堆监管者论坛与其他利益相关方合作。小型模块堆监管者论坛将核安全和核安保专家聚集在一起，讨论与小型模块堆监管相关的挑战，并分享经验。

一些国家正在建设或计划建设小型模块堆，还有许多国家对建设小型模块堆表示感兴趣。为响应应对挑战和促进小型模块堆及时部署的请求，原子能机构于2021年设立了原子能机构小型模块堆及其应用平台，作为一站式服务平台，在小型模块堆方面提供原子能机构全方位支持和专门知识，从技术开发和部署到核安全、核安保和核保障（见第32页）。

Newton说：“原子能机构的‘保障始于设计’活动将确保原子能机构随时准备在新建或升级的设施，特别是在小型模块堆中实施有效和高效的保障。

原子能机构的一名核保障视察员正在检查监视摄像机，这是在设计或改造核设施时考虑的一种措施。
（图/国际原子能机构）



2019冠状病毒病期间的国际原子能机构保障

文/Megan Porter

2019冠状病毒病大流行影响到世界的每一个地方，其影响超出了公共卫生和保健系统的直接关切。在2019冠状病毒病造成的最严格的限制期间，原子能机构完成的核查活动数量几乎与大流行病发生前相同。为了执行其任务，原子能机构的视察员和技术人员不得不适应并克服世界各地的限制措施：

- **旅行限制：**商业航班的限制和取消意味着许多国家难以抵达，有些国家甚至根本无法通过商业航空到达。移民措施，如只允许公民和居民入境，也使进入一些国家成为挑战。
- **国内限制：**对人员流动以及货物和服务的供应（如酒店住宿）的限制，对后勤工作构成了挑战。

- **进入原子能机构办公室和实验室的限制：**根据国家实施的封闭措施，原子能机构在奥地利维也纳和塞伯斯多夫的工作人员在2020年和2021年的不同时期居家工作。原子能机构在东京和多伦多的保障地区办事处也采取了类似措施。这些限制造成了延误和挑战，特别是对于开展需要在安全环境下进行的工作。
- **对设施和场址的准入限制：**对核设施和其他场所的准入限制意味着一些现场保障活动难以完成。
- **健康和安全要求：**工作人员必须遵守防疫隔离要求，使用额外个人防护设备，以及进行强制性核酸（PCR）检测。

这些措施对原子能机构执行保障和开展现场核查活动的的能力产生了重大影响。

应对挑战

各国与原子能机构，特别是原子能机构的东道国奥地利之间的密切合作，对于克服不断变化的旅行限制和业务障碍至关重要。

原子能机构保障业务连续性负责人兼信息和通信系统办公室主任John Coyne说：“通过根据情况进行调整并实施具体方案解决特定情况，原子能机构保持了得出独立和合理的保障结论的能力。”

原子能机构立即采取的行动包括：优先考虑时间紧迫的保障活动和核查工作；将保障设备和个人防护设备存放在原子

原子能机构保障

2021年

核查核材料和核利用情况

186个国家
有生效的保障协定

其中

138个国家
有生效的附加议定书

26个国家
有全面保障协定和原始
“小数量议定书”

70个国家
有全面保障协定和经修
订的“小数量议定书”

226 116个
核材料重要量

1334个
核设施和设施
外场所

开展
3042次
现场核查

核查
27 900个封记
用于核设施中的核材料、设
施关键设备或原子能机构保
障设备

收集
473个
环境样品
705个
核材料样品

获得
1786张
商业卫星图像

远程监测
148个
设施

利用
1072个
非破坏性检测系统测量核材料

维护
1378个
核设施监视摄像机



14 649个
现场工作日

2136个
接受国内防疫隔离日



1.47亿欧元
经常预算
+2300万欧元额外预算



873名工作人员
来自97个国家

能机构总部之外，以确保视察员和技术人员能够使用；设立一个临时集中办公室，由一个专门小组每天审查和监测现场核查活动；以及在出差前和返回后，在当地医疗服务机构的支持下为核酸检测提供便利。

从长期来看，原子能机构执行的措施包括：

- **包机：**在原子能机构历史上首次包租飞机服务来运送视察员和技术人员。
- **重新确定规划重点：**年度执行计划（AIPs）规定了针对一国开展的现场和总部保障活动，对该计划进行了调整，以重点关注时间最紧迫和有时限的保障目标。
- **保障地区办事处的作用：**原子能机构在东京和多伦多的地区办事处设有常驻工作人员，这意味着与其他国家相比，在日本和加拿大执行保障的困难较少（原子能机构所有年度保障视察工作中约有24%是在加拿大和日本进行的）。
- **远程监测：**1700多个数据流不断从30个国家的设施向维也纳原子能机构总部提供图像。
- **工作人员绩效：**原子能机构视察员和技术人员为履行职责做出了非凡的努力。例如，工作人员在开始工作前隔离长达14天，并在事先不知道如何或何时返回维也纳的情况下开始执行任务。
- **总部的支持：**原子能机构总部工作人员也在管理差旅后勤和应对其他挑战。设备工程师和技术人员努力寻找和供应个人防护设备，以确保健康和安全，而核材料实验室则生产洗手液以克服国际短缺。

2019冠状病毒病发生之后：继续开展核查活动

虽然大流行病造成了独特的挑战，但原子能机构仍设法开展了所有



关键的现场核查工作。这是对各种程序和工作流程进行重大调整的结果。原子能机构工作人员继续进行信息分析和相关的互动团队工作；对国家报告和申报以及相关的反馈进行了处理；对核材料平衡的评价和对环境样品的分析保持在接近正常工作的水平；原子能机构继续收集、处理和评价其他保障相关信息资料，如开源信息。

2021年，原子能机构开展了3000多次现场核查活动，在现场工作的时间超过了14 600天。这意味着恢复到流行病前增加现场核核查的趋势。

“原子能机构成功地适应了2019冠状病毒病的相关限制，也成功地完成了从2020年结转的现场核查活动。”Coyne说，“虽然一些国家仍在实施旅行限制，包括防疫隔离要求，但原子能机构增加了核查工作，以继续履行职责。”

2021年期间，原子能机构在全世界1300多个核设施和设施外场所开展了核查活动，而受保障的核材料重要量增加了2.1%，超过226 000个。重要量是指不能排除可能用于制造核爆炸装置的核材料的大致数量。

通过2019冠状病毒病大流行获得的经验以及由此产生的对原子能机构一些做法和程序的改变，使原子能机构能够在面临前所未有的挑战时继续履行其职责。

在2019冠状病毒病期间，原子能机构历史上首次为视察员和技术人员包机。
(图/国际原子能机构)

在国际原子能机构的援助下履行保障义务

文/Yoshiko Yamada

国际原子能机构提供援助，支持各国履行其核保障义务。这些援助包括培训、同行评审工作组访问、在线学习和一个用于安全提交保障申报和与原子能机构沟通的加密门户网站。

其中许多活动促进了负责保障执行的国家当局或地区当局及其各自国家或地区核材料衡算和控制系统（国家核材料衡控系统，或地区核材料衡控系统）的效能。国家保障主管机构及其国家核材料衡控系统的绩效对原子能机构保障执行的有效性和效率具有重大影响。根据全面保障协定，国家必须建立一个国家核材料衡控系统，这是国家向原子能机构报告其核材料情况的基础。

“国家与原子能机构之间存在强有力的伙伴关系是成功执行保障的关键。”原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西说，“通过原子能机构向各国提供的援助，在满足各国与国家核材料衡控系统相关需求方面成功开展了许多多样化的活动，非常令人鼓舞。”

COMPASS倡议

2020年9月，原子能机构启动了促进国家核材料衡控系统和国家当局或地区当局的综合能力建设倡议，简称“COMPASS”倡议，以进一步加强原子能机构对各国加强和维持其国家核材料衡控系统和国家当局或地区当局工作的支持。“COMPASS”倡议利用定制方案提供多学科援助，以满足各国在法律、行政或技术领域的具体需要。在原子能机构对各国现有的保障支助的基础上，“COMPASS”倡议提供的援助形式包括：在利益相关方之

间进行宣传、采购设备、分享专门知识、信息技术支持、进修和科学访问、培训和辅导，以及协助制定保障法律和监管框架。“COMPASS”倡议将所有这些活动汇集成一个单独的精简而多面机制，以提高有效性和协调性。

在两年的试点期间，危地马拉、约旦、马来西亚、卢旺达、沙特阿拉伯、土耳其和乌兹别克斯坦等七个受援国在14个国家和欧盟委员会的支持下，与原子能机构合作实施了“COMPASS”倡议。

在“COMPASS”倡议的下一阶段，原子能机构将对每一个得到“COMPASS”倡议支助的国家开展一次原子能机构保障和国家核材料衡控系统咨询服务（ISSAS）工作组访问。

咨询服务和评审工作组访问

原子能机构应请求开展 ISSAS工作组访问，就建立和加强国家核材料衡控系统或地区核材料衡控系统提供咨询。ISSAS服务提供同行评审以了解需求，并在达成一致后制定一项行动计划，以提高国家核材料衡控系统和地区核材料衡控系统的技术能力和有效性。ISSAS服务使国家代表、原子能机构工作人员小组和外部专家之间能够进行深入讨论。经过讨论，将有关建议和意见汇编成一份保密报告，提交给国家，并以此为基础制定国家目标，以提高国家核材料衡控系统的实绩。

2021年，有关ISSAS服务导则的原子能机构《服务丛书》第13（Rev.1）号得到了更新，纳入了各国进行自评定的标准。这使各国能够更加主动地评定其国家核材料衡控系统，为开展咨询服务工作组访问做准备。2022年

在孟加拉国进行了第一次有关这种自评方案利用情况的工作组访问。

培训

原子能机构保障培训班是在国家、地区和跨地区层面提供的。2021年，原子能机构为来自50个国家的200多名专家举办了16次培训班（面授和虚拟）。培训班可以是针对特定活动的网络研讨会，也可以是由一个伙伴国主办的为期两周的国际培训班。为期两周的培训班涵盖保障执行的所有方面。例如，各国将了解其法定义务、原子能机构开展的核查活动以及要求各国向原子能机构提供的信息类型。培训的具体目的是确保国家当局或地区当局和国家核材料衡控系统更有效地执行保障。

原子能机构为发展中国家的年轻毕业生和初级专业人员举办年度保障培训计划。参加者由政府提名参加，通过实践培训、指导、讲习班和核设施相关学习提高技术技能和能力。2022年，原子能机构还首次为来自核燃料循环有限或没有核燃料循环的国家的年轻专业人员提供了为期两周的额外培训班，“原子能机构和保障入门”，使学员广泛了解原子能机构保障、原子能机构其他工作领域以及原子能机构为支持各国而提供的相关倡议。

综合核基础结构评审（INIR）工作组访问旨在协助各国评价其引入核电计划的国家基础结构状况，涵盖19个基础结构专题，其中之一便是保障。对这些国家和其他启动核电国家的保障支助包括加强国家核材料衡控系统，以适应与核电厂运行相关的保障要求。

网基资源

自2019冠状病毒病大流行开始以来，原子能机构已通过其专门在线门



户“网络教育和培训网络学习平台”（CLP4NET平台）扩大其外联和培训。该门户网站有1000多个注册用户，提供各种学习机会，包括最近五次网络研讨会录像、四个自学课程和19个保障相关主题虚拟课堂，以及可下载的教学材料和导则文件。

原子能机构还继续扩大和推广国家申报门户网站（SDP），这是一个用于提交保障申报和报告的网络门户。国家申报门户网站提供高效和现代化的信息交流，为使用该门户的国家和原子能机构节省时间和精力。国家申报门户网站使用多层安全保护来保证数据的保密性和安全性，并提供所有通信交流的数字历史日志。

“原子能机构向各国提供多个外联和能力建设计划，并计划扩大努力。”原子能机构成员国培训小组组长Rebecca Stevens说，“我们专注于未来与各主管部门进一步合作，并始终欢迎他们就我们如何提供支持提出意见。”

在孟加拉国首次开展关于新的自评模块使用情况的ISSAS工作组访问。

（图/原子能机构）

具有法律约束力的保障协定和议定书

文/Joanne Liou

不扩散条约和协定以及与原子能机构缔结的保障协定，为原子能机构保障及其核查活动提供了法律依据。原子能机构是《不扩散核武器条约》规定的国际保障视察机构。1970年生效的《不扩散核武器条约》的目标是防止核武器的扩散，促进和平利用核技术方面的合作，以及推动实现核裁军的目标。

《不扩散核武器条约》有191个缔约国，其中包括186个无核武器国家和五个核武器国家，即中国、法国、俄罗斯联邦、英国和美国，是核不扩散领域最广泛遵守的条约。

原子能机构在执行《不扩散核武器条约》第三条方面发挥着不可或缺的作用，第三条要求每个无核武器国家与原子能机构缔结一项全面保障协定，以使原子能机构能够核查当事国履行条约义务的情况。

全面保障协定

在《不扩散核武器条约》生效前缔结的保障协定被称为特定物项保障协定，根据该协定，原子能机构对具体规定的核材料、核设施和核设备实施保障。根据全面保障协定，当事国必须向原子能机构申报所有和平活动

中的所有核材料，而不仅仅是特定物项，而原子能机构有义务确保实施保障，以核实这些材料没有被转用于核武器或其他核爆炸装置。

1971年，原子能机构理事会核准了INFCIRC/153号文件，并要求总干事将该文件作为原子能机构与无核武器国家之间谈判全面保障协定的基础。该文件概述了全面保障协定的结构和内容：明确规定各方的权利和义务；详细说明将适用的保障措施和程序（如提供信息资料和视察）；以及规定建立国家核材料衡算和控制系统、指定原子能机构视察员以及规定原子能机构及其视察员的特权和豁免。芬兰于1972年成为第一个缔结全面保障协定并付诸生效的国家，而几内亚比绍是最近于2022年使全面保障协定生效的国家。

附加议定书

在181个已将全面保障协定付诸生效的国家中，有135个国家也将附加议定书付诸生效。1997年5月，原子能机构理事会核准了《附加议定书范本》，以加强保障体系的有效性和提高其效率，作为对全球不扩散目标的贡献。附加议定书使原子能机构有更多权限接触有生效全面保障协定的国家的信

原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西在2022年8月于纽约联合国总部举行的《不扩散核武器条约》缔约国第十次审议会议开幕式上发言。

（图/原子能机构 C. de Francia）



息资料和场所。

根据附加议定书，原子能机构可以临时通知进入核场址的任何建筑物，以及接触一个国家核燃料循环和不涉及核材料相关研发活动的部分。原子能机构还可以收集特定场所的环境样品。

INFCIRC/540号文件所载的“附加议定书范本”是缔结全面保障协定的附加议定书的标准文本。今年，即2022年，是第一个全面保障协定生效50周年，也是“附加议定书范本”获得核准和第一个附加议定书生效25周年。

小数量议定书

20世纪70年代，原子能机构针对核活动很少或没有核活动的国家引入了“小数量议定书”，以尽量减轻这些国家实施保障的负担。理事会2005年对该议定书进行了修订，认为原始“小数量议定书”构成了保障体系的一个薄弱环节，即原子能机构无法收到这些国家关于核材料和核设施的申报，也无法在这些国家开展现场核查活动。

经修订的“小数量议定书”重申了国家向原子能机构提供关于所有核材料初始报告的义务，以及原子能机构进行现场视察的权利。此外，已拥有核设施或计划建造核设施的国家不能再缔结全面保障协定的“小数量议定书”。

在2022年8月举行的《不扩散核武器条约》缔约国第十次审议会议上，

原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西敦促所有尚未使全面保障协定付诸生效、尚未修订其“小数量议定书”以及尚未缔结一项使原子能机构能够有效执行核核查任务的附加议定书的国家采取这些行动。格罗西先生表示：“由附加议定书和经修订的‘小数量议定书’加强的保障制度，能够给我们提供所需的一切信任和信心，即为了人民的福祉而使用核能的国家没有隐瞒任何事情。”

自愿提交保障协定

根据《不扩散核武器条约》，五个核武器国家不需要与原子能机构缔结保障协定；但是，这五个国家已缔结自愿提交保障协定。根据自愿提交保障协定，国家自愿提供一份符合条件的设施清单，原子能机构可选择这些设施来实施保障。自愿提交保障协定也有助于实现核不扩散目标。例如，在英国，原子能机构对大量的钚实施保障。对于从核武器国家运往无核武器国家的核材料，在核武器国家的原产地对材料进行核查并贴上封记也是比较有效的措施。

特定物项保障协定

目前，印度、以色列和巴基斯坦三个未加入《不扩散核武器条约》的国家签订了特定物项保障协定。与《不扩散核武器条约》之前的协定一样，这些协定只涉及协定中规定的核材料、核设施和其他物项。

关键数字

(截至2022年9月)

- 181个国家有生效的全面保障协定
- 141个国家有生效的附加议定书
- 五个国家有生效的自愿提交保障协定
- 三个国家有生效的特定物项保障协定



行业参与 在不断变化的核环境中实施保障

文/ Wolfgang Picot

随着全球对核电需求的不断增加，核工业和原子能机构之间的合作正变得越来越重要。设施设计在发生重大变化，引入了新的反应堆类型，如液体燃料先进反应堆或移动式微型反应堆。业内专家表示，这些新反应堆设计的出现，以及更多国家对核电表现出的更大兴趣，需要改变行业的保障方案。

“行业支持保障，知道保障的重要性。公司对其设施中的核材料承担责任。”世界核协会总干事萨马·毕尔巴鄂·莱昂说，“然而，除了直接与保障打交道的人，核工业普通员工并不十分了解保障。与安全相比，不是每个人都把保障放在心上。”

虽然保障对一些人来说可能不是最重要的，但国际事务使原子能机构和保障的作用日益受到关注。西屋电气公司全球核保障和战略出口计划主管Jo Anna Bredenkamp说，整个核工业工作人员越来越多地认识到国际核保障。她说：“防扩散领域新闻使人们更加了解保障。”

世界许多地方对核能越来越感兴趣，这也有助于提高人们对保障的认识。“这是一次非常及时的讨论，”Bredenkamp说，“更多国家对核电感兴趣了。当我们审视对这些国家的出口机会时，我们看到，我们必须从投标过程的一开始就解决潜在客户对保障的关切。”

当涉及新的反应堆设计时，经济性和“底线”是企业的首要关切。供应商正在将保障及早纳入新型反应堆的设计过程，以避免后期花大量费用进行改造，这通常称为“保障始于设计”（见第22页）。

“作为一家公司，我们必须从最经济的角度考虑设计一个基于新概念的电厂，”Bredenkamp解释说，“如果我们建造了一个示范电厂，但从一开始就没有考虑保障，那么改造电厂的成本就会很高。例如，微型反应堆是如此之小，以至于在一个单元建成后没有太多的空间用于额外的布线或安装传感器。作为一家公司，我们需要在保障方面发挥作用，因为新的商业模式不适合以前在现有设施中‘改造’保障的机制。”

Bilbao y León说，核废物处置库是核行业应考虑纳入“保障始于设计”概念的另一个领域。“我们不仅目前在实施深层地质处置库时开始考虑核废物保障问题，任何此类项目从一开始就要包括保障。我们对此已考虑很久。”

在核行业积极主动地考虑保障的同时，原子能机构在帮助实施“保障始于设计”方面发挥了重要作用。原子能机构定期为来自监管实体和行业的代表以及原子能机构工作人员举办“保障始于设计”讲习班，重点讨论退役、废物、乏燃料和小型模块堆等主题。

行业专家认为，新反应堆设计的出现需要改变核工业的保障方案。

（图/原子能机构D. Calma）

国际原子能机构保障

反思过去，展望未来

文/国际原子能机构副总干事兼保障部部长马西莫·阿帕罗

半个多世纪以来，原子能机构保障一直致力于有效核查核材料和核活动的和平利用。今年是保障的两个值得注意的周年纪念日：与《不扩散核武器条约》有关的第一个全面保障协定生效50周年，以及第一个附加议定书生效25周年。这些重要的周年纪念日作为反思保障体系的演变和考虑其未来方向提供了机会。

最早的保障体系是针对特定物项的，即保障只适用于一国选择提交保障的核材料、核设备和核设施。1967年，拉丁美洲和加勒比地区国家就世界上第一个在人口稠密地区禁止核武器的条约达成了协定，即《特拉特洛尔科条约》，从此开始向全面保障体系转变。《特拉特洛尔科条约》开启了一个新篇章，要求缔约国接受原子能机构对所有核材料和核活动的保障。墨西哥是第一个根据《特拉特洛尔科条约》缔结协定的国家。

一年后，即1968年，《不扩散核武器条约》开放供签署。《不扩散核武器条约》第三条要求每个无核武器国家与原子能机构缔结保障协定，涵盖“一切和平核活动中的所有源材料或特种可裂变材料”。为满足这一要求，建立了全面保障协定。芬兰是第一个于1972年将《不扩散核武器条约》有关的全面保障协定付诸生效的国家。

20世纪90年代初，在伊拉克发现

未申报的核材料和核活动表明，原子能机构保障体系需要得到加强。原子能机构于1993年开始实施“93+2计划”，以进一步加强全面保障协定下的保障执行，并提高原子能机构核查一国关于受保障核材料申报的正确性和完整性的能力。作为该计划实施的结果，1997年通过了附加议定书。附加议定书扩大了原子能机构接触更多信息和场所的权利。澳大利亚是第一个将附加议定书付诸生效的国家。

原子能机构在21世纪初开始为缔结了全面保障协定的个别国家制定和实施“国家一级保障方案”，逐渐摆脱通用设施保障方案。为了努力使原子能机构（在相关保障协定的范围内）能够充分利用“国家一级保障方案”提供的灵活性，2011年，原子能机构开始根据国家具体因素更新和定制现有的“国家一级保障方案”。2019年，启动了一个项目，通过界定实绩指标进一步改进“国家一级保障方案”。

展望未来，对原子能机构保障的需求可能会继续增加，而新技术将带来机遇和挑战。我们必须部署现代化保障基础设施和设备，并进一步发展和调整保障方案、工具和方法。在我们成员国的支持下，我相信我们将奋起迎接所面临的挑战，并确保原子能机构保障在未来几十年内仍然是全球防扩散努力的一个关键因素。



“展望未来，对原子能机构保障的需求可能会继续增加，而新技术将带来机遇和挑战。”

—国际原子能机构副总干事兼保障部部长马西莫·阿帕罗

小型模块堆平台：新的门户网站促进技术支持



小型模块堆平台为致力于引进小型模块堆的国家提供支持。

（图/原子能机构A. Tarhi）

希望在原子能机构小型模块堆及其应用平台的帮助下加快小型模块堆部署的国家可以通过原子能机构一个新的在线门户网站 (<https://smr.iaea.org>) 迈出第一步。该网站于2021年推出，能够提供有关小型模块堆开发、部署、许可证审批和监督等所有方面的支持，上述国家通过该网站可以获得原子能机构与这种新兴核电技术有关的所有服务和最新信息。

随着80多个小型模块堆设计在19个国家处于开发中，以及第一批小型模块堆机组已在中国和俄罗斯运行，包括微型反应堆在内的小型模块堆预计将在帮助确保能源供应安全以及全球能源净零排放转型中发挥越来越重要的作用。在小型模块堆更广泛地部署之前，其技术、安全和经济竞争力必须得到充分证明，

而小型模块堆平台已经在协助巴西、约旦等国的政府、潜在运营者和监管机构解决这些挑战和相关挑战。

该门户网站涵盖技术开发和部署（包括非电力应用）；核安全、核安保和核保障；以及燃料、燃料循环和废物管理。网站导航栏有10个可选主题，用户可以按主题过滤新闻、事件和出版物。网站将进一步扩大，纳入更多的功能，如技术工作组的地区，国家和国际小型模块堆项目和计划的信息，以及手机和平板电脑版本。

小型模块堆平台实施小组组长、原子能机构核电技术发展处处长Stefano Monti说：“该门户网站旨在作为原子能机构外部和内部利益相关方的集中信息来源，提供不同层次的信息和数据访问。”

小型模块堆通过使用预制系统和部件缩短施工进度，并提供比传统核电厂更大的灵活性和经济性。它们有可能满足广泛用户的需求，并可以低碳方式替代老化的化石燃料发电厂。它们的安全功能可能更强，并适合于非电力应用，如冷却、供热、制氢和海水淡化。小型模块堆也为电网规模较小的国家、基础设施欠发达的地区以及将核电和替代能源（包括可再生能源）相结合的能源系统提供了选择。

原子能机构已开展若干与小型模块堆有关的活动，该平台有助于协调这些活动，并提供相关信息。平台还与原子能机构的其他重要倡议相互联系，例如，2022年6月启动的新的“核统一和标准化倡议”（NHSI），通过使监管和工业方案协调一致和标准化，帮助促进安全可靠的

小型模块堆的部署。

“原子能机构正在开展关于小型模块堆安全和安保的重要活动。例如，我们最近完成了安全标准对于小型模块堆和其他技术的适用性的审查。”原子能机构负责协调小型模块堆安全活动的资深核安全官员Paula Calle Vives说，“我们还制定了一项工作计划，以逐步调整安全标准，使其更好地适合这些新技术特点。该平台将使我们能够更好地向成员国传播这项工作。”

小型模块堆平台包括关于小型模块堆及其应用的活动信息，特别是最接近近期部署的技术信息，包括支持小型模块堆及其应用的工业准备；促进、支持和发展小型模块堆的研究和

创新；支持建立制度、法律和监管框架以部署安全可靠的小型模块堆运行和退役；以及支持小型模块堆的国际合作。9月，原子能机构推出了一本与该平台有关的小册子，《小型模块堆：新的核能范式》，研究在决定是否采用小型模块堆时应考虑的因素，以及使其安全、可靠、和平和可持续部署的方法。每两年出版一次的小册子《小型模块堆技术开发进展》的2022年版也于9月出版。

各国已通过小型模块堆平台获得支助，为满足各国需求还建立了几个跨领域特别工作组。其中一个工作组正在帮助组织对约旦的专家工作组访问，旨在分析利用小型模块堆发电和淡化海水

的经济性。原子能机构还正在支持巴西分析小型模块堆技术和市场准备情况、监管问题和小型模块堆选址要求，并于4月参加了由巴西核活动发展协会组织的为期三天的小型模块堆和微型反应堆培训班。

“在能源和气候危机中，越来越多的国家将小型模块堆视为改善能源安全和减少温室气体排放的一种选择。”Monti说，“原子能机构可以帮助他们踏上这一旅程，首先可以访问原子能机构小型模块堆平台的新门户网站，然后如果需要，提出对原子能机构援助的正式请求。”

文/ Nicholas Watson 和 Jeffrey Donovan

原子能机构启动预警通知系统，保护核设施免受自然灾害影响

自然危害和灾害，如地震、洪水或野火，可能会严重挑战核设施的安全。因此，至关重要的是，不仅要预测此类事件并计算其规模，而且要有效评估对核设施安全的潜在影响，以便及时利用适当的响应机制。为此，原子能机构在2022年9月原子能机构大会第六十六届常会的一次会外活动中推出了外部事件通知系统(EENS)。

外部事件通知系统是一个基于网络的工具，提供已经发生或预计将发生的地震、海啸、火山爆发、河流和沿海洪水、旋转风和野火等外部事件和危害的实时信息，包括其严重程度、位置及其对核设施和主要人口中心的预计潜在影响。该系统收集相关数据，并将其直接发送给原子能机构的事件和应急中心和外部事件

安全处进行评定。

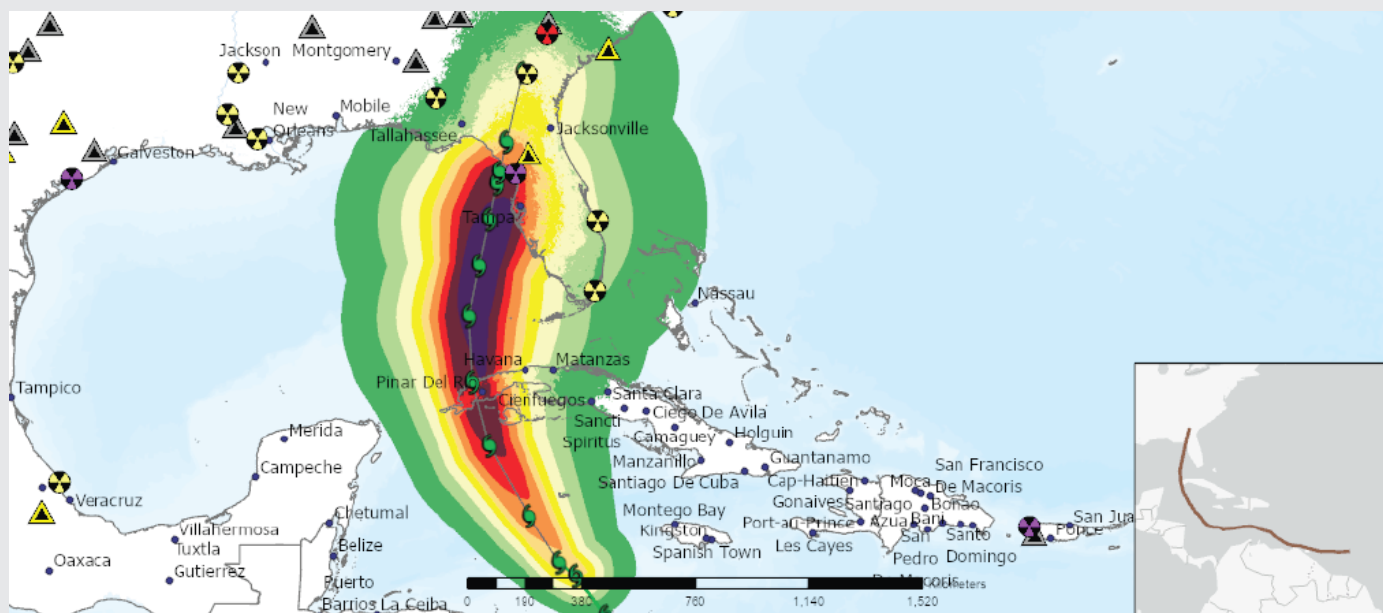
在这次会外活动期间，原子能机构外部事件处处长Paolo Contri和资深安全官员Ayhan Altinyollar展示了外部事件通知系统的实际工作情况，而事件和应急中心响应系统官员Günther Winkler则解释了该系统在事件和应急中心的具体工作中以及更广泛的全球核安全和安保中起到的作用。“外部事件通知系统旨在对核设施外部事件的严重程度进行初步评定，随后可能启动原子能机构事件和应急中心的响应工作。”Winkler说，“这一工具将有助于我们迅速确定可能影响核安全或辐射安全的自然危害，以便在成员国之间交流信息或协调国际援助。”活动最后举行了圆桌会议，与会者讨论了外部事件通知系统的数据来源、事件

和应急中心的待命程序和网络安全问题。

外部事件通知系统基于一个多危害监测和预警平台，是与夏威夷大学的太平洋灾害中心和为企业提供风险和影响情报的供应商Tenefit合作开发的。太平洋灾害中心副执行主任Chris Chiesa说：“这是一个将长期为原子能机构提供全天候支持的系统，形成的数据库可用于进一步评定。”为满足原子能机构的需求而定制的版本已经过修改，专门关注危害对核设施的影响。它包括两个部分：警报系统和外部事件损害预测。

实时监测和分析威胁

警报系统实时监测核设施附近的情况，并以精心选定的指标为基础，确定事件的严重程度。



外部事件通知系统是一个基于网络的工具，提供已经发生或预计将发生的外部事件和危害的实时信息，包括其严重程度、位置及其对核设施和主要人口中心的预计潜在影响。（图/太平洋灾害中心）

当危害可能影响核设施时，它便向原子能机构事件和应急中心发出警报。

外部事件损害预测从警报系统接收信息，并对核设施和人口中心的潜在损害进行初步评估，提出“事件通知报告”，其中包括事件的基本信息，如规模、时间和地点，以及对影响的预测。该报告对于评价从最近外部事件中吸取的经验教训和评定核设施的稳健性至关重要，可定期向所有成员国分发。

“例如，在发生旋风的情况

下，‘事件通知报告’将包括旋风的基本信息，包括地图、沿海地区预期风暴潮、可能到达的时间和核设施场址的预计风速。这些信息对于事件和应急中心能够迅速提供援助以支持受灾国至关重要，”Contri解释说，“外部事件通知系统使我们能够监测所有核设施而不仅仅是核电厂附近的全球自然危害情况，包括放射源可能会受到危害影响的大城市。这个系统是原子能机构工作的一个重要组成部分，使我们能够评价有关情况，并帮助各国减轻相

关风险。在未来的岁月里，由于气候变化，自然危害的严重程度预计会增加。我们必须为此做好准备。”

外部事件通知系统推出的头两个模块侧重于地震和气旋预测。另外有关河流洪水、海啸、火山爆发和野火的四个模块正在开发中，预计将在2023年中期投入使用。

该系统的开发得到了法国、日本和美国的财力支持。

文/Vladimir Tarakanov

时隔34年，菲律宾再次拥有核设施

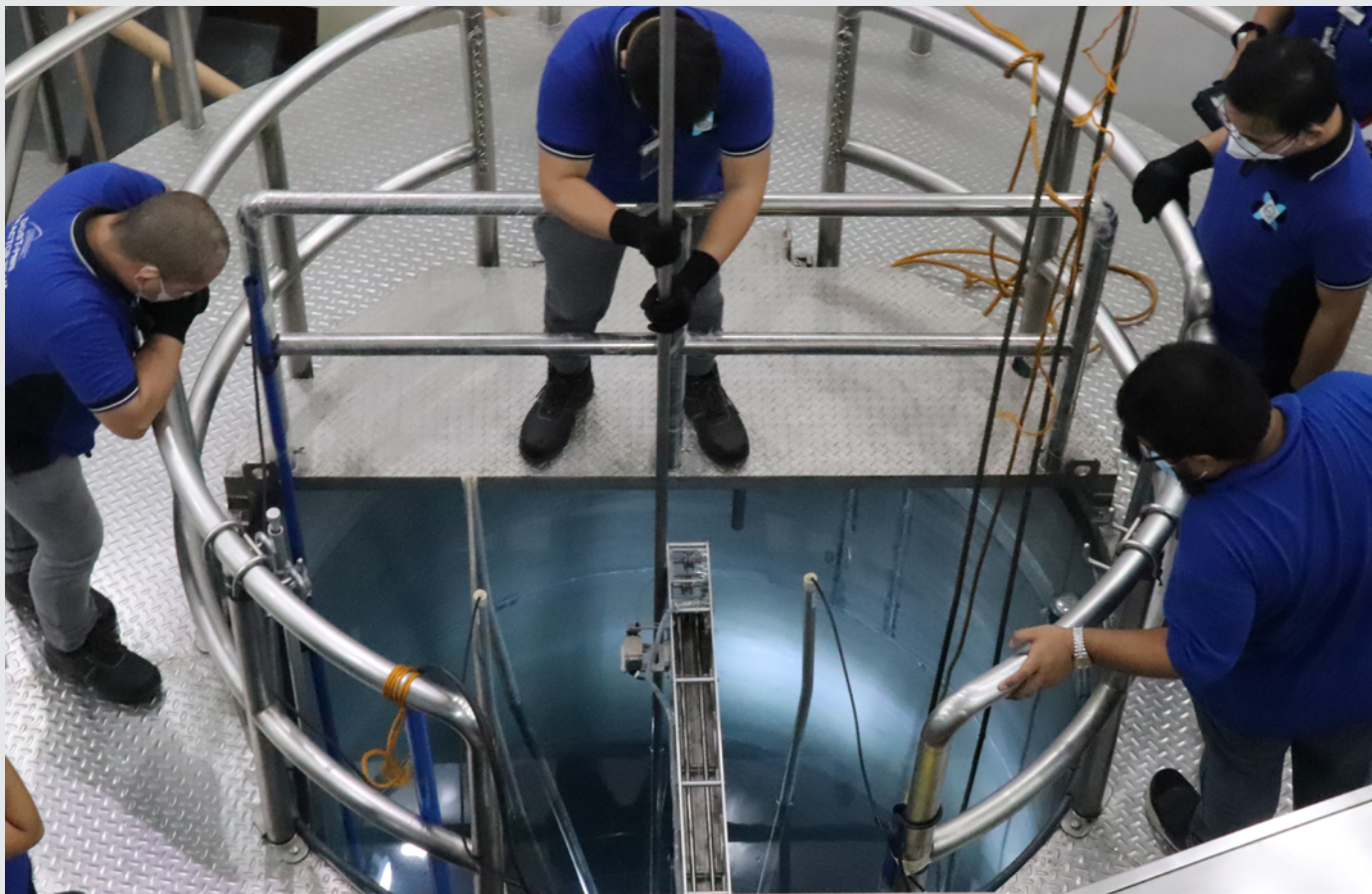
30多年后，菲律宾再次运行核设施。2014年，菲律宾提出利用一座已关闭研究堆燃料元件进行培训和教育的建议得到认可后，原子能机构一直通过一系列技术合作项目予以支持。在2016年启动的第一个项目中，原子能机构协助菲律宾核研究所（PNRI）建设反应堆设计、中子

剂量测定和与研究堆有关监管事项的能力。

第二个合作项目于2020年启动，目前正在进一步建设能力，特别是在反应堆工程和运行、反应堆利用以及开发反应堆培训计划方面，以维持当地的能力建设活动。原子能机构负责菲律宾项目的管理官员

Syahril Syahril表示：“由于菲律宾未来能源结构考虑到核电，而且不同部门对核技术都有需求，因此在这一领域进行能力建设并培养新一代科学家和劳动队伍至关重要。”

今年早些时候发布的一项总统行政命令概述了菲律宾政府关于将核能纳入菲律宾能源



一根燃料棒被装入次临界装置堆芯。
(图/菲律宾核研究所)

结构的立场。菲律宾曾在20世纪70年代末建造一座核电厂，但该项目在1986年被停，燃料也没有装入堆中。

振兴核能力

2022年6月，菲律宾核研究所将44根核燃料棒装入用于培训、教育和研究的次临界装置（SATER）新建容器堆芯。这些燃料棒此前已贮存30多年未使用。新的SATER设施位于菲律宾研究堆1号（PRR-1）厂房内，将保持次临界状态，这意味着核裂变链式反应依赖于外源中子。PRR-1 SATER的设计在任何运行工况或事故情况下都不会达到临界状态，即自持链式反应状态，为研究人员和学生提供一个

安全和多功能的工具。

1兆瓦的PRR-1研究堆于1963年达到临界状态，但自1988年以来一直处于长期关闭状态。助理科学家、菲律宾核研究所核反应堆运行部门前负责人Alvie Asuncion-Astronomo说：“PRR-1 SATER的启动对菲律宾来说是一个重要里程碑，该设施将为重建菲律宾核能力提供重要支持。”在过去的两年里，原子能机构通过提供关于PRR-1 SATER许可证审批和调试的建议，协助当地监管和运行人员。原子能机构专家和国际专家参加了各种现场工作组访问。

次临界装置，如PRR-1 SATER，是宝贵的教育和研究工具。它将支持最近在菲律宾迪

利曼大学和马普阿大学启动的核教育计划。在研究领域，PRR-1 SATER将用于反应堆物理学实验，以及作为中子辐照和中子活化分析的示范设施。

“PRR-1 SATER预计将成为研究堆操作人员、监管人员和用户的培训用反应堆。它还旨在增加菲律宾研究堆利益相关方的基础，”Asuncion-Astronomo说，“该设施预计将为菲律宾人打开反应堆物理和工程的整个科学领域，并为菲律宾加强其在核领域的地位铺平道路。”

PRR-1 SATER预计将在2023年完成调试测试并全面投入运行。

文/Joanne Liou

New Edition

IAEA SAFEGUARDS GLOSSARY

2022 Edition



 **IAEA**
International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace and Development

《国际原子能机构保障术语表》（2022年版）

自2001年上一版《国际原子能机构保障术语表》出版以来，原子能机构保障执行情况不断发展，包括在制定“国家一级保障方案”时更加强调“国家整体”的考虑，并反映了无数的技术进步。

新版《术语表》反映了这些发展，并包含原子能机构保障专有和特有的术语，或可能在其他领域使用，但具有与原子能机构保障相关特定含义或应用的术语。

此外，新版《术语表》还纳入了过去20年中已普遍使用的新术语。每个术语包括定义以及适当时进一步的解释或示例。每个部分涉及与原子能机构保障有关的特定主题领域，并按照该主题领域进行术语排列。

在每个定义中，如果含有在《术语表》其他地方界定的术语，则该术语以斜体字示出，并提供了术语编号索引，以便于查阅。这些术语已译成阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文，以及德文和日文。

《国际核核查丛书》第3（Rev.1）号

ISBN: 978-92-0-122122-3 · 55欧元

在线阅读本期和其他各期《国际原子能机构通报》：
www.iaea.org/bulletin

更多了解国际原子能机构及其工作，请访问网址：
www.iaea.org

或通过以下方式关注我们：

