

# 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 $\gamma$ 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）