

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)

