

# 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。



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。

## 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

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 $\gamma$ 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)