

## 环境监测与安全保障:增强分析能力

IAEA 正筹划建造专门设计的“洁净”实验室，  
用于分析安全保障视察中收集的环境样品

David Donohue,  
Stein Deron  
和 Erwin Kuhn

监测江河、溪流、沉积物及其它环境路径的放射性,现已成为国际原子能机构(IAEA)长期核查伊拉克核计划这一工作的重要组成部分。与此同时,为证明利用环境监测技术能探知核活动,一些国家自愿参与了IAEA的现场试验。这些技术可用来对水、土壤、生物群等环境物料的微小样品进行化学和同位素分析,以便探知某些类型的设施和操作所特有的“核印记”。

对收集到的环境样品进行分析和测量,是一个高度专门化的和精确的学科。它需要一些装备与设计都满足一定条件的设施,还需要高水平的分析人才。例如,在伊拉克采集的环境样品,就是在几个IAEA成员国的一些专业实验室中采用现代化分析方法分析的;这些方法的铀钚检出限约为 $10^7$ 个原子。

就IAEA而言,无论在支持技术合作、人体健康和核安全的计划方面,还是在支持安全保障的计划方面,都已在机构内建立了进行多种化学分析测量的能力。IAEA塞伯斯多夫实验室的物理、化学和仪器仪表实验室,设在维也纳IAEA总部的同位素水文学实验室,以及设在摩纳哥的IAEA海

洋环境实验室,均拥有测量环境中放射性元素的经验。此外,IAEA成员国中满足一定条件的许多实验室,也在为安全保障提供分析服务,或参与表征IAEA分析质量控制服务用材料的演练。

基于这些经验,IAEA正着手在其设在奥地利塞伯斯多夫的研究实验室的场址上建造一个“洁净”实验室,专门致力于为安全保障服务的环境样品的分析和测量。该实验室将用于扩大现在由安全保障分析实验室(SAL)提供的那些服务的范围。SAL是IAEA在70年代建立的,目前每年处理1000多个铀、钚及其它类型核材料的样品。

### 为什么需要“洁净”实验室

为什么IAEA需要专门的洁净实验室呢?主要有5个原因:

● IAEA伊拉克行动组的视察所取得的经验显示,对于探知和详细描绘未申报的核活动来说,环境取样和分析具有重要意义,高质量的分析能力也是必不可少的。应用超灵敏监测技术的主要限制之一是必须保持样品的完好性,即需要避免被可能导致严重错误结论的乱真物料所污染。这要求IAEA采取严密的措施,以确保所用的取样材料是清洁的,并确保取样后的样品

Deron先生系IAEA塞伯斯多夫实验室安全保障分析实验室(SAL)负责人,Donohue先生系SAL职员,Kuhn先生系IAEA安全保障司职员。

《国际原子能机构通报》1994年第3期

操作和分析是在高清洁度的条件下完成的。按照联合国安理会 715 号决议,IAEA 需要在其正在伊拉克进行的长期监测计划中继续采用此类技术。

此外,按照 INFCIRC/153 型安全保障协定(依据《不扩散核武器条约》缔结的协定),IAEA 有权要求进行专门的安全保障视察(special inspection),以排除存在着未申报核活动的可能。环境取样和超灵敏分析技术是此类专门视察的必要组成部分。

- 每当一个国家与机构缔结了全面安全保障协定,IAEA 就必须进行特别视察(ad hoc inspection),以核实该国的初始申报单的准确性与完整性。这种视察不久前在南非进行过,在朝鲜民主主义人民共和国的这种视察正在进行之中。类似活动不久将按照四方安全保障协定在阿根廷和巴西开展,以及在几个已签订全面安全保障协定的前苏联共和国(如哈萨克斯坦)中开展。

经有关国家主管部门同意,环境监测已在许多场合被采用,预计这项技术将作为建立信任的措施继续在特别视察中使用。这更加说明了从环境监测数据导出可靠结论和避免样品被污染的必要性。

- 1993 年,IAEA 总干事的安全保障执行常设咨询组(SAGSI)就如何强化安全保障体系并使之更加有效和效率更高提出了推荐意见。作为响应,IAEA 已制定了被称作“93+2”的一项安全保障计划,旨在研究用于改进常规安全保障的执行办法的各种选择。任务之一涉及评价用于在已申报或未知的场所探知未申报核活动的环境监测技术。可能性极大的一种做法是将来在常规安全保障执行办法中加入某种形式的环境取样和分析技术,从而导致 IAEA 需要采集并处理大量环境样品。处理如此大量的样品又不发生交叉污染,这是一项富于挑战性的工作。此外,为了高效地利用机构或成员国实验室的现有分析能力,肯定需要用到快速、灵敏和选择性强的筛选技术,以挑选出值得进一步分析的样品。

- 对 IAEA 而言,重复成员国中已有的



专门化分析能力当然是不经济的。必须充分利用成员国中的实验室,具体做法是把从特别、专门或常规的安全保障视察中采集的环境样品分发给它们。理想的做法是把同样的样品交给不同的实验室,以校验分析结果的准确性。这种质量保证职能还涉及其它的许多活动,包括:制备和分发参考或控制样品;鉴定取样材料的清洁度;以及将取样和分析程序妥善地形成文件。IAEA 不应该把这种质量保证职能托付他人。为了严格地履行这项职能,IAEA 本身必须具备与一些国家实验室的分析能力相当的能力,但不一定重复国家实验室的劳动,当然也不是在样品分析数量方面与之竞争。更正确地说,IAEA 将起有能力控制并确保整个服务的质量的仲裁实验室作用。

- 最后一点,应该强调的是,IAEA 需要拥有独立地分析环境或专门样品的能力。在很多情况下,必须将样品身份、样品出处及视察人员对取样点的了解纳入分析方案中。这一情况以及迅速反馈给视察人员的必要性,都要求具备能在安全保障司和成员国实验室之间提供必要缓冲的内部分析能力,以维护分析结果的安全保障机密性。

在 IAEA 安全保障分析实验室中接收安全保障视察中收集的材料。

洁净实验室将开展哪些工作？

洁净实验室的设计必须为若干活动创造条件,包括:

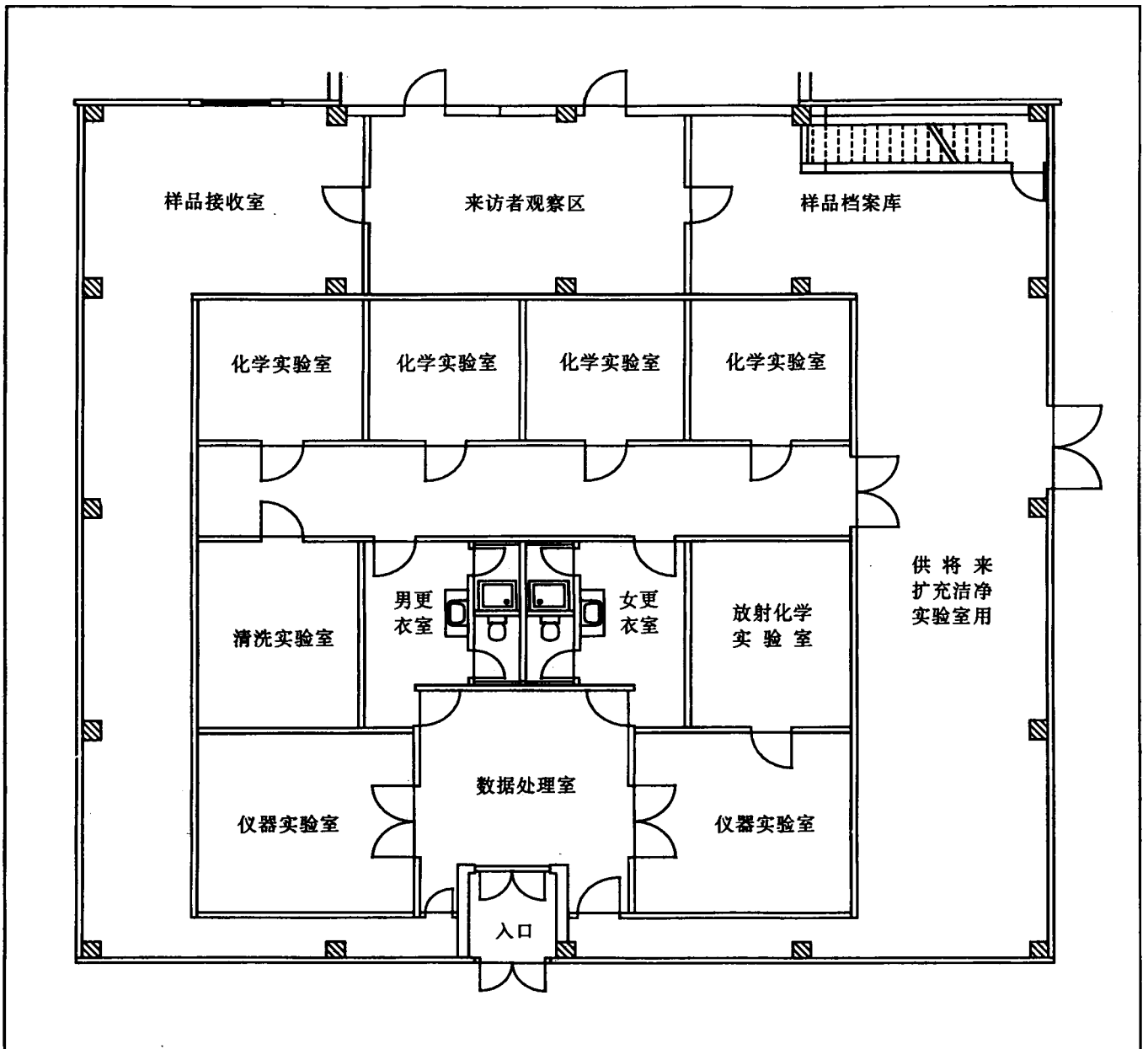
- 工作人员的出入,包括全身更衣;
- 样品传递,外包装的初步清洗和更换;
- 样品的分割、重新包装和归档贮存;
- 借助 $\alpha$ 计数法、 $\gamma$ 能谱法,或X射线荧光法等非破坏性技术对样品进行初步筛选,以测定总放射性及所含的主要元素。

● 样品的化学处理,使铀和钷之类感兴趣的被分析物浓缩。待处理的样品种类包括水、土壤、沉积物、植被、生物群和擦拭材料。或许会添加高纯同位素示踪剂,以便可以用同位素稀释质谱法测定重要元素的量。

● 用热电离谱法测量铀、钷等元素的同位素组成和浓度。为此需装备高度灵敏的离子计数探测器。铀和钷的检出限为 $10^7$ 个原子(几飞克)。

● 制备参考或控制样品,供在成员国

拟议中的洁净实验室的平面布置



实验室中对测量结果实施的内部质量控制和质量保证使用。

- 准备取样材料(如瓶子、袋子或擦拭材料)并鉴定其洁净度。

该设计还应当留出将来扩充洁净实验室和采用其它仪器技术的空间,后者包括用于探知并测量极细微粒子的带有电子探针附件的扫描电子显微镜,以及用于测量液体样品中十亿分之几水平的痕量元素的电感耦合等离子体质谱仪。

拟议中的洁净实验室的平面布置包括四个单独的 100 级化学实验室。这些实验室将安装层流通风橱,样品可在其中溶解和灰化。(见第 22 页的图。)每个实验室将处理不同类型的样品(水、土壤/沉积物、生物群或擦拭材料),以避免交叉污染问题。这些实验室必须保持最高级别的洁净度,因为样品的操作是开放式的,非常容易受污染。

其余的房间是为放射性分析法( $\alpha$ ,  $\gamma$  或 X 射线谱法)或质谱法等仪器测量工作设置的。这些实验室依靠在非常灵敏的区域内使用清洁空气喷头,就可在比较适中的清洁度条件下被使用。样品在进入洁净实验室之前,先在一专用房间内除去外包装并换上清洁的材料。用于清洗玻璃器皿与仪器以及采用亚沸腾蒸馏法纯化化学试剂的实验室,也是一个重要的实验室。样品的归档贮存需要单独的房间,室内安装了制冷设备以便保存生物样品。

## 经费与行政管理问题

建立新设施首先要考虑的是集资。IAEA 已收到了美国提供的用于该洁净实验室的 100 万美元预算外捐款。已请人做并已收到在塞伯斯多夫研究中心范围内建一座新建筑物的初步概算。洁净实验室本身将采用由预制的墙壁和天花板组装成模块式房间的方式建造。天花板上装有过滤器和排风扇,可向模块式房间输送 100 级质量的空气。此类房间的工程费用估计为 20—30 万美元,进风调节系统(加热/冷却/

湿度控制和初步过滤)的附加费用为 60 万美元。

洁净实验室需装备的分析用仪器仪表是另一项重大投资。热电离质谱仪已订货,动用了来自 IAEA 经常预算的 50 万美元,但放射性分析用仪器仪表尚待购买。扫描电子显微镜或电感耦合等离子体质谱仪之类的仪器,每台价值 30—50 万美元,已请求成员国以追加的预算外捐款形式提供。

洁净实验室的运作将涉及一定的运行费,其中包括公用事业、物资和设备更换的费用,当然还包括工作人员的薪金开支。目前准备配备的班子由两名专业类职员、两名实验室技师和一名维修工组成。实验室技师将需要在洁净实验室的通用操作技能和将要采用的特定的化学和分析操作方面进行大量的培训。

建造内设洁净实验室的这一建筑物预计需要 12 个月,洁净房间本身的装修大约需要 3 个月。该实验室计划在 1995 年晚些时候开始运行。该项目由一高级别的委员会负责总的管理。该委员会由主管安全保障司的副总干事 Bruno Pellaud 先生任主任,研究与同位素司和行政司的代表参加。由上述三个司的职员组成的特别小组负责这项工作的日常管理。

## 增强分析能力

在目前这种许多政府试图更有把握地确信不存在未申报核活动的情况下,环境监测技术被认为是一有价值的核查手段。

因此,IAEA 的这项建立分析环境样品用洁净实验室的工作,就是为了适应这一重要需求而开展的。尽管 IAEA 的现有设施能做许多工作,但不包含施行安全保障所要求的那种环境分析需具备的多种分析能力。该洁净实验室一旦投入运行,对于 IAEA 的核查体系的继续发展定能起到重要作用。□