



原子能机构安全保障分析实验室中的科技人员，正在通过分析从核设施取得的试样来确定受保障核材料的浓度和同位素组成。

安全保障分析部门：它在核实工作中的作用

原子能机构要对按照它与其成员国之间签订的协定受到安全保障的核材料进行独立的测量。这种测量是在核设施中进行的视察活动的一部分，有助于及时察觉将重要量级的核材料从和平核活动转走的可能性。

常用的测量技术有两种：

- 在视察期间，用无损检验技术（NDT）核实设施中的核材料物项。
- 在视察期间从核材料物项中抽取一些试样，并在现场以外用破坏性分析法（DA）测量。

机构测量的结果均已反映在有关其核实活动的技术结论中。正是这些测量结果加上其他的安全保障活动，使机构确信迄今没有发生重要量级的核材料转用于未公开的用途。

原子能机构的安全保障司将其预算的7%用于维持一整套安全保障分析部门（SAS）。建立这套系统是为了提供DA和对视察活动所需的NDT测量有所帮助。这些服务部门已经工作了十年以上。

机构安全保障的分析工作

在机构的测量系统中，NDT和DA技术是相互补充

的。

● 无损检验技术用来核实已加工好的物项，以及探测散装材料方面总体和部分的缺欠。在视察过程中用事先装好的可移动的设备进行测量，然后与具有相似物理和化学性质的核材料的标准相比较。采用这种技术，能立即得出结果。但是，在现场并不总能得到合适的用于确定结果准确度的校准标准。

● 破坏性分析法当然可得到最精密和最准确的结果。但是，由于试样送往分析实验室要一些时间，因而用DA方法无法保证及时察觉坏产品或乏燃料后处理溶液等敏感材料的快速转用。因此，DA特别适合于确定用NDT也许未察觉到，而且要经过很长时间才能积累成不公开的达到重要量级的那种少量缺欠。因此，DA技术可用来核实某一具体时期内的核材料收支帐目的结算情况，核实不明材料量（MUF），表征所用参考材料的特性时也需要用到这种技术。

安全保障分析部门（SAS）

原子能机构的安全保障分析部门形成了一个世界性的体系，其任务分工如下：

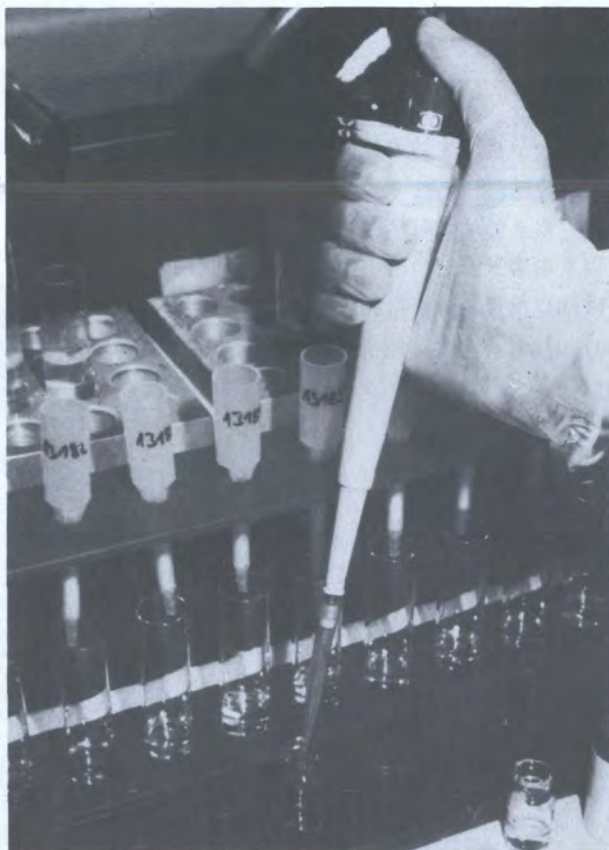
- 原子能机构安全保障司负责各部门的协调、有关核材料的管理以及分析结果的评价。
- 原子能机构研究和同位素司及其安全保障分析实验室（SAL）负责分析试样；表征参考材料的特性；以及在

Deron先生是原子能机构研究和同位素司安全保障分析实验室负责人，Wenzel先生是安全保障司发展和技术支助处工作人员。两位作者感谢并将此文献给所有支持SAS和参与其工作的同事和朋友们。

利用“树脂颗粒”技术获取小而具有代表性的乏燃料溶液试样。

实验室、专业队伍和技术支助的世界性网络

S. Deron 和 U. Wenzel



设计和检验抽样程序、经管机构的分析实验室网(NWAL)和评价各服务部门的实绩方面进行帮助。

- 原子能机构分析实验室网由各国应机构要求而指定的实验室组成。该网络承担一部分分析工作，并且协助 S A L 从事其各种工作任务（见附图）。
- 成员国支助计划对新技术的开发、试验和实施提供协助，同时还提供其他专门服务，如供应特种源材料和参考材料（见本期有关文章《不断改进的安全保障技术支助》）。

怎样以及何时利用这些部门

在安全保障核实系统中，在下述三种情况下需要用到 D A：

- 直接核实性测量：这种测量约占所要求服务的80%。
- 事后校准性测量：这是对视察期间选取的试样进行分析。这些试样选自现场所用的物项，是供归一 N D T 测定值用的参考试样。
- 确认性测量：对专为校准 N D T 或 D A 的测定值制备的参考材料试样进行测量。

在上述所有的情况下，D A 测量系统包含许多步骤。每一步必须按照完全合格的程序进行，同时要仔细检查，使所得结果精确及时。每一步的服务都由指导小组统一安排*。

- 取样是机构视察员在场的情况下由设施运行人员进行的。

取样程序是该系统中一个非常敏感的方面，是在同指导小组协商后确定的，并已载入同设施经营者和当事国所签定的协定中。

- 试样递交给原子能机构设在奥地利塞伯斯多夫实验室的工作由机构视察员进行。指导小组为这种转移设想了一套标准程序，它是以与机构的豁免和特权有关的国际条例和协议为基础的。只要执行这套程序，便能大大加速转移的进程。在试样到达维也纳后，也由该小组作出安排，将试样分配给 S A L 或 N W A L。

- 分析是由 S A L 和 N W A L 进行的，所用的分析方法均能达到国际上公认的精密度标准和准确度标准（见附表）。分析结果报给安全保障司。在那里进行统计学评价，把这些结果同设施经营者上报的结果进行比较。这种评价是编制《机构的视察报表》和《安全保障执行情况报告》所必需的。前一报告寄给当事国，后一报告每年一次提交理事会。

- 质量保证是给 S A L 和 N W A L 所产生分析结果的质量提供证据。质量控制的其他工作是跟踪试样的线索，以及监督整个过程和指导小组的责任。

- 试样残余料的处理也是指导小组的任务，实际是退回原

* 原子能机构的安全保障分析服务由指导小组统一管理，该指导小组由安全保障司的发展和技术支助处和安全保障评价处的工作人员，以及研究和同位素司的塞伯斯多夫实验室的工作人员组成。

提交国。分析产生的放射性废物则交与机构或成员国签有合同的设施。

- 新视察员的培训包括由指导小组介绍该系统的要求和程序以及参观 S A L。该小组在这些活动中的一个重要任务是鼓励视察员、分析员和统计员之间进行个人接触。

- D A 技术的开发是使机构测定值的质量保持所需标准的长期任务。

成员国的协助

在上述这些工作中，原子能机构一贯依靠成员国以支持计划形式给予的协助。这种协助包括五个方面：

- 把先进的分析技术用于安全保障的实践（如钚量热法、安培法、同位素稀释质谱法）；
- 建立供现场使用的固定的分析测量站（如 K 线 X 射线密度计、复合的 X 射线荧光/K 线仪、四级质谱仪和光学分光光度计）；
- 设备和特种源材料及参考材料的采购；

- 在分析专家和统计专家帮助下，制订 S A L 和 N W A L 的分析质量保证大纲；

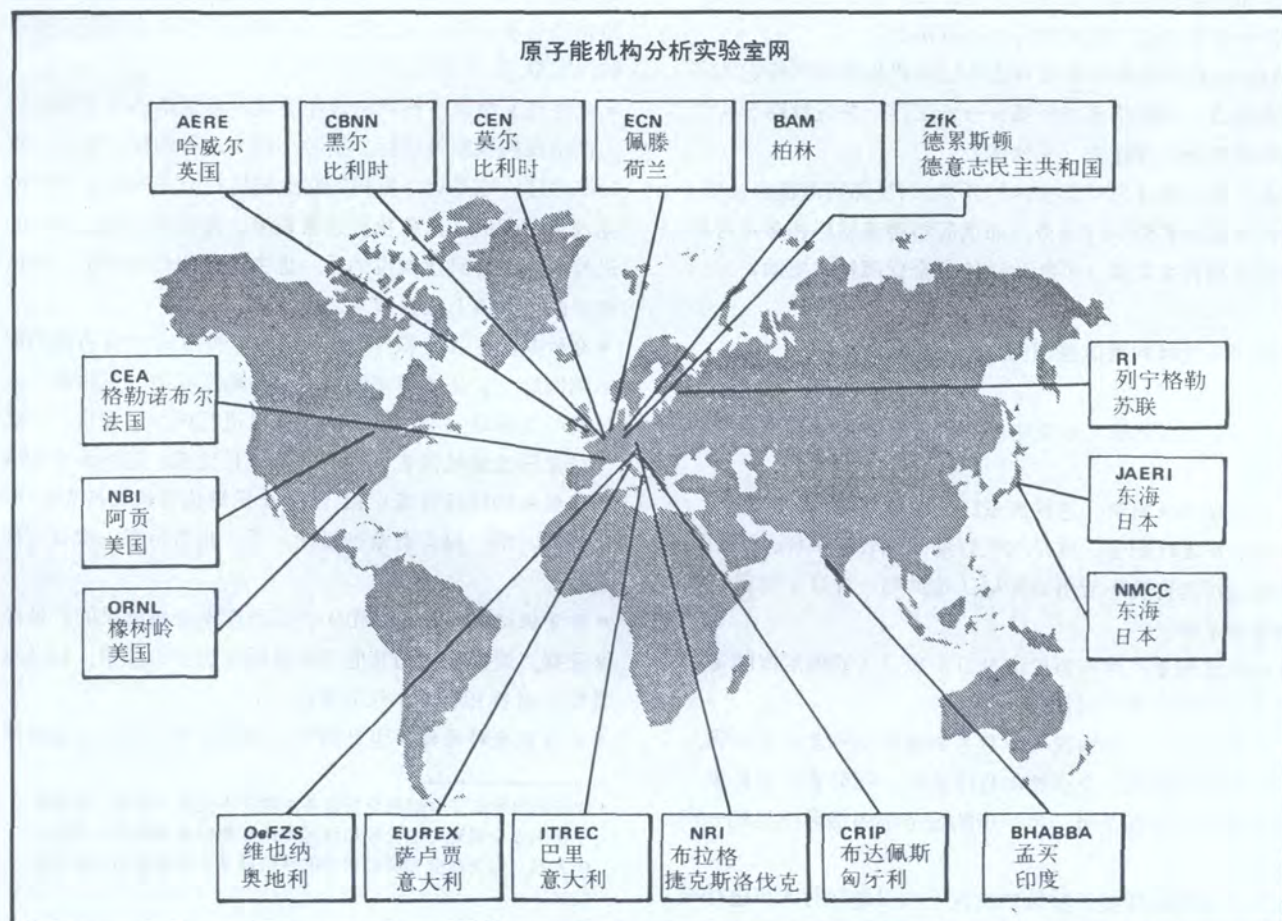
- 对在大型钚燃料工厂设置由机构经营的分析设施进行可行性研究和设计。

系统的实绩

系统的实绩可以用几个指标说明。

- 分析工作量在过去十年中增加了两倍（见附图，该图显示出了 D A 核实量的增长情况）。

- 反应时间也在迅速改进。过去五年间，尽管分析工作量急剧增加，在试样的传递与分析两方面的延迟均有所减少。在一座乏燃料后处理厂 1985 年的整个生产期内进行的测试表明，只要执行转移试样的标准程序，就可以在抽样后 30 天内及时报出投入和产出材料的破坏性分析结果。非现场的破坏性分析甚至可用于探测总体和部分的缺欠（见附图）。



安全保障分析实验室（SAL）：敏感核材料同位素丰度和元素的分析质量

同位素	丰度级 （%（重量））	SAL的典型 情况		1983年 ESARDA的目标	
		随机	系统	随机	系统
U-235	90	0.03	0.03	0.05	0.03
Pu-238	0.3	2.0	2.0	2.0	2.0
	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0
Pu-239	50-80	0.10	0.10	0.15	0.10
Pu-240	10-30	0.30	0.30	0.30	0.30
Pu-241	3	0.50	0.50	0.50	1.0
	15	0.30	0.30	0.50	0.30
Pu-242	1-5	0.50	0.50	0.50	0.50

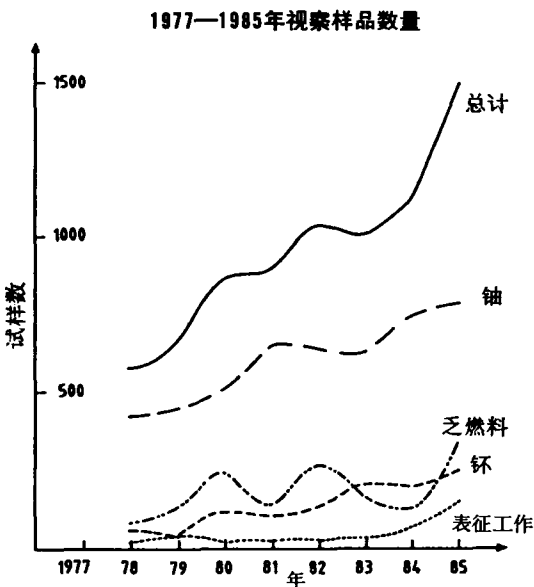
材料类型	元素				
氧化铀烧结体	U	0.02	0.05	0.05	0.10
乏燃料投入料	U	0.50	0.50	0.50	0.50
	Pu	0.50	0.50	0.50	0.50
克级钚试样, 硝酸钚或硝酸铀/钚	Pu	0.15	0.20	0.20	0.20
	U	0.15	0.20	0.20	0.20
PuO ₂ 粉末	Pu	0.15	0.20	0.20	0.20
MOX, FBR	Pu	0.15	0.20	0.30	0.20
	U	0.15	0.20	0.30	0.20
MOX, LWR	Pu	0.20	0.40	1.0	0.50
	U	0.15	0.20	0.30	0.20
毫克级钚试样	Pu	0.50	1.0	—	—
	U	0.50	0.50	—	—

U = 铀 MOX = 混合的钚-铀氧化物
 Pu = 钚 FBR = 快增殖堆 LWR = 轻水堆
 ESARDA = 欧洲安全保障分析研究和发展协会
 统计学方面的说明：预期的分析质量以随机误差和系统误差的相对标准偏差表示。

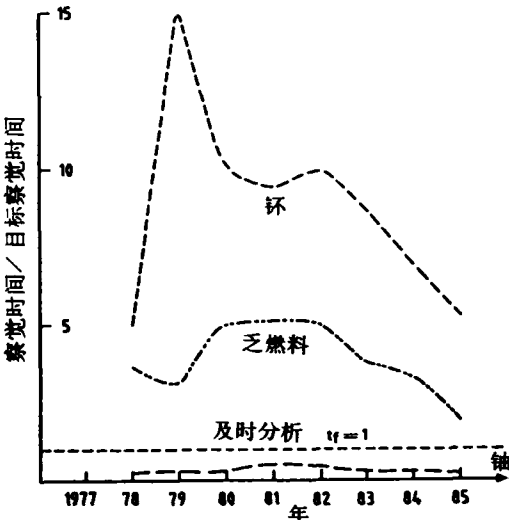
●分析的质量可以与欧洲安全保障分析研究发展协会（ESARDA）赞助的一个世界性专家小组建立的标准相当甚至更好（见表）。经营者和原子能机构的结果之间的差别近几年普遍减小。乏燃料溶液中钚含量的分析是在特别敏感的易裂变材料的衡算及其核实方面取得进展的一个重要事例（见第27页附图）。

趋势和前景

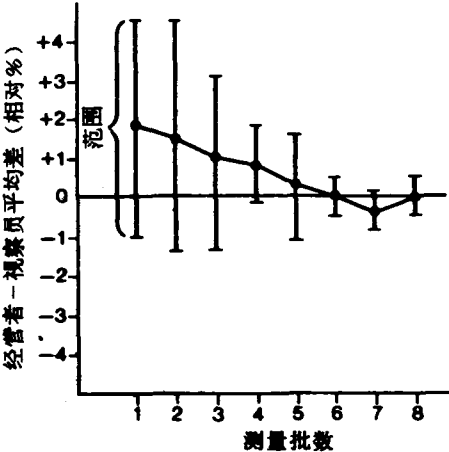
安全保障司预计，到1990年需由SAS处理的视察试样量将增加一倍。为了处理这么大的量，预计SAS的建制要扩大约25%。此外，将通过采用新技术改进工作实绩



注：此图系指破坏性分析核实的实施情况
 利用破坏性分析的察觉时间



乏燃料试样中钚分析的实绩



(如用四极标记技术,经常和有经验的NWAL代表协商,设法同成员国有关主管部门和设施经营者就迅速转移试样达成协议等)。

1990年以后,目前正在设计或建造的大型铀处理工厂和铀浓缩工厂将要投入使用。由于它们的生产能力大,即使是少量的缺欠也有可能迅速积累起来达到重要量级。为了探测到安全保障指标以下的缺欠,要求快速得到有足够准确度的分析结果。为了这一目的,SAS正在从事研究能替代现在所用非现场破坏性分析法的方法,这些替代方法是:

- 由机构视察员用事先装好的仪器在工厂进行分析测量。
- 使用由机构工作人员经管但设在设施内的分析实验室。

这些方案将大大改变所需分析服务的性质。将要求SAS培训视察员和分析员;研究和评价新方法的能力并使它们适应设施的特定条件;提供校准、软件和事先装好仪器的维修。此外,SAS将实施质量保证大纲,以便为现场测量获得的分析结果的质量提供证据。

现场测量站和实验室需要机构当事成员国认可。因此,SAS也正在加强自己的努力,作为对上述替代方案的一种备用解决办法。正如本文所指出,SAS实绩方面的趋势说明,这种方案看来是可行的,不会对安全保障核实系统的质量带来有害的影响。

SAS已工作了10年,尽管它相当复杂,但已为人们所熟悉。然而,它仍然在注意不断变化的要求,并在适应新方案方面有足够的灵活性。原子能机构能够指望通过与20多个国家的或国际的实验室和众多的工厂实验室的合作,以及与一些国家主管部门和运输者建立的多方面联系,获得大量资源和技术诀窍。



正在利用以负荷传感器为基础的称量系统核对六氟化铀钢瓶重量(约3吨)。

供视察员测量 γ 能谱用的携带式微型多道分析器。

