

核燃料循环设施的安全保障

关于有助于确定今后方向的新的任务和可能性的报告

V. Schuricht 和 J. Larrimore

国际原子能机构 (IAEA) 实施的安全保障工作, 正在进入第四个十年。目前, 这方面的工作已达到初步成熟阶段。世界核工业经历了 70 年代末期和 80 年代初期的迅速增长时期之后, 增加速度现在已经降下来。这使 IAEA 能够腾出手来整顿国际安全保障执行方面的实际做法, 并朝着提高其职能履行水平方向努力。本文将探讨面临的新任务和有助于改善安全保障执行情况的各种可能性, 介绍最近取得的成果, 最后展望一下今后的形势。

新任务

在过去几年中, IAEA 安全保障司在核燃料循环设施中执行安全保障方面遇到一些新情况。不仅应受安全保障的国家数和设施数增加, 而且处于 IAEA 安全保障之下的核材料数量增加得更多。此外, 处于 IAEA 安全保障之下的设施的类型也有所增多。

在 80 年代, 有重要核活动的国家数和处于 IAEA 安全保障之下的设施总数, 都一直在缓慢地增加。1987 年, 这样的国家达到 57 个, 设施达到 905 个。1980 年以来, 应受 IAEA 安全保障的动力堆数, 令人瞩目地增加了 50%。(附表中给出了 1987 年年终时处于安全保障之下的各种类型设施的数目)。机构每年对这些设施中的大约 2/3 进行视察。

处于 IAEA 安全保障之下的核材料的数量, 是需要完成的安全保障工作量的另一个指标。最近几年中, 应受安全保障的铀、低浓铀和源材料的数量增加

得相当快 (见附图)。铀的总量中包括包含在辐照燃料中的铀、和已分离的铀。后一种铀仅占总量中的一小部分。目前, 有将近 9 吨已分离铀处于机构安全保障之下。

80 年代的重要标志是世界核工业趋于成熟, 在研究和开发方面, 由于在大多数有庞大核计划的国家中, 许多核研究工作普遍在进行整顿或集中, 因而一些小型或陈旧的设施已被关闭。因此, 机构在这方面的安全保障工作量相应减少, 但所减少的工作量远少于新增的安全保障任务。

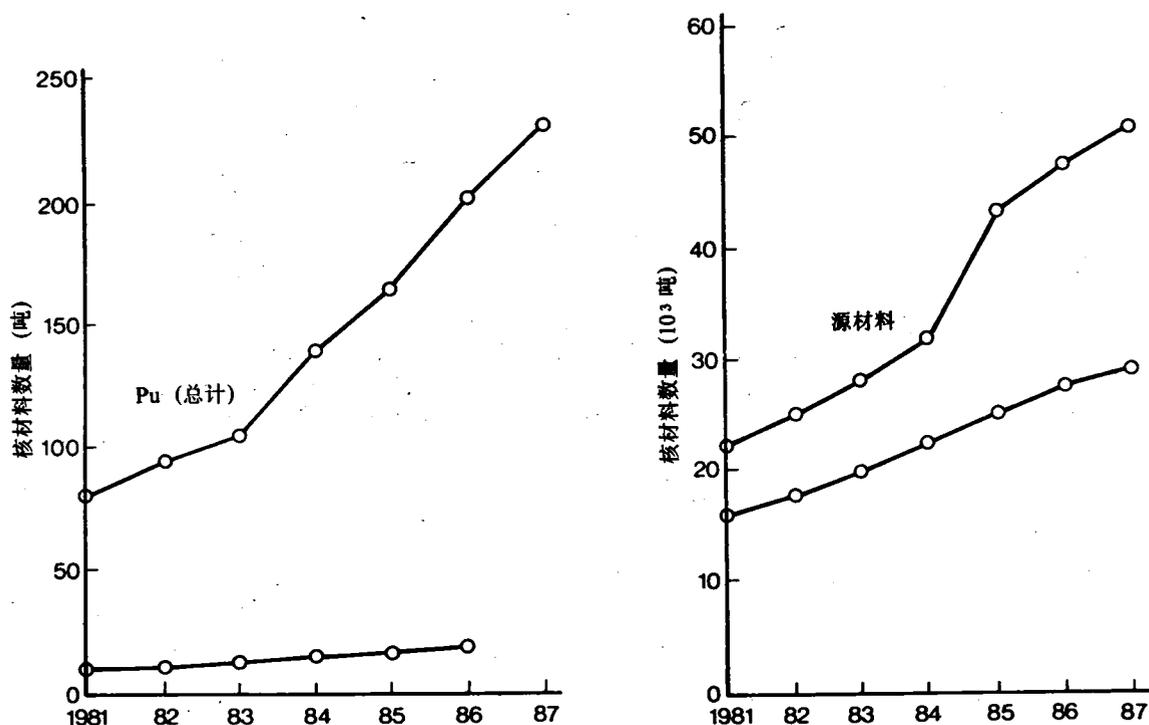
四个有核武器国家已经签订了自愿提交安全保障协议, 并将其全部或部分民用设施置于安全保障之下。机构和第五个有核武器国家的谈判已开始, 机构已有重点地对有核武器国家中的下列几类核设施实施

1987 年年底时, 无核武器国家中接受保障或含受保障核材料的设施数

设施类型	设施数目
反应堆型设施	
动力堆	186
研究堆和临界装置	172
燃料操作设施	
转化厂	7
燃料元件制造厂	40
后处理厂	6
浓缩厂	6
独立贮存设施	34
其他设施	46
其他场所	406
非核设施	2
总计	905

Schuricht 先生是 IAEA 安全保障司业务处处长。Larrimore 先生是安全保障司免费专家, 现任业务协调委员会技术秘书。

受 IAEA 安全 保 障 的 核 材 料 的 数 量
(包 括 有 核 武 器 国 家 中 的 所 有 受 保 障 核 材 料)



注：有关铀的数据系指铀的总量，即包括包含在辐照燃料中的铀和已分离的铀。

安全保障：快中子增殖堆、乏燃料贮存池、浓缩厂、后处理厂、铀贮存设施、燃料元件制造厂、动力堆和研究堆。

最后一点，在这个时期，有一些新技术基本上达到了大原型阶段或商业化阶段。目前，机构正在对以下几种新型设施实施安全保障：商用混合氧化物 (MOX) 燃料元件制造厂 (生产 PuO₂-UO₂ 混合燃料元件)、高温气冷堆、快中子增殖堆、和采用离心技术的铀浓缩工厂。

在将安全保障用于这些浓缩厂方面有一件很有趣的事，这就是所使用的安全保障系统是由六成员工作组开发的，技术持有者和机构针对这些设施一起开发的这种安全保障系统，能够提供双方均可接受的把握程度，同时又能保护这些工厂所用的敏感技术。目前，对几家采用离心技术的浓缩工厂正在施行的安全保障，所依据的协定正是按照在六成员工作组所开发的安全保障方案基础上谈成的。

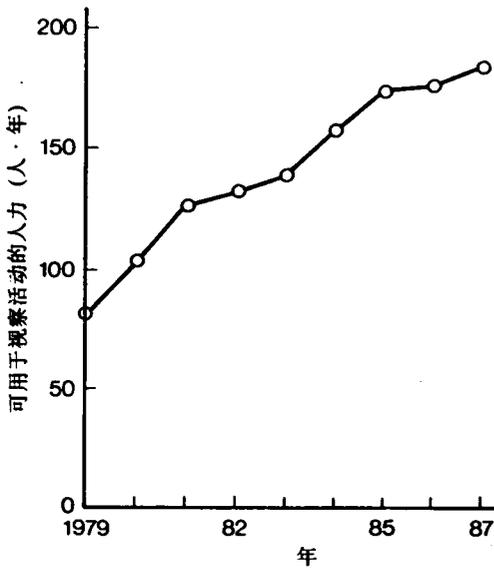
新的可能性

在 70 年代末和 80 年代初期这段时间内，可以利用的资源增加，使机构能够满足对安全保障执行工作量日益增长的要求。80 年代中期以来，许多活动不断得到加强，机构工作的质量因而有了提高。机构内部，特别是安全保障司内部，以及机构和成员国之间的密切合作，对取得的进展做出了很大贡献。

可用于视察的人力，尽管 1979 年以来增加了一倍，目前已接近 200 人·年，但近年来已趋于稳定 (见图)。在计算可用于视察的人力时，已考虑到视察员或视察助理员只有经过必要的培训，并经所要视察国家认可才能执行视察任务这一情况。

安全保障司可动用资金有所增多，增加了给视察工作的支助。在设备的开发和购置、改进的程序的制订、情报处理、安全保障执行情况的评价、培训、标

安全保障司的资源
(可用于视察活动的人力)



准化和行政管理等方面，都取得了实质性的进展。

安全保障司 1982 年开始改组，结果是提高了协调各种安全保障执行活动，特别是协调三个业务处的活动的能力。

在视察工作的准备、实施和评价方面，已经有了许多改进。下面是其中几例：

- 供件料操作设施使用的新的计算机化视察报告系统，于 1982 年年底投入运行。1984 年，这个计算机化视察报告系统可以为包括散料操作设施在内的所有设施服务。

- IAEA 安全保障情报系统，正在例行地用于支持视察活动、并用于安全保障评价和情报管理等目的。

- 正在采用计算机辅助的检查程序检查视察报告和报告单。

- 总部对额外工作量分配得当，大大改善了视察报告的适时性。

为提高安全保障执行工作的有效性和效率，并使它少受干扰，必须采用新的安全保障设备和程序。经验表明，采用新设备要从研制原型开始，直到批准商业化设备作为例行设备使用为止，这是一个漫长的过程。此外，为了使当事国主管部门和经营者同意在视

察过程中例行地使用一种新型设备，也需要耗费大量时间。

虽然如此，最近一些年的一个明显特点是，现场应用新型安全保障设备的数目增加，在设备的性能监督、采购、文件编制、维护、检修和分发方面的计划也显著增多。与此相连的是，对包括封记的提供及核查，胶片处理， γ 谱数据的分析，以及安排视察样品的运输和破坏性分析等在内的例行服务的要求也一直在增加。

在愈来愈多的设施中，安装了新型监视电视和记录系统，替下了广泛采用已久的照相监视系统。在一些不停堆换料的反应堆中，已经安装了棒束计数器，并已投入使用。便携式多道分析仪已经取代 IAEA 使用了十多年的稳定化检测仪。已经购置并正在使用一种照相监视设备，这种设备比其前身有更强的抗干扰能力，并带有转换成电视的装置。

例行使用 K 吸收边密度计和电子压强计程序已作过试验并已被采用。此外，切伦科夫观测装置和高计数率中子符合计数器不断得到改进，并正在得到更广泛的应用。

机构一直在注意通过改善 IAEA 和成员国之间的合作，使安全保障执行工作推向前进。根据有关协定成立的各联络委员会在持续不断地进行工作。这些委员会以及与设施经营者定期会晤的体制，在解决安全保障执行工作中的普遍性问题和特殊问题方面，不断地做出了重大贡献。

在某些国家中设立的 IAEA 办事处，促进了 IAEA 和这些国家之间的合作。1980 年 9 月在加拿大多伦多设立的 IAEA 现场办事处首先取得成功，之后于 1984 年 5 月正式设立 IAEA 东京办事处。这些办事处可给在加拿大和日本办事的 IAEA 人员提供后勤支援，并通过 IAEA 官员和所在国官员之间的经常接触使安全保障问题的解决得到极大改善*。这些办事处还有助于更有效地利用视察人力。常驻视察员能够完成的视察人·日数，往往要比驻在维也纳总部的视察员多一倍左右。此外，有了这些办事处，便有可能进行临时通知的视察活动，这是以总部为基地的视察员无法做到的，从而提高了安全保障的有效性。

相当多成员国以安全保障支助计划的名义给安全

* 目前已达成或扩大多伦多办事处职能的协议。该办事处改名为“IAEA 驻多伦多地区办事处”。常驻该办事处的视察员还将视察美国、墨西哥和牙买加的核设施。

安全保障执行情况

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
运行中的监视系统数	140	160	190	230	240	290	325	320
用过的封记数	7 700	10 500	16 500	21 000	21 400	21 500	19 600	25 000
分析过的铀样品和钚样品数	780	890	870	1 150	1 080	1 270	1 030	1 360
差异或异常数	200	230	406	420	400	150	270	290

保障司提供的支助，已成为改善安全保障执行情况的重要因素。许多已经完成的项目是成功的，提供了能够满足安全保障业务当前需要的有用设备或情报。

安全保障活动的结果

在 IAEA 的各个《年度报告》和《安全保障执行情况报告》(SIR) 中，一般以“有理由得出如下结论，即受机构安全保障的核材料仍然用于和平核活动，或已得到充分说明”这句话作为“安全保障结论”，来表达 IAEA 安全保障活动的主要结果。从已进行过的安全保障活动、视察和评价活动的灵敏度，秘书处的发现及《安全保障执行情况报告》中的发现的把握程度，是可以看出这个结论的把握程度的。

这个“安全保障结论”所表示的是总的结果，既有整个安全保障的努力，又有成员国的合作和支持。报告安全保障执行情况的各种进展的同时，也是对这种有力支持和这种密切合作向成员国表示感谢。在下面几个段落中，将介绍几条给上述“安全保障结论”所述内容提供支持的结果。

视察工作量方面。从 1980 年到 1987 年，接受机构视察的核设施数增加了 50% 以上 (1980 年为 393 个，1987 年 631 个)。在无核武器国家和有核武器国家内进行过的视察工作总量增加了一倍多 (1980 年为 3985 人·日，1987 年 9556 人·日)。视察活动集中在核燃料循环中的某几个阶段，主要是利用它比较容易制成核武器或其他爆炸装置的那部分核材料的生产、处理、使用或贮存。IAEA 最优先考虑的是最敏感的设施和可直接使用的材料。1987 年，总视察工作量的 46% 左右用在仅占设施总数约 7% 的散料操作设施上；对于动力堆而言，上述百分数的数值分别为 31% 和 21%。

关于安全保障执行情况的另一些数据，见附表。用过的封记数，包括机构的封记和数目差不多的在欧洲原子能共同体 (Euratom) 国家内使用的 IAEA / Euratom 封记。探知差异和异常的能力，是说明 IAEA 安全保障体系灵敏度的一个指标。每年都探知并解决数百起这样的差异和异常。

除了视察工作的数量在增加外，还采取了多种措施改善 IAEA 安全保障的有效性。这类措施的实例有：不事先通知的视察；对一个国家的天然铀燃料循环中的全部大型核设施同时进行期末存量核实等。

视察指标达到情况。IAEA 的探知指标是一套参数 (重要量、探知时间和探知概率)，这套参数把安全保障目的的定义中所用的术语译成了可定量表示的量。这些指标已被用作设计安全保障方案和规定视察指标的依据。

这些视察指标被达到的程度，是根据统一的标准评估出的。这些标准是 IAEA 为了编写一年一度的《安全保障执行情况报告》而制订的，供内部使用。用来每年评价视察活动的这些标准，历年来不断得到重新评估和修正，以便保持较高的水平，并考虑需求和能力方面的变化。

IAEA 总是努力达到与所有受保障设施中的所有材料结算区有关的各项标准。因为评价的标准包罗万象，并非安全保障的执行活动总能全部达到视察指标。不过，要知道 IAEA 正在进行的视察活动的范围确实很宽，这一点是重要的。即使在 IAEA 未全部达到给一座设施规定的视察指标的场合，进行过的视察活动仍提供了大量的情报，足以支持“秘书处在履行机构的安全保障义务过程中，未发现表明大量受保障核材料被转用的任何异常”这一结论，只不过把握程度差一点罢了。

通过上述的多种努力，视察指标达到情况一直在改善。从 1980 年到 1987 年，受到视察的设施和每

年的 SIR 中加以评价的设施数增加了 62%。在同一时期中整个设施的视察指标全部达到的设施数目,增加了 110%。1986 年,这样的设施在受到视察和评价的全部设施中所占的比重达到了 63%。

展望

在介绍了最近几年中安全保障工作的进展之后,展望一下机构今后几年会如何发展也许是适宜的。

未来的一个令人高兴的趋势,是大型设施的经营者更积极地参与开发安全保障方案的事例增多。正如可预计的那样,在经营者的大量参与下,能够制订出适于此类设施的各种专用保障方案,同时又能保证 IAEA 的安全保障得到有效实施。

另一个令人高兴的发展是出现了一个新动向,即某些新技术和某些安全保障方案也许会使费用从某一类设施经营者转移到另一类设施经营者。对于动力堆用新燃料的核实问题,就是一个实例。这种核实工作究竟应该在燃料元件制造厂进行,还是在动力堆那里进行?另一个实例是,已决定进行中间贮存或长期贮存的乏燃料,究竟应该在反应堆那里核实,还是在贮存设施处核实。另外,铀产品究竟应该在后处理厂进行核实,还是在混合氧化物燃料元件制造厂核实,也是一个实例。虽然在作最后决定时要考虑技术上或商业上的各种条件,但是机构必须坚持保证其安全保障体系的有效性。

注意安全保障费用在机构和设施经营者之间,以及不同类型设施经营者之间的转移,是一件重要的事

情。如果通过合并开支和选择实施安全保障的合适部位,使实施安全保障的总费用有所下降,则这些趋势将使全世界的整个核工业界得到好处。由于存在这些趋势,就安全保障费用和安全保障实施部位问题作出判断将变得困难;为了做好这种判断,人们应对安全保障实施办法的细节有更深入的了解,并应该从更广阔的角度看待核工业。

最后一个重要趋势与安全保障的复杂性日益增加有关。由于核设施的规模和复杂程度在增加,要求增加视察工作量,这使由机构工作人员在总部进行的安全保障活动的复杂性也相应增加。对于在现场工作一天来说,在总部所需的工作日数正在增加。

今后一二年内,机构在安全保障执行活动方面,将面临一些新的重要任务。一些大型后处理厂和自动遥控设施的投入运行、核动力堆的不断增长、在轻水堆(LWR)动力系统中应用 MOX 燃料的增加、中期或长期乏燃料贮存设施的建成、交换燃料细棒法在 LWR 乏燃料中的应用、和在核武器国家中根据自愿提交协定进一步实施安全保障等,都将使机构有限人力资源的工作负担进一步加重。

机构一方面被迫正在应付数目已增多的设施和严峻的资源限制,同时又被要求保持国际安全保障的有效性,并继续努力提高由安全保障体系所提供的把握程度。机构将进行多方面的工作,以便进一步提高安全保障的效率和有效性。添置一些新设备和改进数据处理办法可提供某些帮助,但资源方面要有必要的增加。增加资源与提高效率 and 有效性相结合,机构可望以一种不负成员国期望的方式完成今后的艰巨任务。

