

支助计划在安全保障中的作用

关于研究和发展活动以及未来趋势的评论

H. Kurihara

国际原子能机构 (IAEA) 安全保障能否成功的执行, 与许多因素有关。安全保障是以机构同一国签订的协定 (在《不扩散核武器条约》(NPT) 情况下, 该协定以 INFCIRC/153 为基础)、《辅助协议》和《设施附件》为依据的。在谈判《设施附件》以前, 机构一般要针对该设施的特点拟定转用途分析和安全保障方案。这种方案一般都要规定, 该国必须及时向机构递交各种报告, 例如《存量变动报告》(ICR) 或《材料结算报告》(MBR)。为了处理这些报告, 机构开发了它自己的数据处理系统。同样, 机构要对这些设施进行视察, 以核实那里的核材料是否被转用; 为此必须针对各类设施拟订视察程序。机构采用的基本核查手段是核材料衡算, 并以封隔和监视 (C/S) 为重要的补充手段。

如果要使核材料衡算有效, 那么视察员必须独立进行测量, 以便核实帐面上的数字。核查用的两种基本技术是无损分析 (NDA) 和破坏性分析 (DA)。采用封隔和监视技术为的是节省安全保障视察工作量 (例如可减少衡算核实的频度), 使人能够确信核材料遵守预定的路线、封隔的完整性未遭破坏、以及材料是在正确的测量点计量的。机构在一年一度的《安全保障执行情况报告》(SIR) 中评述其安全保障活动和向理事会报告评价的结果。评价方法和质量保证方法对这些报告的编写方式是很重要的。目前, 正在研究这些方法。因此机构的安全保障活动要求有一个不断发展的研究发展计划与之相配合。

Kurihara 先生是 IAEA 安全保障司发展和技术支助处处长。作者对给本文提出宝贵意见的同事, 尤其是 A. von Baeckmann 和 D. E. Rundquist 先生表示衷心的感谢。

大部分必要的研究和发展工作一直是在“成员国安全保障支助计划”范围完成的, 而不是由机构本身做的。本文将介绍支助计划的研究和发展活动的简短历史、目前状况和未来趋势。

早期的几个阶段

纵观安全保障的整个历史, 由机构自己完成的研究和发展工作一直是屈指可数的。由于成员国认为, 机构不应成为一个研究中心, 而只能是一个执行机构, 所以机构的财力和人力受到了限制。起初, 机构依赖成员国科研单位的零星工作满足其研究和发展工作的需求。随后, 60 年代后期, 在美国洛斯阿拉莫斯研究所成立了一个安全保障组, 并开始从事安全保障技术的研究和发展工作。在德意志联邦共和国的卡尔斯鲁厄研究所也同样开设了一个安全保障研究项目。

1970—1971 年间, 理事会的安全保障委员会成立, 并制订了一个文件 (INFCIRC/153), 这是机构和成员国根据《不扩散核武器条约》(NPT) 应签订协定的范本。在整个讨论期间, 人们认识到了更加重视安全保障研究和发展工作的重要性。大约就在那个时候, 建立了两个与安全保障工作有关的协会——“美国核材料管理协会” (INMM) 和“欧洲安全保障研究和发展协会” (ESARDA)。机构也开始组织系列性的安全保障学术讨论会。

第一个“成员国安全保障支助计划”是美国的计划, 它始于 1976 年。不久后其他国家也开设了这类计划, 它们是: 加拿大 (1977 年), 德意志联邦共和国 (1978 年), 联合王国、澳大利亚 (1980 年), 日本、欧洲原子能共同体 (1981 年), 苏联、比利时

(1982年), 法国(1983年), 意大利(1985年), 以及瑞典(1987年)。

开辟支助计划的主要原因有两个: (1) 理事会曾决定, 最好依靠成员国的设施满足任何发展工作的需求, 而不是依靠机构发展其自身的开发能力, (2) 机构认识到, 安全保障的某些缺陷和某些需求, 只能依靠开发新设备和新技术解决。

支助计划的活动不仅涉及 NDA、DA 及 C/S 设备和程序的开发, 还涉及安全保障方案的开发、机构视察员的培训、情报资料处理方法和安全保障评价方法的开发, 及向机构派遣免费专家等。

支助计划是通过成员国和 IAEA 总干事之间多次交往信件后建立的。这就是说, 支助计划活动是成员国和 IAEA 之间合作性质的活动, 需要双方密切配合。这些活动被认为对双方均有利。

机构能得到的好处包括: 它的资金来源和项目管理比较灵活(重点放在难点上); 可利用世界上居于领先地位的核设施拥有的各种资源; 可获得供试验、评估和培训用的真实环境; 及可获得核工业核设施建造进度趋势方面的有价值的情报资料。

成员国能得到的好处包括: 有助于使它们的设施在应付将要推广应用的安全保障措施方面做好准备; 可获得所采用的安全保障设备工艺符合其安全要求的保证; 得到了一个交换意见的论坛, 它们能够通过这个论坛确保机构能了解到特定设施环境和操作程序所产生的实际制约因素; 以及通过机构的中转可获得现代化技术和仪器仪表方面的情报资料。

支助计划的现状

自第一个支助计划开设以来, 已过去十多个年头了。在这段时间里所取得的许多成就, 可归功于这些支助计划。其主要成就可概述如下:

各支助计划中正在执行的任务

系统工程研究	24
测量技术	100
分隔和监视技术	55
资料处理	12
安全保障评估	16
培训	28
其他	35

• 实际上, 安全保障司目前所用的设备, 全都是通过支助计划或是研制、试验、改进, 或是得到证明文件的。

• 成员国一直在安全保障的所有领域向机构提供免费专家。

• 提供了培训用的设备设施和授课人, 并举办过完整的培训班。

• 为帮助开辟或支助其他许多安全保障领域而提供了援助。其中包括数据处理、评估、管理、维修、质量保证和系统研究等。

简言之, 成员国的支助计划几乎在与机构向成员国承担的安全保障责任有关的所有问题上, 都帮助了机构。(下一节将介绍依靠支助计划得到的一些安全保障设备。) 目前, 正在 12 个支助计划的名下执行的任务有 270 项(见附表)。

就财政援助而言, 据认为, 近年来每年大致要花费 1200—1400 万美元。单单用货币是不可能作出精确估计的, 因为不同计划的经费计算方式和使用方式是很不相同的。

近几年来, 机构和支助计划之间及各支助计划之间的协调, 已成为一件大事。机构通过几种途径进行协调。1983 年, 机构召集了一次协调员会议, 所有支助计划的协调员都参加了, 会上讨论了支助计划的管理问题和如何更好协调的问题。1984 年和 1986 年都举行过协调员会议, 计划在 1988 年再举行这种会议。

对大多数支助计划来说, 机构要召集年度或半年度审议会议。会上, 要对每项任务进行审查, 并评估它们的有效性; 还要对新的建议进行讨论。机构对各项任务都要指定项目官员, 并为每个支助计划指定一名国家官员。除了这些制度以外, 机构还经常组织技术性专题讨论会; 1987 年就召开了两次这样的会议。

机构每两年汇集一次有关研究和发展工作的全部资料(大部分来自各支助计划), 并发行《安全保障开发情况报告》。这个报告包含过去两年各个领域的研究和发展工作的全面总结, 还包含正在成员国支助计划名下执行的全部任务的简短说明。(见 1987 年举行的研究和发展协调工作会议纪要的附表。)

研究和发展活动的某些成果

如上所述, 研究和发展工作几乎涉及到安全保障

1987 年召开的安全保障技术和审议会议

技术会议	日期	与会者
毫克量级钚样品分析方法会议	1987 年 7 月	下列网络实验室的代表: 比利时核能研究中心实验室、捷克斯洛伐克的 CCL、法国原子能委员会、荷兰能源研究中心和美国新不伦瑞克实验室
关于供动力堆乏燃料的 NDA 安全保障测量用的方法和技术的咨询组会议	1987 年 11 月	与会者来自阿根廷、澳大利亚、奥地利、比利时、保加利亚、加拿大、捷克斯洛伐克、欧洲原子能共同体、芬兰、德意志联邦共和国、法国、德意志民主共和国、匈牙利、意大利、日本、瑞典、联合王国、美国和苏联

支助计划审议会议	日期	地点
苏联支助计划	3 月	奥地利
加拿大支助计划	5 月	奥地利
美国支助计划	5 月	美国
意大利支助计划	5 月	意大利
日本支助计划	6 月	奥地利
德意志联邦共和国支助计划	6 月	奥地利
瑞典支助计划	8 月	奥地利
法国支助计划	9 月	奥地利
欧洲原子能共同体支助计划	10 月	欧洲原子能共同体、意大利伊斯普拉联合研究中心
加拿大支助计划	10 月	加拿大
德意志联邦共和国支助计划	11 月	德意志联邦共和国
意大利支助计划	11 月	奥地利
美国支助计划	11 月	奥地利
联合王国支助计划	11 月	联合王国

的整个领域。在设备研制领域,要一一介绍支助计划内的所有活动是不可能的,因此,这里仅举机构常用设备方面的几个例子。在核材料衡算领域,机构视察员常常使用 NDA 型设备,他们备有的此类设备主要用于测量各种核材料发射的 γ 射线和中子。

γ 谱仪。 γ 辐射测量仪器的主要品种是闪烁计数器(通常是活化的碘化钠 (NaI) 晶体)和半导体探测器(通常是高纯度锗 (Ge) 晶体)。NaI 探测器的能量分辨率较低,但可以做得其探测效率比锗探测器高得多。锗探测器的分辨率很高,因此,能够分辨复合 γ 谱和提供有关被检材料的许多信息。

就安全保障的目的而言,低分辨率和高分辨率的 γ 能谱测量都有用。在低分辨率能谱测量领域,机构视察员广泛地采用手提式 γ 分析监测器 (HM-4)。这是一种简单的使用电池能量可以选择的 γ 监测器。该监测器已通过成员国支助计划研制出来,可部

分取代老式的稳定化探监测器 (SAM-2)。它是一种带有内装式 NaI 探测器和数字显示器的手枪握把式仪器,目前已供日常使用,打算主要用于测量未经辐照的铀。

多道分析器 (MCA) 与锗探测器配套使用,主要用于高分辨率能谱测量领域。这些探测器分辨率较高用来分辨和测出闪烁能谱测量法无法分辨的复合能谱中的 γ 射线峰值,如可用于无损测定钚同位素组分。这种系统已有许多用途,其中包括测量含钚材料和测定装在钢筒内的六氟化铀的浓度。带有锗探测器的 Silena Cicero MCA 是机构视察员日常使用的典型仪器。便携式多道分析器 (PMCA) 是最近在支助计划名下研制成的一种分析器。它既可用于低分辨又可用于高分辨率 γ 射线测量,并具有 SAM-2 的许多功能。

中子计数。 在中子计数领域,用得最广泛的设备

无损分析设备清单

低分辨率 γ 射线测量装置 (HM-4, SAM-2 和 Pitman 322C)	75
低分辨率和高分辨率 γ 射线测量用的便携式 MCA	38
高分辨率 γ 射线谱仪 (带有锗探测器的 Silena MCA)	47
中子符合测量装置 (HLNCC 和其他带有符合电路的中子探测器)	46
切伦科夫辉光图象增强器 (夜视装置)	25
超声波测厚仪	20
测力传感器称重系统	13
K 吸收限密度计	2
电离室 / 裂变室乏燃料监测器 (ION-1 装置)	2

1987 年年底时 IAEA 的设备清单

是高计数率中子符合计数器 (HLNCC), 这种计数器能区别由铀同位素的自发裂变产生的中子和由 (α , n) 反应产生的中子。这种系统可用于各种类型的含铀核材料, 这取决于探头的具体设计。HLNCC 的研制工作, 同样是在支助计划的帮助下完成的。(有关 IAEA 的无损分析设备清单见附表。)

封隔和监视。 光学监视系统已广泛用来监督核材料的移动情况, 及对存放各种材料的储存区 (例如核反应堆的乏燃料区) 保持连续的观察。

机构采用的基本光学监视设备是 Minolta 双机系统。采用单帧型照相机, 它由 IAEA 设计的石英钟每隔一定时间触发一次。目前, 有 200 多台这种装置在工作。但是, 这类胶卷式照相机在市场上已不再能买到, 因为该公司已决定停止生产这种照相机。因此, 有必要及早研制用来取代 Minolta 系统的监视系统。几个支助计划正在全力对这个问题进行研究, 预计在两三年内, 一种适合于机构需要的闭路电视系统可能投入使用。

封记系统由封装受保障核材料的容器、加封记的用具 (如金属线) 和封记本身组成。正在广泛使用的是 E 型金属盖封记加上起连接作用的铜丝或铁丝, 金属丝被捆绑或卷曲在封记内。这些封记都编了号, 并且在金属盖内有独特的识别标志, 号码和标志在封记

发放使用以前都被记录在案。用过的封记返回总部后, 要对其号码和标志进行核实。为了生产可以就地核实而不必取下送回总部的封记, 有几项开发性的活动正在进行 (有关 IAEA 的封隔 / 监视设备清单见附表)。1986 年间, 在机构总部利用光盘设备核实了 10 300 个封记。

多年来, 一直在很广泛的领域内进行与机构安全保障有关的研究和发展活动。由于得到许多成员国的大力支援, 这些活动已取得了很大的进展。可以认为这种研究和发工作已达到成熟阶段, 事实也是如此, 开发出大量设备、程序和其他产品正在机构中被人们广泛地使用着。

尽管如此, 关于国际安全保障的研究和发展活动还应该继续做下去的意见也是对的。历年的《安全保障执行情况报告》已经指明了执行机构安全保障过程中遇到的问题。其中有些问题是由于缺乏适合测量特定类型核材料的技术造成的, 另一些问题是由于设备失灵产生的。为了解决这类问题, 迫切需要研制更加可靠的设备。

对核工业将会产生的某些变动作好准备也是重要的。核设施, 特别是燃料循环设施, 将朝着更加自动化的方向发展, 这是一种新趋势。在操作高度自动化的这些设施中, 机构的某些核实活动也许很难进行。视察员的接近权也许会受到很大的限制, 由机构直接应用 NDA 或取样也许是不可能的。因此, 持之以恒的研究和发展活动对机构安全保障工作在未来获得成功是非常重要的。

对未来趋势的展望

如上所述, 成员国支助计划对机构和成员国都有

封隔 / 监视设备清单

光学监视设备	287
闭路电视系统	36
乏燃料束计数器	16
由 IAEA 定制的电视录像监视装置	2
水下摄像机	1

1987 年年底时 IAEA 的设备清单

利。因此可以预见，这种支助计划会进一步增加。1987年9月，德意志民主共和国的代表表示他的国家愿意在1988年1月建立一个支助计划。可以预料，这类国家会进一步增加。

另一方面，在目前的预算零增长的形势下，机构用于协调支助计划的人力和财力不可能得到增加。

对研究和发展的需求。目前机构已经汇总了安全保障司内各处提出的研究和发​​展需求，并以“需求一览表”的形式通知了各支助计划。除了这种总的需求以外，在举行支助计划审议会议之际还经常提出一些单项的研究和发展请求。各个领域需要的研究和发​​展项目很多，不可能都在这篇短文中全都一一加以叙述。因此，本文的这一节显然不是一张详尽无遗的任务表。

● **提高C/S系统的可靠性。**在某些未来的安全保障应用中，预计会出现这样一些情况，即第一次的核材料衡算工作一旦完成以后，要再次进行测量将会十分困难。在这种情况下，C/S系统的作用就变得极其重要，因而提高C/S系统的可靠性十分重要。

● **自动化设施的安全保障措施。**如上所述，这是一项艰巨的任务。它需要把NDA、DA和C/S措施组合起来应用。必须进一步开展鉴定技术方面的研究和发​​展，因为，预料在许多情况下机构必须使用经营者的数据处理系统和/或测量系统。

● **乏燃料中铀的测量。**至今还没有直接测量乏燃料中铀/钍含量的可靠、无干扰的方法。

● **提高机构安全保障执行效率。**由于认识到了机构预算零增长的形势，并能预见到受机构保障的核设施数量会增加，所以旨在减少执行安全保障所需人力和财力的研究和发​​展工作定能使机构得益非浅。

举例来说，进行系统工程研究考察随机选择视察活动的可能性。在测量大量核材料部件时，随机抽样是一种常规的方法。这将有助于在减少视察访问设施的次数方面，或在考虑本国的燃料循环方面建立利用随机选择的理论。

提高效率的另一个领域是在核实显影好的胶卷方面设法帮助视察员。视察部门必须逐一审查监视期间拍下的许多帧相片，这是一件十分费时的工作。假如我们能够利用图象处理技术大大减少审查时间，必将

有助于节省人力。

支助计划的协调。在保持支助计划活动的现有规模方面有几条建议。下面列出的是有关各方仍在讨论的一些可能性；因此，机构/支助计划承办国将来的决定也许会与此处提出的建议不同。

● **由机构拟订一种以所需资源多寡为基础的分类法并加以执行。**并不是所有的任务（目前在12个支助计划内有270项任务）都需要机构作出同样的努力。虽然有些任务需要机构的项目官员（通常来自各支助处）和其他业务处的工作人员介入（当然要机构耗费大量精力），但另有一些任务可能只要机构耗费很少的精力。削减要求机构投入大量精力的那类任务的数目是可取的。

● **支助计划间的互相合作。**在协调支助计划的过程中，发现了一些情况，如果依靠两个或两个以上支助计划间的直接合作，这些问题就会相当快地得到解决。已经证明，这样做对于在最少利用机构的人力的条件下对作出高质量的工作是有很有效的。为了进一步减少机构的投入，应鼓励增加合作。

● **鼓励支助计划承担更多的工作量。**可以把支助计划中的许多开发任务更多地交给支助计划承担，办法是让他们负责安排现场试验、编写文件和安排设备生产厂商。

● **减少行政工作量。**有些行政工作也许可以由支助计划承担。尤其是，应根据某些总的指导方针更多地提供免费专家，这样做必将大大提高机构的行政工作效率。此外，需由机构秘书处有关各方参加的支助计划审议会议的数目应当减少。

结论

正如过去的历史表明的那样，成员国和机构为改进安全保障技术和使之现代化而作出的巨大努力，已取得了相当显著的成就。但是，技术在不断发展，核技术的情况也不例外。为了解决短期问题（例如，SIR中列出的问题）和为未来的变化（例如，自动化、快中子增殖堆及大规模后处理厂）作准备，在改进研究和发​​展工作方面必须进一步努力。

因此，必须使成员国支助计划的活动维持下去，并使之沿正确方向进行。同时，用于协调研究和发​​展活动的资源应减至最少，这一点极其重要。有许多途径可以达到这些目标。