

面向发展中国家的核燃料循环培训

正在依据过去经验改进培训计划

朱家骆, A.Nechaev 和 M.Tauchid

核燃料循环方面的培训要求, 取决于每个政府在其核动力计划中的地位及这一计划的规模。核燃料循环各个组成部分的种种活动, 形成了核工业。这些活动都需要大量的投资和较长的建设周期。因此, 国际原子能机构 (IAEA) 在这方面的援助一般仅限于介绍和帮助扩充所需的知识和技术, 包括帮助建立开展必要的研究所需的基础设施。

培训类型

在核燃料循环领域, 通过机构的计划提供的培训, 试图向科学家和工程师们传授现代技术, 以便与各国正在实施或已有规划的计划相一致。IAEA 向科学家和工程师们传授核燃料循环中某几类活动的知识, 希望把他们培养成能与核动力设施的国外承包商和供货方打交道、既有活动能力又有知识的人才。让高级经理们去一些中心和设施受训, 可使他们对具有类似目标的不同单位或不同国家所采用的种种解决方案有个大致的了解, 并对每项业务的工作量和所需的基础设施有所了解。

此种培训是通过各种培训班 (跨区域的、区域的或一国的)、考察、个人出国进修和科学访问 (个别的或团体的) 提供的。一种有效的培训方法是在机构技术合作计划的范围内向现场派遣短期和长期的专家, 由他们在该国提供在职培训, 或通过联合国开发计划署 (UNDP) 资助的长期项目实施。

核燃料循环

“核燃料循环”一词, 被人们用来描述向核反应

堆供应新燃料和处理用过的燃料所需的所有生产过程。在开式或称一次通过式燃料循环方案中, 燃料只通过反应堆一次, 即不将乏燃料进行后处理, 因而未用完的铀-235 和新生成的钚-239 不再循环。在这种情况下, 乏燃料先存起来并最终作为废物处置掉。在闭式燃料循环中, 在后处理厂中回收未烧掉的易裂变材料, 并返回热堆或快堆重新使用 (见附图)。

为支持这一领域而进行的培训工作, 可以只涉及燃料循环各个组成部分、种类繁多的那些活动之一。燃料循环的这些活动, 一般分为前段和后段两部分。

组成核燃料循环前段的那些活动包括: 为寻找足够储量的铀矿石而进行的勘探工作, 铀矿石的开采, 为生产铀浓缩物 (黄饼) 而进行的水冶和精制, 六氟化铀的生产, 为达到反应堆的浓缩度要求而对六氟化铀进行的同位素浓缩, 以及核反应堆燃料元件的制造。燃料元件的制造又包括将六氟化铀转化成二氧化铀, 将二氧化铀制成芯块, 将二氧化铀芯块封装在燃料细棒中, 以及最后组装成燃料元件。

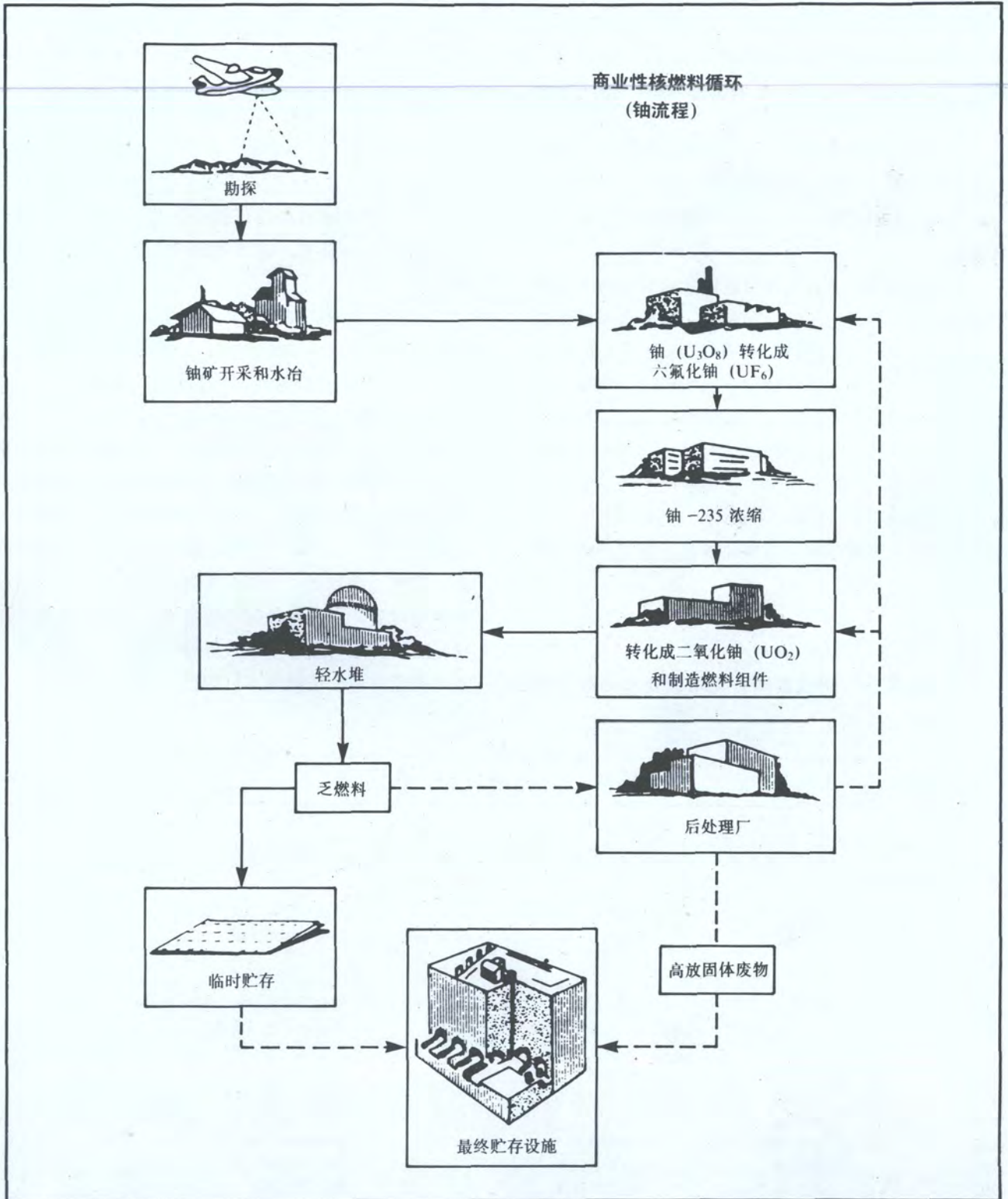
组成燃料循环后段的那些活动包括: 乏燃料的暂时或长期贮存, 回收钚和铀供再循环使用的乏燃料后处理, 混合氧化物燃料元件的制造; 放射性废物的管理 (包括处理、调整转形、贮存和处置), 以及与放射性物质进出每一生产过程有关的运输活动。

核燃料循环前段中的前三项 (有时是前五项) 活动组成了铀工业, 其余活动通常属于该国核动力工业 (电力公司) 的范畴。

过去在核燃料循环技术方面的培训

1969 年以来, 机构已经组织了 14 期跨区域和区

朱先生是 IAEA 核燃料循环处处长; Nechaev 先生和 Tauchid 先生是该处工作人员。



域性培训班和一次考察，内容涉及核燃料循环的多种领域（见附表）。这些培训班几乎无例外地超过了预想（尤其是在铀勘探领域）。早期的培训班涉及燃料循环前段的许多活动，尤其是铀的勘探、评价和矿石处理。随着许多发展中国家的活动向燃料循环中比

较高级的阶段延伸，机构的培训班也相应地向比较高级的阶段展开。但核燃料循环中的某些活动一直未受到人们的足够注意。

在过去五年中，增加了一个新办法，即组织一些一国培训班，将它作为正在实施的机构技术合作项

目的一个组成部分。到目前为止,已组织了五期铀的勘探和评价一国培训班。(1984年的印度尼西亚班、1985年的叙利亚班、1986年的土耳其班、1987年的中国班和1988年的约旦班)。对2—4周的培训班而言,根据课题情况聘请1—6名讲师或操作表演者。由于有更多的人可以同时受到培训,因而这个办法是有效的。在出国进修人员名额越来越紧张的今天,尤其如此。

大部分培训是通过机构的进修金和科学访问金计划实现的。在核燃料循环活动领域,获准出国培训的人数每年为50—80人,大概有2/3以上的申请者是铀的勘探、采矿和矿石处理方面的科技工作者。在努力完成这项计划方面的一个主要困难,是报名人数日益增加而乐意作东道主的单位有限。这一问题在铀领域内日益突出,因为传统上在铀勘探和开采领域比较活跃的国家内的勘探开采活动,近几年已大大减少。因此,由申请单位对培训课题进行更加严格的筛选,极为重要。

未来的计划

评判机构发展中成员国有无培训要求的最佳办

法之一,是查看进修金和科学访问金享受者的人数,以及要求开辟技术合作项目的申请的类型(见附图)。这些申请的大部分是在铀的勘探、地质学、采矿和矿石处理领域内,这说明大批成员国依然在这些领域内活跃着。这些领域内正在实施的技术合作项目较别的领域的多,也进一步证实了上述看法。因而证明这些活动领域的培训班是合适的。过去的培训班超过预想这一事实,也表明确实很需要这样的培训班。

回顾过去的培训班,大多数涉及比较广泛的课题(见附表)。但这些培训班几乎无例外地十分重视工艺技术而没有重视规划制订和管理。在核燃料循环链中的某些活动(如铀矿开采和燃料元件制造)方面的培训班太少,这是很值得注意的。这些情况表明,未来的培训班应当把培训重点移向专业性较强的领域。核燃料循环领域内的全部活动都有其本身的技术和经济规律、先决条件和(常常是很重的)经济负担。因此,为国家级规划人员和决策者举办这类事务的培训班或研讨会,应受到最优先的考虑。同样应重视上面提到过的核燃料循环中被人忽略的领域,尤其是燃料元件制造方面的培训班。机构已支助了这一领域内的

核 燃 料 循 环 培 训 班

年 份	区 域	东 道 国	说 明
一般地介绍核燃料循环			
1980	跨区域	法国	核燃料循环管理(法语)
1981	跨区域	法国	核燃料循环管理(法语)
燃料循环前段			
1969	拉丁美洲	阿根廷	铀的勘探和评价(西班牙语)
1970	跨区域	西班牙	铀矿石分析(英语)
1974	亚洲	印度	铀的勘探和评价(英语)
1975	跨区域	奥地利	铀的地球化学勘探(英语)
1977	跨区域	南斯拉夫	铀的地球化学勘探(英语)
1978	跨区域	美国	铀的勘探和评价(英语)
1981	拉丁美洲	玻利维亚	铀的勘探方法(西班牙语)
1981	跨区域	南斯拉夫	铀矿石处理(英语)
1982	跨区域	马达加斯加	铀的勘探方法(法语)
1982	跨区域	西班牙	铀矿石分析(西班牙语)
1983	跨区域	南斯拉夫	铀矿床评价(英语)
1983	跨区域	西班牙	铀矿石处理(西班牙语)
1984	跨区域	法国	铀的处理——从采矿直至燃料元件制造(法语)
1985	跨区域	巴西	钻探和铀矿储量估计(英语)
燃料循环后段			
1986	跨区域	联合王国, 瑞典, 捷克斯洛伐克, 德意志联邦共和国, 法国	考察乏燃料管理问题(英语)

10 个技术合作项目。

同样，乏燃料管理（主要是从动力堆或研究堆卸出的辐照燃料棒的贮存）领域的培训，至今一直没有给予足够的注意。已计划在 1990 年举办一次这一课题的研讨会。今后需要在这领域组织更多的培训。

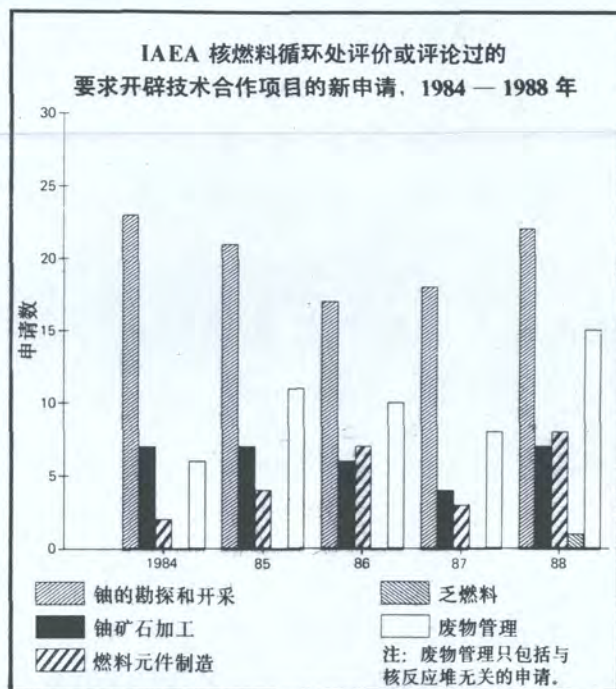
在过去几年中，在含有浓度不等的钍、铀和稀土元素矿物的一些锡尾矿的评价、处理、环境影响和经济性方面，提出了希望从机构得到援助的许多要求和申请。在这些课题方面有大量的错误报道。鉴于这一问题主要限于东南亚和东亚的锡生产国，所以比较好的做法是就这些课题举行一次区域研讨会。同样，北非和中东的少数几个国家对从磷酸矿中回收铀感兴趣，因此就这一专题举行一些区域研讨会必将使该地区受益。

IAEA 已研制或验证过一些计算机软件，有的用于地质和矿产资源数据库，有的用于处理地球化学普查数据，有的则是矿石储量估计方面的。因此，也已计划举办一些计算机软件应用培训班。

教育和培训范围需要扩大

核燃料是核能发电的必要条件之一，也是核动力的优越性和潜在的不足之处的根源所在。有关核（易裂变）材料的主要性能、核反应堆燃料元件、裂变现象的基本原理、“核”热的产生过程和发射辐射等方面的知识，对从事核燃料循环设施的设计、建造、运行、经济分析、许可证审批，以及从事与核发电有关的其他活动的人来说，都是必须具备的。新闻界，尤其是已经或打算发展核动力的国家中的新闻界，最好也能具备这些知识。不能把传播核材料和反应堆燃料方面的现代知识的工作，局限在狭义的专业人员范围内。相信人们会创造出一种“核文明”，这种文明反过来又能成为成功而安全地将核能用于和平目的的最佳保证。

IAEA 的使命是“在全世界加速和扩大原子能对和平、健康及繁荣的贡献”，这一使命并不意味着机构是一个把核动力计划强加于成员国的工具。IAEA 力求为创造必要的条件提供方便，有了这些条件，就能可靠地保证在有意发展原子能的那些成员国中安全而经济地发展核科学技术。安全地开始采用和扩展核动力（或各种核应用）的第一位和最重要的条件是，要有高水平的“核”教育和高水平的专业人员，但这并不仅仅指被挑选出的少数人。这一先决



条件有助于防止危险的过失和无法预料事故，有助于保障该国和全世界核事业的安全。提高发展中国家中的“核文明”水平，是国际社会面临的一个非常重要的问题。IAEA 的技术合作体系是解决这一问题的最佳体制之一。培训是这种技术合作活动中最重要和最富有成果的一个部分，需要持之以恒地关心和改进。

