



发展中国家的核科学

技术：潜力和前景

对能源、农业、医学、工业、科学

和其他领域中利用核能的想法

Noramly bin Muslim

在原子能机构成立以来的30年间,发展中国家实际上一直在从事核科学和核技术各个方面的工作,从而导致和平利用原子能的开发工作在世界范围内具有广泛性。可以看出,已取得的进展是不平衡的,有些领域快些,有些则慢些,因为核能的和平利用牵涉到许多复杂的因素。那么,从已有的记录看,潜力又何在呢?下面对原子能机构通过技术合作项目和其他活动所参与的一些主要领域和主要应用作些回顾,也许可以提供一些线索。

核动力厂

如果说,发展中国家最近几十年内在同位素和辐射的和平利用方面的发展,比起核电的发展来要迅速一些的话,究其原因,无疑是与时间和金钱有关的。核动力涉及大量的投资,并需要雄厚的工业基础。在能源领域,也许比其他许多领域更需要搞长期预测。这种预测相当复杂,相当困难,因为预测时必须考虑整个能源政策,并考虑与本国经济和各种支助工业(例如确保设备在役维修的能力)有关的许多因素,或铀或石油价格等外部因素。预测错误可能带来严重后果,因为所涉及的这些“系统”的调整时间比较长;例如,一项核动力计划的初步成形平均地说大致需要10年的时间。

Noramly 先生是原子能机构主管技术合作的副总干事。这篇文章是根据他在美国阿森斯召开的题为“发展中国家的核研究的意义和影响”的原子能机构国际专题讨论会上宣读的论文改编的。

对一个发展中国家来说,最重要的一步是编制一个经过深思熟虑和受到广泛支持的本国发展计划。有了这样一种计划,而且非要有这样一种计划,有效开发人力资源和充实工业基础的工作才能顺利展开。这种计划也将给非动力的应用打开大门。正象下面将指出的那样,这些应用对各个方面的经济活动和卫生工作是很有意义的;同时,还能为本国在条件许可时发展核动力铺平道路。

在能源领域,在决定开辟核动力工程以前进行可行性研究时,会碰到多方面的困难。应该补充一句,可行性研究只能由有关部门的能源专家来进行,他们不仅来自这个领域,而且还要来自其他领域,来自外界的援助是绝对必要的。此外,还必须权衡许多其他的因素,包括所涉及的政府是否有决心将这样一项长期而复杂的工程贯彻始终,公众对核动力的了解和接受程度;本国工业建造、运行和维护这样一项工程的能力,以及(肯定不只这些)提供使这样一项工程在经济上和技术上可行地实现所需资金的能力。此外,在核动力技术方面,还有一些显然极其重要因而必须

两张照片(本页左上角和下页右上角)的说明:1977年,原子能机构和粮农组织在位于新德里的印度农业研究所联合主办了为期一个月的一期植物育种培训班。有20名科学家参加了该培训班,包括照片中所显示的来自印度尼西亚和加纳的学员。(来源:A. Micke, IAEA)

考虑的问题:其中包括安全与辐射防护、核燃料循环、核废物贮存、以及退役等等。

从所有这些因素考虑,发展中国家开发核动力的前景如何?

一般地说,因为能源消耗是一个国家发达程度的一种反映,所以人们可以预测,能源消耗今后必将增加。在这方面,值得指出的是,目前发展中国家电力消耗的增长速度比工业化国家快,因此,极其重要的问题是,究竟会以何种速度增长。

发展中国家采用核电的速度已比预料的要慢:截至1986年10月31日,运行中的核机组有21套。另有18套机组正在建造,其中9套是印度和大韩民国这两个国家的。其余9套是阿根廷、巴西、中国、古巴、伊朗、墨西哥和菲律宾的。

根据已知联网发电的反应堆和建造中的反应堆估计,到1990年,发展中国家核电装机容量将增加约12.7吉瓦(电)(GWe),相当于所有国家核电装机容量估计增长值(120.5GWe)的10%左右。对于更远的将来,原子能机构对这些国家核电装机容量的偏低估计是(不算欧洲的中央计划经济发展中国家),1995年和2000年将分别达到30 GWe和40GWe。这两个估计值都相当于届时全世界的核电总装机容量的4%。

上述预测值只能被认为是粗略的估计值,因为其中包括了不可预测的因素和发展——例如,有的国家在切尔诺贝利事故以后可能重新审查其计划,或引进中小型动力堆(这些堆的经济评价工作正在进行中)。

食品和农业

核技术已经成为粮食和农业部门研究和发展工作的

在发展中国家中,大韩民国是订有最积极的核动力计划的国家之一。照片所示是大韩民国正在建造的两套核电机组的汽轮机厂房的设计模型。(来源:《法国核简讯》,1986年)



重要工具。这些技术主要用于动物营养或肥料利用的最优化研究,培育植物新品种或制造效力较高危害较小的农药,消灭害虫,食品保鲜等方面。发展中国家对这些技术和有益地利用它们的兴趣一直不低。他们多半正在于1964年设立的原子能机构和粮农组织(FAO)联合处的帮助下开发这些技术,从约150个技术合作项目中获益。

●动物营养。在许多国家,尤其在热带或亚热带地区,食用肉类和牛奶短缺主要是因为生产率很低,而不是由于家畜头数不足。放射性示踪剂可用来研究发酵过程、瘤胃中蛋白的利用和在肠里的吸收过程,因此,上述研究,就为选用廉价的饲料,如稻草来增加动物体重和产奶量提供了可能性。组织好动物的繁殖也能实现上述目标;为此目的,可以利用放射免疫分析法(RIA)来测定有关的各种因素。放射免疫分析法和示踪技术也正在成功地被用来防治动物的疾病。

●农药和化肥。在农业方面,发展中国家为了提高作物产量,所用杀虫剂量已显著增加;化肥的用量也将显著增加。一般地说,化肥、杀虫剂和除草剂的利用既有有利的一面,但因为这些产品(或副产品)会进入地下水和地表水,因而也常常有害的一面。从农作物土壤浸出的化肥引起湖泊富营养化的事已被大家所熟知。最佳利用这些物质,要求了解应用这些物质以后它们的输运过程及它们与外环境的相互作用的结果。示踪技术是成功地进行这些研究的最佳方法。例如,人们可以确定杀虫剂的损失率对温度、降雨量、日照,以及土壤和农作物类型的依赖程度。



在动物研究方面,通常把放射性同位素作为示踪剂注入动物体内,供研究用。过去30年间,原子能机构支助的项目的重点一直放在动物健康、营养、生产率和其他方面。

●诱发突变和种子的筛选。用于帮助提高粮食产量的另一项重要核技术是种子辐照,用 γ 辐射或快中子辐照种子使之诱发突变。从遗传相异性中挑选新品种并使这种遗传相异性扩大,并把这种相异性组合在一起,便能产生具有所希望性质的新品种。他们具有高产、抗不利外界条件、耐盐碱及抗病能力大等优点。人们也许会猜想到,这种技术对大多数发展中国家是有益的。原子能机构在这个领域有一项十分活跃的计划,它支助着约20个技术合作项目。机构一直强调这些技术对发展中国家的重要性,其中许多技术现今正在发展中国家中使用着。这些应用将继续扩大,因为它们受到人们的极大关注,公众也相当乐于接受。这些应用的实际增加速度取决于每个国家的具体条件,尤其是经济条件。

●食品辐照。食品辐照保藏是一项成熟的技术。它能抑制蔬菜发芽,延长蔬菜的架存期,控制破坏食品的各种病原体、寄生虫和昆虫,以及确保各种香料和干物品的灭菌。保存食品和确保香料灭菌,对发展中国家,特别是对热带地区的那些发展中国家是最有意义的。其中一些发展中国家和许多工业化国家已批准对许多产品进行辐照。国际食品辐照计划在1981年得出的结论(认为平均总照射剂量低于10千戈瑞时产品是十分安全的),和食品准则委员会于1983年正式通过的辐照食品标准,可能会促进辐照技术的应用。最近3年间,我们从机构的技术合作计

划看出,发展中成员国对这种技术的应用越来越感兴趣,这是一种正在稳步发展的趋势。公众对食品辐照的理解和接受能力的问题,是使这种技术迅速推广的主要障碍。现在普遍承认,为了使公众接受食品辐照会带来许多好处,尚需作出更大努力。

工业和地球科学

核技术在工业和地球科学方面的某些应用曾首先得到实现,并且现在已成为常规的商业技术。

●厚度、密度和料位计。几乎所有大型造纸机都装有核测量仪,这种测量仪能连续地提供正在生产的纸张的面密度信息;几乎所有大型轧钢机都装备了核厚度计。此外,成千上万的工业生产过程都采用料位计。除了非常特殊的情况,这些器械已不再是研究和开发的课题。发展中国家会随着工业化的进程逐步地引入这类器械。应该指出,原子能机构的区域性合作协定(RCA)和联合国开发计划署(UNDP),正在对亚洲-太平洋地区引入这类设备,特别是纸张和钢板方面的测量仪起着非常积极的促进作用。

●示踪剂在工业中的应用。第二次世界大战以来,示踪剂在工业中的应用已得到迅速发展。它为制造业提供了一种“寻找故障”的简单方法,解决了各种各样的测量问题,并给过程和控制的最优化提供了越来越先进的解决办法。对于后者,示踪法成功归因于它是能够处理弥散现象的唯一方法。这种现象对于某些工业过程极为重要,有的工业过程(如混合和各种化学反应)利用它,有的(如用管道输送流体)则要防止它出现。在许多工业化国家里,一些服务公司已把这种方法商品化。在其他一些国家里,这种方法只在实验室中使用或处于中间试验阶段,在工厂里利用示踪剂在取得执照方面尚有困难。无疑,人们使用示踪剂的态度将更加积极,因为生产过程的最优化是工业界和工程公司经常关心的大事,示踪技术又常常是唯一可应用的方法。厂内的示踪试验中接触到的放射性的活度通常是很低的,并且这些试验使用的总是极短寿命的同位素。只有少数几个发展中国家正在工业中成功地应用示踪剂。完全可以相信,这项活动在发展中国家可能会增多;与所得的利益比较,必要的基本设施的费用可以忽略不计;而且这是工业化过程所必需的。

●无损检验。大多数发展中国家通常采用的核的无损检验法(NDT),基本上是 γ 射线照相法。设备的质量控制常常是极其重要的问题,也是一个竞争因素。这可能是它们得到广泛使用的主要理由。有原子能机构参与的各种国际性活动,旨在协调NDT技术员的培训方法。人们可以预料,随着发展中国家本国制造业的发展,这类检



1986年4月,粮农组织/原子能机构在上海联合召开了亚洲和太平洋地区关于食品辐照的专题讨论会。右照片为数百名参加者中的两人。模型为现已投入运行的上海辐照设施。



测方法在这些国家仍会进一步增加。从较长远的眼光来看,某些国家无疑也将会这样做,因为要达到销售水平,质量控制是必需的。从这种意义上来说,今天的新加坡也许使我们看到了未来。那里,执行购买“交钥匙”工厂的政策,并且特别强调开发出口材料的质量控制方法。

● 辐射化学。辐射作为一种能源用于不同的工业生产过程,已逐渐发展成许多完全成熟的用法。自从50年代初期开始对医疗用品进行工业辐射消毒以后,由于广泛进行了辐射方面的基础和应用研究,出现了一些新的应用。聚合物的辐射诱发改性已发展成为成功的工业生产过程,尤其在电线和电缆工业、包装工业和其他工业方面。其后,辐射涂层固化扩展到了很多应用领域,例如它正在取代和补充紫外辐射加工和热加工。目前,约45个国家的150个高活度工业辐射源(主要是钴-60 γ 源)已用于工业应用。数百台电子束加速器已按商业方式用于不同类型的辐射交联和辐射加工。

人们正在开发一些新的加工方法,预料它们在不久的

将来会投入商用。食品辐射处理保藏,前面已经提到过。其他处理包括,废物(下水道中的污物、淤泥)的辐射去污以利于安全地再利用,工业废气辐射处理以利于保护环境,还有各种生物医学的应用。与人们通常认为的相反,对发展中国家来说,在许多情况下,辐射处理往往比以别的能源为基础的可竞争的处理技术更合适。例如,工业辐射消毒是一种既简单又可靠的方法,它对环境 and 操作辐射源的工作人员也是安全的。辐射处理所采用的安全标准在发展中国家和大多数发达国家都是一样的。但对采用有毒气体为基础的可竞争的处理技术就不能这样说,先进国家所采用的高安全标准目前在欠发达国家是无法达到的。发展中国家很久以前就认识到辐射消毒的潜力,其中许多国家已有一些小型的辐射消毒装置,其效益是很明显的,对普遍提高保健水平的作用相当大。

然而,其他活动方面的利益还没有完全被意识到或完全被利用。一个主要原因可能就在于本国辐射科学和技术规划本身:在辐射工程、辐射物理学和辐射化学方面,缺少



原子能机构已帮助过许多对利用同位素研究水源问题感兴趣的
国家。60年代,机构在牙买加为联合国开发计划署的一个
项目进行同位素研究。

境保护等要求的增加而增加。

●核分析技术。象所有分析技术一样,核分析技术影响着许多研究和技术领域,它们在工业和地球科学中的应用特别重要。这些应用包括超热中子和快中子的活化分析,以及各种示踪技术,诸如同位素稀释分析、核辐射诱发的X射线荧光分析、和广义的不管激发方式(虽然所涉及的基本现象不是核的而是原子的)的X射线荧光分析。

用非核方法的许多分析实验室广泛采用了这些技术。尤其是活化分析,已用于某些矿产勘探部门、地质学、医学、环境监测和工业的研究。原子能机构的许多技术合作项目都与将这些技术引入已建有一批实验室的发展中国家有关。用活化分析的此类实验室,建立时一般都以研究性核反应堆或中子发生器为中心。他们常常为核研究中心的研究工作以及为本国的其他单位提供分析支助。X射线荧光分析不取决于是否有核反应堆或粒子加速器之类的大型设施;它常被用于诸如勘探和采矿部门、工业部门以及各类研究所。活化分析实验室通常安排在研究堆周围,以便对事先没有确定的其他一些活动提供支助。但这可能会导致为开发分析方法而开发分析方法,而不是开发解决某一类特定问题的手段。细心注意这些技术是最终的需要,就能避免这类风险。人们可以预测,核分析技术将在发展中国家中继续获得发展。这些要求现在在大多数先进国家里已是众所周知的,与非核技术相比,核技术的作用也是不言而喻的。看来,发展中国家存在着这种需求,但肯定还没有被充分地研究过。

●同位素水文学。水源对发展中国家来说是个头等重要的问题,这已是老生常谈了。一开始使用人造示踪剂,后来又使用环境示踪剂(例如氦、氧-18、氡、碳-14和其他同位素),这种核技术是自1950—1955年以来首批发展起来的核技术之一。水源问题涉及到水循环的各个阶段。核技术能用来解决这些问题,这已得到公认。它们可作为对非核技术的补充或单独应用。水资源天然带有氢和氧的稳定同位素标记,水资源也含有天然放射性元素,这种标记或放射性衰变,常被用来解决不同水的相互关系、混合、起源或年代等各种难题。原子能机构在许多发展中国家建立同位素水文学实验室方面起了重大作用。在大多数发展中国家中,水资源问题的解决还很遥远。这就是有关实验室的活动在继续开展,其他一些实验室即将诞生的原因所在。它们必将面临水污染之类的新问题;必将对某些天然资源如地热的开发作出贡献,这是一种至今还未被开发的天然资源。

核医学

放射性示踪剂已广泛地和卓有成效地用于医学领域,

基础设施、相应的基础知识和有关的情报资料。这就难以找出工业方面的突破口,制定和执行与工业有关的辐射技术项目。人们已经注意到,相对而言辐射研究计划比较发达的那些国家,更有能力应用处于初期阶段的新技术,并进行这种技术的转让。象辐射交联和涂层固化等比较尖端的技术,目前的转让速度比较缓慢。这里涉及到许多困难,主要是由于本国缺乏质量控制、过程控制、过程开发和材料研制等方面的研究能力。辐射的工业应用的潜力已在许多发展中国家得到证实,其需求肯定将会增加。这种需求将随着普遍的工业化和人们日益需要提高保健水平、增加工作人员的安全性、增加新而高质量的产品与搞好环

这种用法常常称作核医学。大约60个发展中国家现在开展这方面的工作。示踪剂用于诊断目的和治疗疾病,并用于医学研究。按照探测辐射的方法和将示踪剂引入体内的方法分类,可把示踪剂的用途分为四类。

- 给患者施用示踪剂,然后在体外测量辐射。体内器官的核显象属于这类应用,例如脑扫描;以及旨在描述生理过程的所有试验,例如标记分子通过肾的排泄。

- 体外测量生理液样品中含有的示踪剂,以求得诸如血量之类的参数,或研究维生素的吸收。

- 病人不需施用任何示踪剂,所有试验均在体外进行,这就是人们所说的激素放射免疫分析(RIA)试验。

- 第四类涉及放射性同位素治疗。它包括众所周知的用放射性碘治疗甲状腺癌。

RIA使人们有可能研究人体抗寄生因素的防御系统,或作诊断用。由于RIA可以对抗原或抗体作极灵敏的测量,因而特别在最近10年期间已显示出它的重要意义。此外,核显象使人们有可能在患者吞食下放射性示踪剂后看到被标记的器官,它在最近几年里已取得了明显的进展。核显象已从一开始用的扫描仪发展到 γ 摄影机,当后者与计算机联用时,使今天被称为断层显象(也可称作体内器官的断面显象)的做法成为可能。这些技术和核医学所涉及的其他技术,需要高度专用的放射性药物制品,对这种产品必须有非常严格的质量控制。制备这些放射性药物形成了一个十分活跃的产业。几乎只有技术发达国家中比较先进并得到充分支助的国营和私营或商业性实验室,才能进行新的放射性药物的开发工作,包括质量控制程序和所需测试仪器的开发工作。除少数几个实验室外,发展中国家的许多实验室还没有参加这种开发工作。顺便说说,开发新的适合市场销售的放射性药物是一项费时费钱的工作,在许多情况下要持续若干年,并需要投入大量财力和人力。从新产品在技术发达国家里试验成功并批准临床应用到当地(通常在发展中国家的国家核研究中心)生产出类似产品的这段时间,不象其他许多领域的那么长。有时,这种时差不超过一年。这是将已得到较好利用的信息和专门知识比较顺利地转移的例子,特别是在较先进的发展中国家里。当然,在欠发达的发展中国家里,情况就完全不同,它们不进口只有少数几个大的产品供应商生产的放射性药盒。

但是,核医学的另一个有关方面几乎不搞技术转让。这就是有医疗价值的放射性同位素和放射性同位素发生器的生产和供应。目前这种在全世界核医学领域用得最广泛的放射性同位素(钼-99m)发生器技术,是非常花钱的,而且是以涉及裂变产物钼-99(亚稳态钼-99m的母体放射性同位素)的复杂的放化操作为基础的。目前只有少数几个最先进的工业化国家生产钼发生器。发展中国家



1967年,原子能机构曾援助过塞内加尔的一个项目,即设在达喀尔丹特克(Dantec)医院内的西非癌研究所放射性同位素实验室中的一个项目。目前,原子能机构继续通过其他项目在核医学领域援助塞内加尔。(来源:联合国)

发现,吸收和掌握这种技术是非常困难的,这里有经济方面的原因,也有缺少中子通量合适的核反应堆和相应的处理设施方面的原因。有些国家虽然有研究性反应堆在运行,但他们还是大量地进口钼-99m发生器。由于有了一些新的概念,现在正在推出另一种发生器技术,这种新技术将有利于中等功率和低功率研究堆的利用。其中一些概念在许多年以前就已经知道了,但至今还没有取得很大的进展。一些大的商品生产者仍如以往对开发这种技术不感兴趣,原因仅仅在于此事没有足够的经济吸引力。然而,一些发展中国家已意识到,他们将会从这些新技术得

到很大的好处,因此,他们已经开辟了一些大型的研究计划,利用他们自己的研究堆开发医院临床用的新的放射性核素发生器。这个例子表明,只对发展中国家有益或对技术发达国家好处较小的适用技术,必须要由需要这种技术的国家自己开发。很幸运,就发生器技术来说,有些先进的发展中国家带头在这一领域进行研究,并且同欠发达国家的研究中心分享他们的经验和研究成果。

对发展中国家生产放射性药物制品的这些看法表明,在近期或中期内,看来这些产品的大多数仍将不得不进口。人们还可以有把握地设想,以RIA为基础的一些应用将继续增加,尤其是得到原子能机构支持的国家,因为这个领域里可能比别的任何领域有更多的重要问题需要国际合作。要想对核显象作出预测是相当冒险的,因为这种技术需要大量投资,并且本身仍在迅速发展中。

