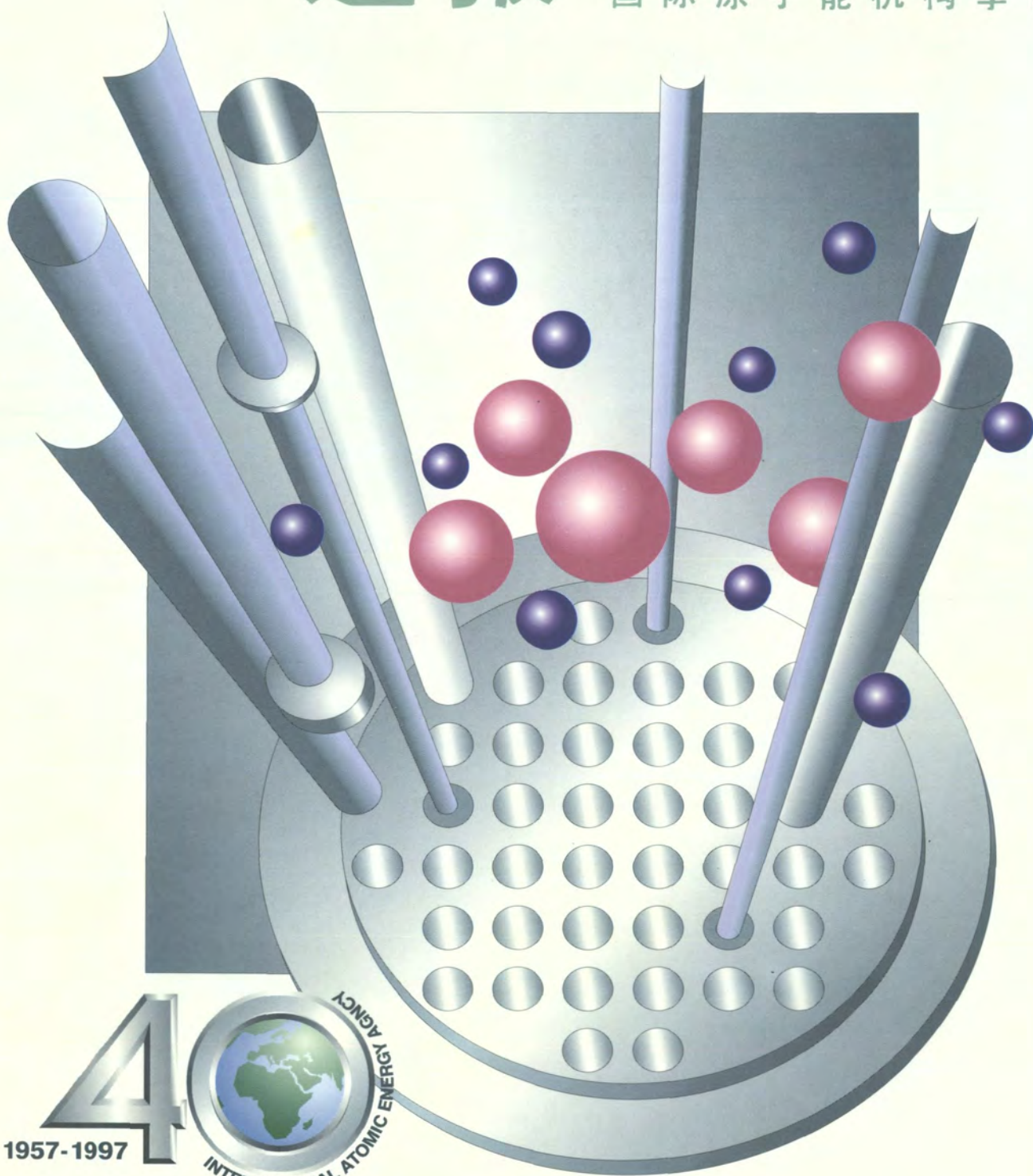


国际原子能机构 通报

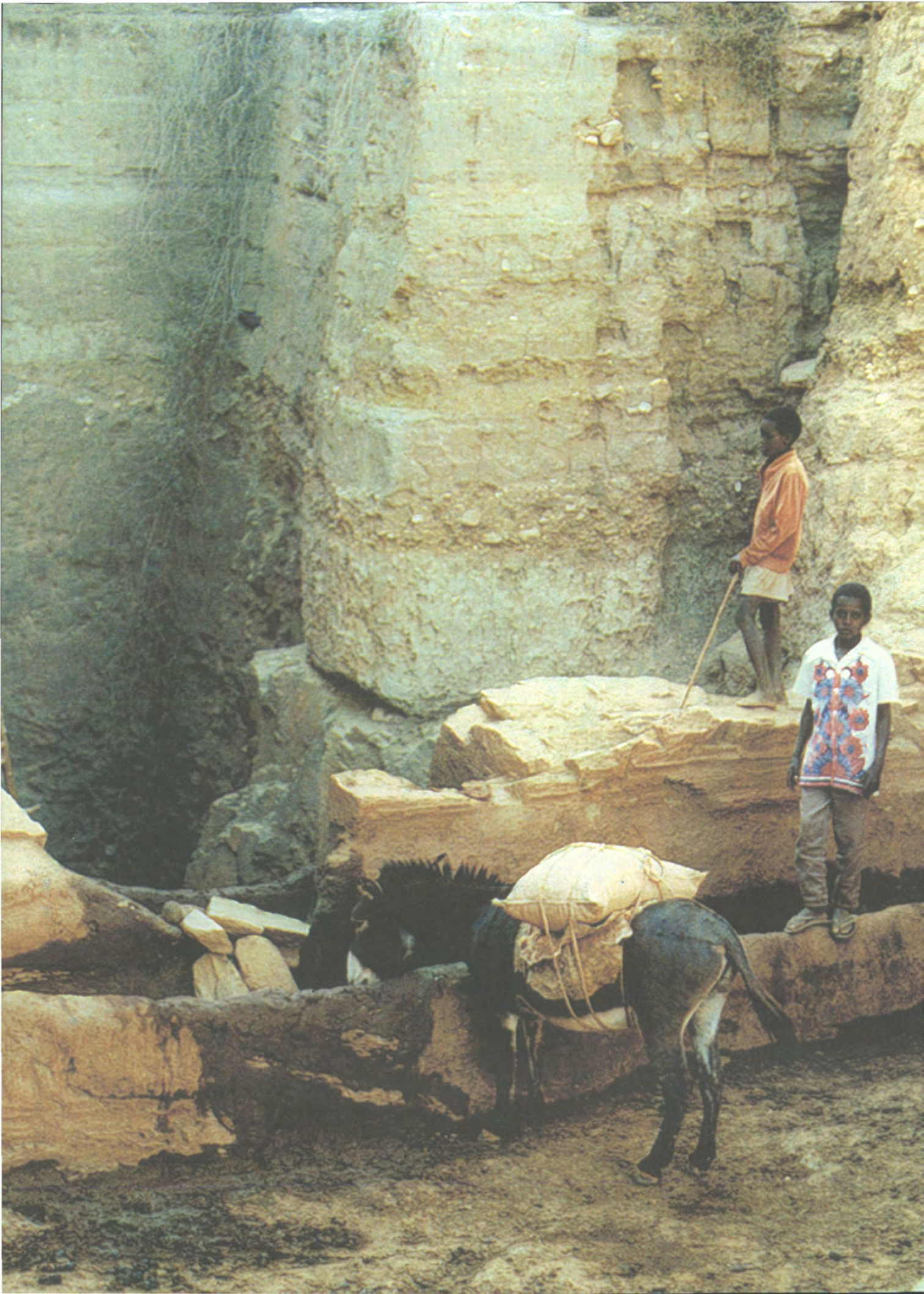


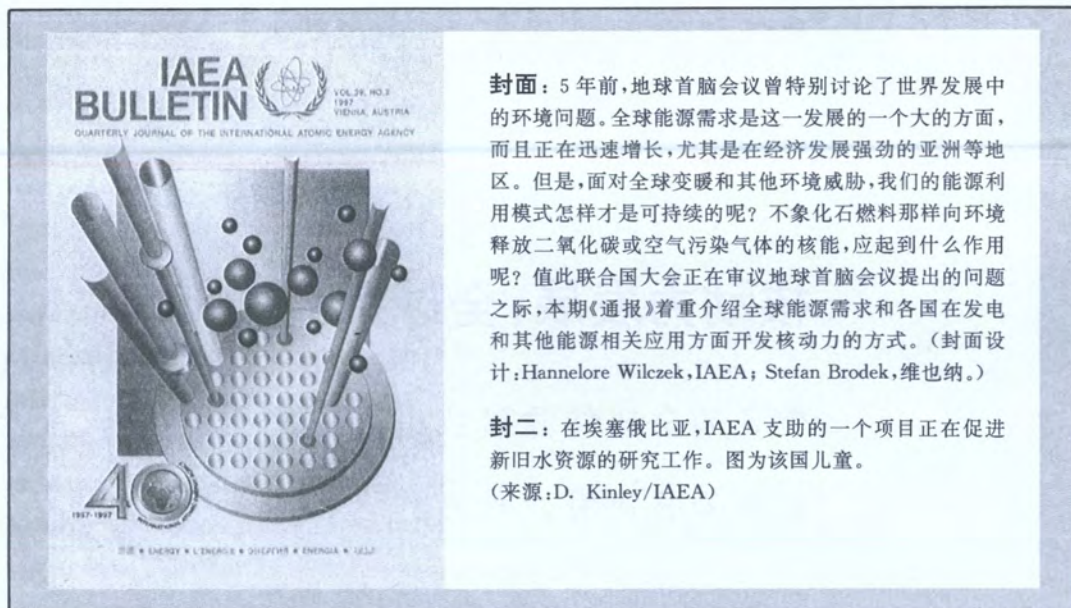
第39卷 第2期
1997 年
奥地利 维也纳

国际原子能机构季刊



能源 • ENERGY • L'ENERGIE • ЭНЕРГИЯ • ENERGIA • الطاقة





封面：5年前，地球首脑会议曾特别讨论了世界发展中的环境问题。全球能源需求是这一发展的一个大的方面，而且正在迅速增长，尤其是在经济发展强劲的亚洲等地区。但是，面对全球变暖和其他环境威胁，我们的能源利用模式怎样才是可持续的呢？不象化石燃料那样向环境释放二氧化碳或空气污染气体的核能，应起到什么作用呢？值此联合国大会正在审议地球首脑会议提出的问题之际，本期《通报》着重介绍全球能源需求和各国在发电和其他能源相关应用方面开发核动力的方式。（封面设计：Hannelore Wilczek, IAEA；Stefan Brodek, 维也纳。）

封二：在埃塞俄比亚，IAEA 支助的一个项目正在促进新旧水资源的研究工作。图为该国儿童。
(来源：D. Kinley/IAEA)

目 录

特 写	核动力发展：全球挑战和战略 <i>Victor M. Mourogov / 2</i>
	核电厂实绩：保持不断进展的势头 <i>Boris Gueorguiev 和 K. V. Mahadeva Rao / 9</i>
	先进核动力堆：全球开发工作的要点 <i>Poong-Eil Juhn, Juergen Kupitz 和 John Cleveland / 13</i>
	核动力应用：为家庭和工业供热 <i>Bela J. Csik 和 Juergen Kupitz / 21</i>
	核能应用：淡化海水 <i>Toshio Konishi / 26</i>
	未来的核能系统：发电并烧掉废物 <i>Viktor Arkhipov / 30</i>
专题报告	温室气体和核燃料循环：排放量究竟多大？ <i>Martin Taylor / 34</i>
插 页	技术合作实况：核与辐射安全

其 它	国际简明新闻/数据文档 / 37
	Databases on line / 48
	Keep abreast with IAEA publications / 50
	Posts announced by the IAEA / 52
	IAEA 的学术会议和研讨会/协调研究计划 / 56

核动力发展：全球挑战和战略

今日的全球能源供应模式不是可持续的，出于环境等原因
世界必将使用多种燃料

Victor M.
Mourogov

里约热内卢地球首脑会议之后 5 年，于 1997 年 6 月召开的联合国大会一次特别会议审议了为实现可持续发展的目标所取得的进展。可持续发展联系到环境保护，因而无疑也联系到能源的供应和利用。

随着工业化、经济的发展以及预计 21 世纪世界人口翻一番，全球能源消费必将继续增加。这种增长将主要由发展中国家的需求所驱动。它们现在拥有世界人口的 75%，而消费的能源只有世界生产的所有能源的 31%。节能和提高能源利用效率，会抑制但不会止住需求增长。世界能源委员会(WEC)预计，今后 50 年内世界任何地方的能源需求增长率都将达到 50%—300%，具体数字取决于当地环境和经济因素。

全球能源问题

鉴于预计的能源需求，今日的全球能源供应模式不是可持续的。国际上一致坚定地认为，必须控制对化石燃料的严重依

赖——化石燃料目前几乎占总能源供应量的 90%。它们的使用会释放温室气体及其他有害气体和有毒污染物，从而对大气产生不利影响。

尽管核动力不是没有问题，但因为它在促进实现可持续发展的目标方面有着明显优势而仍为人们所认可。就其从燃料生产到废物处置的整个能源链来说，核动力的温室气体和其他污染物的排放是有限的。核动力目前提供了全球能源的约 6%和全球电力供应的 17%。在 32 个国家中有近 480 台核电机组正在运行或正在建造。

尽管核动力有这样好的实绩，但关于核能的未来作用却尚无国际共识。有几个国家的政策是绝对反对核动力的。尽管有些国家无疑是积极的，但大多数国家充其量只能算是消极的。尽管核动力在欧洲和北美的发展已停滞，但它在亚洲却不断扩大。由于维持核电厂运行所必要的基础设施瓦解，那些大量依赖核电的东欧和前苏联国家，正经受严重困难。

未来将会出现一种能源的混合结构。这种混合结构的构成尚不能准确定义——它不仅取决于环境上的考虑，而且取决于技术、政策和市场因素。预计化石燃料在许多年内将继续是能源生产的主角。如果有充分的支持，新的可更新能源供应

Mourogov 先生是 IAEA 主管核能司的副总书记。

的比例将增加。WEC 预计,可更新能源在全球能源中的比例在今后 25 年内将达到 5%—8%。水电的比例可能仍保持在目前的 6%左右。

核动力的潜力

核工业面临的挑战是,确保核动力仍然是满足下个世纪能源需求的一个切实可行的方案。它除了可能是基本负荷以及大城市市内交通所需电力的主要提供者外,还可以在地区供热、加工工业、海洋运输、海水淡化、氢气生产等非电力应用以及边远地区的一些应用中起重要作用。它还可以为保障能源供应做出重大贡献,并有可能通过利用增殖堆成为一种几乎用之不竭的长期能源。

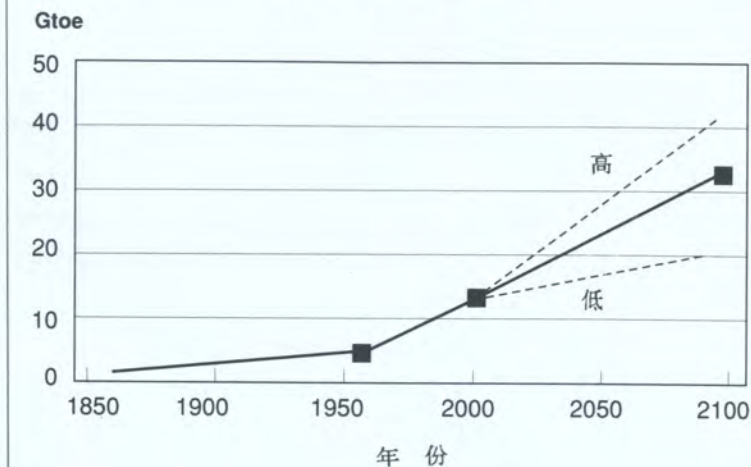
不过,由于目前缺少公众的支持,新的核电机组的引入无疑会受到限制。有必要公开讨论限制核电被接受的问题。但是,不要象经常做的那样,孤立地讨论健康和环境影响与严重事故和废物处置的关系。因为没有无风险的能源,所以必须广泛地研讨各种能源的比较性影响。对核能、化石燃料和可更新能源的能源链的研究表明,所有方案都存在一些固有的重大问题和影响。

若干权威性的比较性评估报告表明,核动力有减少与能源相关的健康和环境损害的能力——核动力可被证明是环境上最可接受的发电方案之一。如果将气候变化、环境损害和健康效应的社会代价等外部因素包括在所有分析中,就会看到核燃料比化石燃料有明显优势——核动力在发生根本性变化中的财政环境中的经济竞争性会逐渐上升。

本文重点介绍将决定今日和明日的最佳能源战略的关键因素;讨论利用铀的高潜在能量值的方法;讨论钚作为燃料在反应堆中的利用,因为钚是将来钍燃料循环的资源;还将提出增加核动力经济可行性的各种战略;论及进一步减少环境影响

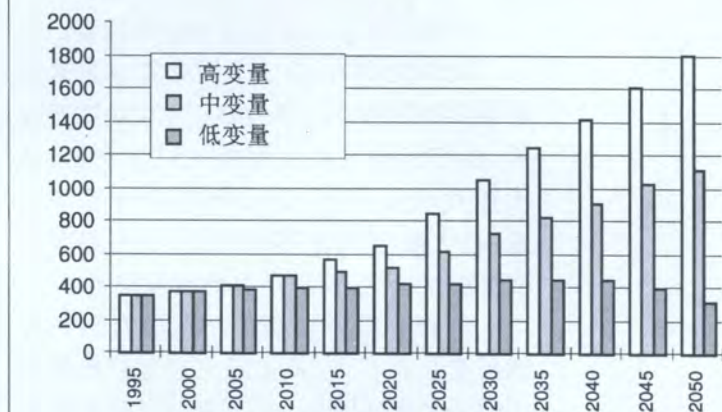
全球能源利用

吉吨石油当量(Gtoe)



世界核电装机容量

吉瓦电



和提高安全性的技术方法,因为它们公众接受核电时考虑的一类重要因素;还涵盖预计到下个世纪中叶核反应堆和燃料循环工艺技术方面的进展。

燃料循环和反应堆战略:关键因素概述

如果核动力的重大贡献将在下个世

纪中叶产生,那么届时将需要大量新增发电容量,平均每年将建造多达 20 台的新机组。为了给将来核电作用的增强创造最佳条件,现在就必须解决与所要求的燃料循环和反应堆类型相关的若干问题。

IAEA 最近的“核燃料循环和反应堆战略:适应新现实”学术会议(1997 年 6 月 2—6 日在奥地利维也纳召开)讨论了许多课题。其中包括由于核动力增长放慢和预计从拆除的核弹头中回收大量钚带来的若干课题。在一份主题论文中,专门讨论了未来的燃料循环和反应堆战略。

在竞争性和国际化日益加强的全球能源市场中,一些关键因素将不仅影响能源的选择,也将影响不同能源利用的程度和方式。这些因素包括:

- 已有资源的最佳利用;
- 总成本的降低;
- 将环境影响减至最小;
- 对安全性的令人信服的论证;和
- 满足国家的和全球的政策需要。

就核能而言,这 5 个因素将决定未来的燃料循环和反应堆战略。为优化这些因素,我们将按下述标题依次讨论它们:最大限度利用资源;最大限度取得经济利益;最大限度取得环境利益;最大限度提高反应堆安全;和满足关键政策需要。

尽管获得公众接受一直没有当作关键因素包括在内,但实际上它是核能发展中的一个重要因素。有必要公开地和如实地把核动力带来的实际好处告诉公众和决策者。公众越来越不愿接受新的大型工业设施,尤其是在发达国家。这种情况不仅影响整个能源部门的政策,而且影响所有电厂项目的实施。

最大限度利用资源。即使反应堆主要以乏燃料直接处置的一次通过循环运行,已知的和可能的铀资源也将能够保证中短期内有足够的核燃料供应。然而,由于铀需求增加和储量因满足增加的核装机容量需求而减少,因此出于经济考虑,人们将以利用每单位量矿石中铀的总潜

能含量的方式最佳使用铀。在浓缩工艺过程中和在运行阶段都有实现这一目的的多种方法。从较长期来看,在热中子堆中循环使用产生的可裂变材料和引入快中子增殖堆将是必要的。钍也可能是较长期内的一种宝贵的能源资源。

铀燃料循环。同位素分离工艺可以降低浓缩工艺废尾料中的铀-235 含量,从而可从主要由非可裂变铀-238 组成的、铀-235 占 0.7% 的天然铀矿石中提取更多的这种可裂变同位素。在运行阶段,较深的燃料燃耗循环将用掉更多含在浓缩铀燃料元件中的铀-235——同时减少了与所产生的能量相应的乏燃料量。

不过,后处理乏燃料代替处置可以使产生的钚通过混合氧化物燃料在热中子堆中及快中子增殖堆中循环使用,并获得含在乏燃料中的铀及其可裂变同位素。后处理会大大增加今天的铀资源的能源潜力——理论上增加约 69 倍——而且还显著地减少余留废物中棘手的长寿命放射性元素的数量。迄今,循环使用是利用已有铀资源的最佳方法。现行的最终处置前中间贮存乏燃料的政策,保存了将来进行后处理以提取可裂变材料(尤其是钚)的潜力。

钍燃料循环。尽管铀很可能依然是核动力系统利用的主要天然资源,但从较长远来看,利用可转换的钍作原料也是可能的。铀含有可裂变同位素,而钍不含。因此,要启动钍燃料循环就必须在钍燃料中添加可裂变铀-235 或钚。此后,在反应堆中从钍转换产生的铀-233 是可裂变的。钍燃料循环由于具有较低的运行燃料温度,在燃料元件的物理性能和堆芯物理的特性方面有许多优点。

在一些铀矿不多的国家,当地钍资源的存在使得钍燃料循环成为有吸引力的方案。若干国家已开发以钍为基础的燃料循环。这些国家中有美国、德国、印度、联合王国、日本和加拿大,前三个国家已成功地示范了钍在动力堆中的使用。钍燃料

循环可以用于目前所有类型的系统中——轻、重水堆以及高温气冷堆和快堆——不需要在反应堆设计或安全概念上做重大变更。

不过,尽管已在世界各地找到不少有高品质矿石的钍矿床,但目前对世界钍资源范围的了解还比较缺乏。从矿石中提取钍是较为困难的过程,而且它的经济性尚未确定。从乏燃料中分离出产生的铀-233也有许多困难。但是余下的废物处理起来,比处理目前以铀为基础的燃料循环产生的未经后处理的废物容易得多。

最大限度取得经济利益。因为燃料费用相对很低,所以通过减少开发、选址、建造、运行和初始筹资费用来降低整体费用,对于核能的总的经济可行性是极为重要的。排除许可证审批要求方面(尤其是在调试以前)的不定因素和变化性,将使投资和财政战略更加可以预见。

开发费用。开发新设计的费用很高,这很可能导致以较低的费用渐进式改进今日的反应堆系统,而不是以较高费用引入革命性的新设计和技术。近几年政府开发资金已显著减少,而且如同所有成熟技术那样,资金来源将全部移向私有部门。

基建费用。要减少高的初始基建费用,就需要鼓励在选址和建造时采取节约措施。可以在已有场所的场址建多台机组,这样也可以充分利用基础设施投资。配备有法国成功地采用的标准化系统和部件的机组将越来越受重视。电厂规模和机组功率水平要与当地需求相适合,而且供应商的选择要基于长期的经济性而不是短期的好处。

运行。在运行方面,减少费用将需要高的可利用因子和负荷因子。这两者是由高质量系统、长的堆芯燃料循环周期、短的停堆时间和迅速恢复功率的能力决定的。要不断地发展向电厂和燃料循环提供各种服务的多种组织,尤其是地区性多种组织。

许可证审批。新设施的部分高基建费

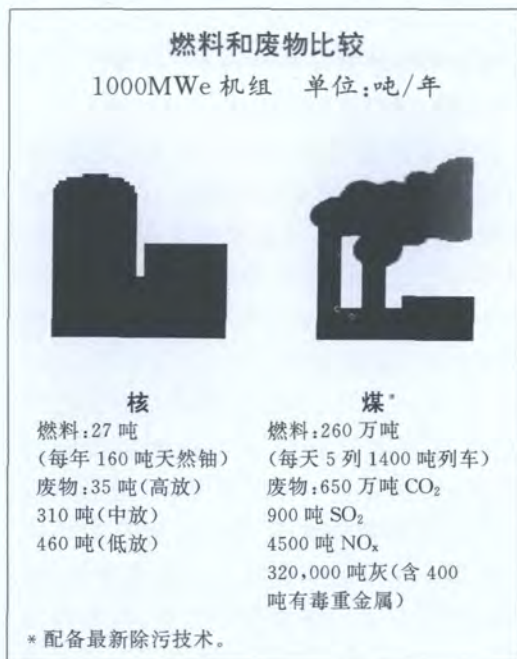
用和延长的建造周期与许可证审批要求方面的不定因素和要求有关。不确定的废物管理和退役要求及费用妨碍了投资。这些因素或许能导致许可证审批过程的合理化,从而使监管更加明确同时缩短从选址到运行的时间。根据其他工业实践的比较性分析结果确定的废物和退役要求,可能导致一个更切实可行又不损害安全的放射性物质管理方案。

筹资。为了适应不断发展变化的投资目标,需要制定有创造性的新的投资战略。在各国筹资安排的框架内,筹措核动力项目所需要的大笔初始基建投资可能更容易。在发展中国家可以采用建造、运行和移交方案。采用这种方案,可在移交所有权前充分收回非国内的投资。通过采用模块式能源系统而实施的递增投资战略,也会减少初始资金筹措需求。

最大限度取得环境利益。尽管在燃料消耗、污染物排放和废物产生方面,核能比目前的燃化石燃料系统有许多明显优势,但进一步减少环境担心可以对公众态度产生重大影响。

尽管核燃料循环的总的健康和环境影响很小,但是应注意改进技术以解决放射性废物问题。这将有助于全球可持续发展目标,同时增加与需要充分解决其废物问题的其他能源的竞争性。可以调整反应堆系统和燃料循环以便将废物产生量减至最少。将采用可减少废物量的设计要求和诸如超压实等减容技术。

正在开发包容和固定高放废物的先进技术。但是,最重要的是,目前已制定论证深层地下处置高放废物的充分性的计划。今后10年内,地质处置库的建造和运行可以消除公众对处置的安全性和费用的担心。必要时,可以在铀系元素反应堆内嬗变放射性长达万年的长寿命同位素(铀系元素)。这类堆及其相关化学分离厂所需的技术已经成熟。正如已指出的,钍燃料循环会使长寿命同位素产生得更少并使处置要求降低。



最大限度提高反应堆安全性。全世界现有 430 多座反应堆,平均运行了 20 多年,核动力总的来看有良好的安全记录。但是,1986 年发生的切尔诺贝利事故表明,非常严重的核事故有可能造成国家和地区的放射性污染。尽管安全和环境的影响正成为所有能源来源要解决的关键问题,但是公众中有很多人认为核动力本来就是非常不安全的。对安全问题的担忧加上有关的监管要求,在近期内将会继续对核动力的发展产生强烈影响。为了减少实际事故和已察觉到的事故的严重性,将在新设施中采用若干解决方法。

特别有效的屏障(如双层安全壳)将使产生重大厂外放射学事故后果的可能性降低到最低水平,以致不需要建立应急行动计划。增强反应堆压力容器和反应堆系统的完整性,也会减少产生厂内后果的可能性。

国际合作将提供吸纳了全球已认可的安全标准和工程标准的反应堆和系统设计。这将有助于确保世界范围的反应堆安全性,和鼓励把反应堆来源国的许可证

审批作为进口反应堆国家的许可证审批的可接受的依据。通过采用非能动安全设施而不是能动保护系统,机组设计和工艺具有更大的固有安全性。采用陶瓷石墨燃料的高温气冷堆可以限制放射性物质释放的可能性,也许是一个可行的方案。

通过旨在加强全球范围反应堆安全的国际协调努力,强有力的全球核安全文化得到不断发展。这将有助于公众了解国际社会为确保安全做出的承诺。在目前被人们明确认定的国际核安全制度中,已经有了范围广泛的国际协议、非约束性安全标准以及国际评审和咨询服务。这个制度的两个重要组成部分是 1996 年 10 月生效的《核安全公约》(缔约方最近已就该公约实施的审议过程达成一致意见);和预期将在今年外交会议上通过的《乏燃料管理的安全和放射性废物管理的安全联合公约》。

无疑,通过已有机组的安全运行和避免将来发生任何重大事故将使安全性得到最令人信服的证明。

满足关键政策需要。在国家 and 国际一级严重影响核选择的政策因素清单中,居前的除不扩散问题和过剩军用钚之外还有能源独立性。

在政治社会里,通过能源供应保障实现的能源独立性和平衡的能源结构是最高国家利益。有了核动力,对保障供应的担心就会减少,因为可用低的财政费用较容易地建立充分的战略储备。今日全球能源结构中,化石燃料几乎占 90%。显然,在缺乏当地化石燃料资源的地方,核能可对能源结构做出重大贡献,就象在法国、大韩民国和日本一样。

核材料和核技术被转用于核武器生产的可能性的确令人担心。国际社会已认识到扩散风险,并建立了用以防止可裂变材料转用的措施。其中包括《不扩散核武器条约》及与 IAEA 缔结的相关的保障协定以及若干其他的多边协定。为进一步减少扩散风险,正在设计防转用的反应堆和

燃料循环。它们将产生不适合武器用的可裂变材料。

在目前军用钚存量的处理方面,已为将其制成混合氧化物燃料并用于当前这代水堆提出若干建议。采用快中子增殖堆的战略也会减少目前乏燃料中存在的钚存量,并且从长远来看可最终消除其积累问题。

与核动力发展有关的 IAEA 计划的方向

从世界核能的目前状况考虑,国际社会有必要做出更大努力,以实现核技术的潜在好处。在涵盖正由成员国和不同国际组织或专门组织处理的所有能源问题的行动协调方面,机构将继续起催化剂作用。IAEA 的计划和活动将按下列标题分别加以说明:核动力、核燃料循环、废物管理技术和能源来源的比较性评估。

强调上述工作,源于加强了的全球承诺,即通过法律上的协议、安全标准和有关的专家服务(见方框。)提高核安全运行水平。1996年4月莫斯科首脑会议的宣言重申,安全是核活动中的头等大事。此外,预期安全指标将继续提高。这将要求 IAEA 及其成员国不断努力和保持警惕,以确保适当的水平得到保持。

核动力。IAEA 在核动力方面的努力目标是核能对可持续发展的贡献,重点在于:

- 促进实现核动力安全发展所需要的设计和运行措施;
- 帮助发展中成员国规划和实施核动力计划及改进对核动力项目和运行机组的管理;
- 通过共享世界范围内各领域(包括人员培训和资格鉴定)的运行经验和信息,来提高核电机组的运行实绩和可靠性。

为赶上某一领域内的技术发展,IAEA采用的一种机制是组建针对这一领

核安全全球体制

一些法律上有约束力的国际协议和公约已被通过,并涵盖一系列问题。这些问题包括:

- 核损害的民事责任
- 核材料的实物保护
- 核事故的及早通报
- 核事故或辐射应急情况下的援助
- 核安全
- 乏燃料管理的安全和放射性废物管理的安全

非约束性常用核及辐射安全标准包括:

- 辐射防护基本安全标准
- 安全基本原则
- 核安全标准计划
- 放射性物质安全运输条例
- 放射性废物安全标准
- 安全导则和实践

核动力领域的国际工作组

- 轻水冷却堆先进技术
- 重水冷却堆先进技术
- 快堆
- 高温气冷堆
- 核电厂机组的寿期管理
- 核电控制和仪器仪表
- 核电厂人员培训和资格鉴定
- 水堆燃料性能和技术

域的国际工作组(IWG)。(见方框。)它由不同成员国的一流专家组成。IWG 定期召开会议,审议所涉领域内的活动的目前状况和今后方向,并就满足成员国需求所需要的活动的计划向机构提出建议。

机构将通过关于先进堆技术的 IWG,鼓励有关非商业性技术和合作研究的信息的国际交流。IAEA 的另一个重要作用是帮助各国保存先进核动力系统方面的关键技术数据。机构还将继续为研究下列革新核能系统发展方面的信息提供场所:

- 有非能动安全设施的先进核反应堆;
- 钍燃料反应堆;

- 用铅或铅/铋冷却的快堆；
- 加速器驱动的和混合式聚变/裂变概念反应堆。

活动的一个新领域与目前需要研究针对海军和空间应用而开发的军用核技术的民用可能性有关。另外一个领域涉及海水淡化。1997年5月在大韩民国召开的国际核能海水淡化学术会议是一个重要活动,这次学术会议回顾了这方面所获得的经验,会议成果将用来更准确地确定IAEA在这一领域的工作。

核燃料循环。最近召开的IAEA核燃料循环学术会议上讨论的关键题目有:燃料循环发展的不同方案的比较性评估;乏燃料和铀管理;以及放射性废物处置。在动力堆和研究堆附近作中间贮存的乏燃料越来越多,不管选择哪种管理方案,乏燃料在不断老化的设施中的长期贮存都将成为日益严重的问题。确定老化中的乏燃料在环境、健康和安全方面的弱点和采取的补救措施是工作的重点。与交流该领域技术解决办法方面的信息、经验和建议有关的活动将得到扩大。

就源于乏燃料和拆卸的弹头的铀的管理而言,人们对国际上为解决与这类铀的生产、运输、贮存和处置有关的问题所采取的附加措施越来越感兴趣。

废物管理技术。与放射性废物管理有关的活动,将以下述方面为重点:

- 收集、评价和交流有关废物管理战略和技术的资料;
- 提供一般技术指导性意见,帮助进行技术传播,以及促进国际协作;
- 研究地区废物管理设施向发展中国家提供新的机会,使其以成本效益高的方式解决他们的废物管理问题的长期前景。

不同能源的比较性评估。IAEA的有关不同能源的比较性评估的计划将以下述三项工作为重点:

- 能源系统的经济、健康和环境问题的比较性评估,并将评估结果引入能源政策制定和电力系统扩大规划过程;

- 加强成员国在对能源部分做出决定的过程中纳入健康和环境考虑因素的能力;

- 为制定符合可持续发展目标的能源部分发展的最佳战略提供依据。

开发和推广用于从经济、健康和环境影响角度对各种能源进行比较性评估的数据库和成套方法,是一个关键因素。对于解决电力部门以外的能源供求问题也将给予考虑。

达到环境目标

世界的能源利用记录表明,坚持目前的对化石燃料的依赖不是可持续的。核能在减少能源利用的不利环境影响中可以起重要作用。随着核能作用的增加,到下个世纪中叶的主导反应堆类型将是经济性和安全系统已提高的轻水堆和重水堆。高温气冷堆可能只是在专门应用中起作用。钍燃料堆的作用可能不大,因为不大可能建立支持其利用的基础设施。将继续努力保持快中子增殖堆的潜力,它们可能在下个世纪中叶逐渐被引入。

为使核能在经济上更具竞争性,人们将不得不寻找新的筹资办法。此外,为获得公众的认可,有必要采取一些措施。废物管理政策和高放废物处置的充分性,将通过选择和使用地质上可接受的处置库来论证。为保持和提高核动力的安全和实绩记录,必须时刻注意通过设计提高安全性、贯彻有效的运行安全文化和履行国际安全协议。

为实现核能可能给世界可持续发展带来的好处,IAEA今后必须在协调成员国和其他国际组织的努力中起越来越重要的作用。IAEA计划的一个重要作用将是,加强地区性和国际性合作以及共用基础设施、分担开发费用和分享运行经验,以便使核技术能继续以安全、可靠和经济的方式发展。 □

核电厂实绩：保持不断进展的势头

核电厂实绩一直在稳步提高，各国正采取积极行动
以确保不断取得进展

核动力是当今许多国家能源结构中的一个成熟部分。为了加强它的作用，一些国家核主管部门愈来愈重视提高电厂实绩的各个方面。电厂实绩越好，不仅电力的有效产量将越高，而且还将对核电厂的安全性、经济竞争性和环境有利性越有信心。

电厂的技术和经济实绩的一个基本指标，称为能量可利用因子(EAF)。它是电厂在一定期间的净能量生产率，是该电厂在这个期间连续运行的条件下可能生产的最大能量的百分数。根据报给IAEA动力堆情报系统(PRIS)的数据，过去10年里世界核电厂的EAF一直在稳步提高，已从1989年的70.1%提高到1995年的76.8%。(见第10页图)。

实绩的另一个量度与所谓的能量损失有关。尽量减少这种损失可达到的程度，是电厂运行良好程度的一个指标。能量损失有的是可计划的(即可通过管理加以控制)，有的是不可计划的，通常与因换

料、维护或试验等原因而停役有关。在过去3年里，世界核电厂的能量损失一直在减少。这表明核电厂在维护和管理方面在不断改进。

总的说来，维护和管理方面之所以有种种改进，主要是因为电力公司从过去经验中汲取了教训。但同时，各国采取的、经常通过IAEA技术计划起作用的各种积极行动，也起到了重要作用。

各国为提高电厂实绩和安全性而采取的积极行动

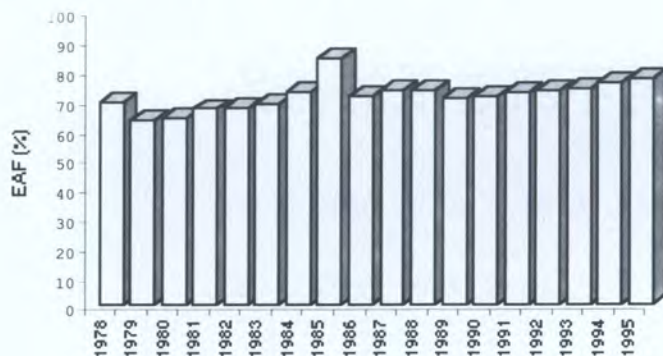
机构成员国采取的许多积极行动的重点，是改进核电厂的运行、维护和管理。这些改进也使这些电厂的安全水平有了提高。积极行动可分为如下五个方面：

增加生产。这包括采取步骤，通过确立高的期望值和对可立即纠正的缺陷毫不姑息的态度，使电厂设备器材保持在良好状态；通过更有效的规划，以减少计划停役的持续时间；酌情进行在役维护，减少计划停役的持续时间和费用；及通过采取措施，例如执行长期的修改/改进计划、利用现代化监测设备、培训电厂工作人员和汲取其他类似机组的经验反馈等，降低故障停役的频度。

Boris
Gueorguiev
和K. V.
Mahadeva Rao

Gueorguiev先生是IAEA核动力和燃料循环处核动力工程科科长，Rao先生是该科职员。为本文提供素材的还有Fausto Calori先生、Nestor Pieroni先生、Thomas Mazour先生、Vladimir Neboyan先生和Rejane de Spiegelberg Planer女士。

世界核电厂能量可利用因子



照片:核电厂提供全世界电力的约 17%。(来源:德国贡德雷明根核电厂)

减少工作负荷。这包括采取步骤,通过修改或删除多余的要求,避免不必要的监管负担;监测电厂设备的状况,作为预防性维修最优化的基础;利用那些能够根据故障的安全和运行后果和造成故障的性能退化机制,确定对设备的要求的维护监测和分析技术。

改进工作程序。这包括做出更好的短、中和长期工作规划和安排;利用计算机化信息管理系统来支持工作计划,和保存有关包括备件管理在内的设备史、费用管理和核算的资料;使用分级工作管理方法,即根据每项活动的重要性和复杂性来设计管理方法;以及进行维修后试验,以检查设备和系统的性能是否符合设计要求。

提高生产率。这涉及通过如下措施提高人的工作效率:提高工作人员的能力,和设计更好的工作程序以促进职员工作和有效领导;通过利用专门为减少接口、提高工作乐趣和雇员道德而设立的一个组织结构内的一些多学科小组,创造更好的协同工作气氛;共享不同机组和厂址之间的各种人力资源;共享数据和经验;共享昂贵设备和备件存货;及共享培训计划和设施;外购/包出维护和运行设施所需的支持性服务(不包括电力公司的主要的运行和维护任务);改善管理以减少工作人员的职业辐射剂量,最大限度地减少污



染,及最大限度地减少维护活动产生的放射性废物量。

度量实绩。这包括制定客观的、看得见的、可测量的及与结果而不是与努力有关的实绩量度;使用标准检查程序,包括与最佳电力公司比较工作实绩;找出最好的做法;以及执行一项旨在不断提高实绩的计划。

应该指出,这些方面都没有明确地涉及电厂安全问题和质量保证问题,这两个问题已理所当然地受到核电公司的重视。人们认识到,安全和质量是对成功利用核电的基本要求,是核电厂工作人员进行的每项每次活动的不可分割的一部分。经验表明,为提高核电厂运行和维护计划的效率与有效性,以及提高其执行的质量所做的努力也已使电厂诸系统的安全性和可靠性得到改进。

IAEA 活动的重点

在国际一级,IAEA 一直积极地参与与改善核电厂的运行有关的若干关键领域的活动,包括下述类型的活动:

建立有效的质量保证计划。实现电厂实绩持续提高的一个主要手段,是建立有效的质量保证(QA)计划。机构已更新了其安全标准,以反映以实绩为基础的 QA

的新概念。这项工作是机构与成员国合作用了 5 年时间完成的,其具体结果是修订了“核安全标准质量保证法规”及其 14 个相关的“安全导则”。

在修订过程中,IAEA 利用了一些国家和 3 个组织(欧洲委员会、欧洲原子论坛和国际标准组织)的最新经验和大量资源。所有文件经过 IAEA 成员国的认真审议后,已于 1996 年 3 月被核准。

核设施采购活动的管理。对承包者提供的服务和供应需要进行有效的管理和控制,以确保质量和安全。经验表明,不这样做就会产生一些困难。这个问题已在 IAEA 有关拉丁美洲、亚洲与太平洋地区和东欧的 IAEA 地区技术合作项目的框架内得到讨论,并已在 IAEA 的运行安全检查组(OSART)计划名下进行的多次出访中得到重视。

为满足需要,机构已就在利用供应者/承包者时对控制质量和安全管理问题的作法提出了指导性建议。它还为核设施的高层经理、一线经理和一线监督员,出版了一本有关这个问题的技术文件。

电厂寿期管理。随着电厂设备和主要系统日趋老化,核电厂寿期管理和寿期延长成为人们越来越关心的两个重要问题。IAEA 在这一领域的活动目标有两个,一是促进有助于了解和监测影响主要系统和部件老化机制的信息和经验交流,一是提供技术指导。

一个有关反应堆压力容器一次喷嘴的广泛协调研究项目,已于 1996 年完成。所做工作包括老化过程的分析、监测这种过程所用的方法、减轻其后果的措施,及知识空白的确认。研究结果找出了影响部件性能的各种因素。目前,有关建立核电厂寿期管理和电厂重要部件的国际数据库的工作已经开始。其第一部分涉及反应堆压力容器材料,第一组数据中有关反应堆压力容器材料性能的数据约 1500 条。

电力公司—监管部门接口的管理。电力公司和监管部门之间的接口的管理有

诸多困难,因而在许多场合需要加以改进,然而至今还没有具体导则可用。由于这个问题事关电厂安全性,因此 IAEA 曾召集一些核电公司经理和监管部门官员组成专家咨询组研究这一问题。咨询组除找出了一些好的做法和改进的机会外,还找出了普遍的问题所在。好的做法与下列情况有关:监管部门有独立性;监管部门的作用和职责明确;采用非规定性的监管方法;有明确的交流程序;经常举办电力公司和监管者会议;在培训和评价研究与发展结果等方面联合开展活动;以及建立提供监管服务的标准。

监管职能管理中的质量保证。把正式的 QA 要求适用到监管职能,是提高核电厂实绩必须涉及到的一个敏感问题。它曾是 1996 年机构组织的一次专业人员会议的主题,现在正引起越来越多的注意。

那次会议的主要结论如下:履行监管职能中遇到的一般困难(如缺少工作程序和标准、无可适用的文献系统以及极差的通信实践)表明,需要有一个 QA 计划。在将 QA 适用于监管职能的过程中遇到的若干限制因素已被确认,包括对变动的正常阻力;引入 QA 带来的对额外资源(人力资源和财政资源)的要求;以及一种错误的认识,即系统化的运作将限制创造性、判断力和效率。会上专业人员还就为此拟定具体导则的必要性达成共识。

对运行的技术支持。提高核电厂实绩方面的一个关键因素是向运营单位提供的技术支持(TS)服务的质量和组织。为就此问题提供指导,IAEA 已编写一份介绍若干国家好的做法的技术文件。TS 的核心功能是定期审查电厂程序,看其是否与管理指示、不断改进和变化了的电厂状况一致。审查除核实和确认记录和信息系统外,还应包括核实和确认新的或变更后的程序。TS 还应起到探知不足之处、确定其根本原因,以及确定防止再次发生的纠正办法的有效计划的作用。它还应涉入许可证审批文件的编纂,包括因改进而引起的

修订工作。

除日常涉入外,TS 职员还应处理一些长期问题。这些问题涉及:电厂运行的最佳化;运行经验的反馈以便能从此电厂和别处类似电厂发生的事件中汲取经验教训;对设备鉴定计划的监督;以及对电厂寿期延长计划的监督。

计算机和相关系统。在过去 10 年里,已经越来越需要处理控制和仪表系统的过时问题,改善人的行为,和遵守日益严格的监管要求。因此,一些核电厂已经用数字系统替换了老化的模拟系统,并引入了综合性的和可存取的信息数据库和管理系统。这些系统有助于运行和维护,使质量保证和生产率有了全面改善。信息和通信技术方面的进展已帮助电力公司通过使计算机资源一体化和提高信息可利用率以满足电厂职员和公司经营战略的需要,更有效地运营电厂。为满足当前对控制和仪表系统现代化的需要,机构于 1996 年实施了一个旨在全面评价现代化问题的项目。

在核电厂的运行和维护中使用计算机的主要目的是:提高安全性和减少投资风险;减少运行和维护费用;提高电力生产;以及提高雇员的生产率。计算机能够带来许多好处,包括便于引入复杂的防护和联锁功能;自动控制用其他方法不易控制的电厂工况;配备复杂而快捷的计算设施,以便对可提高安全性和经济性的反应堆工况进行在役评价;以及利用电视摄像机显示电厂工况,从而缩小控制板尺寸和提高运行有效性。

为帮助控制室操作员,正在使用许多计算机化支持系统。这方面的实例为各种显示器。它们以图形显示供监视用的临界参数或运行数据。在电厂维护方面,为减少设备故障已开发多种计算机化支持系统。它们能够加速故障探测和诊断过程,及提供改进有计划的设备维护的

能力。为有助于规划例如换料和分析事故的根本原因,已开发了一些其他类型的系统。

1995 年,IAEA 建立了一个有关计算机化支持系统的全球性数据库。有关操作员支持系统的数据库的第一次版本已于 1996 年完成,并分发给核电厂、设计单位和其他感兴趣的机构。

未来的方向和任务

为支持核电发展和提高电厂实绩,需要在全世界一级采取更强有力的积极行动。在近期内,IAEA 正计划强调一些对决策核能在国家能源计划中的作用有重要意义的问题。相应的活动将涉及国家主管部门,和国家为加强地区合作以便有效利用现有专业知识和资源而开展的工作。

中心任务将是支持不断地提高核电厂的运行实绩和可靠性。这将涉及进一步加强管理制度和更多地共享世界范围的运行经验和资料。就 IAEA 而言,它的工作就是继续扩大其与动力堆运行和电厂寿期管理有关的数据库。

机构还将通过一项协调研究计划,重点开展确保反应堆压力容器结构完整性的工作。这将涉及制定一个试验小样品用的统一程序,以获得供分析裂纹出现可能性用的数据。其他活动将面向培训,即按照技术进展及与私有化和规模缩小相关的结构调整与改组,对核电厂工作人员进行的培训。

在过去的岁月里,IAEA 及其成员国的核电公司已采取若干积极步骤提高核电厂的实绩,并取得了良好结果。今后若干年的一项重要任务将是,确保核电厂不断改进和采取新的积极行动,不断提高全世界核电厂的经济竞争性、可靠性和安全性。□

先进核动力堆：全球开发工作的要点

许多国家正以今日最好的安全和运行设施为基础

设计和引入新的核动力堆

Poong-Eil
Juhn, Juergen
Kupitz 和 John
Cleveland

在世界范围内正在投入大量的人力物力来开发先进核动力堆。包括政府、工业界、电力公司、大学、国家实验室和研究所在内的许多组织参与了这一活动。每年用于开发大的反应堆类型的新设计、技术改进和有关研究活动的开支，估计超过15亿美元。

IAEA 通过其核动力计划框架内的活动，正在起着关于这方面的国际性客观参考资料源的作用，资料的内容除了有关全世界的一般发展趋势外，还有目前正在开发的各种概念和这些项目的现状。

先进核动力堆的设计或概念种类繁多，涵盖了各种类型的设计——大多是渐进型的，但亦有需要做大量开发工作的创新型设计。这两类设计之间的天然分界线，在于为了使具有许多创新思想的概念进入商业上的成熟期是否必须建造和运行原型堆或示范堆，因为这样的一座反应堆会占据所需资源的大部分。这两类设计都需要进行工程方面的工作，而且在把渐进类中某个系列的第一座堆或者创新类中的原型堆和/或示范堆的设计固定下来之前，也可能需要进行研究开发工作(R&D)和验证性试验。此类 R&D 和验证

性试验的数量，取决于准备引入的创新与已经做过的有关工作的程度，或能够依靠的经验多少。对第二类设计而言，如果某种概念的开发与验证性试验已基本做完且完全可能出现唯一需要就是建示范堆的时候，这一点尤其正确。另一个极端情况是，除了工程工作外，R&D、可行性试验、验证性试验，以及原型和/或示范堆也都是需要的。(见第20页方框。)需要完成的任务很多，它们的相应费用定性地说随偏离现有设计的程度多少而变化。特别是费用会因必需把建反应堆作为整个开发计划的一部分而急剧上升。

水冷堆开发计划简介

在一些工业化国家中，开发工作主要集中在设计输出功率大大高于1000 MWe的大型轻水冷却反应堆(LWR)机组上。一般说来，它们的目的在于实现某种改进，使之优于现有设计。对特定设计的变动和修改一般尽可能地小。这样做是为了最大限度地利用已成功证实的设计特点和部件，同时考虑来自现今正在运行的水冷堆机组的许可证审批、施工、调试和运行的经验反馈。

总之，设计改进涉及的面相当宽。新设计的共同目标是提高可靠性、增加便于用户使用的特色性、改善经济性和增强安全性。

Juhn 先生是 IAEA 核动力与燃料循环处处长。Kupitz 先生是该处核动力技术发展科科长，Cleveland 先生是该处高级职员。该处前职员 Tor Pedersen 先生也给本文提供了部分素材。

先进轻水堆(ALWR)。有若干个国家正在开发大型的 ALWR 设计。先进的中型 ALWR 也正在开发,在多数情况下,开发的突出重点是使用非能动安全系统和固有安全设施。

美国。开发 ALWR 方面的重要计划是 80 年代中期由美国先开始实施的。1984 年,在美国能源部的配合和美国核动力堆设计单位的参与下,电力研究所(EPRI)开始了一项旨在拟定电力公司对 ALWR 的要求的计划,以便指导它们的设计和开发工作。几家外国的电力公司也曾参与这项工作,并给这一计划提供经费。最后编写出了电力公司对功率 1200 至 1300 MWe 的大型沸水堆(BWR)与压水堆(PWR)和功率约 600 MWe 的中型 BWR 与 PWR 的要求。

1986 年,在 EPRI 和反应堆设计单位的配合下,美国能源部开始实施一项以新的许可证审批过程为基础的针对渐进型机组的设计认证计划,随后于 1990 年又开始实施一项针对使用非能动安全系统的中型机组的设计认证计划。新的许可证审批过程允许核动力堆的设计者将它们的设计提交美国核管会(NRC)进行设计认证。一旦某项设计得到认证,就可以大量提供标准化的机组,电力公司也就能订到可以相信共同的设计与安全问题已得到解决的机组。这一许可证审批过程将允许电力公司申请建造和运行新核电机组的联合许可证,只要该机组是按预先核准的技术要求建造的,并假定没有出现新的安全问题,则电力公司就可以在施工完成后起该机组。

美国开发的四种先进反应堆设计,已按照美国能源部的 ALWR 计划提交 NRC 进行认证。两种大型的渐进型反应堆——ABB 燃烧工程公司的“系统 80+”和通用电气公司的 ABWR——分别于 1994 年收到了“最终设计核准书”和于 1997 年 5 月收到了“设计认证书”。西屋公司的 600 MWe AP-600 正由 NRC 审查,预计 1998

年 3 月能收到“最终设计核准书”。直到 1996 年年中,通用电气公司开发的 600 MWe 简化型 BWR 也在接受审查,但后来该公司停止了 600 MWe 型的工作,把重点移到了功率更大的机组上。根据《1992 年能源政策法》批准的同一类中的第一个工程计划(FOAKE,核实费用和施工进度计划所需的详细设计)于 1996 年 9 月完成了有关 ABWR 的工作,有关 AP-600 的类似工作正在进行,预定于 1998 年完成。中国台湾的电力公司最近为它的两台新机组选择了通用电气公司的 ABWR 设计,预定于 2004 年投入运行。

法国和德国。在欧洲,法马通公司和西门子公司已经建立了一个联合公司,即核动力国际公司,它正在开发一种新的先进反应堆,即功率为 1500 MWe、带有增强了的安全设施的欧洲压水堆(EPR)。基本设计将于 1997 年年中完成,该设计将由法国和德国的安全主管部门联合审查。这一程序将极大地推动这两个大国的安全要求的实际统一,将来这些要求的适用范围还有可能扩大。西门子公司还正在与德国的电力公司一起开发一种先进的 BWR 设计,代号为 SWR-1000,这一设计将使用许多非能动安全设施,用于触发安全功能、导出余热和导出安全壳内的热量。

瑞典和芬兰。在瑞典,ABB 原子公司在芬兰的芬兰工业电力公司(TVO)的参与下正在开发 BWR-90,作为正在这两个国家中运行的那些 BWR 的改进型。

大韩民国。在大韩民国,从 1992 年开始一直在开发一种先进堆的设计,称为“韩国下一代反应堆”(KNGR),功率为 4000 MWth, PWR 设计。韩国电力公司(KEPCO)在韩国核工业界的支持下,目前正在开发基本设计,目标是 2000 年前完成详细的标准设计。

俄罗斯联邦。在俄罗斯联邦,有关渐进型 V-392 的设计工作正在进行,这是 VVER-1000 的改进型;并在芬兰国家电力公司(IVO)的配合下,正在开发另一种设

计。正在开发的还有:VVER-640(V-407)中型反应堆,这是一种采用非能动安全系统的渐进型设计;VPBER-600,这是一种比较创新的一体化设计。VVER-640的第一台机组计划于1997年在索斯诺维博尔开始建造。与中国磋商建造两台1000 MWe VVER的工作正在进行中。

日本。日本通产省正在实施一项“LWR技术尖端”项目,重点在于开发未来的LWR,并把各种要求和设计目标考虑进去。日本的电力公司与核供应商一起正在开发1350 MWe的大型渐进型先进PWR,并计划在敦贺厂址建两台一样的机组。此外,1991年还开始了一项先进BWR的改进与发展的研究项目。它涉及开发一座1500 MWe的BWR参考堆,以反映在BWR的运行和维护方面已积累的经验。日本简化型BWR(JSBWR)和PWR(JSPWR)开发计划也在进行中,这些项目涉及许多供应商和电力公司。日本原子能研究所(JAERI)一直在研究突出非能动安全系统的先进水冷堆的概念设计,它们是“JAERI非能动安全反应堆”(JPSR)和“系统一体化的PWR”(SPWR)。

中国。中国的核动力研究院(成都)正在开发AC-600型先进压水堆,它将采用非能动安全系统导出热量。

在所有这些国家中,正在开发的这些先进LWR在设计上做了一些简化,增大了设计余量,并在技术与运行程序方面做了许多改进,包括燃料性能更好和燃耗更高,通过使用计算机和改进信息显示使人机界面更好,机组标准化程度更高,改进了可施工性与可维修性,运行人员资格条件与模拟器培训都更好。

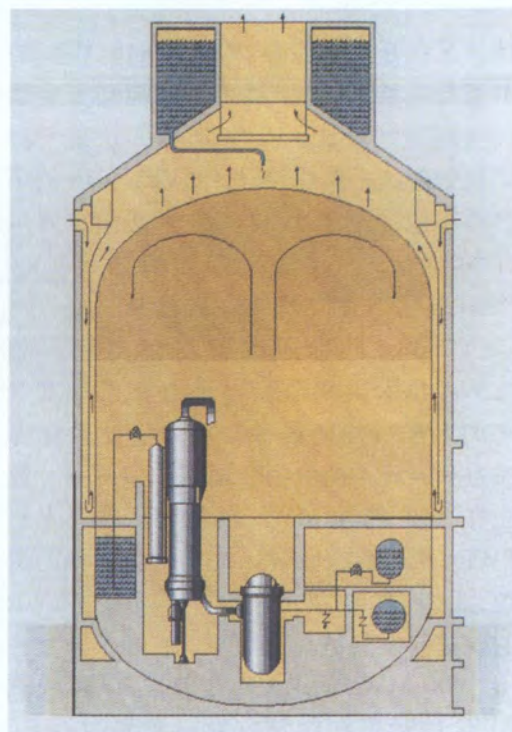
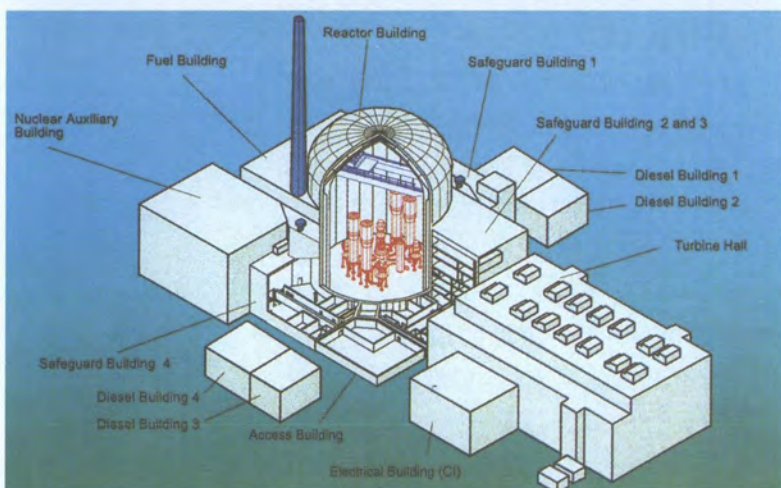
重水冷却反应堆(HWR)。除轻水冷却反应堆外,HWR技术也已经证明是经济、安全和可靠的。在现今正在运行的所有反应堆中,HWR约占7%。有几个国家已经建立了成熟的基础设施和监管基础,尤其是加拿大,它是开发HWR概念的先驱。已经开发出了两种类型的商用HWR,即压

力管式和压力容器式的HWR,两者都已非常成熟。HWR的输出功率范围从几百MWe到接近900 MWe。采用重水慢化能获得很好的中子经济性,使得能够用天然铀作燃料从而使燃料费用比LWR的低。但是,堆内的易裂变材料数量相当少,因此压力管型设计采用不停堆换料,以便获得反应堆运行所需的足够大的反应性。这种不停堆换料方式的有效性已经成功地得到证实;而且多数压力管式HWR的年度负荷因子和寿期负荷因子一直名列所有商用反应堆类型的前茅。安全实绩也已证明非常好。

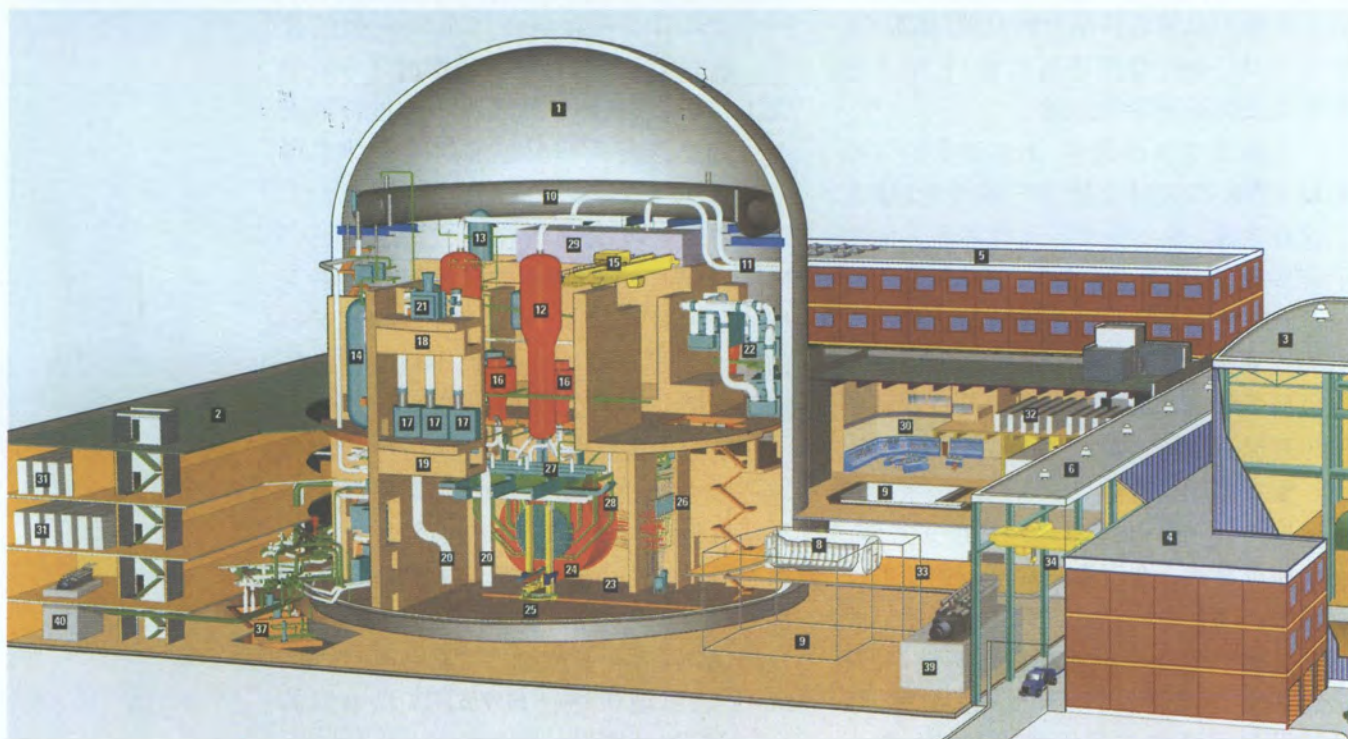
加拿大。加拿大在HWR方面持续不断进行的设计和开发工作,其主要目的是减少机组费用和逐步提高机组的实绩和安全性。两台新的715 MWe CANDU-6机组正在中国秦山建造,这种机组比这种型号的较早设计有了许多改进。有关935 MWe CANDU-9反应堆的最重要的基础工程正在继续进行,它是正在加拿大达林顿运行的那些反应堆机组的单机组改进型。加拿大核安全委员会历时两年的许可证审批工作已于1997年1月完成,认为CANDU-9符合该国许可证审批的要求。这些反应堆型号的改进型的进一步研究工作正在进行,目的是进一步进行渐进改进和把这类大型反应堆的输出功率增加到1300 MWe。

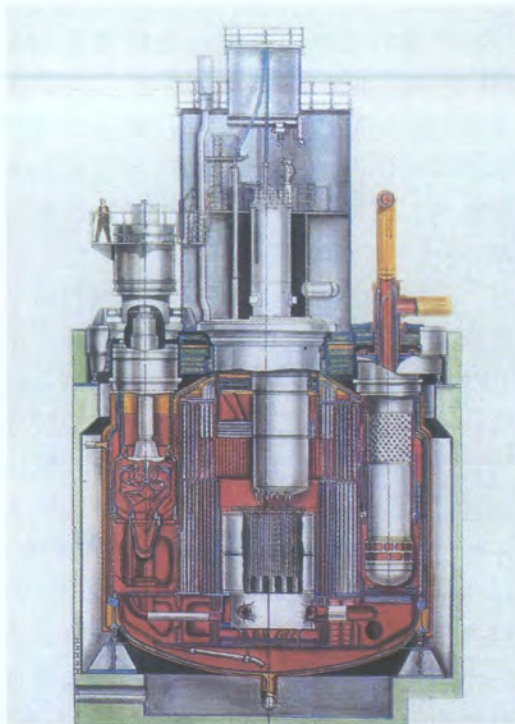
印度。印度也正在开发先进的500 MWe HWR,并在规划此种机组的建造工作。这种HWR设计利用了正在印度运行的由本国设计的220 MWe HWR机组的经验反馈。

最近的重要事件。1996年在水冷堆领域的重要事件包括有几个国家启动了一批新机组:日本的1130 MWe 玄海-4 PWR和柏崎·刈羽的头两座1315 MWe 先进沸水堆(ABWR);法国舒兹的第一座1455 MWe N4 PWR;罗马尼亚的650 MWe 切尔纳沃达-1 HWR;以及美国的1165 MWe 瓦茨巴-1 PWR。



本页：世界上正在开发的一些先进反应堆（自左上顺时针）：日本的先进沸水堆；美国的 AP-600；加拿大的 CANDU-9 重水堆；以及法国与德国联合开发的欧洲压水堆。下页：俄罗斯的 BN-600 快增殖堆示意图；日本的 HTR 示意图；中国 HTR-10 建设工地的照片。（来源：TEPCO；西屋；AECL；NPI；Minatom；JAERI；INET）





气冷堆开发计划简介

在开发高温气冷堆 (HTGR) 方面, 有一些重要的活动正在进行, 特别是在利用气冷堆实现高效发电和高效工艺热应用

方面。在部件设计和过程方面的技术进步——并与国际上制造、试验和采购这些部件的能力相联合——提供了实现 HTGR 商业化的极好机会。

联合王国、德国和美国。气冷堆已经运行了许多年。在联合王国, 核电多半是由 CO_2 冷却的镁诺克斯堆和先进气冷堆 (AGR) 生产的。其他国家也一直在开发用氦作冷却剂和用石墨作慢化剂的高温堆 (HTGR)。13 MWe 的 AVR 反应堆已经在德国成功地运行了 21 年, 证明可将 HTGR 技术应用于发电。其他的氦冷石墨慢化反应堆包括德国的 300 MWe 钍高温堆和美国的 40 MWe 桃花谷机组与 330 MWe 圣符伦堡机组。

南非。在南非, 拥有装机容量约 38 000 MWe 的国家大型电力公司 Eskom, 正在对氦冷球床模块堆进行技术和经济评价。它将直接与气体涡轮机能量转换系统相连接, 以便增加该公司电力系统的装机容量。

中国和日本。在中国和日本, 正在建造试验堆, 这些堆将有能力使堆芯出口温度达到 950°C , 可供估计核工艺热应用之



用。中国在核能技术研究院(INET)建造高温气冷堆(HTR-10)的工作在继续进行,预计1999年初次达到临界。这座10 MWth的球床反应堆将用于试验和验证HTGR的技术和安全特性。INET开发HTGR的工作正在进行,目的是评价各种各样的应用,包括发电、生产蒸汽和地区集中供热、联合蒸汽和气体涡轮机循环运行,以及生产供甲烷重整用的工艺热。HTR-10是中国将要发放许可证和建造的第一座HTGR。

日本HTGR研究开发计划的重点,是完成位于日本原子能研究所(JAERI)大洗场址的高温工程试验堆(HTTR)的建造工作。这座30 MWth氮冷堆将用于建立和提高开发先进HTGR用的技术,并用于证实选定的高温热力利用系统的有效性。HTTR预定于1997年开始装料,预计该年年底初次达到临界。HTTR开始阶段的物理试验计划将持续到1998年。

液态金属冷却反应堆开发计划简介

液态金属冷却快中子反应堆(LMFR)的开发工作已经在几个国家进行了许多年。已经建造和运行了20座LMFR——包括5座输出电功率在250至1200 MWe之间的原型堆——累积了约280堆年的运行经验。

在多数情况下,总的运行情况一直是非常令人满意的。法国的第一座大型“超凤凰”快中子示范堆(1200 MWe)的重新启动和稳定运行,是LMFR技术史上一个了不起的成就。俄罗斯的BN-600快中子示范堆(输出功率600 MWe)已经成功地运行了16年,平均负荷因子达到77%。最近一个时期,法国、俄罗斯联邦、日本、美国和印度为降低先进LMFR的基本投资已经做了大量的工作。LMFR的最新设计,如欧洲快中子堆(EFR)项目,已接近达到经济上可与其它反应堆类型相竞争的水平。

目前在几个国家中正在推进与LMFR有关的重要技术发展计划,尤其是在法国(有少量工作是与德国、联合王国等欧洲国家合作进行的)、日本、印度和俄罗斯联邦。其他一些国家也在开展这类活动,但水平较低。

近期和中期内,LMFR的灵活性除了能满足未来的其它目标外,还可以被用于处理铀和放射性废物。根据其堆芯的几何形状和组成的不同,某一功率和堆芯尺寸的快中子反应堆,能够增加、保持或减少超铀元素的存量。利用这种灵活性,快中子堆的装料可有各种各样的配置或组合,以便使超铀转换比(CR)小于或大于1。若转换比大于1,则这种反应堆系统将变成一个增殖堆并产生易裂变材料,以满足日益增长的对核燃料(或者对核电)的需求。若转换比小于1,则这种快中子堆将变成一个燃烧堆,可减少易裂变材料(以及锕系元素)的库存量。

中国。在中国,有关LMFR的基础研究工作始于1964年。自那以后直到1987年,主要工作一直是中子物理、热工水力和钠工艺技术。1991—1992年期间,完成了15 MWe的中国实验快中子堆(CEFR)的概念设计。1992—1993年期间,这一概念设计得到了确认,并进行了优化研究。1993年以后,主要工作已转至为详细设计做准备。

法国。在法国,商业引入LMFR的时间一直在往后拖。与此同时,正在开发这些反应堆的另一个重要用途——使长寿命核废物嬗变和烧铀。目前这个关于运行1200 MWe超凤凰电站(SPX)和350 MWth凤凰反应堆的计划就是这些要求的反映。将凤凰反应堆寿命再延长十年的目的之一是要进行必要的辐照实验。

印度。印度的快增殖试验堆(FBTR)正在运行。燃料研制、材料辐照和钠技术是主要的技术工作。FBR的引入与其经济可接受性直接相关。现已为500 MWe原型快中子增殖堆(PFBR)选定了基本设计

特性。1997—1998年的重点将放在详细设计、工程开发、钠技术和材料技术上。缩短建造工期是一个重要目标。

日本。在日本,装机容量为280 MWe的“文殊”原型LMFR于1994年首次达到临界,并于1995年8月并网发电。1995年12月由于无放射性的二次冷却系统发生泄漏,反应堆运行中断。660 MWe示范快增殖堆(DFBR)的设计正在进行,预计下个世纪初开始建造。除了这项主要的开发工作外,还在研究与开发能满足未来社会各种需求的技术有关的工作。这些需求包括减少环境影响和确保核不扩散,以及扩大技术选择的必要性。

大韩民国。大韩民国已计划于2001年前开发其第一座快增殖堆,即330 MWe Kalimer增殖堆的概念设计。建造计划正在安排,目标是2011年期间实现临界。

俄罗斯联邦。俄罗斯的实验和原型快中子反应堆(BR-10、BOR-60和BN-600)的运行情况一直非常好。目前的工作正转向提高安全性和可靠性,并使LMFR在经济上可与其他能源选择竞争。尽管这一工作需要一些时间,但已预见到近期内将利用LMBR烧钚和少量锕系元素。

美国。美国政府于1993年声明,联邦政府为反应堆开发提供的基金只供近期具有商业应用前景的项目专用。结果是,先进的LMFR和一体化快中子反应堆(IFR)计划被中断。但是,通用电气公司在外国合作伙伴的配合下,继续在实施基于先进的LMFR和IFR技术的重要设计和开发计划。

IAEA在支持核动力技术开发工作方面的活动

作为一个交流科技信息的国际论坛,IAEA所起的作用是,使各方面的专家聚集在一起,在世界范围内交流各国计划情况、安全和用户要求方面的趋势、安全目标对反应堆设计的影响,以及先进堆技术研究计划的协调等。

核动力技术开发领域的活动,是以各种国际工作组(IWG)的建议为基础的。这些工作组由每个反应堆大类的国家计划和国际组织的一流水平的代表组成。

为支持发挥其信息交流作用,IAEA最近编写了两份技术文件——《先进轻水堆设计的现状》和《快中子反应堆数据库》。1997年将涉及的专题包括:反应堆系统部件的改进措施和提高现有和未来反应堆的可利用率和可靠性的技术。

加强沟通。渐进型设计、非能动设计和创新型设计之类的术语,已经广泛地用于描述先进核反应堆,一般没有定义,所以有时在使用上互相矛盾。鉴于向公众宣传的重要性,技术界也普遍认为,最好有协调一致的和国际上取得共识的用于描述各类先进设计的术语。

1991年,根据反应堆设计单位、研究机构和政府组织的意见,IAEA印发了一份文件,题为《先进核电机组安全有关术语》,目前已被广泛使用。前不久,IAEA用同样的方法收集了有关各方的意见,出版了《描述新型先进核电机组用术语》。这份文件的具体目的是通过描绘各个设计阶段之间的区别澄清一些术语的含义,因为设计阶段不同,设计的成熟程度就不同。例如,要说清楚它们究竟是带有某些未经试验特点的开发型设计,还是保留了现有机组的许多成熟特点的渐进型设计。

合作性研究。IWG建议IAEA在共同感兴趣的领域建立国际合作研究计划。这些合作性工作是通过协调研究计划(CRP)进行的。CRP的持续时间一般为三至六年,常常涉及实验性活动。此类CRP允许在国际上共同承担工作,共享参与研究单位的研究人员的经验与专门知识。

例如,IAEA曾协调过一个数据库的材料收集和系统化工作,该数据库已经出版,内容涉及一系列轻水堆和重水堆材料在各种温度范围内的热物理特性。对液态金属冷却反应堆而言,关于材料性能的合作性活动的成果也已于最近出版。在其

先进设计

目前正在开发各种类型的新的核动力堆,人们把它们统称为先进反应堆。总的说来,先进堆的设计是目前人们很关心的一类设计,预计会有优于其先驱和/或现有设计的改进。先进设计包括渐进型设计和需要做大量开发工作的创新型设计。后者的范围较宽,从现有设计的适度改进直到使用全新的设计概念。它们与渐进型设计的区别在于需要建造原型堆或示范堆,或者说已经做过的工作还不足以得出是否需要建造此种堆的结论。

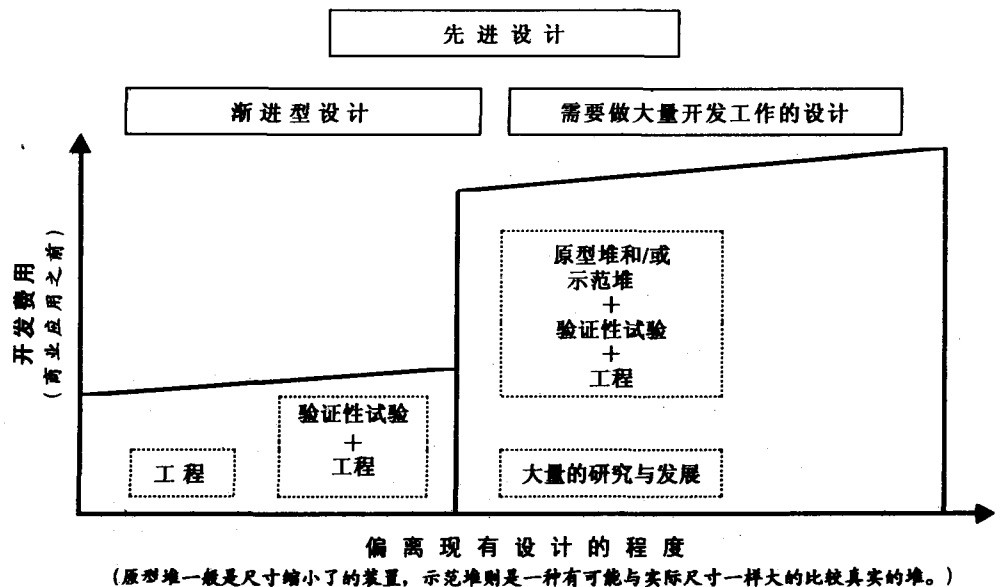
渐进型设计

渐进型设计是这样一种先进设计,它通过小至适度的修改实现优于现有设计的改进,突出的重点是保留成熟的设计特点,以便尽量减小技术风险。开发渐进型设计至多需要工程试验和验证性试验。

创新型设计

创新型设计是这样一种先进设计,与现有实践相比,在设计思路或系统配置方面有根本性的概念变化。大量的研究与开发、可行性试验和原型堆或示范堆可能都是需要的。

先进设计的工作量和开发费用与偏离现有设计的关系



他的合作性计划中, IAEA 正在建立许多组涉及水冷堆和液态金属冷却反应堆的热工水力学关系式, 可用于分析反应堆的实绩和安全性。在气冷堆领域, 主要注意力一直放在四个特定的技术领域, 这几个领域预计能给先进 HTGR 提供高度的安全性, 但必须进行验证。这些技术领域是: 堆芯的中子物理安全特性; 依靠陶瓷包覆的颗粒燃料保留即使在极端事故条件下的裂变产物; 靠自然热传输机制排除衰变热的能力, 以及燃料和堆芯在受到化学侵蚀(空气或水的侵入)时的安全特

性。HTGR 应用方面的活动集中在日本的 HTTR 热利用系统的设计和评价上。

所有这些活动只是开发先进核动力反应堆类型方面的全球合作活动的一部分。随着许多国家把计划向前推进和新机组的引入, 预计机组的经济性、可靠性和安全性能得到进一步的加强。IAEA 通过其先进堆方面的国际工作组, 将不断鼓励国际交换关于非商业技术和合作性研究的信息。它还将帮助一些国家协调用户要求和保存先进核动力系统的关键技术数据。

核动力应用：为家庭和工业供热

越来越多的国家对利用较小型核反应堆帮助满足工业
和城市供热需求感兴趣

1956年10月，联合王国科尔德霍尔电站的第一座核反应堆投入商业运行，向电网提供电力，并向附近的燃料后处理厂供热。40多年后，4台50 MWe的科尔德霍尔机组仍在运行。在瑞典，Agesta反应堆从1963年开始，曾向斯德哥尔摩市郊一个地区提供地区供热用水长达10年。

这两个例子展示了核能的为许多人所不熟悉的一面——即为工业过程和城市需求供热的能力。这类应用开始得很早，实际上在核动力堆开始用于发电时就开始了。

自核动力开发的这些早期岁月以来，反应堆产生的热的直接利用一直在扩大。保加利亚、加拿大、中国、捷克共和国、德国、匈牙利、印度、日本、哈萨克斯坦、俄罗斯、斯洛伐克、瑞典、瑞士和乌克兰等国家发现，除发电外，将核热用于地区供热或工业过程，或用于二者是很便利的。尽管目前全世界反应堆产生的热量用于地区和工业用热还不足1%，但有迹象表明人们对这些应用的兴趣越来越大。

直接利用核热不是新鲜事。毕竟，核裂变过程的结果是在反应堆内产生热。热被通过堆芯循环的冷却剂带出，然后可用于发电或提供工业或场地供热所需的热或蒸汽。但是，电和热在性质和应用方面，以及这两种形式的能量的市场之间有很大差别。这些差别以及核反应堆的一些固有特性，是核动力主要打入电力市场和相对次要地用作直接热源的原因。

能源市场

目前世界总能源消费量的约33%用于发电。这一比例在稳步增长，预计到2015年将上升至40%。其余部分中，用于居住与工业目的和运输方面的热占大部分，其中居住和工业两方面所占比例稍大。实际上整个热能市场是通过烧煤、石油、天然气或木柴来供应的。

能源消费总量正稳步增长，预计这一趋势将深入持续到下个世纪。虽然节能和提高效率的措施已使能源消费增长速率有所降低，但这两种措施的作用还未大到足以将能源消费量保持在现有水平上。

预计在今后二十年内核发电量将适度增长。在运输方面，实际上除了间接地

Bela J. Csik
和 Juergen
Kupitz

Csik 先生是 IAEA 核动力技术发展科高级职员，Kupitz 是该科科长。

更多利用电力外,还预见不到核能的利用。

热能市场是一个公开竞争的市场。尽管核能已用于满足一部分热能需求,但它还未占很大份额。核能在这个市场能够占到多大份额和何时占到这一份额,将主要取决于如何使核反应堆的特性与热能市场的特点相匹配,以成功地与其它能源相竞争。

热能市场的特点

热传输是困难而昂贵的。它需要管道、保温和泵送措施以及相应的投资,传输中会发生热损失,传输设施需要维护,泵送需要能量,这些使超过几公里或最多几十公里距离的热传输难以实现。此外还有很强的规模效应。当要传输的热量减小时,传输热的比费用会大大增加。与热能相比,电力从发电处输送至最终用户是容易且便宜的,即使是几百公里的远距离也是如此。

住宅部门和工业部门仍然是整个热能市场的两个主要部分。在住宅部门中,除炊事用热必须在使用地直接产生外,场地用热的需求可以且常常是通过合理距离内的集中供热系统来满足的。该系统通过一地区传热与配热网,为诸多用户服务。

地区供热。大城市中的地区供热网的装机容量通常在 600 到 1200 兆瓦热 (MWth) 之间,而城镇或小社区的装机容量则下降到大约 10 到 50 MWth。3000 到 4000 MWth 的容量是罕见的。显然,地区供热的潜在市场只局限于冬季较长且寒冷的气候带。例如在西欧,芬兰、瑞典和丹麦是广泛利用地区供热的国家,在奥地利、比利时、德国、法国、意大利、瑞士、挪威和荷兰也利用这一方法,只不过使用程度差些。地区供热系统的年负荷因子取决于需要场地供热的寒冷季节的长短,它最

高可以达到约 50%,这仍然低于机组基荷运行所需的范围。另外,为了确保地区供热网为居民可靠供热,必须提供足够的备用产热容量,这意味着需要相当于几分之一峰值负荷的冗余度和产热容量。地区供热系统所要求的温度范围约为 100 到 150℃。

总的说来,预计地区供热市场将大大扩大。这不仅因为在人口稠密区它在经济上可以同个别供热方案相竞争,而且因为它为减少城区空气污染提供了可能性。虽然燃料燃烧产生的排放物在较大型集中供热设施中可被控制和减到很少,但在燃烧天然气、石油、煤或木柴的个别小型供热设施中做不到这一点。

工业过程。在工业部门内,工业用热的应用范围极广,其所需的热不同,温度范围很大。虽然能源密集型工业中能量输入占最终产品成本相当大的部分,但在许多其它工艺过程中只占很小百分比。然而,能源供应起着极其重要的作用。没有能源,生产就得停止。这意味着,实际上所有工业用户的一个共同特点是,需要确保有高度可靠性和可利用性的能源供应,尤其是对大型工业设施和能源密集型工艺过程,其可靠性和可利用性要接近 100%。

就所要求的热源功率范围而言,大多数工业化国家的情况类似。总的说来,约半数用户要求热源功率小于 10 MWth,另外 40% 用户要求在 10 MWth 到 50 MWth 之间。随着功率要求变高,用户数量稳步减少。约 99% 用户要求在 1 MWth 到 300 MWth 的范围。这些用户占所消耗总热能的 80%。少数经营能源密集型工业生产的大用户占据工业用热市场的剩余部分,其功率要求高达 1000 MWth,个别的功率要求甚至更高。这表明工业用热市场高度参差不齐。

大规模采用由集中热源——为集中在所谓的工业发展区中的一些用户服务的热源——供给的配热系统的可能性目前似乎相当小,但它可能是长期发展的趋

势。与地区供热相反,工业用户的负荷因子不取决于气候条件。大型工业用户的需求通常具有基本负荷的特征。

温度要求取决于工业类型,涉及范围很广,最高可达 1500℃ 左右。超过 1000℃ 的用户主要是铁/钢工业。高达 200—300℃ 之间的低温用户有海水淡化、浆粕与造纸或纺织工业等。化工、炼油、油页岩及砂处理和煤气化等工业则要求温度在 500—600℃ 的水平。有色金属、烟煤与褐煤的精制和水裂解产氢等工艺过程要求 600—1000℃ 的温度。

所有用热工业用户同时也用电。所用电热的比例因工艺过程类型的不同而不同,在这些工艺过程中可能不是热就是电起主要作用。所需电力可以由电网提供或者由专用发电厂提供。热电联供是有吸引力的选择。它能提高总的能源效率和提供相应的经济利益。热电联供厂当成为大型工业联合企业的一部分时,便可随时并入电网系统,并向系统提供生产的剩余电力。在其他场合,它们将起确保电力供应的后援作用。这种安排通常是令人满意的。

核热源特性

从技术角度讲,核反应堆基本上是产热装置。在将核热用于地区供热和工业过程方面已有丰富的经验,因此可以认为在技术方面已相当成熟。将核反应堆用作地区供热和工业用热的热源已无技术障碍。原则上任何类型和规模的核反应堆都可用于这些目的。

地区供热网或工业过程获得的产品的潜在放射性污染可以通过采取适当的措施得以避免,如采用具有起有效屏蔽作用的压力梯度的中间热交换器环路。从未报道过用于这些目的任何反应堆发生过涉及放射性污染的事故。

关于温度范围,高达约 300℃,可在轻

水堆和重水堆获得,高达 540℃,可在液态金属冷却快堆获取,高达 650℃,可在改进型气冷堆获得,高达 1000℃,可在高温气冷堆获得。

就地区供热或工业用热的应用而言,有两种基本选择,即热电联供反应堆和只供热反应堆。热电联供反应堆已广泛应用,而只供反应堆方面的经验却不多。从原理上说,可从热电联供反应堆中获得设计限值内的任何量的热能。当不需要供热时,反应堆产生的热能就用于发电,就是说这种堆的灵活性很高。而只供热反应堆只有一个任务,因为其设计中未考虑发电。

核反应堆的可利用性通常与燃化石燃料的发电厂相似。经验表明,可利用因子可达到 70% 至 80%,甚至 90%。通过良好的预防性和预测性检修,可以将非计划停堆的频度和持续时间维持在相当低的水平。不过,反应堆的可利用性和可靠性不可能达到许多大型热能用户所要求的近 100% 的水平。因此,燃化石燃料热源要有冗余度。有多台机组的热电联供厂、模件设计或备用热源是合适的解决办法。

核反应堆是资本密集型设施。固定成本部分,在能源最后成本中起主要作用。因此需要以可达到的高的负荷因子作基本负荷运行,以便与其它能源竞争。只有当要供应的热能市场的需求有基本负荷特征,或热电联合市场使热电联供厂能作全面基本负荷运行时,才能实现这一点。

虽然核反应堆能够成为技术上成熟的、安全的、可靠的和环境上清洁的能源来源,但为了商业利用,它们还必须是能在经济上同其它能源来源竞争的。与化石燃料能源相比,核反应堆的特点是投资较高,燃料费用较低。核动力要是没有满足经济竞争性这一条件,也就不会打入电力市场。尽管化石燃料价格水平普遍较低,核动力依然在世界大部分地区保持着竞争地位。如果化石燃料价格如预期的那样上涨,核动力在发电和供热两方面的经济

竞争性将增加。

由于规模效应,通常较大型核电机组的,其经济性较好。这已导致具有大型互连电网系统的工业化国家开发和主要利用大型反应堆。不过,中小型动力堆(SMR)已经并将继续有市场。现有设计的SMR不是大的商用反应堆的缩小型,其设计的意图是要在经济上具有竞争力。

核电厂选址已成为一个主要问题,即使在那些通过启动新项目继续实施核计划的国家里也是如此。最近,在已有核电厂厂址上增建机组成为普遍的做法,而开辟新的核电厂厂址则很少见。经济因素促使核电厂选址应尽可能靠近负荷中心,即使发电厂也是如此。对于热电联供或只供热反应堆,这是必须满足的条件。但是“别在我家后院”(NIMBY)并发症是影响选址的重要因素。它促使人们倾向于将厂址选在较远而又容易到达的地方,以避免潜在的冲突与反对。厂址远离人口密集地,还有助于满足越来越严格的监管要求。先进反应堆设计,尤其是在具有改进了的安全设施的SMR范围内的设计,选址靠近负荷中心也许可为公众接受。它们也可能更容易满足监管要求,而且可将热传输费用保持在合理水平。

在核动力领域与在许多工业企业中不同,长远观点占支配地位。对任何反应堆来说,规划、设计、项目准备工作及许可证审批要花费若干年时间才能完成。反应堆的设计和建造可使其持续运行40年或更长的时间,并可实现预期的经济效益,它们必须在其经济寿期内以高负荷因子运行。还有一些基础设施方面的要求,如果还没有这些设施,则需要时间和大量的开发工作。这些工作只有在长期核计划前景下才是正当的。

核热应用的前景

从核动力发展伊始,就存在将核热源用于地区供热和工业过程的技术可行性。

但是,核热源尚未能真正打入商业热能市场。核热应用的前景主要取决于,核反应堆所能提供的东西可以在哪些场合和以何种方式满足热能市场的需求特性。

地区供热市场。对于地区供热市场,热电并供核动力厂是供应方案之一。在大中型核反应堆情况下,由于热能市场的功率需求有限及负荷因子较低,电力将是主要产品,而地区供热只占生产的全部能量的很小部分。这些反应堆及其选址,应是针对有关电力市场条件加以优化的,而地区供热实际上只是一种副产品。这类动力厂如果建得十分靠近气候寒冷地区的人口中心,便也能满足地区供热需求。俄罗斯、乌克兰、捷克共和国、斯洛伐克、匈牙利、保加利亚和瑞士已这样做,所用的单堆功率不超过100 MWth。预计将来在基本条件类似的地区也可能使用同样的方法。

对于功率范围分别高达300 MWe和150 MWe的小型热电联供反应堆来说,用于地区供热的热能比例将会大一些。但是,假定这些反应堆由于经济原因而以基本负荷运行,预计电力仍然是主要产品。这些反应堆的应用范围与大中型反应堆情况将是相似的。另外,它们还可能有一些特殊用途,如为世界上偏远和寒冷地区的集中负荷提供能量。

只供热反应堆是地区供热的另一种方案。这种应用的规模很小(几MWth),只是作为实验或示范项目。俄罗斯曾在1983年到1985年开始建造2台500 MWth机组,但后来中断。中国正在开发几种设计,并计划不久开始建造1台200 MWth机组。显然,用于地区供热的只供热堆的潜在应用只限于很小规模的反应堆。这些反应堆是专为厂址选在人口集中地区或其附近,使热量传输费用最小而设计的。即使这样,由于要求的负荷因子较小,很难达到经济竞争性,除非在一些化石燃料成本非常高且冬季寒冷而漫长的偏远地区。

总之,核能地区供热的前景是确实存

在的,但限于与地区供热市场和核反应堆有关的特殊条件得到满足的应用。热电联供反应堆,特别是中小型这类堆的前景,主要由于经济的原因看来要比只供热堆好。

工业用热。工业用热市场的特性与地区供热大不相同,尽管有一些共同点,尤其是都需要最短的热传输距离。不过,工业用热用户不一定要位于构成地区供热市场的人口集中的地区内。许多工业用热用户,特别是大用户,可能并通常位于城区以外,常常离城区较远。这不但使核反应堆与工业用热用户联合选址成为可能,而且是人们所希望的——可大大降低甚至省去热传输费用。

对于大型反应堆,常用的方法是建造多机组核电站。当采用热电联供模式时,电力总是其主要产品。因此,这些机组必须并入电网系统,并在电力生产方面最优化。对于 SMR 规模的反应堆,尤其是小型或极小型反应堆,其工业用热产量份额将较大,热甚至可成为主要产品。这将影响机组最优化准则,且可为潜在工业用热用户提供更具吸引力的条件。因此 SMR 作为供应电力和工业用热的热电联供厂的前景,要比大型堆好得多。

若干运行中的热电联供核动力厂,已向工业用户提供工业用热。已实施的最大型项目在加拿大(布鲁斯,重水生产和其它工业/农业用户)和哈萨克斯坦(阿克套,海水淡化)。其它目前只发电的动力堆,也可转换成热电联供堆。如果核动力厂附近有一个对接受此产品感兴趣的大型工业用热用户,那么向热电联供厂的相应转换在技术上将是可行的。不过这将涉及一些追加费用,必须通过成本/效益分析加以论证。虽然可以执行若干这种转换

项目,但总的来说这种方案的前景相当狭窄。

在现有的和感兴趣的工业用户附近建造一座新的核热电联供厂,有更好的前景。甚至更好的做法是搞联合项目,在这个项目下,核热电联供厂和需要工业用热的工业设施作为一个一体化设施来规划、设计、建造,并最终运行。

一般的和先进的轻水堆和重水堆提供低温度范围的热能。这个范围与一些工业工艺过程的要求相适应。在这些工程过程中,海水淡化目前被视为最具吸引力的应用。其它堆型,如液态金属冷却快堆和高温气冷堆也能提供低温工业用热,不过它们还能提供较高温度范围的热能。这就扩大了它们的潜在应用范围。这些堆仍需经过大量开发工作,才能达到商业成熟性。如果这些堆型能象预期的那样达到商业竞争性,从中长期观点看,它们的前途似乎是有希望的,尤其是在高温工业的应用方面。

只供热反应堆还没有以工业/商业规模用于工业用热的供应。已开发了若干设计方案,并已建造了一些示范堆。虽然许多已经进行的研究表明,经济竞争性似乎是可以达到的目标,但这还有待实践证明。这类只供热反应堆的可能市场,将限于功率很小的反应堆,即低于约 500 MWth 的反应堆。

核能用于地区供热和工业供热的前景与 SMR 应用的前景密切相关。最近的一份 SMR 市场评估报告认为,到 2015 年约有 30 个国家计划建造 70—80 台新机组。它还认为,这些机组的约三分之一预计将专用于核海水淡化。其余的大部分,除提供电能外,还将提供很多热能,预计只有少数几台机组是只供热反应堆。 □

核能应用:淡化海水

通过 IAEA 支持的研究,已为示范核淡化系统的实际应用
确定了方案

Toshio Konishi

在世界的许多地方,水资源缺乏,不能满足生活在那里的人们的需求。在许多情况下,淡水供应的天然来源受到污染和日趋咸化的威胁。同时,对清洁的、可饮用水的需求日益增长,尤其是在人口快速增长的地区。

解决这些紧迫的水问题的部分办法也许来自海洋的丰富资源。淡化是提供可饮用水可采用的最有前途的方法之一,而核电厂可能是实现这一情景的一个重要组成部分。在过去的几十年里,世界总的淡化容量一直稳步增长,这种趋势预计要持续到下个世纪,越来越多的国家对利用核能淡化海水感兴趣。

利用核能发电的理由同样适用于潜在的利用核能淡化海水。这些理由有,例如,在缺乏廉价的水电或化石燃料资源的地区核能的经济竞争性,能源供应的多样性,化石燃料资源的保护,技术开发的促进和通过避免排放大气污染物和温室气体的环境保护。

早在 60 年代和 70 年代,IAEA 就调查过利用核能淡化海水的可行性,但当时人们的兴趣主要是利用核能发电、地区供热和工业加工供热。但自 1989 年以来,IAEA 成员国对核淡化重新表示出兴趣,

并就这个问题正式通过了若干决议。^{*}在这种支持下,越来越多的 IAEA 成员国和国际组织参加了有关会议,并提供了相关的专门知识和支持。涉及 20 多个成员国的这种援助和支持包括提供专家服务和基金。此外,IAEA 进行了若干旨在分析核反应堆用于海水淡化的技术和经济潜力的研究工作。

一项称作“核淡化作为北非低成本可饮用水的一种来源的潜力”的研究报告已于 1996 年完成,并以 IAEA 技术文件形式(IAEA TECDOC-917)发表。这项研究分析了五个国家(阿尔及利亚、埃及、阿拉伯利比亚民众国、摩洛哥和突尼斯)对电力和可饮用水的需求及可获得的能源和水资源。研究范围涉及有代表性场址的选择、适合于每个场址的能源来源和淡化工艺的各种组合的分析、经济因素、财政问题、地方参与、基础设施要求以及制度和环境问题。另一份 IAEA 出版物(TECDOC-666)中描述的其他一般性研究调查了不同类型应用的成本。这些分析表明核能海水淡化在技术上和经济上都是可行的。

* 这里所说的核淡化系指在一个一体化综合设施中用海水生产可饮用水。在这个综合设施中,核反应堆和淡化系统同处一个场址,相关设备和服务是共享的,淡化过程所用的能源由核反应堆提供。

Konishi 先生是 IAEA 核动力和燃料循环处核技术开发科职员。



将海水的盐分提取出来需要能源

对全球经验的分析

IAEA 最近的一些活动一直集中在帮助一些国家评估利用核电厂淡化海水的经济可行性。开发了能够进行因场址而异的经济评价的若干方法。有一个计算机程序可供各国在此类分析中使用,并且一些专家已受到该程序应用方面的培训。目前正在设想的是为分配两用电厂的费用和确定它们的最佳匹配开发一个更详尽的计算机程序。

1995 年,IAEA 召集了一个专家咨询组以评价在匹配核电厂和热应用系统如地区供热网和淡化工艺方面的全球经验。目前,有 12 个国家的核热电联供和单一供热反应堆的大约 500 堆年的运营经验可以借鉴。

在日本和哈萨克斯坦的某些地方,核能已用于海水淡化。日本的淡化厂大多是为厂区供水,而哈萨克斯坦的阿克套淡化综合设施则向附近的一个居民区供水。

在许多工业化国家热衷于发展民用大型核电站的时候,一些成员国对小型堆

(SMR)越来越感兴趣。这些小型堆更适合较小的和较薄弱的电网,且与预计的电力需求增长率更加匹配。许多可饮用水短缺的国家有适合 SMR 的电网。用 SMR 发电和淡化海水可能是一个合适的选择。IAEA 在一份技术文件(TEC-DOC-881)中发表的一项 SMR 调查结果表明,许多不同类型的 SMR 电厂已设计成功。供应商已提供这些反应堆作为与淡化工艺匹配的可能选择。

确定方案

按照 IAEA 大会决议,机构进一步致力于与确定核淡化和示范该技术的方案

* 就一个“切实可行的”方案而言,人们认为它应满足下列条件:在执行过程中没有任何技术障碍,并且有一个合适的场址;按照某种预定的进度执行起来在技术上是可行的;投资成本能估算并在一个可接受的范围内。核技术和淡化技术有未来商业应用的前景。

有关的活动,并确立一项示范计划,旨在通过设计、建造、运行和维护适当的设施建立起信心,即核淡化在技术上和经济上是可行的,同时又满足已建立的安全性和可靠性标准。为此目的,发起了一个有感兴趣的成员国的代表参与的为期两年的“方案确定计划(OIP)”。

OIP 的目的在于,就淡化技术和反应堆类型而言,从广泛的可能方案中选出几个最切实可行的示范用候选方案。示范方案基于的反应堆技术和淡化技术在示范时就可直接利用,不需要进一步开发。

在确定切实可行的示范用方案过程中,对已有的反应堆名单进行审评,并确定几个最合适的反应堆。基于设计和许可证审批状况的一套筛选标准被用作筛选工具。利用这些筛选标准,确定了目前可利用的或在今后大约 10 年内可利用的反应堆技术。然后考虑了其他的筛选因素,排除了一些方案。这些方案包括:尚未提供商业使用的各种反应堆设计;近期内不大可能成为商业上可利用的液态金属冷却反应堆和高温气冷堆;不大可能适合许多水短缺国家的电网的大型堆;目前在经济上似乎缺少竞争性的小型堆(但它们在那些对水需求低,且可饮用水生产的替代系统也很昂贵的场址却是可行的);以及为防止放射性向热接收系统释放而可能需要安装额外系统的沸水堆。

还考虑了适合与核反应堆匹配的淡化技术。采用反渗透(RO)工艺和多效应蒸馏(MED)工艺的淡化,由于其能耗和投资成本相对较低而可靠性高,似乎是最有前景的。起初,还考虑将多级闪蒸(MSF)作为一种候选方案。但 MED 工艺较 MSF 工艺能耗更低,对腐蚀和结垢敏感性更小,而且其部分负荷的可运行性更灵活。因此,由于较 MED 没有任何固有的优点,MSF 作为一种候选方案就被排除了。

示范用淡化工艺不需要在大规模商业生产的水平上实施。两三组串机或两三台单机就可以提供能完全代表较大规模

生产设施的设计和运行实绩特点,因为较大的淡化厂只不过是多组串机或多台单机并联运行而已。

把反应堆和淡化工艺组合起来构成一个一体化设施时,在选择过程中必须考虑它们的兼容性。在确定切实的示范用方案过程中也应针对它们的重要性考虑进度、基础设施和投资要求。

经过这样的筛选以后,为核淡化示范确定了三个可推荐的、切实可行的候选方案。这些方案采用成熟的水冷堆和淡化技术。

方案 1:RO 淡化与在建的或与处于先进设计阶段的预计近期内建造的核动力堆结合。该反应堆的最佳容量应在中等规模范围内。两三组 RO 串机,每组串机每天处理 10000 立方米海水就可以提供合适的示范。一座新建的反应堆就能为 RO 和反应堆系统的完全一体化(包括给水预加热和系统设计的最佳化)提供最佳机会。用这样的示范设施来推断较大规模的商业生产设施就容易了。

方案 2:上述 RO 淡化与目前在运行的反应堆结合。可能需要对现有的核系统的外围设备作一些小的设计修改。这么做的优点包括:实施周期短、反应堆规模的选择范围宽和核基础设施可利用性高。中型规模反应堆是最佳的,因为它提供的系统接近于最有可能在商业生产设施中采用的系统。

方案 3:MED 淡化与小型反应堆结合。这个方案适合于示范每天高达 80 000 立方米能力的核淡化。

可以断定,如果有投资商感兴趣,这些示范方案是可以实施的。RO 方案需要投资约 2500 万到 5000 万美元,MED 方案则需要 2 亿到 3 亿美元,后者包括反应堆成本。

在 OIP 期间,确定和表征示范候选方案的过程要求考虑许多核淡化的示范以及商业开发所必须处理的问题。示范计划旨在增强信心和确认被认为在核淡化设

国际原子能机构 技术合作

实 况



1997年6月 第3卷,第2期

目 录

新工具	1
废源安全技术	1
反应堆安全	2
地区性行动	3
改善核燃料	3
核电的贡献	5
简讯	7
警惕地震	8

新工具和能源选择

足够的能负担得起的能源供应,对持续的经济增长是至关重要的;然而许多发展中国家不是缺少确保可靠供应的自然手段、财政手段,就是缺少这样做的技术手段。此外,有关电力生产对人体健康和环境影响的担心意味着,各国在规划其能源系统时,必

须能够评估所有的方案并对它们作相互比较。

包括 IAEA 在内的 9 个国际组织设立了一个称为 DECADES 的项目,目的是开发能够帮助国家能源计划者应付上述挑战的计算机化的工具(数据库和成套方法)。在其第一阶段(1993—1996 年),DECADES 产生了 3 个数据库和 1 个



来源:L. Langlois/IAEA

称为 DECPAC 的分析模型。该模型是以 IAEA 与美国阿贡国家实验室联合开发的 ENPEP(能源和动力评价程序)等模型为基础开发的。使用基于个人计算机(PC)的信息包和这个分析模型,国家计划人员就可以在动力生产和温室气体以及其他污染物的排放量

(下转第 6 页)



一些高级官员正在参加能源规划程序(ENPEP)的工作。越南电力需求正在迅速增加。越南 40% 的人口年龄在 15 岁以下。来源:L. Langlois/IAEA

保持废源安全的技术

常常拿砌砖墙作类比,来说明核安全基础设施的意思是什么。在仅有有限的核计划的国家建设安全基础设施的过程中,一些“砖”代表所需的(废物管理和

辐射防护方面的)法律法规,而另一些“砖”则代表独立的有权确保这些法律法规得到遵守的监管实体。还有一些“砖”代表完成所有安全相关的任务所需的技术能力

和经过培训的工作人员。

虽然 IAEA 的活动已经帮助许多国家砌上了这些“砖”,但是

(下转第 4 页)

前东方集团反应堆安全



俄罗斯巴拉科沃培训中心的一台用于培训核电厂运行人员的全尺寸模拟器。来源：美国能源部

在整个冷战时期，前苏联的核动力工业事实上是由与西方的不同的因素支配的。反应堆的设计和建造主要是满足可靠性和可利用性方面的要求。运行反应堆的目的是生产高效动力，却不要求对它们进行定期停堆检查和维修。在公众参与、设计和运行要求，特别是一般安全标准方面，当时的情况有很大的不同。核主管部门今天正在处理若干严重的问题。

IAEA 与若干其他国际组织，以及一些个别国家一起，正在从事旨在加强那个时期遗留下来的反应堆安全的大量活动。这些活动的主要目标是，通过改进和结构强化尽可能多地纠正设计缺陷；提高运行效率；加强和帮助监管部门；和发展该地区整个核能源领域的安全文化。

在前苏联设计的反应堆类型中，只有 WWER 型堆（水冷却、水慢化能源反应堆）是在前苏联以外建造的。仍在运行的最早的堆型是 WWER 440/230 型（设计容量 440MW，230 型）。这些机组中有 11 台仍在运行，分布在 4 个国家：亚美尼亚（1）；保加利亚（4）；斯洛伐克（2）；和俄罗斯（4）。

这些机组是在前苏联颁布正式核安全标准以前设计的，因而它们缺少压水堆中常见的基本安全设施。

IAEA 这个计划的一个重要部分是处理 WWER 440/230 型反应堆的安全问题。有必要将这类活动继续下去直到可预见的未来，因为明天这些问题不会消失，这些国家也不会走出经济困境。这些国家在今后 10 年内不大可能有购买替换发电机组、核电机组或其他机组的能力。

国际介入对于加强和保持运行中的其他前苏联设计的反应堆（更先进的 WWER 440/230 型和 1000 型，以及 RBMK 型）的安全性和效率来说，也是重要的。运行中的 WWER 440/230 型堆有 14 座：捷克共和国（4）；匈牙利（4）；斯洛伐克（2）；俄罗斯（2）；和乌克兰（2）。还有 19 座 WWER 1000 型堆，其中只有 2 座（在保加利亚）不在前苏联境内，而俄罗斯有 7 座，乌克兰有 10 座。RBMK 型反应堆正在立陶宛（2）、俄罗斯（11）和乌克兰（2，在切尔诺贝利）运行。

1990 年起动的一项 IAEA 协调的国际专家研究活动，分析

了所有这些反应堆中的一般性的和因机组而异的安全相关问题，并且按安全重要性将这些问题排序。这项研究的结果为机构的其他活动（包括国家的和地区的技术合作（TC）项目）提供了有益的框架和指南，也有助于与若干国际计划——尤其是欧洲委员会、欧洲复兴开发银行、OECD 核能机构、24 国集团和世界核运营者协会的国际计划——建立联系以提高这些机组的安全性。

IAEA TC 项目，特别是在东欧和中欧实施的那些项目，大多一直着重于加强国家的监管能力和提高核动力机组的安全性。在前苏联控制时期，几乎所有核活动都是由俄罗斯专家操纵的。该地区其他地方的国家监管人员不了解有关他们地区的核动力机组的情况，也缺少独立性。那时的监管法律法规都不充分。这些国家现正处理这个问题，而 TC 项目正在帮助这些国家建立充分的法律法规以赋予监管人员所需的法律上的独立性和权力，以及提供培训和设备。罗马尼亚和斯洛伐克的旨在加强监管能力的项目最近已完成，乌克兰和亚美尼亚今年也启动了类似的项目。

核动力机组安全方面最值得注意的活动是，今年 4 月在匈牙利的波克什核电厂厂址正式开放了一个维护培训中心，该中心配备有 WWER 440/230 型反应堆堆芯区所有关键部件（见第 7 页相关内容）。这个全尺寸模型反应堆将有助于通过双边项目或机构项目对机组维护工作人员进行培训和再培训，所采用的方法与模拟器培训运行人员的方法一样，而且不只是培训匈牙利的工作人员，还培训建有任何 WWER 型反应堆的所有国家的这类人员。

旨在改善反应堆安全性的地区性行动

技术合作司在机构的旨在改善 WWER 型反应堆安全性的种种努力中,将继续通过国家项目解决国家特有的问题。不过,一种新的趋势是建立解决 IAEA 找出的为许多国家所共有的各种问题的地区性计划。这种方案从本质上说更为主动,因为它将为进行干预找出机会,而不是等待各国政府的请求。

地区性项目涉及与较老的和较新的 WWER 型反应堆相关的各种安全性改进问题。有关国家本身一直对所处理的这些问题,给予高度优先考虑。其中一个项目是在今后 3 年时间里,将先进的无损检验(NDT)方法,传播到 7 个希望改善在役检查(ISI)程序的国家。克罗地亚已经允许机构免费使用一个实验室和一些培训设施,并配备有培训活动所需的设备。常用的传播方法包括讲习班、讨论会和实习培训。

该地区核电领域的面貌与过去极不相同。先进的 WWER 440/230 型堆和 1000 型堆,因其高设计质量已被人们认可。仍在运行的较老型堆方面,过去的安全问题今天正受到优先关注。一些改进计划已经开始实施。对维护和运行人员的培训和再培训,现在成为常规作法。提高机组安全性而不是机组生产率,成为人们渴望的目标。在各方不断努力下,所有 IAEA-TC 项目、国家项目和地区项目的目标正在实现:逐步提高安全水平,同时不使这些国家丧失其继续发展所需的能源。

改善核燃料性能



一名技术员正在检查燃料组件的结构。燃料组件在各种工况下的完整性,可用一些尖端的计算机程序模拟。来源:Framatome。

核燃料是为各种类型动力堆,甚至是为特定型反应堆定制的。良好的燃料性能,是效费比高地生产电力的一个重要因素,对运行安全性也是极其重要的。这使得监管部门必须深入了解燃料的设计基准、制造历史和各种特性,以及预期燃料在反应堆的各种运行工况与事故工况下的行为。

许多国家的燃料制造厂,能按用户提出的具体规格制造燃料。运行前苏联建造的 WWER 型反应堆的中欧和东欧国家,传统上是从俄罗斯(它现在出售燃料只为获取可兑换货币)购买燃料,但它们现在能够从全球市场得到供应。不过,由于对前苏联的长期依赖,这些核电厂运营者对他们使用的燃料缺乏全面的了解。

为了帮助解决这个问题,曾建立一个 IAEA 技术合作地区性项目(1995—1996 年),目的是向保加利亚、捷克共和国、匈牙利、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚和乌克兰提供培训和专门知识,以及用于

分析各种工况下燃料性能的重要计算机程序,和用于这些国家独立进行燃料模拟的数据库。作为后续步骤,为该地区新建了一个 2 年期(1997—1998 年)TC 示范项目,目的是向上述 8 个国家和土耳其,传播关于许可证审批程序和使用计算机化燃料模拟程序(用于建立反映影响燃料的实际环境的数学模型的系统化程序)的专门知识。这个项目的目标是,每个国家监管部门最终将能独立地完成许可证审批工作。

这个项目以电力公司、监管者,以及设计和修正国家燃料规范的开发者为对象,设计了一份项目调查问卷以确定项目开始时不同国家的知识缺口和特殊需要。随后,将安排培训班和进修金培训,内容涵盖机构有关燃料安全的细则、国家监管者在燃料许可证审批中的作用、《核安全公约》的要求、燃料性能和燃料制造的质量保证,以及满足电力公司和监管者要求的安全标准。

某些国家的“砖墙”仍然需要加固。今年实施的两个相互独立但又相关的多国 IAEA 技术合作 (TC) 示范项目的主要任务,就是帮助加强辐射防护和引入安全地贮存放射性废物的技术。

由于放射性废物在相当长的时期仍具有活性和危险性,因此废物管理技术成为核基础设施的一个必不可少的部分。尽管通过监管活动确保放射源在使用时得到应有的细心管理,但此后当放射源退役而成为废物后,却被漫不经心地搁置一旁,这做法就不够好了。

传授给发展中国家的废物管理技术,必须与其需要和国家的技术能力相匹配。项目目标国家,一般很少利用放射性同位素。它们中的大多数国家只是在医院里利用放射源,和将放射源用于某种工业工作,例如焊缝的射线照像检查。很少的几个目标国家,也有一些核研究机构。因此,该地区项目着重于,为5个关键性的有潜在问题的领域,找到简单明了的解决办法。

第一个迫切需要,是整备和贮存废镅针。这些细小的镅-226源在过去的约70年间曾在世界各地广泛应用,主要用于治疗癌症。但是它们已很久不再被应用,并已为更先进的电离辐射源所取代。鉴于镅的半衰期为1600年,这些废源应长期安全贮存,直至最终处置掉。但是,在发展中国家中找出的约15000个废镅源,却普遍地不适当贮存着,并且已知有些即将泄漏。

这个地区项目正在利用一种相当简单的技术,来整备和贮存这种废物。乌拉圭是发展中国家中需要整备技术以处理其废弃镅源的最好的实例。总共含有约2.6克镅的全部150根镅针和一些旧医用源,已从服务设施移出

并运入乌拉圭核研究中心(玛丽·居里在长期的和冒险性的、后来夺去其生命的研究中,只从沥青铀矿石中提取了几毫克的镅)。

为整备这些源,IAEA曾建立一个由3名经过专门培训的巴西专家组成的小组。在IAEA监督下,打开被屏蔽的源容器,清查容器中所含的放射性物质,并将放射性物质经漏斗灌入不锈钢容器中,然后将容器焊封。作为所要求的质量保证程序的一部分,要对焊缝进行检查,查看有无泄漏之处。将这些容器放入专门制造的铅罩中,然后装在衬有约500千克水泥的200升桶中贮存就位。

这样,乌拉圭所有废弃的镅-226,现在都装在4个桶中安全地贮存着并在桶上妥善地加了标签,等待甚长半衰期废物深层处置库建成后进行最终处置。该地区另外4个国家和欧洲的一个国家,现在已经决定走乌拉圭的道路。尼加拉瓜、危地马拉和牙买加按照该项目的要求正在把它们所有的镅针收集于一处。今年晚些时候,一些专家小组将在上述3个国家,重复曾在蒙得维的亚进行过的那种过程。智利为了用自己的力量做这项工作,已经开始在有关的跨地区示范项目名下,培训它自己的技术人员。这个项目也将帮助克罗地亚今年秋天成为欧洲第一个保证它的所有镅源的安全的国家。

这个项目涉及的第二个需要是设法确保,通常用于医疗和工业的不急于处理的源,在它们中止使用并被看作是废物以后,也将被安全地贮存。铯-137、钴-60



在智利的洛阿吉雷核研究中心,学员接受废密封源整备实习培训。来源: V. Friedrich/ IAEA

和铯-192等同位素的寿命虽然比镅的短,但这些同位素放射性强,并且可能危害极大。理想的解决办法将是,把这类同位素返还给供应商。在将来的合同中,也许可写入要求供应商公司取回废源的条款。即使这样,对于已经进口的源,和对于将来即使根据取回合同进口的源,再出口也许还有障碍。因此,这个项目将提供与用于镅针的相似的整备技术。在许多发达国家现有的有关类型的近地表处置库中作最终处置,对这些同位素来说是合适的,因为它们将在相当短的时间内衰变掉。

管制不严或战争之类的社会动乱都可能导致源的废弃、埋于瓦砾,或者丢失。这个新的项目的第3个方面是追踪丢失的源,收回并安全地贮存。与源受到损坏或错误处理的情况下在公众健康和清除污染费用方面付出的努力相比,追踪处于监管控制之外的丢失源,技术上既简单经济上又合算。这个项目的第4个方面和第5个方面,是针对拥有较大规模核计划(有研究堆或大的医

院)、定期产生固态和液态放射性废物的国家的。在这两个方面,该示范项目有一个较长期的和更复杂的任务:一方面要建立集中化的处理和贮存设施;另一方面要提高废物操作人员的能力。操作人员培训,通常是通过三种方式提供的:向有关国家派专家组;提供进修金;和访问该地区的研究中心。在挑选出的一些国家中心举办的新的专门演示活动,能使操作人员不仅熟悉正使用的种种废物处理技术,而且获得处理实际放射性废物的体验。

今年该项目曾帮助来自 5 个

拉丁美洲国家的 10 名操作人员,在智利的洛阿吉雷核研究中心(CEN)接受这种培训。土耳其设在伊斯坦布尔的塞克梅西研究中心接待了来自欧洲和西亚 4 个国家的学员。一些计划正在酝酿中,目的是为从前苏联独立出的新国家,和为东亚与太平洋地区的国家,安排实习演示活动。这种技术“砌砖”,已经改善了若干基础设施“墙”,主要因为已意识到这些问题的一些国家的政府找到了通过该示范项目提供的、适合于它们的工具。

放射性衰变和半衰期

半衰期系指放射性衰变使一给定放射性同位素的量减少到其初始值的一半所需要的时间。衰变是自发的,不受任何外部因素影响。衰变率不变,因此一些半衰期长的同位素,将衰变几百万年。在放射性废物的处理和安全贮存的战略考虑与专设结构考虑中,半衰期是一个关键参数。镭-226 的半衰期为 1600 年,而铯-137、钴-60 和铪-192 的半衰期分别为 30 年、5.3 年和 74 天。

核电的贡献

能源也许是下个世纪经济增长和发展的关键控制因素。虽然无数的统计资料和透彻的分析预测结果,使人注意到未来对能源的惊人需求,但对能源来源的实际选择只能落在为数不多的几种好方案上——每种方案都有其自己的影响。

现在世界上正在运行的核电机组共计 443 台。1996 年,有 5 台核电机组(净装机容量为 5717 兆瓦电(MWe))分别在法国、日本(2 座)、罗马尼亚和美国并网。1997 年 4 月,大韩民国的月城-2 号机组(净装机容量为 650MWe)并网。1996 年,有 3 座新的核反应堆开始建造——其中 2 座在中国的秦山,1 座在日本的女川——使报道的建造中的核反应堆的总数达到 35 座,分布在 14 个国家。有几个成员国(如越南)正与机构合作,探讨核电方案的可行性。越南已经做出决定,将在 2010—2015 年之前,引入一座装机容量为 800—1000 MWe 的核电厂。

在今后几十年中,核电将在许多成员国的能源结构中继续起

重要作用。虽然多数国家偏爱可再生能源来源,但这些来源对全球能源需求的贡献,今天只有 2% 左右,而且在可预见的未来可能仍然占这个比例。由于对能源和电力的需求不断增长,和人们对温室效应与酸

雨的担心越来越重,核电方案仍将与每个国家的能源结构高度相关——这取决于若干变数:是否可获得其他能源来源、是否具备适当的工业和监管基础设施,和公众是否接受等。

1996 年,全世界核发电总量增加到 2300 太瓦时(TWh),远远超过 1958 年世界所有能源来源的总发电量(1912 TWh)。在 1996 年的世界发电量中,有约 17% 是由核电厂提供的。世界民用核反应堆的累积运行经验,到 1996 年年底超过 8135 堆·年。总计,有 17 个国家和中国台湾省依靠核



来源:三菱重工业株式会社

电厂供应其总电力需求量的至少四分之一。

利用核动力、常规化石燃料产生的动力、水力、地热或其他动力的决策反映一种折衷方案。IAEA的作用,是配合成员国,做出有根据的选择。合作领域包括能源来源评估;安全、废物管理和实体保护等方面的技术支持;质量评定和质量控制;能源规划;和培训。IAEA是能起这种作用的唯一的国际组织,因此是规划我们的未来能源时的一个重要合作伙伴。

的基础上比较不同的能源系统,并在这种比较分析中进一步考虑其他的因素。

一个关于“参考技术”的 DECADES 数据库涵盖所有已有的世界一次能源电力生产系统,和预计今后 20—30 年将出现的系统。第二个全球数据库——“能源系统的环境和健康影响”,不仅从发电厂的角度,还从每个能源链构成的整个链环节方面,介绍影响数据。第三个数据库为国家数据库提供了一般性模型,并且可通过添加诸如峰负荷电力需要、这种负荷的持续时间、水文条件、发电厂已规划的添加装机容量和退役、土地使用或当地燃料的利用等因国家而异的资料,而加以改制。

在第 1 阶段,通过涉及讲课和实习的培训班,将 DECADES 工具传播到约 35 个国家。曾向约 80 名学员提供上述数据库和 DECPAC 的拷贝磁盘,以便他们与国内的同事共享培训的经验。一个国家的 2 名或 3 名学员同时参加培训;这样,他们在培训期间便可以开始进行针对国家具体情况的研究工作。大多数的国家数据库现在已经过外部同行评审。

第 1 阶段的培训,是通过一个为期 3 年的 IAEA 协调研究计划(CRP)完成的。该协调研究计划着重于国家专题研究,以评估和比较核和其他能源来源在减少温室气体排放量和对环境的其他负担方面的潜在作用。协调研究计划的目的是使所有参加者遵循同一套严格的细则,和提供可以比较的结果。

这个协调研究计划的第 2 阶段于今年开始。它有两个主要目标:加强上述的模型和数据库,并且使之广泛传播使用。扩大上述数据库范围使之涵盖重金属之类的其他污染物。将不同排放物对人体健康、建筑物、农作物和环境



萨尔瓦多地热能生产设施。

来源:J. Perez-Vargas/IAEA

的特殊影响包括其中,并在适当的时候将其量化、排序或比较。精心制做上述模型,以便预测不同国家的未来电力需要。还建立了一个 CRP,目的是从可持续性与时间的关系的角度,比较不同的发电战略。第 2 阶段的目标还在于,研究整个能源范围而不单单研究电力生产。

培训是传播使用这些新工具的一个重要组成部分。当前的目标是,在这一阶段完成对 100—200 名学员的培训。一旦他们掌握了相关的方法,能源计划者和决策者就可以利用这些方法开始拟定切实的国家计划。巴西和克罗地亚将是头两个应用 DECADES 数据库和 DECPAC 模型开发其国家计划的国家。

巴西幅员辽阔,加上有一些独立的、相互竞争的地区电力公司,使制定协调一致的计划困难重重。电力在以耗能多的制造业为基础的米纳斯吉拉斯州的经济中,起着极其重要的作用。该州的能源电力公司(CEMIG)通过 1996 年完成的一个 IAEA 技术

合作项目,已经熟悉 ENPEP 包,并且现在有很强的能力可以就未来的能源需求进行研究和决策。一个新的、其资金仍在筹措中的技术合作项目,将使 CEMIG 能够使用 DECADES 工具,可以在评估发电系统过程中,将健康和环境因素考虑在内。同时,该 DECADES 项目还将向该国的其他电力公司引入其工具包。

为了整体“加强……能源部门规划方面的国家能力”,较早的一个旨在帮助在克罗地亚应用机构的电力计划成套方法的技术合作项目已扩大(1997—1998 年)。该国的所有有关组织都涉入这一项目活动中,从国家经济事务部到大学的系和电力公司、最大的石油公司、国家能源研究所,甚至一些推广新兴能源技术的非政府组织。一个基本任务是利用 DECADES 工具包,对各种不同的发电方案进行比较性分析。在从事这项研究的工作组中,DECADES 方法的两名“毕业生”起着重要作用,这项研究预计在 12 个月内完成。

立陶宛的电力,主要依靠它的苏联建造的伊格纳林纳核电站。今年开始启动一个新的技术合作项目,目的是在立陶宛走向市场经济的同时,帮助该国国家能源研究所找出利用其他一次来源和甚至别的核电机组,扩大发电规模的可行途径。该项目将引入、传授和应用 DECPAC 的开发所依据的基本的 IAEA 计划成套方法(包括 ENPEP)。在世界的其他地方正在实施的两个技术合作地区项目中,26 个欧洲国家和 9 个西亚国家正在参加讲习班、技术论坛和技术交流活动。这些活动为参加者提供有关 ENPEP 的培训,从而为 21 世纪在几十个国家,应用 DECADES 工具包开发环境友好和人类友好的能源系统打下基础。

培训核电厂管理者

IAEA 和德国政府合作组织的,关于管理者在核电厂人员培训和资格鉴定方面的管理责任的地区培训班,将于 1997 年 10 月 6—10 日在德国卡尔斯鲁厄核研究中心举办。20—25 名学员将是一线的高级管理者,分别来自欧洲地区 IAEA 成员国和独联体国家的电力公司、核电厂或监管部门。对于来自接受 IAEA 技术援助的发展中国家的候选人,将予以优先考虑。

培训班用俄语和英语授课,将向管理者简要介绍他们在培训核电厂操作人员方面的作用和责任。它还将介绍系统培训方法(SAT),在内卡韦斯特海姆核电厂演示这种方法的应用,并涉及国家条例、政策和程序的制定问题。最后,它将着重于讲师和学员双方的经验交流,从而将促进在核电厂人员的培训、资格鉴定和许可证发放方面的一致性、有效性和质量保证。

TCDC 的进展

IAEA 越来越重视发展中国家间的技术合作(TCDC)。在 5 月初于纽约召开的 TCDC 高级委员会第 10 次会议上,IAEA 在其与联合国共同系统的其它 4 个专门机构的联合声明中,重申了这个问题。IAEA 通过其技术合作(TC)计划,刺激了私营部门的发展,促进了技术的传播,和培训了国家一级和地方一级的工作人员。

IAEA 主要通过 3 个地区性核科学技术研究、开发和培训合作协定,来鼓励其发展中成员国

间的技术合作。这些(在非洲、亚洲和拉丁美洲实施的)协定的宗旨是,使地区对 IAEA、其它捐助者和成员国本身资助的计划承担更多的责任。

作为从事相互技术合作的发展中成员国的一个伙伴,IAEA 提供有利于地区自力更生的协调援助和技术支持。例如,以根除非洲牛瘟为目的的国际运动,在一些国家兽医实验室的合作下依靠 IAEA 来检验免疫水平并确定无牛瘟区。这些实验室还起着培训和诊断中心的作用,为实现到 2000 年非洲无牛瘟的目标贡献力量。

波克什维护培训中心落成典礼

将作为匈牙利波克什核电厂维护培训中心(MTC)的主要设施而使用的 WWER 440/213 型模拟反应堆(见 1996 年 12 月《技术合作实况》中的“旧部件新用途”)已于 4 月 29 日正式开放。MTC 是独一无二的,因为它用于实习培训的唯一的全尺寸

WWER 型反应堆——与生产匈牙利 50% 电力的那些堆一样。借助实际部件来加强培训,将减少维护停堆时间并有助于避免发生错误。这将改善维护工人的安全状况——他们在放射性环境中的停留时间将更短。

该项目的资金主要来源于匈牙利政府和 IAEA (总金额为 1000 万美元),此外还来自日本、西班牙、美国和欧盟通过其地区计划 PHARE 提供的预算外资金。IAEA 捐赠了以近于赠送的价格(100 万美元)从德国和波兰被取消的反应堆建造项目购得的主要部件。

该项目的影晌将不限于匈牙利。该地区其他 8 个国家有 45 座 WWER 型反应堆在运行。它们提供着这些国家电力的 1/3—1/2。波克什的培训计划和设施,除用于培训波克什核电厂的工作人员外还可以用于培训来自上述 8 个国家的核电厂维护人员,从而使全地区反应堆更安全地运行。捷克共和国和斯洛伐克已同匈牙利达成培训协议。此外,还存在 IAEA 通过 TC 进修金和科学访问支助培训的可能性。



匈牙利工业贸易部长 S. Fazakas 先生(左)和 IAEA 副总干事兼技术合作司司长 Qian Jihui 先生为波克什核电厂 MTC 落成剪彩。来源: M. Samiei/IAEA

警惕地震威胁

地震一直是世界核能界时刻关注的事。在核动力发展初期,地震知识十分有限。但是在过去30年中,人们对地震行为的理解,以及可用来更准确地测量许多地震现象的仪器和方法已大大增加。新知识已促使许多核电厂的安全屏障得到加强。例如,作为一个大型的美国评估计划的结果,易发生地震的加利福尼亚州迪亚布洛峡谷核电厂已得到改进,能够抗0.76g(“g”值为地震术语中的重力加速度)大地震。

全世界核工业界决心使核电厂有大的安全裕度。仅选择适宜厂址这一项工作,就要用5年多的调查研究时间和耗费1000—1500万美元,并涉及诸多学科——地质学、火山学、历史地震学和地球物理学。调查研究首先着重于厂址周围5千米半径的区域,然后铺开到25千米,最后扩展到200千米的区域。此后,人们要根据调查研究结果,假定厂址在10000年的“重现期”内可能发生的地震的最大震级。

只有在上述基础上,核电厂设计才能被做得完美。地震设计基准(SDB)规定了能够抗相当于厂址“g”值地震的工程设计。在核电厂建造初期,抗震要求远不如现在严格。尽管在核电生产的数十年间(总经验超过8000堆·年),核电厂未受大的地震损坏,但核工业界并不自满。鉴于运行中的反应堆(443座)是在建反应堆(35座)的10多倍,所以主要的防震工作放在现有核电厂的改进方面。

IAEA的地震安全计划,曾帮助印度尼西亚、伊朗、摩洛哥、巴基斯坦等国家对计划建造的核电厂进行严格的选址评估。但是大部分活动是在前苏联国家、东

欧和中欧进行的。为了重新评价亚美尼亚、保加利亚、匈牙利和斯洛伐克的WWER型反应堆(其中大部分是较老型堆)的地震设计基准,已做了大量工作。研究表明,原先所有的设计基准都低估了地面运动参数。因此,这些设计基准必须全部作升级修改,而电厂的改进必须符合新的SDB要求。亚美尼亚核电厂必须改进到能够抗0.35g级的地震。

20年前,罗马尼亚易发生地震的弗朗恰地区发生的一次强烈地震,轻微损伤了约400千米以外保加利亚科兹洛杜伊核电厂的2座运行中的WWER440/230型反应堆。地面运动估计达到0.1g。随后,对这两座反应堆执行了若干地震安全改进措施,并把这些改进措施引入了当时在建的另外两座反应堆(3号和4号堆)中。科兹洛杜伊核电厂新的抗震级别为0.2g。

地震设计基准的制定或重新评估,需要两套数据。一套数据与已经发生的地震有关(这种数据在时间上要往回尽可能远地追溯);另一套是用来分析可能诱发地震的构造断层的数据。一位IAEA专家分析说:“在大多数东欧核电厂中,人们只利用了最近的地震活动数据,没有利用历史地震数据。”“这种有限的数据库,对于设计核电厂来说是不够的。”

新修订的“IAEA核安全标准”(NUSS)兼有上述两套数据,使这两套数据能一起用来评估核

电厂的抗震能力和确定必须作哪些改进才能达到经重新评估的设计基准。改进分为两类,即所谓的“小改进”和结构改进。前者可迅速完成,而且费用较低;后者需要较长时间和较多费用。迄今只有科兹洛杜伊和波克什核电厂(匈牙利)已经完成“小改进”,而结构改进已在博胡尼斯核电厂(斯洛伐克)的一套机组上开始实施。

IAEA要求每个国家拟定一个有条理的工作计划,并且按自己的时间表实施它。新的SDB中的地震级别是以重现期为10000年来计算的。因此,一个国家可以认为晚几年完工风险不大。但是,无限期地推迟是不能接受的。

保加利亚关于改善科兹洛杜伊核电厂核安全的承诺令人难忘,也为它带来效益。IAEA在科兹洛杜伊核电厂的技术合作项目(1991—1995年)包括,帮助完成地震学研究。这项研究中的大部分工作在保加利亚进行,一小部分在罗马尼亚地震带进行。IAEA还曾帮助改进该电厂的地震仪器。在世界核运营者协会技术援助和欧洲委员会PHARE计划资助下,保加利亚人制定和实施了1号机组和2号机组“小改进”计划。该国还在美国支持下,对3号机组和4号机组做了类似的改进。在这个过程中获得的经验(包括这4台机组“小改进”的详细准备工作经验),已使保加利亚主管部门能为科兹洛杜伊核电厂的结构改进拟定全面的计划。

《技术合作实况》是Maximedia指定的一位独立的新闻工作者为IAEA搜集和撰写的。文章可免费复制。欲知更多信息,可与IAEA技术合作司计划协调科(P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria。电话: +43 1 2060 26005;传真: +43 1 2060 29633;电子邮件: TCPRO-GRAM@IAEA.org)联系。

施的设计、建造、运行和维护方面是重要的具体特征或参数。为进行更彻底的验证和评估,确定了若干涵盖技术、安全和经济问题的课题。这类要调研的特定课题包括:核反应堆和淡化系统之间的相互作用;核淡化系统所特有的核安全要求,以及给水预加热对 RO 系统性能的影响。

对核淡化厂基础设施的要求问题被认为是一个重要问题,对没有任何核动力经验的成员国来说尤其如此。一个示范项目如果在这样一个国家实施,则可能为发展该国的核基础设施(特别是核监管结构)构筑一个非常有效的和切实可行的框架。

在日本和哈萨克斯坦,与核电厂联接的淡化设施多年来一直在生产淡化水。除核淡化厂方面的这些经验外,相当多的成员国已对这种方案表示了兴趣。正在进行或计划进行的国家和双边项目将丰富核淡化方面的国际经验。这些项目对于商业开发将是有益的,并有助于解决下个世纪可饮用水的供给问题。这些项目包括在中国、印度、大韩民国、摩洛哥和俄罗斯联邦的计划和活动。这些项目以及其他一些感兴趣的成员国开展的研究与开发将对全球示范计划作出贡献。它们被认为是国际合作与援助的基础,而且也对其他感兴趣的国家有益。利用从这些计划中获得的经验而不是照般其具体作法将是很重要的。

全球对核淡化兴趣的日益增加致使 IAEA 于 1997 年 5 月在大韩民国的大田组织召开了一次“核能海水淡化”国际学术讨论会。这次学术讨论会是在与其他国际组织的合作下召开的,为审议核淡化系统最新技术经验、设计和开发及其前景提供

了一个论坛。

未来发展方向

迄今所做的研究表明,利用核能淡化海水对许多国家来说是一种现实的方案。海水淡化设施的不断发展为核淡化系统的引入和商业应用提供了一个潜在市场。IAEA 的为期两年的 OIP 已为核淡化的示范确定了几种切实可行的技术方案。示范计划必须着重解决与商业项目相关的那些问题。一些问题,特别是对核淡化的经济竞争性和整体经济性有重大影响的技术特性,确实需要示范才能证实假设和估计。由于几个国家已在进行核淡化方面的活动,因此正计划于 1997 年提出一个“协调研究计划”。

在今后若干年里,继续深化相关研究,和帮助(例如,通过实施示范计划)感兴趣的成员国建设其基础设施将是非常重要的。IAEA 将继续支持那些鼓励各国积极参与的活动和强调共享技术专门知识和有效地使用已有财政资源的活动。为便于共享有关知识和经验,正着手成立一个国际核淡化咨询组(INDAG),参加人员来自正在运行、开发、设计、规划核淡化厂的成员国和对核淡化厂感兴趣的成员国。

这一国际合作迄今获得的成果表明,存在着利用核能淡化海水的切实可行方案,但要付诸实施,就必须加强对公众的教育和增强投资商的信心。实现这一目的的手段包括,继续安全可靠地运行核电厂,获得有关核能及其他能源的比较性风险和收益的事实资料,以及对核淡化设施的保守成本估算。这将是继续进行有效开发、示范和大规模应用以帮助解决世界日益严重的给水问题的坚实基础。 □

未来的核能系统：发电并烧掉废物

加速器技术与反应堆相结合有望生产能量并烧掉钚和放射性废物

Viktor
Arkhipov

核能利用的最大难题之一是动力生产过程中产生的高放废物。必须安全而有效地处置高放废物。虽然存在各种技术解决办法,包括深层地质处置库,但放射性废物处置工作的进展却因公众对这项技术的安全性的理解问题而一直受到影响,并在很多情况下被推迟。造成这一结果的主要原因之一是,裂变产生的放射性同位素有很多是长寿命同位素,其半衰期达到十万年至百万年量级。如果有一种能在能量生产过程中烧掉或破坏大多数毒性长寿命放射性废物的方法,则上述的理解问题基本上可以得到解决。

一种新的技术方案,或者说得更确切些是早期思想的切实可行的发展,最近被提出来。根据这一方案,要将加速器与裂变堆技术结合起来构成一个系统。该系统具有利用核裂变有效地发电和/或转变长寿命放射性废物的潜力。在其最简单的形式下,这种加速器驱动的能量生产方案利用高能质子束产生的中子,驱动含有可裂变燃料和放射性废物的转换区组件。转换

区组件像一座反应堆,因为裂变是动力来源。与常规反应堆不同的是,它是次临界的,没有加速器就无法维持链式反应。该系统的燃料可以是铀、钚或钍。

这个加速器驱动系统在破坏高放废物的同时,也将通过生产电这种最便利与通用形式的能源,帮助满足日益增长的能源需求。在今后 20 年内,即便仅仅为满足世界不断增长的人口需要,对各种能源的需求也将增长。联合国估计,到 2025 年世界人口将接近 85 亿。

放射性废物的转变

以环境上安全的方式管理放射性废物,是所有发展核工业的国家正在处理的重要问题。在许多国家,这已成为公众普遍极为关注的严重政治问题。

闭合核燃料循环的概念传统上曾被理解为只使钚和再循环铀发生转变(烧掉),和对少量的锕系元素(镎、镅、锔)进行最终地质处置。但随着时间的推移,出现一种新的认识:减少锕系统元素的量可以降低对放射性废物最终处置库的要求,并使其费用相应减少。

Arkhipov 先生是国际原子能机构核动力与燃料循环处核动力技术开发科顾问。

技术界正在仔细分析,借助裂变过程的少量不多的长寿命放射性锕系元素的中子转变(该过程在产生能量的同时将长寿命放射性锕系元素变为短寿命核素)方案。选定的长寿命裂变产物的中子转变方案,也已被提出。

已提出用核反应的方法转变长寿命核素的几种可行方案。起初,最好的选择似乎是利用核反应堆。然而,近来人们对所谓的加速器驱动系统(ADS)重又感兴趣。这种技术似有良好前景。

人们之所以有这样的兴趣,是因为遇到了如何处理武器库中及商业核运行产生的量更大的并不断增加的乏燃料库存中积累的过剩钚的问题。钚的滥用及这种高毒性物质向环境中的释放,已成为政治上严重担忧的问题。这种钚的多种处置方案正在考虑。方案之一是利用 ADS 技术烧掉钚。ADS 在破坏钚的同时产生大量的电能。这与贮存几千年相比,似乎是解决钚问题的一个更好的办法。

加速器驱动概念的这种能力,还可用于同时燃烧现有商用核动力堆废物中的长寿命裂变产物及锕系元素。燃烧这些裂变产物,是为了破坏那些由于其迁移性将成为处置库放射性剂量的最大贡献者的长寿命同位素,即钨-99、碘-129 和铯-137。虽然上述三种同位素仅约占电力生产时产生的全部裂变产物重量的百分之五,但它们却是与地质处置有关的长期潜在风险的主要贡献者。如果这三种同位素能在内部被破坏,那么,其余短寿命裂变产物和稳定裂变产物废物,就可封闭在专设贮存设施中,甚至封闭在电力生产场址。

为最大限度地燃烧裂变产物,必须就地处理它们。通过优化用于这种燃烧的加速器驱动靶/转换区组件,就可大大减少废物的体积和降低半衰期,从而简化长期贮存与安全处置要求。即使在这个主要功能为燃烧放射性废物的系统中,也可预期到能生产足够的电力,以支付该设施的基建费用和运行费用。

这些目标是值得称赞的,但也应切记,此项技术仍需要进行大量的研究与开发工作。转变的技术可行性,特别是其经济上和放射学上的可靠性都有待证实。因此,无论是支持还是反对放射性废物分离与转变的论点都得经过仔细的比较与评价。

能量生产与转变的结合

加速器用于各种核能应用不是新想法。早在 40 年代末期,回旋加速器发明者 E. Lawrence 就曾提出过这种想法。50 年代,他倡导在利弗莫尔开发材料试验加速器,以产生钚生产所需的强中子通量。为生产重水堆用核燃料,加拿大乔克里弗实验室曾开始对基于加速器的系统进行细致的研究。70 年代末 80 年代初,布鲁克海文国家实验室的科学家们也积极倡导过基于加速器的方案。在最近 5 年里,洛斯阿拉莫斯国家实验室的科学家们一直在根据当今的技术进展和世界能源的前景,重新评价基于加速器的技术。

最近,诺贝尔奖得主、欧洲核研究组织(CERN)前总干事 Carlo Rubbia 已经提出并正在积极倡导基于钚-铀循环的加速器驱动能源生产系统。

有两类加速器可在约 1 GeV 的能量范围和 10—100 mA 的平均电流范围驱动这个系统。第一种方案是采用直线加速器。第二种方案则是采用更为紧凑的环形加速器。上述两种加速器均可提供所要求的能量,但它们均需要进一步的技术开发,以便达到所需的束流强度。回旋加速器由于难以充分约束束流,所以其电流局限于 10—15 mA,而直线加速器预期能产生 100—200 mA 的束流。直线加速器已经以脉冲方式产生这种束流,但要达到产生最高束流所需的近似连续运行,还需进行大量的工程开发工作。一个能提供 15 mA 质子和 800 MeV 的系统,可驱动转换区组

件产生 200 MW 电功率。在这一功率水平上, 环形加速器是一种可能的选择。高束流直线加速器则可驱动能产生 1200 MW 电功率的能量生产系统。在这两种情况下, 均可以预期约 15—20% 的总电功率将用于驱动加速器。

目前, 一些国家和国际组织, 正在研究利用加速器驱动系统进行转变和生产电力的各种技术方案。日本(在 OMEGA 项目——从锕系元素获取额外收益方案——的框架内)、美国(在洛斯阿拉莫斯国家实验室与布鲁克海文国家实验室)、法国(法国原子能委员会)、俄罗斯联邦、欧洲核研究组织、经济合作与发展组织核能机构和欧洲委员会, 正在研究若干 ADS 方案。

ADS 概念可以根据其物理特性及最终目的加以分类。现在所用的分类方法, 基于中子能谱、燃料形式(固态、液态)、燃料循环与冷却剂/慢化剂的类型以及为系统规定的目标。与反应堆一样, ADS 系统可设计成能在两种不同中子谱模式(快中子或热中子)下工作。欧洲核研究组织还试图设计将以可归为“共振中子”的模式利用中子截面共振的系统。快中子与热中子系统都为采用固态燃料和液态燃料做了考虑。甚至已在布鲁克海文开发的颗粒燃料(环球床)概念的基础上, 提出了准液态燃料。

正如前面指出的, 为某种 ADS 规定的目标是使核反应堆乏燃料的现有组份, 主要是钚和少量锕系元素发生转变, 同时生产或不生产能量。其余系统则是为利用钍燃料循环生产能量而设计的。大多数概念基于直线加速器。不过, 欧洲核研究组织研究组和布鲁克海文研究人员提出利用质子回旋加速器。

洛斯阿拉莫斯提出的加速器驱动能量生产系统, 包括一台高能质子束直线加速器, 一个重金属靶(铅或铅-铋)及一个液态燃料系统。液态燃料是很有吸引力的, 因为它可以避免固态燃料的加工过程及

对燃料棒束的管理, 同时允许在运行过程中不断抽取相当份额的裂变产物。这种抽除既改善了燃料的经济性, 又能够破坏裂变产物的长寿命组份。熔盐方案曾被选用, 因为它可在低压条件下运行, 并具有较简单的机械结构、较低的中子吸收损失及较少的液态燃料存量。

欧洲核研究组织的 Carlo Rubbia 及其同事们提议的加速器驱动次临界核系统是一个快中子系统。燃料元件呈固态形式, 有带包壳的燃料细棒。这种系统的标准燃料是钍/铀-233, 但也可用钚(核武器级钚或反应堆级钚)运行。并且它也能使较重的锕系元素镅和锔发生裂变。这种概念的若干非能动性安全设施是基于其物理性质的。

在日本, 日本原子能研究所(JAERI) 20 年来一直从事转变系统设计研究。正在研究的 ADS 概念有两种: 固体靶/堆芯系统和熔盐靶/堆芯系统。加速器推动的熔盐反应堆的概念正在日本的几所大学进行研究。JAERI 即将实施“中子科学项目”, 其目的是在利用中子的基础科学和核技术领域为 21 世纪取得科技革新。有关加速器驱动转变系统的研究及强质子加速器的开发是该项目的重要部分。

在法国的 CEA, 几个不同实验室近几年来一直从事有关 ADS 技术几个方面及其物理的研究工作。1995 年, CEA 决定实施一个有限计划, 其重点是与一般 ADS 有关的大的物项的实验验证。

在俄罗斯联邦, 一些科学中心的若干研究小组一直在从事有关 ADS 系统的技术方面及其物理的工作。正在研究具有不同结构和不同靶材料与转换区材料的各种不同 ADS 概念。一些与分离和转变有关的研究即所谓的转换项目, 得到了国际机构主要在国际科学技术中心框架内提供的财政支持。

NEA 有涉及裂变产物与锕系元素的转变与分离的综合国际工作计划。最近, NEA 核发展委员会建立了一个专家小组,

来进行锕系元素和裂变产物的分离与转变的系统研究工作。NEA 核科学委员会有若干个涵盖不同转变概念的科学与物理方面的合作项目。

欧洲委员会在费用分担的基础上协调各成员国的项目,并在欧洲超铀元素研究所进行有关少量锕系元素、燃料及分离的研究。该研究所从事这方面的研究已有 30 年。为研究含有少量锕系元素的燃料,要进行一系列辐照实验,其中有些实验业已完成。欧洲委员会还通过另一项计划,正在着重研究加速器驱动技术对核裂变安全性的影响。这样做的一个目的是,协调为建立欧洲合作项目的科学与技术基础所做的努力。

IAEA 活动在该领域的作用

IAEA 在该领域内的活动,正在有关能起产生能量和转变这两种作用的新核能系统的计划框架内进行。从事这些活动,是为与核能开发和引入有关的计划、项目及课题(包括 ADS)的技术评价和讨论提供全球论坛。这方面的活动着重于现状报告和技术资料的汇编和传播,及对协调研究的支持。它们包括:

编写并出版 ADS 现状报告。该报告是 1994 年 IAEA 大会期间在维也纳举办的关于“高能加速器在锕系元素转变和动力生产中的应用”专门科学活动技术讨论的一个结果。这份报告面向规划者、决策者及其他对 ADS 开发感兴趣的人员。它概述了正在进行的各种研究活动,正在开发的各种概念及其项目状况,以及一般的发展趋势和有关这种系统用于动力生产、钚燃烧及放射性废物转变潜力的各种评估结果。它包括 6 个国家和两个国际组织的专家提供的论文,以及有关 ADS 技术许多不同领域的论文的正文摘要。

钚基燃料循环现状报告。本报告将更

新近 6 年来已有的资料,并指出需要进一步研究的领域。它还将包括某些特定国家和技术小组提供的论文及其概念主要细节。

协调研究计划。本计划着重于在 ADS 中利用钚基燃料循环来烧掉钚和降低废物的长期毒性。第一阶段涉及 ADS 基准与中子计算,其目的之一是就计算方法及相关的核数据达成共识。

核能生产与转变混合概念可行性和动力技术委员会会议。1997 年 9 月,技术专家们将被召集在一起,以便结合世界核动力现状与今后的可能发展方向,审议和讨论若干种混合概念的优缺点,并在此领域为 IAEA 成员国提供方案和建议。

挑战和机遇

在 ADS 概念的上述可能性能被论证之前,尚有许多技术问题和工程问题有待探讨和回答。未来的工作将需要更多的国际合作,以便共享专门知识和各种资源。

从多方面看,加速器驱动系统值得进一步研究。它们通过发电能为世界日益增长的能源需求作出贡献,通过烧掉钚和高放废物能为环境保护和废物的安全管理作出贡献。一些正在开发的 ADS 类型,能够在安全的次临界转换区组件中由丰富的元素钚生产能量,并产生最少量的核废物流。此外,有望利用这些系统实现燃烧武器级钚并烧掉商用核电站乏燃料(包括其主要的裂变产物)的目标。

目前,世界上若干个国家和地区的科研院所和实验室,正在从事加速器驱动系统的研究与开发工作。在全球一级,IAEA 在此领域的计划正帮助促进有关专门课题的信息交流和合作研究。这种工作表明,人们对作为有助于达到国际能源与环境目标的实际手段的加速器驱动系统技术具有浓厚的兴趣。□

温室气体和核燃料循环：排放量究竟多大？

研究表明，与电力的其它来源相比，核能几乎不向我们的环境释放二氧化碳或甲烷

Martin Taylor

当 20 世纪 80 年代末人们开始关注温室效应时，这个话题很快成了公众争论不同电力来源的相对优缺点时的一个日益重要因素。核电的情况看来是很清楚的，与化石燃料相比，它不排放任何温室气体(GHG)。当然，人们知道核燃料循环设施中使用的某些能源本身来自化石燃料，但它所产生的温室气体数量不大，这一点看来也是不言而喻的。然而，有一些反对核工业的人曾提出这样一种观点，即核燃料循环各阶段的二氧化碳(CO₂)排放量很大，甚至其数量级可以同燃烧化石燃料所产生的 CO₂ 量相当。虽然这显然是一种无根据的假设，但它曾被一些家中的其他反核团体反复引用。

因而，尽管核电间接产生大量 CO₂ 的这一论点，看来明明是错的，但铀协会(UI)仍决定研究这些断言，并试图用比较详细的数据反驳它们。下面是我们进行这种调查的结果的摘要。

核燃料循环和 CO₂

提出核电间接地(通过其燃料循环)排

Taylor 先生供职于铀协会。(地址：12th Floor, Bowater House, 114 Knightsbridge, London SW1X 7LJ)。本文的写作基础是载于 1996 年 7 月印发的一份 IAEA 技术文件：《从全部能量链的温室气体排放因子角度比较各种能源》(IAEA-TECDOC 892)中的一篇报告。参考书目可向作者索取。

放大量 CO₂ 这个观点的文章，是“地球之友”在联合王国对建造拟议中的欣克利角压水堆进行公众调查时提出的，作者是 Nigel Mortimer 博士。这篇文章曾被人们非常广泛地引用过，其他几个消息来源也把这篇文章作为支持其核电能间接产生大量 CO₂ 这个断言的依据。该论点是以任何一条假定为为基础的，即若核能的使用量真的大大增加，则已知的铀资源会很快耗竭。这将导致使用低品位的铀矿，从而使 CO₂ 排放量增加，因为从低品位矿石中提取铀会需要更多的化石能源。Mortimer 坚决认为 CO₂ 排放量有可能在二三十年内达到与燃煤电站的 CO₂ 排放量相同的数量级。

此论点有许多漏洞，AEA 技术公司的 Donaldson 和 Betteridge 提出了详细的反驳意见。特别是 Mortimer 假定不会再找到低成本铀储量，而实际上，核电建设的再度兴起和铀需求的回升将导致勘探增加和发现附加的资源。另外，核电的任何大的发展(如 Mortimer 所假定的那样)，在二三十年内，都将涉及再循环的增加利用和快堆的商用化。不管怎样，即使我们假定 2000 年后核电容量将适度增长，我们也可以计算出，如今已探明的相对较低成本的资源(品位相当高的矿石)足够用到 2020 年以后。

1992 年，全世界核电装机容量约 323 GWe，每年需要 55000 吨铀(tU)。铀协会预计到 2000 年核电装机容量将达到 360 GWe，需要约 64000 tU/年。如果我们假定，例如，核电装机容量在 2001 到 2010 年期间

每年增加 20 GWe, 在 2011 到 2020 年期间, 每年增加 30 GWe, 那么核电总装机容量到 2010 年将达到 560 GWe, 到 2020 年将达到 860 GWe。若每年每 GWe 容量需要 160 tU, 那么累积的铀需求总量到 2010 年约为 67 万 tU, 而到 2020 年接近 250 万 tU。

相比之下, 铀协会对世界铀资源的一项评价估计, 已探明的低成本铀资源总量超过 300 万 tU。其中 200 多万 tU 是“西方世界”的资源, 100 多万 tU 在前苏联、中欧、东欧及中国。

因而, 可以看出核电将会大量排放 CO₂ 的假设是建立在极不可能的情景之上的。他们设想的这一情景必然会有大规模的建新核电站的计划, 规模大到足以很快地用尽已探明的铀资源, 而且即使在额外经济铀资源无重大发现的情况下, 该计划也继续下去。并设想即使几十年以后, 也不会出现大量再循环或使用快堆的迹象。

同其它能量来源的比较

铀协会随后审视了, 在评估核燃料循环的 CO₂ 排放量的实际水平以及将其与化石燃料发电产生的 CO₂ 进行比较方面已做过的为数不多的研究工作所获得的结果。德国和美国分别所做的研究似乎准确地指出了这些排放量的数量级。

由德国电力公司协会 VDEW 的 Weis、Kienle 和 Hortmann 所做的一项详细研究, 估计了前西德核燃料循环的 CO₂ 排放量。他们计算了核燃料循环的每个阶段使用的能量的多少, 分析了使用的能量的实际来源(即煤、核、水力等), 然后计算出了由此产生的 CO₂ 排放量。他们还特别指出了这样一个事实, 即由于提高了效率, 近年来核燃料循环的能耗已大幅度下降。该研究的结论是, 制备供德国反应堆使用的燃料过程中用掉的能量, 是此燃料将在核电机组中产生的电能的 0.7%。迄今为止, 这部分能耗中绝大部分是富集厂的电消耗, 仅一小部分是铀矿开采消耗。根据德国电力公司实际使用的能源, 这部分能耗所产生的 CO₂ 排放量约是同

德国核燃料循环各阶段的 CO₂ 排放量

核燃料循环过程	单位能耗 (kWh/kg 天然铀)	能耗占电能的百分率	能耗所产生的单位 CO ₂ 排放量(kg CO ₂ /kg 天然铀)	每年给一座典型的 1300 MWe 轻水堆提供燃料产生的 CO ₂ 排放量(吨)
采矿和水冶	59	0.1	47	9100
转化	7	0.01	<7	<1400
富集	310	0.6	140	27200
燃料制造	7	0.01	3	600
总计	383	0.7	197	38300

来源: “Kernenergie und CO₂: Energie-aufwand und CO₂-Emissionen bei der Brennstoffgewinnung”, *Elektrizitätswirtschaft* Jg 89 (1990)。

等装机容量的燃煤电站产生的 CO₂ 排放量的 0.5%。(见表。)

该研究还提到, 由于更多地使用气体离心富集法而不是扩散法, 并露天开采铀含量高的矿山(例如在加拿大), 将来(德国)来自核电的 CO₂ 排放量将会减少。然而, 它指出, 由于铀矿开采和水冶的能耗仅占整个核燃料循环的能耗的 15%, 因而即使这部分的变化很大对总能耗的影响也并不大。

美国能源意识委员会(现为核能研究所)科学概念部完成了另一项分析。该研究在假定对 CO₂ 排放量的唯一的重大贡献来自富集阶段(不考虑燃料循环的其他阶段)消耗的能量的基础上, 计算了归因于美国核电厂的 CO₂ 排放量。假定美国核电总装机容量约 100 GWe, 每年需要大约 1200 万分离功单位(SWU), 而且每 SWU 需要 2500 kWh 的电(使用气体扩散工艺), 因此富集工作每年需要的总电量约为 300 亿 kWh。在对铀进行富集的地区, 65% 的电是煤产生的, 6% 是天然气产生的, 29% 是核和水力产生的。因而该项研究的结论是, 核电产生的排放量约为同等煤电的 4%。

德国的数字和美国的数字不同的主要原因是, 美国的富集实际上全是气体扩散法, 而德国仅 17% 的富集是在扩散厂中进行

的。离心机的能耗低,是 CO_2 排放量较小的原因所在。将来采用激光富集技术(现正在开发)后能耗会比使用离心机时更低。

甲烷排放量和铀矿开采

铀协会还研究了铀矿开采可能产生的甲烷排放量。尽管它同化石燃料产生的甲烷排放量相比是微不足道的这一点看来也是不言而喻的,但铀协会还是决定研究一下现有的证据。

总的来说,甲烷是由有机物质的分解形成的。当这类有机物质被封闭在地表以下时,甲烷本身常常滞留在地下岩石的小缝隙中。在这些地方采矿,会使甲烷逃逸出来,若不将它收集起来,它就会跑到大气中。地下煤层不可避免地含有大量甲烷。在某些情况下,将煤矿中的甲烷收集起来并当作燃料使用是可能的;然而,在多数矿井中,甲烷总是被通风系统排入大气。甲烷也能从其他类型的与有机物质有关的岩石的采矿作业中释放出来。从可能性的角度讲,在某些地区开采铀可能会排放一些甲烷。然而,这类排放量很稀少,所以几乎没有人进行过研究。本报告所依据的这方面的资料与澳大利亚、加拿大和美国有关,这三个国家的铀产量占世界铀产量的 40% 左右。

在澳大利亚和加拿大,尽管各地下矿都例行地监测爆炸性气体(包括甲烷),但看来在任何一座铀矿中都一直未曾探测到爆炸性气体。这些国家的地下铀矿均产于非常古老的岩石建造中,实际上不含任何有机物质。在美国,有资料显示在一座地下铀矿中曾探测到甲烷。这座铀矿于 1988 年 9 月关闭,似乎是美国近期唯一的一个产生甲烷的铀矿。探测到甲烷的这座铀矿是位于犹他州拉萨尔的、由 Rio Algom 公司经营的 Lisbon 矿。该矿在 1973 年发生一起着火事件及随后探测到甲烷后被美国劳工部矿业安全和健康署(MSHA)划为“瓦斯矿”。1979 年又发生了一起喷发甲烷事件。1978 年 12 月对该矿的状况进行了调查,MSHA 在调查报告中说,当时的甲烷总逸出率为 $91920 \text{ ft}^3/\text{天}$

($2600 \text{ m}^3/\text{d}$)。由 MSHA 工作人员写的一篇有关甲烷现象的文章提供了每开采 1 吨矿石的甲烷排放量估计值。就 Lisbon 矿来说,该估计值约为 $100 \text{ ft}^3/\text{t}$ ($3 \text{ m}^3/\text{t}$)。

除上述资料外,铀协会未找到有关任何国家有类似甲烷问题的铀矿的报告。我们在已发表的资料中也没有发现别的提及铀矿开采引起甲烷排放之处。当然这并不排除别处存在着产生甲烷的事例的可能性,但这类事例的数量似乎总是极少的。

应当指出是,就此而言在前苏联及其他一些国家中几乎没有有关铀矿开采的历史资料。因而铀协会不可能知道那里的铀矿开采产生多大的甲烷排放量。

潜在的甲烷排放量。上述资料仅涉及实际存在的(已关闭的和正在运营的)铀矿,不涉及尚未开采的铀矿床可能产生的甲烷排放量。铀矿床确实存在于不同的地质建造中,这样的地质建造种类繁多,包括含碳岩石,但品位常常很低,无法经济地回收。过去曾研究过从低品位煤中提取铀的可行性。实际上,在 1963—1967 年期间,位于美国北达科他州、南达科他州和蒙大拿州的威利斯顿盆地的几个小矿曾用伴生有褐煤的矿石生产铀,这样的矿石可能含有甲烷。然而,这类矿床在总的铀储量中占的比例不大,并且无论如何不可能在可预见的将来变得有经济意义。

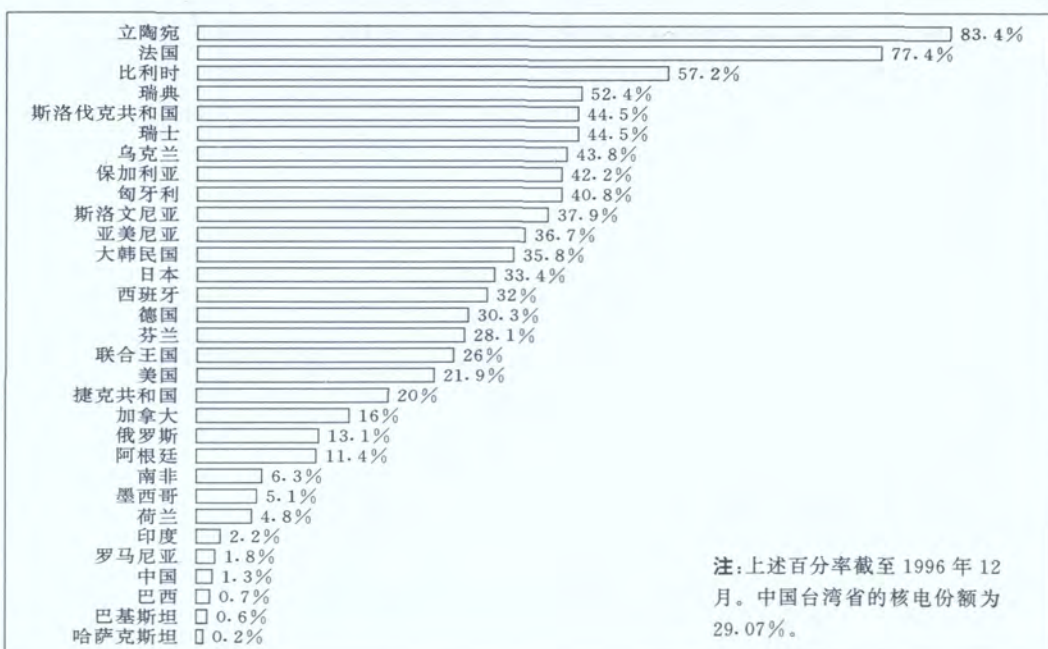
结论

对普遍存在于两个不同国家中的不同条件下的核燃料循环产生的 CO_2 排放量的研究表明,它们约是同等燃煤发电装机容量的 CO_2 排放量的 0.5—4%。核能间接产生大量 CO_2 的断言是建立在非常不可能的情景基础之上的。关于甲烷,上述资料指出大部分铀的生产几乎不伴生或根本不伴生甲烷。在个别的情况下,甲烷也许与铀矿开采和含铀矿石相伴生。但考虑到全世界的铀生产每年只涉及到开采不到 1000 万吨矿石,同每年生产约 45 亿吨煤相比,铀矿开采产生的甲烷完全可以忽略不计。□

世界核电现状

	正在运行		正在建造	
	机组数	净装机总容量 (MWe)	机组数	净装机总容量 (MWe)
阿根廷	2	935	1	692
亚美尼亚	1	376		
比利时	7	5 712		
巴西	1	626	1	1 245
保加利亚	6	3 538		
加拿大	21	14 902		
中国	3	2 167	1	
捷克共和国	4	1 648	2	1 824
芬兰	4	2 355		
法国	57	59 948	3	4 355
德国	20	22 282		
匈牙利	4	1 729		
印度	10	1 695	4	808
伊朗			2	2 146
日本	53	42 335	2	2 111
哈萨克斯坦	1	70		
大韩民国	12	9 770	4	3 220
立陶宛	2	2 370		
墨西哥	2	1 308		
荷兰	2	504		
巴基斯坦	1	125	1	300
罗马尼亚	1	650	1	650
俄罗斯联邦	29	19 843	4	3 375
南非	2	1 842		
斯洛伐克共和国	4	1 632	4	1 552
斯洛文尼亚	1	632		
西班牙	9	7 207		
瑞典	12	10 040		
瑞士	5	3 078		
联合王国	35	12 928		
乌克兰	16	13 765	5	4 750
美国	110	100 579		
世界总计*	443	351 475	35	27 028

* 上表为截至 1997 年 5 月的世界核电数据。总计中包括中国台湾省正在运行的 6 台机组,其总装机容量为 4884MWe。
下表和图中的数据初步基于向 IAEA 提交的报告,可能会有变化。



部分国家的核电
占总发电量的份
额

IAEA 理事会 核准新的核保 障措施

在 5 月 15—16 日于维也纳举行的会议上,IAEA 由 35 个成员组成的理事会核准了供机构检查员核查有关国家履行其不生产核武器承诺时使用的新的强化核保障措施。目前已有 180 多个国家承诺要履行《不扩散核武器条约》(NPT)或类似条约规定的义务。在商定的一份《议定书》中,详细地列出了这些新措施。由于有了这份议定书,有关国家可能接受在其领土上进行更大力度的和更具侵入性的核查。

理事会主席加拿大的 Peter Walker 大使在 5 月 16 日举行的新闻发布会上评论理事会的这项行动时说:“这是 IAEA 成员国和秘书处经过五年的努力所获得的一项重大成就。”

各种不扩散条约都要求缔约国向 IAEA 申报其所有的核活动。新措施的主要目标是增强 IAEA 探知无核武器国家可能在暗中的核活动的能力,并因此增加人们对这些国家正在忠实履行其承诺的信赖程度。尽管该议定书是使无核武器国家中的核保障得到加强和更加有效的计划的一部分,但它也包含一些改进其他国家(包括核武器国家)中的核保障的措施。

新措施给检查员提供了更大的接触权——有权获得更多的有关这些国家现行的和计划中的核计划的资料,以及有权进入其领土上的更多的场所。检查员将不仅有权进入核场地,而且有权进入可能对核计划作出贡献的其他场所,例如研究或制造设施。新措施包括使用现代化技术,即通过环境取样跟踪核活动和远距离操作设在被检查国关键场所的监督和监测系统。还要求接受该议定书的国家简化接受检查员指

派的程序和对其签证的要求,从而便于在现场进行临时通知检查。许多新措施已在乐意合作的成员国中进行过广泛的现场试用,并以根据 IAEA 现有的法定权限实施的强制性步骤为基础。IAEA 还期望,这些新措施的实施将使其核保障资源使用的效率比更高。

IAEA 总干事汉斯·布利克斯表示欢迎理事会的这项行动,他在维也纳说:“由于此项决定,核保障史上将掀开一个新篇章。一旦有关国家表示赞同,秘书处就准备着手实施。”他指出,理事会的这项行动使过去几年中按两部分措施开展的大量核保障开发工作达到了高潮。理事会 1995 年 6 月核准的、现正在实施的第一部分,是根据机构现有的法定权限就能实施的加强性措施。

美国新闻发布会。美国大使 John B. Ritch III 在 5 月 16 日于维也纳召开的新闻发布会上说,美国打算适用该议定书的全部条款,但在这些条款涉及直接与国家安全有关的资料和场所的情况下则另当别论。美国作为 5 个公开的核武器国家之一,与 IAEA 签有“自愿提交”核保障协定。根据此协定,美国 200 多个民用核设施公开接受 IAEA 检查。美国总统克林顿 5 月 16 日于华盛顿发表了一项声明,称赞 IAEA 及其成员国核准了新的核保障措施,并说他将设法制定在美国实施该议定书可能需要的法律。他敦促“所有国家尽快正式通过与其自己的核保障协定相适应的议定书或作出具有法律约束力的其他安排,以使新的核保障体系开始实施。”

核责任和废物 安全会议

IAEA 已计划在 1997 年 9 月初举行两次外交会议。即将召开的这两次会议,是使有关国家正式通过就核责任和废物安全这两个主题已谈成的两个最终法律文件文

本。

核责任。有关核损害责任的外交会议拟定在 9 月 8—12 日于维也纳举行。在 IAEA 的主持下,有关国家已谈成同时

用于修订国际核责任制度的两个法律文件——修正 1963 年《维也纳公约》的议定书草案和《补充筹资公约》。

乏燃料和放射性废物管理的安全。有关《乏燃料管理的安全和放射性废物管理的安全的联合公约》外交会议拟定于 9 月 1—5 日举行。该联合公约涵盖民用部门的各种应用,包括作为后处理活动的一部分存放在后处理设施中的乏燃料。为了在世界范围内实现并保持高的安全水平,该联合公约责成缔约国采取合适的步骤,以确

保放射性废物和乏燃料的管理是安全的和与环境相容的,并预防具有放射学后果的事故。要求缔约国向定期召开的审议会议提交有关为履行其在该公约中的义务而采取的措施的本国报告。

六月理事会还审议了行政和预算委员会提出的推荐意见和有关以下几方面的其他一些议程项目:核保障的实施情况;技术合作活动;机构总干事的任命和定于 9 月 29 日在维也纳召开的 IAEA 大会第 41 届常会。

由 35 个成员组成的 IAEA 理事会,6 月份推选在埃及外交部领有大使职衔的 Mohamed M. ElBaradei 博士为接替机构总干事汉斯·布利克斯博士的后选人。理事会推荐的对 ElBaradei 博士的任命书现已提交给 IAEA 大会,大会将于 9 月 29 日在维也纳召开,并核准该项任命。该项任命将于 12 月布利克斯博士的本届四年任期期满后生效,届时布利克斯博士将回到瑞典从事国际事务。布利克斯博士是 1981 年首次被任命为 IAEA 总干事的,已连任了四届。

ElBaradei 博士目前是 IAEA 负责对外

关系的总干事助理。自 1984 年以来,他在 IAEA 担任过许多高级职务,在联合国系统内外具有丰富的专业服务和国际服务经历。他在 IAEA 的经历包括担任机构法律顾问和法律处处长,以及 IAEA 总干事驻纽约联合国总部的代表。他还作为他的国家的或 IAEA 的代表参加过广泛的多边活动,其中包括参加联合国大会、安理会、裁军委员会、不扩散核武器条约审议大会、拉丁美洲禁止核武器机构,以及非洲统一组织和起草非洲无核武器区条约的联合国专家组的工作。



Mohamed M. ElBaradei
博士

IAEA 总干事汉斯·布利克斯在 5 月份几个不同场合的讲话中,促请人们注意与全球安全与发展、可持续的能源供应和核能的前景等有关的一些重大问题。

世界核运营者协会大会,布拉格。布利克斯博士要求在进一步提高核电厂的安全性和实绩以及扩大对核电的环境效益的了解方面进行合作性努力。他说,当前的能源供应尚未进入可持续的轨道。尽管 1992 年的地球首脑会议正式通过了《气候公约》,

但二氧化碳排放量仍在增加,据推测,由能源引起的二氧化碳排放量在今后 12 年里将增加近 50%。他说,尽管核电不是减少这种排放量的唯一手段,但由于核电厂不向空气中排放二氧化碳,因而它必然会是对策中一个“不可缺少的部分”。他说,依靠核动力的国家已经取得了十分显著的环境效益,并援引了法国、瑞典和其他地方的经验。他指出,如果世界核电厂被规模相当的燃煤电厂所替代,则全球的二氧化碳排

IAEA 总干事的发言

放量就会增加约9%。布利克斯博士还回顾了扩大核安全和核废物管理领域的国际法律框架方面取得的显著进展。他说,“今天我们可以说,核安全问题确已成了国际性问题,加强核和辐射的安全是一项国际合作性工作”。

禁止化学武器组织(OPCW)缔约国大会首次会议,海牙。布利克斯博士欢迎《化学武器公约》(CWC)生效并视其为迈向世界逐步消除大规模杀伤性武器的更深入一步。他指出,在OPCW成立之前,IAEA被誉为是进行就地核查军备控制承诺的唯一国际组织。他说,随着国际关系的进一步缓和,世界的军备控制制度已在九十年代从双边走向多边,CWC和《全面核禁试条约》就是最好的例证。他表示深信OPCW能够有效地核查对CWC承诺的遵守情况,并指出,在起草该公约和建立OPCW的过程中,IAEA在核保障领域的正反经验一直是使人感兴趣的。他在回顾核核查领域的重大发展时列举了旨在加强IAEA核保障体系的大量措施及冷战后的一个时期中正在出现的新的可能的核查作用。展望未来,布利克斯博士要求进一步加强国际核查机构之间的合作,以增加有效性和提高效率。尽管有些类型的核查专业性很强,但某些核查技术和任务对于正在运行的或计划建立的许多核保障体系来说是通用的。作为例子,他列举了含糊不清的“两用”设备问题;现场检查的权限和组织工作;使用远程监测设备问题;空中侦察的管理;和高空成像的判读。

布鲁诺·克赖斯基讨论会,维也纳。在与纪念IAEA成立40周年有关的一项活动中,布利克斯博士在关于防止核能的破坏性使用和开发其建设性潜力之任务的克赖斯基讨论会上发表了讲话。他除回顾了与核电厂运营和放射性废物管理有关的安

全性事宜方面正在采取的一些步骤外,还回顾了核技术和核工艺的诸多有益应用。关于控制原子能的军用问题,他着重强调了四项不同的任务:实现进一步缩减核武库和核查削减情况;实现普遍加入核禁试;鼓励更多的国家保证放弃核武器选择;和实现对核材料的充分控制,以防止统治者或恐怖分子制造任何核弹。

利用核能淡化海水学术讨论会,大田。布利克斯博士在大韩民国举行的学术讨论会的开幕式上说,他确信核能今后将越来越多地用于淡化海水以便生产可饮用水。由于经济发展、人口增加和污染,世界许多地方的可饮用水受到限制。因此,许多国家的政府正在寻找成熟的和经济上可行的淡化海水技术。布利克斯博士列举了日本和哈萨克斯坦的例子,这两国的核电厂附属淡化设施生产淡化水已有一些年头。还有一些国家的或双边的项目可能导致这种技术的更广泛的商业使用,在下个世纪增加饮用水的供应。

中国核合作研讨会,北京。布利克斯博士称赞了中国增加核能的使用量以增加核能在其能源中的份额的计划。他指出,中国已通过了一项减少对煤炭的依赖的政策,到2020年,来自煤炭的发电量要从70%降至50%。多年来,因为矿物燃料(例如天然气和石油)的价格较低,人们喜欢用它们来发电。然而,这些矿物燃料的储量是有限的,人们不可再忽视它们对环境和健康的影响以及需付出的其他代价。布利克斯博士说,可再生的和高效的能源在未来将日益重要。在未来的能源结构方案中,完全取消核电选择是一个严重的错误。他表示,他本人确信,如果技术先进的国家提高其能源结构中的核份额,就会使因欠发达地区增加矿物燃料使用量而引起的环境损害减少。

核燃料循环学术讨论会议程中的能源问题

没人怀疑世界人口将在廿一世纪继续大幅度增加,他们对能源的需求也会大幅度增长。问题是,如何供应这么多的能源?就这方面而言,核能部分看来会是怎样?所需的燃料能得到吗?该用宣布为军需所剩之钚或来自乏燃料之钚做些什么呢?这些均是关于“核燃料循环和反应堆战略:适应新现实”学术讨论会上所讨论的问题。这次学术讨论会是1997年6月3—6日在维也纳IAEA总部举行的,有150多位来自世界各国政府和工业界的高级专家参加了会议。

2050年的能源前景是会议第一天讨论的一篇主题论文的议题。鉴于针对这么大的时间跨度所作的推测显然会受许多可变因素的影响,因此论文中给出了三种不同的情景。今天所能说的是,对四种主要能源——煤、天然气、石油和铀——来说,到时候仍然还有探明储量,但是其价格肯定更贵,这不包括新发现的可以经济地开采的大型储量。就核方面而言,即使铀储量缩减和铀价更贵,但仍有许多方法可确保现有的和新建的热堆能获得燃料。包括通过

降低富集过程中的“尾料丰度”从天然铀中提取更多的可裂变铀-235,加深燃料在反应堆中的燃耗和使用铀和再循环钚的混合物燃料(称作混合氧化物燃料或MOX燃料)。还有一个问题是,边烧钚边产钚的快堆在商用发电方面可以起多大的作用。一篇主题论文认为这是可以设想的,但在2030年前做不到。三个国家——法国、日本和俄罗斯——仍在开发这种技术。

这次学术讨论会还研究了钚的使用问题。就这个问题而言,讨论了在处置以前的武器材料方面的国际合作问题和在可预见的未来钚在何种程度上可能需要作为一种能源的问题。涉及的其他问题是必要的核保障规定和钚可能作为一种能源使用给健康、安全和环境带来的后果。这些主题论文是各方面的国际与会者编写的。最后一天发表了一份会议总结;它可以通过《IAEA的世界原子》因特网服务器(地址是<http://www.iaea.org>)获得。还可以向IAEA核动力和燃料循环处索取更详细的资料。

核技术用于增进动物健康和提高动物生产率

生物技术和有关领域的发展正在帮助世界上的兽医和研究人员解决影响牲畜健康和生产率的问题,尤其是在发展中国家里。在最近由IAEA和联合国粮农组织(FAO)联合主办的一次学术讨论会——关于使用核和有关技术诊断和防治牲畜疾病的国际学术讨论会——上,来自发展中国家和工业化国家的一百多位科学家讨论了有效地诊断和防治牲畜疾病的技术和战略。这样的技术包括牲畜生产和健康的研究中应用的核技术及有关方法。

在1997年4月7—11日于维也纳IAEA总部召开的这次学术讨论会上,讨论了与血清学、分子生物学、流行病学、社会

与经济因素和影响动物疾病的研究与防治的信息技术等方面有关的课题。在血清学方面,除讨论了酶联免疫吸附测定(ELISA)的一般效应外,还集中讨论了它在牛瘟、口蹄疫、布鲁士菌病和锥体虫病方面的具体应用;在动物方面可以从事的各种试验的开发;能立即提供疾病状况数据的生物传感器的使用;作为单一性试剂的单克隆抗体的影响。在分子生物方面,科学家们研讨了分子技术的最新发展;聚合酶链锁反应技术在诊断学和分子流行病学方面的应用,该技术能够绝对地鉴别遗传情况和异常疫苗情况下的致病因素。在流行病学方面,这次学术讨论会概括地介绍了

对不同群体中的疾病的新观点;研讨了用在获取疾病信息方面使用的各种试验的质量保证方面的问题;讨论了地理信息系统,该系统可用于绘制疾病类型和有关因素的地图;以及探讨了环境对疾病分布的影响。关于社会和经济因素,与会者讨论了不同的饲养制度对与疾病管理有关的各种问题的影响;评议了疾病防治方面的代价-利益分析;和研究了科学家的培训需要。在信息技术方面,会议概括地介绍了利用计算机和电话交换信息、储存和分析数据以及从事培训和管理的可行性。

与会者在讨论从新技术中获得的各种

收益时均认为,使用新的现代化技术本身未必一定有益。相反,应根据本国的发展程度,细心地研究如何最恰当地和最可行地使用资源。他们在分析发展中国家的实际需要时进一步强调指出应认识到科学和研究要面向问题的重要性以及认真考虑“常规的”和“高技术的”应用的重要性。科学家们还进一步强调,在鉴别和防治疾病方面,什么都不如国家有良好的兽医基础设施和受过良好培训与积极肯干的工作人员。IAEA即将出版这次学术讨论会的文集。更详细的资料可向维也纳 IAEA 总部的 FAO/IAEA 联合处索取。

了解气候的变化

大气的变化深受人类活动的影响。借助同位素测量研究例如冰芯和沉积物所得的历史记录,大大有益于分析这种变化。为了探讨同位素在了解影响气候变化的复杂过程方面所能起的独特作用,IAEA 在 1997 年 4 月 14—18 日于维也纳召开了“国际同位素技术在水圈和大气圈古今环境变化研究中的应用”学术讨论会。

在该学术讨论会的开幕式上,IAEA 总干事汉斯·布利克斯对由于燃烧矿物燃料产生的 SO_2 、 NO_x 和 CO_2 等有害气体的浓度日益增加表示关切。他说,核能是经济上可行的能源并且满足了全世界 17% 的电力需求,它不排放会威胁全球气候的污染气体。他还着重指出,IAEA 的同位素水文学计划正在帮助一些国家评估、更加全面地了解和管理它们的水资源,尤其是水资源受到环境变化影响的地区。

参加这次学术讨论会的科学家共有 180 人,他们来自 46 个成员国、联合国教科文组织(UNESCO)、粮农组织(FAO)、世界气象组织(WMO)、世界气候研究计划

(WCRP) 和国际地圈—生物圈计划(IGBP)。总共介绍了 65 篇科学论文和 59 份宣传画报,反映了在测量大气层和全球生态系统的变化方面和确定人为影响方面所做出的科学努力。对天然档案(例如深部的冰芯、古代地下水、湖泊沉积物或有机物)的同位素测量是成功地重建过去的气候和环境变化的先决条件。只有这种知识才能定量地推导出最近的将来会发生什么事情。例如,现有的模型表明,全球的温度在过去一万年里升高了约 5°C 。因此,这些资料除了用于预测可能发生的洪水和旱灾以外,还能用于预测气候对森林生态系统、沙漠化和水资源的影响。从本次学术讨论会上还可以清楚地看出,同位素测量技术对于精确测定大气中温室气体的积聚情况(尤其是它们的源和汇)是必不可少的,这种测量是为了能够预测和鉴别气候变化的影响。IAEA 即将出版这次学术讨论会的文集。更详细的资料可向 IAEA 同位素水文学科索取。

纪念 Stephane Drege

1922 年 8 月 16 日—1997 年 5 月 2 日



Stephane Drege 于 1997 年 5 月 2 日在西班牙马拉加逝世，享年 74 岁。噩耗传来，从巴黎到纽约、从日内瓦到维也纳以及其他地方人们发出了一片惋惜声，其中包括他的奥地利妻子 Monika 和他在世界各地的许多朋友和同仁们。Stephane 是一位语言学家，他的法语、英语、西班牙语、德语、葡萄牙语和意大利语都很流利，他在过去十年中的大部分时间里担任过翻译、审校和《IAEA 通报》法文版的“驻地编辑”。他工作出色，独具特色，无人可比。他的敏感性、专业经验和在科学术语、核问题和全球发展方面的知识证实了这一箴言，即一个好的翻译是“编辑的最好朋友”。他发现错误、校正误译和与编辑及作者一起用他们的母语（不单是他的母语）阐明复杂的技术术语和概念。

Stephane 从巴黎大学毕业后到卡萨布兰卡法军中服役，其后不久，于 1946 年作为设在纽约的联合国总部的一名译员，开始了他的国际职员生涯，他是联合国从事语文工作的先驱之一。十年之后，他回到巴黎，领导《读者文摘》法文版编辑部，直到他接受巴黎 Berlitz 学校的类似工作职位。1964 年 3 月，他参加了 IAEA 的工作，晋升为法文翻译科的首席审校，连续工作了 14 年。后来，他还在联合国工业发展组织 (UNIDO) 和联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 等国际组织中工作过。

《IAEA 通报》五种语文版本的工作人员以及认识 Stephane 的所有其他人都一致称赞他。他利用其语言方面的才干曾翻译过多位总统、君主、诺贝尔奖金得主和总干事的大量文章，他的生命和工作将永远留在这些翻译的文字中。我们将永远记住他的友谊和他对人们的热爱、他的献身精神的和出色的服务以及丰富的和永远的“生活乐趣”。——《通报》英文版编者。

《核安全公约》的缔约国已针对同行审议缔约国论述确保核电厂安全的措施的国家报告建立了框架。该公约的 34 个缔约国在 4 月 21—24 日于 IAEA 召开了会议，其中有 26 个国家运营着核电厂，他们决定 1999 年 4 月 12 日为首次审议会议的开幕日，并决定提交国家报告的日期不得迟于 1998 年 9 月 29 日。上述 34 个缔约国还正式通过了审议会议的议事规则和财务规则；关于国家报告的细则；和涉及审议过程本身的细则。这次会议的主席是瑞典核动力检查局局长 Lars Högberg 先生，副主席是大韩民国核安全研究所副所长 Young

Soo Eun 先生。

1996 年 10 月生效的《核安全公约》适用于陆基核电厂。制定该公约的目的是从法律上使参与国承诺通过制定缔约国赞同的国际基准来维持高的安全水平。缔约国的义务涵盖，比如，电厂选址、设计、建造、运行、安全分析和核实、质量保证、应急准备和法律法规与监管事宜。作为一种鼓励性文件，《核安全公约》是建立在缔约国在达到和维持核电厂的较高安全水平方面的共同利益的基础之上的。到 1997 年 5 月为止，已有 37 个国家接受、批准或核准了《核安全公约》，有 65 个国家签署了该公约。

核安全审查会议

纳米比亚:参加机构的反贩卖计划

现在已有 50 个国家参加 IAEA 支持全球反非法贩卖核材料和其他放射源的计划。4 月初,纳米比亚成为最近一个参加这个计划的国家。这个计划包括开发和运作有关非法贩卖事件的资料的可靠数据库。1996 年 10 月以来,IAEA 一直向其成员国和在此领域与机构一起工作的一些国际组织,提供已被证实的一些事件的权威性总结资料。大部分迄今已被证实的事件涉及一些个人,他们试图非法出售医疗或工业中使用的放射源,这些源的擅自使用或移动会对公众健康构成危险。其他一些事件涉及从个人手中没收的武器级材料的样品。

IAEA 的这个计划包括若干个与预防、响应、培训和信息交流有关的部分。虽然反非法贩卖的主要责任由各国政府和主管部门承担,但采取有效的行动需要各国和诸如 IAEA 等国际组织之间的密切合作。近几年,各国已要求机构以各种不同方式帮助有关国家、地区和国际主管部门。除运作这个数据库外,IAEA 的活动还包括帮助各国发展国家核材料控制系统和提供与实物保护领域有关的技术支持。此外,该计划还涉及与处于反非法贩卖斗争第一线的组织,特别是执法机构和主要负责探测和预防的海关主管部门建立更密切的合作。

大韩民国:淡化海水

尽管世界上可饮用水供过于求,但水资源的分布却不均匀。一些国家有着充足的供应,但更多的国家每天面临着严重的

缺水。日益明显的趋势是,许多国家正把海洋看作水供应的一个来源,并在某些情况下,把核动力作为淡化工厂可用的能源来源。基于国际上完成了对这个问题的研究,IAEA 于 1997 年 5 月 26—30 日在大韩民国大田召集了国际核能海水淡化学术讨论会。

最近几年,IAEA 不断收到其成员国要求它研究核反应堆用于海水淡化问题的请求。过去几十年内,世界利用常规能源来源进行海水淡化的装置已有显著增加。预计,许多地区和国家将扩大其海水淡化能力。过去导致将核能用于发电的各种诱因,预期现在也会成为海水淡化的诱因。这些诱因包括:经济竞争性;能源供应多样化;有限的化石燃料资源的保护;技术开发和通过消除引起酸雨的释放物来保护环境;和源于化石燃料燃烧的气候变化。

早在 60 年代,IAEA 就研究过利用核能进行海水淡化的可行性,并于 1968 年召开过一次国际学术会议。自那以来,国际上一直未就这个问题的讨论和信息交流举办过任何论坛。

1989 年,若干 IAEA 成员国对利用核能淡化海水重新燃起兴趣,导致 IAEA 大会通过一项决议:要求秘书处着手研究,以根据近来的经验评估用核动力淡化海水的技术和经济可能性。此后,这种兴趣一直为 IAEA 大会每年通过的关于核淡化的决议所确认。

在感兴趣的成员国的参加和支持下,已完成了若干关于利用核能淡化海水的可行性研究。除 IAEA 自身的研究外,一些有关核淡化的双边活动和国家活动也在进行中,以证实核淡化的可行性和经济价值。

IAEA 学术讨论会总结了全球可饮用水需求,介绍了最新淡化系统技术的新

情况,并报告了 IAEA 和其他一些国际组织的有关活动。关于各国在此领域的经验,参加者逐一审议了正在执行和已拟定的核海水淡化计划的现状和研究与开发活动,并提供了三个方面的详细概述:淡化用核反应堆的设计和安全性;不同的淡化工艺;和核反应堆与淡化系统的一体化。讨论涉及了与下列诸项有关的课题:淡化装置的运行、维护和对环境的影响;水生产成本;和核淡化系统的前景,包括其潜在市场和潜在用户的期望和要求。

波兰:辐射技术和环境保护

IAEA 将于 1997 年 9 月 8—12 日,在波兰的扎科帕内召开辐射技术用于保护环境的国际学术会议。辐射加工利用的高能电离辐射,主要是来自钴-60 的 γ 射线和来自电子加速器的高能电子。工业过程所需的辐射功率一般在 10 千瓦到几百千瓦之间。这项技术在许多国家的工业中广泛应用已达 30 多年。

辐射技术对环境的有益影响和应用这种技术保护环境的机会几十年来一直为人们所认可,并且一直是人们广泛研究的课题。机构多年来在此领域一直积极工作,促进辐射技术的新发展,以及有关的培训、推广和传播等活动的开展。1992 年 3 月,机构曾在德国卡尔斯鲁厄举办国际同位素和辐射在环境保护中应用学术讨论会。与会者约 90 人,代表 30 个成员国。辐射技术是这次会议上讨论的若干课题之一(其他课题包括同位素在环境污染监测中的应用;放射性示踪剂研究;和核分析技术)。自那以后,辐射加工技术取得了若干新进展。新辐射源已可以利用。在一些国家里,烟道气辐

射净化技术得到成功论证,导致工业规模设施的建立。利用电离辐射处理液态和固态废物,也成为许多研究机构积极研究的课题。辐射化学的环境应用,愈来愈被人理解。

这次学术讨论会将使许多科学家、工艺学家、工业家和监管部门官员聚集到一起。会议的一个具体目标是考虑发展中国家在辐射加工的应用研究方面的潜在需求,和促进、传播这类技术的机制。

巴西:核技术在农业中的应用

IAEA 和粮农组织(FAO)将于 1997 年 10 月 27—31 日在巴西皮拉西卡巴,联合为拉美地区举办一次地区研讨会。这个研讨会的议题是借助核技术优化养分和水分的利用以及以环境可接受的方式最大限度地提高植物生产率。FAO/IAEA 核技术在粮农中应用联合处为保障可持续的粮食供应,长期致力于开发涉及核方法的改良技术。这个处的土壤和水管理与作物营养科的任务是,通过种植/耕作制度中的一体化养分和水管理,增加和保持土壤肥力和作物产量,同时最大限度地降低对环境的不利影响。同位素和辐射技术常用于测量和监测土壤/植物系统中的养分和水分,以便开发合理的土壤、水和养分管理方法,和保持环境质量。核方法有助于更好地了解所涉及的各种过程和它们对环境的影响。在过去的 10 年中,现代仪器和合适的分析技术的开发,已促进这些核技术的适用性和有效性。这个研讨会将提供一个论坛来审议拉美地区在养分和水管理方面利用同位素和其他核技术,以最大限度提高植物生产率和保护环境所取得的最新进

各国动态

展。它的目标是:评估在利用核技术研究养分和水分管理的各种问题和与作物生产和可持续农业有关的环境问题方面取得的最新进展;给该地区内外的科学家提供机会,介绍他们借助同位素和辐射技术开发耕作制度中的一体化土壤、水分和养分管理方法方面的新经验和将来计划。

加拿大:燃料会议

加拿大核学会及其共同主办者在IAEA的配合下正在组织将于1997年9月21—25日在多伦多举行的国际坎杜堆燃料会议。这种燃料在过去30年内有着极好的性能记录,这次会议将探讨进一步改善燃料性能和改进未来设计的机会。预期设计者、制造者、模型制作者、研究人员和工程师们将参加一系列技术专题会议。主要议题包括燃料性能;燃料安全性;燃料设计和开发;燃料程序开发;燃料制造;燃料管理;燃料棒束热工水力学;和乏燃料管理。详细资料可向加拿大原子能有限公司燃料设计部(2251 Speakman Drive, Mississauga, Ontario, Canada, L5K, 1B2; 电话:(905) 823-9040; 传真:(905) 822-0567)索取。

印度:合作研究

在印度巴巴核研究中心(BARC)举行的一次研讨会上,来自亚太地区的水文学家和其他领域的科学家讨论了有关地下水污染的问题。这次会议是在该地区和平核发展地区合作协议赞助下组织召开的,并得到了澳大利亚核科学技术组织和澳大利

亚地质调查组织的支持。会议重点是关于污染物在深部地下水中的迁移,并特别提到在深层地质建造中进行高放废物和有毒化学废物处置的选址问题。

土耳其:新闻研讨会

在最近于土耳其安卡拉和梅尔辛举行的新闻研讨会上,核技术促进全球能源和环境目标的方式成为讨论的重点。于1997年5月下旬召开的这次研讨会,由IAEA、土耳其原子能局和土耳其电力局共同组织,是IAEA的一个由日本资助的预算外新闻计划的一部分。参加研讨会的有土耳其核能和能源官员、英国核宣传官员、政府官员、应邀记者和IAEA专家。研讨课题包括土耳其及欧洲能源展望;能源选择方案的比较性分析;核安全和环境影响;辐射和人体健康;废物管理;核能在医疗和其他领域的和平应用;和核发展与大众传媒。

土耳其研讨会主席台(来源:Lourido/IAEA)



NEW IAEA APPOINTMENTS. Two new appointments have been announced by the IAEA. Mr. Steffen Groth, of Denmark, has been appointed Director of the IAEA's Division of Human Health in the Department of Research and Isotopes, succeeding Mr. Alfredo Cuaron of Mexico. Ms. Denise Loehner, of France, has been appointed Director of the IAEA's Division of Scientific and Technical Information, Department of Nuclear Energy, succeeding Ms. Joyce Amenta of the United States.

EARTH SUMMIT REVISITED. The Special Session of the United Nations General Assembly to Review and Appraise the Implementation of Agenda 21 is opening in New York 23 June. In its contributions, the IAEA is emphasizing the practical environmental benefits that countries are realizing from nuclear applications in fields of agriculture, industry, and science, and the actual and potential role of nuclear power in achieving environmental and development goals.

RADIATION SAFETY. Issues of radiation safety and emergency response are among those featured at an international conference being organized in Brazil later this year. The Brazilian Nuclear Energy Commission (CNEN) is convening the International Conference on the Radiological Accident in Goiânia — Ten Years Later, 26-31 October 1997. The meeting, in which the IAEA is participating, will provide a forum for the exchange of knowledge and experience gained after radiological accidents. Topics include the control of radioactive sources; emergency planning and response; legislative and regulatory frameworks; medical and psychological aspects; and waste management, transport, and disposal. Also planned are technical tours of the accident site in Goiânia and the final waste disposal facility constructed outside the city. More information may be obtained from CNEN, Rua General Severiano, 90 -sala 402, CEP: 22.294-900, Rio de Janeiro, Brazil. The facsimile is +55-21-295-1745.

REGIONAL AND INTERNATIONAL APPOINTMENTS. The Paris-based Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Cooperation and Development has named a new Director General. He is Mr. Luis

Enrique Echavarri of Spain, most recently the Director General of the Spanish Nuclear Industry Forum. He takes up his new duties as of 1 July. In The Hague, the First Session of the Conference to the States Parties to the Chemical Weapons Convention has appointed diplomats to key positions. Ambassador José Maurício Bustani, of Brazil, was appointed as the first Director General of the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons, which supervises the Convention's implementation, and Ambassador Prabhakar Menon, of India, was appointed as the first Chairman of the OPCW's 41-member Executive Council, which will oversee the day-to-day functioning of the OPCW. In New York, Australian Ambassador Richard Butler became the new Head of the United Nations Special Commission on Iraq set up by the Security Council following the Gulf war in 1991. He succeeds Swedish Ambassador Rolf Ekeus, who will become his country's ambassador in Washington.

WORLD HEALTH REPORT. People are living longer throughout the world because of global strides in controlling infectious diseases, the World Health Organization reports, but not all the news is good. In its *World Health Report 1997*, WHO warns that non-communicable illnesses — chiefly cancer, heart disease, and diabetes — are posing increasingly heavy health burdens, especially in developing countries. The Report calls for "an intensified and sustained" global campaign to attack main risk factors and to encourage accelerated medical research. More information may be obtained from the WHO, CH-1211, Geneva 27, Switzerland.

ENERGY OUTLOOK. The US Energy Information Administration (EIA) has issued its latest assessment of international energy markets. The *International Energy Outlook 1997* looks at the timeframe to the year 2015 and presents historical energy data from 1970-95. Specific projections of energy use, carbon emissions, and oil production are presented, and prospects for nuclear and other energy sources are discussed. More information may be obtained from EIA's National Energy Information Center, Forrestal Building, Room 1F-048, Washington, DC 20585, USA. Internet: <http://www.eia.doe.gov>.

ON LINE DATABASES

OF THE INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY



Database name
Power Reactor Information System (PRIS)

Type of database
Factual

Producer
International Atomic Energy Agency
in co-operation with
29 IAEA Member States

IAEA contact
IAEA, Nuclear Power Engineering
Section, P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Telephone (43) (1) 2060
Telex (1)-12645
Facsimile +43 1 20607
Electronic mail via
BITNET/INTERNET to ID:
NES@IAEA I.AEA.OR.AT

Scope
Worldwide information on power reactors
in operation, under construction, planned
or shutdown, and data
on operating experience with nuclear
power plants in IAEA
Member States.

Coverage
Reactor status, name, location, type,
supplier, turbine generator supplier,
plant owner and operator, thermal
power, gross and net electrical
power, date of construction start,
date of first criticality, date of first
synchronization to and, date of commer-
cial operation, date of shutdown,
and data on reactor core characteristics
and plant systems; energy produced;
planned and unplanned energy
losses; energy availability and unavailabil-
ity factors; operating
factor, and load factor.



Database name
International Information System for
the Agricultural Sciences and
Technology (AGRIS)

Type of database
Bibliographic

Producer
Food and Agriculture Organization of
the United Nations (FAO) in
co-operation with 172 national,
regional, and international AGRIS
centres.

IAEA contact
AGRIS Processing Unit
c/o IAEA, P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Telephone (43) (1) 2060
Telex (1)-12645
Facsimile +43 1 20607
Electronic mail via
BITNET/INTERNET to ID:
FAS@IAEA I.AEA.OR.AT

**Number of records on line from
January 1993 to date**
more than 130 000

Scope
Worldwide information on agricultural
sciences and technology, including
forestry, fisheries, and nutrition.

Coverage
Agriculture in general; geography
and history; education, extension,
and information; administration and
legislation; agricultural economics;
development and rural sociology;
plant and animal science and production;
plant protection; post-harvest
technology; fisheries and agriculture; agri-
cultural machinery and engineering; natu-
ral resources; processing of agricultural
products; human nutrition; pollution;
methodology.



Database name
Nuclear Data Information System (NDIS)

Type of database
Numerical and bibliographic

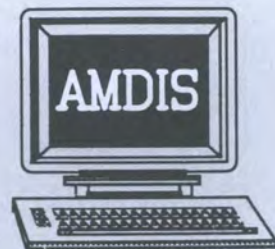
Producer
International Atomic Energy Agency
in co-operation with the United
States National Nuclear Data Centre
at the Brookhaven National
Laboratory, the Nuclear Data Bank
of the Nuclear Energy Agency,
Organisation for Economic
Co-operation and Development in
Paris, France, and a network of 22
other nuclear data centres worldwide

IAEA contact
IAEA Nuclear Data Section,
P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Telephone (43) (1) 2060
Telex (1)-12645
Facsimile +43 1 20607
Electronic mail via
INTERNET to ID:
ONLINE@IAEAND.IAEA.OR.AT

Scope
Numerical nuclear physics data files
describing the interaction of radiation
with matter, and related bibliographic data.

Data types
Evaluated neutron reaction data in
ENDF format; experimental nuclear
reaction data in EXFOR format, for
reactions induced by neutrons,
charged particles, or photons; nuclear
half-lives and radioactive decay data
in the systems NUDAT and ENSDF;
related bibliographic information
from the IAEA databases CINDA
and NSR; various other types of data.

*Note: Off-line data retrievals from
NDIS also may be obtained from the
producer on magnetic tape.*



Database name
Atomic and Molecular Data
Information System (AMDIS)

Type of database
Numerical and bibliographic

Producer
International Atomic Energy Agency
in co-operation with the International
Atomic and Molecular Data Centre
network, a group of 16 national data
centres from several countries.

IAEA contact
IAEA Atomic and Molecular Data
Unit, Nuclear Data Section
Electronic mail via
BITNET to: RNDIS@IAEA;
via INTERNET to ID:
PSM@RIPCRS01.IAEA.OR.AT

Scope
Data on atomic, molecular,
plasma-surface interaction, and
material properties of interest to
fusion research and technology

Coverage
Includes ALADDIN formatted data
on atomic structure and spectra
(energy levels, wave lengths, and
transition probabilities); electron and
heavy particle collisions with atoms,
ions, and molecules (cross sections
and/or rate coefficients, including, in
most cases, analytic fit to the data);
sputtering of surfaces by impact of
main plasma constituents and self
sputtering; particle reflection from
surfaces; thermophysical and
thermomechanical properties of
beryllium and pyrolytic graphites.

*Note: Off-line data and bibliographic
retrievals, as well as ALADDIN
software and manual, also may be
obtained from the producer on
diskettes, magnetic tape, or hard copy.*

For access to these databases, please contact the producers. Information from these databases also may be purchased from the producer in printed form. INIS and AGRIS additionally are available on CD-ROM. For the full range of IAEA databases, see the Agency's WorldAtom Internet services at <http://www.iaea.org>.



Database name

International Nuclear Information System (INIS)

Type of database

Bibliographic

Producer

International Atomic Energy Agency
in co-operation with 91 IAEA
Member States and 17 other
international member organizations.

IAEA contact

IAEA, INIS Section, P.O. Box 100,
A-1400 Vienna, Austria
Telephone (+431) 2060 22842
Facsimile (+431) 20607 22842
Electronic mail via
BITNET/INTERNET to ID:
ATIEH@NEPOLIAEA.OR.AT

**Number of records on line from
January 1976 to date**
more than 1.6 million

Scope

Worldwide information on the
peaceful uses of nuclear science and
technology; economic and
environmental aspects of other energy
sources.

Coverage

The central areas of coverage are
nuclear reactors, reactor safety,
nuclear fusion, applications of
radiation or isotopes in medicine,
agriculture, industry, and pest
control, as well as related fields
such as nuclear chemistry, nuclear
physics, and materials science.
Special emphasis is placed on the
environmental, economic, and
health effects of nuclear energy, as
well as, from 1992, the economic
and environmental aspects of
non-nuclear energy sources. Legal
and social aspects associated with
nuclear energy also are covered.

INIS

ON CD-ROM



The IAEA's
nuclear science
and
technology
database on
CD-ROM

5000 JOURNALS

MORE THAN 1.6 MILLION RECORDS

6 COMPACT DISCS

INIS (the International Nuclear Information System) is a multi-disciplinary, bibliographic database covering all aspects of the peaceful uses of nuclear science and technology. INIS on CD-ROM combines the worldwide coverage of the nuclear literature with all the advantages of compact disc technology.

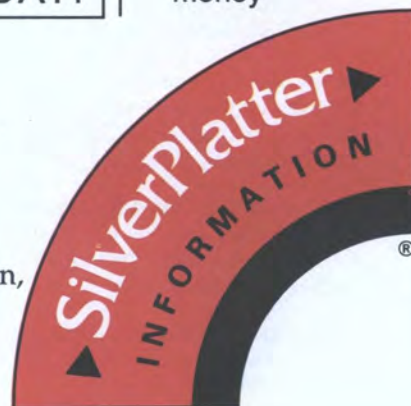
Call +44 (0)81 995 8242 TODAY!

*for further information
and details of your local distributor*

or write to
SilverPlatter Information Ltd.
10 Barley Mow Passage, Chiswick, London,
W4 4PH, U.K.
Tel: 0800 262 096 +44 (0)81 995 8242
Fax: +44 (0)81 995 5159

CD-ROM means

- ◆ unlimited easy access
- ◆ fast, dynamic searching
- ◆ fixed annual cost
- ◆ flexible downloading and printing
- ◆ desktop access
- ◆ easy storage
- ◆ saving time, space and money



Reports and proceedings

The International Conference on Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research, *Proceeding Series*, 2640 Austrian schillings, ISBN 92-0-100797-3

Reviewing the Safety of Existing Nuclear Power Plants, *Proceeding Series*, 1920 Austrian schillings, ISBN 92-0-105296-0

Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning, *Technical Report Series No. 382*, 440 Austrian schillings, ISBN 92-0-100697-7

Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material - 1996 Edition, *Safety Standards Series No. ST-1/Requirements 680* Austrian schillings, ISBN 92-0-104996-X

The Use of Plane-Parallel Ionization Chambers in High-Energy Electron and Photon Beams, *Technical Reports Series No. 381*, 440 Austrian schillings, ISBN 92-0-104896-3

Planning and Operation of Low Level Waste Disposal Facilities, *Proceedings Series*, 1720 Austrian schillings, ISBN 92-0-104496-8

Environmental Behaviour of Crop Protection Chemicals, *Proceedings Series*, 1520 Austrian schillings, ISBN 92-0-104596-4

Characterization of Radioactive Waste Forms and Packages, *Technical Reports Series No. 383*, 480 Austrian schillings, ISBN 92-0-100497-4

Reference Books/Statistics

IAEA Yearbook 1996, 500 Austrian schillings, ISBN 92-0-101295-0

Nuclear Power, Nuclear Fuel Cycle and Waste Management: *Status and Trends 1996. Part C of the IAEA Yearbook 1996*, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-102196-8

Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2015, *Reference Data Series No. 1*, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-102896-2

The Nuclear Fuel Cycle Information System: *A Directory of Nuclear Fuel Facilities*, 1996 Edition, 920 Austrian schillings, ISBN 92-0-101096-6

Nuclear Research Reactors in the World, *Reference Data Series No. 3*, 200 Austrian schillings, ISBN 92-0-104696-0.

HOW TO ORDER SALES PUBLICATIONS

IAEA books, reports, and other publications may be purchased from the following sources, or through major local booksellers. Payment may be made in local currency or with UNESCO coupons.

AUSTRALIA

Hunter Publications, 58A Gipps Street, Collingwood, Victoria 3066

BELGIUM

Jean de Lannoy, 202 Avenue du Roi, B-1060 Brussels

BRUNEI

Parry's Book Center Sdn. Bhd., P.O. Box 10960, 50730 Kuala Lumpur, Malaysia

CHINA

IAEA Publications in Chinese: China Nuclear Energy Industry Corporation, Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing

CZECH REPUBLIC

Artia Pegas Press Ltd., Palác Metro, Narodni tr. 25, P.O. Box 825, CZ-111 21 Prague 1

DENMARK

Munksgaard International Publishers P.O. Box 2148, DK-1016 Copenhagen K

EGYPT

The Middle East Observer, 41 Sherif Street, Cairo

FRANCE

Office International de Documentation et Librairie, 48, rue Gay-Lussac, F-75240 Paris Cedex 05

GERMANY

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Dag Hammarskjöld-Haus, Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn

HUNGARY

Librotrade Ltd., Book Import, P.O. Box 126, H-1656, Budapest

INDIA

Viva Books Private Limited, 4325/3, Ansari Road, Darya Ganj, New Delhi-110002

ISRAEL

YOZMOT Literature Ltd., P.O. Box 56055, IL-61560, Tel Aviv

ITALY

Liberia Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU", Via Coronelli 6, I-20146 Milan

JAPAN

Maruzen Company, Ltd., P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo International

MALAYSIA

Parry's Book Center Sdn. Bhd., P.O. Box 10960, 50730, Kuala Lumpur

NETHERLANDS

Martinus Nijhoff International, P.O. Box 269, NL-2501 AX, The Hague Swets and Zeitlinger b.v., P.O. Box 830, NL-2610 SZ Lisse

POLAND

Ars Polona, Foreign Trade Enterprise, Krakowskie Przedmiescie 7, PL-00-068 Warsaw

SINGAPORE

Parry's Book Center Pte. Ltd., P.O. Box 1165, Singapore 913415

SLOVAKIA

Alfa Press Publishers, Hurbanovo námestie 3, SQ-815 89, Bratislava

SPAIN

Díaz de Santos, Lagasca 95, E-28006 Madrid, Díaz de Santos, Balmes 417, E-08022 Barcelona

SWEDEN

Fritzes Customer Service, S-106 47 Stockholm

UNITED KINGDOM

The Stationery Office Books, Publications Centre, 51 Nine Elms Lane, London SW8 5DR

UNITED STATES AND CANADA

BERNAN ASSOCIATES
4611-F Assembly Drive, Lanham
MD 20706-4391, USA
Electronic Mail: query@bernan.com

Outside the USA and Canada, orders and information requests can also be addressed directly to:

International Atomic Energy Agency
Sales and Promotion Unit
Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100
A-1400 Vienna, Austria
Telephone: +43 1 2060 (22529, 22530)
Facsimile: +43 1 2060 29302
Electronic Mail:
SALESPUB@ADPO1.IAEA.ORG

Set-Up, Verify, Move On



Fast Gamma and Neutron Inspection Measurements in a Single System

Safeguards Inspectors make a wide array of verification measurements, involving multiple pieces of equipment. One of the biggest challenges facing the Inspector has been the need to juggle NaI detectors, HpGe detectors, neutron counters, MCAs and shift registers - while still taking the requisite measurements quickly and with minimal interruption to facility operations.

Canberra's safeguards systems simplify and accelerate this operation. Procedures for all NDA measurements - gamma and neutron - are part of an integrated software environment operated from a single host computer. The Inspector simply connects the instrument and selects the measurement procedure. The system does the rest - sets up the hardware, loads calibrations, and counts.

Key front end components - the InSpecor Multichannel Analyzer (IMCA) and neutron shift register (JSR-14) - are designed for portability, consistency and speeds operation. 100% computer control and sophisticated battery management facilitate the automated setup and fast portable operation.

The IMCA sets the pace for small size, light weight and lab grade performance. Built in uranium enrichment (enrichment meter and MGAU) and plutonium isotopic (MGA) procedures use predefined NaI, CdTe and HPGe detector setup files.

The JSR-14 combines multiplicity with coincidence counting capabilities together for fast, portable neutron measurements. Special features allow for installed operation as well. The JSR-14 may be configured to operate as a JSR-12 in coincidence mode or as a multiplicity counter using the supplied control and acquisition software that is Windows® compatible and easy to operate. Or operate the JSR-14 using any of the currently available routine neutron counting packages (NCCWIN, Multi, HLNC, etc.) or Canberra's full featured Neutron Assay Software (NAS).

Keep your Inspectors moving with the Canberra IMCA and JSR-14.

**CANBERRA**

Canberra Industries Inc., Nuclear Products Group, 800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 Toll Free 1-800-243-4422 FAX: (203) 235-1347 <http://www.canberra.com>

**ISO 9001
SYSTEM
CERTIFIED**

With Offices In: Australia, Austria, Belgium, Canada, Central Europe, Denmark, France, Germany, Italy, Netherlands, Russia, United Kingdom.

POSTS ANNOUNCED BY THE IAEA

NUCLEAR SAFEGUARDS INSPECTOR

(97/SGO-4), Division of Operations, Department of Safeguards. This P-4 post participates in the implementation of the Agency's safeguards system and functions as a safeguards inspector. The posts requires a university degree in chemistry, physics, engineering or electronics/instrumentation, or the equivalent, with at least ten years of relevant experience in the nuclear fuel cycle, processing of nuclear materials, material accounting or non-destructive analysis, preferably in plant operation conditions; national or international safeguards experience; demonstrated experience in the use of personal computers; proven supervisory ability. Knowledge of import/export controls, experience in environmental monitoring or in remote data transmission techniques is desirable. *Closing Date: 31 December 1997.*

NUCLEAR SAFEGUARDS INSPECTOR

(97/SGO-3), Divisions of Operations, Department of Safeguards. This P-3 post carries out Agency safeguards inspections at various nuclear facilities, and analyses, evaluates and reports on the results of such inspections; analyses and evaluates data collected from various sources including facility records, design information and reports submitted by States, inspection results and computerized databases. This post requires a university degree, or equivalent, with emphasis in a nuclear discipline; at least six years of relevant experience in the nuclear field, preferably in operation of nuclear facilities; demonstrated experience in the use of personal computers. *Closing Date: 31 December 1997.*

SENIOR TRAINING OFFICER (97/025),

Section for Safeguards Training, Division of Technical Services, Department of Safeguards. This P-4 post is responsible for the analysis, design, implementation and evaluation of the technical training activities offered by the Section for Safeguards Training. This post requires a university degree or equivalent, in sciences or engineering, with emphasis on a nuclear discipline; at least ten years of combined experience in the nuclear industry of which a minimum of four years must be as an international or national safeguards inspector: the candidate must have demonstrated ability to manage the learning situation effectively in relevant safeguards technical fields and be able to apply basic safeguards philosophy and regulations to various course elements; effective presentation skills is essential. *Closing date: 25 August 1997.*

SAFEGUARDS ANALYST (97/023), System

Studies Section, Division of Concepts and Planning, Department of Safeguards. This P-4 post participates in various studies related to the underlying requirements for effective safeguards, criteria for design, operation and evaluation, as well as implementation procedures for facilities; in inter-divisional efforts, Member States' assistance projects and international advisory and consultants' groups to solve safeguards implementation problems. It requires an advanced university degree, or equivalent, in nuclear, chemical or industrial engineering. At least ten years' experience in the nuclear energy field, preferably in safeguards or nuclear material control. *Closing date: 10 August 1997.*

SECTION HEAD (97/026), Latin American

Section, Division for Europe, Latin America and West Asia, Department of Technical Co-operation. This P-5 post manages all technical co-operation activities under the Agency's Regular Programme, as well as under the United Nations Development Programme (UNDP) or any other sources of financing, in respect of regional and country projects in the Member States of the Latin America Region. It requires an advanced university degree in science and technology with some knowledge of various peaceful applications of nuclear energy; at least 15 years of managerial and administrative experience at national and/or international level in programming, formulation and implementation of scientific/technical projects. Desirable is an advanced degree in nuclear science and working experience in the field of nuclear science and technology together with experience in the implementation of nuclear technology projects. *Closing date: 25 August 1997.*

RESEARCH SCIENTIST (97/027),

Radiometrics Section, IAEA Marine Environment Laboratory, Department of Research and Isotopes. This P-3 post carries out research in radiochemistry, nuclear measurement techniques and radiological assessments and participates in the Analytical Quality Control Services (AQCS) programme for radionuclides in the marine environment. Required is an advanced university degree, or equivalent, in a field closely related to radiochemistry, radiometrics, marine chemistry, nuclear physics with six years' post-graduate experience in related subjects. Practical experience in the field of marine radioactivity studies and knowledge in applying radiochemical separations and radiometrics to

marine samples; knowledge of radiological and marine transport models is desirable. *Closing date: 15 September 1997.*

UNIT HEAD (07/028), Section OB3, Division

of Operations B, Department of Safeguards. This P-5 post plans, co-ordinates, and supervises the work of unit inspectors; prepares for, co-ordinates and carries out extended safeguards inspections; evaluates and reports on the results to provide the Agency with the basis for assuring the international community that the inspected States are complying with safeguards agreement and to further deter non-compliance. This post requires a university degree with emphasis on nuclear discipline; at least 15 years of relevant experience in the nuclear industry of which at least 5 years should be in Safeguards areas. *Closing date: 15 September 1997.*

READER'S NOTE:

The *IAEA Bulletin* publishes short summaries of vacancy notices as a service to readers interested in the types of professional positions required by the IAEA. They are not the official notices and remain subject to change. On a frequent basis, the IAEA sends vacancy notices to governmental bodies and organizations in the Agency's Member States (typically the foreign ministry and atomic energy authority), as well as to United Nations offices and information centres. Prospective applicants are advised to maintain contact with them. Applications are invited from suitably qualified women as well as men. More specific information about employment opportunities at the IAEA may be obtained by writing to the Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

POST ANNOUNCEMENTS ON THE

INTERNET. The IAEA's vacancy notices for professional positions, as well as sample application forms, are available through a global computerized network that can be accessed directly. Access is through the Internet. They can be accessed through the IAEA's World Atom services on the World Wide Web at the following address: <http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies>. Also accessible is selected background information about employment at the IAEA and a sample application form. Please note that applications for posts cannot be forwarded through the computerized network, since they must be received in writing by the IAEA Division of Personnel, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.



NUCTEC '97

3rd International Trade Fair
Nuclear Technology
and Reactor Safety
December 16–19, 1997
Moscow/Russia

in cooperation with ENERGOTEC '97

International Trade Fair
Power Generation, Transmission,
Distribution, Alternative
Sources of Energy, Conservation

For further information
please contact:



NOWEA INTERNATIONAL

NOWEA International GmbH
P.O. Box 10 10 06
D-40001 Düsseldorf
Phone + 49 (211) 45 60-02
Fax + 49 (211) 45 60-740
Germany

Cost-effective Solutions –

CONSULTANCY &
TECHNICAL SERVICES



SAFETY & REGULATORY
MANAGEMENT



ADVANCED DESIGN
TECHNIQUES



ADVANCED
TECHNOLOGIES



PROJECT
MANAGEMENT



CONSTRUCTION
MANAGEMENT



PROCUREMENT



TESTING, COMMISSIONING
& TRAINING



OPERATIONAL
SUPPORT



DECOMMISSIONING



WASTE MANAGEMENT



Meccano is a registered trademark.

ve Engineering *that work*



No one can pretend that nuclear engineering is simple. Far from it.

But the next best thing is experience – lots of it – and no company can offer more experience or a more responsive service than BNFL Engineering Ltd.

As the engineering arm of BNFL we are able to call on over 40 years of experience that provides our customers with valuable operational feedback, data and expertise covering all aspects of the nuclear fuel cycle gained through sustained investment in technology, engineering and people.

Whatever the size of our customers' requirements – from the £2.85 billion THORP plant and its associated facilities at Sellafield, which we designed, constructed and commissioned, to many and varied assignments worldwide – BNFL Engineering Ltd always seeks to provide cost-effective solutions that work.



This is because we are committed to reducing customers' costs without compromising high safety standards – and with our experience, we are in the best possible position to achieve this key objective throughout the world.

If you would like more information on cost-effective engineering solutions tailored to meet specific requirements, contact: **BNFL Engineering Ltd**,
The Victoria, Harbour City, Salford Quays, Manchester M5 2SP, England.

Tel: (UK) 0161 952 6000. Fax: (UK) 0161 952 6001.

Tel: (Int) 44 161 952 6000. Fax: (Int) 44 161 952 6001.

 **BNFL**
Engineering Ltd

Engineering Solutions - *that work*

IAEA 即将执行的协调研究计划



用同位素技术解决与地热开发相关的问题

该项目旨在处理酸性流体等与地热能源开发有关的问题。它的目标是进一步开发与传统的水文地球化学成套方法相结合的同位素地球化学工具。它涉及确定地热环境中酸性流体的来源、估计温度,和探知地热开发引起的各种蓄水过程。借助同位素技术,人们可以更好地了解自然环境中地热流体特别是酸性流体的成因。

利用同位素技术分析主要城市地区的含水层系统

该计划旨在处理向大城市供水的含水层系统的表征问题,以便改善对地下水资源的管理。由于水供应需求量和污染源数目的增加而引起的对这些水资源的管理不善,可能使这种资源变得不可利用。由于是一个复杂的环境问题,含水层系统的补救费用要比地表水系统的补救费用高得多。这个协调研究计划将评价所选的同位素成套方法,这些方法能提供有关这些含水层的动态行为的重要的和在某些场合难得的信息。

高温气冷堆(HTGR)性能评价

该计划的目的是,在成员国提供的有关堆芯物理、反应堆安全性、裂变产物释放和迁移行为、热工水力学、反应堆动力学、控制与仪器仪表,和高温部件性能等主要领域的试验设施的支持下,开始对日本高温试验反应堆(HTTR)和中国高温反应堆(HTR-10)的稳态运行工况和瞬态运行工况进行评价。该计划将促成参加国之间就下述诸方面进行技术信息的交流:对照实际运行工况,确认分析编码和性能模型;提出可纳入 HTTR 和 HTR-10 试验计划的研究和开发编码到实验基准的活动;和确认和示范 HTGR 的安全特性。

事故分析用成套方法的研究

该项目的主要目标是:审议运行经验,并特别着重异常事件的根本原因分析,以防再次发生,从而改善机组的安全性;找出现有的成套方法的长处和局限性;和开发用于特别应用领域的一套相得益彰的根本原因分析方法。

放射性物质空运事故严重性

这个协调研究计划的目的是,在现有的对飞机事故的认识的基础上,进一步研究有关问题,并收集和分析与飞机事故频度和严重性有关的信息,包括飞机碰撞、起火和挤压压力的信息。

这是两份精选的清单,可能会有变动。有关 IAEA 会议的更完整的资料,可向 IAEA 总部(维也纳)会议服务科索取,或参阅 IAEA 季刊 *Meetings on Atomic Energy* (订购信息见本刊 *Keep Abreast* 栏)。有关 IAEA 协调研究计划的详细资料,可向 IAEA 总部研究合同管理科索取。该计划旨在促进有关各种领域的科学和技术研究课题的全球性合作,其范围从辐射在医学、农业和工业中的应用到核动力技术及其安全。



IAEA 的学术会议和研讨会

1997 年 9 月

乏燃料管理的安全和放射性废物管理的安全联合公约外交大会,奥地利,维也纳(9月1—5日)

核损害责任外交大会,奥地利,维也纳(9月8—12日)

辐射技术在环境保护中的应用学术会议,波兰,扎科帕内(9月15—19日)

IAEA 大会,奥地利,维也纳(9月29日—10月3日)

1997 年 10 月

国际核保障学术会议,奥地利,维也纳(10月13—17日)

核技术在提高作物生产率和保护环境为目的的养分和水利用最优化中的应用地区研讨会,巴西,皮拉西卡巴(10月27—31日)

1997 年 11 月

国际核材料实物保护大会:监管、执行和运作经验,奥地利,维也纳(11月10—14日)

提高运行中核电厂防火安全学术会议,奥地利,维也纳(11月17—21日)

国际电离辐射低剂量大会:生物效应和监管控制,西班牙,塞维利亚(11月17—21日)

1998 年 3 月

国际诊断与治疗用放射性药物现代趋势学术会议,葡萄牙,里斯本(3月30—4月3日)

1998 年 5 月

FAO/IAEA 通过核及相关技术一体化管理虫害国际大会,马来西亚,槟榔屿(5月29—6月2日)



本刊(季刊)出版单位是国际原子能机构新闻处。通讯: P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria; 电话: (43-1) 2060-21270; 传真: (43-1) 20607; E-mail: official.mail@iaea.org

总干事: Hans Blix 博士

副总干事: David Waller 先生, Bruno Pellaud 先生, Victor Mourgov 先生, Sueo Machi 先生, Jihui Qian 先生, Zygmund Domaratzki 先生

新闻处处长: David Kyd 先生

主编: Lothar H. Wedekind 先生

编辑助理: Ritu Kenn女士, Rodolfo Quevenco 先生, Juanita Pérez 女士, Brenda Blann 女士

版式设计: Hannelore Wilczek 女士

供稿人: S. Dallalah女士, L. Diebold 女士, A. B. de Reynaud 女士, R. Spiegelberg 女士

印刷发行: P.Witzig 先生, R. Kelleher 先生, U. Szer 女士, M. Liakhova 女士, M. Swoboda 女士, W. Kreutzer 先生, A. Adler 先生, R. Luttenfeldner先生, L. Nimetzki 先生

英文版以外的语文版

翻译协助: S. Datta 先生,

法文版: 原子能机构法文科翻译;

V. Laugier-Yamashita 女士, 出版编辑

西班牙文版: 古巴哈瓦那的笔译口译服务社 (ESTI), 翻译: L. Herrero 先生, 编辑

中文版: 北京的中国原子能工业公司翻译部, 翻译、印刷和发行。

俄文版: 在原子能机构出版

《国际原子能机构通报》免费分发给一定数量的对国际原子能机构及和平利用核能感兴趣的读者。书面请求应函致编辑。

《国际原子能机构通报》所载国际原子能机构资料, 在别处可自由引用, 但引用时必须注明出处。作者不是国际原子能机构工作人员的文章, 未经作者或原组织许可不得翻印, 用于评论目的者除外。

《国际原子能机构通报》中任何署名文章或广告表达的观点, 不一定代表国际原子能机构的观点, 机构不对它们承担责任。

广告

广告信件请寄: IAEA Division of Publications, Sales and Promotion Unit, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

1957年
阿富汗
阿尔巴尼亚
阿根廷
澳大利亚
奥地利
白俄罗斯
巴西
保加利亚
加拿大
古巴
丹麦
多米尼加共和国
埃及
萨尔瓦多
埃塞俄比亚
法国
德国
希腊
危地马拉
海地
罗马尼亚
匈牙利
冰岛
印度
印度尼西亚
以色列
意大利
日本
大韩民国
摩纳哥
摩洛哥
缅甸联邦
荷兰
新西兰
挪威
巴基斯坦
巴拉圭
秘鲁
波兰
葡萄牙
罗马尼亚
俄罗斯联邦
南非
西班牙
斯里兰卡
瑞典
瑞士
泰国
突尼斯
土耳其
乌克兰
大不列颠及北爱尔兰联合王国
美利坚合众国
委内瑞拉
越南
南斯拉夫

1958年
比利时
柬埔寨
厄瓜多尔
芬兰
伊朗伊斯兰共和国
卢森堡
墨西哥
菲律宾
苏丹
1959年
伊拉克
1960年
智利
哥伦比亚
加纳
塞内加尔
1961年
黎巴嫩
马里
刚果民主共和国
1962年
利比里亚
沙特阿拉伯
1963年
阿尔及利亚
玻利维亚
科特迪瓦
阿拉伯利比亚民众国
阿拉伯叙利亚共和国
乌拉圭
1964年
喀麦隆
加蓬
科威特
尼日利亚
1965年
哥斯达黎加
塞浦路斯
牙买加
肯尼亚
马达加斯加
1966年
约旦
巴拿马
1967年
塞拉利昂
新加坡
乌干达

1968年
列支敦士登
1969年
马来西亚
尼日尔
赞比亚
1970年
爱尔兰
1972年
孟加拉国
1973年
蒙古
1974年
毛里求斯
1976年
卡塔尔
阿拉伯联合酋长国
坦桑尼亚联合共和国
1977年
尼加拉瓜
1983年
纳米比亚
1984年
中国
1986年
津巴布韦
1991年
拉脱维亚
立陶宛
也门共和国
1992年
克罗地亚
爱沙尼亚
斯洛文尼亚
1993年
亚美尼亚
捷克共和国
斯洛伐克共和国
1994年
前南斯拉夫马其顿共和国
哈萨克斯坦
马绍尔群岛
乌兹别克斯坦
1995年
波斯尼亚和黑塞哥维那
1996年
格鲁吉亚
摩尔多瓦*

国际原子能机构《规约》的生效, 需要有18份批准书。1957年7月29日前批准《规约》的国家(包括前捷克斯洛伐克)用黑体字表示, 年份表示成为机构成员国的时间, 国家名称不一定是其当时的称谓, 标有星号(*)的国家的成员国资格已经国际原子能机构大会核准, 一旦交存了所需的法律文书即生效。



国际原子能机构成立于1957年7月29日, 是联合国系统内一个独立的政府间组织。机构总部设在奥地利维也纳, 现有100多个成员国。这些成员国共同工作, 以实现国际原子能机构《规约》的主要宗旨: 加速和扩大原子能对全世界和平、健康及繁荣的贡献, 并尽其所能确保由其本身、或经其要求、或在其监督或管制下提供的援助不致用于推进任何军事目的。

维也纳国际中心的国际原子能机构总部

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the electronic Pocket Dosimeter (EPD) MY DOSE mini™ PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

ALOKA

ALOKA CO., LTD.

6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan

Telephone: (0422) 45-5111

Facsimile: (0422) 45-4058

Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section
Overseas Marketing Dept.
Attn: N. Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 μ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-173



PDM-101



PDM-303



ADM-102