

# 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护。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,是效率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,是整備和贮存废镅针。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,来整備和贮存这种废物。乌拉圭是发展中国家中需要整備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)。

为整備这些源,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備实习培训。来源: V. Friedrich/IAEA

和铯-137 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備技术。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 和铀-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。

## 简讯：一些项目和新闻事件的最新报道

### 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。

该项目的影响将不限于匈牙利。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WVER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WVER440/230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。