

机构在大韩民国的核动力技术合作

韩国目前的核发电量约占全部发电量的一半

M. M. Islam、J. Fischer 和 F. Calori

大韩民国有一个涉及核动力堆、研究堆和核燃料循环设施的庞大的核计划。大韩民国的第一座核动力厂（韩国核电机组1号，亦称古里1号）于1970年初开始建造，1978年4月正式投入商业运行。截至1988年底，韩国已有8套核动力机组在运行，另1套已接近完工；到1989年底，预计韩国的总装机容量可达7180兆瓦电（MWe）。韩国计划再建2套每套约1000 MWe的核动力厂，预定1995年中期和1996年投入运行。1988年期间，韩国的核发电量已占全部发电量的46.9%。如此庞大的核动力计划之所以能够实施，是由于韩国有着步调一致的组织体制和工业基础设施。而这个基础设施的中坚是韩国电力公司（KEPCO）及其分公司韩国动力工程有限公司（KOPEC）。KEPCO是该国唯一的国家电力公司，负责该国所有核动力厂的建造和运行。韩国新能源研究所（KAERI）则在核领域和某些专业领域提供技术支助。此外，韩国制造业的参加也一直起着极为重要的作用。管理性的监督和控制则在核安全中心（NSC）的协助下由大韩民国科学技术部（MOST）执行。

技术合作趋向

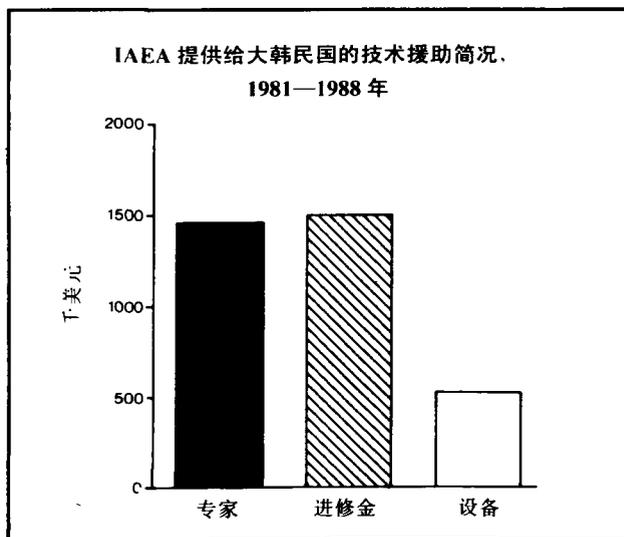
1957年，大韩民国正式成为国际原子能机构（IAEA）的成员国。自此以后，韩国一直积极参加机构的各项技术合作计划。不过，鉴于韩国的核动力计划如此庞大，机构在最近的10年中一直把技术合作的重点放在核工程和核安全方面，这是十分自然

Islam、Fischer 和 Calori 先生分别是 IAEA 技术援助和合作处、核安全处及核动力处的工作人员。此外，IAEA 技术援助和合作处的 K. Mrabit 先生也对本文的编写给予了帮助。

的。从1981至1988年的8年中，机构向韩国提供的技术援助总额逾538.2万美元，其中348.0万美元（占65%）用于核工程与安全有关的项目。在这348.0万美元中，145.9万美元（占42%）用于专家服务，149.5万美元（占43%）用于进修金培训，仅有52.6万美元（占15%）用于提供设备。（见附图。）当然，这些数字并不包括某些捐助国提供的免费专家服务。

除上述外，1989年可用于核工程和核安全技术合作项目的经费总额逾70万美元，约占今年向韩国提供的技术援助额的90%。（这个数字不包括由联合国开发计划署支助的农业方面的一个项目。）

从上述情况可见，在最近8—10年内，机构向大韩民国提供的技术援助所涉及的范围，是与该国的核动力计划和该国核工业部门的内部建设与组织密切相关的。援助计划最引人注目的是受援者的分布情况。从经济角度看，承担韩国核计划中绝大部分任务的人员都隶属于KEPCO这个国家电力公司。然



而，机构援助的 90% 以上都提供给了 KEPCO 以外的其他国家机构。这不是作为一种批评意见提出的，而是想说明管理部门及其技术保障单位 KAERI 和 NSC 确实需要帮助。从另一个角度看，KEPCO 有充足的财力可以取得它所需要的外来帮助；另外，总体规划要求努力增加本国在设计和提供建造核电设施硬件方面的能力，这给管理部门施加了很大的压力，要求其工作人员及时掌握有关的“专门知识”。

另一方面，管理部门只能靠极其有限的预算开展工作，该国政府对如此雄心勃勃的核计划需要有一个强大而独立的部门行使管理职能一事的认识又非常不足。为给这个不大的部门以一定自主权和配备技术保障力量而迈出的第一步，是于 1982 年成立了 NSC，把它作为 KAERI 的一部分。因此，机构的援助实际是提供给 KAERI 的，对基础研究、应用研究、安全分析和检查基本上是平均分配，差别不大。近几年来，机构技术援助的范围才愈来愈把重点偏向管理活动的特定科目，并设法集中到从商业方面不易得到的那种援助上。

尤其是在初期，大韩民国中迅速扩大的核计划要求尽一切可能获得专门知识，特别是管理方面的专门知识，以便改变电力公司的实力相对而言比较强大这种明显的不平衡状态。这也是 IAEA 当年没有热情接受 KAERI 提出的某些援助申请的原因所在，因为 KAERI 承担了越来越多的商业性的设计和制造任务。

这种趋势的典型结果是限制了机构提供设备。自 1985 年以来，机构给核工程和核安全方面的项目提供的设备非常少。在当时，KAERI 的专家也更乐于亲自选购他们所需的设备，使这些设备最适合于已有的实验室条件。

为保证机构援助确实能解决问题和用在刀刃上，机构工作人员和其他一些专家定期对该国的受援单位进行监督性出访。1985 年，机构组织了一次为期 3 周的出访（包括 2 名外聘专家），与韩国对口部门一起对 5 年来的每个援助项目进行了分析和评价。尽管该工作组确认了机构的技术援助从总体上看是有效的和适宜的，但也明显地看出，受理原始申请的手续冗长而繁复，项目批准后的专家征聘工作又常常跟不上该国的迅速发展。与大韩民国对口部门直接联系的加强，有助于根据不断变化的情况及时作出调整。

机构对韩国政府提出的一些特别请求常常按紧急情况给予应有的考虑。下面就是其中的一个实例：目

前大韩民国正在为在桂马厂址建造两座由美国燃烧工程公司提供的压水堆（每座堆的输出热功率为 2825 MW）制订规划。此厂址上原先已建有美国西屋电气公司的两座反应堆。韩国政府已向机构申请为计划中的这两座反应堆提供 5 人·月的专家服务，以便帮助审查 NSC 起草的初步安全分析报告（PSAR）。审查目的是确认计划中核反应堆的设计是否符合目前适用的安全要求（包括安全法规中规定的适用规范和标准），以及确认所有的安全规定是否在设计中得到了充分的体现，并能否在建造期间得到正确实施。因此，5 名外聘专家和 1 名机构工作人员将于 1989 年出访韩国以执行这项审查任务。

人才开发

机构提供给大韩民国的技术援助资金中，约 85% 专用于人才开发和专门技术知识的转让。做这些时采取了多种的方式，包括培训班、在职培训及到国外进修。机构的 1 名或多名专家已出访大韩民国提供过咨询意见的一些最重要的课题是：厂址选择和审查；安全审查和分析；调试和在役检查；制订应急计划和保健物理；废物管理；燃料开发；以及质量保证等。为了对所提供的专门知识有一个概念，让我们较仔细地看一下下述两个方面。

安全审查和分析。1980 年，美国三里岛（TMI）核事故发生之后，曾慎重地研究过制度或程序方面的修改问题。美国核管理委员会的 1 名专家，还专门到大韩民国去讲解美国的“TMI 行动计划”，并帮助他们在其早已运行或在建的核动力厂中实施该计划。同样，几年后，1 名法国专家讲解了法国当时在建的一些核电厂中所作的修改。此人还在多次出访中协助评价了法国的安全分析报告。

三里岛行动计划的一项成果就是严格审查了人一机相互作用的条款，尤其是控制室内的布局和显示方面的设计。1 名美国专家两次出访韩国，帮助分析了现有核电厂的控制室，并就如何改变其结构以改进控制室面板显示信息的质量，提出了具体意见。由于 KAERI/NSC 专家在此期间已经采用了主要来自美国的标准计算机程序，因而 1986 年和 1988 年之间的几次专家出访，曾详细讨论了热工水力学—中子学方面的程序和安全分析问题。他们的作用是帮助 KAERI 的分析专家跟上代码的最新方面发展，帮助他们搞好输入准备或进行成果评价。

最近两三年, KAERI 和 NSC 在利用概率安全分析 (PSA) 方法方面已有了相当强的实力。已与几位专家讨论过获取部件可靠性数据和建立系统模型方面的一些实际问题。还讨论过月城正在运行的这座反应堆所特有的一个问题, 即故障机理分析和预测加拿大皮克林核电厂曾发生过的那种压力管破损的后果问题。专家到大韩民国出访和在加拿大进行的进修金培训, 已大大地提高了韩国工作人员处理这些问题的能力。

调试和在役检查。 提供大量专家服务的另一领域是核动力厂的调试和运行。由于大韩民国运行中或计划中的压水堆要比其他堆型的多, 因此韩国熟悉压水堆系统的专家人数, 过去是将来也可能是远远超过了为月城单堆服务的专家人数。已往几年 (1982—1985 年), 来自加拿大管理机构的几名常驻工程师, 曾经帮助韩国科学技术部的相应部门对月城当地的检查员进行了在职培训。这些专家还是韩国和加拿大审批当局之间的联络员, 并在反应堆的审批和运行监视方面传递最新消息。早在 1983 年, IAEA 运行安全检查组 (OSART) 就出访过月城, 为核电厂操纵人员和管理人员带去了国际上的运行经验。1989 年 OSART 将再次到该厂出访。

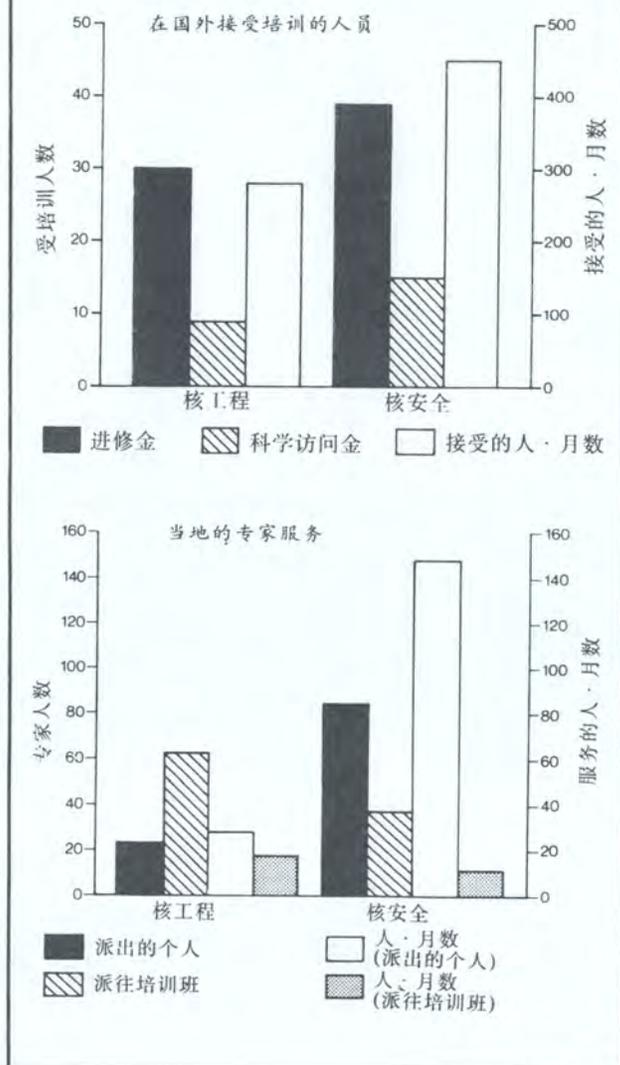
由于韩国工业界在建造新反应堆中的参与比重日益增加, 因而审批部门在建造和调试方面的监督工作量也增加了。此外, 建在蔚珍的两套最新的核电机组是法国的设计, 不能全部套用以前美国设计的程序和做法。因此, 美国、瑞典和法国的一些专家已帮助韩国制订了一些程序, 并在最近几年内帮助进行调试试验。

培训机会

进修金和科学访问金。 机构在核工程和核安全方面的技术援助资金中, 约有 43% 一直用于韩国人员出国接受进修金培训。从 1981 到 1988 年共有 93 人, 以 IAEA 的进修金培训计划的名义或作为科学访问者, 在国外接受核工程和核安全方面的培训。(见附图。)

专家派遣。 在当地培训韩国科学家和工程师的任务需要 IAEA 提供专家, 这些专家有长期的也有短期的。长期专家停留的时间为 1 至 12 个月; 短期专家主要用于组织有韩国管理部门和电力公司的大量科学家和工程师参加的培训班和讲习班。(见附图。)

IAEA 提供给大韩民国的技术援助, 1981—1988 年



培训班。 为了满足在短期内培训尽可能多的韩国科学家/工程师的需要, 因而一直把工作重点放在举办本国培训班和讲习班上。为了协调本国的培训活动, 在韩国电力公司集团内部成立了一个人才开发委员会。大韩民国的 KAERI 和古里培训中心都有很好的设施, 也有经验和资金, 能为学员提供良好的培训机会。尽管如此, 机构还是在总体的组织管理方面提供了援助, 以便从系统工程的角度鉴别各有关单位的培训需求, 并从最合理地利用现有培训设施的角度协调培训计划。

应韩国政府请求, 两名 IAEA 专家在 1983 年对韩国电力公司的培训方针, 以及对设在古里核电厂内

的核培训中心的培训计划、人员和教材作了全面的评价。他们曾建议，除上述诸方面外，还应考虑组织体制问题，使人才开发与该国日益扩大的核动力计划相适应。随后，在 1985 年，韩国成功地举办了三期一国培训班，内容为项目前活动的管理，核动力工程项目管理用的手段和方法，以及核动力厂的维护。机构的 21 名专家参加了这些培训班的工作；来自全国各单位的 125 名学员接受了培训。

还是 1983 年，在韩国还举办过一期质量保证方面的培训班，内容涉及核动力厂设计和调试中的质量保证的各个方面，机构的 12 名专家参加了这期培训班的工作。

1987 年，IAEA 的一个咨询工作组应韩国政府请求访问了 KAERI。由机构的 4 名专家组成的这个工作组，审查了 KAERI 的培训活动，目的是评估这个培训计划能否完全达到“韩国人才开发计划”的目标。尤其是，韩国当局还请该工作组就推动 KAERI 和国内其他组织之间的全面协调一事提出应采取的措施，以便更有效地利用 KAERI 的培训中心。

韩国核动力计划的迅速发展引起了对核技术各个领域的合格人员的需求。尤其是，为加强本国队伍在设计 and 建筑工程方面的技术水平和能力，韩国于 1987 年 10 月在 KAERI 举办了一期有关应力分析的

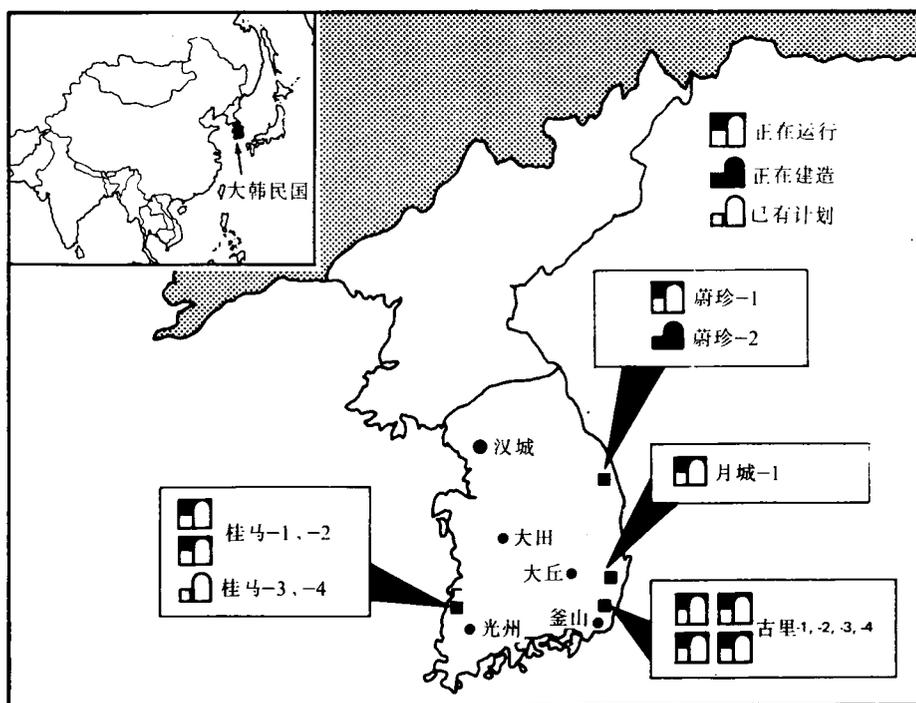
培训班。机构曾与几家建筑-工程公司接触，最后，美国阿贡国家研究所教育计划部承包了这项业务，组织和举办了这期培训班。

由于核电约占韩国全部发电量的 50%，很显然，这就需要核动力厂以负荷跟踪方式运行，因此 KAERI 于 1988 年 10 月组织和召开了一次有关动力堆负荷跟踪技术的研讨会。指定法国、加拿大和美国的一些供应商和电力公司的专家参加这次研讨会。62 名参加者（主要来自 KEPCO 和 KAERI）受到了培训。

为保证运行人员胜任工作，计划于 1989 年召开一次核动力厂运行人员培训工作的研讨会，费用由美国提供的预算外资金支付。这次研讨会的重点将放在韩国电力公司核动力厂运行和维修培训计划中与运行人员的核准和任命有关的经验、费用和收效等方面。

目前，大韩民国已达到有能力在 IAEA 的核动力技术培训工作中作出有益贡献的阶段，也就是共同分享他们在消化核动力技术方面所取得的大量经验和成果。在这一方面，韩国政府在 IAEA 的亚洲及太平洋地区的区域合作协定范围内，组织了一期有关核动力项目的规划和实施的培训班。这期培训班于 1988 年 11 月在 KAERI 举办，12 个国家的 15 名学员参加了这期培训班。

大韩民国的核电厂



截至 1988 年，大韩民国正在运行的核动力机组共有 8 套，蔚珍的一套机组已接近完工。韩国的全部核反应堆除 1 座外都是压水堆 (PWR)；位于月城的这座反应堆是压力管式重水反应堆 (CANDU)。计划在桂马建造的两座压水堆预定于 90 年代中期投入运行。

摘自《国际核工程》。核电厂现状引自报给 IAEA PRIS 的报告。