



朦胧的 核复兴

Victor M. Murogov

一些全球倡议呼吁发展先进型反应堆和促进核教育。核电未来非常不清楚。

随着能源问题成为全球议程的首要问题，预计核电将在今后几十年中起什么作用呢？尤其是在能源需求增长最快的发展中国家，为使新的反应堆在需要时并网发电，正在做的工作是否足够？已经掌握的知识是否足以安全地运行新的反应堆？尽管一些方向正在显露，但是没有容易的答案。

一些重要的事态发展正在影响不断变化的核劳动力、核电技术，以及下一代领导人的教育。首要的挑战是保存核领域的已有知识和经验，以便维持用以实现安全和可靠的解决办法的坚实基础。

幸运的是，一些全球倡议能够有助于为实现核电的未来及其对可持续发展的贡献铺平道路。这些全球倡议包括国际原子能机构采取的一些措施（例如革新型核反应堆和燃料循环国际项目）以及世界核大学采取的一些措施。这两者的倡议都正在帮助提高人们对

教育和知识管理的认识，以及对先进核技术需要的了解。

令人遗憾的是，在俄罗斯，如同在美国、西欧和发展中核国家一样，需要对核教育和培训，以及对保存已促成这些国际倡议的几十年核经验，给予更多注意和支持。我认为一些机会正在丧失，从而使核未来变得模糊不清。值得审视一下这种情况。

革新型核反应堆和燃料循环国际项目与能源安全

俄罗斯总统普京在2000年联合国千年峰会上呼吁

中国是有庞大核能计划的国家之一。上图所示为秦山核电厂控制室内景。

图片来源：国际原子能机构Pavlicet

在核能领域开展国际合作。革新型核反应堆和燃料循环国际项目是为响应这个号召而提出的。革新型核反应堆和燃料循环国际项目的目标是确保世界的能源安全和确保革新型核电厂和燃料循环的作用。革新型核电厂和燃料循环排除分离钚和高浓铀的使用，从而消除人们对安全和扩散的担心。

革新型核反应堆和燃料循环国际项目成员现在包括26个国家和组织：阿根廷、亚美尼亚、巴西、保加利亚、加拿大、智利、中国、捷克共和国、法国、德国、印度、印度尼西亚、日本、大韩民国、摩洛哥、荷兰、巴基斯坦、俄罗斯联邦、斯洛伐克、南非、西班牙、瑞士、土耳其、乌克兰、美国和欧洲委员会。

一个因素。报告认为，核技术的作用远不止在发电方面，它以多种形式渗透到工业社会的社会、政治和经济方面，包括：

- 】核医学保健；
- 】核技术的粮食管理和农业应用；
- 】核技术的工业质量控制应用；
- 】核技术的科学、研究和工业应用（激光，加速器，同位素生产）；
- 】核动力用于饮用水供应。

在美国、日本和西欧的工业化国家里，核技术的非动力应用超过了核电业务，只要说这一点就够了。这意味着，核技术在医学、工业、农业和其他领域中的应用对工业经济产生很大的影响。

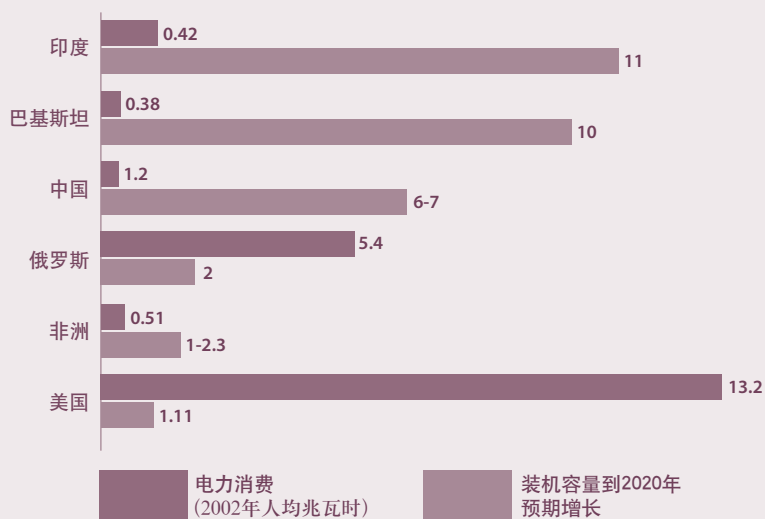
而且，核电的引入和应用在帮助许多国家实现可持续发展的目标中起着极其重要的作用。但是，这只有通过获得革新型核反应堆才能发生。这个论点得到革新型核反应堆和燃料循环国际项目的分析报告的支持，以及得到美国发起的以发展“下一代”核能系统为目标的第四代国际论坛的专家的支持。

世界的能源未来正在怎样展开？一些估计数字表明，全球人口到2050年将增加到100亿~120亿人，总的能源消费预计增加到现在的2倍或3倍。电力消费估计将增长得更快——增加到现在的5倍到7倍。

重要的是，能源消费增长中的70%左右源于发展中国家的需求。由于石油资源有限和温室效应问题等理由，使用烃燃料来满足这种增长是相当成问题的。在这种情况下，一些预测表明，核能在全世界能源市场中的份额到2050年必须达到35%。

能源市场的目前结构，也很可能在本世纪发生变化。一个新的市场——氢气生产正在兴起。一些预测表明，氢气生产将有助于促进到21世纪末核电利用的增长。到那时，在长远的未来，与今天的364吉瓦（电）的水平相比，总的核发电能力可能达到12 000~15 000吉瓦（电）。

电力需求和展望



来源：国际原子能机构

为满足日益增长的需求，一些国家和地区预计到2020年在发电装机容量上将会有不同程度的增加，范围从美国的1倍多到印度的11倍。

在革新型核反应堆和燃料循环国际项目框架内完成的一项分析表明，全球能源的趋势和发展相当明了，表现在：

- 】人口和能源需求逐步增加；
- 】为争夺有限且分布不均的化石资源而激烈竞争；
- 】石油出口国的不稳定性日益增大；
- 】生态问题和环境限制日益增加；
- 】富国与穷国的能源消费差距愈来愈大。

这份分析报告指出，核技术不只是能源市场的

核教育——发展的一个危机

在核电研究和发展方面，革新型系统出现3个方向：

革新型核反应堆和燃料循环国际项目和第四代国际论坛的专家们的最有影响力的结论之一是，只有闭合的核燃料循环才能把核电的作用提高到能源市场的全球玩家所需要的水平。在闭合的核燃料循环中，铀被循环用于快堆。

必须开发一些新的反应堆，这些反应堆必须具有固有的安全性、依赖非能动安全特性。

核电技术应该是多样的，准备服务于地区供热市场（预测将占到总的能源市场的20%~25%），并通过由高温和“超高”温气冷堆支持的氢生产技术对交通运输作出贡献（在一些发达国家，目前占30%~35%）。

正如我们已经看到的那样，能源市场中日益增多的核反应堆引起了与核扩散有关的担忧，这些担忧也正是革新型核反应堆和燃料循环国际项目正在处理的问题。

革新型核反应堆和燃料循环国际项目超出易裂变材料的衡算和保障的范围，考虑下列广泛的问题：

1 发展国际原子能机构现有的保障体系，包括抵御破坏和恐怖主义的国家实物保护体系；

2 提供防止非法贩卖核材料的工程屏障和技术屏障；

3 提供一些制度化措施，包括通过达成国际协定在国际原子能机构的支持下建立一些从事以下活动的国际核中心：核后处理和废物处置；铀浓缩；以快堆为基础回用铀；以及现在以天然铀-235和铀-238形式、将来以铀-233和铀-238形式供应低浓铀燃料。

总之，革新型核反应堆和燃料循环国际项目正在设法确立新的核电应用国际制度。切实地说，这个制度需要一项有关核能和平利用的新的国际协定，需要国际原子能机构作为这项协定的主要保证机构起到越来越大的作用。

加强革新核技术领域的国际合作十分重要。例如，革新型核反应堆和燃料循环国际项目的广泛成员现在有两打多，其中包括中国、印度和俄罗斯。中国和印度（到2050年两国人口总计将超过30亿）正在规划庞大的核计划。这表明，为解决能源和环境挑战进行全球合作和核知识转让越来越重要。

在核领域中，保存知识和向下一代领导人传播知识，与南北之间和东西之间的全球合作密切相关。世界核大学便是在国际原子能机构、世界核协会、经济合作与发展组织核能机构以及世界核电营运者协会的支持下，于2004年创办的。

世界核大学把世界的核教育计划集中到一起，是革新型核反应堆和燃料循环国际项目在反映将知识和经验从工业化国家转让给发展中国家的需要方面的一种合乎逻辑的进步。例如，国际原子能机构拥有核能和平利用领域的核相关文献的最大数据库即国际核信息系统，实施着一项有效的国际知识管理计划。作为核技术的全球作用的先决条件，开展革新型核系统和知识管理的国际合作的想法，具有十分重要意义。

在苏联时期，核教育是从科学和工程教育的主流中挑选而出的。核相关大学生和大学工作人员当时享有一些特权（财政支持增加；工资增加；奖学金增加，等等）。这些特权曾吸引才华出众的大学生就职于核行业。创办世界核大学，本着同样的想法。一些感兴趣并且有才华的大学生经仔细挑选便可成为世界核大学夏季学院的进修人员，有机会与世界著名的科学家和专家面对面讨论问题。

相比之下，俄罗斯的核教育现在已从最高优先下降到大学教育的平均水平。与其先前颇具威望的地位相比，无不令人遗憾。那些领先的核大学（尤其是莫斯科工程物理学院和奥布宁斯克核动力工程技术大学）已从俄罗斯联邦核能机构名下转到了教育和科学部名下。在教育和科学部，这些大学得不到能够使核职业对年轻人有吸引力的足够支持。

例如，俄罗斯一直是快堆和核相关大学教育方面的最发达的国家。俄罗斯核电发展的战略以快堆在未来闭合燃料循环中的领导作用为基础。然而，却没有为保持这些特定领域的知识和经验制定国家计划。

另外，俄罗斯只是到最近才在国家层面参加世界核大学——领先核国家的联合教育体系。现在令人难以理解的似非而是的现象是，这个世界核团体在组织核教育方面利用了甚至俄罗斯都自身否认的老的苏联经验（上世纪60年代莫斯科工程和物理学院与莫斯科物理和技术学院的经验）。

我认为，俄罗斯的核教育状况必须看成是处于危机中。用来加强新一代俄罗斯核专家的核知识与核经验其实用不了5年。俄罗斯政府对核教育的态度如果没有大的改变，俄罗斯的核教育状况将变成灾难性的。

俄罗斯正面临核文化、核经验和核知识的流失。代沟是一个令人遗憾的事实。虽然新的大学生正在走向核部门，但是学生质量比俄罗斯20年以前的学生质量要低。一个重要的因素是，大学工作人员的工资低，于是教学水平下降。另一方面是核劳动力不断老化。起重要作用的核专家都到了六七十岁。缺少年龄段在35~45岁的最具创造力的专家。这使人对联邦核发展计划产生怀疑。

但是，这不只是俄罗斯遇到的问题。许多专家都清楚，核社会需要采取一些紧急措施来拯救核知识。其中重要的一个措施应该经济鼓励，形式包括对核研究、核教学工作人员给予财政支持，以及给最优秀学生发放奖学金。

让地方倡议生根 为核复兴提出的全球倡议，需要得到制度化的和科学的支持。然而，通过组织核工程教育中心开展大学物理和数学教学计划，并通过促进这些中心与领先的国家核实验室在实验与技术工作方面开展密切合作，有可能恢复核教育方面的最好国家传统。在俄罗斯，这样的中心正通过地方倡议，出现在托姆斯克、季米特罗夫格勒和奥布宁斯克的诸个大型研究和工业组织附近。

奥布宁斯克——俄罗斯为和平利用而发展起来的核技术摇篮——为组织一个综合的核科学技术中心提供了大好机会。奥布宁斯克有12个拥有各种实验设施的核相关研究单位。根据2000年总统特别法令，奥布宁斯克取得俄罗斯联邦第一科学城的特殊地位。

尽管有这种光荣的地位，但现实却是奥布宁斯克的实验基地正在老化，很难产生尖端科学成果。没有联邦支持的研究计划，它只是在老化，得不到有益的使用。如果被用于教育和培训目的，它还能产生一定的效益。

奥布宁斯克有居民约10万人，是一个以高水平教育为自豪的城市。这里的1100多人有科学副博士（类似于哲学博士）学位和科学博士（俄罗斯一种特殊学

位）学位。涉入研究工程的工程师超过12000人。大学生约8000人。这里的最大的教育机构是奥布宁斯克州核动力工程技术大学。它是俄罗斯唯一的一所在广泛的应用核科学、核技术和核工程课题方面成功地保持综合教育过程的大学。

2005年，第一个俄罗斯核科学和教育联合会在奥布宁斯克注册。该联合会由奥布宁斯克大学、俄罗斯研究中心“库尔恰托夫研究所”（莫斯科）、俄罗斯医学科学院医学研究放射学中心（奥布宁斯克）和俄罗斯研究中心“理论和实验物理研究所”（莫斯科）的领先科学家发起和创立，是对其他参加者开放的非营利性组织。

2006年12月，俄罗斯核科学和教育联合会与国际原子能机构及世界核大学合作，提出并且主办其第一次核教育会议——“核技术为21世纪人类生活服务”。它还成功举办了一些国际科学会议。它在奥布宁斯克定期举行科学会议。

虽然俄罗斯核科学和教育联合会已经得到当地的一些财政支持，但遗憾的是它一直未得到联邦原子能机构或教育科学部之类的联邦组织的任何支持。这反映了对保持俄罗斯核发展能力、知识、专业和人力资源问题的短期官僚主义思想。

最近几年在国际原子能机构的支持下发起的一些国际倡议，对在减少贫困和提高生活标准的世界追求中起关键作用的“核复兴”，可能是极其重要的。令人啼笑皆非的是，这些倡议基于俄罗斯正在不幸流失的核经验。我认为，如能得到更多的支持，扭转这种状况还来得及。

Victor Murogov以前是兼任核能司司长的国际原子能机构副总干事，现在是俄罗斯奥布宁斯克州核动力工程技术大学教授。为本文投稿的还有：俄罗斯研究中心“库尔恰托夫研究所”（莫斯科）N.N.Ponomarev-Stepnoy院士和A.G.Kalandarishvili先生，以及奥布宁斯克州核动力工程技术大学V.V.Artisyuk教授、Yu.A.Korovin教授和A.I.Voropaev教授。

电子信箱：Victor_murogov@mail.ru。