

世界能源需求和核动力选择

核能的作用真的太小起不了多大作用吗？

汉斯·布利克斯

能源是人类社会的生命线。大力增加石油、煤、天然气和水力的使用量，一直是少数几个国家提高生活水准的主要方法，这种增加现已达到了空前的水平。经济发展与能源消耗之间有着明显的联系。各国间的能源消耗差别也是很大的，比如说，北美人均年消耗量为 7200 公斤石油当量，中国为 590 公斤，而印度仅勉强维持 280 公斤（商业能源）。甚至在几次石油冲击之后，拥有世界人口 1/6 的经济合作与发展组织（OECD）的国家，消耗的一次能源仍然占世界一次能源的近一半。

1973 年和 1979 年发生了两次石油价格冲击，改变了 OECD 国家直到那时能源使用量一直在增长的稳定趋势。1986 年一次能源消耗量没有增长，而国民生产总值（GDP）增长了 30% 以上。另一方面，电力的使用量虽持续增长，但速度放慢，与 GDP 保持近 1 比 1 的关系。有两件事值得注意：

- 第一，在 1973 年至 1987 年间，工业化国家的一次能源使用量节省了约 30 - 40%，或每年节省 2 - 2.5%（1987 年是我们拥有的全球数据中最近的一年）。在北美，人均一次能源消耗量在 1973 到 1987 年间实际上下降了 13%。

- 第二，直接使用石油和煤的作法改为使用更有

效的二次能源形式的电，这至少是使一次能源得到节省的部分原因。

发展中国家的能源需求

发展中国家的能源情况，不论是过去还是现在，都是很不相同的。尽管自石油价格冲击以来，它们当中的许多国家遇到许多严重的经济问题，但它们的一次能源和电力的使用量每年都在以 4 - 5% 的速度持续增长，而且有时比 GDP 的增长还要快。当然这并不意味着发展中国家是以浪费的方式利用能源的，仅仅是因为他们的极大需求过去一直未得到满足。

发展中国家在电力使用量方面，增长速度比工业化国家要快得多。在过去 15 年内，每年增长约 8%，或者说总增长量接近 200%。此外，对能够生产的各种电能，这些国家都需要。

电力和发展

未来可获得多少电力和使用多少电力，将成为经济发展的决定因素，这是很可能的。电力在使用方面具有很大的灵活性，能准确地加以控制，可向需要的地方按需要数量提供热力或动力，不管是住宅用、工业用或是商业用。

可以预计，未来全球对能源特别是电力的需求将会有所增加，除非出现某些戏剧性的发展，包括各国政府采取某些果断行动。然而，这种需求目前正面临着当前能源利用水平带来的人们对环境后果的忧虑。

布利克斯博士是国际原子能机构的总干事。本文是他于 1989 年 10 月在美国马萨诸塞理工学院讲话的摘要。他应邀出席该学院 1989 年 David J. Rose 的讲座。讲话全文可向 IAEA 新闻处索取。

环境影响

在 1972 年斯德哥尔摩第一次联合国环境大会 17 年之后的今天，我们正痛苦地意识到，尽管已做了许多工作，环境问题却从局部性问题升级为地区性问题，并已构成对全球的威胁。当然，我特指的是温室效应。

- 1988 年 6 月，多伦多科学家和政治家会议曾就大气成份正在改变提出了警告，并特别建议到 2005 年将 CO₂ 排放量减少 20 %。

- 1988 年 11 月，世界卫生组织 (WHO) 和联合国环境规划署 (UNEP) 发起成立政府间气候变化专家小组 (IPCC)。这个小组属于论坛性质的；各国公众可在论坛上分析全球变暖的问题，及其可能造成的后果和阻止变暖的办法。

- 1989 年 4 月，海牙部长级会议要求建立一个新的权威性的国际机构，甚至可在人们对某些环境问题看法并不完全一致的情况下作出有约束力的决定。

- 1989 年 7 月，巴黎七个最发达国家首脑会议的 19 页公报中有 5 页是专门论述环境保护问题的。

我还要说明，1992 年第二次联合国人类环境大会预计将特别讨论全球变暖问题。

目前我们无疑已认识到，世界正面临着温室效应的严重环境问题，看来还得认识到，必须采取有着长远影响的行动。但采取什么样的行动呢？

国际合作

显然，我们可指望最好通过国际行动减少或抑制全球 CO₂ 的排放量，这些行动中至少有一个必将涉及到限制燃烧化石燃料。这种限制将会带来一些棘手的政治问题。这种情况只要想一想发展中国家就知道了。举两个例子：中国为了发展国民经济，计划在 1985 年到 2000 年间将其国产煤的用量翻一番。印度计划在同期内将煤的用量增加两倍。如果总数超过世界人口 1/3 的这两个国家能实现他们的计划，他们在 2000 年的用煤量将比 OECD 所有国家的用煤量还要多——预计 OECD 国家 2000 年的用煤量比 1985 年要多 35 %。

这促使我考虑这样一个问题，如何我们想要正视全球变暖威胁这个问题，我们能实际提出什么样的国

际性的具体行动呢？目前，最主要的一项建议是制订防止气候变暖的国际公约。但在这样一个公约中会写进去哪些经大家同意的具体措施呢？这里有一些重要的疑点和一些棘手的问题。我们还不知道全球 CO₂ 排放的可接受水平是多少。去年多伦多会议曾要求将目前 CO₂ 排放量减少 20 %，但尚缺乏有力的证据说明这个减少量是正确的。我们希望明年 (1990 年) 年底应该得出的 IPCC 审议结论，能给出一些更实质性的指导。然而，不管你期望将 CO₂ 排放量减少多少，仍然有这么一个大问题，就是如何实现这种减少和由谁来做这件事。

“不管你期望将 CO₂ 排放量减少多少，仍然有这么一个大问题，就是如何实现这种减少和由谁来做这件事。”

水力和核动力

现在，在技术上和经济上得到过大规模检验，并能生产大量能量而不明显增加 SO₂、N₂O 或 CO₂ 的排放量的能源资源只有两种，这就是水电和核能。

发展中国家具有非常丰富的水力资源，只要不引起环境问题，这无疑是应当加以利用的。而在工业化国家，可供开发的水力资源已经不多。

现在让我们谈谈核电问题。它现在提供了世界电力的 17 %，一次能源的 5 %。目前它仅仅比水电少百分之几。然而，核电的重要性在不同的国家里是非常不同的。在美国，核电占电力生产总量的 20 %，但有些地区如新英格兰和芝加哥地区占的比重要高得多。法国的核电居世界领先地位，占全部电力的 70 %。这实际上意味着，在电力生产方面，核动力已完全代替了石油。在 1989 年 7 月，法国核电在全部电力中占近 80 %，因为那里的春夏季非常干旱。法国由于核电装机容量大，现在的发电能力超过本国的需求，它每年向邻国出口的电力估计价值超过 10 亿美元。比利时电力的 65 % 来自核电厂，大韩民国为 50 %，瑞典为 45 %。现在已有 11 个国家 30 % 以上的电力来自核电。在东欧国家中，匈牙利目前的核电百分率最高，为 49 %。

目前，核电用户，甚至是核电大用户对核动力的未来表示极大的怀疑。瑞典议会已作出决定，到2010年逐步取消核发电，并且政府已通报，首批两套核电机组应于1995年和1996年关闭，从目前的12套机组减为10套。对于作为一名瑞典人的我来说，有点令人啼笑皆非的是，在这同样的两年内，大韩民国计划将其第11号和第12号核电机组投入运行。

目前在有些国家，核电前景比较暗淡。在意大利，依据公民投票，甚至现有核电厂也不再使用了。瑞士、德意志联邦共和国、比利时和荷兰，实际上已暂停新建核电厂。象奥地利、丹麦和爱尔兰等一些国家，虽然需要更多的发电能力，但它们也已完全放弃了核电。与这些消极倾向相反的事例，我也可举出一些，如法国、日本、大不列颠和东欧一些国家正在扩大核计划。

切尔诺贝利事故对世界各地（包括苏联本身和东欧国家在内）关于核电选择的舆论有着严重的影响。苏联在亚美尼亚地震后关闭了那里的两座核电厂。苏联还停建了几座核电厂，放弃了原先准备建造核电厂的一些场址。象多数工业化国家一样，苏联明显地存在着相当大的反核舆论。尽管如此，苏联还是计划到2000年时将其核电厂的装机容量从目前的34000 MW向上翻一番。在最近一次记者招待会上，戈尔巴乔夫主席说：“……世界上已形成一种意见，我也赞同这种意见，即世界不能没有核能。至于整个电力生产中核电占多大比例，那是另一个问题。当然安全应当得到保证。但是，没有核电我们会难以生存。”事实上，每个东欧国家都有运行中或建造中的核电厂。例如保加利亚和匈牙利，运行中核电厂一直显示了非常好的运行实绩。

在美国，尽管事实上许多电力公司都需要尽快有新的发电能力，但自1973年以来，已定货的电厂一座也没建成；预计若干年内不会有新的定货。

核动力的前景

现在看来，核电的前景好象非常难以捉摸。然而我们正面临着这样一种情况，即重新给核能选择注入活力似乎是至关重要的，并且似乎也是许多国家的政府所期望的。必须订购新厂才能满足需要。然而，尽管有充足的理由可为核动力辩护，但反对意见是强烈的。众所周知的主要论点是：

- 核动力会增加核武器扩散的风险；
- 具有严重后果的事故风险是不能接受的；
- 废物问题未得到解决；和
- 最后，利用或不利用核动力与温室效应没多大关系，因为在能源供应中核动力所占份额不大。

这些反对意见的严重性如何？

第一个论点是核扩散。例如，核动力技术的转让不同于化工技术的传播，这种转让从一开始就建立在国际合作体制基础上，附有防止核武器扩散危险的检查和控制制度。“原子能用于和平”计划导致在联合国系统内建立国际原子能机构（IAEA）。该计划建立在这样一个指导思想，一方面（人们）可以利用核技术、材料和设备；另一方面必须承诺它们只能用于和平目的。有关这些承诺是否得到兑现的核查工作，目前是通过IAEA的安全保障体系（第一个国际性的现场视察体系）完成的；现在每年用于核查的费用约为5000万美元，有约200名视察员定期出访大约60个国家。除核武器国家外，大约95%的可裂变材料都已置于安全保障控制之下。25年前，人们普遍担心的是许多国家将会获得核武器，然而这种情况并没有成为现实。虽然核武器扩散危险仍然存在，但我们可以有把握地说，民用核动力的发展不会对这种扩散起多大作用。现在的核武器国家没有一个是先从发展核动力开始的。它们都是先发展核武器，之后才是核动力。

第二个论点是核安全。三里岛事故，尤其是切尔诺贝利事故，已引起了许多国家不仅对其本国而且对其它国家的核反应堆运行安全的关注。世界任何地方的核事故，即使有形的物质后果非常之小，也会造成相当大的无形的心理影响；这种情况同样使人们需要对核动力安全的某些国际保证给予关注。因此，人们要求正式通过有约束力的国际安全规则和检查它们的实施情况。然而，有些政府至今仍不愿承认核安全领域内的任何国际团体的权威地位。广泛的国际任务也要求有一个相当大的机构。一些政府通过IAEA和其它几个国际组织正在引入的国际安全体制是比较微妙的——它试图为审管人员和电厂运营人员提供国家安全管理、援助和支持的良好模式。预计这种体制将是有效的，这不是因为审管人员、供应商或运营人员应在法律上遵守它，而是因为他们认识到它的重要性而要依赖于它。

“……为核动力制定出的安全原则和概念的意义在于，若是其他能源生产工业也竭力效仿制定这种原则和概念的话，那将会带来很大好处。”

早在 70 年代初期，IAEA 就为建立国际上一致同意的安全标准和实施办法提供了一份文件。“核安全标准计划”，即所谓的 NUSS 计划，产生了涉及政府组织、选址、设计、运行和质量保证等安全基本问题的 5 种实施法规。这些法规附有建议这些安全要求如何实施的 56 种安全导则……一些成员国已将这些法规广泛用来编制本国的条例。拥有新兴核动力计划的中国就是一个重要的例子，它已把 NUSS 标准用作他们国家核管理要求的基础。有几个成员国已直接采用了质量保证法规。在 31 个拥有运行或在建核动力厂的 IAEA 成员国中，有 20 个已告知我们，他们的国家安全条例是和 NUSS 标准一致的。

机构还建立了一个国际核安全咨询组，其任务是独立地探讨带根本性的安全问题。正是这个咨询组编写了一份关于切尔诺贝利事故的报告，还在去年以出版物形式公布了《核动力厂的基本安全原则》——不是作为管理标准，而是作为动力厂设计人员、建造人员和运行人员的努力目标——这些目标可能高于审管部门采用的目标。

尽管这些标准和条例是确保核安全必不可少的，但还不够。对于世界上现在正在运行的大约 430 套核发电机组和不久即将投入运行的 100 套左右的核发电机组的运行安全，必须要给以应有的注意。为了在这方面帮助成员国，机构提供了几项正在逐步推行的服务。

第一，应邀向核动力厂派遣运行安全检查组 (OSART)。检查组由来自机构和成员国的专家组成，他们的检查当然不是装饰性的。在几周的时间里，他们要彻底检查工厂的运行管理和程序。自切尔诺贝利事故以来，为了公布于众，机构完成的大多数 OSART 报告已由邀请 OSART 的主管部门发表。工业化国家为这类检查访问支付全部费用；发展中国家只支付访问地当地的所有费用。第二，机构派遣重大安全事件评价组 (ASSET)，帮助核动力厂运营者对重大安全事件进行评价，并找出其真正的起因。第

三，机构可安排其它国家的同行们对一些审管组织进行检查。这样可帮助提高这些审管组织的职能，并增强对它们的信任。今年，我们已进行了首次这类检查。

安全概念决不是一成不变的，必须组织最广泛的可能的信息交流，以便大家都能采用最好的经验。机构的事故报告系统 (IRS) 是交流有关运行安全经验信息的唯一世界范围的服务。IRS 对报道的所有事件进行收集和分析，以便使人们对特定类型动力厂来说也许是共同的或对所有动力厂来说也许是普遍的问题，有更好的了解。

有关现有核动力厂运行安全的国际活动就是上面所谈的这些。关于那些预期比发生过三里岛和切尔诺贝利这样的事故的核动力厂更安全和更加允许人失误的未来核动力厂，情况又怎么样呢？

在我谈及对未来核动力反应堆的意见之前，必须先谈谈今天的核动力堆设计能否容许大量人的失误的问题。这些堆的安全系统具有很大的内在冗余度。此外，它们要依赖于几十年来被证实的技术和反映核工业高标准和严格管理的工程实践。在三里岛事故中，尽管有操作人员的若干失误，安全壳仍然发挥了作用。切尔诺贝利事故的发生，是由于几个安全系统实际上处于故意被切断状态造成的。现在，这种堆型已采用增强的安全系统，较难再发生这样的事故。

工业界似乎正准备提出关于现行最普遍的堆型的改进方案，这些方案的反应堆具有标准化和较简化的设计、更多“非能动”安全特性而且通常是小型化的。这对试图解决当前电力需求增长较慢的工业化国家来说，可能是有吸引力的。此外，由于总的基建投资较低，这些反应堆可能有助于改善投资风险管理。这样一些特点也可以使某些发展中国家发生兴趣。这些即将出现的新型堆，不应该也不会妨碍全新型动力堆的研究和开发工作。在新技术开发费用很高和推销机会很不确定的情况下，指望核工业界只做开发新型堆的工作是不现实的。在大多数情况下，政府对原型堆的开发和建造给予支助是必要的。从机构一方看，我们正在探索促进政府与工业界间以及国际间在这方面的重新合作。

在讨论核动力安全问题时，当然我必须提到切尔诺贝利事故后所达成的一些国际协议，主要是关于旨在抑制和减轻事故后果的措施，著名的有辐射紧急情况下的及早通报公约和援助公约。自切尔诺

“虽然核武器扩散危险仍然存在，但我们可以有把握地说，民用核动力的发展不会对这种扩散起多大作用。现在的核武器国家没有一个是从小发展核动力开始的。”

贝利事故以来，实际已经有过两次情况通报，尽管它不是严格按照公约要求做的。在同一期间，同样组织了两次援助，但这与核动力事故无关，而是为了帮助有关受到医用和工业用大辐射源事故影响的受害者。

在这个安全问题的讨论中，我完全着重在核动力方面。我认为，为核动力制定出的安全原则和概念的意义在于，若是其他能源生产工业也竭力仿效制定这种原则和概念的话，那将会带来很大好处。虽然人类历史上没有一次事故比三里岛事故和切尔诺贝利事故受到公开宣扬的程度更大。但近几年因化石燃料循环引起的事故死亡人数实际是很大的。

现在让我谈谈通常引起反对应用核动力的第三个论点，即所谓放射性废物处置尚未解决的问题。看来大多数人都接受这种说法，这正说明正确传达信息有多难。然而，这决不是说有什么实质性问题，而是从迄今实际上尚未建成高放废物处置设施这一意义上来说的。但这并不意味着缺乏建造设施（在这些设施中废物将安全贮存数千年）的能力。确切的原因有两点：第一，把废物或乏燃料的最终处置推迟 30—50 年，使其在封装和存放前失去大量热量或放射性活度，这是人们愿意的；第二，当地的政府和权力机构不愿答应使用任何可能的处置场址。Herbert Kouts 博士（IAEA 国际核安全咨询组主席）在讲话中总结这种情况时说：“这个‘未解决的’放射性废物处置问题主要是政治方面的问题而不是技术方面的问题，解决这个问题需要的主要是勇气而不是智慧。”

国际上赞同的低中放废物安全处置准则，已实施一段时期，而且这类废物的大量实用的处置库已经在发挥良好的作用。

1989 年 9 月，IAEA 理事会还批准了高放废物安全处置的国际准则。必须指出，在制定任何放射性废物处置标准时，人们的一贯要求是，废物处置应以这样一种方式进行，即必须使现在和未来各代人所受

到的放射性危险不会大于今天我们认可的危险。民用核工业接受这些要求，我想如果其它工业也有如同民用核工业一样的深谋远虑的废物处置原则和实践，那么就安全而言人们可以说，世界的未来将会明显不同于今天。

这代人在享受核动力的好处而把放射性废物处置的任务留给我们后代，这种说法也是不正确的。在许多国家，每千瓦小时电费中包括了一笔专门费用，现在的核电使用者实际上正在用这笔专款支付未来的废物处置和电厂退役费用。

核能的意义不大吗？

现在，我想就下述论点发表某些意见作为结束语。这种论点认为，核动力在世界能源供应中占的份额很小，以致核动力厂不排放二氧化碳这一点对于减轻温室效应的威胁不会有多大作用。有些事实也许很有意义：去年，世界核发电达 18 000 亿千瓦小时。如果用经济上具有竞争力的燃煤电站代替核电生产，那么这可能意味着世界上由燃烧化石燃料引起的二氧化碳排放量将增加 9 %。

在世界二氧化碳总排放量中约有 25 % 来自各电力公司的发电厂。在联合王国，20 % 的电力来自核电厂，全国平均每千瓦小时产生的二氧化碳为 0.78 公斤。在法国，核电占总发电量的 70 %，相应的数字就只有 0.09 公斤。这给予人们一种启示，不仅是关于二氧化碳排放可能达到什么程度，而且还有关于在商定减少世界范围内二氧化碳排放量的公约时可能遇到的问题。

有点具有讽刺意味的是，那种认为核动力份额太小，对努力控制或减少二氧化碳排放量的意义不大的论点，竟然会出自这样一些人，这些人认为迅速发展和推广新的可再生能源以及节能，是解决温室效应威胁的主要办法。正如不久前我指出的那样，目前在世界一次能源中来自可再生能源的不到 0.3 %，而今天核动力提供的占 5 %。1989 年 9 月，世界能源大会得出结论说，在可预见的未来，不能指望太阳能和风能会对全球做出重大贡献。（参见本期后面一篇有关世界能源大会结论的报道。）当然，这并不意味着世界将放弃开发这些能源资源的努力。我们肯定会努力加速对它们的开发，但指望它们在今后数十年内成为抵销温室效应威胁的一个主要因素，将是不负责任

的。如果今天要满足能源需要，真正可靠的选择只有在化石燃料和核燃料之间进行。有些例外的情况是，发展中国家只有一种选择。基础设施和受过培训的人力的缺乏，使得它们不得不利用化石燃料以及可利用的水力资源。工业化国家有选择的余地。这些国家应对目前世界排放的二氧化碳的 80 % 负责。

我们正视现实越早，为解决全球气候变暖威胁而制定能源政策的时机就越好。制定一项使世界各国政府最大限度地节能、再造森林和扩大应用可再生能源的国际公约是需要的，但这还不够。我认为，我们不仅必须保持现有的核电装机容量，而且还应大大地扩充它。这是将来一定会发生的事，决不是已往的经

验。我们必须确保核动力厂安全地经济地良好运行，并建立国际的核安全文明。我们必须克服建造乏燃料贮存和废物处置设施的阻力。我们必须消除核能的神秘感。世界气候变暖的威胁越严重，越需要有更大的理性。科学家们需要的是倾听和理解。

“我们必须消除核能的神秘感。世界气候变暖的威胁越严重，越需要有更大的理性。科学家们需要的是倾听和理解。”

日本美滨核电站。(来源: Kansai Electric Power Co.)

