电力生产的健康和环境影响

把安全作为目标

ANNICK CARNINO 和 FRIEDRICH NIEHAUS

今天的能源规划者和决策者在评估能源方案时，必须考虑一些复杂的和困难的问题，在电力生产方面尤为如此。许多与能源的整个燃料链有关的因素在起作用，包括技术性能、经济运作情况，和健康与环境的影响。成本仍然是一个关键因素，但必须以可比的方式加以量度。这一事实，再加上许多国家以可持续方式确定其能源和电力规划的需要，构成了从环境和人体健康角度对不同发电方案的比较评估兴趣日益增加的基础。

在这个背景下，一段时间以来 IAEA 一直在支持这个领域的各种活动。（见方框。）有关的目标是：为核安全、辐射安全和废物安全评估，提供参考水平和一致的方法；使定量手段得到更多的利用；和建立比较信息库，包括评估方法和比较方法。

在这两个领域已经取得进展，但正如本期《IAEA 通报》中的一些文章所报道的，

还存在着若干困难问题。IAEA 通过与成员国及一些国际组织共同进行的工作，正在设法加强信息的事实基础，使能源规划者和决策者能够据之做出能源选择决定。

对一切类型的技术发展而言，安全目标都是充分地保护个人和社会免受任何相关危险的影响。然而，尽管采取各种安全预防措施，将大规模技术相关危险降得很小，但不可能降低到零。虽然可将危险降低到给定安全目标以下，但危险降低的边际成本一般将呈指数增加，并且最终导致可用于其他目的的有限的财力和人力资源滥用甚至浪费。

为对付这种情况，有必要量化各种技术，尤其是电力生产技术的剩余危险。这样做的目的是客观地对它们进行相互比较，并将它们与天然存在的危险相比较，以便为评估找到一个基本标准。并非所有的方面都能量

化，一些特殊领域存在着许多不确定因素，这也不足为怪。

在这一框架内，IAEA 根据其国际职责，一直致力于与核安全、辐射安全以及废物安全有关的问题。1992 年，国际核安全咨询组（INSAG）——向 IAEA 总干事提供咨询的专家组——提交一篇题为“核动力的安全性”的报告。该报告包括将整个燃料链都考虑在内的电力生产相关健康危险。该报告的定量信息基础增加了比较危险评估的透明度和可理解性。

参考水平和方法

为核动力装置严重事故的低概率危险确定目标数值，已成为比较信息的用途之一。INSAG 在 1988 年报

Carnino 先生是 IAEA 核设施安全处处长，Niehaus 先生是该处安全分析科科长。

告(“核动力装置的基本原则”)中,提出了这类装置的技术安全目标。报告中的措词是:“高度可靠地防止核装置发生事故;确保在所论装置设计中考虑到的一切事故甚至很低概率的事故情况下,放射学后果即使有也微不足道;和确保有严重放射学后果的严重事故发生的可能性极小。”

在核工业内,这个目标是通过下述途径达到的:考虑一系列事故工况,和用专设安全设施装置核装置达到防止和控制事故的目的。INSAG在严重事故的确发生的情况下,确保放射学后果为“极小”的目标较为成问题。IAEA的一些成员国正在通过利用比较危险评估结果来寻求答案。(见第25页文章。)一些成员国仅仅针对核动力装置做了这项工作,而另一些成员国则对普遍有潜在危险的工业进行了考虑。

核装置安全目标

1992年,IAEA以“安全丛书 No. 106”发表了核动力装置概率安全目标。这些目标是在机构一些成员国正在做的工作的基础上提出的。虽然各个国家当前所用方法在基本理论和数学表述上也许有不同之处,但一般接近

于INSAG 1988年提出的下述目标:“现有核动力装置与其技术安全目的相一致的目标是,严重堆芯损坏发生概率低于 10^{-4} 事件每装置运行年。实施所有安全原则的未来核装置,应实现不超过约 10^{-5} 这类事件每装置运行年的改善目标。严重事故管理和减轻措施,应至少把要求短期厂外响应的大的厂外释放概率降低1/10。”

这样一些目标以及总体概率安全评估(PSA)的应用,在题为“概率安全评估”的INSAG 1992年报告中,有进一步的详细介绍。INSAG 1988年报告,目前正在修订中。

国际共识

达成国际一致意见有时是很麻烦的过程。到目前为止,国际上尚未就核装置的概率安全目标达成强有力的共识。IAEA已发表的一些安全文件反映了这种情况。例如,机构1993年出版的“核装置的安全性”(作为IAEA安全标准的最高类别即安全基本原则发表)在(理应指出成员国间共识的)主报告中并没有包括概率目标,而是在一个一般标题下,把它们放在该文件的一个附件中。

在比较危险评估框架内

进一步研究,也许有助于国际上就概率目标达成更强有力的共识。不过,更精密的比较在现阶段对于确定目标,也许不是最重要的。在概率目标和比较危险评估结果之间,没有任何严格的数学关系。危险(或安全)目标的确定,是一种政治和/或政策决定,而比较危险评估则是为目标选择提供一个信息源。

考虑到PSA结果的不确定性,即使目标确定下来,如何证明它们得到遵守,仍然是一个问题。此外,技术界似乎有愈来愈多的人觉得,PSA结果是一个装置技术坚固性的一个定量指标,而不是“危险”的量度。在装置这一层次上,危险也许受若干种难以被模拟或不可能包括进PSA的因素的影响。例如,装置的安全管理,及其总的的文化,是通过提供防止事故发生的额外屏障而提高总的的安全水平的重要因素。然而,这些因素在PSA结果中只是部分地得到反映。

核工业界内部目前围绕未来反应堆的设计争论不休。一些人赞成设计带有安全特性的反应堆,能实际上消除严重的放射学后果。另一些人赞成一种比较渐进的方案。根据这种方案,反应堆要加以改进,以实现堆芯损坏和放射学释放的概率不断

降低。情况似乎是,比较危险评估可能无助于找到这种争论的解决办法。

信息交流

IAEA 在这个领域的一部分工作,是继续编辑客观的比较信息,以帮助决策者。1991年,赫尔辛基“电力与环境问题高级专家专题讨论会”建议,就不同能源的健康和环境影响,建立一个全面的和国际协调的数据库。目前数据库已经建立起来,并且包含了所有最近发表的研究结果。信息的汇编工作通过一个涉及12个参加国家的协调研究计划也已完成。

这个数据库的维护工作正在机构与其他国际组织的合作下进行。机构计划在2000年举办一次技术委员会会议,汇编和审议从所有已完成的工作获得的成果。

除这些数据外,过去10年中,在减少电力生产各种能源系统的健康和环境影响方面已取得重要进展。

这类进展包括核装置安全领域中的巨大进步,和其他电力生产源方面的进展。燃化石燃料电厂已采用过滤器和洗涤器消除污染气体。煤矿的安全性已得到改进。能源相关运输的危险已降低。煤气发生技术的效率已大大提高。可再生能源技术

能源系统比较评估方面的国际合作

长期以来,IAEA与地区伙伴和国际伙伴一道,一直支持事关电力生产的能源方案的研究。活动包括举办国际学术会议,和支持科学技术研究。目前,IAEA通过其核能司执行的一个题为“能源的比较评估”计划,开展一系列活动。本期《IAEA通报》的特写文章,侧重于能源系统的健康和环境影响及危险研究。这类研究是IAEA核安全司从事的这一计划的一个组成部分。欲知这一比较评估计划的详情,请访问《IAEA的世界原子》因特网上核能司和核安全司各自的主页(网址:<http://www.iaea.org>)。以下所列为过去几十年,由IAEA和其他组织发起的与这个领域有关的一部分学术会议。这些会议的论文集,已由IAEA出版。

1981年6月:国际不同能源的健康影响学术会议。美国,纳什维尔。由世界卫生组织(WHO)、联合国环境规划署(UNEP),和IAEA组织。

1984年4月:国际能源系统危险和利益学术会议。德国,于利希。由IAEA、UNEP和WHO组织。

1991年5月:电力与环境问题高级专家学术会议。芬兰,赫尔辛基。由欧洲委员会(EC)、国际能源机构、国际应用系统分析研究所(IIASA)、经济合作与发展组织核能机构(NEA/OECD)、UNEP、世界银行、世界气象组织(WMO)、前经济互助委员会,和IAEA组织。

1995年10月:国际电力、健康和环境学术会议:比较评估在决策支持中的应用。奥地利,维也纳。由EC、联合国亚太经社委员会、石油输出国组织、世界银行、联合国工业发展组织、IIASA、WMO、UNEP,和IAEA组织。

的效率也已大大提高。

因此,能源系统的比较危险评估中未定的问题已减少为若干个非常重要的问题,包括二氧化硫排放导致二次小颗粒形成的意义;二氧化碳对气候变化的影响;化学或放射性物质低剂量长期效应的进一步分析;和发生概率低但如果发生后果严重的一些事件的估计。

从达成国际共识的角度看,解决这些重要的和困难

的问题也许是不可能的。较为可能的解决方法只能是在政府分析和确定可持续能源方案的决策过程中,分门别类地逐个进行独立估计和判断。

IAEA通过其活动,正在致力于加强核、辐射和废物安全的一些关键领域。这些工作是在各种主要发电能源系统的比较安全评估大框架内进行的,涉及众多的全球伙伴。 □