

核电的防护与安全基本原则

供协调一致的辐射防护与核安全方案用的建议

Abel J. González

本报告旨在就核电用的一套协调一致的防护与安全基本原则提供一个草案，它也许可以作为拟订最终将被各国政府作为法律正式通过的那些原则的基础。其目标是促使就消除已预见到的核电对人类健康和环境的威胁应取的准则，达成全球协调一致的协议。

序言

在本世纪中，人们获得了有关受核辐射（以下简称辐射）照射的健康效应以及有关辐射防护与核电安全技术方面的大量信息。这些包罗万象的知识，来源于世界各国大量的研究与发展计划和种种实践。这种前所未有的努力所获得的成果，一直由一个独特的国际组织——联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）——以及科学与工程方面国家与国际一级的其他专业组织定期地加以汇编。

在此基础上，在辐射生物学、辐射及核物理核工程方面有实践经验和专业知识的大批科学家和工程专家，即辐射防护和核

安全界，已经精心拟订了防护与安全的基本目标。辐射防护和核安全的共同目标是保护个人、社会和环境——包括人类以外的其它物种——免遭辐射的不利影响。辅助性的目标一是把辐射照射引起的风险保持在合理可行尽量低的水平，并低于预先规定的限值，二是防止核事故发生并在发生事故时减轻其放射学后果。这些目标囊括了由于核电而受到或可能受到辐射照射的所有人的防护和安全问题。它们包括保护子孙后代和保护环境自然状态的道义责任，并覆盖核电所需的从原材料获取到废物最终处置的全部活动。

为了达到这些目标，已在国际一级拟订了许多通用的基本原则。一些在国际上受尊敬的专门组织，已就此类原则取得了全球事实上的共识。值得注意的是，其中包括历史悠久的国际放射防护委员会（ICRP）和相对而言较年轻的国际核安全咨询组（INSAG）。前者自1928年创立以来已经发布了许多有关辐射防护的推荐意见，后者在国际原子能机构（IAEA）的领导下，自1985年以来一直在系统地阐述各种核安全概念。这些推荐意见和概念，为拟订国际核安全标准提供了基础。已制定的标准有IAEA/ILO/OECD-NEA/WHO的《基本安全标准》（BSS）、IAEA核安全标准咨询组（NUSSAG）的“核安全标准”、IAEA放射性

González 先生是 IAEA 核安全处副处长。本文表达的观点由作者本人负责，不一定代表 IAEA 或成员国政府的观点。

物质安全运输常设咨询组 (SAGSTRAM) 的《放射性物质安全运输条例》，以及 IAEA 废物管理咨询组 (WAMAG) 即将推出的废物管理标准等。

本报告中提出的诸原则，主要以 ICRP 和 INSAG 的推荐意见为基础，但也采纳了最近在有关防护与安全的各种国际论坛上一直在讨论的新的改进意见。

这些原则是相互有联系的，文中的编排次序并不隐含着任何主次关系。

包含在这些原则中的防护与安全哲理，引入了一种个人、集体与环境污染源共处的新道德规范。面对不断增长的全球人口和不断发展的相互依存关系，这种道德规范很可能成为绝对必需的。在具体细节上作出必要的修改后，这些原则也可以适用于现代工业社会的其他潜在危害，包括其它能源生产手段引起的危害。

基本原则

原则 1：由政府审管。为确保核电的防护与安全，政府必须建立一套法制和独立的审管机构。

政府必须承担采用和继续使用核电以及管制核设施及其可能造成的辐射照射的首要责任。政府必须建立一套有关防护与安全的法制，并提供实施这些法律要求所需的基础设施（包括分配足够的资源）。政府还必须倡导必要的研究与发展活动，并促进有关信息的交流和传播。政府必须根据设立审管机构的立法，组建履行此类责任的各种正式机构，并把防护与安全的主要责任赋予核设施的营运者。审管机构必须制定防护与安全的基本准则、法规、条例和标准——包括例外和豁免条款——并规定执法办法。它们必须建立各种正式的制度，用于进行行政管理性质的注册和办理许可证，以及用于对核设施实施监督、监测、审评、核查和检查。它们还必须采取执法行动，并要求营运者采取可行的纠正行动。审管机构必须在核设施的供应者及营

运者之外独立行事。审管机构的职责和其它组织的职责必须清楚地分开。只有这样，审管部门才能保持其作为防护与安全主管部门所应有的独立性，免受外部的不适当影响。还期望政府明确规定干预办法，以降低由以往发生的核电相关事件所引起的先存辐照量。

原则 2：核电的合理性。必须对照其它能源生产方式论证核电的合理性。

核电——和其它各种能源生产方式一样——具有有害的效应，其中包括人们要受到附加的辐射照射。采用和继续执行核电计划都必须经过论证。其基本判据是：核电应该给受到照射的个人和社会带来足够的效益，足以抵销核电可能引起的有害辐射效应，而且其净收益应比其它能源生产方式的大。在论证过程中，必须毫不含糊地考虑预计核设施会引起的各种辐射照射的大小和可能性。

原则 3：保护个人。必须限制核电给个人带来的辐照量。

核电可以使人们受到附加的辐射照射，从而引起可归咎于这种照射的辐射风险。为确保任何人都不会受到被认为不可接受的可引起后果的风险，必须限制核电给任何个人带来的辐照量的大小和可能性。因为每个核设施都能对个人受到的照射的大小和可能性作出贡献，因此必须限制每个核设施所引起的辐照量，以保证符合限值要求。此外，当某些设施会释放可通过环境迁移的长寿命放射性物质，从而使远离该设施的人们以及子孙后代受到照射时，必须保证凡是能预见到有此类照射的任何地方任何时候都遵守这种限制。特别是，为了对子孙后代尽到道义上的责任，由连续实施核电计划所造成的放射性物质向环境释放引起的累积辐照量，必须被限制在决定排放时认为可接受的水平范围内。

原则 4：保护环境。核电不得危及环境的总体自然状态。

必须采取各种预防措施来限制核电可能造成的全球环境变化。其目的是确保环境的自然状态大体上保持在它的正常变动

范围以内，并且确保持续发展所需的自然资源的可获得性不受其危害。具体地说，核电产生的多种放射性副产品和废物，从长远看，也许无法保持和生物所占据的那部分地壳和大气层（即生物圈）永远隔离的状态。因此要求由这些副产品和废物的处置所引起的进入生物圈的放射性物质的预计流率，只相当于进入生物圈的可比有害天然放射性物质（它们可能从陆圈自然进入生物圈的，也可能是在生物圈中产生的）预测流率的一个较小的百分数。此外，当环境中放射性物质的局部浓度可能影响该生物区中各物种的群体数量时，必须限制此类放射性物质进入环境的流率，以保证全部物种不会受到危害，也不会招致种间的不平衡。

原则 5：防护与安全的最优化。核设施必须拥有在当前条件下合理可行的最好的防护与安全措施。

为了进一步减少由任一特定核设施造成的辐射风险，必须考虑如何最佳地利用各种资源以达到改进防护与安全的目的。在可供选择的各种防护与安全方案中，优先选用的方案必须是优化的，以便使辐射照射的大小和可能性——在可预见到有此类照射的任何地方任何时候——以及受照人数，在计及经济和社会因素的条件下都保持在合理可行尽量低的水平。个人受照射的大小和可能性必须受到限制，以便减少受照人群中可能存在的不公平性。

原则 6：纵深防御措施。为了弥补防护与安全方面潜在的故障，必须采取纵深防御措施。

为了弥补防护与安全方面潜在的人为故障和机械故障，必须在核设施与人员受照射之间的所有环节中采取纵深防御措施。必须将这些措施相对集中组成几道防线。这样一来，某一道防线的故障就能由随后几道防线弥补或纠正，因而能提供比任何单一防线可达到的更高的防护与安全水平。纵深防御措施必须把主要重点放在这样的措施上，即能够通过限制能导致人员受照射和向环境释放放射性物质的事件序

列的发生几率来防止事故发生的措施上。还必须准备一些缓解性的措施（包括各种潜在事故的管理、应急准备和随后的补救行动所需的程序），并使其处于可动用状态，以便大大减轻事故的影响。

原则 7：采用高水平的技术标准。必须将防护与安全建立在下列基础上：高水平的工程实践和管理、质量保证、受过训练和合格的人员、全面而经常的评价，以及来自实践和研究工作的经验教训。

核设施的选址、设计、建造、调试、运行、维修、废物管理和退役工作，必须建立在高水平的工程实践（此类工程实践必须经过试验和实践的考验，并已反映在各项已批准的规范和标准以及相应的其它书面文件中），和可靠的管理与组织措施的基础上，其目的是使防护与安全能在核设施的整个寿期中得到保证。由有组织有计划的活动组成的质量保证体系，必须使人们充分相信各项规定要求已得到满足。防护与安全所依靠的一切工作人员，必须了解自己的职责。他们必须经过培训和考核合格，以便能按规定的程序履行其职责。不过，仍必须把人为差错的可能性视为事故的主要起因之一，必须采取措施减小这一因素，并准备一些发觉、纠正或弥补这种差错的手段。在核设施寿期的各个阶段，都必须组织详细地形成文件和独立地进行评审的评价。各有关单位必须确保：各项技术标准的未来发展方向能得到适当的注意；有关防护与安全的研究成果得到交流、评价、分析和应用；以及从实践中得出的教训能被汲取和借鉴。

原则 8：保持防护与安全文化。必须让已形成的防护与安全文化支配一切从事与核电相关活动的个人与单位的各项行动及其相互关系。

对于在与核电相关的各项活动中实现防护与安全来说，一切从事这些活动的人（特别是处于公司领导和岗位的人）的个人奉献精神 and 责任心是至关重要的。因此，必须不断培植防护与安全文化，其中包括需要有关人员时刻保持的各种安全意

术 语 定 义

核电 (nuclear power)。系指利用核手段发电的实践。它包括与之有关的可使人们受到的本底辐射照射量增加的任何活动,如核设施的运行。它囊括了从事这一实践所需的全部活动,从生产核燃料用的原料的提取直至放射性废物的最终处置。

核设施 (nuclear installation)。系指核电实践中能发射电离辐射或者释放放射性物质而造成辐射照射的任何一种实体。核电站和放射性废物处置库都是核设施的实例。

辐射照射 (radiation exposure)。系指受到电离辐射的照射;特指人体受到体外或摄入体内的放射性物质的照射,用吸收剂量、剂量当量或有效剂量等放射学的量度量。核电引起辐射照射一事并不是有意的,而是出于无奈(即伴随着核电而来的)。

防护与安全 (protection and safety)。系指核电和核设施的不大可能因存在辐射照射而引起病痛、危险和伤残,因而不会轻易造成不可接受的辐射风险的那种性质;该术语还适用于为实现防护与安全而采用的各种手段和措施,如为把人们的辐射风险保持在合理可行尽量低的水平和预定的限值范围内、预防事故以及一旦发生事故后减轻其后果而采用的各种程序和设备。这个术语覆盖辐射防护与核安全的全部技术学科(包括放射性废物的管理和处置)。

营运者 (operator)。系指拥有运行核设施的公认权利和义务的法人或法律实体。该术语适用于任何个人、团体、合伙者、公司、协会、托拉斯、房地产者、公有或私立的研究机构、集团,或任何政治的或行政的实体,条件是他(或它)已被批准拥有且实际管理着核设施,并在被批准的活动范围内对该设施的运行负全部责任并享有相应的权力。

干预 (intervention)。系指为了降低与核电相关的某些既成事实(如以往发生的事件留下的放射性残留物)所引起的辐射量而采取的任何行动。干预可通过改变原先存在的

引起照射的根源、照射途径和受照个人之间的关系网来实现,例如消除引起照射的原因,改变现有的照射途径,或者改变人们的习惯、环境和行动类别,以达到排除这种照射的目的。

照射 (exposure) 的大小 (magnitude)。系指度量照射的那个量(例如剂量)的值;照射 (exposure) 的可能性 (likelihood) 系指在现有资料的基础上已作了合理的假设的条件下发生特定照射的概率,即该照射将实际发生的确信度。

辐射风险 (risk)。它是一个多量纲量,用于表示能归咎于辐射照射的危害和危险,或有害或伤害性后果的出现几率。它和一些客观量有关,诸如某些特定的有害后果的大小和性质,以及出现此类后果的概率;它也可以包括一些主观因素,诸如对后果的危害性及有关知识的熟悉程度,以及愿意承受这种危害的程度。

个人 (individual)。系指理想化的人,是预计要受到最大辐射照射的那个人群的代表,且不管这一人群在何处、或何时会受到照射;就影响该人群的成员的辐射量的各个因素而言,这个人群可认为是相当均一的。

纵深防御 (defense-in-depth) 措施 (procedures)。系指在核设施与人员受照射之间的所有环节采取的一系列防护与安全措施。由于有了这套措施,有关的一切活动(无论是与单位、行为或设备有关的)都能受到若干道相互重迭的防线的保护,以致即使某一防线发生故障也能被其他防线弥补或纠正。

防护与安全文化 (protection and safety culture)。系指人员和单位在保证防护与安全这个头等重要问题得到与其重要性相称的重视方面的素质和态度的总和。

国际体制 (international regime)。系指旨在使辐射防护与核安全要求在全球范围内协调一致,同时使各国政府在审管方面保有首要责任、至高无上地位和领导权的一种国际制度。

识。此类安全意识要求有一种自己不断提问的态度、防止骄傲自满、追求一流的精神，以及增强个人的责任心和公司的自我调节能力。

原则 9：营运者的责任。核设施的营运者必须承担防护与安全的最终责任。

防护与安全的最终责任必须落在核设施营运者身上，且不得因设计者、制造者、供货者或建设者、或主管的审管部门参与了有关活动和承担了相应的责任而被冲淡。当然，必须至少要求核设施的设计者、制造者、供货者和建设者提供高水平的设计和设施。这些设计和设备应在工程细节和预期功能表现方面满足核设施的技术条件，并符合与部件及系统的防护与安全重要程度相称的质量标准。营运者必须负责详细说明并确保核设施的设计和建造是满足有关的防护与安全要求的，并要保持各项程序、安排和一支称职的和经过充分培训的职工队伍，以保证核设施在运行寿期内的各种工况下均能安全运行。营运者还

必须制定一项保证执行各项防护与安全的要求和程序的政策，并保证职责分明和形成文件，保证与防护及安全相关的资源和设施均已到位。

原则 10：减少事实上的辐照量。必须通过干预（只要证明是正当的）降低由以往发生的核电相关事件所引起的辐照量。

人们可能受到由某些既成的事实所引起的辐射照射。（与核电相关的事实上的辐照量，是指由以往发生的事件留下的放射性残留物，如过去事故留下的污染物所引起的辐照量。）为了减少这类照射的大小和可能性，政府部门应利用干预的形式采取防护措施，条件是拟议中的干预利大于弊，而且其形式、规模和持续时间都是最佳的，以致可认为在当前的经济和社会条件下是最合适的。干预包括消除引起照射的原因，改变现有的照射途径，或者改变人们的习惯、环境或行动类别，以达到排除这种照射的目的。

法国东南部的克律亚斯核电厂。（来源：法国电力公司）



后记

1991年9月于维也纳召开的“国际核动力安全大会——未来战略”，曾在其最后文件中宣布：“必须研究一种涉及核安全所有方面的一体化方案……”。与此同时，IAEA大会第35届常会——在审议关于加强安全与防护的国际合作的措施时——曾特别指出倡导建立一种国际体制的各种方案的潜在价值，再次肯定加强国际合作的极度必要性，并且强调有必要研究协调一致的国际方案。

目前，提出一份也许最终能演变成新的辐射防护与核安全基本原则的建议书的时机似乎已经成熟，这就是：

建立一种国际体制，以支持全球协调一致的处理辐射防护和核安全各个方面问题的方案。

一个国际公约可以作为建立这样一种体制和从法律上规定要强制执行核电的这套防护与安全基本原则的正式工具。 □