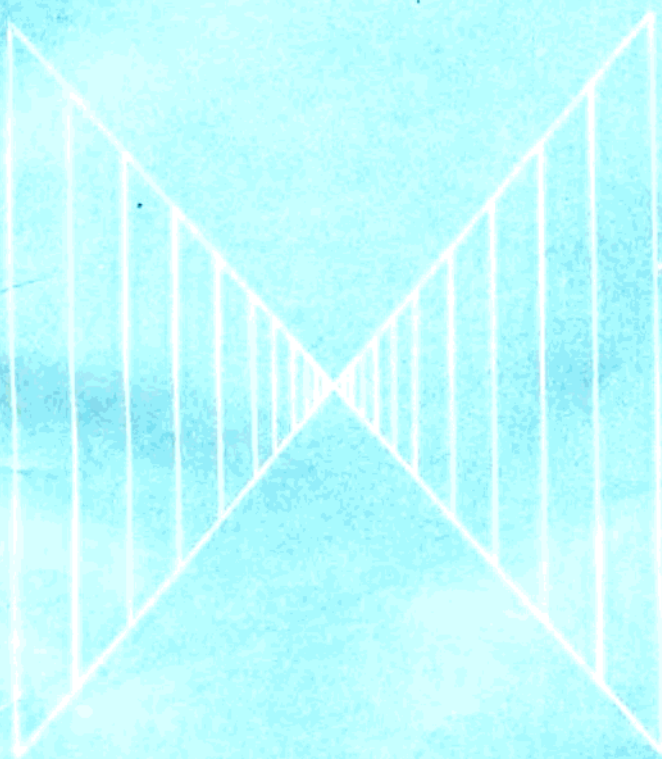


核电站的安全保证和管理

王作元 任天山 郭启忠 等编译



四川科学技术出版社

责任编辑：王蜀瑶 崔泽海
特约编辑：陈以彬
封面设计：凡卫灼 余国荣
技术设计：王蜀瑶

核电站安全保证和管理

王作元 等编译

四川科学技术出版社出版发行
(成都盐道街三号)

四川省新华书店经销
四川科学技术出版社资中印刷厂印刷
ISBN 7-5364-1060-3/E·5

1988年12月第1版开本787×1092毫米 1/16

1988年12月第1次印刷 字数307千

印数 1200册 印张 12

定价：8.00元

前 言

1985年8月11日至23日，美国国务院能源部在斯坦福大学举办了一期有关核电事业安全保证管理的讲习班。我国国家核安全局张育曼副局长等三同志参加了这个讲习班。本书主要是根据参加讲习班的同志带回的讲稿编译而成的。书中还收编了部分国外期刊中的有关文章。全书内容包括核电公司的组织机构，核电站建造的经验教训和安全保证，核电站的防震要求和抗震设计，核电站运行的可靠性和安全性，核电站的危险度分析，核设施人员培训等。在讲习班上授课的多是核电站建造、安全运行和管理方面的著名专家。学习他人之长，促进我国核电事业的发展，是编译本书的目的。本书可供从事核电站设计、建造、运行管理等专业人员参考，也可供对核电有兴趣的广大公众阅读。

参加编写工作的还有王欣、刘鹏、李允兴、肖慧娟、张淑琴、张淑蓉、陈金娣、崔广志、赵世安、潘颖东等同志。余国荣同志负责绘图。

本书能较快和读者见面，是和四川科技出版社给予的积极支持和陈以彬同志的帮助分不开的，在此诚恳地向他们致以谢意。

本书涉及领域较广泛，编译者水平有限，难免有理解不深、用词不当和错误之处，恳切希望读者批评指正。

编译者

一九八八年七月

目 录

一、国际和国内机构关于核能和平应用问题的争论	(1)
二、美国未来的核电	(6)
三、圣露西核电站二号机组成功施工的要素分析	(21)
四、圣露西核电站二号机组：一座按预定进度建造的核电站	(30)
五、圣露西核电站二号机组造价的回顾	(32)
六、利用系统分析技术加强电站性能管理	(46)
七、风险分析的管理学意义	(52)
八、反应堆安全研究：直观的演示和可靠的计算	(57)
九、核安全诊断	(70)
十、反应堆安全的《新大陆》	(75)
十一、把安全目标用作过程目标的研究	(80)
十二、核电站可靠性的改进和安全运行	(83)
十三、核电站抗震设计安全裕度的定量估计方法	(97)
十四、危险的定量意义	(105)
十五、以委托承包求成功：组织质量提高达到管理目标	(119)
十六、核电力公司的组织	(122)
十七、核电力公司实施的管理	(124)
十八、电力研究院 (EPRI) 和核动力信息	(126)
十九、核废物的安全管理	(128)
二十、从管理方面考虑核电站的风险	(129)
二十一、概率风险评价技术的应用	(133)
二十二、国家核电事业安全保证的管理	(146)
二十三、联帮爱迪生公司在核电站的建造和工程管理方面的经验	(157)
二十四、核设施人员的培训	(165)
二十五、几个报告摘要	(175)
二十六、核动力安全计划管理专家介绍	(181)

一、国际和国内机构关于核能和平应用问题的争论

美国核学会前主席L. Manning Muntzing

(一) 前言

和平利用核能之初，国际社会就感到缺乏有效的组织，于是便着手建立了各式各样的国际和双边条约、协议以及交流之类的专门机构。

核能和平应用的国际商业活动，开始于美国总统戴维·艾森豪威尔1953年8月在联合国的演说“原子为了和平”。在这个演说中，艾森豪威尔总统号召各国在核能和平应用上致力国际合作，并提议在联合国的庇护下建立国际原子能机构（IAEA）从事核材料和设备的分配和安全监督。这样，公众可以相信国际社会能确保核能和平应用的有秩序的发展。

国际核安全培训计划的意义首先是由美国国务院助理国务卿James L. Malone在1983年1月提出的，这一设想在这些年来已经逐渐扩大和成熟，并在各国和平应用核能领域的持续合作中又进了一步。

(二) 政府对政府协议

在建立IAEA之前发生了几件对以后发展有重大影响的事件，在艾森豪威尔总统演说后不到一年，即1954年，美国实施了原子能法（Atomic Energy Act），它授权美国与正式保证将不把核能用于军事目的的国家进行核贸易；作为贸易的一个条件，美国要求其核贸易伙伴同意外界检查员的现场视察，检查员可以接近所有的地方和所需的资料以确保和平运用的保证被遵守；对贸易伙伴所生产的超过和平需要的裂变原料，美方要求由美国购买，或则由美国指定机构储藏。最后，还应允许美国在不同程度上卷入受方关于是否再处理由美国供应的特殊核材料的决策。在某些场合，美国寻求和保留对这种决策的否决权；在另一些场合，美国仅寻求对再处理的方法和机构的批准权。

这些政府对政府的协议今天还在继续，只是在执行过程中有一些修改。这个供应国和购买国赖以建立它们间合作计划的概念被各国用来处理和平应用方面核贸易问题。政府对政府协议是法定手段，它核准签字国之间核贸易并详细规定合作条件。

(三) 国际协议

1957年罗马协议生效。它规定了欧洲共同体成员国之间的核合作并建立了欧洲原子能机构（EURATOM），该协议促进了地区性合作，允许核原料在成员国内部自由转移。然而，该条约也对参约各方加强了明显的义务。

这样在IAEA问世以前管理核贸易的国际机构已经在起作用了。正如“原子为和平”计划所预见的，IAEA被赋予了显著的安全监督功能。并且在其章程中详细规定的安全监督的性质与美国的双边协议很平行，而且在与该机构签署了安全监督协议后取代了美国的安全监督。

在过去的若干年中，IAEA安全监督作用给予了极大的关注，同时，它最初的宗旨亦致力于在“世界范围内协助原子能和平利用的实际开发”。实际上该机构被赋予广泛的自由以开展原子能为和平目的的研究、开发、实际应用或服务，包括作为核原料、设备、设施和服务在机构成员国之间转移的中间人。

IAEA在过去的年代中，已经为一些国家提供的支持，标志着该机构在核计划方面援助发展中国家所作的努力。最近国际核安全顾问组（INSAG）的建立证实了该机构在与安全有关事务方面日益增长的兴趣。这正是我提出的一个旨在鼓励在核安全方面更大的国际合作的概念。该组的第一次会议已于1985年3月在维也纳召开，它的目的是：

（1）为有国际意义的一般的核安全课题的信息交流提供了一个论坛。

（2）认证当今重要的核安全课题并在IAEA核安全活动的结果和其他信息的基础上作出结论。

（3）对可能需要交流信息和（或）附加努力的核安全问题提出忠告。

（4）在可能的地方使共同的安全概念程式化。在“原子为和平”演讲后的几年内，就存在现在仍然指导国际核商业活动的组织和程序的轮廓。各国已经建立了一种模式，即分享核能和平应用的利益足以使他们接受一个具有监测他们行为的合法权力的多边机构。是否信守国际义务，应该和可能用派遣监察员到其他国家领土去的方法来证实。这一设想在那时是既大胆又新颖的。更为引人注意的是建立合法制度的速度。

但是，从60年代中期到末期，在裁军谈判上的长期僵局和核技术的不断扩散，使一些国家认识到需要采取进一步的行动。1964年非洲国家联合起来在非洲非核化的声明中禁止在该大陆核增殖。三年以后，21个国家，主要是拉美国家签署了在拉丁美洲禁止核武器的条约。在这个条约中，签字国同意应用IAEA的视察来确保目标的实现。在1967年也缔结了禁止轨道核武器的外层空间条约。最近，8个南太平洋国家签订了太平洋无核区的条约。

1968年7月1日，非增殖条约（NPT）签字。根据这个于1970年3月5日生效的条约，有核武器的国家同意不转移核爆炸装置，而且不帮助和不鼓励无核武器国家获得和控制核爆炸装置。无核国家同意不寻求、不发展这些装置并且承诺IAEA对在其领土、管辖或控制的任何地方的和平核活动进行视察。作为回报，无核武器国家将接受两个保证，即（A）各方都有发展和应用核能的不可剥夺的权力，（B）各方都应在不歧视的基础上使其它各方获得和平利用核技术的利益。依据不增殖条约的结论，建立了指导核原料和设备国际交流的基本机构体制。

1970年及以前的事件充分地说明了某些国家极愿意放弃一些选择，以便有计划、有把握地获得充足的能源供应，因此，该组织是许多政治、战略、技术和经济因素的综合体现。对一个国家来说，不管所卷入的交往是什么，有着不同政治追求的许多国家感到他们是按照自己国家的利益结合在一起，以创造支配各国间核贸易的实体。在这种体制下，这方面的技术成果已经被空前多的国家所利用，这正是艾森豪威尔总统所期待的结果。实际上已成功地控制原子能只用来发电、提高医学研究和治疗水平、发展新工业和新工艺，以及帮助管理世界食物的供应。

(四) 商业协定

在必要的国际条约和双边协议之后，继之而来的是达成所需的详细的特别是财政性质的商业协议，这些协议实际支配着材料、技术和燃料的转移。

许多这些商业合同对供应公司有利，不过合同通常是可以接受的，合同所定项目通常能有秩序地供应。在买方没有料到的一些事情上可能引起麻烦，某些争论涉及钱的数目相当大，而且在经过非常困难的讨价还价之后才得到解决。为避免这类问题，购买国应有明确的要求，了解所需材料和技术的标准是非常有用的，请熟悉供应国情况和合作事宜的人就所关心的合同提供技术和法律建议同样是有用的。这类帮助常可避免以后出现耗时耗钱的困难。美国的进出口银行和其他国家的类似银行，为他们国家的核出口提供长期的直接信贷和财政保证计划。据据竞争情况和财政需要，银行有许多不同的财政选择。供应国和其公司提出的财政计划是作出任何购买决定的主要部分。

(五) 供应商出口许可证

1974年大多数供应商赞同符合不增殖条约的所谓“赞格表”(Zangger List)，IAEA对该表中所列的项目的出口实施安全监督，以保证这些项目不被用于核爆炸物的发展，而且在没有类似安全监督情况下也不得把这些项目出口。从特殊意义上讲，赞格表评议会是后来成为所谓的伦敦供应商讨论会的前奏。1975年5月在日内瓦召开的NPT评议会的最后宣言中，第一次正式表达了核供应国最初所关心的事项。被一致接受的这个宣言敦促加强与安全监督有关的共同出口要求。

在1976年1月，伦敦供应国会议的参加者就许多看法达成了协议，交换了信件，把国际合法体制某些领域的水平和广度提到大大超过不增殖条约所包括的范围。在这些信件中，主要供应国同意对原料、设备、技术和复制工艺的出口施行IAEA安全监督以防止将它们用于核爆炸装置，包括和平目的核爆炸装置。他们还同意限制敏感技术的转移，并对敏感原料、设备和工艺的转移实行特别限制。与此相一致，对核材料的再处理和浓缩他们保证提供多国的地区性便利。最后，供应国同意对核设施和核材料的出口提出具体的安全措施要求。

与此同时，各国开始采取行动以建立国际核合作。在1974年，印度用加拿大供应的研究反应堆产生的钚进行了一次核爆炸之后，加拿大着手对它现有合作协议进行重新谈判以清楚的表明禁止利用(或通过)加拿大核专家建造和平核爆炸物。加拿大在与印度和巴基斯坦缔结这种强化协定方面的无能为力，导致了与这些国家的全部核贸易的中断。

在这方面，加拿大不是孤立的。美国也重新检查了它提供核设备和原料的条件。1975年以前，对外出口许可证是在常规的基础上由原子能委员会发放的。许可证的发放是行政性的而不是政治性的行动，其主要目的是登记装运并保证遵守美国的国际义务。但是在过去几年中，美国国会在施行其监察和立法功能方面积极行动，而且美国核管会也开始在委员会一级检查所有有争议和一些不大有争议的出口。

1978年的核不增殖法案对美国的所有核出口施行一套相同的标准，而没有利用广泛的国际讨论。最初所用的标准含有伦敦供应国会议接受的准则，而且把它们应用于所有从美国供应的原料和设备中生产得到的材料。另外，美国现在要求对它提供的和由它得到的材料的后

处理和再转移应事先获准。与其它关于不增殖的标准一起，后处理仅仅在如将材料用于爆炸时给美国及时警告的条件下才允许进行。所有美国的非核武器贸易伙伴均被要求接受核燃料循环安全监督。虽然由于所涉及的具体情况，美国总统可能要求对一项特别出口的部分或全部停止应用这些标准，但是其过程是复杂、麻烦、充满不确定性的。

虽然有缺点，但现有的双边和多边控制体系在国际核商业中仍是一个重要因素。

(六) 国内管理体系

大多数国家都有一个管理核电站的合法体制。这个合法体制的目的是保护健康、安全和环境。该管理系统还和国际条约协议相结合管理核原料和技术的进出口。

国内合法系统以颁布的法令和条例管理核电站的建造和运行执照、核原料的运输、核副产品和特殊核材料的拥有和利用、核事故招致的对公众人员损伤和财物损失的赔偿责任、核工业中和工作人员的辐射照射标准等。

在英联邦国家中，核电站的颁发执照过程集中在调查系统。由高等法院的法官主持提议中的核电站对安全和环境影响方面的调查。调查通常持续一年或更长，在此期间编写调查记录，主事法官向政府提出他的最后报告和提议，然后向授权的适当部门作出建议，或者取消核电站计划，或者计划继续进行。在工程开始之后，由一个检查组监测工厂的建设和运行。英国 Sizewell 调查是这一过程的一个示例。

美国的管理计划是由美国核管理委员会 (NRC) 实施的。核电站安全问题的研究和运行经验的分析是由 NRC 执行的。据根这些结果制订诸如质量保证和一般设计规范等标准。根据 NRC 的意见，作出发放提议中设施的建造和运行执照的承诺。在核电站建造和运行期间，NRC 进行监督以确保符合它所制定的有关标准。如果发现不符合标准，NRC 可能采取强制性行动。

在美国，核原料的运输是由美国核管会和美国铁道部联合管理的。运输容器必须符合国际原子能机构要求的规格以防止各种事故情况下辐射泄露。要事先说明核原料的公路或铁路运输路线。管理规定中还含有放射性物质运输的安全措施。

规定中，对拥有和使用特殊核材料提出了要求，其目的是确保放射性物质的医学或工业应用是在对材料安全应用负责的胜任的技术人员的控制之下，并建立使用登记制度，这样可以追踪放射性物质以防止被用于未经批准的意图。

大多数国家都有关于核事故造成公众人员和财产损失情况下赔偿计划的法律。在美国根据这项法律厂方应承担的责任限值随每个新电站而增长，在目前是 6.35 亿美元，在大型核事故发生时可用它赔偿各方面所受的损失。

大多数国家的辐射防护标准是基于国际辐射防护委员会 (ICRP) 的准则。ICRP 已经发表了限制职业和公众辐射剂量的标准，这些标准被核电国家普遍承认。

(七) 国际交流机构间的协议

目前，已经发展了国家间在科学、技术及有时在政治领域进行交流的有效手段的系统。在科学和技术界大多数国家都建立了核学会，它可以与其它国家的核学会合作。美国核学会 (ANS) 与世界上的许多核学会有交流科学文献和情报的正式协议。各国的核学会在国际学

会团体（INSG）的名义之下，已经进一步组织起来作为交换观点和信息的论坛，以避免冲突并充分利用其他学会的工作成果。

许多国家已经建立了如工业论坛一类的组织来进行公众承认、大众教育以及与政府打交道等方面的工作。美国有爱迪生电气协会（EEI）、原子工业论坛（AIF）、美国核能委员会（ANEC）和能量认识委员会（CEA），所有这些组织都与其它国家的类似组织合作。

核电站运行协会（INPO）是一个评价核电站建造和运行的工业性能的机构。它有一个国际咨询组，因此可以就建造和运行问题与其它国家进行合作。

电站研究协会（EPRI）也在国际的基础上处理具体的计划和问题。最近，核工业已经建立了一个被称作核设施管理和人类资源委员会（NUMARC）的组织，以应付核电站中各种人为的因素，并且考虑将它扩展到各种技术硬件问题的工作中。通过这个组织建立国际交流大概也是可能的。

许多组织从事于有关核标准的编写和研究。在美国这些组织包括美国核学会（ANS），电气和电子工程师协会（IEEE）、美国机械工程师协会（ASME）和美国测试材料协会（ASTM）。为了能在国际基础上利用这些标准，一些机构已经建立起来。

这些机构进行着大量的国际合作，它增进情报交流，特别是在科学和技术方面的交流。经验证明进行某些较大的交流十分必要，例如象在核开发的早期几次日内瓦会议所讨论的事项。在70年代后期国际核燃料循环评价（INFCE）活动导致了国际上对主要核科学和技术问题范围广泛的讨论。

目前许多会议和核出版物容许经常交流知识，困难之一是怎样有计划地综合利用这些范围广泛的知识。下一个重要的国际需求很可能是利用组织机构对核电问题提供一个综合的解决办法。

（八）结 论

政府、商业和技术机构对国际核贸易的要求和安排是比较复杂的，但是在过去的年代中对核原料和技术的转移提供了一个很好的基础。在这过程中有一些不一致和困难，但是整体说来核技术购买国家已经能够以有秩序的方式获得核能和平应用的利益。各国在获得清洁、高效能源以及在诸如医学、工业和平应用方面受益很大。虽然经常出现一些不确定因素，但是为了使国际核商业有尽可能大的确定性，各有关机构已经作出了巨大努力。尽管存在一些问题，但正在作最大的努力以保持国际核商业中的稳定和确保供应。国际协议、国内管理和有组织组织的交流可以确保实现核电有秩序和安全的引入。

二、美国未来的核电

原子能工业论坛 (AIF) 研究组

前 言

核电研究处于矛盾之中。它需要最昂贵的发电设备，但使用的燃料最便宜。它既是最安全的发电方式，却又最令人担忧。它周围的环境是优美的，但很多人却不愿与之相邻。

以前一直依靠煤、石油或天然气发电的美国的电力消费者，因为使用核电而节省数十亿美元。然而，据说有些州的消费者正面临着电力公司帐单面值的急剧增加，而这仅仅是因为一些成本很高的核电站正在完工和将要并网送电。

这些矛盾对于未来的发电能力的增加，特别是核能的选用投下了捉摸不定的阴影。作为工业界评价现状，展望未来的一种努力，美国原子能工业论坛的理事会于1983年春邀请了当时出任公用事业电力与煤气公司主席的Robert I. Smith先生召集一个研究组，评价核电现状并就重新鼓励使用核电应该采取的行动提出建议。

该报告书中包含的观点，调查结果和结论一般来说是反映了整个研究组的一致意见。但是，这并不意味着，所有成员必定同意其中的任何一点，或者是任何一个成员同意报告书的所有内容。

本报告并没有任何解决核工业所面临问题的灵丹妙药。它只是找出主要的问题，并认为所有这些问题都是可以解决的。就这一目标而言，本报告只是个开端，不是结尾。

提 要

(1) 就当前来说，核电还不能被认为是美国新增发电能力的一种可行选择。如果要想使核能竞争成为新的发电方式，必须找到出路以降低由于投资集中和前期建设周期长所带来的不确定性和财政风险。去年，核电在美国的全部电力消费中占了12%以上，今后三年里核电和其它发电方式相比，预计将占有更多新增发电能力；世界上其他国家正在大胆地寻求开发核电。尽管有这些事实，但前述结论依然成立。

(2) 尽管在去年用核能发电要比用煤或石油发电来得便宜、安全并且环境影响较小，但核电正不断失去美国公众对它的支持。使工业界同样关心的是核电也在失去财界和电力公司的支持。

(3) 公众对核电失去信任，财界和电力公司对核电不抱幻想，这些都可以归因于过去12年里主要因为电力需求下降而撤消了一百多个核电站合同。尽管撤消这些合同大都发生在建设开始以前，只有少数发生在建设正在顺利进行并且为了推进这种建设已经化费了很多钱之后。同样令人烦恼的是，正在建设的40个核电站中有12个或者更多些，仍然不能确定其

完工日期，而其成本上升却已经预示了在它们供电时电费将明显上涨，因为这种上升了的成本是构成电费基数的一种因素。

(4) 为了重新鼓励选用核电而被研究组认为应该采取的步骤将是贯穿本文的线索。

(5) 研究组发现，导致核电成本高和建设周期长的问题主要属于制度而不是技术方面。这些问题无论在总体或局部上都不构成核电的基础技术，通过政策、法规、程序和组织方面的适当改变应该可以解决。

(6) 研究组发现，为了保证在未来为经济增长提供足够的和多样化的电力，电费支付人对重新鼓励选用核电感到关心。

(7) 重新鼓励选用核电的责任主要在民间一方。但是，只有在核电的审批和法规中引入更多的必然性和稳定性，前期建设周期得到缩短，和更多的公众舆论支持核电，民间一方才能承受目前因选用核电带来的不可捉摸的财政风险。

(8) 自三里岛事故以来，工业界已为提高核电站的设计、建造和运行的质量主动采取了一系列措施。目前工业界最优先考虑的是核电站的安全运行。

(9) 研究组认识到，为了鼓励电力公司再次考虑核电站订货，必须恢复它们对核电的信任，这就要求采取比上述更多的改进。研究组正在继续寻找使它们倾向于支持核电的各种特别措施，包括改变组织和财政方面的安排，以便为新建核电站减少一些不确定性和分散一些财政风险。作为这种安排的一个结果，使核蒸汽供给系统，核电站的新颖机器或其组成部分，只用固定价格的购货合同，或者是根据执行合同的好坏给予财政上的奖惩以吸引人。作为这种安排的另一个结果是由一些电力公司联合投资或者结成原子能发电公司，由这种组织对预先批准了的按标准化设计的核电站进行筹资、建造和运行。

(10) 研究组的结论是，只要公众和公用事业委员会认识到选用核电是必要的，并且，已经证实了的阻碍这种选择的缺点得到纠正和正在纠正，选用核电将再次成为可能。

(11) 研究组进一步建议设置总统委员会，只要组成合适和职责明确，那么，它可以开展一些公共活动，为满足美国未来的电力需求决定给予核电足够的注意。

(一) 对核电的需求

1983年，在美国有76座核电站，其发电量占用电量的12.6%，这一发电量大致相当于1948年美国所有能源的发电量。同年，在新英格兰地区，核电几乎占地区发电量的35%，在大芝加哥区占45%左右。

在这之后几年里，核能是增长最快的一种发电方式。到1986年底，核发电能力很可能超过100,000MWe，与1983年大约60,000MWe的总发电能力相比增加67%。这100,000MWe包括了目前运行着的核电站，以及在这期间美国核管会(NRC)将批准运行的核电站。到那时，核电预期占美国发电能力的15%左右，为国家提供所需电力的大约20%。

既然如此，为什么对于未来选择核电还有疑问呢？回答是：上述统计不过是揭示了核能的一个方面。

另一些统计描绘了一种完全不同的情景。这一方面的统计表明：上述数字仅仅是10年前计划在1986年将要达到的核发电能力的一半左右。原因是从1972年以来已有103座核电站被撤消，并且从1978年以来没有新的订货。

为了理解这一点，不能只着眼于核能，发电甚至国家经济。问题的根源很多，最重要的

一个因素是1973年的阿拉伯石油禁运，这是一起全球性事件。它的影响是如此严重，以致于对世界各国经济造成了能量消费下降，通货膨胀和利率螺旋式上升的情景，直到现在，各国经济才从中摆脱和开始复苏。

由于在市场上已把节能作为一种因素考虑，于是能源突然变得很贵。电能空前地成为价格敏感的商品。在禁运开始后的一年里，美国对电力需求是年增长率为过去40年内平均7%骤降到0.3。直到1983年的前后9年里，年增长率平均才2.4%，只是以前正常年景的1/3左右。在这短短的9年里，电力需求增长率的波动从1976年的高值6.3直到1982年的低值-2.4%。在这同一周期里，美国经济的平均增长率才2.1%，与之相比，在1960~1972年期间是4.2%。

当平均年增长率比较低时，这种波动有着特别的意义。在这种情况下，电力公司不只是为了对未来的负荷增长作出响应，还必须注意过量的建设可能带来相当不利的经济后果。

虽然电力需求和国民生产总值（GNP）之间的关系并没有什么永恒的法则，但事实是：自1973年以来电力需求确是紧随着国民生产总值而变化。如果这种关系保持下去，并且继续趋向于用增加电能来代替其它能源，就象1972年~1983年期间那样美国的能量总消费中电能的比例由26%上升到了35%，那末到某个时候就将需要在已经准备好了的发电能力上作进一步追加。

众所周知，在美国目前现有的和将服役的发电能力足以满足这10年也许更长时间的预期需求。大部分地区有着30%以上的余地，有些地区甚至更高。但是，如果我们假设经济的年增长率是3%（政府的预测是4.0%），还假定电力需求有着相同的增加，那么到本世纪末将需要900,000MWe以上的发电能力。3%的增长率考虑了各种需求的减少，包括因价格而引起的节能选择。需求增长的预测将要求新增约300,000MWe的发电能力，但其中只有100,000MWe已订货或正在建设中。

过去10年里新增发电能力的设想存在着一些严重问题，即使采取了一些非常措施，在以后20年里也不一定能使这些设想兑现。撤消核电站和火电厂会大大影响发电能力的增加。例如，从1971年以来，美国的电力公司订购了118个核反应堆，合计约135,000MWe的发电能力，但又撤消了103个核反应堆，总能力合计约110,000MWe。在1975~1983年期间，美国电力公司订购了136个燃煤锅炉，合计约60,000MWe以上的发电能力，同时撤消了56个发电厂，总能力合计约35,000MWe以上。

看一下目前计划和建设中的工厂，总量约140,000MWe。但是，其中大约30,000MWe是还没有被批准的火力发电，或者是建造不到25%就被撤消了的核电。在今天看来是可以令人安慰的保留余量，并不能作为救济对策而提供实实在在的希望。在1982年完成的一篇研究中，美国电力研究院（EPRI）发现：如果考虑到由于维修、被迫中断运行、部分中断运行和减额运行等形式而成为不可利用的发电能力，保留的余量就由25%降到10%以下。

过去几年的记录表明：电力公司将寻找各种可能途径，包括设法减少需求以及依靠各种非传统的能源增加新的发电能力，为的是向它们的输电网送入成本合算的电力。尽管如此，煤和铀看来是本国仅有的两种燃料，适合于中央发电厂以合理的代价相当多地增加发电。石油供应将继续依赖于政治或经济不稳定的他国或地区输入，而且，石油和天然气都由于漫天要价而减少了作为锅炉燃料的销路。不同于扬水储能发电厂和常见的小型水力发电厂，水力发电就其所有意图与目的来说，由于所有主要厂址都已服役，已经没有发展余地。太阳能、风能、地热、燃料电池和其他发电方法都还处于开发中，目前还不能表明它们在技术上或者经济上的进步已经到了能为90年代的电力需求作出有意义贡献的程度。

这使讨论兜了一圈又回到原位，即能够达到目的的燃料只有两种：煤和铀。

现总结如下：

(1) 根据保守的增长假设，考虑到老化了的，效率低下的发电厂必须废止，对电力不断需求将要求到本世纪末新增加300,000MWe的发电能力。

(2) 发电的选择最终将取决于经济性。尽管出于短时期的便利可以有限度地追加天然气和燃油汽轮机设施，以及致力于开发各种再生的发电能源，但是，基于经济性考虑和保证供应，新增中央设施的大部分发电必须立足于煤和核能。

(3) 在未来的发电中，核能的确切地位将取决于审批规定，投资集中，从订货到交货所需的前期建设周期长等不确定性以及相应的经济风险大致能减少到什么程度。

(4) 在增加量不定和力求避免大量投资的预定方针指导下，电力公司可以期望找到一种建设战略，用比目前核能所需前期建设较短的时间求得发电能力较小的增加。

(5) 另一方面，很多这种不确定性即使不能消除，至少也可以减少。早期没有注意到设想一种新的体制以减少这些不确定性，如果这样做了，至少将部分地考虑选择核能使之恢复生气。

(6) 我们的社会已变得如此地依赖于电力供应，为谨慎起见，必须要求能源立足于燃料和技术的多样化。煤和核能的资源都是有限的，而且都有不确定性和环境影响等问题，但就算有这些不足方面，它们也并非一无是处。

(二) 核能发电中存在的问题和政府的责任

即使是最坚定的支持者，对于核能发电的问题之大，或者这些问题对继续选用核能的影响看来都没有低估。另一方面，这些问题大部分不是技术问题而是制度问题。因此，通过改变政策、法规、程序、组织，或者是改变与之有关的机构，这些问题是可以解决的。

至今还没有一个核电站是由于技术或工程上的问题不能解决，或者是由于它没有取得建设许可或运行许可的资格，甚至是由于认为它不安全而被撤消的。

1. 核能发电中的非核问题

一些核电站之所以被撤消，大多数是由于认识到：在电厂预定完工之日，其电力输出已不再需要，或者是建设周期的延长将使得代价太高。在1975~1983年期间，由于这种认识曾导致56座大电站的撤消，1972年以来取消的103座核电站中有83座还没有开始建造。事实上，直到1980年才有已经开工的发电厂被取消。那样取消的14个发电厂中有两个在宣布取消时已分别完工4%和5%。从那以后，进一步的19项撤消命令中包括有半完工的发电厂，它们的完工率从最低的1%到最高的27%，但有一个发电厂是例外，据报道其完工率是98%。再加上电力需求的减少，超过了预测的代价等原因也导致发布了一部分撤消决定。

代价高于原先估计这类事情曾使更多的核电站陷于烦恼，有许多例子是在建造已有相当进展的阶段暂时停下来的。其中有一些也可能在它们完工前被撤消。那些将完工的发电厂中，有些可能因为在建设期间已经投资很大致使它们所在地区的电费将上涨25%乃至50%。一旦这些电厂开始营业，由于必须从顾客中回收的货币量急剧增加会使电费变得很贵。现在仍在建设中的40个单元中就有12个看来将属于这种财政计划有困难的范围。

在某些方面，核电站建设计划中经历的财政问题，和同一时期同样条件下投资集中的任何其他设施建设没有区别。受美国核管会管辖的大型建设计划有可能附加高昂的负担，且其变

化远远超过最初估计的成本界限。

这不是说增加开支就不利，也不是说高利率、通货膨胀和美国核管会法规的不断更新是造成核能财政问题的唯一原因。

超额成本是许多因素的综合作用。例如，核电站已经订货，但并没有对它们的集中投资性质以及由此引起的推迟、延期、撤消所带来的财政风险和不利后果给予足够的注意。有些设计者或供货者可能对设计、建造、运行核电站所要求的技术上的严格性和优良水平缺乏足够估计。有些所有者或经营者可能低估了核电站支持系统的复杂性。这种疏忽造成很高的代价业已得到证明。

但是，从这种超额成本的讨论中得不出如此的结论：即根据那些有财政麻烦的项目的经验，这种麻烦在将来也是无法减少或避免的。

2. 国家能源政策中核电的地位

尽管自70年代中期以来，能源问题已经为公众所注意，但是，为满足美国未来的电力需要所采取的能源长期战略却还没有形成统一意见。因此，联邦政府计划还不能保证在1990年及其以后所需增加的发电能力中，核电是一种可行的选择。

为放射性废物的永久处理制订法规，解除对于商业后处理的无限期禁令，制定修改审批手续的法规，这些都使得核电在现政权下有了明确的改善，通过核电经营的改进，工业政策集团如核电运营研究院（INPO），核安全分析中心（NSAC），美国电力研究院（EPRI）和其它各种业主集团的活动，电力公司为实现高标准管理所作的巨大努力，都使得这一工业有所改善。

由工业界、政府以及两者协作采取的上述步骤看来还不足以使工业界有足够勇气去承担新增核电站的建设。

如果要使核电在美国未来的能源供应中起着重要作用，那么必须有明确的和一贯的国家政策，并对核能是必要的发电手段和它作为电力所起的作用给出现实的评价。而且，必须把这种政策转化为行动，允许民间向国家所需能源投资。

这方面的不足在于：在有效地规划我们的未来的电能时，失策看来还在继续。

3. 财政考虑

和化石燃料发电相比，核电投资更为集中，而且，从订货到交货这期间进行审批和建设的时间也比化石燃料发电明显地长，核能建设的这两项特征加在一起，很不利于为新增发电能力筹资，不管如何进行比较评价都直接妨害选用核电。使事情变精甚至使电力公司拒绝核电站的根本原因还不是成本，而是同审批过程的不可预料和反复无常联系在一起的经济上陷于无休止的财政风险。在一些例子中，核电的燃料费用低，通常可以抵销其较高的投资费用还有余，但仍不足以克服电力公司对这种无休止的财政风险的担心。

电力公司财政方面的复杂性超出了这里讨论的范围。但是，为了理解电力公司在建设各种新发电设施特别是核电站时所面临的困难，必须掌握最基本的经济事实。

首先，发电是美国经济中投资最集中的工业活动，业已指出，核电又比化石燃料发电更是资本集中。再就电力公司回收其投资的能力来说，必须记住：电力并不是按市场的价格出售的，而是按联邦政府或州的管理委员会的规定收取电费的，而这些机构总想对投资者和消费者的利益加以权衡。电力公司必须服从这种它无法控制的政治压力，而对任何其他商品的价格，商品生产者并不要服从这种政治压力。

在州的公益事业费意见听取会上，常常听到电力公司赞成电费随发电成本作出调整的争

辩，而消费者则争论说电费应取决于他们所理解的产品价值或者他们能够负担得起的价格。在这种情况下，管理委员会难于满足任何一方。在有些州，管理委员会希望电力公司和它的股东能够吸收一些核电站的超额成本和为长期中止运行所花的代价，同时核电站要依靠节约自动地为消费者采取措施。电力公司指责这种进一步发展核电的解决办法是“正面你赢，反面我输，总不吃亏。”

在大多数的管辖范围内，电费是根据过去的历史而定的，因此造成“法规的滞后性”。当成本像60年代那样下降时，法规的这种滞后使电力公司赚取了超额利润，这自然增加了投资者的利益。但是，在70年代的10年里，成本上升致使收益不足。低收益可以解释成为新建设施准备的内部资金的减少，因此要求较多的外部资金。过去10年里，这种“减少”的结果是电力公司股票的市场价值远低于其票面价值，从而使新增资本的费用上升。这种减少也导致投资费用的回收不足，使电力公司经营着向新建设施的投资兴趣受到强烈抑制。

在这同一时期，建设费用上升的不利影响因高利率和高达两位数的通货膨胀而进一步变坏。事实上，成本增加连同建设周期延长造成了非现金收益，即“建造期所用津贴”（AF-UDC）或者仅当新建发电设施并网才能实现的收益，占目前整个工业收益的一半以上，这将导致收益性质的降低，亦即相当于电力公司债券信用恶化和股票价格下跌，所有这些都进一步增加了资本费用。有核计划的一些电力公司的财政状况已经恶化到了它们从金融市场上被实际排挤出去的程度。

虽然，所有上述问题显然不是核电特有的问题，但同样明显的是核电有它一些独特的问题，除非这些问题得到解决或缓和，否则就不会新建任何核电站。为了解决问题，已经提出了各种不同的办法，而且必须给予经营电力公司以适当的保证：①向新建发电设施所作的慎重投资将在新设施一旦完成时得到回收并有合理的利润；②当建设有进展时，对分期付款方式的投资中已经支付的部分至少有一些能回收。对于核电站，经营电力公司还应得到进一步的保证。只要核电站确是按照它被批准建设时预定的进度表来设计和建造的，它就可以运行。公益事业委员会最好是根据电力需求的预期增长作出建议投资的决定，并且允许在电费上及时得到反映，使得对新建发电能力的投资得到减价补偿和利润。

电价上涨从来不是件简单的事。而且它又不能定价太高以至于失去它的竞争优势和打入新的能源市场的能力。另一方面，电费提高可能成为消费者提供的最好的长期利息。例如，美国能源部（DOE）在最近的研究中发现，电的平均价格只要提高5~6%就能为实现新增电力提供必要的收入。它还进一步发现，这种成本增加使同样的消费者从长期来说节省16~40%。给人印象同样深刻的是能源部对于相反情况的结论：如果电力公司追求的是仅仅花费最低资本的供给战略，那么到了2000年电业帐单可能高达18亿美元。按此方案计算，到那时候消费者支付的电费和现在不改变价格的结果相比可能高出16%。

下列步骤将有助于电力公司实现必需的新增发电能力：

（1）利用法规、命令或其它方式规定联邦政府领导在联邦和州两级活动范围内保证为整个建设筹措足够的资金。

（2）允许在电费基金中提取建设暂付款。

（3）为了确定电费可以有提前一年的试验期。

（4）允许电力公司赚取投资的正常市场利润。

（5）交纳联邦税时作为当前回扣应包括反应堆退役措施和放射性废物管理的费用。

（6）从个人税利中将转入电力公司新发行的普通股票的再投资红利除外。

(7) 在国内税收法中对加速减税的归一化计算保留强制要求。

此外，由于核电站的投资涉及财政风险，所以还需要为核电站的订货、建设和运行制订新的组织安排方案。

4. 反应堆审批与法规

工业界和政府两方面取得广泛一致的意见是，目前的反应堆审批手续是过时的，低效的，必须进行根本改革。因为它已变得如此复杂，费时，以致于阻碍着从各种发电手段中选用核电。

审批过程的最合理和最有效的修改是预先批准核电站的标准化设计，并且采用一阶段审批方式，即在建设开始前用单一的程序同时颁发建设许可证和运行证许可。但是，如果核设施的供货者、电力公司和核管会各方没有某种训练是不可能达到这种地步的。

许可证申请者必须乐于从有限的几种设计中为他的发电系统挑选核设施。而且，供货者必须乐于限制他们的产品，电力公司必须限制他们对于设计的选择，事实上，那些设计，早已完成并且在建设开始前就已被批准。

核管会方面的职责是为它的批准信守诺言，这不仅是指标准化的设计而且也包括对所选厂址的适用性，核管会一旦以建设许可和运行许可的结合形式给予了批准，它就on必须避免以安全的名义要求对核设施的设计作任何进一步的修改，除非有强硬理由。代价-利益分析明显不合理的所谓安全上的变更和改进必须避免。核管会接受这种概念暗示着它必须有这样的理解：凡是有着良好的和足够安全的理由，不需改变的事情就没有必要去改变它。

在由能源部和核管会起草的，目前正等着国会审议的迫在眉睫的法案中，标准化，一阶段审批方式和反应堆厂址的预先批准就是全部关键要素。为改进审批手续的这些立法提案中的其它规定包括：

(1) 对提议的更改要进行代价-利益分析。

(2) 早日让有兴趣的公众参加决策过程。

(3) 意见听取会需采取复合(Hybrid)程序以代替目前的裁判式意见听取会。

修改审批手续时，必须简化联邦紧急事态管理署(FEMA)和核管会使用的应急计划措施的现行审查和批准过程。

目前的过程是低效率的，滥用的，并增加了财政上的负担，其根源在于联邦紧急事态管理署和核管会的无能，只是间接地去做他们不能直接去做的事情，也就是通过电力公司强迫州和地方采纳他们的要求，虽说只要电力公司不乐于这么做的话就不能强迫州和当地政府采取行动，然而，除非州和地方政府采取行动与联邦的要求一致，否则法规将对电力公司的申请人强加以严厉的惩罚措施。过去10年里使审批过程陷于困境的有这么多的复杂问题，从行政管理上解决这些问题缺乏进展，因此，工业界认为法律改革已是势在必行。幸好，目前正是反应堆订货的空隙时间，是整顿审批手续的好机会。如果此举不成，则在重行开始订货时将失去选择核电的好机会。

5. 改变反应堆技术

大概是三里岛事故的后果吧，最近几个月来增加的讨论都是直接针对以下的问题，即重新选用核能是否应立足于轻水堆(LWR)以外的堆型。但是，这种讨论实际上否认了50年代后期和60年代早期为改变堆型所作的广泛研究、开发和证实等努力。人们忽视了当初在美国，欧洲还有远东慎重地选择轻水堆的理由。他们也没有看到25年来设计和运行经验被结合进轻水堆带来的改进，包括三里岛事故以来作出的改进。然而，进行的讨论也没有详细说明

怎么看待轻水堆的缺陷，或者为什么可以预期改变堆型会有更好的性能。

无论是建议开发，研究轻水堆还是改变反应堆设计，这些都是应该努力从事的工作。核电和任何其他产物完全一样，经常有着改进的余地。追求什么堆型都应随时根据市场需求作出决定。

工业界正在从事的改进轻水堆的设计工作是基于对现有的轻水堆给予支持而不是歧视。这些改进设计，连同现有工厂在防止严重事故，增强工厂可靠性和降低资本费用等方面的改进，都来自于建设和运行经验。在这些努力中，包括了以提高小型发电厂的性能和经济性，从而满足电力公司需求的以少量增长为目标的计划。

6. 公众的接受程度

曾经不止有一个电力公司的总经理说过，在他确信国家对支持核电有了一致意见之前，他将不再谋求他的董事会批准建设任何核电站。专业民意调查者告诉我们，目前不存在这种一致意见的原因在于相当一部分公众持有错误的想法，他们认为核电是不安全的，不可靠的，不经济的和不必要的。

事实上尽管核电，并非如此，但却不能改变民意，这就向工业界提供了一个明确的信号，要想使公众乐于接受核电就必须进行教育。再看看公众支持的不下降，工业界便会发现：（1）公众对核电的态度并不固定；（2）更多的是由于感情而不是事实使态度转向否定；（3）普遍对核电缺乏兴趣，民意调查时这自然就表示为否定态度。其根源也在于错误地认为能源供应不再是全国性的问题。

很显然，需要一场运动来提高公众对于能源问题和核电的可能作用的理解程度。结论将是：要促使工业界在美国能源认识委员会（USCEA）的主持下致力于使公众认识很多本来并不知道甚至认识混乱的问题。该委员会曾说过，它的努力主要是通过电视广告，印刷咨文和其他各种情报计划。目的在于向公众提供理解下列事情的情报基础：

（1）我们的社会不断地电气化，国家对电的依赖程度在增加。

（2）供给我们电力的能源是多种多样的，我们要增加对煤和核能的依赖。

（3）对于使用核能所碰到的利益和争论，要强调事实而不是支持各种担心和恐惧。

（4）目前已经送电和正在建设的核电站的贡献是必不可少的，以及创造一种有助于未来利用核能的环境重要性。

（5）对于目前还处于开发中和早期应用阶级的新型发电能源的指望，以及对于进一步厉行节约所能带来的贡献，都要给予现实的考虑。

提出这个计划主要基于这种信念：在美国，公众在未来的电能供应和使用的决策中将起着重要作用；并且，对情况有充分了解的公众是能够根据对事实的认识去看待争端从而作出有效的决定。

作为核委员会这种努力的补充，最近曾建议核工业界的各个公司致力于争取一部分原来支持核电的盟友，为再次赢得支持核电的公众舆论作出贡献。抱这种想法的正是那些财界人士和股票持有人。

使公众充分了解情况的关键是传递情报的媒介。由于公众如此严重地依赖这些媒介来得到情报，因此使其保持情报的完整，及时是绝对必要的。如果它不了解特定情况和事件的复杂性，就会将它的错误解释传递给它的读者和观众。与此有关的是，工业界必须很好懂得什么情报是值得该媒介报道的，尽管表面上看来会有矛盾。该媒介会争辩说，它报道核新闻和核事件的范围并不如工业界断言的那样不利于他们工业界的观点。